论伽利略的科学方法*

吴 炜 刘晓春

(华东地质学院 抚州 344000) (连云港化工高专社科部 连云港 222001)

摘要 介绍了伽利略所开创的数学—实验科学方法的意义,肯定了伽利略在科学史上的地位.

关键词 伽利略 科学思想 数学—实验方法

中图法分类号 O433 O411

伽利略(1564-1642),意大利人,杰出的物理学家、天文学家."近代科学之父",在西方近代科学史上占有重要地位.他在近代物理学领域作出了杰出的贡献,在科学实验中树立了一种崭新的科学精神和科学思想,开创了数学—实验科学方法.给人类留下了一份珍贵的科学遗产.

1 崭新的科学精神和科学思想

(1) 不盲从权威,不迷信书本

在伽利略时代,亚里士多德物理学占统治地位,人们把它奉为权威.如亚里士多德认为,物体运动的原因是外力推动,物体不受力时运动即停止;两个轻重不同的物体从同一高度下落,重者下落的速度快.这些错误观点流行了近两千年,竟无人怀疑它是错的.伽利略通过精确的科学实验和逻辑论证,对此进行了有力的批驳,并提出了自己的观点.在那个时代,敢向亚里士多德挑战,清除其错误观点,确立新的观点,需要极大的勇气和胆识.伽利略继承和发扬了古代阿基米德的理性—实验传统和意大利思想解放运动的精神,树立了一种全新的科学精神,那就是:不盲从权威,不迷信书本,不被事物的表面现象所迷惑,而是通过科学实验和逻辑论证去发现隐藏在事物内部的规律.这种精神是近代科学的灵魂.

(2) 认为自然科学本质上是实验的科学

伽利略具有独到的科学思想.他遵循唯物主义的认识论原则,认为应当从自然界而不是从书本中寻找真理,科学的结论是能够经受实验检验的.他十分强调实验在科学认识中的重要性,认为自然科学本质上是实验的科学.同时他也很重视理性的作用,认为感觉是有局限性的,只有通过理性的思考才能获得规律性的结论.据此,他总结出了理性和实验相结合的科学研究方法.

(3) 提出了科学理论的两个标准

与此相联系,伽利略提出了科学理论的两个标准——实验标准和逻辑标准.他认为经不起实验检验的理论不是科学,如亚里士多德的运动学.另一方面,一种理论必须具有简单而完美的逻辑形式,必须具有相应的数学形式,才称得上是科学理论.这一思想宣判了传统科学和经院哲学的非科学性,为近代科学确立了数学—实验的方法论原则.在科学史上产生了不可估量的影响.

在伽利略的科学思想中,还涉及科学解释的标准问题.亚里士多德根据他的目的论,认为重力是使物体驱向地面的动力,物体下落是因为它要尽快返回原地.这种目的论解释是非科学的.伽利略采取了与亚里士多德迥然不同的立场,去探求事物的本质.他认为,说一个运动的发生是为实现某种可能的未来状态,并不是真正的科学解释.基于对重力是物体自由下落的原因这一全新解释,伽利略发现了著名的自由落体定律.对此,爱因斯坦给予了高度评价,认为伽利略的发现

* 收稿日期:1997-04-18

以及他所应用的科学推理方法，“是人类思想史上最伟大的成就之一，而且标志着物理学的真正开端。”“从亚里士多德的思想方法转变到伽利略的思想方法，这个转变成为科学基础的最重要的一块转角石。这个转机一旦实现，以后发展的路线就清楚了。”

2 划时代的科学方法和科学成就

伽利略的科学方法可以概括为“数学—实验方法”。其中某些组成部分，如抽象、想象、逻辑等，在他的科学发现中起了关键作用。如果说哥白尼使科学开始从宗教神学的束缚下解放出来，那么，伽利略则使近代科学从直观思辨走向理性与实验相结合，为实验科学的进步奠定了方法论基础。

伽利略十分重视数学方法在科学中的作用。他曾说，大自然这本书是用数学语言写成的，真正的科学是必然能够运用数学的，真正的科学家都是精通数学的。同时，他也非常重视实验方法的作用，并把数学方法运用到实验中去，形成了数学—实验方法。这是科学方法上的一场革命，对近现代科学的发展，产生了极其深远的影响。

第一，伽利略把直观和理性相结合，推动了近代科学的形成和发展。在他之前，对物质现象的研究，或者采取直观的简单方法，从表面现象作出结论，结果往往经不起实验的检验，如亚里士多德的物理学；或者用幻想代替未知的联系，用纯粹的想象来代替现实，结果往往流于荒谬。这两种倾向统治学术界近两千年，致使中世纪的欧洲在科学上几乎没有什么重要发现。伽利略将理性与直观相结合，是近代科学区别于古代科学的标志，也是近代科学加速发展的内部机制和动因。

第二，创造了“理想实验”方法。伽利略十分重视科学实验，认为建立和检验科学理论的基本途径是实验。但实验也有局限性。为了克服局限性，他将理性和实验结合起来，创造了“理想实验”方法，把理想实验与普通科学实验结合起来，形成了近代科学区别于古代科学的一个显著特征。

第三，克服了演绎法和归纳法的局限性。伽利略认为，亚里士多德的演绎法和培根的归纳法单独使用时都有局限性。他把两者结合起来，克服了各自的局限性，在科学实践中发挥了良好的作用。

实验是科学认识的基础。伽利略运用数学—实验方法研究物理现象，取得了重大成就。

一是通过实验，建立了自由落体定律。

对于亚里士多德的“重物先落地”的观点，伽利略作了仔细研究，发现它隐藏着矛盾。他分析说，如果重的物体比轻的下落速度快，假若把两个物体栓在一起，让它们同时下落，那么它的速度会如何呢？由于轻物体会延缓重物体的下落速度，所以这个联合体应比重物体下落的速度慢，而其重量却比重物体大，这显然是矛盾的。那么物体下落到底遵循着什么规律呢？大约在1609年，伽利略进行了有名的斜面实验。他将一个小球从斜面上滚下，记下每一单位时间内小球滚过的距离。通过上百次的实验，发现小球以匀加速运动沿斜面下滑。即它的速度与时间成正比($S=gt^2/2$)。这就是自由落体定律。据此可以推出，从同一高度下落的物体，不管重量多大，必然同时落地(在真空状态下)。就这样，通过逻辑推理，数学计算和实验相结合的方法，伽利略一举推翻了亚里士多德物理学。

二是通过实验，发现了惯性定律。

此后，伽利略进一步将斜面实验推广到地面物体的运动。他发现，斜面的倾角越大，速度变化越大；倾角越小，速度变化越小；倾角为零，速度就没有变化了(就是说，原来速度为零，物体就保持静止；原来速度为一定值，就保持这个值直线运动下去)。在物体和平面都很光滑的情况下(即可忽略摩擦力)，沿斜面滚下的物体将按它在斜面底端所获得的速度继续直线运动。这些都是根据实验作出的推论，在逻辑上是可以实现的，但在实际上是不可能实现的。这就是所谓“理想实验”。通过这样的实验，伽利略发现了经典力学中的惯性定律，首次明确提出了惯性概念，奠定了经典力学的基础。

由上述分析可以看出,在伽利略的科学研究中,科学实验、数学运算、逻辑推理、抽象和想象都起了重要作用。特别在从理想实验推出惯性定律的过程中,抽象和想象发挥了关键作用。伽利略所创立的理想实验方法,其实质就是抽象和想象。它作为普通实验方法的一种重要补充,起到了后者所不能代替的作用。

总之,伽利略所取得的科学成就是与他的科学方法分不开的。没有逻辑推理,就不能令人信服地驳倒亚里士多德的观点,就不可能建立近代力学;没有抽象和想象,就不可能产生惯性定律;没有数学运算和实验方法的结合,就不会产生自由落体定律。广义的数学方法包含了逻辑推理和科学抽象及想象,所以可以说,没有数学分析和实验验证就不会有这些成就。现代科学的发展越来越显示出科学方法的重要性。一门科学的建立,往往是由于一种新方法的创立;一门学科的发展,往往得益于新方法的采用。科学方法的变革必将导致整个科学的革命。从方法论的角度看,说伽利略是近代科学的奠基人,实不为过。

3 伽利略的科学方法与成就给我们的启示

伽利略创立的科学方法和取得的科学成就,至今虽已300余年,但仍闪灼着科学思想的光华,给我们以深刻的启迪。

3.1 创新是民族进步的灵魂

伽利略具有一种可贵的科学精神与科学思想,就是思想解放,不盲从权威,不迷信书本,敢于创新。因而能够通过实验,推翻流行了近2 000年的亚里士多德错误观点,创立自己的观点,成为经典力学和实验物理学的先驱。现在,我们面临世纪之交,科学技术发展日新月异。应当学习和发扬伽利略这种不盲从权威,不迷信书本的精神,敢于创新。"创新是民族进步的灵魂,是一个国家兴旺发达的不歇动力"(江泽民语)。只有敢于创新,才能缩小我们与世界科学前沿的差距,在世界科学前沿占有一席之地。

3.2 实验是科学认识的基础

伽利略主张研究自然界必须进行系统的观察和实验。通过实验,他获得了一系列科学认识,推翻了向来被誉为权威的亚里士多德的错误观点,建立了自由落体定律;发现了惯性定律;通过望远镜观察天体,证明了哥白尼的日心说,推翻了托勒玫的地心体系。虽被罗马教廷判罪管制,但最终还是在1984年得到昭雪。这充分说明实验是科学认识的基础,实践是检验真理的唯一标准。只有牢固树立这种观点,才能更好地进行科学探索,推动科学技术的进步。

参考文献

1 W.C.丹皮尔. 科学史及其与哲学和宗教的关系. 北京:商务印书馆,1975

2 梅　真. 科学史. 北京:商务印书馆,1976

3 林德宏. 科学思想史. 南京:南京大学出版社,1984

4 伽利略. 关于两大世界体系的对话. 北京:商务印书馆,1975

5 巴特·菲尔德. 近代科学的起源. 北京:华夏出版社,1986

On the Galileo's Seience Method

Wu　Wei　　Liu Xiaochun

(East China Geological Institute　Fuzhou　344000)

(Lianyungang College of Chemical Technology　Lianyungang　222001)

Abstract　This paper introduces the significance of the Galileo's mathematics-experiment science method, and affirm Galileo's position onthe history of science development.

Keywords　Galileo; science thinking; mathematics-experiment method.