

XIAOXUE

卢新祁/主 编

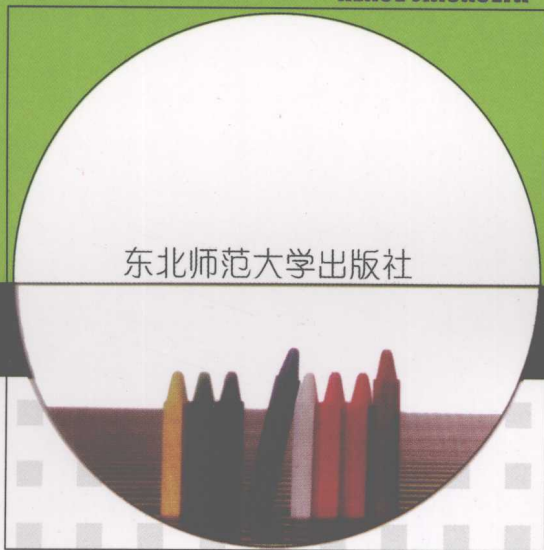
KEKUE JIAOXUEFA

KEKUE JIAOXUEFA

KEKUE JIAOXUEFA



东北师范大学出版社



小学 科学 教学 法

XIAOXUE

小学
科学
教学
法



小学科学教学法

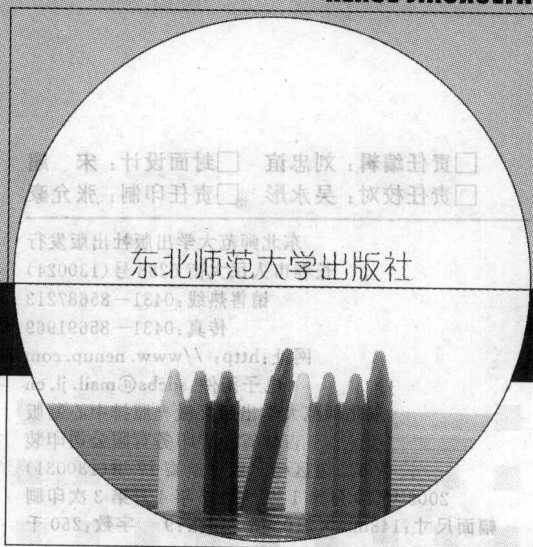
XIAOXUE

卢新祁 / 主 编

KEKUE JIAOXUEFA

KEKUE JIAOXUEFA

KEKUE JIAOXUEFA



东北师范大学出版社

元 0.11 付家 长 春

图书在版编目 (CIP) 数据

小学科学教学法/卢新祁主编. —长春: 东北师范大学出版社, 2005. 10

ISBN 978-7-5602-4320-7

I. 小... II. 卢... III. 科学知识—教学法—小学
IV. G623.62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 113040 号

☐责任编辑: 刘忠谊 ☐封面设计: 宋 超
☐责任校对: 吴永彤 ☐责任印制: 张允豪

东北师范大学出版社出版发行
长春市人民大街 5268 号(130024)

销售热线: 0431-85687213

传真: 0431-85691969

网址: <http://www.nenup.com>

电子函件: sdcbs@mail.jl.cn

东北师范大学出版社激光照排中心制版

吉林省金昇印务有限公司印装

长春市二道区杨家店民航委 17 组(130031)

2005 年 10 月第 1 版 2007 年 4 月第 3 次印刷

幅面尺寸: 148mm×210mm 印张: 9 字数: 250 千

定价: 11.70 元

前言

记得小时候突发奇想,在土里埋下一颗向日葵种子,数天后长出一株翠绿的小芽,心里那种欣喜铭刻在心,多年不忘。那时实际上播下的是一个希望,收获的却是一个无法言状的喜悦,没有想到很多年后我做的正是在儿童心中播撒科学种子的工作,而且一做就做了二十年。

1978年,诗人郭沫若欣然写下《科学的春天》一文,他用“日出江花红胜火,春来江水绿如蓝”的诗句道出他心中的无限激情。在这样一个岁月里还有一位老人在心中也有一个春天,他盼望在科学的春天里还有一个科学教育的春天,他就是中国小学科学教育的泰斗刘默耕先生。我也是在那个年代里,从事了科学教育这项工作,耕耘在小学科学教育战线,播种春天,渴望春华秋实。

国家第八次基础教育课程改革方兴未艾,科学教育欣逢发展良机,我们再次播撒春天的种子,播撒希望的种子,播撒科学的种子。今日桃李芬芳,明日社会栋梁,未来一代人的成长在我们今天的努力中。我和我的同事朋友一直在为科学教育事业努力着,在思考科学教育中的许多问题,在实践中摸索,几多困惑,几多彷徨。为了充分发挥科学教育中蕴含的科学精神和人文精神,我们必须思考和学习。

应出版社的要求编写一本小学科学的教学法,于是,我邀我的同事和朋友们在比较短的时间里完成了这本书。在书中把我们对科学教育的认识和理解,把我们的思考和实践表达出来。我们希望能做到有所创新、风格平实和内容实用,让读者们有实实在在的获益,为我们从事的事业做一点实事,这是我们最大的愿望。

参加本书编写的有卢新祁(第一章),夏子玫(第二章),姚爱祥、张俊、戴振华(第三章),方锦强(第四、五章),杜振伟(第六章),陆逊(第七

章),单道华(第八章),张洪鸣(第九章)。方锦强老师也帮助我做了一些统稿工作,在此深深地感谢所有参加这本书编写的同事和朋友。

从接受任务到成书的时间很短,其间也遇到很多困难,能完成已感到很欣慰了。虽说错误在所难免,但心情上也是诚惶诚恐,请大家批评指正,求得些心安。

卢新祁

2005年9月12日于南京

目 录

第一章 科学与科学课程	1
第一节 我们怎样看科学	1
第二节 科学教育与科学课程的价值	18

第二章 小学科学课程标准	37
第一节 各国科学课程标准与大纲的分析比较	38
第二节 我国小学科学标准的研制	44
第三节 《科学（3—6 年级）课程标准》分析	49

第三章 小学科学学习	70
第一节 儿童科学学习的相关理论概述	70
第二节 儿童科学学习方式解读	73
第三节 课改背景下儿童科学学习的现状	83

第四章 小学科学教学	90
第一节 实施科学探究	91
第二节 积淀科学精神	115
第三节 形成科学概念	123
第四节 提升科学素养	139

第五章 小学科学教师的成长	147
第一节 小学科学教师的卓越品质	148
第二节 小学科学教师的必备技能	158
第三节 小学科学教师的自我成长	170

第六章 小学科学教育评价·····	174
第一节 小学科学教育评价概述·····	174
第二节 小学科学教育评价的主要内容和方法·····	180
第三节 小学科学教育评价的实践与思考·····	187

第七章 小学科学课程资源的开发与利用·····	200
第一节 科学教育课程资源的内涵与特点·····	201
第二节 我国小学科学课程资源开发与利用的概况·····	203
第三节 课程资源的种类·····	204
第四节 小学科学课程资源的开发和利用·····	207
第五节 小学科学课程资源索引·····	223

第八章 小学科学教育的国际合作实践项目——“做中学”·····	235
第一节 “做中学”科学教育溯源·····	236
第二节 中国“做中学”科学教育实践·····	252
第三节 体验“做中学”科学教育经典案例·····	262

参考文献·····	277
-----------	-----

第一章

科学与科学课程

科学是我们耳熟能详的词语,但在生活中每每用到时又有几人去想它的含义呢?科学是什么?它的内涵是什么?古今中外传承至今的科学教育课程是如何发展至今的?我们如何理解科学的价值和科学教育的价值呢?这些都是要我们去深思的问题。这对于我们做好科学教育工作是十分必要的。

第一节 我们怎样看科学

科学好像有个致命的缺陷,那就是非常的枯燥。例如,你只是问了一个非常简单的问题,但你不得不聆听一大篇枯燥而又复杂的讲解。有关科学家学术成果的出版物日益丰富,但外行人也越来越看不懂,这是阻碍科学进步的一大障碍,更严重的是,如今科学已越来越远离大众。在这种情况下,科学家被渲染成魔术师,是众人所惧怕而不是仰慕的对象。科学是不可理解的魔术,只有少数与众不同的人才能成为科

学家。现今的社会,越来越多的年轻人,甚至包括在校的大学生,对科学产生了很大的敌意。我们的工业化社会建立在近 200 年以来科学发展的基础上,但我们的社会越来越为它的成功所带来的副作用而烦恼。所以我们必须清晰明了科学这个既熟悉又陌生的语汇,不能似是而非。

一、关于科学的内涵的种种表达

什么是科学?一提起这个词,人们头脑中常涌现出这样的想法:科学是永恒的,科学是真理,科学是神圣的。而美国人阿西莫夫在他的以这个问题为书名的书中首先谈到的就是:好奇心。

科学(science)源于拉丁语 scio(知),后演化 scientia(知识),后又演变为 science。词语的变化演绎着认知观的变化。对科学下一个严谨的定义是很难的,我们从科学教育的书中可以看到如下的表述:科学是知识,科学是系统组织起来的知识,科学是世代代积累起来的知识体系,科学是有用的知识,科学是一个加工过程。科学还有这样两种定义截然不同的表达:其一,精确科学,如物理、化学等;其二,一种通过逻辑推理从观察到的事实得出可验证的结论的思维方式。为什么对于科学的认识有这么大的不同呢?这反映了对科学本质认识上的不同程度。

1965 年诺贝尔物理学奖获得者费曼对科学的描述是:一般所说的科学,指如下三个方面之一,或者是三者的集合体:一是导致科学发现的具体方法;二是源于科学发现的具体知识;三是在某些科学发现后,人们所能做的新事情或者正在做的新事情,简单地说,就是技术。报纸杂志上谈得最多的其实是第三点——科学技术;而科学家们最关注的是第二点,其实就是那些发现的理论和定律;对于普通人而言,科学方法也许更为重要。科学方法,是建立在观察实验的基础之上。观察实验其实只能检验部分个案,因此,实际上,科学是无法证实的。但是,科学可以通过证伪的方式得到提升:用例外的情况来检验某个判断是错误的。

伽利略最有名的故事是他用公开的实验证明亚里士多德落体学说的错误。据说他爬到比萨斜塔上面,将一个 4.54 千克重的球体和一个

0.454 千克重的球体同时丢下去,两球同时落地的声音粉碎了亚里士多德的落体学说。其实伽利略很可能没有做过这个实验,但由于这个故事符合他所提倡的观点,所以这个传说几个世纪以来广为世人所深信。伽利略真正做过的实验是,从斜坡上将球滚下,然后测量在一定时间内球所走的距离。他是做时间实验和进行系统测量的第一个人。他的革命在于,在科学的逻辑方法上使归纳法重于演绎法。与其把结论建立在假设的法则上,不如从观察中归纳出法则(或公理)。当然连希腊人也知道由观察可以得出公理,例如欧几里得公理“两点间最短的距离是一条直线”就是根据经验作出的直观判断。但是希腊哲学家忽略了归纳法。近代的科学家视归纳法为获得知识过程中最重要的一环,并视之为证明法则的唯一方法。

二、重要著述中的科学

美国科学技术教育理事会在《普及科学——美国 2061 计划》中对“科学的本质”是从科学世界观、科学探索、科学事业三个层面来阐释科学的。

科学世界观:

- 世界可被认知;
- 科学设想是变化的原因;
- 科学知识的持久性;
- 科学不能为所有问题提供完整答案。

科学探索:

- 科学需要证据;
- 科学是逻辑和想象的混合体;
- 科学说明和预见;
- 科学验证、避免偏见;
- 科学不依仗权威。

科学事业:

- 科学作为一项事业,具有个人、社会和团体三个层面;
- 科学是一项复杂的社会活动;

科学研究可以在许多不同的场所进行；
科学组成学科，由不同机构研究；
科学研究普遍接受的道德规范；
科学家在参与公共事务时，既是科学家也是公民。

艾伦·查尔默斯的《科学究竟是什么》对科学的几个重要界定是：

1. 科学是从经验事实推导出来的知识

科学知识是已证明了的~~下~~知识。科学理论是严格地从用观察和实验得来的经验事实中推导出来的。科学是以我们能看到、听到、触到……的东西为基础的。个人的意见或想象在科学中没有地位。科学是客观的。科学知识是可靠的知识，因为它是在客观上被证明了的~~下~~知识。

2. 朴素归纳主义

照朴素归纳主义看来，科学始于观察。科学的观察者应具有正常的感官，应该忠实地记录下他所能看到和听到的东西，作为和他正在观察的情况有关的事例，而且他在做这些事时不能带有任何成见。关于世界或世界的某一部分情况的陈述可以被不带成见的观察者使用其感官直接地证明或确立为正确的。这样获得的陈述就是科学的定律和理论从中推导出来的基础。这里有几个观察陈述的例子：

“在1975年1月1日半夜12点，金星出现于天空中某个位置。”

“部分浸入水中的那根木棒，看起来是弯的。”

“石蕊试纸浸在液体中变成红色。”

这些陈述的正确性，可以通过仔细的观察来证实。任何观察者都可以直接运用自己的感官来证实或检验它们的正确性。观察者自己也能看得见。

上面引用的这种陈述属于所谓单称陈述类。单称陈述和我们在下面很快就要遇到的第二类陈述不一样，涉及在特定的地点和特定的时间的特定的事件或事态。第一个陈述涉及金星在特定的时间在天空特定位置的一次特定的出现，第二个陈述涉及对一根特定木棒的特定观察。这很清楚，所有的观察陈述都会是单称陈述。它们是一个观察者在特定的地点和时间运用自己感官得出的结果。

我们再来看几个可以形成科学知识组成部分的简单例子。

天文学：行星以椭圆轨道绕太阳运行。

物理学：当光线从一种介质进入另一种介质时，它以这样一种方式改变方向：入射角的正弦跟折射角的正弦成正比。光从光疏介质射入光密介质，入射角大于折射角，反之，折射角大于入射角。

心理学：动物一般具有某种发泄攻击性行为的先天需要。

化学：酸使石蕊变红。

这些都是对宇宙某个方面的性质或行为提出的看法的一般性陈述。同单称陈述不一样，它们涉及在所有地点和所有时间的特定种类的所有事件。例如，所有的行星，不论它们位于什么地方，总是以椭圆形轨道绕着太阳运行。不论什么时候发生光的折射，它总是按照上面叙述的折射定律进行的。构成科学知识的定律和理论都作出那种一般性的断言，这种陈述被称为全称陈述。

现在可以提出下列问题：如果科学基于经验，那么用什么方法能够从作为观察结果的单称陈述中得出构成科学知识的全称陈述呢？构成我们理论的非常一般性的不受限制的论点，如何能在包含有限数目观察陈述的有限证据基础上被证明为正确呢？

归纳主义者的回答是，如果某些条件被满足，从有限的单称观察陈述中概括出普遍性定律是合理的。例如，可以合理地从涉及石蕊试纸浸在酸中变红的一系列有限观察陈述中概括出普遍性定律“酸使石蕊变红”，或者从一系列受热金属的观察中概括出定律“金属受热膨胀”。归纳主义者认为这些合理的概括必须满足的条件可列举如下：

- (1) 形成概括基础的观察陈述的数目必须大。
- (2) 观察必须在各种各样的条件下予以重复。
- (3) 没有任何公认的观察陈述和推导出的普遍性定律发生冲突。

条件(1)被认为是必需的，因为只在观察一根金属棒膨胀的基础上得出所有金属受热膨胀的结论显然是不合理的；要证明这两个概括是正确的，必须有大量独立的观察。归纳主义者坚持认为我们不应跳跃到结论。

在上述提到的那些例子中，增加观察数目的一个方法可以是反复

地加热一根金属棒。显然,用这种方法得到的一系列观察陈述为相应的概括形成一个很不令人满意的基础。这就是为什么条件(2)是必要的。“所有的金属受热时膨胀”,只有在它所根据的膨胀现象的观察涉及各种各样的条件时才是合理的概括。应该加热各种各样的金属,长铁棒、短铁棒、银棒、铜棒等。应该在高压和低压、高温和低温下加热。如果在所有这些情况下,所有受热的金属样品都膨胀,那时,也只有在那时,从所得的一系列观察陈述中概括出普遍性定律才是合理的。而且,很显然,如果观察到一个特定的金属样品受热后不膨胀,那么,这个普遍性概括就未得到证明,条件(3)是必不可少的。

我们已讨论的这种推论,使我们从有限的单称陈述到达全称陈述,从部分到达全体,被称为归纳推理,而这个过程就称为归纳。我们可以把朴素归纳主义的观点作这样的总结:按照他们的观点,科学基于归纳原理,这个原理可以表述为:

如果大量的 A 在各种各样的条件下被观察到,而且如果所有这些被观察到的 A 都无例外地具有 B 性质,那么,所有 A 都有 B 性质。

因此,按照朴素归纳主义观点,科学知识的主体是在由观察所提供的那种可靠的基础上,通过归纳建立起来的,随着由观察和实验确立的事实数目的增加,并且随着由于我们的观察和实验技巧的改进而事实变得更加精确和深入,范围更广、概括性更强的定律和理论通过精心的归纳推理建立起来。

以上的分析只是对科学的部分论述。因为科学的主要特征无疑是它的解释和预见的能力。正是科学知识使天文学家能够预见下一次日蚀将在什么时候发生。或者使物理学家能够解释水的沸点为什么在海拔高的地方比正常情况低。

3. 逻辑和演绎推理

科学家一旦掌握了普遍的定律和理论,他就可能从它们推导出各种作为解释和预见的推断来。例如,已知金属受热时膨胀的事实,就可能推导出这样的事实:连续的铁轨之间要有少量的空隙,否则在炎热的太阳下就会变弯。涉及这种推导的推理方法称为演绎推理。演绎不同于前一节讨论的归纳。

对演绎推理的研究构成逻辑学。这里不准备对逻辑作详细的叙述和评价。不如用一些浅显的例子说明它的一些与我们对科学的分析有关的重要特征。

这里是一个演绎逻辑的例子。

例 1:

(1)所有哲学书都是令人厌烦的。

(2)这本书是一本哲学书。

(3)这本书是令人厌烦的。

在这个论证中,(1)和(2)是前提,(3)是结论。不言自明的:如果(1)和(2)是真的,那么(3)必定是真的。一旦已知(1)和(2)是真的,(3)就不可能是假的。因为(1)和(2)是真的而(3)是假的就包含一个矛盾。这是逻辑上正确的演绎的关键特征。如果一个逻辑上正确的演绎的前提是真的,那么,结论就必定是真的。

上面的例子稍加变动就给我们提供了一个不正确的演绎的例子。

例 2:

(1)许多哲学书是令人厌烦的。

(2)这本书是一本哲学书。

(3)这本书是令人厌烦的。

在这个例子里,从(1)和(2)不一定得到(3)。有可能(1)和(2)是真的,而(3)是假的。即使(1)和(2)是真的,这本书仍然可以是少数不令人厌烦的哲学书中的一本,断言(1)和(2)是真的,而(3)是假的并不包含矛盾。上面的论证是不正确的。

你可能看着已感到厌烦。这种经验当然和例(1)和(2)中的陈述的(1)和(2)的真实性有关。但这里要强调一点:单靠逻辑和演绎不能确立在我们的例子里出现的那种事实陈述的真实性。逻辑能在这方面提供的一切是:如果前提是真的,那么,结论肯定是真的。但是前提是否是真的则不是一个诉诸逻辑所能解决的问题。一个论证可以是一个完全合乎逻辑的演绎,即使它包含一个在事实上是假的前提。这里是一个例子。

例 3:

- (1)所有的猫都有五条腿。
- (2)巴格斯·帕塞是我的猫。
- (3)巴格斯·帕塞有五条腿。

这是一个完全正确的演绎。情况是:如果(1)和(2)是真的,那么(3)必定是真的。而事实是在这个例子里,(1)和(3)是假的。但是这对作为一个正确演绎这个论证的地位并无影响。因此,单靠演绎逻辑,不能成为有关世界的正确陈述的来源。演绎涉及的是从其他已知的陈述中推导出陈述。

4. 归纳主义科学观中的预见和解释

我们再用一个浅显例子来说明这一点。考虑下面的论证:

- (1)相当纯的水在大约摄氏 0° 时结冰(如果有充分的时间的话)。
- (2)我的汽车散热器中有相当纯的水。
- (3)如果温度降到摄氏 0° 以下,我的汽车散热器中的水将会结冰(如果有充分的时间的话)。

这里我们有了个从包含在前提(1)中的科学知识演绎出预见(3)的正确逻辑论证的例子。如果(1)和(2)是真的,(3)必定是真的。然而,(1)、(2)或(3)的真实性并不是由这个或任何其他的演绎确立的。对一个归纳主义者来说,真理的来源不是逻辑而是经验。按照这个观点,(1)由对水结冰的直接观察所确认。一旦(1)和(2)已被观察和归纳所确立,那么,预见(3)就可以从它们中演绎出来。

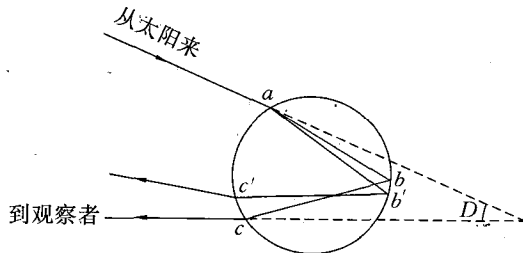
下面的例子更为复杂些,但是观察、归纳和演绎所起的作用本质上仍然是相同的。这是归纳主义者关于物理学如何能够解释虹的论述的例子。

在这里代替前面例子中的简单前提(1)的是一些支配光的作用的定律,即光的反射和折射定律以及关于折射程度依赖于颜色的断言。这些一般原理是用归纳法从经验中推导出来的。做了大量的实验使光线从镜面和水面反射,测量光线从空气进入水、从水中进入空气等的人射角和折射角,在各种各样的条件下,用各种颜色的光来重复实验,如

此等等,直到证明对光学定律的归纳性概括有理所需要的各种条件被满足为止。

代替前面例子中的前提(2)的也是一系列更为复杂的陈述。这些陈述大意是:太阳相对于地球上的观察者,位于天空中某个特定方位,雨滴从一块相对于观察者位于天空某个特定区域的云落下。像这些描述受调查的一组现象的陈述,称为初始条件。实验设置的描述是初始条件的典型例子。

已知光学定律和初始条件,现在就有可能进行演绎,得出观察者可以看到的虹的形成的解释。这些演绎不再像我们前面的例子那样不言自明,它们包含着数学的又有文字的论证。论证大体是这样的:如果我们假定一颗雨滴大体上是球形的,那么,一束光通过一颗雨滴的途径大体上可以被描述如图。如果一束白光在雨滴的 a 点射入,那么,如果折射定律是正确的,红光将沿着 ab 通过,而蓝光将沿着 ab' 通过。再者,如果支配反射的定律是正确的,那么, ab 必定沿着 bc 反射,而 ab' 必定沿着 $b'c'$ 反射。在 c 和 c' 点的折射又由折射定律所决定,以致虹的观察者就会看到白光的红和蓝的成分被分离(光谱的所有其他色光也是如此)。我们的观察者也可看到任何雨滴的同样的颜色的分离,因为这些雨滴都处在天空某一区域的这样的位置,使得连接雨滴和太阳的直线与连接雨滴和观察者的直线形成一个夹角 D 。于是几何学的研究得出这样的结论:假如雨云足够大,观察者就可看见一个有颜色的弧。



这里我们只是概述了对虹的解释,但是所提供的道理将足以说明有关推理的一般形式。设光学定律是真的(对于朴素归纳主义者来说,这一点能够用归纳法通过观察确立),并且设初始条件已被精确描述,