

# 古希腊物理学简史

吴 蓓

科学肇始于古希腊思想家富于创造性的头脑,虽然世界各民族在更早的时期积累了一些有关自然界的知识,但古希腊在人类历史上首次提出理性自然观,用自然的方式去解释实在,并试图把握自然界的规律.德国学者策勒尔评价道:“他们为哲学思想,并且,……在相当大的程度上为自然科学,构成了基本观念,后来整个欧洲的哲学和科学,都是在这些基本观念之内活动并至今仍在运用它们.”

## 提出问题

万物是由什么组成的?千变万化、纷繁复杂的世界能否看成单一实体的不同表现?或者万物的本源是什么?历史上第一个提出并回答这个问题的,是距今 2600 年前古希腊爱奥尼亚学派的创始人泰勒斯.他是哲学史上的第一人,也是科学史上的第一人,当时研究自然现象的人都称为自然哲学家.泰勒斯说水是万物的

本原.他观察到万物都是以湿的东西为养料,种子是湿的,所有植物都充满着汁,于是认为水养育万物,万物起源于水,经历一系列变化后又复归于水.虽然他的观点比较简单、粗糙,但却开创了关于万物本原的探索,激起了人们的思考,科学哲学家赖欣巴哈说:“基本问题的发现,其本身就是对于智力进步的重要贡献.”

泰勒斯的学生阿那克西曼德却不同意老师的观点.他认为气是冷的、火是热的,如果万物本原是水,水就要征服其他元素,这时其余的就不可能存在,他提出万物的本原是一种无限的不固定体,不是任何已知的原素.

科学传统中怀疑、批判、自由探讨的精神,从泰勒斯就开始了,波普尔认为是泰勒斯建立了新的自由传统,他容忍学生的批判,还创造了人们应该容忍批判的传统.波普尔想象泰勒斯是第一个这样对学生说话的老师:“这就是我看待事物的方式,你们要设法改进我的学说.”不管怎样,早期古希腊哲学代代相传的学生批判

北京联大应用文理学院 北京 100083

此看来,薛定谔的成功,显然是与他高超的文学艺术素养所息息相关的,它对薛定谔创造性思维的发展无疑起了积极的作用,这就是所谓的“通才取胜”.所以,我们似乎可以这样说:研究自然科学的人,如果不懂得艺术,那将是一个很大的欠缺.

在即将跨入 21 世纪之际,在我们亟待培养和造就千百万跨世纪的高素质的综合型人才之关键时刻,我们缅怀薛定谔这位超凡脱俗、格调高洁的“科学艺术家”,它将会给我们带来哪些新的有益的启迪呢?我们认为,在“教育要面向

现代化,面向世界,面向未来”的今天,彻底克服当前我国“隔行如隔山”的传统职业观,已势在必行.为此,就应当纠正学生在学习中的“偏科”现象.逐步强化在学生中进行“博学多才,通而后专”的才能的培养,借以拓展他们专业精进的思路,开发他们多方面潜能,提高全体学生的综合素质,鼓励和培养他们创新的精神.这既是时代为当今教育制定的课题,又是我们在 21 世纪世界知识经济竞争中必须占领的制高点.

老师是个历史事实。波普尔说：“我们的知识和学说由猜想、假说构成，而不是由终极的确定的真理构成，批判和批判的讨论是我们接近真理的唯一手段。”

那么阿那克西曼德在宇宙学上又是怎样批判老师的呢？

泰勒斯认为水支撑大地，大地像船一样浮在水面上，如果以此推论，那么水又是由什么东西来支撑的呢？发展下去便会导致无穷倒退，靠支持物的系统不能保证世界的稳定性。阿那克西曼德认为大地不存在任何一个特殊的方向，有着内在的或结构的对称。他设想大地悬在空中，它保持位置不变，是因为它在中央，与一切东西距离相等，它的形状像一只鼓。波普尔评价这个猜测是“整个人类思想史上最为大胆、最富革命性和最令人惊叹的观念之一，它使……哥白尼的理论成为可能。”

爱奥尼亚学派的第三位著名学者是阿那克西米尼，他是阿那克西曼德的学生。他也反对老师的观点，提出气是万物的本原，气很稀的时候，形成火，浓的时候形成风，然后形成云，再凝聚形成水、土和石头，不同物体间的区别，取决于气的凝聚程度。爱奥尼亚学派是最早摆脱神人同体的神话传说，用自然界的物质来说明自然现象的学派。

#### 四元素说和运动

公元前500年左右的赫拉克利特认为，万物的本原是火，万物从火产生，又复归于火。最初，火的最浓厚部分浓缩起来形成土，当土被火融解时，产生水，水蒸发时产生气。

被罗素称为哲学家、科学家、预言家和江湖术士混合体的恩培多克勒，用水、火、气和土四种元素做为万物的本原，抛弃了单一元素论。他认为一个东西燃烧后，必然要还原为它的几种组成元素，如木材燃烧，由光可见其火，烟散入空气，水由木材两端溢出，灰烬具有土的性质。这四种元素按不同的比例混合起来形成万物，它们被爱结合又被恨分离，每种合成的实体都是暂时的，只有元素以及爱和恨才是永恒的。

“四元素”说渐渐被相当一部分古希腊自然哲学家所接受，尤其是亚里士多德把“四元素”说与物体的自然运动结合起来，认为每一种元素都有达到原来静止的“天然位置”的趋势。土的“天然位置”在最底层，依次是水、火、气，一个物体的自然运动取决于占比例最大的元素。如水蒸汽向上运动，是由于水吸收了火元素，冷却后，火元素释放出来，水就降落到它的“天然位置”。大石块含土元素多，大石块比小石块自由下落得快。用现代的眼光看也许会感到奇怪、荒谬，然而这一解释2000余年无人提出异议，直到伽利略的出现。让我们在此进一步考察亚里士多德的思维方法，当问一件事“为什么”发生的时候，可以指这件事是为为什么目的服务的，比如工人为什么要造铁路？因为人们要旅行，这种回答是目的论（或最终因）的解释。亚里士多德对物体自然运动的解释就属于此类，沿这条路发展，科学就进入了死胡同。另外也可以是什么原因导致这件事的发生，这种回答是机械论的解释，石块下落是因为地球的万有引力，机械论的问题引向了科学知识。然而罗素说：“这两个问题都不能确切明白地问到实在的全体，它们只能问到它的某些部分。”

#### 原子论

德谟克利特提出万物都是由原子组成的，原子是最小的，不可分割的物质粒子，它既不能创生，也不能毁灭，原子在空间向四面八方运动，不断结合和分解，从而构成了万物的生生灭灭的变化。原子的大小形状不同，但本质一样，物质特性的不同是由于原子在大小、形状、位置和运动方面不同。如在石头和铁中，原子只能振动，在空气和火中，它们在较大距离跳跃。在解释磁石吸铁现象时，原子论者认为是磁石的原子更精细、能动性更大，容易钻进铁内，使铁原子激动，并一起移向磁石。虽然这种原子论不能看做科学理论，但它是现代原子理论的始祖，它的影响还在于用更基本层次上所发生的过程，解释观察到的宏观现象。

#### 毕达哥拉斯学派

卡西尔说：“在毕达哥拉斯及其早期信徒

时代,希腊哲学发现了一种新的语言——数的语言。这个发现标志着近代科学概念的诞生。

公元前 500 多年的毕达哥拉斯发现弦长与音的高低存在数量关系。绷得一样紧的弦,如果一根是另一根长的两倍,那么两个音就相差八度,如果弦长之比为三比二,短弦发的音比长弦高五度。音的高低依赖于震动弦的长度,卡西尔评价这个发现对哲学和数学思想的决定性影响,不是事实的本身,而是对它的解释。毕达哥拉斯学派推论一切事物都是以数目为范式的,他们的格言是:“万物都是数。”万物的存在和变化都服从“数的和谐”,数支配着世界。

在一切立体图形中,毕达哥拉斯学派认为球形最美,所以大地是球形的。这是人类历史上第一次提出大地是球体,不是通过观察,而是出于对美的信仰。在一切平面图形中,他们认为圆形最美,行星围绕地球做匀速圆周运动。他们试图将物质性宇宙与其数量规定性统一起来,他们相信各行星与地球的距离一定符合音乐比例关系,只有这样各个天体才能协调奏出美妙的“天体音乐。”宇宙的数学和谐曾经是,而且至今仍是天文学家探索宇宙的信念和动力。

毕达哥拉斯最有影响的发现是以他名字命名的毕达哥拉斯定理。虽然不少民族也早就发现了“勾三股四弦五”这一特殊的数学关系,但一般关系的证明却是毕达哥拉斯的功劳。罗素认为“数学,在证明式的演绎推论的意义上的数学,是从他开始的。英国学者格斯瑞在《希腊哲学史》中写道:“今天自然界的一切科学的描述都采取数学方程的形式。我们能知觉的物理性质——颜色、热、光、声——消失了,被代表波长和质量的数所代替了。因为这条理由,科学史宣称毕达哥拉斯的发现改变了整个历史进程。

#### 柏拉图

柏拉图生活在公元前 427 年至 347 年。他曾与毕达哥拉斯学派的人有过交往,并受到影

响。公元前 387 年左右他在雅典成立学院,他的学院持续了 900 年之久。据说柏拉图给他的学生提出这样一个问题:行星是神圣的永恒存在,沿着绝对完美的圆形路径绕地球运行,但实际上行星显得杂乱无章,那么“必须假定每颗行星做何种均匀而有序的运动,才能说明表面上的无规则性?”这一问题概括了古希腊哲学对科学的两个主要贡献,第一,科学理论(如行星运动理论)只有在先验的形而上学假定(如假定天体进行完美的圆周运动)的意义上才是可理解的。第二个贡献是,科学理论是建立在可观察和可测量的现象之上,它研究潜藏在表面无序行为下的一致性,并且用数学和几何的语言来表达。

在柏拉图学院的大门上赫然写着:“不懂数学的人免进。”柏拉图认为哲学家学了数学就能跳出茫如大海的万变现象而抓住真正的实质,所以哲学家必须是数学家,他还力劝未来的主人翁学习数学。在柏拉图心目中,数学有很伟大和崇高的作用:“它迫使灵魂用抽象的数来进行推理,而厌弃在辩论中引入可见和可捉摸的对象……”。

柏拉图的上帝是位几何学家,他用两种基本的直角三角形构造出五种基本的立体,分别对应于水、土、气、火和第五种神用来描绘宇宙的结合物。虽然这只是柏拉图的奇思异想,却与现代的数学物理方法有相近之处,把物质的模型处理成可数学形式化的结构,代入数学物理方程计算后,对物理性质加以说明。用瓦托夫斯基的话来说:“当代的晶体结构模型,原子结构模型,都出于这种数学-几何结构的传统。”

#### 亚里士多德

被马克思称为古代哲学顶峰的亚里士多德(BC384—BC322)是柏拉图的学生,在柏拉图学院学习、任教达 20 年,但他对柏拉图的观点逐渐持批判的态度。他说:“吾爱吾师,吾更爱真”。

亚里士多德是公认的“逻辑学”之父,他把思想形式当做思想的一个特殊方面,并把它做为获得真理的条件来加以研究。他撇开思维的

个别的具体内容,讨论各种概念、判断、推理的形式结构及其联系的规律。西方近代形成的许多门学科,如 Topology(拓扑学)、Aetiology(病因学)、Sociology(社会学)、Biology(生物学)、Meteorology(气象学)、Ecology(生态学)等,学科名称的后缀“-logy”均源于“logic”(逻辑)一词,表示一门科学是关于某个经验对象知识的逻辑体系。亚里士多德认为逻辑学不仅是哲学的工具,也是人类一切知识的工具,他从逻辑学出发,提出了归纳、演绎的科学方法,成为科学史上第一位科学哲学家。他主张科学家应该从观察到的现象中归纳出一般原理,然后再从原理出发,演绎出对现象的陈述。

因为亚里士多德,古希腊的物理学才成为体系。他写了一本《物理学》专著,但几乎所有内容都被近代科学抛弃。值得我们注意的是,伽利略是从反驳亚里士多德物理学开始而创立新力学的。无论亚里士多德的物理学有多么大的错谬,他毕竟是第一个系统研究物体运动的人。他的物理学充满着严格、细致的逻辑推理,从某种意义上说,有了亚里士多德才有了伽利略,这不仅意味着伽利略使用了亚里士多德的逻辑推理方法,更重要的是亚里士多德为伽利略确立了研究目标。一个错误的理论,如能得到积极深入广泛的探讨,反而有助于提出问题,使许多科学家沿同一方向共同努力,有助于引出更好的理论去解释现象,正如弗兰西斯·培根说的:“错误比混乱更容易出真理”。

### 天文学

自有人类以来,茫茫黑夜中闪烁的星空,就激起人们的遐想与敬畏,几乎每一个民族都有自己的宇宙论神话,都关心着天体的运行,然而这两者是独立进行的。只有古希腊才把天体运动的解释作为宇宙论的一个功能,只有古希腊才摆脱了神话,创立了科学宇宙论。

最为著名的古希腊天文学家托勒密大约出生于公元 100 年,在前人工作的基础上,他创立了完整的地心体系,或称托勒密体系。这套体系是建立在当时人人都可接受的如下 5 条公理

上的:

1. 天是球形并且像球那样转动;
2. 地是球形;
3. 地位于天的中心;
4. 地距地球的距离很远,地犹如一个点;
5. 地不参与任何转动。

在他的著作中,对各个时期观测到的天文现象做了足够精确的描述,并能预言行星将走的路径。特别是它符合一般常识——地球静止不动。中世纪,托勒密的理论经阿拉伯人传至欧洲,又被经院哲学家赋予了神学意义,用来论证“地球中心”、“人类中心”、“上帝创世”的教义。

早于托勒密 400 年的阿里斯塔克曾提出日心说。不过他没有给出详细的计算和定量的预言,因此在古希腊显得无足轻重。然而这一假设却启发了哥白尼。可见有成果的思想是不受空间和时间限制的。

### 公理化体系

公元前 300 年欧几里得写出了 13 卷的《几何原本》,“这是古往今来最伟大的著作之一,是希腊理智最完美的纪念碑,”对后来的数学发展起着不可估量的推动作用,同时作为教科书,使用 2000 多年没被改动。

《几何原本》是公理化体系的典范,开篇先给出关于点、线、面、圆、平行线的 23 个定义。然后欧几里得列出 5 个公理和 5 个公设,公理是自明的、适用于一切科学的真理,公设只适用于几何学。欧几里得从他的这些定义、公理和公设出发,推出了有关几何和数论的 465 个命题!

《几何原本》中涉及的都是一般的、抽象的概念和命题,探讨的是这些概念和命题之间的逻辑关系,并推导出另一些概念和命题。它不考虑与社会生产活动的关系。如在《几何原本》中研究了各种抽象矩形的性质,但不研究任何一个具体的矩形实物的大小,研究自然数的性质,却不涉及数的应用。从另一方面来说,唯有抽象化的命题才有普遍性,才能适合于演绎推理,建立公理化体系。

古希腊人对抽象思维的偏爱,不是出于实际利用的需求.据说有一个学生听完欧几里得的一段证明后问:“学几何有什么用处?”欧几里得马上叫来一个仆人:“拿三分钱给他,让他走.他居然想从几何学中捞到实利.”罗素说:“然而鄙视实用却实用主义地被证明是有道理的,希腊时代没有一个人想到圆锥曲线有何用,17世纪,伽利略发现抛射体沿抛物线运动,开普勒发现行星沿椭圆运动.”于是,希腊人由于纯粹爱好理论所做的工作,就一下子变成了解决弹道学与天文学的一把钥匙.”

公理化思维方法最初由亚里士多德确定.欧几里得几何学树立了垂范后世的第一个科学理论模式.将近2000年后,牛顿也是用公理化的方法创立了第一个现代科学理论——经典力学体系.本世纪著名的数学家希尔伯特在阐明公理化方法建构科学体系的逻辑力量时说:“能够成为数学的思考对象的任何事物,在一个理论的建立一旦成熟时,就开始服从公理化方法,从而进入了数学.通过突进到公理的更深层次……我们能获得科学思维的更深入的洞察力,并弄清楚我们的知识的统一性.特别是,得力于公理化方法,数学似乎就被请来在一切学问中起引导作用.”

### 阿基米德

叙拉古的阿基米德是古希腊最后一位科学家,生活在公元前287年至212年.阿基米德

发明了许多著名的机械,他应用杠杆原理制造投石器,射出飞弹和巨石打击敌人,他设计的滑轮组,只需一只手就能移动重载的船,还可以把敌舰的船头吊起,使船尾下沉没入水中.阿基米德的作战机械把罗马人阻挡在叙拉古城外达3年之久.公元前212年,罗马军队入侵该城,他仍专心致至地研究沙盘上的几何图形,他命令士兵别靠近他的图形,这个狂怒的士兵把他杀害了.

阿基米德不仅是古代最伟大的发明家之一,而且他的工作比任何希腊人的工作更具有把数学和实验研究结合起来的现代精神.他的浮力定律又称阿基米德定律,是从一条公设出发推导出9个命题.杠杆定律的证明也采用了公理化的方法,提出7个假设.杠杆的应用在我国可追溯到公元前4000年左右,在古埃及可追溯到公元前5000年左右,然而令人深思的是,给出杠杆定律证明和定量化表述的却只有阿基米德.他是第一位把数学抽象和公理化方法应用于力学中的人,他是静力学的奠基者.从他身上体现出古希腊学者不满足于经验,追求现象背后的普遍原理的精神.

古希腊科学史对现代科学的影响,正如科学哲学家瓦托夫斯基所说:“虽然我们的科学在理论理解的内容上,在我们控制自然的规模上,都远远超过了希腊科学,但这一切还是希腊科学的深刻继续.”

## 科苑快讯

### 空中交通工具影响气候变化

据《科学时报》报道:数量不断增加的喷气式空中交通工具可能改变着大气的化学组成,这也使得获取有关飞机飞过的大气区域的更好数据非常有必要. Friedl 在研究评述中介绍

了测量大气中化合物浓度的近期进展,这些化合物包括由喷气式飞机和自然过程释放出的氮氧化物. 预计空中交通工具的数量在未来20年里将增加一倍,了解这些化合物在高处对流层和低处平流层的边界的浓度变化,对改进预测空中交通工具对大气乃至全球气候的影响的模型来说是必不可少的.

(卜吉 秦宝编)