

# 牛顿第三定律与稳恒电流的相互作用

刘代成

自贡一中,四川省 自贡市 643000

**摘 要:**牛顿第三定律是研究物体间相互作用的基本规律,在高中物理教学 and 实践中,我们经常利用这一定律分析和处理物体间的相互作用。但在两稳恒电流的相互作用中,有一种情况牛顿第三定律却看似不成立,就这点笔者谈谈自己的看法。

**关键词:**牛顿第三定律;磁场;电流元;磁场力

**中图分类号:**G633.7

**文献标识码:**A

**文章编号:**1003-6148(2008)10(S)-0039-2

唯物辩证法告诉我们,自然界的物体是相互联系,相互影响,相互作用的。一个物体在受到其它物体力的作用时,也会对其它物体有力的作用,而牛顿第三定律就是反映物体间相互作用关系的重要定律,其内容是:两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等,方向相反,作用在同一条直线上,作用在不同的物体上。因此我们在研究物体间相互作用时往往采用牛顿第三定律。

**例 1** 有两根平行直导线,如图 1 所示,分别通以电流  $I_1$  和  $I_2$ ,试分析  $I_1$  和  $I_2$  之间的相互作用。

**解析** 由于  $I_1$  和  $I_2$  分别处在对方所产生的磁场( $B_2$ 、 $B_1$ )中,且根据右手定则知磁场方向与电流垂直,因此  $I_2$ 、 $I_1$  均受到磁场力(安培力)作用,设电流  $I_1$  建立的磁场  $B_1$  对  $I_2$  的作用力为  $F_{12}$ ,电流  $I_2$  建立的磁场  $B_2$  对  $I_1$  的作用力为  $F_{21}$ ,则根据左手定则可判断: $F_{12}$  方向水平向左, $F_{21}$  方向水平向右,很显然, $F_{12}$  和  $F_{21}$  是一对作用力和反作用力的关系,它们满足牛顿第三定律。

**例 2**  $AB$ 、 $CD$  是两条相互垂直的导线如图 2 所示,分别通以电流  $I_1$  和  $I_2$ ,试分析  $I_1$  和  $I_2$  之间的相互作用。

**解析** 我们不妨先考虑  $I_1$  对  $I_2$  的作用,由于  $CD$  电流分处  $AB$  左右两侧,因此我们把  $CD$  电流以  $AB$  为界看作两段

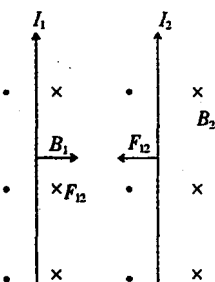


图 1

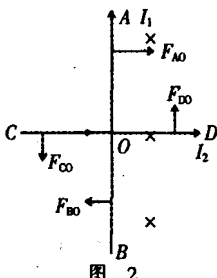


图 2

电流元  $CO$  和  $DO$ ,利用安培定则不难判断: $CO$  电流受到的磁场力  $F_{CO}$  向下, $DO$  电流受到的磁场力  $F_{DO}$  向上;同理  $AB$  电流的两电流元  $AO$  受到磁场力  $F_{AO}$  向右, $BO$  电流受到磁场力  $F_{BO}$  向左。这时我们发现: $AB$  和  $CD$  之间的相互作用不再满足牛顿第三定律,少数思路敏捷、思维严密的学生自然要问:牛顿第三定律在此成立吗?作为中学物理教师,我们该如何面对这一问题?

我们知道,点电荷之间的相互作用规律——库仑定律是静电场的基本规律;电流之间的相互作用规律——安培定律是稳恒磁场的基本规律。由于稳恒电流只能存在于闭合回路中,而闭合回路的形状、大小可以千变万化;两载流闭合回路之间的相互作用又与它们的形状、大小和相对位置有关,这就迫使我们把相互作用着的两个载流回路分割为许多无穷小的线元,叫做电流元,只要知道了任意一对电流元之间的相互作用规律,整个闭合回路受的力就可通过矢量叠加计算出来,于是,安培通过几个精心设计的实验于 1820 年底得到了电流元间相互作用的公式:

$$dF_{12} = K \frac{I_1 I_2 dL_2 \times (dL_1 \times \hat{r}_{12})}{r_{12}^2}$$

式中  $dF_{12}$  为电流元 1 对电流元 2 的作用力, $K$  为比例系数, $I_1$ 、 $I_2$  分别表示它们的电流强度, $\hat{r}_{12}$  为沿  $r_{12}$  方向的单位矢量, $dL_1$ 、 $dL_2$  为两线元长度, $r_{12}$  为两电流元之间的距离。

双重矢积: $dL_2 \times (dL_1 \times \hat{r}_{12})$  的大小为  $dL_2 (dL_1 r_{12} \sin \theta_1) \sin \theta_2$ ,这就是  $dF_{12}$  的大小;其方向即为  $dF_{12}$  的方向,其中  $\theta_1$  为  $dL_1$  与  $\hat{r}_{12}$  的夹角, $\theta_2$  为  $dL_2$  与  $Q$  平面的夹角(即  $dL_1$  与  $\hat{r}_{12}$  组成的平面)这就是安培定律的完整表达式,故该公式全面反映了电流元 1 给电流元 2 的作用力。若

# 妙用晶体三极管测量小电容

魏永钦

濮阳县职业高中, 河南省濮阳市 457000

晶体三极管具有放大性, 即利用较小的电流变化可以产生较大的电流变化。在没有电容表的情况下, 借助于晶体三极管的放大性, 利用指针式万用表测量小容量电容可以产生意想不到的效果。

电容的基本特性是充电、放电。平时我们测电容有无容量时, 一般是指针式万用表拨到电阻档, 用黑、红两表笔碰触电容的两电极, 由于此时表笔与表内电池相连, 故有充电电流流过万用表, 万用表的指针会向右摆动一定角度, 随着充电的进行, 电容上的电量逐渐增多、电压上升, 因而充电电流逐渐变小直至到零, 表针也会回到 $\infty$ 位置。交换表笔重复上述过程几次, 如果表针每次都能摆到一定位置又回到 $\infty$ , 则表明电容

充、放电正常, 有容量。当然测量时应根据电容的大小来选择电阻档的档位, 从 $\times 1\Omega$ 档到 $\times 10k\Omega$ 档应依次对应于被测电容的容量逐渐变小, 在同一档位, 可以定性的比较两个电容的大小, 指针偏转的角度愈大表明容量愈大, 若指针不动表示电容无法再充电、放电, 即电容无容量。但用上述方法只能测量容量在 $2000pF$ 以上的电容, 若容量小于 $2000pF$ , 由于电容储存电量很少, 既使用万用表的 $\times 10k\Omega$ 档也看不到指针的摆动, 有时会错误地认为电容无容量。若借助于晶体三极管的放大性, 可以将测量范围延伸到几百 $pF$ 。方法为: 找一只型号为3DG6或3DG12的晶体管, 将万用表置于 $\times 10k\Omega$ 档, 现将电容两极分别与黑表笔和晶体管基极相碰, 一边碰一边观察表针

将公式中的下标对调, 即得到电流2元对电流元1的作用力 $dF_{21}$ 的表达式。

例3 求一对平行电流元之间的相互作用力, 二者都与连线垂直(如图3)。

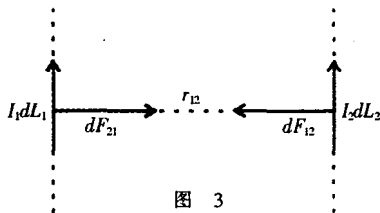


图 3

解析 计算电流元1给电流元2的作用力 $dF_{12}$ 时, 式中 $\theta_1 = \frac{\pi}{2}, \theta_2 = \frac{\pi}{2}, dL_1 \times \hat{r}_{12}$ 垂直纸面向里,  $dL_2 \times (dL_1 \times \hat{r}_{12})$ 沿连线与 $\hat{r}_{12}$ 方向相反, 即电流元1给电流元2以吸引力, 其大小为 $dF_{12} = K \frac{I_1 I_2 dL_1 dL_2}{r_{12}^2}$ 。

同理可以得到电流元2给电流元1的作用力 $dF_{12}$ , 我们发现这时 $dF_{21} = -dF_{12}$ 。

例4 求一对垂直电流元之间的相互作用力, 其中电流元1沿连线, 电流元2垂直于连线(如图4)。

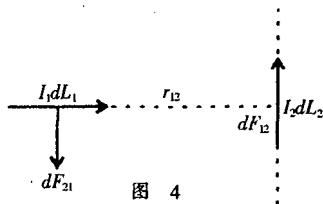


图 4

解析 计算电流元1给电流元2的作用力 $dF_{12}$ 时由于 $\theta_1 = 0, \therefore dF_{12} = 0$ , 但读者可验证, 电流元2给电流元的力 $dF_{21} \neq 0$ , 其方向如图4所示。

此例表明: 由安培定律表达式所确定的电流元之间的相互作用力不一定满足牛顿第三定律, 但是实际中不存在孤立的稳恒电流元, 它们总是闭合回路的一部分。可以证明, 若将安培定律的数学表达式沿闭合回路积分, 得到的合作用力总是大小相等, 方向相反的, 所以牛顿第三定律实际是成立的。若学生知道这一点, 他们不但不怀疑牛顿第三定律的正确性, 相反, 学生对这一定律的理解将更为深刻。

参考文献:

赵凯华, 陈熙谋.《电磁学》.[M] 高等教育出版社.

(栏目编辑 罗晚华)

