

# 高中物理教材中的普遍性错误Ⅱ：等同物质和物理量<sup>①</sup>

陈敏华

(浙江省绍兴市柯桥区鉴湖中学, 绍兴 312031)

**【摘要】**通过对物质、性质和物理量三者关系的辨析, 我们系统地透视了我国现行高中物理教材, 发现存在三大类常见错误: 忽视物质的存在、等同物质和物理量、误解守恒和不守恒定律. 本篇重点阐述第二类常见错误.

**【关键词】**物质 性质 物理量 高中物理教材

通常人们认为, 物理学是研究物质(substance)的. 然而, 在物理学中我们是以物理量(physical quantity)为工具(tool)的; 一个物理量只能从某一角度描述物质的性质(property), 无法穷尽物质的所有性质. 从这个意义上来说物理量是无法直接描述物质的, 而只能描述物质的性质. 比如, 运动(motion)是物质的一种性质. 正如基尔霍夫所说, 力学的研究对象是运动. 这样, 力学中的所有物理量都是从不同的角度来描述运动这一性质的. 同样, 电学的研究对象是电(electricity)这种性质. 正像电荷是描述电这种性质多少的物理量, 动量是描述运动这种性质多少的物理量; 正像电容是描述容纳电荷本领的物理量, 质量是描述容纳运动本领的物理量(惯性); 正像电势是描述电荷集中程度的物理量, 速度是描述动量集中程度的物理量; 正像电流是描述单位时间内流入系统边界的电荷, 力是描述单位时间通过系统边界的动量, 等等. 同样, 热学的研究对象是热(heat)这种性质, 温度、熵和熵流等是从不同的角度描述热这种性质的物理量.

因此, 物质、性质和物理量之间的关系可以概括为: 我们可以从物质中抽象出若干性质, 用物理量来描述某一性质的某一方面, 但不能用物理量直接描述物质(图1).

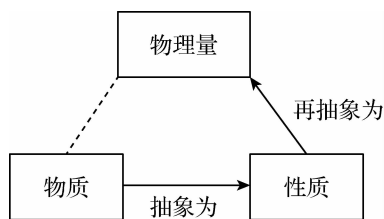


图1 物质、性质和物理量辨析

物质、性质和物理量之间的这一关系像一个透镜, 可以帮助我们透视现行物理教材, 从中找出一些不足之

处. 我们发现, 现行高中物理教材中至少存在以下三方面的不足: (1) 忽视物质的存在, (2) 等同物质和物理量, (3) 误解守恒和不守恒定律. 我们利用这一“透镜”在平时教学中审视了我国现行高中物理教材中的这三方面的不足. 经过几年的积累, 我们以人民教育出版社出版的普通高中课程标准实验教科书物理必修1、2和选修3-1、3-2、3-3、3-4、3-5(2010年版)为例, 列出相应的不足之处; 对每一主题提出了教材中的不足, 分析了其原因, 提出了修改建议. 我们发现, 这些问题带有一定的普遍性, 在其他高中物理教材中也不同形式地存在着.

我们已经分析了第一方面的不足之处<sup>[1]</sup>, 本文分析第二方面的不足之处.

物理学家们是用定量的方法来描述这个世界的. 因此, 物理量是物理学家们的重要工具. 物理量可以这样来分类: 广延量(extensive quantity), 这类物理量是指向体积的(如能量、动量、电荷和熵等), 因为我们可定义相应的密度; 流(current), 这类物理量是指向面积的(如功率、力、电流和熵流等); 强度量(intensive quantity), 这类物理量是指向点的(如速度、电势和温度等). 这样, 我们可以把广延量想象为像实物一样会流动, 可储存. 因此, 广延量又被叫作实物型量(substance-like quantity). 要注意的是, 这仅仅是一种想象, 一种为了便于理解和表达的形象比喻; 我们可以并有必要把广延量比喻为实物, 而绝不能把广延量当成实物或物质. 所有物理量都是人们为了描述物质的性质而创造出来的.

然而, 在现行教材中, 我们发现有很多地方把一些广延量当成了物质, 等同了这物理量和物质这两种截然

<sup>①</sup> 本文系作者主持的浙江省教科规划2013年重点研究课题“传统物理课程的不足之研究: 课程考古学的方法”(SB067)的研究成果之一.



不同的概念.

### 一、把电荷当成物质

1. 物理选修 3-1, 第 2~4 页

**主题:** 电荷.

**不足**

在“电荷及其守恒定律”一节中, 出现大量“电荷”一词. 然而, 在同一节内容中, “电荷”一词却有三种不同的含义: 有时表示电性, 有时表示电荷量(物理量), 有时表示带电体.

例如:

- ① “摩擦过的琥珀带有电荷”(表示电性)
- ② “同种电荷相斥, 异种电荷相吸”(表示带电体)
- ③ “自然界的电荷只有两种”(表示带电体)
- ④ “电荷守恒定律”(表示物理量)
- ⑤ “电荷的多少叫电荷量”(表示电性)

另外, 元电荷、点电荷和试探电荷, 虽然作为整体不能算作“电荷”, 但它们的含义也不同. 元电荷是物理量, 点电荷和试探电荷是带电体.

显然, 同一节内容的一个词含有三种不同的意思, 这会导致理解上的困难, 甚至产生概念上的混淆.

**分析**

在现行教材中, 对“电”“电荷”和“电荷量”这三个名称的使用是很混乱的. 教材中用“电”这个词来“表示琥珀经过摩擦以后具有的性质”, 可后来又增加了“电荷”和“电荷量”这两个词, 并指出“电荷的多少叫电荷量”. 显然, 电荷量是一个物理量. 那么, 电荷就只能指电这种性质了, 也就是说, 电荷与电是同义词. 然而, 我们发现, 现行教材中给“电荷”一词赋予了多种含义: 在“自然界的电荷只有两种”的表述中, 把“电荷”当作一种物质, 因为如果它指的是一种性质(电的别名)的话, 它只有电这种性质, 如果它指的是一个物理量(电荷量的别名)的值的话, 它应该有正、负和零三种; 在“电荷守恒定律”的表述中, 把“电荷”又当作一个物理量, 因为守恒是对物理量来说的, 而不是对物质来说的; 在对点电荷的定义中, 又把电荷当作带电体. 总之, 教材作者一会儿把“电荷”当作物质, 一会儿又把它当作物理量, 实质上是对物理量和它所描述的物质的混淆.

出现这种错误表述是有历史原因的. 在历史上, 美国杰出的政治家和科学家富兰克林(Benjamin Franklin, 1706—1790)曾把电荷当作物质, 并提出了“电液”(electrical fluid)的概念和单流质模型(one-fluid model). 这在当时是一大进步. 然而, 现在看来, 电不是物质,

而是物质的一种性质.

**建议**

把电荷与电荷量作为同一个概念的两个不同名称, 即它们都是物理量, 从而把“电荷守恒定律”理解为“电荷量守恒定律”. 对于电性和带电体, 不再用“电荷”一词来表示.

2. 物理选修 3-1, 第 10~11 页

**主题:** 试探电荷.

**不足**

试探电荷的电荷量和尺寸必须充分小, 对金属球 O 上的电荷分布不产生明显的影响, 从而原来的电场不因试探电荷的出现而有明显的变化.

在有些测量中, 测量工具不能对所测的系统产生影响, 如伏特表必须有较大的电阻, 温度计必须有较小的热容量. 然而, 试探电荷的值很大也不会影响电场强度的测量结果, 只要不发生静电感应现象.<sup>[2]35-36</sup>

**分析**

实际上, 试探电荷的值可以是任意的, 这个值甚至可以比所测电场的电荷值更大. 相反, 如果试探电荷的值很小, 本来就很小的电场力就变得更小了.

**建议**

试探电荷是带电体. 对这种带电体的电荷量无须要求, 因为它不会影响对电场强度的测量. 当然, 为了精确地测得某点的场强, 试探电荷的体积必须是很小的.

### 二、把磁荷当成物质

1. 物理选修 3-1, 第 83 页

**主题:** 磁场强度和磁感应强度.

**不足**

N 极不能单独存在, 因而不可能测量 N 极受力的大小, 也就不可能确定磁感应强度的大小了.

实际上, 我们很容易测出 N 极在磁场中受到的力. 我们只要将一根细长的磁针的一个极放入被测的磁场中, 就可以测出磁极在该处受到的磁场力.

**分析**

磁荷也是一个物理量, 并且是守恒量. 这个物理量麦克斯韦(Maxwell J C, 1831—1879)早就提出过, 当时他把它叫作磁量(amount of magnetism): “磁体的一个极的磁量一定等于另一个极的磁量, 但符号相反. 更一般地说, 每一个磁体的总磁量(代数和)为零.”本来, 有了磁荷这个物理量, 我们就可以像定义电场强度一样来定义磁场强度( $H=F/q_m$ ). 然而, 人们由于找不到携带净磁荷的粒子(或者说磁单极子), 并误认为磁荷就是这

种物质,因而把磁荷这个重要的物理量抛弃了.这样原本可以教给中学生的磁场强度这个物理量却被放到大学里去教了.并且,在大学教材中人们都先引入磁感应强度  $B$ ,然后再根据  $B$  和磁化强度  $M$  来定义  $H$ ,使得  $H$  失去了它本来应该有的直觉意义,成为一个很难懂的物理量.显然,上述教材中的解释是不恰当的.

将磁荷与电荷这两个物理量类比后,关于磁的公式与电的公式完全相同(包括磁的库仑定律),并且电场和磁场的理论可以一直平行地发展下去.反过来,如果没有磁荷概念,我们就不能定量地描述永久磁体,磁场强度就变成了一个很抽象的物理量了.<sup>[3]</sup>

### 建议

引入磁荷这一物理量,并得出结论:“磁体的总磁荷为零”.<sup>[2]45-47</sup>同时,引入磁场强度这个物理量.在引入磁场强度后再引入磁感应强度,让学生知道磁场强度和磁感应强度都是用来描述磁场强弱的.

## 三、把能量当成物质

### 1. 物理选修 3-5,第 32 页

主题:能量子.

### 不足

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  $h\nu$  叫作能量子.显然,能量子仍是一个物理量,而不是物质.然而,在教材中,却把能量子当作光子:

……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).

### 分析

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.<sup>[4]</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>[5]</sup>

### 建议

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  $h\nu$ ”.

### 2. 物理选修 3-5,第 56~58 页

主题:原子的能量.

### 不足

也就是说,它将把自己绕核转动的能量以电磁波的形式辐射出去.因此,电子绕核转动这个系统是不稳定的,电子会失去能量,最后一头栽到原子核上……另一方面,根据经典电磁理论,电子辐射电磁波的频率,就是它绕核转动的频率.(第 56 页)

反之,电子吸收光子时会从较低的能量态跃迁到较高的能量态……(第 58 页)

### 分析

“能量以电磁波的形式辐射出去”:难道能量等于电磁波?能量是物理量,而电磁波是物质,两者不能等同.

“电子绕核转动这个系统是不稳定的”:这里所讨论的系统是由原子核和电子组成的原子,而不是“电子绕核转动”.

“电子会失去能量”:失去能量的是原子这个系统,而不是电子.

“电子辐射电磁波”:辐射电磁波的是原子,而不是电子.

“电子吸收光子”:吸收光子的是原子,而不是电子.

### 建议

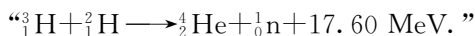
按照上述分析进行相应修改.

### 3. 物理选修 3-5,第 88 页

主题:质能方程.

### 不足

对于爱因斯坦的质能方程  $E=mc^2$ ,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.比如教材中出现的核反应方程:



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:“一个氘核与一个氚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>[6]</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。

#### 建议

在教材中明确告诉学生，能量也能描述质量所能描述的性质，即惯性；反过来也是。质量和能量是同一个物理量。

4. 物理选修 3-5，第 89 页

主题：物质与能量，物质与质量。

#### 不足

它(太阳)每秒有 7 亿吨原子核参与反应，辐射出的能量与 400 万吨的物质相当。

太阳辐射出来的是光等物质，而不是能量。教材把物质与能量混淆了。

400 万吨是质量，而不是物质。教材把物质与质量混淆了。

#### 建议

上面这句话应改为：“它(太阳)每秒有 7 亿吨原子核参与反应，辐射出的光的能量相当于 400 万吨质量。”

#### 参考文献

- [1] 陈敏华. 高中物理教材中的普遍性错误 I：忽视物质的存在[J]. 新课程教学(电子版), 2016. 10.
- [2] Herrmann F, Job G. 物理学的历史负担[M]. 陈敏华译. 上海: 上海教育出版社, 2014.
- [3] 陈敏华. 论物理量的守恒和不守恒[J]. 物理教学探讨, 2015(5): 1-3, 6.
- [4] 陈敏华. 物理实在和物理量[J]. 物理教师, 2013. 2: 73-74, 83.
- [5] 董春雨. 物理基本概念的演变[M]. 太原: 山西教育出版社, 1998: 135-136.
- [6] Herrmann F and Job G. Altlasten der Physik[M]. Aulis Verlag Deubner, 2002: 15-18.

(责任编辑: 余娟平)

## 核心素养观下历史教师的困惑与突围<sup>①</sup>

宋 波

(江苏省邳州市第四中学, 邳州 221300)

**【摘要】**在以核心素养为本的当代，培养和提高学生的历史学科核心素养已经成为中学历史教学的终极旨归。如何将历史学科核心素养与新课程改革深度融合？这是摆在中学历史教师面前极具研究价值的时代课题。核心素养毕竟是一个全新的概念，其强势来袭，对中学历史教师提出了全新的挑战。在当前的困惑与隐忧之下，有效破局才是重中之重。

**【关键词】**历史学科核心素养 困惑与突围 历史教师

当前，“核心素养”已成为中学历史教学最热的关键词。翻开最近一年有影响力的教育类期刊，关于“核心素养”方面的论文比比皆是。历史教育核心期刊《历史教学》更是从 2016 年第 2 期开始设立了《专题讨论——历史学科核心素养》专栏，发表了一系列有关历史学科核心素养方面的学术论文，令人耳目一新。培养和提高学生

的历史学科核心素养既是新修订的《普通高中历史课程标准(初稿)》(待颁布)的基本理念之一，也是当前中学历史教学的新坐标。如何将历史学科核心素养与新课程改革深度融合？这是摆在中学历史教师面前极具研究价值的时代课题，历史教师高度关注且充满了期待。本人从一线教师的视角考量，针对核心素养培育过程中的几

<sup>①</sup> 本文系江苏省中小学教学研究第十一期课题“中学历史培育学生核心素养的实践研究”(项目编号: 2015JK11-L043)研究成果。