

科学概念教学中思维能力的培养

胡卫平*

(山西师范大学, 山西 临汾 041004)

[摘要] 科学概念是人们观察、实验和思维相结合的产物,在科学概念教学中培养学生的思维能力是中学科学概念教学的主要任务之一。具体措施为:获得足够的感性认识,掌握建立概念的思维方法,排除科学概念学习的思维障碍,理解应用与形成结构。

[关键词] 科学概念; 教学; 思维能力

[中图分类号] G623.6

[文献标识码] A

[文章编号] 1002-4808(2004)09-0044-04

科学概念是客观事物的共同属性和本质特征在人们头脑中的反映,是对科学事物的抽象,是人们观察、实验和思维相结合的产物,是组成科学知识的基本单元,是形成科学学科结构的基础。如何使学生形成、理解和掌握科学概念,发展他们的思维能力,是当今中学教学的主要任务之一。

一 获得足够的感性认识

科学概念的形成过程是以感觉、知觉和表象为基础,通过分析、综合、抽象、概括、系统化、具体化等思维活动,从个别到一般、从具体到抽象、从现象到本质的认识过程。因此,感知活动是形成科学概念的基础,是培养学生思维能力的前提条件。中学生获得与科学概念有关的客观事物的感性认识,主要来源于生活经验和观察实验。

生活经验是获得感性认识的主要途径之一。学生在学习科学概念之前,头脑中已经存在一些来自于生活经验对一般客观事物的直觉的认识,通常被称为前概念(preconceptions)。有些前概念是正确的,它的形成有利于学生对科学概念的学习和掌握。例如,学生在生活中形成的推、拉、提、压等概念,有利于“力”的概念的学习。而有些前概念是错误的,这类概念也叫做错误概念(misconceptions)或相异概念(alternative

conceptions),对学生掌握科学概念有干扰作用。例如,学生在日常生活中形成的“功”的概念,对科学课中“功”的概念的学习就有干扰作用。科学概念教学就是要将学生的前概念转变为科学概念。概念的转变有两种:一种可称为“丰富”,即将新的概念纳入原有的认知结构,通过积累的方式使认知结构发生变化;另一种情况可称为“修订”,即将错误概念转变为科学概念。由此可见,学生形成科学概念不仅是知识经验的获得,同时也意味着已有知识经验的改造。概念转变(conceptual change)研究主要揭示学生的错误概念及其转变规律。^[1]这被称之为科学概念学习中的核心问题,成为近20年来科学教育研究的热点之一。

在科学概念教学中,教师可以恰当地列举生活中的典型事例,创设良好的科学概念学习的环境,以引发学生已有的感性认识,使之在此基础上形成正确的科学概念。每一个科学概念都是对大量具体事例的概括,尽管我们重视学生对具体事例的感性认识,但也并非列举具体事例越多越好。因为每一概念都列举大量事例来阐释不可能做到,再说也没有必要。在一个科学概念所概括的大量事例中,有的事例是含有事物本质属性的例证(肯定例证),有的事例是没有事物本质属性的例证(否定例证);有的事例具有与科学概念相

[收稿日期] 2004-07-02

* 胡卫平,山西临汾贡院街1号 山西师范大学课程与教学研究所,041004

关的特征,有的事例却没有与科学概念相关的特征。为了使能够掌握概念的本质,教师必须注重变式的运用。变式是指从不同角度、不同方面和不同方式变换事物的非本质属性,进而揭示其本质属性的过程。如果运用变式不充分或不正确,往往会导致概念的内涵混淆,外延扩大或缩小。在变式教学中,应首先列举足够充分的、典型的、恰当的、学生熟知的肯定例证,将其与科学概念有关的特征加以比较,通过分析、概括这些例证,进而抽象出科学概念;然后,再列举足够多的、恰当的否定例证,比较与科学概念无关的特征,从而使学生真正理解、掌握科学概念的内涵和外延。

观察实验是学生获得感性认识的又一重要途径。教师可以通过观察实验(特别是演示实验)来丰富学生的感性认识。运用实验展示有关的科学现象和过程,可以使获得典型、生动、深刻且能反映事物本质属性和共同特征的感性认识。例如,在进行大气压教学时,教师可先做“马德堡半球实验”(或其他类似的实验),学生观察到当马德堡半球内的空气越来越稀薄时,欲使两半球分开所需要的拉力越来越大,从而认识到马德堡半球受到大气的一种作用力。这是掌握大气压概念的必要基础。如果没有与此类似的感性认识,无论如何也无法理解大气压的概念。

观察包含着积极的思维活动和稳定的有意注意,并借助过去经验作用于人的感觉器官对客观事物进行形象感知和反映,是一种系统的、较持久的知觉。在演示过程中,要使学生的观察和思维活动结合起来,亦需要教给观察方法,培养观察思路,揭示现象本质。有目的、有计划的观察往往采用顺序观察、分部观察和对比观察,并在观察中进行分析、综合、归纳、概括。顺序观察是指按照一定的顺序进行的观察。分部观察是当一个现象和过程由多种因素支配时,为了弄清各种因素的作用、性质和规律,依次选取一个因素作为对象而使其他因素相对固定,一步一步进行的观察。对比观察是对两个事物、现象进行对比,或对某一现象发生变化的前后情况进行比较的观察方法。总之,在科学概念教学中,通过观察和实验,可以使获得丰富的感性认识,为思维加

工打下基础。同时,将观察与思维有机地结合起来,还可以有效地培养学生的思维能力。

二 掌握建立概念的思维方法

科学概念的形成离不开思维。思维是人的大脑对客观事物的反映。它的基本特点是概括,即思维反映的是一类事物的共同特征、本质属性和内在规律性。它之所以能够揭示事物的本质属性和内在规律性,主要源于大脑对客观事物进行抽象和概括的过程。抽象过程,就是在思想上区别某种事物的本质属性(或特征)和非本质属性(或特征),从而舍去后者并抽取前者。概括过程,则是将从个别事例概括出的一般原理或某种事物的本质属性(或特征)推广到同类事物中去。学生只有在形成感性认识的基础上,经过分析、综合、抽象、概括等思维过程,才能形成科学概念。由此可见,思维加工是形成科学概念和培养学生思维能力的关键。

学生在感性认识的基础上,对感性材料进行思维加工,进而形成科学概念。这是一种创造性的脑力劳动,不仅需要运用抽象思维,而且需要依赖于形象思维和直觉思维,依赖于各种思维方法的综合运用。不同的科学概念,形成的思维方法不尽相同。其中,最基本的思维方法有如下几种:1)分析概括一类事物的共同属性和本质特征。例如,机械运动、平动、转动、偏振、散射、碰撞、化学变化、糖类、蛋白质等。2)抽取物质运动的某一属性,得出表征物质或运动的某种性质的量。例如,密度、速度、比热、质量、电阻、电场强度、磁感应强度、分子量、原子量、摩尔质量等。3)用理想化的方法进行科学抽象。理想化的方法就是在一定条件下对研究客体——研究的问题和内容加以抽象,即从多维的具体图像中抓住最具有本质特征的图像,建立起一个轮廓清晰、主体突出、易于研究、能从主要方面反映研究客体及其过程的新图像,如质点、刚体、理想气体、理想液体、光的直线传播、分子模型、原子模型等。4)概念的组及发展。科学概念有机地组成一个整体,各个概念间存在着密切的逻辑关系,一个概念往往是一些概念的发展,这一概念往往又是另一些概念的基础。因此,依据概念之间的这

种联系,从一个或几个已知概念可以组合或者发展成另一个新的概念。例如,由质量和速度组合成动量的概念、由力与时间组合成冲量的概念、由机械振动的概念发展成机械波的概念、由氧化反应和还原反应发展成氧化还原反应,等等。5) 由规律演绎出一些新的概念。科学概念是科学理论的基石,科学规律是科学理论的核心,它们之间存在着不可分割的关系。在许多科学规律(特别是利用实验归纳法得出的科学规律)的表达式中,常常存在着比例系数。这些比例系数可分为两类:一类是普适恒量;另一类则是反映物质的某一属性,如滑动摩擦因数、电阻率等。6) 运用类比的方法。借助已有的科学概念,运用类比推理的方法,可建立新的科学概念,如机械波、水波、声波、光波等各种波动,尽管涉及不同的领域,但由于具有相似性和可比性,运用类比推理的方法,因而引入了普遍适用的波长、频率、周期、波速等科学概念。7) 等效方法。等效也是形成科学概念的基本方法之一。例如,把变速运动等效为匀速运动,从而引入“平均速度”的概念;把变加速运动等效为匀加速运动,从而引入“平均加速度”的概念;等等。

在科学概念的教学,若只向学生提供形成科学概念的感性材料,而不让学生参与思维加工活动和掌握建立科学概念的思维方法,尽管教师在引出概念的文字表述或数学表达式时讲解得很清楚,但对学生来说,表面联系与本质联系、感性认识与理性认识、生活经验与科学概念仍处于“分离状态”,对科学概念的认识是肤浅的、片面的,思维能力未得到发展,当解决实际问题时往往出现错误。因此,要使学生真正理解科学概念的内涵和外延,排除思维定势的消极影响,灵活运用科学概念去解决实际问题,有效地培养学生的思维能力,就必须在他们获得必要的感性认识的基础上,按照科学概念建立的思维过程,引导学生运用分析、综合、比较、抽象、概括、类比、等效等思维方法,对感性材料进行思维加工,抓住主要因素和本质联系,忽略次要因素和非本质联系,抽象、概括出事物的本质属性和共同特征,进而形成科学概念。这是在科学概念教学中培养学生思维能力的关键。

三 排除科学概念学习的思维障碍

中学生(特别是初中学生)虽然处于逻辑思维开始居主导地位的年龄阶段,^[2]由经验型的逻辑思维向理论型的抽象逻辑思维发展,但具体的形象成分在思维过程中仍起着很重要的作用。他们在进行逻辑思维的时候,常常还需要具体的、直观的、形象的、感性经验的支持,不然,就会出现理解、判断、推理上的困难。中学生思维的各种品质及对思维的自我意识和自我监控能力还不够高,这使得他们在学习概念时存在一定的思维困难,主要表现为感性认识不足、思维方法不当、思维定势的消极影响、相关概念的干扰。^[3]思维定势是人们在思维中普遍存在的一种心理现象,即是指人们按照某种固定的思路或模式去考虑问题,表现为思维的倾向性和专注性。在学习科学概念的过程中,思维定势既有积极意义,也有消极的影响。积极的思维定势是指人们把自己头脑中已有的思维模式恰当地运用到新的思维情景中去,用于学习和理解新的知识,促进问题的解决。消极的思维定势是指人们把自己头脑中已有的、习惯了的思维方式不恰当地运用到新的情景中去,固守一种分析问题的思路不变,从而对问题的解决产生干扰和不良的影响。相关概念的干扰主要有两种类型:一是不能区分相近的概念;二是前科学概念的干扰。排除这些思维障碍,对于正确理解科学概念,发展学生的思维能力具有重要的意义。

在科学概念教学的过程中,要让学生掌握建立科学概念的基本的思维方法;要列举生活中的典型事例,组织开展实验,让学生获得丰富的感性认识,使之在此基础上进行思维加工,形成科学概念;要充分发挥思维定势的积极作用,消除思维定势的消极影响,引导学生不拘泥于某些原有的思维模式,着力于知识和方法的迁移,培养思维的灵活性,建立新的、灵活多样的思维模式;要利用观察、实验、变式等方法,排除前科学概念的干扰,用科学的概念去置换学生头脑中的错误概念。总之,排除思维障碍是正确掌握概念、发展思维能力的重要环节。有鉴于此,我们要重视和加强对学生学习思维障碍的研究,并采取有效措

施予以排除。

四 理解应用与形成结构

让学生明确科学概念的内涵,了解科学概念的外延,加强科学概念的应用,形成科学概念的结构,是掌握科学概念的根本,对培养学生的思维能力有重要的作用。对科学概念的理解和应用,需要注意以下几个方面:

1 明确科学概念的定义、内涵和外延

在对感性材料进行思维加工的基础上,给概念下一个明确的定义,这是把有关概念用语言准确加以表述的过程。语言和思维是紧密联系的。让学生根据感性材料自己概括出概念的定义,可以有效地培养学生的抽象概括能力。科学概念的内涵是指科学概念所反映的对象、现象、过程所特有的本质属性;科学概念的外延是指具有科学概念所蕴含本质属性的全体对象。在确定科学概念的内涵和外延时,通常要用到比较、分类等思维方法,故可以培养学生比较、分类等思维能力。

2 加强对科学概念的应斥

科学概念的应用是学习科学概念的目的,也是衡量科学概念掌握程度的重要标志,还是加深对科学概念理解的重要环节。通过应用概念,以巩固、深化、活化概念,培养学生分析问题和解决问题的能力,提高其思维品质。在教学中,教师要注意总结和分析学生学习科学概念的思维障碍,了解学生的认知结构和能力特点,有针对性地选择一些典型问题,让学生从多视角、多侧面予以思考和辨识,使之更全面、更深入地理解和掌握科学概念,从而发展思维能力。

3 分层要求,分类指导

由于科学概念一般较为复杂,因而要求学生一次性理解科学概念是不符合认知规律的。学生理解概念的过程,大致可分为领会、运用、完善、扩展4个阶段。1)领会阶段,主要是初步理解概念的定义、内涵、外延、意义及数学表达式;2)运用阶段,主要是直接应用初步理解的概念来分析或解决简单的问题;3)完善阶段,主要是理解概念的全部内涵,掌握概念的外延,明确其与相关概念的区别和联系,以及与相关规律的关系;4)扩展阶段,主要是深刻理解和熟练、灵活地运用

概念,此即概念的深化和活化阶段。在这4个阶段中,前两个阶段的时间衔接比较紧凑,第2阶段是为第3阶段做必要的铺垫,后两个阶段之间可以有一段时间间隔。为此,在科学教学中,我们要针对不同的阶段和不同学生的特点,提出不同的要求,并给予分类指导。

笔者认为,学生基于对科学概念的理解和应用,还要形成科学概念的结构。提出这一要求的理论依据是布鲁纳的认知结构学习理论、皮亚杰的建构主义学习理论和奥苏贝尔的认知同化学习理论。这些理论的共同特点之一就是重视认知结构,也即具体的科学学科结构。只有将新概念纳入概念结构或学科结构之中,才能真正理解概念的实质和内涵。借鉴皮亚杰的建构主义学习理论,学生科学概念结构的发展亦需经历旧的图式、同化或顺应、新的图式3个发展阶段。^①因此教师要根据科学概念结构发展的阶段性特点,帮助学生形成合理的概念结构,使之掌握系统知识的方法,有效地培养归纳概括的能力。

(此为全国教育科学“十五”规划重点课题《青少年科学思维能力的发展与培养》与教育部优秀青年教师资助计划项目“中小学生科学思维能力的发展与促进”的部分研究成果)

注 释

- ① 胡卫平:《中学科学教学心理学》,北京教育出版社2001年版,第90~92页

[参 考 文 献]

- [1] Posner G J, Strike K A, Hewson P W, et al. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change [J]. Science Education, 1982, 66: 211~227.
[2] 林崇德. 学习与发展 [M]. 北京:北京师范大学出版社, 1999. 206.
[3] 田世昆, 胡卫平. 物理思维论 [M]. 南宁:广西教育出版社, 1996. 202~206.

(责任编辑 杨太清)