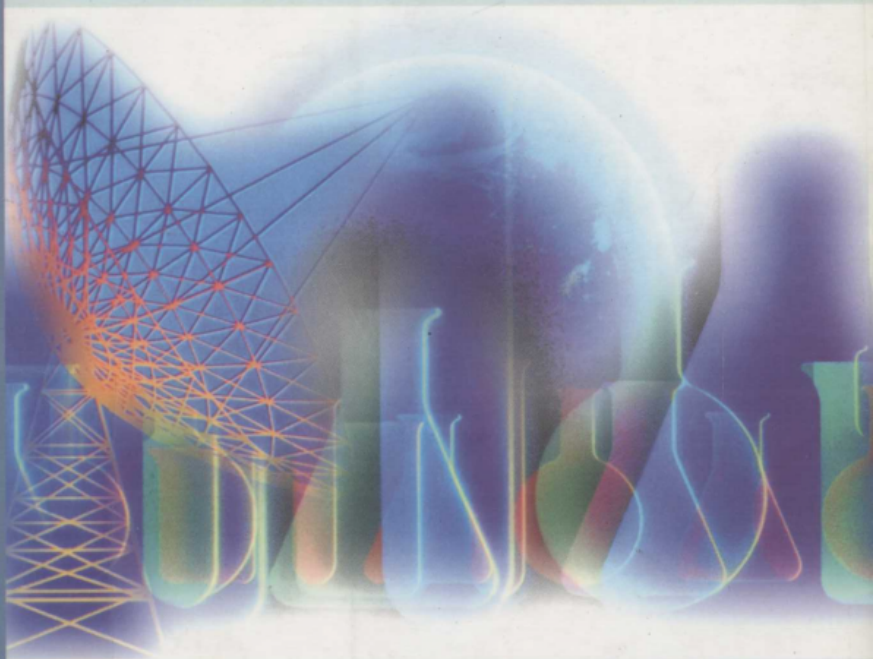


ZHONGXUE KEXUE JIAOYU

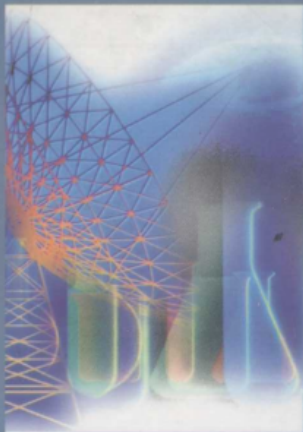
中学科学教育

◆ 陈志伟 贾秀英 编著

ZHONGXUE KEXUE JIAOYU



浙江大學出版社



ZHONGXUE
KEXUE
JIAOYU

ISBN 7-308-02693-0



9 787308 026932 >

ISBN 7-308-02693-0/G·387

定价: 20.00 元

中学科学教育

陈志伟 贾秀英 编著

浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

中学科学教育 / 陈志伟, 贾秀英编著. —杭州: 浙江大学出版社, 2001. 4
ISBN 7-308-02693-0

I. 中... II. ①陈... ②贾... III. 科学教育学—中学 IV. G632

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 021625 号

出版发行 浙江大学出版社
(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)
(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)
(网址: <http://www.zjupress.com>)

责任编辑 田 华

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 浙江上虞印刷厂

开 本 850mm×1168mm 1/32

印 张 14.5

字 数 364 千字

版 次 2001 年 4 月第 1 版 2003 年 8 月第 2 次印刷

印 数 4001—6000

书 号 ISBN 7-308-02693-0/G·387

定 价 20.00 元

目 录

第一章 科学与科学教育	(1)
第一节 科学概述	(1)
第二节 科学教育的涵义	(7)
第三节 科学教育的目标	(12)
第四节 科学教育课程的类型	(20)
第五节 科学教育的思考	(30)
第六节 科学教育改革进展	(38)
第二章 科学教育理论	(44)
第一节 培根经验论的科学教育理论	(44)
第二节 斯宾塞实证主义的科学教育理论	(47)
第三节 贝尔纳的科学教育观	(50)
第四节 布鲁纳的结构主义科学教育理论	(54)
第五节 弗雷泽的科学教育理论	(58)
第三章 科学教育的内容	(61)
第一节 科学教育的内容	(61)
第二节 美国科学教育的内容	(67)
第三节 英国科学教育的内容	(80)
第四节 日本科学教育的内容	(92)
第五节 中国香港科学教育的内容	(97)
第四章 学生的认知发展与科学教学	(152)
第一节 学生智力的发展	(153)

第二节	学生情绪的发展·····	(160)
第三节	认知论在科学教学中的应用·····	(161)
第五章	科学概念的学习·····	(191)
第一节	概念的涵义及类型·····	(191)
第二节	概念获得·····	(193)
第三节	概念教学策略·····	(201)
第四节	影响概念学习的因素·····	(210)
第六章	应掌握的科学方法·····	(214)
第一节	基本的科学方法·····	(215)
第二节	综合的科学方法·····	(226)
第三节	科学方法学习实例·····	(236)
第七章	探究式教学·····	(249)
第一节	探究式教学的特点·····	(249)
第二节	布鲁纳的发现教学模式·····	(256)
第三节	萨其曼的探究训练教学模式·····	(266)
第四节	兰·本达的“探究—研讨”教学模式·····	(275)
第八章	解决问题的方法·····	(284)
第一节	什么是问题解决·····	(284)
第二节	发现问题·····	(287)
第三节	建立假设·····	(295)
第四节	产生构想·····	(298)
第五节	验证阶段·····	(300)
第六节	总结与归纳·····	(302)
第七节	解决问题的教学与探究式教学·····	(304)
第九章	创造性教学·····	(316)
第一节	创造力与创新思维·····	(316)
第二节	创造性教学的涵义和原则·····	(319)
第三节	创造性教学模式·····	(325)

第四节	创造性探究式教学·····	(334)
第十章	自由研究·····	(356)
第一节	自由研究的目的·····	(357)
第二节	自由研究的内容·····	(358)
第三节	自由研究指导·····	(359)
第四节	自由研究实例·····	(365)
第十一章	科学教学评价·····	(393)
第一节	科学教学评价概述·····	(393)
第二节	科学知识学习的评价·····	(400)
第三节	科学过程技能的评价·····	(406)
第四节	科学思维力的评价·····	(410)
第五节	科学态度的评价·····	(423)
第十二章	科学教师的基本素质·····	(430)
第一节	科学教师的基本素质要求·····	(430)
第二节	科学教师要适应科学教育的发展·····	(434)
第三节	科学教师的教育与教学能力·····	(442)
第四节	科学教师的培养与进修·····	(448)
后 记 ·····		(454)

第一章

科学与科学教育

第一节 科学概述

科学这个词,一般说是源于中世纪拉丁文“scientia”。英文“science”、德文“wissenschaft”、法文“science”则是由此衍生而来,其本义为“学问”、“知识”。

18~19世纪,随着科学事业与高等教育事业的发展,科学一词在欧洲各国被越来越多的人使用。东方各国使用科学这个名词较早的是日本,原先是以福泽谕吉为代表的一批学者在传播西方科学时采用的,明治维新之后开始在大学使用。19世纪后半叶,日本产业革命兴起,人们开始重视技术,也自然提到科学。1930年以后,兴起产业合理化运动,科学这个概念在日本得到广泛应用。

在我国,形成科学这个概念并有科学这个名词迟于西方,大致是在16世纪以后,由于受西方文化交流的影响而产生,严格地说这是个引进的概念。当时我国学者把它翻译成为“格物致知”。所谓“格物”,就是要以“物”为本,要解决实际问题,它强调“实践”的重要。所谓“致知”,是指人们可以获得知识。

“科学”虽然不是中国固有的概念,但我国学者在引进时所用

的汉语译词——“格物致知”这个名词却是古老的。早在春秋战国时代的《礼记·大学》中就有“格物”、“致知”二词。原文是“致知在格物，格物而后知之”。后来，历代学者们都使用“格物致知”一词。如明代万历年间胡文焕编写的《格致》丛书和清代康熙年间陈文龙编写的《格物镜原》等就使用“格物致知”这个名词。随着科学文化的交流与发展，人们越来越感觉到该词的含意和后来的科学在概念上是有出入的。

1893年，康有为在翻译介绍日本的书目时首先使用了“科学”这个词。1896年前后的中国一代文人，资本主义理论的介绍者、著名科学理论翻译家严复在翻译《天演论》和《原富》这两部名著时，把“science”译成“科学”，过后更多的学者都使用了科学这一词。

然而，科学究竟是怎么样的，至今没有一个公认的结论。几个世纪以来，人们一直想给科学下一个定义，到现在，这种努力还在继续。可是，大家发现每一个定义都不能令人满意。后来渐渐感觉到世界上有很多东西是不能下定义的，不下定义的比下定义的往往更好。大家倾向于从另外一个方面去理解科学，去描述科学到底应包含哪些本质特征，而不是直接去定义什么是科学。

当然，这些罗列出来的本质特征在不同的时期有不同的变化。估计今后，这种描述科学特征的活动还将继续下去。我们现在所认定的特征，还会有变化。这种难以定义的状况，正好说明科学的博大和无限生机。

一、科学的特征

一般认为，科学是反映客观事物本质和运动规律的知识体系，科学提供科学的世界观、态度和方法。科学的本质特征至少可以归纳为以下十点：

1. 科学应该是系统化的。它是对个别现象的一般性、共同性和规律性的描述。因为人们可以从不同的角度，以不同的方式、不

同的观念来描述世界上的事物,但科学有它自己特定的角度、观念和方法。

2. 科学要对统一性和预测性作出解释。力图对事物作出统一的、数量化的、因果性的解释,这是科学家们的愿望,但很多时候难以做到。由于多种因素之间的互相作用,使得科学家们研究的那些系统并不遵循简单的规律。然而科学家们还在努力地探索它、寻求它,从哲学上相信它是可以被解决的。

3. 科学是极为严谨的。科学是建立在实验基础上的,科学的实验有它自己严格的定义。科学的实验是可以重复的,含有很多区别于其他文化实验的特征。

4. 科学要不断地补充新知识,扩张自己的知识系统。人们要不断地利用过去的知识创造新的知识。科学知识的扩张,遵循一系列自己的规律。

5. 从某种意义上说,科学的探索是一种“游戏性”的活动。超越常规的、出人意料的方法,会创造出人们意想不到的新知识。人们在进行科学探索的时候,很多重要科学成果的获得,并不是出于原先预定的计划和功利目的,而是出于对大自然的持久的好奇心。科学家们用自己的顽强努力去体现和满足这种好奇心。

6. 科学与技术的关系。科学促进新技术的产生,新技术又把科学推向新的领域。科学和技术的关系并不像一些人所认为的,技术只是科学成果的实际应用而已。从人类创造知识的过程来讲,最先创造的不是科学,而是技术。第一是生存技术,第二是艺术,第三是巫术。技术成果的逐步积累,支持了人类的生存、繁衍和发展。社会财富逐步积蓄到一定程度,产生了人们对科学的需求和提供科学探索所需物质的可能性。

科学在相当长的时期内是依附在哲学的传统上的,而技术则是长久依附在工匠传统上的。大约数千年的时间,这两种传统互相之间没有什么联系,互相之间的影响也非常小。在那个时候,即使

是对人类影响巨大的发明，也和当时的科学探索没有什么关系。17世纪近代科学诞生之后，这种状况才发生了质的变化。科学建立了自己的传统。这个传统就是伽利略以科学家特有的那种思维方式，把当时哲学家们所提出的哲学论断，如“实验是自然科学的基础”变成成为可以操作的科学方法，从此建立了真正意义上的自然科学。

7. 科学家对待实验的态度不同于一般人。实验，一般都是科学家按照预先的目标设计的。但科学家在追求预想结果的时候，格外关注这些实验所带来的“副产品”，即和他原来预计不一样的东西。如果实验的结果偏离了原来的假设和预计，就可能预示着新的发现。丁肇中先生曾讲，近年来他在基础科学领域做了四个重大的实验，有一个结果是他原来所没有预想到的，找到了别的东西，他非常高兴。所以，科学家对待科学实验的态度和一般人是不同的。只要科学探索是严肃的、认真的，得到的结果是客观的、正确的，那么它对科学就是重要的、有意义的。

8. 科学还不能解释一切问题。人类面临的很多问题，是由政治、经济、文化、环境等共同决定的，科学只是其中的因素之一。我们要理解这一点。

9. 科学是一种思维方法。这种思维方法有三个明显的特征：第一是真理性。科学从不迷信权威，更拒绝权力。真正的科学家常常怀疑人们已经发现的东西，通过不断地质疑，发现新的东西。第二是创造性。科学用于解决人类需求所使用的手段、方法都在不断地改进。它在解决任何具体问题的时候，都是以创造性的方法利用以往的科学成就来实现的。第三是开放性。科学接纳一切新的探索的思想，但必须符合自身的特征——严格的实验基础和严密的逻辑推理。

10. 科学是人类共同的文化。人类的文化千差万别，但科学能够促进任何一个地区的人类社会的迅速发展。我们生活在同一个地球上，面对着同一的科学。

二、科学在发展

正如我们看到的那样，科学家正在一步一步地揭开大自然的奥秘，而揭开奥秘的技术要由人去创造。人为了满足好奇心，在探索科学的同时，逐步形成了一种可以使人得到可靠答案的思维方法，这就是科学思想。

科学思想的发展史是一部激动人心的历史。最初人们大都相信，世界上发生的事情都是由无法预料的神的意志主宰的。后来有人宣称，天体系统是由神根据一些可以理解的哲学和数学原则创造出来的。地球、行星和恒星都以均匀的速度运行。所有形体中最完美的是球体，最完美的运动是匀速运动。这些人相信，如果他们推理的思维能掌握宇宙的法则，那么观察就是不必要的。

可是当某些观察到的现象，诸如行星的运行同理论相矛盾时，问题就来了。最初，他们把理论加以延伸、扩大。但当人们观察到的现象再也无法与理论一致时，他们即宣称观察的结果一定是错误的。值得注意的是，这些想法直到16世纪还为人们所接受。

此后，波兰天文学家哥白尼提出了对宇宙的看法（宇宙的中心是太阳，不是地球）。这个看法之所以重要，在于其既简单又能概括以前观察到的结果，以及解释以后观察到的结果。

17世纪，伽利略的实验又使人的思想向前迈出了一大步，尽管当时不受欢迎，得罪了教会和大学，但他给予人类的却是实验的原则，是带着问题积极地探索大自然的思想。伽利略也许真的没有从比萨斜塔上往下抛球，但以有计划的观察、可以重复的实验和客观性来代替哲学理论和主观臆断的思想，确实要归功于他。

科学革命仍在继续，牛顿的实验和发现使其达到了高潮。开普勒和牛顿的定律可以概括远至巴比伦、希腊和摩尔人时代天文学家所观察到的各种现象。人们学会了用不同于往常的方式来思考问题，这一进展在创造现代文明的过程中起着关键性的作用。人们

称牛顿是古往今来最伟大的科学家。牛顿却说：“如果我比别人看得稍远一点，那是因为我站在巨人的肩膀上。”

此后，人类对世界的了解又进了一大步。到 19 世纪，惟一的一门科学自然哲学细分为物理学、化学和生物学，但 19 世纪也是科学家们各执己见的时期。

1873 年，数学家托德亨特反对在剑桥大学建立各种实验室，认为学生没有必要看实验过程，实验的结果可以由他们的导师担保，而他们的导师可能就是那些博学能干、品德无瑕的牧师。当时正准备进行 X 射线结晶学伟大研究的劳伦斯·布赖格曾说，他在剑桥上大学时，古典物理学看来已经十分完善，确实没有什么可再发现，剩下的问题仅仅是使物理学常数再精确一位而已。

进入 20 世纪，科学的发展异常迅速。X 光、无线电、核磁共振、电子显微镜、镭和钋、固氮法等发明，磺胺药、青霉素等的发现，CT 扫描仪的开发，植物光合作用的揭示，化学结合本性的阐明，相对论的创立，量子论、放射性元素蜕变理论、热力学“耗散结构”理论、遗传和基因理论等的提出和发展，使科学得到了前所未有的发展，而且还快速地发展。

一个极其重要的思想已经显现：科学尚无定论，对科学的认识仍在不断地深化。如果说科学是知识，那么它是不断变化的知识。

科学的迅速发展使科学家们懂得：自己所了解的一切最终都有可能被证明是错误的。正如诺贝尔物理学奖(1970)获得者汉纳斯·阿尔弗温所警告的那样，如果科学家不继续保持警惕，他们就会像托勒密和亚里士多德一样坚信不可知论。他说，科学与迷信的区别，好比批判性思考与信奉先知一样。有这样一种危险：人们对目前已得到公认的理论不再进行充分的批判性研究，而是把它们看作是先知的智慧，因而不敢去怀疑。

这里，有一个问题应当引起学校科学教育的注意。我们的学生

被调教得过于拘谨,思维能力不强,缺少自信与活力。一方谆谆教导,灌输惟恐不周,一方聆听诵记,惟恐有所遗漏;一方精心设计,提供现成答案,一方苦抄硬背,但求符合要求;一方恐落后人,想方设法,力争名次,一方虽得高分,却是低能。教师和学生,时间、精力都耗于几册教材教参及大量题海之中,许多学校至今还没有从根本上改变这种状况。

我们看到,学生仍在反复“证明”早已证明了的定律,反复背诵那些无助于能力培养的知识,反复操练已做了许多遍的习题。

科学教师应该知道,这样的教学是难以让学生真正掌握科学的。如果真让学生真正学到科学,就应当让他们学习 20 世纪最新的科学观点。

教师有责任引导学生要尊重观察与实验的结果,而不要迷信教科书或自己的预言。否则,我们将使学生只有哥白尼以前的思想,或不由自主地接受亚里士多德的学说。

如果我们想引导学生跟上科学的发展,就必须让他们懂得:进行观察、实验等是回答各种自然现象问题的最好手段,科学没有定论,已知的各种理论都可能是推测,只要它们与观察到的结果不一致,就要将它否定或修改。学生必须知道,没有谁能真懂。如果我们能使学生有这样的思想,那么,他们不论学什么内容,都可以学到科学。如果我们告诉学生,牛顿、达尔文、波义耳等人的理论是铁板钉钉的事实,我们就是在向他们灌输中世纪以及更早时期的思想,学生们将不是学科学、创造知识,而是背科学、死记知识。

第二节 科学教育的涵义

随着科学技术的迅猛发展,科学教育的内涵不断丰富,外延不断扩大。但目前尚无统一的科学教育定义。

一、科学教育的涵义

一般认为,科学教育是系统传授数学、自然科学知识,实现人的科学化的教育活动。

有的认为,科学教育主要是指各级各类学校进行的数学和自然科学教育。如日本《教育学大事典》指出:“科学教育是指初等、中等学校阶段的自然科学教育。即在任何学校阶段和家庭、社会所进行的自然科学和数学的教育。”

有的认为,科学教育是一项传授科学知识、培养科技人才的社会活动,是一种潜在的科学能力。尤其是 20 世纪 60 年代以后,各国都清醒地认识到,国与国之间的竞争,主要是科学技术的竞争,而科学技术竞争的关键是教育。科学教育质量的高低已成为一国能否在竞争中取胜的关键因素之一。

80 年代以后,相对于环境污染、人口爆炸、大国之间的核竞赛等问题,人们对科学教育的认识又有了新的变化。英国著名科学教育学者弗雷泽提出,科学教育的重点应放在普及科学知识,探讨由科研到获得发现的方法或途径。他在《科学教育的概念》一书中,把追求知识、掌握技能、理解科学现象和发展学生的优势作为科学教育的四个目标。

综合上述观点,我们认为科学教育是教育的一个组成部分,是以数学和自然科学教学为主的一种社会活动。它涵盖了小学的教学、自然科学教育;中学的数学、物理、化学、生物、地学和计算机等教育;大学各个系科进行的自然科学专业教育。本书论述的是初中自然科学教育,简称科学教育。

二、科学教育的特征

科学教育与社会科学教育不同,有它自己的一些特征:

1. 系统性。在各级各类学校进行的科学教育,都把系统的科

学知识编制成具体的课程向学生传授。如初中的《自然科学》、高中的《解析几何》、大学的《理论物理》等。

2. 客观性。科学教育涉及的学科都是按自然界的运动形式分门别类的。它们都是自然规律的反映,都可以通过实验反复验证,因而科学教育的内容具有客观性。

3. 理智性。科学教育是培养学生具有理性的教育。从问题的发现到问题的解决,都要经过合乎逻辑的理性思维,决不允许随意胡编,信口开河,也不能容忍道听途说,人云亦云。例如,冰为什么浮在水面上,因水结冰时体积变大了。冰的体积为什么会变大,因氢键加多的缘故。“冰冻三尺非一日之寒”,这话符合物理科学的道理,因为冰要冻三尺厚,必须散发大量的热,需要很长时间的摄氏零度以下的低温。

4. 抽象性。科学教育的内容大多可以用简单的语言、抽象的符号表示,因而具有抽象性。例如,数学可以用一系列的公式、定律、符号来表示;经典力学可以用牛顿三大运动定律和万有引力定律来表示;化学元素结构可以用元素周期表表示。

5. 准确性。或者说精确性、严密性,这是现代科学技术的生命。人类登上月球,太空人在太空漫步,以及他们返回地球的壮举,都需要精确的设计、严格的计算和反复的校正。这种巨大的工程不允许有丝毫的差错。现代尖端科学技术的精密性,依赖于学校科学教育的准确性。只有经过严格的科学教育的训练,才能培养出符合现代科学技术要求的人才。

6. 同一性。科学教育的内容,任何国家、任何民族,用任何语言表示都是同一的。如“生物遗传规律”无论用哪国语言出版,其内容都是一致的;而文学作品,如《西游记》的英文版同原文就会有较大出入。正因为科学教育具有这一特征,世界各国的科学课程教科书可以互相转译,彼此借鉴。

三、科学教育的改革

科学教育的改革牵涉的面很多,从学校的角度出发可以从以下几方面考虑:

1. 培养学习兴趣

学习兴趣是学习行为的原动力。从科学教育观点来看,学习科学固然重要,培养学生学习科学的兴趣则更为重要。如有兴趣而缺少知识,兴趣将会推动人们去获取知识;反之,靠死记硬背一些知识而无兴趣,那么,人们在这个知识领域就很难再有作了。兴趣是有层次的,兴趣是可以培养的,而且也是可以发展的。在青少年科学教育中兴趣的层次为:

(1)触发式的兴趣。这种兴趣完全是出于青少年的好奇心,触发的面也非常广,但它来得快消失得也快。科学教育就要善于抓住并利用青少年这种兴趣广泛的特点,但是又必须注意引导兴趣的发展和深入。

(2)感性式的兴趣。对同一个领域的事物接触多了,必定会产生问题,寻求答案,求得解决,这就产生了感性式的兴趣。广泛的搜集,明确的分类,有趣的探索,因果的领悟,彼此交错,相互促进,是这种兴趣萌发、积累和深化的过程。在理解的基础上,对于某个领域的这种兴趣就会增长,就会持久。

(3)理智性的兴趣。对某个知识领域已具备丰富的知识,而且在自己的掌握之下可以达到预期的目的。这种理智性的兴趣是基础牢固的兴趣,几乎可以终生得益。

兴趣的萌发到牢固持有还有一个外在因素向内在因素转化的过程。兴趣的根源,归根到底是产生于大自然的千变万化、绚丽多彩以及无休止的复杂运动。但是,同一自然现象引起人们的兴趣却强弱悬殊。可见,除外在因素外还有内在因素在起作用。因此,还需要把外在因素转化为内在因素。