

论中学生科学思维能力的结构

胡卫平¹ 罗来辉²

(1. 北京师范大学发展心理研究所, 北京 100875; 2. 内江师范学院, 四川 内江 641112)

[关键词] 中学生; 科学; 思维能力; 结构

[摘要] 本文以林崇德教授的学科能力理论为基础,建构了中学生科学思维能力的结构,并通过调查分析,确定了中学生科学思维能力的具体表现。作者认为:中学生科学思维能力是由中学生科学思维的内容、方法和品质构成的有机整体,对该能力的测量必须同时考虑这三方面的因素。科学思维能力的培养必须贯穿在科学知识和方法的教学中,并将思维品质的训练作为培养科学思维能力的突破口。

[文献标识码] A [文章编号] 1002 - 5308(2001)02 - 0027 - 05 [中图分类号] G633.98

科学思维能力是学生智力、能力与科学学科的有机结合,是学生的智力、能力在科学学科中的具体表现,是科学能力的核心,对中学生科学思维能力及其结构的研究,是当前教学中的一个中心问题。

一、中学生科学思维能力结构建构的理论前提

中学科学学科(包括物理、化学、生物等)是中学一类重要的学科,科学思维能力是一种特殊的能力,它是学生的智力与科学教育发展的结晶,关于科学思维能力的建构,我们提出了如下理论前提。

1. 科学思维能力是科学教育与学生智力发展的结晶

科学教学的中心任务是对科学学科作出教育学的解释,这种解释依据学生对科学知识掌握的情况,考虑到学生对已有科学知识的错误理解。著名心理学家杜威(J. Dewey)说过,科学家的学科知识与教师的学科知识是不一样的,教师必须把学科知识“心理学化”以便学生能理解。所以他强调“学校是应用心理学的实验室”。杜威所强调的学科知识“心理学化”,尽管包括着教师根据学习心理来传授知识,但最终还是使学科知识内化、概括化或者类化为学生的学科能力。因此,作为科学能力的核心,一方面,科学思维能力以科学知识为基础;另一方面,科学思维能力又不能归结为科学知识,它是学生通过对科学知识的内化、概括化或类化等智力活动中形成的比较稳固的心理特征。换句话说,科学思维能力既起源于科学教育促使学生掌握的科学知识,又依赖于学生心理能力本身的发展,是科学教育与学生智力、能力发展有机结合的产物。

随着教育的不断深入、素质教育的不断深化,科学教育领域出现了许多新的研究课题,如科学教学目标的改革、科学教学内容的改革、科学教学方法的改革、科学教学评价的改革等。但不管面临什么样的问题,都要涉及到科学能力的核心——科学思维能力发展与培养问题。

2. 科学思维能力以科学知识为中介

[收稿日期] 2000 - 08 - 20

科学知识是人类在长期的科学实践活动中的经验总结;中学生的科学能力是顺利地学习科学知识和解决科学问题所必需的个性心理特征。科学知识是科学能力的基础,没有科学知识,就不可能有科学能力;反过来,科学能力的提高可以促进科学知识的掌握,它也是掌握一定科学知识的条件。因此,中学生科学能力的形成和发展依赖于科学知识的掌握,它是形成科学能力的基础和中介。我们在建构科学思维能力时,一定要考虑到科学知识。科学知识包括感性知识和理性知识,感性知识主要有科学事实和科学表象,理性知识主要包括科学概念和科学规律。

3. 科学思维能力是一种稳定的结构

科学能力是顺利地学习科学知识和解决科学问题所必需的个性心理特征,科学思维能力是科学能力的核心,它既要解决认识,即知与不知的问题,又要面对活动,即会与不会的问题,教学的实质就在于认识和活动的统一,所以,科学思维能力是学生在科学学习中所表现出的智力与能力的统一,是一种稳固的心理特征的综合。科学思维能力的稳定性,主要是指个体的稳固特征。这并不排除个体科学思维能力的发展变化,因为每个人的科学思维能力都处于发展变化之中,但又显示出各自较稳固的个体差异来。当高中二年级前后,学生的逻辑思维趋于成熟时,个体的科学思维能力的差异也初步定型,这时,科学思维能力发展变化的可塑性不大。

科学思维能力具有系统性,它是一种结构,是静态结构和动态结构的统一。如果单纯分析科学思维能力构成的具体成分,可将科学思维能力视为静态的;但如果从学生科学思维能力的发展和完善的过程来看,科学思维能力的结构又是动态的。科学思维能力就是这种静态性和动态性的有机统一,而且,动态性是科学思维能力的精髓。首先,动态性表现在科学思维能力的结构是在学生积极主动地学习科学知识,解决科学问题的过程中形成和完善的。其次,动态性表现在科学思维能力的结构具有发生、发展、变化的特征。第三,动态性表现在科学教学活动是科学思维能力结构的起点和动力。没有科学教学,学生不可能形成完善的科学能力结构。

4. 科学思维能力的结构应有思维品质参与

思维品质是思维强弱的反映,是个体思维活动中智力特征的表现,是判断智力层次,确定一个人智力是正常、超常或低常的主要标志。科学思维品质是指人们在研究和解决科学问题以及学习科学知识的过程中逐步形成和发展的,并在这个过程中表现出来的、直接影响工作效率的个体智力特征,包括思维的深刻性、灵活性、敏捷性、批判性和独创性五个方面。中学生科学思维能力的结构中,应包括反映科学思维能力强弱的科学思维品质。

二、中学生科学思维能力的结构模型

根据有关系统理论、能力理论、科学思维理论及以上考虑,我们认为,中学生科学思维能力是由中学生科学思维的内容、方法和品质构成的有机整体(如图 1)。

该模型有三个维度,每个维度包括 4 - 5 个因子,考虑到各个因子的不同组合,形成 100 种元素,每一种元素代表一个基本的科学思维能力单元。中学科学教学中培养学生的思维能力,就是在大脑中不断塑造和完善科学思维能力的元素集合,逐步形成完整而合理的结构。

本模型具有三个特点:第一,整体性。即该模型指出中学生的科学思维能力是由科学思维的内容、方法、品质有规则地、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,动态性。即该模型不仅在一特定的阶段是相对稳定的,而且随着知识的丰富、方法的完善、品质的提高、能力的发展按一定规律发展变化,在这个变化中,整体结构形式保持不

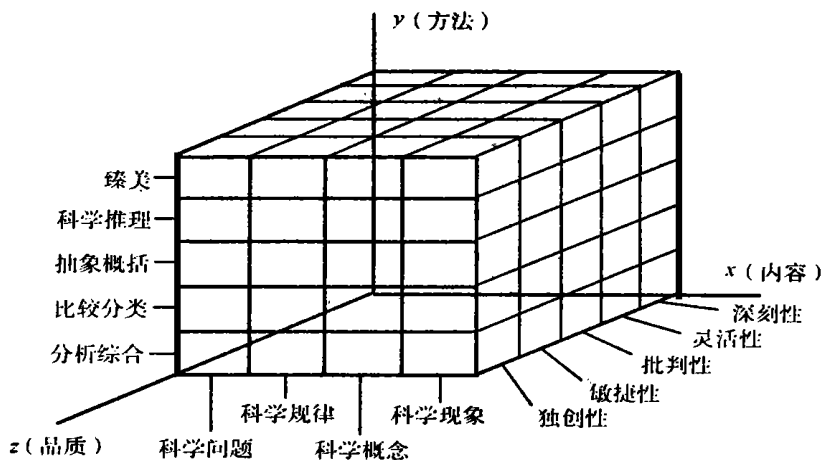


图 1

变,变化的只是具体内容;第三,自调性。即该结构模型内各成分为达到平衡,产生了依靠其内部规律而进行的自我调节。

本模型中每两维构成的平面代表特定的内容。第一, $x-y$ 平面,内容与方法维所构成的平面表示科学学科的结构;第二, $y-z$ 平面,方法与品质维所构成的平面表示一般的思维能力;第三, $x-z$ 平面,内容与品质维所构成的平面代表与科学思维能力相适应的知识结构,具体含义是对科学概念、科学规律的深入的理解,快速、准确、灵活的运用。

本模型的正确性最终要由实践检验,这里,我们从理论上作如下一些分析,说明其合理化性。

第一,本模型符合有关知识、方法、能力关系的论述,说明科学思维能力离不开科学思维的内容——科学知识和科学思维方法。

第二,本模型符合系统科学的基本原理。系统科学有三条基本原理(查有梁,1993),即整体原理、反馈原理和有序原理。首先该结构模型认为中学生科学思维能力由内容、方法、品质通过相互联系,构成具有一定结构和功能的有机整体。其次,该模型具有反馈作用。中学科学教学中,学生通过科学知识和科学方法的学习,提高思维品质,从而发展科学思维能力。通过测试等各种途径接受反馈作用,改进教学方法,使三个方面协调发展。再者,该模型所构成的系统与外界发生相互作用,如科学思维能力与非智力因素相互作用;科学思维能力与教育、教学、学习相互作用,一方面,教育、教学、学习决定着科学思维能力的发展,另一方面,科学思维能力又对学习活动有促进作用。同时,科学思维能力由科学学科的结构、一般的思维能力及与科学思维能力相适应的知识结构三个小系统组成,这些子系统之间也相互联系、相互作用、相互影响、共同发展。因此,该系统是一个开放的系统。

第三,本模型符合思维发展的理论与实践。思维发展的研究表明:思维品质是思维能力高低的重要标志;培养思维品质是发展智力和能力的突破口;思维结构是由思维的目的、过程、材料或结果、自我意识或监控、品质、认知因素与非认知因素所构成的系统(林崇德,1992)。本结构模型包括思维的品质,思维内容体现了思维材料和结果,思维方法体现了思维过程,而思维的目的、自我意识或监控、非认知因素虽然是思维结构的重要组成部分,但不属于能力范围。

本模型给我们有如下启示:第一,中学生的科学思维能力是由科学思维的内容、方法及品质构成一个有机的整体,对该能力的测量必须同时考虑这三方面的因素;第二,科学思维能力

的培养必须贯穿在科学知识和方法的教学 中,并将思维品质的训练作为培养科学思维能力的突破口;第三,中学生科学思维能力的形成和发展过程是该结构模型的形成和改组过程,每一阶段有一种相对稳定的结构,教育与教学要适应这种结构,并促进其发展。

三、中学生科学思维能力的具体表现

我们根据中学生科学思维能力的结构模型,结合对中学生思维的品质和科学思维方法的分析,设计了科学思维能力调查问卷,来自全国各地的 40 多位中学理科教师及有关研究人员填写了问卷,通过统计分析,并与部分中学教师座谈,概括出中学生科学思维能力的表现如表 1 所示。

表 1 中学生科学思维能力的表现

品质	中学生科学思维能力的具体表现
深刻性	<div>1. 能从众多的科学现象和事实中,抽象出本质特征,并概括出科学概念。</div> <div>2. 能正确理解科学概念和科学规律的来龙去脉、实质内涵、外延及相关概念和规律之间的联系和区别。</div> <div>3. 善于运用理想化的方法,将研究对象、研究对象所处的条件及研究过程理想化,抽象出理想模型和理想过程。</div> <div>4. 正确运用归纳推理和演绎推理设计实验、归纳实验结果,进行严密的推理论证,正确运用形式逻辑推理和形式逻辑法则。</div> <div>5. 善于对科学知识进行比较分类和概括总结,从不同侧面理解系统科学知识,形成合理的知识结构。</div> <div>6. 在解决问题时,能够正确全面分析研究对象和研究问题,挖掘问题中的隐蔽条件,掌握解决科学问题的一般规则和方法步骤。具有一定的数学推理能力。</div> <div>7. 能形成正确的有关研究对象的空间位置、空间位置的变化、物质结构(如晶体结构、原子结构、DNA 结构)等的形象;善于根据规律的文字表述想象出其图景。</div>
灵活性	<div>1. 能够排除思维定势的消极影响,善于将已学过的科学知识和科学方法灵活迁移到新的情景中去。</div> <div>2. 善于从不同的角度,不同的方向去思考问题,理解科学知识,善于用不同的知识、不同的方法正确解决问题。</div> <div>3. 在思维过程中,能够从分析到综合,从综合到分析,具有一定的综合分析科学问题的能力。</div> <div>4. 具有“一题多解”、“多题归一”的能力。</div> <div>5. 善于形成事物和问题的动态清晰的图景,如细胞的分化和衰老的图景,化学反应的图景等。</div> <div>6. 善于唤起科学学科领域中的各种图形和图景去解决问题,并进行合理变换。</div> <div>7. 能够正确、灵活地处理动与静、内与外、正与逆、一般与特殊、有限与无限、曲与直、数与形、量变与质变等各种辩证关系,并用于解决科学问题。</div>
批判性	<div>1. 在科学学习中,爱好独立分析,善于提出质疑,发表不同的见解;善于制订合理的学习计划,并根据情况进行修正;能寻找最佳学习方法。</div> <div>2. 能区分表面上相似但本质上不同的科学概念、科学规律和科学问题,能够排除前科学概念和前科学观念对概念和规律学习的干扰。</div> <div>3. 解决科学问题时目的性强,善于对问题的可解性作出正确的估计,制订合理的解题计划,确定恰当的解题策略和方法,并能根据具体情况及时调节、修改思路、善于对解题过程和结果进行检验、反思。</div> <div>4. 抽象概括过程中能从复杂的背景中排除次要因素。</div>

续表

品质	中学生科学思维能力的具体表现
敏捷性	1. 在学习科学知识时,能快速、准确地抓住所学内容,在头脑中予以内化,掌握其实质。 2. 在解决科学问题时,能迅速、准确地将问题信息输入到头脑中,利用原有的认知结构,找出问题的关键所在,并迅速、适当地提取知识和方法,周密地进行考虑,正确、快速解决问题。 3. 善于对科学知识进行概括总结,形成合理的认知结构,贮存各种知识组块,并能在解决问题时快速提取,灵活运用。
独创性	1. 善于设计新的实验方案,采用新的观察实验方法。 2. 能够根据已有习题,通过改变情景,变换条件,从而创造性地改编习题。 3. 善于提出带有探索性的新颖问题,善于采用新颖的解题方法和思路。 4. 在课外活动中,能够制作出新颖、独特、有价值的作品。 5. 善于在原有图景的基础上,独立构想新的图景,并能够对其进行合理加工、改造成为新的图景。 6. 能够总结适合自己的、有效的、新颖的学习方法。 7. 善于用类比的方法,将关于某一对象或问题的有关知识或结论推移到另一对象或问题中去,善于运用类比的方法理解抽象的概念和规律。 8. 善于对科学问题进行审美处理,探索解决问题的新的方向和途径。

参考文献

- [1] 林崇德. 论学科能力的建构[J]. 北京师范大学学报, 1997, (1).
 [2] 田世昆, 胡卫平. 物理思维论[M]. 广西教育出版社, 1996.
 [3] 胡卫平. 中学生物理抽象思维能力的结构模型初探[J]. 学科教育, 1996, (12).
 [4] 林崇德. 学习与发展[M]. 北京教育出版社, 1992.
 [5] 查有梁. 系统科学与教育[M]. 人民教育出版社, 1995.

Middle school students' structure of scientific thinking ability

HU Wei-ping¹ LUO Lai-hui²

(1. Institute of Developmental Psychology of Beijing Normal University, 100875, Beijing;

2. Normal College of Neijiang, Neijiang Sichuan 641112, China)

Key words: middle school students; science; thinking ability; structure

Abstract: Based on professor LIN Chong-de's theory of subject ability, this paper constructed a middle school students' structure of scientific thinking ability, and determined the manifestation of scientific thinking ability of middle school students. The authors argue that the scientific thinking ability of middle school students is made up of the content, method, and quality of scientific thinking. We must consider these factors in measuring this ability. The cultivation of scientific thinking ability must be performed in science knowledge and method teaching. Training the quality of thinking is the key point in the cultivation of scientific thinking ability.