



# 科学与思维

——科学技术的进步与思维方式的变迁

胡懋仁 编著

北京航空航天大学出版社



# 科学与思维

## ——科学技术的进步 与思维方式的变迁

编著 胡 懋 仁

北京航空航天大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

科学与思维/胡懋仁编著. -北京:北京航空航天大学出版社, 1995.6

ISBN 7-81012-604-0

I. 科… II. 胡… III. 思维-自然科学-科学方法论 IV  
.N03

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第12258号

# 科学与思维 ——科学技术的进步与思维方式的变迁

胡懋仁 编著

责任编辑 娄铁军

北京航空航天大学出版社出版

北京学院路37号(100083) 2015720(发行科电话)

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经销

蓟县新潮印刷厂印装

\*

850×1168 1/32 印张:8 字数:212 千字

1995年12月第一版 1995年12月 第一次印刷 印数:1000册

ISBN 7-81012-604-0/O·033 定价:12.00元

## 前 言

自上个世纪以来,人类在科学技术上已经创造了一系列伟大的奇迹。这些奇迹不光对人类的物质文明作出了杰出的贡献,也对人类思维方式的发展和进步提供了坚实的基础。科学技术已不再是圈在高楼深院中的神秘之物,它就在人们日常生活之中。然而,对于这灿烂的文明成果,我们很多人对它并不非常熟悉和了解。因为,人们在享用这些文明之果的时候,并没有过多地思考它给我们在思想上的启迪。这些文明之果呈现在我们眼前的只是具体的器物,我们对它们很容易熟视无睹。久而久之,在人们观念的深处,不仅存在着忽视前人在科学技术创造过程中的艰辛劳苦,尤其不了解他们在思维方式变换时曾经产生过的痛苦与迷茫等情况,而且有些旧观念还具有远离科学思维方式的趋势。长此以往,对于形形色色的非科学与反科学的观念,人们就会缺乏识别能力,丧失批判精神,而任其泛滥。这对人类是相当危险的。

此外,在人类科学技术的发展过程中,人们的思维方式也总是处在不断变换之中。科学总是在一定的生产方式的水平上进行的,人们无法选择自己所继承下来的先人创造的生产方式,人们只能在这种基础上继续从事新的创造。既然生产方式是无法选择的,而人们在接受教育和社会影响之中所形成的思维方式也同样无法选择。随着生产力水平的提高,生产方式也有了不断改善和进步的需求,科学研究的活动也就必然要有新的改变。由于人们视野的不断扩大,思维层次不断深入,原有的思维方式也就必然要被新的思维方式所取代。大家知道,思维一旦建立起自己的模式,要想改变是相当困难的。因此,科学的发展和进步在旧有思维方式的局限下也就十分艰难。中国古代的科学技术曾经有过非常辉煌的时期,但由于遭到封建专制制度和儒教思想的压制,就没有能够把这种辉煌一直延续下来。中国古代有不少科学家,他们不仅对科学作出了杰

出的贡献,在思维领域中也自有自己独到的见地。然而,那些处于萌芽状态的朴素科学意识在儒教思想一统天下的封建旧中国,受到极大的压抑而终于惨遭扼杀。在西方,哥白尼的“日心说”经过了几百年才逐渐为人们所接受,付出的代价也是相当惊人的。它不仅使布鲁诺遭受残酷的火刑,也把伽利略送进宗教裁判所。实际上,日心说并不是在科学上很难解决的问题,关键在于,在“上帝创造世界”的观念上所建立的“地心说”这一传统结论所带来的思维惰性具有极大的惯性,人们要想彻底丢掉它是极其困难的。

科学发展到今天,因思维方式的局限所带来的问题仍然存在。可以说,科学在前进过程中的每一个重大的突破,无不带有对原有思维方式的一定程度的改变,有的甚至是实质性的突破。科学发展的历史也告诉我们,有些科学家在科学研究中曾经非常接近重大的突破性进展,但由于没有能够大胆破除原有的思维方式,而与即将获得的成果失之交臂;而另外一些科学家则由于能够勇敢地怀疑传统思维方式,大胆设想新的理论模型,而最终取得成功。

科学在继续不断地向前发展,这蕴含着人们的思维方式的改变也还要不断地进行下去。那么,与其等待着这种改变自发地出现,使我们自己可能在突如其来的变化面前目瞪口呆,倒不如让我们自己尽早地做好思想准备,积极地迎接它的到来。更进一步存在的可能是,我们自己在科学研究的创造过程中,也会对思维方式的改变做出自己的贡献。

本书着重讨论在近代科学史上,曾对思维方法有过重大启迪作用的科学成就。首先将牛顿经典力学中的基本观念作个简单的介绍,以便作为后面所提出问题的前提;然后讨论统计物理学。对于统计物理学,尽管有一些物理学家对其作了较高的评价,但大多数读者对它的了解还不算很多。统计物理学中的一些重要概念对后来的控制理论、信息科学、系统工程,以及自组织系统中的耗散结构理论和协同学理论的确立都起着重要的作用。因此,有必要对统计物理学做初步的了解。在量子力学中,所用篇幅较多。一方面

是因为要想较准确地把握量子力学的确要花些功夫,另一方面,它提出的哲学问题和思维方法论问题也一直在世界上有着较大的影响。对相对论,没有用更多的篇幅去介绍它的来龙去脉,因为这方面的著作比较多,也比较系统,所以只涉及一些重要的哲学方法论方面的问题。对于控制论、信息论和系统科学,也只是涉及我国哲学工作者以往没有予以更多注意的那些方面的问题。至于其余方面的内容,鉴于已经出版的著作都有很具体的介绍,以及作者对新情况了解的局限,只能作些大概的介绍和评述。

在人们的内心,科学技术作为第一生产力已经没有什么异议了。但在人们的头脑里,要想稳固地树立科学的观念、科学的世界观和方法论仍然绝非易事。各类反科学的封建迷信如算命、看相、堪輿(即看风水)或其他打着科学旗号的愚昧行为仍然还有相当不小的市场。对这些现象,科学当然义不容辞地要坚决予以反对。但是,这个工作决不是轻松的,也不是短时间内就能轻易解决的。特别在中国,它需要长期艰苦的斗争,甚至需要几代人的努力。本书只是作了一次初步的尝试,如果能有人愿意读这本书,作者就以为达到目的了。

# 目 录

## 前 言

### 第一篇 物理学革命的先导作用

#### 第一章 牛顿力学中的决定论思想 ..... (3)

##### 第一节 牛顿力学中的基本概念 ..... (3)

##### 第二节 决定论思想概述 ..... (5)

#### 第二章 统计物理学及其带来的哲学冲击 ..... (9)

##### 第一节 在气体研究中引进统计学 ..... (9)

##### 第二节 有关统计方法的一些基本概念 ..... (11)

##### 第三节 统计力学中的几个基本方法 ..... (15)

##### 第四节 统计物理学给思维方式上的启迪 ..... (23)

#### 第三章 量子力学中思维方法的嬗变 ..... (25)

##### 第一节 经典物理学向量子力学的过渡 ..... (25)

##### 第二节 量子力学的基本概念 ..... (30)

##### 第三节 德布罗意波 ..... (33)

##### 第四节 几率波概念 ..... (38)

##### 第五节 几率波所带来的思维冲击 ..... (40)

##### 第六节 粒子波和波粒子 ..... (42)

##### 第七节 测不准关系 ..... (44)

##### 第八节 从位垒看测不准关系 ..... (50)

##### 第九节 波和粒子的结合 ..... (52)

##### 第十节 量子力学所引发的哲学争论 ..... (56)

第十一节 对列宁《唯物主义和经验批判主义》 的再认识 .....	(63)
-------------------------------------	------

#### 第四章 相对论及其对人们世界观的冲击 .....

第一节 从马赫到爱因斯坦 .....	(68)
第二节 狭义相对论基本思想 .....	(74)
第三节 广义相对论的提出 .....	(79)
第四节 广义相对论的一些基本应用 .....	(81)

### 第二篇 电子计算机工程所引起的科学技术革命

#### 第五章 逻辑的数学化及与计算机有关的数学理论 ...

第一节 逻辑的数学化 .....	(90)
第二节 递归函数与图灵机 .....	(94)
第三节 有限自动机理论 .....	(100)
第四节 数理逻辑系统概述 .....	(103)
第五节 布尔代数与逻辑电路 .....	(109)
第六节 开放的逻辑 .....	(112)

#### 第六章 控制论及其应用 .....

第一节 从随机事件到控制论 .....	(117)
第二节 控制论的一些基本概念 .....	(123)
第三节 控制论的应用范围 .....	(152)

#### 第七章 信息理论及其应用 .....

第一节 通信系统概貌 .....	(166)
第二节 信息的基本概念与问题 .....	(167)
第三节 信源编码的一些基本概念和理论 .....	(173)



第四节	信道及信道编码·····	(176)
第五节	信息方法·····	(181)
<b>第八章</b>	<b>系统科学及方法·····</b>	<b>(184)</b>
第一节	系统的概念、种类与特征·····	(184)
第二节	系统工程·····	(191)
第三节	运筹学·····	(201)
第四节	一般系统论·····	(211)
<b>第九章</b>	<b>耗散结构理论与协同学·····</b>	<b>(217)</b>
第一节	耗散结构理论产生的理论前提·····	(217)
第二节	耗散结构理论的基本概念·····	(220)
第三节	协同学的基本理论·····	(230)
第四节	自组织理论中的哲学启示·····	(237)
<b>后 记</b>	·····	<b>(241)</b>
<b>参考文献</b>	·····	<b>(243)</b>

# 第一篇 物理学革命的 先导作用

20 世纪的科学技术比起上个世纪来有了翻天覆地的变化。然而,这样的变化并不是凭空出现的。它不仅在不同领域、不同学科的几代科学家共同奋斗所创造的物质的或理论的成果,也有科学发展给人们思维方法带来的巨大变革。给人们印象深刻的是,这种思维领域中的变革都首先在物理学领域中得到启迪和影响。因此,人们在研究科学与思维关系的时候,不得不首先考虑物理学中的发展和变革。



# 第一章 牛顿力学中的决定论思想

牛顿的科学成就以及他对人们思维方式的影响,至今仍然存在。在哲学和思维方式上,牛顿力学中决定论思想的机械性是相当突出的。这种思想有其产生的历史必然性和合理性,也有被其他思维方式补充和完善的可能性。所以,了解这一段科学和思维方式的变化,对认识从那以后在科学领域中发生的巨大变革和发展都很有裨益。

## 第一节 牛顿力学中的基本观念

自文艺复兴时代以来,近现代科学在牛顿及其之后的时代达到了一个巅峰。在那个时期,科学在数学、力学、天文学、化学、医学等方面都有较长足的进步。这主要来自与过去不同的、新型的实验研究方法。通过这种实证方法,科学家们把归纳方法和演绎方法结合起来,比较坚决彻底地同以前充斥在科学界中的宗教神学的影响,同那种所谓天启真理的方法划清了界限,开创了近现代科学研究的先河。而这一切,离不开牛顿和其他科学家们的卓越贡献。

所谓牛顿时代,并不是说把这一时期的所有成果都归功于牛顿一个人。创造这一伟大时代的是一个科学群体。在牛顿之前,杰出的科学家如伽利略和开普勒,在物理学和天文学中就已经做出了伟大的贡献。牛顿把他们和其他科学家的工作成果综合起来,同时也做出了自己的贡献,从而把物理学推向一个新的高度。

牛顿根据波义耳关于空气容积与压力的实验,从密度方面得出了质量的概念。牛顿给予质量的定义是:“用物体的密度和体积的乘积来量度的、该物体中所含的物质的量”,而力的定义是:“一

个物体所受到的、足以改变或倾向于改变该物体的静止状态或等速直线运动状态的作用。”<sup>①</sup>

牛顿通过长期的研究,把实验中观察的结果和现象归纳概括为著名的运动三定律。

**定律一:**每一物体都始终维持其静止或等速直线运动的状态,只有受了外加的力才被迫改变这种状态。

**定律二:**运动的改变(即运动量的改变率  $ma$ ),与外加的致动的力成比例,而发生于这种外力所作用的直线方向上。

**定律三:**反作用与作用总是相等而相反;换言之,两物体间的相互作用,总是大小相等,方向相反。

牛顿所表述的动力学基本原理,支持了这一学科的发展达二百年之久。他在数学上的成就,也使得他的力学成果更加坚实稳固。

与此相联系,或者说也正是在牛顿力学三大定律的基础上,牛顿的万有引力定律同样给天体力学以极大的支撑。1685年,他克服了计算上的困难,证明出当一个由具有引力物质所组成的球吸引在它之外的物体时,就好像所有的质量都集中在它的中心一样。根据这样一个有说服力的证明,人们就可以把太阳、行星、地球、月球等天体都当作一个质点来看待了,这就把从前粗略近似的计算通过证明而提高到极其精密的高度。这一成就为牛顿后来的研究工作扫除了障碍,于是他力图把天体的力和地球吸引物体坠落的力联系起来。19世纪,万有引力定律在海王星的发现上,起了极重要的作用。这一学说因此就被实践予以证明了,它的影响也就更加广泛和深刻。

然而,牛顿力学和天文学的理论,却是建立在绝对空间和绝对时间的观念基础上。牛顿说他“不给时间、空间与运动下定义,因为

---

<sup>①</sup> 转引自:[英]W. C. 丹皮尔著,科学史:及其与哲学和宗教的关系,商务印书馆,1987. 228页

它们是人人都熟悉的”。这一方面反映出牛顿认为时间和空间是最基本的概念,因此无法给出定义;另一方面也表明这种时空的绝对观念同他的神学的不彻底性有着较为密切的关联。在牛顿看来,绝对时间和空间是由神的永久的与无限的存在所组成的。他在《光学》一书中说道:“自然哲学的主要任务,是从现象出发,而不臆造假说,从结果推到原因,一直推到最初的第一因,这第一因肯定不是机械的。……从现象中不是可以看出有一位神吗?他无实体,却活着,有智慧而无所不在。他在无限空间中,正像在他的感觉中一样,看到万物的底蕴,洞察万物,而且由于万物与他混合无间,还能从整体上领会万物。”<sup>①</sup>这里我们还是嗅到了上帝的气味,那个时期毕竟还只是科学的童年时代。

尽管存在着上述缺陷,牛顿力学毕竟不仅给科学带来一场革命,也给教条主义的宗教信仰带来一场风暴。一方面,人们再也不必继续抱有亚里士多德和托马斯哲学里所持有的朴素宇宙概念,更不必为所谓无所不在的上帝所震慑;人们不用再对蓝天、大地、雷鸣、电闪惶惑不解或顶礼膜拜,在人们眼里,光不再是弥漫四方、纯粹、无色的神秘物质,不再是上帝的住所,而只是一种物理现象。另一方面,柏拉图式的客观唯心主义也已经失去了宗教氛围的社会基础。这就是说,盲目虔诚的神秘主义越来越被人们所拒斥,人们逐渐把真理的获得看成是理性努力追求的结果。有更多的人愿意承认数学或几何学的和谐是存在的本质,把理性遵从为唯一至上的力量。

## 第二节 决定论思想概述

在牛顿时代,除他以外,还有一些很杰出的科学家,如法国的笛卡尔,德国的莱布尼茨等,他们对当时的科学和哲学思想都做出

<sup>①</sup> 同上页注,252页

了较大的贡献。在物理学中，特别是机械力学的发展对人们的哲学观念和思维方式产生了很大的影响。笛卡尔在物理学、数学等领域中都有很出色的成就，但他同时也认为整个物质世界、自然界就是一架大机器。他甚至把动物也看作是自动运转的机器，由此他提出“动物是机器”的著名论点。机械力学在当时的主要技术成果就是各种精致的钟表。人们用弹簧发条作动力，通过齿轮的传动，就能度量出相当准确的时间刻度。这一成果给人们的日常观念以很深的影响。既然钟表可以在人们上足发条以后，就不必随时对它实施监测和操作，那么自然界中的许多动物也就可能像机械钟表一样，有类似于发条和齿轮的装置在起作用。今天我们看这种机械观点，可能会觉得幼稚可笑，可是在那个时代，这种观念对于宗教神学对人们思想毒害的反对，已经是很大的进步了。人们开始运用自己的头脑来思考问题、研究问题，不再把神职人员的说教奉为至高无上的真理。

这种机械论观点在18世纪法国唯物主义者那里又进一步得到了发展。拉美特利就提出了“人是机器”的命题。这比笛卡尔更大胆地向前走出了一步。因为笛卡尔在说到“动物是机器”时，他还不敢直接提出后来的这个命题。这并不是说他不具备这种思想，而是面对着宗教社会所遵奉的“上帝创造人”这个神圣不可侵犯的观念，他还不可能具备更大的勇气。这样看来，科学虽然已经有了较大的进步，但囿于传统观念残余的束缚，仍不能完全突破它们对科学的羁绊。这不能不对当时的科学发展起着阻碍的作用。

但科学自身的发展不是传统观念能够阻碍得了的。因此，各个科学领域仍然以不同的速度继续向前发展。到了19世纪，机械力学以及它对人们世界观的影响已经达到了一个全盛的时期。

法国的拉普拉斯是个天文学家，他的成就和思想在牛顿理论的体系中留下较深刻的印记。他证明了行星的运动是稳定的，行星之间的相互影响和彗星等外来物体所造成的摄动，只是暂时和偶然的现象。这样，他就证明了原来牛顿曾经担心的，所谓太阳系久

而久之会由于自身的作用而陷于紊乱的说法,是没有根据的。

拉普拉斯对天文学的这一贡献,使他在后来海王星的发现上实在是功不可没,尽管后来的人们大都把这一发现只归功于牛顿。人们发现,天王星在轨道的运行中出现一些摄动,便大胆设想在它的轨道外侧可能还会有一颗行星。经过严密的数学计算,人们终于在预测的轨道上发现了海王星。这一成果在整个科学界引起了轰动,它充分体现出了科学特别是物理学和数学在人类认识活动中的巨大杠杆作用。它对人们观念上的影响在一定意义上甚至比发现的结果本身更加深刻,它使人们充分认识到了科学的力量。

这个成果同时也把机械力学(其中包括普通力学和天文学)的功用提到了一个新的高度。人们也就把力学中的规律开始扩大到其他领域,这当然也包括思维领域。这种机械的思维方式在哲学思想中的一个突出表现就是决定论的思维。其主旨是,给定一个质点,只要人们知道它的运动方向和速度,就可以推算出它在下一个时间点上的位置。这种预测就是决定论思想的一个结论,它可以说在相当大的范围里被认为是很准确的。因为人们把整个世界都看成是一个大机器,它有自己的发条和齿轮,所以对这个世界中各个部分的未来作出精确的预测也就不是什么奇怪的事了。例如,在日常生活中,我们看到一辆汽车在行驶。假定汽车行驶的方向和速度不变,那么如果我们在  $t_0$  时刻,在某一地点看到了这辆汽车后,就能根据它不变的速度和方向准确地推算出它在  $t_1$  时刻的位置。这就是典型决定论思想的例证。

到了 19 世纪,在牛顿和拉瓦锡所奠定的基础上,物理学和化学建立起一座不断发展与和谐一致的大厦。这个成就使人们感觉总的路线已经一劳永逸地规划好了,以后不会再有什么惊人的发现了。剩下的工作不过是把科学的度量搞得更加精密,把几个明显的空隙加以填补罢了。人们之所以会有这样的印象,其中一个重要的原因就是决定论的思想已经深入到科学界的各个方面,没有多少人会对这样的观念提出质疑。即使像黑格尔这样的辩证法大



师,也把因果性同必然性联系在一起。这就是说,在黑格尔那里,因果性尽管与机械性的形而上学有着本质的区别,而具有各种辩证法的特点,但在根本上并没有同决定论有本质的分歧。

爱因斯坦在谈到他发明相对论时,特别强调马赫思想对他的影响。马赫由于特别重视人的感觉的作用,以至强调得有些过分,而使得他的哲学思想含有较浓厚的主观唯心主义成分。但在科学研究中,马赫对感觉作用的强调,使爱因斯坦受到很大的启发。比如人们对牛顿力学中关于时空绝对性的观念就很难理解,因为有些现象是人的感觉所不能直接感知到的。例如有两个在不同地点同时发生的事件,而一个人无论如何也不可能感觉到这两个事件在时间上的同时性,特别是这两个事件发生的地点相距很远时。而爱因斯坦正是从对时间同时性的怀疑开始,对牛顿力学的绝对时空产生了疑问。这也是后来他创立狭义相对论的逻辑起点。

然而,对牛顿时空的怀疑还不是动摇机械决定论的开始。对决定论产生冲击作用的是科学自身的发展。这在当时,还没有什么人意识到。只是后来的控制论创始人之一诺伯特·维纳才首先意识到这一点。而产生这种冲击作用的学科就是统计物理学。