

论科学创造力的结构

胡卫平

[摘要]科学创造力的结构是由科学创造的过程、科学创造的品质和科学创造的产品相互联系、相互制约、相互协调,构成的一个多侧面、多水平、多联系的三维立体结构。在建构科学创造力结构的基础上,研究中学生科学创造力的表现测量,并提出中学生科学创造力培养的基本途径。

[关键词]科学;创造力;结构

[中图分类号]G630 [文献标识码]A [文章编号]1009-718X(2001)04-0005-04

科学创造力是一种特殊的能力,它是一般创造力与科学学科的有机结合,是一般创造力在科学学科中的具体表现,是一般创造力发展与科学教育的结晶。对科学创造力结构的研究,是当前科学教育中急需解决的问题,它可以为科学创造力的测量和发展研究,以及科学创造力的培养提供理论依据,从而更好地在科学教学中落实以创新精神为核心的素质教育。

一、科学创造力的内涵

在本文中,我们将科学创造力定义为在学习科学知识、解决科学问题和科学创造活动中,根据一定的目的和任务,运用一切已知信息,产生或可能产生出某种新颖、独特、有社会或个人价值的产品的智能品质或能力。在理解这一概念时,要注意两点:第一,要将科学创造力与一般的科学技能区分开来。一般的科学技能只是保证顺利完成任务的一般的智力品质与个性特质。而科学创造力则是产生或可能产生出新颖、独特、有社会或个人价值的产品的智能品质或能力,这种能力的核心是科学创造性思维和科学创造性想象。例如,完成一个科学实验,实验设计是最重要的一环,包括实验原理的确定、实验仪器的选取、实验程序的设计等等,整个实验过程中实验者的创造水平也是由实验设计来反映的,至于操作能力和书写报告能力(包括处理数据能力)所需要的只是

动手技能及基本的数学技能,这些技能一般体现不出创造力;第二,青少年的科学创造力和科学家的科学创造力只有程度的差别而没有类型的不同。青少年科学学习中的创造和科学家科学研究中的创造有共同的心理规律,它们都是人脑根据已知的一切信息,产生或可能产生出一种独特、新颖、有价值的产品的智能品质或能力,这是一个人的心理活动在最高水平上表现出来的综合能力。青少年学习的科学知识虽然是前人创造的成果,但他们作为学习的主体处于再发现的地位,学习活动仍然具有发现或再发现的性质,虽然一般不具有较大的社会价值,但具有较大的个人发展价值。青少年在科学学习活动中,独立提出新颖的科学问题,深刻而高水平地掌握科学知识,迅速掌握科学知识并把它们迁移到新的情景中去,发现解决某一问题的独特的方法,对课本上实验的改进,在课外活动中制作出一种新颖的产品等都是其科学创造力的表现。具有创造力并不一定产生出创造产品,有无创造力与创造力是否体现出来并不是一回事。创造产品的产生除了需要一定的创造性的智能品质以外,还需要将创造性观念转化为实际创造产品的相应知识、技能以及保证创造活动顺利进行的一般智力因素和非智力因素,同时还受到外部因素如机遇、环境等的影响。由此可见,犹如智力有内隐和外显之分,创造力也有内隐和外显两种形态。内

隐创造力是指创造力以某种心理、行为能力的静态存在形式，它从主体角度提供并保证个体产生创造产品所需要的智能品质或能力。

二、科学创造力的结构

6 创造力是一种心理现象，是人脑对客观世界的一种特定的反映。由于客观事物是相互联系的，这就决定了创造力具有一定的结构；又由于客观世界是复杂的、发展变化的，因此，人们在研究创造力的过程中，提出了不同的创造力结构。有些从智力品质入手，有些则研究人格特征；有些考虑静态成分，有些提出动态结构。我们认为，在讨论科学创造力的结构时应考虑如下几个方面：第一，科学创造不同于艺术创造和文学创造，它是一个创造性的问题解决过程，一般要经过问题产生、方法寻找与抉择三个阶段。问题产生是一个按照一定目标进行定向思维的过程，往往在种种既有经验不能达到目标时，问题才能被发现；在方法寻找阶段，需要开阔思路，展开想象，发散地思考各种不同的方法，并尽可能找到有效、可行、新颖、独特的方案；在抉择阶段，按目标所规定的方向，评价、比较各种可能的解决方法及其结果，并根据一定的价值标准来对各种方法决定取舍，最后选择解决问题的最佳途径；第二，青少年科学创造力的心理结构与科学家科学创造力的心理结构基本相同，只是它们的表现形式不同。这是因为青少年科学学习中的创造与科学家科学研究中的创造及一般成人科学工作中的创造具有共同的心理规律，它们都是产生或可能产生独特、新颖、有社会或个人价值的产品的智能品质或能力。对科学家来讲，创造产品可能是通过重新安排、组合已有的科学知识，创造出新的科学知识和形象；也可能是突破原有的科学知识，提出崭新的见解、设想、思路、观点等；还可能是技术上的重大创新和突破。这些产品包括理论和应用两个方面，其在历史上前所未有，对人类、社会和国家的贡献，如牛顿运动三定律的建立、爱因斯坦广义相对论的提出、门捷列夫化学元素周期表的发现、弗来明青霉素的发明等都具有划时代的意义。对一般成人来讲，创造产品指具有一

般社会价值的产品，它有助于社会的进步和发展。而对于青年来讲，创造产品一般不具有或具有较小的社会价值，但却具有很大的个人价值，对自身身心的发展具有重大意义；第三，创造力是一种能力，它的组成要素中不应包括非智力因素，但非智力因素对创造力的影响是不可忽视的。同时，科学创造力是一种综合能力，它是在科学观察能力、科学实验能力、科学思维能力、科学学习能力、科学分析问题和解决问题能力的基础上发展起来的一种高水平上表现出来的综合能力，其核心成分是创造性思维和创造性想象；第四，创造力与智力是人的心理能力的两个不同的方面，它们相互联系、相互区分、相互作用、共同发展，其本质上是一个整体，只是人们为了研究问题方便才加以区分。在整个创造活动和创造过程中，创造力、智力、非智力等因素共同发挥作用，它们都是保证创造产品产生的重要因素，但在考虑创造力的构成要素时，不应考虑智力及其构成要素。第五，科学创造力以科学知识为中介。虽然科学创造力与科学知识不同，但科学创造离不开科学知识，科学知识和科学创造力是对立统一的，既相互联系，又相互区分，知识是创造力的基础，创造力是建立在知识的深度和广度基础上的，没有科学知识，就不可能有科学创造力，但科学知识多并不意味着科学创造力一定高；另一方面，科学创造力的提高，反过来对科学的学习有一定的促进作用；第六，科学创造力的结构应反映出科学创造力发展的稳定性及发展性，应是静态结构和动态结构的统一。如果单独分析科学创造力的具体成分，可将科学创造力的结构看成是静态的；但从创造力构成的内在关系和联系上来看，从其发展来看，这个结构应是动态的。科学创造力的结构应是这种静态结构和动态结构的统一，而且动态性是科学创造力的精髓。首先，动态性表现在科学创造力的结构是主体和客体交互作用的结果；其次，动态性表现在科学创造力的结构是主体在科学知识学习、科学问题解决和科学创造活动中逐步形成、发展和完善的，发展性是其最重要的特点；再次，动态性在科学学习中的表现是青少年科学创造力结构的起点和动力。没有科学学

习,不掌握一定的科学知识和科学方法,就不会有创造性的智能品质,也就不可能有科学创造力;第七,科学创造力的结构应反映科学创造力的主要方面,应具有可操作性,应能指导科学创造力的测量、发展研究及青少年科学创造力的培养。介于以上考虑,我们试图建立科学创造力的结构模型,如图1所示,该模型有三个维度,每个维度包括2—4个因子,考虑到各个因子的不同组合,形成24种元素,每一个元素代表一个基本的科学创造力单元,科学教学中培养青少年的科学创造力,就是要在其大脑中不断塑造和完善科学创造力的元素集合,逐步形成完整而合理的结构。

本模型有三个特点:第一,整体性。即该模型指出科学创造力是由科学创造的过程、科学创造的品质、科学创造的产品有秩序地构成一个相互依赖、相互制约、相互促进、共同发展的有机整体。第二,静态性与动态性的统一。即该模型不仅在某一特定的阶段是相对稳定的,而且随着科学知识的丰富、科学方法的完善、创造品质的提高、创造能力的发展,在

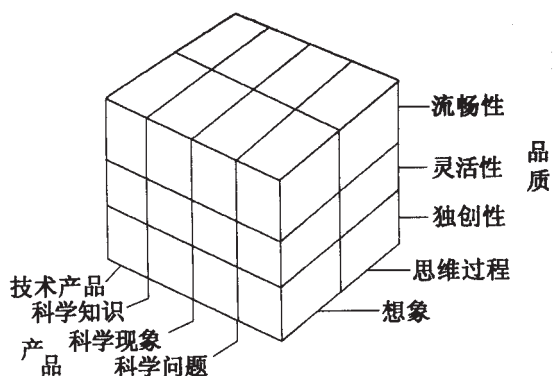


图1 科学创造力结构模型

智力、非智力等外界因素的影响下,按一定的规律发展变化。在这个变化中,整个结构形式保持不变,变化的只是具体内容。第三,自调性。即该结构模型内部各成分为达到平衡,产生了依靠其内部规律而进行自我调节的机制。

三、科学创造力结构的应用

我们根据上述科学创造力的结构模型,比较成功地研究了中学生科学创造力的表现,解决了中学生科学创造力的测量问题,提出了中学生科学创造力培养的途径。

1. 中学生科学创造力的表现

根据科学创造力的结构模型,考虑到中学生的实际,我们设计了调查问卷,该问卷包括五个维度:第一维度是观察与实验,反映对科学现象的流畅、灵活、独创的思维和想象;第二维是科学知识的学习,反映对科学知识的流畅、灵活、独创的思维和想象;第三维和第四维是科学问题的提出和科学问题的解决,反映对科学问题的流畅、灵活、独创的思维和想象;第五维是科学创造活动,反映对科学产品(这里是狭义的概念,主要指各种技术产品)流畅、灵活、独创的思维和想象。通过调查分析,概括出具体表现如表1所示。

2. 中学生科学创造力的测量

创造力的测量是创造力研究的关键,研究者根据不同的创造力定义及理论,设计出了不同的创造力测量量表,有关一般创造力的测量量表多达百余种,但对青少年科学创造力的测量,始终是困扰青少年科学创造力研究的一个问题。我们根据科学创造力的结构模型,结合中学生科学创造力的表现,设计了一份中学生科学创造力测量量表。该量表共有7个维度,即物体应用、问题提出、产品改进、创造想象、问题解决、实验设计、创造活动。每个维度包括一个问题,所有问题都是开放性的,其解答都需要一定的科学知识和科学方法,同时,更需要创造性思维能力和创造性想象能力。该量表适合于个人及集体施测,测验时间需60分钟,施测条件与平时相同,监测人员要创造一个安静、舒适的答题环境,激发学生充分发挥创造性的思维能力和创造性的想象能力。测验结果根据流畅性、灵活性和独创性来评分。经过对英国的1307名中学生及中国的1087名中学生的测试,该量表具有较高的信度和效度。

3. 中学生科学创造力的培养

由科学创造力的结构模型可知,在科学知识的学习、科学问题的解决和科学创造活动中,学生获得创造性思维和创造性想象的方法,训练学生创造性的智能品质,是培养中学生科学创造力的基本途径。根据这一思路,在培养中学生科学创造力时,要注意如下几个方面:首先,教师通过介绍科学史,激发学生的创造欲望,使学生了解科学知识的发展和演变过程,启发学生探索 and 发现规律,培养学生科

中学生科学创造力分析

表 1

学习环节	中学生科学创造力的具体表现
观察与实验	能提出具有探索性的观察与实验课题;观察具有敏锐性,能迅速抓住重要信息;善于运用分析、综合、抽象、概括,迅速洞察科学研究对象的本质属性和相互联系;能设计出各种实验方案,且能设计出简单、有效、新颖、独特的实验方案。
科学知识的学习	能深入理解科学知识中所体现的科学思想、科学观点和科学方法;善于在科学概念、科学规律与科学事实间产生丰富的联想;能够借助于数学、哲学等学科知识进行推理,发现原来没有联系的两个对象、现象和概念、规律之间的联系;善于把科学知识归类,形成合理的认知结构,储存大量的结构良好的“知识组块”;对已有的结论不盲目轻信,有检查和评价已有知识和结论的强烈意识,并善于发现和纠正错误;善于形象理解科学知识,并对其赋予新的含义。
科学问题的提出	善于质疑,不满足于教材上的一些结论及老师的讲解;善于平中见奇、同中见异、异中见同,从一般人不得有问题的地方提出、发现隐蔽的、复杂的、探索性的问题。
科学问题的解决	能迅速鉴别问题的特殊性,从研究的材料中揭示隐条件,排除多余因素的干扰,并发现有价值的因素,迅速选择解题策略,确定解题方法;善于进行一题多变、一题多解、多题归一,并从中发现规律;善于将一些实际问题抽象为科学问题并进行解答,自编新颖的习题;善于监控解决问题的过程,对难以用常规方法解决的问题另辟蹊径,寻找是简洁的解题方法和途径,当思维受阻时,能及时改变思维路线,修正原有方案,顺向思维和逆向思维相结合,集中思维和发散思维相结合,运用臻美、类比等创造性的科学思维方法理解和处理问题。
科学创造活动	善于发现日常生活和生产实际中的科学问题,并对其进行实际推测和理论验证;善于根据实际情况进行创造性思维,并提出独特的见解;善于对实际仪器、设备等提出改进意见;善于在课外活动中进行小发明、小改革、小制作,写出小科技论文,并提出新的见解。

8

学的世界观;其次,帮助学生形成“知识组块”,建立合理的知识结构,掌握科学知识的相互联系及关系,形成“富有弹性的”知识结构网络,为学生科学创造力的发展打下基础;第三,在知识教学中,启发、引导学生积极主动地从多方向、多角度发现、分析和解决问题,鼓励学生发挥创造性思维能力和创造性想象能力,不要事先树立是与非、对与错的绝对权威,尊重学生提出的意见和问题;第四,在习题教学中,选择具有典型性、代表性、有较高智力价值的题目进行一题多变、一题多解训练,使学生的思维更加灵活。要抓好学生自编习题,可以根据科学概念和科学规律编题、根据实验演示编题,根据生活与生产实际编题,改变原有习题的条件编题,从而更有效地训练学生创造性的智能品质;第五,改变实验教学方法,增加探索性和设计性实验,让学生自己选择实验原理、自行设计实验方案、自己选取实验仪器、自己观察实验现象、自己读取实验数据、自己处理实验结果,允许学生根据自己的知识水平设计出不同的实验方案;第六,大力开展科学创造活动,教给学生创造性思维方法和创造性想象方法,并对其进行训练。

从科学创造力的结构模型还可以看出,个

体的科学创造力在智力、非智力等外部因素的影响下,随着科学知识的丰富、创造方法的完善、创造品质的提高而不断发展。因此,在中学生科学创造力的培养中,既要适应中学生科学创造力的水平,又要创造条件促进其发展;同时,要将创造力的培养与智力、非智力等影响创造力发展的因素的培养相结合。至于哪些具体因素影响中学生科学创造力的发展,需要进一步深入研究,仅从结构模型无法确认。

[参考文献]

- [1] 董奇:《儿童创造力发展心理学》,浙江教育出版社,1993年版。
- [2] 胡卫平:《科学教学心理学》(中学版),北京教育出版社,2001年版。
- [3] 李青:《中学生物理创造性思维能力的特点与培养》,北京师范大学硕士论文,1997年。
- [4] 林崇德:《论学科能力的建构》,《北京师范大学学报》(社科版),1997年第1期。
- [5] 林崇德:《培养和造就高素质的创造性人才》,《北京师范大学学报》(社科版),1999年第1期。
- [6] 林崇德:《学习与发展》,北京师范大学出版社,1992年版。
- [7] 田世昆、胡卫平:《物理思维论》,广西教育出版社,1996年版。
- [8] 王极盛:《科学创造力心理学》,科学出版社,1986年版。
- [9] 俞国良:《创造力心理学》,浙江人民出版社,1996年版。

(责任编辑:高书国)