

(美) V.F. 韦斯科夫 著

人类认识的自然界



科学出版社

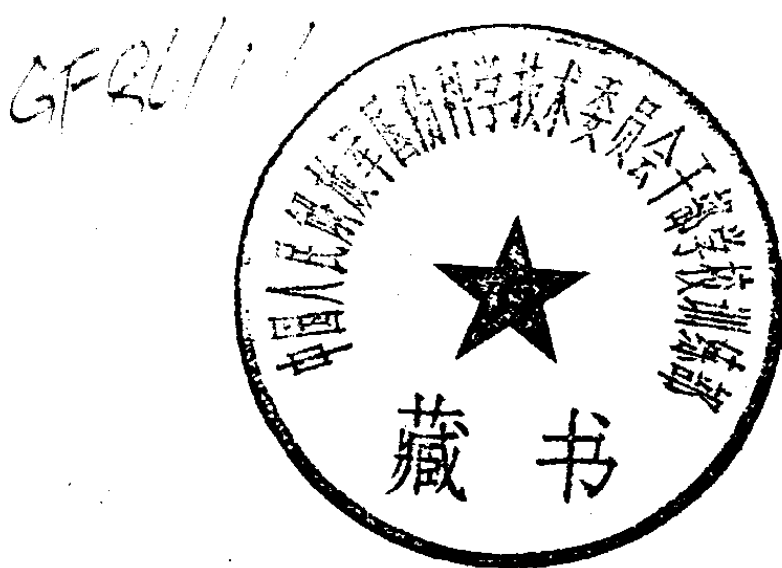
10921

科工要学院802 2 0012057 3

人类认识的自然界

[美]V. F. 韦斯科夫著

张 志 三 等 译



科 学 出 版 社

1979

内 容 简 介

本书是一本综合性科学普及读物。作者概括地介绍了目前人类对各种自然现象的科学认识,包括从宇宙起源到地球产生,从物质的微观结构到生命现象,内容涉及化学、物理学、地质学、天文学和生物学等各个学科,重点放在物理学方面,特别是原子物理学方面。作者通过这些介绍,试图强调说明从基本粒子直到生命世界所呈现的科学认识的普适性及其对人类的意义。

本书可供中等文化水平的读者及一般科技工作者阅读。

Victor F. Weisskopf

KNOWLEDGE AND WONDER

The Natural World As Man Knows It

(Revised Edition)

Doubleday, 1966

人类认识的自然界

〔美〕V F 韦斯科夫著

张 志 三 等 译

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

天津市第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1975年4月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1979年4月第二次印刷 印张: 6 3/4

字数: 145,000

统一书号: 13031·340

本社书号: 619·13-3

定价: 0.48 元

序 言

本书起源于作者在美国坎布里奇白金汉学校所作的一系列演讲，听讲者没有科学方面的专业知识。讲演的目的是概括地介绍我们当前对自然现象的科学认识，并试图说明这种认识的普适性（universality）及其对人类的意义。

从事这样一种工作所遇到的困难是人所共知的。科学知识很难传授给非科学工作者，因此，需要先作许多说明，才能深入到实质性问题。外行人总是常常只见树木不见森林。尽管如此，这些困难并没有难倒科学家采取不同的方式去从事这一工作。本书就是使初学者了解我们时代最伟大文化成就的一种方式。

今天，各种自然科学不再是互不相关的了，化学、物理学、地质学、天文学和生物学都已相互联系在一起，因而在这本书里都谈到了，只是有的谈得多些，有的谈得少些。物理学是所有自然科学的基础，所以重点放在物理学方面，特别是原子物理学方面，这是因为自然界的一切都是由原子构成的。本书所要着重说明的，乃是科学——从基本粒子直到生命世界——朝着普适性发展的趋势，这一科学上的共同的观点，由于近数十年对原子、星体和活细胞的理解取得了巨大进展，看来更加接近于实现了。

在编写这样一本篇幅短小的读物时，作者必须有所选择，而且必然地要略去许多重要的课题。选择的根据是出于作者个人对于各种不同领域的重要性所持有的看法，同时，在不小程度上也根据作者有限的知识。有一个省略方面需要

加以说明，这就是爱因斯坦的相对论没有包括在本书内，而且几乎没有提到它。作者无疑地认为，爱因斯坦理论是物理学和全部科学的最伟大成就之一，它使我们的时空观发生了革命性变化，以致没有爱因斯坦理论，我们就不可能对空间和时间进行精确的定量研究。因此，对许多科学问题的定量描述来说，爱因斯坦理论起着决定性作用。但因本书所着重的是科学领域内所见到的世界形象的定性方面，对此相对论不是绝对必要的，所以我们没有加以讨论（下略）。

V. F. 韦斯科夫

1962年3月于瑞士日内瓦

修 订 版 说 明

由于不断地深入地研究亚原子核现象，最近取得了重要的发现，因此本书对物理学这一领域的原有论述要作出重大修改。主要的修改是本版第七章的最后部分。

V. F. 韦斯科夫

1966年1月

目 录

序 言	(i)
第一章 我们在空间中的位置	(1)
月亮、太阳和行星的距离	(2)
星的距离	(6)
星的分布	(10)
其他星系	(12)
膨胀中的宇宙	(14)
距离阶梯	(17)
第二章 我们在时间中的位置	(20)
地貌的年龄	(20)
放射性, 宇宙计时器	(22)
物质的年龄	(23)
鉴定地球史大事的年代	(26)
地球和行星的年龄	(28)
星的年龄	(30)
第三章 自然界的两种力	(32)
地球上和天空中的引力	(33)
引力定律的普遍性	(35)
光	(38)
为什么光是一种波?	(40)
电	(43)
磁	(46)
电场和磁场	(47)
电磁波	(48)

光是什么?	(50)
第四章 原 子	(53)
物质的自然单位	(53)
热	(56)
分子和原子	(58)
原子的内部结构	(61)
原子结构的重大问题	(65)
第五章 量 子	(70)
原子的量子态	(71)
原子微粒的波动性质	(77)
光量子	(88)
粒子图象和波图象的并协性	(91)
第六章 化 学	(97)
化学键	(97)
分子	(98)
化学能, 化学燃烧	(105)
聚集态	(110)
第七章 量子阶梯	(113)
大小和稳定性	(113)
原子核的结构	(114)
同位素, 放射性	(119)
原子核能, 原子核燃烧	(123)
量子阶梯	(127)
亚原子核现象	(132)
第八章 生 命	(140)
生命的分子	(142)
生命的化学过程	(147)
生命的主体设计	(150)
病毒和人	(153)
营养的来源	(157)

第九章 演 化.....	(161)
最初是怎么回事?	(161)
恒星的演化.....	(163)
地球的产生.....	(169)
生命的发展.....	(173)
偶然事变.....	(177)
结 束 语.....	(196)

第一章 我们在空间中的位置

世界有多大呢？在这个世界上，我们周围的物体又有多大呢？日常生活中所接触到的东西，我们能够立刻感觉到它们的大小。我们的眼睛能够看得清的最小长度是一根头发的宽度，也就是大约一毫米的十分之一。人体大约两米高，这个高度比一根头发的宽度要大一万倍还多一些。周围其他的東西，例如家具、工具、车辆、房屋，粗略地说，都和我们的身体具有相同的尺码；如果不是这样，那我们就不能那么容易地掌握它们了。

我们凭窗远眺，看到更大、更远的东西，例如高山和平原。我们可以计算需要走多少步路才能走到，从而知道它们离我们多远——这就是把它们和我们的身体直接作个比较。我们发现，看得见的远处的东西——高山、丘陵和森林——离我们只有几公里，即使是高耸云霄的落矶山，离我们也不出 100 公里。

直接看得到的距离就到此为止。用计算步伐的数目来测量大陆，那就太难了，更不用说用它来测量地球了。所以，比方说，对于 100 公里以外的东西，其大小和距离的概念就必须利用间接的方法来获得。一种方法是用速率去测量距离。如果我以一定的速率，例如每小时 100 公里，从一个地点旅行到另一个地点，并且知道所花费的时间，那么，就能够计算出这两个地点间的距离。利用现代交通工具很容易进行这种计算。飞机飞行 100 公里约需十分钟；在两海岸之间飞行一次约需 500 分钟。因此，我们大陆的宽度约为 5,000

公里。同样一架飞机绕世界一周，需要几乎十倍的时间；因此，地球的圆周应大约为 50,000 公里，实际是 40,000 公里。我们知道地球是个圆球，这就容易从它的圆周算出直径——13,000 公里。这就是我们自己的住所——地球这个行星的大小。

月亮、太阳和行星的距离

现在，我们把注意力转向天体。怎样才能测量它们的距离和大小呢？太阳、月亮和星星看来都象是钉在包围我们居住的空間的那层圆顶般的表面上似的。我们观看繁星密布的天空，一个个天体和我们之间的距离似乎都是相等的（见图 1）。其实天体离我们太遥远了，不能直接看出它们的实际距离。



图1 表明当时对世界体系的流行看法的中世纪木刻。

旅行者从苍穹探出头来，发现推动星体运转的复杂结构

但是我们可以用很简单的方法来测量较近天体的距离。

最简单的方法是根据雷达技术的最新进展而得到的一个十分新颖的方法，即把雷达束对准目标，并发出一个短信号，等候雷达波从目标上反射回来，并测量出信号往返所需的时间。当信号对准月亮这一目标时，所需的时间间隔是2.6秒，即雷达信号从地球到达月亮，再从月亮回到地球，历时2.6秒。雷达波是光波的一种，而所有的光，都有同样的速率^①——每秒钟300,000公里。于是我们得出结论：地球—月亮—地球的距离是 $2.6 \times 300,000$ 公里，这就告诉我们，月亮离我们大约400,000公里。这又是利用速率来测量距离的。

知道了月亮的距离，那就要问，月亮有多大呢？我们看到的月亮象个圆盘。把同月亮一样大的圆盘从地平线西端挨个儿摆到天顶，再从天顶摆到地平线东端，摆成这么一个巨大的半圆形，需要360个同月亮一样大的圆盘，这就可以看出月亮的大小。我们已知月亮的距离，也知道以月亮的距离为半径的这个半圆形的周长，即 $\pi \times \text{半径}$ ，或 $\pi \times 400,000$ 公里。月亮的直径必然是这个半圆形周长的 $1/360$ ，这是3,600公里，相当于地球直径的三分之一。月亮与地球间的距离只有地球直径的三十倍多一点。我们的月亮几乎是一个属于地球范围内的物体。

现在我们来查看其他的天体，不过，首先只看我们太阳系的成员，即太阳和其他行星。人们对行星运转已观测了许多世纪，但并不知道这倒底是怎么一回事。从哥白尼那个时代起才弄清楚，原来我们从地球上看到的行星的奇怪运动，是它们环绕太阳按圆形（实际是椭圆形，近于圆形）轨道运转，地球本身也环绕太阳运转。地球是行星之一，从太阳往外按行星轨道来数，地球是第三个行星。从地球上仔细观测

① 见第三章。

行星运转，就能看出不同行星的轨道的相对大小。例如，我们观测到，水星总是靠近太阳的，它离太阳从不超过 23 度；从这一事实得出结论：水星轨道的半径是地球轨道半径的 0.38，即三分之一多一点。同样，我们得出，金星轨道是地球轨道的 0.7，即三分之二多一点。这样，我们就能作出一幅比例正确的太阳系图，但是太阳系实际有多大，我们还不知道（见图 2）。

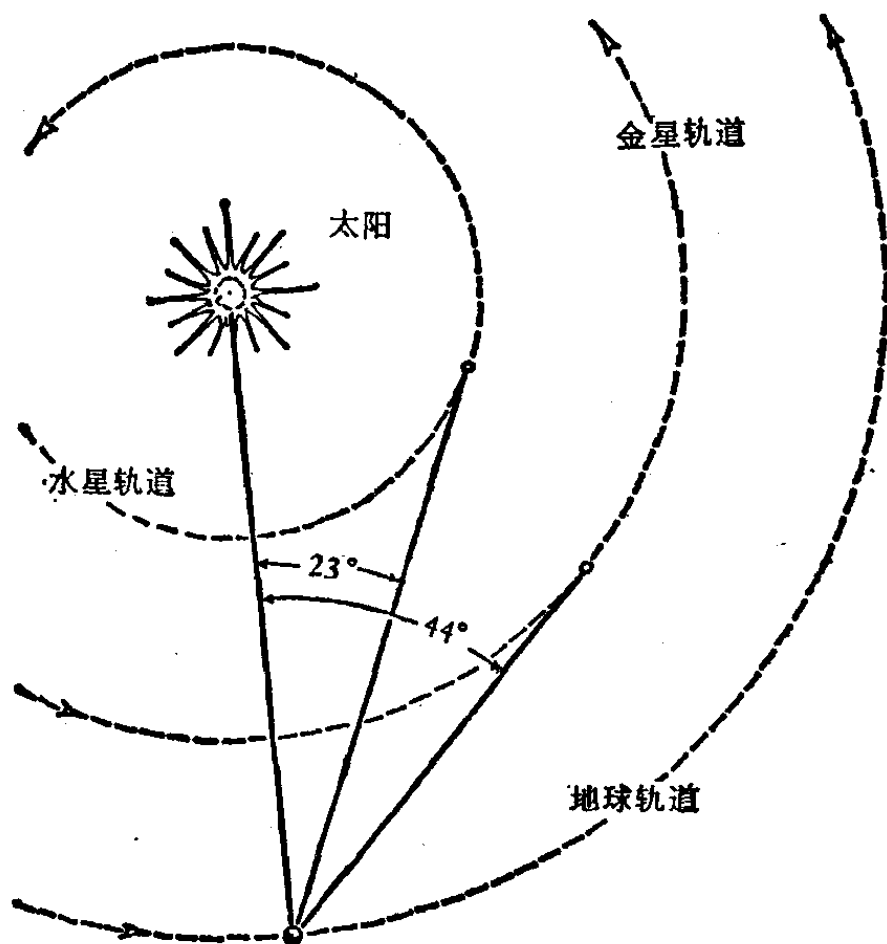


图 2 我们见到的水星与金星离太阳最大的角度。这些角度决定地球轨道和水星与金星的轨道之间的比率

那么我们又怎样求得这些轨道的大小，从而知道太阳系确实有多大呢？我们已经知道太阳系所有成员彼此之间的相对位置，所以，只要把一个成员的确实距离测量出来，就能知道所有行星轨道确实有多大。这里，我们仍然能够用雷达

方法来测量太阳系以内的距离。

在写这本书时，虽然人们已经做过一些有希望的实验，但是我们还没有能够用雷达束的技术来取得地球到太阳之间距离的有用的测量结果。可是，我们能把雷达束对准靠近地球的一个行星。对于金星就曾这样实验过，而雷达信号往返所历时间在五分钟到十五分钟之间，这要看观测时地球和金星各自在其轨道上的位置而定。根据光的速率可以算出，金星的距离属于若干百万公里的数量级。于是我们得到足以表示太阳系特征的一个距离。光从太阳系的一个行星到达另一个行星，要走若干分钟，由此可以得知，太阳系究竟有多大了。一旦把单独一个距离，例如金星—地球距离测定下来，要找出太阳系其他任何一个距离就不再有困难了，因为我们

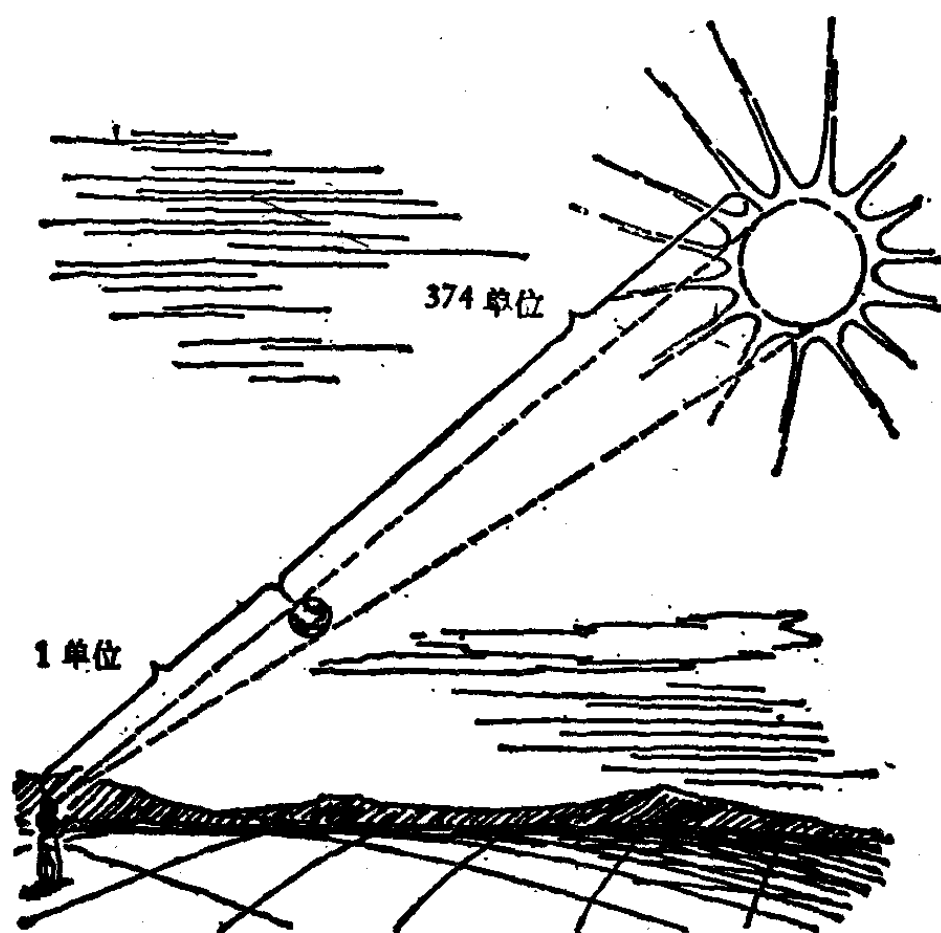


图3 太阳和月亮对于地球上观察者的关系

已经知道了行星轨道的比例及其相对的大小。这样我们马上就能得出，对我们地球上的人来说是最重要的距离，即太阳—地球距离。原来太阳—地球距离有一亿五千万公里；光从太阳到我们地球要走八分多钟。

太阳有多大呢？看起来，太阳和月亮是一般大小，可是我们很容易算出，太阳离我们比月亮远 375 倍。所以，太阳的直径一定比月亮直径大 375 倍。利用乘法，就得出太阳直径是一百四十万公里。太阳比地球大一百多倍（见图 3）。

星的距离

我们已经测量过太阳系的大小了。其实，比起单独一个地球行星来，太阳系更应当称为我们的住所。太阳毕竟是我们的光、热和能的主要来源。太阳是我们所从属的星体，也是我们生活的一部分。太阳系是我们生活所在的世界。现在再让我们往太阳系外边看一看。

我们所看到的尽是星星。它们叫做“恒星”，因为看起来，它们和行星相反，是不动的，而行星环绕太阳运转，则是明明白白可以看得到的。实际上，星星之所以为“恒星”，只是由于它们离我们太遥远了，以致它们的任何运动，都会慢得使人们一辈子也观测不出来。事实上，它们都在运动。精确的天空照片表明，相隔许多年后，星星的位置就有微小的变动。我们能从古代文献推断，好几千年以前，有些星座看来和现在大不相同。

可是星星有多远呢？让我们提出在很大程度上已证明为正确的一个假设——这就是，我们看到的天上所有的星星都和太阳大致一样亮、一样大。实际上，星星并不显得一样亮；有明亮的星，也有暗淡的星。如果我们的假设是正确

的，这只能是由于某些星星离我们远些，另外一些离我们近些。于是我们就很容易算出一颗星的距离。

例如，在看天狼星时联系到一个人所熟知的事实：两个亮度相等的光源，其中一个离我们比另一个远 n 倍，那么，较近的光源看来就比较远的光源亮 n^2 倍。我们把这个定律应用于天狼星和太阳。太阳看来比天狼星亮得多。把它们的光强度比较一下，就发现太阳比明亮的天狼星要亮（百万）² 倍。因此，照上述定律推算，天狼星一定比太阳远一百万倍！其他的星星，例如北斗七星，它们的亮度大约比天狼星弱九倍。如果上述关于相等亮度的假设是正确的话，那么，北斗七星一定比天狼星还远三倍。因此，如果大多数星的亮度是大致相等的话，那么就很容易得出所有星星的距离，也就很容易得出我们的可见宇宙的大小了。

试问能不能够用其他观测结果来核对这个假设呢？回答是：能，我们能够这样做。这就是直接测量某些星的距离，然后把测量结果同我们假设所得结果相比较。如果它们符合一致，就说明我们的假设是正确的。测量一个不能到达的物体的距离，最简单的方法是从两个不同地点去看这个物体，并记下它表现出来的方向的变化。如果我朝着垂直于与远处一棵树相连接的直线的方向走几步，那就可以看到，这棵树的方向有了细微的变化。树离我越远，变化就越小。树的距离可以从方向的变化计算出来^①。当然，星离我们太远了，从地球上不同地点去看一颗星，是看不出它的方向有丝毫变化的。但是我们能够利用这一事实：即地球环绕太阳运转，因此我们的观察点总在变化（见图4）。事实上，我们观看星的地点到了冬季就和在夏季时相隔三亿公里。当我们从圆

① 如果方向的变化用度数来表示，比方说， a 度，同时，如果我走了 n 米，那么，树的距离就是 $57 \times n/a$ 。 a 值越小，距离就越大。

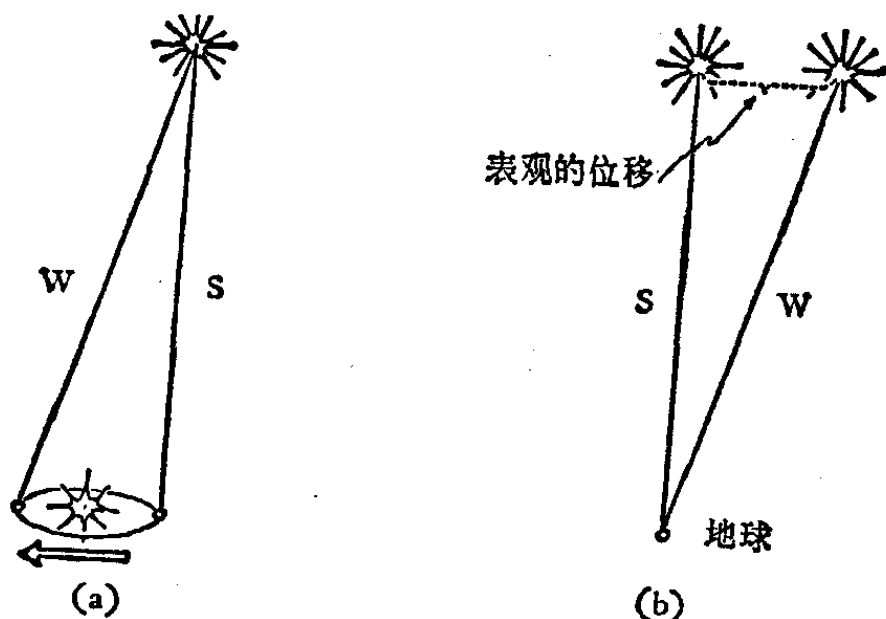


图4 表观的位移。在冬季看见一颗星的方向是W，在夏季看见星的方向是S，如图a所示。因此，从地球上观看，这颗星所移动的距离看来和地球轨道的直径相等，如图b所示

周上一点移到对面一点时，星，特别是较近的星，看来应有细微的位移。当地球在半年以内，比方说，从右向左移动，那么，这颗星也应相对地球在天空中从左向右移动。事实上，这颗星在天空中移动的距离等于地球轨道的直径（三亿公里）——我们观察到的天空中这段距离等于和这颗星同样遥远的观察者所观察到的地球轨道直径一样大。如果上述假设是对的，那么，我们所见到的比太阳远一百万倍的天狼星的小小周期性位移就不应超过相距五公里（一角银币半径的一百万倍）所见到的一角银币的大小。天狼星所作的这些位移确实已经发现！

天文学家持有测量这种小小的位置变化的仪器，经过大约120年之后，证明：天狼星和其他亮度相同的星，果然都是根据我们的假设——它们都同太阳大致一样亮——推断出它们该有多远，实际上就大致有多远。每当一颗星的距离能以其小小的周期性位移来测量时，结果总是最亮的星最近，较暗的星较远。我们的假设已经证明是大体上正确的了。其

距离已能测定的大多数星的实际光强都没有很大的差别。

现在我们知道了最亮的、因而也是最近的星的距离。我们就能判断在我们太阳系同相邻的类似太阳的天体之间的茫茫空间有多大——地球—太阳距离的一百万倍，即大致 10^{14} 公里^①。光走这么远需要十年，这就是为什么我们要用光年来计量这种数量级的距离：天狼星离我们十光年。把它和光在太阳系内行走所需的若干分钟相比，或者和光绕地球一周所需要的仅仅十分之一秒钟相比，你对最靠近的姊妹太阳的距离就有一个概念了。

能用位移法测量其距离的星并不多——只有相对地靠近我们，离我们不超过五十光年的星。在这个距离以内，大约有300颗星。其他大多数星的位移都太小，不能看到。幸而我们还有其他一些更间接的方法去测定星的距离，在这里就不详细讲了。总之，这些测量都证实了我们的假设：星的实际亮度没有很大差别；如果它们离开我们的距离相等，它们看来就差不多一样亮。这条规律也有不少例外，但可用来使我们对星的分布情况得到初步的认识。如果只把颜色相似的星来作比较，这条规律实际上就会运用得更好。举例来说，

① 本书使用称之为“十的幂”的通用科学符号，而不写挂上许多零的巨大数字。 10^{14} 的意思是十的十四次幂，即10乘10乘10……共十四次，这就是第一位数是一，而后面挂着十四个零的一个数字。例如，一百万就写成 10^6 。

我们说天狼星离我们 10^{14} 公里远，我们的意思并不是天狼星的距离恰恰等于这么多公里。我们给出的仅仅是“数量级”。天狼星的距离可能是 10^{14} 的 $\frac{2}{3}$ ，或是 10^{14} 的 $1\frac{1}{2}$ 。为了科学上的专门目的，必须更确切地了解天狼星的距离。实际上，已知的数字已具有很高的准确性了，但就我们的概论而言，没有必要去精确地知道这个数字。不论天狼星离我们究竟是 $\frac{1}{2} \times 10^{14}$ 公里，还是 2×10^{14} 公里，这对宇宙的大小作一般性的了解来说是无关紧要的。我们关心的只是茫茫空间的数量级。