第三章　古典希腊自然哲学

——由数学理念和内在目的认识自然

“早期的希腊自然哲学家虽然开创了对自然进行抽象性研究的先河，但是他们的工作没有整体性，在他们的传统中明显缺乏对一个问题追根究底、持之以恒的那种科学研究。这种情况到公元前4世纪有了改变，出现了柏拉图和亚里士多德两大思想体系。”[[1]](#footnote-1)公元前4世纪，先是柏拉图，后是亚里士多德，在雅典分别创立了阿加德米学园(又叫“柏拉图学园”)和吕克昂学园，形成了他们各具特色的自然观和科学认识思想。不仅如此，他们还把希腊的自然哲学家吸引到那里，由此使得雅典在公元前4世纪后半期成为希腊主要的思想中心。这段时期被称为“古典希腊时期”。

一、柏拉图：理念论与数学的天文学

毕达哥拉斯学派兴起后，古希腊自然哲学中对万物本原的把握出现了另一种趋向——形式论，即从非物质性的形式方面探讨本原。形式论是由柏拉图(公元前427—前347)系统阐述的。在他那里，作为实体的形式是由“理念”和“数”结合而成的。“他试图将万物的本质是数这一毕达哥拉[[2]](#footnote-2)学派的主要教义与他自己的理念论结合起来”[[3]](#footnote-3)，以获得对真实的、可理解的世界的认识。

(一)通过理念世界认识经验世界

柏拉图认为，存在着两个世界，一个是形式的理念世界，另一个是经验的物理世界。形式的理念世界不仅是非物理的、非物质的纯形式，而且，它们还是真实的，存在于一个独立的王国之中。如对于“圆”和“善”[[4]](#footnote-4)等，在毕达哥拉斯学派[[5]](#footnote-5)和柏拉图看来，就既不是我们心中的观念，亦不是人类理智的创造物，而是存在于理念世界之中，是真实的，在根本上是本质对象物，标示着事物最完满、最合理、最恰当的存在状态。这点与地球、星辰以及其他组成自然界的物体性的事物(bodily things)或质料性的事物(material things)不同，这些事物虽然也独立于研究它们的人类思想而存在，但是，它们并不存在于理念世界之中。考察柏拉图的理念世界，它所有概念的形式，如包含完美的圆的形式，还包含1、2、3……这样的纯粹的数的模式以及加法、乘法这样的数学运算模式。到了晚年，他进一步认为，“数”是理念，甚至是基本的理念，是一切事物现实存在的原因，可以离开可感觉的事物而独立存在。[[6]](#footnote-6)

对于经验的物理世界，柏拉图认为，它们是由感官感知的世界，其性质是变动的、不真实的。如太阳，它是易于变化的，“刚好在此刻盛行于其中的太阳特征，是一个完全由短暂阶段(passing phase)所构成的存在者之中的一个短暂阶段”[[7]](#footnote-7)。如此，当我们宣称认识到这些事物(它们是可感的、经验的)拥有某些性质的时候，这些事物事实上很可能由于变化已经不再拥有这些性质了。对于所有可感事物或有形事物，真实的情况是：“它们是‘它们所是的东西’——它们的表面特征，我称之为事物(things)——与‘它们所不是的东西’，亦即它们表面特征的对立面的混合物。”[[8]](#footnote-8)

既然如此，我们应该如何认识并理解形式的理念世界和经验的物理世界呢？根据近代科学思想，我们对事物的认识是从表面的经验观察开始最后达到对事物的本质理解，但是，在柏拉图那里并非如此。他认为，由感官所感知的变动不居的物理世界是不可能达到对事物本质的理解的，主要原因在于，我们对物质世界表面的体验是无意义的或被误导的，感知的物质对象和物质现象仅仅是它们的理念本质(“模式”或“思想”)的“影子”或不完整的仿造品。这点犹如柏拉图的“洞穴比喻”——人们一般习惯于通过感官来认识世界，他们就好像住在幽暗的洞穴中，把墙壁上的影子当作真实的存在，根本无法接受真理之光。由此，柏拉图怀疑经验的物理世界的真实性，认为现实中的经验世界是虚假的，充满着似是而非的假象。

在这种情况下，柏拉图认为，人类应该通过对理念世界的理解来认识物理世界。理念世界是由有条理、有秩序的理念构成的，独立于经验的或物理的世界，主导着这个世界的各种事物与现象。一个“理念”或“相”的世界，包含着所有个别事物的完美的理念，经验的或物理的世界是“理念”或“相”不完美复制或模仿的存在。“所谓各种模仿只不过是事物本身的摹本而已。”[[9]](#footnote-9)如当我们说一个盘子是圆的，我们从来不是说盘子绝对地圆。盘子的形状不是真正地圆或绝对地圆，而是近似于圆。“自然事物或人类行为‘之中’的结构或形式，构成它们的本质，是它们一般或特殊特性的来源，但不是纯形式自身，而是向着这种纯形式的一种趋近。”[[10]](#footnote-10)物理世界是理念世界的具体体现，现实事物因“分有”(participation)了理念而存在。“正像数学家所处理的终极实在并不脱出任何经验过程提供的感觉资料之外，但是这一实在在关于其真实资料与关于其最终结果两方面都是某种绝对的与超越感官感知的东西；所以，就这一终极实在隐藏在所有现象背后而言，它就是理念，某种与灵魂的理性原理相和谐的东西，不服从于变化，不服从于感官感知的形象的流变。”[[11]](#footnote-11)

如此，认识理念世界就成为最根本的了。这种观念是与早期毕达哥拉斯学派不同的：在毕达哥拉斯看来，数学形式或理念是内在于事物并成为事物的本原和本质的，而在柏拉图看来，数学形式或理念是外在于事物并超越事物的，事物“分有”或不完美地复制这样的形式或理念。

既然经验世界应该通过理念世界来认识，那么，理念及其理念世界又是如何被认识的呢？在柏拉图看来：“形式(forms)——将自己分化成诸形式的一个无限的多层等级——被毕达哥拉斯主义(并且推想起来，是被它的创始人)看成是构成了事物的本性(nature)。正是事物中的形式，使得事物像它们所表现的那样表现、是它们之所是。形式或结构而不是物质或能够接纳形式的东西，从此被等同于本质。相对于它存在于其中的事物的行为来说，形式就是本质或本性。相对于研究它的人类精神来说，形式不是像构成自然界的事物那样可感知的，而是可理解的。”[[12]](#footnote-12)这就是说，形式或理念不是通过感知认识的，而是通过其他方式被理解的。“对柏拉图来说，哲学问题就是认识真正的存在。哲学家的功能就是通过理性找出藏在所有感觉现象背后并且控制所有感觉现象的绝对真理，永恒的存在。但是在逻辑上先天的基础之上，这一知识不能通过感官感知的渠道出现；因为感官是不充分的。”[[13]](#footnote-13)在《斐多篇》中，柏拉图就坚持感觉对于获得真理没有好处，只有哲学的反思才是通向认识之路。

柏拉图进一步认为，我们不能从影子和假象的世界中获得有关理念的知识，相反我们是直接从真实的形式世界本身，即通过理解理念世界来认识物理世界的。他坚信，我们的感觉之眼所看到的事物普通的外观和形象，是事物的表象甚至是假象；理念不可能是这个东西，理念应当是我们的灵魂之眼即理智所“洞察”的事物的真相——事物的本质，它与在我们的感官中所显露出来的事物的存在相比，不仅更真实，而且更完美。他认为，我们的灵魂本身就生活在理念世界当中，所以我们天生具有关于理念世界的完整知识，只是灵魂降生到可感世界的时候即出生时被我们遗忘了。随后由于信任我们的感觉而导致层层错误，使它们模糊了。但是，通过不懈地运用“推理”和知觉中的某些暗示和启发，灵魂能够回忆起理念知识，把握永恒的理念世界，并使我们回到真实世界，产生经验所无法提供的绝对的确定性。形式是绝对的，不是相对的；形式是稳定的、永恒不变的，不是暂时的、可变的；形式不可通过感觉来了解，只能通过不朽的灵魂去回忆。柏拉图就说：“灵魂是不朽的，并多次降生，见到过这个世界及下界存在的一切事物，所以具有万物的知识。毫不奇怪，它当然能回忆起以前所知道的关于德性及其他事物的一切。万物的本性是相近的，灵魂又已经知道了一切，也就没有理由认为我们不能通过回忆某一件事情——这个活动一般叫作学习——发现其他的一切，只要我们有勇气，并不倦地研究。由此可见，所有的研究，所有的学习不过只是回忆而已。”[[14]](#footnote-14)分析柏拉图对于理念论的上述认识论策略，可以发现：“它的先验主义特征是明显的，它是在强化理性认识和经验认识、本质和现象对立的基础上获得的，它诉诸的不是认识本身的不断深化和发展，而是在根本上诉诸一种认识的自明性，它企图通过认识的自明性来逾越在它那里被对立起来的理性认识和经验认识的界限。”[[15]](#footnote-15)

从柏拉图的上述认识策略看，过分重视了理性认识而轻视了感性认识。对此，某些国外学者并不完全赞同。林德伯格就说柏拉图在强调理念认识的同时，并不完全轻视感觉经验的作用。“事实上，柏拉图并不像巴门尼德所做的和《斐多篇》中可能暗示的那样完全摒弃感官。在柏拉图看来，感觉经验有各种有用的功能。首先，感觉经验可以提供有益健康的消遣。其次，对某些可感物体(尤其是那些具有几何属性的物体)的观察可以将灵魂引向形式世界中更高贵的对象；柏拉图用这个论证来为天文学研究辩护。第三，柏拉图(在其回忆说中)主张，感觉经验可以实际唤起回忆，使灵魂回想起它在之前存在时认识的形式，从而激起一种回忆过程，导向对形式的真正认识。最后，虽然柏拉图坚信关于永恒形式的知识(最高的也许是唯一真实的知识)只有通过运用理性才能获得，但可变的物质世界也是一种可接受的研究对象。这些研究是为了提供理性在宇宙中运作的范例。”[[16]](#footnote-16)

(二)通过“四元素”的立体结构解释可感事物

恩培多克勒提出“四根说”，将水、火、土、气这四种元素作为世界的始基和本原，即世界是由这四种元素生成。柏拉图不同意这种观点。他认为，水、火、土、气在不断地运动和变化，处于不稳定性和不确定性之中，不能用确定的字眼“这一个”(英文以this译touto)来指称它们，以免被误认为是在谈论某种稳定性的存在，而只能用“这样的”(英文以of this sort译toiouton，46d以下)描述性用语，以确定它们是一个不稳定的存在(*Timaeus*[[17]](#footnote-17)，49d以下)。[[18]](#footnote-18)他进一步认为，这种不稳定的、随机的、不连续的存在不能作为宇宙的始基和本原，因为世界是稳定的、有目的的、连续的，具有稳定性、目的性、连续性的本质特点，作为宇宙之始基和本原的存在的东西，应该具有这样的特点，才能为世界提供稳定的基础。

这种稳定的基础是什么呢？柏拉图认为，是水、火、土、气这些可感元素背后的那些更基本的存在——完善的立体几何图形，它们使得这四种元素虽然彼此不同，但却具有相应的性质以及相应的转化。柏拉图认为，这种立体几何图形是最有规律的正凸多面体(又称“柏拉图立体”)，包括由四个等边三角形构成的正四面体(金字塔)，由八个等边三角形构成的正八面体，以及由二十个等边三角形构成的正二十面体；第四种立体则由等腰三角形合成，四个等腰三角形组成一个正方形，由六个这样的正四边形构成正多面体——立方体；还有第五种立体，是由正五边形构成的正多面体正十二面体。它们分别对应着四种元素和宇宙的灵魂：金字塔对应着火，正八面体对应着气，正二十面体对应着水，立方体对应着土，正十二面体对应着宇宙的灵魂，造物者用它作为整体的模型，即作为动物体的模型(Timaeus，55C-E)。[[19]](#footnote-19)

柏拉图为什么要给出上述对应的关系呢？在他看来，正十二面体之所以对应着宇宙的灵魂，是因为其更接近球体，具有制作宇宙的功能，对应着宇宙的灵魂。至于其他的对应关系，他是这样考虑的：在水、火、土、气这四种元素中，水、火、气三者之间的转化是容易进行的，而土元素与水、火、气元素相比较，则惰性最大，可塑性最强。据此，柏拉图就把水、火、气归为正二十面体、正四面体、正八面体，因为这些正多面体都源于同一种等边三角形；把土元素归于正方体，因为正方体源于等腰三角形，而等腰三角形的平面比等边三角形的平面更稳固，因此，土元素要比其他三种元素更具有惰性、更稳固、更具可塑性。也正因为构成土元素的原始三角形与构成水、火、气元素的原始三角形不同，所以，水、火、气与土元素的相互转化相较于水、火、气元素之间的相互转化，就比较困难。

至于柏拉图为什么将水、火、气元素分别对应于正二十面体、正四面体、正八面体，则是依据其他的原理。柏拉图认为，构成正凸面体的面越少，其正凸面体所塑造的元素就越活跃、越尖锐、越具有渗透力。火是最活泼的，因此将最少面的正四面体赋予它；气次之，将正八面体赋予它；最后是水，将正二十面体赋予它。也正因为水在水、火、气这三种元素中是最不活泼的，所以它的活泼程度与土元素最为接近，它与土元素之间就有了相互转化的可能。

由于水、火、气分别对应的正二十面体、正四面体、正八面体都具有相同的原始等边三角形，水、火、气之间的相互转化便可以转换为几何体之间的数学计算：当水被火乃至气所分解时，就会产生两个气和一个火；当气被分解重组时，可以形成两个火；当两个半的气结合时，可以形成一个完整的水；当少量的火被大量的气、水或土元素包围挤压时，两个火就会组合成一个气元素(*Timaeus*，56D—E)。[[20]](#footnote-20)在柏拉图看来，数量上的变化会导致其所在区域的位置上的改变，而四种元素所进行的不间断的数量增减和位置变更，导致了不均质状态的永恒持续，从而使诸元素在现在和将来做持续不断的转换运动(*Timaeus*，58B—C)。[[21]](#footnote-21)

为什么四种元素各有不同的性质，如火——热、水——冷、气——轻、土——硬？柏拉图是这样解释的：火是正四面体，边角锐利，穿透力强，体积小，运动快，充满活力和冲劲，因此，当我们的身体接近火时，就会感到强烈的刺激，常常有烧灼感——“热”；水是正二十面体，不太活泼，当水元素接触并进入我们的身体时，会把较小的微粒冲开，挤压我们身上的湿气，整合不统一的微粒，会僵硬地与我们的身体产生冲撞，带来压力，而身体本身又会对这种作用产生反抗，从而带来身体的发抖和哆嗦——“冷”；气是正八面体，较为活泼而且其上升较为容易——“轻”；土是正六面体，它由正方形构成，看起来立足最稳，结构最为紧凑，因此其最为坚硬——“硬”(*Timaeus*，62B)。[[22]](#footnote-22)

从上面的论述可以看出，柏拉图通过水、火、土、气四种元素的立体结构以及立体结构之特征并联，解释了这四种元素所具有的经验性质以及生灭变化，从而以数学的方式解决了经验的变化问题，打通了毕达哥拉斯主义和恩培多克勒学说之间的壁垒，以毕达哥拉斯学派的数学形式解决了恩培多克勒的可感事物的性质和变化。他将人类感官经验到的性质与元素(事物)的数学结构，以及元素(事物)的流变转化等关联了起来，用元素(事物)的几何立体的分解组合来解释自然元素的存在属性和转化，确立了元素(事物)理解的新范式。[[23]](#footnote-23)这种新范式可以看作是物理学以及化学数学化的先导。

(三)运用数学天文学“拯救”天文观察现象

进一步地，柏拉图认为，为了从“黑暗”过渡到“光明”，人们必须接受长期的思维训练，而最好的训练就是学习数学。因为纯数学关系并不存在于物质现实之中，而是存在于理念世界中，所以这种学习就不是从感官知觉中推断出数学知识，而是通过感官知觉提供给灵魂这样的机会，使其回忆起早就存在于其自身之中的数学知识。通过学习数学，人们就能够逐渐排除感官所感知到的具体事物的干扰，越来越多地关注抽象的、普遍的存在形式，最终转向对永恒理念世界的沉思……总之，数学是进入哲学的阶梯，是认识理想世界的工具。[[24]](#footnote-24)照此，柏拉图就把数学设想为更普遍的理念系统的组成部分，这样的理念是关于抽象的、非物质的理想理念。

不仅如此，柏拉图认为，整个宇宙是具有数学结构的。这样，对于基本元素的形状和它们之间的相互转变的物理现象，他给出了一个明确的几何解释，并把它们之间发生的变化简化成数学形式。

柏拉图就是这样，“他不仅希望通过数学去理解自然，而且希望超越自然去理解他认为真正实在的、理想化的、用数学方式组织起来的世界。感官可见的、暂时的、不完美的世界必须被抽象的、永恒的、完美的世界取代。他希望，对物质世界的敏锐洞察能够提供基本的真理，然后理性在不需要借助进一步观察的前提下研究这种真理。从这种观点出发，自然界就应当完全能为数学所刻画。”[[25]](#footnote-25)

基于上述思想，对于天文学，柏拉图认为有两种：一种是抽象的、理想的、数学的天文学，在其中，天体处于至高无上的神圣地位，永恒不变，作完美的圆周运动。[[26]](#footnote-26)另外一种是具体的、可错的、观察的天文学，是经验的，其中既含有一些星球的规则的运动，也含有一些星球的不规则的运动。如对于某些行星或者说“游星”的运动，以恒星为背景，从地球上可能观察到的是它们自西向东运动，但是，进一步的观察发现它们并不总是自西向东运行，而是会周期性地变慢、停止并向相反的方向(自东向西)运动，而且，经过一段时间，它们会再一次变慢、停止，然后重新回到通常的自西向东的运行状态，在天空中留下一个很大的不圆的环圈(loop)。这就是所谓的非匀速非圆周的“停留和逆行”(stay for a time and retrogression)。如对于火星，在地球上的观测者看来，它在数月间相对于恒星背景的运动会改变方向，呈现“停留和逆行”，之后再回到原来的方向继续向前运行。每颗行星都表现出以恒星为背景的循环运动，并且每颗行星都有自己独特的循环周期。例如，金星的循环周期是116天，火星的循环周期是780天。[[27]](#footnote-27)具体情形见图3.1。

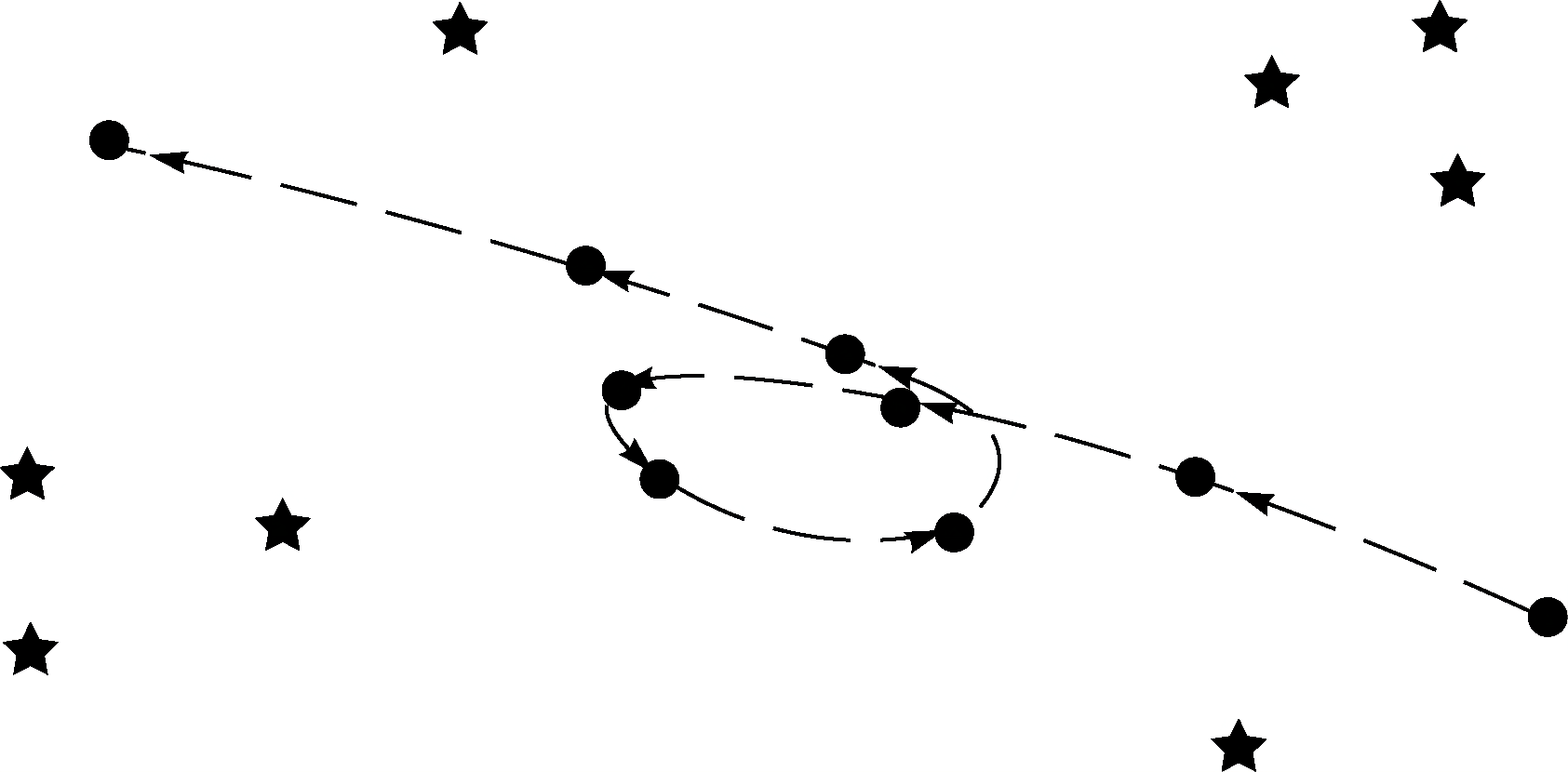


图3.1　火星的停留和逆行[[28]](#footnote-28)

对于图3.1中的“逆行”，在柏拉图看来，属于观测的经验天文学，有可能是虚假的，与理想的“两球宇宙模式”[[29]](#footnote-29)不一致，真实的是“另外的”“理想的数学天文学”，“观测的经验天文学”是对“理想的数学天文学”的不完美的复制。

既然如此，真实的理想的数学天文学何在呢？柏拉图这样要求他的学生：“各位，我们的宇宙是某种具有多种圆周运动的球体。因此，我希望你们用一系列匀速圆周运动、充分利用可以获得的观察资料(包括巴比伦的资料)来努力解释复杂的、怪异的行星运动。”[[30]](#footnote-30)具体来说，就是根据上述“两球宇宙模式”，构建数学的几何体系，校正观察到的行星运动的不规则的天文观察结果，使其以理想的“两球宇宙模式”运行。

这就是柏拉图的天文学的“拯救现象”(save the phenomena)[[31]](#footnote-31)——依据“任何天球的运动都是圆形的、匀速的和按照恒定规律运行的”准则，对每一个观测到的星球的运动路径进行“编织”(weave)，最终给出相应的数学天文学几何体系，以解释上述不规则的行星运动，拯救不规则的天象，反映天球的真正运动轨迹。从柏拉图时代到公元16世纪哥白尼之间的近2000年，如何用匀速圆周运动来说明行星的这种“结环形”运动，一直是天文学家要解决的核心问题，也成为困惑天文学家长达2000年之久的关键性难题。

如此，对于柏拉图来说，所谓“天文学”，就是提出某种模型，做出数学或概念的抽象，以此说明观察到的现象，或者以此作为所观察到的对其不完美复制的现象的完美的原型。至于经验观察到的天文学现象，既可能是真实的，也可能是不真实的，真正真实的天文学应该是抽象的、理想的、数学的天文学，它才是裁决经验观察的天文学是否合理的根本。“因为，真正的天文学研究是数学天空中真正星辰的运动规律，而可见天空只是数学天空的不完美的表现。”[[32]](#footnote-32)“真正的天文学与可见的天文运动无关，天空中星球的排列和其显而易见的运动，看起来的确神奇美妙，但是仅仅只对运动进行观察和解释，则与真正的天文学相去甚远。”[[33]](#footnote-33)真正的天文学应该是精确的数学科学，数学的经验性是次要的，对数学本体的追求才是其目标，天文学家的真正任务是研究数学的天文学，以此“拯救现象”，数学的天空才是真正的天空。

柏拉图对天文学的态度表明他对所有自然科学的态度，“真正的知识只能通过对抽象理念的哲学沉思才能获得，而不是通过观察实在世界中偶然的不完美的事物”。[[34]](#footnote-34)

(四)数学天文学的应用及其推进

柏拉图的“数学天文学”观念与他之前几个世纪以来的古埃及人和巴比伦人的观念是不同的，古埃及人和巴比伦人所做的是对星球进行观测和绘图，而柏拉图要寻找的是统一的天球运动理论，以揭示不规则天文现象背后的数学图式。柏拉图的“数学天文学”思想意义重大——作为解释天文现象的自然观基础，它对其后的天文学家的研究起着指导作用。劳埃德就说：“公元前4世纪的天文学之主要价值不在于观测手段的进步，也不在于收集了许多观测数据，而是在于它为把数学方法成功地应用于研究复杂自然现象提供了范例。可以说，运用这种方法的动力部分地来自哲学。”[[35]](#footnote-35)“早期希腊科学最伟大的成就在于天文学。在公元前4世纪末以前，天文学是唯一运用了数学方法(mathematical methods)，并通过这种数学方法取得了很大成功的科学。”[[36]](#footnote-36)从此以后，天文学家们的方法和目标是一致的，就是基于天体和谐的最基本的原理，将极其复杂的现象简约成最简单的规则的运动，然后假定某种几何学模型能够解决天体运动问题，再尝试提出不同的模型，比较不同模型在拯救现象上的优劣，最后确定合适的模型。

柏拉图的门徒欧多克斯(Eudoxus of Cnidus，公元前约400—前约347，公元前365年为其盛年)在毕达哥拉斯学派宇宙思想基础上，用天球的组合来模拟天象，为柏拉图的理想(解释复杂怪异的行星运动)提供了第一个有益的方案，即同心球的叠加方案。欧多克斯的同心球系统非常类似于“洋葱”，所以又叫“洋葱”系统。在该系统中，有27个嵌套(同心)的天球，每个天球都围绕着位于宇宙中心静止不动的地球作不同的旋转。其中一些天球被安排用来解释恒星、太阳和月亮的视运动(apparent motion)。每个逆行的行星，要用到4个旋转天球组成的系统来解释：一个说明每日的运动；一个说明天上的周期性运动；还有两个作反向运动，形成“停留和逆行”的8字形路径，即所谓的“马蹄印”。如此，依靠这一同心球系统(模型)，就可以说明行星在天上的每日运动和其他周期性运动，还可以解释在地球上的观测者看来为何两个这样的天球可以产生明显的“马蹄印”(或8字形)运动，即解释行星的“停留和逆行”观测现象，见图3.2。

欧克多斯的同心球系统也有不足，它不能解释观测到的春夏秋冬的天数不一样。为了解决这一问题，基齐库斯的卡利普斯(Callipus of Cyzicus，公元前330年为其盛年)改进了欧克多斯的同心球数学模型，为太阳增加一个额外的天球，使天球总数增加到35个。“但这个模型仍有缺陷。最明显的是，它无法解释，带着这样多或在上或在下以不同速率和倾斜度旋转的天球，宇宙在机械上是如何运行的。”[[37]](#footnote-37)不仅如此，因为欧多克斯的同心球数学模型对于行星运动的细节不能很好地拯救，不能完全解释行星的视运动如逆行现象，所以在公元前3世纪中期至公元前2世纪末，希腊天文学家和数学家阿波罗尼奥斯和希



图3.2　欧多克斯的同心球系统[[38]](#footnote-38)

帕克斯(Hipparchus，约公元前190—前125)利用发明的本轮-均轮(偏心圆)体系，构建几何模型，以拯救相应的现象。

在本轮模型中，行星都沿着小圆运动，那些小圆又沿着大圆运动；偏心圆则只是一种偏离中心的圆。利用本轮，可以轻而易举且精确地模拟出行星的逆行和说明为什么四季长短不同。由于这些本轮和偏心圆有不同的大小，并且以不同的速度朝不同的方向转动，据此就可以精确说明天体的运动。

这一工作到了公元2世纪罗马统治时期达到顶峰，体现于亚历山大城的托勒密(约90—168，150年为其盛年)。他给出了“地心说”的系统理论，成为“地心说”的集大成者。“地心说”的主要内涵有：地球位于宇宙的中心，静止不动。地球之外的星球依次有月球、水星、金星、太阳、火星、木星和土星，它们在各自的轨道上绕地球作匀速圆周运动。

为了使自己观测到的行星位置与匀速圆周运动的信条相一致，托勒密除了应用本轮和偏心圆概念外，还用到了第三个概念“均衡点”[[39]](#footnote-39)。“均衡点”是空间中的一个假想点，站在“均衡点”望去，观测者会观测到行星在作匀速圆周运动，见图3.3。

托勒密把本轮、偏心圆和均衡点非常巧妙同时又经常令人费解地结合起来，企图以此来解释行星运动的难题。如为了说明水星运动的情形，托勒密设想如下：水星(行星)在本轮上逆时针运行，同时，该本轮的中心沿着一个更大的偏心圆绕圈运行；大偏心圆在其自己的一个本轮上作反方向运动。该行星运动所必需的均匀性由连接均衡点和行星所在的本轮中心的直线以不变的方式扫过的角α来体现，即行星对均衡点作匀角速圆周运动。采用这一套技巧可以说明任何一条观测到的轨道，见图3.4。

本轮、偏心圆、均衡点的概念是非常有用的。从理论上讲，利用它们，数学天文学家就可以构造出非常抽象又十分精巧的数学结构——一种类似于“摩天轮”的天球模型，以演示任何天球的真正运动，并进一步说明地球上的观察者所观测到的天球运动现象。这就是“拯救现象”。



图3.3　托勒密的天文学技巧[[40]](#footnote-40)



图3.4　托勒密的水星模型[[41]](#footnote-41)

托勒密“地心说”的影响是巨大的，意义是重大的。“在长达1500年的时间里，它一直是继承希腊化传统工作的每一位天文学家的圣经。”[[42]](#footnote-42)“托勒密理论为大自然的齐一性和不变性提供了第一个合理完整的证据，……，托勒密理论的伟大意义在于，它证明了数学在将复杂甚至神秘的现象合理化中的力量。理解大自然甚至发现完全未知的现象，从它的第一个辉煌的成功中获得了动力和鼓励。”[[43]](#footnote-43)它是“柏拉图将天体现象合理化之问题的最终的希腊解答，并且是第一个真正伟大的科学综合”[[44]](#footnote-44)。托勒密的工作表明世界是合乎理性的，宇宙是设计的，决定其运动的原理是数学性的。这种基本思想，即使到了文艺复兴时期的哥白尼和开普勒那里(虽然他们提出并且发展了日心说)，甚至到了牛顿那里(他重建和完善了日心说)，仍然是他们最重要的信念。

其实，托勒密之前的柏拉图，也提出了他的“宇宙是设计”的思想。他始终强调智能的、有目的的能动者[agency，这里指创世神“得穆革”(Demiurge)]在宇宙中的作用，认为自然中有设计的成分。“柏拉图从事我们称之为自然科学研究的主要动机，是要揭示出理性在宇宙中的运作。尽管他不时在与形式相比时把生成的世界说得多么差，但他还是一再断言，这是可能创造的最好的世界。它是生成的事物中最美好的，善(good)是它的制造者，它是照最完美的模型造的，而且与那个模型要多像就有多像。”[[45]](#footnote-45)在《蒂迈欧篇》(Timaeus)中，他称这种善是可理解的造物主，至大至善，至正至美。造物主凭借其意志创造世界，成为自然的动力因，形式凭借其静态的完善，成为自然的终结因。在柏拉图看来，宇宙的秩序和合理性只能被解释为由一个外在的精神所施加。“如果说自然哲学家从自然(本性)中找到了秩序的来源，那么柏拉图则将它定位于心灵中。”[[46]](#footnote-46)

由此看来，柏拉图描绘了一个充满生机的，渗透了理性和目的的宇宙。他把宇宙中的要素分为三类：第一是形式，第二是以形式为模型的具体事物，第三是主宰这种模仿过程的作用者，即工艺师(craftsman)。这个工艺师创造宇宙，不是指创造构成宇宙的物质，而是被设想为接管已经存在的物质，并把秩序强加在无序的运动上。[[47]](#footnote-47)在此，工艺师的作用类似于造物主。由此，柏拉图将造物主引进来，而且，正是造物主的伟大保持了自然的规律性，体现了自然的合理性，造成了运动变化。造物主不仅是一位理性的工匠，而且也是一位数学家，是他按照他自己所创造的几何原理构造了宇宙，这样，自然就数学化了，造物主就成为宇宙的最高原则。

既然宇宙是“巨匠造物主”按照几何原理设计构造的，那么人类为了体现造物主的完美性，以及为了维护神学意义上的数学本体的完备性，就要消解天球不规则运动，追求数学审美，以认识造物主造物的美和体现造物主的完善荣耀。在柏拉图那里，对宇宙的数学理解和认识与对造物主按数学规律设计宇宙的赞美是紧密关联在一起的，一种关于宇宙的数学哲学与关于宇宙的宗教含义及情怀是紧密结合在一起的。这种思想为人们(包括柏拉图自身)提供认识宇宙的主要动机，对天文学研究起着促进作用。这一点在文艺复兴时期哥白尼、开普勒等人那里，得到了充分体现。

总之，柏拉图具有这样的思想：“真正的知识只能通过对抽象理念的哲学深思才能获得，而不是通过观察实在世界中偶然的不完美的事物。”[[48]](#footnote-48)在他看来，不用几何学及其相关推理来认识世界，而用感官事实来取代纯粹的推理，用物理论据来证明数学的结果，是几何学的堕落。从后来科学的发展看，柏拉图的这种思想确实阻碍实验科学的进步，但是，从另外一个方面看，试图通过数学研究来探求事物本质的思想，还是可取的。他发展了对自然界进行定量研究的自然哲学传统，主张神在创造世界时已将数学规律放入其中，自然哲学家的任务就是通过心智活动，找出隐藏在自然现象后面的数学规律，成功地说明自然现象，并从中认识到神的伟大。这种带有深厚神学内涵的思想在今天看来是不可取的，但是在当时以及其后的很长一段时期内，是具有重要意义的，为天文学家研究解释天文现象，提供了宗教动机以及自然数学化的基础和指导。

需要说明的是，有人认为柏拉图基于形式理论的哲学是与科学不相容的，对科学的发展构成了重大障碍。这种观点失之偏颇。从现在的角度看，他贬低感性、观察，偏好理性，认为感觉不是对自然认识的最好方式，只有理性才能获得真正的自然认识，从探索自然的角度以及从他的言论的效果看，至少在有些领域还是不提倡经验研究，不鼓励将此研究与对经验的解释相联系的。这在一定程度上不利于运用经验方法来认识物理世界。不过，这并不意味着柏拉图完全否认感觉经验的作用，只强调理性认识，他强调的只是通过感觉经验不能获得真正的认识，真正的认识只能通过灵魂对理念或形式的回忆获得。“没有任何理由让我们可以不去细心地观察它们甚至不去理解它们之中任何可理解的东西，即内在于它们的形式因素。”[[49]](#footnote-49)他坚持科学研究的目的是要发现隐藏在经验资料背后的抽象定律，并证明这一定律是正确的。他更加强调，自然科学不只是对现有的事实进行观察和分类，而且还是对自然界中的事物进行探索，寻找到相关的结构或形式的因素，而且，这些因素就其是形式而言，本身就是可理解的。这种思想对天文学以及物理学的发展具有十分重要的意义。

毕达哥拉斯学派、柏拉图学派对数学和科学发展的影响，在亚里士多德学派[[50]](#footnote-50)兴起后逐渐减弱。到了中世纪，数学、哲学和科学都成了神学的“侍女”，此时这就更难听到柏拉图学派在这方面的声音了。柏拉图学派的影响是在文艺复兴时期开始恢复的。随着柏拉图思想的重新发现以及新柏拉图主义的重新兴起，很多科学家，如哥白尼、开普勒、伽利略等接受了这种思想，并将这种思想用于指导他们的工作，其结果是引导了近代科学的数学化。

二、亚里士多德：自然的内在目的论与哲学物理学

亚里士多德(公元前384—前322)是柏拉图的学生，他的思想既受到柏拉图的影响又有很大的创新，在多个方面呈现出自己的特征。亚里士多德认为，柏拉图所称的“理念”不能脱离个体存在，而是存在于或内在于经验世界及其个体事物之中，是个体事物所要实现或体现的真正的实在和本质，是它们所要达到的目的和目标。在亚里士多德那里，“理念”以及内含理念或形式的个体都是真实的，都应该成为科学研究的对象。不仅如此，“与柏拉图只有在范型的先验世界中才找到实在也不同，亚里士多德认为我们体验到的世界就是物质的真实，因为世界中的物体(如桌子和树木)就是由基本物质和范型结合而成的一个个不可分割的混合体”[[51]](#footnote-51)。对于柏拉图来说，表象与真实(现实)之间的距离是巨大的，而对于亚里士多德来说，物质世界是现实的，表象与真实之间相距很近。在亚里士多德那里，经验的世界是真实的、重要的，也是应该去认识的。问题是：亚里士多德是如何认识事物的经验方面和理念方面(或形式方面)的呢？同一个事物的这两个方面的关系怎样呢？由此使得亚里士多德关于世界的认识呈现出什么样的特征呢？

(一)世界的逻辑化与知识的系统化

1. 世界的逻辑化

在柏拉图的“理念世界”中，不仅有善的理念、美的理念、公正的理念，还有数的理念、人的理念、马的理念，甚至还有白的理念、大的理念、小的理念等，所有这些理念在内涵、外延和层次上是不同的。柏拉图虽然把“善”的理念当成理念世界中的最高理念，但是，除了“数”的理念及其在天文学上的应用外，他没有对其他的这些理念加以区分，从而导致各个理念之间的关系缺乏合理的逻辑秩序和关联，十分模糊和混乱。

亚里士多德意识到这一点，并努力解决这一问题。他对柏拉图的“理念”概念进行了深入分析，试图以概念体系的逻辑化来说明运动变化的现象世界。

他首先从范畴的角度对概念进行整理。通过研究，他把一切概念都归入如下十个范畴：实体(substance)[[52]](#footnote-52)、量(quantity)、质(quality)、与其他事物的关系(its relation to other things)、它的处所(its place)、时间(time)、地位(position)、状态(state)、它的活动(its action)、它的反应(its affection)。通过上述范畴的划分，一切概念都依其所揭示的事物的存在方面的不同，被分门别类地归入不同的范畴种类之中，呈现出一定的主从关系，揭示出事物不同的存在状态，如：事物是什么？事物怎么样？该事物与其他事物有什么样的关系？该事物所处的时间和地点怎样？它的运动状态怎样？根据亚里士多德的观点，实体范畴是对事物本质存在的描述，而其他九个范畴只是对事物偶性存在的说明。实体范畴分为第一实体和第二实体。第一实体是指独立存在的个别事物，第二实体是揭示第一实体本质的普遍概念。个别性的第一实体如“苏格拉底”，要比一般性的第二实体如“人”更真实，第二实体以及其他范畴都依附于第一实体而存在。通过对概念的分析，亚里士多德发现，概念与概念之间在普遍性程度上存在区别，例如，“动物”这个概念就比“生物”这个概念的普遍性程度要低一些，而“人”这个概念又比“动物”这个概念的普遍性程度要低一些。如此，柏拉图的原本杂乱无章的形式体系就有了初步的秩序，从而变得清晰起来。

在上述概念辨析的基础上，亚里士多德对相关命题进行了分析。在他看来，命题按组成结构来划分，可分为简单命题和复合命题；按质来划分，可分为肯定命题和否定命题；按量来划分，可分为全称命题和单称命题(特称命题)；最终，将质和量结合起来，便可以得到全称肯定命题、全称否定命题、特称肯定命题(单称肯定命题)、特称否定命题(单称否定命题)。亚里士多德还认为，所有的命题，或者是简单命题，或者是复合命题，由这些命题就可以提出概念之间的动态的逻辑关联，如“凡人都是要死的，苏格拉底是人，所以苏格拉底是要死的”。

这是一个“三段论”演绎，大前提的抽象程度很高，很不具体，好像与我们生活中经验到的特定事物无关，但是，通过中项，它就涉及了特定的经验对象，得出了一个可以检验的经验判断。

这样做的结果是，亚里士多德就在对概念和范畴的划分和命题分析的基础上，对世界加以逻辑化，使得世界上的万事万物及其各种性状，依据相应的概念体系，呈现出一定的秩序。而且，通过“三段论”的逻辑推理，亚里士多德就从抽象程度高的概念下降到抽象程度低的概念，从抽象到具体，从一般到特殊，从概念世界走向经验世界，最终用概念世界的知识体系来说明经验世界的运动变化。可以说，近现代科学所运用的公理化方法、演绎证明法与其有着紧密的关联。

2. 知识的系统化

亚里士多德与柏拉图两人都主张哲学家要研究的是形式的和普遍的东西，而不是具体的和特殊的东西；两人都认为只有确定的和不可反驳的知识，才算得上严格意义上的知识。亚里士多德进一步认为，一门科学的目标是把该门科学学科内相关主题的知识系统化，其中的公理和定律必须是已知的命题并且满足基于知识之上的条件。所谓“基于知识之上的条件”，根据亚里士多德的观点，包括以下两个条件。

一个条件是“因果关系条件”：这些公理必须是正确的，否则它就既不能为人所知，也不能为我们对定律的了解提供基础；这些公理必须是“直接的和第一位的”，否则就会有比它们还要优先并且能从中推导出它们的真理的存在，这样，它们就全然不能成为公理或原始原理；这些公理要更为人知，否则定理何以依赖公理；这些公理必须“比推论更优先并成为推论的原因”，因为公理必须陈述终极原因，为定律所表达的事实提供解释，只有这样，才能使关于定律的知识建立在这些公理之上，并且涉及对原因的理解。

另外一个条件是“已知的事物必定是必然的事实”：如果你知道某物，那么该物不可能是其他事物。[[53]](#footnote-53)亚里士多德在《后分析篇》里阐述了这一点。他将这一点与以下论点联系起来：只有普遍命题才能为人所知。他推论说：“从这样一个证据得出的结论必定是永久性的——关于事物的证据或知识是不会被破坏掉的。”[[54]](#footnote-54)

分析上述两个条件，实质上是主张科学应该追求普遍适用性[[55]](#footnote-55)，以及为了理解特定的事件，我们必须把它们看作某种普遍事物的组成部分。这是科学上公理化方法的雏形，对于科学的发展有一定意义。考察近代科学所运用的公理化方法、演绎证明法，都与亚里士多德的上述思想有着紧密的关联。“不过，亚里士多德的工作的威信在促使希腊和中古时代科学界去寻找绝对肯定的前提和过早运用演绎法方面，却起了很大作用。”[[56]](#footnote-56)这也导致中世纪后期亚里士多德的这种认识方式成为阻碍科学进步的一个重要因素。

(二)世界的等级制与自然的内在目的论

1. 世界的等级制

柏拉图的神学观念对他的学生亚里士多德有很大影响。与柏拉图一样，亚里士多德相信世界也是理性设计的产物，最高级的理性是“纯形式”“善本身”“神”，“神”是最高的形式，他按照等级创造了这个世界。

对于天上的世界(月上世界)，亚里士多德认为，所有的天体都是由“以太”(ether或aether)构成的，只有神圣的以太填充其间；天界是永恒地做圆周运动的物质所在的领域，这些物质是不灭的、单纯的、神圣的；它的神圣表现在它除了运动外没有任何其他类型的变化，天上的行星和恒星被沿着光滑的圆周转动的物理球带动而永恒地转动。

对于地上的世界(月下世界)，亚里士多德认为，它们也是分等级的：最高级的是人类，其次是动物，然后是植物，再到山川江河等；它们处于月亮所在的天层以内，都是由与天上的世界不同的元素——土、气、水、火构成的(动物的构成还有灵魂)；它们在地上的世界中并不纯粹存在并可见，而是按照不同的比例组成地上世界的万事万物；这些元素在地上做直线运动，是有限的、可灭的，倾向于在热、冷、湿、干基本属性的作用下相互转化。

如土、气、火、水四种基本元素是由更为基本的属性热、冷、湿、干两两配对决定的，即湿和冷构成元素水，热和干构成元素火，湿和热构成元素气，冷和干构成元素土。当这些属性中的一种发生变化时，一种属性替换了另外一种属性，此时，元素就会发生相应变化。如对“水”(自然界中的由四种元素按照不同比例混合而成的“水”)加热时，其中水的属性冷由热代替，此时，水就转变为“气”。这种通过改变某一物质(元素)的属性而使之转变为另一种物质(元素)的思想，为炼金术提供了思想基础。

至于热、冷、湿、干凭借什么两两配对？盖伦(Claudius Galenus，129—199)结合人体体液，对此进行研究。他将希波克拉底(Hippocrates，约公元前460—前377)的“四体液说”与四种情绪相结合，即“肝脏之黄液——妒忌”“心脏之血液——激昂”“胃之黑液——沮丧”“脑之黏液——冷漠”，再将其分别与亚里士多德的“四元素说”之“气”“火”“土”“水”联系起来，认为血液与火有关，黏液与水有关，黄胆与气有关，黑胆与土有关，如果某种体液过多，就可以分别造成多血质、黏液质、忧郁质和胆汁质四种气质。如此，这四种元素中的每一种元素就与人体相应的每一种器官以及相应的每一种情绪联系了起来，结果是，“每一种元素还联系着一种‘情绪’，于是亚里士多德的物质观同生理学和医学理论又有了关系”[[57]](#footnote-57)。具体如图3.5所示。



图3.5　亚里士多德元素[[58]](#footnote-58)

2. 自然的内在目的论

在亚里士多德的世界中，世界是分等级的，“神”是最高的存在，人类以神为目的，万物以人为目的，植物以动物为目的，等等，由此使得“神”成为最高级的形式。“神”是宇宙的第一推动力，推动着整个宇宙的发展，使宇宙最终归入自己的怀抱，从而达到最完满、最理想的状态，成为世界的“终极因”。整个宇宙的最终目的，就是在向着它的过程中生成。

亚里士多德认为，世界上的任何事物都有其内在的目的，内在目的作为本质特征内在于事物的变化之中，变化就是事物在内在目的的驱动下，向内在目的的实现迈进，并在此过程中，从潜在向现实过渡。变化有四种形式：生灭(由橡子长出橡树)、质的变化(秋天橡树叶由绿变黄)、量的变化(秋天叶子的数目减少)和位置变化(秋天叶子落下)。它们都涉及内在目的的实现。内在目的是什么，这将会决定事物如何运动。由于元素土和元素水的内在目的是向着地球运动的，主要由重元素土或较重的元素水构成的物体，将沿直线朝宇宙中心运动；由于元素气和元素火的内在目的是远离地球，主要由轻元素气或更轻元素火构成的物体，将沿直线远离宇宙中心；由于“以太”的内在目的是趋于完美，由非物质的“以太”构成的天球，将沿着圆形轨道绕宇宙中心运动。假如这种自然秩序完全实现，所有目的都完成，则围绕着宇宙的中心将会形成一个土球——地球，包围土球的是一个水的球壳——地球的海洋，然后依次是一个气的球壳——大气层和一个火的球壳——太阳、月亮等。所有由“以太”构成的天球永远沿着圆形轨道绕这一整体旋转。

这就是亚里士多德的内在目的论：亚里士多德的世界不是一个偶然和巧合的世界，而是一个有序的、有组织的世界，一个有目的的世界，事物在其中向着由它们的本性决定了的目标发展。[[59]](#footnote-59)事物的本性，使得事物依其自身的目的拥有生长、组织和运动的形式和动力。宇宙间所有变化和运动都可以追溯到事物的本性。“所有的自然物都有某种本性，那就是它们的形式，形式使它们趋向于发展。这种自然发展就是目的。”[[60]](#footnote-60)“不同的自然物体有不同的形式和目的，但从神圣的天体到卑微的石子，所有种类的自然物体都在寻找并向往着适合于它的形式和目的。”[[61]](#footnote-61)总而言之，事物的内在本性是其运动朝向本位(natural place)[[62]](#footnote-62)的根本原因，宇宙中的一切都有自己的本位，如此，自然总体上来说不是杂乱无章的，而是具有秩序和规则的；自然的变化就是从一种潜在转化为一种显在，在这种变化过程中，物体尽其所能地实现其本身所蕴含的目标——本质或理想形式。

劳埃德总结了亚里士多德目的论的特点：“第一，他坦言他不假定有神性从外部控制着自然的变化。第二，他承认自然在实现它的目的时有不守通则的例外。第三，他对自然过程中的目的因的研究，是对其他原因(质料因、形式因和动力因)的补充而不是排斥。他不仅探讨自然过程‘为了什么’而发生，而且探讨怎样发生，包括我们所说的机械的因果关系。第四，他对目的因的兴趣是他的生物学的一个特别显著的特征，生物学对目的的研究通常是对功能的研究：这样看来，他的形式因和目的因在很多情形下是对应于部件或器官的结构和功能。”[[63]](#footnote-63)

(三)“四因说”与哲学的物理学

1. 由“四因说”来解释事物的存在及其运动变化

对于地上世界的存在，亚里士多德进行过研究，认为存在的原因是多重的，应当对它们加以区分。他认为，对于第一实体，应该用“四因说”，即用质料因(material cause)、形式因(formal cause)、动力因(efficient cause)、目的因(final cause)来说明它存在的原因。所谓“质料因”，是指构成这个事物存在的物质材料；所谓“形式因”，是指使这个事物作为它自身而存在的形式、规则和本质，由此实现自身的全部潜能，达到自然运动的目的；所谓“动力因”，是指使这个事物存在及其运动的动力来源，它引起自然运动，然后遵照特定的程序完全实现形式，达到目标、目的；所谓“目的因”，是指这个事物存在及其运动的目的最终是实现“形式”。

以房子为例，对于一座房子，砖石是它的质料因，房子之为房子的那个样式和一般原理则是它的形式因，建筑师是它的动力因，让人们居住是它的目的因。亚里士多德认为，在这四种原因中，质料构成了事物存在的物质载体，形式规定了事物存在的样式，事物动力因的实施以及目的因的追求都是为了实现事物的形式，因此，动力因和目的因都可以统一到形式因中去。质料因和形式因是最基本的，没有无形式的质料，任何质料都要以特定的形式存在；也没有无质料的形式，任何形式都以质料为物质基础；它们两者的结合就能够生成任何具体的、个别的事物。

如对于种子，当它还没有长成大树时，大树的形式潜存于种子当中。而当种子长成大树时，这颗种子就实现了它作为大树的形式本质。如果一粒种子正萌发成一株植物，而且它向植物的变化如果不是由外界适当的物质粒子随机碰撞所造成的纯粹偶然性所引起的，那么这种发展就为某种非物质的东西即植物的形式，以及被那种特定的植物的形式所控制。这种东西也就是柏拉图的植物理念，它是完全长成的植物的形式因，是种子向植物生长过程中的终极因。对于亚里士多德来说，“发展即意味着奋争，即一个运动或过程不仅仅是被定向去实现某种意义上尚未实现的物体形式，而且的确被朝着这种实现的趋向所激发。种子无论如何要生长，因为它正在致力于变成一棵植物，因此，一棵植物的形式不仅是它以这种方式生长的原因，也是它无论如何都要生长的原因，于是，既是它生长的终极目的因，也是动力因”[[64]](#footnote-64)。这也就暗含了事物有其灵魂，因此它有要求或欲望，尽管它不知道自己想要什么。“形式是这些欲求的对象，用亚里士多德本人的话说，它本身不运动(因为它不是一种物质的东西，因此当然不可能运动)，但它通过作为欲求的对象在别的事物中引起运动”[[65]](#footnote-65)。

这就是亚里士多德“潜能实现的观念”。它必然带来物质层级思想：宇宙万物的生灭过程(自然运动)，就是由质料向形式不断生成、转化的过程。“这就是，任何一个自然事物都可以按其生成被分析为一个由尚不是什么到生成为什么的生成的结构。其中，那尚不是什么的就是质料，而那生成为什么的就是形式。显然，它们二者不是一种彼此对立、分离的关系，相反，质料是尚未实现的形式，而形式是已经实现的质料，从而，质料和形式就具有一种潜能与现实的辩证统一关系，它们统一在一个由形式所主导的生成实现的过程中。”[[66]](#footnote-66)

根据上述质料和形式的关系，事物是具有内在目的的。“对于一个事物，当我们从这个事物实现的方面来观察时，它是形式，而当我们从这个事物尚未实现的方面来观察时，它则是质料；而形式既是质料所要成为的目的，又是使质料趋向目的的动力，所以我们又可以分别从生成之目的和动力的角度来对这个事物的生成进行观察。”[[67]](#footnote-67)不仅如此，亚里士多德认为，事物是有等级的，这样的等级也体现在它的目的的等级上。关于整个世界的最终目的，亚里士多德把它称为“纯形式”、“善本身”或“神”。“神”是最初的动力因，它自身不再运动，只推动其他事物运动，因此，世界的运动并非由神的运动或行动造成，而是由物质对其的“饥渴”与“盼望”造成。

需要说明的是，上述观点对“人”而言，还是有所不同的。人不是另外什么更高的形式的质料，人自身的形式就是他自己的目的，他并不以别的什么更高的形式作为自己的目的。[[68]](#footnote-68)

通过上面的论述，可以得出以下结论：亚里士多德是通过世界的等级制、自然的内在目的论以及“四因说”来解释事物的运动变化的。具体地说，就是他基于自然的“内在目的论”之“自然运动”“自然位置”“天界”“地界”等核心概念，以一种令人信服的方式解释了如此众多的“日常事实”，如太阳每天东升西落、重物垂直落向地面等。如对于物体在空气中的自由下落，亚里士多德认为，重的物体比轻的物体先落地。为什么呢？亚里士多德认为，在水、火、土、气四元素中，最重的元素是土，最轻的元素是火，水和气处于中间。如果重元素占优势，那么，该物体将自然落下地心，那是它们的自然位置；如果轻元素占优势，那么该物体将会朝着月球自然上升，那是它们的自然位置。至于重物向上运动以及轻物向下运动，那是在受到强迫的情况下才发生的，是非自然的运动。

2. 建立哲学的物理学

亚里士多德坚持事物的本质是其运动变化的根本原因，以及坚持世界的等级制和自然的内在目的论，因此，他就认为物理学研究的主要目标是理解事物的本质，探寻事件的目的论含义，而不是确定运动物体的位置、时间等这些非本质的因素，因为即使对后者进行彻底的考察和清楚的认识，也不能有效地认识事物的本质。鉴此，他就既排斥数学方法的应用，也拒绝原子论，还不可能运用实验方法展开相关研究。[[69]](#footnote-69)

亚里士多德之所以排斥数学方法的应用，是因为在他看来，“量只是十个范畴之一，而且不是最重要的范畴。数学尊严[[70]](#footnote-70)只处于形而上学和物理学之间。自然根本上说是量的也是质的”。[[71]](#footnote-71)他进一步认为，数学对象是存在的，但它既不独立存在于可感事物之中，也不独立存在于可感事物之外，而是抽象地存在于可感事物之中。数不是事物的本体而是事物的属性，数学就是研究数量的科学，通过数学不能反映事物的本性。“这样一来，数学就不能告诉我们关于运动物体的任何信息，因为数学与运动体的处所和本性毫不相干。”[[72]](#footnote-72)而且，对于古希腊人来说，大部分数学是几何学，几何学研究的是图形，主要涉及的是形式因而不是动力因和目的因，对于解释事物运动变化没有什么作用。也许如此，亚里士多德一改柏拉图“土、气、火、水对应于完美的抽象三维多面体”之说，将热、冷、湿、干这几个更为基本的属性的两两配对作为土、气、火、水的组成及其转变的依据。

亚里士多德之所以拒绝原子论，是因为他认为，除了由土、水、火、气组成的物体所做的向上或向下的自然运动外，还有一类是受迫运动(反自然运动)，如射出的箭矢或投出的标枪运动。对于后者，亚里士多德认为，由于射出的箭矢或投出的标枪在其脱离开射手后仍然在运动，因此，应该有一个推动者在继续推动着它们，这样的推动者就是“介质”；物质只有在有一定密度的介质中才会运动，在没有介质存在的环境——“真空”中，或者没有介质的推动，或者没有介质的阻碍，它或者就不能运动，或者就作速度为无限大的运动，这两者都是荒谬的。由此，亚里士多德认为，自然界厌恶真空，坚持“原子在真空(空无一物)中运动”的原子论是错误的。这是其一。其二，亚里士多德认为：“要认识一个事物是其所是的真正原因并不仅仅是认识它是由什么构成的，把这一事物进行分解去观察它，也就是说，并不仅仅去追溯它的成分在复合它的过程中所进行的运动，而是要把这个事物作为一个当下的整体来认识。”[[73]](#footnote-73)由于“原子的这些性质并不能单独形成我们观察到的自然界的复杂多样的样式”[[74]](#footnote-74)，因此，他就不赞同应用原子论来认识周围的世界。

亚里士多德之所以不可能运用实验方法展开相关研究，是因为他认为，世界是分等级的，分为天上的世界和地上的世界；天上的物体与地上的物体有高贵低贱之分，地上的物体也有高贵低贱之分，它们各有自己的“自然位置”，并且自然地运动到这一位置上面。在这种自然观念的基础上，亚里士多德进一步认为，事物的自然运动和自然行为是由事物自身本性决定的，要认识事物，就应当从事物处于自然无羁绊状态下的行为中发现其本性，人为限制仅仅是(对这种自然状态的)干扰[[75]](#footnote-75)，使其变得非自然，由此不能认识事物的自然运动，进而不能发现事物的本质。如此，在亚里士多德那里，就不可能想到乃至运用实验方法来认识自然，因为，实验是对事物自然状态的干扰，它甚至并不比其他方式更多地使我们获得关于事物本性的知识。照此，还真不能把亚里士多德对事物内在目的的探讨，看作是思想的愚昧和认识的缺陷，而应该理解为这与他的世界观以及他所感兴趣的问题的解决方式紧密相关。可以这么说，物理实验在亚里士多德那里是不可能诞生出来的；物理实验的诞生并非人们的想象，而是以人们的思想观念——世界观为基础的。

根据上述原因，再加上亚里士多德的“世界等级制”“自然的内在目的论”“四因说”等，导致的一个必然结果是，亚里士多德的《物理学》是一部要从自然哲学基本原理上推理并且解释世界运动变化本质原因的哲学著作，而不是一部描述并且实证物理世界运动变化的经验著作。亚里士多德的《物理学》是“质的物理学”(physics of quality)，是“哲学的物理学”，亚里士多德的《物理学》更应该译作《自然哲学》。

3. 哲学的物理学的意义

不可否认，哲学的物理学是存在欠缺的：一是“以性质数学化的不可能性和运动推演的不可能性，来反对对于自然的数学化的企图”[[76]](#footnote-76)；二是导致科学所关心的是未经扰动的自然，极度缺乏兴趣运用实验方法去操纵和干预自然，对实验方法的提出和应用起着阻碍作用；三是对原子论的接受和应用起着阻碍作用，并进而阻碍了对物体运动的机制(机械论)的研究。这是否意味着亚里士多德的哲学的物理学一无是处呢？

表面看来，亚里士多德对哲学物理学的追求，似乎表示着对事物深层次本质的探求而不是对事物静观状态下的经验认识，因为静观状态下的经验认识毕竟不能达到事物深层次的本质。但是，事实不是这样。亚里士多德对柏拉图及其学派这样批评道：“在谈到现象时，他们主张那些与现象不一致的事物……他们如此地热衷于他们的原始原理，以至于他们表现得就像论文答辩中的那些答辩人；因为他们接受任何推理结果，认为他们占有真正的原理——似乎原理不应由他们的推理结果来判断，尤其不能由其目标来判定。在生产性科学中，目标就是产量；但是在自然科学中，目标就是任何可感知的事物。”[[77]](#footnote-77)他认为，经验研究先于理论；推测应该屈从于理论；当已知的证据不足时，虽然理论是必不可少的，但是，观察永远优先于理论推测。他进一步认为，这对感性经验物理学的发展具有重要的推动作用。“柏拉图因为坚持理性的作用而贬低感觉的作用，亚里士多德则重新恢复了观察。……而亚里士多德根本的而且具有持久影响力的贡献则是既在理论上主张，又在实践中确实证明，进行具体经验研究是有价值的。”[[78]](#footnote-78)

当然，“亚里士多德从未掌握所有的事实；他常常在自己得到的是谬误的时候以为自己获得的是事实依据；他有时突然间就进入了理论推导状态。而且，理论应在某种程度上控制着事实数据的收集：杂乱无章的数据收集是一种非科学行为；这也许就是古代和现代的一些哲学家们所说的意思，即不存在不受理论侵蚀的纯事实。”[[79]](#footnote-79)

对于上述状况，有国外学者评论道：“亚里士多德的物理学，其实还包括亚里士多德的全部自然哲学，严格说来代表的是常识科学。不像柏拉图的先验论，亚里士多德认为感觉和观察是有效的，它们是通往知识的唯一途径。亚里士多德的观点总是与我们所知道的日常观察和生活中的常见现象相吻合(不像现代科学常常与日常观察相抵触，需要重新学习一下感觉才能接受)。亚里士多德强调事物的可感觉本质，这一点与毕达哥拉斯或者柏拉图的追随者们遵循的定量的和先验的方法正好相反。因此，亚里士多德的自然哲学更符合常识，在科学上也更有希望。”[[80]](#footnote-80)这是其一。

其二，有学者指出：“对亚里士多德学派来说，自然的研究关乎理解世界，而非改变世界，因此没有与自然科学相联系的艺术(或技术)。此外，由于自然是理性的化身，因此有可能推导出事物的性质。对亚里士多德来说，理想的科学由一个源自无可置疑的前提的逻辑演绎链条构成。”[[81]](#footnote-81)

上述评价有一定道理，但也存在偏颇。事实上，亚里士多德的自然哲学不单纯是常识科学，也是哲学科学，如哲学物理学。他力图对事物运动的内在原因进行哲学上的解释，将此具体落实到天文学上，就是：“他对天体进行了物理学的描述，在这里，天层不再是几何学上的假定而是物质实体了。在亚里士多德的天文学理论中，最重要的一点是他研究了天层运动的原因。”[[82]](#footnote-82)这可以看作是对物体运动动力学的尝试。

根据爱德尔(Abraham Edel)的看法，亚里士多德不是首先得到一个观点，从中引申出其蕴含的东西，然后再来找证据，而是首先广泛汇集整理各种意见和报道，它们是以通常的信念形式表现的，其中包括以往的各种学说、普遍的语言用法和观察得来的报告；然后他以巨大的劳作使之形成一个问题，系统地检查这些材料，在这时，他特别致力于把传统看法中所包含的困惑和明显的矛盾展现出来；最后他彻底地筛选哪些可取哪些不可取，对此加以区别，以找出解决办法，这种解决办法能使各种学说、语言用法和无可否认的观察事实里的那种分歧的成分彼此调解或和谐起来，或者都加以重新解释。[[83]](#footnote-83)据此，我们也可以比较清楚亚里士多德对归纳法的关注和贡献。

由此可见，亚里士多德不仅重视理性也重视感性，提倡观察和周密的研究，以揭示引起现象的原因，而且从“四因”方面说明地上的事物或事件。亚里士多德认为，真正的知识是从感官经验、直觉和抽象中得到的，由此就使得亚里士多德不仅构建了深刻的自然哲学体系来解释事物存在及其运动的根本原因，而且还通过经验观察，开创了物理学、气象学、行星天文学、生物学等许多自然科学的雏形。“亚里士多德是西方世界中建立教学科研机构以对科学的各个特殊分支进行系统研究的第一人。”[[84]](#footnote-84)在希腊科学史上，他“标志着一个转折点，因为他是最后提出一个整个世界体系的人，而且是第一个从事广泛经验考察的人”[[85]](#footnote-85)。这也决定了从公元前4世纪一直到公元17世纪的两千多年中，亚里士多德在欧洲科学史上极其重要的地位，他的自然观和科学思想对其之后的自然观和科学发展起着重要的影响。

如他的哲学物理学，作为人类历史上第一次对物理现象所进行的认识和解释的系统的知识体系，既具有直观的经验观察内容，也具有深刻的本质原因探索，为人类进行物理学的研究提供了知识基础。可以说，如果没有亚里士多德的哲学物理学，近代物理学革命也就失去了它的知识基础和革命的对象，伽利略等人所进行的物理学革命便是不可设想的。就此而言，亚里士多德的物理学的科学意义是重大的。

不可否认，在文艺复兴时期，当亚里士多德的哲学物理学被宗教神学当作不可怀疑的教条之后，其哲学物理学所存在的诸多欠缺，就成为阻碍科学尤其是物理学发展的重要因素。也正是如此，就需要那一时期的科学家(自然哲学家)如伽利略等对此进行反思批判，以发动近代科学革命。但是，即使这样，也仍然不能撇开亚里士多德另起炉灶。“亚里士多德思想的内容和结构都给后代留下深刻的印象。吕克昂里所使用的概念和术语提供了哲学和科学赖以发展的媒介，所以，即使那些决心反驳亚里士多德的激进思想家，最后也发现自己在用亚里士多德的语言进行反驳。当我们今天谈论物质和形式、种和属、能量和潜能、实体和质量、偶然性和本质时，我们就不经意地在说亚里士多德的哲学语言，在使用两千年前希腊所形成的术语和概念进行思考。”[[86]](#footnote-86)

在科学思想史上，柏拉图和亚里士多德是重要人物。柏拉图提出了理念论，认为理念世界是完美的，经验世界是不完美的，应该通过理念世界来认识经验世界。将此应用到天文学上，就是天上的世界是完美的，对天体现象的观察有可能是假的，鉴此，应该构建理想的星球运动几何体系，来“拯救现象”。这是“数学天文学”，它指导并且规范着之后天文学的发展，直至16世纪。亚里士多德辨析人类关于事物认识的概念，将其逻辑化，从而为准确并且全面认识事物和描述事物，提供了一个严密的、逻辑化的框架。亚里士多德在将天上的世界理想化以及将地上的世界不完美化的基础上，坚持从内在目的来解释地球上的物体的运动，这是哲学的或定性的物理学，而非数学的或定量的物理学。据此，“实验”在他那里是难以想象的。至于如何解释地球上事物的运动变化，亚里士多德运用的是“四因说”，而这恰恰体现了他的哲学物理学的特征。

1. [美]麦克莱伦第三、[美]多恩：《世界科学技术通史》，王鸣阳译，上海：上海科技教育出版社，2007年，第89页。 [↑](#footnote-ref-1)
2. 在原译著中，这里就是译作“毕达哥拉”而不是“毕达哥拉斯”。具体参见[德]E. 策勒尔：《古希腊哲学史纲》，翁绍军译，济南：山东人民出版社，1992年，第143页。 [↑](#footnote-ref-2)
3. [德]E. 策勒尔：《古希腊哲学史纲》，翁绍军译，济南：山东人民出版社，1992年，第143页。 [↑](#footnote-ref-3)
4. 第一种“善”是“我们乐意要它，只是要它本身，而不是要它的后果”。第二种“善”是“我们之所以爱它既为了它本身，又为了它的后果”。第三种“善”是“我们爱它们并不是为了它们本身，而是为了报酬和其他各种随之而来的利益”。(参见[古希腊]柏拉图：《理想国》，郭斌和、张竹明译，北京：商务印书馆，2012年，第357页。) [↑](#footnote-ref-4)
5. 毕达哥拉斯学派是一个宗教团体，其教义秘不外传，至于其数学和哲学理论，究竟是由毕达哥拉斯本人提出的，还是由他的学生门徒提出的，人们并不可知道，鉴此，人们只能笼而统之以“毕达哥拉斯学派”概称之。此处“毕达哥拉斯学派”而非“毕达哥拉斯”也是考虑到这一点。 [↑](#footnote-ref-5)
6. 在柏拉图那里，理念有多种：一是自然物的理念，如人、牛、植物等；二是人造物的理念，如杯子、床等；三是范畴意义上的理念，如运动与静止等；四是数学意义上的理念，如方、圆、三角形、大于、小于等；五是道德和审美意义上的理念，如勇敢、节制、正义、智慧等；六是“善”的理念。其中，自然物的理念属于最低层次，“善”的理念属于最高层次。 [↑](#footnote-ref-6)
7. [英]柯林武德：《自然的观念》，吴国盛译，北京：商务印书馆，2018年，第70页。 [↑](#footnote-ref-7)
8. [英]柯林武德：《自然的观念》，吴国盛译，北京：商务印书馆，2018年，第71页。 [↑](#footnote-ref-8)
9. [古希腊]柏拉图：《理想国》，郭斌和、张竹明译，北京：商务印书馆，1986年，第98页。 [↑](#footnote-ref-9)
10. [英]柯林武德：《自然的观念》，吴国盛译，北京：商务印书馆，2018年，第88页。 [↑](#footnote-ref-10)
11. [美]欧文·埃尔加·米勒：《柏拉图哲学中的数学》，覃方明译，杭州：浙江大学出版社，2017年，第50页。 [↑](#footnote-ref-11)
12. [英]柯林武德：《自然的观念》，吴国盛译，北京：商务印书馆，2018年，第69页。 [↑](#footnote-ref-12)
13. [美]欧文·埃尔加·米勒：《柏拉图哲学中的数学》，覃方明译，杭州：浙江大学出版社，2017年，第51页。 [↑](#footnote-ref-13)
14. [古希腊]柏拉图：《曼诺篇》80E-81E，见苗力田：《古希腊哲学》，北京：中国人民大学出版社，1989年，第253-254页。 [↑](#footnote-ref-14)
15. 聂敏里：《西方思想的起源——古希腊哲学史论》，北京：中国人民大学出版社，2017年，第128页。 [↑](#footnote-ref-15)
16. [美]戴维·林德伯格：《西方科学的起源》(第二版)，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2013年，第40页。 [↑](#footnote-ref-16)
17. *Timaeus*，《蒂迈欧篇》是柏拉图的一篇对话录，该篇显露出他对自然界的兴趣，在这里可以看到他关于天文学、宇宙论、光与色、元素以及人体生理学方面的观点。由于《蒂迈欧篇》是传到早期中世纪(12世纪以前)的唯一一部连贯的自然哲学著作。它就代表了柏拉图影响的一个主要渠道，因此我们应该给予重视。(参见[美]戴维·林德伯格：《西方科学的起源》(第二版)，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2013年，第42页。) [↑](#footnote-ref-17)
18. [美]考卡维奇：《鸿蒙中的歌声》，李雪梅译，见徐戬：《鸿蒙中的歌声：柏拉图〈蒂迈欧〉疏证》，朱刚、黄薇薇等译，上海：华东师范大学出版社，2008年，第42页。 [↑](#footnote-ref-18)
19. Plato. Timaeus. Zeyl D J(trans.)//Plato. Complete Works. Cooper J M(ed.). Indianapolis and Cambridge: Hackett Publishing Company, 1997: 1258. [↑](#footnote-ref-19)
20. Plato. Timaeus. Zeyl D J (trans.)//Plato. Complete Works. Cooper J M(ed.). Indianapolis and Cambridge: Hackett Publishing Company, 1997: 1259. [↑](#footnote-ref-20)
21. Plato. Timaeus. Zeyl D J (trans.)//Plato. Complete Works. Cooper J M(ed.). Indianapolis and Cambridge: Hackett Publishing Company, 1997: 1260-1261. [↑](#footnote-ref-21)
22. Plato. Timaeus. Zeyl D J (trans.)//Plato. Complete Works. Cooper J M (ed.). Indianapolis and Cambridge: Hackett Publishing Company, 1997. [↑](#footnote-ref-22)
23. 考卡维奇：《鸿蒙中的歌声》，见徐戬：《鸿蒙中的歌声：柏拉图〈蒂迈欧〉疏证》，朱刚、黄薇薇等译，上海：华东师范大学出版社，2008年，第64页。 [↑](#footnote-ref-23)
24. [美]M. 克莱因：《古今数学思想》(第一册)，张理京、张锦炎译，上海：上海科学技术出版社，1979年，第49-53页。 [↑](#footnote-ref-24)
25. [美]M. 克莱因：《西方文化中的数学》，张祖贵译，上海：复旦大学出版社，2004年，第77页。 [↑](#footnote-ref-25)
26. 为什么说只有圆周运动才适合天体？柏拉图认为天体是高贵的，而匀速圆周运动又是一切运动中最美、最高贵的一种。唯有圆是永恒的曲线，没有开端，也没有结尾。因为天体是范型世界完美性的忠实摹写，所以柏拉图断定天体肯定是做匀速运动，这样的运动才不会时而快、时而慢，从而摒弃了变化的不完美性，始终保持恒定而不越出正轨。(参见[美]麦克莱伦第三、[美]多恩：《世界科学技术通史》，王鸣阳译，上海：上海科技教育出版社，2007年，第91-92页。) [↑](#footnote-ref-26)
27. [美]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第3页。 [↑](#footnote-ref-27)
28. 参见[美]麦克莱伦第三、[美]多恩：《世界科学技术通史》，王鸣阳译，上海：上海科技教育出版社，2007年，第94页图4. 3。标题为作者根据原图所改。 [↑](#footnote-ref-28)
29. “两球宇宙模式”坚持：典型行星在既定周期内自西向东围绕地球旋转，恒星天球24小时自东向西围绕地球旋转，两者的运动都是匀速圆周运动。 [↑](#footnote-ref-29)
30. [澳]约翰·A. 舒斯特：《科学史与科学哲学导论》，安维复主译，上海：上海科技教育出版社，2013年，第96页。 [↑](#footnote-ref-30)
31. 在柏拉图现有文本中并未见到此类说法。此类说法见于公元6世纪的希腊文献注释家辛普里丘(Simplicius，公元490—560)《亚里士多德〈论天〉注释》。在此注释中，辛普里丘转述了索西吉斯的说法，称古代天文学家有一个传说，有一天柏拉图向他学园里的学生提出一个问题：“假定行星做什么样的均匀而有序的运动，才能说明它们的表观视运动。”(转引自*A Source Book in Greek Science*, 第97页)以此为基础，迪昂(Pierre Duhem)将此标语作为古代以及中世纪数学天文学的动机，并指出托勒密的目标就是去“拯救现象”。(参见Duhem. To Save the Phenomena: An Essay on the Idea of Physical Theory from Plato to Galileo. Chicago: University of Chicago Press, 1908/1969: 5.) [↑](#footnote-ref-31)
32. [美]M. 克莱因：《数学与知识的探求》(第二版)，刘志勇译，上海：复旦大学出版社，2016年，第3页。 [↑](#footnote-ref-32)
33. [美]M. 克莱因：《西方文化中的数学》，张祖贵译，上海：复旦大学出版社，2004年，第78页。 [↑](#footnote-ref-33)
34. [美]M. 克莱因：《数学与知识的探求》，刘志勇译，上海：复旦大学出版社，2016年，第4页。 [↑](#footnote-ref-34)
35. [英]G. E. R. 劳埃德：《早期希腊科学：从泰勒斯到亚里士多德》，孙小淳译，上海：上海科技教育出版社，2015年，第90页。 [↑](#footnote-ref-35)
36. [英]G. E. R. 劳埃德：《早期希腊科学：从泰勒斯到亚里士多德》，孙小淳译，上海：上海科技教育出版社，2015年，第75页。 [↑](#footnote-ref-36)
37. [美]麦克莱伦第三、[美]多恩：《世界科学技术通史》，王鸣阳译，上海：上海科技教育出版社，2007年，第94页。 [↑](#footnote-ref-37)
38. [美]麦克莱伦第三、[美]多恩：《世界科学技术通史》，王鸣阳译，上海：上海科技教育出版社，2007年，第95页图4.4。 [↑](#footnote-ref-38)
39. 关于“均衡点”(equant point)这一术语的翻译，吴国盛在其《Equant译名刍议》(《自然辩证法通讯》，2007年第1期，第92-95页)一文中总结了国内学界的共计八种译法：“对称点“(中国科学技术大学天体物理组：《西方宇宙理论评述》，北京：科学出版社，1978年)、“偏心等距点”([美]G. Holton：《物理科学的概念和理论导论》(上下册)，张大卫等译，北京：人民教育出版社，1983年)、“载轮”([波兰]哥白尼：《天体运行论》，叶式辉译，西安：陕西人民出版社，2003年)、“等值点”(爱德华·格兰特：《中世纪的物理科学思想》，郝刘祥译，上海：复旦大学出版社，2000年)、“等分圆”([美]艾伦·G. 狄博斯：《文艺复兴时期的人与自然》，周雁翎译，上海：复旦大学出版社，2000年)、“对分圆”([美]戴维·林德伯格：《西方科学的起源》，王珺、刘晓峰、周文峰等译，北京：中国对外翻译出版公司，2001年)、“对点”([英]米歇尔·霍斯金：《剑桥插图天文学史》，江晓原、关增建、钮卫星译，济南：山东画报出版社，2003年)、均衡点([美]麦克莱伦第三、[美]多恩：《世界科学技术通史》，王鸣阳译，上海：上海科技教育出版社，2003年)。吴国盛在该文中进一步指出，因为这个点是托勒密设置用来表示行星对该点作匀角速圆周运动，Equant之为Equant不在于它所表达的“对称”“等距”，而在于它所表达的“匀速”。因此，Equant point是匀速运动的参考点，但不是等距运动的中心，应该译作“偏心匀速点”，Equant应该译成“偏心匀速圆”。事实上，吴国盛早在2003年，就在其翻译的《哥白尼革命》(参见[美]托马斯·库恩著，吴国盛、张东林、李立译，北京：北京大学出版社，2003年)中开始使用“偏心匀速点”的译法，而张卜天在2004年翻译的《天球运行论》(参见[波兰]哥白尼著，沈阳：辽宁教育出版社，2004年)中也采纳了这种译法。 [↑](#footnote-ref-39)
40. [美]麦克莱伦第三、[美]多恩：《世界科学技术通史》，王鸣阳译，上海：上海科技教育出版社，2007年，第115页图4.7。 [↑](#footnote-ref-40)
41. [美]麦克莱伦第三、[美]多恩：《世界科学技术通史》，王鸣阳译，上海：上海科技教育出版社，2007年，第116页图4.8。 [↑](#footnote-ref-41)
42. [美]麦克莱伦第三、[美]多恩：《世界科学技术通史》，王鸣阳译，上海：上海科技教育出版社，2007年，第117页。 [↑](#footnote-ref-42)
43. [美]M. 克莱因：《数学与知识的探求》(第二版)，刘志勇译，上海：复旦大学出版社，2016年，第71页。 [↑](#footnote-ref-43)
44. [美]M. 克莱因：《数学与知识的探求》(第二版)，刘志勇译，上海：复旦大学出版社，2016年，第66页。 [↑](#footnote-ref-44)
45. [英]G. E. R. 劳埃德：《早期希腊科学：从泰勒斯到亚里士多德》，孙小淳译，上海：上海科技教育出版社，2015年，第67页。 [↑](#footnote-ref-45)
46. [美]戴维·林德伯格：《西方科学的起源》(第二版)，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2013年，第42页。 [↑](#footnote-ref-46)
47. [英]G. E. R. 劳埃德：《早期希腊科学：从泰勒斯到亚里士多德》，孙小淳译，上海：上海科技教育出版社，2015年，第68页。 [↑](#footnote-ref-47)
48. [美]M. 克莱因：《数学与知识的探求》(第二版)，刘志勇译，上海：复旦大学出版社，2016年，第4页。 [↑](#footnote-ref-48)
49. [英]柯林武德：《自然的观念》，吴国盛译，北京：商务印书馆，2018年，第86页。 [↑](#footnote-ref-49)
50. 需要说明的是，亚里士多德学派在古典希腊和晚期希腊的学术环境下，并不是一个主导性的学派，亚里士多德主义主要是中世纪经院哲学的特色。 [↑](#footnote-ref-50)
51. [美]麦克莱伦第三、[美]多恩：《世界科学技术通史》，王鸣阳译，上海：上海科技教育出版社，2007年，第99页。 [↑](#footnote-ref-51)
52. 需要说明的是，当亚里士多德报告他的一些前辈的观点时，他经常使用像“元素”和“物质”这样的词，语言学家告诉我们，这些词在他在世时并不存在。亚里士多德所说的“四元素”最早出现在恩培多克勒斯的哲学中，这个词更接近我们的词根——“四根”。此外，当我们确实从早期思想家那里得到可靠的引用时，其意义往往很难理解，因为它们缺乏那种只有在后来才会流行起来的术语。如阿那克西曼德和赫拉克利特已经开始有了自然法则的观念，但是当时没有这一词语。这也增加了研究和表述古希腊自然哲学思想的困难。 [↑](#footnote-ref-52)
53. [英]乔纳森·巴恩斯：《亚里士多德的世界》，史正永、韩守利译，南京：译林出版社，2013年，第26-27页。 [↑](#footnote-ref-53)
54. [英]乔纳森·巴恩斯：《亚里士多德的世界》，史正永、韩守利译，南京：译林出版社，2013年，第51-56页。 [↑](#footnote-ref-54)
55. 关于公理应具有的两个条件的意义，《亚里士多德的世界》第八章结尾说道，普遍性是一种夸大其词。以下的内容引用该书：“在亚里士多德看来，科学定律并不总是普遍而又必然地正确：有些定律只是‘大部分’正确；‘大部分’正确和一直正确之间的区别很明显。‘所有的知识或者是关于一直正确的事物的，或者是关于大部分正确的事物的(若非如此，人们又如何能学习知识或向他人教授知识呢？)；因为知识必然取决于一直正确的或者大部分正确的事物或原理——比如，蜂蜜水大部分对发烧的人有好处。’亚里士多德关于科学命题必然是普遍的这一断言，据他自己承认，是夸大其词。”根据这段引文来看，亚里士多德并非一定主张科学的普适性。 [↑](#footnote-ref-55)
56. [英]丹皮尔：《科学史及其与哲学和宗教的关系》，李珩译，北京：中国人民大学出版社，2010年，第52页。 [↑](#footnote-ref-56)
57. [美]麦克莱伦第三、[美]多恩：《世界科学技术通史》，王鸣阳译，上海：上海科技教育出版社，2007年，第99页。 [↑](#footnote-ref-57)
58. [美]麦克莱伦第三、[美]多恩：《世界科学技术通史》，王鸣阳译，上海：上海科技教育出版社，2007年，第99页。 [↑](#footnote-ref-58)
59. [美]戴维·林德伯格：《西方科学的起源》(第二版)，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2013年，第56页。 [↑](#footnote-ref-59)
60. [美]加勒特·汤姆森、马歇尔·米斯纳：《亚里士多德》，张晓林译，北京：中华书局，2002年，第35页。 [↑](#footnote-ref-60)
61. [英]G. E. R. 劳埃德：《早期希腊科学：从泰勒斯到亚里士多德》，孙小淳译，上海：上海科技教育出版社，2015年，第112页。 [↑](#footnote-ref-61)
62. natural place可译作“自然场所”“栖身之地”“本原”“归宿”“原初位置”“原初”“本来的位置”“原本”“本位”等，综合考量，笔者此译作“本位”。 [↑](#footnote-ref-62)
63. [英]G. E. R. 劳埃德：《早期希腊科学：从泰勒斯到亚里士多德》，孙小淳译，上海：上海科技教育出版社，2004年，第104页。 [↑](#footnote-ref-63)
64. [英]柯林武德：《自然的观念》，吴国盛译，北京：商务印书馆，2018年，第104页。 [↑](#footnote-ref-64)
65. [英]柯林武德：《自然的观念》，吴国盛译，北京：商务印书馆，2018年，第104页。 [↑](#footnote-ref-65)
66. 聂敏里：《西方思想的起源——古希腊哲学史论》，北京：中国人民大学出版社，2017年，第164页。 [↑](#footnote-ref-66)
67. 聂敏里：《西方思想的起源——古希腊哲学史论》，北京：中国人民大学出版社，2017年，第165页。 [↑](#footnote-ref-67)
68. [聂敏里：《存在与实体——亚里士多德〈形而上学〉Z卷研究(Z1—9)》](http://xueshu.baidu.com/s?wd=paperuri%3A(8862311ccf068a329158b418b6e07c4c)&filter=sc_long_sign&tn=SE_baiduxueshu_c1gjeupa&ie=utf-8&sc_ks_para=q%3D%E8%81%82%E6%95%8F%E9%87%8C%3A%E3%80%8A%E5%AD%98%E5%9C%A8%E4%B8%8E%E5%AE%9E%E4%BD%93--%E4%BA%9A%E9%87%8C%E5%A3%AB%E5%A4%9A%E5%BE%B7%E3%80%88%E5%BD%A2%E8%80%8C%E4%B8%8A%E5%AD%A6%E3%80%89%20Z%E5%8D%B7%E7%A0%94%E7%A9%B6(Z1-9)%E3%80%8B)，上海：华东师范大学出版社，2011年，代序第18页。 [↑](#footnote-ref-68)
69. 这里有两点需要说明：一是亚里士多德并不排斥研究时间、空间以及物体的运动，如在他的《物理学》中就讨论了时间和空间以及具体的运动形式，只是他的物理学主要是研究物体运动的根本原因，以及通过这样的原因去解释物体的运动；二是亚里士多德是做过动物实验的，这一点从他的《动物学》和其他动物学研究著作中能够看出。不过，进一步的分析表明，这样的实验仍然是对生物进行的初步的解剖与日常经验式的观察，没有对认识对象进行主动的干涉实验，即没有对认识对象进行人为的强制性的作用，以使其呈现出在通常状况下不能呈现的现象或奥秘。因此，严格地说，亚里士多德所做的实验还不是近代科学意义上的实验。就此而言，说他没有运用实验方法展开相关研究，还是合理的。 [↑](#footnote-ref-69)
70. 这里的“数学尊严”似乎当作“数学高贵”更好理解一些。意为数学虽然如柏拉图所认为的那样是一种理念，但是，它已经不是一种作为事物本质性存在的最基本的理念，如此，它的形而上学地位下降了，也就不如原先那样富有尊严并且尊享高贵的地位了。 [↑](#footnote-ref-70)
71. [美]爱德文·伯特：《近代物理科学的形而上学基础》，张卜天译，北京：商务印书馆，2018年，第44页。 [↑](#footnote-ref-71)
72. [英]迈克尔·霍斯金：《科学家的头脑：假想的与伽利略、牛顿、赫歇尔、达尔文及巴斯德的谈话》，郭贵春、邹范林、王道君译，北京：华夏出版社，1990年，第11页。 [↑](#footnote-ref-72)
73. [美]大卫·福莱：《劳特利奇哲学史·第二卷·从亚里士多德到奥古斯丁》，冯俊等译，北京：中国人民大学出版社，2004年，第30页。 [↑](#footnote-ref-73)
74. [美]大卫·福莱：《劳特利奇哲学史·第二卷·从亚里士多德到奥古斯丁》，冯俊等译，北京：中国人民大学出版社，2004年，第31页。 [↑](#footnote-ref-74)
75. [美]戴维·林德伯格：《西方科学的起源》(第二版)，张卜天译，长沙：湖南科学技术出版社，2013年，第55页。 [↑](#footnote-ref-75)
76. [法]A. 柯依列：《伽利略研究》，李艳平、张昌芳、李萍萍译，南昌：江西教育出版社，2002年，第241页。 [↑](#footnote-ref-76)
77. 转引自[英]乔纳森·巴恩斯：《亚里士多德的世界》，史正永、韩守利译，南京：译林出版社，2013年，第114页。 [↑](#footnote-ref-77)
78. [英]G. E. R. 劳埃德：《早期希腊科学：从泰勒斯到亚里士多德》，孙小淳译，上海：上海科技教育出版社，2015年，第114页。 [↑](#footnote-ref-78)
79. [英]乔纳森·巴恩斯：《亚里士多德的世界》，史正永、韩守利译，南京：译林出版社，2013年，第114页。 [↑](#footnote-ref-79)
80. [美]麦克莱伦第三、[美]多恩：《世界科学技术通史》，王鸣阳译，上海：上海科技教育出版社，2007年，第98页。 [↑](#footnote-ref-80)
81. 转引自[英]戴维·伍顿：《科学的诞生：科学革命新史》(上册)，刘国伟译，北京：中信出版社，2018年，第28页。 [↑](#footnote-ref-81)
82. [美]大卫·福莱：《劳特利奇哲学史·第二卷·从亚里士多德到奥古斯丁》，冯俊等译，北京：中国人民大学出版社，2004年，第22页。 [↑](#footnote-ref-82)
83. Edel A. Aristotle and His Philosophy. London: Routledge, 1982: 30. [↑](#footnote-ref-83)
84. [美]大卫·福莱：《劳特利奇哲学史·第二卷·从亚里士多德到奥古斯丁》，冯俊等译，北京：中国人民大学出版社，2004年，第4页。 [↑](#footnote-ref-84)
85. [英]斯蒂芬·F. 梅森：《自然科学史》，周熙良、全增嘏、傅季重等译，上海：上海译文出版社，1980年，第20页。 [↑](#footnote-ref-85)
86. [英]乔纳森·巴恩斯：《亚里士多德的世界》，史正永、韩守利译，南京：译林出版社，2013年，第136页。 [↑](#footnote-ref-86)