

河南省高中试用课本

物理第三册

教学参考资料

新乡师范学院物理系编

(上)

河南人民出版社

目 录

第一章 磁场 电磁感应	(1)
第一节 磁感应强度 磁通量	(1)
第二节 磁场对通电线圈的作用	(8)
第三节 磁场对运动电荷的作用	(10)
第四节 电磁感应	(13)
第二章 交流电	(30)
第一节 正弦交流电	(30)
第二节 几种简单的交流电路	(56)
第三节 电阻、电感、电容的串联电路	(71)
第四节 交流电的功率	(76)
第五节 三相交流电	(84)
第三章 变压器和电动机	(107)
第一节 变压器的工作原理	(107)
第二节 电力系统及输电线路	(112)
第三节 二线一地制输电线路	(116)
第四节 三相感应电动机的基本原理	(118)
第五节 三相鼠笼式感应电动机的起动	(130)
第四章 振动与波	(141)
第一节 机械振动	(141)
第二节 机械波	(155)
第五章 光的本性	(166)
第一节 光的波动性	(166)

目 录

第一章 磁场 电磁感应	(1)
第一节 磁感应强度 磁通量	(1)
第二节 磁场对通电线圈的作用	(8)
第三节 磁场对运动电荷的作用	(10)
第四节 电磁感应	(13)
第二章 交 流 电	(30)
第一节 正弦交流电	(30)
第二节 几种简单的交流电路	(56)
第三节 电阻、电感、电容的串联电路	(71)
第四节 交流电的功率	(76)
第五节 三相交流电	(84)
第三章 变压器和电动机	(107)
第一节 变压器的工作原理	(107)
第二节 电力系统及输电线路	(112)
第三节 二线一地制输电线路	(116)
第四节 三相感应电动机的基本原理	(118)
第五节 三相鼠笼式感应电动机的起动	(130)
第四章 振动与波	(141)
第一节 机械振动	(141)
第二节 机 械 波	(155)
第五章 光的本性	(166)
第一节 光的波动性	(166)

第二节	光的色散	(171)
第三节	物体的颜色	(173)
第四节	红外线 紫外线 伦琴射线	(175)
第五节	光的粒子性	(177)
第六节	光的本性	(183)
第七节	德布罗意波 微观粒子的波粒二象性	(185)
第六章	电子技术基础	(188)
第一节	半导体的基本原理	(189)
第二节	晶体二极管和整流器	(194)
第三节	晶体三极管及其放大原理	(207)
第四节	晶体三极管的特性曲线和负载线	(217)
第五节	晶体三极管的直流电源供应方法	(221)
第六节	电 磁 波	(224)
第七节	再生来复式收音机的电路分析	(236)
第八节	晶体管超外差式收音机	(260)
第九节	黑白电视	(286)
第十节	雷 达	(296)
第十一节	电子自动控制电路	(300)
第十二节	可控硅简论	(305)
第七章	原子结构	(323)
第一节	原子的核式结构	(323)
第二节	氢原子的能级和光谱	(329)
第三节	激 光	(336)
第八章	原子核和原子能	(350)
第一节	原子核的某些基本性质	(350)

第二节	天然放射现象和放射性衰变的规律	(358)
第三节	核 反 应	(370)
第四节	原子核释放能量的原理	(375)
第五节	重核裂变及其应用	(377)
第六节	轻核聚变及其应用	(389)

第一章 磁场 电磁感应

第一节 磁感应强度磁通量

一、磁感应强度 B 与磁通量:

我们已经知道, 电场是物质的一种形式。它的存在可以通过试验电荷间接地感觉到。其原因就在于电场对试验电荷有电场力的作用。电场是用一个由 $\frac{\vec{F}}{q}$ 确定的叫电场强度的矢量 $\vec{E}$ 来描述其特性的。为什么电场可以用 $\vec{E}$ 来描述呢? 那是因为由 $\frac{\vec{F}}{q}$ 确定的矢量 $\vec{E}$ 有这样的特点, 对电场中同一点, $\frac{\vec{F}}{q}$ 总是一定值, 而对不同点, $\frac{\vec{F}}{q}$ (一般说来) 就不一样。这说明 $\frac{\vec{F}}{q}$ 是一个只与电场本身在该点的特性有关的量, 它可以反映电场对电荷作用力的强弱情况。所以可用它来描述电场。

从初中课本里已知, 磁铁与磁铁、磁铁与电流、电流与电流之间都有力的作用。这种力叫磁力。而磁力就是通过磁铁、电流周围的磁场发生作用的。所以磁场和电场一样是物质的一种形式。电场是用 $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ 来确定的。那么磁场是用什么来描述的呢?

为了确定磁场, 我们和研究电场一样, 也可以从电流在磁场中受力的情况来研究磁场。为此, 我们可利用图 1-1 所示的装置作如下的演示实验:

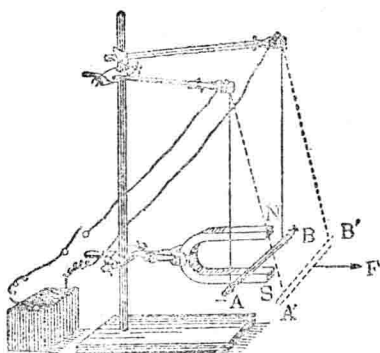


图 1-1

1. 与极面平行的放置一导线，使它与电源相连。改变 Il 的值，观察导线受力的情况，可以看出， Il 大，受力也大。

2. 换另一磁铁重作上述实验，可得相同结论。但可以看到，在 Il 相同、位置相同的条件下，两次所受之力不

同。这种不同当然是由于磁场不同所致。这说明磁场有强有弱。

3. 使导线与极面有夹角，我们会发现 F 随夹角不同而异。

由实验可知，导线受力的方向是平行极面并垂直于导线。从这些粗略的实验虽然不能得到定量的关系，但是它告诉我们，磁场是有方向的；载流导体在磁场中所受的力与导线长短、电流大小、电流在磁场中的取向以及磁场本身的强弱有关。

人们总结大量的实验材料得知：1. 在磁场中每一处存在一个特殊方向，当通电导线平行这个方向放置时，导线所受之力为零。这个方向可称为零力线的正方向。2. 电流的方向、零力线的正方向和导线受力之方向三者之间组成右手螺旋关系，即当我们以电流方向转向零力线正方向作为右螺旋转动方向时，导线受力的方向就在右螺旋前进的方向。或者说符

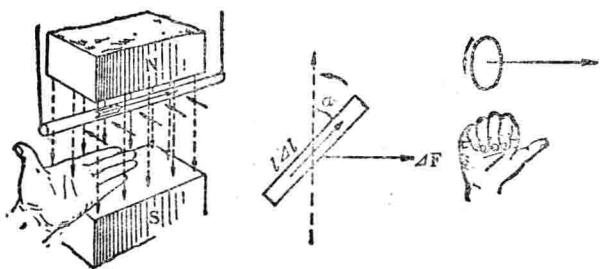


图 1-2

合左手定则，即伸开你的左手，使四指与拇指垂直，当手心对着零力线正方向且四指指向电流方向时，拇指所指的方向就是导线受力的方向（图 1-2）。载流导线受力之大小和电流的大小 I 、导线的长度 Δl 、电流与零力线正方向夹角的正弦三者的乘积成正比。即

$$\Delta F \propto I \Delta l \sin \alpha.$$

另外，对场中任一点， $\frac{\Delta F}{I \Delta l \sin \alpha}$ 是一个定值。不同点比值不同。这说明 $\frac{\Delta F}{I \Delta l \sin \alpha}$ 是一个只与场的特性有关的量。

根据这些事实我们可以引入一个矢量 $\vec{B}$ ：它的大小用场中各点的 $\frac{\Delta F}{I \Delta l \sin \alpha}$ 来量度，它的方向定为零力线的正方向，并用它来代表磁场的方向。显然这样的一个矢量 $\vec{B}$ 能反映磁场的强弱情况，这是因为在磁场中各点载流导线受的力为：

$$\Delta F = B I \Delta l \sin \alpha$$

在相同的 I 、 Δl 、 α 情况下， B 愈大， ΔF 愈大。同时如果磁

场中各点之 B 确定了,那么磁场的方向、强弱情况也就已知了。因此我们可用它来描述磁场。这个用 $\frac{\Delta F}{I \Delta l \sin \alpha}$ 量度的显示磁场强弱的物理量 $\vec{B}$ 称为磁感应强度矢量。

从 $\Delta F = BI \Delta l \sin \alpha$ 可知,当 $\alpha = 90^\circ$, Δl 为单位长度, I 为单位电流强度时, ΔF 的值正好等于 B 的大小。所以磁场中某点的磁感应强度的值,等于在该点垂直于磁场方向放置的通有单位电流强度并具有单位长度的载流导线所受的力。

对于这种定义 $\vec{B}$ 的方法我们要作以下说明:

1. 由于一般情况下磁场的强弱、方向都是逐点变化的,要用 $\frac{\Delta F}{I \Delta l \sin \alpha}$ 来确定 B ,其中载流导线必须作得很短很细,以致它的引入不影响原场的分布,而且在它所处之范围内,磁场可认为是均匀的。只有在这种条件下 $\frac{\Delta F}{I \Delta l \sin \alpha}$ 才能反映该处磁场的特性。

2. 由于要取满足上述要求的短细导线往往很困难,尤其是要给这段导体通电,必须有其他导体与它连接,这样既不影响原场又要使 $I \Delta l$ 单独受力是很难实现的。所以以上结论不是直接实验结果,而是总结实验事实提出的。

磁场和电场一样也可以用磁力线形象地描绘出来。

用磁力线描绘磁场是在磁场中画一些曲线,使这些曲线在它经过的各点处,它的切线方向和该点 $\vec{B}$ 的方向一致。同时为了使磁力线能描绘磁场的强弱,在画磁力线的条数时应按下述规定:使穿过垂直磁场方向的单位面积的磁力线数等于该处磁感应强度的数值。根据这个规定我们就可以从磁

力线的疏密情况判定各处磁场的强弱分布。

若有一垂直磁场方向的面积 S ，且穿过这个面的磁力线条数为 Φ ，那么

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

于是可得 $\Phi = BS$ 。

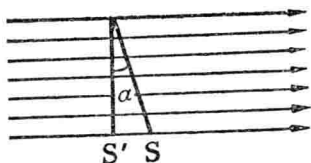


图 1-3

如果已知 Q 点处磁感强度为 B ，面积为 S 的平面 P

与磁场方向不垂直，而是成一夹角 α ，要求穿过这个面积的磁力线条数，我们可以先求出 S 面在磁场的垂直方向上的投影面积 S' 为：

$$S' = S \cos \alpha$$

然后按前面的规定 $B = \frac{\Phi}{S'}$ 就可以求得穿过 S 的磁力线条数 Φ ：

$$\Phi = BS' = BS \cos \alpha。$$

这里的 Φ 就是磁通量。所以磁通量就是指穿过磁场中某面积的磁力线条数。

因在实用制中，力的单位为牛顿， I 的单位为安培，长度的单位为米，故磁感应强度和磁通量的单位可由下面讨论决定。

$$\begin{aligned} [B] &= \frac{\text{牛顿}}{\text{安培} \cdot \text{米}} = \frac{\text{焦耳}}{\text{安培} \cdot \text{米}^2} = \frac{\text{安培} \cdot \text{伏特秒}}{\text{安培} \cdot \text{米}^2} = \frac{\text{伏特} \cdot \text{秒}}{\text{米}^2} \\ &= \text{韦伯} / \text{米}^2 \end{aligned}$$

$$1 \text{ 韦伯} = 1 \text{ 伏特} \cdot \text{秒}。$$

磁感应强度的另一单位为高斯：

$$1 \text{ 高斯} = 10^{-4} \text{ 韦伯/米}^2$$

高斯为厘米·克·秒制单位。

在实用单位制中，磁通量的单位是韦伯。

$$[\Phi] = [BS] = \frac{\text{韦伯}}{\text{米}^2} \cdot \text{米}^2 = \text{韦伯}。$$

在厘米·克·秒制中，磁通量的单位为麦克斯威。

$$1 \text{ 麦克斯威} = 1 \text{ 高斯} \cdot \text{厘米}^2$$

所以

$$1 \text{ 韦伯} = 10^4 \text{ 高斯} \times (100 \text{ 厘米})^2 = 10^8 \text{ 麦克斯威}。$$

练习解答

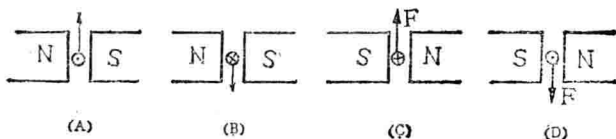
1. 变压器铁芯横截面积为 $16[\text{厘米}]^2$ ，已知磁感应强度为 11000 高斯，求磁通量。

解： $\Phi = B \cdot S = 11000[\text{高斯}] \times 16[\text{厘米}]^2 = 176000 \text{ 麦克斯威} = 1.76 \times 10^{-3} \text{ 韦伯}。$

2. 有一电磁铁，截面积为 $8[\text{厘米}]^2$ ，已知垂直通过这面积的磁通量为 88000 麦克斯威，求磁感应强度。

$$\text{解： } B = \frac{\Phi}{S} = \frac{88000(\text{麦克斯威})}{8(\text{厘米})^2} = 11000 \text{ 高斯}$$

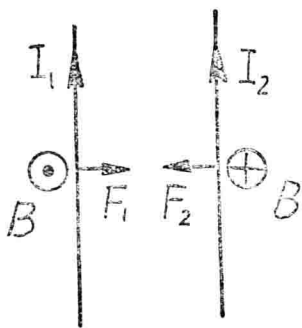
3. 试标出下图(A)、(B)中作用在通电导体上的磁场力的方向，以及图(C)、(D)中电流的方向。



4. 下图是两条互相平行的导线，给它们通入方向相同的电流时，它们就相互吸引，为什么？

答：如图所示 I_1 在 I_2 处的磁场方向与纸面垂直向里，电流 I_2 受此磁场力 F_2 的方向由左手定则判断为向左。同理， I_2 在 I_1 处的磁场方向与纸面垂直向外，电流

I_1 受此磁场力 F_1 的方向为向右，所以两电流是相互吸引的。



5. 右图是通入相反方向电流的两条导线，它们相互排斥，为什么？

答：如图所示 I_1 在 I_2 处的磁场方向向外， I_2 受此磁场力 F_2 方向向右， I_2 在 I_1 处的磁场方向向外， I_1 受此磁场力

F_1 方向向左，所以两电流是相互排斥的。

6. 在匀强磁场中有一条长 7 厘米的导体，其中的电流为 2 安培，如果磁感应强度为 500 高斯，求：

(1) 电流的方向跟磁场方向垂直时，导线受到的作用力是多大？

(2) 电流的方向与磁场方向成 30° 夹角时，导线受到的

作用力是多大?

解: (1) 由 $F = BIl\sin\theta$, 在 $\theta = 90^\circ$ 时,

$$\begin{aligned} F &= BIl = 500 \times 10^{-4} \times 2 \times 7 \times 10^{-2} \\ &= 0.007 \text{ (牛顿)} = 700 \text{ 达因} \end{aligned}$$

(2) 在 $\theta = 30^\circ$ 时。

$$\begin{aligned} F' &= BIl\sin 30^\circ = 500 \times 10^{-4} \times 2 \times 7 \times 10^{-2} \times \frac{1}{2} \\ &= 0.0035 \text{ (牛顿)} = 350 \text{ 达因} \end{aligned}$$

第二节 磁场对通电线圈的作用

如图 1-4 所示的矩形线圈, 在线圈平面和 B 的方向平行时, ab 边受到的磁场力为:

$$F_1 = Il_1 B$$

方向垂直于纸面向里。 cd 边受的磁场力为,

$$F_2 = Il_1 B$$

方向垂直纸面向外。

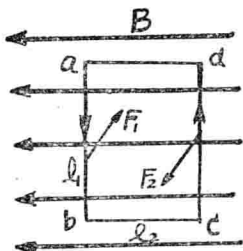


图 1-4

这两个力大小相等, 方向相反, 两力间的垂直距离为 l_2 。它们使线圈转动的力矩为

$$M = Il_1 B l_2 = ISB$$

如果线圈平面和 B 的方向不平行, 而有一交角 θ 时(图1-5), 则 F_1 和 F_2 间的垂直距离为 $l' = l_2 \cos\theta$, 使线圈转动的力矩为:

$$M = Il_1 B l_2 \cos\theta = ISB \cos\theta$$

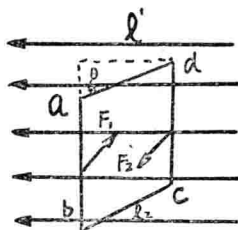


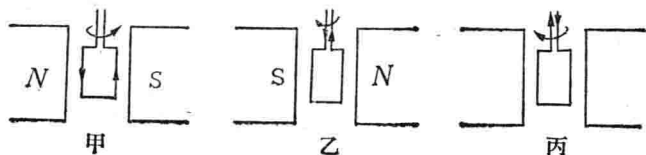
图 1-5

此时虽然 ad 和 bc 边也受到磁场力的作用，但两力间的垂直距离为零，力矩为零。

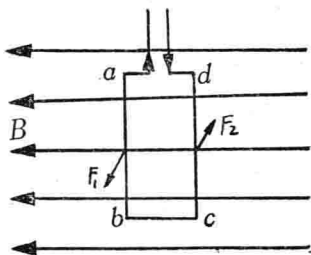
从上述可知，通电线圈在磁场中要受到力矩的作用，因此线圈就会转动，这就是磁电式仪表的工作原理。关于磁电式仪表，请看课本内容，这里不再叙述。

练 习 题 解 答

1. 试确定下图所示的图（甲）中通过线圈的电流方向；图（乙）中线圈的转动方向；图（丙）中磁极的极性。



2. 一个绕有1000匝的矩形线圈，线圈的长和宽分别为20毫米和10毫米，通以100微安的电流，放在 $B = 1000$ 高斯的匀强磁场中(如右图)。试求：（1）线圈每一边所受的磁场力的大小和方向。



（2）线圈所受的磁力矩。

解：（1）因线圈平面与磁场方向平行，所以 ad 边和 bc 边受的磁场力为零， ab 边受的磁场力：

$$\begin{aligned} F_1 &= nIl_1B = 1000 \times 100 \times 10^{-6} \times 20 \times 10^{-3} \times 1000 \times 10^{-4} \\ &= 2 \times 10^{-4} \text{ 牛顿, 方向向外。} \end{aligned}$$

cd 边受的磁场力 F_2 大小与 F_1 相等, 方向向里。

(2) 线圈受的磁力矩:

$$M = 2 \times 10^{-4} \times 10 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-6} \text{ 牛顿米。}$$

第三节 磁场对运动电荷的作用

一个带电荷为 q 的粒子, 在磁场中以速度 v 垂直于磁场的方向运动, 求 q 所受的磁力。

为解决这个问题, 我们以载流导体为例来求解。我们知道当导体中有电流 i 时, 导体 Δl 上所受之力为:

$$\Delta F = Bi \Delta l \sin \alpha$$

当电流与磁场垂直时 $\alpha = 90^\circ$, 所以:

$$\Delta F = Bi \Delta l$$

我们知道, 导体中的电流是自由电子的定向运动形成的。导体受力是磁场对运动电荷的力的作用, 通过带电粒子和导体的原子碰撞而在导体上体现出来的。如果我们假定导体中单位体积内有 n 个带电粒子, 每个粒子都以速度 v 沿着导体运动, 而形成电流 i , 那么当导体的截面积为 s 时, Δl 长这段导体中应有 $n \cdot s \cdot \Delta l$ 个带电粒子。而 ΔF 就是所有这些粒子受的磁力的总和。

所以每个运动粒子所受之力,

$$f = \frac{\Delta F}{n \cdot s \cdot \Delta l} \quad \text{为求}$$

ΔF , 必须知道 i 和 q 、 v 的关系。因为 i 等于单位时间内通过截面 s 的电量, 如果

我们取另一截面 s' , 它在 s 的左边, 离 s 的距离等于 v ,

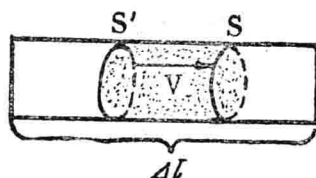


图 1-6

那么，在这两个面间的带电粒子都将在一秒钟内通过 s ，所以这些带电粒子的总电量就等于一秒钟通过 s 的电量，即等于电流强度的大小，而这个电量是 $n \cdot s \cdot v \cdot q$ ，故：

$$i = n \cdot s \cdot v \cdot q。$$

于是：

$$\Delta F = B \cdot n \cdot s \cdot v \cdot q \cdot \Delta l。$$

根据这个结果立即可求得，带电为 q 以速度 v 垂直于磁场方向运动的粒子所受之力为：

$$f = \frac{\Delta F}{n \cdot s \cdot \Delta l} = \frac{B \cdot n \cdot s \cdot v \cdot q \cdot \Delta l}{n \cdot s \cdot \Delta l} = B \cdot v \cdot q。$$

如果粒子不是垂直磁场方向运动而是以和磁场方向成 α 角的方向运动，那么：

$$f = qvB \sin \alpha。$$

这个磁场对带电粒子的作用力常称为罗伦茨力。

练习解答

1. 在 $B = 70$ 高斯的匀强磁场中，电子 ($q = -1.6 \times 10^{-19}$ 库仑， $m = 9.1 \times 10^{-28}$ 克) 运动的轨道是半径为 $R = 3$ 厘米的圆。已知 B 的方向与电子速度 V 的方向垂直。求：

(1) 电子运动的速度。

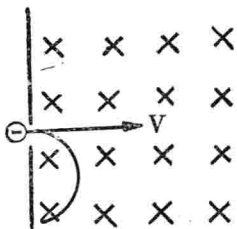
(2) 电子的动能。

$$\text{解： (1) } qVB = m \frac{V^2}{R}$$

$$\begin{aligned} \therefore V &= \frac{qBR}{m} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 70 \times 10^{-4} \times 3 \times 10^{-2}}{9.1 \times 10^{-31}} \\ &= 3.7 \times 10^7 \text{ (米/秒)。} \end{aligned}$$

(2) 电子的动能:

$$E = \frac{1}{2} mV^2 = \frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-28} \times 10^{-3} \times (3.7 \times 10^7)^2 \\ = 62.34 \times 10^{-17} \text{ (焦耳)}.$$



2. 一初速度为零的电子, 通过电压为 2000 伏特的加速电场后, 进入 $B = 100$ 高斯的匀强磁场中, 方向如图所示。试问电子在匀强磁场中作圆周运动的轨道半径是多少厘米? 并在图上画出它的运动轨道。

解: 电子动能

$$\frac{1}{2} mV^2 = eU = 1.6 \times 10^{-19} \times 2000 = 3.2 \times 10^{-16} \text{ 焦耳}.$$

由 $f = eBV = \frac{mV^2}{R}$ 得

$$R = \frac{mV}{eB} = \sqrt{\frac{2m \times \frac{1}{2} mV^2}{e^2 B^2}} \\ = \sqrt{\frac{2 \times 9.1 \times 10^{-31} \times 3.2 \times 10^{-16}}{(1.6 \times 10^{-19} \times 100 \times 10^{-4})^2}} \\ = \frac{2.4 \times 10^{-23}}{1.6 \times 10^{-21}} = 1.5 \times 10^{-2} \text{ (米)} = 1.5 \text{ 厘米}.$$

3. 离子速度选择器是由正交的匀强电场和匀强磁场组成的, 现有一束具有不同速度的带电粒子垂直于 E 和 B 的方向进入速度选择器。

(1) 试解释: 在不同速度的离子中, 只有某一种速度的离子才能穿过速度选择器, 而其余的离子不能通过它。

(2) 离子带电符号是否影响速度选择器对它们的选择,