

WULI KEXUE FANGFA JIAOYU

物理

科学方法教育

张宪魁 著

73
青島海洋大学出版社

物理科学方法教育

张宪魁 著



青岛海洋大学出版社

• 青 岛 •

图书在版编目(CIP)数据

物理科学方法教育/张宪魁著. —青岛:青岛海洋大学出版社,
2000. 3
ISBN 7-81067-134-0

I. 物… II. 张… III. ①物理学-科学方法论-教育研究②物理学-科学方法论-教学改革 IV. 04-03

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 12589 号

青岛海洋大学出版社出版发行
(青岛市鱼山路5号 邮政编码:266003)

出版人:刘崇寅

山东电子工业印刷厂印刷

新华书店经销

*

开本:850mm×1168mm 1/32 印张:12.125 字数:300千字

2000年3月第1版 2000年3月第1次印刷

印数:1~5 000册 定价:15.00元

前 言

科学教育是基础教育的基本内容,也是现代文明的基础。按照现代科学观和科学教育观,科学教育不应该只是科学知识的教育,它应该包含科学知识、科学方法、科学态度和科学精神。因此,我们不能只把掌握科学知识当作教育的惟一目的,作为教育工作者更应该关心的是,怎样使传授知识的过程成为掌握发现真理、探求新知识的科学方法,开发学生智慧、培养学生创新精神和实践能力的过程。正因为如此,在传授知识的同时,开展科学方法教育已经逐步成为广大教育工作者的共识。

但是,作为物理科学教育工作者,如何在传授知识的同时,以科学方法、科学态度和科学精神进行物理科学教育,仍然是一个较为复杂的课题。多年来,作者对于这个课题比较感兴趣,投入了较多的精力,在理论上对此进行了研究与探讨,提出了一些观点与看法,并于1992年主编了《物理学方法论》一书。1996年又提出了在中学开展“物理科学方法教育”实验的课题,得到了教育部提供的世界银行的经费资助,请58所中学的116位教师参加,开展了较大规模的实验。通过实验,检验并丰富了原有的理论研究成果,同时,取得了开展物理科学方法教育实验的一些经验,积累了大量的实验资料与数据。课题于1998年9月,通过了教育部组织的专家组的鉴定。本书可以说是作者进行理论学习、探索、研究与开展实验的总结。

科学知识、科学方法、科学态度和科学精神之间有着密切的关系。为了区别于一般所说的科学知识的学习与思想教育,作者把书

名定为“物理科学方法教育”。物理科学方法教育的内容包括三个方面,即弘扬科学精神,掌握科学方法,树立科学态度。

本书主要分为理论探讨与教学改革实验两大部分,共4篇12章。其中,理论部分,主要阐述了开展物理科学方法教育的意义,物理科学方法教育的基本内涵,物理科学方法的一些基本概念,以及常用的物理科学方法;教学改革实验部分,主要介绍了分析教材中科学方法因素的基本途径与方法,如何制定物理科学方法教育的教学目标,如何开展物理科学方法教育的教学改革实验,如何进行物理科学方法教育实验的检测评估,如何编制检测题,并对物理科学方法教育的课堂教学模式进行了探讨。同时,本书还提供了一些参考资料,诸如现行教材中科学方法因素的分析实例、检测题汇编、开展物理科学方法教育课堂教学纪实教案等。

作者力图做到理论与实践的有机结合,使本书的内容能对读者有益、有用。但是,由于物理科学方法教育涉及的领域较广,作者自身才疏识浅,水平有限,难于达到预想的目的,期待着专家、学者以及广大教育工作者的关心与指正。如果因此得到更广泛的争论、批评,并引起更加深入的实践与探索,这将是作者最大的快乐。作者诚恳地希望自己能起到抛砖引玉的作用。

十几年来,在作者进行该课题的学习、研究和实验中,一直得到许多专家教授、良师益友、领导同事以及作者的学生的关心、支持,人数之多,使作者不便在此一一提名,感激之情难以言表。另外,在编写本书时,作者选用了实验组的李新乡、张以明、孔祥龙、张仲常等同志编制的检测题、教案等资料,在完成该书编写工作之时,仅向他们表示最诚挚的敬意和感谢。

作 者

1999年12月31日

目 录

前 言

绪言篇

理论探讨篇

第一章 物理科学方法教育的内涵	(13)
§ 1 - 1 弘扬科学精神	(13)
§ 1 - 2 掌握科学方法	(18)
§ 1 - 3 树立科学态度	(19)
第二章 物理科学方法的基本概念	(23)
§ 2 - 1 物理科学方法概念	(23)
§ 2 - 2 物理科学方法存在的基本形式	(26)
§ 2 - 3 物理科学方法因素判定原理	(28)
§ 2 - 4 物理科学方法的分类与结构体系	(30)
第三章 常用物理科学方法简介	(33)
§ 3 - 1 设疑提问方法	(33)
§ 3 - 2 观察方法	(37)
§ 3 - 3 实验方法	(45)
§ 3 - 4 数学方法	(58)
§ 3 - 5 比较与分类方法	(68)
§ 3 - 6 分析与综合方法	(75)

§ 3 - 7 归纳与演绎方法	(84)
§ 3 - 8 理想化方法	(92)
§ 3 - 9 类比方法	(101)
§ 3 - 10 物理假说及其检验	(110)
§ 3 - 11 科学想像	(114)

教改实验篇

第四章 分析教材中的科学方法因素	(121)
§ 4 - 1 知识结构分析法	(121)
§ 4 - 2 教学逻辑程序分析法	(125)
§ 4 - 3 知识类型归类分析法	(127)
§ 4 - 4 建立物理概念的方法	(128)
§ 4 - 5 总结物理规律的方法	(145)
§ 4 - 6 物理实验中的科学方法思想	(164)
第五章 制定物理科学方法教育的教学目标	(178)
§ 5 - 1 制定物理科学方法教育教学目标的依据	(178)
§ 5 - 2 物理科学方法教育教学目标的分类层次	(180)
§ 5 - 3 物理科学方法教育教学目标及达标举例	(185)
第六章 开展物理科学方法教育试验	(188)
§ 6 - 1 试验前的准备工作	(188)
§ 6 - 2 开展教学改革试验工作	(193)
第七章 物理科学方法教育的检测评价	(199)
§ 7 - 1 物理科学方法教育检测评价的意义、内容与方式	(199)
§ 7 - 2 编制物理科学方法教育检测题	(201)
§ 7 - 3 物理科学方法教育实验的统计检验	(207)
第八章 物理科学方法教育课堂教学模式的探讨	(213)
§ 8 - 1 研究教学模式的目的	(213)

§ 8 - 2 物理科学方法教育课堂教学的模式	(215)
-------------------------------	-------

参考资料篇

第九章 物理科学方法因素分析案例	(223)
-------------------------------	-------

§ 9 - 1 《测量》科学方法因素分析	(223)
----------------------------	-------

§ 9 - 2 《光的反射》科学方法因素分析	(226)
------------------------------	-------

§ 9 - 3 《光的折射》科学方法因素分析	(228)
------------------------------	-------

§ 9 - 4 《压强、液体的压强》科学方法因素分析	(231)
----------------------------------	-------

§ 9 - 5 《机械能》科学方法因素分析	(233)
-----------------------------	-------

§ 9 - 6 《物体的相互作用》科学方法因素分析	(236)
---------------------------------	-------

§ 9 - 7 《曲线运动、万有引力》科学方法因素分析	(239)
-----------------------------------	-------

§ 9 - 8 《机械振动和机械波》科学方法因素分析	(242)
----------------------------------	-------

§ 9 - 9 《分子运动论、热和功》科学方法因素分析	(245)
-----------------------------------	-------

§ 9 - 10 《固体和液体的性质》科学方法因素分析	(248)
-----------------------------------	-------

第十章 物理科学方法教育问卷	(251)
-----------------------------	-------

§ 10 - 1 物理科学方法教育问卷(1)	(251)
------------------------------	-------

§ 10 - 2 物理科学方法教育问卷(2)	(254)
------------------------------	-------

§ 10 - 3 物理科学方法教育检测题(1)	(257)
-------------------------------	-------

§ 10 - 4 物理科学方法教育检测题(2)	(263)
-------------------------------	-------

第十一章 初中物理科学方法教育检测题汇集	(268)
-----------------------------------	-------

§ 11 - 1 填空题	(268)
--------------------	-------

§ 11 - 2 选择题	(279)
--------------------	-------

§ 11 - 3 判断 排序题	(287)
-----------------------	-------

§ 11 - 4 简答题	(287)
--------------------	-------

§ 11 - 5 论述题	(289)
--------------------	-------

第十二章 物理科学方法教育的教案选编	(294)
---------------------------------	-------

§ 12 - 1 速度和平均速度	(294)
------------------------	-------

§ 12 - 2 用天平和量筒测定固体和液体的密度	(301)
---------------------------------	-------

§ 12 - 3 阿基米德原理 (306)

§ 12 - 4 欧姆定律 (316)

§ 12 - 5 “电功率”习题课 (323)

§ 12 - 6 电磁感应 (330)

§ 12 - 7 平面镜 (339)

§ 12 - 8 摩擦起电 两种电荷 (344)

§ 12 - 9 导体对电流的阻碍作用——电阻 (352)

§ 12 - 10 磁场 磁感线 (360)

附录一 国内物理科学方法教育论文目录汇编..... (364)

附录二 作者物理科学方法教育论文目录..... (376)

参考文献..... (378)

后 记..... (379)

緒 言 篇

众所周知,从事任何一项工作,都要讲究方法。有了正确的方法作指导,可以增加自觉性,克服盲目性,促使早出成果、多出成果。科学史家朱克曼曾走访 41 名诺贝尔奖获得者,发现其“科学鉴赏力”和“高超能力”最主要的是得益于从名师那里“学到一种发现科学真理的思想方法和工作方法”,而不是“从导师那儿获得的实际知识”。一批掌握了“完成实际工作所需要的研究方法”以及“如何找出应调查的重要问题的诀窍”的科学大师,是以其“第一流研究方法”和“工作质量”来引导、训练和教育其弟子成为英才的。如卢瑟福一人就培养出 11 名诺贝尔物理奖获得者,卡文迪许实验室培养了 17 名诺贝尔奖得主。物理学家玻恩曾说:“我荣获 1954 年的诺贝尔奖,与其说是因为我所发表的工作里包括了一个自然现象的发现,倒不如说是因为那里面包括一个关于自然现象的新思想方法基础的发现。”显然,从某种意义讲,他是把方法看得比知识还重要。在我国唐代,韩愈就曾经说:“师者,所以传道、授业、解惑也。”这里首先强调教育的任务是“传道”,而“道”却正是指的方法。有趣的是“方法”这个词在古希腊语中就具有与“沿着”和“道路”相同的含义。也就是说,在教学中,不应该过分地单纯强调“授业”,教给学生的不仅仅是前人已经认识的客观世界的变化规律,即前人积累的知识成果,更主要的是重视“传道”,即前人在认识客观世界的过程中总结的研究方法。

现在,许多教师已经认识到物理教学中存在着这样一个危机:即将已经删减了的知识内容作机械重复性的教学,把学生的主要精力用到了消极地掌握知识上去,使原先以知识为核心的教学陷入了更深的泥潭。尽快地改变这一状态,已经成为广大物理教师的迫切愿望。1995 年中国教育学会物理教学专业委员会在西安召开了“全国首届物理科学方法教育学术研讨会”,吸引了广大教师投入了探索者的行列。

实践证明,开展“物理科学方法论”的研究并结合物理教学进

行物理科学方法教育是一项具有深远意义的工作。开展物理科学方法教育的意义主要表现在以下几个方面。

一、从学生在学校学习的基本要求看,学生不仅要学习知识,还要学习科学方法

学生在学校学习物理应该学些什么?新的教育思想认为:“无论大中小学的什么学科,首先要学生学习这门学科的基本结构。”所谓基本结构,就是指这门学科的基础知识、基本原理和规律,以及研究这门学科的基本方法。这两部分中,后者的价值并不小于前者。从某种意义上讲,知识是客观存在的、不变的,而方法则是灵活的、活跃的,更富有创造性的。据联合国科教文组织统计:人类近30年来所积累的科学知识,占有史以来所积累知识总量的90%,而在此前的几千年所积累的科学知识只占10%。英国预测专家詹姆斯·马丁测算人类的知识近10年将以每3年一倍的速度增加。而数字化的信息量每12个月就会翻一番。可见,知识总量在以爆炸式的速度急剧增长,知识更新越来越快。因此,我们不可能指望在学校短短的几年时间里让学生学习完有关的知识,更重要的是让学生学会进一步掌握知识的方法。教学中使学生掌握结构是发展人的终身学习能力的重要方面。

对于物理学科来说,物理学史表明,物理科学方法是物理学家认识物理运动规律的工具和手段,担负着发现、建立、检验、运用和发展物理规律的职能。物理学工作者只有掌握了正确的物理学方法,才能更好地发挥才智和天赋,取得成功。此外,在运用物理科学方法获取物理知识的同时,往往又伴随产生新的方法。这样,物理理论与物理方法、物理方法与物理方法之间的转化可以不断地派生新的物理方法,成为进一步获取物理知识的新工具。因此,物理方法成为比获取物理成果更为可贵的东西。黑格尔正是在这个意义上说:“手段是一个比有限目的更高的东西。”

还应指出的是,我们所学习的科学“结论几乎总是以完成的形式出现在读者面前。读者已体验不到探索和发现的喜悦,感觉不到思想形成的生动过程,也很难达到清楚地理解全部情况”。而且,出于“我们的科学进步得如此之快,以致大多数原始的论文很快地失去了它们的现实意义而显得过时了。但是另一方面,根据原始论文来追踪理论的形成过程却始终具有一种特殊的魅力”。也就是说,对科学探索进行再探索,对发现进行再发现,进一步升华为一般的哲学观点和方法论思想,这是学习每门学科时更为重要的事情。伽利略已经去世 300 多年,他所发现的自由落体规律,在物理学知识的长河中所占的比例愈来愈小。但是,他研究问题所创造的一套科学方法,为后人所继承、发扬,创造了比自由落体规律价值高出千百倍的财富。如果仅仅让学生懂得自由落体规律,当不了科学家,但是,掌握了伽利略研究问题的方法,其意义却是难以估量的。

二、从形成学生正确的世界观看,比起任何特殊的科学理论来,对学生影响最大的还是科学方法论

因为自然科学方法论是自然科学与哲学的一个结合点,它的研究对于哲学和自然科学双方都有重要的意义。正确的方法论是马克思主义的重要组成部分,学习方法论必定有助于物理学工作者和青年人更好地学习唯物论和辩证法,促进科学世界观的形成。特别应该指出的是,由于物理学研究的是关于物质的基本性质和能量转换的系统知识,因此,它的研究方法在科学方法论中又有着更特殊的意义。

首先,尽管自然科学的各门学科都有各自的研究对象,但是,自然界本身是一个整体,各门学科之间没有也不应该存在鸿沟。所以,只要物理学科对自然界的发展提供了规律性的认识,提出某种理论的说明,那么,其哲学观点及方法论思想就往往要超越这个学科本身的范围,对其他学科的发展产生影响。例如,物理科学方法

向其他自然科学或技术科学的转化、移植,形成了一些新的边缘科学:物理学与天文学结合形成天体力学、天体物理;与化学结合形成物理化学、量子化学;与生物学结合形成生物力学、生物物理、分子生物学、量子生物学等。著名的理论物理学家薛定谔在《生命是什么》一书中,把热力学和量子力学的理论和方法引入到生物学的研究中去。历史学家运用物理模拟实验的方法,按照古书记载的西汉造纸的蛛丝马迹,经过 40 多次的模拟实验制成可以书写的模拟西汉麻纸,使我国发明造纸术的时间从东汉蔡伦提前至西汉,引起了国内外历史学家、科技史学家的注目。语言学家移植了物理学“熵”的概念和热力学第二定律,解释了中外有意义的语言片段的“拉长运动”(如“全身黄栗色的马”在古汉语中用一个“驃”字即可表示)。

其次,物理科学方法也是检验哲学原理,为哲学提供科学证明的一种手段。因为哲学本身是对包括物理学在内的自然科学和社会科学的高度概括,是在物理学等自然科学的基础上发展起来的,因此物理科学方法也就必然能为哲学提供科学基础,并成为检验哲学的一种工具。例如,物理学家由于运用归纳法总结了能量守恒定律,揭示了物质与运动的不可分割性,揭示了世界物质的统一性,从而为辩证唯物主义的自然观提供了有力的证明。此外,研究物理学方法也是丰富马克思主义哲学内容的重要途径。哲学从物理科学方法中不断地吸取新的营养,做出新的概括,才会保持旺盛的生命力,并得到不断的发展。因此,教给学生研究物理学的方法,不论他们将来从事什么工作,都会使他们受益终身。例如,电子的发现是科学史上一次革命性的事件,它打破了原子不可分的传统观念,标志着人类对物质微观结构认识的开始。在这场革命面前,在物质结构问题上的认识十分混乱,有人认为物理学发生了危机。法国物理学家乌尔维格曾说:“原子非物质化了,物质消失了。”马赫主义哲学家利用这种混乱,宣称唯心主义将取代唯物主义。在这

种形势面前,列宁科学地总结了物理学的新发现,论述了哲学的物质概念与物理学关于物质结构学说的联系与区别,提出了马克思主义哲学的物质概念,指出物质的惟一属性是客观实在性,“消失”的不是物质,而是旧的原子论。列宁的精辟分析丰富了马克思主义自然观,为物理学的发展指明了方向。

三、从人们认识与学习客观规律的过程看,应该经过三个阶段,即建立在实践的基础上,应用科学的方法进行思考、归纳,进而总结规律

这是人们进行科学研究,也是进行教学过程的三步曲,这里涉及到实践论、方法论和认识论。但是,我们往往只重视 1,3 两步,轻视第 2 步,因此,教学成了实践到认识的简单过程,成了教师硬性地让学生接受、缺乏应用科学方法总结规律的过程。而寻求和应用科学方法的过程就像福尔摩斯侦探案一样,恰恰是最富有魅力的过程,对于启发学生的智慧具有十分重要的作用。

为什么都是观察到太阳东升西落这一现象,却可以得出不同的结论,有的认为是太阳绕地球转,有的则认为是地球绕太阳转;为什么在法拉第之前,已经有科学家几乎就要发现电磁感应现象,结果失之交臂,其中主要的原因就是没有应用正确的科学方法。我们在课堂教学中,也常常只是做了一个实验就急于得出结论,而且还说结论是在实验的基础上得出的。实践已经证明,做了实验并不一定就能得出正确的结论;只有在实验的基础上,应用科学的方法进行认真的思考,才可以确保得出科学的结论。

四、从科学发展的历史看,凡是对人类认识的发展起到积极影响的,不论是自然科学家还是哲学家,他们都非常关注方法论的研究

巴甫洛夫认为:“搞科学研究时的头等重要的任务乃是制定研究方法。”

拉普拉斯说：“认识一位天才的研究方法，对于科学的进步……并不比发现本身更少用处，科学研究的方法经常是极富兴趣的部分。”

爱因斯坦在介绍自己取得科学成功的秘诀时，总结了一个公式：

$A(\text{成功}) = X(\text{艰苦的劳动}) + Y(\text{正确的方法}) + Z(\text{少说废话})$ 。

许多科学家还留下了具有方法论意义的光辉著作。以下仅是其中的几例：

弗兰西斯·培根的《新工具论》(1620 年)

笛卡儿的《更好地指导推理和寻求真理的方法论》(1637 年)

伽利略的《关于两门新科学的对话》(1638 年)

牛顿的《自然哲学的数学原理》(1687 年)

莱布尼兹的《人类理智新论》(1765 年)

康德的《纯粹理性批判》(1781 年)

黑格尔的《逻辑学》(1812~1816 年)

拉普拉斯的《宇宙体系论》(1835 年)

贝尔纳的《实验医学研究导论》(1865 年)

爱因斯坦与英费尔德的《物理学的进化》(1938 年)

维纳的《控制论》(1948 年)

因此，正如爱因斯坦所指出的那样：在衡量人才的贡献时，主要看他们在自己的一生中“想的是什麼和他怎样想的”，也就是说，既要关注人才向社会提供的物质成果，更要注意从他们那里吸取科学的思想方法以及思维的艺术。

五、从培养人才看，学习和掌握科学方法有利于尽快培养高素质的创造型人才

现在，我们大力提倡创新教育。创新教育是素质教育的核心，