

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

宇宙指南

 **eBOOK**
网络资源 非卖品

剑桥，科学精神的家园

——序《剑桥文丛》

萧乾

40年代除去短期去度假，我同剑桥先后有过两段因缘。1939至1940年，我是作为伦敦大学东方学院的讲师被疏散到剑桥去的，身份也可以说是个“难民”。那一年，我只是剑大英文系的旁听生，因为战乱的机缘，我得以寄身在这一所牛顿曾执教30年、有着深厚的科学传统和学术氛围的大学。

剑桥有个好传统，有如民国初年的北大，对来旁听的学生总是敞开大门，对那时由伦敦疏散来的兄弟大学成员更是竭诚欢迎。

1942年夏天，我辞去了东方学院的教职，成为剑大英文系的研究生，住进了这所15世纪兴建的皇家学院。书房门楣上，已事先漆上了我的名字。书房里，家具一应俱全，宽敞舒适；壁炉两边是书架，沿着三面墙是可以坐上十来位客人的沙发和软椅。最使人兴奋的是，窗户外面隔着草坪，正与英国古建筑中赫赫有名的皇家学院教堂遥遥相对。整整两年，我都望着大草坪上被晨曦拖长了的教堂身影，黄昏时分聆听在大风琴伴奏下唱诗班那清脆嘹亮的歌声。

1944年，我怀着依依不舍的心情向剑桥、向皇家学院告别。当时，我已动手写论文了，还差一年就可考取学位。然而，盟军已在诺曼底登陆，新闻记者的本能驱使我舍弃剑桥那恬静幽雅的书院生活，奔赴现实的前哨。于是，我就脱掉僧侣式的黑袍，走进了报社林立的伦敦舰队街，从一个埋首书斋的读书人，成为戎装上阵的战地记者。剑桥有一种魅力，使曾经在那里生活过的人们一有机会就想回去看看它。我认识一个学习古希腊罗马文学的青年，开战后应征入伍，不久就成为熟练的轰炸机驾驶员。他一直保留着在剑桥的住房。每周两度去执行任务，不值勤的日子，就仍回到剑桥来。他屡次对我说，去轰炸德国鲁尔的工业设施，他不心疼。他最怕的是被派去轰炸意大利。他说，两次欧战都是欧洲人的自杀。他含着一腔热泪对我说：人类的希望在东方，但愿你们将来搞机械化的时候，千万别把固有的文明都丢掉。可惜下一次执行任务后他再也没回来。

剑桥叫我难忘，主要在于她对真理、对科学精神，对天文、生物、物理、原子的那种刻苦追求精神。卡文迪许试验室的灯光时常通宵达旦地亮着，剑桥天文台的望远镜和医学研究所的显微镜，经常勾起我对未知世界的神秘联想。

一次，在哲学家罗素的小型茶会上，我遇到一位怪人——正在十分认真地研究鬼学的心理系教授。席间他大谈人鬼之间传递信息的可能性。当时我纳闷他怎么没被大学评议会除名，也没遭到同僚们的孤立、歧视或鄙夷。后来另一位剑桥朋友听我提起此事，说他本人并不信鬼，偌大个剑桥，除了此公，谁也不信鬼。也不是没人背后非议他，然而让这位鬼学家安然无恙地存在着，既无伤大雅，又足以保持住剑桥在学术方面自由探讨的空气。大家都想在真理方面有所突破，而不是墨守成规。

牛顿的万有引力定律和达尔文的进化论就正是在这种气氛中探索出来的。

剑桥不仅为世界培养了许多一流的经营管理人才和杰出的科学家。这套《剑桥文丛》的作者大多都是本世纪世界级的科学家，大多曾在剑桥任教，是英国皇家学会的会员。像《穿越时空》的作者詹姆斯·金斯，最早提出物质不断创生理论，在天文理论方面也有不少创新，但闻名于世的还是由于他的天文科普著作。《残缺的记忆》的作者奥托·弗里希，他参与了现代物理学的一些重大事件，参加了研制第一个原子弹的工作，“感情原子核的裂变”这个词还是他发明的。他以这本精彩而幽默的个性回忆录，为本世纪许多最重大科学发现背后的人物和事件增加了迷人的色彩。《预测未来》的作者斯蒂芬·霍金 1974 年当选为皇家学会最年轻的会员，1979 年，任剑桥卢卡斯讲座教授，这是牛顿曾经担任的职位。他有关大爆炸、黑洞的发现有助于把相对论和量子力学联系起来。他写的《时间简史》畅销全世界。

这种由世界级科学大家亲自撰写的科普读物，是目前国内科普读物中最缺乏的。本套作品我看不仅适合青少年，同时也适合成人阅读。出版者的直接意图并不在教给人们多少知识，而在于培养一种科学思考生命、思考世界的方法和科学精神。对那些勤于思考的人来说，思考本身即是科学的荣耀。物质和头脑两方面的完善，对一个现代化人更为重要，那更有助于他清楚地了解和思考自身在空间中的存在。

译者前言

当我们仰望夜空的时候，会看到无数颗闪烁的群星，在富有想象力的人们看来，这是一首诗，一幅画。而当我们以科学的角度去看待这一幕时，将发现在这无边无际的太空中有太多太多的事物有待我们去研究、去探索。

本书正是出于一种研究的精神和目的而编写的。本书的内容主要包括两大部分：其一是关于地球的形成与构成，同时对地球上的某些自然现象进行了一定深度的剖析；其二，本书对宇宙中各类物体及与之相关的自然现象进行了较为广泛的介绍。编写基于这样一个事实：即地球同样属于宇宙中的一分子，其存在形式及运动变化应该受到宇宙大环境的影响和制约，作者着重注意将上述两部分的内容尽可能地结合成一个有机的整体。通过对本书的认真阅读，读者将发现作者在这一点上是成功的。作为一本科学普及读物，译者尽量忠实于作者的初衷，尽量注意对问题进行深入浅出讨论的风格，注意论述过程中的通俗性和可读性。为便于读者对某些问题认识得更加透彻，作者选用了大量的史实和例证进行论述，译者尽量保证了本书结构的严密性和观点的正确性。

地球是人类的母亲，而作为宇宙大家庭的一员，地球的存在与多样化必然与宇宙的发展息息相关，我们只有掌握更多的有关知识才能做到对地球乃至宇宙的保护和合理利用。相信通过本书的介绍，会使各位读者在这方面的认识有所深化。这也正是我们把该书介绍给大家的愿望所在。

参加本书翻译工作的还有：刘玮、刘吉祥、洪学仁、关东玮、刘长顺、霍少敏、马秀丽、李素兴等同志。本书由北京工业大学刘长江教授审译，使本书增色不少，在此一并致谢。由于译者水平有限，错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

译者
1997年5月

序 言

这是一个神奇的物质世界。尽管如此，却仍旧令人迷惑。有许多多地方人还未能十分了解。有许多现象，我们当中有一部分人相当清楚，可对于其他人来讲，并非如此。

原因之一，就是我们当中的大多数人，对于那些我们应该知道的有关这个世界的东西却不去研究，或者说就是不愿花费功夫去想它。但这也不等于说我们根本没有去想它。每个人都会想，但每个人都是尽量把大部分注意力集中在那些眼前的具有直接重要意义的问题上。比方说，晚饭我们该吃什么？我怎么付帐？我们去哪儿度假？我怎么做才能得到晋升？怎么做才能得到更多的薪水？我是不是得安排一下和某人的约会？身上感到有些异常是怎么回事？

对于每个人来说，这些问题非常重要，而人们想找到这些问题的答案的心情也是非常强烈的，简直没有时间去研究那些实际上更普通的事情，如：地球是什么形状的？对于这个问题的解答通常是这样的：“管它呢，你为什么非要拿这样愚蠢的问题来烦我？就是知道它是什么形状的又怎么样呢？”

但是，知道了这个问题的答案和不知道这个问题的答案确是不一样的。比如说：要是你不知道地球的形状，你就无法沿最短的航线驾驶一艘船穿越海洋到达目的地，你也就不可期望着你发射的导弹击中目标。

姑且不谈这些，更为重要的是，像这样的问题你如果抱有好奇心，就会感受到其中的乐趣，并且如果你将这些问题分门别类地思考，找到它们的答案是相当容易的。本书编写的目的在于，在人人都能理解、接受的前题下，通过寻找答案的办法将这些普遍存在的问题引入到家中，使这个缤纷复杂的宇宙空间变得格外清晰明朗。

当然，一个问题总能引出另一个问题。我们所认识的这个世界并不是单一的直来直去型的，它是由三维立体空间以极其复杂的形式编织起来的，因此回答一个特定的问题往往需要对其他问题的解释，而对“其他问题”的解释又需要知道另外的问题的答案，以此类推……不过我会尽可能仔细地阐明这些线索，那样就可以避免许多不必要的重复解释。尽管如此，在文章中仍可能出现一些必要的跳跃，请大家原谅。

其次，当我们从一个问题过渡到另一个问题时，仅靠一些推理是不够的，我们得了解一点已经被科学家们观察到的并推断过的知识。我会尽量小心仔细地将它们描述清楚，不在万不得已的情况下尽量避免使用复杂的数字或图表。思考总能引出更多的思考，它是无止境的。对于那些勤于思考的人们来说，思考是科学的荣耀，而那些对身边无关自己痛痒的事物漠不关心的人会发现，继续做下去，其后果是不堪设想的。于是他们只能放弃科学了。我希望大家都属于前者。

至此，让我们从前面所提出的问题开始，看看会将我们引向何处。

目 录

序言	1
1. 地球的形状如何?	3
2. 地球到底有多大?	6
3. 如果地球是个球体, 为什么我们不会“倒过来”?	10
4. 地球运动吗?	11
5. 当你跳起来后, 为什么还会落在原地?	14
6. 风的成因是什么?	15
7. 为什么夏天比冬天暖和?	18
8. 我们怎样计算时间?	19
9. 如何测定比一天更小的时间单位?	22
10. 地球有多大年龄了?	25
11. 地球的年龄是怎样测定的?	28
12. 什么是质量?	29
13. 地球的质量有多大?	31
14. 什么是密度?	32
15. 地球会是“空心”的吗?	32
16. 地心到底是怎样的?	34
17. 大陆是运动着的吗?	37
18. 地震和火山是什么原因引起的?	40
19. 什么是热量?	42
20. 什么是温度?	44
21. 温度是怎样测量的?	46
22. 能量是什么?	48
23. 能量有可能用尽吗?	51
24. 地球内部的温度是多少?	52
25. 为什么地球不会冷却下来?	53
26. 天空是否是浑然一体的?	54
27. 地球是宇宙的中心吗?	57
28. 再问一下, 地球是宇宙的中心吗?	59
29. 哥白尼的观点能发展进化吗?	63
30. 地球是怎样形成的?	65
31. 地球是一个磁体吗?	69
32. 地球是一个“完美”的球体吗?	70
33. 为什么月亮会不断变化形状?	73
34. 地球能发光吗?	75
35. 为什么会有日食和月食现象出现?	77
36. 月亮是否在旋转?	80
37. 月亮离我们有多远?	81
38. 月亮的质量是多少?	84
39. 什么是潮汐?	87
40. 潮汐现象对地球有哪些影响?	88
41. 月亮上有生命吗?	90

42. 月亮上的“火山口”是怎样形成的？	93
43. 月亮是怎样形成的？	94
44. 我们能登上月球吗？	98
45. 什么是陨星？	101
46. 陨星能对人类生命和财产造成威胁吗？	103
47. 什么是小行星？	104
48. 小行星仅局限在“小行星带”中运动吗？	106
49. 什么是彗星？	109
50. 为什么彗星看起来是模糊不清的？	111
51. 彗星与世界末日有关吗？	112
52. 彗星从哪里来？	114
53. 太阳离地球有多远？	115
54. 地球真的很大吗？	117
55. 太阳系中是否还存在前人未发现的行星？	118
56. 各大行星间有哪些不同之处？	120
57. 金星上是否存在生命？	124
58. 火星上是否存在生命？	126
59. 太阳系中其他星球上是否存在生命？	130
60. 太阳看起来像什么？	134
61. 什么是阳光？	136
62. 什么是谱线？	137
63. 太阳的质量有多大？	139
64. 太阳的基本成分是什么？	140
65. 其他行星系中星体的构成是怎样的？	141
66. 太阳有多热？	144
67. 什么是日冕？	145
68. 什么是“太阳火”？	147
69. 为什么太阳能经久不息地熊熊燃烧？	148
70. 核能对太阳产生了怎样的作用？	150
71. 宇宙中是否存在前人尚未发现的星体？	153
72. 恒星是否真的恒定不动？	154
73. 宇宙是否有限？	156
74. 星星是什么？	157
75. 星星究竟离我们有多远？	159
76. 什么是光速？	161
77. 什么是光年？	163
78. 太阳也在运动吗？	165
79. 自然规律是否处处适用？	166
80. 什么是“变光星”？	168
81. 星体间有哪些差异？	170
82. 一旦星体供氢量降低会发生什么现象？	172
83. 太阳将会变成红色巨星吗？	174
84. 为什么有些非常明亮的星球至今仍然存在？	175
85. “白矮星”是什么？	176

86 . 新星是什么？	179
87 . “超新星”是什么？	182
88 . “超新星”对人类起什么作用？	186
89 . 环绕其他恒星旋转的星球上有生命吗？	187
90 . 什么是球形星团？	191
91 . 什么是星云？	192
92 . 什么是银河系？	193
93 . 银河系的中心在哪儿？	195
94 . 什么是多普勒效应？	198
95 . 银河系在自转吗？	200
96 . 除了光还有物质从星星传递给我们吗？	201
97 . 什么是电磁波谱？	205
98 . 射电天文学是如何发展的？	207
99 . 什么是脉冲星？	209
100 . 什么是黑洞？	212
101 . 星际尘埃云中有什么？	215
102 . 什么是 SETI (超地球智能的研究)？	217
103 . 银河系是整个宇宙吗？	219
104 . 银河系在移动吗？	221
105 . 宇宙有中心吗？	223
106 . 宇宙有多少岁？	224
107 . 什么是类星体？	225
108 . 我们能看见大碰撞吗？	227
109 . 大碰撞是怎么发生的？	229
110 . 宇宙会永远继续膨胀吗？	230
111 . 我们能看见宇宙中的物体吗？	231

1. 地球的形状如何？

如果环顾一下四周，我们就会发现，地球表面并非是平坦的，其形态很难用简单的语言描绘出来，即使我们将房屋及其他人造的景观排除在外，地球表面仍是凹凸不平的，它的表面布满了高高低低的岩石。

地球给人类的第一印象是：地球上布满了高山峡谷、陡壁悬崖以及深浅不一的沟壑。在科罗拉多、秘鲁、尼泊尔等地，一座座高达数英里的大山耸入云端。由此可见，地球表面的不平坦性是显而易见的。但也有些地区，如堪萨斯州、乌拉圭、乌克兰等地则是一望无际的大平原，你看不到高山和峡谷。由此可见，地球表面是极不规则的。

如果你是在群山峻岭之中，会看到忽而隆起忽而陷下、起伏不定的奇山怪石，有些山谷和沟壑直上直下的如刀劈斧砍一样。你漫步在地球上，处处都是坎坷不平的，我们也只能说，从平均统计的角度来看，地球是平坦的。

假如你乘坐一叶扁舟漫游在一望无际的水面上，你能看到的是水的汪洋，四周根本见不到陆地。其实水面并非是平如明镜的，处处都涌动着浪花。无风的时候，浪花很小，几乎看不到起伏。从广义的角度来讲，水面是平静的，甚至比地球表面平坦得多。

几千年以来，人们一直认为地球表面是“平坦的”，既然这种错觉没有给人类带来什么麻烦，又有谁愿意大伤脑筋对它进行深入的探讨呢？

不知各位是否站在山顶鸟瞰过身下的景观，凡是看过的，必然发现山谷的地势比山峰平坦得多，掠过房屋、树林、河流等物你能看到很远很远的地方。只是距离越远，看到的景物越发地模糊不清。当我们在空气并非纯净，大地被渺茫雾气笼罩着的时候极目眺望，大地和天空就像是连成了一片。

人们的视线中，天地的连接处称为地平线，该词源于希腊语，意为“边界”。在地表平坦的地方看地平线，它是条直线，人称“水平线”。

假如从某一个方向眺望附近的一座山，我们是无法看到它的另一面的，原因在于我们的视线不能拐弯。因此，如果我们仰视山顶，只能看到一片蔚蓝的天空，而看不到背面山势下滑的一面。这时，你只能看到近处的一条将山体 and 天空分开的界线。如果你是站在一片平原上，你就会看到遥远的天边一条朦胧的地平线。若想看到近一点的地平线，就要站到山顶上去。

让我们想象一下，我们正站在一艘航行于海上的轮船的甲板上。此时，阳光明媚，万里晴空，海面上风平浪静。因为海上比陆地上的空气纯净得多，所以眺望远方，将发现一条海天仿佛融合的直线——地平线，同时也许看到一座座山峰。

其实，海上是没有山的。这是怎么回事呢？正确的答案只有一个，即海面并非是平面，而是一个曲面。从你在甲板上所处的位置看去，可以看得非常远，直至视线碰到曲面的顶端。如果你再往高处站一站，视野将延伸得更广阔，直至曲面的顶端再次挡住视线。反之，若我们站在低层甲板上，那么，目力所及的范围将会变近。进而，我们站在某一点处向前后左右的四周望去，将在同样的距离上看到形状完全相同的地平

线。由此可见，海面不但是曲面状的，而且沿各方向的弯曲程度是一致的，至少在我们视力所及的范围内是如此。

但海面为什么是弯曲的呢？原因在于，海面的形状应与海水下的地表形状吻合。因此，地球自身必然是曲面状的，而且在各个方向上的弯曲程度是一致的，只不过陆地上的起伏更严重而已，并且陆地上的空气更加浑浊。

既然已知地表的形状是曲面，那就有必要弄清曲面的具体类型。若地表在各个方向上的曲度都相同，那么地球的形状一定是个球体。因为，只有球体是各方向上的曲度一致的几何体，只需认真地观察思考一下，就可得出结论：地球是个球体。

各位也许要问，几千年来为什么从来没有人利用地平线的研究得出上述结论呢？问题在于，人们把地球表面简单地认为是平面，不给远古的人类带来各种疑问和麻烦。如假设地球是球体，就会引发出我们下面将要看到的许多问题，以至于我们必须深入地研究。

你也许还有疑问：即我们能完全信任我们的眼睛吗？难道仅仅通过对地平线的观测和研究就能断定地球是球体吗？的确，若不对证据仔细地加以推敲，我们就有可能误入歧途，被我们的眼睛所迷惑。

比如，假如你是在海上，正注意观察一艘驶向远方地平线的船只，那么随着它越驶越远，船上的甲板由底层到高层逐渐消失在我们的视野中，而只剩下喷烟吐雾的大烟囱。如果这是一艘帆船，你就只能看到它的风帆。直至最后，这艘船将完全消失在视野中。这不仅仅是距离远了看不清楚的原因。你可以借助一架望远镜，把这条船看得更大一些，更靠近我们一些。但上述现象依然存在，驶远的船依然由底到高逐层地消失在视野中。实际上，我们看到的船是由地球曲面的“这一侧”驶向了“另一侧”。

现在人们公认古希腊哲学家毕达哥拉斯是第一位提出地球是球体的人，他于公元前 500 年就提出了这一假设。

除上述所说，还有许多证据可以证明地球是个球体。例如，在地球的某些地方可以看到一些星体，而在其他地方就看不到；另外，每当月蚀发生时，地球在月亮上的投影也像球体投影一样是圆形的。古希腊哲学家亚里士多德于公元前 384 年列举过一些已发现的证据，证明地球是球形的。但在一段时间内，他的观点并未被世人所接受。没受过教育的人一直对其观点持怀疑态度。历史发展至今，人类进入了宇宙空间时代，人们通过从人造卫星在太空中拍到的地球照片中，可以清晰地看到地球是球形的。

2. 地球到底有多大？

过去人们一直以为地球是个平面，因此也就不去考虑它有多大。正如人们知道的那样，或许地球就是“无限”延伸下去的。但是“无限”这个词的概念是很模糊的。人们也多次想到地球是有大小的，也是有边界的，只不过不知道在哪儿罢了。直至今日，每当人们说到“周游到地球尽头”，总是把它当做一句富有想象力的拟语而已，并没有实际的意义。当然，关于地球有边界的想法会引出许多疑问。设想一下，你走了很远的一段路程后，最终到了地球的尽头，你能返回吗？如果海洋到了尽头，它会不会把海水全部倒掉，直到流尽为止呢？那些为此类问题而忧心忡忡的人，曾尽心地研究能防止这类事情发生的办法。也许，这个世界周围是由坚固的高山围成的，使它看上去像一个“平底煎锅”，使表面上的物体不会倒出去；也许，天空像锅一样，是由一整块固体弯成的半球（看上去似乎是这样）。并且，这个“锅”的“锅边”朝下，同地球的“平底煎锅”的“锅边”正好吻合在一起，使地球成了一个带有盖子的“平盘”，它也会使物体在其表面上保持应有的位置。至此，这种认识似乎是可以接受的。

你也许仍然要问：这个“平面”究竟有多大？在远古时期，即人类刚刚学会直立行走，但还走不了多远的时候，世界被看成是相当小的，只限于每个人自己所在的有限区域。这也就是为什么在公元前 2800 年时，底格里斯河和幼发拉底河流域发生了一次巨大的洪水泛滥时，使住在那儿的苏美尔人认为整个世界被覆盖了的原因。《圣经》中把这个事件说成了：“圣洁的诺亚新始祖降临到了人间”。

当人们学会了经商，军队也四处驻扎和学会了骑马的时候，世界的地平线开始“扩展”了。到了公元前 500 年，波斯王朝的势力扩张后，其东西方向的疆界已经超过了 4800 公里，西边的帝国是希腊、意大利及其他国家。当时还没有边界的划分。

当古希腊哲学家意识到地球是个球体时，他们就知道地球肯定有大小，你就不能不负责任地只说句“地球非常大”或“是无限大”的话，以此就算是回答这个问题了。此时，人类也就不满足于用走路的方式来判断地球的大小了。

对于一个“扁平”的地球，它会是无限伸展开的，而一个球形的地球是弯曲起来的，这个曲线必定要返回到原始的位置上。因此，要确定地球的大小，只需要测出它的曲率即可：它弯曲得越厉害，说明球体越小，弯曲得越舒缓，说明球体越大。

可以肯定，地球的曲率极其舒缓，因此地球是很大的。这也就是人们花了很长的时间才意识到地球是球形的原因。如果这个球体很小，它弯曲程度就会明显，人们会很容易地发现它是球体，但是当它弯曲程度很小时，地球表面的有限区域将是很平坦的。

那么，我们怎样才能测出地球的弯曲度呢？

办法之一是，拿一根细长的金属丝，使它紧贴在平直伸展开的地球表面上，那么金属丝可以完全接触到地面的各个点。这样，它也会随着地球表面的弯曲而弯曲。当你把金属丝整体地提离地面后测量一下，就能看到到底向下弯曲了多少。如果这条金属丝有 1 公里长，它将弯曲大

约 12.5 厘米。

但这种方法的困难在于很难找到一块绝对平直的 1 公里长的陆地，从而使金属丝能精确地沿着地球的弧度来弯曲，那么，你就不能不借助其他工具而得到结果。但是，在金属丝的外型上若有一点小小的误差，都会在计算地球大小时产生较大的误差。换句话说，一些理论上看似完美无缺的实验，在实际当中很难做得到，这里只是其中的一个例子，我们还会找出其他的一些例子。

假设，你将一个细长笔直的杆子伸在地球上，将它竖直立好。而这一天的天气很好，阳光能从头顶上方直射下来，杆子不会有投影，因为阳光是从顶部各个方向上射到地面上的。若杆子是以一定的角度斜插在地球上，当阳光投到杆子上时，就会留下投影。现有一系列的杆子插在地球上，它们都高出地面 6 英尺，却与地球表面呈不同角度，其结果是它们的投影长度各不相同，倾角越大，投影就越长。

如果我们将测量出的杆子的长度同投影长度做个比较，就能以不直接测量角度的方式而计算出倾角的大小。这种方法在数学上被称作“三角法”。这个方法在很早的时候就由古希腊数学家提出来了。据说，早在公元前 580 年时，一位名叫台利斯的古希腊哲学家就利用了“三角法”，通过测量埃及金字塔投影长度的方法计算出了金字塔的高度。

但是，不能有意识地将杆子倾斜。现在你可以把一个杆子竖直地插到某地的地球表面上，而在相距几百英里远的另一个地方，以同样的方式竖直插上另一个杆子。这两点距离之间，地球会产生一定的弯曲。那么，如果你认为其中一个杆子是垂直的话，另一个杆子相对于它来说就有一定的倾角，角度的大小根据地球表面的弯曲度来决定。

大约在公元前 240 年时，古希腊哲学家伊拉托塞尼斯对此做了认真细致的测量。他得出如下结论：7 月 21 日这天中午，在埃及的古城塞尼，阳光直射头顶，因此竖直的杆子没有产生投影；同一天，在埃及古城亚历山大（伊拉托塞尼斯居住的地方）竖直的杆子却产生了一个小小的投影。

伊拉托塞尼斯通过测量得出了投影的长度，并将杆子的长度同影子的长度相比较，测量结果告诉我们，地球有多大的弯曲，才能使塞尼城与亚历山大城上竖起的杆子之间产生如此大的倾角。如果已经知道了塞尼和亚历山大两地之间的距离，和这段距离上地球产生的弧度，他就能算出这条曲线环绕一周回到起点时的长度。这种方法用于近代测量中，其结果用整数位表示，则地球赤道的长度是 4 万公里，它的直径是 1.28 万公里。

伊拉托塞尼斯的计算是相当准确的。值得一提的是，他的计算是在 22 个世纪之前就完成的，况且他没有离家多远，只用了一些简单的工具，凭借自己聪明的想象力得出了这一结果。

顺便说一下，这并不等于说伊拉托塞尼斯的结论完全被后人接受了。其他人也做了类似的测量，并且也有些小成果。当时，甚至到克里斯托弗·哥伦布时代，人们还认为地球的周长是 2.9 万公里，这个数字比实际周长的 $\frac{3}{4}$ 还少。哥伦布于 1492 年向西航行，他误以为亚洲只有 4800 公里远，可事实上，亚洲远在 1.6 万公里之外。如果不是他发现了美洲大陆，并把它当做亚洲大陆，他还不会停止他的旅行呢，我们也就

不会听到任何有关他的传闻了。

这件事直到 1522 年才更正过来。葡萄牙探险家麦哲伦完成了绕地球一周的环行。他并没有到达终点，因为他被菲律宾岛上的野人杀害了，但随行的一条船完成了全部航程，并证明伊拉托塞尼斯的结论是准确的。

3. 如果地球是个球体，为什么我们不会“倒过来”？

如果第一次告诉孩子地球是个圆球，往往会使他们感到困惑。他们会问这样一个问题：居住在地球另一端的人们（比如说澳大利亚，而你是住在美国）不是得头朝下，两脚朝天地走路了吗？为什么他们不会随地球一起倒过来呢？这与你试图要在天花板上行走，必然会摔下来的道理一样。

有时情况会更糟一些。假如你是居住在地球的最顶端（既然整个地球球面都很舒缓地弯曲向下）。只有当你纹丝不动地站在原处才是最安全的。一旦你向前开始移动，无论朝哪个方向，你的身体都会产生倾斜。走得越远，倾斜得越厉害，渐渐地，再也站不住了，你就只能从地球上倒栽下去。如果这是真的，所有的海洋在很久以前，就会从地球上倾倒入去，并且空气也是如此。于是，我们会得到一个似乎合情理的结论，那就是：人类不可能居住在地球这样一个球状物体上，即地球不可能是个球体！

可是，地球确实是个球体。我们的认识有问题，而这个问题是由我们所说的“倒下”这个词的含意引出来的。当我们竖直地站着，而要标出将要摔倒的方向时，那这个方向就一定是朝向我们的脚。当我们这样做的时候，这个方向总是指向地心，它大约在我们脚下 6350 公里远的地方。如果摔倒的方向永远是指向地心，那么无论你在地面上的什么位置，当你竖直站立的时候，你的脚心总是指向地心的。那些澳大利亚人也是竖直地站立，脚心也同样是指向地心，对他们来说，倒下的方向也是他们脚的方向，同我们没有区别。

同一切事物一样，我们接受向下的吸引力。“重力”就是指人或地球表面的一切物体被拉向地心的牵引力，它与所处的位置无关。由于当我们周游地球时并没有感觉到地球是有弧度的，它的表面看上去几乎是水平的，而且当我们竖直站立时，“倒下去”的方向又总是朝着脚的方向，于是乎地球更像是一个平面，它上面的任何物体都不会“倒”过来。因此，这也就是为什么人们花了这么长的时间才得出它是“球形”的这个结论的另一个原因。亚里士多德是第一个阐明地球上一切物体都被地心的牵引力所吸引的人，他称这种吸引力为“重力”。

假设你身边有许多各种形状的物体，它们彼此之间被紧紧地拉在一起，这样所有的物体就都要尽可能地靠近。当用压力最大限度地去压缩它们，直到压缩到不能再压缩为止，这时，它们就会形成一个球体。除了球体以外，没有任何一个形状能将自身的所有部件尽可能地组合在一起，这就是为什么地球能将它上面的一切物体吸引到中心的原因，即因为地球是个球体！

4. 地球运动吗？

远古时期，许多人认为，这个问题可以算是一个最愚蠢不过的问题了，怎么能对这个问题还抱有疑问呢？我们看到的地球绝对是“静止不动”的，问这种问题的人看来是思想有问题了。

那为什么仍然会有人提出这类问题呢？

其中一个原因是宇宙空间的一切物质都是处于运动状态中的。太阳从东方升起，跨越天空，从西边落下。月亮也一样。群星似乎都是以北极星为中心，绕着大圈旋转。离北极星较远的星体也同样沿着与地平线交叉的足够大的轨道运行。它们都是从东方升起，从西方落下。天空中的这些运动并没引起多数人的好奇，对他们来讲，“地球绝对保持静止不动”似乎是天经地义的，而宇宙中的物体都围绕着它转动，每天转一圈儿，周而复始。那为什么还有人要怀疑这个“客观事实”呢？一些人则又提出是否有这种可能，就是天空是静止不动的，而地球在它下面旋转。对于大多数人来说，这种疑问似乎不值一驳，这简直再明显不过了，像地球这么庞大的天体当然是不会运动了。

你坐过火车没有？如果坐过，你有没有遇到过这种情况：即在你旁边有一列火车，突然，你看到旁边这列火车起动了，并且慢慢地向后退去，你会感到很奇怪，为什么火车不朝前走而向后跑呢？不一会儿，隔壁这列火车后退得越来越远了，连火车头也跑到你的车窗后面去了。此时，你若注意观察一下车窗外的风景，就会吃惊地发现，景物也在向后退！你马上就会明白，原来是你自己的火车在向前开，而旁边的那列火车在原地根本没动。只要你坐的那列火车行驶的速度是平稳的，你就说不出到底是哪列火车在前进，哪列火车是静止的。因此，由于我们没有感觉到地球是在运动，也就认为它是静止不动的。

和我们相比，前人落后得多，他们并没有享受到坐这么平稳的火车旅行的滋味，所以也就没有上述的感觉和体会。过去的人，只有靠走、跑，或是行走在颠簸泥泞的路上，或是骑在一匹飞奔的马上，所有这些产生的都是一种不规则的运动，因此也就使人们提不出类似上述所提到的问题，即“我们是在运动还是在静止？”

现在让我们再回到火车上。假设你是坐在火车后面，观察到相邻的那列火车慢慢向后退去。现在验证一下是隔壁那列火车运动，还是你自己坐的这列火车在动。你可以沿着另一方向观察。通过火车车窗，你能看见对面的车站和城镇街道，如果你发现这些景物也是在向后退，那你就明白，是你自己的火车在动，而不是相邻的那列火车在动。地球和天空也同样类似于这种情况，只不过无法借助于自然景观的帮助。

就我们所知，大约在公元前 350 年时，第一位提出地球在转动，而不是天空在运动的人是古希腊哲学家希拉克雷第斯。但是，当时的人们并没有重视这个观点。1609 年时，意大利科学家伽利略利用一架很原始的望远镜观察天空时，发现太阳上有一些黑色的斑点。在他夜以继日的观察中，他注意到那些黑色的斑点在缓缓地绕着太阳移动，于是他认为：太阳是绕着一条看不见的轴线缓缓地旋转，他称之为自转。这条轴线被称作是它的“自转轴”，完成一圈自转需 27 天左右。

他想：既然太阳能自转，那么地球为什么不能呢？为什么不能 24 小

时转一周呢？他的这一观点遭到了强烈的反对。1633年，天主教强迫伽利略当众违心地重申了教皇的观点，即“地球是静止不动的”。

可是这一举动使保守派们没有捞到任何好处。1665年，意大利籍法国天文学家詹·多曼尼克·卡西尼当众指出火星的自转周期是24.5小时，1668年，他声明木星的自转周期是10天。以后，科学家们开始猜想地球也在自转：它是以一种有规律的、平稳的方式进行自转的，以至于人们感觉不到。然而，地球自转的这个事实并不是建立在其他星球自转为条件的基础上的；当天文学家们逐渐认识到宇宙是多么浩瀚无际（下面我们会提到）时，“地球静止不动，整个宇宙空间围绕着它转”这种理论就越来越不成立了。

1851年之前，没有人能够形象地向公众展示天体是如何自转的。后来，有一位名叫珍·B·L·傅柯的法国物理学家，将一座很长很重的摆钟悬挂在教堂的天花板上，让它左右摆动，摆钟的底部有个钉子，正好可以在教堂洒满沙子的地板上划下痕迹。这座摆钟在同一平面上一小时又一小时地持续摆动，可是钉子在地板上划下的痕迹却慢慢地不时地变化着方向，正如同地球在摆钟下方转动一样。这是人们第一次亲眼看到地球在转动。现在，人类可以飞上月球，从那儿，可以更清楚地看到地球的确是在不停地转动。

5. 当你跳起来后，为什么还会落在原地？

让我们将历史追溯到 17 世纪。当人们逐渐接受“地球是运动着的”这一事实时，那些抱怀疑态度的人就会提出异议。他们说，既然地球是转动着的，那么当一个人跳起来再落到地面上时，就该落到和他起跳位置不同的地方；若将一个小球抛到空中，当它落下时，落点和抛起点就会有一段距离；同理，如果鸟儿从鸟巢里飞出，它也将无法再找到原来的路径。而事实上，诸如此类的现象并没有发生。所以这些人认定地球是静止不动的。

这些异议似乎很有道理。所以，当你获知地球是运动着的概念时，你就会苦思冥想，以便反驳这种观点。

假设你坐在靠近两个车厢连接处的座椅上，而你的朋友坐在了连接通道的另一侧，当火车停在车站上，你们又无事可做时，可以拿一个球抛来抛去，你准能够接到对面抛来的球，还会把球抛回到对面朋友的手中，做到这一点显然并不难。现在假设火车并非停在车站上，而是平稳地行驶着，车速为每小时 96 公里，你将球再抛给对面的朋友，那么运动着的火车会不会对这个在空中飞行的球产生什么影响呢？即球可能飞不到你朋友的手中，而是击中了他后面的座椅呢？不，不会的，这个球运行的结果将无异于火车静止时的结果。如果你能认真地想一想，充分利用你对这个世界的了解和认识，你就能解释上面事实，无需你亲自去实践它（这种用想象代替实际的操作，科学上称之为“思维实验”）。

为什么在疾驶的火车上抛球与在静止的火车上抛球都是那么容易被对方接住呢？原因在于火车行驶在铁轨上时，火车上的一切物体也在以同样的速度运动着，其中也包括你和你的朋友，你周围的空气，以及你向对面抛出的小球。正因为所有的物体都是以相同的速度向前运动，那么无论 96 公里的车速还是零公里的车速又有什么区别呢？

地球赤道位置上的运转速度是每小时 1600 公里，你、我、空气以及某个被抛出去的小球也都以同样的速度随之运动着。因此，你可以在任何地方玩棒球，而不必考虑地球的转动所造成的影响。

当然，古时候并没有火车，因此伽利略采用了不同于亲自实践的“思维实验”去验证上述事实：假设你是在一艘顺风行驶在海面上的轮船上，如果你爬到主桅杆上，向下掷出一只笔或一件船上的工具，在它下落的过程中，船还在继续行驶中，当它落到与甲板有同一水平面的海上时，船早已驶到前面去了，这个工具就该落到船后方的海水中了。但是，不管是哪条船，也不管是哪位水手，当工具从桅杆上被抛下时，按照常规它并不是掉在海里，而是掉到桅杆的底部，尽管工具下落时船还在向前行驶着。

于是，这种见解驳斥了地球并不运动的说法，事实上没有人能够找出更充分的例证来否定地球是在转动的这个事实。地球在转动，这是千真万确的。

6. 风的成因是什么？

如果空气随着地球在转动，那为什么会有风呢？风，肯定是流动着的空气。看上去风是在运动的，也许这是因为空气不动，而地球却在空气的下面不停地转动而造成的。

但遗憾的是这种假设是错误的。

地球运动的方向是从西向东的，这就是为什么观察太空中的物体似乎都是从东向西运动的道理。这正像我们在疾驶的火车上看地面上行走的人，火车向前开，而地面上的人好像往后走一样。在赤道的位置上，地球的转速是每小时 1600 公里，其方向为由西向东，而在赤道两侧的南、北极之间，地球是以较小的半径转动的，所以该地区的转速就低于上述数值（而在南极和北极点全然没有任何运动）。

如果假定地球转动时空气纹丝不动，那么我们在赤道上方就能感觉到一种定向吹动的风，其速度是每小时 1600 公里，风向由东向西，而在赤道的两侧，风力就会降低一些。显然这不符合实际。所以，风不是由地球的转动而形成的。

哥伦布于 1492 年横渡大西洋时发现了定向的风（现在称之为信风），方向是从东边吹来，这使他顺风而行。当他返航回家的时候，他是向北航行，这时他发现信风是从西边吹来的。这一发现非常重要。在这之前，西方航海家认为风的产生、停止和风向完全取决于神的意愿。自哥伦布之后，人们越来越清楚地发现，风是有规律性的，这个规律性对海上贸易极为有利（这就是人们为什么称之为贸易风的缘由），而当时人们还不明白风的吹动为什么是有规律的。

这个问题的答案最初出现于 1686 年，英国科学家埃德蒙·哈雷认为：如果把大气层升温到同一温度上，地球表面的空气基本上是静止不动的，更不用说是有风了。然而，太阳直射地带的空气温度远远高于北方和南方地区的空气温度，高温下的空气将不断地膨胀，它们变得很轻，并且升向高空，这时从北方和南方飘过来的冷空气就填补了这块真空。正是这种冷空气的侵入才形成了“信风”。有人曾认为冷空气直接来自于正北方或正南方，事实并非如此，赤道以北的信风来自东北方，赤道以南的信风来自东南方。

当时，哈雷对这种现象没能作出解释，到了 1735 年，英国律师乔治·海德莱对这一现象做了正确的剖析：与赤道上空的空气相比，北方袭来的冷空气以较慢的速度随地球转动，当这股冷空气南下时，它在东西方向上的移动速率仍然没变，这一速率低于冷空气所到之处地球从西到东旋转的速率，其结果将使人们误以为这股风是从东北方吹来的。同理，人们也会认为由赤道南方袭来的风好像来自东南方。

相反，当赤道上空的空气被迫吹向北方时，它在东西方向上的运动速度高于所到之处的地球转速，因此看上去风似乎来自西方，这就产生了“西风带”。

这套理论后来由法国的物理学家格斯帕德·吉斯塔夫·让·科奥利斯于 1835 年通过数学推算得以证实。至此人们得知：风向的产生来源于地球不同部位的不同转速差，这一结论称之为科奥利斯效应。这一效应可以形成强度不等的“旋风”、“风暴”、“飓风”、“龙卷风”。

风是很重要的，它是地球的空气调节器，其作用是分散地球上的热量，使热带地区不是想象的那么热，使冷的地方也不是想象的那么冷。随着温度的升高，海洋上的水蒸气带走了一部分水。一旦温度降低，水又以雨的形式降落到地面。陆地吸收到了水，才使得陆地上的生物生机盎然。

如果我们完全理解了这些主宰空气和风运动的规律，我们就能准确地预测天气，其中包括温度的变化、雨及风暴的形成等天气形势。问题在于这些规律相当复杂，以至于时至今日我们仍不能圆满地进行天气预报。

事实上，人类还不能准确无误地预报天气，因为人类还不能精确地测定出各地区天气的初始状态，有时一些微小的变化也会造成巨大的后果。这种现象被人们称之为“无序”现象。而且相当多的自然现象都明显地具有这种特性，它使得我们无法去预测它们，这就是在科学领域中的遗憾之处，是人类知识的局限性造成的。不过，我们至少已在研究的过程中发现了这些局限之所在。

7. 为什么夏天比冬天暖和？

前文中我们提到过赤道地区的气温比地球其他地区的气温高，这是因为太阳在赤道上空是直射到地面的，所以那里能以最集中的形式吸收太阳的光和热，而在遥远的北方和南方，太阳光是斜射到地面上的，其热量分散到很大的面积上，因此热量不够集中。

然而，居住在地球上的人们，可以不出家门就能得知天气的温度变化，如在美国或欧洲的人们可以明显地感受到，7月份与8月份比1月份和2月份热得多（在南半球情况正相反）。对于这种现象的最简单解释就是太阳在夏天的时候更靠近地球，因此阳光照得更热一些。但是这不是事实，事实是：一年里太阳给予地球的热量总是均衡的。

现在，我们来考虑一下太阳在天空中的位置，如果太阳总是直射在赤道的上空，那么在赤道的任何一点上，中午太阳都将直射头顶。此时，赤道以北地区的人们就会在南边的天空中看到太阳。同理，赤道以南地区的人们就会在北边的天空中看到太阳。而且，北半球的人往北边站得越远，所看到的太阳越往南；同样，南半球的人往南站得越远，看到的太阳越往北。

然而，太阳在一年之内不总是直射到赤道上空的，太阳构成的运动轨迹与赤道是呈一定角度的，只有每年的3月20日的中午，太阳光才直射到赤道上空。这时候，全球的白天和黑夜平分为12个小时。这就是人们常说的“春分点”或“平均夜”。

此后，随着一天天过去，直射点的位置渐渐向北移，直到6月21日，太阳直射到北回归线的上空，该线正好穿过古巴的哈瓦那。从这个时刻起，太阳的直射点又开始向南移。6月21日这一天被称之为“夏至”。

到9月23日，太阳直射点又南移到了赤道上空，这一天称之为“秋分”。到12月21日，太阳的直射点到了南回归线的上空，该线正好穿过巴西的里约热内卢，这一天称之为“冬至”。太阳“停止”了南移，并开始向北移动，于3月20日再次回到赤道上空。年复一年，如此往复。

太阳直射点北移的过程中，住在北半球的人们看到的太阳越来越高，从6月21日起，太阳越来越低，直到12月21日。太阳越高，白天越长，夜间越短。纽约的6月21日这一天，白天有16小时，夜间有8小时；而在12月21日，情况刚好相反，白天有8小时，夜间有16小时。人类居住的地方越靠北方，昼夜的差异越大。在极地的夏季，太阳在一整天内从不落下，这段时间能持续6个月之久；同样的，在冬天这段时间里，太阳就没有升起来过。

在南半球，所有的现象正好相反，当太阳直射北半球的时候，正是它斜射南半球的时候，北方的“夏至”就是南方的“冬至”，等等。

在夏天里，太阳在空中升得“越高”，它在天空中“停留”的时间就越长，太阳散发到被照地区的热量就越多，因此，被照地区白天吸收到的热量多于夜间释放出去的热量。显然，北半球在7、8月间吸收到的热量总比散失的热量多，即使在这两个月里，从“夏至”开始，太阳在空中的位置也将越来越低。同理，冬至时，夜间散发的热量高于白天吸收到的热量，1、2月份是最冷的时期。在南半球，情况刚好相反，7、8月份是冷天，1、2月份是热天。

在远古时代，人们看到太阳落山会感到恐慌，担心太阳落下去永远不再升起来了。他们不理解太阳升起和落下是一种自然现象，是一种不可改变的规律。

8. 我们怎样计算时间？

当我们考虑季节问题时，自然而然地就提到了时间的计算问题。

时间的概念受多种因素的影响，包含了丰富的内容，其中也有生理和心理方面的。在对时间长短的感觉上，人们总有这样的经验：与身体健康时相比，人们生病时总觉得时间过得慢；与无痛感时相比，人在疼痛时对时间的感觉亦是如此；与高兴和忙忙碌碌的时候相比，人们难过或感到枯燥无味时总觉得时间过得慢；与自愿做某件事时相比，人们被迫做事时对时间的感觉也是如此。但不管你是在飞奔，还是在缓行时对时间的感觉多么不一致，“时间”依然故我地向前走着。再有，我们大家都有一个共同的认识，即时间有它客观性的一面，无论我们怎样去理解它，也不论我们的大脑和身体处于一种什么状态，“时间”总是按着一种固定不变的速度前进着，它是一种物理的概念，人们对于测量它非常感兴趣。

略想一下，我们发现无法用一个具体装置表述“时间”，但有些相关的现象是可以描述它的。当然，最合乎逻辑的、也是最实际的办法是通过一些变化的现象去发现时间的推移，而这些变化的现象都是有规律性的、重复性的，并且重复的次数是可数的。人类在原始时期就注意到了这种变化的现象，他们发现“白天”和“黑夜”是交替产生的，而且“天数”很容易数出来，并以此作为计算时间的依据。现在没有一个人不理解“今天”、“明天”、“昨天”、“昨夜”、“三天前”、“五天后”等等诸如此类词的含意。

但是，如果要描述一段较长的时间周期，用数天数的办法就不太方便了，而且很容易出错。有一种变化虽然不太明显，但在古代就已是家喻户晓的了，那就是看每晚月亮形状的变化。月亮从细细的月牙状逐渐变为满月，随后又变为月牙状，年复一年，周而复始，十分有规律地变化着（我们也许想这是为什么，解释这个问题留待后面的章节），形成一个完整的循环需要 $29 \frac{1}{2}$ 天，这就是人们讲的旧历“月”。我们可以很成功地统计和计算它，并用于日历（日历这个词源于拉丁语“proclamation”，意思是“声明”）。罗马教皇会在一轮新月出现在夜空中的这一天宣布一个新月份的开始，这就是从前的旧历。

旧历中每个月的 $29 \frac{1}{2}$ 天，在日历上交替地用 29 天和 30 天表示每个月，12 个月形成一年四季的周期：春、夏、秋、冬，周而复始。

四季构成了“一年”。与白天一黑夜的循环和月球形状的循环相比，季节的循环不是非常明显的，但是它的时间长短却是可以指出来的。季节循环的时间平均是 $365 \frac{1}{4}$ 天。

由上得知，12 个月并不能准确地构成一个完整的季度轮回。12 次月亮圆缺的循环仅需要 354 天，比一年少 11 天。这就是说，每次循环中都不不得不上一个月份，以使季度的循环完整地完，这样才能在日历上准确地反映出什么日子要播种了，什么日子要收割了，甚至可以预告雨季或旱季的来临等等。巴比伦人总结出了一套计算方法，该方法确定了以 19 年为一个周期年年该增加的时间，这样就使旧历与季度的轮回吻合起来了。在犹太教中旧历还包含着宗教的含意。

古埃及时，尼罗河河水定期的泛滥是世人瞩目的事情。由于河水的

泛滥，使得尼罗河沿岸的土地定期地覆盖上一层新的肥沃的泥土。这个周期近似等于 365 天。这件事对埃及人来说太重要了，他们可以不依据月亮的变化就把每个月定为 30 天，再加上余下的 5 天而形成一个季度的轮回，人们称之为阳历。阳历一词来自拉丁语，意思是“太阳的日历”。

埃及人的日历在公元前 44 年就被罗马人采用了，多余的 5 天分散地加在月份中，再隔四年多加出一天，使那一年为 366 天。这种日历每年有 $365 \frac{1}{4}$ 天。后来，人们对这个日历又做了微小的改进，形成了至今公认的日历。

9. 如何测定比一天更小的时间单位？

迄今为止，人们还未发现过一种方法，该方法能够用固有的规律性的自然现象来表征小于“日”的时间概念。不过，即使很久以前人们就认为有必要知道一天中具体的时间，也无能为力。

在白天，我们可以通过测定太阳在天空中位置的办法来确定当时的具体时刻。例如，当太阳在东方地平线冉冉升起的时候，我们称之为“黎明”；当它继续上升时称为“上午”；而“正午”是指太阳上升至最高点的时刻；当它在天空中下落的时候称之为“下午”；当它消失在西方地平线以下时称为“日落”；而当天空中只剩下一点微光时称为“日暮”。在夜晚判定时间比较困难，不过那些在夜间工作的人（如船上的瞭望哨）可以观察天空中的星体沿其轨迹运动时在空中的不同位置来更近似地确定时间。

其实，我们可以通过记录太阳在空中的特定位置来更准确地测定时间。可是，长期利用这种方法将会对视力造成较大的损害。因此，很久以来人们一直在寻求一种既无需观察太阳，又比较简单的时间测定方法。终于，人们发现太阳会在地上投下阴影。而如果我们将一根杆子戳在地上，在太阳刚刚从东方地平线升起时，杆子的投影是很长的，当然，此时它是指向西方的，该投影随着太阳逐渐升高而越来越短，在正午时达到最短（这里以北半球为例）并指向北方。此后，该投影将越来越长并指向东方。

我们只观察杆子的投影，就可以在不伤害眼睛的情况下准确地测出太阳的位置。根据这一方法，埃及人在公元前 3000 年左右发明了“日规”，在“日规”上装有一根倾向北方的指针，这样随着太阳相对于地球的运动，该指针投影的末端将形成一道半圆的轨迹，该轨迹可被平均地划为 12 等份，每一份代表 1 小时（这一词汇源自希腊语，意思是“一天的时间”）。苏美尔人首次将 12 作为一个固定的时间划分数。“日规”在埃及的使用是十分成功的。这主要是因为，在埃及白天一般总是阳光普照，另外那里一年中白天在全天中所占的时间大致是相同的。到了远离赤道的北方，这一比例在一年中的差异将变大，而且北方的白天不时会出现多云或阴雨的天气，这样，“日规”的使用效果将大大地降低。

当然，人们还可以利用一些其他的不依靠阳光作为工具的方法，例如，我们可以根据一支材料一定、粗细一定的蜡烛点燃后燃烧的程度来测定时间，把某一燃烧长度标定为 1 小时；也可以将一定数量的沙子从沙漏的上部全部漏入下部的时间计为两小时。这些方法无论在白天还是黑夜，也无论是晴天还是阴天都可以工作，而且这类计时器携带很方便。

你可以在第一只蜡烛刚刚燃尽时立刻点燃第二只，也可以在第一批沙子刚刚从沙漏上部漏掉后立即加入等量的沙子，这样就可以持续计时。不过即便这样，以上方法也存在不少缺点：就拿蜡烛来说，不同蜡烛的燃烧率总是不一样的，即便是同一根蜡烛，在所处环境的空气成分和含量的影响下，燃烧速度也不尽相同。我们再来看看沙漏，随着位于沙漏上部沙子的减少，其流速必将由于压力的减小而越来越慢。

也许在古代最好的表（“表”这个词来源于法语，意思是“铃”。因为每过一小时，铃声就会响起来），就要数“漏壶”或称“水表”了，

在该仪器中，水从上半舱通过一个小孔漏入下面的舱中。人们对“水表”的使用可追溯到公元前 15 世纪到公元前 100 年，人们用一个进水管不断地把水注入水表的上舱中，这样就完成了水表的持续计时。这时上舱中的水位是恒定的，且水漏的速率也是恒定的。在某些水表中，装有由一个小棒支撑的指针，该指针可随下半舱的水位上升而上升。于是，该指针就在运动轨迹上自动地以小时为单位来指示时间。不过，水表很容易被弄脏，而且水还会随时溅出，需要经常擦拭，因此，从中世纪以来，人们就开始考虑在重力原理上的应用。人们将一重物坠在一条绕在轴上的弦线的下端，该重物在重力的作用下开始下降，从而带动轴旋转，这样，安装在轴上的指针就可以指示时间。这一方法要求该计时器的指针在 12 小时或一天中以恒定的速率转动一周。大约在 14 世纪的时候，人们发明了“棘轮装置”。该装置由齿轮及与其啮合的转动轴构成，并允许齿轮在一定的小范围内运动，从而使各个齿轮与之发生均匀而有序次的啮合，该齿轮可帮助转动轴以恒定的速率旋转，缓慢地在全天中进行计时。

即使是最好的重力计时器也会在一天内出现一刻钟左右的误差，因此必须定时地根据“日规”进行修正。这种计时器从一般情况来看已经够精确的了，不过，对于某些科学实验来说，它还有一定缺欠，这些实验中的某些现象往往只发生于“一小时”中的某些特定时间段里。

1581 年，在教堂工作的伽利略（当时他只有 17 岁）发现教堂的吊灯在气流作用下不时地以不同的摆幅摆动，他还发现无论摆幅有多大，吊灯的摆动频率总是相同的。他测定的依据是他自己的脉搏（其实一个人的脉搏是随他本人的运动状况和当时的心情而变化的）。伽利略到家后，他将细绳悬挂的重物以不同的摆幅摆动，从而发现了“单摆定律”（单摆一词源于拉丁语，意思是“悬挂”或者“摇摆”）。

根据这一定律，单摆可用于制成钟表中较大周期运动的齿轮，不过该装置存在两个缺点：其一是单摆的来回摆动必须保持持续性，其二是这一摆动不可能是完全周期性的。

1656 年，一位名叫奥瑞斯缇恩·海更斯的荷兰物理学家发现了一种发生在曲面上的单摆运动，并称之为“摆线”，其摆动周期是恒定的。他还制造出一种工具，利用重力给钟摆一个足以使它保持不间断地摆动下去的推力。

海更斯发明的摆钟是第一种能精确到足以供科学实验使用的计时工具。这种摆钟可以将 1 小时平均分为 60 等份，即精确到“分钟”级，同时它还是第一种拥有两个表针的钟表。当指针转过 30 度时，分针正好转过一整圈，而这段时间恰恰是 1 小时。以后，人们又制成了可以将一分钟精确分成 60 等份，即精确到“秒”的钟表，而第三个指针，即秒针也出现在表盘上了。

到今天，即使小于秒的数量级也已经可以精确测出，这的确是几代人不懈努力的结果。

10. 地球有多大年龄了？

现在，我们已经解决了时间测定的问题，那么就让我们来讨论一个与时间有关的问题，即地球的年龄到底有多大呢？

苏美尔人于公元前 3000 年发明了文字，如果以这些文献为依据，我们可以认为地球已经至少存在了 5000 年了。不过在这之前，人们已经会制造陶器和雕塑。到了 19 世纪，几乎所有的西方人都认为地球已有 6000 岁了，这一观点的依据完全来自于《圣经》，人们将之奉为神圣的真理，但这一认识没有科学依据。

从历史上看，总有一些人——当然是极少数的——在怀疑《圣经》的正确性，并致力于推翻这一错误理论的工作。是什么促使这些学者产生了这样的想法呢？是雨、风，以及波涛对海岸的拍击等多种缓慢地改变地球表面的自然现象，他们认为是这些自然力量的长期作用才使地球形成了今天的样子，而这一时间过程绝不可能只有 6000 年。这些学者之一有 1570 年前法国的一位学者，他的名字叫做伯纳德·帕里塞。

那些相信地球的年龄只有 6000 岁的人们并不否认地球在不断变化着，但他们只是幼稚地认为这一切只是“诺亚方舟”故事中那次大水灾的结果。帕里塞认为那次传说中的世界性范围内的大水灾根本不可能是地球表面变化的原因，只能是很长时间以来缓慢积累的结果。他最终被烧死在火刑柱上。他的那个时代对于使用自己大脑的人来说简直是个灾难时代。

后来到了 1681 年，一位名叫托马斯·白奈特的英国牧师写了一本支持“诺亚大水灾”观点的书。但是到 1692 年，他又写了一本书，该书的观点对“亚当和夏娃”之类的传说提出了质疑，这本书也就毁了他的前程。

在 1749 年，一位名叫乔治·路易斯·布丰的法国自然科学家开始致力于写一部百科全书，在该书中他极力想通过科学的观点来剖析这个世界上的各种自然现象。他估算出地球变成当时那个样子至少应该经历了 75000 年了。这一论点给他带来了麻烦，最后他只能像伽利略一样，放弃了自己的观点。

不过归根到底，没有任何东西能够阻碍人们的思想进步。历史前进到 1795 年，一位名叫詹姆斯·哈顿的苏格兰地理学家出版了一本名为《地球理论》的专著，在这本书中，他汇集了大量有关地球“缓变说”的有力论据。大约半个世纪过后，科学界接受了他的观点，并称之为“均变说”，即缓慢的稳定的变化理论。不过，这一理论并不排除偶然的剧烈变化对地球的影响，比如大规模的火山爆发等。

此后，科学家们开始致力于研究地球自身发生了哪些变化及这些变化发生的速率。如果人们假定这些变化以相同的速率发生，另一些人就可以计算出这些变化使地球改变现有的状态所需的时间。

第一位进行这一尝试的是埃德蒙·哈雷，他也是揭示风向变化的第一个人。1715 年，他发现海水含有丰富的盐，并认为这些盐来自注入海洋的河流，这些河流从其流经的地域带来了少量的盐，进而，他发现在日光照射下海水会蒸发到空气中，而食盐却不会蒸发。因而雨水都是淡水，这些雨水重新注入海中，又在汇入大海的过程中携有更多的盐。日

积月累，海水也就越来越咸了。

如果我们假设海洋本来是淡的，那么只要计算出每年注入海洋的盐量，就可以知道海水经历了多少年才变成现在这么咸的。这一方法听起来是不错，但并不可行。首先，海水本来就不是淡的，而是含有少量盐分；其次，我们也不可能知道每年注入海洋的盐量，在哈雷的年代，西方人根本不知道欧洲之外的河流。另外，实际上在当时注入海洋的盐分的总量和以后年代时所注入的也不一定相同。哈雷的理论没有提及盐分回流的问题，当然在一般情况下这一现象不会出现，但在大陆架地区，由于海水较少，水分有可能完全蒸发，从而形成大面积的盐场。

哈雷最大限度地忽略了类似的偶然因素，最后计算出达到现今海水咸度需用 10 亿年。这一过程在当时人们的意识中几乎是不可思议。这个数字几乎是 70 年后卜奉计算结果的 13000 倍。但在当时的英国，科学家的日子已经好过多了，哈雷并没有遇到任何麻烦。

另一种地球年龄的计算方法是利用泥沙沉积的速度。河流、湖泊、海洋携有大量泥沙，它们沉积后形成了陆地，人们称之为“沉积物”（该词源于拉丁文，意思是“定居”）。沉积越久，地面上层对下层的压力也就越大，从而在下层形成沉积岩。我们可以算出沉积的速率，假设这个沉积速率是恒定的，我们就可以计算出地球上发现的沉积岩形成的时间。利用这一方法人们就可估算出地球的年龄大约为 5 亿年。

上述各种有关地球年龄的估算结果都是比较粗略的，但常有一定的启发作用。它不能作为准确的结果。我们必须找到一种在地球形成时代就已存在的，有严格规律性的，并且容易观测到的变化过程作为精确计算时间的依据。在哈雷和布丰的时代，人们还不可能找到符合这一条件的自然现象，而大约在 19 世纪后期它在一个极偶然的机会上被人们发现了。

11. 地球的年龄是怎样测定的？

1896年，一位名叫安东尼·汉瑞·白克勒尔的法国物理学家在研究某个课题时偶然发现金属铀可产生一种当时尚无人知的射线。1898年，波裔法籍化学家玛丽·居里经过进一步的研究，发现该射线是由某种放射物质发出的。铀和钍（一种与铀有着相似特性的金属元素）都可产生这种射线。英国化学家弗雷德里奇·苏第在1914年认为：作为放射的结果，铀和钍原子可衰变为某种较为简单的原子，该原子又进一步衰变，而变成其他物质微粒，直至新的原子核产生后，不再继续衰变，于是形成了所谓衰变产物，从而完成了衰变的全过程。

苏第的合作伙伴、新西兰人俄涅斯特·如瑟佛德指出，所有放射性元素都具有所谓“半衰”特性。换句话说就是一定数量的放射物在放射过程中，其化学键经一定时间后产生断裂，其中一半形成其他物质，而另一半保存下来。这就意味着我们可以通过一定量的铀或钍的研究计算出它们衰变的时间。

铀和钍的衰变过程和它们的形成是一样缓慢的。铀衰减到原来的一半要历时45亿年，而钍则需历经漫长的140亿年。如此缓慢的过程可以证实地球的年龄即使像哈雷所说的那样有10亿年，铀和钍也一定可以存在于现在的地壳中。另外根据这一论据也可推断出地球年龄的上限为1万亿年，因为只有经历了这样漫长的时间后，地球上的铀和钍才能完全衰变尽。

1907年，美国物理学家博特瑞姆·波登·鲍特伍德在物质衰变理论尚未完全成熟的情况下就指出，如果某块岩石中含有铀，那么铀将会以一个恒定速率衰变成铅。这样，就可以利用测定岩石中铅的含量计算出这块岩石以其不变的形态存在的时间。

这一理论的实现是有一定难度的。因为岩石中可能一开始就存在一定量的铅，而铅可用四种同位素的状态存在，其中一种同位素并非是衰变的产物，我们可以通过对这种同位素在岩石中的含量来测定并计算出所有四种同位素在岩石中的总含量。

10亿年前的岩石在地球上几乎比比皆是，因此，哈雷的论点也不再被看成是“无稽之谈”。实际上，人们于1931年就发现了20亿年前的岩石。而此后在格陵兰岛西部又发现了更为古老的岩石，它的年龄大约是38亿年。

不过鲍特伍德的方法只能计算出我们在地球上发现的各种岩石的年龄，而地球的形成可能比这要早得多。因为在38亿年前，一次又一次的火山爆发熔化了大量的岩石。它们不可能在这么长的时间中总保持固体状态。即便这样，科学家们也已经找到了解决这一难题的方法，这些方法将在本书后面的章节中加以介绍。现在，人们公认的地球年龄为46亿年。

12. 什么是质量？

为了了解地球上更多的自然现象，我们首先应明确“质量”的概念。当然，我们也必须明确“重量”的概念。

物体具有重量是由于地球对该物体吸引的结果。我们平时所说的某个物体重，是因为地球对它的吸引力大，以至于我们很难搬动它；而另一些物体，由于所受地球的引力较小的缘故，轻而易举地就可以搬动，我们就认为这些物体较轻。

根据牛顿力学定律，地球对物体的引力是随着物体与地心的距离变化而变化的。地球对物体的吸力来自地心，人类位于地球的表面，离地心大约 6350 公里。在一般情况下，我们无法感觉到地球引力的变化，因为我们在大部分时间里都是生活在地球表面，即使我们爬上最高的山脉或潜入最深的海沟，我们依然无法感觉到这一重量变化，因而在一般情况下，可以认为重量是一个常数。

假设我们是位于地表上空 6350 公里处，即离地心的距离是我们在地表时的两倍，此时地球对我们的引力降为原来的 $1/4$ ，而如果我们再“飞”高一些，我们的体重就会变得更轻。

牛顿（他曾在 1687 年发现了物体运动定律）找到了另一个类似于重量的测量参数，该参数不受重力的影响，因而也就不随其与地心的距离的变化而改变。如果一个物体比另一个物体更重，那是因为它所受到的地心引力更大。那么，是否还有其他判别这一区别的方法呢？

牛顿发现，力可以改变物体运动的速率或方向，而对于较重的物体，实现这一目的将需要较大的作用力。

其实，这一定律早已被人类所验证。假设地上有一个篮球，你只需用一个指头轻轻一碰就可使它滚动起来；而当其滚动时，轻轻地一触就可以改变它的运动方向，或使其停下来。而当地上放的是一颗炮弹的时候（当然，它要比篮球重得多），你会发现无论是想让它由静止开始运动，还是在运动中使其改变运动方向或停止下来，都要花费大得多的力气。

阻碍物体运动状态改变的特性称为“惯性”，而物体所具“惯性”的量度称之为该物体的“质量”。质量不受地球引力的影响，因此科学家们更愿使用质量作为度量单位，他们总是说某物体质量有多大，而不愿称其有多重。

质量与重量一样，以千克或磅作为计量单位（其实这是一个错误，不过学术界也已经习惯了）。质量可以通过两种方法进行测量：其一是在已知当地的重力加速度的条件下，计算物体的重量，进而进行换算；其二计算其惯性，这种方法与重力无关。上述两种方法看起来并无任何关系，但它们往往会得出相同的结果，因而所谓“重力质量”与“惯性质量”是相同的，这一问题一直困扰着科学家们。

13. 地球的质量有多大？

在搞清楚“质量”的概念以后，有关地球质量的研究就自然而然地摆到了科学家们的面前。人们意识到地球是如此之大，以至于根本不可能用任何方法得到一个能改变其运动状态的力，而且，人们也绝对无法称出地球的重力质量。但如果换一个角度考虑，我们可以不去直接称地球的重量。如果我们在距地心一定远的地方测出某个常见物体所受的重力，就可以将其与该物体在地球表面距地心这样大的距离内所受到的重力引力相比较，在该物体质量已知的条件下，就可求出地球的质量。

尽管如此，我们仍有一个麻烦，即地球引力其实非常小，以至于只有在它作用于巨大的物体时才显露出来。我们认为，与其他有巨大破坏力的作用力一样，地球引力是十分强大的，这主要是因为它与硕大的地球联系起来。而当它仍用于诸如一个铁块这样的物体时，它产生的重力引力是那么小，以至于人们几乎无法测到它。

英国科学家亨瑞·卡文迪许于1798年开始解决这一问题。他将一条细线系于一个轻质木棒的中端，并在木棒的两端各系一个小铅球，从而制成了一个简单的装置，木棒可绕悬线自由扭动。这样，只需轻轻一碰，木棒两端的小球就可改变装置的运动状态。利用这一方法，卡文迪许测出了不同作用力产生的“扭矩”。

而后，卡文迪许将两个较大的金属球分别装于这两个小球的附近，这两个金属球与两个小球之间的引力使悬线发生轻微的扭动。根据扭臂的长度，卡文迪许计算出了两对球体之间的相互的吸引力，进而他根据两对球体的中心距和各球的质量，以及位于地表的相同球体所受的重力（该重力大于两球间的相互作用力），与两对球体间吸力的差值计算出了地球的质量。

卡文迪许认为地球的质量约为 6×10^{24} 千克。这一数据直至今今天仍一直被科学界所认可。因而，卡文迪许的研究可以说是在该领域的首创。

14. 什么是密度？

我们曾认为越大的物体也就越重，但通过实验证明这一想法是错误的。一大块软木可能比一小块铅要轻，即相同体积的不同材料，质量也不一样。物体在单位体积中的质量被称为这个物体的密度，因此我们只能说某物体比另一物体的密度大。

1 立方厘米的水的质量为 1 克。由于 1 立方英寸等于 16.4 立方厘米，一盎司等于 28.35 克，因此，水的密度为： $1 \text{ 克/立方厘米} = 0.58 \text{ 盎司/立方英寸}$ 。克/立方厘米的密度单位远比盎司/英寸的密度单位用得要多，至少笔者是用这种方法。

在某种物体的质量（以克计）和体积（以立方厘米计）已知的条件下，可用质量除以其体积，从而得到该物体的密度。

古希腊人总结出了根据球体直径求其体积的公式，根据这一公式，在地球直径已知的条件下，可求出地球的体积。卡文迪许已经算出地球的质量，就进一步成功地利用上述方法求出了地球的密度。按照他的计算结果，地球的密度约为 5.518 克/立方厘米，即水的密度的 5.518 倍。

15. 地球会是“空心”的吗？

如果你从来没有想到过这个问题，那么可能会被这个问题吓一大跳，但长期以来，一直有人持这一观点，并在其基础上演绎出许许多多的故事和神话传说。为什么人们会有这样的想法呢？究其原因，不过是因为地球上发现了隧洞，尽管它们只是分布于地表。目前我们所知道的最深隧洞也不过只有 1.17 公里深，与 6350 公里的地球半径相比，简直是小巫见大巫。但是，仍然有一些人幻想着能发现通向地心的隧道。

“地球中空”这一观点的提出可以追溯到远古时代，在古希腊神话中，巨人因为违抗万神之王宙斯的意志而被埋入地下，他们痛苦的扭曲造成了地震。而火山的存在好像进一步证实了地球内部是一个“大炉膛”，含丰富的火种和硫磺，极易于燃烧。

在科学史的初期，一些科学家确实曾致力于证实“地球中空”这一宗教观点。1665 年，德国学者阿撒谢尔丝·科彻曾出版了一本在当时最为引人注目的著作，他在该著作中将地球描绘成一个“大筛子”，而“筛子眼”则是那些广泛分布于地表的隧洞，在这些隧洞中常有恶龙出没。19 世纪初期，美国军事家托恩·克里伍·塞莫斯竟在捍卫“地球中空”理论的研究中煞费苦心地向人们证明在北极地区就存在通向地心的隧洞。继塞莫斯之后，直至今日，这一古怪想法促使人们发表了大量有关地心探险的科幻小说和文章。其中最为著名的就是法国作家儒勒·凡尔纳于 1864 年出版的《地心游记》，在这部著名的科幻小说中，凡尔纳向人们描绘了一幅奇妙的地下世界画卷，那里有地下海洋，恐龙横行，古猿人四处出没，而通向这一神秘奇景的通道就在寒冷的冰层之下。在此之前，伊扎·阿兰·波尔也编著过类似的故事，他将这一通道“搬”到了北极。

结果到了 1909 年，美国探险家罗博特·爱迪文·皮列根本没在北极发现什么“地心通道”。不过这些传说却流传了下来。其中最为普及的当数伊扎·R·柏洛兹的一套系列丛书，其中第一部出版于 1913 年。直至 1798 年，人们终于知道地球不是也不可能是空心的。当卡文迪许计算出地球质量后，人们进一步计算出地球的密度为 5.5 克/立方厘米（精确值为 5.518 克/立方厘米），而地壳中岩石的平均密度为 2.8 克/立方厘米。如果地球真是中空的，并假设空心部分充满空气，那么地球总密度应小于 2.8 克/立方厘米。地球密度为 5.518 克/立方厘米这一事实说明：地心密度必定大于地壳中岩石的密度。因此，地球肯定不是空心的。当然，肯定还有其他实例能说明地球是实心的。

16. 地心到底是什么样的？

我们知道地壳的密度为 2.8 克/立方厘米，而整个地球的平均密度为 5.5 克/立方厘米，因此我们马上就能推测出地球一定有一部分的密度高于 5.5 克/立方厘米。

对于这个问题我们有多种想法，但有一点我们是很清楚的，即这仅仅是我们的推断。在实验室里测试一个普通尺寸的球体，其所受的万有引力小到可以忽略不计。但对于地球来说，其巨大的引力作用则可以将地球上的一切物质牢牢吸住。如果我们假设地球全部是由岩石组成的，那么地层深处一定会被外层的重量压碎。这种强大的力量能压缩地球内部并将所有的质量全都集中到一个很小的容积当中，所以较深地层的密度自然比外层密度要大。这个问题好像就这样迎刃而解了。

但事实并非如此。人们曾经试图在岩石上加足够大的压力，然后通过测出所加的压力数值计算出岩石内部密度增加的数值。但人们最终发现，地球外部所有地层重量不可能把地球内部压缩到平均为 5.5 克/立方厘米大小的密度。

因此我们只能得出这样的结论：地球不全是由坚硬的岩石构成的。地球深处一定存在密度比岩石密度高得多的物质。那么这些物质是什么？我们怎样才能想办法去了解它们呢？迄今为止，我们所钻到的最深的油井有 9.6 公里深，而这个值仅是地球直径的 1/670。

难道人类真的没有办法对地心有所了解吗？实际并不是这样的。地震使地球表面遭到严重的破坏，人们通过对地震的观测偶然发现，由于各种形式的波从地心传出，从而使地球表面产生剧烈的晃动。其中有一种波的传播方式类似于池塘中涟漪的水纹，另一种波类似于声波在空气中的传播方式。实际上，在地震过程中，与声波具有相同性质的波被称为“初波”或“P 波”；另一种与在水中传播方式性质相同的波我们称之为“次波”或“S 波”。

这些波从最源头产生，经过相当长的传播距离，穿过地球内部并最终作用在地球表面上。1855 年意大利物理学家路支·派勒米瑞发明了第一台研究这些波的简易仪器——地震仪。在以后的几年中，地震仪迅速得到了改进。到了 19 世纪 90 年代，英国工程师约翰·米尔恩在世界各地安装了一系列的地震仪。如今已有 500 多个精确的地震仪分布在全球各地。

通过地震仪，我们能知道地震波在何时何地出现。科学家们能指出地震波穿过地球内部结构的路径。如果地球各处物质的特性相同，则这些波将以固定的速度沿直线传播。然而，由于地球的密度随深度的增加而增加，部分区域由于受挤压而压缩，波的传播路径呈现出曲线。从这些曲线的特征来看，科学家们就能得出地球内不同深度区密度的数值。如果同一深度的曲线走向发生急剧转向，则说明这一地层不是由于被挤压，而是由于密度的突然改变导致该地层的化学结构发生了变化。

通过对地震波的分析研究，我们把地球结构划分为三部分。最外面的地层叫“地壳”，是由我们所熟悉的岩石组成的。而大约在地下 32 公里处（平均来讲）地层结构发生了明显变化。这个变化首先被克罗地亚地理学家安卓亚·莫霍间于 1909 年时探测到了。所以被称为“莫霍间断

层”或简称“莫霍断层”。地壳下面是“地幔”，这部分也是由岩石组成的。一方面是由于“地幔”岩石被压挤，另一方面是由于“地幔”的组成物质本身的密度较大，所以“地幔”层岩石的密度比“地壳”层岩石的密度要大。但“地幔”密度的增大并不足以成为解释整个地球密度高的原因。

1914年，德国地理学家本诺·古腾堡第一次证明了在地下2900公里的深处，地震波再一次发生明显的转向这一事实。地心的密度完全可以用来解释地球密度高的现象。由于注意到“P波”能通过地心而“S波”不具备这一能力，所以科学家们推断出了地心的结构。由于“S波”不能通过液体传播，而“P波”能通过液体传播，所以这恰恰说明了地心是由液体组成的（地球的“地壳”、“地幔”、“地心”之间的关系与鸡蛋中“蛋壳”、“蛋清”、“蛋黄”的关系是一样的，而且仅在一些点上相同的）。

那么下一个要解决的问题就是要确定地心是由什么物质组成的。因为地心一定是由密度比岩石大而熔点比岩石低的物质组成的。所以通常会认为地心是由不同的金属组成的。因此，我们可设想地球有一个由液体金属构成的地心。那么到底是哪种金属呢？

实际上，在地震资料能够对地球内部结构很好地作出解释之前就已经给出了一个可能性的答案。偶尔会有陨石坠落在地球表面上（我将在后面部分进行详细说明），它们的主要成分是由岩石构成的，而且通常含有10%左右的金属物质。陨石中一般含有铁并总会伴有相关金属镍，它们含量比例为9:1。

法国地理学家盖布瑞德·奥古斯都·道布瑞早在1886年就提出这样一个设想，即地心是由镍铁混合物组成的。这种结论看来很有道理，所以现在科学家们假定地心是由90%的铁和10%的镍组成的。然而关于地心的组成成分还存在着意见分歧，其中有一种理论认为地心是由氧或硫化物或者是它们的混合物组成的。所以，“地心到底是由什么物质组成的”，这还是一个有待于我们进一步研究和探讨的课题。

17. 大陆是运动着的吗？

当我们提到地震时，总会不禁要问：“地震到底是由什么原因引起的呢？”为了回答这个问题，我们首先应该讨论的是大陆板块是否能移动。从某种意义上讲，如果把地球看成是一个固体圆球，则作为地球一部分的大陆板块正在围绕着这个“圆球”的轴进行着旋转。但各大陆之间是否有相对运动呢？

答案似乎很明显，即是否定的！大陆之间怎么可能进行错动呢？但是在远古时代，大陆或其地表的某些区域的确发生了移动，至少在高度上曾发生了升降的变化。到了公元前 540 年，古希腊哲学家辛诺芬指出：人们曾发现过嵌入山顶岩石里的海螺，说明这些山顶在很久以前曾在水下沉寂了相当长的时间。他坚信，这些山脉最初是存在于海洋中的，但由于某种原因而上升，于是就形成了如今的山脉。他的观点后来被证明是正确的，但当时人们对他的观点却不屑一顾。

约在 1889 年时，美国地理学家克勒瑞斯·爱德华·都顿提出了一个较难理解的观点。他坚信陆地的岩石的密度比海底的岩石密度要小得多，因此大陆能比海底升高相当大的高度且能浮出海面。而大陆上山区的岩石密度又比其他地区小得多，所以山区地势又会比其他地区高。都顿称这种现象为“地壳均衡说”，但是大陆和大陆部分地区的升降都不能说明它们在横向方向上进行过移动。

当时的世界地图并不十分完整。自从发现了美洲大陆，人们就绘出了大西洋海岸线的地图。但意想不到的事情发生了，英国哲学家弗朗西斯·培根于 1620 年首次指出：如果向南美的东海岸望去，你会发现它与非洲的西海岸的轮廓极其吻合。人们开始怀疑非洲和南美洲是否曾经是一个整体，后来随着漂移而各自分开了呢？

1912 年，德国地理学家阿尔弗雷德·卢萨·魏格纳对此提出了一些细节问题，并指出了这两块大陆应该是从海底较重的岩石中分离后浮起而形成，并随着漂移逐渐分开的，进而他认为地球上所有大陆曾是一个整体。这个理论被他称为“古陆桥”（来自希腊语，是“整个地球”的意思）。后来，这种统一状态被破坏，逐渐分离成几大块。他称这种现象为“大陆漂移”。从某方面说，他这种观点是对的。但是，他认为大陆是从海底浮出来的这种说法显然是没有根据的。

由于海底的岩石相对于大陆岩石来说过于坚硬了，在当时的条件下尚无法对其进行细致的研究。所以这种观点直到 1960 年才被否定。

但是一种新的说法又随即产生了。在 19 世纪 50 年代，人们试图在海底建造一条用来发电报的海底电缆，从而在欧洲与南美洲之间建立起通讯联系。美国海洋学家马修·方亭·曼瑞对大西洋进行了探测并希望找出一条建立海底电缆的最佳线路。1854 年，他发现大西洋中心部分的深度要比两边的深度浅得多。他认为在海洋中心一定有一个高原，他命名为“电报高原”。

在当时，对海底进行探测是十分困难的。我们必须用加重的线绳放到海里，这个线绳长达数公里。如果发觉线绳已经触到海底了，就把它拉上来，测量其长度，然后再放回到海底，继续测量。这个工作非常乏味而且测量结果也很不稳定。在整个探测过程中很少能正确测到真正的

深度，所以曼瑞的工作仅仅开了个头就被迫中断了。

1872年，在查尔斯·瓦维利·汤姆逊带领下的英国航海队历时4年航行了12.5万公里。他们利用一条长6.4公里的电缆对深海区域进行了探测。这次航行除得到了海底最清晰和最全面的图片以外，并没有比以往有更多的收获。不过在第一次世界大战爆发期间，“回音”探测技术有了进一步的发展，并被应用于超声波领域中。超声波是一种人类听不到的尖锐的音波，它能穿透海洋。通过测量声波发射到返回接收到它的反射波的时间差，就能推断出海洋的深度。1922年，有一艘德国轮船采用了这种技术对海洋进行探测，从此人类才渐渐越来越全面地了解海底世界。

世界最伟大的海底探测专家是美国地理学家威廉姆·曼瑞斯·伊文，他进行了无数次的测量并在20世纪50年代初期揭示了“电报高原”不是一个“高原”，而是一条长而崎岖的山脉，它蜿蜒坐落在大西洋中部的海底。山脉中一些较高的部分伸出水面形成了岛屿。1956年伊文指出这座山脉围绕着非洲进入到印度洋，再绕着南极洲，一直延伸到太平洋，形成了一条地球的“环带”，可称得上是“地球的飘带”。至此，它作为“海洋中的山脉”才渐渐为人所知。1957年伊文指出沿着这条山脉有一条很深的裂缝，即“地球裂缝”。这一大裂缝位于海底山脉的中央，看上去好像将地壳分成了数块拼合在一起的板块。这就是“大陆板块学说”（希腊语意思是“木匠”）。因为这些板块被适当地拼在一起，就好像是经木工活加工拼成的一样。

美国地学家哈瑞·哈孟德·希斯对大陆板块学说进行认真研究后，在1962年提出：地球深层的物质从大西洋底的大裂缝中涌出，将其两边的板块分开，非洲板块被推向了东边，南美洲板块被推向了西边，并且两板块间的海洋也在不断地变宽。这种说法称之为“海洋地板延伸”。这种说法很快就被其他的地理学家采纳接受。正如魏格纳所说的那样，南美洲和大西洋很久以前确实是在同一个板块上。但它们是由于漂移而分开的，还是由于其他力量而分开的呢？魏格纳作出的结论是正确的，但他对这一现象起因的认识却是错误的。如今人们已经把研究板块缓慢漂浮运动的理论——“板块理论”作为整个地质学理论的基础。

18. 地震和火山是什么原因引起的？

地震和火山在远古时代就已经存在了，它们的爆发能产生巨大的破坏力，在短短几分钟内就能使成千上万人丧命，因此人们对此产生了强烈的恐惧感。有史以来，我们所知道的最剧烈的一次火山爆发约发生在公元前 15—00 年，这次火山的突然喷发破坏了爱琴海上位于克里特岛北部的萨拉岛。当时生活在岛上的人们并没有意识到火山爆发的潜在迹象，但此时在地球的深处压力在增大，当压力达到足够大时，最终导致火山的喷发。虽然一起突发事件可能为亚特兰大的传奇色彩增色不少，但萨拉岛却被毁于一旦，同时克里特岛由于火山灰的沉积而遭到严重损坏，甚至本来兴盛的文明也未能幸免而逐渐衰亡。实际上这次火山爆发使整个地中海的东部地区都陷入了混乱，连埃及帝国也因此受到了致命的打击而走向永久的衰落。

意大利那不勒斯城附近有一座火山，它沉寂了相当长的时间，以至于人们对它的危险都渐渐淡忘了。但是在公元 79 年，它突然爆发并埋没了庞培城和赫修兰姆城。罗马伟大的作家蒲林尼就是由于靠近火山企图观察和描写火山爆发的壮观景象而不幸遇难的。这次火山爆发导致 4000 人丧生。西西里岛的埃特纳火山是欧洲最高且活动最频繁的火山。它在 1669 年的爆发致使 2 万人丧生。1783 年冰岛火山大规模爆发，1815 年印度尼西亚位于桑布瓦岛的坦布拉火山爆发，1883 年印度尼西亚的另一座名叫克拉卡多火山也发生了同样的悲剧。这三次火山爆发又使无数人丧生，伤亡十分惨重。1902 年位于西印度马丁尼克岛的派里火山爆发，炽热的有毒气体倾泻而下，弥漫在位于火山旁马丁尼克岛前首府圣·彼尔城。3 分钟之内，城中 3.8 万人全部丧生，只有在地下监狱等待处决的杀人犯幸免于难。

地震给人类带来的灾难远非如此，它能使更多的人丧生。1556 年 6 月 24 日，中国山西省发生了强烈地震。据推测，在短短的几分钟内约有 80 万人死亡。1703 年的东京地震夺走了约 20 万人的生命。1737 年，加尔各答地区地震使 30 万人丧生。欧洲近代史上最为严重的一次地震发生在 1755 年 11 月 1 日，地震毁坏了葡萄牙的里斯本，海啸和火山爆发随之而来。此次地震有 60 万人丧生。1812 年密西西比河附近，即今天的新迈锥底镇发生了可怕的大地震，地震之后几乎没有人能够幸免于难。

那么，这些现象是什么原因引起的呢？我们首先要排除上帝的报复、老天爷发怒等说法。亚里士多德认为是部分空气存在于地下复杂多变的空间中，在某种特殊条件下被释放出来而形成了地震。但人们已经渐渐开始了解火山和地震了，他们注意到火山和地震大多数发生在一些特定地区。地球上 500 次的火山活动中有近 300 次发生在太平洋板块的边界曲线上，约有 8 次发生在马来群岛链上，地中海沿线也有少数的火山活动。同时人们注意到这些地区也是地震多发地带。由此可见火山和地震以某种方式相互联系并具有相同的根源。

里斯本地震推动了科学领域对此类问题的深入研究。就像我们前面提到的那样，人们在各地安装了地震仪。1906 年的一次大地震使旧金山遭到了严重的破坏。美国地震学家哈瑞·福瑞丁·瑞德对地震现场进行考察研究后注意到城市附近的一些地区发生了移位。地上的“裂缝”表

明一边相对另一边好像向前错开了些。大多数人会认为这条“裂缝”是在地震发生时才形成的，但瑞德却有不同的看法。他认为“裂缝”（或称“断层”）应该是在地震发生之前就已经有了（我们现在称之为“圣·安第斯断层”）。随着时间的推移，地下压力逐渐增加使断层的两面向相反的方向移动。在通常情况下，由于摩擦力的作用使断层两面相对静止。但随着压力的增大，断层一边发生了移动，另一边被迫不断振动引起剧烈摇晃，这足以毁灭一座城市和扼杀成千上万的生灵。

虽然瑞德的理论从大方向上来讲是正确的，但直到人们了解了板块的构造后才彻底明白了地震的成因，人们已经了解了地球的内部巨大力量的形成原因是由于地球各板块运动得非常缓慢，但是板块边缘的能量有时能导致其他运动，就形成了如同瑞德在旧金山地震时所观察到的现象。圣·安第斯断层归根到底实际就是在北美洲板块底部和太平洋板块底部之间形成的断层。

环绕世界的断层带是一个非常不稳定的地带。一旦滚烫的岩浆从地下渗出来就能导致火山爆发。当两个板块相向碰撞时，碰撞的边缘就被压皱而形成山脉，当今世界上最高的山脉——喜马拉雅山脉就是由于印度板块在漂移运动中与亚洲板块碰撞而形成的。有时一个板块能滑入到另一个板块的底部，被吸入到海底并形成海沟，有的地方的深度能达到11公里。

直到人们发现地球的板块结构后才能完全理解地壳这一复杂多变的现象。这一发现使本来看起来不可能的事情一下子变得明了多了，而类似的发现往往代表着一种崭新的理论的形成。

19. 什么是热量？

我们现在似乎有理由问这样的问题：“地球内部的强烈地震和火山喷发等类似现象是什么力量造成的呢？”在提出这个问题之前，我们必须先问这样一个问题：“什么是热量？”

我们都能感受到热的存在，并觉得这是理所当然的。我们对热的感受总体来讲是来自太阳。我们能在阳光下感到热量的存在，而在阳光照不到的地方则感受不到。退一步说，通常我们也能从点着的火、电灯泡、散热器或是热水壶等等热的物体上感受到热量的存在。即使我们不知道它们具体是什么，也肯定会知道它产生了什么样的作用：即热量从一个物体传到另一个物体。当我们感到冷时，站在火的前面就能感受到热量通过燃烧着的火传到了我们身上。如果在那儿站久了，我们就得离开火，否则就会由于吸收了太多的热量而感到身体不舒服。如果我们把一壶凉水放在火上加热，热量就会从火焰传送到水壶中，壶中的凉水便逐渐变热直到沸腾。

我们能举出更多的例证使人们了解热量是一种难以捉摸的流体，它同水的流动方式一样从一个物体流到另一个物体。在特定的条件下，每种特定的物质只能容纳有限的热量。可以肯定一点，就是如果一壶热水被放在一个温度较低的物体上，它就渐渐地凉下来，直到彻底变冷。

但是，1798年美裔英国物理学家汤普生在为炮弹制造厂加工几根又细又长的圆柱形金属时，又有了新发现：他在钻孔时注意到钻孔器传给金属件大量的热量。在加工时他只得不断地用水对金属进行冷却。在一般情况下，人们会把这种现象理解为随着钻孔器对金属材料的不断切削，金属材料中的热量就会随着被切掉的金属屑释放出来，使金属材料升温。

汤普生注意到随着钻孔越来越深入，热量也会不断增大而不是逐渐被释放掉。加工过程中释放出的热量足够烧开大量的水。如果让相应的热量流回到金属中去，金属就能被熔化。简而言之，当金属以固体状态存在时，它所释放出的热量比它可能容纳的热量要大得多。

多余那部分的热量是从哪来的呢？汤普生试图用一个钝钻头去钻金属，由于不能顺利进行加工，所以只能削掉较少的金属屑，因此应该产生较少的热量，但事实并非如此，实际上用钝钻孔器比用锋利的钻孔器能产生更多的热量。从这个简单的实验中，他得出了下面的结论：热量不是以流体形式存在，而是以某种运动方式存在。他认为钻孔器的运动形式通过某种传递方式传递给金属材料，使得那些非常细小的金属微粒（肉眼是看不到的）获得了这种运动形式，这就是他所观察到的热量。

汤普生得出这一结论，并找到了解决这一问题的正确方法。1803年英国化学家约翰·道尔顿进一步开阔了人类对微观世界的观察视野，使我们了解到所有物质都是由小得看不见的微粒组成的，我们称它们为“原子”。归根到底，世界上所有物质都是由原子构成的。原子通常组成一个个的小群体，我们称之为“分子”。直到19世纪60年代英国数学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦尔和澳大利亚物理学家路狄威治·爱德华·波斯曼在各自的研究成果中对热量进行了有史以来最好的解释：热量是由于原子和分子在空间的移动、振动和旋转等不规则运动造成的。这种观

点就是“热的分子运动论”。

20. 什么是温度？

有些东西会比其他东西热。当一壶水已将近烧开的时候，另一壶水可能只是稍稍有一些热。我们只要一触就很容易地区分出两壶水哪个更热。其实，我们根本不一定非要接触它们，只要将手稍稍靠近一些，就可以感觉到哪壶水已经快烧开了。

为什么某些物体会比另一些物体热呢？是否热的物体所含的热量比冷的物体所含的热量多呢？肯定的回答听起来好像是合情合理的，似乎没有任何理由能够驳倒它。

直到 1760 年，一位名叫约瑟夫·布莱克的英国化学家终于证实了，只用热量多少的概念并不能说明问题的全貌，还必须加入热度或温度的概念。假设你有一块铁和一块具有同等重量、同一温度的铅块。现在将它们分别放入有一定温差的冷水中，这时，铁和铅都将向水中释放热量，从而使自身温度降低，同时使水温升高。在这一条件完全相同的过程中，你会以为两者的水温会升高到相同的温度。可事实上，你是错的。浸入热铁块的水温明显要高于浸入热铅块的水温。由此我们可以看出：对这两个有同一热度，即同一温度的物体来说，铁含有更多的热量。

再如，如果你将一块热的铁放入冰水混合物中，铁将会在降温的过程中释放热量，从而溶化一些冰，但并不会造成冰水混合物（此时水所占的比例将比原来大一些）温度的改变，取而代之的是另外一个现象，即破坏了固体的分子结构，而使其变成了较为松散的液体——水的分子结构。

为了便于理解这一概念，我们可以将流动的热量与流水做一个比较。当然，热量并不是像水一样的流体，但两者之间确实存在某些相似的特性，而水的流动性也能帮助我们更好地理解热量的行为活动。

如果热量可以与水压相对照，热量和水也可以做量的比较，即当水从某一高度注入一圆筒时，将对筒底造成一定的压力。一定量的水在底面积较大的圆筒中的高度小于其在底面积较小的圆筒中的高度，因此尽管两筒中水的总量是相同的，但水对底面积较小的圆筒筒底的压强将大于其对底面积较大的圆筒筒底的压强。同理，将铁块升高一定温度所需的热量会大于将铅块升高相同温度所需的热量，在这里，铁块就好比是底面积较大的圆筒，它具有更大的“热容量”。

无论两者所含的热量各是多少，热量总是从高温物体传向低温物体，而不是从含热量多的物体流向含热量少的物体。同样，如果你将一个底部加一塞子的圆筒中注入水，并将其放入一个浴缸，你会发现当圆筒中的水位高于浴缸中的水位时，即使浴缸中的水比圆筒中的水多得多，筒中的水压也大于浴缸中的水压。现在，你将圆筒底的塞子拔掉，水就会从圆筒中注入到浴缸中——即从高压处注入到低压处，而不是从水多的一方注入到水少的一方，也就是从浴缸注入到圆筒中。

同理，几滴滚烫的水的温度也比一整浴缸水的温度高，即使浴缸中水所含的热量要大于这几滴热水。如果你往浴缸中加进一些热水，热量会从热水传入温水里。由于温度决定了热量，所以科学家们对于温度较之热量更感兴趣。

21. 温度是怎样测量的？

当一个人的体温比其他人高时，我们就知道他发烧了，只要摸一下他的额头就可得出结论。但是，单凭触觉并不能准确地知道他发烧的程度。实践中有这样一个简单的例证：将你的一只手放到相对比较热的水里，把你的另一只手放到相对比较冷的水中，呆一会儿，同时把两只手放入一个温水中，一只手会觉得水冷，而另一只手会觉得水热。

这意味着，通过感觉来判断温度并不准确，它不比用眼睛衡量长度好多少。人类会用一个测量器具测量长度，同样会想到用工具测量温度。你会想到一些现象，在温度升降时，这些现象会有规律地变化，于是可以把这些变化记在一个装置上，便做成了一个工具。伽利略就是这种工具的发明者。1603年，他把一只装有加热空气的玻璃管倒置在一碗水中，当管中的空气冷却后，它就要收缩，并将碗中的一部分水吸进管中。如果房间里很温暖，玻璃管中的空气受热后膨胀，它迫使管中的液面下降；当房间里的温度变冷时，管中的空气再度收缩，于是液面又开始上升。测量管中的液面高度，就可以判断室温的高低。伽利略的这套装置就是世界上的第一个温度计，它也是世界上第一个用玻璃制成的科学仪器。但这个温度计还很粗糙，因为，它的工作介质（水）暴露在空气中，管中的液面高度受外界气压的影响，使测量结果产生误差。1654年大公爵佛德奈特二世发明了一种温度计，这个温度计避免了空气压力的影响。他把某种液体密封在由一个小球和一段细长管连通的容器中，这套装置中留有一定的装有空气的空间。当外界温度升高时，液体膨胀；外界温度下降时，液体收缩。由于液体和空气胀缩的程度不同，就会在细管中引起液面高度的变化，即使膨胀量或收缩量很小，都会引起液面高度的变化。

最初，在温度计中使用的液体是水或酒精。但是，它们都不很理想。在寒冷的冬季水会结冰，影响使用；而酒精又极易挥发，用它在炎热的夏天测量温度就很困难。大约在1695年，法国物理学家盖鲁姆·阿芒托斯建议使用水银做温度计的工作介质，他认为这是最理想的。与水 and 酒精相比，水银在很大的温度范围内均呈液体状态，当温度变化时，它能以较稳定的、有规律的方式膨胀或收缩。

1714年，一位名叫盖伯尔·狄奈尔·华伦海特的德裔荷兰物理学家设计了一个新温度计。它由装水银的球形槽和细玻璃管连通而成，纤细的玻璃管里是真空的，微量的膨胀水银可以由水银槽中竖直向上进入这个纤细的管中。他把温度计放到溶化的冰水中，并在液面到达的位置上做上标记；然后再将温度计放到沸水中，再在液面到达的位置上做上标记。他把这两个记号之间等分成180个小格，从而制成了一个温度计。这就是人们所说的华氏温度计。华氏温度计中冰水的温度定为 32°F ，沸水的温度定为 212°F 。科学界对这种刻度持有异议，可是他仍旧这样做了。

瑞典天文学家安德斯·摄尔西斯于1742年发明了一种称之为摄氏温度计的测温装置，他将结冰的温度定为 0 ，将水的沸点定为 100 。摄氏温度计比华氏温度计更精巧、更准确。至今，除美国人外全世界都采用了摄氏温度。美国人很固执地把住老传统不放。从一种刻度换算为另

一种刻度并不难，本书将向读者介绍如何用这两种刻度来表示温度。

22. 能量是什么？

“热”只不过是科学家们所谓的“能量”中的一种，“能量”一词所描述的是某种事物所具有的做功的能力。来源于希腊语，词意是“贮藏的功”。请注意：科学家们对“功”——work 一词的理解有极特殊的意义，它同我们平常生活中使用这个词时的含意是不一样的。科学上的“功”往往指我们用外力克服阻力使之运动一段距离时所付出的劳动。

科学的观点认为：如果我们把一定质量的物体竖直地向上提高 1 米，那么我们在克服重力时就对物体做了“功”。如果我们提着这个重物，停在 1 米高处不做任何移动，科学上认为我们没有做功。可能，我们以为自己在做功，因为此时我们觉得越来越累，其实那是因为肌肉总是处在紧张状态，使得我们消耗了体力，可是对重物而言，我们并没有对它做功。如果我们把这个重物放在 1 米高的架子上，重物会在架子上无限期地呆下去，而架子对累不累是不会有感觉的，当然架子也没有对重物做功。又如，当我们用词组成句子、并对它们进行合理的编辑，从而构成一本书的内容时，也会有累的感觉，但是，这毕竟不是在做功。

从科学的观点上讲，“热”也能做功，它可以使水银柱膨胀，此时“热”克服了重力对水银做了功，水银液被举高了。人们的肌肉举起一个重物或一块磁石将吸起一只铁钉的时候都要做功。在适当的条件下，电、光、声、化学反应也都能做功。任何处于运动中的物体都蕴藏着动能（希腊语称之为运动的能量），一个处于高处的物体有落下的能力，在这种状态下重物会做功。当重力作用在旋转的时钟指针上时，重力将使之向下转动（当物体位于某高度时，我们称这物体具有了潜能）。

所有这些不同种类的能量都是独立存在的吗？抑或它们彼此之间有什么联系呢？电流可以产生磁效应，反之磁能变化时也会产生电流。电流经过电铃时会发出声音；通过白炽灯泡的电流会产生光和热；电流流经电动机时会使之转动；光可以形成电、声及其他物理现象。实际上，任何一种形式的能量都可以转化成其他形式的能量，能量是一种现象的表达形式，这种现象可以用多种形式表达，可以互相转换。

但当能量从一种形式转化成另一种形式的过程中是否有能量的损耗呢？或者当能量维持在某一形态时，是否也有能量损耗呢？这些问题的答案似乎在很早的时候就被肯定了。能量的种类中，我们最熟悉的、也最有研究价值的是“动能”，一枚快速飞行的巨型炮弹可以摧毁一座城堡，这充分地体现了动能的威力。但如果让这枚炮弹在空中自由地飞行，它也不会永远地前进下去，其速度会逐渐慢下来，最终会停下来。这表明：随着速度的下降，炮弹的动能也在减少，以至于完全消失。

不管动能是在什么时候消失的，它的大部分都变成了热能，而认识这一点，却花费了科学家们很长的一段时间。在飞行过程中，炮弹的动能变成了热，并且扩散到了一条狭长的空间里。这一细微渐变的现象并没有引起人们的注意。若把这些热量包括进去，难道总能量在形态的转化过程中还会有损失吗？

英国物理学家詹姆斯·布里斯科特·卓林是世界上首先用实验的方法深入研究这个问题的。19 世纪 40 年代他做了许多能量转换的实验，他测量了原始状态具有的能量以及转换过程中产生的能量，其中包括热

能，最后他得出了能量既没有增加也没有减少的结论。1847年，他对所做的实验作了总结。由于他不是位专业科学家（他是位酿造专家），因此他的结论未引起科学界的高度重视。

同年，赫尔曼·L·F·冯·海姆赫兹也公布了同样的结论，他是位教授，他的理论分析做得非常仔细，因而引起了公众的注意。为此，他被世人确认为第一个宣布“能量守恒定律”的人。该定律阐明：能量可以互相转换，但在此过程中它既不会增加，也不会减少。有关这一定律的另一种说法是：宇宙间的能量是永恒的。人们把这一定律看做是自然界的基本规律。

由于能量的研究常被简化为热能的研究，所以科学界把功、热能间的转换问题的研究称做热力学（希腊语的语意为热运动），能量守恒定律有时也叫做热力学第一定律。

这条定律以及与之相关的定律极为重要，其原因是：它作为一个准绳可以判断哪些现象是对的，哪些现象是错的。对于我们所观察到的或设想出的物理现象，我们必须解答出“能量是从哪里产生的，它又到哪里去”的问题，如果回答不出这个问题，就要检查一下问题出在什么地方，或许假定本身就不成立，或许观察时有错误，或许收集的信息不完整。

另一方面，能量守恒定律及其相关的结论至今未被推翻，也是千真万确的。我们只能说，科学家们还没有发现一个是违反能量守恒定律的例证。或许有那么一天这个例证突然地出现了，这只能促使我们重新思考这条定律，更正它、发展它，甚至是否定它。但遗憾的是，一个半世纪都过去了，能量守恒定律依然屹立在世界。

不过要记住：即使是最牢靠的科学定律也可能被动摇。19世纪后期有关核能的研究就是一例。若抛开了有关“动摇”的概念，所有对能量守恒的认识都是不完整的。就连“质量”本身是能量形式高度集中的具体体现的认识也并不彻底。何况对能量守恒定律的有关理论的认识。19世纪时，科学家们并不对此感到失望，因为核能量及具有同等能量的物质在当时所扮演的角色并不重要，但如今，我们必须重视这个事实：即人类对于宇宙间许多至关重要的领域还是一无所知，一旦了解了它，就会迫使我们重新确立和修正以前的理论。科学上没有任何东西是凌驾于证明和修正之上的，这不仅仅体现在能量守恒定律上。上述观点不过是科学研究中的一种待征，正因为如此，科学才成为一种诱人的趣味游戏。

23. 能量有可能用尽吗？

能量守恒定律明确指出，能量是不能被消灭的。这听起来好像是说，总能有足够的能量供人类使用，去按人类的意愿完成应做的工作。因为定律中说能量在使用过程中并未被消灭，只不过是某种形式转为另一种形式而已。假定我们想用一种新形式的能量，只要把原有的形式改变一下就可以了。这样，人类可以无止境地能量转换下去。

遗憾的是，事实并非如此，从科学家的经验得知：能量每次做功，只有一部分是有用的，其余的都变成了热。诚然，我们也可以使用热能去做功，但是仅仅在热量不是均衡地、缓慢地散开的时候才可利用。如果某地区较热，另一地区又较冷，利用这个温差做功时，也只是一部分热能用到做功过程里了，其余部分的热能以热的形式散发掉了，此次的散失比上一次更均衡。当热量完全散发后，人类就无法从那里再获得能量了。其结果是：不论在什么时候利用能量做功，最终将以剩余的能量再也没有能力去完成某项做功的任务而中止。总的来讲，能量不会被消灭，可是用于做功的自由能——能量中的一部分——却不断地减少。

现在用另一种方法认识“能”：除了热能之外，其他任何形式的能，只要它的分布是不均匀的，它就能做功。所谓做功，不过是让能量分布得更均匀一些而已。科学家们用“熵”这个概念来描述能量分布的不均匀性（我们也可以用无序性描述它，分布越均衡的，无序性越大。“熵”的值越大，我们从能量中得到的有用功越少）。用这个概念我们可以推断，宇宙正以缓慢的、但也是不可抗拒的规律进行能量的转换，但总有一天这种转换会停止下来。

我们所做的任何工作都会引起宇宙间的“熵”值增大，甚至是当人类没有什么事可做时，宇宙中的“熵”值仍在增大。这种永恒的、不可抗拒的现象和规律称为热力学的第二定律。

第一位揭示这条规律的人是法国物理学家尼克劳斯·L·S·卡诺，他在1824年出了一本小册子，该书对利用热量不均衡分布时可以做功的可能性进行了分析。1850年初，德国物理学家鲁道夫·J·E·克劳修斯对此问题做了进一步研究，并首次提出宇宙会中止转换的结论。

若用来做功的自由能总是在减少，而“熵”值又在不断地增加，那该怎么办呢？宇宙已经存在了亿万年，是不是已到停止转换能量的时刻了？回答是：宇宙的创建就是靠自由能提供的能量，这股能量的威力是无比巨大的，以至于过了亿万年，无情的岁月并没有给宇宙留下过多的痕迹。宇宙或许会中止能量的转换，但那还要经过无数个亿万年，现在担心它未免有点杞人忧天了。另外，与一个半世纪前克劳修斯对宇宙极限的了解程度相比，我们已经前进了很多。但人们的求知欲是无止境的，有许多我们想了解的东西至今还是个谜。

24 . 地球内部的温度是多少？

现在的话题再转到地球上，让我们深入地讨论一下地球深层下面的温度。人们一直有一种概念，认为地球内部是很热的，地球上遍布了温泉，火山不断地喷发，强有力地证实了上述认识。正是这些现象，给早期的人类带来了一种启示，他们视地球内部为地狱，是烈火永不熄灭的地方。在那里，你所仇恨的人的灵魂将受到神灵不可饶恕的、报复性的折磨。

从来没有人证明地球的深处有地狱存在，但却有证据证明地心是一个巨大的、永不熄灭的热源。人类曾为寻找金子和钻石向地球的深处挖过。很快，人们发现越靠近地心，温度越高。在最深的矿床中，温度高得无法忍受，即使有空调也无济于事。而且，越往地球深处走，温度升高的速率就越大。根据这个现象，我们就有足够的理由设想到地心的温度，其值可达 5000 左右。现在，我们已经知道能量是守恒的，于是人们就会情不自禁地问：“产生这么多的热量的能量是从哪儿来的呢？”对于这个问题，我们会回答的，但要等到本书后面讲完地球的成因时，才能涉及到这个问题的答案。

25. 为什么地球不会冷却下来？

将“地球内部的热能来自何处”这个问题留待后面解释，并不妨碍我们提出这样一个问题：为什么地球总这么热？地球毕竟存在了 46 亿年了，它为什么仍然没有冷却下来？

热力学定律告诉我们，热总是从温度高的区域传向温度低的区域。因此，地球的热也应该从最热的心传向最冷的地表，再从地表传到空间。

可以肯定的是，地球在不断地吸收太阳的热量，以弥补地表热量的散失。尽管来自太阳的热量不断地加到地球上，也只能使地表的温度保持在 14℃，怎么也不会达到地心 5000℃ 的温度。

按道理，热应该从地球的内部最热的区域向外扩散，直到地球的表面也达到同样的温度，然而，地球的岩石层是很好的热绝缘体，热量通过它时的速度非常慢，从而大大减缓了地球内部冷却的过程，但它不能完全阻止热的传递，地球在 46 亿年间有许多时间冷却自己，但时至今日，地球仍然很热，这是为什么呢？

也许热力学定律出了问题，但科学家并不想把这一例外作为理由考虑该定律的正确性，而是思考了这样一个问题，即可能存在着一个地球的供热源，这个供热源在人们的研究中一直被忽略了。

放射性现象被发现后，居里夫人的丈夫、法国化学家皮埃尔·居里认为放射性原子裂变时会放出能量，1901 年他第一次测量了这种能量，与汽油分子燃烧或是 TNT 分子爆炸时放出的能量相比，放射性物质裂变时释放的能量多得多。对于“核能”这种新的、强大的能源形式的存在，科学家们过去没有想到，但最终还是被发现了。

放射性物质释放能量非常缓慢，以至于一般情况下不会引起人们的注意。但是在漫长的岁月里，它一直在释放能量。地球已存在了 46 亿年，在这样长的时间里，地球上只有一半储量的铀和五分之一储量的钍被裂变。在裂变中，存在于地球岩石层中的铀和钍所产生的热量已被地球所吸收，是这种能量保持了地球的温度，地球才没有冷却下来。这种效应还将持续数亿年，尽管这个效应在缓慢地减弱。

26. 天空是否是浑然一体的？

现在让我们把注意力转到宇宙的其他部分，这样做有利于我们对地球本身更全面和更深入的了解。

远古时代的人们曾认为地球就是整个宇宙（在当时，人们对自然界的认识里，地球存在于天堂、地狱及其他未被科学证实的超自然之外），而地球以外是天空。白天，太阳光照射在天空时，天空是一片蔚蓝，而当夜晚降临时，天空则一片漆黑，只有月亮和星光闪烁其间（有时，虽然阳光普照，但我们仍能依稀看到月亮的身影）。

天空曾被人们看成是一个固体的穹窿，地球被包括其中。原始人认为地球是扁平的，天空则像一个扁平的半球形锅盖，其边缘是在地球四周的地平线上。对那些认为地球是个球体，天空是更大的球体，地球就包括在其中的人们来说，天空仍然被看成是一个薄的固体穹窿。圣经上“天空”一词的英文是 firmament，其前缀 firm 就表明了天空是固体，因为这个词的希伯来语的语意是薄的金属片。

如果天空是由诸如金属或其他固体物质构成的，那么它应在某种外力作用下向内弯曲，同时，在天空这个大穹窿包围下的一切物体也要发生相同的弯曲，但事实确实如此吗？

时至今日，已经很少有人夜晚抬起头认真地看一看天空了，因为拥挤不堪的大都市四处灯火通明，已经使夜空黯然失色了。古代的夜空是真正的漆黑一片，在晴朗的夜晚，特别是月亮还未爬上来的时候，点点星辰闪烁于夜空。航海者观察夜空为的是让星星指引航向；星象家观察夜空为的是预测国家或个人的前途和命运；多数人观看夜空为的是欣赏美丽的夜景。

人们在不同的地点，如希腊、巴比伦或埃及……观察夜空中的星辰时，都发现群星在绕着北极星旋转，那些离北极星近的星星绕着小圈旋转，而且每晚都能在天空中重现。离得远的星星旋转时，会逐渐地降到地平线以下，随后不久又会再次显露出来。值得注意的是，这些星辰似乎是同步地运动，它们在天空中组成了绚丽多彩的图案。想象力丰富的人们把它们描绘成动物或其他形状的物体（星座）。一个个夜晚过去了，不管人们观察多久，它们在天空中组成的图案总是一成不变的。这些图案仿佛是镶嵌在固体天幕上的晶莹发光的小金属片组成的一样，彼此之间以不变的位置关系共同在天空中旋转。由于这个缘故，这些相对位置不变的星星称做恒星。视力好的人可在天空中看到 6000 多颗这样的星，其中有些相当亮，但大多数显得昏暗。人们为什么称它们为恒星？若天空中所有的物体都能在原来位置上固定不变，不是都能顺理成章地称做恒星了吗？实际上天空中有些物体的位置不动是值得怀疑的。

月亮就是其中一例，它是夜空中最明亮的物体，甚至于始前的人类都可以仔细地研究它。同其他星辰一样，月亮也是从东方升起，到西方落下。由于它的运行滞后于其他星辰，所以我们有理由认为月亮在天空中从西到东平稳地移动的同时，相对于其他星辰的位置也可能是变化的。月亮要完整地完成一个旋转周期，即恢复到它与其他星球原始的相对位置，需要 29 又 1/2 天。

太阳也是一样，只是位置的变化缓慢些。当阳光普照大地的时候，

星星被淹没在蔚蓝色的天空里，人们就看不到太阳与群星的相对位置了。只有到太阳落山群星露面时，人们才能观察到它们的位置关系。你可以发现：所有的星座每天都要向西微微地偏移一点儿距离。这种现象最简单的解释是：太阳和月亮一样，也是从西向东与群星背向而驰，从而形成了错位现象。在空中，太阳完成一个完整的周期，即恢复到它与其他星球原始的相对位置需要 365 又 1/4 天。

太阳和月亮在空中是两个特殊的星体，看上去它们不同于其他星体，与其说它们是闪烁着的光点，不如说它们是晶莹的光盘。天空中还有五个看似星体的物体（虽然不总是很明亮），这五个星体在星系中的位置也是不断地变化着。在公元前 3000 年，苏美尔人就研究过这五个星体，并且出乎寻常地用上帝的名字命名了这五个星体。至今，这一习惯还保留着。希腊人和罗马人先后用了这些名字，今天我们仍然用罗马神的名字称呼它们。由于这五个星体——水星、金星、火星、木星、土星与太阳和月亮都是在不断地改变它们的位置，所以曾一度统称为行星，希腊语的意思是“徘徊的”、“漂移的”（现在，我们不再称太阳和月亮为行星了，理由将在后面解释）。

这七颗星一直为人类所关注，这是因为人们把它们位置的漂移看成了神灵预见未来给人们发出的一系列信息的代码（这实际是那些为赚钱而胡编乱造出的毫无价值的论调，一些缺乏道德的“天文学家”将一个好端端的物理现象扼杀了）。巴比伦人创立了七天为一星期的历制，用来纪念这七颗星体。直到今日，有许多欧洲国家还是用星的名字命名每个星期中的七天。古希伯来人采用了巴比伦人的历制，并在《创世纪》（基督教《圣经》中《旧约全书》的第一卷）的前两章中加上了宗教封印。

由于这七颗星可以在天空中自由地遨游，而不是被固定在天穹中，古希腊人就认为这七颗星应该在各自的领域里，即在天空与地球中间的空间里运行（该空间远离星际空间）。由于星球运行的轨道是看不见的，于是就把空间视为透明的，称轨道为透明轨道。

27. 地球是宇宙的中心吗？

这似乎又是一个不该问的问题。中世纪时人们对地球就是宇宙的中心确信无疑。用他们的观点来看，整个宇宙由地球和天空组成，天空仿佛总是在我们的上方，不管在哪里，天空到地球的距离都是一样的。天空也要随地形的变化而起伏。天空包围着地球，地球位于天空的中心。难道这还有什么疑问吗？

那时，人们唯一无法确定的是那些行星的位置，它们处在地球与天空之间的什么位置上呢？古希腊人曾猜想，既然行星的运行速度各异，相对于其他星系运行得越快的行星离地球就越近。我们观看场地赛马时会发现，当马群在距我们较远的跑道上飞奔时，其速度似乎较慢，但当马群在我们眼前飞驰而过时，速度之快如同飞一样。当我们观看汽车赛时，会看到同样的结果。同理，一架飞机在低空飞行时，速度如闪电一般，而同一架飞机以同样的速度在高空飞行时，看上去如同蠕动一般。

古希腊人从星球运行速度上判断，得出如下的结论：即在所有的行星中，月亮离地球最近。除月亮以外，依次排列的顺序是水星、金星、太阳、火星、木星和土星，它们都有各自的飞行轨道，加起来共七条，在这之外就是第八条，是其他恒星的运行轨道。

这里勾画了一幅很美的图画，但它并没有彻底地解释行星的全部问题。古代人若能做一些占星术，就能得知星体确切的行踪，天文学家们（历史上，大多数天文学家是很忠实于自己的信仰的）仔细地研究过行星的运动，为真正的星际科学的起源奠定了基础，这就是所谓的“天文学”。

人类对于天空的研究始于史前，英格兰西南部石器时代的石碑上记载了这一事实，那是在公元前 1500 年。据推断，那时就已经有一种测量太阳和月亮行踪的工具了。

恒星的运行是稳定而有规律的，若行星也像它们一样，就不会出现要推断行星未来位置的问题了（天文学也就不会存在了，因为行星的行踪就很容易标记了，不会有人对这类问题感兴趣了）。恰恰相反，行星的运动是很复杂的。月亮在穿越天空飞行时，有一半的行程其速度低于另一半行程的速度。同样，太阳也是如此，尽管这种差异会小一些，但上述事实是存在的。

其他行星的情况可能更复杂。纵观全局，它们相对于恒星由西向东运行，但在某个时刻，它们会停下来，甚至是向回运行一段时间，也就是从东向西运动（我们称之为逆行运动，拉丁语的语意是向后退了一步），然后才又恢复成顺行运动。每个行星都有各自的顺行和逆行规律，也都有一时刻显得比其他星星亮。这些行星特有的运行方式，使得人类对某颗星体于特定时间段内所处位置的分析 and 计算更为错综复杂。一些古希腊天文学家想出了如何确定行星位置的方法。他们假设，各个行星都是在小半径的运行轨道上运动，而它们运行的中心也是在一个大半径的运行轨道上运动，其中有些行星的运行轨道稍稍偏离这个假设的中心，等等。这些假设是相当繁琐的。最终由古希腊天文学家克路修斯·托勒密在 150 年时总结出一套完整的理论——著名的“托勒密”理论。该理论大纲在一本书里，书中阐述了宇宙的数学结构：地球是宇宙的中心，

星体的运行轨道都围绕着这个中心，组成一个体系。后人以托勒密的名字命名了这个体系，称之为托勒密宇宙，或称做地心宇宙（希腊语的语意为地心）。在以后的 1700 年中，人们一直接受这个理论，几乎没有一个人对它提出过疑问，但这个理论完全是错误的。

28. 再问一下，地球是宇宙的中心吗？

确实，有一些可敬的学者对“地球是宇宙中心”这一普遍被接受的论点提出过异议。古希腊哲学家费洛索菲·费洛拉斯首先提出了一个新论点，他认为地球不是宇宙的中心，它也是绕着某一个物体而在空间运动的星体，上述的“某物体”才是宇宙的中心。大约在公元前450年，他提出地球和所有的行星、太阳一起绕着一个看不见的亮点运动，这个亮点我们是看不到的，除非它可以反射太阳的光。他的论点既未被证实，同时也存在逻辑问题，因而未引起人们的重视。

一个世纪以后，公元前350年，古希腊天文学家海瑞克莱第斯提出了一个较切合实际的设想。他注意到了水星和金星的运动规律，即水星和金星在运行中总与太阳保持一定的距离，有时远离太阳一点，而后再返回来。当它们运行到太阳的另一侧时，又远离太阳一点，而后再返回来，周而复始，规律依旧。于是他提出，观察到的现象说明水星和金星在绕着太阳旋转，而太阳和水星、金星又一起绕着地球转动。这个观点给人们许多启示，但对多数的古希腊天文学家来说是无法接受的。这些天文学家信奉着地球中心学说，他们固执地认为所有的星球都围绕着地球转动，这是天经地义的，毫无例外。

约公元前260年，古希腊的另一位天文学家阿里斯塔克提出了一个更激进的设想，这个想法是他试验计算太阳与地球间的距离时猛然想到的。当月亮处于半月状的时候，月亮、地球、太阳间的位置正好组成一个正三角形，它们分别处在正三角形的顶点上（这一点在后面的论述中还要做详细的解释）。这恰是我们三角学所研究的三角形的一种，如果你知道了这个三角形的三个角的度数，你就可以利用三角原理算出太阳距月亮有多远。可惜的是阿瑞斯塔修斯没有工具，无法准确地量出这三个角的角度，所以这个计算没有完成。尽管如此，他仍认定太阳到地球的距离是月亮到地球距离的20倍，而太阳和月亮在空中看起来大小相同，因此，太阳大小肯定是月亮的20倍。

依照这种计算，他估计太阳的直径是地球直径的7倍。尽管这个结论的误差非常大，但还是可以说明硕大的太阳是围绕相对来说十分渺小的地球旋转这一观点，该是多么地荒谬。而事实也正相反，地球和所有的行星围绕着太阳转。

阿里斯塔克是第一个提出太阳为宇宙中心的人（我们称这一论点为“宇宙日心说”）。由于其他天文学家未能严肃地对待这一论点，他也没得到普遍的承认。

然而，几个世纪过后，天文学家们对那些复杂的数学问题变得有些不知所措了，于是他们认为需要重新理解一下“地心”学说了。1252年卡斯特勒国王阿方索五世研究了新的星系结构，提出了以自己名字命名的星系排列理论：“阿方索排列”，他激昂地说：“即使万物之灵降临于人世时向我发问，我也会坚持这个单一的宇宙体系。”到1500年，波兰天文学家尼克洛·哥白尼也发现了宇宙的这个单一体系——即阿里斯塔克的日心体系理论。

阿里斯塔克只不过将日心学说公式化了，他在具体研究上并没做什么工作。卡波奈库茨不但继承了这一理论，而且用日心学说解释了行星

之所以逆行的原因，对星星或明或暗现象也做了完满的解答。更重要的是，日心学说使行星位置的计算变得更简单了。

在当时，是否发表这一研究成果，哥白尼是犹豫不决的。因为他知道，一旦宣布了他就会陷入困境，会遭到宗教势力的强烈反对。因为他们曾经扼杀过日心学说，他们信奉上帝，《圣经》在支持他们。哥白尼的手稿在天文学家的手里传来传去，在他去世的那一年，即 1543 年才公诸于世（即使是在日心学说中，地球也是中心的理论还残有一席之地，至少月亮是围着它转的）。

第一位使用日心学说计算行星位置的是德国天文学家埃若斯莫茨·瑞索德，他的计算结果于 1551 年公布于众，并得到普鲁士公爵阿尔伯特的支持和推广。为此，后人称它为“普鲁士排列”。尽管这一体系比“阿方索排列”先进得多，而且历史也向前推进了三个世纪，但不少人仍不愿意放弃陈旧的观点。他们当中的一些人坚持认为，日心说理论虽然能产生更好的行星排列，但不过是一种灵巧的数学计算而已，它并不意味着地球真的围绕着太阳旋转。这种争论持续了近半个世纪，直到伽利略和他的望远镜问世才算终了。1610 年伽利略观察到了木星，在他的望远镜里木星成了一个小亮球，这一结果第一次说明了木星也可能是一个世界，它四周还有四个较小的星球环绕它转。正如月亮环绕着地球旋转一样。像这样附属的星体我们称之为“卫星”（“卫星”来自于拉丁语，语意是指那些对头面人物阿谀奉承的人）。月亮就是地球的卫星。伽利略发现了木星的四颗卫星。

这一发现的重要性在于，不是所有的星球都是绕着地球旋转，如木星的四颗卫星，它们绕着木星旋转。这意味着地球绝非万物围绕的中心。

当然，有关这一点也还有争议，有人可能认为木星连同它的四颗卫星一起环绕着地球旋转。后来，这一说法也被伽利略的新发现否定了。伽利略对金星做了深入的研究，他指出，从旧的地心学说来看，一个不发光体的光亮应来自反射光，而金星的位置正介于太阳和地球之间，那它就总是以新月形的形象出现在天空。如按日心学说来理解，那么金星就应该像月亮一样在空中出现各种盈亏形象，即从新月形到满月形。事实表明，金星的形象正如伽利略所描述的那样，它有盈有亏。

这个发现奠定了日心学说。行星，包括地球一起环绕着太阳旋转，所谓“行星”只限于绕太阳旋转的星体。因此，太阳不是行星。月亮也不是行星，它只是地球的一颗卫星。而地球呢，毫无疑问它是一颗行星。由此可得出结论：到当时为止，至少有六颗行星以太阳为中心，它们依次是水星、金星、地球（和月亮）、火星、木星（和四颗卫星）和土星。所有这些星体组成在一起，构成了人们常说的太阳系（sol 是拉丁语，语意是太阳）。

那些旧学说的信奉者们极力争辩：如果一个人能从望远镜里观察到什么东西，这个人的视觉肯定有毛病。其实这些人只能引起人们的嘲笑。1633 年天主教皇采用了强制性的手段，强迫伽利略说地球是静止不动的，伽利略在酷刑下认可了。但教庭拿不出证据来证明他们是对的。有关由行星（包括地球在内）组成了太阳系，它们以太阳为中心旋转着这一事实从伽利略开始就被受过教育的人们普遍接受了。当然，日心学说也引出了一些问题：似乎太阳在空中也有一定的运行路线，并与地球的

赤道呈一定角度，因而才产生四个不同的季节。用日心学说怎么解释它呢？如果地球的地轴绕太阳旋转的平面是垂直的，那么太阳在天空中的位置刚好在赤道上空。实际上，地轴相对于旋转平面的垂线呈 23.5° ，这个倾角在行星绕太阳旋转的过程中永远保持不变。这意味着地球是绕轨道运行的，有一半的过程是地球的北半部正对着太阳，使得太阳在中午的时候直射在赤道以北的区域里；而另一半的过程是地球的南半部正对着太阳，使得太阳在中午的时候照在赤道以南的区域。这一事实很明确地解释了太阳升降和四季轮回的原因。

这样，对时间单位的理解，就可以按真正的天文意义来定义了：即“一天”是指地球以它的轴旋转时的周期，“一日”指的是月亮绕地球旋转的周期，“一年”指的是地球绕太阳旋转的周期。

29. 哥白尼的观点能发展进化吗？

任何科学的观点和理论都能被发展，在科学界，发展是无止境的。哥白尼的理论与托勒密的观点并不是没有相同之处，哥白尼只不过把地球中心论改成了太阳中心论，但他仍然认为太阳的周围是透明的球状体。哥白尼的“日心说”认为六大行星及外面的第七条轨道上的行星均绕着太阳旋转，取代了七颗行星及外面的第八条轨道上的行星均绕着地球旋转的“地心说”，同时他认为月球也有它自己的卫星与月球一起绕着地球旋转。其实，哥白尼计算的星际表仍然很复杂，仅仅是比从前容易了一些，准确了一些，虽被人们采纳了，依然留下了许多麻烦。

丹麦天文学家泰克·布莱赫花了相当大的精力研究行星的位置，他建筑了第一座天文观象台，他设计了判断行星位置的仪器。当时还没有发明天文望远镜，尽管如此，他还是确定了一些行星的位置，特别是火星的位置，其精确度比前人更准，他确信他的计算结果会导出一个更准确的行星图，虽然他没来得及做出新的星际表就去世了，但他将自己计算的成果留给了他的学生、德国天文学家约翰内斯·开普勒。

开普勒花了几年时间研究这些资料，他发现没有一个轨道与现行的行星轨道完完全全地吻合。这使他产生了一种想法，即如果用一个椭圆轨道替代现有的火星轨道将吻合得非常好。椭圆与圆一样有中心，只是椭圆的中心有两个，它们称作焦点，分别位于椭圆的长轴上。这两个焦点的定义是：椭圆上的任意点到这两个焦点的距离之和为常数。椭圆越偏，两个焦点间的距离越远。1609年开普勒指出每个行星都沿着椭圆轨道绕太阳旋转，太阳就位于椭圆的一个焦点上。而月亮依然是沿椭圆轨道绕地球旋转，地球位于椭圆的一个焦点上。这就是开普勒第一定律，定律指出行星运行到轨道的某一端时离太阳最近，而运行到相对的另一端时离太阳最远。月亮也是一样，它在轨道一端时总比在另一端时离地球要近一些。开普勒第一定律的诞生彻底地否定了在天文学史上占据了两千年主导地位的所谓“晶体球理论”。

开普勒研究计算了行星运行的速度与行星距太阳的远近产生的变化。离太阳越近，行星运行的速度就越快，这里有一个特定的数学关系（开普勒第二定律）。在1619年，开普勒导出了另一个数学关系式，根据这个关系式可以算出行星在某一距离的轨道上运行时，绕太阳一周需要多长时间（开普勒第三定律）。开普勒的行星运行定律建立了太阳系的一种模型，它描绘了每个行星运行的椭圆轨道的形状、它们离太阳的距离以及它们之间的关系。

当然，如果这个所谓的“水晶球”不存在，人们就会不停地问，是什么力量支撑着行星在轨道上运动呢？为什么它们不会脱离轨道，跑到其他空间去呢？英国科学家艾萨克·牛顿最终找到了这一问题的答案，作为力学定律和万有引力的发现者，他指出空间中的任何物体都会以一种特定的数学关系产生彼此间的吸引力。而这一数学关系恰恰充分地验证了开普勒定律的正确性，同时也解释了是什么力量在支撑着星球的运行。到现在为止，开普勒描绘的太阳系的模型仍是我们研究天文学理论的基础，甚至到将来，也不会有更大的变动，科学家们对此是十分满意的。

30. 地球是怎样形成的？

当我们拥有了较为完整和清晰的太阳系模型后，我们就有可能进一步对地球的形成进行探讨。在已掌握的知识基础上，我们自然不会再认为地球的形成是完全孤立和自发的，因为太阳作为太阳系大家庭的一员已经相当明确了。但是，我们有理由对 46 亿年前地球及太阳系中其他星体的成因提出质疑。

法国自然科学家乔治·路易斯·布丰没有依据《圣经》的故事解答这个问题（《圣经》当然没有任何的科学依据）。这位自然科学家早就认为地球已存在了 7.5 万年了。1749 年，布丰解释说，包括地球在内的行星和巨大的太阳间存在着“亲缘”关系，正如小鸡同母鸡的关系一样。也许，他曾想到地球是太阳生出来的。

布丰曾认为太阳与其他巨型的天体产生过碰撞，在碰撞过程中散落下来的碎块，冷却下来以后，形成了地球。这种假设很有意思，只是没有说明其他行星及太阳形成的原因。或许太阳原本就是存在的。

我们需要一个更合理的解释，在开普勒描绘了太阳系的宏图后，这个系统的概貌就非常明确了。所有的行星几乎是在同一平面上运行的（这一套完整的太阳系模型类似于一个巨大的比萨盒），而且是沿着一个方向绕着太阳转，就像月亮绕着地球旋转或土星的卫星绕着土星旋转一样。另外，这些星球也绕着自己的轴做定向的自转，太阳亦是如此。天文学家们由此得到启迪，他们相信，如果太阳系不是来自于同一物体，就不可能呈现出这么多的相似之处。

在研究地球的成因之前，首先要探讨太阳是怎样形成的。这一研究的结论不仅仅用于其他行星上，而且对宇宙间其他星空的形成有参考价值。1611 年是早期望远镜试用时期，德国天文学家赛芝·马吕斯在观察中发现仙女星座上有一团发亮的朦胧物，我们称它为仙女座的星云（星云是拉丁语，意思是“云彩”）。1694 年，海更斯（钟摆的发明人）观察猎户星座时也发现了相似的星云，这就是猎户座星云。此后，其他的星云也被发现了。

人们曾推测，这些发光的星云是多种灰尘和气体的组合物，而这些组合物尚未聚合成真正的星体。1755 年德国哲学家埃马缪洛·康特在他的著作中设想，所有星体的雏型就是这些星云，他认为星云可以靠自身的力量慢慢地聚在一起，并慢慢地开始转动。当星云聚集时，中心部分就形成了恒星，外围的部分就形成了行星。这种设想基本上解释了行星运行在同一平面上，且公转和自转的方向一致的道理。

1798 年，法国天文学家帕瑞·赛芝·德·拉普拉斯很可能不了解卡特以前所做的工作，他在一本著作中描述了同样的观点，只是他写的内容更详细。他认为星云在慢慢地收缩，在星云收缩的过程中，星云旋转的速度迅速地加快。其实这个设想并非是拉普拉斯的创举，收缩只是引力作用的结果而已，在太阳系里这已是司空见惯的现象，即作功现象。每个滑冰者都曾有过这种尝试。当你在冰面上旋转时，把胳膊收得越紧，自身旋转的速度越快。

星云在收缩中，它的旋转速度越来越快，其中心部位向外凸起并且脱离了原位置。该过程并非虚构，它是离心力作用的结果，这种现象在

地球上随处可见。拉普拉斯设想的那些“脱落”的部分聚集在一起，最后形成了一个行星。此时，稍靠中心的星云仍在聚集，从而诞生了另一颗行星。这样继续下去，一颗颗行星渐渐形成了，它们沿着同一个方向转了起来。最后在中心区剩下的部分形成了太阳。由于卡特和拉普拉斯是以星云的收缩理论为依据解释太阳系形成过程的，所以称这一假说为“星云假说”（这一理论未能以充足的理由证明）。

一个世纪以来，天文学家们对“星云假说”这一理论还是满意的。遗憾的是，这一理论的不足之处也相继显露出来。其原因来自“角动量”这一概念。角动量是度量物体旋转能力的一个物理量，该物体既有绕自转轴的转动，还有绕公转轴的转动。木星在绕自己的轴自转时，也在绕太阳进行公转。它的角动量是巨型太阳角动量的30倍，而所有行星角动量的总和是太阳角动量的50倍。如果太阳系形成初期只是单一的带有角动量的星云的话，怎么会在那么小的质量上集中了那么多的角动量，并在释放之后形成这些行星呢？天文学家没能在“星云假说”中找到答案，于是开始寻求其他的理论了。1900年，美国科学家托马斯·卓乌德·章伯伦和弗瑞斯特·雷·摩尔顿在研究中重新拾起布丰的理论。他们认为，在很久很久以前，当另一颗星体经过太阳附近时，在引力的作用下，彼此间各有一部分脱离了它们的母体而形成了新的个体，这些新个体在引力作用下急剧地旋转，从而获得大量的角动量。这些个体分离后渐渐冷却下来，体积也随之减小，成为固体或是微星，微星在进一步碰撞时形成行星。来自两颗星体的物质聚集在一起，形成行星家族，这一假设称为“微星学说”。

上述两种观点存在着重要的不同点。如果“星云说”是正确的，则每个星体都可以形成行星；如果“微星说”是正确的，只有恒星经历过碰撞后才能有条件形成行星，而恒星间的距离是很远的，且移动又相当缓慢，与其距离相比，它们之间的碰撞是极为罕见的。于是，两种观点的区别在于：“星云学说”认为许许多多的星系可以形成，而“微星学说”认为只有在极少数的恒星中才能形成星系。

正如事实表明的那样，“微星说”也是不合理的。1920年，英国天文学家阿瑟·斯坦莱·爱丁顿指出：太阳内部的温度比人们想象的要高得多，从太阳上分离下来的物质（或从其他恒星上掉下来的物质）都很热，以至于它们尚未来得及冷却形成行星时，就扩散到宇宙空间去了。美国天文学家莱曼·斯皮特泽在1939年做出了令人信服的展示。

1944年，德国科学家卡尔·夫兰垂·克·冯·韦茨萨克重拾“星云假说”，并将这一理论进一步发展、提高。他认为旋转的星云是逐级收缩而形成行星的，首先是第一颗，然后是其他颗依次而成。天文学家们可以把星云中的电磁作用考虑进去（在拉普拉斯时代，电磁现象还未被发现），以此解释角动量是以什么形式由太阳转移到行星上去的。

顺便提一下，由微星形成行星的过程中，地球内部的热呈何种状态？微星移动速度非常快，它蕴藏着巨大的动能，在碰撞过程中，运动暂时停止了，于是部分动能变成了热能，而后又开始运转形成行星。动能转换成热能相当大，这就是地心温度达到5000的原因。很明显，星体越大，能量转化的程度越高，形成行星后的核心温度越高；同理，星体体积越小，所蕴藏的动能越少，形成行星时核心的温度就低。可以肯定，

月球中心的温度要低于 5000 ，其原因就是它比地球小得多。而木星呢，它比地球大得多，它是这几颗行星中最大的一颗行星，肯定地讲，它核心的温度要更高一些，有些预测认为木星核心温度可达 5 万 。到目前为止，“星云假说”理论还是令人满意的。

31. 地球是一个磁体吗？

既然我们前面已经提到了电磁现象同太阳系的形成有关，我们就有理由认为太阳系的天体都具有磁性。那么地球本身有没有可能就是一个磁体呢？事实上，学者们几个世纪以来一直在苦苦思考这个问题。

据史料记载，台利斯于公元前 550 年首次发现铁块可被某些磁化物质所吸引。他将这一发现与在亚洲矿区的马格尼西亚城附近发现的一块岩石联系起来，并对这一现象进行了说明。从那以后，“磁”这个词由此而得名。中国人曾发现被磁化了的铁针，如果给它标示出南北方向，它就永远指向这两个方向，而在此之前，磁体很少引起人们的好奇心。1180 年，英国学者亚力山大·尼卡姆提到过类似于指南针一类的东西，它能用来在海上导航，从而揭开了欧洲大航海时代的序幕。

1269 年，法国学者波特拉斯·皮尔格瑞纳斯首先开始对磁体进行了系统的研究。他发现所有的磁体中都有两个具有相反性质的极端——通常被称作北极和南极。一个磁体的北极可以与另一个磁体的南极相吸引，而两个不同磁体的北极或南极互相排斥。那么为什么一个磁性物体的北极会永远指向北呢？难道地球本身也是一个巨大的磁体吗？英国科学家威廉姆·吉伯特对这种可能性进行了深入的探讨。他将一块天然磁石打磨成一个球体，台利斯早先已首次研究过了这种磁性物质。1600 年，在他出版的一部书中，他详细描述了一个指南针同它相邻的这个磁化了的球体之间发生了怎样的变化，而这种变化正如同在地球上表现出的情形一样。从而可以肯定地说：地球就是一个磁体。

可是，原因何在呢？有一种可能性就是地心中存在一块巨大的磁性物质，分别指向南北方。人们曾经推测，认为地球可能有一个铁心，这看起来像是一个答案。1895 年，皮埃尔·居里发现铁在温度高于 760 时就会失去本身的磁性。然而地核的温度高出这个数值的可能性是相当大的，很显然，从一般意义上讲，地核不是一个磁体。

高温液态铁能导电，当液态铁旋动的时候，转动中的电流就会产生磁场。那么，地球的情况也是这样，只不过它不是一个普通的磁体，而是一个“电磁体”。1939 年，德裔美籍地理学家沃尔特·马瑞斯提出地球的自转造成地核中的“涡漩”，从而产生磁场。

目前，虽然人们普遍接受了这种说法，但问题仍然存在。地球的南北两极并不固定在地理的南北两极点上，而是在分别偏离地理的两极点约 1600 公里的地方。如果穿过地球内部，将它的南北两极用一条线连起来，就会发现这条线并不通过地心。再有，地球的两个磁极漂移不定，随着时间的变化，磁场强度也有增有减。有的时候，磁场强度会降为零，以后，又开始逐渐增强。有关地球磁场的工作过程中的一些细节尚不被人所知。

32. 地球是一个“完美”的球体吗？

随着对地球的了解逐步加深，我们有可能提出更多更具体的问题。比如说，科学家们早在 2500 年前就已经知道地球是个球体了，但它是不是一个“完美”的球体呢？

为什么它不该是呢？如果我们说地球是个球体是因为它的重力引力尽可能地将它上面所有的物体都向地心吸引，那么，它就应该是一个完完全全的球体。除此之外，太阳在天空中总是以一个完美的圆环状呈现在我们面前，月亮也一样。这就说明，这些天体都是些完美的球体。

首先推翻这一观点的证据是 17 世纪通过一架望远镜对木星和土星所观测到的结果中得来的。这两个天体看上去都近似接近椭圆状，而不是以球体的形式出现的，并且随着它们不停地转动，始终保持着这种状态。进一步说，这两个椭圆形天体的最长直径似乎就是它们的赤道，更确切地说，它们是两个球体，只不过是两个赤道隆起而两极扁平的球体。因此我们称这种天体为“扁球体”。

那么，为什么木星和土星是扁球体呢？

直到牛顿总结出了运动定律之后，人们终于在 1687 年时利用这个定律找到了这个问题的答案。当天体绕着自转轴进行自转时，它上面的每个粒子也都随着天体本身一起运动。一切物体的运动都有一种自然趋势，就是一旦它运动起来了，它就会在这个方向上沿直线永远保持运动下去。那么当行星转动时，它表面微微隆起的部分有一种仍然保持直线向前，而不随天体转动的趋势，我们称这种趋势为“离心力作用”（源于拉丁语，意思是“从中心飞出”）。人类已经对地球上的这种现象进行了细致的研究，结论是：物体自转速度越快，它就越向外隆起。

当行星自转时，它表面靠近轴的部分也在转动过程中绕小圈转动，由于这些部分的转动速度不快，因此也就向外隆起得不多。离自转轴越远的部分，表面自转的圈儿越大，但必须在同一时间内做运动。表面部分必然是运动速度越快，越向外隆起，而最终在赤道地区达到最大值。因此，每一个自转的行星都有一个“中央隆起”，而这个“中央隆起”就是它自身的赤道。

一个天体的赤道隆起的程度取决于它表面运动速度的快慢和阻止这个天体形成赤道隆起的重力引力的强弱。月亮、金星和水星都转动得很缓慢，因此在这些星体上的赤道隆起不值得一提。另一方面，太阳旋转得相当快，它赤道上的每一点都在以每小时 1.36 万公里的速度在运动，但它的引力又太强了，以至于它的赤道隆起程度也不值得一提。同地球相比，木星和土星就非常之大了，并且它们绕自转轴自转的速度也非常快。木星自转一圈的时间略少于 10 小时，而土星相比之下要小一些，因此它自转一圈儿的时间略多于 10 小时。木星赤道上面的一个点的运动速度是每小时 45765 公里，而土星赤道上的一点的运动速度是每小时 36850 公里。它们都比太阳赤道上一点的运动速度要快得多，而且木星和土星上的重力引力都比太阳要小得多，小到不足以与离心力作用抗衡，因而这两颗行星都有明显的赤道隆起。土星表面的运动速度比木星要慢一些，而且它的重力引力也比木星要略微小一些，因此它的赤道隆起相比之下要略大一些。

如果上述有关木星和土星的情况是真实的，那么对地球来说，难道情况就不是这样的吗？地球沿地轴自转的速度比月亮、水星或金星都要快得多。地球赤道上的一点是以每小时 1670 公里的速度运动，这个速率比起太阳、木星和土星的赤道上一点的运动速率要小得多，而地球的重力引力也相比之下要小得多。牛顿认为地球有一个足够大的赤道隆起可供测量。

验证这个理论的方法是在地球的各个不同位置上仔细量出距离和角度的数值，通过这些数值，我们可以求出地球的弯曲度是多少。如果地球完完全全是个圆球，它上面各个位置上的曲度就应该是相等的；如果它是一个椭圆形的球体，那么，越靠近赤道地区的曲度就比靠近地轴的曲度要大。1736 年，一支法国探险队在皮尔·路易斯·迪·茅波特路斯出发前往北极附近的拉普兰，测量那儿的地球曲度。同一时间，另一支法国探险队在查尔斯·迪·拉·康达明的率领下抱着同样的目的出发前往赤道附近的秘鲁。

牛顿的理论被证明是正确的。地球有赤道隆起，尽管隆起得不太多。地球赤道的直径是 12756 公里。换句话说，地球基本上可以算是一个“完美”的圆球，只不过不完全是而已。1959 年，美国将“先锋 1 号”人造卫星送入环绕地球运行的轨道上，以一种平稳的形式绕地球旋转。通过它可以计算出地球赤道南部隆起的程度比赤道北部隆起的程度要高出 7.6 米。这就充分证明了地球的形状是“梨子形”，也就是说地球的南半部比北半部要宽出一些，遗憾的是，要测出地球南北隆起的差异，只有在最细致的情况下才能测得出。事实上，地球整体上的隆起非常小，小到用肉眼根本看不出来，任何人从太空来观察地球，它呈现在人们面前的是一个近乎于“完美”的球体。

33 . 为什么月亮会不断变化形状？

现在，我们将注意力集中到宇宙间其他一些天体上。古希腊人肯定地认为月亮是天空中所有的天体里离地球最近的天体。因此理所应当地将它看成是继地球之后第二个被关注的天体。

月亮在天空中是唯一的、永恒的、可以夜夜看得见它形状变化的天体。太阳总是在天空中放射出夺目的光芒，其他行星和恒星也总能闪烁于夜空之中。一些彗星也有自己独特的形状变化，但是我们不是总能在夜晚的天空中看到它们（有关这些，我会在后面的章节中做详细解释）。

月亮的形状总要经历一系列特定的、循序渐进的、重复性的变化过程。在一些特殊的夜晚，月亮就在太阳刚刚落山之后，以月牙的形状出现在西边天空中。一个个夜晚过去后，月亮逐渐向东移去，而它那细细的月牙形渐渐地“胖”起来了，大约一个星期后，它逐渐变成了半圆状，并继续向更“胖”的方向变化，直到又过了一个星期，它终于形成了一轮“满月”。再以后，它又开始变瘦、变小，一个星期后，它又回到半圆状态（不过，这次是月亮的另一半变亮了）。接下来，又过了一个星期，最终它在黎明到来之前，出现在东边天空中时，又变成了一个月牙状。它会在随后的几个夜晚里消失，然后又会出现，再次重复上述的变化过程。

人们自然会想到月亮就如同是一个生命机体，它从出生到逐渐长大，直至达到生命的最高峰，然后会慢慢衰老，最终走向死亡。在一个月中渡过这一系列的阶段。甚至到今天，我们仍然将西边天空中出现的细细的月牙称为是“新月”，而将一个月终出现在东边天空中的细细的月牙称为是“残月”，在这个过程的中间则称之为“满月”。正如我在前面所解释过的，我们将月亮这一完整的变化周期确立为“一个月”。第一个日历就是在此基础上产生的。但是，为什么会发生这些变化呢？是不是月月都会真的有一个崭新的月亮“降生”呢？古希腊哲学家台利斯不这么认为，而在他之前的巴比伦天文学家们大概也不这么认为。

对此持怀疑态度的原因来自于对月亮在这一个月里相对于太阳位置变化的研究。一开始的时候，自然会想象得到，地球上的一切事物所遵循的自然规律是不同于天空中天体们所遵循的自然规律的。在地球上，一切物体都朝下落；而在天空中，一切天体都作圆周运动。在地球上，一切都在不停地变化直至衰竭；而在天空中，一切都似乎是永恒的、不变的。地球上的物质是不发光的；而在天空中，一切天体都在不停地闪烁。如果组成月亮的物质都像太阳、行星或恒星那样不停地发着光，那么月亮也会成为一个在天空中永恒不变的光球。既然月亮不是一个永远不变的光球，那么它在一个月里就会有成长和衰老的过程，而且也不是永久发光的。如果月亮像地球一样暗，只能靠反射太阳光来使自己发光，那它上面不同部分所反射的太阳光，就取决于月亮相对于太阳在天空中的位置。

例如，如果月亮正好是处在地球和太阳中间，那么太阳光就会照在月亮背对着我们的一面。因此，我们也就从月亮上什么也看不见。当月亮以 12 倍于太阳的速度从西向东运动时，下一夜，它就会出现在太阳东边一点儿的位置上，于是我们就正好能看到月亮被照亮的西边缘处的一

弯细细的月牙儿，它是以“新月”的形式出现的。随着月亮继续向东转，我们所能看到的部分就会越来越大，于是“新月”就逐渐变“胖”起来。

当月亮在天空中转过 $1/4$ 路程的时候，与太阳相比较，它的西边被照亮了，于是我们看到的是一个明亮的半月。接下来，它继续变化，直到月亮转到天空中与太阳相对的一面，这时，太阳光穿过地球的两侧，将月亮正对着我们的整个一面照亮了，因此我们所看到的就是一轮“满月”。

以后，月亮又逐渐追上太阳，我们所看到的被照亮的部分开始渐渐缩小。一个星期后，只剩下东半部分还仍然是亮的，再以后又逐渐变成了月牙儿。这时月亮又超过了太阳，接下来又重复上述变化过程。任何一个人，如果仔细考虑一下上述变化过程，就会最终得到一个结论：月亮和地球一样，自己是不能发光的，只能靠反射太阳光来使自身发光。

34 . 地球能发光吗？

如果月亮是一个本身不发光的物体，而是靠反射太阳光来使自己发光。那么，地球本身是不是也不能发光，也是靠反射太阳光来使自己发光呢？做出这个假设似乎是合情合理的。但是人们对这种想法还是持怀疑态度，还仍然固守着旧的传统观念，认为地球上的一切事物都与天空中的一切事物有着本质的区别。他们认为像地球这样的一个很沉重的天体怎么可能发光呢？

当然，要想弄清楚地球是否像月亮一样发光，最好的办法就是离开地球到宇宙空间中去，有遥远的天际里回过头来看看身后的地球。但这种做法在 20 世纪 60 年代以前是行不通的。在此之前，只能在地球上解决这个问题。说来也奇怪，有些时候，当月亮在天空中呈现出一个弯弯的月牙状时，你能看到月亮上其余的黑暗部分有一些暗红色的组织，并充满了这部分黑暗区域。它们是月亮其余的部分，而不是其他的天体。因此月亮上有些可以看得见的斑迹，而这暗红色的组织就属于这样的可见斑迹。人们管它们叫作“在新月臂弯里的旧月”。很久以来，没有再好的说法用来解释这一现象。在大约公元前 100 年时，古希腊哲学家波塞杜尼斯认为月亮一部分是透明的，它使一小部分阳光透了过来。在大约 1550 年时，德国数学家伊拉萨姆斯·瑞恩霍德提出，月亮并不完全是黑暗的，即便是太阳光没有照到它，它也还是可以微微发亮的。

我们现在设想一下地球也同月亮一样反射太阳光。

当月亮处于月牙状态时，它此时正好处在地球和太阳之间的位置上，因此，我们也就只能看到它被照亮的边缘一小部分。如果这时，你是站在月亮上，那么你就会看到太阳光越过月亮的两侧，也就是说，地球有一面全部被太阳照亮了，而这一面正好是指向月亮的一面。简单地说，当你从地球上看到的是一轮新月时，你同时从月亮上也会看到一个完整的地球（实际上，如果地球真的像月亮那样靠反射太阳光使自己发光，那么当从月亮上看到地球形态的变化过程的同时，正好与从地球上看到的月亮形态变化的过程是相反的）。

如果月亮是处于新月时期，月亮上正对着地球的一面越来越照不到阳光，可是在月亮上方的天空中所看到的地球却是完整的。地球比月亮要大，并且由于它具有浓厚的大气层，因此，它能比月亮反射更多的太阳光。总的来讲，从月亮上看到一个完整地球所发出光的明亮程度大约是从地球上看到的一个完整月亮的明亮程度的 70 倍。

月亮上没有被照亮的一面也因此接收来自整个地球的光亮，当然来自地球的光亮比起太阳来说实在是太微不足道了，但它却足以照亮月亮上的黑暗面，并且可以使我们在“新月”阶段时，也能隐约地看见月亮黑暗的一面。伽利略是第一个将“新月臂弯里的旧月”这种说法做了进一步解释的人。从那时起，很少有人对此表示怀疑。

35. 为什么会有日食和月食现象出现？

每过一段相当长的时期，太阳都会掩映于一片黑暗之中，此时它会变得越来越小，过了一段时间后，就形成了一弯细牙，并最终消逝。此刻，在天空中太阳消失的地方，会形成一个周边被昏暗的光环所围绕的黑色圆轮物。而同时，地面上也逐渐昏暗下来，冷风阵阵袭来，鸟儿们纷纷归巢，人类被这一情景吓得不知所措，到底发生了什么事？人们曾认为这一定是“天狗”或“神龙”在吞食太阳，太阳不会再出现了，严冬和黑暗即将来临，地球上，包括人类在内的所有生物都将灭亡。而事实上，这一切都不曾发生，几分钟之后，太阳又重新在它消失的地方露出了笑脸，并且越来越大，不一会儿，就又像往常一样光芒四射地高悬于天空中。

这究竟是怎么一回事呢？

古巴比伦的天文学家们经过研究，找到了回答这个问题的关键。他们发现，日食出现的时候，天空会变暗，并伴随有星辰的出现，但月亮却并未出现。这是因为日食总是发生在月亮从西向东，超过了太阳，并在天空中呈现出新月形的日子里。当月亮从太阳面前经过时，会将太阳全部遮住，于是我们此时就看不见太阳了。不久，当月亮移走后，太阳又会再次出现在天空中。

如果上述情况属实，那么为什么不是所有新月出现的日子都会有日食发生呢？又为什么并非每个月都会有日食现象出现呢？这是因为太阳和月亮在天空中并不是沿相同的路径运行的，它们各自所在的路径彼此之间呈一定的角度。通常情况下，月亮是从太阳稍上或稍下一点的地方通过。而只有当月亮处在它绕地球运行的路径与地球绕太阳运行的路径的交点的地方，并且这时，月亮正运行在太阳的前面，这种情况下才会有月食出现。像这样的交叉点，或称“交点”有两个，它们分别位于天空中相对应的两侧。有时太阳和月亮途经到交点处，就会发生日食现象。

当月亮从太阳面前经过时，月影投射到地球表面（月亮的投影与其他任何物体在灯光下的投影一样，是实心的，也就是浸在灯光里，而本身是黑暗的）。它投影在地球上的面积很小，只能遮住地面上一小片区域，这一小片区域只有约 160 公里，甚至更小一些。也就是说，你也许有可能看到整个太阳消失了，但几公里以外的另一些人也许看到的是月亮只遮住了太阳的一部分（日偏食），而更远地方的人们则有可能根本看不到日食。随着月亮的运行，月影也将在地球表面不断变化着位置，但它在地球上所经过的面积加起来也不过是地球表面的一小部分而已，而且无论在什么地方，它最多只持续 7 分钟左右。

太阳和月亮不管处在天空中的什么位置上，都会看上去大小不一样。既然月亮总体上来讲比太阳要小一些，因此当它经过太阳面前时并不能将太阳完全遮住，而此时，我们将会看到在月亮阴影的周围产生一圈儿耀眼的光环，它就是我们通常所说的“日环食”。

天文学家们已经找到了太阳和月亮的运行轨道，以此为根据，可以预测出日食发生的时间。对于古代天文学家们来说，这是一项极为重要的工作。因为他们认为这种现象是上帝对人类的警告和提示。所以，准

确地预测出日食发生的时间在当时是一项光荣而艰巨的工作，这正是当时的天文学家们对上帝启示破译时能大显身手的好机会。在早些时候，巴比伦人就已经学会了如何预测日食。在古希腊，台利斯曾利用这一预测进行一些欺骗活动，据说，他曾预测公元前 585 年时，在亚洲的米纳地区会出现一次日食，而的确真的发生了。事实上，事情的经过是这样的：当时在那里有两支军队分别来自米堤亚和吕底亚。在“日食”发生时，这两支军队正在针锋相对地做着开战的准备。当他们听说了这个消息时都惊恐万分，于是各自草草收兵。当代的天文学家已经可以推算出日食出现的时间，他们推算出那次日食发生的确切时间是在公元前 585 年 5 月 28 日。而上述在这天停止的战争是人类历史上首次以和平的方式平息的战争。因此，这一天将被后人牢牢记住。

在某些时候，还会出现月食。这种现象只发生在满月的日子里，而此时太阳处于地球的一侧，而月亮处于地球的另一侧。如果我们已经弄清楚了日食的成因，那么对月食成因的理解也就不是什么难事了。这一现象的发生是由于月亮从地球的投影里经过的结果。

地球比月亮大，因此它的投影也比月亮的投影大。实际上，地球的投影可以遮住整个月亮，于是就有可能发生月食。而这时，处于地球正对月亮一侧的人们都能看到月食。月食的持续时间也比日食要长些。

此外，月食并不是每个满月的时候都会出现，这是因为月亮与太阳的运行轨道不同。通常，在满月的日子里，地球的投影是从月亮的上方或下方经过。而只有当太阳处在一个交点处，而月亮处于另一个交点处时，才会出现月食。同日食一样，月食也是可以预测的。实际上，曾有人认为古石器时代古人使用的某些石器正是为这些现象发生而制作的。

36 . 月亮是否在旋转？

在前面有关“新月臂弯里的旧月”一节中，我曾提到了有关月亮上存在一些黯淡的斑迹这一事实，这些斑迹最为清晰的时候是出现在满月时期，人们曾对这些斑迹迷惑不解，一些人将它们看作是人类，并称之为“月球人”，也有一些人认为它们是兔子、蟹或是其他的动物。

古代学者曾认为天体都应该是永恒不变、完美无缺的，而月亮上的这些斑迹实在令人费解，月亮上根本不应该有任何东西，它应该和太阳一样是一个完美无瑕的、充满光明的世界。曾经有人自作聪明地认为由于月亮是所有天体中离地球最近的天体，因此，它就像一个垃圾站一样，尽可能地吸收了地球上的污物，从而形成了那些斑迹。

不管那些斑迹是什么东西，有一点是可以肯定的，就是它们总是能被看见，从来不会发生位置的变化。换言之，月亮永远只将它一面的容貌展现于地球，因此，它也就不是沿自己的轴自转。而事实当然并非如此。可以肯定一点，月亮指向地球的每一面确实是相同的，但同时，它也在不停地自转。

这里，我们假设月亮并不自转，同时假设它绕地球旋转时总是将其中的一面指向某一恒星。也就是说，月亮的一端会同这颗特定的星体处在同一方向上。当然，该条件下，月亮会同时面向这两个星体。当月亮继续绕地球转动并转到地球的另一侧时。这时，它仍会面向这颗星体，只不过变成了背对着地球，因此我们看到的是月亮的“后背”，也就是说我们能看到它的另一面。简单地说，如果不是月亮自转，那么当它绕地球旋转时，我们会一点一点地看到它所有的部分。而事实并非如此。实际上，月亮在不停地自转，因此我们也就只能看得见它的一部分。再有，月亮自转是以一种特有的方式进行的，它在完成绕地球旋转的同样时间内也完成了一圈儿自转。因此，当月亮以这种方式运行时，我们只能看到它的一面。如果我们站在月亮上观察地球，将发现地球在天空中也称得上是一个庞然大物（如果我们站在月亮永远朝向地球的一面上）；我们就会发现太阳在天空中的运行周期是 29 又 1/2 天；月亮上将会出现长达两个多星期的白天和两个多星期的黑夜。开普勒是第一个将这一事实公布于众的人。他在一部名为《Somnium》的科幻小说里提到了这一点。这部小说在他去世后的 1634 年才得以出版。

37. 月亮离我们有多远？

古希腊人曾认为月亮是离地球最近的天体。但这一距离到底有多远呢？

古时候，人们对有关月亮的大小及与地球间的距离一直无从知晓，而这两者之间却存在着密切的联系。如果我们知道了月亮的大小，那么就可以利用三角学原理轻而易举地计算出它在多远的距离时，才能呈现出我们所看到的那么大。反之，如果知道了月亮与地球之间的距离，也可以根据三角学原理计算出它的实际体积到底有多大，才能呈现出我们所看到的那么大。如果对上述两个答案都一无所知，那么，我们就将陷入一团乱麻中，无法理出头绪。

我们该怎么办呢？首先必须要找到两者中的一个答案，这一点是肯定的。月亮究竟有多大呢？如果让人们估计一下月亮的大小，许多人可能会回答：“它看上去有 0.3 米。”这当然不对。如果月亮真是只有那么大，那它离地面也只有 17 米高，还不及一栋楼高，更不用说一座高山了。月亮要想不受到地球上山峰的阻隔，它至少要高出地面 9 公里，这样的话，它至少有 90 米宽。月亮与地球间的实际距离远远超过了上述数值。大约在公元前 460 年时，古希腊哲学家亚拿萨哥拉提出，太阳可能是一块大约有 100 英里宽的会发光的岩石（如果是这种情况，月亮可能也相当大）。他的这个观点在雅典遭到极大的敌视，“不虔诚”、“无神论”的罪名迫使他为了活命，只得仓皇出逃。

没有人知道该怎么办，没有人能提出更好的想法。那么，到底有没有办法测量出人们无法到达的距离呢？事实上，办法是有的。让我们做这样一个实验：将一只手举到面前，并伸出一指，如果将左眼闭上，而只用右眼看面前的这只手指，它好像是呈现在我们面前的墙上；这时不要移开手指，再将右眼闭上，只用左眼看这只手指，会发现它好像改变了呈现在墙上的位置。而这一位置的变化只是因为分别用左眼和右眼从不同角度上观察手指的结果。

从两个不同的观测点观察物体时，上述所指的位置会随着物体渐渐靠近你而逐渐加大。反之，会随着物体渐渐远离你而逐渐减小。同样，当从两个相互间距离逐渐增加的观测点观察物体，这个位置变化也会随着逐渐加大。反之，当从两个相互间距离逐渐靠拢的观测点来观察物体，这个位置的变化也会随之逐渐减小。这种位置的变化被称作“视差”。如果你从两个不同的观测点来观察一定距离处的物体，并且知道了这两个观察点之间的距离，而你又能测出视差的大小，那么，即使物体离你的距离是你所达不到的，利用三角学原理也能计算出物体离你有多远。比如说，勘测人员可以利用视差来求出河对岸某物体距离的远近。

我们能否通过视差来测一测月亮离我们有多远呢？当然可以。任何事物，当从不同观测点来观察它时，它的位置会发生变化，也就是产生了“视差”。但是距离较远的物体所产生的视差很小，甚至可以说是根本没有“视差”。因此，如果从相距几百英里远的两个不同位置观察月亮与远处的恒星，它的位置可能只略微改变了一点儿。也就是说，一个天文学家在一个特定的夜晚、一个特定的时间里能测出月亮与一个特定的恒星之间的距离（这个距离是通过角度来度量的。将一根线在天空中

绕成一个大圆圈儿，将这个圆圈平均分成 360 个等份的弧度，每一弧度又可被平均分成 60 等份的分弧，再将每一分弧平均分成 60 等份的秒弧)。同时，位于远处的另一位天文学家在同一个夜晚、同一时间也在测量月亮和同一颗恒星之间的距离。比较一下测得的两个数值，如果不一样，就说明产生了“视差”，于是就可以求出月亮离我们的距离是多少了。

大约在公元前 150 年，古希腊天文学家喜帕恰斯首先做了这种实验。他发现月亮离地球的距离约相当于地球直径的 30 倍，也就是离我们人类居住的地球大约有 38.5 万公里远。这个数字几乎是无懈可击的了。

这简直是一个令人惊叹的数字，我怀疑当时是否有人能使自己相信喜帕恰斯的测量结果。毕竟，如果月亮离我们有 38.5 万公里远，它肯定得有近 3500 公里的宽度。这个数字比地球直径的 $\frac{1}{4}$ 稍微超出一点。因此，人们看到的月亮不再是天空中的一个“银盘子”，而是另一个世界。

月亮和地球之间的距离正如古希腊人测得的结果那样。实际上，宇宙中其他天体的视差是极其微小的，以至于无法测得。地—月距离的测量结果给了人类一个重要启示，就是宇宙是浩瀚无边的，它不仅仅只容纳一个地球，而是包括了无数个天体世界。

尽管曾有人对上述观点抱有怀疑态度，但这仅限于 1609 年以前，因为正是在那一年，伽利略利用他的天文望远镜对月亮进行了系统的观测。在他的观测中，他发现月亮上也存在山脉、平原，其中仿佛还包括了一些火山口。而这一切在地球上即使不用望远镜也能看得见，从而证明了月亮同地球一样也是一个客观世界。

38. 月亮的质量是多少？

就连古代天文学家也乐于接受喜帕恰斯对月亮的看法，即把它看成是一个庞大的世界。他坚持认为所有天体都纯粹是由光组成，不会有其他的物质。它们的大小就如同一片云或一个影子一样，并不重要。

那么，月亮质量到底有多大这个问题就变得越来越重要了。不过，怎么才能测量出它的质量呢？我们既不可能利用常规方法去称月亮，也没有能力去改变它的状态，总而言之，在地球上所能办到的一切在月亮上都不适用。你也不能到月亮上去，通过测量它表面的重力引力的大小来求出它的质量（这个方法在 1969 年之前是行不通的）。

怎么办呢？怎么才能在地球上测出月亮的重量？让我们想想有什么妙技，能不能借助一下我们通常见到的跷跷板来找到问题的答案。所谓跷跷板，它是一条长的平板，中间固定在一个能灵活转动的轴上，两边可以以轴为中心上下运动。让我们假设跷板的两头各坐上一个小孩。一个小孩将跷板压下去，直到脚着地。他用力蹬一下地，于是他坐的一头便升了上去，而另一边则降了下来。当另一头的小孩双脚着地后也用脚蹬一下地，于是他坐的一头又升上去了，而对面的一头又重新降下来了。这样重复地做下去，直到其中一个小孩不想再玩儿了为止。

可是，假如其中一个孩子比另一个孩子体重要重，当这个体重稍重的孩子坐在跷板的一头蹬一下地时，跷板只升高了一点儿，然后又降下来了，这是因为另一个体重轻的孩子没有足够的力气将跷板压下去，使其对边升上去。因此，跷跷板在这种情况下是不会体现出它的趣味性的。

使一头重一头轻的跷板保持平衡的窍门就在于让重的孩子向前挪一点儿位置。对于重的孩子来说，坐的位置越靠近中轴，就越不容易将自己的一边压下去，那么对轻的孩子来说，跷板压下去就越容易些。相反，对于重的孩子来讲，他坐的位置离轴越远，将跷板压下去越容易些，而轻的孩子想将跷板升上去的难度就越大。反复试验后最终会找到一个位置，能使两个小孩都有能力将跷板压下去，从而使跷板保持平衡。

如果分别称出两个小孩的体重，并测出当跷板两头保持平衡时他们各自离中轴的距离，你就会得出如下结论：当一个小孩的体重是另一个小孩的二倍时，那么体重轻的一方所坐的位置离中轴的距离是体重重的一方离中轴的距离的两倍。也就是说，如果只知道一个小孩的重量，同时也量出了当跷板平衡时，两个孩子各自所坐的位置到轴心的距离，就能知道另一个孩子有多重。这就是通常所说的“杠杆原理”。这个原理最初是由古希腊数学家阿基米德于公元前 250 年利用数学方法总结出来的。

地球和月亮所在的位置就好比是两个玩跷跷板的孩子所处的位置一样。地球的重力引力作用在月亮上，使得月亮围绕它旋转；而月亮的重力引力同样也作用在地球上，对地球来说，它存在着围绕月亮旋转的趋势。

假设地球和月亮的质量完全相等，那么它们之间相互旋转的趋势也相等。也就是说，地球和月亮都共同围绕着一个点运动，这个点就是地心和月球心连线的中点，月亮和地球分别位于这个中心点的两边。

但是如果地球的质量比月亮的质量大，它们之间的支点（也就是重

心)离地心就更近一些,就如同跷板的支点更靠近体重重的孩子那边一样。如果我们认为地球质量比月亮的质量要大很多,那么重心就离地心相当近,近到我们几乎可以近似地认为只有月亮在围绕地球旋转,而地球则保持静止不动。当然,地球绝不是静止的。它每月也绕重心转一小圈儿。而地心总是处于离月亮很远的重心的一边。可以通过对一个月中恒星运动规律的研究而得出地球在一个月里绕这个小圈所经过的路径。地球每月绕这个小圈旋转时,恒星似乎也在相反的方向上绕小圈旋转。

地一月系统的重心离月心的距离是离地心距离的81.3倍,而地一月系统中心离地心的距离是4700公里,地表至地心的距离是1600公里。因此,在我们看来,好像在地一月系统中就只有月亮在转动。

也就是说,月亮的质量是地球的 $1/81.3$ (或者是 $1.2/100$)。这个数字看上去不很大,但它仍旧说明月亮质量有 740×10^{21} 千克重。

再有,由于月亮质量很小,所以它的重力引力也很小。可以设想一下,如果我们是站在月亮上,那么我们的体重就只有地球上的 $1/81.3$ 重。但必须记住,因为月亮是一个小的天体,因此,我们从月表到月心比从地表到地心更近一些,也因此而增加了月亮表面的吸引力。也就是说,如果我们站在月亮上,我们也就有在地球上体重的 $1/6$ 重。

一旦知道了月亮的质量和它的大小,我们就可以计算出它的密度,计算结果是3.34克/立方厘米,只有地球密度的 $3/5$ 。从这一点,我们立刻就能推断出月亮没有像地球那样的铁芯,但肯定到处是岩石。再有,既然月亮比地球小,那么月心的温度一定比地心的温度低,并且,由于岩石不像铁那样容易熔化,我们就可以大胆地得出结论:月心不是液态的。

既然月心不是液态的,那么月核处也就形成不了漩流,同时,也因为月亮自转的速度太慢而没有能力形成漩流。于是我们进一步又能推断出这样一个结论:月亮上没有磁场。当人类将探针送上月球去探测它的磁性时,会发现我们的结论是正确的。月亮和地球不同,它不是一个磁体。

至于其他行星,比如说火星,它自转相当快,但它也没有铁芯。水星和金星上都有铁芯,但它们自转速度却十分缓慢,因此这些天体世界也都不是磁体(水星表现出略微有点磁性,其原因有待探讨)。

39. 什么是潮汐？

不论什么时刻，地球面向月亮的一侧比其对面一侧更靠近月亮，其差大约是地一月间距离的 7%。这就意味着，前者受到月亮的吸引力大于后者受到的吸引力。地球在这个吸引力和离心力的共同作用下，将在地一月连线上的长度加长。因此，我们能在地球的这条线的两端发现隆起的现象。

对于地球上的固态物质而言（如陆地），它在上述位置时的隆起并不明显，然而，对于聚集力低于固态物质的海水而言，隆起的程度就明显地大多了。海水若在上述位置时，两面却有隆起现象发生，其中一面朝向月亮，而另一面背向月亮。当地球自转时，地球表面上的各个点陆续地进入这个位置，而后又离开了它。

人们站在陆地上观看海面，似乎水面升高了，直至最高潮，然后又开始回落，直至最低潮。这样的起伏每天要反复两次。月亮在其轨道上运行时，伴随着地球的自转，地球上的各部位都有两次涨潮，间隔约 12.5 小时。

对于这一事实，人类从远古时代就把海水的涨落——潮汐现象和月亮联系起来，只是实际情况比他们想象的要复杂得多。太阳对地球也会产生潮汐作用，只是比月亮造成的潮汐高度小。当太阳、地球和月亮处于同一条直线上，即满月 and 新月时，产生的潮汐比往常的潮汐剧烈得多，海水涨得也高，回落得也低；但当太阳和月亮间的位置关系是以地球为顶点的直角关系，即逢“半月”时，潮汐的强度就低于平时。不过，对某地来说，潮汐是否出现，以及出现的时间和强度，还与地理位置、海岸线形状有关。

早期的欧洲人大多聚集于地中海地区，这个地区是一个几乎被陆地所包围的港口。涨潮的时候，来自大西洋的海水通过直布罗陀海峡流入港口，但还没等潮汐过程全部结束，退潮就开始了，海水开始从港口涌出。可还没等海水完全退去，下一次涨潮又开始了。最终结果是地中海的水位几乎没有什么变化。

大约在公元前 300 年时，古希腊探险家费萨斯驾船驶出地中海，他横渡了大西洋、不列颠群岛，然后到达斯堪的纳维亚。航行过程中，他亲眼目睹了一些潮汐现象，对此他做了详细的记录，并进一步提出这种现象的产生与月亮有关。但是他的观点几乎没得到任何重视。当儒略·恺撒率领一支偷袭军队进入不列颠时，他把船队停泊在离岸上稍高一点的地方，后来不期而遇的涨潮来临时，几乎将他的船只全部卷走。作为恺撒大帝，他很快纠正了自己的错误。

如果缺乏对万有引力的理解，是很难接受潮汐现象与月亮有关这一事实的。比如说伽利略，在多数方面，他是一个不折不扣的思想家，居然也对月亮对地球有一定的影响这一事实嗤之以鼻，他认为潮汐现象是因为地球自转时海洋的海水晃动而引起的。直到后来牛顿于 1687 年发现了宇宙间万有引力的存在，人们才完全弄懂潮汐现象的起因。

40. 潮汐现象对地球有哪些影响？

潮汐现象对航海极为重要。涨潮时，港口内的水位将比平常升高，这就可以避免大吨位的船只搁浅或触礁。因此，船只出海必须依靠涨潮。如果出于某种原因，使船出海错过了涨潮时机，那么不管多急，也得等待下一次涨潮的来临。俗话说得好：“时间和潮汐不等人”。

此外，潮汐对地球还产生其他也许较为间接，但又绝对更为重要的影响。当地球旋转时，海水涌到隆起部分，海洋中其他地方的水位变浅。于是，海水和陆地之间因相对运动而产生了巨大的摩擦力。因此，海水在每一次涨潮和退潮的过程中大面积地冲刷着海底。

上述摩擦现象非常类似于汽车制动装置中的摩擦运动。地球的自转有时会被潮汐的活动所制动，就如同地球经历了一次“刹车”一样。不过，地球的惯性是相当巨大的，因此这种“刹车”作用几乎对它的运动产生不了什么影响。实际上，潮汐作用的最终结果是使一天的时间每隔62500年长出1秒钟。

尽管上述时间上的延迟是微乎其微的，但却不断地在积累。也就是说，如果一天中每秒钟内时间的长短是相等的，那么每一次日全食产生的投影都会在地表的相同位置上，若每年中出现了万分之几秒的误差，将会造成日食投影与前一次的投影相距有几百公里之遥的差别。从两次日食投影在地面上的位置差，我们就可以计算出一天到底延长了多少。

除此之外，地球旋转过程中不会因其他方面的原因而产生“刹车”效应。地球因为自转所产生的角动量是不可能完全消失的。如果地球的自转速度变慢，那么月亮的自转速度将会加快，这样就随着一天时间的延长，月亮会逐渐远离地球，并且将会以一个更大的公转半径绕地球旋转。

很显然，地球对月亮也同样会产生潮汐作用。既然地球的质量是月亮的81.3倍，那么地球对月亮产生的潮汐作用就是相当可观的（尽管体积较小的月亮会使地球对它产生的潮汐作用略微减弱一些）。月亮的角动量小于地球，因此，当潮汐作用引起其表面岩石层的内层和外层相互拧紧时，月亮自转过程中就更容易产生“制动”效果。其结果，月亮的自转速度减慢，其程度只能使在围绕地球公转一周的过程中完成一圈的自转。这就意味着月亮无论何时只能将其一面朝向地球。因此，在它面向地球的一面上出现了“潮汐隆起”，而相反的一面上出现了结冰现象，并且因为地球的潮汐作用，它的自转速度也不会再继续减慢了。因此，我们知道月亮绕自转轴自转和围绕地球公转在时间上是相同的，潮汐作用在某种程度上起了决定性的作用。

41. 月亮上有生命吗？

考虑这个问题，首先应正确地理解所谓“生命”的含义。在地球上，所有的生命类型尽管有着千姿百态的外貌，但它们的肌体都是由相同的化学物质构成的，而且都有同样的生存要求。它们构成了“我们各种类的生命”。

也许存在其他生命类型，它们不同于我们所知道的现存的生命类型。它们有着不同的化学成分及不同的生存基本需求，它们所具有的各方面特征都有别于地球上的一切生命，甚至于当我们遇见它们时，不敢相信它们是生命。

我们对其他生命种类一无所知，甚至怀疑它们是否有可能存在。因此我们也就不能切合实际地讨论它们。那么，我们确有必要提出来的问题并非是“月亮上有生命吗？”而是“月亮上有我们熟悉的生命种类吗？”

当我们一经发现月亮也是一个世界时，理所当然地会想到月亮上面一定也有生命存在，甚至有可能是高级生物。同样，每一个被证实是一个世界的天体也都可能有生命存在。在早期，人们普遍认为世界之所以存在，其主要目的是为了维持生命的延续。一个没有生命存在的世界是毫无意义的，而这样一个没有任何价值的世界是不会存在于宇宙中的。然而，这种观点只是人类的臆想，他们认为“人类想到的就一定是事实”，其实这正是要争论的议题。我们能不能抛开个人主观意识，而用客观事实来说明月亮上是否存在生命呢？切记，在 20 世纪 60 年代之前，人类尚且不能到月亮上亲自去看一看。

我们只好另辟蹊径，因为我们能从更高的高度上解答这个问题。当我们把目光转移到月亮上的斑迹时，会想到伽利略，他曾用他的望远镜发现月亮是由山脉、火山口及平原组成的。这些斑迹从来没有变化过；当月亮隐现在地球上方的云朵里时，我们看不到上面的斑迹。但是在晴朗的夜晚，这些斑迹就会显露出来。于是人们就得出结论，说月亮同地球一样也是一个世界，只不过它没有云朵而已，这似乎也暗示着月亮上没有空气，而云朵是在空气中形成的。

这当然是事实。月亮从天空中穿越的每一瞬间都有可能从某颗恒星面前经过。如果月亮周围存在有大气层，那么当月亮逼近某颗恒星时，这颗恒星发出的光就掩映于月亮的大气层中，它会逐渐变得模糊不清，最终，当恒星从月亮身后经过时，瞬间即会闪烁出光芒。但上述这种情况并未发生。相反，这颗恒星始终保持光芒四射，直至从月亮身体后经过；并没有什么大气层阻挡它的光亮。

那么，当人们发现了被部分太阳光照亮的月亮的一面时，就会看到明暗面之间有一条明显的分界线。如果有大气存在，这条分界线就会变得模糊不清，如同我们在地球上所见到的“晨昏蒙影”现象一样。而实际上月亮上的这条分界线是非常清晰的，没有看到什么“晨昏蒙影”，因此说月亮上没有大气层。

为什么月亮上不存在大气层呢？月亮的质量比地球小，所以它的吸引力也就弱一些。月亮表面的万有引力只有地球的 $1/6$ ，没有足够强的能力吸引住周围的大气。如果月亮周围曾经存在过大气层，那它在很久以

前就已经漂移到宇宙空间里去了。

月亮上也不存在开放的水——海洋、湖泊、池水和河流。如果有，水也会在灼热的太阳照射下蒸发，而月亮也没有足够强的吸引力来吸住水蒸气。因此，即便是月亮上曾经有过水，到现在为止，也早已全部跑掉了。当伽利略首次观察月亮时，他认为黑暗的部分是海洋，甚至现在有的时候也这么称呼。再仔细一点儿观察它，会发现“海洋上”有许多“火山口”一样的东西以及其他一些斑迹。如果月亮上的“海洋”是真正的“海洋”的话，那它上面的火山口和其他斑迹是不可能存在于海里的。或许它们是从原始的火山活动中流出的熔岩。既然我们能很容易地得出结论认为月亮上没有空气和水，那么它上面就不可能存在于我们所熟悉的生命类型，月亮也因此被看成是一个杳无生迹的世界。

当然，这仅仅说明月亮上没有大而复杂的生命形态。但也还是有可能在表面的土里有点滴的空气和水，或是有一些非常简单的像细菌类的生命形态存在，除此以外，的确再没有其他的了。

但人类还是摆脱不了这个概念，即认为世界必须是包括有生命在内的世界，一个杳无生迹的世界的存在根本是毫无意义的。1835年，英国记者理查德·亚当斯·洛克在《纽约太阳报》上以“月亮上有高级生物存在”为题材，大肆宣扬一系列文章。这纯属捏造事实，但公众却听信了这些谎言，《纽约太阳报》也因此是相当长的一段时期内成为全球最畅销的报刊。一旦人们相信了某些东西，他们就往往会忽略了事实的存在。尽管这是一个成功的“月亮骗局”，但通过望远镜对月亮所做的最初研究，也能很清楚地表明“宇宙间的确存在死的世界”。

42. 月亮上的“火山口”是怎样形成的？

月亮上最有代表性的标志就是表面上带有环形凹陷，四周有山脉环绕着的“火山口”。其中有一些可达 150 公里宽，甚至会更宽一些。如果我们仔细想一想，不难想象它们可能是由两种不同的方式形成的。我们称它们为“火山口”（拉丁文的词义是“杯子”，因为它们看上去像杯子那样向内凹陷成中空状），唯一的理由使我们想起了地球上的火山口。有可能在月亮形成初期，发生过非常剧烈的火山活动，后来所有的火山就成了现在的死火山。另外一种可能就是由于巨大的陨星猛烈撞击月亮时，凿出这些“口”。

生活在伽利略时代的人们（两个世纪以前）没有亲身经历过陨星的撞击，但他们对火山却非常熟悉，因而理所当然地认为月亮上凹陷的口是火山喷发留下来的。当然，这些凹陷的口比起地球上的火山口要多很多。但是由于月亮表面的重力引力比地球要小得多得多，因此，月亮上的火山喷发所喷出的物质可能远远超过了地球上具有同样威力的火山喷发所喷出的物质。甚至在天文学家们意识到陨星碰撞的存在后，月亮上那些凹陷的口仍然与陨星碰撞造成的凹陷有区别。如果确有陨星碰撞月亮的情况发生，那么这种碰撞将是来自各个方向的。如果陨星是斜着撞到月亮上，而且所有的撞击都是这种情况时，其结果有可能撞出的都是些椭圆形的凹陷口。然而，月亮上的火山口都是环形的，它很像火山口的环形结构。

首先正式提出月亮上的凹陷口是由火山喷发遗留下来的人是一位美国地质学家，他名叫格若夫·卡尔·吉尔博特，他在 19 世纪 90 年代提出月亮上所有的凹陷口在形状上都有别于地球上的火山口。地球上的火山口几乎都是在山顶上，而月亮上的“火山口”都是在地面上。他解释不了为什么火山口还是有点椭圆度。美国天文学家佛瑞斯特·瑞·摩尔顿于 1929 年时对此做出了解释，但其观点未免有些牵强附会。他指出陨星以每秒 30 公里的速度撞击月亮，这种巨大的撞击力有可能在月亮表面发生诸如爆炸之类的情况。是因为爆炸，而不完全是因为撞击本身形成了这些凹陷的口，并且这种爆炸同火山喷发一样总能形成一个环状的口。人们普遍接受了“陨星撞击是月亮上凹陷口形成的原因”这一说法。科学家们现在相信太阳系的行星是由陨星的一些小的碎片连接起来的，而我们今天所看到的月亮上的凹陷口是最后一部分碎片撞击后留下来的。

但很难解释，为什么只在月亮上有这些撞击后的痕迹，自 20 世纪 60 年代以来所发射的火箭探测结果表明，每一个无空气的天体世界上都有类似的凹陷口，而有空气的天体世界能将这些撞击后留下的痕迹腐蚀掉，使得这个世界适合于生命的活动，并允许有冰川水流及熔岩等等自然现象的存在。这就是为什么月亮本身没有火山口，在它上面只有陨星撞击留下的种种迹象。关于这点，我会在后面做解释。

43. 月亮是怎样形成的？

本书前文曾对目前公认的太阳系的成因进行过探讨，但这些探讨并没有解决所有的问题，其中就包括月亮。那么，月亮是怎么形成的呢？

总的来说，卫星都比它们所环绕的行星要小很多，因此小的行星根本就没有卫星，即使有，星体也是极小的。水星和金星没有卫星，而火星有两颗卫星，它们的形体就非常小，其直径只有几公里长。

1978年，美国天文学家詹姆斯·克里斯蒂发现冥王星（现今所知太阳系中最远的一颗行星）有一个被称作“冥卫”的卫星，质量只有冥王星的1/10，冥王星就是一个比月亮还小的小型世界，而“冥卫”当然就更小了。

木星、土星、天王星和海王星都有为数众多的卫星，这些行星都比地球要大得多。外围行星的一些卫星体型较大，直径可达3000—5500公里，包括比月亮略小一点的到像木星的四个卫星那么大的。土星和海王星也各有一个卫星。尽管如此，这些大的卫星同它们各自所环绕的巨大的行星相比较，不论大小还是质量都显得有些微不足道。

地球虽是一颗较小的行星，却有一颗巨大的卫星，即月球。它的大小和地球本身相比较在尺寸上远远超过了其他任何一颗巨大行星的卫星。月球的质量是地球的1.2%，出于这个原因，人们常把地一月系统看作是一对“双行星”。

英国科学家乔治·霍华德·达尔文首先从科学的角度解答了月亮的成因这个问题。他对潮汐现象进行了分析。

我在前面的章节中已经提到过潮汐产生的摩擦力，其作用结果是使月亮逐渐远离地球。这就说明昨天的月亮比今天的月亮离地球要近一些，而去年的月亮对于今年来说更近了一些，当然，一世纪以前的月亮离地球就更加近了。实际上，如果我们就这样将时间倒溯下去，月亮在很久以前离地球是非常近的。如果上述情况属实，达尔文认为，也许地球和月亮曾经就是一个整体。

地一月一体就会具有现在已经分开的两个星体的全部角动量之和，因此它的自转速度是相当快的，并且这个快速自转的球体很有可能会甩出一部分最外层的物质，这就是后来形成的月亮。这以后，在潮汐的摩擦力的作用下将它驱赶得越来越远，直到它目前的这个位置。

有一段时间，这个观点听起来十分令人满意。我们都知道，月亮的密度只有3.34克/立方厘米，因此，它的成分肯定是固体岩石，而没有地球所特有的液态铁芯。这一点儿就可以告诉我们月亮是由地球外层的岩石部分形成的，而不是地核部分。于是，达尔文指出，月亮的宽度刚好可以容纳到太平洋中，因此，很有可能它是从这部分掉下来的。环绕太平洋的火山和地震带可能是经过月亮强有力的排斥作用后留存至今的迹象。

遗憾的是，尽管上述说法听起来合情合理，但实际上并不能解决问题。就现在所知，太平洋独特的造型随时间的流逝而在不断变化，不但太平洋是这样，就连它周围的火山和地震带也与月亮无任何关系。除此之外，如果我们按地一月一体的设想计算出它们的全部角动量，会发现这个数值只相当于使地球外层部分脱离地球所需的角动量的1/4。基于上

述情况及其他原因，天文学家们目前十分肯定，达尔文的关于“月亮是从地球上掉下来的”这一猜想是完全错误的。

如此说来，地球和月亮从一开始就是通过单独的两个形成过程逐渐演变而来的。这个想法引出了两种可能性，一种可能性就是地球和月亮都是来自于同一种尘埃和气体的旋流，而此时所有的行星正处于形成阶段，但是基于某些原因，没有演变成一个个体，而形成了两个不同的个体。另一种可能性就是它们原来就是由两种不同的旋流分别形成的两颗独立的行星。月亮所在的运行轨道使它每时每刻的运行都相当接近地球，并且在它每次接近地球的那一刻，会被地球的引力作用捕捉住。

第一种有关“地球和月亮是由同一种尘埃和气体的旋流演变而来的”想法似乎不太可能。假设是这样的话，这两个世界就应该全部是由岩石和金属等物质组成，并且月亮就应该像地球一样有一个金属核，可事实上它没有。从另一方面讲，如果月亮和地球是通过两种不同的旋流演变而来的，其中一种旋流可能大一些并含有丰富的铁物质，因此形成了现在带有一个金属芯的地球，另外一种旋流形成了小一点的并全部由岩石构成的月亮。但是，科学家们至今仍未找出地球能“抓住”像月亮这么大的一个天体的真正原因。

以上三种设想没有一种是针对月亮的——达尔文讲的“快速自转理论”、“两个世界是由共同的一种旋流演变而来的”以及“两个世界通过两种不同的旋流演变而来的，并且其中一个俘获另一个”，都没能就月亮的存在给出一个令人满意的解释。后来，一位脾气暴躁的天文学家不耐烦地说：“既然所有的解释都失败了，那么结论只能是月亮根本就不存在！”

可事实上月亮的确是存在的。于是，天文学家们只得继续分析下去。1974年，美国天文学家威廉姆·K·哈特曼提出第四种可能性。他再一次重提达尔文的地一月一体的说法，只不过并不依赖达尔文的有关“旋转中的这个统一体甩出了月亮”这个说法，取而代之以更具权威性的说法：首先，在行星形成过程最初的几十亿年里，肯定会有一些纷繁复杂的情况值得考虑；行星体都是由一些小碎片组成的，并且在当时，有许多比现存的行星更为低级的行星，它们之间会经常发生一些碰撞；碰撞的结果是较大的个体依靠消耗较小个体的能量而使自身不断地发展直至发展到目前我们所知道的行星，同时也给宇宙留下一大片纯净的空间。在很久以前，有一个类似地球而质量只有地球的10%的小天体很有可能猛撞到地球上（大约发生在40亿年前，即地球上生命繁衍之前。如果是发生在地球上生命活动之后，这些生命将会被这一猛烈撞击所毁灭，那么就我们所知的生命活动不得不再一次重新开始）。这两个天体都各自含有一个铁金属核，并有可能已经凝聚。但是，其外层的岩石部分却有可能爆发到空间中，并形成了月亮。这第四种猜想避免了前面三种所面临的困难，没有使自己在理论上引出任何的麻烦。一开始，哈特曼的猜想被忽略了，但到了1984年，计算机对这两个巨型物体的碰撞进行了模拟并得出结论，认为这个猜想是可行的。目前，人们已经基本上接受了这一猜想。

44 . 我们能登上月球吗？

当人类实现登月计划时，我们可以肯定地讲：人类是能登上月球的。实际上在很久以前，人类就想象出了很多有趣的登月方式，而许多富于想象力的文学作品也涉及了登月旅行的内容。然而在古老的年代，人类并不了解月球的真实面目，所以把月球看成像印度和埃塞俄比亚一样遥远的地方。

据记载，第一部描述登月旅行的小说是古希腊作家卢森大约在 165 年创作的。小说的主人公利用一对鸟的翅膀飞上了月球。1532 年意大利诗人路德维可·阿里奥斯托写了一部伟大著作，题名为《奥兰多·弗瑞奥索》，其中的主人公是坐着《圣经》故事中的预言家伊里詹所乘坐的那种战车到达月球的。而约翰内斯·开普勒则是使他的主人公在梦中登上月球的，在这个故事中开普勒第一次真实描述了月球的特征，书中描写月球的白天和黑夜相当于地球上的两周。

自从伽利略利用望远镜更细致地观测了外部空间，开阔了人类的视野后，到月球去旅行也就更为人所关注了。英国作家费朗希斯·古德温所著的《月球人》在其逝世后的 1638 年出版。这本书中的主人公是乘坐由几只巨鸟牵引的车到达月球的。不难看出，所有这些虚构的故事都是假定地球和月球之间充满了空气，在那个时代，这种假设被认为是理所当然的。地球上，包括山脉顶端到处都充满了空气，这种现象是不是无止境地向外空间无限伸展呢？直到 1643 年人们才发现地球上的空气并不是无限扩展和弥漫的。那么人们是怎样发现这一现象的呢？

水能从低处抽到高处，而抽到 10 米高时，就不能再往高处抽了。伽利略对这一现象感到迷惑不解，于是在 1643 年要求他的学生、意大利物理学家伊万格尼斯塔·托里拆利对这一问题进行深入研究。

托里拆利认为这种现象好像是由于伸到水下的泵的空心管中的空气被吸出后形成真空造成的。当一部分空气从管中被吸出后，外界空气就会给井水施加压力，并把水压进空心管中。当泵继续工作时就会有更多的空气被吸出空心管，空心管中的水就被越压越高。当水柱达到 10 米高这个限度时，水柱也产生了一个向下的压力。一方面空气给井水液面以一定的压力，同时泵的空心管中的水柱也对井水产生一定的压力，只有在这两种压力相等的条件下才能使水柱不再升高。

为了检验这个理论托里拆利利用水银进行了实验。由于水银的密度约是水的密度的 13.6 倍，所以如果水银柱与水柱高度相等时，水银柱产生的压力是水柱压力的 13.6 倍。如果空气的压力能压起 10 米高的水柱，它也应该能托起 0.76 米的水银柱。托里拆利将 1.2 米长的试管装满了水银，堵住试管开口倒置在水银槽中。当拿掉试管开口处的活塞后，水银柱开始流出试管，但并没有全部流出，而是在试管内留下了 0.76 米高的水银柱。显然水银柱向下的压力与空气的压力平衡了。

这一现象首先说明了空气是有重量的，它并非是无质量的蒸气，而是一种实实在在的物质，实实在在的能充满每个角落的微小物质，它是不能忽视的。其次，空气柱能托起 0.76 米的水银柱这个事实说明大气压是有限的，通过这个空气柱的高度和这个柱中的空气质量可精确计算出空气的密度为 0.0013 克/立方厘米，它的密度仅为水的密度的 1/77。如

果大气层的空气密度都是均匀的，那么大气层就仅有 8 公里厚了。

正如事实表明的，大气层中不同高度的空气密度是不相同的。大气层上面的空气对低层的空气产生压力，由于空气比岩石容易压缩，所以低处空气的密度要比高处空气的密度高得多。这一事实后来被法国物理学家布雷兹·达斯科证实了。1648 年，他带着试管和水银在半山腰进行实验。当地到达 1 英里高度时，水银柱的高度应该是海平线测出的高度的 $\frac{4}{5}$ 倍（0.61 米）。但实际测到的水银的高度比预想的偏低，只是偏低的幅度并不很大。当到达海拔较高的地方，空气就变得更稀薄了，而且越高这一变化越厉害。所以大气层比当时人们想象的要厚得多。

即使是大气层的厚度非常大，但在 160 公里的高处也非常稀薄，以至于可以忽略掉。这就是说，当我们从地球上出发，奔向月球时，旅途中要经过 99.95% 的真空带。实际上，除了与地球表面紧密相邻的空间有气压外，其他空间只是含有微量物质的真空区。

实际上我们不用仔细研究也能看出这一事实。在托里拆利对大气层进行研究之前，人们一致认为宇宙中到处充满着空气。如果这是真的，月球和其他的物体在空气中往来穿梭时，由于和空气的摩擦作用就会不断地损失能量，那么月球的运动就会越来越慢，直至最后坠落到地球上。同时地球的运动也渐渐减慢直到最后坠入太阳。实际上这一切都没有发生，因此只可能有一种解释，即只有天体在真空中运行才没有能量损失，星体才能在它们各个不同的轨道上运行不止。

由于外层空间是真空的，所以到月球去旅行是非常困难的。我们不能被飞鸟和神龙带到月球上，也不可能依靠魔术战车和梦境到达月球。我们知道，想穿过真空到达月球，最有效的办法就是利用火箭技术。牛顿于 1687 年总结出的运动定律中有一条定理，即如果物体的一部分向某个方向快速运动，则这个物体的其余部分就会向相反方向运动。因此，若一个容器装了能转化为热气体的物质，并且气体能从一个狭窄的开口迅速向下喷放，那么容器本身会向上升高，如果达到足够高的速度，它将能永远离开地球。

1650 年，法国作家塞闰奥多·博格瑞斯在《到月球去旅行》一书中谈到了到月球上去的七种方法。其中六种仅是简单的想象，不可能真正实现。然而第七种方法涉及到了火箭的原理，比牛顿创立这一理论早 35 年。1926 年，美国物理学家罗伯特·胡琴斯·古大德建造并发射了第一个由液体燃料提供能源的火箭模型。这看起来是一件微不足道的小实验，但它却为人类登上月球开辟了道路。终于，在 1969 年 4 月 16 日，美国宇航员内尔·奥登·阿姆斯特朗第一次实现了人类在月球上的行走。

人们在登上月球后很快就证明了月球是个没有水、没有空气、没有生命的世界，甚至没有任何迹象表明月球上存在或曾经存在过最简单的微生物。

月球上的岩石被运回地球用于科学研究，因为月球比地球小得多，月球中心的温度也比地球中心温度低得多，所以月球状态比较稳定，很少发生火山活动。因此，月球表面的岩石存在的时间要比地球上的长得多。实际上，一些月球上的岩石早在 42 亿年前就形成了，这比地球上存在的最古老的岩石还早 5 亿年。

45. 什么是陨星？

当我们观看夜空时，仿佛觉得天空是不动的，但是偶尔也能看见有颗星星划过天空，并最终消失在夜幕中，看上去好像是一颗星星在天空中滑动并沿着自己的曲线轨道向下运动。通常这个现象被称为“陨星或流星”。

甚至在很早以前，古希腊人就注意到，无论有多少陨星坠落，人们所熟悉的那些恒星并没有减少。这说明陨星并不是真正的恒星。但古希腊人并没有对此作出解释，只是简单地称它们为“流星”（来自希腊语，意思是“空中不明飞行物”或“UFO”）。如今“流星”是由许许多多针头那么大的物质组成的，其附近的空间飘浮着小微粒（或称这段空间为“布满灰尘”的）。若当这些小颗粒突然间向地球接近，当它到达大气层时，将要压挤它前面的空气而产生摩擦，使这些小颗粒的温度升高，直到它发光，汽化燃烧成更微小的颗粒，直至最终坠落。这些小尘埃不仅不会对人类有不良影响，而且研究彗核周围的水滴的组成和形成过程对人类是非常有益的。这些尘埃有助于降雨，而这正是地球上的生命生存的基本条件（尘埃能否形成降雨这个问题，将在本书以后部分进行详细介绍）。

有时会有大量比针头大得多的碎片闯入地球，甚至有些相当巨大的物体也恰巧穿过大气层落到地球表面。这些来自于宇宙的巨大的碎片被称为“陨星群”。落在地面上的“陨星群”中的碎片就是陨星。陨星中约有10%是由镍-铁混合物组成的。就这一点来说，将为我们前面所介绍过的、已被科学家们确认了的“地球核心是由镍-铁混合物所组成”这一事实提供了有利的证据。

古时候，人们偶尔能遇到含有镍铁成分的陨星落到地球上，但那时的人们还不知道如何从铁矿石中提炼铁。实际上这些从天而降的含有铁（与镍的混合物）的坚韧物质是非常有价值的。人们可以用它来制造比以往更硬、更有韧性的工具。伊莱德描述了一块确实是来自太空的铁块被当作赠品用于派卓库勒斯的葬礼上。地球上的发达国家却很少能发现陨石，可能是因为它们常常被当作垃圾扔掉了。

有时人们竟然能亲眼看到陨星坠落。公元前2世纪时的古希腊有一位天文学家喜帕恰斯。当一些人把亲眼目击到的一颗陨星坠落这件事告诉他时，他认为人们所看到的可能正是上帝对我们的某种指示。在古时候就有一颗坠落的陨石被侍奉在以弗所的阿耳忒弥斯神庙内，麦加卡巴圣地供奉的那块黑石头也可能是一颗坠落的陨星。

在很早的年代，天文学家根本不相信会有石头从天而降的传说。美国一位化学教授本杰明·西里门与同事得到了一颗1807年坠落的陨石并对其作了分析。但当时的美国总统托马斯·杰弗逊（也是一位很有造诣的学者）指出：天上怎么可能会掉下石头呢？这两位教授显然在撒谎。

有些科学家支持少数人的看法。德国物理学家俄尼斯特·F·F·查莱德尼于1794年出版了一本书，书中证明了天上确实能掉下陨石来，并收集到了实物。1803年，法国物理学家吉恩的有关陨石的报告引起了法国科学界的注意，这位法国科学家和他的报告使科学界最终认识到陨星确实存在这一事实。

从此，人类才开始对陨星进行仔细地研究，直到 1969 年，它们在人们心目中仍是被视为“存在于未知物质世界中珍贵的样品”。另一方面它们非常细小并存在于人类未知的空旷的外层空间，所以它们从形成以来就没有发生改变或被破坏过。我们所发现的历史最古老的陨星早在 46 亿年前就已经形成了，它们的历史比地球，甚至月球上所发现的一切物质的历史都要悠久。所以我们认为包括太阳、地球、月球在内的太阳系已经诞生了 46 亿年。

46. 陨星能对人类生命和财产造成威胁吗？

当然，如果岩石和金属碎块偶然地碰撞地球，我们不能不加思索地断言那些飞块迟早会对我们造成伤害。迄今为止，虽然陨星曾经砸坏了房子和汽车，但却始终没有一起关于陨星砸死人的报告，然而发生这种不幸显然只是时间早晚的问题。

地球对陨星来说是个巨大的目标，然而陨星与地球发生碰撞时落在海洋、沙漠或人烟稀少的森林、农场的机率要比落在城市，甚至某个人身上的机率要大得多。但是如今地球上的人口在不断增加，城市在不断向外扩张，人类的建筑使地球变得越来越拥挤，陨星对人类的生命和财产造成危害的可能性也就越来越大，并最终总会有一颗陨星导致悲剧的发生。

当然陨星越大，其造成的危害也就大。但落在地球上的大陨星要比小陨星少得多。据我们所知，历史上最严重的一次陨星撞击地球发生在1908年。当一个巨大物体撞击到西伯利亚中部时，森林中约32公里范围内的所有树木都被撞倒。这颗巨大的陨星砸死了一群鹿，但由于这个地区荒无人烟，所以并没有人在这次事件中丧生。据说大约在2.5万年以前，有一颗更大的陨星撞击了现在的亚利桑那地区，并产生了0.8公里宽的凹穴。值得庆幸的是它落在了沙漠地区，而且没有破坏水资源，所以并没有对人类的生活造成什么影响。如果这颗陨星坠入城市，整个城市将在一瞬间被彻底毁灭。

有迹象表明在几百万年前还有更严重的陨星撞击地球的事件发生。它留下的陷穴虽然经历了风吹雨打和地球板块的变迁已面目全非，但我们通过测定证明它的存在。至于哪一次是最严重的撞击，我们必须掌握全面的信息后才能进行判断。

47. 什么是小行星？

18 世纪的科学家们很难接受陨星存在这一事实。原因之一就是人们对太阳系的了解仅限于太阳系中的行星和它们的卫星（以及我们将在后面谈到的神秘的彗星），而对太阳系中的小物体却一无所知。

但是，德国天文学家约翰·丹尼尔·台特斯渐渐改变了这种观点。1766 年，他建立了揭示各行星与太阳之间距离的定律。他给出了下面的数字：4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196, 388 等等。假设我们用 10 来代表地球到太阳之间的距离，则水星到太阳的距离为 3.88，金星到太阳的距离为 7.23，火星到太阳的距离为 15.23，木星到太阳的距离为 52.0，土星到太阳的距离为 95.5。到了 1772 年，另一位更著名的德国天文学家约翰那·伊勒特·鲍德公布了他的数字系列，这些数字相当奇特，人们称之为鲍德定律。

天文学家们注意到鲍德定律中 28 位置上没有发现行星。那里有行星吗？如果有，为什么人们从来没有看到过呢？那些位置到地球的距离是火星到地球距离的两倍，而仅为木星到地球距离的 $\frac{2}{5}$ 倍，即使在 28 位置上的行星像火星那么大（火星直径比地球半径大一点），人们也应该能很容易地观察到。如果在 28 位置上确实存在一颗行星且不能被人类观察到，那么只有一种可能性：它比火星还要小得多。

德国天文学家汉那瑞奇·W.M. 奥博斯在 18 世纪 90 年代开始着手研究天体结构。他用若干个行星把天空划分成几部分，以便能仔细地观察火星和木星之间可能存在的行星轨道。可是在他观察到这类行星之前，意大利天文学家诸塞普·皮茨在 1801 年 1 月 1 日，即 19 世纪的第一天对这类行星有了新发现，他最初并不是特意地观察这类行星的，而是偶然发现有一颗“星星”每天晚上都要改变位置，所以它一定不是一颗普通的星星。从运动的速度来看，它好像是存在于火星和木星之间尚未被发现的行星。因为皮茨是西西里人，所以他把这颗行星命名为“谷神星”。在古代西西里岛，继“农业女神”之后人们把这颗星星也奉若“神灵”。

谷神星是一颗直径仅为 1000 公里的小行星，它的直径比月球的半径还要小。

奥博斯在火星和木星之间也发现了这颗行星，并按计划继续探索。在接下来的几年中又有三颗以上甚至比“谷神星”还小的星体被发现，它们位于火星与木星之间。这三颗小行星被命名为“智神星”、“灶神星”和“婚神星”。德裔英国天文学家威廉·赫歇耳指出这些新发现的星体太小了，以致于看起来就像天上的星点一样，仅仅是一个个的亮点，甚至通过望远镜也不能看清它们的运动轨迹。后来，他建议总称它们为“小行星”，于是这个名称就这样产生了。

自从皮茨发现了第一颗小行星后，人们已经发现了大量的“小行星”。如今，我们已经发现的小行星有五千多颗。但可以肯定，还有数千颗其他的小行星存在于火星和木星之间。

谷神星是小行星群中最大的一颗，其体积约占小行星群的 10%。在火星和木星轨道之间的空间被称为“小行星带”。这一地带不禁会使人联想到太阳系在行星完全形成以前是什么样的。

为什么在那儿会有“小行星带”存在呢？奥博斯第一个提出了它们是由行星爆炸引起的观点。这是一个引人注意的观点，但我们并不知道行星为什么以及怎样发生爆炸的。现代的天文学家认为把“小行星带”的所有物质压缩到一个行星中显然是不可能的，而且木星这颗巨大的行星可能会把“小行星带”中大量的物质吸走，而剩下的部分则很难形成足够大的行星。此外，又是木星的万有引力才会把小行星凝聚在小行星带中。

48. 小行星仅局限在“小行星带”中运动吗？

“小行星群”中有成千上万的小行星，其中的大多数都是非常小，就像颠簸起伏、质地疏松的丘陵。“小行星带”中的小行星虽然一开始在“小行星带”中运动，但却不能保证它们将永远这样运动下去，由于这些小行星是在环绕太阳运动的，所以它们仍受到其他行星的万有引力的影响，特别是巨大的木星的吸引，一些小行星可以穿过木星的轨道进入太阳系的外层空间，而另一些小行星可以穿过火星的轨道进入太阳系的内层。对于飞到太阳系外层的小行星，我们很难对其进行观察和研究，但那些比火星更靠近太阳的小行星是更容易进行观测和研究的，同时给我们带来危险的可能性也变大了。

1898年，德国天文学家古斯塔维奇发现了一颗并入火星轨道的小行星，并将其命名为“爱神星”（人们给小行星命名时通常起一些温柔的名字，但对于那些有特殊运行轨道的小行星则起一些较有阳刚之气的名字）。

当爱神星和地球按照正常的轨道运行时，它们之间的距离仅为2250万公里，几乎是最靠近地球的行星——金星到地球距离的一半。因此，爱神星是除了月球以外最靠近地球的星体了。1913年，它移到了距地球2600万公里的地方。

这个距离对地球来说是绝对安全的。爱神星以前的运动轨道是极不规则的，它很可能会与地球发生碰撞，所以它改变轨迹对我们来说是非常有利的。爱神星的平均直径为16公里，它与地球的碰撞对地球本身来说并不会太多的影响，但对地球上的生物来说这将是一场大灾难。

但问题是爱神星并不是唯一可能撞入地球的小行星。自从1898年以来，人类发现了大量比爱神星更靠近地球的小行星（大多数直径仅为1或2公里）以来，如今我们至少已经发现了1/5的在地球周围的小行星，并且每年都有新发现。

本书前面介绍过的陨星就是由于偏离轨道而坠入地球的小行星。它们并没有多大的破坏力，但迟早会有更大的小行星撞击地球。实际上，正如我们所担心的那样，平均每1亿年就会发生一次毁灭性的撞击。如果真是这样，那么自从地球上生命以来应该已经发生了30次这样的碰撞。其中，从大陆和海洋开始有复杂的生物存在后，应该已经发生了五六次大碰撞。这些碰撞是否在地球上留下了痕迹呢？

大约在6500万年前，地球发生了重大变故，导致了恐龙和其他动植物都突然从地球上消失了。直到1980年都没人能确定那个时代到底发生了什么。人们进行了大量的假设推测，但都不能让人信服。1980年美国科学家沃特·奥瓦瑞兹对已经有6500万年历史的岩石进行了仔细的分析，他发现目前这一地层的稀有金属——铱的含量是或早于或晚于这一地层形成的地层中铱的含量的25倍。这说明恰巧当恐龙从地球上消失时，某种物质使金属铱渗入到了岩石中。实际上不仅仅限于奥瓦瑞兹进行分析的那一地区，世界各地在那个年代形成的地层中稀有金属铱的含量都是相似的。

那时的地球到底发生了什么？奥瓦瑞兹认为：陨星中铱的含量通常比地壳中的含量要高得多（实际上大多数铱存在于含有铁矿的岩芯中），

所以看来 6500 万年前地球发生了特别巨大的碰撞，随之产生的大量的热把流星和地壳汽化。大量的尘埃被抛入到大气层中，由于太阳光长期照射不到地球，地球温度降低至冬季的温度。长期寒冷的恶劣气候使许多生命种类从地球上灭绝了。而且这次碰撞还引起了火山爆发、地震、洪水泛滥、大面积的森林火灾等等一系列的灾难。大多数生物特别是大型动物从此从地球上消失了，但仍有极少一部分生命种类幸存下来，继续繁衍生息。

有迹象表明，在地球发展的历史上会周期性地发生这些现象，每到这时都有大量的生命灭绝。这可能是生物演变发展的重要环节，因为它给了新物种发展、繁衍、扩大的机会。例如，哺乳类动物在最后一次“大灾难”以前几千万年就已经存在了，但它们都无法与庞大的恐龙相竞争，而变得无足轻重。只有在那次流星与地球相撞以后，恐龙从地球上消失了，小型哺乳类动物才得以有机会经历了演变并发展形成了如今地球上存在的许多高级物种——包括我们人类。

如果未来有另一次大规模的碰撞，而人类还没有能力避免这次灭顶之灾，那么所有的人类都会因此而丧生，并从地球上绝迹。也许其他更高级的生物将在地球上写出一部新的篇章。迄今为止，至少还没有足以把地球彻底毁灭的陨星与地球发生碰撞，但我们不能断定这种可怕的灾难是完全可以避免的，它是有可能发生的。

49. 什么是彗星？

除了小行星和陨星之外，还有另一种能靠近地球的天体——彗星。彗星比小行星更有可能是 6500 万年前恐龙从地球上消失的原因。彗星的碎片比陨星更能引起爆炸。1908 年，西伯利亚中心的爆炸可能是因为彗星碎片撞击地球引起的，而不是由陨星引起的。

彗星比流星更容易观察。流星的轨迹像一条亮线，只能持续几秒钟的时间。而彗星是个模糊的物体，有时还非常巨大。它所经过的地方留下的轨迹能在天空持续几星期。过去彗星常被看成是不祥的预兆。人们通常认为行星和恒星的运行轨迹是很有规律的，人们可以预知它们的运动方向，而彗星则被看作是随机出现的、暂时存在的星体，一夜夜在天空飘移直至最终消失。人们相信行星都以其各自固定的形式在空中运动，而且能预知它们未来的运动方向。所以人们自然会把彗星的突然出现认为是在传递上帝发怒的信息，对我们作出的警告。

彗星预示着坏消息而不是好消息这种观点在彗星出现以后好像被更加证实了。它是由一个发亮的雾状的球体组成，并拖着一条长长的“尾巴”。富有想象力的人们把它的形状看成是一个披散着长发的女人的头，悲伤地唱着挽歌穿过天空（确实，彗星在希腊语中是“头发”的意思），而另一些人会把它看成是一把利剑。每种看法都意味着死亡和灾难，而且你也可以说每当彗星出现时，就会发生灾难。然而不知道人们是否注意到，彗星没出现时灾难也同样会降临。

古时候的人们试图合理地解释这些天体。亚里士多德认为天空是完整的、一成不变的，天空中没有多余的空间用来移动偶然存在的物体例如彗星。因此他认为彗星仅仅是地球大气层外层发光的气体，就如同沼泽地中的发光现象一样。这种理论显然是错误的，但却阐明了当时人们对这些未知事物的看法。可是这种理论并没有减少人们对彗星出现的恐惧（甚至到了 20 世纪，人们仍在坚信地球是一个平面，而且对彗星充满了恐惧感）。在 1910 年以前没有特别明显的彗星出现，所以人们的这种恐惧心理并没有机会表现出来。

第一位以端正的态度研究彗星的科学家是天文学家瑞杰蒙坦斯。他观察了在 1473 年出现的一颗彗星，并且每晚对其位置进行记录。1540 年，德国天文学家培卓斯·阿皮纳斯出版了一本书，书中描绘了五颗不同的彗星。在书中他指出：每颗彗星出现时，它的尾巴都处于远离太阳的方向上。这是除了人们对彗星的位置进行观察之外第一次对其进行科学的观测。

1577 年，泰克·布朗试图证明那年人们所观测到的明亮的彗星是存在视差的。虽然对月球的视差能进行测量，但这颗彗星的视差并没有大到能够进行测量，所以这是无法实现的。同时这意味着这颗彗星比月球离我们要遥远得多，进而说明了亚里士多德的观点是错误的，彗星并不存在于地球大气层里，而是存在于离我们非常遥远的太空中。

当牛顿推算出万有引力公式之后，人们自然而然地将该公式应用于对彗星和宇宙中其他天体的测量计算中。彗星应该被太阳的万有引力所吸引而围绕太阳运动。通常行星运行的轨道是近似圆形的，因此，相比之下彗星的运行轨道似乎被拉直了。当然，也有可能是彗星受到了太阳

的吸引，第一次进入太阳系，而后又飞出了太阳系。也许它永远不会再回来了。

英国科学家、牛顿的好朋友埃德蒙·哈雷对这一问题进行了深入的研究。他先分析了一些以前关于彗星的报告，从中他发现 1456 年、1531 年和 1607 年的彗星以及 1682 年他亲自观测到的彗星都是沿着相同的轨迹穿过天空的，所以他认为这可能是同一颗彗星沿着非常长的轨迹进行周期性地运行，每隔 75 年或 76 年才能靠近地球和太阳一次。

哈雷预言这颗彗星将于 1758 年再次返回近日点。他虽然没有机会再次看到这颗彗星，但 1759 年这颗彗星果真飞回来了，仅比他预言的晚一年。由于这颗特殊的彗星是哈雷发现的，所以它被命名为“哈雷彗星”。它最近一次在地球上空出现是在 1986 年，但并没有特别接近地球。“哈雷彗星”的发现揭示了彗星的神秘面纱，并促使近几十年的天文学家不断地去发现新的彗星并计算出它们的运行轨道。

50 . 为什么彗星看起来是模糊不清的？

即使彗星与太阳系其他普通的成员一样遵守万有引力定律，但对对我们来说它们仍然神秘。太阳系中其他的天体是有明显边界的固体，没有“尾巴”，而彗星看起来是模糊的并拖着长长的彗尾。太阳系中较小的物体像水星、大多数的卫星以及大量没有大气层的固体物质和地球上的岩石、金属矿石一样有清晰的边界。而巨大的行星如地球、金星、火星和一些较大的卫星一样有大气层。这层气体被万有引力牢牢地吸引在这些物体周围，但这些行星在大气层下仍能呈现出清晰的轮廓。

但是彗星与这些天体的化学结构是不同的（你可能立即会问：“天文学家是怎样知道一颗遥远星体的化学结构的？”这也是我们今后进行研究的课题）。彗星是像小行星一样小的物体，它们不是由岩石和金属物质组成的，而是由易挥发的（易融化的）物质组成的。若在地球上它们应该是液体或气体，但在彗星上由于低温而冻结成固体。无论在地球上还是在彗星上都存在着易挥发物——水。彗星上存在着固体冰，其他挥发物质如：氨、氰能像冰一样以固体状态存在。

彗星是由冰及一小部分岩石和金属物质组成的，而且可能有一个坚实的核心。这种结构是 1949 年由美国天文学家佛瑞德·惠普尔推测出来的。他把彗星喻为“被污染的雪球”。当彗星离太阳很远时，它的物质被冻结成固体，像小行星一样有明显的轮廓，但那时它离我们太遥远了，我们无法对其进行观察和分析。然而当它接近太阳时，太阳的热量就会使彗星的一部分冰蒸发并释放出它所包含的尘埃，所以固体核心被气体和尘埃组成的云层所包围。这些微粒能反射阳光，好像彗星被一团雾所包围着，这就是彗星看起来模糊的原因。

经常有带电粒子从太阳向各方向发散出来，被称作“太阳风”。虽然风力不大，但已足够把尘埃和气体组成的云层从彗星周围吹开，所以看起来彗星好像拖了一条长长的“尾巴”，而且总是远离太阳的方向。

51 . 彗星与世界末日有关吗？

彗星并非像地球那样是永久存在的星体，也不属于小行星一类。当彗星绕太阳运行时，其中一部分将蒸发且永不再来。问题在于，彗星有可能并非在太阳灼热的“怀抱”中完全蒸发、消失。实际上，如果彗星位于太阳附近过久，那么它必将走向最终的消亡。不过，在一般情况下，

彗星总能在其大部分形体蒸发之前脱离这一环境。当彗星上的冰气化后，就只剩下一些粉末，这些粉末在彗星表面形成了一个外壳。1986年，人们通过探测器对“哈雷彗星”进行观测时发现，这颗彗星的表面覆盖着一望无际的岩石灰尘。这种岩石外壳好像是从蒸发体上切下来的一样。

尽管如此，彗星体内的一部分物质在每次接近太阳时都会损失掉一些。因此，彗星的寿命相对来说是比较短暂的，即使是形体巨大的彗星在成百上千次地接近太阳后都必将步入消亡。天文学家们曾对一些小型的彗星进行了观测，发现当它们当中的一些坠入太阳后，就永远地消失了，而另一些则自动破裂，然后也消失得无影无踪。一些彗星只剩下一个岩石芯，不过，很难将它与小行星区分开来。其他一些几乎所剩无几。同时，气体蒸发并分散到空间里，尘埃微粒也伴随着气体蒸发而分散开来，并运动到彗星轨道中，沿轨道散开，逐渐变得稀疏，但是在彗星通常所在之处却仍保持很密集。

1833年11月13日，地球和一个已经死亡了的彗星的尘埃云相撞。但这一碰撞并没给地球带来什么损失；相反，却呈现出一片壮观的景象。当时，新英格兰上方的天空变得像放焰火一样。无数的尘埃微粒穿过大气层形成了线条状，又逐渐变得像正在下落的晶莹发亮的雪花状，但最终还是没能到达地面。旁观者们会被这种情景吓得不知所措，他们以为天上所有的星星正在下落。启示录上曾写着：“世界末日到来之际，群星将会从天而降。”于是乎，人们便认为世界末日即将来临。转眼到了第二天，太阳仍像往常一样升起在天空，而第二天晚上，天空中依旧是群星璀璨。

一年中有些时候天空中的陨星数量比平时要多，但1833年却是个例外，因而它激发了科学家们对陨星更进一步的研究。

52 . 彗星从哪里来？

如果彗星的寿命真的十分短暂，而且它们的命运只能是四分五裂，形成大量的宇宙尘埃而最终步入消亡，那么为什么直至今日仍有大量的彗星遨游于天际中呢？为什么在太阳系形成至今的46亿年间的漫长岁月里，彗星仍未消逝殆尽呢？

上述问题的答案只可能有两个：其一，彗星形成的速度与其消亡的速度是同样迅速的；其二，宇宙中的彗星实在太多了，即使在46亿年后的今天仍未全部消失。不过第一种可能性成立的理由并不充分，因为天文学家们至今也未能发现彗星仍在形成的证据。

看来，我们只能从第二种可能性入手。丹麦天文学家詹·汉德瑞克·奥特于1950年指出：当太阳系形成之时，由于它的中心产生的引力无法充分束缚其最外部大量的宇宙尘埃和气体星云等原始物质。因此这些物质并未能形成整个聚合过程中产物的一部分。在这种聚合过程的初期，上述物质仍处于原始位置，并因受到的压迫较轻而形成1000亿块左右的冰态物质。这种云系虽然远离各行星系，但仍受太阳吸引力的控制，人们称之为“奥尔特云”。至今还没人见过这些云系，但到目前为止，这仅仅解释了彗星现在存在的原因。

很显然，彗星可能存在于上述云系中，这些彗星以极缓慢而固定的速度绕太阳旋转，其运行周期达数百万年，不过，在某种时候，由于彼此间的碰撞或其他恒星的吸引，彗星的运行将发生改变。在某些情况下，其公转速度加快，此时，公转轨道半径必将加大，并最终永远脱离太阳系；反之，公转速度也可能减缓，此时，彗星将向太阳系中心靠拢，在这种情况下，彗星将以一种极为绚丽的形象出现于地球上空，从此它将以新轨迹运行（除非这一轨迹再次因星体间的碰撞而改变），并最终步入消亡。

奥特断定在太阳系存在的岁月里，有20%的彗星已经飘逸到太阳系以外或已坠入太阳而消亡了，不过，仍将有80%的彗星以其原有的姿态遨游于太空之中。

53 . 太阳离地球有多远？

前面所提到的有关行星间的距离与小行星的发现是息息相关的，实际上，在希巴克斯计算出的月球与地球间的距离后整整 1800 个年头里，人们根本没有测出其他星体与地球间的距离。

正如本书前面所述，古希腊天文学家阿瑞斯塔修斯总结了一种用“视差”计算太阳与地球间距离的方法。在公元前 270 年，他得出的结论是太阳距地球 800 万公里，而太阳的直径是地球直径的 7 倍。

这一计算实在是过低估计了太阳的直径及其与地球的距离。但它却给了阿瑞斯塔修斯一个重要的启发，并最终促使他发现了地球围绕太阳旋转的这一真理，但在当时，根本没有人对其观点表现出一丝一毫的重视。

尽管如此，真理却终归是真理。当历史进入到了 17 世纪时，随着天文望远镜的发明，使人们对天体姿态及位置的精确测定成为可能。利用天文望远镜，可以观测到天体位置微小的变化，或极细微的视差，而这些用肉眼是根本不可能观察得到的。但是，利用视差来计算太阳与地球间的距离却没有必要，同时，这毕竟是一项十分困难的工作。因为，利用视差计算首先要对太阳上的某一点进行定位，而这对于一个“大火球”来说简直是异想天开。更主要的是，视差计算应选择一参照物，而在太阳刚刚升起时，天空中基本上没有能看得到的星体担当这一“重任”。

不过，视差法却可以用来计算各行星之间的距离，我们应当感谢开普勒先生，正是他发明了太阳系的模型，利用它可以通过对任一行星在其公转轨道上的任一位置进行测定，从而计算出该行星与太阳、地球或其他行星间的距离。正是由于这种模型优越的性能及其毋庸置疑的正确性，因此直到今天仍被广泛应用，其中重要的一种应用就是用它计算太阳与地球间的距离。

1672 年，意裔法国天文学家詹·都曼纽·卡西尼在巴黎对火星进行了观测，同时，另一名法国天文学家琴·理查在遥远的法属圭亚那也进行了同样的工作。两次观测的结果进行对比，可以发现：由于观测地点不同，观测到的火星与其附近星体间的距离存在有微小的差异。在巴黎与法属圭亚那间的直线距离以及两次观测所得视差已知的条件下，可计算出火星与地球的距离。当然，用这一方法还可测出太阳系中其他星体与地球的距离。当时卡西尼测出的火星与地球的距离大约存在 7% 的误差。这一精度的确太低了，但是这毕竟是有关这方面的首次尝试，随着历史的不断前进和科技的不断发展，这一精度也在不断提高。现在，我们知道太阳与地球间的距离大约为 1.5 亿公里，这一距离约为地球与月球之间距离的 400 倍。

由于我们看到的太阳非常之大，因此在人们的意识中好像觉得它并不太遥远。经计算可知，其直径为 140 万公里，约为地球直径的 109 倍。这一切都赋予人们一种想象力，也就是地球正在围绕太阳旋转。

另外，卡西尼的观测结果表明，土星（这是在那个年代人们已知的最远的行星）距太阳约 14.27 亿公里，约为太阳与地球距离的 9.5 倍，而土星公转轨道的直径约为 28 亿公里。由此，天文学家们于 1672 年首

次估算出了太阳系的范围，这一范围远远超乎阿里斯塔克和喜帕恰斯等人的想象。当然，与 300 年后的今天相比，卡西尼所知的“太阳系”只是真正太阳系的一小部分。

54 . 地球真的很大吗？

17 世纪以前，如果有人提出这一问题，将被认为是非常愚蠢的。因为答案是明摆着的，地球的确很大。实际上对于古人来说，地球已经是宇宙中最大的星体了，因为人们肉眼所能看到的其他星体在天空中都显得小得可怜。尤其是人们计算出月球的体积小于地球之后，更使地球体积大于天空中其他一切的星体这一观点成为当时的主流观点。

当卡西尼在历史上首次计算出太阳系的范围时，人们对地球的迷信和顶礼膜拜也随之土崩瓦解了。一个明显的事实是，地球与太阳相比简直是微乎其微的，和太阳系中其他星体相比，只有太阳才是真正的主宰，所有行星都在围绕它旋转。而问题在于，地球与太阳系中其他行星相比具有哪些特点呢？

在各星体之间距离及它们在天空中各自表面的直径已知的条件下，可计算出它们的真正直径。在离太阳较近的行星中，地球倒是最大的，金星比地球小一点儿，而火星、水星及地球的卫星月亮则相比更小一些，其他行星的卫星以及太阳系中的小行星和彗星也都比地球小。

如果我们真想知道比地球更大的行星，那么我们应该把目光转向木星和土星。在地球与其距离已知的条件下，可计算出木星的直径为 14.32 万公里，约为地球的 11.2 倍，而土星的直径与木星差不多，也有 12 万公里。这些数值与地球直径相比，可称得上是名副其实的天文数字了。

对于生活在地球上的我们来说，这一结论实在让人丧气，地球不但不是什么宇宙的中心，甚至连太阳系行星里的“老大”也说不上。当然，我们不能单凭一个词来衡量宇宙中的一个星体的大小，但是翻译成极其微小的并不是很容易办得到的。此外，我们也不能强词夺理地认为木星和土星只是一大团虚无飘渺的东西，因为它们都拥有按固定的半径和周期绕其旋转的卫星。在轨道半径已知的情况下，卫星绕行星旋转越快，所受行星的引力也就越大。自然，也就具有更大的质量。将木星的卫星绕其旋转时的运动状态与月球绕地球旋转的运动状态相比较，可求出木星的质量为地球质量的 317.9 倍，同理，可求出土星质量为地球的 95.2 倍。

即使如此，木星和土星的质量与其庞大的体积相比，仍显得不成比例。如果我们用其质量除以其体积，可求出木星密度为 1.33 克/立方厘米，比地球密度的 1/4 还要小，土星的密度更小，只有 0.71 克/立方厘米，只有地球密度的 1/8，甚至还不及水的密度大。这就意味着木星和土星的成分及构造与地球大不相同。这一点将在本书后面的章节中加以详细介绍。

55. 太阳系中是否还存在前人未发现的行星？

本书前文介绍过的小行星，从体积上来说都非常小，但它们却是不折不扣的行星，因为它们是围绕太阳旋转的，人们在 1801 年以前，从不知道它们的存在。我们不禁要问，太阳系中是否还有其他更大的行星呢？

直至 18 世纪末期，这个问题被看成是智商不高的人才有可能提出来的问题。自从公元前 3000 年，苏美尔人发现了太阳、月亮、水星、金星、火星、木星、土星等七大“行星”后的 4700 年中，从没有人能再有什么突破性的发现（这里不包括彗星）。人们觉得既然已知的行星都能射出光，而如果还存在其他行星，人们应该很容易地发现它们。那么，怎么还能有什么未发现的行星呢？因此，人们就武断地判定再不会有什么新发现了。

很久以前，人们就已知道行星自身并不能发光。古希腊人首先通过对月亮（当然它不是行星，而只是地球的卫星）的观测发现，它只是一个不发光的星体。望远镜发明后，人们又利用它观测到金星和水星也不能发光。因此，人们推断，所有的行星都不能发光，而只能反射太阳光。

根据这一推断，可得出这样一个结论，即一颗行星离太阳越远，体积越小，那么它所接收到的阳光就越少，从而反射的光也就越少，我们从地面所观察到这颗行星形体的可能性自然也就越小。如果在土星外侧仍存在其他行星，且这颗行星的体积小于土星，那么，它所反射的太阳光有可能非常黯淡，以至于在地球上无法观测到。此外，行星距太阳越远，那么它公转的速度将会越慢，从而使其隐藏在其他星体后面的时间也就越长。

这一切在如今看来是明显的，但对于当时的天文学家们来说，即使他们拥有天文望远镜这样较先进的设备，仍坚持认为所有行星都能“发出”较强的光，而那些微微闪烁于天际的星体却未能引起他们的注意，他们实际上是完全忽略了那些星体是行星的这种可能性。

1781 年，一颗新的行星终于在一个偶然的情况下被发现了，发现者名叫威廉·赫歇耳，一位职业音乐家却酷爱天文学。他一直想拥有一架天文望远镜，却无力支付高昂的费用，于是他自己动手制作了一架，而这架望远镜的性能竟比当时其他的望远镜都高。就是利用这架自制的望远镜对天空进行观测时，他偶然发现了一颗发着微光的星体，从这颗星体圆盘状的形态来看，极似一颗行星，但最初并未引起威廉·赫歇耳的关注，他本来还以为发现了一颗新的彗星呢，可彗星都拖着一条长长的“尾巴”，而这颗新星的外形又十分明显，并且在天幕中的运动速度又异常缓慢，实际上，这的确是人们梦寐以求的一颗新的行星。后来，人们将其命名为“天王星”。它的公转半径约为土星公转半径的两倍，足有 28.7 亿公里，因此它所反射的太阳光也就少之又少，在地球上几乎无法用肉眼观测到。

此后，人们又相继发现了两颗行星，它们与太阳的距离均大于天王星与太阳间的距离，这两颗行星实在太遥远了，它们反射的那一点点太阳光极其微弱，人们用肉眼根本无法发觉，只有利用天文望远镜才能对其进行观测。位于天王星外侧的行星于 1846 年被人们发现，并被命名为海王星。而太阳系最外侧的行星于 1930 年被发现，并被命名为冥王星。

冥王星公转轨道的长端直径为 120 亿公里。赫歇耳之前，人们认为木星是太阳系中最远的行星，与此相比，冥王星的发现将太阳系的范围足足扩大了 3 倍。

海王星和天王星都很大，虽说它们的体积尚不足以与木星和土星相提并论，但它们 5 万公里的直径却是地球直径的 3.5 倍。天王星的质量比地球的质量大 15 倍；海王星的质量则比地球大 17 倍，它们的密度与木星差不多。这样算起来，地球只能算是太阳系中的第六大星体，即太阳、木星、土星、天王星、海王星都比地球大。天文学家们一直苦苦寻找更新的行星，但至今仍未有什么新发现。

56. 各大行星间有哪些不同之处？

太阳系外侧的四大行星在许多地方都与地球迥异，同时又与较靠近太阳的几颗行星有许多相似之处。例如，它们的密度都小于地球，这就表明它们的组成成分与地球截然不同。这一点将在后面章节中介绍。此外，它们都具有巨大而厚实的大气层，外围罩有终久不散的浓云，看起来就好像是这些星体的外衣（我们无法看到这些星体的真正外表）。

四大行星中距离太阳最近的要算是木星了。它从太阳那里获得的能量最多。因此，它的大气层总是风暴漫卷，其中最主要的要算是龙卷风了。这种龙卷风比地球上的龙卷风要大得多。人们由其颜色而称之为“大红斑”。这一现象最先是由英国科学家罗博特·胡克于1664年发现的。

土星和天王星比木星要安静得多。但人们通过“旅行者-2号”探测器于1989年对位于四大行星最外侧的“海王星”的观测中发现：“海王星”上的风力与木星不相上下。科学家们无法解释这一现象，同时在“海王星”上也有和“大红斑”形状相似的“大黑斑”（木星则的确是一个庞然大物，太阳系中除太阳之外，木星占了所有星体质量总和的70%）。

这些大行星都拥有为数不少的卫星。其中大多数体型较小，不过也有例外，如伽利略在1610年发现的木星的四颗卫星的形体都接近甚至超过了月亮。此外，海更斯于1655年发现的土星的卫星“土卫六”，英国天文学家威廉·拉萨尔于1846年发现的海王星的卫星“海卫一”也都如此。

上述四大行星中，天王星的自转形态比较特殊，所有行星的自转轴都或多或少是倾斜的。比如说地球，其自转倾角约为25度，土星和海王星也差不多。木星也有自转倾角，只不过没地球的自转倾角那么大而已。而天王星的自转倾角竟接近180度，以至于我们观测到的天王星好像是在“躺”着围绕太阳旋转。天王星的公转周期为84年，在前半周的42年中，其北极直指太阳，而在后半周的42年中，其南极直指太阳。据天文学家们推测，行星具有自转倾角的原因有可能来自于它们与小型星体的碰撞。当行星所受某一方向的碰撞大于另一方向的碰撞时，将产生向该方向的倾斜，从而造成自转轴的倾斜。根据这一推断，天王星很可能在某一侧所受的碰撞力远远大于另一侧所受的碰撞力，才造成如此大的自转倾角。

在这四大行星中，土星最具研究价值。当伽利略首次利用自己的天文望远镜对其进行观测时，它还是人们所知距太阳最远的行星。限于条件，伽利略也无法对其进行仔细研究，即使如此，他仍发现：在土星两侧各有一大块突起。难道土星是由三部分组成的？这使伽利略大惑不解，最终，他于1612年放弃了进一步的研究。1614年，德国天文学家克里斯托弗·斯更那通过天文望远镜观测到所谓土星两侧的“突起”就像是一个茶杯把儿一样的东西。这一悬念一直未能得到解决。直至1655年，海更斯在观测时发现：有一条“环状带”围绕着土星，但又未与其接触。1675年，卡西尼注意到该“环状带”好像被一劈两半，中间出现了一条“黑色斑纹”。这条“斑纹”被称为“卡西尼环缝”，此名称一直沿用至今。

土星光环比土星本体还要亮，并且十分庞大。利用天文望远镜来观测，它们共同显现出一种奇妙而绚丽的光彩。土星光环长端直径为 27.2 万公里，这得需要 21.5 个像地球这么大的球体排成一队才能从土星光环的一头走到另一头。光环的宽度是土星的 2 倍还要多，当然，它们很薄，就像一张正在播放着的唱片，其质量只占土星本体质量的一小部分。

土星光环究竟是什么？它是不是以一个完整的环状形态存在呢？1859 年，英国数学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦指出，如果土星光环是完整的，那么土星本体的潮汐作用将不停地、有力地迫使其来回振荡，并最终使之土崩瓦解。他断定土星光环是由无数独立的个体组成的，而人们之所以觉得它是完整的，主要是因为它离我们太遥远了，正如我们从远处看沙滩好像是陆地那样完整地延伸，而只有走到近处才能发现沙滩上有无数的沙粒。

如此说来，那么为什么土星会有光环呢？

1850 年，法国天文学家艾度瓦德·罗切曾致力于研究，他想如果月球以更小的公转半径绕地球旋转，将会出现什么样的现象呢？经过研究，他发现：地球对月球的引力与月球公转的轨道半径的立方成反比，即如果月球公转轨道半径减至现在的 $1/2$ ，则地球对其引力将增至现在的 8 倍；而当该半径减至现在的 $1/3$ 时，则地球对其的引力将增至现在的 27 倍。以此类推。

罗切认为当月球与地球的距离只有地球半径的 2.44 倍，即达到所谓“罗切极限”时，地球的吸引力将足以使月球分裂成无数碎片。地球的半径为 6350 公里，这样算来，月球与地球间距离必须大于 15500 公里，即只有其实际距离的 $1/25$ （当然，如果月球距离如此之近，那么地球也将受到来自于月球相等的引力，但由于地球本身的重力吸引作用，并不会分裂）。如果在与地球距离小于“罗切极限”的范围内存在有微型天体，那么地球的引力将阻碍其形成一颗类似于月球的卫星。

土星的“罗切极限”为其半径的 2.44 倍，即 14.64 万公里。在此范围内的微星体在土星引力的作用下根本无法组成一个完整、单一的卫星。又由于引力随微星体体积的减小而减弱，故越是小型的星体，越不易裂断。

多年来，天文学家们一直在对只有土星才拥有光环这一问题迷惑不解。1977 年，人们终于发现了天王星也拥有这样的光环。那年，当天王星从一个星体面前通过时，这个星体本身所发出的光在天王星靠近它之前几次变暗，这是因为有光环遮盖的缘故。天王星的光环实在太小、太稀薄、太暗了，人们从地球上几乎无法看到它们，而只有当科学卫星的探头上的相机拍到它的光环后，人们才能从照片上清晰地见到它。此外，木星和海王星也各自拥有小的光环。

实际上，上述四大行星都拥有光环，但是为什么唯独土星的光环如此之大，如此之亮呢？这是否与其过小的密度有关呢？天文学家们至今仍未解开这个谜。

57. 金星上是否存在生命？

近几十年来，我们渐渐了解了越来越多的有关行星的知识，这在很大程度上得归功于无线电波（有关内容将在本书后面的章节中加以介绍）和空间探测器的发明及应用。

1974年至1975年，“水手-10号”探测器曾三次飞临水星，并拍下了许多令人感兴趣的图片。当其第三次“拜访”水星时，曾飞临水星表面327公里处高空，拍到的照片显示水星表面与月球十分相似，四处遍布火山。“水手-10号”拍下的照片覆盖了其表面 $\frac{3}{8}$ 的范围，在这一区域内最大的火山口直径为200公里。

以前认为水星自转一周需要88天的时间，而它围绕太阳旋转也需要同样的时间，因此它就只有一面是对着太阳的。但实际上，它自转的周期是59天，而它自转三圈正好能完成两次公转。

由于水星上根本不存在空气和水，同时其表面温度极高（因为水星与太阳之间的距离只有地球与太阳之间的距离的 $\frac{2}{5}$ ）。所以，在水星上不可能存在与地球上生物类似的生命形态，甚至根本不存在任何生命。

但金星的情况如何呢？它上面好像是另一幅景象。金星位于水星与地球之间，它与太阳间的距离不足地球与太阳间距离的 $\frac{3}{4}$ ，因此，我们有理由相信金星上的温度会比地球稍高一些，但不会像水星上的温度那么高。

1761年，俄国科学家米海洛夫·瓦西里耶夫·罗蒙诺索夫首次对金星大气层进行了记载。进而，他发现金星大气层中充满了浓厚的经久不散的云团。这层云团吸收了照射在金星上的太阳光的 $\frac{3}{5}$ ，相当于地球大气层所吸收的太阳光的两倍。这样，就有可能使该行星的表面温度下降，使之适于生命存在，特别是这一云层的存在表明在金星的大气中含有水分，很有可能在金星上是一片汪洋。

如果用拉普拉斯的“星云假说”来解释，似乎金星是继地球之后，由于太阳的凝缩而释放出来的又一个星体。因此，它可称得上是一个年轻的星体，多部科幻小说不止一次地以其作为素材，向人们描绘了一幅比地球还早的生命世界的画卷，那里是热带生物理想的生活乐园，恐龙仍是这个世界的主宰。

1860年后，科学家们开始致力于对物体所发出的射线进行分析，以利于对其化学构成进行研究。利用这一技术，美国天文学家沃特·塞德尼·亚当斯发现了金星的大气层中含有二氧化碳。二氧化碳一经产生，就比氧气和氮气（地球大气层中含量最多的两种元素）都容易被发现，因此在金星的大气层中首先发现了二氧化碳也就不足为奇了。而二氧化碳在地球的大气层中的含量仅为3%，不足以被轻易观察到，因此，我们可以断定：金星大气中的二氧化碳的含量远远大于地球的大气中的含量。

这一发现的重要性在于二氧化碳能够比氧气和氮气吸收更多的红外线（所谓红外线是指光谱中红区以外的光线，我们只能利用仪器对其进行观测，而无法用肉眼直接观测）。金星和地球这样的行星从太阳光中获得热量，而太阳光穿透氧气、氮气或二氧化碳的机率是相同的。行星通过红外线的辐射散发热量，红外线可穿透氧气和氮气，却被二氧化碳

吸收。当大气层中含有二氧化碳时，二氧化碳对红外线的吸收可使大气层温度升高，从而使行星表面变暖。在地球上，这种所谓的“温室效应”由于大气层中二氧化碳含量较低而不太明显，而在金星上，这种效应则由于大气层中的二氧化碳含量高而极为明显。

任何物体都能发射无线电波。这种波在光谱中的位置比红外线还靠外。二战后，天文学家们开始研究如何接收和分析物体发射出的无线电波。1956年，以科耐尔·H·麦尔为首的一些美国科学家们开始进行接收金星黑暗面发出的无线电波的工作。物体温度越高，其所发出的无线电波也就越多，能量也就越大。麦尔对他所接收的金星的无线电波中所含的能量表示万分惊讶。因为根据推算，金星上的温度将远远高于水的沸点。

1962年，“水手-2号”“拜访”了金星，并对其发出的无线电波进行了详细观测。此后，其他空间探测器也进行了类似的工作，有的甚至降落到了金星的表面。经测量，金星表面的温度约为427℃，这主要是因为金星的大气层密度约为地球大气层密度的90倍，同时金星大气层中的二氧化碳含量为98.6%（约为地球大气层中二氧化碳含量的7600倍），从而造成了过度“温室效应”。

在如此高的温度条件下，金星上是不可能存在生命的。在其大气云层中会有一些水蒸汽，但也只能合成为硫酸。总之，金星不适于类似于地球上生物形态的生存。人类也不可能金星上着陆，而一切对金星的考察计划必须在无人的条件下进行。

无线电波可以穿透云层，以帮助我们比较科学地描绘金星表面，并测出其自转速度。这些研究结果又一次使人们大吃一惊。根据结果，金星自转速度异常缓慢，它自转一周相当于地球上的243天，并且产生方向上的“错误”，不是由西向东，而是由东向西。人们至今无法解释这一现象。

总之，在任何情况下，我们都无法将金星作为人类生活的场所。

58 . 火星上是否存在生命？

大多数人都曾认为火星上有可能存在生命。火星与太阳之间的距离是地球与太阳之间距离的 0.5 倍。因此人们认为火星上的温度有可能比地球要低，但仍是维持生命存在的。

火星也是被大气层笼罩着的。但那里没有像金星上空那么多经久不散的云团，甚至也没有地球上的云层那么厚。这样，我们就能比较方便地观察并描绘出火星表面的形态了。1659 年，海更斯对这些资料进行研究，计算出了火星的自转周期为 24.5 小时，这一数字与地球的自转周期极其接近，而火星的体积却明显小于地球。

1784 年，赫歇耳发现火星的自转倾角与地球十分相近，因此他认为火星上的四季也与地球相似。当然，在火星上各个季节的温度要低于地球的温度，另外，由于火星的公转周期为 687 天，因此，火星上各季节所包括的时间约为地球上同一季节的 2 倍。赫歇耳还发现，在火星的两极覆盖着冰帽，这似乎预示着火星上有水的存在。

天文学家们曾想描绘出精确的火星形态图，但却没有一个成果能得到广泛的认可。不过，火星毕竟是离地球最近的行星之一，大约每三年它就会运行到与地球距离最近的地方，此时，两者之间的距离仅为 5600 万公里，只有金星在某时刻距地球更近些，约为 4200 万公里。正因如此，人们可以利用各种仪器清楚地观察火星。

1877 年，火星再次运行到地球最近点，意大利天文学家戈瓦尼·沃詹尼奥·斯盖帕里抓住这一时机，绘制出了第一幅世界上公认的火星形态图。他注意到火星上有很多细长的“窄条”，以前的天文学家们也曾发现过这些“窄条”，但只有这次发现得最多。这些“窄条”就像河流一样，斯盖帕里称之为“海峡”。他当时使用的是一个意大利词语“canali”，而英美天文学家则将其译为英语“canals”。这里就出现了一个严重的错译。“canals”和“channels”二者之间的重要区别在于：“channels”是自然河流，而“canals”的意思是人工的“运河”。因此，每当天文学家们谈论到“火星人的运河”时，人们就开始充分发挥自己的想象，认为是“火星人的开凿了这些“运河”。

根据这一设想，人们得出一个结论，即由于火星引力非常小（仅为地心吸引力的 $\frac{2}{5}$ ），因此无法束缚火星大气中的水蒸汽，从而使其飘散于空气中，使火星表面变成一片沙漠。而“火星人的为了正常生活和发展农业，只能开凿“运河”将水从两极的冰帽下引入赤道地区。这一理论曾拥有广泛的支持者，他们中既有大多数群众，也包括为数不少的天文学家。

在所有支持“火星人的运河”这一观点的人中，最有影响力的支持者是美国天文学家波塞沃·罗厄尔。他是一个很富有的人，他利用自己丰实的经济基础在亚利桑那建立了一座私人观测站。因为那个地方是干旱沙漠地带，远离灯火辉煌的城市，因此是个非常好的观测点。通过观测，罗厄尔拍摄下了数千张火星的照片，并绘制了包括 500 条“运河”的大量火星形态图。1894 年，他出版了一部有关火星的专著，其中心内容强调了火星上存在生命的这一论题。

英国作家赫伯特·乔治·威尔斯从罗厄尔的著作中得到创作灵感，

并于 1898 年推出了力作《地球反击战》。书中描写了一支火星侵略军为了争夺地球上丰富的水资源，并妄图将地球作为殖民地而发动了一场对地球的战斗。他们掌握了极为先进的科学技术，地球人本来根本没有希望在这次战争中取得胜利，但幸运的是，火星人的身体无法抵御地球上大量细菌的侵扰而最终未能得逞。这部小说是有关星际战争题材作品中最重要的一部著作。正是由于作者奇妙的构思和逼真的战争描写，从而产生了比罗厄尔从科技角度出发推出的著作更强烈的作用，使更多的人开始相信火星人的存在。

不过，并不是所有人都接受上述的论点。美国科学家爱德华·艾莫森·巴纳德即使凭借其极敏锐的视力，也没有发现火星上存在所谓的“运河”。因此，他认为前人所看到过是一种视觉上的错觉而已。这一观点是有科学根据的，有时眼睛在观察微小的、不规则的斑点时，会将其误认为细长的“窄条”。

英国天文学家爱德华·沃特·芒德验证了这一理论，他曾在一个圆盘上绘制了许多不规则的“斑点”。然后，他让几个孩子站在仅能模糊地看到这些“斑点”的地方，并让他们画出自己所看到的图形。孩子们所画出的正是像斯盖帕里和罗厄尔在其火星表面形态图上所画的一样的细线。

还有其他一些天文学家也赞成芒德等人的观点，但罗厄尔依然坚持他的观点，而且在当时，罗厄尔的观点更符合公众的心理。在威尔斯的小说发表后的 50 年里，就连大多数科幻小说家们也对有关“火星人”的素材显得极有兴趣。

但随着历史的前进，火星上存在生命的观点，在越来越多崭新而确凿的科学发现的冲击下，已渐渐败下阵来。1926 年，美国天文学家威廉姆·韦博·科布兰奇和卡尔·奥托·拉姆普兰德接收到了反射自火星的极少量的太阳光，并进而发现即使在火星的赤道地域，其温度也不是很高。既然如此，那么火星上的夜晚将会和南极洲一样冷。他们还根据火星上极大的昼夜温差，判断出火星的大气层应是极其稀薄的。

1947 年，荷兰裔美国天文学家哥瑞德·皮特·奎波在火星的大气中发现了二氧化碳，但他却未发现支持生命呼吸的条件。至此，人们有关火星上存在生命的幻想彻底破灭了。

当然，这一切新的发现需要通过对火星更近的观察才能验证，而人造卫星的发明使这一切成为可能。1965 年，“水手-4 号”在飞越距火星表面 1 万公里的高空时拍下了 20 幅照片，并将其传送回地球。从照片上可以看出，火星表面根本不存在“运河”，而只有像月球上那样的火山口。进而，“水手-4 号”还向火星发送了无线电波，由于火星大气中二氧化碳的吸收，反射回来的电波只有地球的 2% 左右。

随着更多的空间探测器对其进行探测，并拍下越来越细致的照片，火星上存在高智能生命的可能性变得越来越小。1971 年，“水手-9 号”在沿火星同步轨道飞行时，拍下了完整的火星表面形态图，上面布满了巨大的火山口和像河床一样的峡谷，而那些冰帽则可能是二氧化碳固化的产物。火星上所有地区的温度都远远低于冰点，而且也根本不存在什么“运河”。原来人们所看到的一切正如巴纳德和芒德所说，只是视觉上的错觉。看来，罗厄尔是完全错了。

1976年，“海盗-1号”和“海盗-2号”探测器降落在火星表面，从它们拍到的照片上看，那里是一片阴冷而尚无生迹的荒原。天文学家们曾对火星上的土壤进行分析，以期发现一些微生物，但他们又一次失望了。我们至今仍不敢说火星上无论过去还是现在都不曾有生命存在，但起码可以肯定那里不会有任何最原始的细菌以外的生物体。

59. 太阳系中其他星球上是否存在生命？

既然我们已经知道生物无法在火星上生存的主要原因之一是因为那上面太冷，那么我们就有理由认为由于距太阳更远的星球上的温度更低，也就更无法提供生命存活的条件。例如，太阳系中的四大行星，它们的基本构成都与地球截然不同，因此我们可以肯定在那里绝不会存在生命。

如果我们将注意力从行星上移开，而转向各主要的卫星上，我们将发现这些卫星中的大部分都没有空气及其他大部分生命存活所需的物质基础。如果在卫星上存在水，那也只能以冰的形态存在，因此，我们可以排除在大多数卫星上存在生命的可能性。如果有的话，也只有“木卫二”和“土卫六”具有这样的条件，但这种可能性也很小。

木星的四大卫星——“木卫一”、“木卫二”、“木卫三”和“木卫四”（按与太阳的距离由近及远排列）的体积都很大，并受到木星潮汐作用的巨大影响，这四大卫星的公转轨道并非固定不变的，这是因为它们之间存在相互的吸引力。随着它们与木星间距离的不断变化，这种吸引力的大小也将不断变化，这一过程对这些卫星产生一定的热效应。

根据艾度瓦德·罗切（即土星光环发现者）的研究发现，这种星体间的吸引力的大小与星体间的距离成反比，因此，对于距木星最远的两颗卫星——“木卫三”和“木卫四”来说，这种吸引力并不十分强烈。这两颗卫星上的低温足以使水保持固态。因此，它们的体积要大于木星的其他两颗卫星。另外，根据人们所知，“木卫三”的密度为 1.9 克/立方厘米，而“木卫四”的密度为 1.6 克/立方厘米，因此，人们有理由认为在这两颗卫星上存在大量的冰。

“木卫一”是距木星最近的卫星，木星对其造成的热效应也最大，因此在“木卫一”上面不可能存在冰。因此，“木卫一”上四处布满了岩石，它的密度为 3.6 克/立方厘米。事实上，“木卫一”上的温度足以使其内部形成活跃的火山活动。当“旅行者-1 号”探测器于 1979 年 3 月飞越“木卫一”的上空时发现，有 7 座火山在猛烈喷发，而当“旅行者-2 号”再次光顾“木卫一”时发现，其中的 6 座仍在喷发。

“木卫一”上火山喷发的产物中大多数是硫。这些硫与氧的化合物冷却下来后遍布于“木卫一”的表面，使之呈现出一片橙红色。在太阳系形成初期，“木卫一”在天体撞击时留下的火山口遍布于“木卫一”，并由于大量硫的分布使其四周烟雾腾腾，这一观点同样存在于“木卫三”和“木卫四”上。“木卫二”是与木星距离仅远于“木卫一”的卫星，它也是木星卫星中最小的一颗，其直径约为 3138 公里，比月球稍小一些。人造卫星对其探测发现，其表面也是烟雾萦绕，并且是太阳系中烟幕最重的星体，但这并不妨碍其上面大范围冰川的存在。

但人们不禁要问，如果“木卫二”的冰川是固态的，那么冰川上应布满火山口，这一点应与“木卫三”和“木卫四”上是一样的。但是，这些冰川上四处都有像罗厄尔所绘制的火星表面图上一样的裂缝。对于这一问题，最好的解释可能就是陨石对冰川的撞击形成了这些裂缝，而这些冰川仅仅是一个外壳，在其下面则是一片汪洋大海（海水的形成是木星对“木卫二”热作用的结果）；而当液态水从裂缝里大量涌出时，

将再次固化，并封住一些裂缝。

即使“木卫二”上绝大部分液态物质都是水，那里也不可能存在氧气，并且由于冰川的覆盖，太阳光根本无法照射进来。而地球上的绝大多数生物都是要依靠氧气和阳光才能生存的。注意，这里只是说“绝大多数”并非“全部”，而某些原始的细菌可以靠对硫和铁的化合物进行分解吸收来维持生命，这些物质并非来源于阳光和氧气。近些年来，人们已经在海洋深处发现了含有这些原始细菌生存所需物质的热水，同时，人们也发现了一些以这些细菌为食的较高等的动物。看起来它们相处得很好。因此，人们要问，是否有这样一种可能，即在“木卫二”上存在一片可提供某种生物生命存在的海洋呢？这一问题只有在我们研制了某种能深入到冰川下的仪器才能探测出来。

太阳系中某些卫星上的温度比较低，同时体积也较大，这是使其形成大气层的原因（冷空气的分子内部运动十分缓慢，与热空气相比，更容易被较弱的重力吸引）。果然，“旅行者-2号”于1989年对“海卫一”进行观测时发现，纵使其体积是当时已发现的七颗卫星中最小的（其直径只有2730公里），其表面温度仍然只有-223℃，而在“海卫一”上也的确存在稀薄的大气层。

“海卫一”大气层的主要成分是氮气和甲烷，由于表面温度很低，因此这两种物质均以固态存在，从而导致“海卫一”表面异常光滑。不过，“海卫一”上依然有足够的热量使固态氮气化，一旦它以气态形式喷发，将推动固态物质即冰原上移，形成所谓“冰火山”。这些“冰火山”形成了大量的山脉。“海卫一”是除地球和“土卫一”以外，唯一存在活火山的星体，但那上面存在生命的可能性依然不大。

冥王星虽然属于行星，但就体积而言，它比“海卫一”还要小一些，而其卫星自然也就更小一些，在冥王星的卫星上也存在稀薄的大气层，但那里也不可能存在什么生命体。

具有较为浓厚的大气层的卫星是“土卫六”，它是土星的最大卫星，其直径为5150公里，与“土卫三”相差无几，而其大气层甚至比地球大气层还要厚。

与“海卫一”一样，“土卫六”大气层中所含的物质多为氮气和甲烷，甲烷的含量很充足。由于和太阳离得很近，太阳发出的强烈射线将甲烷分子束缚住（每个甲烷分子由一个二氧化碳原子和四个氢原子组成），随后便形成了由几个二氧化碳原子组成的更为复杂的分子。

甲烷在“海卫一”的温度下以气体形式存在时，由其派生出的更为复杂的碳化物将以液体形式存在，这样，在“海卫一”的表面就有可能存在流体（确切地说，是一种汽油）。很遗憾，由于“海卫一”上空烟雾弥漫，我们无法看清其表面。但人们的确收到了“海卫一”反射回来的无线电波，通过分析，科学家们认为在“海卫一”上有可能存在海洋，而且在海洋的边沿存在陆地，这一点与地球极为相似。当然，在“海卫一”的海洋中富含汽油，而且比地球的海洋温度要低。是否有生物存活于“汽油海”中呢？要解开这一谜，我们又必须研制一种能对“海卫一”表面进行观测的仪器。

总之，太阳系中除地球外仍存在生命的最后希望寄托在“土卫二”和“土卫六”上了。我们必须有这一希望最终破灭的思想准备。这也是

我们必须竭尽全力保护地球家园的原因。

60. 太阳看起来像什么？

现在让我们将注意力集中到太阳系的主宰和生命之源——太阳上来。不过，“太阳看起来像什么？”这一问题的答案似乎太明显了，任何人都知道，太阳是一个耀眼的大火球。

的确，这个大火球熊熊燃烧，放出灼热的光芒，使人不敢直视，哪怕只是几秒钟的时间，否则就会伤及视力。因此，对太阳进行确切的描述其实是一件很困难的事情。

太阳灿烂的光辉及其所发出的光和热对人类极为重要，在远古时代，它在许多神话中被人们视为神灵。世界各地都流传着太阳神的动人传说。其中最优秀的要算是古希腊的太阳神赫里阿斯的传说了。神话中的太阳神名为“阿波罗”，他每天都驾驭着烈焰飞腾的战车翱翔于天际。

我们已知的第一位“神论者”是古埃及法老阿蒙霍特普四世，他于公元前1379年登极，并创建了以太阳神（名为阿顿）为唯一天主的教派。出于对太阳的景仰，他改名埃赫那顿，但这一宗教并未使其长生。

基督教徒们心中的真神是万能的上帝，他们自然不会将太阳的位置凌驾于上帝之上，但他们也认为宇宙中再没有比太阳更有资格做为万能之主的象征的东西了。

在某些情况下，人们也可能直视太阳，例如，当太阳掩映在乌云之后的时候，以及在黄昏时分，阳光在穿过晚霞之后将变得较为黯淡。此时，我们就不用担心直视太阳会伤及视力了。

往往在这些时刻，太阳的表面会呈现出一些“黑斑”。中国的天文学家们对此进行了长期的观测，并做了详细的记录。无独有偶，欧洲的天文学家们也注意到了这一点，但他们却从来未做任何记录，当时人们将这些遍布太阳表面的“黑斑”视为对太阳所象征的天主的肆意侮辱，而究其原因，最简单的解释就是视觉错觉。

直至1610年末，伽利略利用天文望远镜进行观测时发现这些“斑点”的确是存在的，他还根据这些“斑点”在太阳表面位置的缓慢移动，计算出太阳的自转周期为27天，当然，这一发现引发了一场大争论，神学家以及教皇对太阳上的“斑点”感到恐惧，但是事实毕竟是事实，伽利略最终赢得了胜利并使敌人也不得不承认这一点。

确切地说，太阳上的“斑点”并不是黑色的，它们只不过与太阳其他部分相比暗一些而已。当金星和水星运行到与地球和太阳成一条直线时，我们将发现它们是十分昏暗的，而它们靠近太阳“黑斑”时，我们可以清晰地看出所谓“黑斑”比起金星和水星要亮多了。

1825年，德国业余天文学爱好者萨谬·贺纳瑞奇·史奎克开始致力于对太阳和“太阳黑子”的研究。他花费了17年的时间对其进行观测（为防止强光灼伤眼睛，他在观测时极其谨慎），从而发现“太阳黑子”出现的数量以10年为周期（另据其他天文学家的观测，该周期为11年），他的研究开创了一门新学科——天文物理学。这是一门研究宇宙中星体物理性质的科学，直至今日，“太阳黑子”的成因仍是一个谜。

“太阳黑子”出现机率的变化在某种程度上具有极为重要的意义。1852年，英国科学家爱德华·塞宾指出地球磁场作用的强弱变化周期与“太阳黑子”的变化周期基本相符，这一发现意味着“太阳黑子”具有

某些磁场特性。1908年，美国天文学家乔治·艾勒瑞·赫尔发现“太阳黑子”附近存在强烈的磁场。上文中所提到的所谓“太阳黑子”变化周期实际上是20年，在这20年中，每10年磁场的方向发生一次翻转。

1893年，爱德华·芒德通过对前人记录的研究惊奇地发现，在1645年至1715年之间，几乎没有任何有关“太阳黑子”的记录。芒德郑重宣布了他的这一发现，但未引起人们应有的注意。这主要是由于那些早期记录的可靠性并未得到广泛的认可。

本世纪70年代，美国天文学家约翰·A·爱迪发现了芒德有关“太阳黑子”的记录，并对其进行了认真的核实。他不但参考了人们利用望远镜观测到的结果，同时也参阅了早年中国和其他国家天文学家们用肉眼观测的资料。他注意到“太阳黑子”沉寂期（1645—1715）是“太阳黑子”活动的最小周期，并称之为“芒德最小周期”。1645—1715年间的芒德最小周期是有史以来最晚的一次，而“芒德最小周期”的成因至今仍是个未知数。

61. 什么是阳光？

对于太阳，我们最熟悉不过的就是从它那儿吸收到的阳光。因此，我们就得考虑一下阳光意味着什么。首先，太阳发出的光看上去似乎是白色的，也就是说是一种纯白色的光。也许我们可以这样定义它，但很遗憾，在实际生活中，我们形容一种东西是“纯的”，难道就意味着是白的吗？

换句话说，人造光肯定不是“白色”。木头或其他燃料燃烧生成的火焰很接近红色、橙色、黄色等等，都缺乏像太阳的“天光”那样圣洁的颜色。进一步说，如果一束阳光透过五颜六色的玻璃碎片，就可以呈现出各种色彩，就像彩色玻璃窗一样美丽，但这种效果给人一种感觉，就好像是人为地在“纯白”的太阳光里混杂进去了一些其他颜色，甚至认为清晨或傍晚时见到的红色太阳光也是由于阳光透过满是尘埃的空气所造成的结果。实际上，我们所看到的唯一不受人为或自然条件干扰的太阳光只有彩虹，人们曾将其视为“神的杰作”，座神翱翔于天空时跨越的天桥或是上帝对人们有关不会再有“诺亚大水灾”之外的水灾的承诺。

1665年，艾萨克·牛顿对太阳光的本质进行了研究，他设法将一束太阳光通过一块幕布上的裂缝射入一间暗室，并照射在一块被称为棱镜的三角形玻璃锥体上，他发现光束经过棱镜后改变了路线，然而，各色光并非依照同一路线改变，其中的某些部分折射角会比较大一些，这样，折射后的光线在暗室的墙上映出彩虹，该投影所包括的颜色按折射角从小到大依次为红、橙、黄、绿、蓝、紫，这些颜色是逐渐过渡排列，并组成一体的。这一特殊景象及不同颜色的排列顺序与彩虹基本相同。

由于这一彩带是一种无质量的物理量，牛顿称之为“光谱”（源于拉丁文，意思是“幽灵”）。我们所见到的彩虹可算做一种自然光谱，其形成是太阳光穿过雨后飘浮于空气中的微小水滴时发生折射的结果。

当然，曾有人认为所谓光谱中的各种颜色是棱镜赋予太阳光的，即使棱镜本身是无色的。但是，牛顿通过实验发现，当一束光穿过棱镜形成的光谱后又投射到另一个与前一个棱镜方向相反的棱镜上，出来的光线不再像以前那样是折射的、分散的，而是又重新组合在一起，也就是说光谱在穿过第二只棱镜后将恢复成白色。因此，可以断定太阳光并非是纯白色的，而是不同颜色光线的混合体，只不过在其映衬在我们的视网膜上时呈现出白色而已。

62. 什么是谱线？

当牛顿首次对谱线进行研究时，曾认为光谱是连续的，也就是说光谱中毗邻的两种谱线之间是紧密排列而不存在任何间断的。而实际上，各相邻谱线间的确存在间断。科学家们一直对像牛顿这样伟大的科学家竟会出现这样的疏漏而感到迷惑不解，但我们应该想到，牛顿在当时落后的科学条件下是有可能因为实验仪器的原因而无法观测到这些间断的。而 1802 年，英国科学家威廉·海德·渥拉斯顿却观测到了这些谱线之间的缝隙，并做出翔实的记录，但他依然未能对此进行深入的研究。

尽管前人给我们留下了很多有待于解决的问题，但随着能够产生光谱并对其进行研究的科学仪器的出现，我们已经具备了解开这些谜团的充足条件。迄今为止，我们已经学会了如何使光束穿过一条缝隙后形成光谱，并能够在该光谱上较为清晰地分辨出各毗邻谱线间的缝隙，也就是说，我们已经掌握了得到近似连续光谱的手段。即使如此，在现有条件下得到的光谱仍然无法包含所有颜色的谱线，这些实际存在的谱线映射于光谱上时，只是一道黑线或是一条黑色的缝隙而已。

1814 年，德国物理学家约瑟夫·冯·夫琅和费利用当时最先进的设备得到了一束更为完整的光谱，在这束光谱上有近 600 种不同颜色的谱线（当代科学家们已将这一数字上升为 1 万种）。起初，人们称其为“夫琅和费谱”，而现在人们则称之为“谱线”，这些谱线一经发现，就被证明具有极重要的意义。

不同的物质在燃烧时发出不同颜色的光，例如，钠元素在燃烧时发出黄光，钾发出紫光，而锶和钡在燃烧时分别发出红光和绿光等等。这些元素可被用来制作成盛大庆典上燃放的焰火。

1857 年，德国化学家罗博特·维霍姆·本生研制出一种能使各种物质充分燃烧的喷灯。如果利用这种喷灯对某种化学物质进行加热时，将发出不与其他燃烧物相混淆的光线。

本生的合作伙伴、德国的物理学家古斯塔夫·罗博特·科彻霍夫利用本生喷灯对各种化学物质进行燃烧，并通过对这种特殊的光线进行研究时，发现各种物质燃烧时产生的光谱并非是连续的，而是由各自分散的独立的谱线组成的，进而，他还发现每种不同元素（每种不同的原子）燃烧产生的谱线具有自己独特的形式，这样光谱中各颜色的谱线就只代表某种特定的物质。利用这一发现，人们可以对矿石中各种物质的存在进行分析。

如果人们对一块矿石进行高温加热时发现了某种从未见过的谱线，那也就意味着这种矿石样品中存在某种未知的元素成分。通过对该样品进行特殊处理，使其中未知元素产生的谱线在光谱中所占比例越来越大，将会最终提炼出这种元素，科彻霍夫正是利用这一原理分别于 1860 年和 1861 年发现了铯和铷。这两种元素都是根据其谱线的颜色命名的。铯在拉丁语中意思是“天蓝色”，而铷的意思是“红色”。

科彻霍夫对光谱进行了更深入的研究，他设法使太阳光穿过钠的蒸气，此时他发现钠蒸气吸收了一部分太阳光，并使太阳光谱中某些谱线变成了黑色。由此，他得出这样一个结论，即如果蒸气的温度低于一个光源发出的光的温度，那么它肯定会吸收这部分由于自身温度升高而发

出的光谱。也就是说，当某种物质本身温度较高时，这种物质产生的谱线将映射在较为黑暗的背景上。反之，如果这种物质本身温度较低，其谱线也将映射在较为明亮的背景上，并吸收一部分背景光。正是根据这一理论，人们才首次发现了存在于金星和火星大气层中的二氧化碳。

63 . 太阳的质量有多大？

下面我们介绍一下太阳的构成，在此之前，有必要弄清楚太阳是否确实是以实体形态存在的。前人曾认为太阳只是一个球状的光圈。亚里士多德曾认为地球构成四要素（即构成地球的四种基本物质）包括土壤、水、空气和火，而太阳及其他星体却是由一种理想化的“能媒”组成，这种“能媒”的特征是其永无休止的加强能力，而“能媒”一词则来源于希腊语，意思是“火焰”。

即使在已经知道太阳比地球大得多的情况下，人们仍认为太阳是一个无质量的理想的非实体。因此无论太阳有多大，都是不重要的。在当时，人们对月球的认识和态度也是如此。但是在 1687 年，这种错误认识得到了纠正。当时牛顿总结出了万有引力定律，根据这个定律，可以很明显地看出地球是在太阳强大吸引力的约束下绕太阳旋转的，而作为这一强大吸引力的源泉，太阳必然是个有质量的实体。

但这一质量究竟有多大呢？其实这并不难计算。我们已知月球与地球间的距离是 38.5 万公里，同时已知地球与太阳间距离为 1500 万公里。由此，我们可以求出太阳的质量比地球大多少，从而最终求出太阳的质量为地球质量的 33 万倍。现在已经很清楚了，太阳非但不是什么非实体的东西，而且是一个巨大的球体，其质量约为太阳系中最大的行星——木星的 1038 倍，实际上，太阳系 99.9% 的质量都集中于太阳本身。

即使如此，太阳的密度却小于地球，只有 1.4 克/立方厘米，约为地球密度的 1/4。由此可知，太阳的基本化学成分的比例与地球是不同的。

64 . 太阳的基本成分是什么？

现在我们正式探讨有关太阳的化学成分。而这一问题看起来是无法得出答案的，因为人们不可能采集到太阳上的标本以供化学研究。

1835年，法国哲学家奥古斯特·孔德在研究那些人们永远无法实现的事情的时候，就曾将人类对星体化学成分的研究划归为此类。他活了59岁，如果他再多活4年，他将能看到有关这方面的工作已经得到进展，或是至少已经启动。

根据科彻霍夫的有关光谱的研究成果，可以肯定，如果太阳光畅通无阻地传播到地球表面，我们就可以同时接收到太阳光的原始光谱，太阳光在传播过程中将穿过稀薄的大气层，虽然大气层的温度依然很高，但已低于太阳表面温度。因此，大气层将吸收一部分太阳光，从而在光谱中形成暗区，这一切都由科彻霍夫进行了验证。这样，根据暗区在光谱中的位置，就可求出存在于太阳大气层中的各种化学元素。

瑞典物理学家安德斯·琼斯·安格斯特姆是第一位涉足这一领域的科学家。1862年，他指出太阳光谱中某个范围内的暗区位置与太阳光穿过氢气后形成光谱中的暗区相吻合，这一发现表明太阳上含有氢元素。

此后，其他科学家也开始了这方面的研究。至今，我们已经知道太阳质量的 $\frac{3}{4}$ 是氢这种最简单的元素，而其他 $\frac{1}{4}$ 中的绝大多数是氦。经计算，氢和氦占了太阳质量的98%。

除氢和氦以外，在10000个太阳大气原子中，含有43%的氧、30%的碳、9.5%的氖、6.3%的氮、2.3%的镁、0.52%的铁和0.35%的硅，之外还含有8%左右的微量元素。这一发现完全推翻了亚里士多德时代人们有关太阳的基本化学成分不同于地球的理论。时至今日，我们已经知道了宇宙中任何天体的化学成分都与地球类似。

65. 其他行星系中星体的构成是怎样的？

当我们知道了太阳的基本化学成分，并意识到各星体及其之间的宇宙灰尘和气体的化学成分基本相同，并假设星体和气云在宇宙中占主导地位的时候（读者会在本书后面的章节中发现这一假设并非完全正确），我们也就把握住了有关这一问题的脉络。

我们可以将宇宙中的各天体成分分为四大类：

1. 气体：两种最简单的元素氢和氦，在宇宙中占有 98% 的比例。这两种元素均以气体形式存在。氢原子和氦原子都很轻，而且移动非常迅速。我们知道，原子的质量越小，温度越高，其运动速度也就越快。而原子运动越快，引力作用也就越难束缚住它们。这也就意味着，如果某个高温物体不具备很大的质量和吸引力，它就无法束缚住周围的氢原子和氦原子。而太阳的质量足以束缚住大气中的氢原子、氦原子及某些宇宙灰尘和气体中的其他原子。

如果温度较低，那么这种物体束缚氢原子和氦原子的能力将比它在高温状态下强得多，所以不必具备像太阳那么大的质量和引力。太阳系中的四大行星——木星、土星、天王星、海王星以及某些所谓“气体巨星”都属于这种情况。

上述事实说明，由于太阳和其他某些大型星体的主要组成部分是氢和氦，其密度只有 1.4 克/立方厘米也就不足为奇了。如果这些大型星体的内部未因压力作用而收缩，这一密度将更小。除上述星体之外，土星的密度也很小，这一点却是相当令人不解的。

2. 冰：冰作为宇宙的第二种组成物质，在宇宙中所占的比重远远小于氢和氦。宇宙中的冰主要是由氧、氮、碳等元素与氢化合作用的产物，其中氢—氧结合生成水分子，氮—氢结合生成氨分子，碳—氢结合生成甲烷。水的冰点为 0 以下，而甲烷的冰点比氨更低。当然，宇宙中的冰还来自碳—氧化合（一氧化碳和二氧化碳），碳—氮化合（氰），硫—氢化合（硫化氢）以及硫—氧化合物（二氧化硫）。

冰的分子结构比气体的分子结构要紧密得多，即使某些很小的物体并不具备束缚大量氢、氦原子的能力也能较轻易地束缚住冰，其中氦作为惰性气体，不与任何物质化合，因此完全不受束缚，而氢可以与其他元素化合成冰，因此可以被束缚。

“气体巨星”有可能含有冰，但其含量绝对小于氢和氦。而那些形体较小而温度较低的天体包括彗星以及一些卫星则主要由冰构成，“木卫三”、“木卫四”、“木卫六”和“海卫一”这四颗卫星就是其中典型的代表。

3. 岩石：作为宇宙的第三类组成部分，岩石主要来自于硫与氧、镁及其他元素的化合作用。其含量小于冰，但它的分子结构极其紧密，从微观角度看基本不受引力控制。即使物理引力作用再强烈，也无法破坏哪怕是一小块岩石碎片的化学键。同时，岩石的熔点很高，从而能够存在于太阳附近。

结冰状物质的核心部分有可能是岩石，这些岩石对其构造也起到了某些辅助作用。这一事实可在某些大型卫星甚至彗星中得到验证。某些形体较小而温度较高的星体，例如水星和月球，都含有气体和冰，但其

表面的绝大部分都被岩石所覆盖。而火星和“木卫一”也基本由岩石构成，它的温度低得足以产生二氧化碳和固态硫化物。此外，经计算，“木卫二”上冰和岩石所占的比例几乎是相等的。

4. 金属：铁元素与其他金属的化合物形成了宇宙中含量最小的成分。金属的密度远远大于其他三种物质，因此它一般存在于星体内部。太阳系中许多星体上的岩石中都含有金属，但真正含有大量金属的星球只有地球、金星和水星。

总之，太阳系中的各个星体的构成虽然看起来各不相同，但都可说“脱胎”于相同的宇宙灰尘和气体，而所谓的“不同于一般”表现在其温度和质量上。

66 . 太阳有多热？

我们的先辈并未过多地强调太阳的能量，这一点使许多人迷惑不解。对于前人来说，太阳作为一个光源的重要性远远大于作为热源的重要性。在神话传说中，太阳神驾着浑身发光的骏马拉着的同样光彩夺目的战车翱翔于天际，但有关太阳热量的描写却从未发现。更有甚者，曾经有人幻想做一次如登月一样的飞行，以期登上太阳的表面。即使在人们已能理解太阳光的本质之时，仍未对太阳的热性质产生应有的重视。

人们早就知道白天比黑夜暖和，夏天比冬天暖和，太阳直晒地比阴凉地暖和，在此前提下，人们只知道太阳具有热量，而根本没有打算知道太阳到底有多热。我们仅仅能在 1.5 亿公里之外通过对太阳光的感受判断它是一个巨大的火球。幸运的是，我们无须制作一支特殊的温度计，再将其直接探入太阳表面以测出它的温度。因为我们已经发现太阳所发出的光线的多少和强弱均决定于它本身的温度。

1879 年，奥地利物理学家斯蒂芬·斯塔梵指出当某物体温度发生变化时，该物体所产生射线的总量按其绝对温度变化的四次方变化（绝对温度是一种温度的表征形式，绝对零度等于 -273°C ）。也就是说，如果物体的绝对温度升至原来的两倍，那么这个物体产生的射线总量将升至原来的 16 倍，而它的绝对温度升至 3 倍，其产生射线总量提高 81 倍，以此类推。

1893 年，德国物理学家威赫姆·韦恩指出，任何发热的物体所产生的射线都含有一定的光谱范围，当物体温度升高时光谱范围依次由红色到紫色错动，太阳光谱线的位置处于黄区，由此得知，太阳表面温度约为 6000°C 。

而 6000°C 只能表明太阳表面的温度，根据我们对地球的了解，我们有理由相信，任何一个星球内部的温度都高于其表面的温度。对于太阳，这一法则同样有效。既然太阳的表面温度就已经与地心温度相差无几，同时由于太阳巨大的质量而对其内部产生的压力远远大于地球内部的压力，我们就更有理由认为太阳内部的温度比木星内部 $5 \times 10^4^{\circ}\text{C}$ 的高温还要高。那么，太阳内部到底有多热呢？

英国天文学家阿瑟·斯坦莱·爱迪生于本世纪 20 年代找到了上述问题的答案。他首先将太阳假设为一个巨大的高温气球。在重力的作用下，太阳上各种物质将产生向其内部运动的趋势。如果气体含量过小，这个气球会因为重力作用而急剧收缩，而事实上，时至今日，太阳并未收缩。因此，爱迪生认为太阳本身存在某种使其保持坚固结构并能有效阻止其收缩的强大力量。

爱迪生（或其他任何一个人）会想到这些现象是热现象耍的把戏。通过在地球上的实验，我们得出结论：当温度升高时，气体体积膨胀。因此，爱迪生认为太阳时刻处于一种平衡状态，其内部蕴含的热量使其产生扩张的趋势，而同时在重力的作用下又使其产生收缩的趋势，在这种平衡的作用下，太阳将年复一年地存在下去。

爱迪生根据对太阳重力的计算，大致求出了太阳本身在保持平衡状态下所必须具备的热量。使他大为吃惊的是，太阳内部的温度竟会达到百万数量级。如今较权威的数据是 $1500 \times 10^4^{\circ}\text{C}$ 。

67. 什么是日冕？

当发生日全食时，月亮会在太阳表面投下一个被灰蓝色光环围绕着的圆盘状阴影，这一灰蓝色的圆环即称为日冕，它常被描写成异常绚丽的飘带。起初，天文学家们还无法确定这种灿烂的光芒到底是来自太阳还是月亮，但他们很快就找到了答案，即来自太阳。

所谓“日冕”的光芒实际上来自于太阳的外部大气层，其亮度只有太阳本身的百万分之一，因此只能在发生日食时才能被看到。日冕产生的光辉只有整个月球反射太阳光的一半，在发生日食时，正是日冕发出的光芒才未使整个世界陷入一片黑暗。

1931年，法国天文学家博纳德·弗第南德·李奥特发明了日冕仪，这一发明使人们在阳光普照时也能够对日冕产生的光线进行观测。在这一仪器的帮助下，我们最终发现日冕是太阳的一部分。

当时，人们在对日冕进行研究时发现，日冕产生的谱线并不属于光谱中的某一范围。1868年，法国天文学家皮埃尔·J·C·詹森在印度对一次日食进行观测时，曾对日冕谱线进行了记录，并将记录寄给了英国天文学家约瑟夫·诺曼·洛克伊尔，他是一位公认的光谱学专家。通过认真的研究，洛克伊尔认为这些谱线意味着在太阳大气中存在一种未知的新元素，他将其命名为“氦”，这个称谓在希腊语中意思是“太阳”，也就是“太阳中含有的元素”的意思。不过，这论断没过多久就被推翻了。1895年，苏格兰化学家威廉姆·雷姆塞发现在地球上同样存在“氦”。而“氦”是已知的唯一一种最先被发现于地球以外的天体上的元素。

日冕还产生其他一些奇特的谱线，但这并不意味着日冕中还存在什么未知的元素。反之，这些谱线说明日冕中所含元素的原子中都含有不同数量的电子，而在高温条件下，某些电子将脱离原子的束缚。1942年，瑞典物理学家本杰特·爱德兰认为日冕中的某些特殊谱线是铁、碳和镍原子在失去电子的情况下产生的。日冕的温度很高，其数值达百万数量级，这并非臆想，而是以日冕发射的高能量X射线为依据的。不过，这种超高温仅仅集中在日冕的个别原子中。而且这些原子广泛分布于整个日冕中，其热量总和并非高。

日冕并没有突出的边缘，而是不断延伸，逐渐与整个太阳系融为一体，并在延伸的过程中逐渐减弱，直至对行星的运动无法构成任何可观的影响为止。太阳蕴含的热量将驱使带电粒子沿不同方向向太阳外部进射，美国物理学家尤金·纽曼·巴克尔于1959年时曾经对此做出预言。1962年，“水手-2号”探测器升至太空抵达金星时所探测到的结果验证了这个预言。

这种带电粒子的进射被人们称为“太阳风”，其速度为400—700公里/秒。“太阳风”的作用使各彗星的尾部均指向背离太阳的方向。同时，构成“太阳风”的带电粒子还会不断撞击各个行星，而且如果行星上具有南北极（正如地球上那样），那么带电粒子将由其北极向南极运动。

1958年，以美国物理学家詹姆斯·奥福瑞德·万·奥兰领导的一个研究机构发射了一颗科学卫星，并利用它最先发现了地球附近来自太阳的带电粒子。最初，这些带电粒子被称作“万·奥兰带”，就是现在所说的“磁球”。人们一度认为这些“带子”会给航天工作带来干扰，但

后来发现并不是这样。

这些带电粒子于地球两极附近泄漏到地球大气层里，并通过与地球上的各种分子相互作用产生极为绚丽的极光景象，根据地点不同在北极出现北极光，在南极出现南极光。

68. 什么是“太阳火”？

1859年，英国天文学家理查德·克里斯托弗·凯瑞顿曾观测到太阳表面发出了某种星状的光芒。起初，他曾将其当作是一颗与太阳相撞的彗星，而实际上，这是天文学史上第一次有关“太阳火”的记载。

1889年，美国天文学家乔治·爱里瑞·黑尔发明了一种利用光谱学对太阳光进行研究的方法。这一发明使他很轻易地捕捉到了发生于太阳表面的爆炸现象，并通过研究证实了这种爆炸并非是彗星与太阳相撞的结果，而是与太阳黑子的运动密切相关。我们还不清楚“太阳火”的真正起因，也无法对其进行预测，但相对而言，“太阳火”的确具有比太阳体更高的能量。太阳黑子的温度比太阳其他部分的温度要低（这正是它们看起来比较暗的原因），但它们与“太阳火”之间密切的联系却说明太阳上出现的太阳黑子越多，太阳本身的活动就越频繁，同时蕴含的能量也就越多。

“太阳火”产生了大量具有高能量的“太阳风”灰尘。如果“太阳火”产生于日轮附近，同时其传播方向指向地球，那么它所蕴含的高能电子将于一天内到达地球，并在两极附近进入地球的大气层。其结果是形成所谓“磁暴”，从而形成大范围内绚丽的极光现象，另一方面又使指南针的工作和无线电波的传播陷入了一片混乱。

如果宇航员在无任何保护措施下接触到这些蕴含有高能量的“太阳风”灰尘，那么他们将死于由此而引起的放射性疾病。虽然至今尚无这类事件发生，但其威胁依然存在。

69. 为什么太阳能经久不息地熊熊燃烧？

在已经了解了太阳的热度及其本身所蕴含的巨大能量的基础上，我们已不必再惊叹于太阳所具有的高热量的“日冕”，以及“太阳风”和“太阳火”了。但为什么太阳一直没有冷却下来呢？

这是一个相当专业而又令人费解的问题。太阳无时无刻不在散发着大量的光和热，而我们这个小小的地球只接收到了极少的一部分（约占一亿分之一），其他行星也只接收到了相当少的一部分，而其中绝大部分则散发到了外部空间。

太阳的这种能量散发已经无休止地进行了 46 亿年，并将继续下去，但不会使其本身冷却。这是怎么回事呢？

确切地讲，这一问题在 19 世纪中叶之前并未引起人们的注意，因为那时的人们尚在为能量的传播问题大伤脑筋而无暇顾及于此，前人较为普遍的观点是太阳仅仅是一颗永恒释放光芒的大火球，只有万能的上帝才能使它冷却下来。的确，某物体在燃烧着的时候才能释放出光能，但这是指实际的光源，而神学家们心目中的光源却并非如此。

1854 年，德国物理学家赫尔姆霍兹终于在总结出能量传递定律的七年后，首次意识到：该定律除适用于地球上的物理现象外，同样适用于太阳。他由此成为提出“太阳能”这一问题的第一个人。

很显然，太阳蕴含的能量决不会来自一般意义上的能量源，根据其散发能量的速率，如果太阳仅仅由氧和碳的化合物组成，那么它在 1500 年内就会完全燃尽。任何人都知道太阳已燃烧了远远不止 1500 年，即使按照《圣经》的理论，太阳也已存在了 6000 年了。因此，赫尔姆霍兹认为地球和其他恒星肯定是依靠一种特殊的渠道获得能量的。

太阳有可能是由无数的碎片接合而成的。构成太阳的“碎片”比其他任何行星都要多，而在其形成过程中产生并最终贮存于太阳内部的动能也非任何行星可比，这正是任何行星所蕴含的热量与太阳相比都显得微不足道的原因所在，而太阳所释放的能量仅仅是其形成初期所积累能量的一小部分而已。

赫尔姆霍兹并不知道太阳的确切年龄，但他却估算出了太阳至少已存在了数百万年，而仅仅依靠其本身所蕴含的能量将无法维持如此长时间的消耗。因此，赫尔姆霍兹认为太阳在释放能量的同时也在不断吸收着外部能量。

同时，赫尔姆霍兹认为，在某些陨星坠落地球的同时，另一些陨星坠落太阳的可能性也同样存在。因为对于太阳来说，其硕大的形体和巨大的引力都将使它成为更多陨星的一大目的地。这一理论听起来的确无可辩驳，但实际上并不正确。如果陨星坠落于太阳表面，将使太阳的质量增加，进而使太阳的引力作用增强。当然，这种引力的增加并不明显，但其结果是使地球的公转速度加快，从而使其公转周期缩短，这一缩短即使不明显，但应该是可以被测得出的。而实际上这种地球公转周期的变化并不存在，因此，这一理论并不能成立。

虽然赫尔姆霍兹犯了这样一个错误，但他在这方面的研究渐入佳境。他认为，如果太阳是脱胎于一团巨大的空气和灰尘气团，那么它应该处于一种逐步缩小的过程中。进而他求出了这种微乎其微的变化，尽

管利用当时的研究设备尚无法观测到这种收缩，但可以推断在这一变化的长期作用下就可以产生足以维持太阳存在所需的动能，并保证太阳的质量和地球的公转周期不发生改变。

如果这一假设成立，那么太阳昨天的体积应大于今天的体积，而去年的体积应大于今年的体积，并以此类推。根据这一情况，赫尔姆霍兹计算出 2500 万年前太阳的体积应大得足以能占据地球的公转轨道，也就是说，地球的年龄应小于 2500 万年。

这一结论使地质学家和生物学家们疑惑不解，因为根据他们的计算，地球的年龄决不仅限于 2500 万年。但并没有人能提出什么依据来驳斥这一理论。

当然，有关太阳的收缩理论并不十分充分，但直至无线电技术发明之后。科学家们才意识到维持太阳存在的根本原因在于其本身蕴含的核能，而此时赫尔姆霍兹已经离开人世两年了。

70. 核能对太阳产生了怎样的作用？

有关核能为太阳提供了大量的能量这一点并不难确定，但这一过程的具体实现却比较难以理解。而要解开这一谜团的首要工作是要弄清楚核能的来源。1911年，英国物理学家俄涅斯特·罗塞福对此进行了一系列研究，在研究过程中，他利用一束放射性元素的射线对金箔制成的胶片进行轰击，发现绝大部分光束穿透了胶片，而一小部分却被反射回来。由此，他认为原子并非只是一个简单的微型球体，而是具有某种特定的结构。在它内部存在一个原子核，其体积应只占原子内部空间的十万分之一，质量则占了整个原子质量的绝大部分。原子中其余大部分空间被电子所占据。

一般的化学反应（如碳、石油以及 TNT 炸药的燃烧）的实质不过是原子外部电子间的转移。这种转移的结果就形成了产生某种具有较少能量的分子（该现象与一个下滚的球体类似。对于相同的球体，其处于较低位置时所具有的势能要低于其处于较高位置时的势能）。一旦化学反应发生，多余的能量将伴随高能反应物向低能量产物的转变而以力、热或光的形式释放出来。

原子核由质子和中子构成，并可通过能量的散失而进行结构的重新组合，同时，额外的能量也将以射线、热等形式释放出来。

在地球上所产生的一般化学反应比起这种核反应发生的次数要频繁得多，而且与一般化学反应相比，这种核反应的开始、停止和持续都困难得多。因此，在 19 世纪末期之前，并未引起人们的充分重视。此外，还有一个真正原因在于由于放射性反应非常缓慢，因此在特定时间内所释放出的能量也是微乎其微的，而自然界的核反应的发生与放射性活动有着密切的关联。

在核反应中，一定质量的物质所释放出的全部能量比在化学反应中由相同质量的物质所释放出的全部能量要巨大得多。因此，虽然由逐渐收缩所引起的化学反应产生的动能不足以支持太阳的生命时间，但核能却可以。不过得需要科学家们找出相应的核反应类型。

地球上自发形成的核反应中包含有大量的铀原子和钍原子。在放射反应发生的过程中，部分铀原子和钍原子被分解成碎片，于是能量就产生了。如果在我们所说的裂变过程中，铀原子和钍原子质量或多或少地减至一半，那么，所产生的能量将更多。但是即便是这样，在上述反应过程中所产生的能量也不足以维持太阳的生命历程，更糟的是太阳本身所包含的这些原子也只是微量的。

对于中等尺寸的原子来说，它们包含的能量就更少。在普通的放射性反应或裂变过程中，原子如同滑坡一样，当原子量较大的原子裂变成较小的原子时，将释放出能量。同样的现象也发生在小质量的原子聚合成重原子的过程中。假设氢原子（最轻的原子）能聚成氦原子（次轻原子），这个过程中，由给定重量的氢原子产生的热量远远大于同重量铀原子产生的热量。

根据已知，太阳重量的 75% 来自于氢，而其余约 25% 来自于氦，太阳上的氢在聚合的时候为太阳提供了大量的能量，而太阳中丰富的氢的含量将使这个过程持续 10 亿年之久。

此外，有关核反应的领域还存在一个棘手的问题。对于大原子量的原子来说，其状态更不稳定，也就是说此类原子处于反应的临界状态，在极小的作用力的推动下，就将产生衰变，有时在完全自发的情况下也可能发生。因此，原子的裂变在适当的条件下应该是极易发生的。各个氢原子的原子核间排列十分紧密，它们具有产生聚变的可能。但另一方面，由于氢原子中的外部电子活动与宏观世界中炮弹的活动相类似，因此这种聚变反应在一般条件下又很难发生。当两个氢原子发生碰撞的时候，各自的外部电子将在碰撞时分别反弹，而绝对不可能相互靠近。

不过，这种现象只适用于地球上的条件。太阳上的超高温足以使氢原子之间的化学键发生断裂，并促使原子核在原子内部不断运动。强烈的太阳大气压将使氢原子紧紧地撞在一起，而其超高温将促使氢原子运动的速度远远超过地球上的氧原子。这一切现象都将伴有巨大作用力的产生，从而使氢原子的聚合成为可能。

德裔美籍物理学家汉斯·阿尔布瑞特·贝斯曾致力于氢聚变的研究，并在实验室条件下进行了有关核反应的实验，同时，根据该实验对太阳中心发生相同的反应所应具备的温度和压力做出了近似的判断。在1938年时，贝斯制定出了一套对有关提供太阳存在所需能量的核反应进行研究的计划。迄今为止，他的有关理论仍具有权威性。至此，赫尔姆霍兹疑问终于在一个世纪以后有了正确的答案。

71. 宇宙中是否存在前人尚未发现的星体？

我们已经对太阳和各行星进行了较为深入的研究，现在让我们放眼广阔的宇宙，研究一下太阳系以外的星体。而本章所提出的问题在中世纪曾被认为是极其愚蠢的，在那个时代，人们对于相关问题的想法实际上是自相矛盾的。更为过分的是，西方的神学领袖们竟认为宇宙是万能的上帝为照顾人类的生活需求而设计创造的。他们认为那些闪烁于夜空中的群星对于人类将来的航天事业是非常有用的，因此被设计得异常灿烂，而那些不可见的星体既无实用性又无观赏性，根本没有存在的价值。

其实，宇宙中的星体的亮度各不相同。其中最明亮的星体可为任何人看得见——除非他是个盲人；对于最昏暗的星体，其亮度也许只有最明亮星体的万分之一，就只有视力敏锐的人才能看见。既然如此，我们是否能做这样一种假设，即在宇宙中的确存在某些星体，其昏暗的程度足以逃过视力最敏锐的人的眼睛。如果我们稍稍动一动脑子，就会发现这种可能性的确存在。

对于多数人来说，他们找不出问题的关键所在。他们头脑中的概念只是天上的这些星体必须为人类服务，因此，也就打消了去寻找那些看不见星体的念头，或者说事实上，他们根本不愿去做更多的想象。

天文望远镜的发明使一切发生了改变。在观测中，望远镜的镜片远远大于人的瞳孔，它能把更大范围的光线聚集到一点上，这就意味着同一颗星体在望远镜上的成像要比单纯依靠肉眼进行观测清晰得多。因此，某些昏暗得无法利用肉眼看到的星体存在的可能性是有的，天文望远镜能帮助人们发现它们。

1609年，伽利略在利用天文望远镜进行观测时，证实了这一假设。他在各个方向上都发现了用肉眼无法看到的星体。因此，可以肯定，宇宙中的确存在许多这样的昏暗星体，而利用天文望远镜却可以发现它们当中的一部分。这意味着宇宙中的星体远远不止区区6000颗，而应数以百万计。

这一事实恰恰与伽利略的两项研究成果相符：其一，他强调宇宙的无限性及其复杂性，同时推翻了前人对宇宙结构的简单设想；其二，上述理论首次推翻了人们有关宇宙的存在只是为了造福于人类，并取悦于人类的一厢情愿的想法。宇宙中无数的星体即使对人类的生存和发展毫无益处，也仍然存在。人类首次意识到，与浩瀚无垠的宇宙相比，自己实在是很渺小的，而宇宙中的确存在大量比人类历史更悠久的事物，直到人类最终退出宇宙这个大舞台，仍有很多东西会继续存在下去的。一旦人类清楚地意识到了这一点，宇宙也就变得更为壮丽了，但另一方面，这又好像使人们失去了某些亲切感。

72. 恒星是否真的恒定不动？

这一问题的答案好像是毋庸置疑的。我们对恒星位置的观测结果与前人的有关记录是完全一致的。因此，人们曾认为所谓恒星，理所当然应该是恒定不动的。

不过，问题在于，我们是否仅根据直觉就认为某些物体的位置未发生改变，而忽略了另一方面，即这种位移实际上是存在的，只是在现有的条件下，我们无法发现罢了。事实证明，的确有一些物体由于移动的速度过慢而使其看起来好像根本未发生位移。有一个简单的例子可以证明这一点。如果我们观察时针在半分钟内的位移情况，我们会觉得它看上去根本未发生移动，而当我们离开一小时后再回来时，会发现时钟已经前进了一格。如果一小时前它指向“1”，那么此时它应指向“2”。

有关这一现象的解释有两种，一种是指针在我们离开后产生了突然而迅速的跳跃；另一种是它一直在移动，只是由于移动速度极慢而无法在一个极短的时间内被发现。如果我们耐下心来对其进行较长时间的观察，比如说：一刻钟，我们将很果断地排除第一种可能。而如果条件允许我们通过显微镜对其进行观察，我们将发现，即使在半分钟内时针也是在移动的。

既然如此，就让我们来判断一下，那些恒星究竟是真的不动呢？还是在以一种极其缓慢的速度移动着的（这种速度当然比时针的移动还要慢得多）？即使我们经过若干世纪持续地观测，也无法发现其位置的变化。如果存在第二种可能，那么这一变化绝对不是仅仅依靠肉眼能观测到的，而只有通过天文望远镜（其作用相当于观察时钟移动时的显微镜）才能发现。

1718年，哈雷（哈雷是彗星的发现者）在利用天文望远镜对某些恒星的位置进行观测时发现了其中三颗，即“天狼星”、“浣熊星”、“牧夫座a星”的位置与前人的记录发生了偏移。古希腊人虽然还没有天文望远镜先进的设备，但他们的观测是极其认真的，其观测记录也不会有太大的失实之处，因此，可以肯定，这三颗星体的确在移动。

实际上，这三颗星体的位置与泰克·布朗在一个半世纪以前的观测记录相比就已经发生了偏移。而布朗的观测结果是被公认为天文望远镜发明之前人类有关记录中最为精确的。

在当时，布朗根据这一现象判断出这三颗星体相对于附近的星体发生了位移，而且这一位移将继续下去。其实，这一现象有可能适用于所有星体，也就是说，所谓“恒星”并非静止不动，而是不断改变着它们在空中的位置。

天狼星、浣熊星、牧夫座a星虽然移动得很慢，但其速度相对其他移动速度更慢的星体来说，已经相当明显了，起码我们还可以利用种种手段对其进行观测。此外，我们能有幸发现这一现象还应感谢这三颗星体发出了较为明亮的光线。根据这两点，是否有必要对星体的移动速度与其亮度之间是否存在某种联系进行一下研究呢？如果答案是肯定的，那天文学家们就应重新认识一下这神秘的宇宙了。

73 . 宇宙是否有限？

正如前文所述，我们的先辈们曾认为宇宙是范围并不很大的球状天体，其中包含着地球以及其他一些形体较小的发光体。直至公元 1700 年以前，这种理论在天文学界一直占据主导地位。即使在哥白尼发现地球并非宇宙的中心之后，人们仍持同样的观点，只是把“宇宙主宰”这一光环又赠给了太阳而已，而宇宙的基本定义仍未得到根本上的改变。天空仍旧是天上的“球”，里面有许多星星，不过，它包括的主体是太阳，相比之下，地球要逊色得多。

开普勒的椭圆型轨道的思想废除了星体是“透明的球体”这一谬论，但是却仍然保留了星体是“最外层天体球”这一说法。感谢卡西尼的研究成果，他揭开了太阳系的真实面目，从而证明了太阳系比人们想象的要大得多，而这也只是将人们脑海中宇宙的边界扩大了而已。

直至哈雷于 1718 年发现了恒星也是运动着的球体这一事实后，天文学家们才开始重新认真地认识宇宙。当然，即使所有星体都在移动，宇宙仍有可能是有限的，而所有的星体也都有可能在进行着极其缓慢的移动。但是为什么有的星体的运动速度之快足以被人们观察到，而正是这些星体才能发出比较明亮的光线呢？

关于这一问题，存在这样一种可能，即某个星体由于具有较大的形体，从而能放射出比较明亮的光线，同时由于其体积较大，造成宇宙对它的束缚产生了困难，从而导致了它的移动。当然，这只是一种特定的假设，但这种全新的设想对于解开有关谜团是具有创造性意义的——即使其很难在实验室条件下得到验证，或根本无法解决任何问题。

另一方面，有些星球与地球间的距离有可能相对来说比较近，因此看上去就可能显得比较亮一些。再者，如果所有星球移动的速度是相同的，那么距地球越近，往往就显得运动得更快一些。这一点与实验室条件下的实验结果是相符的。这一现象是以解释运动越快的星体其亮度越高的原因。那相对比较昏暗的星球其实也处于运动状态，但由于它与地球间距离实在太遥远了，因此即使经过几个世纪的观测也无法察觉到它的位置的变化，但这一变化却有可能在数千年的过程中被观测到，这的确需要人们一代一代不懈的努力。

如果各个星体与太阳系间的距离各不相同，那么宇宙就应该是无限的，而众多的星球则会像蜂群一样遍布于宇宙的各个角落。直至 1718 年，人们才意识到这一点而摒弃了宇宙有限论，从此，一幅广阔无垠而壮丽非常的宇宙画卷终于展现在人们的眼前。

74 . 星星是什么？

在所谓“宇宙有限论”在天文学界占主导地位的年代里，由于人们的思想观念中的宇宙是“相当小的，天空就在离头顶的不远处”。所以，认为夜空中闪烁的星星只是点缀在大幕上的亮点而已的这种想法在当时是很自然的。随着人们对宇宙理解的逐渐深入，这种想法的合理性越来越难以成立。

历史步入 1718 年，即哈雷发现星体的运动现象之后，人们终于清醒地意识到假如这些星球的内部有足够的空间来容纳巨大的太阳系，那么最近的星球间也至少相距几十亿英里远。根据这一理论，一颗距地球几十亿英里的星球也许看起来只是夜幕中的一个小亮点，但其形体却很可能大得超乎人们的想象。一旦我们意识到这一点，我们就必然会得出这样一个结论，即有很多星体都是非常巨大的。

德国学者尼克勒斯·卡萨于 1440 年首次注意到了这一事实。当时他已隐约感到宇宙是无限的，而所有星体都在这一无限的空间里不断运动着。进而，他还提出了这样的假设，即宇宙中存在很多与太阳类似的星体，它们也同样拥有自己的行星，而在某些行星上还可能存在生命。正是基于这些想法，卡萨奠定了自己在相关领域中的先驱地位，但这些设想还只是纯理论性的，就连他本人也不能提供足够的证据对其进行证明。

在哈雷发现星体的运动后，卡萨的设想终于得到了验证。哈雷曾将夜空中最亮的星体天狼星作为研究的对象，正是由于其亮度最强，根据前文中提到的假设，天狼星也应是距地球最近的星体之一，哈雷研究的主要目的在于确定天狼星是否能散发出与太阳光亮度相差无几的光线。而这个星体在夜空中看起来只是一个小光点，是因为它与地球间的距离太遥远了。

天狼星与地球间的距离究竟有多远呢？哈雷经过推算得出，如果天狼星的亮度与太阳相差无几，那么它与我们的距离就足足有 19 兆公里之遥。

根据哈雷的计算，天狼星与太阳的距离应是土星与太阳距离的 1350 倍。而那些看起来亮度可能低于天狼星的星体则极有可能比天狼星更大，也更为遥远。在这种认识的基础上，人们对宇宙的认识范围已不能用百万或十亿公里计算，而是以万亿公里这样的数量级扩展了。

75. 星星究竟离我们有多远？

哈雷在对天狼星与地球之间的距离进行估算时，是以假设该星体的亮度与太阳相同为前提的，而实际上，天狼星的亮度很可能与太阳并不相同，因此，哈雷的计算结果必然存在一定的误差。如果我们需要得到较为精确的结果，就应寻求一种更为直接的方法。

1672年，人们曾利用在巴黎和法属圭亚那观测火星时求得的视差，比较准确地求出了火星与地球的距离。而即使离地球最近的恒星也比火星与地球间的距离远几十万倍，因此在地球的不同位置对其观测时得到的视差就将只是在相同位置观测火星时得到的视差的几十万分之一。其实把观测点选在地球的两个半球上观测火星时得出的视差也是极其微小的，那么可以想象，人们观测某颗恒星时得到的视差应更难计算。

天文学家们曾经试图寻求另一种方法摆脱这一困境。众所周知，地球是围绕太阳旋转的，并且每6个月地球将从某公转轨道的一端运动到另一端，这一距离约为3亿公里，是地球直径的23500倍。因此，在每年1月1日与7月1日对某颗恒星进行观测时得到的视差，将是在地球某条直径两端进行观测时视差的23500倍。

即便如此，这一视差仍然很小，甚至比卡西尼观测火星时求得的视差还要小得多。实际上，哥白尼的理论一经问世就有一部分天文学家认为恒星根本不可能存在视差，因此地球也应是静止不动的。哥白尼十分干脆地驳斥了这一看法，他认为这种视差的确是存在的，只不过是出于恒星距地球实在太遥远了，因此人们在对其观测时得到的视差也必然极其微小，以至于无法求得。事实上，在天文望远镜发明之前，这一点的确无法做到。

从理论上讲，如果一颗恒星位于距地球十分遥远的地方，并且处于运动状态中，其视差应是可以测出的。随着19世纪天文望远镜的发明，这一结论也自然成为了可能。

19世纪30年代，德国天文学家弗瑞德瑞奇·瓦赫姆·白塞尔利用当时最为先进的望远镜对一颗十分昏暗的恒星——“天鹅座61”进行观测时发现，这颗恒星的移动是十分明显的，因此白塞尔认为“天鹅座61”起码是恒星中距地球相当近的少数星体之一。1838年，白塞尔求出了这颗恒星的视差并公布了关于这颗恒星与地球间距离的计算结果。在初始阶段，这一结果存在一定的误差，但它也足以称得上是一座里程碑了。现在公认的“天鹅座61”与地球间的距离是105兆公里。

这以后不久，两位天文学家又测得了另一颗恒星的视差。不过，他们的观测结果并不完全一致。因为随着科学的发展，或因为意见不一，往往会出现数名天文学家于同一时期进行同一课题研究的情况。

白塞尔公布其研究成果之后的两个月，英国天文学家托马斯·汉德森宣布了他测出的恒星“半人马座α星”与地球之间的距离为42兆公里。实际上，汉德森在这个领域的研究要早于白塞尔，但白塞尔却是第一位将其研究成果公布于众的人，而人们往往有先入为主的习惯。

稍后，德裔俄籍天文学家弗瑞德瑞奇·G.W.斯托求出了另一颗恒星织女星与地球间的距离为255兆公里。

由此可知，“半人马座α”星是太阳以外距我们最近的恒星。在前文

提到的天狼星与地球间的真实距离为 82 兆公里，这个数据与哈雷的计算结果相比足足大了三倍还多。哈雷的计算出现如此大的误差的根本原因是他假设天狼星与太阳的亮度相同，而实际上这颗恒星的亮度是太阳的 16 倍。

这些恒星与地球间的距离从宇宙学这一角度来说，都不是很大的。但是即使利用当今最先进的仪器也依然无法测出其视差。

76. 什么是光速？

如果我们必须经常用大数量级的数据表明某些事物，将是非常繁琐而乏味的，所有这些后面带了许多“零”的数字让人感到迷惑不解。当我们测量太阳系的时候，也许只需用百万公里（或英里），最多不过几亿公里（英里）就完全可以表明其范围，而当我们把测量对象选定为更为广袤的外部空间，那就必须经常以兆公里甚至千兆公里作为计量单位。此时，我们不禁要问：“我们到底还有没有更好的方法？”

问题在于，无论是“公里”还是“英里”都只是适用于地球的长度单位，为了更好地测出太空中各星体间的距离，我们必须寻求一种全新的测量单位，于是人们将目光瞄准了光。

要实现这一目的，我们必须首先弄清楚光速到底有多快？让我们设想一下，如果在一间屋子的一角点亮一盏电灯，那它在多长时间内就可到达房间的另一角落呢？

可能从未有人能够回答这一问题，其原因在于光速实在太快了，使这一过程完全发生在一刹那间。实际上，如果我们点亮一盏电灯，那么整个房间都会在一瞬间亮起来，即使使用一盏大功率的灯泡在一个很大的空间内做同一实验，其结果也是完全相同的。

不过，所谓“一刹那”毕竟不太可能，而光的传播速度也不是无穷大的，只是传播的时间极短，以至于十分不易被测出，也就是说光速从某种意义上讲接近于“无穷大”罢了。

证明这一设想的最好方法是将上述实验在一段较长的距离的条件下再重复做一遍，而随着距离的增大，光线传播的时间将进一步延长。第一位想到这一方法的人是伽利略。

伽利略的方法是这样的：首先，他和一位同伴各提一盏信号灯登上两座相邻的山头，然后，伽利略将信号灯的遮光罩打开一条缝隙，使之射出一束光线，而他的同伴在看到这束光线后立即以同种方式放出另一束光线。在两座山头间的距离已知的条件下，就可以将伽利略发出光线至他同伴所发出光线的的时间认定为光线在两座山头间传播的时间。

利用这一方法求出的结果存在一定的误差，其原因之一在于，光线在经过这个过程所用的时间里，其中包括了一部分反射时间。毕竟伽利略的同伴看到伽利略发出的光线与自己打开手中的信号灯并使光线射出这个过程之间会存在一个极其短暂的时间间隔。

正是由于意识到了这一点，伽利略才在另两座距离更远的山头间重复了上述实验。在先后两次实验中，上述时间误差应是完全相等的，因此，在两次实验中得到的时间差必将取决于光线传播的距离差。经过一番努力，伽利略后来发现他根本没测出这个时间差，而只测出了反射时间，其原因仍在于光速实在太快了，根本无法用这种方法测出。

伽利略曾认为应选择两座距离更大的山头进行重复实验，但他马上想到由于地形的原因，将隔断人们的视线。因此，这一设想是不可能实现的。此外，伽利略也无法得到一种传播距离足够远的光源。当然，如果他能拥有一些比较先进的仪器，他仍可继续他的实验。限于当时的条件，他最终放弃了进一步的研究。

大约半个世纪以后，人们在一个极偶然的情况下得到了这一问题的

答案。丹麦天文学家奥劳斯·若沫在对木星的四颗卫星进行观测时，曾利用摆钟做了计时器，测定各颗卫星绕木星公转的时间。在观测中，若沫发现各卫星都在一定时期内很有规律地消失在木星后面，过后又在另一边出现了。

但他同时发现，这一周期并非完全恒定，而是在半个周期内比预计的要早一些，在另半个周期比预计的要晚一些。总的来说都会发生，但有些时候比预计的要提前 8 分钟，而半年后，这个时间常数则比预计的要晚 8 分钟。

若沫在致力于有关这一现象的起因的研究中发现，这一误差来自光线由木星及其卫星传播所占用的时间。由于地球与木星均绕太阳公转，因此必然存在两者排列于太阳同侧的同一直线上的情况，那么这时光线由木星传播至地球的距离就最短。而当 200 天后，地球与木星就处于太阳两侧相反的位置。

太阳光经木星反射后沿地球公转轨道直径传播所需的时间为 16 分钟，其中从木星到太阳需 8 分钟，木星与地球间的距离比伽利略在他的实验中所处的两座山间的距离要大得多。所以，将木星和地球当作是两座硕大无比的山峰，而光线的强度也足以穿越如此遥远的距离，同时光线传播的距离与时间成正比。可以说，若沫在无意中的发现是伽利略实验的“太空扩大化”，而这一次的实验终于取得了成功。

若沫于 1676 年公布了其研究成果，由于他并不知道地球公转轨道直径的精确长度，因此他的计算结果与实际相比有些偏低，但仍在一个比较合理的范围内。正是由于若沫的贡献，人们才第一次真正知道了光速并不是无限大的，却足以使任何已知的物体的运动速度相形见绌。此后，其他天文学家又求出了更为精确的光速数值，公认的光速是 29.98 万公里/秒。

77. 什么是光年？

如何用光速来度量星球的远近呢？首先，推断一下光在一年中经过的路程，光传播的速度是每秒 29.98 万公里，而 60 秒钟为 1 分钟，60 分钟为 1 小时，24 小时为 1 天，365 又 $\frac{1}{4}$ 天为 1 年，这就意味着一年近似等于 3155.7 万秒。用光在一秒钟传播的距离乘以一年中的秒数，我们就得出了一年中光走的距离——9.46 兆公里。这个距离称之为光年。

除太阳外，离地球最近的恒星是半人马座 a 星，它距地球 4.4 光年，这就是说从地球走到“半人马座 a 星”或从“半人马座 a 星”走到地球，光也要走 4.4 年。这个数字告诉我们，天上的星星离我们有多么遥远。从纽约走到旧金山，光只需要 $\frac{1}{60}$ 秒，光只要用 $\frac{1}{8}$ 秒多一点就能绕地球一周，光走 16 分钟就能横跨地球的运行轨道，但是光要走 4.4 年才能到达离地球最近的一颗恒星。

天狼星离地球有 8.6 光年远，天鹅座 61 离地球有 11.2 光年远，天琴星距地球有 27 光年之遥。这些是离地球较近的一些星座。

因此，光年是用来表示远距离的一种绝妙的手段，如今，天文学家已不再过多地用它了，代替光年的单位已是“秒差距”了。

在天空中，你可画任意一个圆，不论这个圆有多大，都可以等分成 360 度，每度又可等分 60 分弧，每分弧再等分 60 秒弧，即每个圆可分为 129.6 万个等秒弧。

假设天空里有一个小星点，呈“0”状，其宽度为 1 秒弧度，一系列这样的小星点逐个排列起来，则在天空里成一条线，若小星点有 129.6 万个，将形成一个完整的圈。

当地球绕着太阳从它的原始位置，转到太阳对面的位置时，若被观测的星球的视差为 1 秒弧，该星球的距离是多远呢？答案是 3.26 个光年，我们把这段距离称为一个“视差秒”或称之为“秒差距”，该距离是恒星距地球最近的数值了。宇宙中，没有任何一颗恒星比这个数值更近于地球，就我们所知的星球来说，当我们从地球轨道的两边观测时，得到的视差均小于 1 秒。这里，因为要绕太阳的轨道的两侧测视差，所以使我们花费了大量的时间。“半人马座 a 星”距地球 1.35 秒差距远，天狼星距地球有 2.65 秒差距远，“天鹅座 61”是 3.44 秒差距，织女星是 8.3 秒差距，1 个秒差距相当于 30 兆公里。

78 . 太阳也在运动吗？

自哥白尼时代起，太阳就被视为静止不动的宇宙中心。可是，哈雷发现了恒星也在运动，他认为这些星星是位于远处实际存在的太阳群。于是，认为太阳是唯一静止不动的星体的观点开始动摇了。尤其不可思议的是，人们曾把太阳视为数兆英里之外的群星的旋转中心，而这些星体都要绕太阳旋转。

既然所有的星体都在运动，太阳为什么就不该是运动的星体呢？依据我们对太阳的了解，除了它比其他星体离我们更近一些外，并没有什么特殊的。因此，我们有理由推断太阳也是运动的星体。于是，我们可以提问，如何证实这一论点，又如何测出它的运行方向。

经过二十多年的研究，赫歇耳（他发现了天王星）于 1805 年认为自己找到了问题的答案。假定天上的星星都围着太阳转，它们彼此都是分散开的，而且从全局的角度上说，它们的间距是相等的。但我们总感到那些离太阳近的星体比那些离太阳远的星体分散得更开一点（如果我们站在森林里，会有同样的感受，即离我们近的那些树木间隔得远一些，而那些远离我们的树木像是堆在一起的一样，紧紧地靠拢着）。

赫歇耳测量了他所能测到的许多星体的常规运动，发现它们沿着一个特定的方向运动。看上去星体是分散的，并且都是从大力神星座中某一特定点上移开，朝着太空的另一边，与上述特定点相对的某点处运动。赫歇耳把大力神星座中的这个特定点称为“奔赴点”。

如果太阳是静止不动的，星体表现出的这种运动方式就是没道理的。如果太阳也向着奔赴点运动，那么离奔赴点近的星体就在太阳靠近它们的时候，也就离我们越来越近，它们之间的间隔看起来越疏；而在天空相对一侧的星体会在太阳远离它们时，也就离我们越来越远。看上去，它们之间的间距好像越来越密。

赫歇耳通过观察确信，太阳正朝大力神星座移动。几千年来，人们陷入了这样一个误区，即认为地球是宇宙的中心，而经过两个半世纪后又认为太阳是宇宙的中心，其实宇宙是没有中心的，一切都是运动着的。

事实是，在所有的正确猜想中，恺撒时代的尼古拉（哥白尼的前一个世纪）研究了宇宙，并坚持认为宇宙是没有中心的。

79 . 自然规律是否处处适用？

讨论到太阳系起源的问题时，我们引用了有关重力引力、角动量定理及离心作用的知识，用这些定律对问题做出推断，我认为是不需置疑的。因为，这些定律至今仍在地球上支配着一切事物的运动，它们是千真万确的真理。

但是，我们能否知道现在地球上发生的事情，在46亿年前亦出现过？我们又能否知道这些事情也会在其他世界上发生呢？总之，我们能否判断宇宙中任意时刻发生的各种事件都有相同的自然规律？难道，不同时期或不同地点发生的事件可能是不一样的吗？当然不是，自然规律不会因地而异。历史证实这是对的。对于这一结论，科学家们自始至终都在做细致的研究。

但如果这些自然规律不适于宇宙空间，我们就会在现实生活中发现许多无法理解的现象。宇宙中的现象是十分复杂的，有时我们认可的规律在某些条件下是不成立的。也许就是出于这个原因，直至今日，宇宙间还有许许多多的现象仍是个谜。或许，摆在我们面前的现象确实太复杂。近年来，作为一个事实，科学家们断定宇宙间的某些领域比我们想象的复杂得多。

科学家们总喜欢这样想，即宇宙本来是很简单的，自然规律也是放之四海而皆准的。但这只不过是人们的一相情愿而已。在我们确信这一推理之前，我们必须有足够的理由证实它。

例如，18世纪末，有关物理方面最重要的发现和总结是牛顿的宇宙万有引力定律的建立。毫无疑问，这条定律对整个太阳系都是有效的，因为所有的行星及其卫星几乎是准确无误地遵从这条规律运动的。当发现天王星的运动规律不完全遵从这条规律时，科学家们就怀疑天王星的外面还存在着行星，它的引力作用使天王星违反了万有引力的规律。这颗行星就是海王星。科学家们对它进行过不懈的研究，并推测出了它的位置。

只要我们断言太阳系就是宇宙的全部，宇宙间的自然规律就是真理。可是，当人类发现遥远的地方尚有像太阳这样的星群后，天文学家们就骚动起来了，他们问“自然规律在这样无法想象的距离之外还能有效吗？”

赫歇耳曾研究过这一问题。他力图通过对“视差”的研究找到证据，从而解答这个问题。他研究了那些在天空中靠得很近的星体。那时，人们自然而然地认为，所有的星体都是独立存在的，像太阳那样，独放光芒。即使是两颗星在天空中靠得很近，这也只是因为它们和我们处在同一个方向上，其中一个离我们近一点，另一个离我们远一点。这种情况下，离我们近一点的星体相对于另一颗星体将产生微小的视差。

赫歇耳发现了一些位置上有微小差异的星体，这些星体间的距离差并不是“视差”上的差异。1793年，他观察了几对星体，后称之为“双星”。这几对星体不但看上去离得很近，实际上也确实离得很近，并且彼此间相互围绕着旋转。这样的星体是靠万有引力拉到一起的。由此可以证实，虽然牛顿的万有引力是从月亮绕地球旋转运动推证的，但它不仅仅适用于太阳系中所有的星体运动，而且也适用于更遥远的星体运

动。

这是人类有关星体存在并非绝对独立这一事实的首次论证，星体可以成对组合，也可以以更复杂的形式组合。赫歇耳去世前，已发现和定位了 800 多颗双星，它们毫无例外地遵循于由牛顿提出的，后由爱因斯坦推广的万有引力定律。

上述一切已成为历史，在近两个世纪以来，所有的科学发现都证实了这一点，即自然规律在所有时空中都是有效的。也许在自然界会出现一些极为特殊的情况，在这种情况下，万有引力失效了。但到目前为止，人类还没有足够的力量去研究这种情况的存在。但这种情况的确可能存在，科学家们也在注意和思考这个问题。世界是复杂的，总会有一些难以琢磨的事情发生，我们目前尚不能解释它们，但是像这样的事件不仅在地球上随处可见，也许在遥远的天体中也会存在。

80. 什么是“变光星”？

亚里士多德确信天空中的一切物体都是永恒的，这听起来似乎是合情合理的，因为天空中的星星每天看上去都是一个样子的。

但事实并非如此，让我们看看英仙星座中亮度排在第二的星，每隔两天零 21 小时，它的亮度就降为原来的一半多。然后，短时间的，又恢复到原来的亮度。

这一现象在远古和中世纪时都曾被发现过。传说中，英仙星是希腊神话中的英雄。当时，他砍下了怪物墨杜萨的头，他提着这颗可怕的头，刻上了英仙星座星的标记。阿拉伯人称这颗星为“Algol”，意思是“可怕的魔鬼”。

在人类进入现代化社会之前，谁也没有注意到这颗亮度变化的星体。或许，他们曾经看到过这种现象，但由于恐惧的原因，不敢对这种瞬间的征兆未予提及。

1782 年，英国有卓越成就的聋哑天文学家约翰·古德瑞克就提到过 Algol 是双星。其中的一颗星亮度很低。每隔两天零 21 小时，这颗暗星就运行到了亮星的前面，并遮住了它，使之暂时失去了亮度。当暗星移开时，亮度又重新恢复。古德瑞克的结论使他走在了他所处时代的前面，因为，那时候赫歇耳还没有公布双星存在的发现。然而，他的结论得到了证实，古德瑞克是正确的。

类似这样的亮度因遮挡而变化的星体有不少，但有许多星体亮度的变化是无规律的。1596 年，德国天文学家大卫·费伯瑞修斯在鲸鱼座鲸鱼双星中探测到了它的亮度变化。当天文学家对它进行细观测后发现，它发出的亮度可以使它成为空中 100 颗亮星中的一员，而有时它变得很暗，暗得只有用望远镜才能看到它。这样的变化在一年中会发生多次，但极不规律，引起变化的原因不能用遮挡现象解释。那么，最终的结论是：这类星体一次比一次放射出更多的光和热，它才是真正的变光星。它被好奇的天文学家称为“Mira”，拉丁语的语意是“奇异的”。

1784 年，古德瑞克又发现了另一类变光星“仙王星座”，它属于“造文变光星类”。这类星的亮度变化是规律性的，但是它也不能归在遮挡的变光星体中。因为，它的亮度增加得非常快，而减弱得非常慢（如果是属于遮挡性的变光星体，则亮度的增加和减弱将是时间相等的，就像 Algol 星体那样）。

上百种星体在亮度的增减问题上，正如我们已发现的那样，它们有自己的规律，有的星体是聚集在一起的，如同日月蚀那样变化，有的遮挡星完成一次亮度变化需要 3 天，还有的需要 50 天，这些内容将在后面的章节中介绍。读者将在后面看到，遮挡将成为长距离测星的手段之一。

81. 星体间有哪些差异？

直到近代，我们才知道，星体间最主要的差别是在亮度上。喜帕恰斯是第一个按星体的亮度分级的科学家。空中最明亮的 20 颗星划分在第一等级，然后，按亮度的减少依次分为第二等级、第三等级、第四等级、第五等级，到第六等级则是用肉眼勉强能看到的星。

星体的亮度等级可以划分得极为精细，其精度可至十分位小数，星的亮度等级可以用 2.3 或 3.6 这样的数表示。亮度等级中每差一级，亮度就相差 2.512 倍，如 2.0 级的星体亮度就是 3.0 级星体亮度的 2.512 倍。依此类推。

第一等级中的一些星，其亮度几乎可能是零，有的甚至达到负值。天空中最明亮的是天狼星，其亮度等级为-1.47。这一概念也可用来表示恒星以外的其他星体。金星最亮的时候，等级亮度可达到-4，满月的亮度是-12，太阳的亮度是-26 级。等级制度还可以扩展到极暗的星体，这些星体只能用望远镜才能看到。所以，这些星的级别只能达到 7 或 8 级，有的甚至达到 20 级或数字更高的级别。

一颗星比另一颗星明亮，不一定意味着它放出的光多，而可能是离我们太近的缘故。一颗暗星若离我们很近，可以比一颗离我们较远的亮星显得还要亮。

如果我们知道某颗星的亮度级别及它到地球的距离，我们就能计算出它的实际亮度。你可以把星体在 10 个秒差距（32.6 光年）处的亮度值计算出来，并把这个结果作为“绝对 98 亮度等级”的数值，为了比较星体的实际亮度，我们在同一距离之处算出来亮度值，如绝对亮度等级，例如，太阳在 10 个秒差距处的亮度等级是 4.6，它的确不是一个非常亮的星体。天狼星在同样距离处的亮度等级是 1.3。显然，天狼星比太阳更明亮些。还有些星体比天狼星放出的光更多、显得更亮。位于“猎户星座”中的“参宿七”的绝对亮度值是-6.2，它的实际亮度是太阳亮度的 2 万倍。非常非常亮的星体毕竟是少数，这些星体能被人类观测到，是因为它们太亮了。但它们的数目太少了，全体星座的十分之九是比太阳亮度要低的弱星。

1914 年，美国天文学家海瑞·诺瑞斯·罗素指出：所有的星体可以按照递增的顺序排列起来，或者 95% 的星体都能排列起来。质量越大的星体，亮度越高，温度也越高。绝大多数星体可以从小到大，从温度低到温度高，从暗到亮有序地排列起来。

爱丁顿求得了太阳核心的温度，并解释了“主星系”星体的一些性质。质量越大的星体，在万有引力作用下把它的构成物向内拉紧的力就越强，它的核心温度就越高，这样才能平衡强有力的内聚力，星体的温度越高，向外散发的光和热也就越多。这就是说，星体质量越大，它的亮度越高，这就是我们早已知道的“质量发光定律”。

星体温度升高的程度大于星体质量的增大程度。于是，星体到了足够大时，核心的温度之高，向外扩张的能力之大，使得星体变得不稳定起来，很容易产生爆炸。基于这个原因，质量大于太阳 60 倍的星体不可能存在于宇宙间。

另一方面，质量较小的星体，用来平衡内聚力的温度不需要太高。

若星体足够小，它中心的温度就会很低以至于它根本不发光。一个星体若小于太阳的 $1/10$ ，它就是暗的不发光体。按通常的定义它就不能称做星（恒星）。

有这样的星体，其质量可能是木星质量的 100 倍，它本身具有一定的热度，但发出的光是红外光，其能量小于可见光，我们称它们是“棕矮星”。探测到它们很困难，但天文学家们也在搜寻它们。因为它们的数量可能会很多，极有可能对宇宙的固有特性产生某种影响。

这种星若有一个很好的供氢环境做为星体本身的组成成分，并能通过氢化而产生放射性物质，它就有可能出现在主星序的排列中。

82. 一旦星体供氢量降低会发生什么现象？

科学家们认为，星体是靠氢化作用释放能量的，其中也包括太阳。这渐渐成了一个重要的课题。一般说来，太阳及所有的星体都蕴藏着巨大的氢资源，但它并不是取之不尽，用之不竭的。那么，伴随着氢资源的减少，会发生什么现象呢？

似乎有这种可能，即随着某个星体氢资源的逐渐衰减，其产生的能量也会减少，于是，星体就会冷却下来，也就没有能力抗衡引力的作用，此时，它的体积会不断地收缩，最后变成一个又冷又坚实的物体——一个死去的星体。事实上，这种现象到一定时候是会发生的。但也有相当多的星体是在其消失的中期就发生了这种变化。这种星体的等级理论首先出现在丹麦天文学家伊捷那·赫茨希普鲁的著作中，他首次引入了绝对星级的概念。

赫茨希普鲁发现，有些星能发出略带红色的光，其绝对星级值极高，因而显得暗。但其他的星体，绝对星级值较低，因此就非常亮。而介于两者之间的星体，他却一无所获。

如果星体略带红色，那是一个稳定的信号，说明星体的表面比较冷，其温度不会超过 2000 。这样的星体若属于主星族，一定是小质量的星体，我们称之为“红矮星”。这种红矮星在宇宙间比比皆是。宇宙间约有 3/4 的星体属于这种星体。那些明亮的红色星体蕴藏着许多谜。它们的星体表面的温度也是低的，单位面积上发出的光比太阳单位面积上发出的光弱得多。可实际上，它们放射出的光芒依然十分强烈。唯一能解释这一现象的原因是，这些明亮的红色星体比太阳大得多，我们称这类星体为“红色巨星”。

早先，我们曾认为这些红色巨星在冷缩过程中形成一些星群，刚诞生的星群会逐渐变小，同时也变得更热一点。然后，再继续冷缩下去，就变得很暗了，直到成为红色矮星群为止。但事实并非如此，因为它们释放出大量的光和热，以至于不能直接形成这些星群，而是在它们核心的位置上构成了一个原子核的熔炉。天文学家们进一步研究了核中心的氢化过程。他们发现红色巨星的演化过程不是在星体生命的早期发生，而是在晚期。

天文学家们还发现，氢聚合成氦，氦聚集在核的中心，形成“氦核”。氢化过程继续在“氦核”的周围进行，这个核心变得更加坚实，它收缩得更紧，但它的温度也在缓慢地上升。因此，随着聚合过程的进行，星体的温度是升高了，而不是降低了。

当星体核心的温度达到一定程度时，氦进一步合成为诸如二氧化碳、氧之类结构更为密实的物质。在这整个合成的过程中，将产生大量的热。但此时核外围的氢化过程仍在进行。两者加起来的热量比抗衡吸引力所需要的热大，于是星体就要膨胀。随着星体膨胀，热量在大面积上扩散，所以它的表面变冷。当表面的所有部分都冷却下来后，这个星体就变成红色的了。但如果要算总热量，则在整个膨胀后的表面上分布的热量还是比膨胀前的热量多。

有些星体的膨胀是间歇性的，时而膨胀，时而收缩，接着再膨胀，再收缩，如此下去，膨胀仍会占优势。对于这种膨胀和收缩的星体也可

用变星来称呼。当星体变成红色巨星时，它也就离开了主星序排列。我们最熟悉的一颗红色巨星是“猎户星座”中的“参宿四”，“参宿四”的直径有 11 亿公里，是太阳直径的 800 倍。若“参宿四”在太阳所在的位置发光，它将把整个太阳系包容在内。

83 . 太阳将会变成红色巨星吗？

虽说氢供应总有一天要衰竭，但并不意味着危险马上就要来临。太阳留在“主星系”里 100 亿年左右，而太阳刚刚走过了 46 亿年，才步入中年。当然，它会逐渐变暖，在它留在“主星系”的最后 10 亿年或 20 亿年里，地球上已热得不允许生命存在，但在这之前仍给人类留下 30 亿年的生存时间，并且人类会想办法延长这个时间，哪怕是一点点。

当然，如果人类想生存就得学会如何调节不断升高的温度。大约过 50 亿年之后，太阳到了垂暮之年，也会膨胀，其程度不会比“参宿四”更大，因为太阳的质量比“参宿四”星轻。太阳逐渐膨胀，可能大到足以毁灭地球的程度。除非我们或我们的子孙后代能改变行星的运行轨道，使它绕另一个“太阳”运行，或者学会如何在太阳和行星的间隙中生存。其实这已是历史走到尽头的话题了。

不同星体存在于“主星系”中的时间长短是不同的，这主要取决于它们的质量。爱丁顿曾发现，质量越大的星体，为抗衡万有引力作用而产生的热量就越多。与质量的变化相比，热量的增加速度更快，这就意味着巨星有庞大的氢资源，使得星球的膨胀速度加快，这样它在“主星系”里的时间比矮星要短，因为矮星中的氢资源较少。换句话说，质量大的星体，留在“主星系”中的时间短。

同太阳质量相等的恒星留在“主星系”里的时间约为 100 亿年，但质量较小的红色巨星所产生的热量使它成为一个略带红色的发出微光的星体，它在“主星系”中的时间可达 2000 亿年。那些极其明亮的星体，其寿命极其短暂。最大和最亮的星体，在“主星系”中的时间都不超过几十亿年。

84 . 为什么有些非常明亮的星球至今仍然存在？

这个问题提得好。我们曾讲过，巨星的寿命是短暂的，那么，为什么我们还能看到相当数量的巨星呢？它们为什么还能留在“主星系”里呢？为什么它们不在此之前就脱离“主星系”而变成红色巨星呢？如天狼星的质量是太阳的3倍，它把氢用尽的时间比太阳快20倍，因此，它留在“主星系”里的时间只有5亿年左右。如果天狼星像太阳一样，在46亿年前就存在了，那它应该在40亿年前就变成红色巨星了，但事实是，它至今未变成红色巨星。

唯一能解释这个现象的理由是，天狼星形成的时间还不到5亿年，在这段时间里，它还没有充足的时间变为红色巨星。同样道理，我们今天在天空中看到的那些属于“主星系”里的最明亮星体，早已在几百万年前就形成了，或者它们已经是红色巨星了。这就是说，宇宙形成时，各个星体并不是一起形成的，一些小的星体是在宇宙的早期形成的，并且至今仍留在“主星系”里。其他一些大小不等的星体都是相继形成的，并且有的已经在“主星系”里存在了一段时期，这一时期也许非常短，因此很快它就离开“主星系”了。同时，又有一些新的星体形成，并填补了这一空白。

我们可以肯定地说，太阳的形成比宇宙晚，因而它比宇宙年轻。太阳系形成时，宇宙已经存在很久了。若与现在的状态相比，太阳系不会有太大的变化。而且我们有理由认为，此时此刻星系还在形成中（我们将在后面章节中讨论宇宙究竟存在多久了）。

问题是，我们很难了解到星系形成的每个细节。首先，星系被淹没在巨大的云层、尘埃、气体中，我们很难透过这些障碍物看到它们发生的一切。此外，星系的形成需要一个过程，从天文学的角度看，这段时间不算长，但同人的寿命相比，这个时间是非常漫长的。如宇宙中常发生部分云被新星体俘获而塌陷在星系中的现象，这个过程需要百万年的时间，而从望远镜发明之日起到现在只过了800年，在这段时间里，我们对上述天文现象不会发现多少。虽然是这样，天文学家们仍然十分肯定地认为此时此刻星体还在诞生。

85. “白矮星”是什么？

一旦一颗红色巨星形成了，使之生存的各种聚变能中的绝大部分也就消失了，而且自此以后，聚变能消失的速度还要加快，照此下去，最多几百年后，它也就不能继续抗衡万有引力的聚集作用了。

如果我们把问题考虑得简单些，就会发现上述观点是正确的。因为，若红色巨星存在的时间过长，那么它们将因自己的体积庞大而塞满整个宇宙，使宇宙的空间变得很小。虽然宇宙中存在着的星体，最终都将经过红色巨星的温变过程，但事实上，天空中的红色巨星并不多，这就是说红巨星经短暂时间间隔后就要消失（作为红色巨星，也只能如此）。

当一颗红色巨星不再具有维持其生存和发展的条件时，它就要塌陷。其结果不会形成“主星系”中的那种星体，而是形成一种罕见的矮星。天文学家们早在研究星体的短时间演变的现象时，甚至是在红色巨星发现之前，就意识到矮星的存在。

1844年，F.W. 贝斯，这位最先公布了一颗星体实际距离的天文学家，潜心研究了天狼星的运动。通常情况下，星体是沿着一条路径有规律地缓慢移动的。但天狼星不是这样，贝斯发现它的运动形式呈波浪状的。贝斯认真思考了这种现象，最后得出结论，只有用一种我们知道的力量，才可能把它拉出原始运行的轨道，这种力量必然是另一星体的万有引力。假定天狼星不是单一的星体，而是一个“双星”，那么和天狼星一起在天空中运行的还有一个伴星。而且，在它们共同运行时，它们彼此间也绕着一个公共的中心运动。但只是这个中心穿越空间时画出了一个条直线。天狼星有时在中心的这一侧，它的伴星在另一侧。由于环绕的运动，使它们经过一段时间后交换了位置。天狼星和它的伴星绕公共中心一周的时间是50年，天狼星的质量为它的伴星质量的2.5倍，天狼星本身的运动轨道是呈起伏状的。

那么，贝斯为什么没有发现天狼星的伴星呢？符合逻辑的解释是：这颗星是一个“烧坏了”的星体。当时，人们还不清楚这颗星能量的来源，尽管如此，贝斯仍认为这是一颗能量耗尽了的星体，这个星体很暗、很冷，不过，它原来肯定也是绕中心旋转的。人们称它为“黑色伴星”。后来，贝斯发现 Procyon 星也有一个类似的黑色伴星。

随后，美国天文学家奥烈安·格利汉姆克拉克考察一个新型望远镜的性能时，发现在天狼星的旁边有一丝很暗很暗的光点。起初，他以为望远镜上有裂缝，可是，进一步研究后，他认为看到了一颗暗星。事实上，他发现的这颗星是天狼星的黑色伴星，此星的亮度是7.1级。如果不用望远镜，它发出的光根本不能用肉眼看到，它的亮度只有天狼星亮度的1/8000。但是，这颗星并不冰冷，也不黑暗，我们称它为“暗伴星”，更准确地说，它称为“天狼星B”，而天狼星本身称为“天狼星A”。

现在让我们研究一下“天狼星B”。从它对“天狼星A”产生的作用力来看，它的质量一定与太阳相当，但它的亮度又只有太阳的1/130，或多一点。

几十年后，我们研究了质量和亮度的关系，于是产生了一种疑问，即质量与太阳相当的星体，本应该有与太阳相同的亮度，可是为什么“天狼星B”就例外呢？这个问题在20世纪早期还无法理解，而且当时也还

没有引起天文学家们更多的注意。

让天文学家深感困惑的是：假定“天狼星 B”的光亮确比太阳弱，它的表面温度就应该低一些，而且应放出红光。事实却相反，它闪烁的光如同“天狼星 A”一样，是白光。若能得到“天狼星 B”的光谱，我们就可根据色谱和暗线的分布情况，确定出它的表面温度。

1915年，W.S.阿达姆斯首先探测到了金星大气层中的二氧化碳。他费尽周折地得到了“天狼星 B”的光谱，其结果令人吃惊，因为该结果表明“天狼星 B”的表面温度为1万，这个温度与“天狼星 A”表面的温度一样高，而且高于太阳的温度。

这就是说：在单位面积上，由“天狼星 B”表面放射出去的光比太阳表面放射出去的光多得多。那么，为什么“天狼星 B”射出去的光亮比太阳少得多呢？答案只有一个，就是天狼星的表面很小，即它是一个“矮星”，并且是一个非常小的矮星。于是，我们发现了一个“白热族”，由于非常小则称之为“白矮星”。

现在，我们已经知道了“天狼星 B”的直径只有1.11万公里，它比地球小，但它有着与太阳同等的质量。因为，只有这样才能有足够的万有引力迫使“天狼星 A”移出它原有的运行轨道。那么，一个与太阳同质量的星体又是如何挤进行星的行列中呢？

我们对“天狼星 B”的星体密度进行了推算，其值大约是3300万克/立方厘米，相当于元素铁的密度的150万倍，而铁是我们所知的地球上密度最大的物质。此外，“天狼星 B”上的重力是地球重力的46.2万倍。

阿达姆斯的研究成果问世之前，上述数字被认为是荒谬的，因而得不到人们的重视。因为，当时的人坚信任何物质的密度都不可能那么高，即使把铁放在强大的压力下，也不可能使它的体积减小一点。就在阿达姆斯的发现公布以前，卢瑟福就指出，原子是由中心核子组成，它是一种极小的微粒，实际上它包含了原子的全部质量。在星体的核上若施加高温和高压，星体上的原子就要破裂，原子核内的核物质就可以自由移动。我们把这种裂变的原子称做“衰变物质”。

太阳系里只有原子核心是衰变物质，而白矮星上全都是衰变物质。当一颗红色巨星塌陷成一颗白矮星时，它外层空间中包含的氢就被吸散而离开星体了，最终消失在了外层空间。在白矮星形成的那段时间里，常被一层气体包围着，星球周边气体吸收到的光比核心部分吸收到的光要多，所以我们看到的是“行星状的星云”，因为，此时星体周围的气体占据了行星运行的轨道。

一旦一颗白矮星形成后，它的能量消耗就将极其缓慢，以至于达到冷却状态要用相当长的时间。因此，我们认为：任何一颗白矮星都不可能活到它完全黯淡下来之时。宇宙中大约有30亿个白矮星。因为过于昏暗，我们只能看到离我们较近的一些白矮星。

86. 新星是什么？

在我们探讨星体的演变过程及某星体在这一过程中的特征变化时，人类沿用亚里士多德观点的时间已经相当长了。按他的观点来说，宇宙是完美的和永恒不变的。的确，星球的演变是非常缓慢的，以至于人类在有生之年，甚至是在几个世纪的时间里，也很难观看到这些变化。

有时，人类确实能看到一些变化，那可能是突然出现在夜空中的一颗新星，而在此之前，人们却没有看见过它。据史料记载，首位观测到新星的人叫做喜帕恰斯，他曾在公元前 134 年在“天蝎座”附近发现过一颗新星。对这一发现我们很难确认，因为它只是在两个世纪以后由罗马作家布莱梅记录下来事情。

2 世纪初，古希腊的天文学走向了低谷。在这之后，世界上最优秀的天文学家出自中国，他们在 2 世纪初到 12 世纪之间发现了一系列的新星。所有这些星体都非常亮。1006 年，他们发现了一颗比金星亮 200 倍的新星；后来，又在 1054 年发现了另一颗新星，其亮度是金星的 2—3 倍。

这些新发现的星体，没有一颗是欧洲天文学家的贡献。究其原因当时的欧洲天文学还处在低潮；另一原因是，即使这些星体非常亮，但对那些不经常观测太空，又不熟知星座图案的人来说，是很难做出判断的；原因之三是欧洲人信奉亚里士多德的理论，认为宇宙是永恒不变的，即使是看到了新星，也不愿意承认它的存在。

所有这些由中国人发现的新星的各种特征都是相似的，但有一点例外，即它们的出现都是暂时的，它们都很亮，行动却与其他星体无关。因此，它们不可能是流星或彗星。并且，它们越亮，在天空中出现的时间就越长。不过，没有一颗能存在很久的时间，就连 1006 年发现的那颗比金星亮得多的新星也不例外，它只存在了三年，在这三年中，它渐渐变暗，直到完全消失。

1572 年是天文学史上的转折点，人们在“仙后座”发现了一颗新星。当初，它的亮度是金星的好几倍，甚至在白天也能看到它，在漆黑、无月光的夜晚，它能投下微弱的阴影。此时，欧洲的天文学正在复苏，伟大的天文学家泰霍·布莱赫就生活在这个时代，他看到了这颗星，并对它进行了长达 16 个月的观察，在晴空万里的夜晚，他凝视天空对其进行观测。16 个月后，这颗星消失了。他把观测结果写进了一本书，书名为《新星》。从此以后，像这样的星称为新星。

1604 年，约翰内斯·开普勒在蛇夫星座发现了一颗不很亮的新星，开普勒仔细观察和研究了它。

五年后，望远镜问世了，天文学家们开始用各式各样的工具研究星体了。但命运好像在捉弄我们，自 1604 年以后，再也没有一颗比行星亮的新星出现在天空中。

可以肯定的是，19 世纪出现的新星都是中等亮度的。有几颗新星看上去像一等星，但不像木星或金星那么近、那么亮。1901 年在“英仙座”出现了一颗新星，称作“英仙新星”，它几乎同“织女一”一样明亮。更明亮的是 1918 年出现的“天鹰新星”，这是 1604 年以来发现的新星中最明亮的一颗，它几乎同天狼星一样明亮。此外，人们在 1934 年和 1975

年分别发现了“武仙新星”和“天鹅新星”。

在望远镜发明之前，新星对于人类来说完全是陌生的，人们不清楚它们来自何方，也不知道它们将消逝在何处，它们会不会是上帝就某些灾难而给人类的提示呢？它们是不是天堂中正常秩序被破坏的征兆呢？毫无疑问，中世纪时没有一位天文学家提及过这个问题。

是望远镜改变了一切，如“英仙新星”并没有衰减，也没有消失，而是因为它变暗了，以至于人类仅靠肉眼观察是看不到的，但通过望远镜我们依然能捕捉到它。这对其他新星同样成立。后来，从拍到的照片中也证实了这一点，那些很暗的星体依然在它应在的位置上。

这是怎么回事呢？难道是原来很暗淡的星体突然变亮的缘故吗？人们猜想：这些星体会在短时间内成千上百倍地增加起亮度，然后又衰减下去，渐渐恢复到原始状态。人们在这些星体储备过“新星”阶段后，仔细地拍照下它们的照片，从而发现这种星体外有一团云状的气体残迹，仿佛是爆炸后出现的物质云。随后，渐渐恢复到了原始的状态。

这种猜测又会引出另一个问题：即为什么平稳而安定的发光星体会不定期地突然爆炸呢？1954年，美国天文学家莫尔夫·霍克对20年前发现的武仙新星进行了研究，他发现这是颗双星，即两颗围绕着一个共同中心旋转的星体，其中一个白矮星。这两颗星和“天狼星A”及“天狼星B”非常相像，不过“天狼星A”和“天狼星B”相距较远，这是它们之间最大的区别。武仙新星的两颗星相距从来不超过10亿公里，它们相互围绕转动已有50年之久了。这对星体相互围绕旋转一周需4.5小时，这就意味着它们彼此之间靠得非常近。实际上，它们之间的距离只有150万公里。

由此可见，它们作用于对方的引力是巨大的。当热氢气从某个巨大的星体上缓慢地飘到小巧的白矮星上，且其聚集量在白矮星上达到一定值并被强大的引力压缩到非常紧的状态时，就可能在放电的那一刹那，使之发生核爆炸，这将是一次剧裂的核爆炸。在这种情况下，一颗新星诞生了。

1954年以来，人类发现的所有的中等亮度的新星都是双星，而其中的一颗是白矮星。这就是说，我们能够肯定地说太阳不是突然形成的，原因是它不是一颗双星。

87. “超新星”是什么？

与泰霍·布莱赫和开普勒所研究的巨星及中国天文学家研究的早期“新星”相比，20世纪所发现的“新星”就没有那么明亮。1934年，瑞士天文学家富瑞茨·泽威克给这种明亮的新星起了个名字，叫“超新星”。

“超新星”的研究开始于法国天文学家卡尔·莫森。这里暂且不讨论观测及明亮程度的测定问题。莫森是个彗星问题专家，他偶然发现了空中的一块云团，这块云团后被证实不是彗星。18世纪70年代，他列出了这块云团的一些数据，以便引起天文爱好者的注意。莫森列的表中，称这些云团为M1、M2……每个名字后面都缀有数字，莫森认为，它们比彗星更为重要。在莫森表上列出的第一块云团叫M1，它是“金牛座”处的一块云团。

1844年，英国天文学家威廉·帕森斯伯爵对M1进行了仔细的研究。他自制了一架非常大的望远镜，但因为操作太复杂，并因安装在爱尔兰，而爱尔兰晴天甚少，所以没有得到充分利用。虽然如此，他仍坚持研究，并发现M1像是漂动的云雾一样，中间有像弯曲的灯丝一样的光亮。他给这些“弯曲的灯丝”取名为“蟹状星云”，至今我们还在沿用该名。

美国天文学家约翰·卡尔·达肯于1921年再次对M1蟹状星云进行了研究，他认为这块星云比罗斯认可的还要大。云层好像在不停地扩张。这一结论也被美国另一位天文学家埃德温·帕维尔·哈勃发现了。从星云所处的方位来看，它可能是1054年生成的“新星”爆炸后的残留物。天文学家们测出了星云的扩张率，通过推算得出爆炸发生在900年前。

一颗“超新星”产生于星体爆炸，它同普通新星的形成原因一样，只是爆炸的程度不一样而已，产生超新星的爆炸更剧烈一些。但是，是什么原因引起的超爆炸呢？

解答这个问题的第一位天文学家是印度人萨而拉赫门亚·肯德若塞哈尔。1931年，他正在英国工作。通过计算，他得到了白矮星的质量。我们知道：星体的质量越大，在万有引力作用下，星球本身被压缩的程度越高。肯德若塞哈尔发现了一个极值点，当质量超过此值时，爆炸是很轻易的。这个极值点称做“肯德若塞哈尔点”，它等于太阳质量的1.44倍。当白矮星的质量超过此值后，它就不复存在了。

最初，这个极值位点显得并不太重要，因为95%的现存星体的质量都不超过太阳质量的1.44倍，它们都能发展为红色巨星，而且毫不费力地缩成一颗白矮星。

甚至一些质量很大的星体也能变成白矮星。因为，一颗质量大的星体变成红色巨星时就会产生塌陷现象。其内部塌陷、外部扩散时，就形成了一颗带有星云的行星。看上去这种假想是很自然的，因此尽管一颗红色巨星的质量很大，但内部塌陷的质量总比太阳质量的1.44倍小。所以，它也很容易形成白矮星（事实并非完全如此，我们会在后面给予解释）。

现在假设有一颗白矮星，质量几乎就是太阳的1.44倍，其差值很小，并假设它是相距较近的双星系统中的一颗，而另一颗是正常的星体。这颗白矮星将不断地吸引那颗正常星体上的物质，从而使自身的质量增

加。即使这些被吸过来的物质是氢或是其他正在演变过程中的物质，它们也都会变成氦，成为白矮星的机体。结果这颗白矮星变得越来越重，最后它的质量超过了肯德若塞哈尔极值点。

出现这种情况后，白矮星就不能够维持它的原有结构了，爆炸就开始了，其剧烈程度远远超过普通“新星”形成时的爆炸量的百万倍。这就是“超新星”。由超新星发射的光芒被淹没在几十亿颗新星闪烁的光芒之中，渐渐消失了。整个白矮星就毁灭了，什么都没有留下。这样的爆炸结果称之为“Ⅰ型超新星”，另外还有“Ⅱ型超新星”。相比之下，Ⅱ型比Ⅰ型的爆炸规模略小一些。

显然，我们的太阳不会成为超新星，如果它能变成白矮星，其质量也会低于肯德若塞哈尔极值点。并且，它没有伴星，也就没有吸收物质使之重量增加的条件。

“Ⅰ型超新星”的波谱表明它不含有氢，说明由爆炸的白矮星形成的这颗星，在红色巨星塌陷而变成白矮星时，就把氢耗尽了。塌陷后的核心部分没有氢。

“Ⅱ型超新星”的波谱表明它含有相当多的氢，这说明形成这一新星的红色巨星在爆炸过程中未过渡到白矮星阶段。因此新星是由红色巨星直接形成的。质量越大的星体，形成的红色巨星越大，星体塌陷的规模越大。若星体足够大，塌陷发生得既突然又剧烈，以至于塌陷部分里留下氢，并被压缩。这样一颗新星诞生了。

“Ⅱ型超新星”与“Ⅰ型超新星”还有另一个区别，即白矮星爆炸形成的“Ⅱ型超新星”没有留下任何痕迹，而红色巨星爆炸塌陷形成的Ⅱ型超新星留下的是一颗残星。

留下的残余物并没有成为一颗白矮星。原因是，当星体的质量足够大时——至少超过太阳质量的20倍，塌陷后留下来的物质超过了肯德若塞哈尔极值点。由于重量太大，所以不能形成白矮星。或者，因塌陷太剧烈的缘故，在万有引力的迫使下，物质向内聚集，塌陷部分的质量小于太阳的质量，这样就有可能超越过白矮星阶段。

但是，塌陷了的星体碎片怎么就超过了白矮星阶段呢？

1934年，咨维柯和美国物理学家J·罗伯特·奥本赫莫各自独立地对这个问题进行了推测。他们认为白矮星应由游离的原子核和电子组成，而且电子的运动好像制动器一样可以防止塌陷面波及太广。但是，这个制动器阻止聚缩的能力有限。如果星体的质量太大，或者塌陷的强度太大，那么电子就会被迫同核中的质子结合而形成中子。于是新生成的星体将由不带电的中子组成，这些中子聚在一起，彼此一个连着一个，形成了由中子组成的“新星”，“新星”把自身与太阳同重的重量挤在不超过14公里的小球内，从而形成了一个中子星。

这是一个很有趣的推测。但是，在本世纪30年代前我们还没有能力探测到这么细小的物体。如果“天狼星B”不是一颗白矮星，而是一颗中子星，它就会迫使“天狼星A”沿波形路线运行，而它放射出去的光也只有现在强度的1/750000，其星级只能是20级，它也只能靠最先进的望远镜才能看到。天狼星是离我们最近的白矮星。天文学家们认为，其他任何白矮星若由“中子星”代替，我们是探测不到的。

88. “超新星”对人类起什么作用？

天文学家们认为“超新星”与生命有关，若没有超新星，就不会有人类，地球上就没有了生命，而地球本身也不会存在。在宇宙刚刚诞生时，只有氢和氦这两种最简单的元素存在着（当然，不会有人观察到这一点，但科学家们为证实这一论点想尽了一切办法，尽管有争论，具体细节上又很难肯定。我们会在后面详细地讨论它）。早期的星体是由氢和氦组成的，但星体核心有可能存在着更为复杂的微粒，如二氧化碳、氧、氮、硅等甚至其他更为复杂的元素，如铁。即使一颗星体变成了红色巨星，而后又塌陷了，这些元素也仍然能留在聚缩的核心里。

只有当“超新星”发生爆炸时，这些复杂的元素才能散射到空间里，并同宇宙中的气状云雾混在一起，形成尘埃。当一颗星体从这样的“被污染过的云”中生成时，就形成了“第二代星”，它们的组成中包含着这些复杂的元素。

太阳就属于“第二代星”，地球上每个原子及我们身体内的每个原子都曾是爆炸的星体核心中的一部分。没有“超新星”太阳系可能只有氢和氦，地球和它上面的生命也不会存在。

大约 46 亿年前，太阳系由含复合原子的尘埃和气体云层形成。而这些复合原子已在星体内部演变发展，通过超新星的爆炸扩散到了空间。上述的云层也已存在了几十亿年。那么，它们是在什么情况下收缩和凝聚的呢？

我们确实不太理解这一问题，有人猜测：一颗近距离的“超新星”释放出来的气浪迫使着自身靠近离自身最近的云雾，随之进一步收缩，最终形成了太阳系，其中包括太阳和地球。若这一猜测是真实的，就能进一步说明没有“超新星”就没有太阳系的道理。再进一步说，生物的进化也应归功于“超新星”。当生物有机体繁衍时，不需要一丝不差地进行“复制”，如果是复制式的，那么生命形成的初期（简单的细胞有机体）就没有演变，而只有偶而出现某种偏离，生物才能或多或少地进化，生命形态才能变得更多样化，更加适应它们周围的环境。

这里，由于各种因素，使有机体产生有异于它自己的繁衍的最重要和最本质的原因是宇宙射线（关于这一点，后面还有机会解释）。这些射线就是由“超新星”爆炸产生的。地球上的生命之所以跨越过细菌阶段而演变就是基于这个原因。

89. 环绕其他恒星旋转的星球上有生命吗？

在前面，我们已经做出了结论，即在太阳系里，除了地球之外，其他星球上不会存在与人类相似的生命形态。“木卫二”和“土卫六”可能是个例外。我们要问：在环绕其他恒星的星球上会有生命存在吗？

在我们得到确切答案之前，我们必须回答这样一个问题：是否行星都围绕着恒星转动呢？几百年前，恺撒的元帅尼古拉确信行星绕恒星旋转的观点，当代天文学家也认为这是对的。若太阳系是由尘埃和气体云演变来的，从而形成了各种星体。那么，其他星系也应该如此。也许，宇宙间的所有星球都是这样形成的。

可是这是个不成熟的猜测。暂且不说我们的太阳系。我们若能发现某个恒星上有一个行星体系，问题就好解释多了。可是，到目前为止，即使用最先进的工具，我们也没有发现某个星系里有行星绕着恒星旋转。像这样的行星应在 4.4 光年以外，即使它们存在，且绕最近的一颗恒星旋转，同时靠反射恒星的光来将自己照亮。我们人类要想在这么远的地方以外看到它，它必须足够亮。假设这颗行星是绕离我们最近的恒星旋转，它也会被这颗恒星发出的强烈光芒所淹没（这与木星的四颗巨大卫星一样，木星的卫星可以反射出足够的光亮使人类看到，可是离我们很近的木星反射出的光亮远远超过了它们）。于是木星的光芒把它们遮盖了，我们也只能借助于望远镜才能看到它们。

另一个研究方案是：贝塞尔之所以发现了“天狼星 B”，是依靠了因万有引力的作用迫使“天狼星 A”的运行轨道变成了波浪型这一事实，而不完全是借用了望远镜的功能。那么，同样的现象有没有可能发生在一颗或多颗行星围绕旋转的恒星上呢？

从理论上讲这是可能的，尽管这种现象很微妙，毕竟“天狼星 B”的质量与太阳是相等的。那么，一颗行星的质量若是太阳的 1000 倍，我们就幸运多了。如果行星不是一个，而是多个，它们分散在恒星周围，其中一部分引力作用就会互相平衡掉，除非它们中间的某颗星的质量比其他行星的质量之和还要大很多（正如太阳一样）。

探测太阳系之外的行星，最好的方案是找到一颗离我们最近的恒星，我们可以更准确地测出它运行轨道上的偏差，尽管这个偏差值很小，即便是一颗行星也足以产生这一效果，但这颗行星本身要有足够大，可以产生相当强的吸引力。

彼特·凡·德·卡姆普这位荷裔美籍天文学家为此调查了离我们最近的一些小星体。他发现这些较近的小星体，如“天鹅座 61”、“拉兰地 21185”，特别是巴纳德星系，在运行轨道上都有一些细微的不规则。

上面提到的巴纳德星系是以天文学家巴纳德的名字命名的，他在 1916 年第一个发现了这颗星，该星在所有星系中以最快的速度 and 独特的方式运动，至今仍然如此。它在 180 年里移动的距离相当于一个满月的直径。对于一颗恒星来说，这个尺度够大了。部分原因在于它是第二个靠近地球的恒星了，它离我们只有 5.97 光年。另外，这颗星又相当小，因而是颗暗的“矮星”。从它的运动规律上观察，卡姆普认为他已探测到了一个与木星有同样大小的行星在绕着它旋转。他还在他所研究的其他星系里发现了一些类似的大行星。但是，他的工作只限于他的工具所

能探测到的极限以内。后来的科学家们断定他的研究成果是不可靠的。

另一方面，我们在前几年发现了一些很亮的星体被尘埃所包围，人们肯定会想到这是一些链状星带，而这些星状物存在的地方就可能是大的行星。但我们始终没能观察到，不过人们对这种推测还是相当满意的。

如果有行星绕着恒星旋转，那么，在这些行星上是否有生命存在呢？它能给人们什么启示呢？

不是所有的行星上都有生命存在，正如我们太阳系一样，存在生命的行星上必须具备一定的条件。

条件之一是：行星必须有一个固定的运行轨道，若运行轨道是飘忽不定而不规则的，那么行星上的温度可能升至沸点以上，或有时降至南极温度以下，因此，找到一颗适合生命生存的地方太困难了；条件之二是，星体必须有足够的质量，这样它才能抓住大气和海水，但这个质量并不是大得能将氢和氦聚合的程度。

但是，即便星球的质量合适了，也还要有适当的化学组成和一个稳定的自转轴。它离自己的恒星既不太远，也不太近，这样，它的温度才能使水保持在液体的状态（地球上除极地以外，其他地区就符合上述条件）。这些条件在多数情况下，取决于恒星的种类。例如，比太阳质量大的恒星往往不太容易有自己的行星。它们在主星系中的寿命是非常短的。生命存在于地球上已有 30 亿年了。在此之前，有机体还处在贝类形式，若按一般的进化速度计算，有的行星上，如围绕天狼星旋转的行星上，除了有一些最简单的细胞体之外，不会有其他生命。因为刚诞生不久的天狼星，在 5 亿年之后就要变成一颗红色巨星，而且绕其旋转的行星也将被毁灭。若恒星的体积很小，也很暗。有生命的恒星必须离之很近，以便从它身上获取足够的光亮和热量来维持生命。但是，在这种距离很近的情况下，潮汐作用将使整个星体的一面朝向恒星。这样，行星的温度一半过热，另一半过冷。

这就是说，我们需要的是像太阳那样大小的恒星。

那么这样的恒星不可能是相距甚近的双星中的一颗，也不可能是受周围其他恒星辐射较强的区域中的一颗恒星。假设 300 颗恒星中包含着一颗适当大小的行星，它的组成是各种化学成分、温度也适合于生命的繁衍。这样计算的结果，意味着太阳系以外有成千上万颗行星生存着生命物质。

尽管如此，有多少行星能使生命进化演变到高级生物阶段呢？又能有多少机会使高级生物进化成像人类这样聪明而又智慧的生命呢？

对上述问题的回答并不乐观，地球自有生命的形式出现之前已存在了 46 亿年，它完全有繁衍进化的机遇和能力。

虽然其他星球上生命演化的机会很少，但这些星球上的变化也是数以千万计，于是就会引出其他的问题：这些演变能持续多久呢？

当高级生物学会了处理巨大能量资源的时候，就有可能用它来达到自我毁灭的目的。目前，进化到相当高级的人类已把丰富的能源用于战争，从而破坏了我们生存的环境。如果用这一事实去衡量的话，可以推断，宇宙间有许多行星至今还没有进化到这个程度。同样也包括了一些曾经经历了这些事实，而目前又已毁灭了的星球；也包括一些有生命现象，但还没有完成全部进化过程，还未来得及毁灭自己的星球。

大概在 1950 年左右，意大利的美籍物理学家恩瑞库·费尔米提出了这样一个问题：它们在哪儿呢？其意是说，如果有的星球完成了高级生命的演变过程，他们为什么没有像我们人类一样，出现类似的生命形式呢（所谓飞碟的流传和远古太空人的传说是不可信的，因为证据不足）？

或许，外星人尚未出现，是他们所在的星球离地球太远；或者，他们已拜访过地球，因希望地球上的人类能和平地生活而未加干扰；或许，是其他原因所致。我们对此不能做出肯定的回答，因为事实上没有外星人来过地球，其他地区也未发现过外星人。

一些天文学家正殷切地期望着能找到外星人存在的证据，我们在后面的讨论中会回到这个话题上来的。

90. 什么是球形星团？

恒星不一定都像太阳那样单独存在着。赫歇耳发现了双星，而且证明天空中超过半数以上的恒星是双星。

恒星也存在于较复杂的星团中。甚至在有望远镜以前，人们就赞美昴宿星团了。它是金牛星座中的一组恒星。昴宿星团包括六颗能被肉眼看到的恒星，然而有些人能看到第七颗星。在 1610 年，伽利略用望远镜观察它时，发现可以数出 36 颗星，现代照片展示出 250 多颗。

昴宿星团只代表一个小星团。星团受影响的转折点形成了前面提过的莫森表。表中的第十三项 M13 是一个武仙星座中的模糊物体。当威廉·赫歇耳用比莫森先进的望远镜，研究了 20 年后，发现它是由众多恒星紧密聚集在一起的巨大星群。现在被称作伟大的武仙星团，至少包括 10 万颗恒星，因为其外形像个球，它是之所以被称为球状星群的例子。现在大约知道了 100 个球状星团。球状星团按奇数不对称分布。英国天文学家约翰·赫歇耳指出它们不是均匀分布于天空的；它们大部分位于天空中的一侧，事实上，另一侧一个也没有。实际上，足有 1/3 的球状星团位于人马星座，这仅组成 2% 的天空。

我们不久将看到，此观测结果是非常重要的。

91 . 什么是星云？

天空中的所有事物不都是由恒星和星团组成的。

在 1694 年海更斯看到并描述了猎户星座中的一个明亮的模糊区域。它看上去像一片发光的云，后来被称为星云，星云只是拉丁语的云，如今，海更斯描述的星云被认为是猎户星云。我们知道它是一个巨大的由尘埃和气体组成的云状物，大约有 30 光年宽。如果把整个太阳系即从太阳到最远的彗星。放入到猎户星云中，太阳系将消失在星云的无限空间中，甚至能够轻松地容纳太阳及其邻近的 12 颗恒星。事实上，猎户星云包含着许多恒星，这些恒星通过反射光线使星云闪烁。

1864 年，英国天文学家威廉·哈金斯主管研究猎户星云的光谱。它是在黑色背景上呈现出一根根单个的亮线，正如人们对高温气体的猜想一样，同时它是一个巨大的云状物（也许与太阳系的类型一样），这一论断也被证实。实际上，猎户星云是一个区域，天文学家有理由确信，目前在区域新的恒星正在形成。许多其他形状各异的发光星云也被探测到了，有的非常美丽。

然而，星云并非一定是一个发光体。一个星云若不含有星星，那它就是一个暗星云。例如，赫歇耳在布满星星的区域里准确定出了情况相反的小的暗区域，在这个区域里，没有星星闪耀。赫歇耳为此感到困惑，猜想它们代表不含有星星的通道，也就是说，通道口碰巧正对着我们。

然而，存在着那么多暗区域以至于使这个解释似乎不合适了。决没有那么多通道的通道口恰好正对着我们。

大约 1900 年，E·E·巴纳德和德国天文学家马克斯·F·J·C·沃尔夫各自独立地提出通道是暗星云遮蔽了位于星云背面的星星所发出的光线。显然，布满星星的天空充满了吸收某些宇宙光辉的尘埃云，事实证明阐明星星在太空中是如何分布的具有重大意义。

92. 什么是银河系？

如果我们用肉眼粗扫一下天空，好像我们看到了天空中所有的星星。没有什么地方的星星看上去特别密，也没有什么地方的星星看上去特别稀。由此我们可得出结论，对我们而言，星星在各方位是平均分布的，而且，如果星星作为一个整体能够构成具有一定形状的集合体，那么此形状一定是球形。显然，所有大的天体都近似为球体，为什么不能把整个银河系看作是一个球体呢？

当然，我们用肉眼看到的星星仅有 6000 颗，这些星星大都是离我们相当近的。如果我们使用望远镜会发现什么呢？答案是我们看到了更多的星星，而且它们好像也是均匀地分布在天空中的——除了银河。

用肉眼观察，银河是一条弱光带（如今，如果我们居住在城市里，就很难看到银河了，这是因为天空被人工照明映亮了）。它看上去是淡乳白色。事实上，有一个关于它的神话故事：从前，宙斯的妻子赫拉正在给婴儿哺乳时，她的乳汁流入了天空就形成了这条弱光带。希腊人把它称为 *galaxias kyklos*（银环），罗马人称之为 *via lactea*（银河），由此我们就得到了它的英文名称。

但是，真正的银河是什么呢？如果我们不考虑神话故事，那么我们可以首先想到古希腊哲学家德谟克利特，大约于公元前 440 年，他提出银河实际上由大量的星星组成，这些星星无法被单个分辨开。但是它们聚集起来发出柔和的光。虽然这个观点没引起人们的重视，但是它恰恰是完全正确的。就在 1609 年，伽利略把第一架望远镜对准天空并发现银河容纳了极大数量的星星时，这个理论被证实了。

“极大数量”是指多少？人们看夜空时的第一印象是星星是数不清的，它们太多了以至于无法计算。但我已提过几次，用肉眼所能看到的星星的总数仅仅大约为 6000 颗，通过望远镜看到的星星的数目就大多了。那就意味着它们是数不清的吗？

在银河方向的星星非常密，但在其他方向上星星就相对稀少了，这意味着我们必须抛弃形成球状结构的星体的整体概念。如果是那样，各个方向上的星星数目与银河方向上的星星数目应该一样多，而且，随着较近的星星以弱光为背景而闪烁着（没有现在壮观），整个天空将被照亮。

那么，我们必须假设，星星存在于非球状的大星团中，且在银河方向上比在其他方向上延伸得更远。既然是这样，那么银河显示出星星都聚集成透镜形或汉堡包形。这种透镜形的星团被称为银河系（来自银河的希腊语释义），同时由于我们看到的环绕天空的暗光带的原因，银河这个名字被保留下来了。

第一个提出星星存在于掩光星系中的人是掩光天文学家托马斯·赖特。他于 1750 年提出该建议，但他的想法好像很混乱和不可理解，以至于开始时很少有人注意他。

当然，即使银河系是透镜形的，它也可以永远在长径方向上延伸。尽管在银河的外面只看到比较少的星星，但在银河内部却存在着无数的星星。

为了说明问题，威廉·赫歇耳统计了一下星星的数目。自然，在一

定时间内，指望数清所有的星星是不可能的。

赫歇耳选择了 683 个小区域，它们均匀地分布在天空中，然后统计每一区域里用望远镜看到的星星。用这种方法，他得到了我们现在称为天空中的“假想的民意测验”的星星数目。这是第一个把统计学应用于天文学的例子。

赫歇耳认为每个区域里的星星的数量与它接近银河的程度有关。在所有方向上，星星数目随趋近银河程度的增加而稳步地增长。从他统计的星星数目上看，可以估算出银河系的星星的数目以及银河系可能有多大。1785 年，他宣布了结果，并提出银河系的长径大约是太阳到天狼星的距离的 800 倍，短径是此距离的 150 倍。

半个世纪后，天狼星的实际距离被算出来了，可得出赫歇耳认为的银河系的长径是 8000 光年，短径为 1500 光年。同时，他算出银河系内有 80 亿颗星。虽然这是个巨大的数目，但不是不可数的。

在近两个世纪内，天文学家用比赫歇耳所能用的好得多的仪器和技术探索了银河系，如今了解到银河系比赫歇耳所料想的要大得多。在长径方向上至少延伸出 10 万光年，可能拥有 2000 亿颗星。不过可以说，我们确认了银河系以及星星不是无数的而是可计算的，这是赫歇耳的功劳。

93. 银河系的中心在哪儿？

自从 1805 年，赫歇耳发现太阳相对附近的星星是运动的现象之后，就推断出太阳不是银河系的固定中心。然而在银河系内，仿佛有一个中心或近似中心的位置。

碰巧，银河差不多是被均匀照亮的，这使太阳位于银河系中心的假设有些合理化了。如果银河位于中心的一侧，则此方位比其他方位看上去要厚且亮。从银河系中心向边缘附近看去，我们会发现星星比较少。另一方面，朝其中心望去，我们将面对银河系的遥远的另一端，在那似乎拥有大量的星星。

然而，不管它看上去多合理，太阳一定在银河系中心或中心附近的理论是站不住脚的。如果是真的话，不仅银河里的所有星星应是均匀分布的，而且银河系的其他方位也应是对称的，但并不是这样，毕竟存在着我们前面讨论过的球状星团。它们中的大部分位于天空一侧，而且 1/3 是在人马星座里。

为什么会出现如此独特的不对称现象呢？在 1912 年，美国天文学家亨利埃塔·斯旺·李维特在研究麦哲伦云时，此答案才开始形成。两个模糊的斑片，即大麦哲伦云和小麦哲伦云，看上去像银河中被分离出来的部分。只能从南半球看到它们，而且以第一个看到它们的欧洲人费迪南德·麦哲伦的名字命名的，他是在 1521 年，横渡位于南美洲最南端的麦哲伦海峡时发现的。

约翰·赫歇耳于 1834 年在非洲最南端的天文台研究它们时，发现它们像银河一样是由众多星星组成的，麦哲伦云在天空中延伸出许多光年，但由于它们离我们太远，以至于可粗略地认为它们到地球的距离是相同的（就如同人们虽然散布在芝加哥城的各处，但这些人到巴黎的距离是近似相同的）。

小麦哲伦云有一些仙王座的变星，它们离我们大致一样远，这种星是约翰·古德里科于 1784 年发现的。仙王座变星是一种变化的恒星，其特性由质量和距离两个因素决定。而且，亮度是随着星的质量的增加而增强，随着与我们的距离的增大而减弱。因此非常亮的仙王星或是非常大，或是离我们非常近。但要分清哪一个假设是真的，一般是不可能的。但既然认为小麦哲伦云中的所有仙王座变星到地球的距离大致是相同的，在这种情况下，可以不考虑距离。如果发现小麦哲伦云的一颗星比另一颗星亮，那我们就该明白我们就可断定我们感觉较明的那颗星一定是两颗中较大的，而且事实上也是如此。李维特发现在小麦哲伦云中，仙王座变星越明越亮，其变化周期越长，发光度与周期之间存在着一致的关系。

那么，假如你知道某特定的仙王座变星的距离，就可测得它的周期。根据这些条件，你可以确定它的发光度，并得到由李维特发现的发光度周期曲线图。

那么，你可以研究任何其他的仙王座变星。根据它的周期，通过李维特的曲线图，可知道它的发光度，再以此为根据，可得到天空中这样亮度的星星位于多远处。用这种“仙王座变星的标准”可测量星星的距离，但因距离太远而产生了测量误差。

可是，我们明白，由于视差，即使是最接近的仙王座变星也因为离我们太远而无法确定它的距离，所以我们没有距离图表，而它必须是首先建立的。

然而，在 1913 年，赫茨希普鲁（发现了红色巨星）通过细致的推理，设法解决了一些无视差的仙王座变星的距离，这样就建立了标准。

在 1914 年，美国天文学家哈洛·夏普利把标准应用于他指定的不同的球状星团中的仙王座变星。他得到每个星团的距离，然后在它们各自的方位和距离上设计了它们的模式。这给他提供了所有球状星团的三维模型，他发现该模型形成了一个近似的天体球，它的中心在人马座外几千光年处。

夏普利认为球状星团的范围在银河系中心，因而好像离我们很远，这一假设是合理的。事实上，他过高地估计了距离，如今，我们知道太阳不是位于银河系中心或中心附近，而是向一侧偏 3000 光年。

既然是这样，为什么我们没觉得银河在人马座方向上比在其相反方向上要亮得多？事实上，某种程度上，银河在人马座方向上要比在其他方向上亮且复杂，但是我们不能看到银河系中心和边缘。在银河中杂乱分布的暗星云掩盖了那个方向上的绝大多数星星。

也就是说，当我们看天空时所看到的只是银河系的相当小的部分，它构成了距太阳系最近的外部区域——我们的邻居。如果只考虑银河系的这部分，那我们就位于它的中心附近，但是我们离它的实际中心还很远。

94. 什么是多普勒效应？

为了更多地了解银河系，我们必须研究确定星体运动的方法。当哈雷发现彗星在运动着的时候，他只能测量它们走过的可视路线（固有运动）的路程，它们仿佛是在沿天体滑动着。然而，一旦天体不存在了，而且星星穿过广阔的太空分布在距我们较近或较远处，变得十分明显，问题就出现了：某一特定的星体是正朝向我们运动，还是背离我们运动着呢？此运动（相向或背向）被称为径向运动，因为星星被看作在沿着轮辐（或半径）朝向或背向我们运动着，此轮以地球为中心，远离我们延伸出去。

我们如何才能探测出这个运动呢？如果一颗星正径直地背向我们或朝向我们运动，那么它在太空中的位置是不变的。当然，如果它们背离我们运动，它将在天空中变得越来越暗。如果它稳定地朝向我们运动，则会变得越来越亮，但是星星离我们那么远，而且相对那巨大的距离而言移动是那么缓慢，那么星星用几千年而改变的亮度完全可以用精密仪器探测出来。此外，即使一颗星是以固有运动穿过太空，它也可以是朝向或背向我们运动以至于它在三维空间中存在着倾斜运动。如何才能观察到这种运动呢？

此答案是在从地球上观察到的一个现象中被发现的，好像与星星无关。如果一个骑兵正在军事进攻中冲锋，吹号以鼓舞自己军队的士气而威吓敌军，当他移向一个静止不动的收听者时，号声好像改变了音高。当掠过时，声音突然呈现为较低的音高。

这个现象在战争最激烈时没有被发现，但在 1815 年，英国工程师乔治·斯蒂芬森发明了铁道机车，它不是多年前的那种跑起来跟奔马的速度一样或再快一点的机车。更重要的是，当它们穿过人口稠密的地区时，通常会发出某种汽笛声来警告人们，所以当机车经过时听到突然降低的声音就非常普遍了。为什么会发生这种情况？疑问就出现了。

奥地利物理学家克里斯琴·乔安娜·多普勒十分准确地解决了问题，判定当机车逼近时，每个连续的声音都稍微追上它前面的那个，因此它们比机车静止时更频繁地传入耳朵。因此，比机车静止时的汽笛声要高。

当机车经过或开始后退时，每个连续声波都被拉离前面那个，那么就比机车静止时传到耳朵的次数少，所以听起来音高就较低。那么在机车穿过时声音存在着自然的变化过程，由比正常的高到比正常的低，由高音到低音。

在 1842 年，多普勒解出了速度与音高的数学关系，并通过火车头以不同的速度来回拖着平板车而成功地验证了这个关系。吹号手在平板车上吹出各种音调，在地面上，具有绝对音高感的音乐家记录火车经过时的声音变化。因此，这种音高变化被称为多普勒效应。

到现在，人们发现光也是由波构成的，虽然它的波比声波要小得多。1848 年，法国物理学家阿曼德·希波利特·费佐指出多普勒效应适用于任何波的运动，包括光。因此，常常把光运动的方式称为多普勒—费佐效应。

如果一颗星既不靠近又不远离我们，那么它的光谱中的黑线就保持在适当的位置。如果星体背向我们运动，它发出的光的波长较长（是较

低音高的等价值)，而且黑线总是向光谱中的红光端移动（红向移动）。移动得越多，背离我们运动的速度越快。

另一方面，如果星体向我们靠近，它发出的光的波长较短（是较高的音高的等价值），光谱线朝向光谱中的紫光端移动。而且，移得越远，靠近我们运动的速度越快。

如果我们知道径向运动（相向或背向），又知道固有运动（朝一侧），我们就能计算出星体在三维空间中的真实运动。事实上，径向速度是其中非常重要的。只有星体离我们足够近而且它穿过天空的运动快得可以被觉察出来时，固有运动才能被测量，但只有非常小的一部分星体是离我们那么近的。另一方面，无论星体离我们多远，只有它的光谱是可以得到的，才能确定径向运动。

在 1868 年，威廉·哈金斯首次确定了星星的径向速度。他发现天狼星以大约 46 公里/秒次强的速度背离我们。目前，我们有较好的图表，很接近首次尝试。

95 . 银河系在自转吗？

太阳系中我们知道的每个物体，上至太阳下至火星与木星轨道间的小行星都在自转，只是一些物体比另一些物体转得快。这就提供给我们一个想法，其他行星一定也在自转，事实上，甚至整个银河系也在自转，如果是那样，我们是如何知道的？

一旦天文学家可以解决一些星体在三维空间中的真实运动，那么就可能逐渐发现星体在各方向上不是随机运动的。

1904年，荷兰天文学家雅各布斯·科尼利厄斯·凯普提因也发现北斗七星和其他地方的一些星体或多或少都在同一方向上移动。实际上，他发现有两个星流，一个随着北斗七星运动，另一个在反方向上运动。

1972年，J.H. 欧奥托（最近他发展了远距彗星云理论）用下述方法解释了两个星流存在的原因。银河系的星体都绕银河中心旋转。与太阳相比，离中心较近的星比太阳运动得快而且是朝向我们运动，当然，一些星比另一些星运动得慢。与太阳相比，离中心远的星比太阳运动得慢，而且太阳正逼近我们，以至于它们好像在相反方向上远离距中心较近的星。所以如果所有的星体在同一方向上运动，只是相对银河系中心来说有的快，有的慢，那么就相当于说银河系在自转。

由自转得出了一个重要结论。天文学家有理由相信星星是密集的，而且越靠近银河系中心厚度越大，看来可能银河系90%的质量集中在中心处比较小的体积中。中心外部的星体环绕中心运动，就像太阳系的行星环绕太阳运动一样。

在确定银河系自转时，欧奥托指出太阳大约每2.3亿年绕银河系中心一圈。根据太阳的旋转周期和离中心的距离，就可以计算出星星的中心球体的质量。

结果是银河系的质量——或者是组成银河系的最少的星星的质量——大约是太阳质量的1000亿倍，但这并不意味着银河系中有1000亿颗星星，因为太阳不是一颗有代表性的星星。或许，银河系中3/4的星星是红矮星，而且足有90%的星星比太阳轻。如果普通的星星的质量是太阳质量的一半，那在银河系中就大约存在着2000亿颗星星。

96 . 除了光还有物质从星星传递给我们吗？

直到进入 20 世纪，我们从太阳系外的星辰密布的宇宙中收到的重大信息只有光。我们就是通过光来研究星体的位置、亮度、运动、温度、化学成分以及对其他物体的重力效应。但是有另一类型的信息从星体到达地球。

1896 年，放射现象被发现后，科学家学会利用各种仪器测量放射引起的辐射能。即使很小量的辐射能也是可测定的。保护铅屏后面的探测器是可能的，因为铅屏吸收强辐射能，而且根据要求阻挡辐射所需的铅屏厚度，可估算出能量大小。令科学家惊讶的是，当提供足够的保护来阻挡他们所知道的所有放射性辐射线时，某些特殊的强辐射仍能设法穿透正进行测量的仪器。问题是，这些未知的辐射线是什么？

好像是美籍的奥地利物理学家维克多·弗兰斯·赫斯指出，不管此辐射线是什么，它必定来自地球上的某种资源。在 1911 年，他用气球把保护得很好的运行着的探测仪送到高空，开始着手证明自己的观点。在晚上 5 点，他把 10 个气球上升到 6 英里高处。让他吃惊的是，他发现它们升得越高，探测到的辐射能越强。在到达的最高处，辐射能比在地球表面上测得的要强 8 倍，根据上述情况，他只能总结出，辐射线不是地球提供的，而是来自太空。其他人开始调查研究大量给予地球各处的辐射线，在 1925 年，美国物理学家罗伯特·安德鲁斯·米利肯把此辐射线命名为宇宙射线，因为它们来自宇宙。

关于宇宙射线性质的问题还未解决。米利肯认为它们具有光一样的形式，但比光本身的能量强得多。另一位美国物理学家阿瑟·霍利·康普顿则认为它们是由以接近光速传播的高能带电原子粒子组成的。但如何才能证明呢？

如果宇宙射线像光一样，那么它们就不受地球磁力的影响；如果它们是带电粒子，那么它们将因场的存在而改变方向，而且到达地球磁极附近的粒子比到达远离地球磁极处的粒子多。在 20 世纪 30 年代，康普顿周游世界，同时测量各处宇宙射线的强度，发现确实是在靠近磁极处强度变强。宇宙射线是带电粒子。

作为结果，它们是以太阳风的形式被太阳辐射出来的带同种电荷的粒子。它们是带正电的原子核，大多数是氢原子。当太阳耀斑发出能量非常高的太阳风气流时，快速传播的原子核就会具有高能，事实上，它们是弱宇宙射线。然而，从太阳系外传播到地球的宇宙射线，比太阳产生的宇宙射线能量要高得多，而被偶然事件引发的宇宙射线能量可能比仅由太阳耀斑发出的宇宙射线的能量强。例如，像超新星爆炸。其次，当宇宙射线在宇宙中穿行时，它们由于磁场的存在而继续被改变方向，这有助于增快它们的速度，提高它们的能量。

由于许多原因，宇宙射线是重要的。我们可以谈谈较早期它在生物学进化上的影响，同时一般地讲述关于宇宙的化学构成，和对科学家有帮助的在大气层产生的原子碰撞，这些碰撞比我们现在人工引发的碰撞所产生的能量要高得多（尽管等待某种特别类型的宇宙射线的碰撞可能会十分单调沉闷，现在已有了原子碰撞机，它能产生较温和的碰撞，也能产生所要求的任意数量级的碰撞）。

宇宙射线有一个重要的缺陷，它们不能向我们提供宇宙中具体事件的特定信息。它们的路径因磁场作用而改变得太大大以至于无法分辨出它们最初来自什么方向。

除了宇宙射线以外，还有中微子，它是质量为零的不带电的原子核，因而它以光速在太空中运动。1931年，奥地利物理学家沃尔夫冈·波利在理论领域中首先预言了它们的存在。1932年，粒子被恩利考·弗米命名为中微子（意大利语中指不带电的物质）。

既然中微子没有质量，也不带电荷，既然它们很少与普通物体相互作用，那么它们几乎是不可能被测量的。但它们的存在是那么的便利，以至于物理学家承认它们是实际存在的，实际上，直到1956年，中微子才被两个美国物理学家弗雷德里克·里恩斯和克莱德·劳瑞·考沃发现。

与宇宙射线不同，它们不带电而且不受磁场影响，取而代之的是它的传播路线与光传播路线一样笔直向前（忽略重力场的微小作用）。宇宙射线是由太阳和其他星体大量产生的，而且据估计，在宇宙中存在着差不多是中微子10亿倍的更普通的原子核。

除非在极短时间内中微子没有与其他物体碰撞并穿过物质时，才能被捕捉到，这就导致只能测出几万亿个穿过探测器中的几个。例如，里恩斯在几十年中一直设法测量太阳释放出的中微子。事实上，他连续测到了一些，但只有1/3是由理论上预料到的。造成这种情况的原因还不知道，目前，它被称为“中微子缺损的秘密”。

1987年，一个超新星出现在大麦哲伦云时（因为它只有15万光年远，所以从1604年起它就是离我们最近的超新星），首次指出，由于超新星爆炸，在阿尔卑斯山脉下一台正进行测量的仪器（中微子望远镜）中意外地发现了7个被测量的中微子。随着探测仪的改进，别的中微子也能被发现，这就会告诉我们更多宇宙中的剧烈活动。总之，1987年被看成是太阳系外的“中微子天文学”的开端。

另一个从太空向我们传播的粒子是引力子。就像中微子一样，引力子也是质量为零的不带电的粒子，并以光速传播。它们是我们所知道的最弱的和最难测量的粒子。1916年，阿尔伯特·爱因斯坦首次预言了它们的存在，但到目前为止，所有寻找它们的尝试都失败了，虽然物理学家确认它们是存在的。如果引力子能够被探测出来，它们将带来有关宇宙中剧烈活动的信息。

以波的形式传播的光和像光一样的辐射，存在于粒子般的单元中（所有的波都具有粒子性，所有的粒子都具有波的形式）。1905年，爱因斯坦把光的粒子称为光子，这源自希腊语中的光。显然，至今我们从宇宙接收到的最多的信息是通过光子，得到的不仅是通过可见光的光子，还有其他类型的光子，比可见光的光子能量强或弱。

97. 什么是电磁波谱？

当爱因斯坦引入了光子概念时，一种特定光的波越短，它的光子就越强的规律就逐渐成形了。因此，光谱中波最长的红光的光子能量最弱。橙、黄、绿、蓝光的光子能量依次递增，紫光具有最强的光子能量。然而问题是，是否普通光的光子包含了所有的光子。

答案是不，事实上，这是从 1800 年威廉·赫歇耳发现光谱延伸到可见光外时起，近 200 年以来所了解到的信息。你将回想起，赫歇耳在光谱的不同部分放一个温度计以便观察能得到什么温度，他发现光谱中红光区以外的温度比光谱自身任何部分的温度都高，这表明在光谱红外区有某种看不见的辐射。此光就是红外辐射（指红光的下一级），这在有关温室效应的内容中已提过了。

1801 年，英国物理学家托马斯·扬最终证明，与其说是小微粒不如说是微小的波构成了光。1850 年，意大利物理学家麦西唐尼·梅伦尼能证明红外辐射除了它的波更长且对眼睛无作用外，具有普通光的所有特性。一旦光子被理解，可认为所有红外光子都比可见光光子弱。

辐射光线也在光谱紫光以外存在。1801 年，德国物理学家约翰·威尔汉姆·里特正在试验一种方法，用这种方法，光可使某种银化合物变黑。他发现，当移向光谱紫光端时变黑就加速，但是比移出紫光区时要快。显然，也存在着紫外辐射（指紫光以外），虽然看不到它，目前我们知道紫外线与可见光相比波长较短，而且它的光子较强。

大约在 1870 年，詹姆斯·科勒克·麦克斯韦建立了四个方程式，描述了电学和磁学的所有特性，并指出这两个现象是一个电磁作用的不同方面。更重要的是，他指出如果电磁场振动，那么它就产生一个以光速传播的波形。如果振动是固有速度，就产生了光本身，结果光被认为是电磁辐射的一个例子。

虽然，各种速度的振动会产生越来越长的波，不仅有红外辐射，还有远超过它的其他辐射类型，也能产生非常短的波，包括紫外辐射和超过紫外的波。也就是说，有一个电磁波谱，波从惊人的短延伸到难以置信的长，可见光只是其构成的很小一段。

麦克斯韦曾指出这么极端的辐射是存在的，科学家知道寻找什么并能够找到。1888 年，一个德国物理学家海因里希·鲁道夫·赫兹发现了波长远长于红外线的无线电波。1895 年，另一个德国物理学家威尔汉姆·康拉德·伦琴发现了波长远短于紫外线的 X 射线。然后，1900 年，法国物理学家保罗·尤尔理查·威拉德发现被放射性物质发射的辐射线中的 γ 射线，它是一种波长比 X 射线更短的电磁辐射。

无线电波光子比红外光子弱；X 射线光子比紫外光子强； γ 射线光子更强。

恒星倾向于发射贯穿整个电磁波谱的光子。既然这样，为什么我们只对波谱中很小的可见光波段敏感呢？

首先，一个像太阳的恒星释放出可见光区域中最大的辐射强度，所以由于依赖太阳的生活方式而得以发展的能接收这个波段且对其作出反应的感觉设备，是合理的。较冷的星，像红矮星，有大量较弱的红外辐射。较热的星，像大而厚的蓝白星，具有大量强紫外辐射。在这些热星

中，非常剧烈的活动能产生非常强的爆发性 X 射线，甚至 γ 射线。

其次，尽管地球的大气层，对可见光而言透射性很好，但对电磁波谱中其他部分而言是不透光的，所以我们没有很多机会去发现光的其他类型。但可见光波谱附近的一些红外线和紫外线设法穿透过来了；例如，穿过大气层的紫外线比可见光强，而且能更有效地产生晒斑。20 世纪 50 年代初，人类开始发射火箭到大气层外，装有能记录不能穿透地球大气层的电磁波谱仪器的卫星，被投入环绕地球运行的轨道。例如，通过研究太阳日冕发射的 X 射线，天文学家可以证明太阳的温度有几百万度。通过研究红外辐射，天文学家发现亮星天琴星座 α 星的尘带表明了行星物体的存在，并指导了褐矮星的研究。紫外线的发散以及偶然的爆发射线也都正在被研究。

然而，在天文学中，电磁波谱中最实用的部分无疑是无线电波。

98 . 射电天文学是如何发展的？

1931年，为贝尔电话研究室工作的美国无线电工程师卡尔·高斯·央斯基，正在解决天电干扰问题，天电干扰岸上的无线电波和船只之间的电话通讯。天电干扰的起因很多，包括雷暴雨、附近的电子设备、经过头顶上空的飞机，这些都将产生无线电波，这些无线电波由于引入随机效应而干扰被用于电话通讯的有序无线电波，就产生无规则的声音——天电干扰的噼啪噪声。

央斯基制造了一台仪器，它能探测出这些讨厌的无线电干扰波，使用它时，它可测出一种发出嘶嘶声的新的弱天电干扰，开始央斯基不能确定它的干扰源。它来自头顶，每天稳定地移动。开始，央斯基觉得它是随着太阳运动的。但是，它以每天快4分钟的速度稍向太阳靠近——用这个计算星星靠近太阳的程度。

因此，央斯基推断出干扰源一定位于太阳系外。到1932年，他判定它来自人马星座方向。目前，已知道银河系的中心也位于此方向。贝尔在1932年底发表了结论，虽然在当时很少有人注意到它们，但它们标志着射电天文学的诞生。

央斯基的成果几乎没有引起注意的原因之一是，当时的天文学家从未认为他们可以探测来自天空的无线电波，也缺少专门的设备来接收和分析这样的辐射。一个美国无线电工程师格罗特·雷伯在1937年设法利用央斯基的成果，制作了第一架呈抛物面形（壳的形状类似于汽车的前灯）的无线电波接收器。它的直径为31英寸，接收并反射无线电波，把电波聚焦在容易研究的点上。用这种方法，他制作了第一架射电望远镜，并成为第一位射电天文学家。

雷伯发现并绘制了天空中比一般无线电波强的波源区域图。他把它称为射电星，所有射电星组成一张射电天体图。1942年，他发表了成果，但正值第二次世界大战期间，几乎没有引起人们的注意。

不过，紧挨着波谱中的红外线，被称为微波的最短的无线电波在战争中被证明是很有用的。这种微波能发射被飞机反射的脉冲。根据反射来的方向以及从脉冲产生到被反射的时间间隔，可以算出飞机的位置、飞行方向和速度。这被称为无线电探测和测距，这里测距是指测定距离。这个短语的缩写就是雷达。

在英国物理学家罗伯特·亚历山大·沃森-瓦特指导下，大不列颠的雷达研制工作发展迅速。正是雷达，而不是任何其他东西，从数字上显示，在1940年底的英国战役中，使处于劣势的英国空军击败了德国空军。

在雷达发展过程中，发明了探测无线电波的仪器，一旦战争结束，高精度地探测来自太空的无线电波就成为可能。越来越大的射电望远镜被制造，这是因为制造大的射电望远镜比制造等大的光学望远镜容易得多。

当然，微波比可见光波长得多，这就意味着通过微波比通过可见光所看到的東西要模糊得多。然而，由于射电望远镜逐渐变大，微波的视觉就改善了。事实上，大的射电望远镜能相距很远地被制造，而且通过计算机使各部分达到同步，结果射电望远镜的直径达到几英里。那么微波的视觉就变得比可见光要清晰。

因此，自从 20 世纪 50 年代起，射电天文学在向我们提供宇宙中普通光天文学所不能提供的信息方面，是极有用的。结果我们在近 30 年中了解到的有关宇宙的信息比前面所有时间内了解的都多。

99. 什么是脉冲星？

天文学家曾经集中注意力于微波检测，他们发现它有两个重要优点：第一，它是整个电磁波谱中，除了可见光外唯一重要的区域，地球大气层对它是可透射的。在外部空间有一个微波窗口，就像光的窗口一样，就是说，我们不必使用火箭，在地球表面就能研究宇宙外部辐射。

第二，微波能穿透雾、霾和尘埃云，普通的光是无法穿透这些物质的。这是战争中在与雷达有关的事物中发现的，因为进入领空的飞机自认为被雾和云掩盖起来的时候，雷达仍能追踪到它们。同理，外部空间中可见光不能穿透的部分，微波却能穿透，我们就能研究我们看不到的微波了。因此，藏在永远遮挡我们视线的尘埃云中的银河系中心，最终可以通过它的微波辐射来研究。

在较靠近中心处，1956年首次探测到的正是金星的微波辐射，它给天文学家提供了最初的线索，即行星是极热的。另外，火箭探测到金星能放射穿透云层并被下面的固态地面反射的微波光束。根据这些反射，除了用投入大气层的照相机拍摄到的小斑点，金星不能通过可见光观察，但是1962年初绘制了金星的外观。

雷达的反射也被用于确定金星和水星的自转速度。发现金星转动得比预料的（在错误方向上）要慢，而水星则比预料的转得快得多。1955年，美国天文学家肯尼斯·林·富兰克林发现木星发射大量的微波，当证明木星有一个巨大的且比地球磁场大得多的磁场时，1960年此现象最终被解释了。在20世纪70年代，探测火箭被发射到超过木星的外空时，木星的磁场被进一步证实。

更多惊人的发现是由宇宙中太阳系外的射电天文学提供的。就像我在前面提过的，兹维基和奥本海默各自独立地推测出中子星的存在，中子星是只由中子组成的被高度压缩的星，是把一个普通规模的星压成直径为几千米的很小的球。随着形成巨蟹星云的超新星的爆炸而形成一颗中子星的可能性经美国天文学家赫伯特·弗立德曼考察被肯定。X射线从天空的各个部位被探测出来了，并且一个放射源是巨蟹星云。放射源是巨蟹星云内的中子星的残余物吗？

1964年7月，月球要从巨蟹星云前面经过，弗立德曼负责火箭进入太空的发射工作，该火箭将监视活动中X射线的产生。如果X射线来自一颗中子星，当月球从一个很小的物体前面经过的，X射线的发射会马上被全部截断。当月球在巨蟹星云前面移动时，如果X射线的发射逐渐散开，那么放射源就是整个星云，而不是星云中的小物体。后者证明是事实，那些用此方法希望发现中子星的人们会感到失望。

然而，1964年有了一个新的发现。来自太空某区域的无线电波好像出现剧烈地快速波动，仿佛到处都有“无线电闪烁”。英国天文学家安东尼·休维什设计了一架射电望远镜，它使非常详细地研究微波强度的快速变化成为可能。休维什负责建设散布在差不多超过3亩大的面积上的2048台独立的接收器，这些设备在1967年7月投入运行。

一个月内，一位英国研究生约斯林·贝尔，探测到来自天琴座星（织女一）与天摩座星（牛郎星）之间中途某地的爆发微波。爆发短暂得令人惊奇，只持续了1/30秒。更令人惊奇的是，紧接着的爆炸存在

着明显的规律性。事实上，它们是那么有规律以至于能够计算出其周期是一百万分之一秒。到 1968 年 2 月前，当休维什公布此发现时，他又找出另外三个这样的射电闪烁，从那时起发现了更多的射电闪烁。

自然，首先是没有办法识别脉冲体现的是什么。休维什只能把它看作是一颗震动的星，每次震动都发出爆发能量。它就马上被缩写成脉冲星，通过它了解了新的物体。

所有脉冲星都具有极有规律的无线电脉冲特性，但每颗脉冲星都有不同的精确的周期。一颗脉冲星的周期是 3.7 秒。在 1968 年 9 月，天文学家测出巨蟹星云中的一颗脉冲星的周期仅为 0.033089 秒，脉冲的产生是 1 秒 30 次。从那以后，又有几个脉冲星被发现，它们一秒震动几百次。

问题是，是什么产生如此短暂又具有如此奇特的规律性的电讯呢？某个物体一定在转动，或自转，或产生脉冲，而且随着每次转动、自转，或产生脉冲，它还必定放出一次微波爆发。然而，为了做到这些，它必须在大约几秒内就得转动、自转或产生脉动一次，或者甚至在一秒中发生几百次，这就要求此物体具有很小的体积，而且具有很强的重力场。例如，脉冲星不可能是白矮星，因为白矮星太大而它的重力场又太弱。如果它们被设想为以足够快的速度被迫转动，自转，或产生脉冲，那它们将会把自己撕裂。

美籍奥地利天文学家托马斯·戈尔德几乎马上提出一颗脉冲星一定是一颗自转中子星。一颗中子星小得足够在差不多顷刻间就能产生转动、自转或产生脉冲，而且在自转时，它有一个足够强的表面重力使它保持为一个整体。这已成为理论，即一颗中子星有一个带磁极的强磁场，磁极不一定就是自转轴，电子被中子星的引力吸附得那么紧密，以至电子只能从磁极逃逸出去。当电子被释放出去时，它们以微波的形式失去能量。当中子星自转时，如果微波碰巧在朝我们的方向上被发射出来，那么由于每次的自转，我们收到一个或两个爆发波。

戈尔德指出，当微波被发射出来时，中子星将失去自转能量，它的周期也将缓慢变长。这个假设适用于各种脉冲星，并发现了增加量。尤其是巨蟹星云脉冲星的周期以每天 364.8 亿万分之一秒的速度变长。

这样，毕竟在巨蟹星云内有一颗中子星。但巨蟹星云的其他部分也发射 X 射线，只有 5% 的 X 射线是来自脉冲星的，它把弗立德曼引入歧途。1969 年，天文学家发现，巨蟹星云的脉冲星随着每次转动都发射较短光信号。它在 1 秒内断断续续地闪烁 30 次，所以被称为光脉冲星。

第一颗真正发射时间短暂的脉冲星是在 1982 年被发现的。它 1 秒钟发射 642 次无线脉冲。它可能比大多数脉冲星小，或许直径不超过 5 公里，质量是太阳的 2—3 倍，其他快发射的脉冲星也被发现了。

有时，一颗脉冲星突然很轻微地加快周期，那么它会再继续趋向变慢的。一些天文学家猜测这种频率突增现象可能是一种星震的结果，使中子星内部的质量分布发生转移；或者可能是由于大物体插入中子星内，把它自己的动量加到中子星上而引起的。

100 . 什么是黑洞？

早在 1800 年，拉普拉斯（第一个提出星云假说的人）就指出，一个物体的表面积和密度越大，那么它的表面引力和逃逸速度也就越大。物体的大面积和大质量相结合会产生很大的表面引力，以至于它的逃逸速度将等于甚至超过光速，在这种情况下，物体不向外发光。当时，这个假设只被认为是个理想的推测，因为关于物体处于上述状态时的极大面积和极稠密度，我们还一无所知。

1939 年，奥本海默研究了中子星的特性，并指出如果中子星的质量超过 3.2 个太阳质量，中子就无法与自身引力相抗衡，从而发生中子塌陷。这时没有任何力量能够抵挡住引力的作用，经过引力作用后中子会形成一个奇异点，一个没有体积只有大质量和高密度的点。

就像拉普拉斯推测的那样，这样的超中子星不会向外发光。它被描述成一个无限深的空间洞，任何落在它上面的物体都会被它吞没，而且这些被吞没的物体不可能再出来，即使是光也不能逃出来。美国物理学家约翰·阿基伯德·维勒给它起了一个相应的名字叫黑洞。

英国物理学家史蒂芬·威廉·哈肯在 1970 年时指出黑洞可能会慢慢地消失，即黑洞并不是绝对永远存在的物体。

黑洞最易在恒星表面最厚的地方和恒星碰撞最频繁的地方形成，这时恒星会吸在一起形成可以坍陷的大质量物体。黑洞通常出现在球状星云的中心，并且更多的时候会出现在银河系的中心。

事实上，在人马座方向上银河系的小核心是非常活跃的——这就是说它释放出的巨大能量（央斯基就是从这个核心首次发现了太阳系外的放射源）使天文学家有理由确信，在中心处有一个由大约一亿个恒星组成的黑洞。

这样一个巨大的黑洞将会随着它吞食附近的物体而继续变大，甚至可以吞食所有的恒星。但是无论如何，在不远的将来整个银河系还没有被吞食掉的危险，因为黑洞不可能把它周围的物质吞食干净。

在茫茫宇宙中，人们该怎样观察黑洞来决定它是否真的存到它。当物质被绕着黑洞飞快旋转的引力源吸入黑洞时，会发生碰撞释放能量，以螺旋状进入黑洞。在螺旋下降过程中会发射 X 射线，所以当天空中有 X 射线被释放时，我们至少可以判断出那里有黑洞存在的可能。遗憾的是，某些其他过程也释放 X 射线，所以，上述结论只能判断黑洞存在的可能性而无其他用处。即使我们知道星系的中心很活跃并产生大量的射线，我们也不能把它当作黑洞存在的直接证据。

假设黑洞是密近双星系统的一部分，普通的恒星是它的另一部分。由一个白矮星和一个普通恒星组成的密近双星系统是一颗新星。由两个中子星组成的密近双星系统也是存在的，有关它们运动的研究可以证实爱因斯坦的相对论。那么，为什么说密近双星系统是由一个黑洞和一个普通恒星组成的呢？

如果存在这样一个物质，它从普通恒星中被吸入黑洞并在螺旋下降时发射 X 射线，因为物质的吸引是无规律的，所以发射的 X 射线在性质和强度上也产生无规律的变化。

1965 年，在天鹅座中探测到一个特殊的强 X 射线源，并命名为天鹅

座 X - 1。1971 年，一个 X 射线探测火箭表明，天鹅座 X - 1 发射的 X 射线是无规律的，从而证实了黑洞存在的可能性。

人们立刻投入极大的关注对天鹅座 X - 1 进行研究，发现在天鹅座附近有一颗大而热的蓝白恒星，据估计这颗恒星比我们的太阳大 30 倍。这颗恒星和 X 射线源绕着彼此互相旋转，从引力中心的位置判断，这个 X 射线源是我们太阳的 5—8 倍。因为它无法被我们看见，所以一定是坍缩后的小尺寸恒星，又因为它的质量很大，不可能是一个中子星，所以它肯定是一个黑洞。

这就是我们所知道的有关黑洞的最新知识，很多天文学家都认为天鹅座 X - 1 是黑洞，并确信黑洞一定存在而且可能很普遍存在。

101 . 星际尘埃云中有什么？

恒星之间的空间叫星际空间，在星际空间中有很多气体尘埃云。科学家们很早就了解到这些尘埃是由岩石物质的微粒和金属微粒组成，这些微粒集中在由恒星和行星构成的星系中，并最终形成一个小世界。关于这些气体，科学家们认为它们是由氧气和氦气组成的。

虽然这些尘埃和气体很厚，它们的数量之大足够形成恒星或行星，使恒星的周围变得很模糊，但是科学家们认为这些物质分布在这么广阔的空间里，彼此之间没有碰撞和结合的机会，所以尘埃粒子一定非常小，气体也一定是由单一原子组成的。

1994年，德国天文学家约翰尼斯·弗朗兹·哈特曼首次获得了有关尘埃云的真正组成成分的知识，他测出了 Delta Orionis 星的视向速度，并发现虽然有一些例外，但各种谱线仍像预测的那样在移动时特性相同。其中代表钙元素的谱线没有变动，即恒星在运动中不可能在身后留下钙元素，可是哈特曼认为，在恒星和我们之间的薄薄的基本上不运动的星际空间中，他探测到了钙元素。

当然，星际空间的主要组成部分是氢气。从 1951 年开始，美国天文学家威廉姆·韦尔森·摩根探测到了代表电离氢（氢气变热后使它的电子脱离了原子）的谱线。在银河系中有一些蓝白恒星，在这些蓝白恒星周围的氢气非常热，这些热的氢气形成了蓝白恒星的曲线轨道，所以我们银河系的结构不能简单地被看做是透镜形，它更像是一个风车，从中心部分伸出螺旋形的臂状物。

如果只考虑可见光谱，则看不到星云中的物质。随着无线电天文学时代的到来，一切都变了。原来不发光的冷原子和原子化合物，现在我们可以说它们能发射较少的磁微波。

1944年第二次世界大战时，当德国占领荷兰后，荷兰天文学家亨瑞克·克里斯托弗·范·迪·胡斯特就不能像以前那样在天文学领域内工作了，所以他只能藏起来计算冷氢原子在宇宙中的特性。他了解到这些氢原子的原子核和电子（每个氢原子只有一个电子）可以在同方向或反方向上排成行，每次当氢原子由一种形式转换为另一种形式时，会发射波长 21 厘米的微波。任何一个氢原子每隔 11 年或更长时间才会发射这种微波，但是在宇宙中有很多氢原子，所以总有这种微波的存在。美国物理学家爱德华·缪斯·伯塞尔在 1951 年探测到了这种微波的发射，这样就可以应用微波来跟踪星际空间中不寻常的冷氢气聚集体。

当探测微波的方法被改进后，我们就能够探测到气体云的微小成分。例如，探测到了一种很少见的氢原子，这种氢原子的原子核比普通氢原子的原子核重两倍。普通氢气是氢 1，更重些的叫重氢或氢 2。在 1966 年，我们探测到了体现氢 2 特征的微波，而且还有一些证据表明，从总体上说宇宙中 20% 的氢气是以氢 2 的形式存在的。

通过微波发射的特性可以识别原子的结合，比如说，在宇宙中仅次于氢原子可以和其他原子结合的最普遍的是氧原子。在很长一段时间内，一个氧原子和一个氢原子可能会互相碰撞结合在一起形成一种为我们所熟悉的羟基组化合物。这样的化合物可以发射或吸收四种波长特性的微波，其中有两种波长的微波于 1963 年在云中被观察到。

天文学家们开始承认在薄薄的星际物质中有双原子化合物，虽然多原子化合物看起来还是不可能的。在 1968 年年底，水分子（两个氢原子和一个氧原子组成）和氨分子（三个氢原子和一个氮原子组成）被探测到了。

这以后，有更多更复杂的化合物被发现，它们含有一个或多个碳原子，并由此创立了天体化学。天文学家还不能确定在近乎真空的宇宙中形成的分子有多复杂，有些分子可能会由 13 种原子组成，但是目前只有这样的可能，即如果我们能把探测仪送到星际云中（但不能送到离我们有太多光年远的星际云中），我们还可以探测到更复杂的化合物。

102 . 什么是 SETI (超地球智能的研究) ?

很久以前,我们就推测出在绕其他恒星旋转的行星上有生命存在的可能,但是我们还没有掌握去访问这些行星的技术,而且在我们了解的范围内,外星人也没有到过地球,因此在地球和其他行星之间传送信息比发射飞船和运送智能人更实际一些。信息既不会花费像制造火箭推送飞船那么多的钱,也不会危害任何人的生命。而且宇宙飞船可能会用 100 年或 1000 年的时间才能到达离我们最近的恒星,信息则能以光速运动(爱因斯坦在 1905 年说过光速可能是最快的速度),只需几年或几十年的时间就可以到达我们周围的恒星。

目前,我们的技术还不够先进,没有任何设备能有足够的能量运用合理的强度把信息送到遥远的恒星上,但是我们可以假设有外星人走出他们自己的行星,也许他们的知识比我们先进,所以我们的任务就是要试着接收外星人发出的信息,而不是向外发送信息。

这些信息是以什么形式到达地球的呢?这些信息不可能是调制后的宇宙射线,因为它们是沿着曲线运动的,从而浪费了很多能量,所以信息将会分散开并发生变形,看不到任何原有的特征,中微子和引力子将无法被探测到,只能探测到很多光子。

说到光子,在恒星发出的大量光束中,很难清楚地看到光子。我们不得不先排除掉它们是这些光束中的光子的可能,而且比可见光能量大得多的光子的能量全都被白白浪费掉了。由此我们可以推断出微波光子是发送信息最可能的方式。

有关超地球智能的研究简称为 SETI,即仔细观察天空中的无线电波信号。这些信号也许是完全有规律的,像脉冲星爆炸;也许是绝对无规律的,像从汹涌的云中升起的物质。但这两种类型的信号都不会表明超地球智能的存在,因为我们需要的是不规则信号,而不是完全随意的不规则信号。

人们从 1960 年就开始了有关超地球智能的研究,但只是一些简单的和很有限的研究,而且什么信号也没探测到。用来观察整个天空细节的探测仪器的精密系统真正所需要的是什么使人们考虑了很长时间的问题。遗憾的是,这种研究会花费很多金钱和人力,对很多人来说,他们宁愿一年花费几亿美元在战争和准备战争上,而不愿花费较少的资金在类似 SETI 的研究上。他们认为这种研究是不会成功的,只会白白浪费金钱。很多看过早期运动照片的人都有这样的疑问,即如果我们一旦吸引了外星人的注意力,那么他们受到鼓舞就会来到地球并征服我们(似乎外星人对我们的伤害要大于我们对自己的伤害)。

事实上,即使我们没发现任何信息,SETI 也是一个有利可图的过程。首先,通过尝试组装有关怎样更合适地接收信息的仪器,我们的无线电波天文学技术一定会得到提高,即使我们停止这项研究,这些知识在很多领域内也是非常有用的。

其次,即使我们仔细地观察天空而没有发现什么信息,但我们一定会发现很多有意思的物体。如果没有新技术和仔细深入的研究,这些物体是不会被发现的。比如说,当所有的人在寻找脉冲星时,脉冲星却没有被发现。发现是偶然的、有运气的,是一项科学研究意想不到的副产

品。

第三，即使我们只探测到一些信息却不能了解它的内容（很可能是因为我们不了解外星人的思想）也没关系，仅仅是这个事实的存在就表明了外星人不用必须毁灭自己就能获得超越我们的科技专业知识。

第四，如果外星人有兴趣和我们交流，如果外星人发送一些我们可以理解的基础信息，我们就能学到很多比我们先进的知识，达到一个比在指定时期内所能获得的普通知识高得多的水平。

103 . 银河系是整个宇宙吗？

赫歇耳曾经证明很多恒星组成了一个透镜形状的银河系，而且推测银河系就是整个宇宙。银河系的直径是 10 万光年，当中有约 20 亿颗恒星，人们都认为银河系这么大的尺寸一定代表了整个宇宙的尺寸。在 1910 年以前还没有一个天文学家认为宇宙中的一部分会有这么大。

整个宇宙并不只有银河系。在麦哲伦云中李维特发现了“造父变星”的变化，并找到了一个可以用来证明银河系的真正大小和展现整个银河系的标准。从麦哲伦云的“造父变星”的变化中我们可以得出大麦哲伦云离我们有 16 万光年的距离，小麦哲伦云离我们有 20 万光年的距离。当然麦哲伦云可以被看作是银河系的卫星，就像月亮是地球的卫星，行星是太阳的卫星。换句话说，我们可以把麦哲伦云看作是银河系外的边缘部分。

在银河系外还有其他物质吗？

有一个关于仙女座的猜测还没有被证实（在前面讲有关拉普拉斯的星云假说时提到过）。仙女座星云看起来是一个模糊的星星，它是肉眼能看到的可见星云中的第四大星云。德国天文学家西蒙·马瑞斯在 1612 年第一次通过望远镜看到了仙女座，马歇尔把它列入到不是彗星的模糊星云的表中，它在名单上列第 31 位，所以仙女座有时也叫 M31。

虽然仙女座星云看起来像一团旋涡气体，在形成过程中可能是一个恒星和行星系统，但拉普拉斯利用仙女座星云的灵感推算出了他的星云假说。伊曼内尔·肯特在 1755 年继续研究了这一假设并产生了一个不同的想法。他认为像仙女座这样的物体是遥远的恒星体系，并把它们叫作宇宙岛。事实正像他所想的那样，他是正确的，但他的想法却被忽略掉了。

仙女座星云看上去是旋涡状的，在 1845 年和 1850 年之间，洛德·罗斯（命名白蟹座的人）观察了十多个同样旋涡状的其他星云。事实上，有些星云看起来像风车或旋涡。在莫森表上有一种 M51 星，它的表面有明显的旋涡，所以被叫做旋涡星云。

这些旋涡状的星云又叫螺旋星云。仙女座就是其中之一，但由于它太远以至于看不清螺旋状的特征。在 1900 年以前可以看见 1.3 万种螺旋星云，它们是否全都是银河系中代表行星系统形成过程的物体是值得争论的（后来发现银河系本身就有螺旋结构，但这在 1900 年时还不知道）。

在此以前，人们就一直在研究天体光谱，在 1864 年威廉·哈金斯得到了猎户座的光谱，为暗色背景下的亮条纹，这正是我们希望从热气中得到的。

另外，在 1899 年首次得到的仙女座星云光谱正是我们想要从恒星中获取的光谱。也许仙女座是一团恒星，可它要比银河和麦哲伦云远很多，所以很难分辨出它上面有没有恒星？如果有，那么它一定是离我们星系很远的螺旋状星云，所以说宇宙比我们的银河系大得多。

怎么解释这些问题呢？如果仙女座上的恒星太远以至于无法看见（假设它由恒星组成），那么比普通恒星亮的星星是什么呢？是新星吗？

事实上，1885 年，新星出现在仙女座中，它被叫做仙女座 S。它非常亮，我们用肉眼就可以看见，但是这并没有表明它真的就是仙女座的

一部分，或许它只是在仙女座星云方向上形成的一颗新星，在仙女座前面发光，而与仙女座没有任何关系。

美国天文学家赫伯·鲁斯特·科蒂斯进行了有关新星研究所需的工作，通过仔细研究，他在仙女座星云中找到了大量新星的小火花。这里有这么多的新星以至于有理由相信，新星几乎不可能出现在与星云不同方向的地方，天空中没有其他同样大小的区域在短时间内会产生这么多的新星，所以看起来在仙女座上的新星确实就在仙女座星云上。

另外，大多数仙女座上的新星微弱得几乎看不见，它们比那些确实是在银河系上的新星要弱。仙女座新星看起来很微弱，所以它可能离我们很远，在我们的银河系外（那么为什么仙女座 S 这么亮呢？科学家指出它不是一颗普通的新星，而是一颗超新星）。

科蒂斯在 1918 年发表的这一观点震动了天文学领域，但这个观点没有人相信。在 1920 年，科蒂斯和夏普列（确定银河系大小的人）就星云是否属于银河系这一问题展开了激烈的讨论，夏普列坚决反对科蒂斯的观点。这次争辩没有结果，但是随着时间地流逝，事实变得越来越明显——科蒂斯是完全正确的。

104 . 银河系在移动吗？

在 400 年前，人们证实了地球绕太阳运动，在 150 年前又证实了太阳绕银河系中心运动，所以毫无疑问银河系也是运动的。

关于银河系的最新研究表明，我们的银河系——银河是星系群中被称为河内星系的一部分。银河系和仙女座是主要的两个星系，仙女座星系比银河星系大，它至少包括 300 亿颗恒星。在河内星系外是另一个大星系叫“玛菲星系”（以第一个研究它的天文学家的名字命名），它可能不属于河内星系。另外，在宇宙中有 20 个小星系，每个星系包括约 100 亿颗恒星。河内星系中的星系，包括我们银河系在内，大体上在绕整个系统的中心运动，而且它们都在以 3.5 万光年为直径的球体中。这么大的球体只是我们的近邻，在它的外面是星系群，其中有的比河内星系大，而且每个星系群还包含几千个星系。

我们可以假设在星系群中星系绕某个引力中心运动，可是星系群是怎样运动的呢？

这个问题的答案在天文学家们认识到其他星系的存在之前就已经有些眉目了。1921 年，美国天文学家韦斯特·麦尔温·斯立弗测出了仙女座星云的无线电波的波速（当时这么叫），约为每秒 200 公里，其中一部分是由于太阳在绕银河系中心旋转的过程中向仙女星系运动的结果。如果从仙女座的中心到银河系的中心进行测量，波速只有每秒 50 公里。

这些处于普通状态的物体看起来离我们是这么远，但是斯立弗已经测出了 15 个星云的无线电波波速。除了仙女座星系和其他一个星系（后来被证明它是河内星系的一部分）外，所有的星系都远离我们运动，而且有的退行速度看起来很高。

其他天文学家继续从事了这项研究，并发现所有的星系（除了斯立弗指出的那两个）都正在离我们而去，而且星系越模糊（所以假设星系越远），它们的退行速度也越快。

美国天文学家米尔顿·拉萨力·胡马生为了得到这些比较模糊的星系的光谱，拍摄了很多照片，其中包括每夜发生的爆炸。在 1928 年他发现一个星系正以每秒 3800 公里的速度后退。到 1936 年时，他又发现一个正在以每秒 4 万公里的速度后退的星系。

这些发现产生了一个新问题，为什么所有的星系都在远离我们运动，为什么星系离得越远就退行得越快，是不是我们的星系有什么特殊的地方？是不是它排斥其他星系，并且排斥的速度随着距离变远而加强？这些问题都还不清楚。如果银河系产生斥力，那么它也会作用于河内星系本身，但它没有。而且斥力随着距离的增大而变得更强的结论看起来不太可能。一个磁极会排斥另一个和它同性的磁极，一个电荷会排斥另一个同种电荷，在这种情况下，斥力随距离的增大而减弱，所以关于我们的星系需要其他的解释。

哈勃是第一个看见真正的恒星的人，他解决了这个问题。他注意到其他星系并不只是远离我们退行，它们彼此之间也越离越远。不管我们位于哪个星系，其他星系都会离我们越来越远，退行的速度看起来也都会随距离的增大而增大。哈勃在 1929 年得出结论，整个宇宙在不断膨胀，星系彼此之间的分离运动也是膨胀的一部分，而不是由于任何斥力的作

用。

事实上，1916 年爱因斯坦就建立了一组描述整个宇宙特性的方程组，作为他相对论的一部分。这些方程组表明宇宙将会不断扩大，虽然当时爱因斯坦自己还没有意识到这个问题。

105 . 宇宙有中心吗？

太阳是太阳系的中心，太阳系中所有的行星都绕着太阳旋转。银河也有中心，它周围所有的恒星也都绕着银河系的中心旋转。那么宇宙有中心吗？一个让所有的星系包围在中间的中心点？

看起来应该存在这样的中心，但实际上它并不存在。因为宇宙的膨胀一般不发生在三维空间内，而是发生在四维空间内的，它不仅包括普通三维空间（长度、宽度和高度），还包括四维空间——时间。描述四维空间的膨胀是非常困难的，但是我们也许可以通过推断气球的膨胀来解释它。

我们可以假设宇宙是一个正在膨胀的气球，而星系是气球表面上的点，我们就住在这些点上。我们还可以假设星系不会离开气球的表面，只能沿着表面移动而不能进入气球内部或向外运动，在某种意义上可以说我们把自己描述为一个二维空间的人。

如果宇宙不断膨胀，也就是说气球的表面不断地向外膨胀，则表面上的每个点彼此离得越来越远。其中，某一点上的某个人将会看到其他所有的点都在退行，而且离得越远的点退行速度越快。

现在，假设我们要寻找气球表面上的点开始退行的地方，那么我们就发现它已经不在气球表面上的二维空间内了。气球的膨胀实际上是从内部的中心开始的，是在三维空间内的，而我们是在二维空间上，所以我们不可能探测到三维空间内的事物。

同样的，宇宙的膨胀不是在三维空间内开始的，而我们只能在宇宙的三维空间内运动。宇宙开始膨胀的地方是在过去的某个时间，即亿万年前，虽然我们可以看到，可以获得有关的信息，而我们却无法回到那个时候。

106 . 宇宙有多少岁？

如果宇宙在不断膨胀的话，那么昨天的宇宙就比今天的小，去年的宇宙比今年的小。假设我们回到很久很久以前的过去，那么这时的宇宙一定很小，宇宙中的很多物质一定被压缩到非常小的体积。

第一个产生这种想法的是一个比利时的天文学家，名叫乔治·埃杜伍德·莱美卓。他在 1927 年提出宇宙是从一个发生剧烈爆炸的“宇宙蛋”开始的，今天在不断膨胀的宇宙是由爆炸产生的。美籍俄罗斯天文学家乔治·盖蒙给这个大爆炸起了一个非常合适的名字叫“大碰撞”。

“大碰撞”是在什么时候发生的呢？如果我们知道分离的星系的平均数和星系间彼此移动时的速度，我们就能很容易地向回推算并掌握这些星系聚到一起的时间。

这里还有一些让人迷惑的问题。第一，很难判断出每个星系彼此间的距离；其次，很难说清楚星系分离时的速度有多快；第三，持续的扩大不可能保持同样的速度。

当哈勃第一次发现宇宙在不断扩大时，他计算出平均分离数，膨胀速度和随时间变化的膨胀速度并应用这些最准确的数字得出大碰撞发生在 20 亿年以前。这个结论遭到地理学家和生物学家的强烈反对，这些人认为地球的产生就在 20 亿年前，他们坚信宇宙不可能比地球还年轻。

在哈勃的这次初步估算后的 60 年内，很多信息表明大碰撞发生在很久很久以前。现在用到的这些资料都表明大碰撞发生在 150 亿年以前，即宇宙的年龄是 150 亿年。但是这个结论并不是很可靠，有的天文学家认为宇宙的年龄是 100 亿年，有的认为是 200 亿年。如果收集到更多更好的证据，那么这个问题终将会被解决。

如果 150 亿年这个数字是正确的，那么当我们太阳系形成时，宇宙已经存在 100 亿年了。

107 . 什么是类星体 ?

我曾经说过, 我们无法回到过去来探测大碰撞发生的时间和那时周围的环境, 但是我们可以知道过去所发生的事。

每当我们看远处的物体时, 我们知道所看到的光 (或无线电波) 经一定时间的传播才被我们看见。在任何情况下, 无线电波都不可能比光传播得快。当物体发出的无线电波一开始传播, 我们就可以看到这个物体, 而不用等到无线电波传播结束。这样, 当我们观察仙女座时, 我们看到的光线是在 22 万年前发出的, 所以在 22 万年以前我们就能看到仙女座。

当然, 现在我们看到的仙女座星系和在 22 万年以前的没有什么不同, 所以在这种情况下, 维持的时间可以忽略。但是当我们观察离我们更远一些的星系时会怎么样呢? 我们能看到的最远的星系又是什么呢?

当我们看到这些最远的星系时, 我们还不知道它们是在很远的地方。随着射电望远镜的改进, 并利用通过微波测得的清晰的画面把某些射电源缩小到一个很小的范围。这些是压缩射电源, 在这种射电源中有 3C48、3C147、3C196、3C273 和 3C288。3C 是剑桥第三波源目录的缩写, 是由英国天文学家马丁·芮利编辑的一个清单。

在 1960 年, 美国天文学家阿兰·瑞克斯·桑德治调查研究了这些射电源并发现它们好像都是从 16 个模糊的大恒星中产生的。这非同寻常, 因为单个恒星不是可被探测的微波源。我们从太阳中接收到微波, 因为它离我们比较近。那么为什么会从模糊星中接收到微波呢? 天文学家们认为它们可能不是普通的恒星, 而是类似星星的射电源。在 1964 年, 华裔美国天文学家邱宏业把它简称为类星体, 从此也就这么叫下去了。

那么什么是类星体呢? 在 1936 年, 美籍荷兰天文家马瑞亭·斯科米特对 3C273 的光谱感到非常迷惑, 这些线看起来很直, 但是使他意外的是它们和普通恒星在紫外线区域内的谱线相似, 它们只是产生了很大程度的红移, 这就是马瑞亭·斯科米特感到迷惑的原因。

从红移中可以得知, 3C273 不是普通的银河系恒星, 而是离我们 10 亿光年远的可被探测到的普通星系外的物体。其他类星体离我们更远——3C273 是最接近的类星体。现在我们知道了它们当中的几百个, 其中一些类星体离我们有 100 亿或 120 亿光年远。

现在的问题是怎么才能看见这么远的物体呢? 我们必须假设它们比星系亮, 它们就像 1 兆个太阳和 100 倍的普通星系那么亮。

同时, 我们发现它们的射电辐射是变化的, 经常是在几个星期内发生很大变化。这表明类星体的存在不可能超过几兆光年 (即万亿公里), 从头到尾, 在这么短的时间内没有其他因素会引起这种变化, 因为没有比光速传播再快的方式了。一个这么小的物体怎么能释放出这么大能量呢?

最可能的答案还要追溯到 1943 年, 美国天文学家卡尔·塞弗特观察到了一个有又亮又小的彗核的星系。这种类型的其他星系也被观察到, 现在这些星系叫做塞弗特星系。

这些塞弗特星系的彗核非常活跃, 可能是因为它们含有不寻常的大黑洞, 而且这些黑洞严重破坏了它们的核心部分。也许类星体就是又大

又亮的塞弗特星系，我们都知道它们位于很远的地方，小得看起来像是一个活跃的发光的核。事实上，最新的研究就是围绕着类星体可能代表着一个星系的边远部分这一问题进行的。

因为类星体的大部分位于离我们有几亿光年远的地方，它们一定是在宇宙很年轻的时候形成的。也许，当这些星系刚刚形成，它们的大部分就灾难性的在中心部分塌缩为一个黑洞。随着时间的流逝，黑洞吸掉了它可以吸走的一切物体，然后这些星系成为更平静更稳定的物体，所以在 10 亿年前所有的类星体就冷却下来了。

这仅仅表明年轻的宇宙和现在的宇宙不同，而且经历了一个变革的过程。这是和宇宙没有真正的开始状态并且在过去未知的年代里都是椭圆形的理论相矛盾的。

108 . 我们能看见大碰撞吗？

无论我们能在宇宙中飞得多远，我们也不会看到大碰撞。最新研究表明可能在 170 亿光年处我们可以看见一些星系（这说明宇宙的年龄至少是 170 亿年），而且它们的数量很多，以至于它们看起来好像是互相重叠着的。当然这并不奇怪，因为 170 亿年前的宇宙比现在小得多，并且这些星系彼此距离一定很近。

我们还是不能看见大碰撞本身，至少通过光线不行。在宇宙的早期，它的空间不像今天这样透明，而是充满了雾。所以不管我们往哪看，都只能看到雾而无法透过雾去看。

但这仅仅是对光而言。在 1949 年，盖蒙，就是发明大碰撞这个词的人，指出我们可以感觉到的大碰撞发出的微弱的遥远回声。作为宇宙爆炸的结果，大碰撞产生了可以穿透雾的可被我们探测到的微波。盖蒙还准确地预测了这些微波的能量大小。

后来，当望远镜可以看得很远很远，即我们可以看到很久很久以前的过去时，微波沿着螺旋状的直线向内回到过去，这时宇宙也逐渐缩小，留下一个时间隧道。无论我们往那一方向上看，螺旋都会带动我们到中心去，到大碰撞那里去，所以盖蒙预测天空中各个地方的微波数量、能量和特性都是相等的。

在 1964 年，德国物理学家阿诺·阿兰·皮萨斯和美国物理学家罗卜特·伍德罗·威尔森探测到了具有盖蒙所预测的那种能量的统一的微波背景，这是曾经发生过大碰撞的最好的证据。

现在天文学家正试图找出在早期大碰撞时发生的事情。他们推测如果往过去的时间里看，他们可以看见宇宙中聚集在一起的物体和碰撞后的物体，就像电影倒着放，结果是一样的，当太阳系的物体聚集在一起时就形成了太阳和行星。随着温度的不断升高，就形成了一个热的地球的中心和一个更热一些的太阳的中心。如果我们往过去的时间里看，就会看到宇宙中所有的物体都聚集在一起，它将成为一个非常热的宇宙的中心。换句话说，一开始宇宙非常小而且很热，后来它一直在不断地膨胀和冷却。

科学家们把这种令人难以置信的高温度考虑在内，提出了一个大胆的推测，是有关在大碰撞发生后的第一秒内第一部分的产生过程的。使他们感到迷惑的是，在第一秒的无数分之一的时间内发生了什么呢？这也是现在所要推测的，也许我们可以等到有更明显的可以支持它们的证据算出来时再考虑这一问题。

109 . 大碰撞是怎么发生的？

直到现在，很多西方人还认为地球和天空是在 6000 年前是经超自然的创造形成的（至今很多人仍然坚信这一结论，尽管这样做了以后他们的智力看起来就和那些相信地球是平面的人一样）。无论如何，现在大多数科学家都接受这样一个事实，即太阳系是在 46 亿年前由尘埃云和气体云经过一个自然过程后形成的，而且也许在 150 亿年以前宇宙形成后这些云就已经存在了。

但是如果我们回到大碰撞的时候并假设宇宙的所有物质和能量都集中在一个相当稠密的小球中，这个小球非常热，它发生爆炸形成了宇宙，那么这个小球是从哪来的呢？它是如何形成的呢？我们一定要假设在这一阶段里有超自然创造吗？

不一定，科学家们在 1920 年推出了一门叫量子力学的学科，它太复杂了以至于我们无法在这里解释它。这是一个非常成功的理论，它恰当地解释了其他理论无法解释的现象，而且还可以预测新现象，所预测的新现象和实际上发生的完全相同。

1980 年，一个美国物理学家阿兰·古司开始用量子力学研究了有关大碰撞起源的问题。我们可以假想在大碰撞发生以前，宇宙是一个巨大的发光的海，里面什么都不存在。很明显这种描述是不准确的，这些不存在包含着能量，所以它不是真空，因为按定义真空中应该什么都没有。前宇宙含有能量，但它的所有组成部分和真空的成分相似，所以它被叫做假真空。

在这个假真空中，一个微小的质点存在于有能量的地方，它是通过无规律变化的无目的的力量形成的。事实上，我们可以把这个发光的假真空想象成一个泡沫状的泡泡团，它可以在这儿或在那儿产生一小片存在物，就像海浪产生的泡沫一样。这些存在物中有的很快就消失了，回归到假真空；而有的正相反变得很大或者经过大爆炸形成像宇宙那样的物体。我们就住在这样一个成功存在下来的泡泡里。

但是这个模型有很多问题，科学家们一直在弥补和解决它们。如果他们解决了这个问题，我们会不会有一个更好的观点来解释宇宙从何而来呢？

当然，如果古司理论的一部分是正确的，我们可以简单地往回走一步问假真空的能量最初是从哪来的。这个我们说不出来，但这并不能帮助我们证实超自然物质的存在，因为我们还可以再往回走一步问超自然物质是从哪来。这个问题的答案令人震惊，即“它不来自任何地方，它总是这样存在的”。这是很难想象的，也许我们得说假真空中的能量也是从来都这样存在的。

110 . 宇宙会永远继续膨胀吗？

有没有什么力量可以减慢和停止宇宙继续膨胀呢？

我们所知道的能这么做的唯一力量就是宇宙中的各部分利用引力互相吸引。宇宙的膨胀是和它自身引力作用的方向相反的，所以膨胀过程必须需要能量来克服引力作用。如果我们这么做，宇宙的膨胀就会减慢，也许最终会停止膨胀。在这种情况下，经过很短的时间后宇宙又会缩到一起直到它嘎吱一声停下来为止，当然这一过程是和大碰撞相反的。如果宇宙永远膨胀下去，它就叫做开阔宇宙；如果它最后停止膨胀而开始收缩，就叫做封闭宇宙。

当把一个物体从地球表面克服地球引力向上抛出时，我们就得面对同样的问题。在一般情况下，我们的经验告诉我们这个物体会被地球的引力拉回来。它的上升速度会逐渐减小到零，然后又落回地面。如果向上抛的力量越大，那么它的初速度就越大，上升的高度也就越高并且从上升到下落的时间越长。

地球的引力总是随着高度的变大而减小的，如果一个物体以足够大的速度向上发射，它能升得足够高以至于减弱了地球的引力，使拉力已经不能减弱它的运动了，它就会挣脱地球的引力并且不再回来。要想实现这一目的，物体就必须以大于 11 公里/秒的速度开始向上运动，这就是逃逸速度，也就是将火箭发射到月球上的速度和到达更远的地方所需的速度。

那么，我们要问宇宙克服内部引力作用向外膨胀的速度是否已经达到了逃逸速度呢？为了得出这个结论，科学家们必须估计出宇宙的膨胀速度，还必须估计出宇宙中的物质的平均密度，以便能得出内部万有引力的强度。宇宙的膨胀速度和平均密度这两个结论很难得出，结果只能是估算出来的。

不管怎样，得出的结论表明在膨胀结束后宇宙中物质的密度仅为 1 %左右。因此宇宙看起来十分广阔，它会永远膨胀下去。然而这个结果只是对我们能看见的物质进行测量后得出的。如果宇宙中有其他的我们不能看到或感觉到的物质存在，那么宇宙终究还是封闭的。

111. 我们能看见宇宙中的物体吗？

天文学家认为我们一定能看见这些物体。在某些情况下，我认为引力作用可以探测到光不能探测到的物体。所以通过引力作用在“天狼星 A”中发现了以前看不到的“天狼星 B”，而且还发现了从来没看到过的海王星等等。

在星系中，所有的物体都向中心聚集。但是位于银河系边上的绕银河系中心旋转的恒星更像是一个绕恒星旋转的行星，所以我们认为绕星系中心旋转的恒星离中心越远转得越慢。我们太阳系就是这样，行星离太阳越远转得越慢。

通过测量无线电波的波速，我们可以决定离中心不同位置的星系的旋转速度，并证明出在可以测出无线电波波速的星系中恒星绕星系中心旋转的速度是相同的。

这个结论和万有引力定律相矛盾，科学家们不想放弃万有引力定律。为了选择其一，他们必须这样猜想，即星系团没有聚集在中心部分，而是分散在整个星系里。那么，我们看到的一团恒星在向中心聚集的情景是不是真的呢？

另外一件不可思议的事情是，这些星系在一个特定的星团中趋向于结为一体。然而，假如我们计算每个星系从它所包含的星球中所应该拥有的吸引力，以及一个星团中众多星系相互之间运动的相对速度，我们会发现，这里没有足够的引力使星团聚集在一起。然而，它们又确实聚集在一起，这就意味着在星团中有着另外一种我们不能察觉的物质，它大量地存在着，提供足够的引力使星团处于如此的状况。

这种另外的、无法看见的物质是什么呢？天文学家并不知道答案，他们推断它是一种“下落不明的、神秘的物质”，但是在我们确定这种物质是否存在之前，必须等待进一步的证据。我们可以说，假如这种物质确实存在的话，它可以有足够的量关闭整个宇宙，并使我们相信在数亿年后，每一个物体都将开始收缩。无论我们获得多少成就，许多问题依然包围着我们，困扰着我们。这个问题就是一个例证。书名 宇宙指南

编著者 [美]艾萨克·阿西莫夫著 刘长梅 刘明译
责任编辑 陈中南
出版发行 江苏人民出版社
地 址 南京中央路 165 号
邮政编码 210009
经 销 江苏省新华书店
印刷者 扬州印刷总厂
开 本 850 × 1168 毫米 1/32
印 张 7.75 插页 2
印 数 1—10170 册
字 数 182 千字
版 次 1998 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
标准书号 ISBN7—214—02077—7/G · 623
定 价 12.00 元

(江苏人民版图书凡印装错误可向承印厂调换)

