

中等师范学校课本

物理学

第三册

人民教育出版社

说 明

本书由阎金铎、张计怀、窦国兴三人合编。供四年制中等师范学校第四学年教学试用，也可供三年制和二年制中等师范学校教学选用或参考。在共同研究的基础上，第一、二章由张计怀执笔，第三、四、五章由阎金铎执笔，第六、七、八、九章和结束语由窦国兴执笔，全书由阎金铎定稿，并经雷树人审阅。

由于四年制和三年制中师最后一学年的物理课时相差较多，本书列入了较多的带*号的选学内容，供四年制中师选用。三年制中师的物理课时较少，这些选学内容可全部略去或只简要介绍其中的一些重要观点或结论。二年制中师可再删去一些其他教材。

由于编写时间仓促，本书不免会有不少缺点和错误，欢迎各校在试用过程中随时提出批评意见和修改建议。

目 录

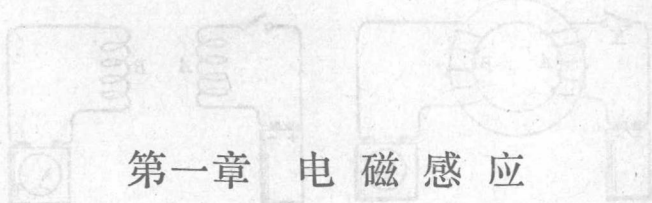
第一章 电磁感应	1
一、电磁感应现象	1
二、感生电流的方向 楞次定律	5
三、法拉第电磁感应定律	9
四、自感	14
*五、涡流	18
第二章 交流电和交流电路	21
一、交流电的产生	21
二、交流电的描述——周期、频率和相位	26
三、交流电的有效值	29
四、交流电路 感抗和容抗	31
*五、交流电的功率	36
*六、功率表和电度表	40
七、三相交流电	42
八、电能的输送和分配	45
九、变压器	47
*十、三相变压器	51
十一、电能的应用	54
十二、日光灯	56
*十三、三相异步电动机	58
十四、整流电路	62
第三章 机械波和声	70
一、波的产生	70
二、横波和纵波	73
三、波的描述	76

四、波的特性——衍射和干涉	81
五、驻波	85
六、声音的发生	88
七、声音的传播	92
*八、声音的感觉	97
九、音调 响度 音品	99
十、声音的共鸣	103
*十一、噪声	107
*十二、听不见的声音——次声波和超声波	108
第四章 电磁波和无线电通讯	111
一、电磁振荡	111
二、电磁振荡的周期和频率	114
三、电磁场的传播——电磁波	117
四、电磁波的发射	121
五、电磁波的接收	125
六、晶体三极管及其放大作用	129
*七、晶体管放大器	133
*八、晶体管收音机	138
*九、电视 雷达	142
第五章 光波和光学仪器	147
一、光源	147
二、照度	150
三、光的波动性	155
*四、光波的波长和频率	160
*五、光波是横波	164
六、波阵面和光线	167
七、光的反射	169
八、光的折射	172
九、全反射	178

十、光学仪器的基本元件——透镜	184
十一、透镜成像作图法	187
十二、透镜成像计算法	191
*十三、透镜的缺陷——像差	195
*十四、眼睛 眼镜	198
十五、常见的助视光学仪器 ——放大镜、显微镜、望远镜	201
十六、看不见的光	207
*第六章 近代时空观和相对论	212
一、古人的时空观	212
二、光速引起的困难	215
三、相对论的基本假设	219
四、相对论的时空观	224
五、相对论的速度合成定律	228
六、质量跟速度的关系	231
七、质量跟能量的关系	233
八、广义相对论简介	236
第七章 量子论	242
*一、热辐射的规律和量子论的产生	242
二、光电效应	246
三、光子说	249
四、光电效应的应用	253
五、光的波粒二象性	257
第八章 原子结构	260
一、原子核的发现	260
二、原子的光谱	264
三、氢原子光谱的规律	266
四、玻尔的原子假说	269
*五、电子的波动性	274

*六、量子力学	276
*七、原子的受激辐射 激光	279
第九章 原子核和粒子物理	284
一、放射现象的发现	284
二、放射性衰变的规律	287
三、探测微观粒子的方法	290
四、核反应 核的组成	295
五、核力 核的结合能	299
六、核的裂变	302
七、核的聚变	308
八、放射性同位素的生产 and 利用	310
九、放射性污染及其预防	315
*十、粒子物理	317
结束语	324
学生实验	325
一、研究电磁感应现象	325
二、用示波器观察交流电的波形	326
三、安装变压器模型	328
四、研究整流滤波电路	330
五、安装日光灯	331
六、测定声波的波长	332
七、用万用电表判别晶体三极管 的管脚, 并估测 β 值	333
*八、研究晶体三极管放大电路	335
*九、晶体管收音机的安装和调试	335
*十、利用双缝干涉测定光波的波长	336
十一、测定玻璃的折射率	337
十二、测定凸透镜的焦距	338
十三、组装显微镜、望远镜模型	339

十四、组装光电控制模型.....	340
附录一 国际单位制	341
附录二 常用的物理恒量	344



第一章 电磁感应

一、电磁感应现象

自 1820 年丹麦物理学家奥斯特发现电流的周围存在磁场后，人们就想到：既然电流能产生磁场，反过来是不是磁场也能产生电流呢？当时有很多科学家研究这个问题，获得了重要成果的是英国物理学家法拉第。他经过 10 年艰苦工作，终于在 1831 年发现了电磁感应现象，使人们对于电和磁之间的联系有了进一步的认识。



法拉第把两个线圈绕在一个铁环上，其中一个线圈接直流电源，另一个线圈接电流表(图 1-1)。他发现，当接电源的线圈的电路接通或断开时，接在另一线圈上的电流表的指针发生了偏转，说明该回路中出现了电流，这种电流叫做感生电流。在实验中他还发现，通电和断电时，电流表指针偏转的方向不同，而且每次产生的感生电流都是只有一瞬间，当通电线圈中的电流稳定以后，另一线圈中的感生电流便消失了。

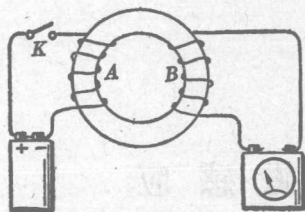


图 1-1

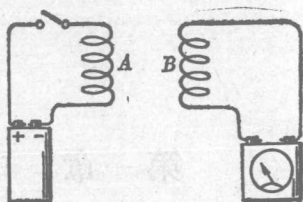


图 1-2

法拉第并不满足这些结果,他又进行了一系列的实验.他去掉铁环,并使两个线圈稍微分开一点(图 1-2),当给一个线圈通电或断电的瞬间,另一个线圈中也出现电流,但更弱些.如果只用一个线圈,把它跟电流表接通,然后把磁铁插入线圈或从线圈中拔出,在这插入和拔出的瞬间,线圈中也出现电流(图 1-3).这些实验现象说明,闭合线圈中的磁场发生变化时,线圈中就产生感生电流.

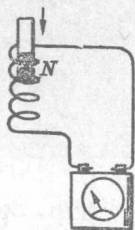


图 1-3

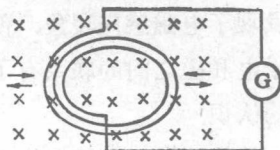


图 1-4

如果磁场不变,改变其他条件,能不能产生感生电流?
把一个闭合的多匝线圈放在匀强磁场中,使线圈平面跟磁场垂直,线圈的两端跟电流表相连.如果压缩或拉伸线圈,使线圈的面积缩小或扩大,就会发现线圈中也产生感生电流(图1-4).

此外,我们在初中已学过,当闭合电路的一部分导体跟磁场有相对运动而切割磁力线时,闭合电路中也产生感生电流(图 1-5)。可以看出,当导体做切割磁力线运动时,磁场通过线圈的面积也发生了变化。

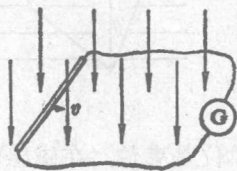


图 1-5

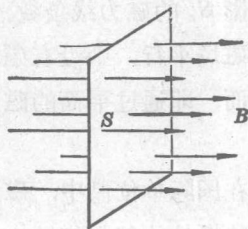


图 1-6

上面几个实验表明,产生感生电流的条件是,或者磁场发生变化,即磁感应强度 B 变化;或者磁场不变而闭合电路的面积 S 发生变化。这说明感生电流的产生是跟磁感应强度 B 和闭合电路的面积 S 两个因素的变化有关。为了统一描述这两个因素的作用,下面介绍一个新的物理量——磁通量。

假设在匀强磁场中有一个跟磁场垂直的平面,设磁场的磁感应强度为 B ,平面的面积为 S (图 1-6)。这时,磁感应强度 B 跟面积 S 的乘积,就叫做通过该平面的磁通量,简称磁通。如果用 ϕ 表示磁通量,则

$$\phi = BS.$$

我们知道,可以用磁力线的疏密来表示磁感应强度的大小。为了方便,通常规定在垂直于磁场的方向上,通过单位面积的磁力线条数,跟这里的磁感应强度的数值相等。这样,通过某面积的磁通量,就等于通过这一面积的磁力线条数。

当平面不跟磁场垂直时(图 1-7), 通过这平面的磁力线条数要比垂直时少, 因此磁通量也小. 从图中可以看出, 通过平面 S 的磁力线条数, 等于通过它的投影 S_n 的磁力线条数. 如果平面跟磁场平行, 则没有磁力线通过平面, 即通过平面的磁通量为零.

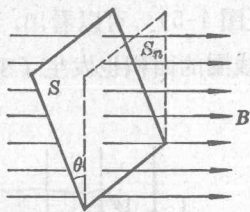


图 1-7

在国际单位制中, 磁通量的单位是韦伯. 在磁感应强度是 1 特斯拉的匀强磁场中, 通过跟磁场垂直的 1 米^2 的平面的磁通量, 就是 1 韦伯. 即

$$\text{韦伯} = \text{特斯拉} \cdot \text{米}^2.$$

有了磁通量的概念, 可以把产生感生电流的条件统一归结为磁通量的变化. 因为不论是磁场发生变化, 或是电路的面积发生变化, 只要通过闭合电路的磁通量发生变化, 闭合电路中就产生感生电流.

练 习 一

(1) 图 1-8 是匀强磁场中的一个正方形导线框, 线框平面跟磁场平行. 线框可以绕通过其中心 O 的三个轴 (Ox 、 Oy 、 Oz) 旋转, 试判断绕哪些轴旋转时有感生电流, 绕哪些轴旋转时没有感生电流, 并说明理由.

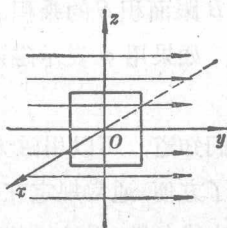


图 1-8

(2) 在通电的长直导线周围有 A 、 B 、 C 、 D 四个导线框， A 、 B 的平面跟直导线垂直， C 、 D 的平面跟直导线平行，它们的运动方向如图 1-9 所示，试判断哪个导线框中会产生感生电流？为什么？

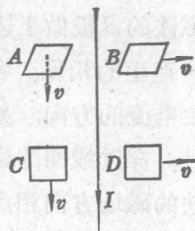


图 1-9

(3) 一个长 80 厘米，宽 60 厘米的矩形导线框，放在磁感应强度 $B = 0.04$ 特斯拉的匀强磁场中，线框平面垂直于磁场，通过线框的磁通量是多少？如果线框平面转到跟磁场平行的方向，通过线框的磁通量又是多少？在这个过程中磁通量的变化量是多少？

二、感生电流的方向 楞次定律

我们知道，通过闭合电路的磁通量发生变化时，电路中便产生感生电流，但在不同的情况下产生的感生电流的方向不同。那么，怎样判断感生电流的方向呢？为了研究感生电流方向的规律，我们用图 1-10 所示的仪器来做几个实验。把磁铁的 N 极插入线

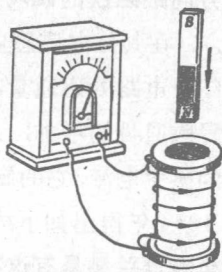


图 1-10

圈和从线圈中拔出时，线圈中感生电流的方向可以从电流计指针偏转的方向看出来。实验表明，磁铁的 N 极移近或插入线圈时产生感生电流的方向，跟它从线圈中拔出时产生的相

反。用磁铁的 S 极做上述实验时产生感生电流的方向，又跟用 N 极时产生的相反。各次实验中磁铁的运动方向和线圈中产生感生电流的方向，如图 1-11 所示。可以看出，当磁铁移近线圈时，穿过线圈的磁通量增加，这时感生电流的磁场方向跟磁铁的磁场方向相反，阻碍磁通量的增加(图1-11 甲)。

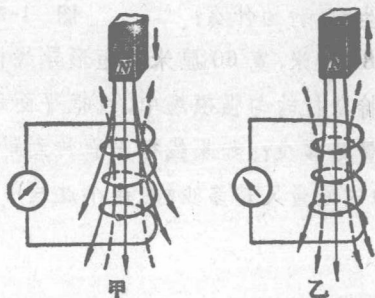


图 1-11

当磁铁远离线圈时，穿过线圈的磁通量减少，这时感生电流的磁场方向跟磁铁的磁场方向相同，阻碍磁通量的减少(图 1-11 乙)。在其他电磁感应现象中，也有相同的规律，即凡是由通过闭合电路的磁通量增加所引起的感生电流，它的磁场总是阻碍磁通量的增加；凡是由通过闭合电路的磁通量减少所引起的感生电流，它的磁场总是阻碍磁通量的减少。因此，楞次在 1834 年得出如下结论：

感生电流总是具有这样的方向，就是使感生电流的磁场阻碍引起感生电流的磁通量的变化。这就是楞次定律。

应用楞次定律可以判断各种情况下感生电流的方向。这时应注意的是，首先要查明原磁场的方向，再判断通过闭合电路的磁通量是增加还是减少，即磁通量是怎样变化的。最后

再根据楞次定律确定感生电流的磁场方向和电流方向。例如，在图 1-12 中有一导线框 $ABCD$ ，它的平面垂直于磁场，其中 CD 边可以移动。我们来判断当 CD 边以速度 v 向右运动时，线框中感生电流的方向。从图知道，原磁场方向是指向纸面内的，这时通过线框的磁通量是增加的，因此，根据楞次定律，感生电流的磁场应该阻碍磁通量的增加，它的磁场方向应跟原磁场方向相反。最后根据安培定则，从感生电流的磁场方向可知，导线框中的感生电流方向是沿 $CDAB$ 逆时针方向流动的。

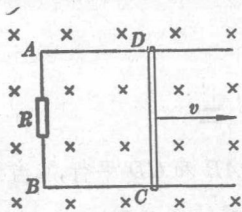


图 1-12

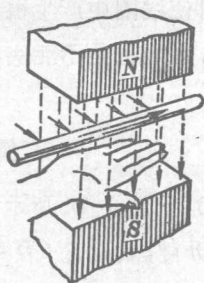


图 1-13

当然，在这个例子中，也可以用初中学过的右手定则来判断感生电流的方向。即伸开右手，让拇指跟其余四指垂直，并且都和手掌在一个平面内。让磁力线垂直穿过手心，拇指指向导体运动方向，其余四指就指向导体中感生电流的方向(图 1-13)。可以看出，它跟应用楞次定律所得的结果相同。右手定则只适用于导体切割磁力线运动时产生的电磁感应现象，而楞次定律反映的是普遍规律，所以右手定则只是楞次定律的一种特殊情况。

楞次定律是符合能量守恒定律的。例如，当磁铁的 N 极

移近线圈时(图 1-11), 线圈中感生电流的磁场跟 N 极是相斥的(这时的线圈相当于一个条形磁铁, 它的上端是 N 极). 因此, 必须有外力做功来克服这种斥力, 才能使磁铁接近线圈. 在这个过程中, 外力的功就转化为感生电流的电能. 这是符合能量守恒定律的. 假如不是这样, 当磁铁移近线圈时, 如果线圈中感生电流的磁场跟 N 极是相吸的, 那就不需要外力做功而磁铁会继续向下运动, 使线圈中继续产生感生电流. 这样, 只要稍微移动一下磁铁, 就可以使磁铁得到很大的机械能, 同时使线圈中产生很多的电能. 显然这是违背能量守恒定律的, 因而也是不能实现的.

练习二

(1) 如图 1-14 所示, 导线 AB 和 CD 平行, 当开关 K 闭合和断开时, 试确定 CD 中感生电流的方向.

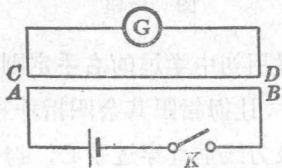


图 1-14

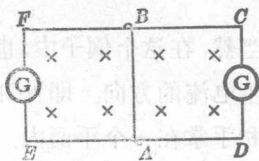


图 1-15

(2) 在图 1-15 中, 当导体 AB 在金属框 $CDEF$ 中向右移动时, 试确定 $ABCD$ 及 $ABFE$ 框中感生电流的方向.

(3) 在图 1-16 中, 一个横杆可以绕其中心的支点转动, 它的两端有两个金属环, 其中 A 环是闭合的, B 环有个开口,

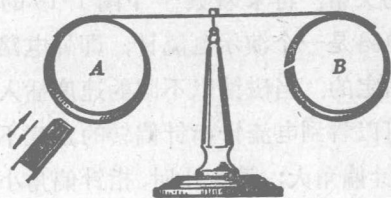


图 1-16

当用磁铁的 N 极移近 A 环或 B 环时，杆是否转动？方向如何？当 N 极远离 A 环或 B 环时，又将发生什么现象？

三、法拉第电磁感应定律

前面我们研究了感生电流的方向，现在来研究感生电流的大小跟什么有关系。我们知道，闭合电路中有电流，电路中必定有电源，因为电流是电源的电动势引起的。在电磁感应现象中，闭合电路中有感生电流，表明也有电动势。在电磁感应现象中产生的电动势，叫做感生电动势。产生感生电动势的那部分导体就相当于电源。如同前面讲的电动势一样，感生电动势也只因电源的特性有关，而跟电路的组成没有关系。

在电磁感应现象中，不管电路是否闭合，都会产生感生电动势，而感生电流只是在电路闭合时才产生，而且感生电流的大小除跟感生电动势的大小有关外，还跟电路的组成有关。因此，在电磁感应现象中，研究感生电动势比研究感生电流更重要。

感生电动势也是在磁通量发生变化时产生的，我们来研

究它们之间的关系。再来观察一下图 1-10 的实验。在这个实验中，外电路是一个演示电流计，即外电路的组成是不变的，电阻是固定的。当磁铁以不同的速度插入线圈或从线圈中拔出时，可以看到电流计指针偏转的角度不同。磁铁运动速度大时，指针偏角大；速度小时，指针偏角小。指针偏角的大小，反映通过电流计电流的大小，而电流的大小又反映感生电动势的大小。因此，上面的现象说明：当磁铁插入线圈或从线圈中拔出的速度大时，磁通量的变化快，产生的感生电动势大；速度小时，磁通量的变化慢，产生的感生电动势小。现在就闭合电路的一部分导体做切割磁力线运动产生的电磁感应现象，来讨论感生电动势的大小跟磁通量变化快慢的关系。

如图 1-17 所示，在磁感应强度为 B 的磁场中，有一个跟磁场方向垂直的矩形线圈，它的 AB 边在磁场中， CD 边在磁场外。在外力 F 作用下，线圈以速度 v 向左运动。设线圈 AB 边长为 l 。

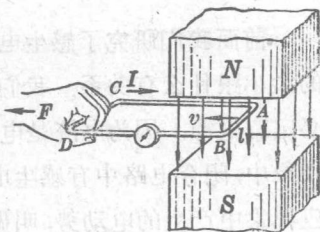


图 1-17

由于线圈运动时通过线圈平面的磁通量减少，线圈内将产生感生电流 I 。根据以前所学的知识，由于磁场对电流有作用力，线圈要受到向右的磁场力 F_m 的阻碍作用。当 $F = F_m$ 时，线圈开始做匀速运动。这时，线圈所受的磁场力 F_m 的大小为

$$F_m = IlB.$$

因为 $F = F_m$ ，外力对线圈所做的功为

$$W = Fs = Fv\Delta t = IlBv\Delta t.$$