





# 物理教师

PHYSICS TEACHER

(月刊,公开发行,1980年创刊) 2013年2月

第34卷 第2期

## 目次

### 教育理论研究

- “力臂”概念教学对“5E”模式的借鉴——论教学模式的借鉴机制 ..... 李华君 王丽华(2)
- 校本课程的立足与生长  
——关于物理学科校本课程的开发、建设与实施的思考与实践 ..... 朱建廉(4)

### 科学方法教育论坛

- 对称性思维和逆向思维方法的应用  
——法拉第电磁感应定律的建立与案例探讨  
..... 冯杰 谢利民 张栖宁,等(7)
- 浅谈高中物理教材中的物理思想方法  
..... 陈林桥 吉文忠(10)

### 教材与教法

- 方法与方法教学的地位、途径和策略 ..... 窦瑾(13)
- HPS教学模式在高中物理教学中的应用  
——以原子核式结构模型的教学为例  
..... 高矿(15)
- 从实践案例看物理教师学科素养对探究教学的影响  
..... 卢慕稚 徐力(17)
- 浅谈“问题解决”课堂教学模式下学生潜能的开发  
..... 宗红梅(19)
- 上好高中物理入学第二课——数学知识的准备课  
..... 严灿云(21)
- 回归课本 用好教材 ..... 王永欣(23)
- 从名师赛课看物理优质课中的“优”与“忧”  
..... 张峰 张前军(25)
- 课堂质态要素与物理教学 ..... 许亚平(27)
- 试析一节物理公开课的四种美 ..... 耿建(30)
- 建构基于探究的概念转变教学模式初探  
——由两种突破“力臂”教学难点的教学方法引发的思考 ..... 钱燕娜(32)
- 巧设实验主线 凸显学科教学的“物理味”  
——“探究感应电流产生的条件”展示课回眸  
..... 曹会 张飞(34)

主管:江苏省教育厅

主办:苏州大学

主编:沈明荣

副主编:郭玉英 陶洪 张宪魁

刘军(常务) 桑芝芳

本期责任编辑:桑芝芳

编辑出版:物理教师编辑部

通讯地址:苏州大学《物理教师》编辑部

邮编:215006

电话:(0512)65113303

(0512)65112379

投稿邮箱:wjjs@suda.edu.cn

印刷:苏州恒久印务有限公司

发行范围:国内外公开

国内发行:苏州市邮局

订购处:全国各地邮局

国外发行:中国出版对外贸易总公司

(北京782信箱)

中国标准刊号:ISSN 1002-042X  
CN32-1216/O4

邮发代号:28-77

出版日期:2013年2月5日

定价:12.00元

### 初中园地

- 三维目标考查 突出能力要求  
——2012年中考电学新颖题赏析  
..... 梁会琴 王春旺(36)
- “割补法”在物理解题中的应用  
——一道中考题引起的思考  
..... 洪 丽(38)
- 初中生物理科学素养培养之管见 ..... 杨剑平(40)

### 物理实验

- 光电效应规律实验的研究 ..... 康良溪(42)
- 激光计时装置设计 ..... 钱 依(44)
- 直流电压的测量方法 ..... 刘永顺(49)
- 电动自行车充电器的妙用 ..... 王雨婷(95)

### 问题讨论

- 对一道错解题的深入讨论 ..... 陆天明(50)
- 抛体运动的水平射程等于落地瞬时速度  
矢量三角形面积的 $\frac{2}{g}$ 的应用实例  
..... 牛彩琴(51)
- 怎样理解汽车的“牵引力”和“牵引力做功”  
..... 陈 驹(53)
- 利用麦克斯韦速率分布律解释地球大气垂直  
结构的稳定性 ..... 张俊岭 熊建文(54)
- 暂态过程的动力学模型决定着运动学特征  
..... 王爱华(56)
- 光的单缝衍射与光的双缝干涉的本质初探  
..... 赵晓春(58)

### 现代教学技术

- 多媒体技术与物理实验教学的和谐整合之思考  
..... 周 宏(61)

### 物理·技术·社会

- 金星与金星凌日 ..... 张 岚(64)

### 物理学家与物理学史

- 墓碑上的量子力学 ..... 张玉成(65)

### 国外教育

- 值得借鉴的美国主流高中物理“学材”  
的特点分析 ..... 刘运新(69)

### 教师进修园地

- 谈谈面向教师专业标准的物理教师专业  
素质的要求 ..... 陈 建(71)
- 物理实在和物理量 ..... 陈敏华(73)

### 高考命题研究

- 例谈2012年高考题中电学情景的命题缺失  
..... 唐 龙(75)
- 浅析2012年高考物理的几个特色选择题  
..... 千 恒(78)
- 解法不同 答案不同 孰对孰错  
——由江苏高考物理一道选择题  
不同解法引发的思考 ..... 刘益民(79)
- 巧用图解法另解上海两道高考题 ..... 陈林芳(85)
- “电磁感应”类高考试题分类赏析  
——综合考查图像、电路、动力学  
及能量问题 ..... 魏杰民(87)

### 复习与考试

- 电场中“三线”问题求解策略  
..... 王立勇 朱 琴(81)
- 解题结果含自然数“ $n$ ”之原因 ..... 蒋守培(84)
- 浅议滑动摩擦力做功  $W = fs$  中的“ $s$ ”  
..... 郑分刚 陈志梅(89)
- 利用相对运动特点巧解物理题 .....  
..... 林海兰 张爱民(92)

### 竞赛园地

- 对一道奥赛题的拓展 ..... 郑 金(68)

### 教学随笔

- 谁为亚里士多德的“晚节”负责? ..... 田家娟(93)

### 简讯

- 中国教育学会物理教学专业委员会第八届  
理事会换届报告 ..... (96)

# 物理实在和物理量

陈敏华

(浙江省绍兴县豫才中学, 浙江 绍兴 312000)

**摘要:** 物理量和物理实在是描述和被描述的关系. 物理实在是客观存在的, 而物理量是人们为了描述物理实在而主观创造的. 然而, 由于这个自明的事实常常被人们所忽视, 在物理教科书中, 我们常可看到由此产生的一些错误说法, 本文作了例举.

**关键词:** 物理实在; 物理系统; 物理量

## 1 引言

亚里士多德曾声称, 独立存在的是个别事物, 或用亚里士多德主义的术语说是“实体”.<sup>[1]</sup> 艾菲尔铁塔、邻居家的马、这支铅笔, 都是个别事物, 是亚里士多德意义上的实体. 它们独立存在, 因而是“实在”(reality). 相反, 艾菲尔铁塔的高度、邻居家的马的金黄颜色、铅笔的六角形状, 都是一些属性. 这些属性不能独立于塔、马和铅笔存在.

在一些文献中, 物理实在(physical reality)<sup>[2]</sup> 又叫做物理世界(physical world),<sup>[3]</sup> 或物理系统(physical system).<sup>[4]</sup> 对物理实在的属性的描述有多种方法. 物理学家常采用物理量(physical quantity)来描述物理实在的某些属性. 因而, 对一个物理系统, 我们需要多个物理量来描述它. 从理论上讲, 无论我们用多少个物理量来描述一个物理系统, 我们总不能把它的所有属性完全描述出来. 所以, 用物理量来描述物理系统跟用其他方法来描述一样, 总是不完备的. 比如, 我们知道一个光子的能量是  $h\nu$ , 而这仅仅描述了光子的一个方面; 要更全面地描述光子, 我们还需要动量、温度、化学势等物理量.

在物理教科书中, 我们总是把描述物理属性的物理量说成是物理系统所“具有”的. 比如, 我们通常这样说: 一个光子“具有” $h\nu$  的能量和  $\frac{h\nu}{c}$  的动量. 显然, 这里“具有”的意思并不是说光子这个物理系统中真正“具有”这些物理量, 因为这些物理量是人们所创造出来的, 并不是真正的“实在”. 然而, 随着这种说法成为人们的日常话语时, 对于不加深入思考或初学物理学的人来说, 很容易把物理量当作“实在”来看待, 从而把物理系统和描述物理系统的物理量混为一谈. 尤其是当我们一直强调某一物理系统的某一物理量时, 随着时间的推移, 人们会把这一物理量与这一物理系统等同起来. 把  $h\nu$  说成是光子, 就是一个典型的例子. 这样的错误说法对于学生学习物理来说是不利的. 然而, 我们发现, 在物理教科书中这种错误说法还是有一定数量的. 因而有必要来加以澄清和纠正.

## 2 举例

### 2.1 光子 $h\nu$

根据普朗克能量量子化理论, 带电微粒是以最小能量值为单位一份一份地辐射或吸收能量的, 这个不可再分的最小能量  $h\nu$  叫做能量子. 显然, 能量子仍是一个物理量, 而不是一个物理实在. 然而, 在一些物理教科书中, 却把能量

子当作组成光子的物理实在<sup>[5]</sup>. 光本身就是由一个一个不可分割的能量子组成的, 频率为  $\nu$  的光的能量子为  $h\nu$ ,  $h$  为普朗克常量. 这些能量子后来被称为光子(photon).

实际上, 电磁辐射是一种物理系统, 单独用能量来描述电磁辐射是不够的. 光子是电磁辐射的基本组成部分. 显然, 这个基本组成部分不是能量子. 光子还需要用除能量以外其他的物理量(如动量、角动量、温度、化学势等)来描述.

因此, 我们不能说“光子就是能量子, 就是  $h\nu$ ”, 而应该说“一个光子的能量为  $h\nu$ ”.

类似的错误说法还有, “当正电子和电子碰撞时, 它们两者都被湮灭掉……, 物质被直接变成了能量. ……湮灭的逆过程也能发生, 即能量可直接转变成物质.”<sup>[6]</sup> “ ${}^1_0\text{n} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^2_1\text{H} + h\nu$ .”<sup>[7]</sup>

以上这些表述其实是唯能论的反映. 唯能论之所以是错误的, 是因为光子的能量特征不能替代它的全部特征. 唯能论在前提上就是根本错误的.<sup>[8]</sup>

因此, 我们不能说“电子和正电子的反应产生能量”, 而应该说“电子和正电子的反应产生光子”. 同样, 反应方程“ $e^- + e^+ = 2h\nu$ ”应改为“ $e^- + e^+ = 2\gamma$ ”.

### 2.2 能量形式和能量转换器

我们通常把能量这个物理量表示为各种不同的形式, 如电能、化学能、热能、动能、势能、电场能等. 我们已经习惯于这种表达方式了, 并且这种表达方式能帮助我们区分各种不同的物理现象. 然而, 它们在教学中至少存在着两方面的误导作用. 有些能量形式的名称(如电能、化学能、热能)会误导我们不同的能量形式是不同的物理量, 尤其是当我们同时运用能量转换器(如我们通常这样说, “发电机把热能转换成电能, 电池把化学能转换成电能”)这个名称时; 有些能量形式的名称(如电场能)会误导我们能量是一种物理实在, 尤其是当我们同时运用能量储存器这个名称时.

如果我们像对待其他物理量(如电荷量、质量等)一样来对待能量这个物理量的话, 我们就会觉得上述能量形式的说法确实会给人以错误的印象, 能量是一种物理实在, 或不同的能量形式是不同的物理量. 比如, 我们不会根据在电荷量传递的过程中不同的电荷携带者来给电荷量这个物理量取不同名称: 电子电荷、质子电荷、Cl 离子电荷等; 我们也不会根据质量储存在不同的地方而给质量这

个物理量取不同的名称:人体质量、石头质量、土豆质量等。

实际上,在所谓的“能量转换器”(energy transformer)中,物理量实际上并没有转换。能量是广延量(extensive quantity),又叫实物型物理量(substance-like physical quantity)。我们发现,能量总与至少一个别的实物型物理量同时流动。例如,在用绕有绳子的电动机来提升一个重物时,能量与电荷量一起从电源流入电动机,再与动量一起通过绳子流到重物。由此,有人提出,把与能量一起流动的物理量叫做能量携带者(energy carrier),并把“能量转换器”这一名称改为“能量收发器”(energy transceiver)。<sup>[9]</sup>

显然,将“能量形式”改为“能量携带者”和将“能量转换器”改为“能量收发器”后,在一定程度上能消除人们对能量的错误理解。然而,这里我们仍然运用了比喻的方法,只不过这种比喻更能使我们正确理解能量这一物理量。因此,我们仍要提醒学生,不要将它当作物理实在来看待。

### 2.3 质点和点电荷

在物理教科书中,与质点这一名称有关的概念有2个:一个是对转动可忽略的物体的抽象,在英文词汇中用“particle”表示;<sup>[10]</sup>另一个是与质量这个物理量有关的概念,即有质量的物质点,在英文词汇中用“mass point”表示。<sup>[11]</sup>无论是哪个概念,都不利于学生对相关物理量的正确理解。

除了功和热量,所有物理量都是描述系统状态的。我们又可以把这些物理量分成与点、线、面、体有关的4类。那些强度量(如温度、速度、电势等)与点有关,它们都是指系统内某一点的。电势差是电场强度沿某一路径的积分,所以像电势差这类物理量与线有关。像电流、动量流、能流等物理量与通道的横截面积有关。还有一类物理量与体积有关,它们分布在一定的空间,有相应的密度。这类物理量就是我们前面提到过的广延量,又叫实物型物理量。这些物理量包括质量、动量、电荷量、熵、物质的量等。

对于第1个质点概念,虽然它与质量无关,但与力有关。当几个力作用在一个质点上时,由于质点没有大小,在这些力的作用下这个质点当然不会转动。从这一点上来说,一个没有转动的物体可以简化为一个质点。然而,根据牛顿第二定律的微分形式  $\mathbf{F} = \frac{d(m\mathbf{v})}{dt} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$ ,我们可以看出,力就是动量流,是一个与面积有关的物理量。动量流(力)怎么可以通过一个没有大小的质点呢?这是导致学生在理解力这个概念时感到困惑的原因。在学习力的概念时,我们总要向学生强调力的3要素:大小、方向和作用点。然而,在解释一些实际现象时,力会使学生感到捉摸不透。

现在,我们很容易看出第2个质点概念的缺陷。因为质量是广延量,是与体积有关的物理量,因此我们很难将这样的物理量与一个体积为0的点联系起来。

在流行的物理教科书中是这样来定义点电荷的:

“当带电体间的距离比它们自身的大小大得多,以致带电体的形状、大小及电荷分布状况对它们之间的作用力的影响可以忽略时,这样的带电体就可以看做带电的点,叫做点电荷(point charge)。”<sup>[12]</sup>

显然,点电荷的概念也存在同样的缺陷。自然界中不存在纯电荷的物理实在,电荷(量)其实是描述带电体某一属性的物理量。包括电子在内,仅仅用电荷量来描述它是不够的。因此,点电荷跟质点一样,也是将一个广延量与一个体积为0的点联系起来。如果按照上面的定义,这种带电体既不仅仅是点电荷,同时也是质点,因为带电体也是有质量的,甚至还有动量、能量等。

### 2.4 热质

我们知道,热质(caloric)是历史上的一个错误概念。然而,知道它为什么是错的也具有很深远的教学意义。

在18世纪中叶,苏格兰医生布莱克(Joseph Black)提出了这样的观点,温度是热的强度(the intensity of heat),因而是强度量;热量(the amount of heat)则不同,是广延量。后来,他开创了量热技术。根据他的测量结果,他提出,热是一种物质。后来法国科学家拉瓦锡(Lavoisier)把它取名为热质。<sup>[13]</sup>

热质说能够非常容易地解释当时已知的许多热现象,物体有一定的温度,是因为物体内部都渗透着一定量的热质;物体温度的变化是由于热质的流入或放出引起的。

在18世纪,人们普遍相信守恒原理。人们同样认为,热质在所有热学过程中应保持守恒。然而,有许多现象表明,热质是不守恒的。其中最主要的现象是摩擦生热。人们发现,摩擦作为热的源泉,能产生出不可穷尽的热量来。他们认为,任何与外界隔绝的物体或物质系统,能够无限制地提供出来的东西,决不可能是具体的物质。因此,除了把热看作是物质的“运动”以外,似乎很难把它看作是其他任何东西。<sup>[8]</sup>

然而,有人通过对热力学历史的回顾发现,如果我们不把热质看作是一种物质,而把它看作是一个物理量,它恰好就是克劳修斯提出的熵这个物理量;熵和布莱克的“热量”其实是一个物理量的两个不同名称而已;卡诺在创建热力学理论时也运用了“热质”(calorique)这一名称。<sup>[14]</sup>

原来,热质说的错误是由于人们把它看成是一个物理实在了,而实际上它是一个物理量,是一个广延量;它与一般的广延量不同,是一个半守恒的量;它可以产生,但不能消灭。因此,广延量不一定是守恒量。

把热质和熵等同为同一个物理量在教学上具有很重大的意义。有人还建议,将人们在日常生活中常用的“热”(heat)作为熵的同义词来使用。<sup>[15]</sup>这就赋予熵以布莱克的热量或卡诺的热质所具有的可想象性。“热”一词直接意味着它是一个包含在物体中并能从物体流出或流入的量。因此,即使以前没有有关这方面知识的人也有可能形成熵的概念,从而形成掌握它的感性知识。所以,在熵的教学中我们应该主要地把精力放在熵作为一种实物型物理量可以储存在物体中这一熵的图像上。

### 2.5 质能转换

对于爱因斯坦的质能方程  $E = mc^2$ ,在一般的物理教材中人们都会强调  $E$  和  $m$  的对应关系。尽管如此,学生和个别教师还是认为质量可以转换为能量,或反过来。甚至在教材中仍然隐约地可以看出这个意思。(下转第83页)

$\varphi_1$  一定小于  $\varphi_2$ .

解析:  $\varphi_1 < \varphi_2$ , 只表明电场方向是向上的, 由于不知道带电粒子的运动轨迹, 我们无法判断此微粒的受力方向, 也就无法知道微粒的电性, 故选项(A)错.

$E_A > E_B$ , 说明电场力做负功, 速度方向与电场力方向的夹角大于  $90^\circ$ , 电场力方向向上, 粒子运动轨迹为  $b$ , 故选项(C)对; 但由于不知道微粒的电性, 我们无法判断电场的方向, 也就不知道  $A, B$  两点电势的高低, 故选项(B)错.

若该电荷的运动轨迹是虚线  $b$ , 可知微粒所受的电场力方向向上, 又由于微粒带正电, 可知电场方向向上, 有  $\varphi_1 < \varphi_2$ , 故选项(D)对.

变式题. 如图 12 所示, 实线为电场线、虚线为带电粒子的运动轨迹, 设带电离子仅受电场力作用. 由图可知

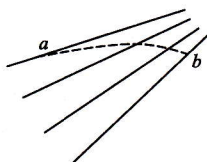


图 12

(A) 带电粒子的带电性质.

(B) 带电粒子所受电场力的方向.

(C)  $a, b$  两点电势的高低.

(D) 带电粒子在  $a, b$  两点电势能的高低和速度大小.

解析: 由于带电粒子所受电场力就是粒子所受的合外力, 其方向既要与电场线相切, 又要指向弯曲轨迹内部, 根据这一特点可判断电场力的方向, 故选项(B)正确.

虽然可以判断出带电粒子所受电场力方向, 但由于不知道电场的方向, 也就无法判断带电粒子的电性和  $a, b$  两点电势的高低, 故选项(A)、(C)错.

若此微粒由  $a$  运动到  $b$ , 因电场力做负功, 其动能减小, 电势能增加; 如果此微粒是由  $b$  运动到  $a$ , 因电场力做正功, 其动能增加, 电势能减小; 故不管粒子运动方向如何, 它在  $a$  点的动能一定比  $b$  点的大; 它在  $a$  点的电势能一定比  $b$  点的小, 所以选项(D)正确.

(收稿日期: 2012-09-16)

(上接第 74 页)

比如下面的核反应方程:  ${}^3_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n} + 17.60 \text{ MeV}$ .<sup>[5]</sup>

如果不作任何解释, 学生就知道这个方程的意思是: 在这个核反应中, 会释放出 17.60 MeV 的能量. 并且在教材中也是作这样的解释的: “一个氘核与一个氘核结合成一个氦核时(同时放出一个中子), 释放 17.60 MeV 的能量, ……” . 由于学生知道这个反应前后有质量亏损, 所以, 他们自然就得出这样的结论: 在这个反应中, 质量转换成了能量.

实际上, 质量和能量都是物理量, 而不是物理实在, 它们之间不可能存在转换关系. 在上面所介绍的核反应中, 系统在反应前后的静止质量减少了. 质量亏损所对应的能量表现为反应生成物的动能.

其实爱因斯坦本人也犯过这样的错误: “根据狭义相对论, 质量和能量是同一事物的不同表现. 这是一般人都不大熟悉的概念. 然而, 质能方程告诉我们, 能量等于质量与光速平方的乘积, 即很小的质量可以转化为很大的能量, 或反过来.”<sup>[4]</sup>

根据上面的讨论, 爱因斯坦应该这样说: 很小的质量对应很大的能量.

### 3 小结

在物理教学中, 我们经常可以看到将物理实在和物理量混为一谈的情况. 正如海森堡所说: “科学是由人们创造的, 这个自明的事实却常常被忘掉了.”<sup>[16]</sup> 因此, 辨别物理实在和物理量这两个概念, 其意义不仅在于物理语言的表达上, 还在于物理教学上. 物理概念(包括物理量)和它们之间的关系(模型和理论)来自于物理实在所表现出来的现象. 因此, 一位优秀的物理教师应该从物理现象开始来展开物理教学, 并由此来引出物理概念、物理量以及物理模型和理论.

### 4 致谢

本文所表明的一些观点产生于跟德国卡尔斯鲁厄大学 F. Herrmann 教授和 Michael Pohlig 教授, 以及华东师范大

学宣桂鑫教授、北京师范大学董春雨教授的讨论中. 在此向他们表示衷心的感谢.

### 参考文献:

- 1 G. 希尔贝克, N. 伊耶著. 童世骏, 郁振华, 刘进译. 西方哲学史——从古希腊到二十世纪. 上海: 上海译文出版社, 2004. 78
- 2 N. David Mermin. Is the moon there when nobody looks? Reality and the quantum theory. Physics Today, April 1985, 38.
- 3 Sheila Tobias. Math anxiety and physics: Some thoughts on learning “difficult” subjects. Physics Today, June 1985, 61.
- 4 F. Herrmann and G. Job. Altlasten der Physik. Aulis Verlag Deubner, 2002, 15-18, 19-20
- 5 张维善等. 普通高中课程标准实验教科书物理选修 3-5. 北京: 人民教育出版社, 2005. 35, 100
- 6 保罗·齐策维茨著, 仲新元译. 物理: 原理与问题(第 3 册). 上海: 上海科学技术出版社, 2005. 208
- 7 吴知非. 原子核物理学. 北京: 高等教育出版社, 1983. 104
- 8 董春雨. 物理基本概念的演变. 太原: 山西教育出版社, 1998. 135-136, 153-161
- 9 G. Falk, F. Herrmann, and G. Bruno Schmd. Energy forms or energy carriers? Am. J. Phys. 51(12), December 1983, 1074-1077
- 10 Francis W. Sears, Mark W. Zemansky, and Hugh D. Young. University Physics (Fifth Edition). Addison-Wesley Publishing Company, 1976, 20.
- 11 张维善等. 普通高中课程标准实验教科书物理必修 1. 北京: 人民教育出版社, 2010. 10.
- 12 张维善等. 普通高中课程标准实验教科书物理选修 3-1. 北京: 人民教育出版社, 2010. 6
- 13 Ronald Newburgh. Carnot to Clausius: caloric to entropy. Eur. J. Phys., 2009(30): 713-728
- 14 G. Falk. Entropy, a resurrection of caloric—a look at the history of thermodynamics. Eur. J. Phys., 1985(6): 108-115
- 15 G. Job. Neudarstellung der Wärmelehre, Die Entropie als Wärme. Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main, 1972.
- 16 王正行. 物理学中的模型、推广和简化. 物理教学, 2012(3): 5

(收稿日期: 2012-09-14)