

刘小玲 译

[英] 罗莎琳德·德赖弗 Rosalind Driver

[法] 埃迪特·盖内 Edith Guesne

[法] 安德烈·蒂贝尔吉安 Andrée Tiberghien 主编

儿童的科学前概念

Children's Ideas In Science



刘小玲 译

[英] 罗莎琳德·德赖弗 Rosalind Driver

[法] 埃迪特·盖内 Edith Guesne

[法] 安德烈·蒂贝尔吉安 Andrée Tiberghien 主编

儿童的科学前概念

Children's Ideas In Science



图书在版编目(CIP)数据

儿童的科学前概念/(英)德赖弗,(法)盖内,(法)蒂贝尔吉安主编;刘小玲译. —上海:上海科技教育出版社,2008.12

书名原文:Children's Ideas In Science

ISBN 978-7-5428-4721-8

I. 儿... II. ①德...②盖...③蒂...④刘... III. 儿童教育—科学教育学 IV. G61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 153763 号

儿童的科学前概念

主 编 [英]罗莎琳德·德赖弗
[法]埃迪特·盖内
[法]安德烈·蒂贝尔吉安
翻 译 刘小玲

出版发行:上海世纪出版股份有限公司
上 海 科 技 教 育 出 版 社
(上海市冠生园路 393 号 邮政编号 200235)

网 址: www.ewen.cc
www.sste.com

经 销:各地新华书店
印 刷:常熟文化印刷有限公司
开 本:787×1092 1/16
字 数:191 000
印 张:13
版 次:2008 年 12 月第 1 版
印 次:2008 年 12 月第 1 次印刷
印 数:1-3000
书 号:ISBN 987-7-5428-4721-8/G·2687
定 价:28.00 元

序 言

本书关注的是中学阶段的儿童对自然现象的认识以及这些认识是如何随着教学而转变和发展的。本书旨在给教师和其他所有关心中学科学教育的人士提供一份关于儿童的科学概念的综述,而不是学术评论。

我们一直打算提供一些有益于促进科学教育更好地适应学生对自然现象的理解的研究成果。写作本书的念头萌生于1978年在巴黎的一次聚会,在会上我们三个人第一次碰面,并且交流了过去这些年各自对儿童科学概念的研究心得。

自从那次会面之后,全世界对儿童科学概念的研究有了飞速发展。北美、欧洲、澳大利亚和其他地区的科学教育期刊都发表了不少有关学生的科学概念及其在教学过程中如何转变和发展的论文。有关方面也举办了一系列国际研讨会,会后出版了非常有价值的论文集。在关注者剧增的情况下,把目前散布在各种非正式的报告和期刊文章中的研究成果整理成书,以便让科学教师方便地获取和阅读,似乎就显得更加重要了。

然而,研究文献增加得如此迅速,只依靠我们三个人的力量似乎是不太可能完成此书的。因此,我们向几位在这个领域做出了出色研究的学者约稿。

本书的每一篇文章只关注一个主题领域或一组现象,我们选择的领域都属于物理科学,这些领域有大量这方面的研究。不过很遗憾的是,本书没有涉及其他一些主题领域。

除了主题不同之外,各章节还存在其他几方面的差异。比如,有的章节总结并回顾了目前所知的儿童对某个主题领域的认识,汇集了不同地区的研究

成果。有的章节以案例研究为视角,考察儿童的科学概念并描述这些概念在教育之后如何改变。

把来自不同国家的文章纳入一本书并非易事。有些章节以对母语不是英语的儿童的研究为基础,因而翻译的时候必须仔细认真,以便尽可能地贴近儿童所写或所讲的原意。

文中引用的儿童书面作业的案例都被原原本本地复制过来(必须翻译成英文说明的除外),因为它们本来就是儿童自己写的。同样,儿童画的图画也被原封不动地呈现出来。

我们希望,各有侧重的章节能够让人们了解科学课堂上儿童的概念世界,从而有助于科学教育,也有助于教师和学生共同进步。

罗莎琳德·德赖弗,埃迪特·盖内,安德烈·蒂贝尔吉安

1985年6月

致 谢

我们非常感谢许多为此书的撰写提出了有益建议的人士,特别要感谢伊斯利先生(Jack Easley),他对很多章节的草稿都作出了非常有价值的评论。

图 8.1 中的儿童图画是从道(W. Dow)、奥尔德(J. Auld)和威尔逊(D. Wilson)等人所著的《学生关于固体、液体和气体的概念》的研究报告中复制过来的,得到邓迪教育学院(Dundee College of Education)的允许。

图 6.7、7.6、8.4 和 8.5 所示的问题曾被隶属于英国教育与科学部(DES)的教育绩效评估小组(the Assessment of Performance Unit)用于全国科学调查,这些问题是从教育绩效评估小组在 1984 年发表的《学校科学:15 岁中学生的科学教育情况报告 II》复制过来的,已经征得英国皇家文书部部长的允许。学生对图 8.2、8.3、8.4 和 8.5 的回答是从利兹大学(University of Leeds)科学与数学教育研究中心的布鲁克(A. Brook)和德赖弗(R. Driver)的研究报告《中学生理解物质的粒子性质的情况》中复制过来的,已经征得皇家文书部部长的允许。

图 1.1 和图 1.2 所示的课堂活动案例最早出现在《欧洲科学教育期刊》中,我们是得到泰勒-弗朗西斯(Taylor and Francis)出版社的许可复制过来的。

最后要指出的是,如果没有联合国教科文组织(UNESCO)的经费资助,我们难以完成此书,这笔经费使我们得以聚在一起定稿。我们对该组织深表感激。

作者简介

罗莎琳德·德赖弗(Rosalind Driver):英国利兹大学科学与数学教育研究中心的教育学讲师,从事物理和科学教师的培训。长期研究儿童对自然现象的认识,目前正在主持“儿童学习科学”研究项目,该项目旨在探讨如何在中学科学课堂上促使学生发生概念转变。

埃迪特·盖内(Edith Guesne):法国巴黎第六大学副教授,最近八年负责中学物理教师在职培训课程的开发。原本是一名物理学家,早期从事固态物理学研究。到LIRESP^{*}工作之后,研究重点转到了儿童的光学概念,以及如何把这些研究成果应用于课程开发。

盖伦·埃里克森(Gaalen Erickson):英国哥伦比亚大学数学与科学教育系副教授,从事科学教育方面的本科生和研究生培养工作。长期对儿童在众多科学领域的直觉概念感兴趣,最近正在领导一个以学生的直觉思维为基础的教材开发和策略研究项目。

理查德·冈斯通(Richard Gunstone):澳大利亚墨尔本蒙纳士大学(University of Monash)的教育学高级讲师,从事科学和物理教师的培训。过去的研究

^{*} 即Laboratoire Interuniversitaire de Recherche sur l'Enseignement des Sciences Physiques et de la Technologie(物理科学教育和技术教育校际研究实验室),是巴黎第七大学的德拉科特(G. Delacôte)建立的,研究队伍与CNRS(法国国家科学研究中心)联系紧密。

工作考察了儿童在物理学不同领域的概念,目前正在考虑把这些研究成果应用在教学和课程设计方面。

约瑟夫·努斯鲍姆 (Joseph Nussbaum): 以色列耶路撒冷女子学院 (Jerusalem College for Women) 科学系讲师,从事对未来的科学教师的培训。长期研究儿童的科学概念,目前正在考虑应用这些研究成果改进教学策略和提高教材质量。

玛丽·吉纳维耶芙·塞雷 (Marie-Geneviève Séré): 法国巴黎第六大学副教授,在从事与儿童的科学概念有关的研究之前是研究固态光学的物理学家,目前负责中学教师的在职培训。

戴维·希普斯通 (David Shipstone): 英国诺丁汉大学教育学院讲师,主要关注物理和其他学科的教师培训,同时对心理学教育有浓厚兴趣。早期从事高层大气物理学研究,自改行为大学教师之后,研究兴趣转为儿童科学推理的发展。

安德烈·蒂贝尔吉安 (Andrée Tiberghien): 法国国家科学研究中心主任,在 LIRESPT (隶属于巴黎第七大学) 工作,本身是物理学家,15年来一直坚持物理学教育,特别是小学和初中物理学教育的研究。

迈克·瓦茨 (Mike Watts): 在英国和牙买加的综合中学任教八年,后来成为萨里大学 (University of Surrey) 教育研究系的BP [即British Petroleum (英国石油公司)] 教师研究员。研究兴趣包括发展一套研究学生如何理解物理学的方法,以及探讨学生对学校科学 (school science) 的感知,目前是中学科学课程评估 (Secondary Science Curriculum Review) 的地区项目负责人。

目 录

1	第 1 章 儿童的科学前概念和科学学习
9	第 2 章 光
32	第 3 章 简单电路
51	第 4 章 热和温度
81	第 5 章 力和运动
102	第 6 章 气体状态
122	第 7 章 气相物质的粒子性质
143	第 8 章 超越表象:物理变化和化学变化中的物质守恒
166	第 9 章 作为宇宙天体的地球
188	第 10 章 儿童科学前概念的特点及其对教学的启示

第1章 儿童的科学前概念和科学学习

罗莎琳德·德赖弗 埃迪特·盖内 安德烈·蒂贝尔吉安

两个 11 岁的男孩,蒂姆和里奇,正在把小弹珠放入挂在弹簧下边的一个塑料杯子里,观察弹簧拉伸现象。里奇每次把弹珠放进去之后就重新测量弹簧的长度。蒂姆在旁边看着,突然打断他说:“等一等,如果我们把弹簧提起来,那会发生什么情况呢?”蒂姆松开夹子,把弹簧举得比架子还高,然后重新测量弹簧的长度。当发现此时测得的弹簧长度与刚才测量的相同时,蒂姆露出满意的神情,接着往下做实验。后来,当老师问蒂姆为什么这么做时,他捡起两颗弹珠,将其中一颗举得比另一颗高,解释道:“这颗位置更高,所以重力更使劲地把它往下拉得更远。珠子越高,它受到的重力作用就越大,因为如果你站在那儿,有人朝你扔了一块小石头,那你只会痛一下,而不会受到什么伤害;但如果我从飞机上扔下同样一块石头,石头下降的速度会越来越快,一旦击中某人的脑袋,那一定会要了他的命。”

蒂姆认为物体的重量随着物体离地面越来越高而逐渐增加,这种想法不是没有道理,正如他刚才解释的那样(尽管以科学家的观点来看,他指的应该是重力势能)。

像蒂姆一样,很多儿童都是带着与他们观察到的现象有关的各种想法和解释进入科学课堂的,即使他们那时候还没有系统地学习过有关的学科知识。儿童形成这些想法和解释,是因为他们在日常生活中已经有了

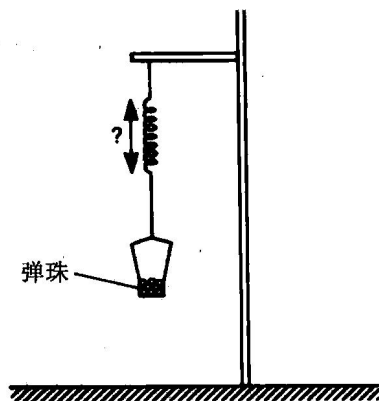


图 1.1

各方面的经验,如通过身体力行的活动、通过与身边的人交谈、通过大众媒体等获得的经验。

本书记录了已发现的 10~16 岁的儿童在不同的物理学领域已有的前概念,同时指出了这些发现对教师 and 所有关注科学教育的人士的重要意义。

儿童的前概念有什么特点?

儿童具有的这些前概念,能够对课堂环境中经常发生的现象提出一个连贯的模型吗?有经验的教师都知道,学生确实有他们自己对各种现象的想法,即使这些“想法”常常在不同的时候表现得似乎并不连贯,至少在教师看来是如此。也有人注意到,这些想法甚至在与实验结果或教师的解释不相一致时还继续存在。换句话说,这些想法是根深蒂固、难以改变的。儿童的科学前概念具有个体差异性、不连贯性和稳定性。我们现在详细讨论这些特点。

个体差异性

对于课堂上的同一个实验,儿童会给出五花八门的解释,因为每一个儿童都以自己的方式来“观察”并解释实验。我们自己的行为同样如此,当我们阅读一篇文章或者与别人讨论一个话题时,我们可能会、也可能不会改变我们自己的观点。我们在多大程度上改变自己的观点,至少依赖于我们一开始所持有的想法,也同样依赖于我们所听到或读到的观点。人们参加同一门课程或者阅读同一本书,甚至是读同一本科学课本,每个人所得到的结论和收获都不会与别人完全相同。

人们内化经验的方式至少有一部分是其个体独有的,他们建构了他们自己的意义。这些具有个体差异性的“想法”影响了获取信息的方式。这种探究现象的个体化方式在科学知识的产生方式中也可以看到。大多数科学哲学家都认为,假设和理论并不代表所谓的“客观”信息,而是人类思维想象的建构物或产物。从这个角度考虑,对事件的观察受到观察者的理论框架的影响。因此,儿童的观察和对观察结果的解释也受到他们的想法和期

望的影响。^{1*}

不管是儿童还是科学家,他们的想法都具有个体差异性,但这并不意味着不同的人不能同时具有相同的概念(正如在科学史长河中,不同的科学家各自独立地建立并应用了相同的理论框架)。以下章节将表明,不同的学生,甚至是不同国家的学生,对类似的事件可能具有相同的概念或作出相同的解释。

儿童个体概念的不连贯性

学生们在课堂上会对物理现象提出不同的有时甚至是相互矛盾的解释,教师无不对此感到惊讶。即使学生与教师的观点相矛盾,学生也不一定会意识到。我们还发现,同一个孩子对一类特定的现象会有不同的看法,有时在科学家看来是完全等同的情况,学生却使用不同的论据作出相反的预测,甚至对于同一个现象,他们会在两种解释之间换来换去。我们将在本书中看到大量关于学生思维存在矛盾的例子。为什么会有这些矛盾呢?这是因为学生与科学家对连贯性的需要和标准的认识不同,学生没有任何单一模型可用来统摄一系列在科学家看来是等价的现象。由于对自然事件的事后解释和预测在实践中行得通,学生也就看不到保持连贯性的必要性。

稳定性

人们经常注意到,即使在教学之后,学生也没有改变他们的想法,不管教师如何竭尽全力提供相反的证据来挑战学生的观点。后面各章中有许多实例就是用来说明这个问题的:学生可能对相反的证据置之不理,或者用他们已有的概念来进行解释。如前所述,虽然学生的观念是持久而稳固的,但这并不意味着学生对现象形成了一个完全连贯的模型,而这些现象至少在科学家眼中是连贯的。学生的诠释和概念往往是自相矛盾的,但它们都相当稳定。

* 上标数字对应着每一章之后的参考文献的编号。

这些想法如何影响学习过程?一个可能的模型

学生的头脑不是白纸一张,能够以中立的方式接受任何教育;恰恰相反,学生是带着先前获得的观念进入科学课堂学习的,这些观念以各种方式影响他们从新的经验中获取信息。这些观念包括对事件的观察方式、对观察结果的解释方式以及从课本和实验中获取新信息的学习策略。

儿童即使在非常年幼的时候,就对事物产生了自己的概念,而这些概念在他日后的学习过程中发挥着十分重要的作用。很多学者,比如奥苏贝尔(Ausubel)、皮亚杰(Piaget)和沃伦(Wallon),都把上述观点融入他们的理论之中。儿童能够学习什么,至少部分取决于“他们头脑里已有的东西”和他们所处的学习情境。

认知科学家提出的模型同我们目前所知的儿童的不同概念与这些概念随教学而发展的方式之间的相互作用是非常吻合的。该模型基于这样的假设,即信息以各种形式储存在记忆里,我们说的和做的任何事情都依靠这种储存的信息元或信息组。这些信息元或信息组就叫做“图式(scheme)”^{*}。图式可以是个体对特定现象的认识(比如,触摸金属物体时产生冷的感觉),也可以是一个更复杂的推理结构(比如,一个变量与另一个变量的联系使孩子们预测“灯泡越亮,影子越大”)。因此,“图式”指的是记忆中储存和相互交织的各种事件。这些“图式”也影响了个体行为及其与环境互动的方式,反过来又可能受到来自环境的反馈信息的影响。

我们将以一个人对“高中”的观念为例阐明“图式”。这个图式涵盖了构成它的事件或情境的关系,而且事件或情境本身也是图式。其中一些图式反映物理特征,如一幢或多幢高楼、楼梯、走廊、房间和运动场地;或者是人物,包括大量学生、教师、技术员、清洁工、校长或主任。

一个人所具有的一般“图式”还包括:人与人之间的关系或态度的类型,如友情、服从和权力;以及人们的行为活动,如上下楼梯、写作、交谈、弹奏乐

^{*} 此处的“图式”并不是皮亚杰所指的那个意思,而是指记忆和信息加工研究这方面的意义。

器和讲课。

因此,这个相对简单的“高中”“图式”包含了不同信息元,它们组织起来形成了结构。这个结构又可能导致其他结构的图式(比如,教师、学生、教育等等)。

在科学理论里,有一些非常精细的“图式”用来表征特定领域的知识,如力学、光学和化学反应。这些形成结构的科学“图式”也类似地是由信息元及其关系组成的。然而,它们又不同于刚才所讲的“高中”“图式”的例子,因为科学理论结构里的某些要素并不能直接感知。

将图式整合成为结构这一组织模型可以用来描述学习或者获得新知识的方式。首先让我们用课堂里的学生作一个类比。学生们相互联系,形成了体育组、戏剧组和科学组等活动小组,这些小组不是静态的,而是不断地建立友情和交流兴趣,当然也有一些学生独来独往,保持孤立。让我们想象一下,假如课堂上来了一个新男孩,将会发生什么情况?当他到来时,发生的情况有各种可能性:他可能与任何人都来不来往,也可能加入已经存在的某个小组,也可能引起整个班级同学间关系的改变而导致全班同学的一次重组。这个学生可能以何种方式加入班集体当中,取决于班级怎么接受他。

把这个类比用于学习就一目了然了:学习者吸收每一条新信息的方式既取决于信息的属性,也取决于学习者的“图式”结构。因此,在科学课堂上提供同样的学习经历,不同的学生所吸收的东西也会不同。

图式的组织和新图式的形成,这种形象化的说法解释了儿童的想法具有个体差异性、不连贯性和稳定性。我们每一个人都有一套独特的图式组织。获得的信息是与其他信息联系在一起的,即使新信息对很多人来说是相同的,但获得的信息和已储存的信息之间的联系在人与人之间极少相同。

学生会表述一些相互矛盾的概念,就是不同的图式在起作用的结果。所有这些概念都是非常稳定的,因为与之联系的图式被整合成了结构,要改变想法就得改变结构,而不仅仅是改变结构的某一个构成要素。

在学习科学的过程中,学生会注意到事件与自己的期望相矛盾,即与自己的图式不匹配。然而,仅仅注意到这样一个差异不一定会导致学生对他们的概念进行重构——重构需要时间和恰当的情境。为帮助学生重新组织对自然现象的概念,在科学教育过程中给学生提供与某些关键概念有关的广泛的

学习体验机会是很有用的。我们将会在以后章节中进一步阐明这个问题,特别是儿童对传热(第4章)和气体(第6章)的概念的理解。在这两章中,我们会提供不少案例并讨论哪一个表明学生在学习时使用了概念“图式”。案例研究表明,尽管儿童已经完成实验活动,但他们头脑中的一些前概念还是难以转变。

理解学生的前概念有什么目的呢?

考虑学生的前概念是使教学更加适应学生的一个策略,尽管它不是唯一的策略。这主要体现在以下几个方面:

(1) 选择要教的概念。在供中学生使用的教学图式中,有一些概念被认为是浅显的,因而在教学设计时往往会忽略它们。然而,第4章和第8章中对儿童的概念的研究发现,很多中学生甚至没有掌握一些再简单不过的概念,比如物质守恒和温度的本质。掌握不了这些概念,将会给他们进一步深入学习带来困难。

(2) 选择学习体验。教师如果事先知道学生的前概念,就可以用与学生的期望相冲突的体验直接挑战学生的前概念,以促使他们重新考虑。然而,仅仅挑战学生已有的概念这一行为本身不一定能推动学生转变概念,还得同时提供替代的概念,而且这些替代的概念必须让学生感到是必需的、合理的和可信的。了解学生的想法有助于我们选择那些更可能使学生以我们期待的方式给出解释的教学活动。第2章描述的光反射实验就是这样一个案例。大部分13~14岁的儿童注意到镜子有反射光线的特性,即使他们认为光还会停留在其他物体上。为了证明这个想法,他们指出镜子可以点燃一个物体或者反射一束光线到人身上事实。我们可以用相似的体验来说服他们相信普通物体也能反射光。在盛夏的中午,一张白纸在太阳光底下会很耀眼;在一个黑暗的房间里,人们很容易辨认出被白纸反射的光线照亮的浅色物体。另一方面,我们也发现,有关儿童前概念的知识能让我们摒弃某些传统的、难以让学生按我们所期望的方式来解释的教学实验。

(3) 明确活动目的。在制定学习任务的过程中,教师必须意识到学生可能根据自己的理解来重新解释教师的意图,这一点是非常重要的。下面我们将

以中学生通过工作卡上的一系列活动展开学习的例子加以说明。一组女生做这样一项实验,把一根插入式加热器放入质量相同但材质不同的金属块里面(图 1.2),实验的目的是证明不同金属材料的热容量不同。加热每一个金属块时,学生都要画出温度—时间变化关系曲线图。实验结束之后,学生要观察她们画出的曲线图并作比较,给出解释。教师参与了她们的讨论:

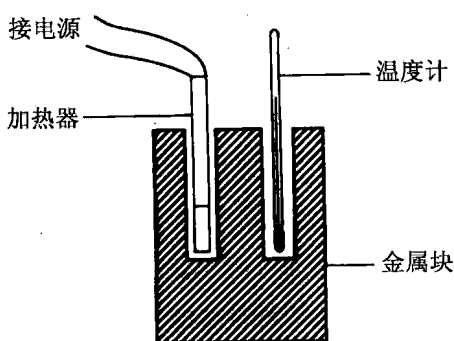


图 1.2

教师:你从这个实验中看到了什么?

学生乙:不同的……嗯……不同的材料……嗯,观察热是如何在它们之间传导的。

教师:你发现了什么呢?

学生甲:嗯……热在铁中更容易传递,比其他的……更容易。

学生乙:比铝更容易。

学生有亲身体会——她们收集了数据,而这些数据都被学生融入了其热传导图式,但不是按照教师所期望的方式。

虽然教师在教学过程中必须牢记学生已有的概念,但要付诸行动肯定不易。教师要对全班学生负责,因而要照顾到每一个学生千奇百怪的想法是非常不现实的。

在以下章节中将要综述的研究里,一个反复出现的观点是,尽管学生解释现象所用的概念是各式各样的,但是不同年龄段的学生所使用的概念可归纳为几种通用模式。全世界不同地区都开展了对与某些科学知识相关的儿童概念的研究,这些儿童所接受的正规科学教育有很大差别。尽管如此,独立的调查研究仍然证明年轻人具有相似的概念模型。比如,动力学的概念(第5章)、对地球的观点(第9章)、对热的看法(第4章)等方面的研究已经在一些国家开展,研究结果表明学生对现象的早期体验相一致,这些体验主导了他们的思维。第7章和第8章关于物质微粒理论的研究表明,尽管已经精心设计了教学过程,但很多学生对科学模型的某些方面仍然难以理解。第3章关

于儿童的电学概念的报告给出了一个令人相当忧虑的发现:使用不准确的电流“顺序”模型的学生在中学毕业之后仍然占多数。

与此类似的研究告诉我们,尽管科学课堂上会出现大量不同的概念,但尝试去说明学生思维的一般倾向,无论是对规划学习活动还是促进课堂上师生之间的交流都有价值。

在本章,我们已经对有关学习的一个特殊观点作出了概述,该观点认为学习是一个互动的过程,互动的一方是学习者的体验,另一方是用来解释这些体验并赋予它们意义的“思维实体”(mental entity)、“概念”或“图式”。

以下章节用很多术语来描述“思维实体”,而且每一个术语的内涵都有细微的差别。一些术语如“直觉观念”或“直觉”指的是概念的起源;还有一些术语,比如“概念”、“规则”或“原型观点”(prototypic view),暗示的是概念使用的普遍性。在某些情况下,“认知结构”、“框架”或者“儿童模型”之类的术语在使用中反复强调概念的组织 and 它们之间的关系。在其他情况下,所使用的术语还带有限定词“替代性”(比如,替代性概念、替代性框架),以此强调儿童概念与公认的科学理论之间的差异。

在我们看来,术语的多样性既反映了儿童概念的多面性,也反映了其可变性;可变性从此类现象到彼类现象都存在,既存在于不同情境之间,也存在于不同儿童之间。

因此,我们没有在后面的章节中勉强使用同一个术语。正如盲人摸象,后面章节所使用的各种术语都只是反映了本书的核心内容的不同侧面,本书的核心内容就是描述学生如何思考自然现象。

参考文献

- 1 Driver, R. (1983). *The Pupil as Scientist?* Open University Press: Milton Keynes.
- 2 Tiberghien, A. (1980). Quel rapport y a-t-il entre ce que les élèves “ont dans la tête” et ce qu’ils font ou disent? In *Sciences Physiques*, pp. 197~202. Livre du Professeur 3^{ème} coll Libres Parcours, Hachette, Paris.