

文章编号: 1671-1513(2006)04-0052-05

论科学观察

——科学研究规律探讨之三

陈洪¹, 孙宝国², 杜毅³

(1. 杜克大学, 美国 NC27708; 2. 北京工商大学, 北京 100037;

3. 上海凯信生物技术有限公司, 上海 201809)

摘要: 观察是人类取得经验(知识)的主要手段之一。观察是一种物理-生理-心理过程,“看”是先天的,“看见”是后天的,观察或观测则必须经过专门训练,并受到头脑里的各种各样模型的制约。人眼的特定结构是在地球条件下长期进化的结果,因此,观察一般是指对宏观物体的观察。对于微观物质和宇观物质的观察可以通过仪器,然而,由于微观世界海森堡测不准规则和宇观世界的大尺度时空的特性,对微观物质和宇观物质的运动规律的认识基本上是理性思维的产物。

关键词: 科学观察; 模型; 宏观; 微观; 宇观

中图分类号: G304

文献标识码: A

在前苏联科学院巴甫洛夫生理研究所的建筑物上镌刻着巴甫洛夫的题词:“观察,观察,再观察”。观察是对研究对象有目的、有计划的视觉行为,是人类取得经验(知识)的主要手段之一。公元1543年,天文学家哥白尼提出“日心说”,并得到伽利略和开普勒从观察中得到的资料的支持,推翻了“地心说”,从此,“经验主义”的治学方法开始抬头。经验主义强调观察的重要性,在观察的基础上分析、思考、发现规律,这就是经验主义或归纳法。经验主义哲学拉开了现代科学的序幕。

1 观察的视觉基础

现代科学研究表明,在人类感官接受的所有外部信息(物理信息、化学信息等)中,95%以上是由视觉系统接受、处理和感觉的。视觉感觉的是370~740 nm的电磁波(物理信息),是进行观察的物质基础。视觉是由眼、视神经、视觉中枢的共同活动完成的,它是一系列复杂的生理-心理过程。视觉包括光觉、色觉、形觉和立体视觉。当人们看一个物体时,光觉、色觉、形觉和立体视觉同时起作用,使我们得到一个关于物体的完整的视觉信息。当然,能否看见一个物

体还与视角、物体与背景的反差等因素有关。著名视觉专家斯米尔·泽基(Semir Zeki)认为:“理解”和“看到”不是两个分离的过程,它们之间有无法割裂的关系。研究表明:物体的形状、运动和颜色视觉可以相互独立的发生,即我们至少部分地以平行方式对视觉进行加工,视觉信号的传递是从视网膜到视皮层,并在脑的不同部位同时处理的。视觉的不同内容(形状、运动和颜色等),对我们来说是一个整体,因此,“看见”即看到物体完整的视觉内容,并自动加以识别^[1]。

总之,人眼的生理结构和特性为科学观察提供了必要的手段,同时,也使科学观察的范围受到局限。我们头脑内部的世界是由外部进入大脑的信息流的性质以及大脑加工信息的能力决定的。在真实的外部世界和大脑感觉的内部世界间存在着差别。

2 观察的特点

观察与观察者个人的学术素养、习惯、积极性有很大的关系。观察作为人类最主要的知觉活动分为有意识观察和无意识观察。无意识观察可能由外界对象的特点(鲜明性、排列顺序、异常性)引起,也与

收稿日期: 2005-11-08

作者简介: 陈洪(1943-),男,北京人,教授,博士,主要从事DNA突变、核酸药物、超临界CO₂方面的研究。

个人兴趣有关;在有意识观察中,观察者具有目的性,他们有意识地选择观察对象,以便证实或证伪自己的意图。

观察具有自主性、系统性、整体性和个体特征的特点。

所谓“自主性”是指人们观察的并不是客观世界展现着的一切东西,而是观察对自己最重要的或最有趣的东西。在观察各种对象时,观察者组织知觉,以便不让这些对象的特征从视野中遗漏。

所谓“系统性”是指观察者跟踪对象的发展变化,察觉它的量的、质的、周期性的变化。观察中的积极思维有助于区分主要的和次要的因素,必然的和偶然的因素,以便更清楚地对观察对象进行定性和定量的分析。在观察中,视觉、思维和语言结合为统一的智力活动过程。

所谓“整体性”是指在观察对象时,观察者常常把对象看作具有一定结构的统一整体,而视觉形象的每个部分只有在它同整体的联系中才有意义。正是在已有的经验和知识的基础上,人们把观察过程中的许多因素综合为一个整体的形象,使各因素联合,成为一个具有整体结构的事物。

所谓“个体特征”是指观察者具有的个人的、特殊的色彩和风格。个体特征取决于观察者眼睛功能的差异以及文化修养。观察的个体特征也表现在对观察对象的动态、精确性、深度和概括性的认识程度上。观察者分为4个基本的类型:分析型、综合型、分析-综合型、情绪型^[2]。

分析型的观察者在观察对象时,首先注意事物的细节和局部,缺乏对事物特征的整体概括说明的能力,他们过分注意细节,难于把握、理解事物的本质。综合型的观察者注意对象的整体特征,但不注意事物的细节和过程。分析-综合型的观察者既能理解事物的本质,又能用细节对本质加以说明,这种类型的人总是把个别部分的分析与结构相比较,把事物的真相与相关的理论解释作比较,具有这种品质的人更有利于从事科学活动。情绪型的观察者,对于各种外界刺激都表现出过高的情绪兴奋度,他们往往过分注意自己的体验,并用这种体验代替周围观察的真实面貌。这4种类型的划分不是固定不变的,观察者往往由于年龄、知识水平、性格的变化或由于所处的环境和文化氛围特点的变化而改变自己的观察习惯。

3 对宏观世界的观察

“看”是一种先天的感觉,既是物理性的,又是心理性的。婴儿时期感知的图像是倒置的,在长期的适应后,倒置的图像被“认为”是正置的。因为婴儿对于图像的感知无法用语言表达,为了重现婴儿的视觉感知,美国科学家最近发明一种眼镜,可以将正置的图像倒置,成人戴上这种眼镜,整个世界都倒置了。开始,成人的动作与婴儿一样:缓慢、不准确,但经过一段适应后,戴这种眼镜的成人的行为就“正常”了,与不戴这种眼镜的人没有差别,这说明视觉不仅是物理的,也是心理的。

模型的作用。在认知领域,任何我们称为“技术”或“知识”的事物,都是一种内含的模型。在我们的头脑里存在着各种各样的模型。模型是一组长期经验积累和凝练而成的铭刻在神经系统中的巨大而互相关联的操作程序。事实上,所有的观察都是人类有意识的,基于对我们头脑里的各种模型的检验和思考,我们经常使用这些“脑中模型”。事实上,许多心理学家都相信,有意识的思维都是基于这些“脑中模型”的思维。

心理学家还发现,人在看世界时总是受一种视觉模式的支配。对于同一个图形(如彩色斑点图),我们可以得到两种完全不同的视觉形象(此时看像一只鸟,彼时看像一颗树等等)。心理学家把这种视觉变换(即对同一个被观察物体,有不同的视觉形象)称为“格式塔转换”。鸟和树的视觉形象就是我们的视觉模式。

观察是从任务和问题开始的。知识来自观察还是来自问题?古典经验主义认为:一切知识始于感觉经验,而波普(Popper Sir Karl Raimund, 英国科学哲学家)认为:科学认识大多是从问题开始而不是从经验开始的。在科学领域,科学家必须首先学习已有的科学思想和科学知识,然后才能进行科学研究。至于这些知识是否可靠,倒无关紧要,因为科学追求的真理是目的而不是手段。如果这些知识导致了失败,就产生了第一批问题,这些问题导致我们投入新一轮的观察和试验。人类知识的增长始终是在先前知识的纠正和修改中得到的。有些问题可能以观察为先导,但是,更多的是问题先于观察。比如,导师告诉他的研究生:“现在请你观察”,他的研究生一定感到茫然,会反问:“你要我观察什么”这说明,要进行观

察,脑子里必须先有问题。正如达尔文所说,一切观察都必定是针对某种观点的。一般来说,科学研究是在公认的理论体系范围内进行的,问题就是从这个体系的“异常现象”提出的。

科学家心中的模型。科学家的头脑中除了具有常人具有的模型,还具有大量的“科学模型”。例如,关于光本质的“粒子-波-波粒二相性”模型(物理);关于燃烧本质的“燃素-氧化”理论(化学);关于遗传的“遗传因子-染色体-DNA 双螺旋”模型(生物)等等。

科学观察离不开模型的指导作用。在近代科学开始以前,没有现代意义的科学模型。那时候,“科学家”和“工程师”头脑中的模型是经验的。以故宫建造为例,那时候还没有强度计算,结构计算的知识,他们靠的是师徒相传的标准操作程序,靠的是从实验经验总结出的“常识”,在他们那里,所谓的模型完全是内含的和直觉的。

与近代科学同时兴起的是各种科学模型的建立。科学家心中的模型来源于他们的观察经验,所谓“观察经验”是指科学家从实验室的操作和测量中得到的知识。操作和测量是由范式(哲学用语,即模型)决定的。因为,实验操作是有选择的,那些与范式有关的配置才是科学家所关心的,也就是说,实验内容是什么,观察什么,取决科学家相信什么范式。然而,我们看到的世界不是一成不变的,随着观察仪器的改进,新的事实出现了,科学家不得不修正自己的范式。范式的转变是经验的转变,信仰不同范式的科学家拥有不相同的直接经验,没有独立于范式之外的中立的观察事实。所有的观察都是隐含理论的,不存在纯粹的、无目的的、无理论性的观察。波普肯定理论对观察的影响,他认为:“来自外部的指令,或者说,信息流把它们自己印在我们的感官上,我们被动地接受它们的事情是不存在的。一切观察都隐含理论的,没有纯粹的、超脱的、无干理论性的观察。”^[31]当观察的事实与既定的范式产生不可调和的矛盾时,引发了科学革命。科学革命的结果是一种新范式的诞生。新范式与旧范式不是简单地继承和发展的关系,两种范式有的是部分兼容(如牛顿运动定律是爱因斯坦相对论在远低于光速的特例),有的是不兼容的(如关于燃烧本质的“燃素”理论和“氧化”理论)。虽然不同范式使用的词汇多数是相同的,但可能具有不同的意义。

范式的转换也是科学家世界观的转变。在任何

一门学科中,第一个被接受的理论和模型(范式)能说明大部分的观察材料和经验事实,因此,得到大多数同行的认可。范式的发展,通常要求研制更精密的仪器,以提高观察的精度、广度、深度,制定专门的术语以增加现象的特指性,严格地定义概念,以说明其内涵和外延。当从范式导出的结果与试验、观察的结果背离时,即产生了所谓的“异常”。“异常”是指,事物的发展背离了理论预期的结果。“异常”情况最初可能不为人们真正认识,而一旦得到科学界承认,往往导致新事物的发现,此时,科学家的第一个反应就是设法使它纳入公认的理论体系。如果这个理论体系无法解释这个“异常”现象,科学家不得不创造一种新的体系,新体系必须把“异常”现象解释为非“异常”现象。任何科学理论都有概括性的特点,没有概括性,理论就没有说服力。

这种专门化过程产生了两个后果,一方面,由于旧范式的日益巩固,要改变它会受到越来越大的阻力,一旦一个理论成为一个范式,就不会在挑战面前轻易地屈服;另一方面,观察的高度专业化,使被研究客体的信息越来越丰富,当新的信息与原来的范式产生冲突时,科学家也有充分的心理准备,利用新的信息修正原来的范式或创建一个新范式。新范式刚开始可能是不成熟的,但它会顽强地表现自己,并争取更多科学家的赞同,这表明科学传统有保守的一面,也有接受变革的一面。在这种变革中,科学家世界观也在改变,但这种转换是逐步的、不可逆的。可以说,科学家世界观的改变是科学观察和科学试验的产物。与观察“彩色斑点图”相似,对于同一个客体(例如光),描述它的范式是不断发展的(粒子-波动-波粒二象性),科学家的世界观也在不断发展,因此,科学家的世界观转换方式也称为“格式塔转换”。

4 对微观世界的观察

我们所说的光觉、色觉、形觉和立体视觉一般是指人们对宏观世界的物体产生的视觉。物体的形状、尺寸、颜色是通过物体的反射光得到的。可见光的波长远远大于分子、原子、质子、中子、电子等微观粒子的尺寸,因此,可见光在接触这些微观粒子时,不发生反射,而发生绕射,这就使人眼无法对微观世界进行直接观察。要想实现观察,必须使用波长更短(能量更大)的光,这必然会对被观察系统造成干扰。此时,我们不仅是观察者,实际上也变成了参与者。目前,

已知的波长最短的电磁波是X-射线,用它观察微观粒子,仍然不能产生反射,而只能产生衍射.因此,我们不得不使用波长更短的物质波——电子波(德布罗依波),电子显微镜可以把目标扩大几百万倍.目前可以观察的最小物体是病毒,距离“看见”原子还差几个数量级呢!

研究微观世界的工具是“量子力学”.量子定律显示,人们不能同时测量一个粒子的位置和速度,人们对位置测量的越精确,对速度的测量就越不精确,反之亦然(海森堡“测不准规则”).对微观世界能够测量的,是某粒子在空间某位置出现的概率(即波函数).至20世纪前半期,人们一直认为,因为我们的无知,无法对世界进行足够精细和准确的描述,才和概率打交道,若是找到了那种描述,就拥有了确定性,这就是“决定论”的世界观.后来,人们发现,这种观念是错误的,或然性是世界的根本规律,不确定性是不可避免的.量子力学还证明,宏观世界的因果律在微观世界是不适用的,因此,因果律产生的基础之一——宏观物体的光觉、色觉、形觉和立体视觉对微观世界是没有意义的.

5 对宇观世界的观察

自宇宙肇始至今,那些足以让可见光线传到地球的区域,就是我们所称的“可见宇宙”,其他宇宙射线(如紫外线,X-射线等)是人眼感知不到的,因此,我们所观察到的资料是不全面的.当天文学家用光学望远镜观察星空的时候,他们并没有看到现在的宇宙.天空所显示的图像是一幅瞬时快照,因为光从遥远的地方到达地球要花一定的时间,我们在天空所见的任何一个天体都是他在发光瞬间的像.光学望远镜是一种“望时镜”,天体离我们越远,我们今天看到的像在时间上就倒退的越早.实际上,天文学家的宇宙是一个穿越时空回溯的像,它的技术用语是“过去光锥”.

20世纪20年代,埃德温·哈勃(Edw in Powell Hubble)在威尔逊天文台,使用100英寸的望远镜观测星云(实际上是星系),获得仙女座螺旋状星云的照片,他们是一些遥远恒星的巨大集团.这次有历史意义的观察,发现了星云光谱“红移”的哈勃定律,并导致了两个惊人的结果:其一,宇宙的起始不可能发生在区区几千年以前,而是至少有上百亿年的历史;其二,在大尺度上,每个星系都在作远离其他星系的

运动,即宇宙正在膨胀.宇宙膨胀的发现是20世纪伟大的科学革命之一,它彻底改变了有关宇宙起源的传统观念.随后,又证明了爱因斯坦“广义相对论”的一个推论:宇宙和时间有一个在可怕爆炸中的开端^[4].

至20世纪60年代,人们利用射电天文望远镜观测到一些暗淡的斑点,这是人类从未看到的星系,它们距离地球约十亿光年.如今人们制备了更好的射电天文望远镜,可以观测到更暗淡,也就是更遥远的星系.人们利用观察结果,回溯宇宙的历史,从而使检验相互竞争的各种宇宙理论成为可能.此前,宇宙学只是各种理论的争论,而现在它变成了我们可以称之为“观察”的科学.

然而,宇宙中很多现象仍然是无法观察的,例如“黑洞”.在宇宙空间里,“黑洞”是引力最强的天体,一个黑洞被称为“事件视面”的球面所环绕.“事件视面”是一个单向膜,所有物质可以从“事件视面”的外面进入黑洞,却没有任何物质,包括光能从黑洞中逃出,因此“黑洞”无法直接观察,而只能从别的迹象证明黑洞的存在.

关于宇宙的起源问题,分为两大学派:宇宙“从无创生”和“从有创生”.“从无创生”虽然不可思议,但它是量子天文学允许的.量子力学的规则告诉我们,那些在宏观看来不可能发生的事件,在量子力学里是可能发生的(例如,微观粒子的“隧道效应”).当把宇宙的历史一直回溯到“创世”,所有事件的发生都是可能的,只不过,其中一些比另一些发生的概率更高而已.“量子宇宙学”的任务是指明由量子理论预测到的、概率非常高的宇宙事件.这两种理论也是目前无法用观察事实证明的,因此,宇宙“从无创生”和“从有创生”还会争论下去.

与有关宏观,微观世界的科学理论和科学假说可以在试验室以某种方式试验不同,在宇观世界中,我们不能随心所欲地对宇宙试验,而只能对它进行观察.然而,眼睛是地球条件下长期的自然选择的结果,视觉先天条件的限制,制约了我们的观察,使我们对宇宙的观测,存在着偏差,而偏差的方式又无法纠正,因为从时间上看,我们生活在宇宙生命较晚的时期,从空间上看,我们只能看到宇宙的一部分.我们观察的宇宙性质随处可见,而我们只能观察到在特定区域演化出的某些结果.由于我们眼睛的特殊结构,“亮星系”比“暗星系”更容易看见,可见光比X-射线更容易探测,因此,我们必须了解在观测收

集的资料中,哪些偏差引入了我们的观测.另外,存在于我们头脑里的各种理论,也可能使我们的观察受到偏见的左右.

6 结束语

观察被认为是近、现代科学研究的主要方法,是取得知识、通向真理的基本手段.观察的视觉基础是人眼的特殊结构.“看”是一种先天的视觉行为;“看见”却与人们的兴趣、职业等因素有关;观察(观测)是一种科学研究行为,它受科学家头脑中存在的模型(范式)的影响.科学观察必须经过科学训练,其目的是通过对于现象的观察,了解现象产生的原因以及它们的因果关系.当观察的现象与原有的范式产生不可调和的矛盾时,引发科学革命,并产生新范式.然而,当我们把观察这种手段应用于微观世界和宇观世界时,不得不借助理性和逻辑的力量.美国著名计算机科学家、遗传算法(Genetic Algorithm)创始人霍兰(John H. Holland)说:“在某种意义上说,科学和数学是简化的极致,但如果你倒过来看,观察宇宙规律所囊括的各个方面,则出人意料的可能性

简直是无穷无尽的.这就是为什么宇宙在一个极端上十分易于理解,在另一个极端上又永无法理解的道理.”^[5]

观察、思考,建立理论模型,检验、再观察,修正模型,哲学提升直至接近真理,科学就是在不断地改错中建立起自己的理论体系,而科学家也有足够的思想准备,接受新体系的诞生.

参考文献

- [1] Greenfield S. The human brain [M]. 杨雄里译. 上海:上海科学技术出版社, 1998.
- [2] B. B. 波尔斯洛夫斯基. 普通心理学[M]. 魏庆安译. 北京:人民教育出版社, 1979.
- [3] Popper K. The rationality of scientific revolution, in: *ian hacking (ed), scientific revolution* [M]. Oxford: Oxford University Press, 1981.
- [4] Hawking S. The universe in a nutshell [M]. 吴忠超译. 长沙:湖南科技出版社, 2004.
- [5] 米歇尔, 沃尔德罗普. 复杂[M]. 陈玲译. 北京:生活·读书·新知三联书店, 1997.

ON SCIENTIFIC OBSERVATION

CHEN Hong¹, SUN Bao-guo², DU Yi³

(1. Duke University, N C 27708, USA;

2. Beijing Technology and Business University, Beijing 100037, China;

3. Shanghai Kaixun Biotech. Co. Ltd., Shanghai 201809, China)

Abstract: Observation is one of main means for human to obtain the experiences (knowledge). Observation is a physical, physiological and also psychological process. “To look” is congenital; “to see” is by obtainment; observation skills are from the scientific training. The observation results have to be restricted by the various models in man’s minds. The eye structure is a result of long evolution on the earth, and so “observation” means to observe the macroscopic object. The observation to microscopic and cosmic objects must be by the different instrument and the movement regulation in microscopic and cosmic world should be obtained by rational knowledge, since the unmeasurability in microscopic world and the specificity in cosmic world.

Key words: scientific observation; models; macroscopic; microscopic; cosmic

(责任编辑:叶红波)