

青少年的科学思维能力研究*

胡卫平 林崇德

[摘要] 青少年的科学思维能力是一种特殊的能力,是一般思维能力发展与科学教育的结晶。青少年科学思维能力是由内容、方法和品质组成的三维立体结构。青少年科学抽象思维能力和科学形象思维能力的发展具有不同的特点和评价方法。要以智力差异为前提,从科学思维品质和非智力因素入手,培养青少年的思维能力。

[关键词] 青少年;科学思维能力;结构;发展;培养

[作者简介] 胡卫平,山西师范大学课程与教学研究所所长、教授(山西临汾041004);林崇德,北京师范大学发展心理研究所教授、博士生导师(北京100875)

青少年的科学思维能力是一种特殊的能力,是一般思维能力与科学学科的有机结合,是一般思维能力在科学学科中的具体表现,是一般思维能力发展与科学教育的结晶,是科学能力的核心。研究青少年的科学思维能力,对丰富和发展思维理论,培养高素质的科技人才具有重要的意义。

一、青少年科学思维能力的结构

所谓科学思维,就是具有意识的人脑对自然界中事物(包括对象、过程、现象、事实等)的本质属性、内在规律及自然界中事物间的联系和相互关系的间接的、概括的和能动的反映。科学思维从属于一般思维,除具有一般思维的特点外,还有精确性和近似性的统一、抽象性和形象性的统一两个显著的特点。青少年的科学思维能力,是指青少年在研究和解决科学问题以及学习科学知识过程中顺利地进行思维所应有的个性心理特征。它是由多种元素构成的,各种元素之间具有一定的相互联系和相互关系,从而形成一定的结构。

科学思维方法是指人们在研究和解决科学问题以及学习科学知识过程中所应用的思维方法,主要有分析综合、比较分类、抽象与概括、科学推理、臻美等。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渐形成和发展的,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,包括深刻性、灵活性、批判性、敏捷性和独创性。掌握一定的科学思维方法,具有一定的科学思维品质,是青少年在解决科学问题和学习科学知识过程中顺利进行思维活动的必要条件,因此,科学思维的方法和品质是青少年科学思维能力的重要组成部分。根据有关系统理论、能力理论和科学思维理论,笔者提出青少年科学思维能力的结构模型(图1所示)。

该模型有三个维度,每个维度包括4~5个因子,各个因子以不同组合,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。青少年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。

* 教育部人文社科研究基地课题:中小学生学习智能发展与促进研究(课题号:01JAZJDXLX001)的部分研究成果。

该模型具有三个特点:第一,整体性。该模型指出青少年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。该模型在某一特定的阶段是相对稳定的,但随着知识的丰富、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变,变化的只是具体内容。第三,自调性。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。

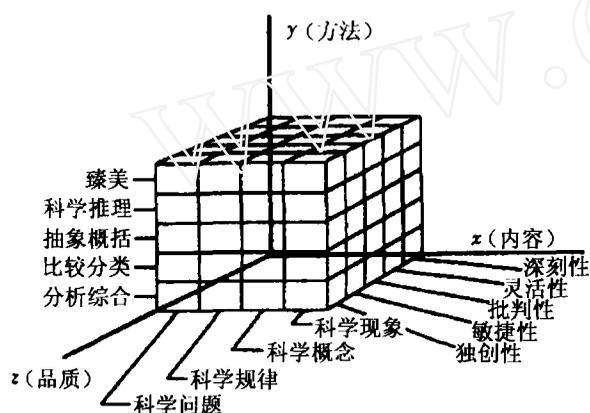


图1 青少年科学思维能力的结构模型

该模型中每两个维度构成的平面代表特定的内容:内容与方法维度构成的平面表示科学学科的结构;方法与品质维度构成的平面表示一般的思维能力;内容与品质维度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。

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

第一,该模型符合有关知识、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,该模型符合系统科学的基本原理。系统科学有三条基本原理,即整体原理、反馈原理和有序原理。^[1]首先,该结构模型认为青少年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。在科学教学中,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。教师通过测试等多种途径接受反馈信息,改进教学方法,使三个方面协调发展。最后,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有促进作用。

第三,该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。^[2]该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,对思维能力的发展有重要的影响,但不属于能力范围。

该模型对青少年的科学教育有如下启示:第一,青少年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,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,青少年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,教育教学要适应这种结构,并促进其发展。

二、青少年科学思维能力的发展

根据思维材料的不同,可将科学思维分为科学抽象思维、科学形象思维和科学直觉思维三种基本形式。科学抽象思维是以科学概念为思维材料而进行的思维;科学形象思维是以科学表象为思维材料而进行的思维;科学直觉思维是以科学概念和科学表象结合而成的、具有整体功能的“知识组块”为思维材料而进行的思维。

(一)青少年科学抽象思维能力的发展

根据青少年科学思维能力的结构模型、科学抽象思维的内涵以及对青少年科学抽象思维能力的调查,设计了青少年科学抽象思维能力的评价指标体系(表1所示),这一指标体系反映了青少年科学抽象思维能力的主要方面。

表 1 青少年科学抽象思维能力的评价指标体系

方法	品质	指标内涵
分析与综合	深刻性	1. 能正确分析研究对象 2. 能排除多余因素的干扰 3. 能挖掘科学问题中的隐蔽条件 4. 善于全面深入分析科学过程
	灵活性	5. 根据问题的需要, 灵活选取研究对象 6. 突破思维定势的影响, 灵活分析科学过程 7. 善于灵活地对科学问题进行分析与合成 8. 能从新的角度思考和分析问题 9. 灵活运用科学知识和方法, 善于将已学过的科学知识和方法灵活迁移到新的情景中去
抽象与概括	深刻性	10. 正确理解各种理想模型的成立条件 11. 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 12. 能从众多的科学现象和科学事物中, 抽象出本质特征, 并概括出科学概念
	灵活性	13. 灵活抽象理想模型 14. 善于根据理想化条件的适用范围, 灵活处理条件理想化问题 15. 善于对实际的过程分段抽象并进行研究 16. 有较强的科学模型变换能力
逻辑推理	深刻性	17. 能够根据归纳法的基本思想设计实验 18. 具有对科学实验结果的归纳能力 19. 善于对科学问题进行归纳, 具有“多题归一”的能力 20. 正确运用形式逻辑推理和形式逻辑法则
	灵活性	21. 善于将一个普遍的科学问题演绎成几个特定的科学问题, 具有“一题多变”的能力 22. 灵活处理科学中的各种辩证关系

按照上述指标体系, 编制“高中生科学抽象思维能力测验”, 并对 900 名高中生的科学抽象思维能力进行了研究。该测验共有 22 个问题, 施测时间 20 分钟, 内部一致性信度为 0.86, 评分者信度为 0.91, 测验等级与教师评价等级之间的相关系数为 0.77。研究表明: 高中生已经开始具备科学抽象思维能力, 但还没有成熟; 在科学抽象思维的方法方面, 逻辑推理比较成熟, 分析综合能力较差, 抽象概括能力更差; 在科学抽象思维的品质方面, 灵活性略高于深刻性, 但没有显著性差异; 科学抽象思维能力男生高于女生, 但差异不显著; 男生科学抽象思维能力的分化较大, 而女生则相对集中。

(二) 青少年科学形象思维能力的发展

根据青少年科学思维能力的结构模型和科学

形象思维的内涵, 在参考有关资料并与教师座谈的基础上, 制订了青少年科学形象思维能力的指标, 将青少年科学形象思维能力由低到高分分为三级水平。第一级水平, 初步形成图形、图景和基本空间关系表象的能力; 第二级水平, 唤起图形、图景和空间关系, 并对其进行变换的能力; 第三级水平, 独立想象新的图形、图景和空间关系的能力。

研究表明: 第一, 中学生的科学形象思维能力随年龄递增不断发展, 初三学生基本具备初步形成图形、图景和基本空间关系表象的能力, 高一学生基本具备唤起图形、图景和空间关系, 并对其进行变换的能力, 高二学生基本具备独立想象新的图形、图景和空间关系的能力。第二, 中学生科学形象思维能力的发展存在关键期和成熟期。初三到高一为中学生科学形象思维能力迅速发展的时期, 这一方面是由于几何课的学习促进了中学生空间想象能力的发展, 另一方面, 由于从初二开始, 中学相继开设了物理、化学、生物课, 使学生有更多的机会接触实物、模型、图形, 构想空间关系, 抽象理想模型, 想象抽象图景, 从而推动着科学形象思维能力的加速发展, 到高二科学形象思维能力的发展趋于成熟。第三, 男女生科学形象思维能力的发展存在差异, 初一、初二较接近, 但到初三, 男生的发展速度明显超过女生, 高一男生的科学形象思维能力显著高于女生, 男生的科学形象思维能力在高一基本趋于成熟, 但女生要到高二才基本具备科学形象思维能力, 各年级男生科学形象思维能力的离散性比女生大, 但差异不显著。

三、青少年科学思维能力的培养

人们普遍认为, 思维能力是可以培养的, 但如何培养, 却有不同观点, 概括起来有两种类型: 一是通过课外活动训练思维技能;^{③④⑤}二是将思维能力的培养贯穿在课堂教学中。^{⑥⑦⑧}但无论是在课外活动训练还是在课堂教学中培养, 有三个问题是不可忽视的, 即培养科学思维能力要以智力差异为前提; 从科学思维品质入手培养科学思维能力; 从非智力因素入手培养科学思维能力。

(一) 以智力差异为培养科学思维能力的前提

思维能力是智力的核心, 智力属于个体心理特征。因此, 研究科学思维能力的培养, 当然要以

智力的差异作为前提。智力的差异,既表现为群体的差异,又表现为个体的差异。

思维能力的群体差异也可归纳为三种,即不同性别的群体差异、不同民族的群体差异和不同地区(城乡)的群体差异。^[9]近年来,笔者在对青少年科学抽象思维能力和科学形象思维能力发展研究的基础上,又从中英两国青少年科学创造力的地区差异研究了思维能力的群体差异。^[10]第一,英国青少年的科学创造力明显高于中国青少年的科学创造力,特别是发散思维和技术领域的思维能力;第二,两国青少年科学创造力的发展趋势相似;第三,在问题解决项目上,中国青少年的得分显著高于英国青少年;第四,在不同年级,中英青少年在创造想象、实验设计、创造活动和问题解决等项目上的变化不尽相同;第五,与中国青少年相比,英国青少年在大部分项目上得分的标准差以及在总体上得分的标准差较大,说明其两极分化比较明显。究其原因,主要来自于科学课程的差异、科学教学的差异、考试方式的差异和科学教师的差异。

智力的个体差异,主要来源于个体思维的智力品质差异,表现出不同的方面:从其发展水平的差异来看,表现为超常、正常和低常的区别;从其发展方式的差异来看,有认知方式的区别,特别是表现为认知方式的场独立性与场依存性;从其组成的类型来看,表现为各种智力与能力的组合和使用的区别;从其表现的范围来看,表现为学习领域与非学习领域、表演领域与非表演领域、学术领域与非学术领域的区别。

承认上述的群体差异和个体差异,依据青少年科学思维能力发展的水平和一定年龄阶段青少年思维能力结构的特点,做到“因材施教”,是青少年科学思维能力培养的前提和基础。

(二) 培养科学思维品质是发展科学思维能力的突破口

思维品质或思维的智力品质是在智力活动中,特别是思维活动中智力特点在个体身上的表现。科学思维能力的培养必须贯穿在科学知识的教学和科学活动中,使青少年掌握科学思维的方法,并将思维品质的训练作为培养科学思维能力的突破口。首先,智力与能力属于个体心理特征,思维是智力与能力的核心,反映科学思维个性特征的科学思维品质则体现了每个主体科学思维能

力的差异。所以,科学思维品质表现了科学思维能力,研究科学思维品质正是揭示学生科学思维能力的发展状态。其次,在教学场所或日常生活中,科学思维品质的客观指标是容易确定的,科学思维的深刻性、灵活性、批判性、敏捷性和独创性品质的差异的表现是可以用客观的方法加以记录的。因此,从培养科学思维品质入手,能够探索出学生科学思维能力发展的一些特点。再次,研究科学思维品质的发展与培养,有利于进一步挖掘学生科学思维的潜力。最后,科学思维品质发展水平是区分学生科学思维能力高低的重要标志。

在科学思维品质的培养上,具体做法可参考如下。

深刻性品质的培养:(1)加强科学模型、科学概念、科学规律、科学理论的理解和教学;(2)结合具体内容的教学,使学生掌握基本的科学思维方法;(3)注意让学生掌握学科的基本结构;(4)加强抽象与概括能力的训练和培养;(5)注意挖掘科学问题中的隐蔽条件,排除多余因素的干扰;(6)训练学生分析问题的全面性和推理的严密性。

灵活性品质的培养:(1)抓住知识、方法间的“渗透”与“迁移”;(2)引导学生进行发散式思维和立体思考,培养学生一题多解、多题归一的能力;(3)教给学生灵活选择研究对象和解决问题的方法,并加以训练;(4)帮助学生形成事物的正确的动态图景;(5)使学生掌握科学中的辩证关系。

批判性品质的培养:(1)鼓励独立思考;(2)鼓励提出质疑;(3)排除各种干扰,包括相关信息的干扰、多余的无关信息的干扰、权威信息的干扰、前科学概念的干扰等;(4)训练学生的自我监控能力。

敏捷性品质的培养:(1)使学生掌握科学概念、科学规律之间的关系,掌握科学学科的基本结构,结合科学问题的解决,在大脑中形成合理的“知识组块”;(2)教给学生一定的提高思维速度的方法和技巧;(3)通过做作业和测验等方式,给学生提出速度要求,并加以训练。

(三) 从非智力因素入手培养科学思维能力

非智力因素,又叫非认知因素,它是指除了智力与能力之外,又同智力活动有关的心理因素,主要有与智力活动有关的情感、意志、个性意识倾向性(兴趣、动机、理想等)、气质和性格等因素。

学生的学习活动是在智力与非智力因素的综合

影响下进行的。学生的科学思维能力,不仅与其智力水平高低有关,而且与其非智力因素有密切的关系。非智力因素虽然不是青少年科学思维能力结构的构成要素,但对青少年科学思维能力的发展有重要的影响。在青少年的科学思维活动,乃至整个智力活动中,非智力因素有三个方面的作用:一是动力作用,它是引起科学思维能力发展的内驱动力。成就动机、自我提高的需要、情绪情感等都与科学学习任务完成存在着正相关;求知欲、学习兴趣等,都是激发科学学习主动性和积极性的动力。二是定型作用。气质和认知方式是以一种习惯化的方式来影响科学思维能力,乃至智力与能力活动的表现形式的。三是补偿作用。它能够补偿智力活动的某方面的缺陷或不足,“勤能补拙”的事例在教学中是屡见不鲜的。学生在科学学习过程中的责任感、坚持性、主动性、自信心、勤奋、踏实等性格特征,都可以使学生确定学习目标,克服因知识基础较差而带来的科学思维能力上的不足。因此,应根据非智力因素的概念、作用以及青少年非智力因素发展的特点和非智力因素的整体性出发,促进其科学思维能力的发展。

注释:

- ① 查有梁. 系统科学与教育[M]. 北京:人民教育出版社, 1993. 2.
- ② 林崇德. 学习与发展[M]. 北京:北京师范大学出版社, 1999. 163.
- ③ Feuerstein, R., Rand, Y., Hoffman, M. & Miller, M. (1980). *Instrumental enrichment: An intervention programme for cognitive modifiability*. Baltimore, MD: University Park Press.
- ④ Osborn, A. F. (1963). *Applied Imagination*. Charles Scribner's Sons, New York.
- ⑤ De Bono, E. (1987). *CoRT Thinking Program: Workcards and teachers' notes*. Chicago: Science Research Associates.
- ⑥ Buzan, T. (1984). *Use Your Perfect Memory*. N. Y.: E. P. Dutton.
- ⑦ Williams, F. E. (1972). *A Total Creativity Program for Individualizing and Humanizing the Learning Process*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- ⑧ Sternberg, R. J. & Spear-Swerling, L. 思维教学[M]. 中国轻工业出版社, 2001.
- ⑨ 林崇德. 林崇德教授谈中小生智力训练[N]. 中国教育报, 1998-1-6, 1-13, 1-20, 1-23, 1-27, 2-3, 2-10, 2-17, 2-24, 2-27.
- ⑩ 朱智贤, 林崇德. 思维发展心理学[M]. 北京:北京师范大学出版社, 1986. 610.

A Study of Teenagers' Capacity of Scientific Thinking

Hu Weiping & Lin Chongde

Abstract: As a kind of special ability, teenagers' capacity of scientific thinking is the outcome of the development of ordinary thinking ability and science education and is in three-dimensional structure consisting of content, method and character. Teenagers' capacity of science-based abstract thinking is different from their capacity of image thinking in terms of characteristics and evaluation method. Therefore, the cultivation of teenagers' capacity of scientific thinking should start with the character of scientific thinking and non-intellectual factors upon the premise of intellectual difference.

Key words: teenager; capacity of scientific thinking; structure; development; cultivation

Authors: Hu Weiping, professor and Director of Curriculum and Teaching Institute, Shanxi Normal University (Linfen 041004); Lin Chongde, professor and tutor of doctoral candidates at the Institute of Developmental Psychology, Beijing Normal University (Beijing 100875)

[责任编辑:赵永嵩]