

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

$$\epsilon_r = \frac{1}{\mu_r} \quad (11)$$

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

$$y = \frac{1}{x} \quad (12)$$

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塔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

Visio 画图时,发现可以巧用 Visio 画图软件来解释波的干涉形成原因,现将该方法分享给大家.

Microsoft Office Visio 是一款便于 IT 和商务专业人员就复杂信息、系统和流程进行可视化处理、分析和交流的软件,它可帮助创建具有专业外观的图表,以便理解、记录和分析信息、数据、系统和过程.近年来,Microsoft Office Visio 画图软件逐渐应用到教育教学中,帮助教师画出各种实用、精美的教学图案,深受各学科教师的喜爱.

图 1 所示为“发波水槽”所形成的波的干涉图样,学生看到该实验现象时,对干涉有了初步的感性认识,也对干涉产生了浓厚的兴趣,但是,为什么会出该图样,如何让学生知道干涉是两列频率相同的波叠加形成的,我们知道,水波可以用同心圆环表示,而 Visio 画图可以轻松画出其同心圆,如图 2 所示.

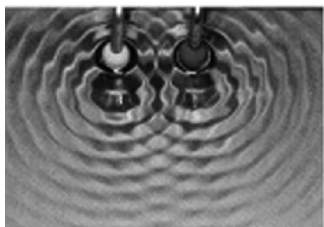


图 1 发波水槽形成的波的干涉图样

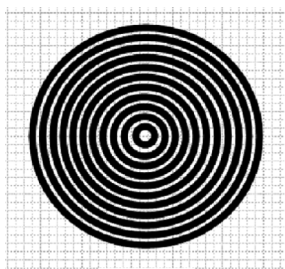


图 2

我们用黑色线条圆表示波峰,白色圆表示波谷.整体复制图 2 得到图 3,即为频率相同的两列波,固定左端的同心圆环,选择右端的同心圆环,利用“shift + ←”两键缓慢向左移动,便得到图 4 和图 5,在两圆的公共区域出现黑白交替的有规则形状,即为我们的干涉图样.如果我们继续缓慢移动右端圆,叠加区域越来越多,形成如图 6,图 7,图 8 等有规则的漂亮的干涉图样.

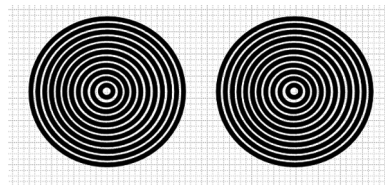


图 3

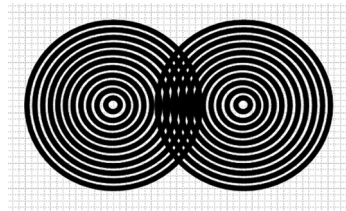


图 4

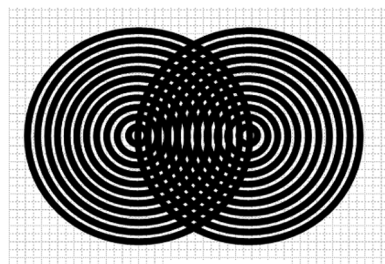


图 5

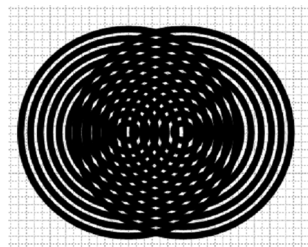


图 6

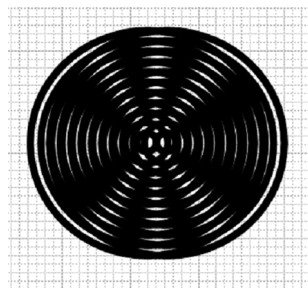


图 7

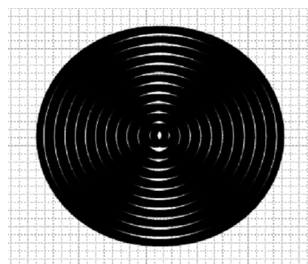


图 8

按照上述方法,我们很好地“现场”模拟了水波的叠加过程,让学生看到了变化的干涉图样,很好地理解了波的干涉是两列频率相同的波叠加,在课堂上既激发了学生的学习兴趣,也突破了教学的难点,在波的干涉这一课堂上起到“画龙点睛”的作用。

简证任意闭合电流线圈在匀强磁场中所受安培力为零

李力

(重庆市清华中学 重庆 400054)

张贵华

(重庆市实验中学 重庆 401320)

(收稿日期:2016-04-22)

在中学物理教学中,常见如下问题:如图1所示,求垂直匀强磁场放置的三角形a或圆形b电流线圈所受的安培力。根据矢量求和以及对称性,不难求出安培力的合力为零。有学生和教师进一步问及:如图1,任意形状的平面通电线圈c,所受安培力是否为零?如果仍然为零,怎样证明?

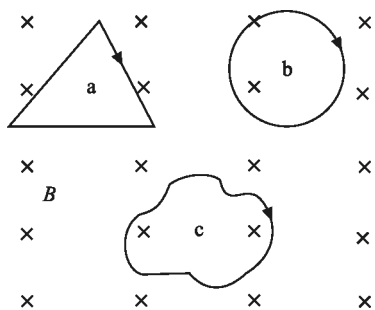


图1

在大学普通物理教学中对此问题也有论述。例如在文献[1]中,先对矩形线圈证明了安培力为零,然后对任意形状的平面线圈,在线圈平面与磁场平行的情况下(如图2),用微元法证明了这个结论。同时文献[1]还指出:“读者可以证明,对于线圈平面与磁场垂直的情况,整个线圈所受的合力为零”,但没有给出其具体证明过程,更没有给出磁场与线圈

平面斜交时安培力合力为零的证明。

事实上,从本文即将给出的两个非常简明而且一般性的证明方法可以看出,此结论不但跟线圈的形状无关,还与线圈在磁场中放置的方位无关,甚至同线圈是否为平面线圈无关,仅需线圈闭合即可,可以完整地表述如下。

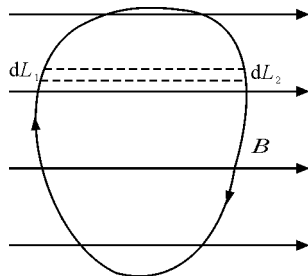


图2

定理:在匀强磁场中的任意闭合电流线圈,无论形状、放置方位如何,以及是否为平面线圈,其所受的安培力都等于零。

证明1:在空间直角坐标系 $O-xyz$ 中,线圈上线元矢量 $d\mathbf{l} = (dx, dy, dz)$,设 $\mathbf{B} = (B_x, B_y, B_z)$,则线元所受安培力

$$d\mathbf{F} = I d\mathbf{l} \times \mathbf{B} = I \cdot \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ dx & dy & dz \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

其 z 分量写为

$$dF_z = (I d\mathbf{l} \times \mathbf{B})_z = I(B_y dx - B_x dy)$$

沿闭合线圈 L 积分,注意到磁场处处相同,可以把常量 I, B_y, B_x 从积分号内提取出来,所以有

$$\begin{aligned} F_z &= \oint_L dF_z = I \oint_L (B_y dx - B_x dy) = \\ &= I(B_y \cdot \oint_L dx - B_x \cdot \oint_L dy) = \\ &= I(B_y \cdot 0 - B_x \cdot 0) = 0 \end{aligned}$$

倒数第二步是因为沿任意闭合曲线一圈,终点回到起点,总有

$$\oint_L dx = \oint_L dy = 0$$

同理可得安培力其余两个分量

$$F_x = F_y = 0$$