

河南教育出版社

罗莎林德·德赖弗
胡珍仁 陈忠义译

埃迪特·格斯娜

安德烈·蒂贝吉安编



科学概念—— 学生是怎样 理解的

罗莎林德·德赖弗
胡珍妮 陈忠义译
河南教育出版社

埃迪特·格斯娜

安德烈·蒂贝吉安编



科学概念—— 学生是怎样 理解的

科学新探译丛
科学概念
——学生是怎样理解的

罗莎琳德·德赖弗

埃迪特·格娜

安德烈·蒂贝吉恩编

胡珍仁 陈忠义译

责任编辑 范敬儒

河南教育出版社出版

河南·荥阳县印刷厂印刷

河南省新华书店发行

850×1168毫米32开本 72.5印张 175千字

1990年8月第1版

1990年8月第1次印刷

印数1—2,025册

ISBN7-5347-0654-8/G·548

定 价

2.40元

内 容 提 要

近年来，国外一些教育研究工作者，致力于研究儿童在正式接受自然科学课授课之前对一些自然现象和科学概念的“原始”观念。了解这些“原始”观念，将有助于学校的教学工作。本书是由利滋（英）大学的一个讲师、和在法国大学从事研究工作的两个物理学家联合整理的世界各国对儿童“原始”概念的研究成果。

本书按原书名《Children's Ideas in Science》直译为《科学中的儿童观念》。此处的“儿童”和中国的“儿童”含意不同。中国把6—11、12岁的小孩称谓儿童，而英美国家则将20岁以下的人统称为儿童。所以本书中的儿童包括了从小学到研究生的青少年。

译者前言

根据现代认识论和现代心理学，人的认知过程是受认知主体的知识背景所制约、所决定的。学生在正式接受授课之前，对许多自然现象和一些未经讲授的科学概念已形成自己的想法、信念。它们影响着学生对科学知识的学习。遗憾的是，这些想法和信念往往与学校所要教的科学概念不一致甚至相矛盾，因此，研究学生的这些想法（或者说概念）在国外，成为近十年来教育研究工作者的一个主要研究课题，并取得了飞速进展。

本书综合了当前世界各地对学生概念的研究发现，并以研究最多的物理学科为范例，编辑成专著，它概述了对学生概念的研究；探讨了新的学习观及其理论；集中了世界各地学生对一些物理概念的原有想法，并找出了其共通的模式；剖析了形成这些原有想法的原因；阐述了学生的原有想法如何随教学而变更；指出了学生概念的知识对教学和课程设计的启示；教学目标的制订，教材的编写，学习活动的安排（包括实验）等。

本书调查研究的主要对象是中学生，但也涉及到小学生、大学生乃至大学毕业生；调查学生想学的题目（包括实验）经过精心设计，概念性强；学生的回答（包括图画）是保持原样、真实；研究表明，尽管不同国家的文化背景、教育体制、学生经

历差异很大，但学生对同一课题的想法却十分相似，因而本书涉及的内容具有强烈的国际性，这也正是它的一个极诱人之处。

我们翻译此书，希望能引起我国教育工作者对此课题的兴趣，进而对不同的科学概念开展类似的研究。他山之石可以攻玉，国外的研究成果也有助于我国的课程、教材、教法的研究。

本书的前言及第1~5章由胡珍仁译，第6~10章由陈忠义译。限于水平，难免有误，欢迎指出，俾再版时改正。

1988.7.羊城

前 言

本书主要介绍中等学校的学生对一系列自然现象的想法和这些想法随教学如何变更和发展。本书在编写上力求为中学和中等学校的教师 and 科学教育工作者提供一个学生概念的概论，而不想写成学术评论。

我们的打算是，提供一些科学教学使之有助于发展学生的理解力。1978年我们在巴黎第一次互相交换了几年来我们研究学生的科学概念的想法和信息，并产生了写这本书的念头。

自那次会面以后，对学生概念的研究在全世界范围内取得了飞速发展。在北美、欧洲、大洋洲和其他地方的科学教育杂志上，发表了许多阐述教学过程中学生的想法及其发展和转变的文章，还召开了许多国际性会议，会议决定发行所收集的有意义的研究报告。随着人们对此兴趣的急剧爆发，写一本综合当前各种非正式报告和杂志上文章中的发现，并易于为科学教师接纳的书就显得十分重要。

研究文献的剧增，致使以我们三个人的力量来完成这本书的可能性大大减小。因此我们邀请了在这一领域中进行重要研究的同行为我们写了部分章节。

本书的每一章集中研究学生对某一特定领域或现象的想法。我们所选择的是那些正在大量研究的

物理学科的课题。尽管如此，很遗憾，仍有一些专题本书没有提到。

除课题不同外，各章的侧重也有所不同。例如某些章节概述了我们当前已知的学生对某特定课题的见解，这些见解集中了各地的研究发现；另一些章节则是从学生在课堂上的一些想法及这些想法在特殊引导下如何转变的范例这一角度来写的。

用来自各个国家的稿件编成这本书不是件容易的事。其中的一些章节是对母语不是英语的学生的研究结果。为此我们不得不小心谨慎，使翻译尽可能接近学生笔头和口头表达的原意。

书中列举的学生书面作业，完全是重复学生所写的（除了必须翻译成英语的地方）；同样，学生的图画也完全是按原样照搬。

我们希望各章节及其各侧重点能够提供一种深入到课堂上学生的概念世界的洞察，一种在科学教学上对教师的教和学生的学都有帮助的洞察。

罗莎琳德·德赖弗

埃迪特·格斯拜

安德烈·蒂贝吉恩

1985.6.

目 录

第一章	学生的想法和科学的学习.....	(1)
第二章	光.....	(10)
第三章	简单电路	(36)
第四章	热量和温度.....	(57)
第五章	力和运动.....	(90)
第六章	气体状态.....	(110)
第七章	气体的微粒性质.....	(132)
第八章	物质的变换和守恒.....	(158)
第九章	地球的知识.....	(185)
第十章	学生的推理特点.....	(213)

第一章 学生的想法和科学的学习

罗莎琳德·德赖弗

埃迪特·格斯娜

安德烈·蒂贝吉恩

蒂姆和理基，这两个11岁的男孩正在研究弹簧伸长的规律。他们往悬挂在弹簧下的多苯乙烯制的小杯里加进滚珠。理基在专心地加滚珠，他每加一个滚珠，就测量一次弹簧的新长度。蒂姆正在观察。突然，他打断道：“等一等，如果我们把它举起来会怎样？”他取下弹簧，把它举高并超过横架，然后再测它的长

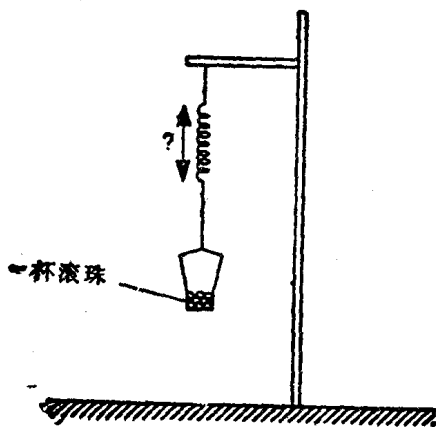


图1-1

度。此时弹簧的长度与抬高前的一样。显然，他对此很满意，于是继续试验。以后，当被问及为什么要这样做时，蒂姆拿起二个玻璃球，使其中一个比另一个高，他解释道：

这个球较高，重力就较强地往下拉它。它到达的高度愈高，重力对它的作用也愈大。就好比站在那边，某人扔下一个小石子，石子只是碰了你一下而不会有伤害。但是，若我从飞机上扔下一颗石子，那它就会加速得愈来愈快，一旦碰到某人的头，就会砸死他。

蒂姆认为，重力随物体离开地球表面的高度的增加而增大，这种想法象他所解释的那样并不是没有道理的（虽然从科学家的角度来看，他讲的似乎是指重力势能）。

很多学生象蒂姆一样，在上自然科学课以前，他们对所研究的现象就已有自己的想法和解释，即使他们在那些课题上没有得到过任何系统的指导。学生这些想法的形成是他们通过实际的体力活动以及与他们周围的人交谈，或通过传播媒介等在日常生活中各个方面的体验结果。

本书阐述已揭示出来的10—16岁学生在不同的物理课题中的一些概念，并指出它们对教师 and 科学教育工作者的的重要性。

一、这些想法的一般特征

学生对课堂中经常演示出的自然现象的想法是否表现出具有一贯的模型？有经验的教师都知道，学生对自然现象诚然有他们自己的想法，但这些“想法”从教师的角度看来有时前后不一致。我们还发现，这些想法即使与实验结果或教师的解释不一致，但它们仍然被坚持着，换句话说，这些想法是很顽固的。下面将更详细地讨论学生想法的这些特点——它们的个人性、不一致性、顽固性。

1. 这些想法带有个人色彩

当学生在课堂上记录同一个实验时，他们会作出各种不同的

解释。每个人都“看”到了实验并用他自己的方法来解释。我们自己的表现也与此类似。例如，每当我们读一篇课文或与他人讨论问题时，我们有可能改变自己的观点，也可能不会。我们改变自己想法的程度，至少同等程度地取决于我们开始时所持有的观点或从书上看到过的、听别人说起过的。许多人听同样的演讲或读同样的书，即使是科学课本，也不一定从中获取并保留同样的论点。

人们至少是部分地以他们自己的方法，给他们的经历以主观的色彩，构造自己的意义。这些个人的“想法”影响信息的获得方式。这种研究现象的个人方式在科学知识产生的进程中也可以找到。大多数科学的哲学家都承认：假设和理论并不代表所谓的“客观”事实，它们是人类想象的解释或产物。可见，对事物的观察是受观察者的理论体系影响的。学生对事物的观察和解释也是受他们的想法和愿望影响的。

这些想法，不论出自一个孩子还是一名科学家，都带有个人色彩的事实并不意味着它们就不和许多别人所共有（就象在科学史上也曾有过，不同的科学家各自独立地发展和使用相同的理论框架的情形）。在以下几章中将指出，即使是不同国家的学生也可能有相同的想法或者对相似的现象有同样的解释。

2. 学生的个人想法可能前后不一致

在课堂中对现象的解释，各人互不相同，有时还是矛盾的，这怎能不使教师吃惊？甚至他们的解释与教师发生矛盾时，他们也不一定认识得到。此外，我们还将看到，同一个学生，他对某一特定类型的现象可能会有各种看法。有时从科学家的观点而论是等价的情况，但他们却会用不同的理由作出相反的推测。甚至对同样的现象会从一种解释转换到另一种解释。在本书中，将会看到许多这种思想矛盾的例子。为什么会有这些矛盾？这是因为学生对一致性的必要性及其标准的理解与科学家的不一样；对于

科学家认为是等价的现象，学生不具有任何统一的、单一的模型。学生也不一定看到一个一致性观点的必要，因为对自然现象的随意拼凑的解释或预料在实践中兴许很顶用。

3. 这些想法是顽固的

人们常注意到，尽管教师往往试图用相反的证据驳倒学生，但学生也不会改变自己的想法。在以下章节中有许多例子说明这个问题：学生可能忽视反证，或者按照他们以前的想法去解释。然而，学生的想法尽管可能很顽固，但正如我们所讨论过的那样，这并不意味着学生面对着呈现的现象有一个一致的模型，至少对一致性这个词的理解没有象科学家所理解的意思。学生的解释和见解常常是矛盾的，但顽固性不减。

二、这些想法如何影响学习过程——一种可能的模型

学生的思想不象空白石板那样能自然地接受教导。相反，在科学课堂上，他们是用自己已有的想法去理解所碰到的经验。同时，这些想法也从多方面影响他们学习新的东西，包括对事物的观察；对这些观察的解释和获取新信息的策略；包括阅读教科书、做实验。

学生，即使年龄很小，对事物都有一定的想法，这些想法在学习过程中起到一定的作用。许多作者把这些见解编进他们的理论中。学生能够学到什么，至少部分地取决于“他们脑子里有什么”，也取决于他们目前学的是什么。

认知科学家建立了一种模型，与我们当前已知的——学生的不同想法与这些想法随教学而演变的方式间的关系相吻合。这模型的基础是：假设信息是以各种方式贮存在记忆中，而我们所做、所做的每件事都取决于所贮存的信息的要素或要素的组合，这些贮存的信息的要素或要素的组合可称为“框框”。一个框框可能是关于个人对某特殊现象的知识（例如触摸金属体得到冷的感

觉),或者是一个较为复杂的推理结构(例如,一种由此及彼的结合使某些学生推想到“灯泡愈亮则影子愈大”),因此“框框”这个词表示贮存在记忆中并以不同方式联系着的种种东西。这些“框框”可能影响一个人的行为方式及个人与环境相互作用的方式。反过来,也可能受环境反馈的影响。

我们将以一个人对有关中学的看法为例来说明“框框”这个概念。这个“框框”可以把组成学校的物和事统一起来,而这些物和事本身也是“框框”。其中一些“框框”表示了物理特征,如一幢或更多建筑物,楼梯,走廊,房间,操场;或人,包括大量的学生,教师,技工,清洁工,校长或领导。

个人的一般“框框”的其他方面可以包括上述人的人际间关系或态度的类型,如友爱,谦逊,能力;还包括这些人的活动,如上楼或下楼,写字,谈话,弹奏乐器和教学。

因此,这个比较简单的关于中学概念的“框框”包括了各种要素组成的结构。这个结构又可以在其他结构中“框框”(如教师,学生,教育等)相联系。

在科学理论中有许多复杂的“框框”,它们代表了某特定领域的知识,如力学、光学或化学反应。这些科学的“框框”组成为结构,也同样包含元素及元素间的关系。然而它们与刚才讲到的中学的框框不同,科学理论结构中的一些元素并不诉诸直接的感觉。

这个由框框组成为结构的模型可以用于描述对新知识的学习或获取过程。我们先来研究与之相似的班内分组问题:通常,学生可根据他们之间的相互关系或不同的活动内容分组。例如,运动,戏剧和科学课程等。这些小组也不是固定的,它可以随友谊和兴趣的转变而改变。也有一些学生可能不与其他人发生联系而完全孤立。现在设想:如果一个新来的男孩来到班上,将会发生什么情况?各种情况都可能发生:他可以不与任何人发生联系而保持孤立;也可以加入一个已有的小组;或许他的出现会使班上

的朋友关系来一个彻底调整。同一个学生可能以不同的方式结合到班级中去，这取决于接收他的班级。

这与学习的相似之处是很清楚的：一个新信息的吸收方法取决于信息本身的性质和吸收者的“框框”结构。每个学生都以不同的方式吸收科学课上的信息。

这些框框结构的图象和获得新知识的图象可以解释为什么存在这些个人的、矛盾的、顽固的想法。我们每个人都贮藏了一套独特的“框框”结构，后来获得的信息是与其他信息相关的，就算这一新的信息对某几个人来说是相同的，但这几个人获得的新信息与已有信息之间的联系却可能没什么相同之处。

当一个学生说出几个矛盾的想法时，这是不同的框框在起作用，这些想法可能都很顽固，由于形成这些想法的框框都被组织到结构中，要想改变其中任一个想法，可能就得改变整个结构，而不是仅仅改变结构中的一个元素。

学习科学时，一个学生可能注意到与他的期望相反的事例，或不符合他的框框的事例，但仅仅是注意到一个矛盾的事例，并不一定会重新组建学生的想法。这种重新组建需要时间和适当的情境。帮助学生从思想上完成重新组建对自然现象的认识，在提供广泛的、涉及关键性概念的经验方面，科学教育能起到一个重要作用。关于这点将在以后的章节中说明，特别是学生对热传递（第四章）和气体（第六章）的一些想法。在这两章中将要举例讨论：学生在课堂上所用的概念框框，并指出，尽管他们参加了实践活动，但也不会很快改变其中的一些想法。

三、为什么要了解学生的想法

注重学生学前已有的想法，是使教学更好地切合学生的策略之一（当然不是唯一的），这可从几方面来看：

1. 教学中概念的选择

在课程设计中,有些概念被认为是自明的,理所当然地选入教材。然而正如第四章和第八章对学生想法的研究所表明的,实际上许多中学生对一些明显简单的概念,如物质守恒,温度为强度量的性质并不理解,这就成为进一步学习的严重问题。

2. 教学中感性材料的选择

如果知道学生原来的错误想法,就可以提出和他们的期望相反的经验,从而让学生重新考虑他们的想法。但仅仅对学生的现有想法提出挑战,并不足以促使其改变,还必须提出一些可供选择的看法。这些看法在学生看来不但是必要的,同时也是合理的和可能的。有关学生想法的知识,可使我们选择更能让学生朝我们预定的方向去理解的教学活动。第二章光的反射就是一个例子:大多数13~14岁的学生都知道,镜子有反射光的特性,但他们认为光将停留在其他物体上。他们提出下述事实支持这一观点:镜子可照亮物体或闪光到别人身上。据此,我们就可提出类似的经验去说服他们:一般物体也都能反射光。例如:盛夏午时,人们很容易感受到白纸在阳光下耀眼;在黑暗房子里,很容易看到被一张白纸反光照亮的浅色物体。此外,我们也看到,有关学生想法的知识能允许我们放弃一些学生将不按我们期望的方向理解的传统教学实验。

3. 有的放矢的安排教学活动

在阐述学习任务时,重要的是,头脑中应想到,学生会用自己的理解去另行解释教师的意图。例如,一组女中学生正按工作卡做实验:在等重而不同种金属块中放入电热器,见图1.2。实验目的是企图说明不同金属的比热不同。按指导要求,学生要画出每种金属块被加热时的温度—时间图线。上课将近结束时,老师要求学生观察、比较他们绘制的图线并作出解释。教师参加她们的讨论。

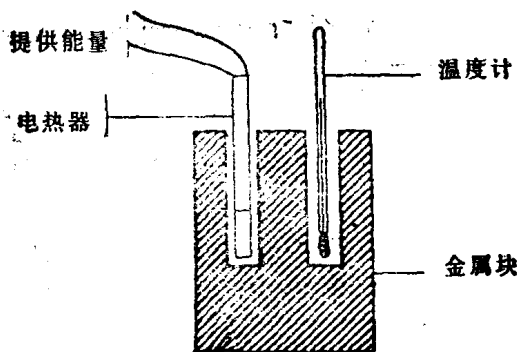


图1·2

教师：你的实验告诉你什么？

学生2：不同的……嗯……不同的材料……热怎样通过它们。

教师：你发现了什么？

学生1：是的，……嗯……热穿过这个……这个……铁更容易些，比通过……嗯那个……

学生2：铝。

可见，学生虽然获有第一手的经验——他们收集了他们的资料，但这些资料被吸收到有关热传导的方案里去了，而不是朝着预期的方向。

教学时头脑中想着学生的想法是必要的，但不容易真正做到。因为教师有责任将全班看成一个整体，而要把每个学生的各种想法都考虑到是不现实的。

下面几章将会重复出现的研究主题之一是：学生解释现象的观点虽然各不相同，但是不同年龄的学生所持观点的类型，很明显有一个普遍的模式。研究学生对各种科学课题的想法已在世界各地展开，对象是那些接受传统科学教育的经历差异很大的学生。尽管如此，一些独立的探索性研究指出，少年儿童的想法有