

伽利略——实验科学的开拓者

伽利略来自曾显赫一时的古老的佛罗伦萨贵族家庭,他出生在文艺复兴之后的1564年。他的父亲酷爱音乐和数学,尤其精通六弦琴。父亲这些音乐的天赋、数学的能力和善于动手实验的基因都遗传给了伽利略。

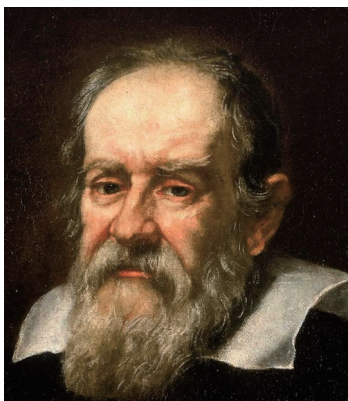
伽利略身材中等,体格魁梧,热情、充满活力、幽默、善于演讲。他社交能力极强,在宗教界、教育界、艺术界都有优秀的朋友。交往中他有善辩的言辞,思维上他有超群的智慧,生活中他有宗教信仰,学术上他有批判的精神,科研中他有实验的思想。他清楚,“虽然理论需要的是证明,但是人们需要的是说服”^[1]。他身上这些优秀的特征造就了一个时代巨人。

伽利略本来是学医学的,但他在1585年放弃了学医而改为研究数学和物理。1589年,他被任命为比萨大学的数学教授,在大学里伽利略是一个优秀的教师,讲课引人入胜,名声传遍欧洲。伽利略后来主要研究天文和物理,成为实验物理学家、应用发明家,为人类做出了重要贡献。

伽利略动手能力极强。他是家里7个孩子中的老大,从小好奇心就强,喜欢与人争辩,从不满足别人告诉他的道理,而要自己去探索与证明。灵活的大脑与精巧的手指总是使他忙个不停,他经常为伙伴们制造“玩具”。后来,他制造了望远镜、显微镜和空气温度计,发明了“几何军事罗盘”等。1610年,他用自己制造的望远镜观察天体,发现了新世界。他用观测到的天文现象捍卫了哥白尼学说,为此,1616年他受到宗教裁判所的谴责。伽利略在1632年因出版《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》,再次受到宗教法庭的审判被判监禁。1638年他的杰作《关于两门新科学的对话》出版。1642年1月8日,78岁的伽利略在阿塞特里逝世。

伽利略之前的实验思想

希腊人很少或从未试图以实验证据



伽利略



伽利略研制的望远镜

来验证他们的思想。亚里士多德是古希腊科学家,是古代知识的集大成者,在科学史上有着很高的地位。在自然科学研究中,他进行了大量的观察,可称得上是“严密的观察家”,但不是实验家,因为他没有做过真正的科学实验。再比如,阿基米德,虽说他成功地应用了逻辑推理和观察实验这两种方法并使之结合,但这只是为了检验逻辑推论^[2]。11世纪和12世纪,通过拉丁文的翻译运动,伊斯兰世界保存的古希腊科学文化和阿拉伯人自己发展的科学成就一同传入西欧,此后,西欧的科学活动才逐渐活跃起来。虽然这个时期亚里士多德的学说仍居于主流地位,但是人们对自然的探索已不

再满足于亚里士多德的“论证科学”。后来,罗吉尔·培根等人提出了“实验科学”的思想,他们重视科学研究的经验基础,主张对知识的实验研究和实验检验。罗吉尔·培根说:实验科学胜过各种依靠论证的科学,因为无论推理如何有力,这些科学都不可能提供确定性,除非有实验证明它们的结论。文艺复兴时期最能代表这种精神的人物是达·芬奇,他在研究工作中做了大量实验,认为:正是因为实验具有确定性,所以科学一定要从实验中产生。吉尔伯特是著名的实验科学家,他和伽利略一样认为科学必须建立在实验的基础之上。他对电和磁做了系统的实验研究,做了许多有关磁体性质的实验,但是他认为电和磁是两种不同的现象,两者互不相干,这种错误的判断给电磁学的发展带来了不良影响。弗兰西斯·培根被誉为近代归纳逻辑的创始人,其归纳法的基础就是实验。他相信感性经验是认识的起源与依据,提出了实验验证的原理,但忽视了数学方法和演绎法在自然科学中的重要作用,没有认识到假说的创造性价值。

伽利略的实验思想及特征

在自然科学研究中,伽利略认为:观察非常重要,知识的获得来源于观察。在天文学上,他首次用望远镜对天空进行观测,发现了月球上的环形山、太阳黑子、金星相位变化等不少天文现象,他用这些观测到的天文现象捍卫了哥白尼学说。对于认识自然现象,伽利略认为单用观察是不够的,他更加强调实验的作用。伽利略认为宇宙、自然界就是一部伟大的“自然之书”,实验是读懂“自然之书”的钥匙,为了研究大自然,读懂“自然之书”,伽利略作了大量实验研究,得出许多新结论。对于如何解决科学上的争论问题,他的见解是,回到特定的论证、观察和实验上来,人们应当通过实验研究去发现自然规律。这种思想认识有力地促进了当时的思想解放运动,非常有利于实验科学的发展。

1) 伽利略的实验认识观念特别深刻。他提倡对自然界进行观察,倡导人们从自然界中去寻找真理。对于认识自然,他非常强调实验的作用,他认为,任何人都不能不理睬自然界的实况,人们必须通过实验去阅读这部科学的“自然之书”。这种认识观念非常有利于科学的发展,特别是在自然科学发展的初期,这种观念更是难能可贵。即使在科技高度发展的今天,伽利略的实验认识观念仍然影响着自然科学的发展。

2) 伽利略的实验研究方法十分科学。他创立了一套完整的实验和数学有机结合的科学研究方法,与弗兰西斯·培根的不重视假说、演绎和数学在实验的地位相比是一个质的飞跃。这个实验研究方法有力地推进了人类科学活动的进展,提升了人类认识自然的能力。爱因斯坦在《物理学的进化》中是这样评价的:“伽利略的发现以及他所应用的科学的推理方法是人类思想史上最伟大的成就之一。”科学的发展是一个艰难而曲折的过程,伽利略把发现自然规律的基本方法告诉了人们,此后众多物理学家都是在他的基础上而继续前进的。

3) 伽利略的实验研究目的定位准确。他对实验的功能和价值的看法与众不同,他从科学研究的高度确立了实验的地位,实验的本质就是要通过对大自然的研究而发现自然之规律。伽利略之前的实验科学工作者都没能认识到科学实验的这种本质功能,仅认为实验具有验证的功能和作用,考虑的也是以定性为主的实验。伽利略抓住了实验科学的本质特征,提高了人们对实验功能和价值的理性认识,提升了人们对自然科学的理解。

4) 伽利略的实验精神更为超群。他勇于抛弃传统的观念和理论,继承和发展了阿基米德、吉尔伯特等人的实验精神,用人们可以复现的观测事实打破了古代人们对天体性质认识的成见,使哥白尼的理论被学者广泛接受。他摒弃了通过权威来解决科学问题的观念,摒弃了在没有可靠实验的基础上对其进行复杂推理方法的信赖,倡导对自然界进行观察和实验研究,倡导实验的理智作用,这种科学的实验研究精神对自然科学的发展影响深远。

5) 伽利略的实验研究成果影响深远。他通过“自由落体实验”证实了自由落体运动与重力无关;通过“思想斜面实验”发现物体在不受外力作用时,总保持匀速直线运动状态或静止状态,打破了保持1千多年记录的“物体受力运动,不受力静止”的错误思想观念;用“船舱实验”发现了著名的相对性原理,成为爱因斯坦在20世纪创立相对论的理论基础;等等。他的关于力的实验有效地帮助了牛顿建立后来的著名的理论。

伽利略的实验思想对科学发展的影响

从历史的观点来看,伽利略对科学的发展有很大的贡献。这不仅体现在他一系列的科学研究成果上,更为重要的是,他创立了科学的研究方法,这对近代科学发展产生了重大影响。研究方法大致如下:对现象的一般观察—提出假设—运用数学和逻辑进行推理—实验检验—形成理论。伽利略既重视实验的意义,又十分强调理智的力量。他认为,研究自然离不开数学,只有数学证明的东西才是科学的、可靠的结论,而实验又是解开“自然之书”之谜的钥匙。就是说,

研究自然离不开数学、离不开实验,更离不开实验和数学的结合。伽利略实现了研究方法的新跨越,树立了把定量实验与数学论证相结合从而去发现自然规律的典范,开创了近代自然科学中经验与理性相结合的传统。

17世纪以后,在力学发展的基础上,整个自然科学逐渐细化和全面发展,而每一门类自然学科健康深入的发展都建立在数学和实验的基础之上。伽利略的伟大也在于此,他是实验科学真正意义上的开拓者和奠基人。无论是在实验的科学研究理念上,还是通过实验研究来探求自然规律的实践过程中,他都走在了时代的前列。他打破了纯思维的传统自然观,提升了人们对自然科学的理解,帮助人们认清了实验的意义、看清了实验的价值、理清了实验的功能。特别是他的实验思想确立了近现代科学最伟大的传统,照亮了人们的思想、照亮了整个自然科学发展的道路。

致谢 上海交通大学教授关增建和中国科学技术大学教授胡化凯给予本文大力帮助,特此致谢!

参考文献

- [1] 查尔斯·赫梅尔. 自伽利略之后[M]. 闻人杰,译. 银川:宁夏人民出版社,2008.
- [2] 丹皮尔. 科学史[M]. 李珩,译. 桂林:广西师范大学大学出版社,2009.

文/吕增建

作者简介 河南焦作大学基础部,教授。

(编辑 王微)