

自然科学入门

天文学

知识出版社

P1
259

自然科学入门

天 文 学

K.B.克劳斯科普夫 A.贝舍 著

张 卫 民 译

TW55/08

知 识 出 版 社

上 海

The Physical Universe

Konrad B. Krauskopf

Arthur Beiser

McGraw-Hill Book Company, New York, 1979.

自然科学入门·天文学

K.B.克劳斯科普夫 A.贝舍 著

张卫民 译

知识出版社出版

(上海古北路360号)

(沪版)

新华书店上海发行所发行 江西省印刷公司印刷

开本850×1156毫米 1/32 印张4 插页2 字数93,000

1986年9月第1版 1986年9月第1次印刷

印数: 1—3,000

统一书号: 15214·1037 定价0.83元

内 容 提 要

本书系统论述了天文学的基本概念，分章讨论地球及其近邻、太阳系、恒星和宇宙，对地球、恒星及宇宙的演化有较详细的论述，还介绍了宇宙膨胀及交替地膨胀和收缩的循环理论，并涉及人们感兴趣的地球以外的生命、星际旅行等内容。本书论述浅显，可作为文科师生、业余爱好者和中等文化程度读者的入门书。

出版说明

斯坦福大学地球化学名誉教授克劳斯科普夫 (K.B.Krauskopf) 和贝舍 (A.Beiser) 所著《物质世界》(*The Physical Universe*) 一书, 系统而通俗地介绍了物理学、化学、地质学和天文学的基本概念和基础知识。我们按学科分册出版, 定名为《自然科学入门》。原书附录中的题解分别列于各册之末, 其余的附录内容未译出。原书中的照片图均未采用。

《自然科学入门·天文学》译自《物质世界》第四版第十七至第二十章; 由张卫民译、钱志瀚审校。

第四版序

我们写《物质世界》(*The Physical Universe*)的目的是尽可能简洁地介绍物理学、化学、地质学和天文学的要点。由于这些学科涉及面非常广阔,而我们的读者的文化程度可能不高,因此,必须对本书所选素材及论述深度有所限制。本书强调各学科的基本概念以及它们在认识自然界方面所起的作用,同时介绍一些有关自然科学的历史和哲学发展的知识。我们希望,读者最终将对科学家在研究过程中如何运用归纳法、演绎法有一些感性认识。

《物质世界》首先论及运动,怎样描述运动和影响运动物体的因素,然后仔细讨论引力、能量和动量。目前,物质的三相引起了人们的注意,本书将从分子运动论直到热力学定律讨论这个问题。接着,谈电学和磁学的基础知识,并以光的电磁理论作为这项知识的顶点。再次,谈化学的基本概念,自然地引导到关于原子、原子结构和原子核的讨论,在这里量子力学的思想起着重要作用。元素周期表使我们回到了化学,并对有机化学进行了探讨。从观察覆盖着整个地球的大气和海洋着手,我们转入对人类赖以生存的行星——地球的研究,并进而讨论地球上的物质、永恒变动的地壳和神秘的地幔、地核。在记述了地球的地质历史之后,再讨论我们在空中能看到的和我们所知道的地球的近邻。接着,我们主要研究了太阳,它是太阳系之主,是地球上几乎所有能量的源泉。然后,我们再观察宇宙中的其他恒星,个别存在的和由巨大集团组成的星系。本书的最后一个主题是探讨宇宙的演化,以讨论地球的起源和宇宙中是否存在其他可居住的行星作为结尾。

我们认为，将一些定量讨论排除在外是既不可能也不可取的，但这将是简单的和增补性的，而不是起支配作用的。附录中有基础数学的复习内容。其他有助于学生的辅导材料还有词汇表*。几百幅插图、供快速复习理解程度的选择题和编号为单数的问题的概要题解及答案。总之，本书提供的种类不同、难度各异的练习题在1,000个以上。

为了使抱有不同目的、准备花费不同时间的读者都觉得便利，我们对《物质世界》第四版的编排作了改进。本教程包括物理科学的全部范围，集中讨论的两三个有关学科的全部知识将尽量容纳在内。前八章论述作为自然科学基石的基础物理学，接着各有四章分别论述化学、地质学和天文学。新的编排将物理学和化学分得更清楚，而在前几版中它们在某种程度上是交叉结合的，那样做在原理上可以得出更令人满意的图像，但在课堂教学中会增加实际困难。除了次序的更动之外，课程本身亦经彻底校订。在很多方面，特别是在天文学方面，编入了新的素材；有的讨论，比如化学计算，经验表明，以前写得过于突出，现已节略。整本书的内容现在更为均衡，各章的程度也更趋一致。

我们要再次向《物质世界》前几版的读者致意，感谢他们对本书所提的诚挚的意见以及改进建议。

K. B. 克劳斯科普夫

A. 贝舍

* 基础数学的复习及词汇表未译出。——译者

目 录

第一章 地球和天空.....	(1)
运动着的地球 (1) 描绘地球和天空 (11) 月球 的运动 (19) 夜空中的其他现象 (22) 提要 (25) 选择题 (26) 问题 (28) 选择题答案 (30)	
第二章 太阳系.....	(31)
太阳家族 (31) 内行星 (35) 外行星 (44) 月 球 (49) 提要 (54) 选择题 (55) 问题 (56) 选择题答案 (57)	
第三章 恒星.....	(58)
天文学的工具 (58) 太阳 (63) 太空中的恒 星 (69) 恒星的性质 (73) 恒星的演化 (77) 提要 (83) 选择题 (84) 问题 (86) 选择题答案 (88)	
第四章 宇宙.....	(89)
星系 (89) 膨胀的宇宙 (95) 宇宙的演化 (99) 地球以外的生命 (104) 提要 (109) 选择题 (109) 问题 (111) 选择题答案 (113)	
编号为单数的问题答案.....	(114)

第一章 地球和天空

空旷郊野或辽阔海洋上的明净的夜空，是自然界任何东西都难以比拟的。远离城市的灯光，无数星星好似交织成一幅幅图案，银河系汇成的一条亮带，转瞬即逝的彗星轨迹，以及撒下一片寒色微光的月球。如果我们有幸，（还会看到）闪烁的极光给这片景色增添的一层神秘色彩。难怪早先的哲学家发现天空是一个令人惊讶和臆测的无尽源泉，也难怪天文学如今会吸引如此众多的人。在了解居住于宇宙的行星、恒星和星系之前，让我们先介绍一下肉眼所见的天空面貌，以及地球的运动是如何影响我们的视觉的。

运动着的地球

天空巡视

天空的观察者首先意识到的是所见现象的周期性特征。太阳从东方升起，跨越天空，在西方落下。日复一日地重复这样的过程。月球和行星每天以相似的方式移动，但在北方的空中，有一颗看上去几乎不动的星，它就是北极星。几千年来，它一直被旅行者视为向导，因为它几乎不改变位置。它附近的恒星永不升降，围绕它作圆周运动。这些恒星在它的底下从西向东、在它的上方从东往西作圆周运动。离北极星越远，圆周越大，直到它们最终降到北方的地平线以下。往南看，恒星的轨道如同太阳和月球的轨道，简直成了一些很大的、圆心都在北极星近旁的圆周。

太阳、月球和恒星的升落，是因为它们的圆周有一部分位于地平线以下。于是，就位于赤道以北的观察者而言，整个天空绕这个在其他方面并不显著的恒星，一天旋转一周。

北极星所以会占据这样一个中心位置，真是再偶然不过了。因为地球绕它的自转轴一天旋转一周，北极星恰巧差不多位于北极的正上方。当地球自转时，除这颗星外，在地球周围天空中的星体似乎都在移动。恒星除绕北极星转圈外，它们的相对位置是固定的。北斗七星在日出与日落之间，绕北极星走过半圈，但七星的形状保持不变（事实上，正如在第三章中要讨论的，这些恒星其实都在改变着相对位置，只不过因为它们离我们十分遥远，以致这种变化显得非常微小）。

象北斗七星这样容易被观察到的星群，称为星座（见图1.1）。在北斗七星附近是不太明显的小北斗，北极星位于它的勺把末端。在北极星的另一边，位置与北斗七星相对称的是W形的仙后座，它是用古代埃塞俄比亚王后的名字来命名的。在冬天夜晚出现的传奇的“猎人”猎户座，是一个亮星座，由4颗位于一个翘起的矩形的4个角上的恒星，以及3颗横贯其间的恒星组成。夏天，在南方的地平线以上可以看到的天蝎座，是一群拖着弯曲尾巴的扇形星群。如果稍有些想象力，还可以发现许多“动物”、“英雄”和“美女”藏在这些较暗弱的恒星之间。其实，大多数星座与它们被想象的形象之间，仅仅稍微有些相似，但它们为确定天空区域提供了方便的名称。

在每天从东到西跨越天空的恒星中，太阳和月球比位置固定的恒星移动得稍慢些，因而看起来它们在星座中向东漂移。换句话说，相对于固定的恒星而言，太阳和月球在向东移动。如同一个人在向南行驶的火车上向车尾走去，相对于火车而言，他是在向北运动。月球的向东缓慢漂移最易被察觉。如果在某天晚上，月球在一颗亮星附近，到第二天晚上，月球将出现在该星的东边；

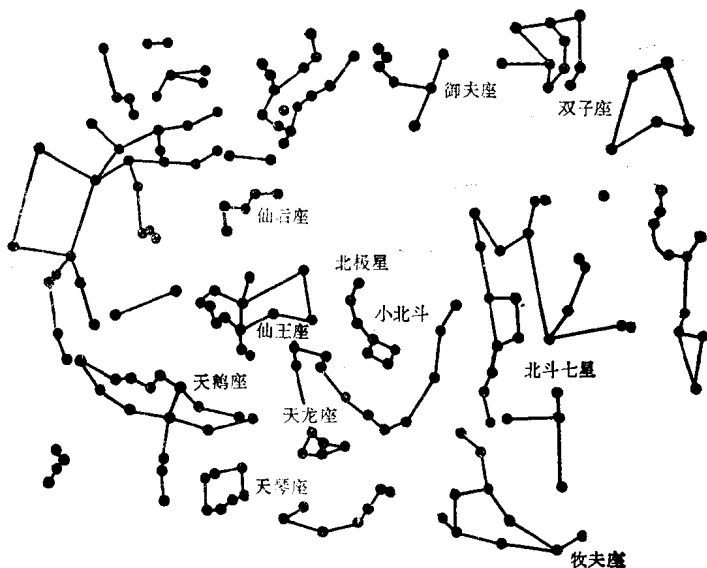


图 1.1 北极星周围的几个星座。

到再下一个晚上，月球又将向东边移去更远。大约在 4 个星期内，月球东移一周而返回出发点。

太阳的这种相对运动很难进行追踪，因为我们不可能直接观察到它在哪颗恒星附近。然而，如果我们注意到哪个星座正好在太阳落下后出现，我们就能估计太阳在恒星中的大概位置，并天天跟踪它。我们发现太阳的东移比月球慢，以致每一天的变化几乎无法察觉。正因为太阳的这种运动，每天晚上星座升起的时间会比前一天早几分钟。过了几个星期或几个月以后，夜空的面貌就会有明显的差别。在太阳东移一周之后，我们会发觉，一年已经过去了。事实上，一年的长短就是根据太阳在恒星中的这种视运动而确定的。

还有 5 颗肉眼可见的星体，也相对于恒星漂移。这 5 颗貌似亮星的星体，在古代被称为行星（希腊语意为流浪者）。它们分

别以罗马神中的传信神、爱和美的女神、战神、主神和农神来命名。象太阳一样，它们的漂移非常缓慢，以致它们每一天的运动很难被察觉。但是，与太阳不同的是，它们在复杂的轨道上运动。总之，每个行星相对于恒星都在向东漂移，但它们的运动速率是变化的，偶尔还会反向向西移动一段。于是，行星的轨迹呈现出规律性重复的环形（图1.2）。

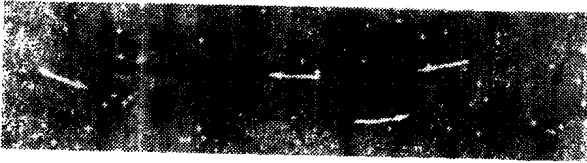


图 1.2 从地球上看到的一颗行星的视轨迹。行星在大部分时间内似乎都相对于恒星东移，但有时它们会反过来向西移动。

地球的形状和大小

在不同地点对天空的观测，提供了地球形状的线索。早在公元前五世纪，E.帕尔梅尼泽就宣布地球是球形的。他的这个结论很可能是出于他对旅行者经历的分析。旅行者们发现，越往北走就有越来越多的星星整夜都在地平线以上（图1.3）；他们还发现，越往南走就能看见越来越多的星星（例如老人星在希腊是看不到的）。早期的旅行家们还有如下的记载：一天的长短随我们现在所谓纬度的不同而不相同。这个事实难以用地球的平板模型来解释。

当地球作为球形的概念被古希腊人接受时，就有人试图估算其大小。早期测量地球周长的最准确结果是由埃拉托斯特尼（公元前276~前194年）得出的，他为管理亚历山大城的一个大图书馆而耗尽了后半生。他了解到，位于亚历山大城南方的塞恩，夏季第一天中午的太阳恰好在头顶正上方。在公元前250年的夏至日，他仔细测量了亚历山大城中午的太阳光线与铅垂线方向所成的倾斜角。他发现，倾斜角为圆周角的 $1/50$ ，即稍大于 7° （图

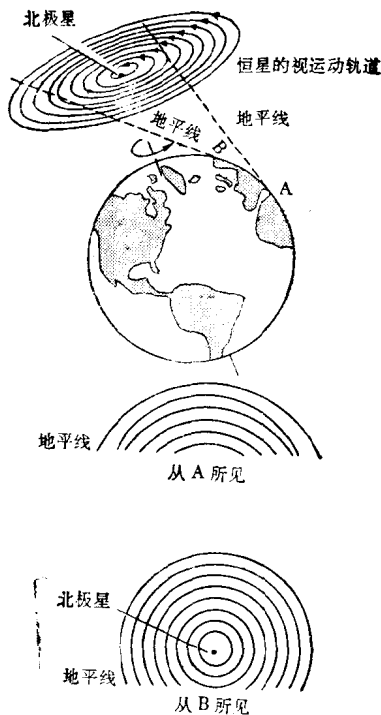


图 1.3 高纬度的地方比低纬度的地方有更多的恒星整夜露出地平线,这是地球为球形的证据。

1.4)。既然从塞恩到亚历山大城的距离为5,000希腊里,则地球的周长应为5,000的50倍,即25万希腊里,与之对应的是一个360°的圆周。

1 希腊里有多长? 古代曾使用过几种不同的希腊里。埃拉托斯特尼所用的很可能是 1 希腊里等于158米的比例尺度,这是当时专门用来检验距离的标尺。这样,地球的周长为39,500千米,与最近测定的子午线周长40,025千米相差不大。据估计,地球的半径为6,400千米。

地球是由于重力作用而成为球形的。如果地球上某一部分比

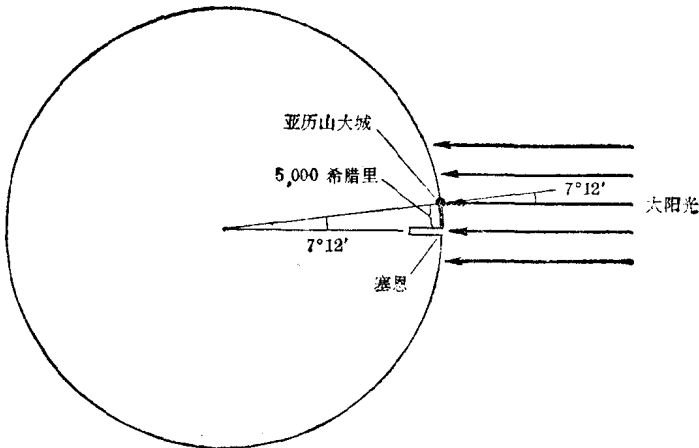


图 1.4 埃拉托斯特尼如何确定地球周长。夏季的第一天正午，在塞恩，太阳光垂直地照射，而在塞恩以北5,000希腊里的亚历山大城，太阳光却偏离铅垂线 $7^{\circ}12'$ （即为圆周角的 $1/50$ ）。由此得知，地球周长约为 $50 \times 5,000 = 250,000$ 希腊里。

其他部分更凸出，那么，其他部分的引力将产生很强的压力，作用在这部分物质上，使地球的这部分物质向两侧流出，直到凸出部分与表面其他部分拉平或基本拉平为止。在一个凹形体边缘的压力，同样会导致边缘部分物质的流入。象山峰和海洋区域那样的不规则性与地球的尺寸相比，是微不足道的。从太平洋底到珠穆朗玛峰的高度之差，还不足20千米，即小于地球半径的 $\frac{1}{300}$ ，而且由于山上的岩石比海洋中的岩石轻，因此不会使压力平衡失调。

虽然比起其他形状来，地球更接近于球形，但它并不完全是一个球形。早在300年前，这个事实已被牛顿所预言。他推论，既然地球在快速自转，近赤道的部分就会有向外凸出的趋势，正象系在绳子上的一只旋转的球那样。结果，地球在赤道上微微凸出，而在两极微微扁平，活象个葡萄柚。地球的形变不是很大，因为地球的赤道直径只比两极直径多出43千米（图1.5）。这种效

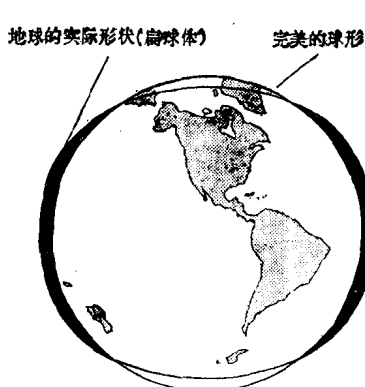


图 1.5 地球自转的结果使它成为一个扁球体。这种结果在图上被大大地夸张了；实际上，地球赤道的直径只比它两极的直径长43千米。

应通常叫做离心力形变，因为赤道区离地球中心最远。

地球与一个完全的球形只差0.34%。金星自转得很慢，所以离心力形变是微不足道的。木星、土星和天王星等行星，都绕它们的自转轴快速自转，分别呈现出6.2%、9.6%和6%的形变，在它们各自的极区明显呈扁平状。

日和年

地球绕自转轴自转，同时绕太阳公转。这两种运动决定了特殊的时间周期，命名为天（完成一次自转的时间）和年（完成一次公转的时间）。自然，它们有点象钟，但进一步观察表明，这个钟并不具有我们所希望的那样严格的规律性。各种倾斜和摆动、加速和减速，都影响了地球运动的均匀性。由于地球的这些特性，以及月球、太阳系其他成员的类似运动特性，都遵循于物理定律，所以，把太阳系当成一只巨大的钟，也未尝不可。当然，现在最精确的时间测量是依据原子现象，而不是天文现象，这是不足为奇的。

遗憾的是，1年并不是天的整数倍。1年的精确时间是365天5小时48分46秒。因为1年与365天实际相差近6小时，即1/4天，所以，每隔4年在2月份加上1天，就可能使每年的各种时令、季节重复出现在差不多相同的日子里。每逢附加1天的这一年，就称闰年。按照惯例，闰年是那些被4能整除的年份，如1976、1980、1984年等。

但每年还有11分14秒的偏差，累计起来在128年后整整差了1天。为了尽量消除这种偏差，不能被400除尽的不算闰年，例如

1900年就不是闰年，而2000年将是闰年。做到这一步，就可使历法精确到每3,300年才有1天的偏差。再作进一步的修改，使4000年、8000年、12000年等每年为365天，而不是闰年。这样的历法精确到每20,000年才有1天偏差，该精度对时间而言，似乎已经足够了。

岁差

地球自转轴与它的轨道平面的垂线倾斜约 23.5° ，这样大的倾斜在太阳系中并不常见。几大行星中，木星的自转轴倾斜得最小，只有约 3° ；相比之下，天王星的倾斜算很大了，也只不过是 8° 。实际上，天王星是向着一边倾斜着旋转的。

地球自转轴的倾角实际上是常数，但轴的方向逐渐在变，导致了地球的自转轴在空间描绘出一个圆锥（图1.6），这种效应叫做岁差。它起

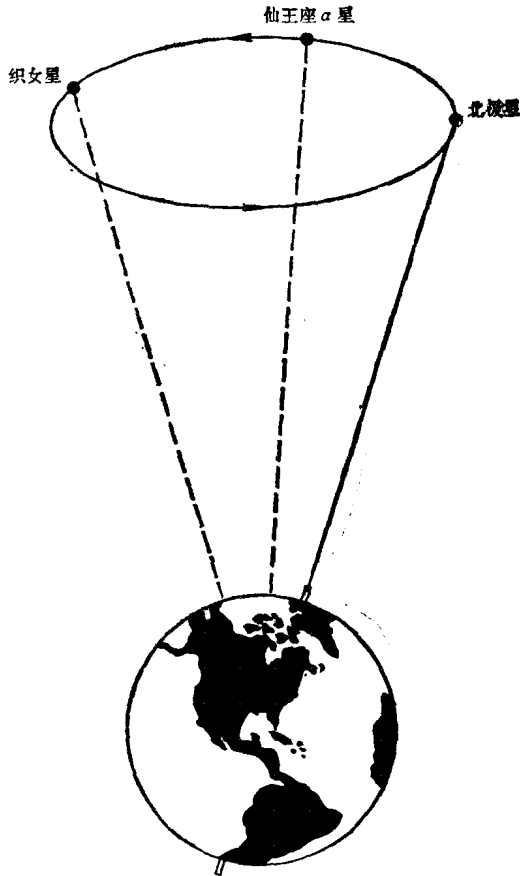


图 1.6 地球自转轴的方向在逐渐改变，每过 26,000 年变化一周。

由于太阳和月球对地球赤道的凸出部分的引力（自转轴顶端的摆动是岁差的另一个例子）。岁差的周期约为26,000年，说明自转轴的移动非常慢，每年仅为 0.014° 。然而，岁差还是被古希腊天文学家所发现。现在，北极星几乎垂直于北极上空，但在5,500年后，将是仙王座 α 成为“北极星”；而在12,000年后，又将是织女星（天琴座 α ）成为“北极星”。由于织女星是北方天域最亮的恒星之一，我们可以设想，倘若出现一个没有遗留下任何科学知识的象欧洲的中世纪那样的新的黑暗时代，12,000年后，人们还是会理解这个巧合的。

季节

地球与太阳之间的平均距离大约为1.5亿千米。因为地球的公转轨道不是圆形，而是椭圆形，所以，它们之间的实际距离是在变化着的。在一年之内，从小于平均距离240万千米，变化到大于这个平均距离。在一月初，地球离太阳最近，这个位置叫做“近日点”，而在七月初，地球离太阳最远，这个位置叫做“远日点”。

我们可能会把季节归因于地球轨道的偏心率，特别是我们正好住在南半球的话，那里的一月份是夏季，而七月份却是冬季。但这并不是正确的解释，因为南、北半球的季节是相反的，同时，地球在近日点和远日点时，太阳光照射到地球上的光量变化实在太小，不足以引起由于热带地区明显地朝两极来回移动而产生的冬季和夏季之间的差异，而地球的公转轨道离理想的圆形，毕竟只有 $\pm 1.6\%$ 的偏差。

形成季节的主要因素不是地球公转轨道的形状，而是地球自转轴的倾斜。自转轴倾斜的结果，使得在每年的一半时间内，某个半球比另一半球直接接收到更多的太阳光；而在另一半时间内，该半球又接收到较少的太阳光（图1.7）。一束光以 30° 角入射，每平方米被照表面所接收到的能量，只是该光束垂直于表面入射时所接收到的能量的一半，正如我们在图1.8上所看到的那样。