

科学方法概论

谢开宪

(湖北省宜昌市第二中学 443000)

比起任何特殊的科学理论来,对人类的价值观影响更大的恐怕还是科学的方法论。

——斯蒂芬·F·梅森

科技竞争,是国际竞争的核心。提高全民族的科学文化素质,是振兴中华的战略任务。加强科学方法教育,成了当今世界教育发展的总趋势。规范科学、方法、科学方法等概念,是其中一个基本的、重要的课题。

一、科学、方法、科学方法

科学源远流长,不存在突兀而来的起点。

的 AGS 上就出了许多成果,而电子对撞机也是一个方向。她还让我到康奈尔大学去看一看,说那里刚建成一台正负电子对撞机(CESR)。我们又谈起海峡两岸的科技合作与交流,吴健雄说,我赞成“三通”,通邮、通商、通航,没有理由再把两岸隔离开来。在去餐馆的路上,遇到一位从台湾到纽约参加国际会议的学者。在谈到会上内地和台湾的代表切磋交流、关系融洽时,吴教授连声说好,好!还说,希望海峡两岸的中国人以后可以不用在第三个地方聚会。

1988 年底,北京正负电子对撞机(BEPC)建造成功,吴健雄和袁家骝在南京参加了吴健雄物理奖颁发大会后,来到北京访问。吴教授急切地想知道北京对撞机的情况,刚到北京就约我到她下榻的北京饭店叙谈。我带去了刚出版的《北京正负电子对撞机通讯》和其他资料,吴教授看了 BEPC 上亮度探测器的时间谱,高兴地说,这正是正负电子对撞的证据,并关心地问当时亮度多高,还有多大潜力等。她还饶有兴趣地读了《通讯》上我写的一篇关于 BEPC 调束过程的报道,并纠正了其中几处英文语法错误。

1992 年 5 月,吴健雄和袁家骝教授来北京参加在钓鱼台举行的中国当代物理学家的聚会和会

然而,它有两个主要的历史根源。首先是技术传统,它将实际经验与技能一代一代传下来,使之不断发展;其次是精神传统,它把人类的理想和思想传下来并发扬光大。科学就是人类在历史上不断积累起来的关于自然界的相互联系着的技术、经验和理论知识。

今天的科学,是人类文明进程中比较晚期的成果。它起源于 17 世纪,是以理性思考和导致人们透彻理解自然现象的方法为其特点的知识构体。更一般地说,现代科学就是人类对客

后的一系列活动。吴健雄、杨振宁、李政道从美国来了,吴大猷从台湾来了,同周培源、赵忠尧、何泽慧、王淦昌、朱光亚、卢嘉锡、周光召等内地的科学家欢聚一堂,和江泽民、李鹏等国家领导人亲切会见。在请吴健雄在一张绘有 BEPC 上 τ 轻子质量精确测量结果的纪念封上签字时,她兴奋地说:我的两个梦想现在都变成了现实,一个是中国人在自己的加速器和谱仪上做出了世界级的物理成果;另一个是海峡两岸的中国科学家在自己的国家里欢聚在一起……。

吴健雄教授安祥而平静地离开了我们。在袁家骝教授寄来的讣告上写道:“尊重吴健雄先生一惯俭朴的作风,亲朋好友请免送花圈,您可将买圈之意代之于向吴健雄先生身前所创立的吴仲裔教育基金会的捐赠,以表示我们对吴健雄先生数十年如一日孜孜不倦关心中国教育事业的崇高敬意”。当我委托在美国的亲友将一点菲薄的资金寄向基金会的时候,心头洋溢着对吴健雄教授这位被誉为“中国的居里夫人”的科学泰斗的深深敬意。她对于 20 世纪物理学的卓越贡献将载入人类科学的史册;她对祖国的热爱和对青年的关怀,她的诸多美德和高尚情操,值得我们永远学习、奉为楷模。

观世界的理性认识,是关于自然、社会和思维的知识体系,是实践经验的结晶。

科学的生命在于探索,它的任务是揭示事物发展的客观规律,探求客观真理,作为人们改造世界的指南。方法,就是人们认识和改造世界所运用的方式和手段,就是人们为达到某一目的、完成某种操作而拟定的程序,或者说,是按一定的原则调整活动并指向一定目标的途径。

科学方法论是关于方法的理论,它是哲学的一个分支。科学方法蕴含着某一科学研究或应用的方法和某一方法的科学性或哲理性两方面的涵义。科学离不开方法,方法植根于科学。但方法一旦形成,又具有远远超出某种科学范畴的普遍意义,成为可以广泛应用的重要工具。“比起任何特殊的科学理论来,对人类的价值观念影响更大的恐怕还是科学的方法论。”

二、科学方法的沿革和特点

科学方法是一种历史现象,它是随着社会的发展和科学技术的进步而不断丰富起来的。古代科学方法以对整体经验的描述和天才的猜测为主,强调思维的能动性。如我国公元3世纪伟大数学家刘徽的“割圆术”和16世纪科学家宋应星在《论气》、《谈天》中阐发的思想,至今仍具有启发作用。源于17世纪的近代科学方法以实验为基础,注重分析和归纳,强调数学的应用。著名科学家培根、笛卡儿、伽利略、牛顿等的论著,是系统科学方法研究的开端。现代科学方法从上世纪末和本世纪初开始,它注重观察和实验,强调在分析的基础上进行综合,以及归纳与演绎、理论与实践、逻辑与直觉的辩证统一。爱因斯坦的大量论述,是这一时期科学方法的突出代表。科学方法发展到今天,发生了深刻的变化,突出的是由过去以分析为主过渡到以综合为主,将不同学科的方法综合运用于同一领域,以解决越来越带有更大综合性的实际问题。这就是当今出现的许多交叉学科(如物理化学,量子化学,生物物理学等)、横断科学(如控制论、信息论,系统论等)和整体性学科(如生态学,人学,科学学等)。维纳和鲍林,是这

种科学方法论趋势的最突出代表。科学方法就是这般沿着历史的进程不断发生变革的。

分析科学方法的演变,我们可以看出科学方法有它的显著特点。首先它依靠理性的论证而不掺杂个人的情感,它提出在不同观点中进行抉择时必须尊重经验的证明。其次它必定是逻辑的即可以程式化的,是人们可以理智操作的工具。由此,作为科学家丰富的知识和经验的结晶,具有深邃洞察力的著名科学家们迸发的直觉、灵感和顿悟。虽然在科学思维中有重要作用,但并不属于科学方法的范畴。另外,科学方法总要导致新现象的发现,新理论的建立,从而不断地扩大人类的知识体系。

三、科学方法的种类

科学方法是多方面、多层次和不可穷尽的。科学方法的分类是至少涉及知识结构、认知结构和思维结构各种层次的复杂的系统工程。由高到低,科学方法通常分为三个层次:适用于一切科学的哲学方法,分别适用于自然科学和社会科学的一般研究方法,适用于个别学科或个别领域的特殊研究方法。科学方法主要是科学思维方法。从科学思维的结构分析,我们可以发现,在每一个层上总有一些最基本最常用的方法。

哲学,是对各个领域的知识和认识形式的思考,是最高层次的科学方法论。在这一层次上,一般说来,人们对世界的基本观点与观察、研究和改造世界的根本方法是一致的。用世界观去指导认识和改造世界就是方法论。哲学史上,有唯物论和唯心论的两种世界观,同辩证法和形而上学的两种方法论交织在一起,形成了多种的哲学方法。许多著名科学家都重视哲学的启示作用,都善于非教条式地把哲学当作解放思想的手段,力求从各种哲学体系中吸取极为有价值的思想。历史已经证明,由马克思、恩格斯创建的唯物辩证法,才是唯一崭新的科学方法。

在第二个层次上,就自然科学而论,能在现代一切自然科学中找到其适当地位并得到广泛应用的科学方法,有定性归纳法,定量演绎法和

实验探索法。

近代科学的开山祖,英国人培根(公元1561—1626年),曾提出“知识就是力量”的著名口号,又第一个致力于科学方法的系统研究。1620年他发表了《学术的伟大复兴》,在其中第二部分《新工具论》中第一次完备地提出了现代归纳法。培根列出了130个课题和操作方法表,他深信把关于每一课题的正反面事例加以比较分类排列,再提出假设,最后对可能的假设进一步实验,就可以得到知识。他认为在事实的百科全书上应用归纳方法,就可以建立起一座科学的金字塔。

法国科学家笛卡儿(公元1596—1650年)研究并推广当时在力学中发展起来的数学方法。1637年他发表了《方法论》,其中第一部分就是对数学演绎方法的分析。笛卡儿从他认为不可怀疑的和确定的原理出发,通过数学论证,把自然界的一切显著特征演绎出来。现在看来,笛卡儿的演绎模式是对的,但当年他以运动、广延、上帝这些“直观给予”观念作为演绎的出发点,当然是不科学的。

培根保存了技术传统的经验方法,但不了解数学的作用。笛卡儿保持了学者传统的思辨倾向,而忽视了实验的作用。这两个从事分析和制定科学方法的人,都没有能够把理论和实际的两种传统充分地结合起来。科学的实验—数学方法在意大利人伽利略(公元1564—1642年)手中才达到成熟阶段。伽利略从沿斜面下落球体的实验中得出他的惯性原理和物体受引力而下落的原则,并从由实验得到的这些原理出发,通过数学运算,演绎出抛射体的轨迹以及落体定律等等。伽利略的方法表明,从已知的现象可以证明可能从来没有被观察到过的事情,获得超越某一特殊实验本身条件的知识,并预见一些可以进一步用实验进行验证的结果。这种方法对科学来说具有无比的重要性。牛顿(公元1642—1702年)更进一步,他严格区分实验和直觉所提供的原理,发展了伽利略的方法,提供了对17世纪说来最后和影响最深远的宇宙体系。

四、物理科学方法

物理学研究自然界广泛存在的物质运动的各种最基本形态。物理学的本质,就是要尽可能用简单的术语来解释自然,也就是把我们观察到的一切都归纳简化成基本原理。这种在思维上力求经济的做法,就是物理科学方法。现代物理科学的基本方法有:感性思维方法——观察和实验;理性思维方法——归纳和演绎,分析和综合。这是属于第三个层次上的科学方法。由于物理学是当代一切自然科学和各种工程技术的基础,所以物理科学方法在当代科学技术领域有普遍意义。

观察 通常指人们依赖五官或借助于仪器对天然物理现象的考察。这是人们获得对事物的感性认识的唯一途径。从远处到近处,从宏观到微观,变幻无穷的自然现象,为人类研究物质的特性和物质运动变化的规律,无偿地提供了丰富的材料,使观察成为物理学研究中最原始、历史最悠久而长盛不衰的基本方法。开普勒行星运动定律和牛顿万有引力定律的发现,以及古代光学和人们对电磁现象的早期研究,完全依靠对天然现象的观察。当今广义相对论的实验证明,人们对宇宙起源、暗物质、基本粒子等重大课题的研究,依然离不了天然观察。

实验 指人工控制条件下的观察。它是物理学的基础,是物理学研究的基本方法。实验离不开观察,由此将它混同于观察则失之偏颇。不进行实验,人就无法用各种科学的规定性来复现本质世界,而只能凭臆测得出关于天然观察的猜想。实验是对自然现象内部结构进行精细分析的解剖刀,它对于人类认识世界具有带根本性的重要意义。伽利略的实验使物理学从自然哲学走向独立。物理学史上的每一重大突破,无不以实验中的重要发现为前奏,或者必须得到实验的验证。前者如X射线、放射线和电子的三大发现,最终导致量子力学的建立,后者如赫兹实验对于麦克斯韦的理论预见。

分析 是将研究对象先分解为若干部分、若干层次,再分别进行研究的方法。人们认识事物的过程,往往是由表及里,由此及彼,由局

部到整体的. 分析的方法是由人们的认识规律所决定的. 它可以简化研究工作, 深刻地揭示事物的本质, 在物理学研究中有重要地位. 分析方法可比喻为战略布署, 其他方法则有如战术应用. 伽利略对抛射体轨迹的分析, 人们对气体性质的研究, 居里夫人发现镭的过程, 人们对原子结构的不断深入研究, 都是正确应用分析方法的结果.

综合 综合方法与分析方法正好相反, 它是把研究对象的各个部分、各个层次集合起来, 从整体上进行研究的方法. 综合必须以比较为前导, 只有通过充分的全面的比较, 才能找到各个部分、各个层次之间的相互联系、作用和影响, 从而发现它们的共同本质. 任何物理现象和过程都具有同一性, 因此综合是物理学研究普遍采用的方法. 经典力学的建立、能量守恒定律的发现、经典电磁理论的建立、普朗克量子理论的提出, 至今对四种基本相互作用的大统一研究, 一次一次的综合, 使物理学一浪高过一浪地向前发展, 对科学技术各个领域的发展和人类社会的进步起到了不可估量的推动作用.

归纳 是在大量经验材料的基础上, 从具体事物抽象出共同本质, 从特殊事例概括出一般规律的推理方法. 伽利略在单摆的等时性、加速度概念、运动学规律、机械能守恒等方面的成就, 用的就是归纳法. 当牛顿宣称“物体或保持静止状态, 或保持其匀速直线运动状态……”时, 他显然是对数量有限的观察进行了归纳, 便概括出适用于整个宇宙的无所不包的归纳结果. 人们建立最初的理论用的是归纳方法. 现

代物理的归纳方法, 已发展到运用概率论和模糊数学去把握随机现象和模糊现象. 可以说, 物理学的所有理论都是人类体验归纳的结果.

演绎 演绎法和归纳法正好相反, 它是由共性推论个性, 从一般到特殊的推理方法. 演绎通常取三段论形式: 大前提——小前提——结论. 就是从某一基本观点、假设或规律出发, 对个别事物或现象推出有根据的即逻辑的结论, 从而确定这一事物或现象可能的新特性或新规律. 演绎法的胜利不胜枚举. 例如人们就是根据物质可分的观点, 认定基本粒子并不基本. 海王星、谷神星、正电子、中微子、电磁波的发现等等, 都是严密、准确、透彻的演绎推理导致的惊人成果.

除以上六种基本方法之外, 物理学研究还辅之以抽象、概括、比较、分类、假说等多种方法. 至于数学, 则只是把握事物的量的工具, 是从形和量来认识事物间逻辑联系的科学思维形式, 是物理学的一种表达方式. 现代理论物理几乎完全运用数学, 它也还只是一种工具, 数学方法也只是各种科学方法的逻辑的一部分. 不能把物理归结为数学, 应当在自己的思想中不参考数学形式来把握事物的物理本质.

最后应当指出, 每一种方法都有其重要意义, 但都存在一定的局限. 恩格斯曾针对当时的归纳万能论指出: “归纳和演绎, 正如分析和综合一样, 是必然相互联系着的. 不应当牺牲一个而把另一个捧到天上去, 应当把每一个都用到该用的地方, 而要做到这一点, 就只有注意它们的相互联系、它们的相互补充.” 任何试图寻找唯一的普遍适用的方法的尝试都是徒劳的.

费米实验室制造出反氢原子

美国费米实验室利用反质子累积器的气体喷注靶制造并探测到反氢原子, 从而验证了去年年初欧洲粒子物理实验室(CERN)成功制造反氢原子的实验结果.

这两个实验室的反氢原子实验均采用了查尔斯·芒杰瑞、伊万·施米特和斯坦利·布罗德斯基等人在1992年提出的理论: 当一个快速运动的反质子通过一个原子核时可以产生出一个正负电子对; 在罕见的情

况下, 正电子可能会粘着在那个快速运动的反质子上, 从而构成一个反氢原子. 较之CERN, 费米实验室的反质子源流强更高、能量也更高, 因而可望得到更高的反氢原子产额.

反氢原子实验成功的关键是使用了气体喷注靶, 它是由意大利科学家马里奥·马奇里和莫罗·马利利设计的. (爱民 编译)