

G623.92/2

现代科技教育参考系列

科学教育概论

顾志跃 著

科学出版社

1999

首都师范大学
图书馆藏



21546872

内 容 简 介

本书系全国教育科学“九五”规划重点课题理论研究的中期研究成果。书中系统地阐述了科学教育的目的、内容、途径、课程、教学过程、教学原则、教学方法、评价和教师培训等,涵盖了科学教育的主要内容,立意新,有独特见解和前瞻性,并为中小学开展科学教育提供了范例。

本书可供科学教育工作者和中小学教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

科学教育概论/顾志跃著,-北京:科学出版社,1999.2
(现代科技教育参考系列)

ISBN 7-03-007104-2

I. 科… II. 顾… III. 科学技术-中小学-教学参考资料
N. G633.93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 33002 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

新 世 纪 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1999年2月第 一 版 开本:850×1168 1/32

1999年2月第一次印刷 印张:11 1/8

印数:1—4 000 字数:301 000

定价:18.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈杨中〉)

序

在全国教育科学“九五”规划重点课题中期检查之际,上海教育科学院副院长顾志跃同志在长期对科学教育有关资料积累、实践教学和经验研究的基础上,经过了两年来的悉心研究,完成了“中小幼现代科技教育”课题理论研究的中期成果——《科学教育概论》专著。该书从什么是科学教育,科学教育的目的、内容、途径、课程、教学过程、教学原则、教学方法、评价、教师培训等10个部分进行了系统阐述,涵盖了科学教育的主要内容。在什么是科学素养,科学素养如何转化成具体可操作的教学目标、教学内容与课程教材,针对科学素养的综合性要求如何改革现有的教学途径与课堂教学方法,如何对科学教育的成果进行评价等方面提出了有新意的独特见解,具有一定的参考与理论指导价值,尤其是对科学教育内容、途径与教学方法的论述,摒弃了传统自然科学学科教学的知识传授模式,从开放教育与主体性学习的角度,结合科学教育特点提出了以任务组织教学内容,以学生的主体性参与活动贯穿教学过程的设计思想与具体方案,具有创新性。为中小学教育改革如何突破传统的应试教育模式,改变单纯的知识、技能传授,更好地关注学生态度、价值观、知识、技能、方法、能力、行为、习惯等方面的全面充分和谐发展提供了范例。

科学教育的理论专著在我国普通教育中还不多见,我深信这本书的问世会成为我国科学教育园地的瑰宝,为适应科教兴国的需求、提高广大科学教育工作者与教师的理论水平产生一定的作用。同时,也可以指导科学教育教师的教学实践,开阔他们的思路,帮助他们从整体上理解什么是科学教育,如何开展现代科学教育,使他们能够创造性地搞好科学教育,提高我国青少年学生科学素

养的整体水平。

科学教育无论作为教育现象或社会认识现象都涉及诸多方面的理论问题,并且随着科学技术的不断发展,现代科技对社会影响的不断变化,而不断地会有新的命题产生与提出。《科学教育概论》虽然对科学教育理论进行了系统全面的阐述,同时也进行了前瞻性的、特定视角研究,提出了一些有价值的新见解,但这只是目前阶段的认识水平,反映了作者当前对此问题的认识深度。由于时间短促,对专题研究的视野、问题开掘的深入还有可进一步开拓与发展的余地。本书作为课题组研究的中期成果,可以成为今后进一步研究的有用的“阶梯”。

随着科学技术的迅猛发展,改革科学教育,提高青少年学生的科学素养,积极准备进入 21 世纪的人才竞争,迎接知识经济时代的挑战,已提到议事日程。我们热情地盼望能有更多的同志热心于科学教育研究,能有更多的专著、论文、研究报告献出。

赵学淑

1998 年 9 月 6 日于北京

目 录

第一章 什么是科学教育	(1)
第一节 科学与科学教育.....	(2)
第二节 学科教育与科学教育.....	(9)
第三节 现代科学教育定义与特征	(15)
第四节 科学教育与科技教育	(22)
第二章 科学教育的目的	(29)
第一节 社会进步与科学教育	(29)
第二节 科学教育与科教兴国	(35)
第三节 科学教育的教育目标	(41)
第三章 科学教育的基本内容(上)	(53)
第一节 科学素养的组成与基本结构	(53)
第二节 科学精神、态度与价值观.....	(63)
第三节 科学知识 with 技能	(71)
第四节 科学方法与能力	(77)
第五节 科学行为与习惯	(86)
第四章 科学教育的基本内容(下)	(94)
第一节 幼儿阶段的科学教育内容	(94)

第二节	小学低年级(1~3 年级)阶段的科学教育	
	内容	(99)
第三节	小学高年级(4~6 年级)阶段的科学教育	
	内容	(104)
第四节	初中阶段的科学教育内容	(109)
第五节	高中阶段的科学教育内容	(115)
第五章	科学教育的主要途径	(120)
第一节	中小学教学大纲与计划规定的课程	(120)
第二节	选修与活动课	(127)
第三节	校外教育	(134)
第四节	家庭与社会教育	(139)
第五节	大众传媒与社会氛围	(145)
第六章	科学教育的课程	(152)
第一节	科学教育课程的特征	(152)
第二节	STS 课程	(157)
第三节	综合理科	(165)
第四节	新学科课程	(170)
第五节	主题组合活动	(174)
第六节	青少年科技活动	(179)
第七章	科学教育的教学过程	(184)

第一节	教学过程的概念与本质·····	(184)
第二节	间接经验与直接经验学习·····	(191)
第三节	科学教育的教学过程·····	(197)
第八章	科学教育的教学原则·····	(204)
第一节	科学教育的课堂教学原则·····	(204)
第二节	科学教育中教师教的原则·····	(210)
第三节	科学教育中学生学习的原则·····	(215)
第九章	科学教育的教学方法·····	(222)
第一节	科学教育的基本教学方法·····	(222)
第二节	课题研究法·····	(228)
第三节	专题讨论法·····	(233)
第四节	实验探索法·····	(237)
第五节	现状调查法·····	(243)
第六节	作品制作法·····	(248)
第七节	情景模拟法·····	(252)
第八节	方案设计法·····	(257)
第九节	专题文献法·····	(262)
第十章	科学教育的评价·····	(268)
第一节	学科评价的一般方法·····	(268)
第二节	学生科学精神、态度与价值观的评价·····	(275)

第三节	学生科学知识与技能的评价·····	(281)
第四节	学生科学方法与能力的评价·····	(286)
第五节	学生科学行为与习惯的评价·····	(291)
第六节	科学教育课的评价·····	(296)
第七节	青少年科技活动的评价·····	(301)
第八节	区域性科学教育水平的评价·····	(307)
第十一章	科学教育的教师·····	(313)
第一节	科学教育教师的教学观念·····	(313)
第二节	科学教育教师的教育与教学能力·····	(319)
第三节	科学教育教师自身的科学素养·····	(325)
第四节	科学教育教师的评价·····	(330)
第五节	科学教育教师的培养与进修·····	(337)
参考文献 ·····		(342)
后记 ·····		(344)

第一章 什么是科学教育

人类正在步入一个以知识(智力)资源的占有、配置、生产、分配、使用(消费)为最重要因素的经济时代,即知识经济时代。在这个时代中对智力资源——人才和知识的占有比工业经济中对稀缺自然资源——土地和石油的占有更为重要。为了迎接知识经济的到来,世界各国正在以空前的热忱关心各自的教育,尤其是科学教育的改革与发展。因为这一领域直接影响着一个国家科学技术,乃至综合国力的明天。

为了更加充分地认识什么是科学教育,本章将从科学与科学教育、学科教育与科学教育、科学教育的特征以及科学教育与科技教育四方面进行论述。

第一节 科学与科学教育

一、科学概念的诞生与演变

科学,英文写作 science,本义是知识。它源于拉丁语 scio(知,知识)。scio 逐步演化为 scientia(知识),scientia 又演变为 science。语词的演化记录着人类认识的进步。在古代,科学并没有取得独立的地位,而是寄居在哲学的母体之内,被称为自然哲学。直到 1687 年,牛顿奠定经典力学基础的名著还题为《自然哲学的数学原理》。牛顿所说的自然哲学就是科学。后来,科学家为了和哲学相区分,采用本义为知识的 science 来称谓自己的研究。这一说法逐渐流传开来,得到了公认。

在中国,科学一词的意义相当于“格致之学”。《礼记·大学》上说:“致知在格物,物格而后知至”。所谓格物,就是推究事物的道理。1896 年,著名启蒙思想家梁启超在《变法通议》一文中,首次使

用了“科学”一词。接着，康有为在《戊戌奏稿》中也用了“科学”一词。进入20世纪后，特别是“五四”时期，陈独秀、李大钊等先进人物倡导科学与民主，一时间“德先生”（民主）和“赛先生”（科学）身价倍增，科学的概念从此在我国广泛传播开来。

什么是科学，古今中外有各种各样的回答。在梵语中，“科学”一词指“特殊的智慧”；在拉丁文中是指“知识”的意思；法文“science”可泛指一切的学习形式；德文“die wissenschaft”常与科学一词通用，其意为“知识”或“了解”的艺术。

迄今为止，多数人把科学视作一种知识体系，是系统化的理论知识总和，反映了人们对自然、社会和思维等领域客观事实和规律的认识。也有人反对把科学看成知识体系，认为科学是指知识的加工过程。知识并不是科学，而是科学的产物。所以“科学”与“研究”往往等同起来，是一个动态的过程，而不是静态的知识。还有人认为前两种定义都只从一个方面反映科学的本质，因而都是片面的。科学不仅是知识体系，而且应该包括动态的知识加工过程。

以上关于科学的定义都是狭义的，不包括技术。技术，英文为technology，原义为木匠。要把木头制作成适合一定目的的用品、家具，必须用工具将木料加工成各种零部件，并把这些零部件合理地组合起来。因此，技术可引申为把物件加以合理组合的过程。这是一种经验、一种技艺。如果说科学主要是从事精神生产的学者们的事情，那么技术主要是从事物质生产的工匠们的事了。现代的科学与技术正在相互渗透，愈来愈紧密地联系在一起。因此，从较广义上说技术也可以包含在科学之中。

对科学还有一种更广义的理解就是把科学看做是一种对待事物的基本态度与方法，与迷信、盲从相对立，即科学精神与科学态度。

上述认识反映了人们对“科学”概念理解的深化与发展。科学自身随着人类的不断实践与探索也是永无止境地发展。相信随着科学自身的不断发展，人们对“科学”概念的理解也会越来越深

入,越来越完善。

二、科学与科学教育

科学教育与科学的发展几乎是同步进行的。18 世纪中叶至 19 世纪中叶,西欧和北美各先进的资本主义国家都先后完成了以使用蒸汽机为标志的第一次产业革命,社会生产力得到了迅速发展。机器大工业的发展不仅要求大力利用科学,而且也探索自然规律提供了大量精密的实验仪器,促进了近代自然科学在 19 世纪的繁荣。科学的发展又促进了技术的进步和生产力的发展。这就形成了科学—技术—生产之间相互促进的循环。

科学、技术与生产的相互促进发展,不仅要求有大量的具有初步读写算能力,具有一定的自然和社会常识并能操纵机器的劳动者,而且要有相当数量的中级和高级科技和管理人才。为此,西方资本主义国家先后通过了普及初等教育的法令,在 19 世纪末基本普及了初等教育。在中等教育方面,各国先后成立了新的中等学校,如实科中学。在这些新型中小学里大量开设自然科学课程,科学教育就此迅速地发展起来了。但当时的科学教育主要局限于科学知识的传授。

19 世纪中叶至 20 世纪中叶,以电动机的广泛使用为标志的第二次产业革命促进了工业电气化和农业机械化,推动了社会生产力和科学技术的进一步发展。这就要求所有劳动者都具有一定的文化科学知识,同时还要求有大量的中、高级科技人才。为此,西方各国在普及初等教育的基础上进一步延长普及教育年限,除了加强读写算的教学外,还大力加强了各门自然学科的教学和职业技术训练,并广泛地发展了中等职业技术教育。

这一时期的科学教育具有明显的普及性与实用性,在重视科学知识教育的同时,更重视科学方法的教育,并通过教学方法的改革,试图将学生的学习过程改为科学探索与研究的过程,让学生在“做”中学,通过自身的经验学习科学方法。

20 世纪中叶以后,以电子计算机在现代生产中的应用为标志

的第三次产业革命引起了生产与社会生活的革命性变化。高科技产业及其产品不断诞生,并大量进入日常生活,使现代社会生活出现了日新月异的变化。生活在这个时代的人不仅作为生产者需要掌握较高的文化科学知识,而且作为普通市民也需要有相当的科学素养。因此,各个国家都把发展教育作为首先的对策。发达国家先后通过教育改革法案,进一步延长义务教育年限,基本普及了高中教育,并重点改革数学、自然科学、外语等学科的教学,改进理科实验设备,实现教育内容的现代化。

科学教育在这一时期成了各个国家教育改革的热点之一。许多国家都把推进科学教育与本国的人力资源开发、科技振兴事业联系在一起,采用特殊政策,增加拨款,设立专门学校和专门项目等培养科技人才;并通过教育改革,提高全体受教育者的科学素养。

科学教育内涵也在这一时期进一步地丰富,不仅是传授科学知识与方法,而且增加了训练人的科学思维方式、培养科学精神和科学态度、提高科学探究和创新能力等等。

三、科学教育理论的历史考察

科学教育发展到今天,大致经历了与三次产业革命相适应的三个阶段。在不同阶段的科学教育实践基础上分别产生了斯宾塞、杜威和布鲁纳的科学教育理论,这些理论广泛而深刻地影响着科学教育的实践。

斯宾塞生活在自由资本主义上升并逐步向垄断资本主义过渡的时期。他敏锐地提出“生产过程既然那么快地科学化,……科学知识就应该同样快地成为每个人所必需的。”^①当时英国传统的古典主义教育的保守势力特别强大,学校中拉丁文和希腊文教学的时间占全部教学时间的2/3,物理学、化学、生物学等自然科学知

① [美]赫·斯宾塞:《斯宾塞教育论著选》,胡毅、王承绪译,人民教育出版社,1997年版,第70页。

识一般都没有列入传统公学和文法学校的课程。对此,斯宾塞进行了猛烈的抨击,竭力主张改革学校教育,实施普遍的科学教育。他把人生活动按其重要程度分为五大类,并在此基础上建立了一个新的课程体系:

第一,为完成“准备直接保全自己的教育”,将生理学放在课程的首位。

第二,为完成“准备间接保全自己的教育”,除了必学读、写、算之外,还必须开设逻辑学、数学、力学、物理学、化学、生物学、天文学和地质学等课程。

第三,为完成“准备做父母的教育”,必须开设有关儿童的生理、心理和教育科目。

第四,为完成“准备做公民的教育”,要开设历史学和社会学。

第五,为完成“准备生活中各项文化活动的教育”,要开设美术、音乐、诗歌等课程。

由于斯宾塞的影响,自然科学在当时学校的课程中渐渐占了重要的地位,化学、物理成为学校教育最普遍的课程,教育理论界也开始承认科学教育对所有发展阶段的儿童来说都是重要的因素。但斯宾塞的科学教育理论过分重视科学知识教育,忽视了发展智力、能力的科学方法教育。

杜威的教育活动主要在20世纪早期。杜威认为斯宾塞在重视科学知识教育的同时,忽略了“日常活动的材料转变成科学形式的种种方法,也就忽略了科学唯一赖以成为科学的方法。”^①在杜威看来,在学生开始学习科学的时候,就把专门性质的概念和定律教给学生,往往使学生不明这些定律是怎样引申出来的,最好的教法也不过略示这种定律的来源。于是学生仅学得所谓“科学”,而不是学习处理日常经验中熟悉的材料的科学方法。

由此出发,杜威主张用“心理的方法”,而非“逻辑的方法”教学,即让学生“从做中学”,将学生的学习过程视为科学研究的过

① 杜威:《民主主义与教育》,王承绪译,人民教育出版社,1990年版,第234页。

程。他依据科学研究过程设计出一套教学程序：提出疑问—构成假设—指导实验—证明或驳斥假设—自己去发现知识。杜威批评传统教学失败的根本原因在于不能在教学过程中给学生以引起思维的情境，不让学生主动地活动，而是被动地死读书本知识。

杜威主张科学教育不只是让学生学习科学知识，更要重视科学方法的掌握，这在一定程度上克服了斯宾塞科学教育理论的缺陷。但他走向了另一个极端，过分重视教育就是生活，忽视了教育为生活作准备的方面；过分重视儿童及其活动，忽视了教材的地位与作用。因此 30 年代以来不断受到来自各方面的批评。

布鲁纳的科学教育理论内容广泛，其中影响最大的有两个方面：一是主张学习科学知识的基础结构；二是大力提倡发现法教学。

在科学教育内容上，布鲁纳强调让学生掌握学科的基本结构。他认为掌握一门学科的结构“就是以允许很多别的东西与它有意义地联系起来的方式去理解它。简单地说，学习结构就是学习事物是怎样相互互联的。”^① 因此，学科的基本结构就是指一门学科的基本概念、基本原理以及它们之间的关联性。如代数中的交换律、分配律、结合律等。掌握学科的基本结构可以使学生更容易理解各种特殊内容，记住细节，进行各种知识“迁移”，站在比较高级的层面理解最新的科学研究成果。

在教学方法上布鲁纳积极提倡发现法。他认为发现的方法就是一种学习方法，“发现不限于寻求人类尚未知晓的事物，确切地说，它包括用自己的头脑亲自获得知识的一切方法。”^② 他要求学生利用教师和教材提供的学习材料，亲自去发现应得的结论或规律，成为发现者。

在科学教育中，布鲁纳一方面重视科学知识教育，另一方面也

① 布鲁纳：《布鲁纳教育论著选》，邵瑞珍、张渭城等译，人民教育出版社，1989 年版，第 24 页。

② 布鲁纳：《发现的行为》，转引自傅统先等著《教育哲学》，山东教育出版社，1986 年版，第 288 页。

重视科学方法教育。这并不是把斯宾塞和杜威的科学教育理论来一个简单的折中、调和,而是在新的条件下对科学教育理论的发展。而科学教育理论“正—反—合”的历史发展过程说明了随着科学的发展,科学教育也在不断地丰富、完善,走向科学化。

四、当代科学与科学素养的提出

近代科学从诞生到现在经历了一次又一次的飞跃,超越了一座又一座高峰。当今科学与昔日相比具有许多鲜明的特点:

1. 科学实践的范围在时间、空间、层次上都已超越生产实践和生活范围而走在前面。微观方面,当前技术实际应用到电子、原子核的层次,而科学已经深入到质子和中子的内部构造研究。宏观方面,科学已向距人类极其遥远的宇宙——太阳系、银河系进军,这些研究将加深人类对自然界规律的认识。

2. 当代科学发展速度在不断加快。60年代以来,科学技术上的新发明、新发现,比过去2000年的总和还多。70年代以后大约每3~5年知识总量便增长一倍。

3. 近代科学发展趋势在长时间内是向分门别类方向发展,各学科愈分愈细;但是到了现在,科学又逐步由分化走向综合。新学科很多都具有边缘学科、交叉学科的性质。一门新技术的开发也常常需要许多学科联合攻关。

4. 科学、技术、生产一体化趋势愈来愈明显。现代高水平的科学研究离不开高技术的仪器设备,而开发技术也离不开科学研究做基础与先导。现在基础科学研究成果转化为新技术、新产业的周期正在迅速缩短,许多科学研究直接把高技术开发作为战略主攻方向。

5. 科学研究中的国际合作日益加强,现代大科学已发展到国际学术交流、协作探索、分类研究、综合突破的阶段,世界科学技术发展的多极化趋势日益明显。

6. 科技人才争夺日趋剧烈。当今国际竞争的实质是综合国力和经济实力的竞争,其中关键是科学技术竞争,说到底人才的竞

争。因此,各个国家除采取措施加速培养以外,还想方设法引进别国的专业科技人才。国际性的人才争夺战十分剧烈。

与当今科学发展变化相对应的是人们对人的科学素养的关心与重视,scientific and technological literacy 这个词几乎成了各个国家教育改革中使用频率最高的词之一。这是因为人们越来越感觉到要驾驭当今科学的飞速发展,不仅需要优秀的科学研究人员进行开拓性研究,更需要全体国民科学素养的提高,来满足不断发展的科学技术对各行各业普通劳动者素质增长的要求,同时满足越来越多科技含量的现代生活对普通市民更好地生活的需求。

西方许多发达国家都已经建立了定期的公众科学素养调查。通过调查掌握公众对最新科学技术知识的了解程度,对科学技术的态度,对国家科学技术政策的看法和获得科学技术信息的渠道和手段等各方面的情况,以便及时制订相应的政策,改进学校的科学教育。公众科学素养调查的国际比较成了不少国家了解本国科学教育水平的晴雨表。

我国自从 1979 年改革开放以来,科学技术同样在迅速发展,家用电器已经普及到千家万户,报纸、杂志、广播、电视、电脑网络等信息源日益倍增。一方面人们从洗衣机、微波炉、净水器等家用电器的使用上节省了大量的家务劳动时间;另一方面人们又通过现代化的通讯设备获得了更多的知识与信息。科学技术的发展对国民科学素养也提出了更高的标准。我国从 1990 年起,也开始了对公众科学素养的调查,每两年一次,至今已进行了三次。1996 年度中国公众科学素养调查结果表明我国公众的科学素养总体水平还不高,基本理解科学知识的公众只占 30.6%,基本理解科学过程的公众占 2.7%,基本理解科学对社会的影响的公众占 3.3%,推算出基本具备科学素养的公众只占 0.3%,且与 1992 年、1994 年调查的结果相比变化不大。这说明我国科学教育总体上与西方发达国家相比还存在较大的差距。同时这几年虽然经济领域的科学技术水平发展较快,教育改革也有一定进展,但科学教育方面的