

科学教育要为提高原始性创新能力打好基础

〔关键词〕 科学教育 原始性创新能力 问题意识 非智力因素 〔中图分类号〕 G4 G3

项红专

(杭州师范学院继续教育学院 浙江 310036)

改革开放以来,我国科技事业取得重大成就,但不容置疑的是,我国原始性科技创新能力仍然比较弱。主要事实是:尽管诺贝尔奖的颁发已逾百年,但我国本土科学家却一直榜上无名;发明专利数仅是美国和日本的1/30、韩国的1/4;最能反映我国科技创新水准的国家自然科学奖、技术发明奖曾连续4年一等奖空缺。除了观念、政策和制度原因外,教育是一个重要因素。中学科学教育理应培养学生全面的科学素养,为原始性创新能力培植基因;但由于受到应试教育影响,科学教育的功能发生了异化。今后必须从以下方面转变观念、加大改革力度,才能为提高我国原始性科技创新能力打好基础。

1. 激发好奇心 “好奇心是学者的第一美德”,是最基本的科学素养。亚里士多德认为,发展科学需要3个条件:好奇心、有时间、有自己的选题。这第一个条件,便是好奇心。有人问丁肇中教授,是什么使自己几十年在实验室从事着在别人看来枯燥无味的研究工作?丁先生的回答只有两个字:“兴趣”。兴趣源之于好奇。朱棣文教授说:“要成为一名优秀的物理学家首先要有好奇心,对自然的好奇,对于普遍事物的好奇”。发现生物DNA双螺旋结构的克里克把他的自传取名为《狂热的追求》;而没有强烈的好奇心,哪会有狂热的追求?!荣获2002年度国家自然科学一等奖的蒋锡夔院士也认为,科学的动力是好奇心。他带领的一群科学工作者取得今天这样的成果,正是从20多年前的好奇开始的。事实上,爱因斯坦之所以创立相对论,重要的条件是他有强烈的好奇心,驱使他去思考一般人认为不成问题的空间问题和时间问题。因此,科学教育应把激发学生的好奇心作为重要任务,使学生真正对科学着迷、痴迷,而不仅仅是为了考试成绩和竞赛得奖。要激发学生的好奇心,培养学习科学的兴趣,重要的一点是要善于挖掘科学课程的内在因素,注重教学方法和艺术。普朗克上小学时,他的老师说:“想象一下,一个工人举起一块重石头,奋力顶住它,把它放在房顶上,他做功的能量没有消失。多少年以后,也许有一天,石头掉下来砸了某人的头。”这个解释能量守恒的例子使儿童时代的普朗克终身难忘。就像他被那块落下的石头砸着一样,它使普朗克对支配着物质世界的物理规律产生了强烈

的好奇心,并且从此对物理学产生了浓厚的兴趣。

2. 培养问题意识 问题是科学发现的源泉。波普尔认为,科学发展的过程为:问题1→试探性理论→消除错误→问题2。爱因斯坦说过:“提出一个问题比解决一个问题更重要”,“我没有什么特别的才能,不过喜欢寻根刨底地追究问题罢了。”著名学者胡适说过:“试想伽利略和牛顿有多少藏书?有多少仪器?他们不过是有问题而已。”李政道教授指出:“求学问,需学‘问’,只求答,非学问。”我想说,有问题不一定有创造,但有创造一定有问题。善不善于提出和思考问题在很大程度上是检验一个人是否具有创造性思维和创造才能的重要尺度。当记者询问诺贝尔奖获得者拉比成功的原因时,他用小时候每天放学回到家里,母亲通常说的第一句话作了回答:“伊萨克(拉比的全名为伊萨克·伊沙德·拉比),你今天问了什么有用的问题吗?”杨振宁教授读小学时就有爱刨根问底的天性。丁肇中在读中学时就经常提出一些问题,而且这些问题有时他的老师也无从解决。丁肇中在中学时代就具备的这种提问的科学素养,为他日后从事科研奠定了基础。到了20世纪70年代,似乎所有已经知道的基本粒子都可归结为由3种夸克组成,所有的现象都可以用3种夸克来解释,而丁肇中却提出了“为什么宇宙中只有3种夸克”的问题,经过艰苦的实验最终导致了第四种夸克的发现。因此,在科学教育中,要重视培养学生的问题意识,变学“答”为学“问”,要把重心从培养学生分析和解决问题的能力进一步转移到发现和提出问题的能力上来。教师的职责不仅仅是把学生教懂,更重要的是应把学生教得“不懂”,也就是说,教师通过教学解决了学生原有问题的同时又激发学生产生了更多的新问题;让学生带着问题走进教室,带着更多的问题走出教室。

3. 鼓励怀疑批判 科学总是在怀疑中进步、在批判中发展,怀疑批判是科学进步的保障和原动力,批判是科学的生命。著名物理学家费恩曼认为:“在科学中,怀疑是举足轻重的”,“怀疑不但不可怕,而且是极具有价值的东西。”马赫认为,科学工作者应该具有“坚不可摧的怀疑态度”,拥有“罕见的独立判断力”。恩格斯说过:“怀疑—批判”的头脑是科学家“另一个重要的仪器”。在科学发展史上,

J·J·汤姆逊→卢瑟福→玻尔→海森堡,这4代师生都是在质疑和挑战老师的观点的过程中取得了创新性的科学成果,这些成果有力地推动了20世纪的物理学革命。因此,科学的本质不是证实真理而是不断更新真理。科学本身具有一个永恒不变的特性——变化。丁肇中教授说过,物理学的真理随时间而变化。J·J·汤姆逊也说过:“从事现代科学研究的人应该首先牢记:定律是跟政策差不多的东西,决不可视之为教条。”毫无疑问,在科学中我们说的所有东西、所有结论都具有不确定性。科学不能够提供绝对真理或肯定无疑的真理,任何科学理论都是相对真理,都有一定的适用范围和条件。在科学教育中,应弥漫民主和谐的气氛,鼓励学生进行批判性思考;要鼓励学生在充分思考的基础上敢于大胆质疑,不迷信、不轻信,更不盲从;要培养学生有敢于怀疑牛顿、爱因斯坦的勇气,使学生敢于向权威挑战、向教材挑战和向教师挑战;应倡导合理的怀疑,如学生提出的“反物质与反物质之间、反物质与普通物质之间万有引力定律是否也一定成立”等质疑值得大力鼓励;同时,还要宽容学生的失败,允许幼稚、允许错误,多鼓励、少批评,保护学生勇于质疑的积极性。

4. 倡导探究式学习 爱因斯坦说:“如果一个人忘掉了他在学校里所学到的每一样,那么留下来的就是教育。”著名科学哲学家皮尔逊也说过:“教育是洞察和智慧的培养,是心智的训练。”教育的本质应该是教会人进行思考,进行辩证而富于创造性的思考。智慧是掌握知识的方式,知识关注的却是现成的答案;智慧关注的是未知的世界,而缺乏智慧的教育却是没有创造力的教育;有了智慧不仅能继承知识,还能发展和创造知识。在教学中,不仅要使学生知道是什么(What),还要知道问题为什么(Why)被提出来,又是如何(How)解决的。科学的核心是探究,教育的重要目标是促进学生的发展,科学教育应当体现这两者的结合。科学探究是指让学生运用一定的科学思维程序去探索知识的过程,这种思维程序与科学工作者进行探究的思维过程是相似的。要大力倡导探究式学习、提供充分的科学探究机会,使学生通过亲身参与科学探究活动,领会科学探究的基本程序——提出科学问题、进行猜想和假设、制定计划和设计实验、获取事实与证据、检验与评价、表达与交流。这样不仅使学生掌握了科学知识和技能,更重要的是学会了终身受用的科学思维方法,培养了进行科学探究所需要的能力。正如诺贝尔奖获得者伯格所说:“鼓励青年人自己去发现他们追求的答案,不是一种最容易的学习方法,但却是回报最丰厚的学习方法”;“随着时间的推移,学过的许多东西将会忘记,但是我们提出问题和找出答案的能力几乎不会丢掉。任何地方的学

校都应当认真汲取这个经验”。

5. 注重动手能力的培养 科学发展离不开科学实验,科学实验不仅是科学理论产生的基础,而且也是检验科学理论的标准。丁肇中教授说过:“实验科学是科学技术中最活跃的部分。自然科学是实验科学,任何理论和自然科学现象不符合就不能存在。它是发展自然科学的重要基础和动力。”在1901~2000年这100年中,诺贝尔科学奖获奖成果共有334项,其中实验成果占72.75%(约3/4)。动手能力的训练有助于大脑的健康发展,不少科学家从小就十分喜欢动手。从小动手能力就很强、达到“装配工”水平的朱棣文,在中学里自己动手做了一个物理摆,并用它“精确”地测量了重力加速度。颇具戏剧意味的是,25年后,朱棣文将激光冷却原子的技术应用于高精度测量重力加速度,为此朱棣文获得了诺贝尔物理学奖。化学家鲍林13岁时,就经常在一个亲友家的实验室做实验。由于认识上的误区,长期以来中学科学教育存在着重理论、轻实验的倾向,黑板上讲实验、考试背实验的现象依然十分严重,教师的实验意识在淡化,学生的实验能力在退化。学生动手能力弱不仅不利于培养学生的科学素养,还是导致我国技术发明数量不足和缺乏高素质劳动者的重要原因。因此,在科学教育中,要强化实验意识、重视低成本实验的开发,注重在做中学、把动手和动脑结合起来,培养学生勤于动手的习惯,同时还要加强对动手操作能力的考核。

6. 重视想象力的培养 想象力是创造力的基础,没有想象,就没有创造;善于创造,就必须善于想象。爱因斯坦说过:“想象力比知识更重要,因为知识是有限的,而想象力概括世界上的一切,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。”著名物理学家德布罗意说:“想象力和直觉本质上都是智慧所固有的能力,他们在科学的创造中起过,而且经常起着重要的作用。”想象力之所以重要,不仅在于引导我们发现新的事实,而且激发我们作出新的努力,因为它使我们看到有可能产生的后果。例如,牛顿从树上的苹果想到天上的月亮,他想:如果苹果树长得像月亮那么高,上面的苹果是否也会落地呢?道尔顿富于建设性的想象力,也导致其创立了原子理论。在科学教育中,要注重学生想象力的培养,避免用标准答案去束缚学生的想象。例如有这么一道试题(设计性实验题):怎样用一个气压计测定一栋高楼的高度。如果让我们的学生开动思维、发挥想象力,就会设计出各种新颖方案:用一根长绳系住气压计,把气压计从楼顶向下坠,直到落到地面为止,测量绳子放下的长度;让气压计从楼顶自由下落的方法;利用大气压随高度变化的规律;把气压计制成一个单摆,测出楼底楼顶重力加速度从而得出楼

高;利用高楼、气压计及投影对应边成比例的方法;甚至会有人拿气压计敲开楼房管理员的门,说:“亲爱的管理员先生,我有一个很漂亮的气压计,如果你告诉我这栋楼的高度,我将气压计送给你。”

7. 重视人文精神的渗透 科学是解决“是什么”、“为什么”的问题,即求真;人文是解决“应该是什么”、“应该如何做”的问题,即求善。求善为求真导向,求真为求善奠基。真正意义上的教育应该是科学教育与人文教育并重的教育,忽视了任何一方都是不完整的教育——这样培养出来的人是残缺的人。如大学生刘某就是一个典型的具有“技术性头脑”而缺乏人文关怀的人。他为了想验证一下狗熊笨不笨、嗅觉到底灵不灵,竟用掺有火碱、硫酸的饮料两次泼向北京动物园的狗熊,致使5只狗熊受伤。爱因斯坦说过:“学校的目标始终应当是:青年人在离开学校时,是作为一个和谐的人,而不是一个专家。”综观获得诺贝尔奖的科学家大师们,其中不少在精通本学科的同时,还具有较好的人文素养。在优秀科学家身上,人文素养与科学素养相互融合、相互促进、协调发展,最终取得成功。科学教育与人文教育的融合是历史的趋势、时代的需要。科学是物质和精神相结合的产物,科学本身蕴涵着丰富的人文精神。因此,在科学教育中,我们应重视人文精神的渗透。教学中要突出“人”字,充分展现真实的富于人性的科学家形象。尤其要重视发挥科学史的作用,善于对科学知识作出历史的叙述,把科学知识的获得作为一种经验、作为一个完整的和激动人心的知识奇遇来讲述。科学史以其特有的精神价值,包括科学家们的科学理想、献身精神、光辉言行和高尚品格等,对学生的品德培养发挥着重要的作用。榜样的力量是无穷的,科学大师们的楷模形象,会给学生人生价值的追求以深刻的影响。正如爱因斯坦在纪念居里夫人时所说:“第一流人物对于时代和历史进程的意义,在其道德品质方面,也许比单纯的才智成就方面还要大。”在讲授科学应用时应当强调它的正反两方面的效果,并教育学生懂得科学工作者崇高的社会责任感。要重视审美教育,引导学生领会科学美的真谛:简单、深远、统一、和谐、守恒、对称。

8. 注重非智力因素的培养 美国哈佛大学心理学家丹尼尔·戈尔曼在《情感智力》一书中首次使用与智商相对应的情商概念,并且认为在对一个人的成功起作用的要素中,智商只占20%,而情商占80%。智商是指一个人的智力因素,是成就事业的重要条件;而情商是指一个人的非智力因素,是成就事业的决定性因素。因此,在科学教育中,要注重非智力因素的培养,使学生的智商和情商有机结合、协调发展。美国有个科技史专家对诺贝尔奖获得者的情感进行了研究,发现一些共同的心理特

点:不怕失败、锲而不舍、不迷信权威、很自信、有毅力、兴趣广泛、人际关系良好。培养学生的自信心相当重要,自信心是成功者相当重要的一种素质。丁肇中教授说过:“永远要对自己有信心,做你自己以为正确的事,别人反对是别人的事。”因发现约瑟夫效应获得诺贝尔奖的约瑟夫还很年轻时,对此现象并不理解,但相信自己没错,就与人合作并坚持下去,终于弄清了原理。可见,既要有自信,还要学会合作。科学发展到现在,各学科互相交叉融合,研究和实验技术也日益复杂;而某一个人的知识和能力是有限的,已经很少再能看到20世纪以前那种仅靠个人奋斗就取得重大突破的事例了。在这种情况下,就特别需要科学家之间和研究团体内外的互相协作、优势互补、共同攻关。在1901~2000年期间,因合作而获得诺贝尔科学奖的项目共有97项,占获奖总数的29.04%;即使是1个人获奖的项目也有许多是在别人的配合下取得的,所以因合作而获奖的项目的实际数量还要多些,而且还有继续增大的趋势。又如1995年物理学一大成果是证明第六个“顶夸克”的存在,这是两个实验组共同研究的成果,如没有团结协作精神是难以成功的。已宣布完成的人类基因组序列图是由6国科学家共同绘制的。显然,善于合作交流已成为科学工作者的基本素质要求。因此,在科学教育中要重视开展合作学习,提倡在探究中合作、在合作中探究,并着力培养学生的合作交流能力。

参考文献

- [1] A·爱因斯坦著. 许良英等译. 爱因斯坦文集(第一卷)[M]. 北京:商务印书馆,1977
- [2] W·I·B 贝弗里奇著. 陈捷译. 科学研究的艺术[M]. 北京:科学出版社,1984
- [3] 王渝生主编. 百年诺贝尔科学奖启示录[M]. 北京:农村读物出版社,2001
- [4] 王恒,朱幼文主编. 48位诺贝尔科学奖获得者寄语中国[M]. 海口:海南出版社,2001
- [5] 陈其荣等主编. 理性与情结——世纪诺贝尔奖[M]. 上海:复旦大学出版社,2002
- [6] 余君,方芳著. 奇迹的奇迹——杨振宁的科学风采[M]. 上海:上海科技教育出版社,2001
- [7] 魏洪钟著. 细推物理须行乐——李政道的科学风采[M]. 上海:上海科技教育出版社,2002
- [8] 陈洁琦,淳麟著. 寻找带色的雨滴——丁肇中的科学风采[M]. 上海:上海科技教育出版社,2002
- [9] 李剑君,陈子丰著. 厚积薄发——朱棣文的科学风采[M]. 上海:上海科技出版社,2001
- [10] [美]理查德·弗恩曼著. 张增一译. 费恩曼演讲录——一位诺贝尔物理学奖获得者看社会[M]. 上海:上海科学技术出版社,2001
- [11] 项红专. 论科学本质的教育[J]. 科技导报,2002(11)

(责任编辑 王宏章)