

PHYSICS BULLETIN

物理通报

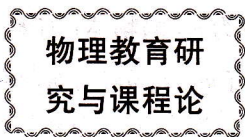
要目

- 对物理学和物理教学的几点认识（上）
- “精益求精”提高课堂效率
- 普通光源的时空相干度分析
- 弹簧类问题难点的探究与思考
- 物理实验在新课程标准中的新要求 新变化 新理念
- 视频分析软件在物理教学中的应用
- 阿基米德定律背后的原理
- 从知识的整合看基础教育物理教材的改革
- 德国卡尔斯鲁厄物理课程评介
- 在中学物理课程中物理学史的探究式教学

WULI TONGBAO

主办 河北省物理学会
中国教育学会物理教学专业委员会

2011/7



德国卡尔斯鲁厄物理课程评介*

陈敏华

(绍兴县柯桥中学 浙江 绍兴 312030)

(收稿日期:2010-03-28)

摘要:德国卡尔斯鲁厄物理课程以能量、信息和它们的携带者这些实物型物理量为中心概念,以它们在相应的“势差”的作用下的流为课程结构.这个课程的开发已有二十多年.经过几年的实施,课程已趋成熟.本文介绍此课程的历史背景、课程结构和特色.

关键词:物理课程 携带者 实物型物理量 势差 流

1 历史背景

1888年,著名物理学家赫兹在德国卡尔斯鲁厄大学发现了电磁波.卡尔斯鲁厄物理课程(Der Karlsruher Physik Kurs,简称KPK)就是在这所大学的物理教学研究所产生的.20世纪70年代,该研究所的福克教授最早主持这一课程开发计划.20世纪90年代初,福克去世.这以后,这一课程的开发工作由他的同事赫尔曼教授主持.在21世纪初,这一项目受到了德国久保基金会的资助.在这个基金会的资助下,此课程已部分被翻译或改编为英文、意大利文和中文^[1-2]等.

物理知识的总量在不断地增加,而物理教学的时间则基本保持不变.KPK就是为缓解这一矛盾所做努力的成果.物理学的发展历史是一条错综复杂的道路.在教学中,我们把由这条复杂的道路所带来的历史负担强加给了学生.KPK的开发者们选择了一种科学教学的统一方法,将这些历史负担从物理课程中排除.这个方法基于在经典物理学和现代物理学中扮演着基本角色的一类物理量;这类物理量都是广延量,它们是:能量、动量、角动量、电荷量、物质的量和熵.当我们强调广延量时,物理学各分支学科之间的划分只不过是根据这些量在每种情况中

所扮演的主要角色而对自然过程的分类罢了.仅仅一个物理学分支学科的知识就已经给我们提供了一个描述其他分支学科(包括化学和生物学)的类比方法.因此,这一课程开发计划不仅仅是编一套新的物理教材,其目的是要寻找一种新的物理教学方法,这种新方法适合于不同年级的学生.KPK的开发者们已编写出了从小学、中学到大学的物理教材,并在国际物理教育杂志上发表多篇文章来介绍这一课程的结构和相应的物理教学方法.他们还在德国的一些州和包括中国在内的其他国家的部分学校进行KPK课程试验;如我国上海部分中学将KPK作为拓展性教材在部分学生中试用,取得了一定的实践经验.

2 课程结构

量子力学中的基本物理量是能量、动量、角动量、电荷量等.这些量不同于牛顿力学中描述质点运动规律的物理量(如速度、力等).当然,在牛顿力学中也出现能量、动量、角动量,但它们仅仅在计算上起方便的作用,而并不是基本物理量.在牛顿力学中,基本的物理量是位移、速度、质量和力;而动量只不过是质量和速度的乘积的别名.能量在牛顿力学中的地位也是如此.在量子力学中,对动量和能量的处理就大不相同了.这可以由以下事实加以说明:动量和能量可以量子化,而那些在牛顿力学中构成能量和动量的物理量(如速度和力)却不可以量子化.

量子力学中的基本物理量跟热力学中的广延量

* 浙江省2011年教育科学规划课题“中德高中物理课程比较研究”(SC223)的研究成果之一.

作者简介:陈敏华(1962-),男,浙江绍兴人,博士,中教高级,主要从事高中物理教学和学校管理以及教育科学研究工作.

具有类似的性质. 这些量有一个共同的特点, 它们都可以被看作是包含在一个物理系统中, 并能从一个系统流到另一个系统. 因此, 它们都可以被描述为一种“实物”. 由此, 我们把它们叫做实物型物理量. KPK 把实物型物理量作为课程的中心概念.

一般地, 我们有所谓的吉布斯基本方程式

$$dE = \varphi dq + v dp + T dS + \mu dn + \dots$$

相应的能流公式为

$$I_E = \varphi I_q + v I_p + T I_s + \mu I_n + \dots$$

式中 I_E, I_q, I_p, I_s 和 I_n 分别为能流(即功率 P)、电流、动量流(即力 F)、熵流和物质流; φ, v, T 和 μ 分别为电势、速度、热力学温度和化学势, 它们都是内涵量.

由上式可以容易地找出物理学各分支学科间的类比关系. 由此可知, 电学过程实质上是能量 E 和能量携带者电荷 q 在电势差 $\Delta\varphi$ 作用下的流动, 它们的流动形成能流 I_E 和电流 I_q ; 力学过程实质上是能量 E 和能量携带者动量 p 在力势差 Δv 作用下的流动, 它们的流动形成能流 I_E 和动量流 I_p ; 热学过程实质上是能量 E 和能量携带者熵 S 在热势差 ΔT 作用下的流动, 它们的流动形成能流 I_E 和熵流 I_s ; 化学过程实质上是能量 E 和能量携带者物质的量 n 在化学势差 $\Delta\mu$ 的作用下的流动, 它们的流动形成能流 I_E 和物质流 I_n . 因而, 一个物理学分支学科的知识为其他分支学科(包括化学和生物学)提供了一种类比方法, 由此就形成了 KPK 清晰的课程结构(表 1).

表 1 KPK 的课程结构 - 物理学各分支学科(包括化学)间的类比关系

分支学科	能量及其携带者	势	流	能流
电学	能量 E 和电荷 q	电势 φ	电流 I	$I_E = \varphi I_q$
力学	能量 E 和动量 p	速度 v	力 F	$I_E = v \cdot F$
热学	能量 E 和熵 S	温度 T	熵流 I_s	$I_E = T I_s$
化学	能量 E 和物质的量 n	化学势 μ	物质流 I_n	$I_E = \mu I_n$

相同的规律和结构重复出现在电学、力学、热学和化学中, 也不同程度地出现在光学、声学和电子学中. 这些普遍的规律我们只需学习一次. 利用这一结构开发的课程可以达到使物理教学更现代化和精简化的目的.

这一结构的理论基础除了吉布斯基本方程外, 还包括热力学第二定律. 由于自然界中各种不可逆过程都是互相关联的, 所以每一个不可逆过程都可

以作为表述热力学第二定律的基础, 而热力学第二定律就可以有多种不同的表述方式. 但不管具体表述方式如何, 热力学第二定律的实质在于指出, 一切与热现象有关的实际宏观过程都是不可逆的. 热力学第二定律所揭示的这一客观规律向人们指出了实际宏观过程进行的条件和方向^[3]. KPK 课程结构强调的就是能量及其携带者自发和非自发流动的方向.

3 课程特色

KPK 以实物型量为中心概念, 用实物型量的流来构建整个课程结构. 与传统的物理课程比较, 用这种结构建立起来的物理课程至少具有以下特色.

3.1 强调系统思维

某个实物型量必定属于空间某一区域, 即属于某一系统的. 系统具有一定的边界. 实物型物理量通过系统的边界流动. 我们可以说“一个系统具有较多或较少的能量”, 但不能说“一个系统具有较多或较少的温度”. 我们也可以说“一个系统没有电荷量或没有动量”, 但不能说“一个系统没有电势或速度”. 我们也不能说“力可以使物体产生加速度”, 因为加速度不是实物型量. 而这种类似的说法在传统的物理课程中经常能看到. 这是因为, 传统的物理课程在强调“研究对象”时没有关注它的边界, 也没有把实物型物理量和其他量区分开来.

在传统的物理课程中, 经常说力的作用效果是使物体改变运动状态或使物体形变. 但一个物体受到的合力为零时, 物体的运动状态没有改变, 但我们不能说物体没有形变. 我们用动量流就能解释这一现象了. 原来, 当物体受到的合力为零时, 仍有动量流过物体.

在传统的物理课程中, 我们经常说“力做功”. 那么, 人走路或汽车行驶时是什么力在做功呢? 对于行驶的汽车, 我们经常说汽车受到牵引力, 是牵引力在给汽车做功. 那么, 人走路时是否有牵引力在做功呢? 原来, 力是不能做功的. 能量这个实物型物理量只能在物体(或者说系统)之间流动. 功是能量流动的量度. 因此, 如果说“做功”的话, 也只能说物体(或系统)做功. 而在传统的物理课程中, 一会说“力做功”, 一会说“物体做功”. 在 KPK 中, 没有出现“功”这个概念, “功率”也被“能流”的概念所代替,

“力”在能量流动的过程中只不过是一种能量携带者。

实物型物理量的概念也有利于我们将系统动力学模型工具(如美国的 Stella, Dynamo, ithink, 挪威的 Powersim 等软件)作为重要的学习工具应用于物理教学中。

3.2 强调类比

根据上面所给出的 KPK 课程结构我们很容易知道,对于不同的物理过程(力的过程、电的过程、热的过程等),可以根据不同过程中相应的实物型物理量的增加、减少和流动来写出相同形式的表达式。这样,仅仅一个物理学分支学科的知识就已经给我们提供了一个描述其他分支学科(以及化学)的类比方法。只要学生掌握了某一分支学科的规律和结构,他们就可以通过类比,将这种规律和结构迁移到其他分支学科中。

在传统的物理课程中,只有电学具有这种以实物型物理量的流所形成的结构。因此,我们需要对力学、热学等分支学科的课程结构进行改革。KPK 在这方面作了有益的尝试。

KPK 从动量开始展开对力学现象的分析。动量在力学中扮演着和电学中的电荷量相同的角色。在 KPK 的力学课程中,有和电学课程中相似的概念,如动量流、动量流路、动量导体和动量绝缘体。在动量导体中,只要有速度差,动量就能自发地从一个物体流到另一个物体,形成动量流。弹簧测力计不但能测出动量流的大小,还能显示动量流的方向。

在电学中,电源能使电荷从低电势流到高电势。这正像水泵能使水从低压处流到高压处。因此,在 KPK 中把电源又叫做电泵。同样,在力学中也存在这样一种泵,这种泵叫做动量泵;汽车中的发动机就是动量泵。

和在力学中一样,KPK 从熵开始展开对热学现象的分析。大家都知道,熵是一个难以理解的概念。正因为这个原因,熵在中学物理课程中是一个被回避的概念。在中学物理课程中,即使出现熵这个概念,也只简单地作一介绍,没有把它作为一个中心概念来处理。在 KPK 中,既没有用克劳修斯的方法来引入熵,也没有用统计的方法来引入熵,而是把熵看成为与热量的日常概念相一致的概念。

在 KPK 中,熵在热学中扮演着与电荷量在电学

中以及动量在力学中相同的角色。在这里,我们同样可以看到一种能驱动熵和能量流动的热泵。

在 KPK 中,类似的结构也应用于信息学、化学和近代物理学中。例如,在化学中,我们也能看到一种能驱动物质的量和能量流动的反应泵。

3.3 提出了实物模型

在 KPK 中,出现了基于实物模型和类比思想的一些新概念。与实物模型相对的概念是我们熟悉的质点模型。实际上,在电学中人们早就使用了实物模型,即把电荷这个物理量比作为一种实物,因而产生了电流的概念。因而,其他实物型物理量都可以比作为一种能流动、能储存的实物。同样,场也可以比作为一种实物,因为它具有能量、动量等。

在 KPK 中还利用实物模型引入了电素的概念。电素包围在原子核外面。电素密度就是找到电子的几率密度,它可以通过 X 射线衍射技术得到。电子实际上是电素的最基本部分。

3.4 消除了陈旧的物理概念

物理学的发展历史是一条错综复杂的道路。尽管存在着更容易到达相同目标的捷径,但我们在教学中还是把这条复杂的道路强加于我们的学生身上。由于当时的历史局限性,物理学中的一些陈旧概念在现在看来已经成为历史的负担。应该消除这些陈旧的物理概念。KPK 在这方面做了很大的努力。

上面已经提到,在 KPK 中没有出现功的概念;功率的概念也被能流所取代。另外,在 KPK 中,虽然仍保留力的概念,但用动量流的概念取代了在传统教材中力这一概念所不能充当的角色。力和动量流还是有区别的。例如,我们能感觉到的不是力,而是动量流。如果我们不引入动量流的概念,学生就会对一些常见的力学现象感到疑惑。

再比如,在 KPK 中将“能量形态”的概念用“能量携带者”的概念来代替。将能量分成不同形态的能量发生在 19 世纪中期,那时能量的概念刚产生。“能量形态”这一名词常与静止能、动能、热能、重力能、结合能、辐射能、弹性能、势能、电能、化学能、原子核能等大量不同的名称一起使用。细心的学生当他想弄清楚包含在蓄电池中的能量是电能还是化学能时,当然会感到困惑。现在我们知道,能量总与至少一个别的实物型物理量同时流动。在所谓的“能量转换器”中,能量实际上并没有转换;正确的说法

是,与能量一起流动的其他实物型物理量在这种装置中转变了.能量通常在几个能量携带者之间多次传递.在这种图像中,能量不是从一种形式转换成另一种形式,而是改变了它的携带者.这样,我们就得到了一个严格而有效的、简单而容易的、甚至能在初等水平的学生中介绍的关于能量传递过程的图像.确切地说,“能量转换器”应叫做“能量收发器”.

4 结束语

物理学家们总是倾向于拓展他们的研究领域,在他们的领域里(特别在基本粒子物理、天体物理和复杂系统物理这些领域里)研究一些“新”的现象.在研究过程中,他们总是忘记打扫自己的园子.他们经常将新的结论简单地整合到现有的知识结构中.他们总喜欢继续进行他们自己特殊的研究.

这影响到教学.在“现代”物理教科书和19世纪初编写的教科书之间有很大的相似性.他们大概过多地考虑了曾经生活在20世纪或今天仍然活着的物理学家.20世纪物理学的见解通常被看作为是附加上去的东西.教科书中含有新旧知识,但不是新旧

(上接第104页)

必须贯彻科学教育的思想,以知识的传授为最基本的要求进而传授科学思想,用深蕴其中的文化价值去影响人们的思维方式、智力发展、审美情趣、伦理道德.

其次,良好的心理素质和思想政治素质是健全人格基石.在物理教学中,学生通过对概念、定律的理解和论证,做习题,经过科学实验的实践与体验,能有效地培养学生顽强拼搏、敢于失败、正视失败的心理素质、修正错误、能进能退、心胸开阔的良好心理素质以及不畏艰辛、不怕失败的精神.物理教学对学生形成良好的道德品质,激发学生的政治热情和树立正确的世界观、人生观和价值观等方面具有良好的功能.学生的政治态度、世界观、人生观和价值观的选择,是在个人成长过程中,通过模仿、尝试和实践体验而逐渐形成的.在选择中学习选择,在参与

知识的理想结合.这是传统物理课程存在上述这些问题的原因之一.

物理课程的现代化需要我们不断为之努力.从某种程度上说,以前物理教学工作者忽视了这个任务,因而就积累了这种改革的需要.卡尔斯鲁厄物理课程就是这种改革的一个例子.当然,作为对传统物理课程的改革,KPK是建立在传统课程的基础上的,因而也没有否认已被实践证明是正确的经典力学本身.然而,KPK的结构对于传统课程来说是新的.体现在这一结构中的一些新概念(如实物型物理量、动量流、熵流、能量携带者、电素等)和相应的教学方法使我们能够以一种新的眼光来看待传统的物理课程的不足,从而坚定进行物理课程改革的信心.

参考文献

- 1 F. Herrmann, G. Job 著,陈敏华译.德国卡尔斯鲁厄物理课程 中学物理1~3和教师用书.上海:上海教育出版社,2007
- 2 陈敏华改编.波动与信息.上海:上海教育出版社,2009
- 3 李椿,等.热学.北京:人民教育出版社,1978.210~211

中发展自我,在体验中认识人生、认识社会,是每个学生发展的必由之路.因此,物理教学具有良好的德育功能:借助于物理学史的功能、借助于物理学家的思想和人格的力量;靠教师用自己的政治热情、世界观、人生观和价值观去影响学生.“榜样的力量是无穷的”,只要我们用物理学家的人格的力量和教师自身的人格力量去熏陶学生,学生就会逐步养成正确的世界观、人生观、价值观和优秀的人格.

参考文献

- 1 叶澜.让课堂焕发出生命活力——论中小学教学改革的深化.教育研究,1997(9):3~8
- 2 肖川,张文质.生命教育.北京:人民出版社,2006
- 3 侯晓明,胡修金.学校生命教育课程的背景、内涵及实施.课程教材教法,2009(12):23~28