

科学思想方法丛书

# 科学思想方法

# 与科学教育

KEXUE SIXIANG FANGFA  
YU KEXUEJIAOYU



● 郑隆忻 徐炎章 著

山东教育出版社

科学思想方法丛书

# 科学思想方法

# 科学教育

KEXUE SIXIANG FANGFA  
YU KEXUEJIAOYU

● 郑隆忻 徐炎章 著

山东教育出版社

鲁新登字 2 号

科学思想方法丛书  
**科学思想方法与科学教育**  
郑隆炘 徐炎章 著

\*

山东教育出版社出版  
(济南经九路胜利大街)

山东省新华书店发行 山东新华印刷厂潍坊厂印刷

\*

850 毫米×1168 毫米 32 开本 8.625 印张 4 插页 183 千字  
1994 年 3 月第 1 版 1994 年 3 月第 1 次印刷  
印数 1—1,000

ISBN 7—5328—1883—7/G·1608

定价 5.55 元

## 《科学思想方法丛书》编委会

**主 编** 解恩泽 徐本顺 赵树智  
**编 委** (以姓氏笔划为序)

于书亭	于伟佳	王 悦	刘永振
刘大文	付 平	孙玉志	孙永大
丛大川	朱铁生	吕金福	李 普
胡 光	郑隆圻	赵玉林	赵树智
赵恒武	徐本顺	徐世典	徐炎章
高昌海	张永春	张富国	张 薇
张润庠	董驹翔	殷启正	解恩泽
滕福星			

要重視科學思想方法  
的研究

为科学思想方法丛书题词

钱三强

一九九〇年六月一日

阐明科学思想方法  
帮助提高思维技巧  
以利开展科学研究

書祝

《科学思想方法丛书》成功

徐利治 1990年5月

## 总 序

科学思想方法是科学的灵魂。它既是人们认识自然和改造自然的结晶,又是开发智力、启迪创造和发展科学的源泉和基础。它同科学知识一样,都是极其宝贵的社会精神财富。以往,人们十分重视科学知识本身的考证、记述和整理,这是有益的,今后还应继续加强这一工作。但是,相比之下,对科学思想方法的研究却没有引起人们应有的重视,也正因为如此,又在一定程度上影响了科学知识的形成和科学人才的培养。因此,大力开展科学思想方法的研究,并以丛书的形式系统反映其成果,无疑是一项具有深远意义的工作。

本丛书以辩证唯物主义和历史唯物主义为指导,力图从科学思想方法的不同形态、科学技术的不同领域、世界上的不同国家,以及古今中外著名科学家等侧面,采取历史与现实相结合的方式,广泛挖掘科学思想方法成果,深刻揭示科学思想方法产生和发展的规律,全面概括科学思想方法的特征和功能,为提高科技人才素质服务。

我们相信,这套丛书的出版,将对我国科学思想方法的研究、科技队伍的建设、民族科技意识的增强与科学教育事业的发展,起到积极的促进作用。

《科学思想方法丛书》编委会

一九九二年一月于长春

## 前 言

什么是科学思想方法？我们知道，科学的发展总伴随一定的思想与相应的方法产生，没有先进的思想方法，科学上的任何进展是不可能有的。思想方法就其含义，是指沿着正确的道路运动的意识，它好比过河的船，打猎的猎枪，是整个知识体系的核心部分。科学思想方法是指正确实现科学认识的原则、途径、思想、手段与方法，它既包含一般学科共同适用的方法，也包含一部分哲学方法与学科中的特殊方法。本书所介绍的是与科学教育紧密联系的一些科学思想方法，如逻辑方法、非逻辑思维、美学方法、数学方法、系统科学方法、潜科学思想方法、交叉科学思想方法等，它们是科学思想方法的最基本内容，具有广泛的适用性。

什么是科学教育？科学教育是在科学获得长足发展的社会条件下，为适应科学发展与社会需要而产生的适用型教育，它是教育的一个极其重要的组成部分。现代科学教育是建立在现代科学发展基础上的科学化教育形态，主要应包括教育理论的科学化，教育内容的科学化，教育手段的科学化，人才的科学素质结构及其培养，自然科学与社会科学的现代化等内容。科学教育的兴起与发展，不仅不断地加强着教育与科学的联系，促进教育现代化的进程，而且成为教育领域中最活跃的分支之一。

科学思想方法与科学教育有着密切的联系，科学思想方法



为教育理论提供必要的理论基础，为学习与掌握科学知识提供有效途径，并向教学过程不断渗透。本书介绍了一部分现代科学思想方法，并指出它们在科学教育中广泛应用将引起人才知识结构的调整、思维方式的变革以及加强创造性思维能力的培养。科学教育一开始就把科学思想方法作为自己最重要的组成部分，作为研究的手段与工具，作为知识之知识纳入自己的体系，并在向前发展中与渗透的科学思想方法一起发展。

研究科学思想方法与科学教育及其之间的关系，是一个新颖而又复杂的课题，同时又是一个丰富而又困难的课题。本书中，我们仅就若干个侧面作出介绍与探索，考虑读者主要是师范院校、教育学院的师生以及中学广大教师，首先，我们介绍了这些思想方法所依托的基本理论的内容，以及各种思想方法的类型与特点；其次，探索了这些思想方法的教育功能，有的还提出培养与掌握其思想方法的途径；第三，初步探索了科学思想方法在教育理论与教育实践中的应用。这些内容仅作为读者深入研究这个课题的入门响导。

本书的写作提纲是我们共同研究确定的，在写作过程中，既注意了科学性、哲理性与学术性，同时也注意了实践性、可读性与启发性。考虑到本书兼有专著与教材的双重功能，我们注意了理论的严格有序与阐述上通俗易懂，便于自学，同时，内容上由浅入深，循序渐进。安排的这些章保持了相对的独立性，但注意整体上的统一，并成为—个系统。所举的实例均有教育教学参考价值，凡涉及现代知识的地方，都作了适当讲解与说明。本书的写作分工是：前言、第4章、第8章，郑隆炘；第2章、第7章，徐炎章；第6章，解恩泽；第5章，赵树智；第3章，蒋汉宝；第1章，毛郅澹。最后由郑隆炘统定稿，徐炎章

参加了统稿工作。

写作本书时，我们参阅了不少论著，其中主要的均列入各章之后的参考文献之中，一来感谢这些论著的作者，二来便于读者进一步钻研。本书在写作过程中得到许多朋友的关心与帮助，山东教育出版社的同志为促成此书的完成付出了辛勤的劳动，在此一并表示衷心的感谢。尽管我们力图把本书写好，但由于学识有限，所谈观点与内容难免有粗浅与疏漏之处，恳请同志们批评指正。

作 者

一九九三年一月二十八日

# 目 录

第一章 逻辑方法与科学教育 .....	(1)
第一节 逻辑方法的基本类型 .....	(1)
第二节 逻辑方法的教育功能 .....	(15)
第三节 培养学生逻辑思维能力的途径 .....	(21)
第二章 非逻辑思维与科学教育 .....	(31)
第一节 非逻辑思维的基本类型 .....	(31)
第二节 非逻辑思维的教育功能 .....	(42)
第三节 非逻辑思维与科学教育改革 .....	(54)
第三章 美学方法与科学教育 .....	(67)
第一节 美学方法的基本内容 .....	(67)
第二节 科学教育中的美育 .....	(83)
第四章 数学方法与科学教育 .....	(92)
第一节 数学与数学方法 .....	(92)
第二节 数学方法的教育功能 .....	(104)
第三节 加强数学方法教育的主要途径 .....	(115)
第五章 系统科学方法与科学教育 .....	(121)
第一节 系统科学方法的特点和内容 .....	(121)
第二节 系统科学方法的教育功能 .....	(144)
第六章 潜科学思想方法与科学教育 .....	(156)
第一节 潜科学思想方法的基本含义及其研究的历史 .....	(156)
第二节 潜科学思想方法是科学教育的一个重要内容 .....	(164)
第三节 潜科学思想方法是认识科学发展规律的	

一条有效途径 .....	(177)
<b>第七章 交叉科学思想方法与科学教育 .....</b>	<b>(193)</b>
第一节 交叉科学思想方法的基本内容 .....	(193)
第二节 交叉科学思想方法的教育功能 .....	(204)
第三节 交叉科学思维能力的培养 .....	(213)
<b>第八章 科学思想方法在科学教育中的应用 .....</b>	<b>(225)</b>
第一节 科学思想方法与教育理论 .....	(225)
第二节 科学思想方法与教育实践 .....	(238)
第三节 科学思想方法对中学理科教育改革的指导作用 .....	(251)

# 第一章 逻辑方法与科学教育

思维是人对事物的一般性与规律性的一种间接的、概括的反映过程，又是一个复杂而高级的心理过程。思维过程可以程式化的思维方法称为逻辑方法。逻辑方法与科学教育有着紧密的联系。

## 第一节 逻辑方法的基本类型

逻辑思维方法是各门自然学科中最常用与最基本的思维方法。它的最主要基本类型有归纳与演绎、分析与综合、比较与分类、抽象与概括等。它们是构成一切复杂的思维活动、包括创造性思维在内的基本要素。

### 一、归纳与演绎

从特殊到一般，再从一般到特殊，是人们认识事物的基本规律。归纳和演绎就是这一认识过程中的两种推理形式，也是两种基本的逻辑思维方法。

#### 1. 演绎法

从一般原理推出个别结论的思维方法是演绎推理。人们根据物质是无限可分的这一观点推知基本粒子也是可分的，这就是一个演绎推理。

古希腊哲学家亚里士多德的三段论是演绎推理的主要形

式。上面的例子用三段论可表示为：

大前提：自然界中一切物质都是可分的；

小前提：基本粒子是自然界中的一种物质；

结论：基本粒子是可分的。

演绎推理的前提是一般，结论是个别，一般中概括了个别，所以在推理形式合乎逻辑的条件下，运用演绎法从真实的前提中一定能得出真实的结论，这就是演绎推理的特点。

演绎逻辑理论的最早产物是欧几里得几何，在前人研究的基础上，从少数的公理和公设出发，借助于演绎，欧几里得成功地已获得的几何命题组织成一个有机整体。从此演绎逻辑作为一种方法扎根于数学之中，以致数学常常被说成是一种“演绎科学”。

演绎逻辑在数学中的成功应用在科学界产生了巨大的影响。人们普遍认为，一切科学理论甚至包括社会科学乃至哲学理论，都应采取公理系统的形式，以演绎形式展开。

演绎科学的现代发展又从数学中吸取了必要的方法和动力。17世纪数学家莱布尼兹最早提出用数学方法来从事逻辑研究的思想。19世纪数学家布尔则具体地建立起逻辑的代数系统——布尔代数。演绎逻辑研究方面，则由弗雷格与罗素较完整地发展了命题演算与（一阶）谓词演算系统及可在该系统内完成命题永真式的证明。在上述范围内，逻辑被“数学化”了。数学方法的应用使演绎逻辑的研究范围更加深广。

## 2. 归纳法

归纳法是从个别事实中概括出一般原理的思维方法，它也是一种推理形式。

例如，人们从长期的生产实践中看到，种瓜得瓜、种豆得

豆，这些大量的个别的经验事实使人们得到一个结论：一切生物都能将性状传递给后代，这个过程就是一种归纳推理。

归纳推理可按被考察的对象是否完全而分为完全归纳法与不完全归纳法。

归纳法的客观基础是个性和共性的对立统一，个性中包含着共性，通过个性可以认识共性；个性中有些现象反映本质，为全体所共有；有些则不反映本质，只存在于部分对象中；这就决定了从个性中概括出来的结论不一定是事物的本质共性。

如根据硫酸、硝酸、磷酸、硼酸都含有氧元素的例子，推出一切酸都含氧的结论。由于考察对象不完全，不能保证在没被考察的对象中出现例外，所以该结论仅是一种猜测，不一定可靠。事实上，在无机酸中就存在着象盐酸（HCl）、氢氟酸（HF）等不含氧酸。

虽然不完全归纳法有可能导致错误的结论，但作为一种发现方法它依然得到了哲学家与科学家的高度重视。亚里士多德曾指出：不通过归纳，我们是不能认识一般的。哲学家弗兰西斯·培根也曾从同样的角度认为只有归纳才是真正的发现方法。并给出了归纳推理的“三表法”；即只需分别列出所谓的“存在表”、“不存在表”和“程度表”，就可迅速排除偶然因素而获得可靠的结论。以培根的“三表法”为基础发展而成的“穆勒五法”，即“契合法”、“差异法”、“契合差异并用法”、“共变法”和“剩余法”，是对经验科学十分有用的归纳发现的具体模式。

如物理学家波依耳法则的发现就是依据这类归纳法；在某个装置中在一定温度下的一定量的气体，观察由于其体积和压力的变化产生的情况，得到如下的数值表：

表 1.1-1

P	0.1	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
V	10.0	2.0	1.0	0.5	0.2	0.1

这样，就得出在一定温度下，一定量的气体的体积与压力互为反比例的结论。

现代归纳研究是从关于归纳合理性的“休谟问题”开始的。哲学家休谟认为归纳的合理性只能从心理学的角度对“归纳法的使用信念”作出解释，这就是“习惯或习性”的作用。康德却认为归纳推理是用先天的因果性范畴对经验材料进行整理的综合，因而归纳合理性存在于其因果性范畴的先天性之中。穆勒则提出了“自然齐一律”，即自然界中存在着象平行的事例这一类事情。过去曾经发生的，在具有逻辑类似程度的条件下，将再次发生。并且不仅再次发生，而且将经常随相同条件的出现而发生。

“归纳问题”的明确提出同时促进了对归纳逻辑本身的深入研究。如何利用概率演算为归纳逻辑奠定一个可靠的基础是一个重要的研究方向。这种关于“概率归纳逻辑”的研究，已不仅以归纳的合理性作出论证为目标，它涉及的是一种“弱化了”的归纳模式。归纳模式的这种变化大致可表述如下：

演绎的      弱化了了的归纳模式      原来的归纳模式

$$\begin{array}{ccc}
 A \supset B & A \supset B & A \supset B \\
 \frac{B \text{ 假}}{\therefore A \text{ 假}} & \frac{B \text{ 真}}{\therefore A \text{ 更可靠}} & \frac{B \text{ 真}}{\therefore A \text{ (可能) 真}}
 \end{array}$$

关于归纳逻辑的现代研究已取得了一定成果，但还有很大



的局限性，如“概率归纳逻辑”的研究还未达到定量水平；原始的归纳问题也还未得到使人信服的解答。然而，随着电子计算机的普遍使用和不断开发，归纳发现的模式正重新得到人们的重视，并将成为人工智能的一个重要研究课题。

### 3. 归纳与演绎的辩证关系

演绎推理主要是从一般到特殊，是一种用于证明的有效推理形式；归纳推理则是由特殊到一般，是一种发现的工具。它们之间有着明显的区别，然而又存在着相辅相成的关系。作为演绎前提的普遍结论往往是归纳的结果；而归纳推理的成果如没有演绎推理的证明或反驳就不能得到人们的认可。现代自然科学研究中广泛采用的“探索性演绎法”是归纳与演绎的一种综合，它是创造活动的工具之一，我们将在第4章中向读者介绍。

## 二、比较与分类

人们认识事物一般是从识别事物开始的。要识别事物，首先就要进行比较，“有比较才能鉴别。”<sup>①</sup>而要系统地总结和掌握已经识别的各种事物，就要进一步通过比较进行分类。比较和分类是一对关系密切的基本的逻辑方法。

### 1. 比较

比较，是确定对象之间差异点和共同点并加以运用的逻辑推理方法。

比较方法一般有三个步骤：

确定比较对象——异同关系分析——异或同关系运用。

---

<sup>①</sup> 《毛泽东选集》第五卷，第416页