

试论科学研究的方法*

王梓坤

一、研究科学方法的重要意义

做任何事情都要讲究方法,方法对头,才有可能顺利完成任务,收到事半功倍的效果。马克思在《资本论》第二版跋中说:“我的辩证方法,从根本上来说,不仅和黑格尔的辩证方法不同,而且和它截然相反。”马克思正是用唯物辩证法写出这部伟大的著作的。门得列耶夫(1834—1907)通过分类和比较,发现周期律;爱因斯坦(1879—1955)运用数学方法和理想实验,创立相对论;德布罗意(1892—)根据对称和类比的思想,提出物质波,他们的成就也都是与方法分不开的。

许多卓越的科学家如笛卡儿(1596—1650)、爱因斯坦等人都非常重视方法,甚至把方法论当作专题来研究。拉普拉斯(1749—1827)说:“认识一位天才的研究方法,对于科学的进步,……并不比发现本身更少用处。科学研究的方法经常是极富兴趣的部分。”(《宇宙体系论》)数学大师欧拉(1707—1783)给学生讲课时喜欢讲点轻松的东西,让学生感到惊异;他认为,如果只是做出了科学发现,而不阐述如何引向发现的思想,那就没有给科学做了足够的工作。俄国生理学家巴甫洛夫(1849—1936)说:“初期研究的障碍,乃在于缺乏研究法。无怪乎人们常说,科学是随着研究法所获得的成就而前进的。研究法每前进一步,我们就更提高一步,随之在我们面前也就开拓了一个充满着种种新鲜事物的、更辽阔的远景。因此,我们头等重要的任务乃是制定研究法。”

科学发展的过程,是人类对自然的认识逐步深化的过程。因此,尽管每一门科学都有它自己的专门研究方法,然而却有共同的指导思想,这就是唯物论的认识论和辩证法。自觉学习和运用辩证法,树立辩证唯物主义世界观,对科研人员极为重要。事实证明:凡是科学中的重大发现,都是自觉或不自觉地运用辩证唯物主义的结果。自觉性越高,科学洞察力就越强,对事物本质的认识也就越深。相反,如果走向形而上学、唯心主义,那就必定会把科学引向失败或毁灭。即使象牛顿(1642—1727)那样卓越的科学家,一旦把天体运动的原因归之于上帝“最初的一击”时,真理的大门立即对他关闭了。

研究科学方法,既要结合每门科学的特点,又要结合科学发展史。前人的思想、见解、方法、经验,可为将来的工作提供宝贵的借鉴。

*本文是北京师范大学校长王梓坤教授在我院讲学期间所作的一次学术报告。

由此可见,研究科学方法的意义在于:

第一,帮助科学工作者自觉地掌握正确的思想和工作方法,提高科学素养,包括科学的见解、才能和知识。

第二,通过对科学方法和科学史的研究,正确认识科学发展的主流、趋势、前沿和远景,以便合理安排我们的工作。

第三,帮助科研人员通过自己的实践,自觉地学习和掌握马克思主义的辩证唯物论。

方法论不只是一个方法问题,而是与世界观紧密相关的。热爱人民、热爱真理、热爱劳动,是掌握科学方法的重要前提和基础。马克思将他的一切发现和成就,都毫无保留地贡献给人民。他常说:科学不应当是一种自私的娱乐,凡是有幸从事科研的人,都应该是第一个用他的发现为人类服务的人(据拉法格的回忆)。许多科学大师在进行工作时,总是对自己提出最高的要求,态度十分严谨认真。在对问题的解答尚未完全满意以前,在自认为尚未浏览全部有关资料以前,他们决不轻易公布自己的结论。马克思本人对自己的作品就是力求完美充实,内容、观点、事实、结论自不待言,就连文体,他也非常注意。为了使文字简明准确,通俗易懂,他常多次改写底稿,使之成为完整的艺术品。

一个人的理想越崇高,他的工作毅力也就越坚强。毅力产生于理想中,勇气产生于斗争中。缺乏崇高的理想、认真的态度和高涨的劳动热情,就不可能掌握科学的方法。

我国古代在学术研究中,非常重视方法论。晋朝陆机的《文赋》,梁朝刘勰的《文心雕龙》,对文章的创作方法作了系统的精辟论述;司空图的《诗品》,王国维的《人间词话》,以及许多其它著作,对诗词的评价和创作都有所阐发。

清末的梁启超,在他所著的《清代学术概论》第26节中,曾比较他和他的老师康有为的治学方法,颇有意思,可供一读。他说:“启超与康有为有最相反之一点,有为太有成见,启超太无成见。其应事也有然,其治学也亦有然。有为常言:‘吾学三十岁已成,此后不复有进,亦不必求进。’启超不然,常自觉其学未成,且忧其不成,数十年日在旁皇求索中。故有为之学,在今日可以论定;启超之学,则未能论定。然启超以太无成见之故,往往徇物而夺其所守,其创造力不逮有为,殆可断言矣。启超‘学问欲’极炽,其所嗜之种类亦繁杂。每治一业,则沈溺焉,集中精力,尽抛其它;历若干时日,移于他业,则又抛其前所治者。以集中精力故,故常有所得;以移时而抛故,故入焉而不深。”

看来,康过于“有我”,因而保守自封,以己之一见而排斥新思想,而梁则过于“从众”,故常变主张而不能自造一新学说。但前者在独树一帜而后者在宣传普及新思想上,却各有所得。这就是由于治学方法不同而导致治学成果各异的一个明证。

梁启超还在《饮冰室合集,专集之19》中谈到康有为的治学方法:康(有为)先生之教,专标专精、涉猎二条,无专精则不能成,无涉猎则不能通也。

二、科学研究的一般方法

科学发现的两大武器是科学实验和辩证思维,简单说来,就是“试”和“想”。我们通过观察或实验,或者同大自然索取第一手资料,或者发现新现象,经过思维,把这些离散的

资料联系起来,使之成为一个完整的新的思想体系。检验这个体系的正确性的唯一标准是实践,如果它既能圆满地说明已有的现象(内符),又能正确地预见和指导将来(外推),而且能够多次反复,那么,这就是新的正确的理论体系。

实验与思维,二者不可偏废。机械唯物论者忽视思维,唯心论者贬低实验,都是片面的。

前人说:“一艺之学,智行两尽”。智指思维,行即实践。要养成深思熟虑的习惯,唐甄在《潜书》中说:“心,灵物也;不用则常存,小用之则小成,大用之则大成,变用之则至神。”富兰克林(1706—1790)说过:“常用的钥匙总是发光的”。可见前人深知脑子越用越灵之妙。英国哈雷(1656—1742)问牛顿:“你为什么会有如此重大发现?”牛顿说:“由于不断思索的结果。”有些人长于实验,有些人善于思维,兼备这两种才能,甚为重要,但却很不容易。历史上有些重大发现,是这两种人共同协作的产物。行星运动三大定律的发现,是这方面的范例。丹麦天文学家第谷(1546—1601),用了三十年的工夫,长期观察行星的运动,积累了丰富的资料。他的观察才能非常出色,却不幸短于理论分析,幸运的是,在他逝世的前一年,请得一位德国青年开普勒(1571—1630)当助手。后者恰好相反,观察技术并不高明,但理论研究却很有才华,而且酷爱数学。通过对第谷资料的分析,他起初假设太阳绕地球转,误差总是很大,与观察不符。于是改用日心说,假设火星绕太阳作圆周运动,计算结果仍不理想。最后他大胆创新,提出了“火星的运动轨道是椭圆,太阳位在椭圆的一个焦点上”的假设,结果与观察资料符合很好。就这样,第谷的精确观察与开普勒的深刻研究相结合,引导到行星运动三定律的发现。这些定律的发现,需要大胆的新思想。例如第一定律说:“行星沿椭圆轨道运动,太阳位于椭圆的一个焦点上。”通常只能设想圆周运动,因为行星运动时受干扰并不太大,它与太阳的距离应该不变,怎能设想一会儿近一会儿远呢?所以总结出行星运动三定律确实是一个远远超越常人想象的大胆设想,难怪爱因斯坦说:“开普勒的惊人成就,是证实下面这条真理的一个特别美妙的例子,这条真理是:知识不能单从经验中得出,而只能从理智的发明同观察到的事实两者的比较中得出。”(《爱因斯坦文集》第一卷,第278页)

美国科普作家I.阿西莫夫说:“在人与自然界斗争的智力角逐中,有三步棋是一定要走的:第一,必须把关于自然界某些方面的观测资料都收集起来;第二,必须把这些观测资料条理化;第三,必须从已经条理化了的观测资料中找出概括这些观测资料的某些原理。”(《科学与哲学》1980,4)而要走好这三步棋,必须善于实验与思维。下面围绕着“实验与思维”这个题目,分成十个问题来分析:

1. 选题与收集资料 选择专题,确定主攻方向,是具有战略意义的大事,领导者的远见卓识,主要就表现在这里。提出一般性的具有研究意义的问题需要学识,而指出开创性的新方向则需要巨大的想象力。历史上,伽利略(1564—1642)首次提出计算光速的问题,康德(1724—1804)、拉普拉斯研究天体的起源,都推动了科学的发展。为了正确选择主攻方向,需要对本学科的发展及目前的动态有较好的了解。任何学科在发展的长河中总有起伏,有进展缓慢的量变时期,也有大破大立,新思想新方向不断涌现的突变岁月。我们应了解目前的处境,这样才能恰当地选定研究的主题。

主题选定以后, 下一步围绕它广泛收集资料。要充分掌握前人的研究成果, 并尽量熟悉有关的具体事实。收集资料的方式有下列几种:

一是鲁迅式: 为了研究中国小说史, 他从上千卷书中寻找所需要的资料, 正如他自己所说: “废寝辍食, 锐意穷搜。”《古小说钩沉》、《唐宋传奇集》等书就是他辛勤辑录的成果。这是从文献中收集。

二是蒲松龄式: “喜人谈鬼, 闻则命笔。”他还特意摆上茶, 请路过的人来喝茶讲故事。这是向群众索取。

三是达尔文(1809—1882)式: 他从1831年踏上军舰作航行考察时开始, 远游海外, 研究生物遗骸, 观察生物习性, 前后垂二十七年, 终于写成轰动世界的《物种起源》, 恩格斯称颂它是一部划时代的著作。这是直接向大自然要资料。

四是李贺式: 唐朝著名诗人李贺, 《新唐书》说他: “每旦日出, ……遇所得, 书投囊中, ……及暮归, 足成之, ……日率如此。”可见他随时随地都在搜集资料, 然后“足成之”以制佳篇。

许多重大成果都是长期积累(渐变)与重点突破(质变)相结合的产物。如法国伟大的批判现实主义作家巴尔扎克创作时, 关门闭户, 不分昼夜, 十几天写成一本书, 一气呵成。这正是长期积累的结果。“涓涓不息, 将成江河”; “千里之行, 始于足下”。要勤于做笔记, 随时记下前人的见解和自己的心得。清代章学诚在《文史通鉴》中说: “札记之功必不可少, 如不札记, 则无穷妙绪, 如雨珠落大海矣。”

1845年, 恩格斯出版了《英国工人阶级状况》一书。事先他详尽地研究了前人有关这个问题的全部著作, 审阅了各种各样的官方和非官方文件, 其中许多是枯燥无味的官样文章。然而恩格斯还不满足, 他认为必须以感性知识来充实自己。于是他亲自访贫问苦, 倾听工人的意见, 并调查他们的住宅、工资及衣食等等情况。正是在这样充分掌握资料的基础上, 恩格斯终于准确地描绘出一幅关于工人的贫困图画。

2. 观察与实验 科研开始于观察, 其实岂止科研, 就是文学创作、军事行动等等也无不如此。孟德斯鸠在《波斯人信札》中说: “勇于求知的人决不至于空闲无事, ……我以观察为生, 白天所见所闻所注意的一切, 晚上一一记录下来, 什么都引起我的兴趣, 什么都使我惊讶。”观察是一种才能, 表现在能迅速抓住对象的主要特征上。法国短篇小说家莫泊桑曾向文学家福楼拜请教写作的方法。福楼拜说: “请你给我描绘一下这位坐在商店门口的人, 他的姿态, 他整个的身体外貌, 要用画家那样的手腕传达他全部的精神本质, 使我不至于把他和别人混同起来。”“还请你只用一句话就让我知道马车站有一匹马和它前前后后五十来匹是不一样的。”关于这点福楼拜进一步说: “对你所要表现的东西, 要长时间很注意地去观察它, 以便发现别人没有发现过和没有写过的特点。任何事物里, 都有未被发现的东西, 因为人们观看事物时, 只习惯于回忆前人对它的想法。最细微的事物里也会有一星半点未被认识过的东西, 让我们去发掘它。”培根在《论学问》中说: “多诈的人藐视学问, 愚笨的人羡慕学问, 聪明的人运用学问, 因为学问本身是并不教人如何用它们的。这种运用之道, 乃是学问以外、学问以上的一种智能, 是由观察体会才能得到的。”

有些重要的发现是直接由观察得到的。1977年3月, 我国及美国等发现天王星有环就是

一例,国际天文界称它为自1930年董波(1906—)发现冥王星以来,50年间太阳系天文学的重大发现(以前人们认为行星中只有土星有环)。事情的经过是这样的:1973年英国格林威治天文台预报,1977年3月10日天秤座内的恒星SAO158687将被天王星掩食。根据这一预报,我国及美国等天文界按时进行了观察。出人意料的是:在天王星本体掩食之前35分钟,就出现了掩食事件,光度计记录了光度读数下降7秒钟后回升,在以后的9分钟内,光度计又下降了4次,每次一秒钟;在本体掩食以后又发生了对称的五次掩食事件。这说明天王星至少有五个环,主环宽100公里,其它环各宽10公里。

观察只能在自然条件下进行,“拟看青龙寺里月,待无一点夜云时”,需要等待机会。而实验则可由人们事先控制环境,排除干扰,突出主要因素,因而能更好地调动人们的能动性,达到预期的目的。

有各种各样的实验,按其目的分类,有:

(1)定性实验:判定某因素是否存在,某些因素是否有联系,其对象的结构如何等等。例如,迈克耳孙(1852—1931)—莫雷(1838—1923)否定以太存在的实验、列别捷夫(1866—1912)证明光具有压力的实验,都属于这一类。另一著名的否定性实验是吴健雄(1913—)等人完成的。1956年,李政道(1926—)、杨振宁(1922—)提出了弱相互作用中宇称不守恒的假设,为了证实这一假设,吴健雄用 ^{60}Co 来做实验,但在常温下, ^{60}Co 本身的热运动会干扰实验的结果,因此,需要把 ^{60}Co 冷却到0.01K,使钴核的热运动停止下来以除去干扰,结果证实了这一假设。

(2)定量实验:目的是要测出某对象的数值,或求出对象与因素间的数量经验公式等。著名的例子如法国的斐索(1819—1896)测定光速的实验,汤姆生(1856—1940)求出电子荷质比的实验等等。汤姆生实验是这样的:在抽空的气体放电管两端加上高电压,这时,从阴极发出了一种射线。根据它在电场和磁场同时作用下的弯曲程度,可以测定阴极射线粒子的速度以及它的质量 m 和它的电荷 e 的比值 m/e 。原来这种粒子的质量约为最轻的氢原子的 $1/2000$,这就是电子的发现。

(3)模型实验:人们根据部分的观察,设想研究对象的大致轮廓,从而提出一个模型,它在某些方面反映了对象的特征。然而,这个模型是否真的近乎实际,还有待于更多的实验来检验,这一类实验就是模型实验。1910年,卢瑟福(1871—1937)等人以 α 粒子束注射金属时发现,有些粒子的轨道发生了大角度的散射,因而领悟到原子核的存在,于是提出了原子结构的行星系模型。然后,“用数学方法我算出了散射所应遵循的定律并发现沿着一定角度散射的粒子数目应同散射箔的厚度、同原子核电荷的平方成正比,并同速度的四次方成反比。这些结论在后来为盖勒与马斯登的一系列的漂亮实验所证实”。(引自卢瑟福《原子结构理论的发展》)

(4)析因实验:这是寻找主要原因或因素的实验。例如,1864年法国巴斯德(1822—1895)证明食物腐败主要原因是由于微生物的作用,这一实验还肯定了几个世纪悬而未决的疑难:生命不能在很短时间内从无生命物质中突然产生出来。

(5)模拟实验:在实验中创造条件以模拟自然条件或自然的演变过程。例如1952年,米勒用甲烷、氨、氢和水汽混合成一种与原始地球大气基本相似的气体,把它放进真空的玻

璃仪器中,并连续施行火花放电,以模拟原始地球大气层的闪电。只用了一星期的时间,居然在这种混合气体中得到了五种构成蛋白质的重要氨基酸,而在自然界中,完成这种转化需要几百万年。这为研究生命起源开辟了一条新途径。

(6)理想实验:根据日常的经验,人们认识到为了研究某个事物,有些因素是次要的,可以暂时放弃不计;只需抓住本质的东西,就可得到基本上正确的结论。例如,在研究地球绕太阳公转时,由于地球赤道半径只约有6378公里,比起日地的平均距离约14,960万公里来,小得几乎可以不计,因此,这时可以把地球当作一个“质点”来处理。于是,为了使事情大大简化,人们可以设想一种所谓理想实验,其中次要因素已被排除。这样就出现了数学中无部分的“点”,无宽度的“线”;物理中无形变的“刚体”,无粘滞性的不可压缩的“理想流体”,以及略去了分子体积和分子间相互作用的“理想气体”等等。历史上一个著名而又简单的理想实验是由伽利略所设想的,由此他发现了惯性定律。希腊的亚里士多德(前384—前322)说:“推一个物体的力不再去推它时,原来运动的物体便归于静止。”这个似是而非的论断,欺骗了世人一千多年,直到引起伽利略的怀疑为止。伽利略这样想:有人推一辆小车在路上走,如果他突然停止推车,小车并不立即停止,还会再走一段路,如果路面平滑,这段路就会更长些。他设想,如果毫无摩擦,小车便会永远运动下去。这确是一个大胆的革新思想,谁见过永远前进的车子呢?当然这个实验不可能实现,因为无法把摩擦全部消除,它只是一个“理想实验”。伽利略的想法后来由牛顿写成力学第一定律:“任何物体,只要没有外力作用,便会永远保持静止或匀速直线运动的状态。”后来,爱因斯坦高度评价了这一工作,他说:“伽利略的发现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。”爱因斯坦本人也是善于从事“理想实验”的,他在建立相对论时,也曾采用理想实验以帮助思维。

还有其它类型的实验,不一一列举了。

实验需要理论的指导,后者的作用表现在实验的设计思想上,表现在对实验进程和结果的分析、处理与理解上。此外,先进的仪器装置,熟练的操作技巧,都是必不可少的重要条件。1974年丁肇中(1936—)等发现J- ψ 粒子,如果不是他们事先花了很大力气以提高仪器的分辨能力,是不可能的,因为早在1970年,美国布洛海文实验室就发现过与它有关的奇怪现象,但他们的仪器无法辨认出这是不是由新的粒子所造成的。

3. 关于假设 实验的次数是有限的,而人的想象却是无限的。人们通过想象,提出假设,以使有限的资料连续化,并使之外延。假设有待于实践的检验,它是理论的预制品,是发展科学理论的必要途径。恩格斯说:“只要自然科学在思维着,它的发展形式就是假设。”

刘勰在《文心雕龙》中说过两句很形象的话:“神与物游”,“随物宛转”。他讲的是文章的作法,其实科研又何尝不是如此,思维应该追随物质而游动,产生想象,提出假设;同时还要随着事物的发展变化而不断修改假设,使之更好地反映实际。

假设是怎样出来的?大致有下列方法:

(1)由特殊到一般:把特殊情况下已证明无误的规律,提高为一般情况下的假设,至于它在一般情况下是否也正确则有待于检验。《老子》中说:“图难于其易,为大于其细”,

就有这个意思。这是最重要的一种方法，因为总的说来，特殊比一般要具体些，好研究一些。作为一例，可以举出哥德巴赫（1690—1764）猜想。哥德巴赫一定是对相当多的偶数，比如1000以内的偶数，作过检验，发现这些偶数都能表为两个素数之和，于是他才可能提出假设：“一切偶数都能表为二素数之和。”这里，“特殊”是“1000以内”，“一般”是“一切”。

（2）类比、相似或对称：梁启超说：所谓科学之精神何也？善怀疑，善寻间，……善用比较法，广举多数之异说，而下正确之折衷。已知在情况甲下结论A正确，现在乙与B分别和甲与A相似，于是提出假设：“在情况乙下结论B正确。”例如，卢瑟福通过实验，发现在原子的中心有一个直径很小（不及原子直径的万分之一）而质量却很大（占原子质量的绝大部分）的原子核，于是他把原子与太阳系对比，而提出了原子结构的行星模型。开普勒说：我珍贵类比胜于任何别的东西，它是最可信赖的老师，它能指示自然界的秘密。拉普拉斯说：“甚至在数学里，发现真理的主要工具也是归纳与类比”。欧拉（1707—1783）正是利用类比法第一次求出 $1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{9} + \frac{1}{16} + \frac{1}{25} + \dots$ 的值为 $\frac{\pi^2}{6} \approx 1.645$ 。

（3）移植：将一个学科中发现的法则或行之有效的方 法移用到其他领域中去。例如移用巴斯德的细菌致病说于医学中而产生抗菌消毒法，移用地震方法以研究月震等等。

（4）从分析实验数据中找出经验公式以待理论证明，例如开普勒从第谷的观察数据中找出行星运动第三定律： $T^2 = D^3$ ，即行星公转周期T（以年为单位）的平方等于它与太阳距离D（以日地距离为单位）的立方。

（5）分类：对已经发现的对象进行分析整理，按照某些重要特征将它们分门别类，从而找出规律以预见将来。我国伟大的药学家李时珍（1518—1593）很注意这点，他的分类方法很符合现代的科学原则。生物学中，由于采用分类而逐步引导到“物种起源”、“生物进化”等重要概念。门得列耶夫将元素分类，排成周期表，根据表中空格而预言尚未发现的元素镅，更是脍炙人口的佳话。相反，如果对已有的发现缺乏深入的分析，就很可能即使做出了新发现，也不会认识它。例如，不把已发现的基本粒子分类，人们就很可能不认识J-ψ粒子的重要性而把它当作通常的粒子看待。分类的主要问题是按什么分类。必须按主要特征，没有抓住主要特征，不但不能揭露规律，反而会掩盖它们。比如对基本粒子，人们是按照“寿命、自旋角动量、所参与的相互作用”等特征来分类的。

4. 逐步逼近法 归纳法的主要关键在于如何找出正确的假设，对此并无确定的程序可以保证把它找到。唯一的办法是采用逐步逼近法。第一次假设如果失败，就应找出原因，以便第二次假设时补救，于是我们前进了一步，如果继续前进，逐步逼近，最后总会找到正确的假设，但可能经历很长的时间。例如药物606是经过605次失败才制成的。至于如何尽可能减少中间的步骤，则有仗于人们的德识才学。例如关于地震的成因，已经有了不少的假说：断层说、岩浆冲击说、相变说、地球自转说、板块说等等，虽然没有得出最后的结论，但认识正日益深化，不断提高。再如癌症病因、太阳系起源等问题也处于类似情况。逐步逼近法是战略相持阶段，不仅需要艰苦的努力，而且需要勇敢的冒险精神，因为他很可能失败，而

这种精神来源于对人民、对科学的忠诚，来源于好奇心，来源于不可遏止的求知欲望。门得列耶夫说：他接连几天考虑如何把元素排列好，最后是在梦中完成的。“天才就是入迷”（木村久一），“天才就是毅力”（蒲丰），“天才就是勤奋”（歌德）。对一切无兴趣是平凡的特征，天才的表现首先在于发明、创造。

5. 逻辑思维与科学幻想 经过实践证实的假设就成为理论、公理或定律，人们从公理出发，利用逻辑推理，就可得出第一批新的结论，然后根据这些结论及原来的公理或新的公理，又可推出第二批结论。如是层层推理，这就是人们的逻辑思维过程，逻辑思维与文学中的形象思维有所不同，后者主要依靠典型的艺术形象，而前者则主要依靠公理、概念、定理来思维的。一个极其光辉的逻辑思维的例子是欧几里得（约前330—前275）几何学。爱因斯坦说：“世界第一次目睹了一个逻辑体系的奇迹，这个逻辑体系如此精密地一步一步推进，以致它的每一个命题都是绝对不容置疑的——我这里说的是欧几里得几何。推理的这种可赞的胜利，使人类理智获得了为取得以后的成就所必需的信心。如果欧几里得未能激起你少年时代的热情，那末你就不是一个天生的科学思想家。”列夫·托尔斯泰在他的名著《战争与和平》中也讲到学几何的故事：老亲王鲍尔康斯基热心于教女儿玛利亚学几何学，每次都吓得她心惊胆战；他走到女儿身旁坐下说：“小姐，数学是一门庄严的功课，它会把你脑子里的无聊念头赶出来”。这位老亲王不懂得教学方法是无疑的了，但他却能欣赏数学的“庄严”。这庄严，就是几何学中逻辑思维的严密性。数学在科学方法中占有重要地位。有人认为：科学方法乃因归纳与实验的结合、演绎与数学的结合而完成的。

虽然如此，逻辑思维还只是全部思维的一方面，另一方面，有时甚至是更重要的一方面是科学幻想，千里眼、顺风耳、腾云驾雾早已成为现实。罗巴切夫斯基（1792—1856）几何起初被称为幻想几何，后来却被证实为很重要的一种非欧几何。科学幻想虽然大大超越了它的时代，超越了现实的条件，略去了许多中间的推理步骤，却提出了最终的奋斗目标，因而往往能推动科学的跃进。对科学如此，对文学也如此。高尔基说：“如果没有虚构，艺术性是不可能有的，不存在的。”车尔尼雪夫斯基也说：“诗情中的主要东西，是所谓创作幻想”。

科学幻想常被戴上唯心主义的帽子，或者被各种所谓的“极限论”所扼杀。但历史证明，错误的正是极限论者自己。孔德（1798—1857）在1725年曾断言天体的化学成分永不可知，但就在他死后不到3年，由于光谱分析的发明而推翻了他的唯心主义不可知论的断言。又如1964年，巴黎大学教授俄歇提出了四个极限：一为观察的极限，即观察的范围不能超过100亿或150亿光年；二为旅行的极限，人类不能访问其它的行星系；三为能量的极限，不能达到极强的宇宙线的天然能量（ 10^{18} ）电子伏；四为人类的思维能力是有限的。其中第一个极限已快超过了，第四个是不可知论的翻版，第二、三个混淆了人类“今日做不到”和“永远做不到”的界限，它们迟早会被事实所推翻。再如有人说：“人不能创造比人更聪明的机器”。我认为没有必要为人类的创造能力划一界限。人类的创造能力，和他们的认识能力一样，也是没有极限的，理由是：第一，人不是超自然的，他也是生物进化长河中一定阶段的产物，而不是进化的终点。将来，即使在无人干预的情况下，也一定会出现更高级更聪明的人。历史也证明了这一点，猿人比类人猿聪明，现代人又比猿人更聪明，为什么将来

的人不会比今天的人更聪明呢？第二，当人类自觉地引用生物的方法参予到人的进化中来，就可能大大缩短进化的过程。因此，出现比今天的人更高级的“人”，乃是必然的趋势。当然，所谓“机器”应作广义的理解，如果只限于用钢铁等无机物做成的机器，那当然是无望的；生命是高级的运动形式，不能用低级运动形式来代替。

6. 智力的超限 我们常常在文艺作品中看到这样的“体力超限”的描写：某人平日跳不过1.5米的高度，然而，有一天，由于某种高尚思想所激动，奇迹出现了，他竟然跳过了1.7米，实现了超限。事情过后，他自己也很吃惊，简直不能相信这是自己的成绩，他再也不能跳这么高了！这里说的是“体力超限”。可惜的是，很少看到关于“智力超限”的描写。其实，在科学研究中，也常有这样的奇迹。并非夸张地说，不经过这样的超限，是很难取得重大的突破的。数学家高斯（1777—1855）说，有一条定理的证明折磨了他两年，忽然在某一刹那象闪电般想出来了。这是怎么回事呢？某人长时期攻研某一问题，不舍昼夜，苦心心地琢磨着，挥之不去，驱之不散，才下眉头，又上心头，他的思想白热化了，处于高度的受激状态，处于柏拉图所谓的迷狂状态。据说德漠克利特（约前460—前370）曾说：诗人只处于感情极度狂热或激动的特殊精神状态下，才会有成功的作品。柏拉图接受了这种诗人必须迷狂的理论。我们也都见到“演员进入角色”、“乐队指挥处于迷狂”的场面。忽然在某一刹那，或由于某一思线的接通，或由于外界的启发，他的思维，就象电子由低能态跃迁到高能态一样，也由常态飞跃到高级的受激态。这时的他已非平日的他，他超越了自己，超越了他平均的智力水平，完成了智力的超限。他的新思想如泉涌，如水注，头脑非常敏锐，想象力十分活跃，“思风发于胸臆，言泉流于唇齿”，从而问题迎刃而解了。达到了六祖慧能所谓的“顿悟”。其实“渐悟”与“顿悟”也是量变与质变的关系。等过一段时间再回头看时，他简直为当时自己所曾登上的高度而震惊，他说不出为什么那时能想出这么巧妙的东西来，他甚至不敢相信这是自己的创作了，要想再达到那时的高度，竟是非常困难的事，因为他已恢复常态，不是那时候的他了。在这个问题的智力上，现在的他，要比那时的他矮小得多，除非他再经过很长时间的努力，再来一个超限。可惜的是，这种境界，在人的短暂一生中，难得出现几次。能不能让它多出现一些呢？除了长时间坚持不懈地努力外，恐怕没有其他方法。“欲穷大地三千界，须上高峰八百盘”。此话甚对。

7. 实验与思维的相互促进 人们通过观察或实验，发现新的事物，这些新事物往往不是原有的理论所能解释的，于是激励人们通过思维以创立新理论，这种新理论，又预见一些尚未发现的事物，等待人们通过观察或实验去检验。如是继续下去，我们称之为一个“发现过程”，记为

“实验→新事物→新理论→新事物→实验→”

（发现）

（预见）

许许多多这样的“发现过程”汇总成整个科学发展的大过程。由此可见，实验与思维是相互促进的。我们来看一个例子：J-ψ粒子的发现。

在1974年J-ψ粒子发现以前，人们发现的基本粒子已有二百多种，它们可分成四个族：光子族、轻子族、介子族和重子族。后两族合称为强子族。强子族成员最多，基本粒子如此之多，自然使人想到，应该还有比它们更基本的粒子——我国称之为层子，国外称之为夸

克。如果假定存在三种层子 u 、 d 和 s ，介子由一个层子和一个反层子构成，重子由 3 个层子构成，就能很好地解释强子的大量性质。1974 年美国布洛海文实验室丁肇中实验小组，在大力提高仪器的分辨能力后，发现用高能质子打铍靶后所产生的电子-正电子对，几乎都是从质量约为 31 亿电子伏，寿命相对说来较长为 1 万亿亿分之一秒 (10^{-20} 秒) 的粒子衰变出来的，他们称这个粒子为 J 粒子。同年，另一个组也发现了它，称为 ψ 粒子，故合称为 $J-\psi$ 粒子。

这粒子新奇之处，在于它既不属于光子族、轻子族和重子族（由于寿命过长而不属于光子族，由于自旋角动量是 $\hbar$ 的整数倍而不属于后二族），也与原有的“老”介子不同，“它是由一种与‘老’层子 u 、 d 、 s 不同的”新层子 c 及其反粒子 $\bar{c}$ 组成的。因而新事物 ($J-\psi$ 粒子) 的发现导致新理论的建立：必须考虑四种层子： u 、 d 、 s 和 c 。根据这一理论，人们预言，存在新粒子，它由新层子 c 和其他老层子组成，这一预言被证实了（例如，由 c 、 u 构成的粒子已经找到）。

1977 年 8 月，人们又发现新的重粒子 ϵ ，比 $J-\psi$ 粒子重三倍。这种粒子之出现，使人们设想可能有第五、六种层子。

任何发展过程都有它的幼年、壮年和老年，每个发现过程也是如此。一般说来，新事物之出现为其幼年，理论上突破为壮年，随后其影响逐渐衰减，不能再导致新的发现时达到老年。有些发现过程的寿命很长，而另一些则短些。由 1895 年伦琴 (1845—1923) 发现 X 射线所揭开序幕的放射性元素的发现过程，由 1928 年弗来明 (1881—1955) 发现青霉素所开始的抗菌素的发现过程等等，至今仍有其强大的生命力。许多发现过程此起彼伏，汹涌澎湃，共同汇成自然科学飞速发展的洋洋壮观。

8. 关于实践检验 实践是检验真理的唯一标准，这是马克思主义的一条基本原理，是非常正确的。能获得许多实践活动所检验的理论连最顽固的不可知论者，也会在事实面前哑口无言。不可知论者有时所以嚣张，常发生在短时间难以用实践检验的问题上，例如宇宙有限还是无限？时间有无开头？天体（生命、元素等）如何起源？对久已废弃的马亚文字如何解释？哥德巴赫问题、费尔马 (1601—1665) 问题等等。这些问题所以难以检验，或者由于它们涉及无限，或者由于难于重现。在这些短时间内难以用实践检验的问题上，科学家特别需要辩证唯物论的指导，才能保持清醒的头脑而不迷失方向。许多科学家到后来都由于对宇宙的认识而产生一种观点，一种信仰，例如爱因斯坦认为电磁力、引力有同一起源而引导他去研究统一场论，等等。

9. 理论与实际的关系 正确处理这一关系，对科学的发展影响极大。片面强调任何一面而忽视另一面，必然会造成严重后果，这是历史事实所多次证实了的。理论联系实际，是处理这一关系的唯一正确方针。有些基本理论很快就得到应用，而另一些却等待了很长时间。公元前 350 年梅尼莫发现的圆锥曲线（包括椭圆、抛物线、双曲线），经过公元前 220 年左右的阿波罗尼阿斯的苦心研究，发展成为相当完美的理论。然而，在随后的将近 2000 年间，它几乎没有得到应用；直到开普勒、牛顿用它来研究行星的轨道，才取得了巨大的成功。另一方面，奥托·哈恩 (1879—1968) 发现核裂变后，只六年，即 1945 年，就爆炸了第一颗原子弹。由此可见，从理论到应用的时间，不仅依赖于理论本身，而且涉及其它科技

术的发展水平,涉及社会实践的需要。在这个问题上不能操之过急。据说,昆虫学家施万雄奇终生研究蝴蝶翅膀上的花纹,遭到许多嘲笑,说这是十足脱离实际的繁琐哲学。然而,由于列宁格勒被希特勒匪徒所围困,军事目标必须伪装起来。这时,人们发现对蝶翅花纹的构图原则只有十分模糊的概念,于是吸收施万雄奇参加工作。结果他对保卫城市免于空袭作了十分有益的事情。这个故事说明理论储备是重要的。当然,在制订科研计划时应考虑实际需要而有轻重缓急之分,但这与打击排斥基本理论完全是两回事。

10. 组织与领导 科研是面对大自然的永无休止的战斗,既要有善于冲锋陷阵的优秀战士,又要有兵团的有机配合,更需要卓越的各级指挥员。科学发展愈深入,它的社会化程度就愈高。现在,牛顿式、爱迪生(1847—1931)式的个体和小集体的劳动者固然很重要,但科学发展的主流不能不是整个国家甚至国际间的大兵团作战。这样,就必须研究科学本身,包括现阶段的主攻方向、各学科间的配合、队伍的组织、基地的建设等等。目前新兴的科学就是应需而生的一门新学科,值得很好注意。

在旧中国,科学家的社会地位低下,近于皇帝大官们的弄臣。司马迁说:“文史星历,……固主上所戏弄,倡优所畜,流俗之所轻也。”许多能工巧匠和科学家,过着“科穷而后工”(穷困潦倒地从事优秀的科学工作)甚至“科工而后死”(科研取得卓越成就后被迫害致死)的悲惨生活。赵县石桥,雄视千载,然而它的修建者李春,却默默无闻。如果不是唐朝张嘉贞在《安济桥铭》中记了一笔,甚至连他的名字也不会为后人所知。张嘉贞说“赵州胶河石桥,隋匠李春之迹也。制造奇特,人不知其所以为。”又说:“非夫深智远虑,莫能创是。”《天工开物》的作者宋应星(1587—?)愤然地说:“请那些热衷于科学大事业的人,把这本书扔到一边去吧!它对于猎取功名、追求高官厚禄是毫不相干的。”东汉名医华佗(?—208),医术超群,万代景仰,却不幸被曹操所杀害,令人发指。

1957年10月4日,苏联发射了第一颗人造地球卫星,这是科学技术史上划时代的大事。但有谁能想到,卫星的第一个总设计师科罗廖夫却是被处死罪的苦役犯。他出生于1907年,25岁时出版专著《火箭发动机》,29岁时和同事们成功地设计了苏联第一代火箭飞机。1937年陆军参谋长图哈切夫斯基因间谍嫌疑被枪决;科罗廖夫受到牵连,被判死刑,押赴西伯利亚一小岛上挖金矿。由于著名的飞机设计师杜波列夫的苦心营救,才转到特种监狱工厂研制火箭,每天工作12小时。卫星上天后,他仍不能公开露面,而且他的所谓保卫人员仍是当年监狱的警卫。他心身饱受折磨,1966年1月,终因劳累过度、心力衰竭而死。他的出众才华和坎坷遭遇,令人俯首长叹,久久不释于怀。

三、科学发展过程中的突破

自然科学的重大突破,标志着人类对自然规律的认识有了新的飞跃,基础理论有了重大的进展,常能促进科学技术的发展,甚至带来重大的技术革新或技术革命。历史上电磁理论的建立导致工业电气化,原子核结构及核裂变规律的发现导致原子能的释放与利用,都是突破的重要先例。

1. 突破的方式主要有两大类:或者从实验上突破,或者从理论上突破。详细说,可分

为下列七种：

第一，通过实验或观察而发现新现象或新事物，从而打开了新领域的大门，或者揭开了某项发展的序幕，或者使研究进入了一个新层次。众所周知，自然界呈现着层次结构。例如：物理学研究的对象可分为基本粒子、原子核、原子与分子、聚集态及天体等五个层次；生物学的研究对象可分为群体、个体、细胞及分子等四个层次。使我们的认识深入一个新层次的发现都是一次突破。例如，细胞的发现，使生物学的研究由个体水平进入细胞水平；随后，1953年发现DNA的双螺旋结构，诞生了分子生物学，研究对象又由细胞水平深入到分子水平。细菌的发现为医学开拓了新方向，青霉素的发现揭开了抗菌素研究的序幕。青霉素的发现具有一定的偶然性；由此可见，不要忽视偶然发现是何等重要。

第二，通过实验或观察，证实了理论的预言，从而把理论大大推进一步。例如1928年，狄拉克（1902— ）从电子运动的方程出发，预言存在着一种具有负能量的电子。这一思想，在当时确实大胆到近于荒谬。然而，三年后，美国的安德逊（1905— ）在分析宇宙射线的照片时，发现了一种新粒子，它的电荷为正，质量与电子的相同，取名为正电子，从而证实了狄拉克的预言。这一发现，吹响了科学界向粒子世界进军的号角。

第三，由于攻克某一久悬未决的重大问题，解放了人们的思想，开辟了新的研究方向。例如，罗巴切夫斯基研究平行公理而发明新的几何学。

第四，根据最新的实验成果，提出新的公理或假说，建立新的思想体系。例如普朗克（1858—1947）的量子论，爱因斯坦的相对论、康德的天体起源说等。

重大理论的共同特征是能把许多似乎无关的事实联系起来。地球绕日、彗星遨游、苹果落地，表面上毫不相干，但牛顿却证明它们都是万有引力的结果。同样，生物进化论也是如此。这样，人们便不得不把这些理论列入人类智慧的伟大成就之林

第五，广泛收集证据，严谨地论证并推进某一学说。例如关于原子论的多次突破（电子的存在、原子核的结构、中子的发现）、生物进化论等。

第六，提出新理论，圆满地解释新发现的奇特现象，并作出正确的预言。1911年，卡曼林—昂尼斯（1853—1926）发现，当温度下降到4 K以下时，水银电阻突然趋于0，这就是超导现象首次发现。电阻完全消失后，电流就会长期持续下去，这当然是非常有意义的事。但如何从物质的微观结构找出形成超导的原因，却是一个重大的理论问题。它是1957年，由美国的老科学家巴丁（1908— ）、二十几岁的库柏（1930— ）和研究生施里弗（1931— ）所共同提出的超导微观（BCS）理论所解决的，由此他们获得1972年诺贝尔物理奖。巴丁是发明晶体管的老将，由于库柏熟悉量子理论和数学物理方法，巴丁请他来一起协作，他们既认真研究了前人的成果（导电电子与晶格振动的相互作用，能隙的存在，速度空间的凝聚），又提出了两个电子组成的对——库柏对的新概念，最后由年轻的施里弗用简单方法所突破。这一故事说明多种学科、多种才能的联合作战是强有力的。

第七，由于引进先进技术、改善实验设备，大大提高了人们的认识 and 思维能力，从而打开了新局面。现在用场离子显微镜可以看到直径只有0.3 埃的原子，用射电望远镜可以观察100 亿光年远的天体。电子计算机原来主要用于高速计算，1976年用它解决了数学上一百多年久悬未决的四色问题。这件事的重大意义，在于表明机器可以帮助思维作出逻辑证明。

前两年又报导,电子计算机帮助人们证明:由317个1构成的数是一素数。这光用人力是很难做得到的。

2.目前面临着理论上的大突破。目前是科学实验与技术领先而理论则相对落后的年代,其原因是由于实验仪器设备不断改善,人类的感官深入到许多以前无法达到的领域,从而使感性知识积累的速度空前提高。例如,关于火星、金星和其它星系的新知识越来越多,新的粒子层出不穷。这就向理论提出了许多新问题,要求建立象当年的量子论、相对论那样崭新的理论来统帅一些新发现,而这种理论的建立,则需要很长的时间和非凡的智慧。一些人预测,将取得重大进展的学科有物理学(基本粒子的一般理论,把引力、电磁力、核力等结合起来的普遍理论、物质在宇宙中的扩散程度等),生物学(生物体内的信息如何保存与转移)等。当然,这并不排斥其它学科。其它问题,甚至通常视为“冷门”的领域也可能发生重大突破。

四、学习爱因斯坦的科学研究方法

爱因斯坦是历史上罕见的伟大的科学家,学习他的科研方法对后人无疑是有益的。

1. 关于建立新的思想体系

屠格涅夫说:“……在一切天才身上,重要的是我敢称之为自己的声音的一种东西,……重要的是生动的、特殊的自己个人所有的音调,这些音调在其他人的喉咙里是发不出来的,……一个有生命力的富有独创精神的才能卓越之士,他所具有的重要的、显著的特征也就在这里。”那么,爱因斯坦所有的“自己的声音”是什么呢?依我看来,这就是他多次反复谈到的需要建立新的思想体系。爱因斯坦的方法基本上是演绎法,而演绎法的依据是思想体系,他不太重视经验定律和归纳法,认为这样只能停留在经验科学的水平上。他说:“适用于科学幼年时代的以归纳为主的方法,正在让位给探索性的演绎法。”(《爱因斯坦文集》,第一卷,第262页)“没有一种归纳法能够导致物理学的基本概念。对这个事实的不了解,铸成了十九世纪多少研究者在哲学上的根本错误。”(同上,第357页)他认为:经验科学的发展过程就是不断归纳的过程;人们根据小范围内的观察,提出经验定律或经验公式,以为这样就能探究出普遍规律,其实这是不够的,这不能使理论获得重大的进展。那么应该怎样做呢?应该“由经验材料作为引导”,“提出一种思想体系,它一般地是在逻辑上从少数几个所谓公理的基本假定建立起来的”。(同上,第115页)对这个体系的要求,应该是能把观察到的事实联结在一起,同时它还具有最大可能的简单性。所谓简单性是指“这体系所包含的彼此独立的假设或公理最少”。(同上,第299页)至于思想体系的内容,它应该由“概念、被认为对这些概念是有效的的基本定律,以及用逻辑推理得到的结论这三者所构成的”。

如何建立思想体系?爱因斯坦认为科学家的工作可分为两步,第一步是发现公理,第二步是从公理推出结论。那一步更难些呢?他认为,如果科研人员在学生时代已经得到很好的基本理论、推理和数学的训练,那么他在第二步时,只要有“相当勤奋和聪明,就一定能够成功”。至于第一步,即要找出作为演绎出发点的公理,则具有完全不同的性质,这里没有一

般的方法,“科学家必须在庞杂的经验事实中抓住某些可用精密公式来表示的普遍特性,由此探求自然界的普遍原理”。其实,善于抓住公理,除了研究人员的远见卓识、革新精神和非凡的科学洞察力外,他还必须站在历史的转折点上。“时势造英雄”,让历史为他提供条件和选择,时机未成熟,是不可能的,正如牛顿不可能抓住光速不变原理一样。如果公理选择得当,推理就会一个接一个,其中一些是事先难以预料的。牛顿力学、相对论、普朗克的量子论都是光辉的榜样。

爱因斯坦富于革新精神,这表现在他对一些人们认为不证自明的概念如“同时性”、“质量”等的重新考虑上。在他看来,许多所谓常识的东西,其实不过年幼时代被前人灌输在心中的一堆成见,这堆成见是需要重新审核的。它们很可能是由于我们处于宇宙一个局部领域而见到的特殊现象,并不是宇宙的一般规律。例如,物体运动时长度似乎不变只是低速世界的特殊现象,长度随着速度而变化才是宇宙的一般规律。

爱因斯坦多次强调客观规律的存在及其可知性,所以他基本上是一位自然科学的唯物论者。他说:“要是不相信我们的理论构造能够掌握实在,要是不相信我们世界的内在和谐,那就不可能有科学。”(同上,第379页)“相信世界在本质上是有序的和可认识的这一信念,是一切科学工作的基础。”(同上,第284页)

2.关于科研才能 通过爱因斯坦对一些科学家的评价,可见他很重视下述几种才能:

(1)想象力 爱因斯坦的方法既然主要是演绎的,所以他特别强调思维的作用,尤其是想象力的作用。他认为科学家在探讨自然的秘密时,“多少有点象一个人在猜一个设计得很巧妙的字谜时的那种自由”,他需要极大的想象力。不过“他固然可以猜想以无论什么字作为谜底;但是只有一个字才真正完全解决了这个字谜”。(同上,第346页)同样,自然界的问题也只有一个答案,所以最后还是应该受实践的检验。在谈到想象的重要性时,他说:“想象力比知识更重要,因为知识是有限的,而想象力概括着世界上的一切,推动着进步,并且是知识进化的源泉。严格地说,想象力是科学研究中的实在因素。”(同上,第284页)黑格尔在《美学》中说:“如果谈到本领,最杰出的艺术本领就是想象”。韩非《解老篇》中谈想象:“人希见生象也,而得死象之骨,案其图以想见其生也,故诸人之所以意想者皆谓之象也。……故曰‘无状’之状,无物(象)之象。”高尔基说:“艺术是靠想象而存在的”。小时候想象力得不到发展,就不可能成为文学家、艺术家和科学家。想象力之对于科学,其重要性不下于它之对于文学。文章如无想象,就会成为一潭死水式的帮八股。同样,科学如无想象,就很可能停留在一些皮表的、抓不住本质的经验公式上。不过二者之间也有不同,科学中的想象最后要受到实践的毫不留情的检验,而文学创作中的想象虽然也应反映客观实际,但却比较灵活,例如,小说中某角色的结局不必是唯一的。

(2)直觉的理解力 他赞扬玻尔(1885—1962)说:“很少有谁对隐秘的事物具有这样一种直觉的理解力,同时又兼有这样强有力的批判能力。”(同上,第179页)评论埃伦菲斯特(1880—1933)时说:“他具有充分发展了的非凡的能力,去掌握理论观念的本质,剥掉理论的数学外衣,直到清楚地显露出简单的基本观念。这种能力使他成为无与伦比的教师。”(同上,第325页)

(3)数学才能 这是演绎法所必不可少的。在谈到牛顿时说:“他(牛顿)不仅作为

关于作文评分电子计算机化的研究

肖 鸣 政

内 容 提 要

众所周知,作文评分有史以来,人们一直习惯于进行手工操作式的主观评定。既费时又费力,误差又大。能否采用电子计算机来评定,改进评分的客观性,这是目前标准化考试中遇到的一个难题。本文对此作了一次开创性的试验研究。

首先,文章根据实际所遇到的评分问题提出了模糊综合判别——电子计算机评定方法;其次,介绍了该次试验的全过程,并展开了各种试验结果;接着,对试验进行了定性定量的分析,得出了如下几个主要的结论:①该方法能有效地控制评分员评定结果的悬殊差异;②评定的分数更为客观;③省时省力;④有利于评分员的鉴别与挑选。最后,在讨论与总结整个试验情况的基础上结束了全文,提出了该次试验研究的结果:模糊综合判别——电子计算机评定方法具有经验评分与现行高考评分两种方法无可比拟的优点,为作文评分的科学化和电子计算机化开创了一条新路。

众所周知,目前高考评分中误差最大的就是作文题中的评分误差。据江西省招办85年对高考作文评分结果的统计,发现同一批教师对同一批作文评分的宽严程度摆动的两极差达到

某些关键性方法的发明者来说是杰出的,而且他在善于运用他那时的经验材料上也是独特的,同时他还对于数学和物理学的详细证明方法有惊人的创造才能。”(同上,第222页);

“关于牛顿,始终给我深刻印象的是他的双重的天才——在纯数学和数学物理学方面以及在实验科学方面。”(同上,第619页)爱因斯坦本人的数学已经是很好的了,但他说:“我总是为同样的数学困难所阻”。(同上,第453页)由于研究的需要,他专门请了一个很强的年轻的数学助手。

以上的几种才能都是关于思维方面的,而关于科学实验方面都没有提及,因为爱因斯坦本人只注意演绎法。由于时代的限制,他的方法论并不是完全无可非议的,例如对归纳法的轻视、强调“自由创造”等,但每个人都不可能十全十美,不能要求他成为完人。

340多年前,英国出了牛顿,后来又出了达尔文,100多年前,德国出了爱因斯坦,下一个大科学家该出在哪里呢?有人说:中国应该出自己的爱因斯坦,出自己的爱迪生。这句话说得好极了。我国人民非常勤劳,非常聪明,非常勇敢。我国在古代尚且作出了巨大的成绩,今天我们生活在幸福的社会主义时代,就一定会对人类作出更大的贡献。