

精

讲

gaozhong wuli jingjiang

高中物理精讲

三年 级



江苏教育出版社

高中物理精讲

(第三册)·

江苏省教育学会中学物理教学研究会
《高中物理精讲》编委会

编委名单(按姓氏笔画排列)

王溢然 朱文章 吴保让 束炳如
胡伯良 陆明德 贾广善 戴恒志

江苏教育出版社

高中物理精讲

(第三册)

江苏省教育学会 中学物理教学研究会

《高中物理精讲编委会》

责任编辑 朱宝栋

出版发行：江苏教育出版社

(南京马家街31号, 邮政编码：210009)

经 销：江苏省新华书店

印 刷：无锡春远印刷厂

(地址：无锡市南门外江溪桥 139 号, 邮政编码：214027)

开本 787×1092毫米 1/32 印张 8.25 字数 206,000

1997年9月第2版 1997年9月第1次印刷

印数 1—25,000 册

ISBN 7—5343—1462—3

G·1298 定价：6.40元

江苏教育版图书若有印刷装订错误, 可向承印厂调换

编者的话

当前,许多学生在学习物理时,注意力往往集中于题海之中,一定程度上将会影响学生智能的健康发展。因此,我们感到有必要为学生提供一套既有益于切实帮助学生理解、消化教材内容,又能在中学物理基础上有所拓宽、提高的参考书,希望把学生的注意力从题海中引导到对基本概念、基本规律的深刻理解的正确轨道上来。本书正是本着这样的宗旨编写的。

本书作者都长期工作在中学的教学教研第一线,对教材内容、教学方法都有较深入的研究,对中学生的现状也比较熟悉,能够较为恰当地把握教学要求和重点所在,也能抓住学生中普遍感到困惑的疑难杂症。我们希望能集中各位作者所在地及其本人长期积累的宝贵教学经验和教研体会,一起奉献给读者。

本书在写法上力求区别于教材又源于教材,即大体上按教学大纲的结构体例分章编写,但并没有面面俱到,而是有所选择,有所侧重。

(1) 全书以每章重点内容、核心规律或学生感到困难、作者感到有意义的问题为线索加以追踪、剖析、展开、归纳。这些方面的阐释比课本详细、深入,希望能帮助学生透彻理解、牢固掌握。

(2) 在有些知识的关键处恰当地加以扩展,并作详细分析。

(3) 本书还有机地渗入若干超过现行教材内容或有较深难度的问题, 希望在有助于领会基础知识、扩展学生认识领域的过程中, 也有助于发展学生的思维能力。当然, 为了照顾广大学生的可读性, 这些内容所占的比重较小。

(4) 编写中考虑到学生自我练习的需要, 每章也附有少量练习题(书后有答案备查)。

全书共分三册, 可供高中各年级学生选用。第三册的执笔者为: 第十六章许洪生, 第十七章张有光, 第十八章孙宇明, 第十九章王长明, 第二十章黄世荣, 第二十一章包浩然, 第二十二章汪仁。本书的编写出版工作得到江苏省教育学会、江苏教育出版社以及江苏省中学物理教学研究会会员同志们的许多支持和帮助, 书中绝大部分插图由王益林同志绘制, 在此一并表示谢忱。

《高中物理精讲》出版数年来, 深受广大师生欢迎, 已多次再版。热心的读者给出版社和编委会寄来宝贵的意见。在此基础上由贾广善和周久磷老师对本书进行了修改, 特别是对每章的思考与练习进行了全面更新, 以提高质量。

由于学会对组织编写书稿缺乏经验, 又限于编委的水平, 书中难免会有错误和不妥之处, 请读者使用后予以指正。

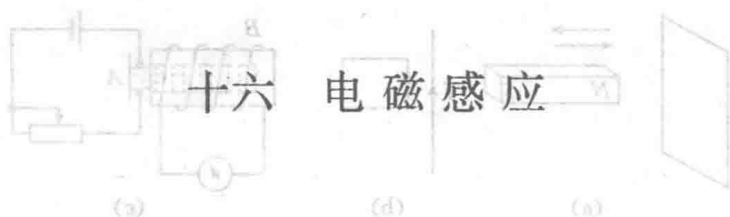
江苏省教育学会中学物理教学研究会

《高中物理精讲》编委会

1996年6月

目 录

十六	电磁感应	1
十七	交流电	51
十八	电磁振荡和电磁波	87
十九	几何光学	98
二十	光的本性	164
二十一	原子结构	191
二十二	原子核	216
	参考答案	255



十六 电磁感应

(一) 感生电流

左力右流

1. 感生电流的产生

(1) 感生电流产生的一般条件

导体在磁场中作适当的相对运动(即切割磁力线运动)将产生感生电流。这是法拉第得到的结论。导体是否一定要与磁场发生相对运动并切割磁力线才能产生感生电流呢?不一定。实验证明:不论导体与磁场是否发生相对运动,只要通过闭合电路内的磁通量发生变化,闭合电路中就有感生电流产生。

注意,感生电流产生的条件是电路闭合和穿过电路内部磁通量发生变化,两者缺一不可。

那么,闭合电路内部的磁通量发生变化有哪几种途径呢?

根据公式 $\Phi = BScos\alpha$, 改变电路内部磁通量主要有如下几种途径:

① 磁感应强度 B 发生变化,引起闭合线圈内部磁通量的变化。

例如,图 16-1(a)所示,在条形磁铁的不均匀磁场中,有一形状一定的闭合线圈,当线圈与条形磁铁位置发生变化时,线圈所在位置处磁感应强度也发生变化,进而引起线圈内部磁通量发生变化。

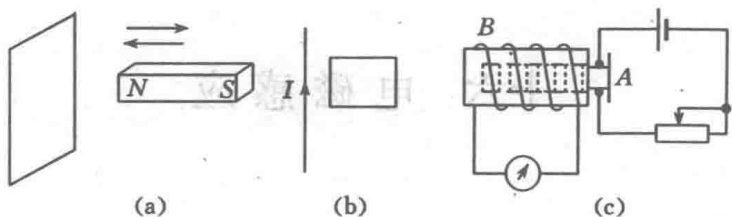


图 16-1

如图 16-1(b)所示,在通电直导线的周围有一形状一定的线圈,当线圈远离或靠近直导线,或直导线中电流强度发生变化时,从而使线圈所在处的磁场发生变化,引起线圈内部磁通量发生变化。

如图 16-1(c)所示,线圈 A 置于线圈 B 内,当线圈 A 内的电流发生变化时,线圈 A 内的磁场也发生变化,进而使线圈 B 中磁通量发生变化。

② 闭合线圈面积发生变化,引起闭合线圈内部磁通量发生变化。

例如,在恒定磁场中,闭合导线由三角形变为圆形时[图 16-2(a)],其面积发生变化(由小变大),从而引起线圈中的磁通量发生变化;闭合导线的一个边运动,使面积变大[图 16-2(b)],从而引起线框内部磁通量发生变化。

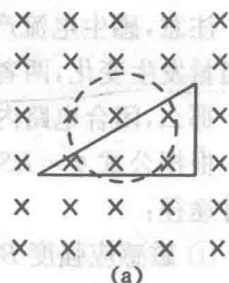


图 16-2

当形状一定的线框在进入或离开某一稳定的磁场时,其置于磁场中的线框面积将发生变化,[图 16-2(c)],则穿过闭合线圈的磁通量也将发生变化。

③ 置于磁场中的闭合线圈平面与磁感应强度 B 的方

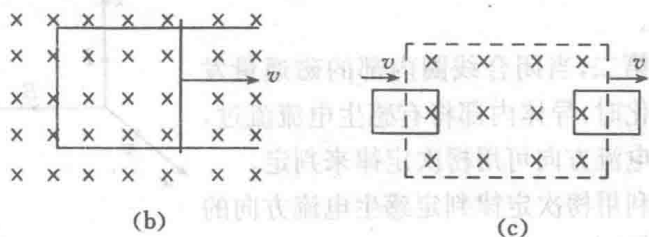


图 16-2

向之间的夹角发生变化,如图 16-3 所示,闭合线圈内的磁通量将发生变化。

当面积为 S 的线圈从垂直于 B 的方向转动一个角度 α 时,可当作线圈垂直于 B 的面积发生变化。我们称垂直于磁力线方向上的面积为磁力线穿过的有效面积,其大小为 $S \cos \alpha$ 。

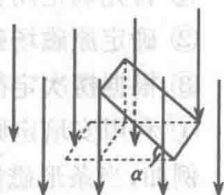


图 16-3

(2) 感生电流方向的判定

感生电流方向的判定可分两种情况。

第一,在闭合线圈的一部分作切割磁力线运动时,线路中将有感生电流流过。这时感生电流方向可用右手定则判定,具体步骤如下:

伸出右手,使拇指与四指垂直,并跟手掌在同一平面内,使磁力线穿过掌心,如果拇指所指的是切割磁力线方向,那么四个手指所指的方向就是感生电流方向,如图 16-4 所示。

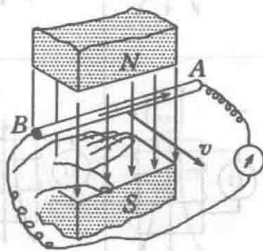
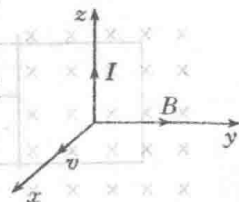


图 16-4

在利用右手定则判定感生电流

方向时, B 、 v 、 I 三维空间关系如图 16-5 所示。



第二, 当闭合线圈内部的磁通量发生变化时, 导体内部将有感生电流流过, 感生电流方向可用楞次定律来判定。

利用楞次定律判定感生电流方向的步骤如下:

图 16-5

- ① 首先确定闭合回路中引起感生电流的原磁场方向;
- ② 确定原磁场磁通量是如何变化的, 即增大还是减小;
- ③ 根据楞次定律确定感生电流的磁场方向;
- ④ 利用安培定则确定感生电流方向。

例如, 当条形磁铁插入或离开闭合螺线管时, 螺线管中将产生感生电流。其感生电流方向的判定如下表:

判定步骤 磁铁运动情况	确定线圈内原磁场的方向	磁通量 Φ 增减	感生电流磁场方向	感生电流方向

在利用楞次定律判定感生电流方向时,必须注意:“阻碍”不是阻止;阻碍磁通量的变化——磁通量增加时,阻碍增加(感生电流磁场和原磁场方向相反,起抵消作用);磁通量减少时,阻碍减少(感生电流磁场和原磁场方向一致,起补偿作用)。

右手定则和楞次定律,作为判断感生电流方向的两种方式,表述尽管不同,但其本质是完全一致的。

例如,在图 16-4 中,当 AB 导线向右运动时,我们也可以利用楞次定律来判定感生电流的方向:导体 AB 向右运动时,闭合电路的面积减小,穿过闭合电路内部的磁通量将减少。根据楞次定律,感生电流的磁场将阻碍原磁场磁通量的变化,即感生电流磁场方向与原磁场方向一致(垂直向下);根据安培定则,感生电流按顺时针方向流动,即从 $B \rightarrow A$ 。这与用右手定则所得结果是一致的。

由于磁感应强度的变化而引起闭合线圈中磁通量变化的情况,是否也可用导体切割磁力线的方法加以解释呢?法拉第曾说过:“磁力线的增减不是指磁力线总数的绝对增加或减少。所谓增加,是指存在于空间的磁力线向线圈内收缩;所谓减小,是指通过线圈的磁力线向线圈外空间的扩散。自然,这种增减必然要引起磁力线‘切割’导线”。法拉第的这段话,对两种判定方法在本质上的一致性作了很好的说明。

2. 楞次定律的应用

楞次定律判断感生电流的方向具有普遍意义,下面将通过具体例子的分析作重点说明。

(1) 现象解释

例 1 如图 16-6 所示,在两块磁铁中间,有一块可以自由摆动的金属板 A 。在金属板自由摆动的过程中,磁场将起到一个阻碍金属板摆动的作用,这种现象称为电磁阻尼。试解释

它的原理。

分析与解答 对于金属板 A , 我们可以认为它是由一系列线框组合而成(图 16-7)。当金属板 A 进入磁场时, 这些线框中的磁通量将增加。根据楞次定律, 这些线框中的感生电流的磁场将阻碍原磁场磁通量的增加, 由此可知感生电流的磁场方向与原磁场的方向相反(图中 ϕ 为原磁场磁通量, ϕ' 为感生电流产生的磁场的磁通量)。因此可以确定 A 板中感生电流方向。根据左手定则, A 板将受到一个阻碍其运动的磁场力 F 的作用。

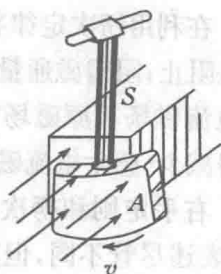


图 16-6

当金属板 A 离开磁场时, 构成金属板 A 的各线框中的磁通量将减少。

根据楞次定律, 这些线框中感生电流磁场将阻碍原磁场的磁通量减少, 从而形成与进入磁场时 A 板中相反的感生电流, 根据左手定则可以确定, 金属板 A 将受到一个阻碍其离开磁场的磁场力 F' 的作用(F' 的方向与 F 方向相反), 从而使 A 板摆动减慢。

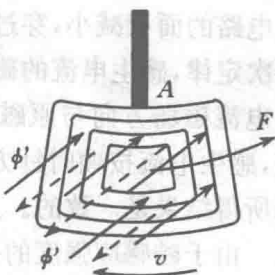


图 16-7

这个问题也可用能量守恒的观点来解释。金属板 A 在进入与离开磁场的过程中, 由于金属板 A 中将产生感生电流, 从而使 A 板的动能转化为电能, 因而 A 板的动能减少。即磁场将起到一个阻尼 A 板振动的作用。

例 2 如图 16-8 所示, 将一铁心插入一线圈 L 内, 铝环 A 套于铁心上, 并能上下自由移动。线圈 L 两端接一电源, 在

接通电源的瞬间, A 环将立即上跳。这一实验称跳环实验。试解释之。

分析与解答 电源可分“直流”、“交流”两种, 现分述如下。

当电源为直流电源时, 线圈 L 接通电源的瞬间, L 中电流增大, 铁心中随之产生磁场(磁力线如图 16-9 中的 ϕ 所示)。根据楞次定律, A 环中的感生电流磁场将阻碍原磁通量的增加, 从而形成的感生电流磁场与原磁场方向相反(如图 16-9 中 ϕ' 所示), 其感生电流方向与 L 中电流方向相反。由于感生电流磁场与原磁场的相斥作用, 从而使 A 环反弹上跳。

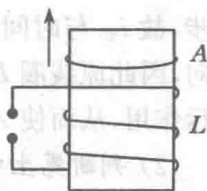


图 16-8

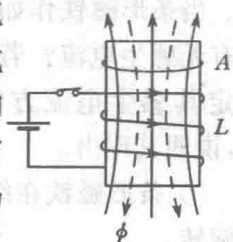


图 16-9

当电源为按正弦规律变化的交流电源时, 在不考虑线圈 L 的自感及 L 与 A 的互感等理想情况下, 线圈中电流产生的

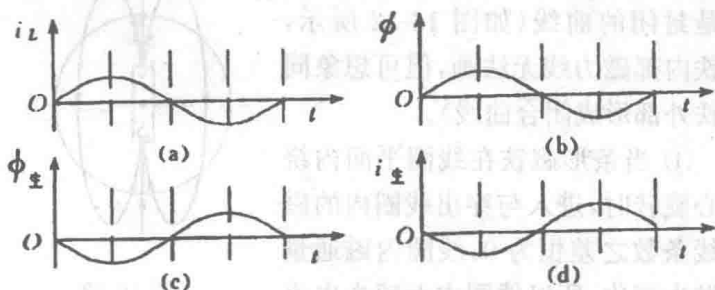


图 16-10

磁场其磁通量 ϕ 将与电流 i_L 同步, 故 $\phi-t$ 图象见图 16-10(b)。根据楞次定律, 在 A 环中产生的感生电流的磁场总是阻碍原磁场的变化, 故感生电流磁场的磁通量 $\phi_{\text{生}}$ 与时间 t 关系如图

16-10(c)。在略去磁滞效应情况下,则 $\phi_{\text{生}}$ 与 A 环中感生电流同步,故 $i_{\text{生}}$ 与时间 t 关系如图 16-10(d)。由此可见, $i_{\text{生}}$ 与 i_L 反向,因此原线圈 L 中电流磁场与 A 环中感生电流磁场产生排斥作用,从而使 A 环向上弹去。

(2) 判断感生电流方向

例 3 有一个闭合的圆形线圈,在其中心放置一条形磁铁,见图 16-11。当条形磁铁作如下运动时,线圈中有无感生电流?若有感生电流,试判定其感生电流方向;若无感生电流,说明其理由。

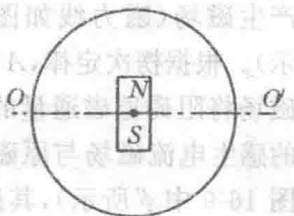


图 16-11

① 条形磁铁在线圈平面内绕中心旋转。

② 条形磁铁在线圈平面内平动。

③ 条形磁铁绕轴 OO' 开始旋转瞬间。

分析与解答 条形磁铁的磁力线是封闭的曲线(如图 16-12 所示,磁铁内部磁力线无法画,但可想象同磁铁外部形成闭合曲线)。

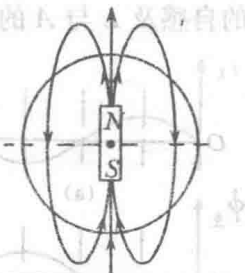


图 16-12

① 当条形磁铁在线圈平面内绕中心旋转时,进入与穿出线圈内的磁力线条数之差恒为 0,线圈内磁通量不发生变化,所以线圈内无感生电流产生。

② 同理,当条形磁铁在线圈平面内作平动时,进入与穿出线圈内部的磁力线条数也恒为 0,因而线圈内磁通量也不发生变化,线圈内无感生电流。

③ 当条形磁铁绕轴 OO' 开始旋转瞬间, 穿过线圈的磁力线条数由零变为不为零(注意: 是穿出、穿入的代数和不为零), 如图 16-13。若旋转方向是 N 极向纸内、 S 极向纸外, 根据楞次定律, 线圈中感生电流按逆时针方向流动。

当条形磁铁绕 OO' 旋转且 N 极向纸外、 S 极向纸内, 同理可判定, 线圈内感生电流按顺时针方向流动。

这个问题用右手定则判定较方便, 读者可自己试解。

例 4 如图 16-14, 接通电源后, 将可变电阻器滑动触点 C 向左(或右)移动时, L_2 中有无感生电流? 若有感生电流, 判定其方向。



图 16-13

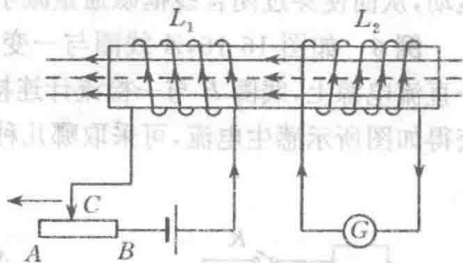


图 16-14

分析与解答 电源接通后, L_1 中电流如图 16-14 所示。在铁心中磁力线方向见图中 ϕ 。当 C 向左移动时, 电路电阻增大, 电路中电流减小, 故 ϕ 减少。在 L_2 中因磁通量发生变化, 所以 L_2 中有感生电流。根据楞次定律, 感生电流的磁场将阻碍原磁场磁通量的减少, 故感生电流磁场见图中虚线 ϕ' 。根据安培定则, 在 L_2 中感生电流方向如图所示。

同理, 当触点 C 向右移动时, 感生电流方向与图 16-14 中方向相反。具体判定从略。

例 5 在一通电直导线附近放置一矩形线圈。若要在矩

形线圈中获得顺时针方向流动的电流,可采用哪些方法?

分析与解答 直导线中通有如图 16-15 所示的电流时,在线圈中将有如图所示的磁力线穿过。为了在线圈中获得顺时针方向流动的电流,根据安培定则,感生电流的磁场与原磁场方向相同,则必须使原磁场穿过闭合线圈的磁通量减少。为此可采用以

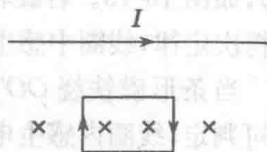


图 16-15

下两种办法:第一,线框位置不变,使 I 减小, I 减小,穿过闭合线框中的磁通量亦减少;第二, I 不变,使线框远离直导线运动,从而使穿过闭合线框磁通量减小。

例 6 如图 16-16, A 线圈与一变阻器、开关串联后接在一直流电源上,线圈 B 与一检流计连接。为了能在 B 线圈中获得如图所示感生电流,可采取哪几种方法?

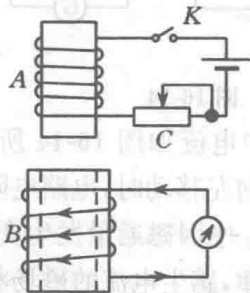


图 16-16

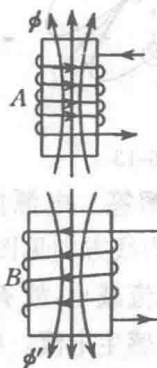


图 16-17

分析与解答 当 A 线圈接通电源后,在 A 线圈中将有如图 16-17 所示电流,故在线圈 A 中磁力线方向如图中 ϕ 。

因 B 线圈中感生电流方向如图所示,根据安培定则, B

线圈中磁力线方向如图中 ϕ' 。可见 ϕ 与 ϕ' 反向。

根据楞次定律：当 B 线圈中原磁场磁通增加时，方可能使感生电流磁场的磁通方向与原磁场磁通方向相反。为此，可用下面两种方法在 B 线圈中产生所要求的电流：

第一，保持 A 、 B 线圈位置不动将 K 闭合，或接通 K 后将变阻器触点向左移动，使 A 线圈中电流增大，从而使 B 线圈中磁通量增大。

第二，将 K 闭合电流达到稳定后，将 A 线圈移近或插入 B 线圈中，使 B 线圈中磁通量增大。

由以上例题可以看出，应用楞次定律分析解决问题时，抓住原磁场磁通变化情况及原磁场与感生电流磁场间的相互关系乃是解决问题的关键。

（二）感生电动势大小

1. 感生电动势大小

在电磁感应现象中，感生电动势的大小由下面两公式决定：

$$\mathcal{E} = Blv \sin \theta \quad (1)$$

$$\mathcal{E} = -n \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \quad (2)$$

下面我们来讨论一下应用这两个公式时应注意的几个问题。

(1) L 是导体的有效切割长度

例7 如图 16-18 所示，有一导线 $\overline{AB}$ 长为 l ，在磁场中运动。已知磁感应强度为 B ，导线 $\overline{AB}$ 运动速度为 v ， v 与 $\overline{AB}$ 间夹角为 α 。求 $\overline{AB}$ 产生的感生电动势 $\mathcal{E}$ 的大小。