

# 物理学史

## 略论伽利略的科学思想及其作用

王春英

(西北民族大学电气工程学院, 甘肃 兰州 730030)

(收稿日期: 2010-11-27)

**摘要** 科学思想是科学理论的灵魂, 科学精神是取得科学成就不可或缺的品质. 本文通过伽利略的科学研究活动, 探讨了伽利略的科学精神基础、科学研究的起点和科学研究的指导思想. 他的科学思想对当前的科研和教育工作都具有重要的借鉴与启发作用.

**关键词** 伽利略; 亚里士多德; 科学思想

伽利略(1564—1642)是意大利物理学家、天文学家、近代实验科学的创始人. 他的主要贡献在力学方面. 他1632年发表了《关于两个世界体系的对话》一书, 1638年又发表了《关于两门新科学的对话》一书. 伽利略的科学贡献和科学方法已为人们普遍承认, 但科学思想在其中的作用却往往被忽略. 透过他的科学活动看其成就和方法, 科学思想和精神是他成功的主要原因之一. 探讨伽利略的科学思想和科学精神, 无论对科学研究和教育工作都有着重要意义. 他的科学思想和精神主要体现在以下几个方面.

### 1 唯物主义自然观是伽利略研究问题的出发点

自然观是人们对自然界的总的看法, 一般说它属于哲学范畴, 但是以唯物主义的出发点, 坚持从自然本身去说明自然, 解释自然, 由此得到一些能反映客观世界本质、符合科学的见解, 这种自然观显然包含着丰富的科学思想, 伽利略正是坚持唯物主义自然观, 批判了亚里士多德(以下简称“亚氏”)的错误理论, 解释了许多力学现象, 从而使他的自然观引发出科学思想的闪光.

首先, 伽利略针对亚氏的世界观和中世纪的经验哲学提出了自己鲜明的见解. 他主张把哲学建立在自然科学的基础上, 认为哲学家应该向自然科学家那样面对客观现实, 从自然界中把握自然的本质面貌, 而不能相信直观感觉和逻辑推理所得出的“真理”, 他对亚氏的批判就反映了这种思想.

16世纪以前, 亚氏的宇宙学和物理学占据着

统治地位. 他不仅认为, 宇宙是一个巨大的球体, 球形的地球固定不动地居于宇宙的中心, 而且还主观臆测地把整个宇宙分为天体部分和元素部分. 他认为天体部分由高贵的以太物质构成, 元素部分由普通的水、火、土和气组成. 他依据对立性原则证明天体是不生不灭的, 且只有一种运动形式——圆周运动. 而元素部分是有生有灭的, 元素世界的物体只能采取合乎自然与反自然的直线运动. 在伽利略看来, 亚氏人为地制造了天地间的差别, 并从一些先验的基本原则出发论证了天地间的不同, 虽然逻辑推理微妙、完整, 但由于论证基础缺乏基本的事实根据, 因此建筑在此基础上的结论必然会离开可感觉的世界. 他要求人们抛弃纯粹思辨的对“原因”和“本性”的讨论, 建议人们“采取另一条道路, 找出一条更直接、更有把握的途径, 运用更加踏实的建筑法则来建立基本原理.”<sup>[1]</sup> 这里, 伽利略提出了科学理论的来源和判断标准问题. 即科学理论应具有客观性, 它来源于自然, 依据的是自然的运行法则, 它的定义必须借助于事实, 并非某个哲学家的地位和思想. 不管什么时候, 什么人, 经过考察, 只要发现理论基础有问题, 就有理由怀疑它的真实性、科学性, 从而否定它. 这正是伽利略唯物主义自然观思想的具体体现.

伽利略不仅承认科学的客观性和实在性, 而且还将自己的研究工作建立在自然事物的基础之上, 表现出主观与客观的统一. 这正是他与中世纪经验哲学家不同的一点.

中世纪的学者们崇拜人的理性, 而且还赞同古人, 很少离开办公室和书斋. “他们把自己的聪

明才智用到讨论假设的问题上来,如形式的张弛;或者沉醉于虚构难题的臆想之中……”<sup>[2]</sup>他们也曾用对运动进行过研究。例如牛津的梅顿学派还从速度的角度把运动分为三类:匀速运动、匀加速运动和不规则运动。并把匀速运动定义为在所有相等的时间间隔内通过相等的距离,把匀加速运动定义为在所有相等的任意长度的时间间隔内,获得一个相等的速度增量。不规则运动就是不符合上述两种定义的运动。以后任巴黎纳瓦拉学院院长奥里斯姆还创立了一种用几何表示运动属性形态的方法<sup>[3]</sup>。并高明地运用这些定义和方法,证明和提出了人们所称的平均速度定理。然而,他们解答这些问题并不是应用于自然,只是经验哲学家的微妙想象力和逻辑敏锐性的一些智力练习。他们满足于把速度当成与真实物体的运动相脱节的强度可变性质,把几何学表示看成是心灵的虚构。相反,伽利略看到了这些方法的意义,并与物理实在的探索结合起来,建立了新科学的运动理论。

唯物主义自然观还表现为,人类在认识自然的过程中,不是消极地适应自然而而是主动地作用于自然界。这一点在伽利略的科学研究中也反映出来。伽利略积极主张通过对自然的观察和对客观事物的研究,特别是通过实验来积累经验,以求探索大自然的奥秘。他说:“在实验科学里,首先是通过感觉、实验和观察得到结果,并且尽可能地弄清自己的那些结果无误。若结论是真的,人们就可以使用分析方法探索出一些已经证实的命题,或找到某些自明的公理;但如果结果是错误的,人们就可以永远探索下去而找不到任何已知的真理”。<sup>[4]</sup>例如他通过观察比较了由黄金、铅、铜和岩石以及其他重材料做成的球在空气中的下落情况,从而发现比重不同的物体之间的速度差别随着介质密度变小,且越来越小。于是他利用抽象和理想化方法推理,最终得到:“在完全没有阻力的介质中所有的物体以相同的速度落地。”<sup>[5]</sup>又如他自制望远镜,克服观察的局限,从而看到了肉眼看不到的天文现象,为支持哥白尼的日心体系找到了事实根据。

伽利略不仅局限于感性的观察,而且上升到理性的认识,强调科学实验在认识中的能动作用。例如对落体运动,感性经验显示,亚氏学派的观点是正确的,但伽利略却能在实验思想的指导下,根据下落物体产生的“实际现象”来断定现象背后的客观实在,发现了自由落体运动在相等的时间间

隔内速度的增量保持不变的基本特征,然后将这一基本特征用数学形式反映出来,并在 $v \propto t$ 的基础上利用几何关系推演出 $s \propto t^2$ 的结论。更可贵的是,伽利略没有把这一结论看作是最终结果,而是精心设计了巧妙的实验进行验证。伽利略的成功在于把感觉经验与推理、数学与实验结合起来,突破了浅薄的经验主义认识观点。以实验观察作为基础,以理性分析作为论证,使伽利略的唯物主义自然观进入一个更深的层次,达到了一个更高的境界,这便是他超越前人和同时代人的关键所在。

## 2 自由探索精神是伽利略的科学精神基础

伽利略之所以成功,一个很重要的原因就是兴趣和执著。伽利略先是按照他父亲的意愿在比萨大学学习医学,可是跟医学相比他更喜欢数学和物理学。浓厚的兴趣和求解的欲望使他想成为一个数学家和物理学家,并因此遭到父亲的反对。父亲试图用他个人有关数学和清高贫穷的长期相伴,劝说儿子不要选择这种报酬很低的职业<sup>[6]</sup>。然而由于伽利略的一再坚持,最终赢得了父亲的同意。他对天文学和身边的力学现象十分关注,并表现出心驰神往。他阅读了大量的书籍,其中有亚里士多德、欧几里德和阿基米德等人的著作。他不只是从前人那里获取知识,汲取智慧和灵感,他还对前人的思想、观点进行理性分析。为了追求真理,他不盲从潮流,不迷信权威,这一点从他对他对中世纪经验哲学家的批评之中,反映出来。

在伽利略那个年代,宗教神学占据着统治地位。经验哲学家们利用亚氏的名望和渊博的知识为神学观点扩大影响和提供理论依据,将亚氏的著作确立为仅次于宗教教义的全面性权威。“人们的思维方式习惯于宗教的权威,人们在世俗的文献方面也容易接受权威,……”<sup>[7]</sup>对知识的自由探索,使得“伽利略在年轻时代信仰亚里士多德,成年以后就不再相信亚里士多德的学说,而把握了新的原则。”<sup>[8]</sup>他崇拜理性,更接受无情的事实。于是他对那些被视为知识的最可靠来源的书典不再尊崇,相反地开始攻击当时广为流行的经验哲学派的观点。他批评经验哲学家们通过思辨猜测获取知识的做法。说他们只知道逻辑推理,不顾事实根据。他提醒经验哲学家们:“自然科学的结论必须是正确的、必然的、不以人们意志为转移的,我们讨论时就得小心不要为错误辩护。”<sup>[9]</sup>

他责备经验哲学家们是“使自己完全沦为亚氏奴隶的人,变得不管他讲的什么都盲目地赞成;并把他的话当做丝毫不能违抗的神旨一样,而不探究其他任何根据。”<sup>[10]</sup>在伽利略看来,权威不代表真理,为了保证科学结论的正确性,人们应该理性地对待权威,不应该依附于大权威的思想,拘泥在他的一词一句上,而对权威的教条深信不疑.因为过分的崇拜和迷信,只会蒙蔽人的心灵,遮住人的双眼,看不见事实的真相.

他号召人们:为弄明白事情的发生,为获得自然力的知识,人们应该去亲自体验和观察,亲自去实验.因为每个人都有一双眼睛和一个头脑,只要多看看,细想想,肯花力气下工夫,就会找到正确的道路,就会获得真理性的知识.

由于伽利略对真理的追求和对权威的看法,造就了他彻底的独立思考与怀疑精神,并将这一精神贯穿于科学研究始终,表现出勇敢与创新.他常以事实与逻辑推理相结合的方法揭露和否定亚氏的错误观点,同时结合新情况,找出新思路,敢于突破,并创立新理论.例如,在伽利略之前,人们对力的作用原理是建立在亚氏理论基础之上的.亚氏把运动与静止看作是两种对立的状态,不仅从运动到静止或从静止到运动需要实施力的作用,而且运动也需要力来维持.然而,伽利略认为,亚氏的论点是错误的.首先,静止与运动都是物体的存在方式,它们并无实质区别.因为静止不过是“一种无限度的慢”,所以它是运动的一种特殊状态.其次,伽利略通过实验表达了他自己的观点.把一个小球放在具有一定高度的光滑斜面上,这个小球必然自发地沿着斜面加速地滚下来,到达底部小球获得一定的速度,这个速度可使小球沿着光滑斜面减速地上升到同样高度.如若把斜面变成光滑的、无限长的水平面,小球就会以这个速度一直运动下去.这种在亚氏学派看来,不可能存在的运动形式被伽利略揭示出来:物体凭借本性具有一种运动并且将永远拥有这种运动.这样的运动是不需要力的作用.可见,力不是维持物体运动状态的原因,只有当一个物体的运动状态发生改变时,才需要力的影响.

伽利略没有使用“惯性”这个词,但他已表达出惯性的思想.这一思想为以后牛顿力学的建立奠定了重要的基础.

有了惯性运动思想和自由落体运动的性质,伽利略又突破了亚氏的运动观点,发展出抛体运

动理论.按照亚氏的理论,一个运动物体变化的结果不只是空间地点方面的变化,同时物体本身也经历了量和质的一系列变化,所以运动总是影响着运动物体,一个物体不能同时有两种或两种以上的运动,否则这些运动就会彼此相互影响,互相妨碍.伽利略却认为抛体的运动具有匀速运动和自然加速运动的复合运动的性质.他在其著作《关于两门新科学的对话》中谈道:“设想任意一个质点沿水平面无摩擦地投掷;如果这个平面是无限的,这个质点将沿平面作均匀的和永恒的运动.如果这个平面是有限的或被提高了的,则运动质点(我们想象它有重量)就将穿过平面的边界,在它原先所作的匀速的、永恒的运动外,由于自身的重量而获得一个向下运动的倾向;以至于所产生的我称之为抛射的运动是一种水平匀速运动和另一垂直自然加速运动的复合.”<sup>[11]</sup>伽利略把运动同物体的本质属性分离开来,通过对抛体运动的讨论,不仅改变了亚氏以来人们思想中固有的错误观念,而且揭示出自然界运动所遵循的简单性法则——运动的独立性和叠加性.由于运动的独立性,所以运动与运动不会相互影响,这样一来,一个物体可以同时具有几个运动,合运动的结果遵从纯粹的几何学法则.相反,每一种运动也可以遵从相同的规则分解为若干个分运动.

勇敢是创新的基础,创新是科学发展的内在动力.正是自由探索使伽利略具有了勇敢与创新的科学精神,才使他能够排除一切干扰,在追求真理的过程中,表现出崇高的敬业和无私的奉献,为科学的发展做出巨大的贡献.

### 3 自然运动的简单性思想在伽利略的研究中起着指导作用

自然界运动的简单性思想源于人们对物质世界本源的认识.古希腊的泰勒斯认为,万物由水生成.德谟克利特认为,万物是由微小不可分、坚硬不可入的原子构成.亚里士多德认为万物是由土、水、气和火四种元素按照不同比例组成.中国古代也有“元气说”和“五行说”.古人把万物的生成或组成统一为几种简单的有形物质,这是科学史上最朴素、最原始的简单性思想的表现.

在科学史上,还有一种学派,他们把数看作是万物的本源.这一学派的代表人物是毕达哥拉斯(以下简称“毕氏”).毕氏宣称万物皆数字.他暗

示所有的自然现象都是类似的数字关系。毕氏的数本论思想“对于整个希腊科学——无疑，也对于整个西方理性思维有过决定性影响。”<sup>[12]</sup>两千年后，深受毕氏影响的哥白尼发表了《天体运行论》一书，在这本书中，哥白尼体现了以下思想：宇宙是一个和谐有序的系统，从外表看来，混乱不清的现象中，一定存在着对称和秩序，且这个对称和谐的天体可以用几何模型进行解释。哥白尼的日心说基本是正确的，在逻辑体系上更合理，用它计算天体运行有相当的准确性并较为方便简单。托勒密从地心说去解释月亮和 6 个已知行星要用 77 个圆，哥白尼从日心说出发去解释则只需要用 34 个圆。但是，日心说毕竟是人们的经验所难接受的，它不仅保留了行星作正圆形轨道运动的观点，而且在得到观测证实的精确程度上还曾比托勒密学说逊色。哥白尼的日心说由于与宗教教义相违背，遭到了罗马教皇的反对，被列为异端邪说。然而，具有顽强意志和坚定目的的伽利略之所以赞成“日心说”，并宣传哥白尼思想，一方面在于他求真求实的科学精神；另一方面还在于他自然运动的简单性思想。伽利略也像许多的科学家一样信仰简单性原则，他曾说过：“要知道一般都公认，自然界能通过少数东西起作用时，就不会通过许许多多的东西来起作用。”<sup>[13]</sup>这是伽利略对自然界的一种看法，也是他认识自然的一种方法。这种方法在一定程度上影响了他对托勒密和哥白尼两种体系的看法。

他认真研究了哥白尼的著作，并将其理论与托勒密的理论进行了比较，感慨道：“老实说，按照哥白尼体系来说明，比按照托勒密体系来说明，要容易得多，简单得多。由此可以清楚看出，哥白尼的假设虽不大容易理解，但是在自然界运行起来却很便当。”<sup>[14]</sup>他钦佩哥白尼的宇宙体系，承认哥白尼的学说，除了通过望远镜观察到的事实依据外，还有一个原因，那就是哥白尼的宇宙模型符合大自然运行的本性“大自然总是采取最简单的手段取得它要产生的效果。”<sup>[15]</sup>

“他在经过对相对性这个早期论证之后承认，用地球表面上普通物体所进行的实验没有一个能够证明地球实际上是否是在转动。只有天文学上的证据和根据简单易晓的事情所进行的推理才能支持地球转动的论点。”<sup>[16]</sup>于是他提出疑问，谁会相信自然就会费那么大的事，推动无限巨大的天体以不可想象的速度运动呢？“因为自然界从来

不做那些做不到的事，……”<sup>[17]</sup>言下之意，按照自然法则，地球是转动的。

他在落体运动的研究中，也表现出了简单性思想的指导作用。

“当我观察一块石头由静止开始从高处下落，并且速度不断增加时，为什么我不相信这种增加速度是以对任何人来说都非常简单的和相当明显的方式发生的呢？如果我们仔细考察事物，我们发现没有比总是以同一方式重复它自己更简单的了。”<sup>[18]</sup>伽利略正是在简单性思想的指导下，抓住了速度变化的重复性特征，类比匀速运动的时间与路程的内在关系，给出匀加速运动的定义：“如果一个运动由静止开始，它在相等的时间间隔中获得相等的速度增量，则说这个运动是加速的”。<sup>[19]</sup>接着伽利略又对自己的理论进行实验验证。考察一下伽利略的斜面实验，从中可以看出，实验器材的选取简单而不复杂。一个铜制球，一块刻有直槽的木板，自制的水漏计时器。在实验过程中，将铜球简化为质点，用斜面冲淡重力作用，用羊皮纸减小摩擦。这一切都是要排除次要因素，凸显主要性质，使物体的运动以纯粹的形式表现出来，这种把现实世界理想化的思维方式正是伽利略简单性思想的具体体现。

当然，简单性思想并不是唯一地帮助伽利略找到正确理论，但至少伽利略的研究中起到了启示和指导作用。对此伽利略并不否认。他总结道：“在研究自然加速运动时，我们遵循了自然本身的习性和习惯，在各种方法中，仅仅使用了那些最普遍和最简易的手段。”<sup>[20]</sup>正是这种最普遍和最简易的手段帮助伽利略解决了十分重大的问题，取得了一个又一个研究成果。

#### 4 结束语

科学思想是科学理论的灵魂，科学精神是取得科学成就不可或缺的品质。通过伽利略的科学研究工作我们可以看到：（1）伽利略在长期的科学研究活动中，形成的朴素唯物主义自然观，是他产生科学理论的重要前提。伽利略反对用思辨、猜测的方式认识自然，不相信缺乏足够的事实或确凿的分析而做出的普遍性结论。而是以物质的客观实在性为科学研究基础。为了获得事实依据，哪怕一个小小的结论都要亲自观察和亲自试验。正是这种求真务实的科学态度，才使他能够排除一

切干扰,表现出崇高的敬业精神和无私的奉献精神,最终获得真理性的认识。(2)自由探索精神使得伽利略不受传统观念的束缚,不迷信权威和书本,为了追求真理,与宗教神学斗,与经验哲学争,表现出了大无畏的革命精神。正是这种精神,才使他有所发现,有所发明,作出巨大的科学贡献。

(3)伽利略也和许多科学家一样,都把简单性作为一种科学信念和指导原则。哥白尼坚持“中心说”提出日心说,其中一个原因是,它比托勒密的地心说简单,它没有那么多的本论和均轮。开普勒则更深信,表现简单的日心体系中的几何秩序和数学的关系反映了上帝创造世界的思路。伽利略利用自己的思想和独立方法开辟了物理研究的新领域,与其说伽利略接受了哥白尼、开普勒的影响,不如说他具有类似的洞察客观事物的心灵。这种共同的东西就是他们的哲学观念——简单性原理。

(上接第 29 页)

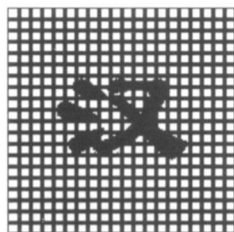


图 6 等待滤波处理的物像

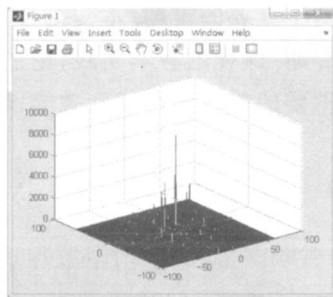


图 7 带网格“汉”字的三维频谱图

“汉”字的频谱信息大多得到保留,因而输出像变得清晰。说明,在滤波过程中,我们不仅要根据输入物的结构和滤波要求选择合适结构的滤波器,而要达到好的滤波效果,则需要仔细计算滤波器的参数。

#### 4 结论

本文针对阿贝-波特空间滤波实验建立了一套相对完整的具有图形用户界面 (GUI) 的计算机仿真实验平台,操作方便、友好实用,能够实现对不同图像的不同要求的滤波要求,观察不同滤波器带来的滤波差异,研究同一结构滤波器参数变化导致的滤波效果的不同。通过该仿真平台,不仅可以让学生更为灵活地改变实验条件,观察到比

#### 参 考 文 献

- [1][4][9][10][13][14][15][17] 伽利略. 关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话 [M]. 周煦良等译. 北京: 北京大学出版社, 2006. 10 32~ 33 35, 80, 83 273, 278 10
- [2] [美]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 88
- [3] 詹姆斯·E 麦克莱伦, 哈罗德·多恩. 世界史上的科学技术 [M]. 王鸣阳译. 上海: 上海科技教育出版社, 2003 219
- [5][11][18][19][20] 伽利略. 关于两门新科学的对话 [M]. 武际可译. 北京: 北京大学出版社, 2006 66, 277, 148 148 148
- [6][16] [美]达娃·索贝尔. 伽利略的女儿 [M]. 谢延光译. 上海: 上海人民出版社, 2005 22, 159
- [7][8] [英]W. C. 丹皮尔. 科学史及其与哲学和宗教的关系 [M]. 李衍译. 北京: 商务印书馆, 1979 157, 195
- [12] 若一弗·马泰伊. 毕达哥拉斯和毕达哥拉斯学派 [M]. 管震湖译. 北京: 商务印书馆, 1997 76

实际实验时更丰富、更清晰的实验现象,让学生更深入地理解阿贝成像的原理,体会实验的乐趣,激发出进一步研究的热情。

#### 参 考 文 献

- [1] 陈家璧, 苏显渝. 光学信息技术原理及应用 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002
- [2] 谢嘉宁, 赵建林. 光学空间滤波过程的计算机仿真 [J]. 光子学报, 2002 31(7): 847~ 850
- [3] 谢嘉宁, 陈伟成, 赵建林等. Matlab 在光学信息处理仿真实验中的应用 [J]. 物理实验, 2004 24(6): 23~ 25
- [4] 苏显渝, 李继陶. 信息光学 [M]. 北京: 科学出版社, 1999

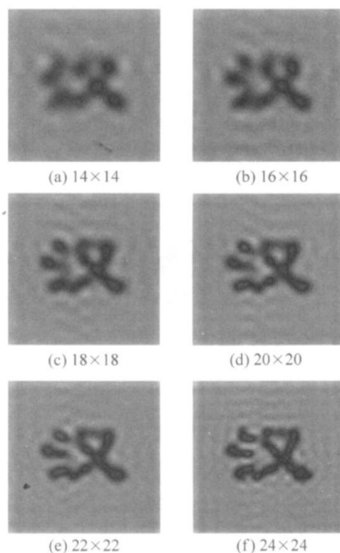


图 8 不同参数条件下的矩形低通滤波器滤波效果