

SCIENCE

体现科学本质的科学教学

——基于HPS的视角

黄 晓◎著



人 民 出 版 社

浙江省高校人文社科教育学重点研究基地课题（ZJJYX201211）成果

体现科学本质的科学教学

——基于HPS的视角

黄 晓◎著



人 民 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

体现科学本质的科学教学: 基于 HPS 的视角/黄晓著. —北京: 人民出版社, 2014. 5

ISBN 978 - 7 - 01 - 013650 - 9

I . ①体… II . ①黄… III . ①科学教育学 IV . ①G40 - 05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 121038 号

体现科学本质的科学教学——基于 HPS 的视角

TIXIAN KEXUE BENZHI DE KEXUE JIAOXUE——JIYU HPS DE SHIJIAO

黄晓 著



策划编辑 陈晓燕

责任编辑 卢典

出版发行 人民出版社

地址 北京市东城区隆福寺街 99 号

邮编 100706

网址 [http://www. peoplepress. net](http://www.peoplepress.net)

经销 新华书店

印刷 环球印刷(北京)有限公司

版次 2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月北京第 1 次印刷

开本 710 毫米×1000 毫米 1/16

印张 20.75

字数 353 千字

书号 ISBN 978 - 7 - 01 - 013650 - 9

定价 49.00 元

版权所有 侵权必究

序 一

伴随着对“什么是科学”的追问,科学教育教学现象背后的科学本质及其相关问题得到关注,金博尔(M. E. Kimball)提出:帮助学生发展适当的科学本质观是表述最普遍的科学教育目标之一。科学本质是科学教育改革的核心主题,美国的诸多科学教育文件、我国中学各理科课程标准,都强调了理解科学本质的重要性。帮助学生获取对有关科学本质概念的正确理解,已成为科学教育不断追求的目标。

在诸多科学哲学家追问“科学究竟是什么”的同时,国际上关于科学本质的研究得到诸多学者的关注。对于学生科学本质观提升之研究,呈现了多维视角与多元观点的撞击,也凸显了科学探究与科学本质、HPS 与科学本质等的研究焦点。于 1987 年成立的国际科学史、科学哲学与科学教学组织(IHPST)为促进科学家、科学哲学家、科学史家共同关注科学本质研究提供了交流平台。我国科学课程标准尽管提出了“科学课程是体现科学本质的课程”之观点,但未具体提出在科学课程中如何落实、实施与评价科学本质,说明科学本质研究与体现科学本质的科学教育研究亟待关注。

黄晓博士的著作《体现科学本质的教学——基于 HPS 的视角》立足于当前大陆学生对科学本质理解普遍缺乏与科学本质关注在国际科学教育研究中的彰显,正是对科学本质如何体现在科学教学中这一问题的回应。这一研究抓住了国际科学教育研究的前沿主题,特别是找到了体现科学本质教学的恰当切入点,即基于 HPS 的视角,从多维角度认识科学本质,研究科学本质在具体科学教学中的落实。

国际著名科学教育研究者莱德曼(N. G. Lederman),以多年的研究提出影响学生科学本质观的形成影响是多方面的,涉及教学内容、方法、环境等。他极其关注科学探究与科学本质教学的关系,成为以科学探究促进科学本质理解的代表。马修斯(Matthews)是国际科学教育研究中将 HPS 融入科学教学的代表,

他在其代表著作《科学教学:科学史和科学哲学的作用》(*Science Teaching: the Role of History and Philosophy of Science*)中极其强调科学史、科学哲学在科学教学中的作用,特别是基于科学史、科学哲学对以单摆、光合作用等为典型案例的科学教学的审视,彰显了马修斯提倡的科学本质教学方法,这也是当前国人所阐述的“马修斯的适度模式”。

本书正是为如何在科学教学中提升学生科学本质观提供了全新的视野,不仅是对国际科学本质研究中来自不同代表观点的理解与吸纳,而且是立足于大陆科学教育的实际从 HPS 视角对科学本质教学进行了系统的研究。本书的研究呈现了几大方面的特色:

(1)多元化与系统性。国际科学本质研究凸显了不同的视角与维度,本书不是否定对 HPS 视角之外的维度关注,而是吸纳不同典型代表关于科学本质教学的观点,以 HPS 为切入点,呈现了理解科学本质的多维视角。这一点特别表现于本书第三章“理解科学本质的多维视角”,该章阐述了科学史与科学本质理解、科学哲学与科学本质理解、科学社会学与科学本质理解以及科学本质理解中 HPS、STS 教育与 SSI 关系的认识。本研究的系统性表现于整本书在探讨体现科学本质教学的过程中,本书从科学本质教学目标表述、科学本质教学内容与 HPS 架构、科学本质教学模式、科学本质教学方法、科学本质教学评价及教师的科学本质教学知识等方面系统阐述了体现科学本质的科学教学。

(2)现实性与前瞻性。这一方面表现于整个研究立足于国际 HPS 促进科学本质理解的研究路径与反思,并以大陆科学本质研究现状为出发点;另一方面体现在该著作具体阐述了典型国家最新科学教育文件中对科学本质与 HPS 的内容阐述,如美国《下一代科学教育标准》中的科学本质与 HPS 内容体现、从第三届国际数学与科学评测趋势(TIMSS)看教材中的科学本质与 HPS,这为如何开展体现科学本质的科学教学研究提供前提和基础。

(3)理论性与实证性。本书立足于科学史、科学哲学观,从理论上阐述了科学本质教学内容、教学过程与教学策略,这为开展体现科学本质的科学教学确立了基本理论基础;著作不仅结合典型案例具体阐述了如何预设科学本质教学目标、进行科学本质教学内容选择与 HPS 架构;阐述了“历史—探究”教学模式、基于科学史实验发展的教学模式及“历史—探究”方法、类比方法等;不仅如此,本书还基于对科学教师科学本质学科教学知识内涵的阐述,结合科学思想史的教学实践开展实证研究。这不仅为科学教师科学本质理解提供实而有效的教学指导,而且为科学教学中如何促进科学本质理解提供策略与途径。

科学本质是对科学的哲学反思,因而对科学哲学的历史回顾是必要的。从科学经验主义、实证主义、逻辑经验主义、否证主义、历史主义、后历史主义到走向多元的科学哲学,一方面映射了科学哲学内涵的演变与发展,另一方面可从中寻找与中学科学本质教学相关的科学哲学核心问题,这表现为科学知识的相对与绝对、科学发现过程模式、观察与理论、科学的合理性。

当今国际科学教育至少有两个比较明确的目标,即既要促进了解科学的成果又要理解科学事业。我国的科学教育实践长期以来重视科学成果而轻视科学过程,普遍只重视测试学生的科学内容知识,这种局面必须改变,因此加强科学本质的教学正当其时。教学是一个过程,科学本质教学也是如此。这一过程不仅有对体现科学本质的内容之选择,还需要有动态性体现的教学活动、教学方法与教学过程等。在本书中黄晓分别从第三章“理解科学本质的多维视角”、第四章“科学教育中的科学本质与 HPS”、第五章“科学本质教学内容”、第六章“科学本质教学过程”、第七章“科学本质教学知识及 NOS 发展之实证研究”等角度作了较为系统而详细的论述。相信科学教学基于科学史的探究、以显性的形式在科学教学中教给学生科学本质,这将极大地促进体现科学本质的科学教育目标之达成。

胡炳元

2014 年 4 月 12 日

于华东师范大学

序 二

科学本质教育是科学教育中一个永恒的主题,最早是在 1907 年由美国的科学和数学教师联合中心(Central Association of Science and Mathematics Teachers)提出“在科学教育中,应当强调科学方法及过程”,但相关的研究成果没有出现。到了 20 世纪后期,科学本质的研究越来越引起众多学者的关注。今天,科学本质研究已成为一个热点问题,成为科学教育研究中的核心问题和科学教学中的关键问题。对科学本质的研究已不只是科学教育必须关注的,对于科学家、科学哲学家而言,当他们面临回答“科学究竟是什么”这样的问题时,所涉及的还是对“科学本质”的认识。从斯诺(C. P. Snow)提出“两种文化”(Two Cultures)到 20 世纪末的“科学战争”(Science War),追本溯源,也仍然是因对科学本质的认识不同所产生的。

黄晓博士选择“体现科学本质的科学教学”这样一个论题,是很具有学术眼光的,抓住了科学教育中的要害问题。而且,无论是对科学本质的研究还是对科学本质教育之研究,我国目前都是极端缺乏的,甚至是缺省配置。当然,我国最新的科学课程标准对科学本质已有关关注,已经明确地提出了。但是,在课程编制中如何落实、课程实施中如何体现、课程评价中如何实施,尚付之阙如。这样一来,对这一问题的研究,显得尤为迫切。

科学本质、体现科学本质的科学教学的研究从何入手,简直如老虎吃天,很难找到恰当的切入点。HPS 是目前国际上兴起的一个新研究领域,国际 HIPST 研究项目(History and Philosophy in Science Teaching Project)就是这方面研究的典范。从 HPS 的视角,认识科学本质,研究科学本质在科学教学中的落实,是有利于论述的展开和深入的。

科学史与基础科学教育的结合,推进基础科学教育的改革,已成为当前的世界潮流和趋向。说到科学史与科学教学,科恩(I. B. Cohen)说过一段发人深省的话:“许多科学教师喜欢讲一些趣闻,如科学史中最著名的轶事,即牛顿和

苹果与伽利略和比萨斜塔的故事,而不会去考证这种说法的历史依据。科学教师所需要和感兴趣的常常是科学的辉格史。”至于布鲁诺的惨遭迫害,则是许多科学教师所津津乐道的,而谁也不会再去思考或查证这一故事的历史事实了。科学的发展,是十分复杂的、毫无确定方向的,就像汪洋大海中航行的一叶扁舟,即使最终到达了目的地,航行的轨迹也是完全无序的。但是科学教科书及科学教育是不能以这种真实的历史过程来进行的,甚至定律和公式的推演过程和表达方式也常常与历史不符(例如万有引力定律的得出过程和牛顿第二定律的表达方式),因为那样会让学生漫无头绪、莫衷一是,或冗长繁复、无法理解,找不到知识的逻辑联系和认知的基本规律。然而,如果科学的教和学,都误认为科学定律和公式就是一种逻辑推理和数学推演的结果,科学的发展也是像科学教科书那样有序而简明地发展起来的,那是对科学的误解,就完全违背了科学本质。

当前,科学教育改革已成为世界性的热潮。但是,许多研究者都明确地指出,自20世纪60年代以来世界各国所发展的科学课程绝大多数缺乏科学哲学基础,即使有的话,其科学哲学的观点也仍然深受传统的逻辑经验主义的影响。对于在这期间一些科学哲学家提出来的有关科学知识的本质、科学方法的特征和科学知识成长等方面的新观点,并未受到应有的重视和采纳。这些意见并非言过其实,更不是凭空指责。只要对照一下当代科学哲学和科学观的最新成果,关心一下目前科学课程文本,调查一下基础教育教师的科学观和对当代科学哲学的了解,就会对这种表述产生共鸣。霍德逊(D. Hodson)曾指出,现在最急迫的需要,是以目前科学哲学的观点重新考量科学课程知识论的基础。只靠一种学习经验就可以得到多种预期效果的假定是个草率的想法。如果我们的科学教育导致学生对科学和科学家的崇敬演变为盲信盲从,我们的学生仍停留在机械决定论的自然观上,我们的学生对科学知识及其获取和价值没有正确的认识,那么,我们的科学教育即使看起来热烈和辉煌,而其实质还是与科学本质相悖的。

科学无法游离于社会,科学教育也必须让学生理解科学的社会价值。阿尔钦(D. Allchin)2004年在《科学教育》(*Science Education*)杂志上发表了《科学社会应该被定位在X级?》(*Should the Sociology of Science Be Related X?*)一文,在这篇妙文中,阿尔钦直截了当地提出,科学社会学应该被定位在“E”级——对每一个人所必不可少的(*Essential for Everyone*)。

科学知识的学习,要与学生的日常生活、与社会实践相联系。科学发展要历经错误的磨难,那么科学教育中,学生也需要经受错误的挫折,这才可能理解

科学。简单地灌输知识、奉送真理,学生并不能真正理解科学。科学教育应使学生面对真实的科学、真实的实践。科林斯(H. M. Collins)曾尖锐地而又不无揶揄地指出:“正如我们所知道的,一个矛盾的命题是,一种神话并不是教科学本质已经成功了,最好不是思考而是简单地完成接受知识和发展技能已被极大地受到赞赏,就像鸟儿学习飞翔一样。而幸运的是,科学教师已经学会了把接受知识伪装成像是自主发现似的技巧,这是一种技艺高超的骗术,而我不认为它将会太快地被抛弃。”科林斯在这里所指出的科学教学,我们不是耳熟能详吗?不是似曾相识吗?不是一再地被重复而且备受“赞赏”吗?而这又恰恰是背离了科学本质的科学教学,这不值得我们警惕吗?

美国科学教学研究联合会(NARST)和科学教师教育联合会(AEST)的前任主席李德曼(Norman G. Lederman)说过:“实际上,学生会形成怎样的科学本质观,影响的因素是多方面的,这些影响可能来自于使用的课程,可能来自于教师的某些课堂用语,也可能来自于教师采用的发现式的教学方法,还可能来自于教学环境以外的其他因素,比如文化传统、大众传媒等——以上种种因素交错在一起对学生的科学本质观产生了影响。”

我国的科学教育改革,是21世纪以来整个基础教育课程改革的重要组成部分,而科学教育改革所面临的困难更多、更艰巨,科学本质观的研究和学生形成正确科学本质观教育的研究是其中的重点。上文已提到,影响学生科学本质观形成的因素是多样的、复杂的。HPS的研究,对科学教育中科学本质观的教育是十分有价值的。当然,完成这样的研究是一个很庞大、很复杂的系统工程。

科学本质的内涵,随着科学的进步、学科的发展,会不断地向前推进。不同的学者,从不同的视角去对待,也会有不同的认识。因此,这是一个不断发展、变化的学术领域。这样,科学本质观教育的研究也必须随之推进和变化。

黄晓博士的专著,已在这方面迈出了坚实的一步,我相信,只要坚持不懈、不断开拓,一步一个脚印、坚定地向前进取,一定会在这个研究领域取得丰硕的成果。

蔡铁权

2014年4月12日

于浙江师范大学课程与教学研究所

目 录

CONTENTS

序一	1
序二	4
第一章 绪论	1
第一节 问题的缘起	2
第二节 研究的问题与意义	13
第三节 研究设计与假设	15
第二章 HPS 促进学生科学本质理解的研究路径与反思	19
第一节 科学本质内涵理解与教学策略研究	21
第二节 以 HPS 促进学生科学本质理解之研究	37
第三节 科学本质理解之评价研究	51
第四节 我国大陆地区科学本质研究	56
第三章 理解科学本质的多维视角	61
第一节 科学史与科学本质理解	62
第二节 科学哲学与科学本质理解	77
第三节 科学社会学与科学本质	97
第四节 科学本质的多维理解——兼谈 HPS、STS 与 SSI 的关系	108

第四章 科学教育中的科学本质与 HPS	124
第一节 科学教育标准中的科学本质与 HPS	125
第二节 科学教材中的科学本质与 HPS	147
第五章 科学本质教学内容	160
第一节 科学本质教学目标的表述	160
第二节 科学本质教学中的 HPS 架构	172
第六章 科学本质教学过程	192
第一节 科学本质教学模式	192
第二节 基于 HPS 的科学教学方法	216
第三节 科学本质教学的评价——凯利方格法的初步介绍	258
第七章 科学本质教学知识及其发展	262
第一节 科学本质学科教学知识(PCK for NOS)	262
第二节 科学教师的 NOS 及其提升之实证研究	268
第八章 结 语	284
附 录	289
附录 1: ROSE 项目中关于学生科学技术观的调查(中英文调查问卷)	289
附录 2: “2061 计划”中的科学本质相关图(以科学探索中的证据与推理、科学调查为例)	291
附录 3: 科学教师的“科学本质观”前后测问卷	292
参考文献	295
后 记	312

图目录

图 1-1	英国、挪威与中国上海学生的“科技观”比较	5
图 1-2	科学的主观性内涵理解	8
图 1-3	关于科学方法的理解	8
图 1-4	关于科学相对性的理解	9
图 1-5	关于科学、技术与社会关系的理解	9
图 1-6	区分科学定律与科学理论	9
图 1-7	各部分内容间的关系	16
图 2-1	科学本质内涵的概念图	25
图 2-2	科学哲学流变与科学本质内涵发展	28
图 2-3	提升科学本质的整合途径与策略	29
图 2-4	科学本质教学中的整合与非整合、显性与隐性维度	32
图 2-5	提升科学本质理解的进一步整合途径与策略	33
图 2-6	Matthews 关于 DPT 三者关系的理解	49
图 2-7	不同分量表间的相关性	56
图 3-1	科学本质是各门学科的交叉	61
图 3-2	科学哲学发展与科学本质内涵概念图	85
图 3-3a	不同理论观点的分布图一	85
图 3-3b	不同理论观点的分布图二	85
图 3-4	劳丹的科学发展模式	90
图 3-5	发现情形的逻辑地理学	91
图 3-6	逻辑实证主义下的科学探究模式	92
图 3-7	后现代科学哲学的科学(探究)模式	93
图 3-8	汉森的理论 with 观察关系认识	94
图 3-9	科学社会学的发展同科学社会学与科学哲学的关系	100
图 3-10	HPS、STS 与 SSI 的关系	115

图 3-11	科学探究的循环过程	120
图 3-12	STS 理解的教学过程	122
图 3-13	S(KPL)S 教学模式	123
图 4-1	对科学的认识	125
图 4-2	科学本质矩阵	130
图 4-3	对课程的立体解读	148
图 4-4	各国课程标准(指引)与科学教材中的 HPS 主题分布	150
图 4-5	四套教材科学知识中 SC 与 NOSK 的比率	152
图 4-6	四套教材中的知识、过程与情境的比率	152
图 4-7	我国(大陆)三套科学教材各册科学史所占比率	157
图 5-1	斜面实验的频闪照片(组合图)	169
图 5-2	弦定理证明图	170
图 5-3	伽利略在《对话》中用另一种形式描述斜面运动,在无阻力的情况下,沿 OD、OC、OB 与沿 OA 运动的时间相同	171
图 5-4	伽利略的手稿	171
图 5-5	拜欧特电磁效应实验图	178
图 5-6	安培探索电流磁效应的实验图	178
图 5-7	磁化感应与磁针方向关系实验	179
图 5-8	磁针磁化现象	179
图 5-9	Franklin & Gosling 于 1952 年 5 月 2 日拍摄的 DNA 的 X 射线衍射图	180
图 5-10	双螺旋结构	180
图 5-11	Newlands 的元素分类图	186
图 5-12	Mendeleev 发给俄罗斯物理学家与化学家的元素表	187
图 5-13	Mendeleev(1871)的元素周期表	189
图 5-14	“二战”前的元素周期表(括号表示还未发现的元素)	189
图 5-15	周期表中的重元素作为锕系族,首次发表于 1945 年的《化学与工程》	189
图 5-16	包括 168 种元素在内的预测周期表	190
图 5-17	立体的元素周期表	190
图 5-18	元素周期表的化学星系图	190
图 6-1	孟克与奥斯本(Monk&Osborne)的教学过程模型	197

图 6-2 简单机械单元概念图	199
图 6-3 简单机械的 PEHDSR 操作过程图	200
图 6-4 互动科学小故事(IHVs)教学的概念图	201
图 6-5 AIH 教学过程图	205
图 6-6 “莱顿瓶”实验辐射概念图	212
图 6-7 体现科学本质的科学实验辐射概念图	214
图 6-8 小振幅单摆的振动曲线与相图	218
图 6-9 五个单摆的运动情况	223
图 6-10 磁场情境下的单摆运动	224
图 6-11 单摆的等时性证明	226
图 6-12 在 0° — 180° 的单摆运动几何图	226
图 6-13 Mersenne 于 1674 年确定引力常量的实验	227
图 6-14 用单摆进行自由落体实验装置图	228
图 6-15 单摆的跨学科教学	230
图 6-16 原子结构模型(理论)的发展	232
图 6-17 准备黑箱	234
图 6-18 6×6 方格箱示意图	234
图 6-19 实验探究示意图	234
图 6-20 一组可能的数据记录	234
图 6-21 开普勒比较入射角与折射角实验	237
图 6-22 开普勒圆柱玻璃实验	237
图 6-23 水盆中光与影实验	239
图 6-24a 正确的图像表征	244
图 6-24b 错误的图像表征	244
图 6-25 人眼“看”与相机“照相”的类比	245
图 6-26 眼睛与照相机类比的“矩形”表征	245
图 6-27 库仑定律与万有引力定律的类比	246
图 6-28 光与声类比的“类比树”表征	246
图 6-29 原子核式结构与“太阳—行星”模型类比 1	246
图 6-30 原子核式结构与“太阳—行星”模型类比 2	247
图 6-31 原子核式结构与“太阳—行星”模型类比 3	247
图 6-32 多重类比功能	248

图 6-33	以电源类比升降机,电势差类比高度差	249
图 6-34	板块构造学说的发展简史	252
图 6-35	“板块构造运动”的多重类比表征	254
图 6-36	以地函热对流为例的多重类比表征	254
图 6-37	个案学生关于“能量”的 RGT 评估表	260
图 6-38	RGT 评估表的 FOCUS 分析结果	260
图 6-39	RGT 评估表的 PrinCom 分析结果	260
图 7-1	PCK 的发展模式	264
图 7-2	科学教学的学科教学知识构成	265
图 7-3	教师开展科学本质教学需要的条件与科学本质学科教学知识构成	266
图 7-4	科学本质教学知识概念图	267
图 7-5	科学本质学科教学知识	268
图 7-6	男(Mb)、女(Mg)科学教师对 1—17 题各题回答的平均值	170
图 7-7	男(Mb)、女(Mg)科学教师对 18—33 题各题回答的平均值	171
图 7-8	科学教师对 1—16 题回答为“同意”、“不同意”与“无法确定”的百分率	272
图 7-9	科学教师对 17—33 题回答为“同意”、“不同意”与“无法确定”的百分率	272

表目录

表 1-1	各国科学教育文件中的科学本质表述	3
表 1-2	上海市物理课程标准中“科学的历史与本质”内容与要求表述	3
表 1-3	中国(上海)与英国男、女生关于科学与技术本质的调查	6
表 2-1	不同研究者/研究机构对科学本质内涵的界定	21
表 2-2	Delphi 研究得到的科学本质内涵与 McComas 的科学本质界定之比较	26
表 2-3	不同研究者对科学本质三个维度的因素分析	26
表 2-4	以隐性方法进行科学本质教学的研究	29
表 2-5	以显性方法进行科学本质教学的研究	30
表 2-6	以显性反思方法促进科学本质理解的实践研究	34
表 2-7	科学教师的科学本质观与科学本质教学实践的关系之研究	36
表 2-8	科学史融入教学之价值分析	40
表 2-9	融入科学史于科学教学以促进科学本质理解的研究	41
表 2-10	利用历史小故事所强调的科学本质内涵列举	44
表 2-11	科学本质的评价量表列举	52
表 2-12	较常用科学本质量表内容与特点	53
表 3-1	电磁理论确立过程中体现的主观性	72
表 3-2	皮尔斯的科学发现机制——溯因推理	90
表 4-1	《美国国家科学教育标准》中科学史与科学本质分段学习目标	128
表 4-2	《美国国家科学教育标准》中科学史与科学本质分段学习目标与教学策略	128
表 4-3	科学本质的核心概念在不同阶段的发展状况	131
表 4-4	不同学段的科学本质目标表述	134
表 4-5	《英国国家科学课程标准》对各学段“调查与技能”的教学要求	135
表 4-6	《英国国家科学课程》中对“科学中的观点与证据”的教学要求	135

表 4-7	澳大利亚 CSFII 中的科学本质表述	137
表 4-8	维多利亚核心学习标准中不同学段科学本质理解举例	138
表 4-9	九年一贯“自然与生活科技”课程纲要中不同学段科学本质学习 细目	139
表 4-10	九年一贯“自然与生活科技”课程纲要中体现科学本质的相关 陈述	140
表 4-11	香港科学教育学习领域课程指引中的科学本质表述	141
表 4-12	分析科学史内容的理论框架	151
表 4-13	科学教材中科学史内容分析检查表	153
表 4-14	台湾诸科学教材中“氧气的发现”之科学史例析	154
表 5-1a	不同年级段科学本质目标要求与科学史需求	161
表 5-1b	不同年级段的科学本质目标与 McComas 的对应表述及科学史 内容	163
表 5-2	台湾教材中呈现的行星轨道半径、公转周期	176
表 5-3	各行星距太阳的平均距离与公转周期	177
表 5-4	奥斯特发现电流磁效应后各科学家的研究	178
表 5-5	与科学本质相关的科学史内容及呈现	181
表 6-1	体现现代科学本质观的教师行为列举	195
表 6-2	教师对学生活动过程体现的科学本质观察与评价表	196
表 6-3	科学实验发展中的科学本质体现列举	209
表 6-4	“莱顿瓶”历史实验辐射呈现的科学本质	213
表 6-5	与“莱顿瓶”相关内容教学的探究活动列举与设计	215
表 6-6	卢瑟福原子核式结构模型的提出与理论诠释及其体现的科学本 质要义	232
表 6-7	科学史上类比方法列举	241
表 6-8	板块构造学说的多重表征类比物与核心内容的关系	253