

国外教材

浅谈德国 KPK 物理教材的基本特点

吴国玠

(上海理工大学, 上海 200093)

(收稿日期: 2010-06-01)

摘要 本文简要地介绍了德国卡尔斯鲁厄物理教程(KPK)的一些基本特点,并对该教材的科学性、创新性、合理性和有效性进行了初步讨论。

关键词 物理学;教材;教学改革;简化;类比;物质型物理量;强度量;流

1 引言

2007 年底,笔者有幸加入一个以编写新概念物理教材为目标的中德合作项目.新教材的编写以德国卡尔斯鲁厄物理教程(Der Karlsruher Physikkurs,简称 KPK)为基础.中方参与单位为上海教育出版社.德方参与单位是以卡尔斯鲁厄大学(University of Karlsruhe)物理教学研究所所长赫尔曼(F. Herrmann)教授为主席的久保基金会(Job-Foundation).该项目得到了上海市教委教研室的大力支持和多所上海市重点中学的积极参与.两年多来的实践,使我对 KPK 物理学有了一些初步的认识,现在此向大家作一汇报.

2 物理教学改革势在必行

众所周知,当今世界各国国力的竞争,说到底还是科技实力的竞争,人才的竞争.物理学是整个科学技术发展的重要基础.一个国家是否真正崛起于世界强国之林,在很大程度上取决于它是否具备强大的科技实力,是否拥有一支物理基础知识扎实的科研和工程技术人员队伍.因此,物理教学改革对于实现科学现代化,对于建设一个强盛的国家具有重大的战略意义,切不可等闲视之.

自 20 世纪初,尤其是“二战”之后,物理学及其应用发展迅速,其知识量呈爆炸态势地增长.物理教学如何进行改革以适应这种形势,如何在保证将当代物理学精华完整地传授给新一代学子的基础上,解决迅猛增加的知识量与相对固定的教学时数之间的矛盾,始终是物理教育界所面临的一个重大课题.通常,人们会考虑使用专业化即

细分学科的方法来解决这个问题,即先让学生粗浅地学习物理学的一般知识,然后再加深学习某一物理学分支学科.这种分科方法的缺点不言自明,这里就不予赘述了.另外一种(看来是更加合理的)方法就是对整个课程进行简化(simplification).实践已经证明,人们在简化现有的物理学知识方面确实拥有巨大的潜力.

以德国卡尔斯鲁厄大学 G. Falk 教授, F. Herrmann 教授和汉堡大学 G. Job 博士等一批物理学家为核心的研究团队站在现代物理学最新成就的制高点上,严格审视物理学发展史和传统物理学中的各种概念和定律,并在仔细梳理、去伪存真、去芜取精的基础上,对传统物理课程进行了简化和重新构建.经过 30 多年的努力,一个新的完整的物理教材体系迄今已基本成型,取名为卡尔斯鲁厄物理教程(KPK).它的各个不同层次(包括小学、初中、高中、大学用)的物理学教材业已陆续编写出版.其中部分已被译为英语、法语、汉语、意大利语和西班牙语等多种语言.

在总体上,KPK 物理教材所作简化的基本对策或举措包括下述两个主要方面.首先,它要甩掉传统物理教材中大量存在的所谓“历史包袱”或“历史累赘”,以实现“减肥瘦身”,“轻装上阵”.这一举措实质上是直接从内容上或数量上进行简化.其次,该教材采用类比(analogy)的方法从概念上和认知方式上间接地进行简化,从而使得物理课程变得既容易教,又容易学.换言之,它精简了物理教学本身,节省了在教与学上所耗费的时间和精力.说得再明白一点,它使学生能够在同样的时间内学到更多的知识,而且学得更扎实,因而显著提高了教学效率.相比之下,第二种简化看来更具价值,其意义更加深远,因为它不仅改善了物

理教学,而且还引起了物理学自身结构上的重大改革,使之面貌焕然一新.下面通过介绍 KPK 物理学的一些基本特点来对上述两种简化作出具体说明.

3 KPK 物理教材的基本特点

3.1 审视历史 甩掉沉重包袱

传统物理学教材大体上按照物理学发展史的时间顺序进行阐述,采用类似于生物进化论中所述“延长”的方式代代相传.这样的方式难免会将历史上走过的一些曲折和弯路,一些现在看来过时的、多余的、提法不恰当的,甚至是错误的物理概念继续保留在现行教学体系当中,成为历史包袱(historical burden).多年来,KPK 教材的作者们致力于搜索传统物理学中那些当今可以视之为历史包袱的概念和题目,并已成功地积累了大量实例.以赫尔曼教授为例,他于 10 多年前开始为一份德国科学评论期刊主持一个专栏,专门撰写关于物理学过时概念的系列文章.他在每篇专栏文章中提出一个新的过时概念,每个月发表一篇,至今已累计发表了 120 篇之多.这种长期查阅大量历史文献资料,弄清其来龙去脉,进而以现代物理学的眼光加以审视,再思考、再创造的工作十分艰苦细致,不仅需要高度智慧,而且需要奉献精神(往往必须以牺牲研究物理学新领域新课题为代价).但正是这些耗费了大量时间和精力的工作奠定了 KPK 教材体系的坚实基础.综上所述,我们也许可以说 KPK 教材既实践了“从量变到质变”的过程,又在某种程度上是一种“温故而知新”和“推陈出新”的产物.

在成功地卸掉历史包袱之后,物理学的理论体系得到了明显的简化.以力学为例,KPK 教材大胆摈弃了以往以牛顿三大定律为主线的教学方式,使这些定律本身简化为动量守恒定律的几个简单推论;通过引入动量流的概念,复杂的受力分析图可以演变为简易明了的动量流回路图.在热学中,通过恢复熵的本来含义(热量)及其作为学科中心物理量的地位,使得如焓、自由能、逸度等诸多抽象复杂的概念都得以精简.所有这些简化非但没有影响课程的学术内涵和水准,反而由于实际上降低了教材的难度而为增加其深度和广度提供了有利条件.

3.2 采用类比 凸显统一结构

与传统物理学中以质点、运动轨迹、速度、加速度、力和功等概念为基础不同,KPK 教材以电(荷)量、质量、动量、物质的量、熵和能量等广延量(extensive quantities)为基本概念,贯穿于物理学各个分支学科之中.换言之,KPK 作者们采用不同的“建筑材料”重新构建了整个物理学体系.所谓广延量是指那些整体值等于其各部分值的和,而且可以确定它们各自密度值的物理量.此类物理量可以分布在空间内,并且可以在空间内不同系统之间流动,因此具有一种有利于我们对它们进行分析研究的共同特点:可以像处理物质那样地处理它们,也就是说,我们可以在研究过程中把它们想象成一种“物质”或“流体”(笔者认为,更加精确的说法应该是“连续介质”.这里的“想象”可以理解为“应用模型”,即对这些广延量运用“物质模型”).为了突出这一特点,KPK 教材为它们起了一个专门的名字——物质型物理量(substance-like quantity).有了这些物质型的量,KPK 作者就能够借助于类比的方法将物理学各分支学科之间的结构相似性或规律性凸显出来,或者说将它们之间存在着内在有机联系这一本质揭示出来,从而把它们综合在一个统一的结构框架内.事实上,这种可类比性所反映出来的既是物理学的美、物理学的精彩,也是客观世界或宇宙间的统一与和谐,意义十分深远.当然,这也就是为什么有人把 KPK 称作“统一和谐的物理学”之原因所在.就物理教学而言,它的积极意义同样是显而易见的.因为它不仅使教师容易教,而且也使学生容易学.这种统一的结构一方面有利于学生理解、记忆,有利于培养学生所谓的系统思维(systems thinking)能力;另一方面还能帮助学生融会贯通和举一反三,产生触类旁通的效果,即只要牢固掌握一门分支学科,就较容易掌握其他各门分支学科,从而大大提高学习效率,改进学习效果.

KPK 教材以物质型物理量,相应的强度量,以及这些物质型物理量的时间变化率即所谓的流(current)为中心物理量来构建整个课程结构.这样就使得我们不但可以在物理学各分支学科之间,而且还可以把化学、信息学和近代物理的部分内容包括进来开展广泛的类比.由此,我们的视野得以开拓,并且能够以一种全新的眼光来认知自然科学.表 1 所列为在力学、电学、热学和化学之间进行的类比.其中能流 P 是能量的时间变化率

(习惯上称为功率). 应该指出, 实际的类比范围还可以扩大, 亦即这张表格的行和列都可以增加, 不过这里不再赘述.

表 1 各分支学科之间的类比

分支学科	广延量	强度量	流	能流
力学	动量 p	速度 v	力 F	$P = vF$
电学	电量 Q	电势 U	电流 I	$P = UI_Q$
热学	熵 S	温度 T	熵流 I_S	$P = TI_S$
化学	物质的量 n	化学势 μ	物质流 I_n	$P = \mu I_n$

国外的教学实践已经证明, 面对新的教学体系, 有的教师一开始可能会觉得不太习惯, 甚至有点难以接受, 但一般都会很快习惯起来, 以至于在施教中逐渐感到得心应手, 乐此不疲. 值得一提的是, 在所有使用 KPK 教材的教师当中, 迄今无一重走回头路.

3.3 立足经验 密切联系实际

KPK 的作者竭力主张物理教学应当注重感性认识, 强调物理概念要建立在日常生活经验的基础之上, 以使学生感到他们要学习的知识实实在在, 因而能够轻松接受, 并激发学习兴趣. KPK 作者还认为, 应当避免在课程一开始就引入一系列定义和较为抽象的概念. 因为通常要求学生掌握的那些严格的物理定义及相关名词术语, 除了可能产生某种神秘玄乎的感觉之外, 还往往会在学生的心目中演变为教条, 非但无助于他们理解和运用所学知识, 反而会使他们感到枯燥乏味, 渐渐失去学习的兴趣. 一个典型的例子就是热学中熵的概念. 众所周知, 熵一直被认为是一个抽象难懂的概念. 在我们的中学物理教材中根本就不涉及熵的概念, 在大学物理中熵所占的分量也不重, 更谈不上起中心物理量的作用. 然而在 KPK 热力学中, 由于作者将熵与人们日常生活中所感受到的热或热量的概念直接联系起来, 因而使得学生能毫无困难地加以接受. 在那里, 熵事实上已经成为学科的中心物理量之一, 几乎所有的内容都围绕着熵、熵流和温度这几个量展开. 两年多前, 我有机会在上海一所重点中学里聆听了一堂由赫尔曼教授亲自为高二学生讲授的物理课. 他的语速不紧不慢, 与学生之间互动频繁, 却仍能在一小节课(40 分钟)的时间内把熵的概念讲得清清楚楚, 而且还有剩余时间讲解热泵和供暖系统方面的内容. 学生和在场旁听的数十位物理教师无不反应

热烈, 普遍觉得获益匪浅, 眼界大开.

再以力学为例, KPK 教材不再一如既往地力的概念入手, 而是改为首先引入动量的概念. 这是因为组成动量的两个量质量和速度的概念很容易与日常生活经验联系起来, 学生一听就懂. 动量及其时间变化率动量流(momentum current)的概念也简单明了, 便于学生掌握. 相比之下, 力的概念要复杂得多, 它的定义也非易事, 再加上一开始就不得不讨论的力的分类、作用效果和要素, 以及所谓“超距作用”等有缺陷的概念的混淆, 使得力的概念的建立颇具难度. 实践表明, KPK 力学更易为师生们所接受, 教学效果可以得到显著改善. 另外应当提及的是, KPK 作者在表述理论的过程中总是辅以大量与人类的自然环境和技术环境息息相关, 十分贴近生活的实际例子, 又不时地配以小实验、例题和插图, 而且还为教材设计了一些演示性实验和“思维实验”项目, 以帮助学生掌握书本上的理论知识. KPK 教材的主要作者赫尔曼教授还亲自绘制了大量动漫风格的插图, 使教材做到图文并茂、生动活泼、可读性强. 笔者以为, 这些插图实际上还能传递这样一条信息或心理暗示: 物理学并非总是长着一付严肃刻板的面孔, 它其实是一门十分亲切有趣的课程. 综上所述, 我们不难看出 KPK 教材所具有的另一重要特色: 理论阐述从感性认识, 从日常生活经验出发, 理论与实践密切联系. 突出的例子是, “力学教学从动量开始, 热学教学从熵开始”.

3.4 思路独特 堪称创新典范

KPK 教材采用与众不同的思路, 进行全方位的结构重组, 这就决定了它的最大特点必然是一个“新”字. 由于它所主张的并非只是对传统教材做些局部的小改小革, 而是动大手术, 所以全书从头到尾, 新的概念、新的描述或表述方式、新的结论、新的解题方法层出不穷, 而且有些部分还实行了全面系统的创新. 例如, 当 KPK 作者发现, 能量从不单独流动, 而总是有一个甚至一个以上其他的广延量与之相伴着一起流动时, 他们便把这些广延量理解为能量的载体(energy carrier), 并由此引出构成能流的其他几个要素: 能量供体、能量受体和能量转载体. 这一系列的创新最终导致一些重要发现. 比如, 物理学各分支学科之间实际上存在着统一的结构; 再如, 能量实无必要从形式上去区分, 因为能量本身其实并没有什么形式上的不同, 所不同的只是它的载体, 因而“能量形式”

的概念应当用“能量载体”加以取代. 另一个例子是, 当他们在力学中以动量流代替力作为中心物理量时, 也同样进行了一系列概念上的创新, 其中包括动量流强度、动量流密度、动量流回路、动量导体和绝缘体以及动量泵(momentum pump)等. KPK 教材思路开阔、启发性强、旁征博引、推陈出新, 十分有利于拓展学生的视野, 容易使他们产生各种联想, 激发创新意识.

其实, KPK 教材本身就是一个创新的范例. 凡是采用 KPK 教材的教师都需要有一个再学习的过程. 在这一学习过程中, 教师们都会面临这样一个客观要求: 以创新的思维去对以往所掌握的知识进行再思考和再认识. 在随后的讲课过程中, 他们会自然而然地将这种创新思维或创新意识传递给自己的学生.

3.5 内容丰富 学术水准提升

通过解除历史包袱和采用类比方法, KPK 教材与传统教材相比学习难度有所降低, 这就为提升它的广度和深度提供了有利条件. 不少原来在大学本科里不讲的内容, 现在可以讲了. 不少原来只能在大学里教的内容, 现在可以出现在高中甚至初中的课程里. 与这种内容上的“下放”相对应的显然就是学术水准上的“提升”. 也就是说, 新教材不仅内容更加丰富, 而且学术水准也得到了有力的提升. 事实上, 内容丰富、知识面广和学术水准有所提升正是 KPK 教材的主要特点之一. 新教材所涉及的知识范围除了传统物理学(包括量子力学和相对论等现代物理学)的内容之外, 还涉及化学、物理化学、信息学、天文学、气象学、流体力学、固体物理、航空航天、宇宙学等其他学科, 涵盖日常生活甚至工程技术的许多方面, 并且触及当今一些热门领域, 例如与温室效应、全球变暖相关的环保知识和节能技术, 以及新能源和宇宙原始爆炸等. 这种“跨学科”的布局还突出地表现在它设有一些单独的章节, 专门用来介绍化学反应、信息学、电磁波、相变、耦合流和流体分层等内容.

在 KPK 教材中, 与内容拓展相随的是其深度的明显增加. 这里只需举几个初高中版教材中的例子即能说明问题. 比如, 前面已提到过的熵和熵流的概念在热学中的普遍应用; 又如, 教材中包含有量子理论、相对论、引力场论和宇宙学等以前只有在大学教材里才接触得到的专门章节; 再如, 在力学中用动量流代替力来描述各种力学现象时所使用的动量流回路、动量泵、动量流密度、场

(field), 以及能量载体和能量转载体等具有深度的概念. 类似的例子比比皆是, 不胜枚举. 如前所述, KPK 是一套经过重新整合的物理教材. 它结构统一、概念新颖、布局合理、内容丰富、深入浅出、自成体系, 具有鲜明的特色. 由于摆脱了传统的束缚, 消除了概念上的各种缺陷或漏洞, 其整体科学性、逻辑性和严密性都有所提高.

4 结论

自 2007 年开始 KPK 教材正式进入我国部分地区物理教育界人士的视野以来, 尤其在 2008 年小范围教学试验获初步成功之后, 它始终受到密切关注. 随着人们对这套教材了解的不断深入, 由它而引起的兴趣也与日俱增. 人们开始注意到, KPK 教材的教学理念和教学内容与传统教材相比确实具有其优越性, 而且十分符合当今世界公认的一流高等教育的两大要素: 一是多学科的广度, 二是批判性创新性思维的培养.

笔者曾经坦诚地告诉 KPK 教材的作者: 中华民族海纳百川, 历来有吸取外来优秀文化的传统. 中国应该是 KPK 成长的最好土壤. 近 30 多年来, 中国始终处于改革的浪潮之中, 继经济改革之后, 必然会掀起一个文化教育和科技改革的高潮. 当前我国正处于最少保守思想, 最富改革精神, 最渴望树立创新意识, 最有利于引进先进科技的时期. 可以说, KPK 教材引入中国, 目前适逢其时.

“他山之石, 可以攻玉”. 笔者相信, 通过与 KPK 作者们的交流, 通过对 KPK 教材的引进、研究、消化和吸收, 必定能够进一步推动我国的物理课程改革, 促进早日实现我国物理教学的现代化.

参 考 文 献

- [1] Herrmann F. and Job G., Chemical potential—a quantity in search of recognition. *Eur. J.*, 2006, 27, 353~371
- [2] Herrmann F. Energy density and stress: A new approach to teaching electromagnetism. *American J. Physics*, 1989, 57, 707~714
- [3] Herrmann F. 著. 科学知识所背负的历史包袱. 吴国玠译. 国际物理教育通讯, 2010, (45)
- [4] Herrmann F. 原著. KPK 中学物理(初中版). 上海: 上海教育出版社, 2007
- [5] Herrmann F. 原著. KPK 新物理教程(高中版). 上海: 上海教育出版社, 2010