

关于德国 KPK 物理课程教学实验中若干问题的讨论

吴国玠

(上海理工大学, 上海 200093)

(收稿日期: 2011-05-16)

摘要 我国目前正在开展德国 KPK 物理课程的教学实验. 本文对该教学实验中出现的若干热点问题进行了讨论.

关键词 物理教学改革; 创新; 减负; 卡尔斯鲁厄物理教程(KPK); 简化; 类比(表); 物质型物理量; 对比教学

1 引言

在我国目前进行的物理教学改革中, 有两件事情引起较多关注. 一是创新(包括培养学生的创新意识和能力以及教材自身的创新); 二是减负. 有没有可能把这两件事情放在一起做, 有没有什么东西可供借鉴呢? 本文在对德国 KPK 物理教程做简要的介绍之后, 就该教程近期在我国教学实验过程中出现的一些热点问题进行了较为深入的探讨.

卡尔斯鲁厄(Karlsruhe)是德国西南部与法国和瑞士毗邻的一座美丽城市, 那里有一所同名的著名大学, 它就是德国卡尔斯鲁厄物理教程(Der Karlsruher Physikkurs, 简称 KPK)的诞生地. 早在 2007 年, 上海市教委教研室和上海教育出版社就开始联手在上海个别中学里开展一些零星、局部的 KPK 教学试点. 不过真正有组织而且成规模的 KPK 教学实验始于 2010 年 9 月. 应该说, 这项实验在总体上是成功的, 迄今所取得的成果相当令人鼓舞. 笔者想在这里重点讨论一下与该教学实验有关的几个热点问题.

2 KPK 与物理教学改革

物理学知识量的迅猛增长和相对固定的物理教学课时数之间的矛盾, 始终是物理教育界所面临的一个难题. 开发 KPK 物理课程的初衷就是试图破解这道难题. 可能的解决方法无非有两种: 一是分科, 二是简化. 前者的弊端明显, 基本上不可行; 后者却大有潜力可挖. 课程的简化包含两个主

要方面: 首先是对现有物理知识进行梳理, 根据物理学最新研究成果和发展将一些过时的概念和多余的内容清理掉, 即所谓的甩掉历史包袱, 从而在内容上或数量上进行简化, 实现“减肥瘦身”. 其次是通过理顺课程的结构寻找某些内在的共同规律, 从概念上和认知结构上进行简化, 使课程变得既容易教, 又容易学, 从而精简物理教学本身, 节省耗费在教和学上的时间和精力. 相比之下, 第二种简化更具价值, 效果更为显著, 意义更为深远. 作为大学物理教育研究所的所长, 赫尔曼(F. Herrmann)教授在继承前人研究成果的基础上, 经过多年努力, 成功编写了一套体现上述两种简化的 KPK 物理教材. 由此可见, KPK 本身就是物理教学改革的产物.

值得一提的是, 在 KPK 教程诞生之前, 实际上就已经有一些物理学家提出过若干现在被认为是 KPK 理论核心的概念. 比如, 普朗克(Max Planck)于 1908 年就在他的著作中提出了动量流的概念, 并且指出力就是动量流的强度. 1911 年, 英国著名物理学家卡林达(H. L. Callendar)就已在他的著作中将熵定义为一个通俗易懂的物理量.

3 立足经验 贴近生活

KPK 的作者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, 要让学生感到他们所学的知识实实在在, 通俗易懂, 从而激发学习兴趣. 他们还认为, 应当避免在课程一开始就引入一系列定义和相关名词术语, 引入抽象的概念. 因为那样不但无助于学生掌

握物理知识,反而促使他们把那些难以消化的东西演变为教条,去死记硬背应付解题.其必然结果是使学生感到枯燥乏味,渐渐失去学习的兴趣和动力,从而严重影响教学效果.

以力学为例,KPK 教材不从力的概念入手,而是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)的定义简单清晰,其概念很容易与日常生活经验直接联系起来,学生一听就懂.动量及其时间变化率(动量流)的概念也简单明了,便于学生掌握.相比之下,传统物理学中力的概念要复杂得多,一开始就不得不讨论力的种类、作用效果和要素等等,使得力的概念的建立颇具难度.这种形似“严格”,实为繁琐的定义,与定义自身的要求相悖,当然难以使学生真正掌握.实践表明,KPK 力学更容易为师生所接受,教学效果能得到显著改善.另一个例子是热学中熵的概念.众所周知,熵在传统教材中一直被认为是一个抽象难懂的概念,被戏称为“熵透脑筋”.然而在 KPK 中,由于作者将熵与人们日常生活中所感受到的热(量)的概念直接联系起来,因而使教师教得容易,学生学得轻松.为了强调上述两个 KPK 的显著特点,赫尔曼教授将它们归纳为两句简单的口号:力学教学从动量开始!热学教学从熵开始!

4 类比——贯穿于 KPK 物理教程中的一根主线

KPK 教程的另一独特之处是广泛采用类比(analogy)这一科学方法.KPK 的作者通过类比将物理学各分支学科之间在结构上的相似性或规律性凸显出来,或者说将它们之间实际存在着的内在有机联系这一本质揭示出来,从而把它们整合在一个统一的结构框架内.实际上,这种可类比性所反映出来的是物理学的精彩和壮美,是客观世界或宇宙间的统一与和谐,意义十分深远.就物理教学而言,它的积极意义同样是显而易见的.因为这种统一的结构不但有利于学生的理解和记忆,而且还能帮助学生融会贯通、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,就比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.下面这张类比表在 KPK 教程中占有重要地位.笔者建议读者每当产生混淆和疑惑的时候,不妨多看它几眼.

各分支学科之间的类比

分支学科	广延量	强度量	流	能流
电学	电荷量 Q	电势 U	电流 I	$P = UI$
力学	动量 p	速度 v	动量流 F	$P = vF$
热学	熵 S	温度 T	熵流 I_s	$P = TI_s$

我们先来看表中的第二列“广延量”.大家知道,电学教学是从广延量电荷(量)开始的.这张类比表给我们的一个启发是:力学和热学的教学是否也应当从各自的广延量动量和熵出发呢?这个问题的答案其实刚才已经给出,因此现在可以增加第三句口号“电学教学从电荷开始!”了.再如有些老师有时会困惑于 KPK 中的熵(热量)这个量,笔者建议他们注意一下熵在类比表中的位置.很明显,熵与电荷量和动量对应,因而肯定不应是能量的概念(其量纲也不是能量的量纲).但在传统物理学里,热量与能量是相当的(热功当量).当然,这其实是不正确的!请看下面的插图(其中图 1引自 G. Job 的“新概念热力学”中译本).

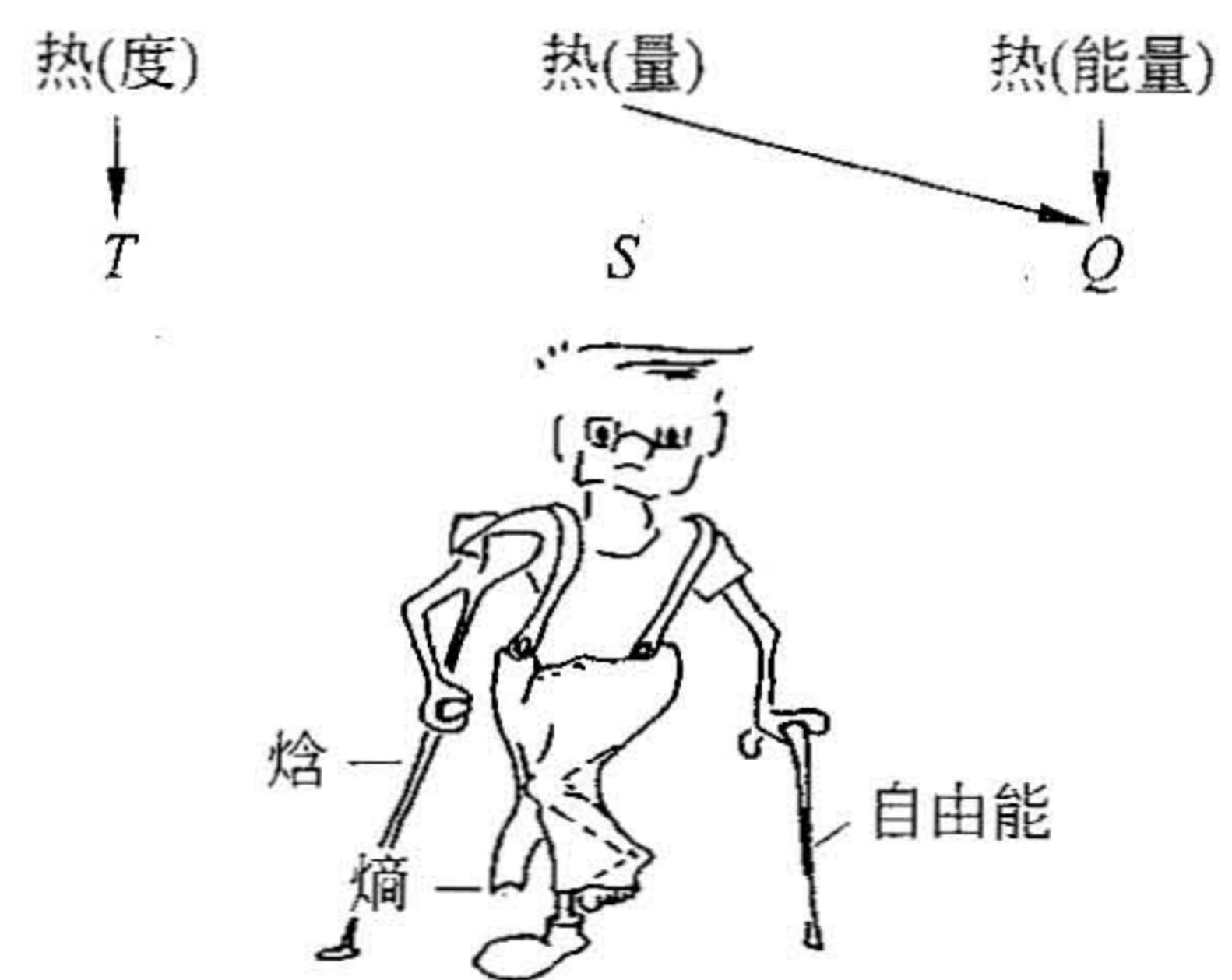


图 1 传统热力学的困境

如图 1 所示,在传统热力学中有三个量可以使用“热(heat)”这个词来描述,它们分别用符号 T , S 和 Q 来表示.当“热量”这个术语被赋予具有能量性质的物理量 Q 之后,困难就出现了.这种情况可以比喻为将两条腿穿在同一只裤腿里时所产生的跛足效应.如果这位“残疾人”要想走路,那么他就必须借助于“拐杖”,比如焓和自由能(其实本来是不需要引入这些量的).现在再回过头来看看我们的类比表,如果把热量的箭头指向 S ,那么一切就都顺理成章了(见图 2).所以,这张表格似乎具有某种帮助我们“正本清源”、“拨乱反正”的功效.再来看第三个例子,那就是著名的牛顿三大定律.如果把这些定律中的力更换成动量流(强度),那么我们就有:

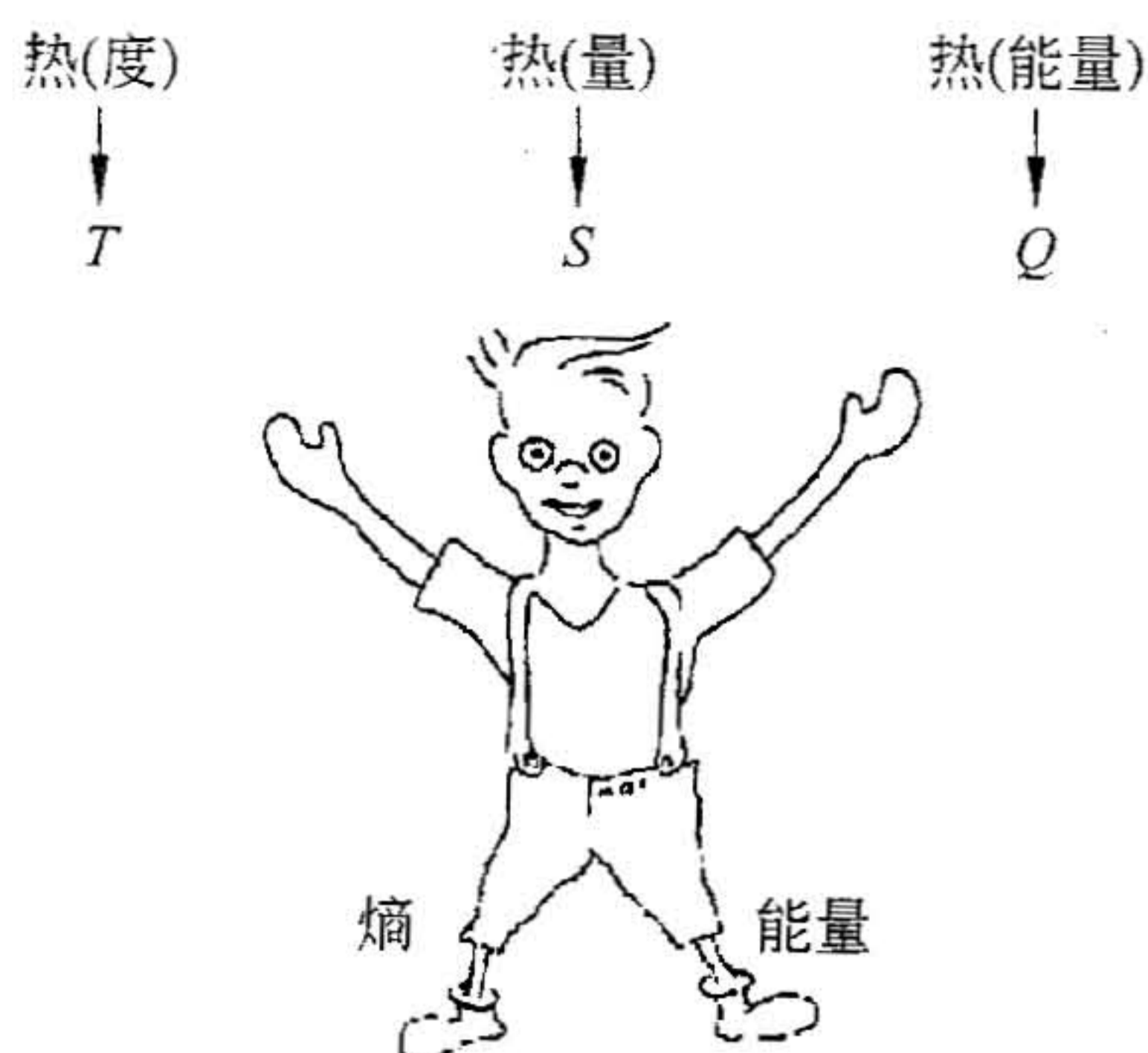


图2 在KPK热力学中,困境得到解除

1) 只要没有任何动量流入或流出一个物体,那么该物体的动量 p 就保持恒定不变.

2) 物体动量的变化率 dp/dt 等于流入该物体的动量的变化率,即动量流(强度) $F = dp/dt$.

3) 每当有动量在 A 和 B 两个物体之间流动时,流入物体 A 的动量流 F_A 总是等于流出物体 B 的动量流 F_B .

不难看出,上述三条定律合在一起所表述的不过就是动量守恒原理.与传统方式相比,这种表述方式当然要简单明了得多.不过我们当下的关注点并不在这里,而是要想在力学与电学之间进行类比.在类比表中,与动量对应的是电荷量.如果我们把上述三条定律中的动量换成电量 Q ,那么立刻可以得到,

1) 只要没有任何电量流入或流出一个物体,那么该物体的电量 Q 就保持恒定不变.

2) 物体电量的变化率 dQ/dt 等于流入该物体的电量的变化率,即电流(强度) $I = dQ/dt$.

3) 每当有电量在 A 和 B 两个物体之间流动时,流入物体 A 的电流 I_A 总是等于流出物体 B 的电流 I_B .

很明显,上述三条合在一起所表述的不过就是电荷守恒原理.如果有人说这就是电学三大定律,人们一定会发笑.事实上,从来没有人这样想过,更没有人这样说过.因为这是完全没有必要的.通过这样的类比,我们回过头来对于牛顿三大定律的真实含义、地位和作用就看得比以往更清楚了.现在请读者思考并辨别一下,如果有人说是牛顿三大定律是力学,乃至整个物理学的支柱或基础,这种说法是否有点言过其实甚至名不副实呢?所以这个例子表明,这张类比表有时还可以起到某种帮助我们“去伪存真”、“显露原形”的作用.

通过上述例子,KPK 类比表所具有的“神奇”

功能已经可见一斑.实际上,这张表的覆盖范围(无论在纵向还是横向上)还可以进一步扩大.相关内容留待另文讨论.

5 关于动量流强度和力

动量流强度和力所描述的实际上是同一个物理量.在KPK物理学中,动量和动量流的概念在先,动量流强度(力)的概念在后.与传统物理学相比,这样的次序顺理成章,有利于教与学.但是由于人们长期广泛使用力这个字,习惯已成自然,所以不可能也不必要完全不使用它.正因为如此,虽然在KPK教材中不需要使用传统的力的概念,但也并不回避和排斥力这个术语,反而在适当的地方将它介绍给读者,以帮助他们了解力的本质.不过,这绝不意味着动量流和传统意义上的力这两个概念可以混用.在KPK教材中只用动量流的概念来阐述物理原理,解释物理现象.传统物理学中力的定义在KPK里是完全摒弃不用的,也就是说,术语力的含义已经在那里变为动量流强度,已经被纳入KPK体系,已经是“旧瓶装新酒”了.这一点必须加以强调.KPK教程是其作者站在现代物理学最新成就的制高点上,在严格审视传统物理学及其发展史的基础上,重新构建起来的一套教材.KPK把本来不那么顺的概念体系理顺了,把一些原来在理解上有差错的概念纠正了过来.它能够提升教师和学生对于物理学的认知结构.因此它的科学性、逻辑性、合理性、包容性和实用性都在传统物理学之上.换言之,它源于传统物理学,但高于传统物理学.事实上,这也正是为什么一些先学KPK后来改学传统物理学的学生不会感到有任何困难的根本原因所在.笔者以为,对于学过传统物理学的学生适当地进行二种概念(比如动量流强度与力)之间的对比教学,有助于加深他们对物理概念和现象的理解,有利于显示KPK的先进性和优越性,从而增强他们学习KPK的信心,产生积极效果.

6 物质型物理量(substance-like quantity)

所谓物质型物理量,是KPK作者为广延量(extensive quantity)所起的另外一个名字.其意图

(下转第51页)

(上接第 45 页)

是突出此类物理量的一个共同特性:人们可以把它们想象成一种“物质”来加以处理.或者说得更专业一点,我们可以对它们应用“物质模型(substance model)”.这种做法的主要目的是要让它们与物质守恒(物质不灭)定律以及连续性方程之间建立起联系,让它们在空间内“流”起来.为了能够使用数学分析这个工具,我们还必须把此类物理量想象成“连续介质”,即一种连续地分布在空间内的假想物质.大家知道,实物都是有分子结构的,是不连续的,里面包含有很大的空隙.所以以前有人把它们翻译为“实物型物理量”是不妥当的.科学概念必须依靠语言文字表达其意义,名词术语是语言的基石、概念的符号.译名如果不妥,势必会影响到整个学科表述的准确达意,甚至造成误解,因此必须十分慎重.

物质型物理量在 KPK 物理学中占有极其重要的地位.它们是构建 KPK 物理学的“顶梁柱”.物质型物理量和它们的“流”以及相应的强度量一起,作为物理学各分支学科的中心物理量,构成了类比表的主干部分,成为开展各种类比的基础或出发点. KPK 物理学中所包含的物质型物理量有质量、能量、动量、角动量、电荷量、熵和物质的量等.

7 结论

德国 KPK 物理学源于传统物理学,但高于传统物理学.近期在上海进行的教学试点实践表明,只要主讲教师认真备课,牢固掌握 KPK 物理课程的概念体系,切实更新教学理念,就能够实现既容易教,又容易学的目标,做到激发学生的学习兴趣,使他们在同样的时间内学到更多物理知识,而且学得更扎实,从而显著提高教学效率.教学实验的初步成功进一步证明了 KPK 物理教程是一部不可多得的优秀物理教材,值得我们借鉴.目前将它引入我国适逢其时,适得其所.

参 考 文 献

- [1] 吴国玠. 浅谈德国 KPK 物理教材的基本特点[J]. 物理与工程, 2010, 20(5): 6 ~ 9
- [2] 吴国玠, F. Herrmann. 试论一种新的能量观[J]. 物理与工程, 2010, 20(6): 3 ~ 6
- [3] G. Job. 新概念热力学[M]. 陈敏华译, 吴国玠审. 上海: 华东理工大学出版社, 2010
- [4] F. Herrmann. 科学知识所背负的历史包袱[J]. 吴国玠译. 国际物理教育通讯, 2010, (45)