

总 序

科学中有故事 故事中有科学

人类来源于自然，其生存和发展史就是一部了解自然、适应自然、依赖自然、与自然和谐共处的历史。自然无限广阔、无限悠长，充满着无数奥秘，令人类不断地探索和认知。从平日的的生活常识，到升天入地探索宇宙的神功，无时无地不涉猎科学知识，无事无物不与科学密切相关。人类生活在一个广袤的科学世界里，时时刻刻都要接受科学的洗礼和熏陶。对科学了解的越多，人类才能越发达、越进步。

由杨天林教授撰著的“科学的故事丛书”，紧密结合数学、物理、化学、天文、地理、生物等有关知识，以充满情趣的语言，向广大读者讲述了一系列富有知识性和趣味性的故事。故事中有科学，科学中有故事。丛书跨越了不同文化领域和不同历史时空，在自然、科学与文学之间架起了一座桥梁，为读者展现了一个五彩缤纷的世界，能有效地与读者进行心灵的沟通，对于科学爱好者欣赏文学、文学爱好者感悟科学都有很大的感染力，是奉献给读者的精神大餐。

科学既奥妙，又充满着韵味和情趣。作者尝试着通过一种结构清晰、易于理解的方式，将科学的严谨和读者易于感知的心灵联系起来。书中的系列故事和描述引领读者走向科学的源头，在源头和溪流深处追忆陈年往事，把握科学发展的线索，感知科学家鲜为人知的故事和逸闻趣事。这套书让读者在阅读中尽情体会历史上伟大科学家探索自

然奥秘的幸福和艰辛，可以唤起广大读者，特别是青少年朋友对科学的兴趣，并在他们心中播下热爱科学的种子。

科学出版社组织写作和出版这套丛书，对普及科学知识，提高民众的科学素质无疑会发挥积极作用。我期待这套丛书早日与读者见面。

中国科普作家协会原理事长
中国科学院院士



2018年1月

前 言

科学的源头在哪里？科学是如何发展起来的？在人类社会的发展和变革中，科学曾经产生了怎样的影响？我们对宇观世界的认识、对宏观世界的认识、对微观世界的认识是如何得来的？

翻开“科学的故事丛书”，你一定能找到属于自己的答案。

作者在容量有限的篇幅中，将有关基础知识、理论和概念融合成一体，在一些领域也涉及前沿学科的基本思想。阅读“科学的故事丛书”，有助于读者从中了解自然演变和科学发展的真实过程，了解散落在历史尘埃里的科学人生及众多科学家的人文情怀，了解科学发展的线索，了解宇宙由来及生命演化的奥秘。借此体验科学本身的魅力，以及它曾结合在文化溪流中、又散发出来的浓烈异香。

本套丛书中，有古今中外著名科学家的趣闻轶事，有科学的发展轨迹，有自然演化和生命进化的朦胧痕迹，有发现和创造的艰难历程，也有沐浴阳光的成功喜悦。丛书拟为读者开辟一条新路径，旨在换个角度看科学。我们将置身于科学精神的溪流中，潺潺而过的是饱含科学韵味的清新语言，仿佛是深巷里的陈年老酒，令人着迷甚至痴醉。希望读者能够通过阅读启发心智、培养情趣、走进神圣自然、感知科学经典。

英国著名历史学家汤因比（Arnold Joseph Toynbee）曾说：“一

个学者的毕生事业，就是要把他那桶水添加到其他学者无数桶水汇成的日益增长的知识的河流中。”本套丛书就是一条集合前人学者科学智慧的小溪，正迫不及待地汇入知识河流中，希望能够为不同学科、不同领域间的沟通和交流起到媒介、引导作用，也期望更多对自然科学感兴趣的爱好者能够在阅读中体验到一份来自专业之外的惊喜和享受。

目 录

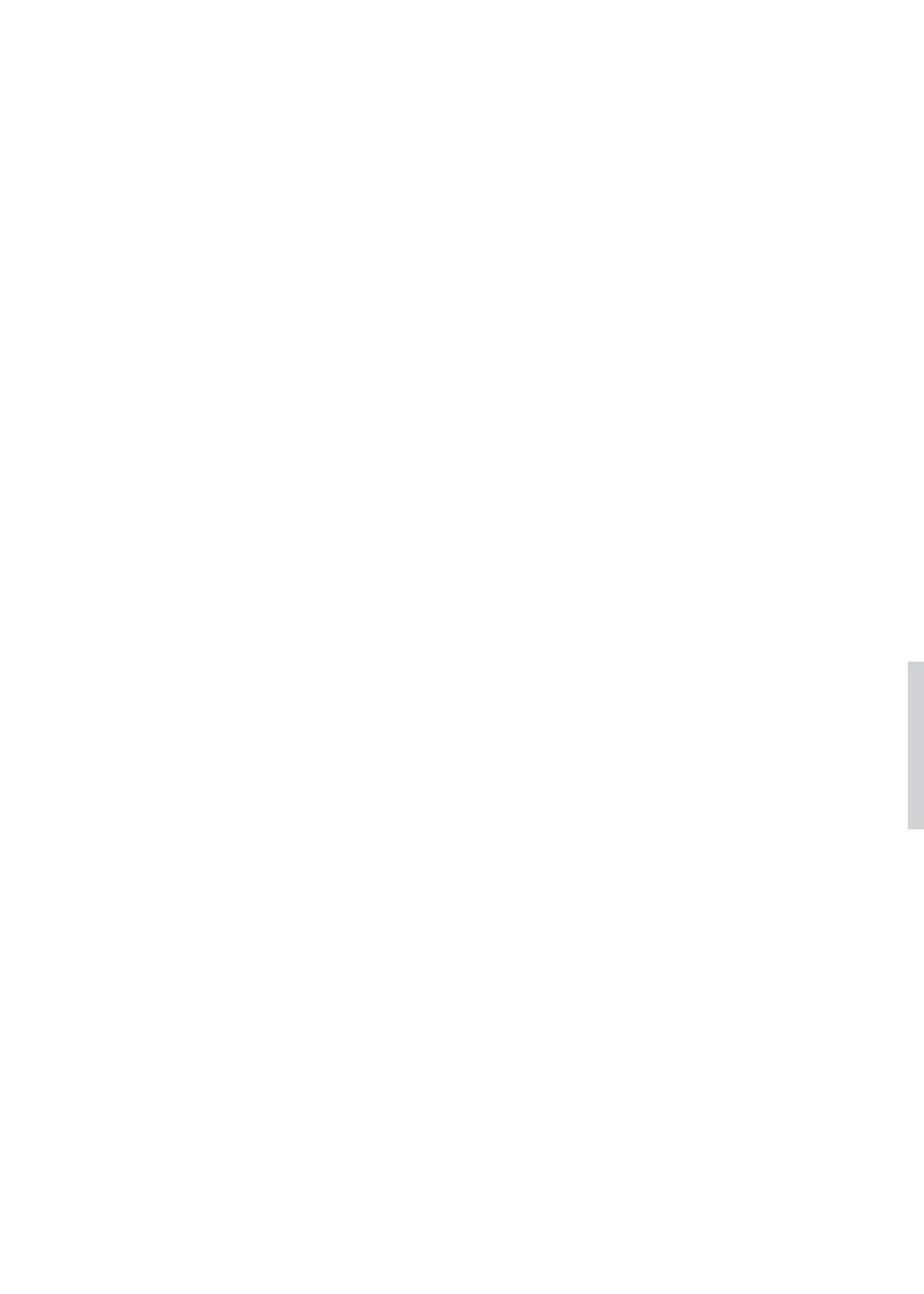
总序 科学中有故事 故事中有科学	i
前言	iii
第一章 〇 究天人之际	1
一、夜观星象	2
二、心怀穹庐	5
三、山雨欲来	7
四、春暖花开	9
五、播种在天涯	12
六、经纬度的确定	13
第二章 〇 给地球找个支点：阿基米德的故事	15
一、杠杆原理	16
二、浮力定律	17
三、工程技术	22
四、用思想照亮世界	23
第三章 〇 物理的天人合一	25
一、从精确测量开始	26
二、还宇宙以和谐	27

	三、罗伯特·胡克：不仅仅是弹性定律	29
	四、惠更斯：站在伽利略与牛顿之间	31
第四章	挑战传统：伽利略的故事	36
	一、总体印象	37
	二、自由落体	39
	三、惯性定律	43
	四、力的分解与合成	45
	五、钟摆的启示	46
	六、光速有限	48
	七、为物理学奠基	49
第五章	为物理而生：牛顿的故事	51
	一、为明天奠基	52
	二、重回剑桥	53
	三、成就大厦	55
	四、还原真实的历史	58
	五、《自然哲学的数学原理》	59
	六、影响所及	60
	七、对牛顿力学的思考	61
	八、引领世界	63
	九、笃信宗教	63
	十、站在巨人的肩上	64
	十一、并非结尾	66
第六章	物质的表象	67
	一、振动与波动	68
	二、光与色的幻影	70

	三、光的速度	72
	四、光色原理	75
	五、光的干涉	78
第七章	电与磁（一）：走出神话传说	79
	一、古老记忆	80
	二、神奇的力量	81
	三、从驯服电开始	83
	四、风筝实验：富兰克林的故事	84
	五、库仑定律	86
	六、伏打电池	87
第八章	电与磁（二）：从科学到技术的蜕变	89
	一、磁针转动	90
	二、安培定律和欧姆定律	91
	三、电报和电话	92
	四、电磁互感：法拉第的故事	93
	五、电灯、电影、留声机：爱迪生的故事	97
	六、麦克斯韦与无线电	101
	七、电磁波的实验发现和应用	103
	八、力与场的内涵	105
	九、经典理论充满生机	106
第九章	冷与热的感觉	107
	一、热现象与温度计	108
	二、理想气体状态方程式	112
	三、热的本质	113

第十章	宇宙的能量	115
	一、蒸汽机的问世	116
	二、卡诺的理想热机	118
	三、能量守恒定律的发现	119
	四、宇宙真的会“热寂”吗	123
	五、不必“杞人忧天”	128
	六、用理性来还原真实	130
	七、永动机：幻想还是谎言	131
	八、吉布斯：默默无闻的高人	135
	九、小结	139
第十一章	探索微观世界	140
	一、添砖加瓦	141
	二、在黑暗中发现那一束光亮	143
	三、徘徊在宏观与微观之间	144
第十二章	打开原子世界的大门：19世纪末物理学的三大发现	148
	一、物理学真的就那么完美吗	149
	二、X射线的发现	153
	三、放射性现象的发现	156
	四、电子的发现	163
第十三章	爱因斯坦和相对论	167
	一、少年时代	169
	二、游学瑞士	170
	三、体验生存	171
	四、不平凡的1905年	172

	五、假如你能赶上光速：狭义相对论	175
	六、弯曲的时空：广义相对论	177
	七、梦想统一场理论	181
	八、成名之后	183
	九、启示作用	186
第十四章	量子历程	187
	一、普朗克：量子论的诞生	188
	二、爱因斯坦闯入量子世界	189
	三、卢瑟福：原子结构的“有核模型”	190
	四、玻尔的原子殿堂：哥本哈根学派	192
	五、德布罗意：物质波	194
	六、海森堡的“大量子蛋”：矩阵力学	195
	七、薛定谔方程：波动力学	197
	八、海森堡：测不准原理	198
	九、科学是一把双刃剑	199
第十五章	霍金的宇宙思想	200
	一、为时间书写历史	201
	二、我们从何而来	202
	三、霍金的时空观	203
	四、《时间简史——从大爆炸到黑洞》	204
	五、我们向何处去	206
	六、宇宙学是新思想的摇篮	207
	七、量子力学和相对论之后现代物理学的新进展	207
	参考文献	210
	后记	212



第一章

究天人之际

大概从人类会思考时起，就开始了对宇宙的探索，包括探索它的周期性运动，人类的这种爱好（或者说兴趣）一直持续到今天。

不过，在遥远的古代，人类所有的思考都汇集在一处，后来从里面生长出智慧和思想，它们都包容在科学之树下，其中最重要的一部分就是物理。

人类生活在这个世界上，第一要务便是生存，自古至今，概莫能外。为了生存，人类就要观察和了解自然，在古代尤其如此。

神秘莫测的自然现象引发了人们的好奇，对未知世界的探索便是走向科学的开始。“生命轮回”“物换星移”之类的自然现象一遍又一遍地启发人们思考：世界的变化有无规律可循？什么才是物体的本性？以此为起点，陆续诞生了后来的诸多自然学科。

今天的物理学、化学、生物学、天文学等，在古代并没有划分得十分清晰的学科界限，也几乎不见相应的学科名词。

通过了解自然现象，人类将日常的感觉经验上升到理论高度，并进一步把理论或原理转化为技术手段，为自身的利益服务。而物理，会考察物体为什么运动，或为什么静止。这看起来似乎很有道理，也符合物体运动的规律，人类就是从这一点出发思考问题的，而且自古以来就是这么做的。

一、夜观星象

早期的天文观测就是对物理知识的简单运用。在从狩猎到游牧再到农耕的历史进程中，天文观测不可或缺，到了农耕文明时，其重要性更加突出，历法的形成就以此为基础。历法的制定为人类的生产和生活带来极大的便利，特别是服务于农业生产，方便了人们的出行。

谁能想到，英国索尔兹伯里以北的古代巨石阵（Stonehenge）建筑

遗迹可能就是远古人类观测天象的地方。类似这样的地方，也是古代人类所崇拜的。如果有机会到英国，你可以到那里参观一下。

在文字出现之前，知识的积累只能靠口口相传。远古社会懂得天文和历法的人，一般也只传给自己的亲人或部落里最亲近的人。那时，甚至还有群婚制或血婚制的残余，因此，他们不可能有像今天这样的家庭概念。尽管如此，他们的后辈还是在后来建立了最有权威的家族，如中国古代神话传说中的人物伯益、神农、风后等。

中国古代的“士”是早期专业的祭司，他们也许是最早的知识分子。那时候的祭司不仅神秘，还是社会上的特权阶层，只是在春秋之后，才逐渐失去了其在政治上的优势。

夜观星象是古代人所爱，他们甚至不需要什么仪器，只要持之以恒，就可能有所收获。看得多了，人们就发现了一些规律。例如，北极星似乎永远不动，而其他的星星（除了极少数外），都以相同的步调在运动。

宇宙看起来像一个大玻璃球，日月星辰都在这个玻璃球顶上运行，而地球似乎就位于中央。宇宙的有序结构意味着有一种神奇的力量在支配着自然，包括我们自身。对这种神奇力量的探索就是物理学的主要任务。

温带地区常常是四季分明，那里的人很容易把天象，特别是把日月的运行与季节的变化联系起来，这对于指导农业生产很有用处。因此，制定历法就成为国家大事。人们也逐渐意识到，天体运动将影响到人民的福祉。人们甚至认为，灿烂的星象决定着每个人的祸福。占星术借此壮大自己的实力、扩充自己的地盘，不过，这也推动了科学的发展，特别是推动了物理学的发展。

在自然科学方面，特别是在物理学方面，墨子是中国先秦时期的重要人物，他生活在孔子之后、孟子之前。墨子也观星象，和绝大多数古代星象学家一样，他的目的不是理解宇宙的结构，而是预测人间的祸福。墨子在数学和物理学方面的造诣达到了一定高度，他的哲学是实用的。

在自然科学思想方面，墨子做出了很大贡献。例如，圆与四方形

属于几何学（数学），折射与倒影属于光学（物理学），墨子对运动与时间、空间的关系，以及对人类生命等现象的解释，都具有划时代的意义。墨子对“六艺”中的以射、御、书、数为代表的科学技术知识有着浓厚的兴趣，据说他制造守城器械的本领十分高明。

墨子一生中的伟大事迹之一，是制止了一场楚国进攻宋国的战争，史称“止楚攻宋”。经过这一事件，墨子及墨家善于守城和防御的名声远扬。从“墨守成规”这个成语可以看出墨子“善守”的影响之深。

在我国古代，天文观测不是一般人所能为，他们也不能随便观测天象，否则就是犯上。所以，观测天象、制定历法是官方的职责和权力的象征。“钦天监”就是这样的机构，纵观中国历史可以发现，历朝历代都有类似的机构。其官员都是皇帝的御用知识分子，他们负责向皇帝提供有关天象的情况，也包括有关天气变化的情况。皇帝根据他们提供的信息或预言来决定国家大事，如祭祀宗庙、与邻国交战、巡游民间、修庙凿窟或其他重大事件。

在这方面，有很多取得杰出成就的人，比如东汉时期的张衡（78—139）。张衡是中国古代著名的科学家，浑天仪的制造者——这些仪器的制造都离不开物理学知识。还有唐玄宗时期的一行和尚（683—727），他曾经主持了大规模的天文观测，推算过地球表面的曲率，预言过日食。元朝的郭守敬（1231—1316）也是一位大科学家，在忽必烈的支持下，他主持了更大规模的天文观测，其观测站点从南到北绵延一万里，东西长达五千里，分布范围相当广，时人把他的观测叫作“四海测验”。

古代中国人对宇宙的形状有自己的看法，比如可能源于殷末周初的“盖天说”。早期的“盖天说”认为，“天圆如张盖，地方如棋局。”“盖天说”认为，地平而不动，仅仅是星辰在天盖上移动。在当时，甚至在今天，这种说法都是相当深入人心，或者说，很容易引起人们的共鸣。之所以如此深入人心，是因为它符合人们的经验。南北朝时期的民歌《敕勒歌》中就有“天似穹庐，笼盖四野”这样的句子。

13世纪以前，中国的科学技术水平遥遥领先于世界其他国家，后

来由于种种原因才开始衰落。其中，封建专制思想对人们的禁锢和僵化冥顽体制对社会的约束很可能是阻碍科学技术发展的主因。

二、心怀穹庐

古希腊文明是西方文明的源头。在毕达哥拉斯（Pythagoras，约公元前 572—前 497）的心目中，哲学就是爱智，万物皆为数字。德谟克利特（Democritus，约公元前 460—前 370）的原子论隐含着最早的物理学思想。在这个时期，哲学家的主要兴趣集中在“存在”或“物的本质”上，因此可以说，他们的目光所及，就是我们今天所谓的物理。

苏格拉底（Socrates，公元前 469—前 399）、柏拉图（Plato，公元前 427—前 347）和亚里士多德（Aristotle，公元前 384—前 322）是古希腊由盛而衰时期的三大哲学家，他们是爱琴海沿岸的著名学者，也是雅典智慧的化身。

苏格拉底关注“人的存在”，虽然他本人并没有著作流传下来，但他的思想通过学生影响了后来很多的人。柏拉图和亚里士多德都是著作等身，特别是亚里士多德，是一个百科全书式的人物，集古希腊哲学之大成。在 17 世纪以前的欧洲，他的学术思想就是权威和经典，是神圣不可冒犯的。在门类庞杂的著作中，亚里士多德有一本书就叫作《物理学》（*Physics*）。他所谓的“物理”不可与今日的物理同日而语。比如，在他的“物理”中，讲天文，讲化学，甚至讲生物学，讲得更多的是认识世界的方法和视角，所有这些都是他的哲学思想的体现。从那些断编残简中传达过来的，都是对宇宙的思考和对人自身去向的疑问。

马其顿的亚历山大大帝（公元前 356—前 323）在位仅 13 年，

却建立了横跨欧、亚、非三大洲的帝国。亚历山大去世后，他的帝国也随之土崩瓦解。在此后约 1000 年（公元前 332—642）的时间里，亚历山大里亚城成为文化中心。那时候，坐落在尼罗河口的这座城市学术繁荣，经济也繁荣，这座城市的大学和图书馆是当时最美的风景线。

欧几里得（Euclid，公元前 330—前 275）在这里完成了《几何原本》，托勒密（Claudius Ptolemy，90—168）在这里完成了《至大论》（*Almagest*）。公元前 30 年，罗马人征服了这座城市。4 世纪，君士坦丁大帝（Constantine the Great，272—337）临终受洗以后，天主教会在罗马帝国成为不容挑战的正统。390 年，一群天主教徒毁坏了亚历山大里亚城的大学和图书馆，建筑的倒塌和书籍的焚毁带来了学术和文化的衰落。

在自然地理方面，希腊处在海洋的包围之中，他们的民族最早从事航海也是预料之中的事情——那既是生存的需要，也是发展的必由之路。所以，当古希腊人认为地球是圆的时候，我们却还认为地球是平的。

亚里士多德的两本书《物理学》和《论天》（*On the Heavens*）就涉及相应的问题，它们是早期物理学与天文学的雏形，其中所讨论的是我们从哪里来、到哪里去，或者是物体何以动、何以静，等等。亚里士多德认为，地上的物体与天上的物体是完全不同的。他说，地上的物体就是人间；天上的物体充满了神性，像太阳、星星等，永恒地以圆周运动等速运行。他进一步说，那种运动是完美的，所以才有了“圆形是最完美的图形”这样的说法。

关于行星运动的问题，需要解释的不是它们为什么能保持运动，而是运动的轨道为什么是闭合曲线而不是直线。

地上之物主要是我们肉眼能看到的那些物质。在生命界，存在着荣枯盛衰之类的自然现象和轮回过程。不过，亚里士多德是从物质的构成要素来看待这些物质的，他的“四元素说”影响巨大。这四种元素分别是土、气、水、火，亚里士多德认为它们构成了世界万物，而且各自有各自的位置。从亚里士多德的观点来看，火向上，土向下，

水与气则在其间。

在水平方向的运动则是另一回事。亚里士多德说，当物体不受力时，是永远不会动的。有一次有人问亚里士多德，平抛一块石头，石头离开手之后，为什么还能飞行一段距离。亚里士多德说，那是因为石头移动后留下了真空，但自然界厌恶真空，空间立刻被气填满，而正是气对石头产生了一种推动力，所以石头在离开手之后还能飞行一段距离。现在听起来这种解释有些荒谬，但在当时还可称之为一种自洽的学说。

在亚里士多德的宇宙论中，地球是万物的中心，其余一切都随它转动。这个宇宙体系经过托勒密的改进，能比较准确地描述行星的运动规律。托勒密的“地心说”完满地体现在他的专著《至大论》中，后来的学者，特别是阿拉伯学者，对托勒密的思想进行了修改和润色，“地心说”开始在全世界流行，一直到“日心说”出现。

三、山雨欲来

几千年前，人们就开始琢磨天与地的关系。托勒密认为，地球是宇宙的中心，太阳、月亮等恒星、行星都围绕地球运动。在当时，这是一个很时髦、很权威的学说，除了极少数人外，绝大多数人都承认地球是宇宙的中心。

托勒密“地心说”的权威性源于它非常符合基督教对宇宙结构的解释，因此，得到教会的竭力宣扬和扶持。所以，我们才会看到托勒密的思想在世界上盛行 1000 年的奇观，中世纪快要结束时，“地心说”仍然神圣不可侵犯。

7 世纪，穆罕默德（Muhammad，约 570—632）创立伊斯兰教，其后继者以武力建立伊斯兰教帝国。642 年，伊斯兰教徒毁灭了亚历山大

里亚城的大学和图书馆。那时候，处于唐朝的中国正迎着早晨八九点钟的太阳发展壮大。

从那时起，欧洲进入了所谓的黑暗时期，即我们所说的中世纪（Medieval，约476—1453）。正是在这一时期，思想故步自封，学术定于一尊。教会掌握了几乎所有的教育工具，知识分子几乎沦为宗教的点缀，连亚里士多德也不能例外。那时候的哲学就是所谓的经院哲学（scholastic philosophy），经院哲学家的大部分作品是非常程式化的，或者说是非常教条的，类似于中国封建专制社会产生的那些毫无思想锐度的八股文。在这一大背景下，科学发展步履维艰。而此时，中国的哲学已经演变为专制独裁的教条，“存天理、灭人欲”是冠冕堂皇的魔鬼。明朝的皇帝发布的一道道禁海令正在把唐朝的文化气韵和宋朝的科学精神一步步逼入死角。

英国人罗杰·培根（Roger Bacon，约1214—约1294）是方济会（Franciscan）教派的教士，因与教皇私交甚密，才可以做一些科学研究。你可能觉得不可思议，他研究自然科学，怎么还需要这一层特殊关系？因为那是中世纪。那时候，宗教教条如磐石一样凌驾于政治之上，自然科学所追求的是至真和至善，这正是宗教教条所厌恶的。所以，那时研究自然科学必须加倍小心，否则，就有可能冒犯上帝。大家或许知道，很多年后的伽利略把望远镜对准天空都算是对上帝的大不敬，后被罗马宗教定罪。

罗杰·培根的研究主要集中在光学领域，据说眼镜就是他发明的。他认为，托勒密的“地心说”不科学，他主张科学研究必须重视数学与观测，只有这样，研究结果才能与《圣经》合拍。

四、春暖花开

中世纪结束后，欧洲迎来了科学的春天。这时，印刷品开始流行，海上探险以1492年哥伦布的环海航行为标志，思想界的活跃以1517年马丁·路德（Martin Luther，1483—1546）的宗教革命为先锋。1452—1600年约150年间，在科学和文化领域，欧洲大陆人才辈出，社会面貌焕然一新，这就是我们经常提及的文艺复兴（Renaissance）时期。

波兰天文学家哥白尼（Nicolaus Copernicus，1473—1543）是欧洲文艺复兴时期思想的引领者和重要人物。他认为，地球和其他行星都在围绕着太阳运动。哥白尼的理论后来迎来了很多拥护者，包括意大利天文学家布鲁诺（Giordano Bruno，1548—1600）、丹麦天文学家第谷（Tycho Brahe，1546—1601）、德国天文学家开普勒（Johann Kepler，1571—1630）和意大利物理学家伽利略（Galileo Galilei，1564—1642）等。

意大利的达·芬奇（Leonardo da Vinci，1452—1519）是文艺复兴时期一个多才多艺的人。说到达·芬奇，我们首先想到的是他是一位大画家，以及他的作品《蒙娜丽莎》《最后的晚餐》。事实上，达·芬奇还是一位极富创见的科学家。他的科学态度是，唯有通过数学推理才可以得到确定的知识，自然科学还必须重视观测。在此方面，他和培根几乎一样。达·芬奇强调怀疑，不迷信权威，重视实验，可以说是近代科学方法的探路人。

哥白尼出生时，欧洲正处在黎明前的黑暗之中，那时候，宗教的权威受到越来越大的挑战，科学的曙光就在前面。人们也常说，哥白尼是近代科学的引路人。和达·芬奇一样，哥白尼也是一个多才多艺的人，但他的兴趣主要集中在天文学与数学方面。沐浴在欧洲文艺复兴的灿烂阳光下，他从波兰一路走到意大利，接受了良好的教育。之后他又回到波兰，在一个叫弗伦堡（Frauenburg）的教堂里修行了30年，教堂的阁楼就是他观察天象的地方，他的《天体运行论》（也译为《论天球的旋转》）就是在这里完成的。

其实，太阳是宇宙中心的思想并非始于哥白尼，毕达哥拉斯就提出过这一思想，而毕达哥拉斯是古希腊人，亚历山大里亚城的阿里斯塔克（Aristarchus，约公元前315—前230）也有这个想法。如果说他们是靠猜测令人玄想，那么哥白尼就是通过计算让人信服。这正是哥白尼的特别之处，也是他的“日心说”影响巨大的原因。

计算、书稿完成之后，哥白尼迟疑了10年，他深知这本书的出版意味着什么。后来，因朋友一再鼓励，他才下决心出版《天体运行论》，并在书的扉页上小心翼翼地写下了“献给敬爱的教皇”之类的恭维话。其实，他心里十分清楚，教皇是不爱看的，不仅不爱看，还对书中的思想深恶痛绝。该书正式出版之时，哥白尼已生命垂危。据说他躺在病榻上，只用手抚摸了一下《天体运行论》的封面，就与世长辞了。虽然《天体运行论》被教会列为禁书，但思想的传播已经开始，是再也禁锢不住的。

今天，天文学已经比较成熟。我们知道，哥白尼学说的最大缺陷是，仍然要借助很多小轮来描述行星的运动；而最大的贡献是，认为恒星不动，太阳当然也就不动了。其实，动与不动都是相对而言的。哥白尼坚定地认为，他的宇宙体系比早先的“地心说”更加符合实际情况。当时的天文学仍是数学的一个分支，所以，哥白尼说，他只是在描述一个基本上是数学的宇宙。在这里，他没有为一个抽象构造做出推断性研究，而是用数学的方法描述了一个真实的世界。

托勒密相信恒星以圆形轨道运转，所以，他不得不借用亚里士多德的学说来完善自己的理论。亚里士多德的重要思想之一就是，天体