到这个题目，很多学生都会想到运用牛顿第二定律的公式 $F=ma$ 进行求解，但是在代入物理量的过程中，有些学生就会犯难，因为对于牛顿第二定律这个公式，我们一直强调的是，公式中的 F 指的是物体受到的合力，而不是受到的某个力，但很显然，题中的 4 N 的力说得很模糊，到底是拉力、推力还是合力？除了这 4 N 的力，还受不受到阻力？这些问题都不得而知，所以就无从下手了. 而如果就把这 4 N 的力当成合力来计算，就很容易得出结果了.

以上的事例，我们不难看出，如果对于物理问题太过于较真，往往就会变简为繁，不仅题目做不出来，还白白浪费了宝贵的时间. 这对于高考的考试来说，无异于给别人当垫脚石. 所以，学生在解物理题的时候，一是要学会化繁为简的这种解题思想，对于一些次要因素，学会忽略，借助于题目已有的条件，对问题进行求解. 二是要理清命题者要考查的知识点，避免陷入一个思维的误区，这样才能做到有的放矢、游刃有余.

极化率和磁化率的关系式

王洪吉
（天津理工大学理学院　天津　300384）
（收稿日期：2016－04－11）

在经典电磁理论中，有一些是关于介质极化和磁化的方程. 按照常理，利用这些方程以及一些电磁场的物质方程和麦克斯韦方程组，原则上可以解决所有宏观介质中的电磁现象. 但是，事实并非如此，有许多介质中的宏观电磁现象不能得到很好的解释. 如铁磁性、磁致电阻、多铁，等等. 是不是还存在一些关于介质的电磁规律的方程没有被发现呢？

1　极化磁化新方程

在经典电磁理论中，有一些是关于介质极化和磁化的方程. 如

$$\nabla\times\boldsymbol{M}=-\frac{\partial\boldsymbol{P}}{\partial t}+\boldsymbol{J}_j \tag{1}$$

$$\nabla\cdot\boldsymbol{P}=-\rho_p \tag{2}$$

式中 $\boldsymbol{P}$ 和 $\boldsymbol{M}$ 分别为介质的极化强度和磁化强度，c 为真空中的光速，ρ_p 和 $\boldsymbol{J}_j$ 分别为介质的极化电荷密度和诱导电流密度. 根据式(1) 和式(2)，笔者还利用八元数方法给出了一些新的极化和磁化方程

$$\nabla\cdot\boldsymbol{M}=0 \tag{3}$$

$$\nabla\times\boldsymbol{P}=\frac{1}{c^2}\frac{\partial\boldsymbol{M}}{\partial t} \tag{4}$$

式(3) 说明磁化过程中不会产生磁荷，众所周知，磁荷是不存在的，无疑是正确的. 式(4) 说明变化的磁化场，产生涡旋的极化场，磁化过程和极化过程是相互关联，共同存在的. 式(1) ～ (4) 与麦克斯韦方程组类似，根据式(1) ～ (4) 还可以得到极化强度和磁化强度的波动方程[1]. 证实了极化波和磁化波也可以光速 c 在介质中传播.

2　极化率和磁化率的关系式

在线性各向同性介质中，极化强度

$$\boldsymbol{P}=\chi_e\varepsilon_0\boldsymbol{E} \tag{5}$$

式中 χ_e 称为介质的极化率，$\chi_e=\varepsilon_r-1$，ε_r 为相对介电常数，ε_0 是真空中的介电常数，$\boldsymbol{E}$ 为电场强度. 磁化强度

$$\boldsymbol{M}=\chi_m\boldsymbol{H}=\frac{\chi_m}{(1+\chi_m)\mu_0}\boldsymbol{B} \tag{6}$$

式中 χ_m 为磁化率，μ_0 为真空中的磁导率，$\boldsymbol{B}$ 为磁感应强度. 把以上两式代入式(4)，得

$$\chi_e\nabla\times\boldsymbol{E}=\frac{\chi_m}{(1+\chi_m)}\frac{\partial\boldsymbol{B}}{\partial t} \tag{7}$$

再根据法拉第电磁感应定律

$$\nabla\times\boldsymbol{E}=-\frac{\partial\boldsymbol{B}}{\partial t} \tag{8}$$

得

$$-\chi_e=\frac{\chi_m}{1+\chi_m} \tag{9}$$

上式两端都是没有量纲的物理量，因此式(4) 两端的量纲相同. 因为 $\varepsilon_r=1+\chi_e$，得

$$\varepsilon_r=\frac{1}{1+\chi_m} \tag{10}$$

空气既是电介质又是磁介质，还是线性介质. 在空气中 $\varepsilon_r=1.000\ 54$，$\chi_m=30.36\times10^{-5}$，代入式(10)，

符合得很好,可以精确到 1×10^{-6}. 因为 $\mu_r=1+\chi_m$,还可以把式(10) 写作

$$\varepsilon_r=\frac{1}{\mu_r} \tag{11}$$

上式表明在线性各向同性介质中,相对介电常数 ε_r 与相对磁导率 μ_r 互为倒数关系,它们都不可能为零.

3　负折射率材料

众所周知,负折射率材料的相对介电常数 ε_r 与相对磁导率 μ_r 同时为负,电场、磁场和波矢之间构成左手关系.

式(11) 还表明相对介电常数 ε_r 与相对磁导率 μ_r 的正负符号必须相同,符号可以是正的也可以是负的. 因此,利用式(11) 也能从理论上证明负折射率材料是存在的.

从相对介电常数 ε_r 与相对磁导率 μ_r 的定义来分析,相对介电常数 ε_r 与相对磁导率 μ_r 不可能为虚数. 因此,根据式(11),在实数范围内,相对介电常数 ε_r 与相对磁导率 μ_r 不能具有不同的符号,没有相对介电常数 ε_r 与相对磁导率 μ_r 具有不同符号的折射率材料.

4　极化与磁化的对称性

相对介电常数 ε_r 与相对磁导率 μ_r 的关系式(11) 可以写成函数关系

$$y=\frac{1}{x} \tag{12}$$

式(12) 是双曲线,利用坐标变换可以把上式换成标准的等轴双曲线方程. 把 x 换成 y,把 y 换成 x,式(12) 的形式保持不变,y 与 x 的关系是对称的. 这意味着极化现象和磁化现象是完全对称的,存在完全相同的极化和磁化规律. 这种例子有很多,比如,铁磁体与铁电体、磁滞回线与电滞回线、顺磁体与顺电体. 再比如,量子力学中的简单塞曼效应与一级斯达克效应的能级分裂现象是类似的.

式(12) 的函数关系还是一个奇函数. 奇函数是关于坐标系的坐标原点对称的. 这也解释了,为什么电滞回线和磁滞回线都是关于坐标原点对称的曲线.

5　多铁材料的互斥性

多铁材料可以实现磁电耦合. 磁场可以改变电极化方向,电场也可以改变磁化方向. 对于同一种材料来说,有些材料电控制磁性好,用磁控制电性不好,而另外有些材料用磁控制电性好,而电控制磁性不好. 铁磁性和铁电性具有天生的互逆性. 这种互斥性可以理解为库仑相互作用与共价相互作用的竞争. 共价键的形成导致离子位置偏离中心,表现为铁电性;库仑排斥力作用强时,离子位置保持在中心,不表现为铁电性,表现为铁磁性. 这是从化学的角度来解释铁磁性和铁电性的互逆性.

单一多铁材料的铁磁性和铁电性的互逆性也可以利用式(11) 来解释. 相对介电常数 ε_r 与相对磁导率 μ_r 互为倒数关系. 如果其中某一个大,另外一个一定小. 还有可能两者都不大,都接近等于 1. 不可能两者都很大,也不可能两者都很小. 尽管式(11) 是在线性介质的条件下导出的,但是对于理解铁磁性和铁电性的互逆性是很直观的.

参 考 文 献

1　王洪吉,介质极化和磁化的八元数理论. 商丘师范学院学报,2003,19(2):25 ~ 27

巧用 Visio 画图软件解释波的干涉演示实验

曾升红

(湖北省鄂南高级中学　湖北 咸宁　437100)

(收稿日期:2016 - 04 - 13)

波的干涉一节是高中物理教材中学生们感到较难理解的部分,难点在于对波的叠加原理的理解、干涉图样的解释. 要突破难点,必须做好实验,高中物理教材是借助“发波水槽”实验来演示波的干涉,该实验难度较大,且现象也不明显,实验成功也只能让学生感性观察到水波的干涉图样,并不能帮助学生从实质理解波的干涉形成原因. 在一次无意利用