

丛书主编 李醒民 肖显静



中学生科学素养丛书

- 物理概念与理论的形成
- 物理实验与技术创新
- 物理方法及其应用
- 物理学与真善美

物理

ZHAOXUN WANWU DE ZHENSHANMEI

找寻万物的 真善美



吴国林等 编著
陕西科学技术出版社

丛书主编 李醒民 肖显静



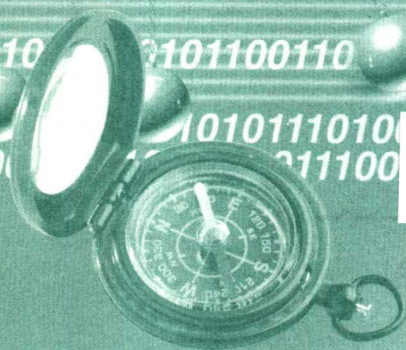
中学生科学素养丛书

物理

找寻万物的真善美

ZHAOXUN WANWU DE ZHENSHANMEI

吴国林等 编著



陕西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

物理·找寻万物的真善美/吴国林等编著. —西安: 陕西科学技术出版社, 2003. 11

(中学生科学素养丛书)

ISBN 7-5369-3703-2

I. 找... II. 吴... III. 物理课—中学—课外读物
IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 089246 号

出 版 者	陕西科学技术出版社 西安北大街 131 号 邮编 710003 电话(029)87211894 传真(029)87218236 http://www.snstp.com
发 行 者	陕西科学技术出版社 电话(029)87212206 87260001
印 刷	陕西宏业印务有限责任公司
规 格	787mm × 1092 mm 16 开本
印 张	12.25
字 数	210 千字
印 数	1—5000
版 次	2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷
定 价	19.00 元

版权所有 翻印必究

(如有印装质量问题,请与我社发行部联系调换)



敞开您的心扉：聆听科学！

——《中学生科学素养丛书》总序

李醒民

亲爱的青少年朋友，您手中的这套丛书，是我们特意为您编写的。

跨入中学的大门，您在课堂上或迟或早要学习各种各样的科学知识，要理解抽象的科学概念，要记忆繁杂的数学公式。可是，您知道那些知识是怎样被创造出来的吗？您清楚那些概念和公式是如何被发明或被发现的吗？

我们猜想，您恐怕不会了解得太多。

至于科学家在与他的问题苦斗时的心路历程和精神状态，以及在“山重水复疑无路”的困惑之后，瞥见“柳暗花明又一村”美景时的惊奇和狂喜，您大概就更加不甚了了。

因此，急需一套丛书弥补这一缺憾——《中学生科学素养丛书》于是应运而生。

在这套丛书中，我们拟通过一个个小故事，力图历史地勾勒出科学家的所思所想、亦苦亦乐，并穿插少许认识论和方法论的议论，借以收到虚实相间、情理交融的效果。

我们热诚地祈望，青少年朋友从中不仅能学到一些科学知识，更重要的是能把握科学方法，领悟科学精神。您要明白，科学方法是科学的本质，科学精神是科学的灵魂。手握科学方法，遇到问题往往事半功倍；心怀科学精神，人生也会变得富有意义和情趣。

青少年朋友，您可能十分崇敬大科学家和大思想家爱因斯坦。爱因斯坦曾借他人之口，给教育下了一个极其精妙的定义：“如果一个人忘掉了他在学校里所学到的每一样东西，那么留下来的就是教育。”

这样的“教育”无疑是人们常说的“素质教育”，《中学生素质教育丛书》的立



意和旨趣恰恰就在这里。

我们相信，只要您打开书页，静静地读下去，您肯定会情不自禁地徜徉其间，或流连忘返，或低回默思。

青少年朋友，敞开您的心扉吧，请聆听科学的真谛！

像春日轻柔的雨丝，
无声地沁透您的心脾。
像夏夜徐徐的清风，
刹那间凉彻您的肌肤。
燃起您的热情的，
是漫山遍野醉人的红叶。
涤荡您的魂灵的，
是一望无垠的皑皑白雪。
智慧的科学
——有崇实尚理的精神，
有从善如流的情怀——
似春雨、夏风，又似秋叶和冬雪。

2003年1月16日于中国科学院研究生院



自序

“物理学有什么用？”“物理学家有什么用？”常有人这样问我。

稍稍了解一下科学史，我们就知道物理学对人类社会发 展所做出的重大贡献，我们就不能不为物理学家感到骄傲！从古希腊著《物理学》的百科全书式人物亚里士多德，到近代著《自然哲学之数学原理》的牛顿，再到 20 世纪发现狭义相对论和广义相对论的最伟大的科学家和物理学家爱因斯坦，他们都是影响世界的科学家和思想家，他们超越了国界和种族，其思想改变了人类的基本观点和认识世界的方法。试想一下，还有哪些科学家会有如此大的影响呢？

在这些群星灿烂的物理学家当中，有一颗闪亮的星座——那就是华裔美籍物理学家杨振宁教授。1957 年，杨振宁教授与李政道教授分享该年度诺贝尔物理学奖，原因是对于宇称定律的深入研究。1964 年，杨振宁才加入美国籍。杨振宁教授是 20 世纪最伟大的物理学家之一，他对物理学有三大贡献：规范场、杨-巴克斯特方程和弱相互作用下的宇称不守恒。

1994 年，美国费城富兰克林研究所把北美地区奖额最高的科学奖——鲍尔奖(Bower Prize)——授予杨振宁教授，以奖励他在规范场和其他方面的贡献，文告中赞扬杨振宁教授的研究“对 20 世纪下半叶基础科学研究的广大领域产生了巨大的影响”“它深远地重新规划了物理学和现代几何学的发展”“给人类对宇宙间基本相互作用和自然规律提供了理解”“(杨-米尔斯场)已经排列在牛顿、麦克斯韦和爱因斯坦的工作之列，并必将对未来几代有类似的影响”。

对于这样一位华裔物理学家，想必每一位同学都了解他，那是中国人的骄傲，也是每一位从事物理学工作者和学习者的骄傲！

一位物理学家不仅仅要重视物理学研究，探索物理世界的基本构造和演化规律，而且还要关注物理学为人类造福，关注物理学的人文意义。爱因斯坦和杨振宁就是这样的例子。

20 世纪 50 年代末有一位著名的英国物理学家和小说家斯诺(C. P. Snow, 1905—1980)写了一本《两种文化》，他以敏锐的洞察力意识到，人文科学知识分



子和科技知识分子及他们所代表的文化，即人文文化和科技文化，在两者之间已产生了很深的鸿沟，这种文化上的两极分化，将给人类带来极大的损失。

物理学之所以能够对世界有深刻的洞见，就在于它是理性与实验的完美结合，物理学中存在美与善，同时物理学崇尚有条理的怀疑和批判精神。自近代牛顿力学以来，物理学始终是自然科学的带头学科，是推动世界发展的最重要的力量之一，可以说它就是“第一推动”，它的发展模式、研究方法、思想和精神深深地影响了世界的变革。从瓦特的蒸汽机到电力革命，再到电子计算机和因特网等；从物质的基本粒子、宇宙诞生到宇宙自身；从宏观到微观，从无生命到有生命等；从自行车到航天飞机，从农业社会到知识经济时代等，没有哪一件事能够离开物理学。物理学就在你的身边，物理学启动着你的灵感和智慧，启动着你的哲思，启动着你的美感与诗意……

愿同学们喜欢物理，为探索物理世界而努力，也希望通过我们这本书，让你们感受到真实的物理的发现与发展，感受物理学家的激情与沉思，感受物理学家的苦与乐，感受物理学中的大智慧……

吴国林





目 录

第一篇 概念与理论

- | | | |
|----|--|----|
| 1 | 世界是简单的
——哥白尼的日心说 | 3 |
| 2 | 看山不是山,见水不是水
——苹果落地与牛顿的万有引力定律 | 6 |
| 3 | 物理学的第一次综合
——牛顿力学的建立 | 8 |
| 4 | 是超距作用还是近距作用
——谈谈力之间的媒介 | 10 |
| 5 | 力的统一性
——四种相互作用及其统一 | 12 |
| 6 | 时间空间是有限还是无限
——从牛顿的绝对时空观到宇宙大爆炸学说 | 17 |
| 7 | 物质是无限可分还是有限可分
——谈谈基本粒子、“夸克囚禁”与“毛粒子” | 21 |
| 8 | 光是粒子还是波?
——关于光的本质 | 25 |
| 9 | 物质也像光那样能产生波动吗?
——物质波的发现 | 29 |
| 10 | 变中有不变吗?
——能量守恒定律的发现历程 | 31 |
| 11 | 数与世界的本质 | |



——物理学常数与大数据假说

- 12 黄河之水天上来
——时间有没有方向?

35

- 13 是因为高低不平吗?
——摩擦的认识过程

38

- 14 从感觉的量化再到抽象化
——温度和温标

41

- 15 真是“打胡乱说”?
——法拉第的“场”概念

43

46

第二篇 实验与技术创新

- 1 给我一个支点,我可以撬动地球
——杠杆原理的发现

51

- 2 实验是检验真理的标准
——伽利略的斜面实验

53

- 3 寻找星空音乐
——开普勒发现行星运动三定律

55

- 4 99%的汗水 + 1%的灵感
——爱迪生发明电灯

58

- 5 第二次工业革命的技术基础
——发电机和电动机的发明

61

- 6 声学 with 电磁学的结合
——电话的发明:是梅乌奇还是贝尔?

64

- 7 先有了名字,然后才找到实体
——电子的发现

66

- 8 光学与电子学的产物
——激光器的发明

69



- | | | |
|----|----------------------------------|----|
| 9 | 再快也是有限的
——光速测量的历程 | 72 |
| 10 | 宇宙大爆炸之后还有余温吗?
——谈宇宙微波背景辐射的发现 | 74 |
| 11 | 原子是怎样构成的?
——原子模型的演变 | 77 |
| 12 | 先进的科学知识通常是很多人劳动的结晶
——以中子的发现为例 | 81 |
| 13 | 物理实验室的典范
——卡文迪什实验室 | 83 |
| 14 | 探索微观世界的利器
——粒子加速器的故事 | 86 |
| 15 | 知识经济时代的精粹
——电子计算机的过去、现在与未来 | 89 |

第三篇 方法、社会与应用

- | | | |
|---|-------------------------------------|-----|
| 1 | 正确寓于错误之中
——关于热的本质的争论 | 93 |
| 2 | 思维并不比现实不实在
——理想实验 | 96 |
| 3 | 库仑定律的发现与验证
——类比方法的成功运用 | 99 |
| 4 | 怎么知道物理理论是正确的
——伽利略的实验与数学相结合方法的意义 | 101 |
| 5 | 仅有技术是不行的
——瓦特发明蒸汽机的科学和社会因素分析 | 103 |
| 6 | 乌云与尘埃遮不住真理之光 | |



- 被推迟承认的欧姆定律 107
- 7 没有科学革命就没有技术革命 111
——电力革命的发生
- 8 永动机是否可能? 113
——焦耳的意外收获
- 9 哲学对科学的引导作用 117
——奥斯特:电与磁是相互联系的
- 10 “观察渗透理论” 120
——赫兹试验
- 11 机遇偏爱有准备的头脑 123
——伦琴发现 X 射线
- 12 能量子的发现 125
——物理学家普朗克的故事
- 13 概念是思维的自由创造 129
——记著名科学家爱因斯坦的思想方法
- 14 半死半活的薛定谔猫 132
——如何对待微观粒子的“波粒二象性”?
- 15 电的运行可以没有阻碍 135
——超导现象及其社会应用
- 16 三百年的沉冤 138
——被教会迫害的科学家伽利略
- 17 妒忌的恶果 140
——法拉第超越老师之后
- 18 电子电荷的测定 143
——密立根的不端行为
- 19 科学技术是第一生产力 147
——第一个科学工业园的诞生和意义
- 20 科学需要人文精神



——该不该禁止核弹

150

第四篇 物理学家：在真、善、美之间

- 1 丹麦是我出生的地方，是我的家乡
——著名物理学家玻尔的情怀

155

- 2 “站在巨人的肩上”
——物理学中的成对现象：科学中的继承与创新

157

- 3 20 世纪最伟大的理论物理学家之一
——杨振宁小传

160

- 4 物理学是我的生活方式
——李政道小传

162

- 5 J 粒子的发现者
——丁肇中小传

165

- 6 平凡孕育伟大
——朱棣文小传

168

- 7 农村娃同样能够获得诺贝尔奖
——崔琦小传

170

- 8 中国的居里夫人
——吴健雄小传

172

- 9 物理学之美
——对称与和谐

175

参考文献

180

后记

181



第一篇

概念与理论

科学起源于什么?目前并没有一致的看法。有的学者认为,生产实践是科学产生的源泉。一些学者认为,科学起源于巫术,巫术是宗教和科学的共同起源。也有学者认为科学起源于观察:“原始人把可以用经验科学表达的观察或传说加以处理的简单现象和他们所无法理解或控制的神秘的、不可估计的变化,明确地区别开来,前者引向科学,后者导致巫术、神话和祭祀。”有的学者倾向于“科学起源于技术”这一观点,因为简单工艺的发展,火的发现和取得,工具的改进,奠定了科学的另一基础。还有学者认为,科学起源于问题,问题就是矛盾。

无疑,上述观点各有其成立的根据,因为科学起源问题很可能是多种综合因素共同促成的。

“物理学”这一术语,最早出自古希腊著名哲学家亚里士多德的一本哲学著作《物理学》,原意是“自然”与“事物”。在历史上,它曾经泛指全部自然科学。

物理科学是自然科学的一个门类。在早期的科学发展阶段,许多知识就是后来物理学的研究内容,如阿基米德发现的杠杆原理。19世纪中叶发现的能量守恒和转化定律,20世纪初发展起来的原子物理学,其早期猜测就是古希腊关于物质组成的最小单元——原子(即“不可再分”的意思)。从这个意义上可以说,科学思想的起源也就是物理学的起源。20世纪以来,物理学正在向各个方面大力拓展,仍然是研究物理运动与规律的最为基本的科学,它具有广泛的渗透性,它的概念、理论、方法与思想已深入当代自然科学与人文社会科学之中,因此把“物理”作为探索万物之“理”、格物之理是恰当的。

物理学作为近代科学革命以来的带头学科,其概念与理论深刻影响了整个人类的世界观和其他学科的发展。比如,力、场的概念已经应用到其他各门学科。通过本部分,我们将了解物理学中的基本概念,了解它们之中与之之外的实



情,认识物理学中若干基本问题的现状。沿着物理发现者的道路前进,这才是了解发现科学的方法、培养创新能力的重要途径之一。而在我们的高中物理学的教学中,重视的是演绎法,即从一般原理或定律出发,从而求解各种具体问题,这是一种学习已知知识的方法,而不是发现知识的方法。发现知识更多地要靠归纳法、类比法、灵感、顿悟等。在这一部分,我们还会发现物理学的基本问题实际上是与哲学问题相联系的,比如,对物质、时间、空间、有限、无限、数等问题的理解,仍然需要哲学的帮助。

物理学是如何发展起来的呢?这是一个十分令人感兴趣的问题,有许多学者从不同角度对这个问题进行了思考和回答,其中比较重要的有:

累积模式。认为物理学是一个不断积累的过程。人们从经验认识开始,经过抛弃错误和片面性的过程,上升到理性认识,达到比较完全的真理性。物理学的发展就是这种真理性知识的不断增多的过程。

证伪主义模式。这一模式认为物理学的发展是从问题开始,针对问题,科学家进行各种大胆的尝试性猜测(即提出假设或理论),然后各种理论之间进行激烈竞争,并经受观察和实验的严格检验,从而清除错误,筛选出逼真度较高的新理论。新理论又被物理学的进一步发展所证伪,又出现新的问题。这是一个从旧问题到新问题的科学发展模式。

范式论模式。这一模式认为科学发展是新理论抛弃并取代旧理论的革命过程,革命的重要标志是“范式”(Paradigm)变换。具体说来,物理学发展是:前科学时期—常规科学时期—危机时期—科学革命时期—新的常规科学时期。

一般来说,我国中学生所学的物理学是相当有限的、知识面比较狭隘。就是大学生、硕士生、博士生乃至教授,对于广阔的物理学来说,也只能观其万丈高楼于一隅。物理学有几个基本的学科生长点,读者在阅读本书之前,了解一下有关基本面貌对于扩大知识面来说是必要的。

物质结构有不同的层次,可以分为:宇宙、星系团、星系、天体、宏观物体、分子、原子、原子核、核子(质子、中子)、夸克等基本粒子。

基本的物理学方法有:数学方法,统计方法,计算方法,实验方法;演绎法,归纳法,类比法等。

由于当代学科的分化与综合非常迅速,因此,要严格说明物理学有多少个学科是不可能的。但是,大致说来,物理学的一些基本学科有:力学、热学、电磁学、光学、原子物理学、声学、低温物理学、流体力学、基本粒子物理学、数学物理学、地球物理学、天体物理学、分子物理学、核物理学、等离子物理学、量子力学、



量子场论、团体物理学、统计力学、计算物理学等。

1 世界是简单的

——哥白尼的日心说

人们对宇宙的探索在很早以前就开始了。在远古,人们为了改善生活和发展生产,逐渐开始了有目的地观察自然现象。公元前 2000 年,古巴比伦人就观察到金属的周期性,约公元前 1500 年古埃及人就用图形表示星体在天空中的位置。公元前 13 世纪,我国就有日食记录。古希腊人吸取古埃及、古巴比伦、腓尼基等国家的先进科学技术和宝贵文化财富,也取得了一系列的光辉科技成就,对宇宙结构的探索做出重大的贡献,提出了地心说,后来被古罗马著名天文学家托勒密进一步完善。在地心说出现危机时,哥白尼创立了举世瞩目的日心说。

古希腊人很关心的一个问题就是宇宙的总体结构。古希腊最早的唯物主义学派——米利都学派学者阿那克西曼德(约前 610—前 546)曾把大地看做是一个圆圈,在它外面则是水和气围成的圆筒,圆筒外是火,筒上有洞,人们所见到的天体就是从这些洞中看到的火,这是一种非常朴素、直观的宇宙论,包含有地心说的端倪。古希腊的毕达哥拉斯(前 580—前 500)提出数是万物本源。毕达哥拉斯把数和天体、物理等各种自然现象联系起来,首先提出物质运动应该符合天文学规律。立体中以球形最完美,宇宙天体是球形的;平面中圆形最完美,天体沿圆形轨道匀速运行;数目中以 10 最完美,所以天体应该有 10 个:中央是“中心火”,周围依次为日、月、地和五大行星,另外一个“对地”,这是关于宇宙模型的最早构思。尤其可贵的是第一个真正揭示了宇宙的规律性,宇宙的和谐性。首先把数学当做科学的基本方法。和谐、简单性的原则对后人的研究有着重要影响。毕达哥拉斯关于宇宙和谐的思想被柏拉图(前 427—前 347)继承和发展。柏拉图学派的欧多克斯建立了一个以天文观测为基础的,用几何形状表示的“同心球壳”宇宙模型,将天体的复杂运动分解成若干个简单的运动。他设想宇宙由 27 个透明的同心球壳组成,地球居于中心,日、月、众星分别在不同的球壳上,内球的轴又固定在外层球壳上,内球转动的同时又被外球带动着转动。后来亚里士多得(前 384—前 322)继承和发展了这一理论。欧多克斯是最早用几何方法

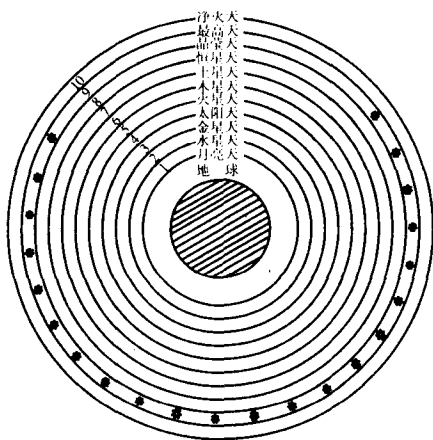


来解释行星运动的人，他设计的球套式的模型成为后人设计更周密的宇宙模型的基础。希腊时期的天文学家希帕克抛弃了这一同心球壳理论，提出了以地球为中心的“本轮-均轮”说。他提出每个星体有自己的周围轨道运动，这就是本轮运动；各个本轮的中心又以地球为中心进行圆周运动，就是均轮运动。为了解释日、月、行星运动变化，他规定日、月在本轮上的运动方向与本轮本身沿均轮运动，方向相反而速度相同，行星在本轮上的运动方向相同而速度不同。后来著名天文学家托勒密（约 90—168）继承了“本轮-均轮”说，集地心说之大成，创立了地心说体系。为了更好的与观测相符，他又添加了一些轮，将某些轮称为偏心轮，经过修正得到了相当满意的效果。其代表作是《天文学大成》，他这一学说统治天文学界达一千多年。

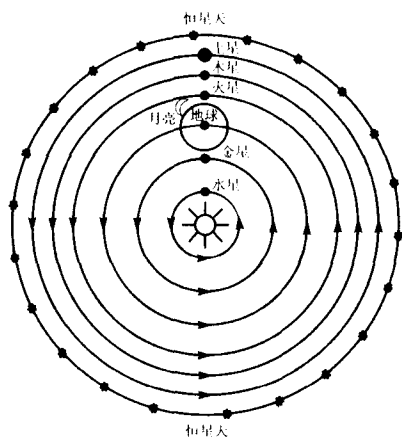
到了公元 15 世纪天文学受到三个方面的冲击，为哥白尼创立日心说提供了历史背景。第一，航海活动提出新要求；第二，文艺复兴沉重打击了神学和经院哲学，作为基督教教义的亚里士多得-托勒密地心说体系受到怀疑；第三，当时成为燃眉之急的历法改革需要新的天文体系。在人的头脑中，长期被认为不动的大地开始动摇。罗马教会枢机主教意大利库萨的尼古拉（1401—1464）就认为地球是个行星，不是宇宙的中心。意大利天文学家和数学家诺瓦拉（1454—1504）受古希腊毕达哥拉斯学说的影响，认为托勒密体系太复杂，不符合数学的和谐。

哥白尼出生于波兰的一个商人家庭，在大学学习期间，他已经学会用仪器观测天象，对托勒密地心说开始产生怀疑并萌发了日心地动的新思想。1496 年哥白尼赴意大利留学，意大利是文艺复兴的中心。在这场复兴古代学术热潮中，哥白尼孜孜不倦的阅读了各种古希腊和古罗马的哲学著作。其中对哥白尼影响最大的就是著名天文学家阿里斯塔克（约前 315—前 230）的日心说。阿里斯塔克认为地球每天绕自己的轴自转一周，每年沿圆周轨道绕日一周。太阳和行星是不动的，行星和地球以太阳为中心，沿圆周轨道运动。这种思想好像灯塔一样，在茫茫黑夜中给正在探索道路的哥白尼指出了方向。另外哥白尼在意大利留学期间结识了著名天文学家诺瓦拉教授，他们经常一起讨论宇宙结构和怎样改造地心说的问题，共同进行天象观测。在旧人文主义思想及古希腊著作的影响下，哥白尼初步形成了日心说思想。哥白尼相信天体运动应该符合数学的和谐，如果把太阳当做地球和其他行星做圆周轨道运动的中心，那就构成一幅简单、美丽而和谐的天文体系。

有了新思想和新观点，不等于建立了新学说。如果没有大量的计算和观测



托勒密地心体系示意图



哥白尼日心体系示意图

来论证,那么它只能称做哲学推测。形成日心说观点,要有破除旧偶像的勇气,要有丰富的想像力和创造力。论证日心说,需要有铁棒磨成针的恒心,坚韧不拔和百折不挠的毅力,进行精细的天文观测的技巧和复杂数学计算的才能。1506年,哥白尼回国后,在波兰教堂的一座塔楼上,建立了简易天文台,用自制的简陋仪器进行长期系统的观测。他在叙述日心说的《天体运行论》一书中记载有日食、月食、火星冲日、木星冲日、土星冲日、黄赤交角、春分点的移动等二十七项观测实例,其中有二十五项是他自己观测的结果。他用实际观测的结果不断修订自己的日心说体系。日心说认为地球既不是一个静止不动的天体,也不是宇宙中心,而只是一个普通的行星。他既有自转的周日运动,又有和其他行星一样的周年运动。太阳才是宇宙中心,天体的视运动实际上是地球和其他行星围绕太阳作复合运动的结果。于是,哥白尼重新确立了各天体在太阳系中的位置。1543年出版了《天体运行论》这部划时代的杰作。

日心说的创立是近代科学史上的一件划时代的大事,它的主要贡献在于它解放了人们被桎梏的思想,引起了一场科学革命,推翻了一千多年来占据统治地位的地心说。它以天体的真实运动代替视运动,为我们描绘了一幅有关太阳系各天体位置与运动的科学图景,使以前看来极不协调的种种天象变得既简单又合理,为近代天文学的产生奠定了基础。日心说的创立告诉人们不要盲目依