# 第十三章 电磁感应与电磁波初步 复习与提高

A 组习题主要针对磁场的来源，描述磁场的基本概念——磁感应强度、磁通量，磁场的叠加来命题，比较基础。B 组习题包含电磁原理的实际应用及产生感应电流条件的理解，有一定的能力要求。

## A 组

1．奥斯特发现电流磁效应的实验示意图如图 13–1 所示。他将导线沿南北方向放置在小磁针的上方时，磁针转动了。请简述磁针能够转动的原因。

图 13–1

S

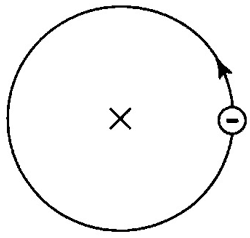
N

*I*

**【参考解答】**由于地磁场的作用，小磁针会指向南北方向，将通电导线沿南北方向放置在小磁针的上方时，电流周围会产生磁场，小磁针的南、北极受电流磁场的作用而转动。

提示：如果通电直导线东西放置的话，磁场就使小磁针指向南北，而它原来受地磁场作用本来就是指向南北的，就很难说清是电流磁场还是地磁场使它偏转了。故在研究电流的磁效应时，小磁针上方的导线不能东西放置，要南北放置。

2．一个电子在平行于纸面的平面内沿逆时针方向做匀速圆周运动，在垂直于圆轨道所在平面并穿过圆心的直线上有一点 *A*，试确定并绘图表示 *A* 点的磁感应强度的方向。

**【参考解答】**如图所示。

提示：电子沿逆时针方向做圆周运动，形成顺时针方向的环形电流，由安培定则可知，环形电流在穿过圆心的直线上 A 点产生的磁感应强度的方向垂直于纸面指向纸里。

3．图 13–2 是三根平行直导线的截面图，若它们的电流大小都相同，方向垂直纸面向里。如果 *AB* = *AC* = *AD*，则 *A* 点的磁感应强度的方向怎样？

*C*

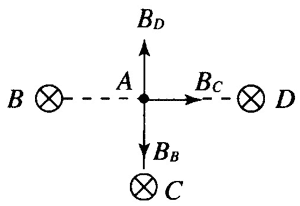
*A*

*B*

*D*

图 13–2

**【参考解答】**由 A 指向 D

提示：空间存在三根通电直导线，每根导线都会在其周同产生磁场，而磁感应强度是一个矢量，所以 A 点的磁感应强度应为 B、C、D 处的三根导线在 A 点所产生的磁感应强度的叠加。通电直导线磁场的磁感线为同心圆，所以可画出三根导线在 A 点所产生的磁感应强度．如图 13 – 13 所示。根据对称性，B、D 处的两根导线在 A 点所产生的磁感应强度大小相等、方向相反，因此 A 点的磁感应强度方向就是 C 处的导线在 A 点产生的磁感应强度的方向，即由 A 指向 D。

4．下列有关磁感应强度的说法错在哪里？

（1）磁感应强度只能用来表示磁场的强弱。

（2）若有一小段通电导体在某点不受磁场力的作用，则该点的磁感应强度一定为 0。

（3）若有一小段长为 *l*、通以电流为 *I* 的导体，在磁场中某处受到的磁场力为 *F*，则该处磁感应强度的大小一定是 *B* = 。

**【参考解答】**（1）磁感应强度不仅描述磁场的强弱，还描述磁场的方向。

（2）一小段通电导体平行于磁场方向放在某处，不受磁场力作用，但该处的磁感应强度不一定为 0。

（3）磁感应强度 *B* = 是定义式，只有当电流 *I* 与磁场垂直时才成立。

5．匀强磁场中放一根与磁场方向垂直的通电导线，它的电流是 2.5 A，导线长 1 cm，它受到的磁场力为 5.0×10−2 N。

（1）求这个位置的磁感应强度；

（2）把通电导线中的电流增大到 5 A 时，这一位置的磁感应强度会发生变化吗？

**【参考解答】**（1）2 T；（2）不变

提示：（1）磁感应强度的大小为 *B* = = T = 2 T

（2）导线电流发生变化，不会影响磁场，故这一位置的磁感应强度不变。

6．如图 13–3，线圈面积为 *S*，线圈平面与磁感应强度为 *B* 的匀强磁场方向垂直，则穿过线圈的磁通量是多少？若线圈绕 *OO*′ 转过 60° 角，则穿过线圈的磁通量是多少？若从初始位置转过 90° 角，则穿过线圈的磁通量是多少？

*O*

*B*

*O*′

图 13–3

**【参考解答】***BS*；*BS*；0

提示：磁通量 *Φ* = *BS*cos*ωt*，代入公式即可得出结果。

当线圈平面与磁感应强度为 *B* 的匀强磁场方向垂直时，*Φ* = *BS*。

当线圈绕 OOʹ 转过 60° 角后，*Φ* = *BS*cos60° = *BS*。

当线圈绕 OOʹ 转过 90° 角后，线圈平面与磁感应强度平行，*Φ* = 0。

7．如图 13–4，边长为 *l* 的 *n* 匝正方形线框内部有一边长为 的正方形区域的匀强磁场，磁场的磁感应强度为 *B*，则穿过线框的磁通量是多少？

图 13–4

*l*

**【参考解答】**

提示：由教科书图 13–4 知，只有虚线范围内有磁场，所以有效面积等于虚线所围的面积，为 *S* = （）2 = 。磁通量等于穿过磁场中某一面积的磁感线的条数，与线框的匝数无关，所以穿过线框的磁通量为 *Φ* = *BS* = 。

## B组

1．图 13–5 是一种利用电磁原理制作的充气泵的结构示意图。当电磁铁通入电流时，可吸引或排斥上部的小磁体，从而带动弹性金属片对橡皮碗下面的气室施加力的作用，达到充气的目的。请回答以下问题：

弹性金属片

固定端

橡皮碗

气室

空气导管

电磁铁

小磁体

A

B

图 13–5

（1）当电流从电磁铁的接线柱A流入时，发现吸引小磁体向下运动，则电磁铁的上端为\_\_\_\_\_\_\_\_极，小磁体的下端为\_\_\_\_\_\_\_\_极。

（2）电磁铁用的铁芯可分为硬磁性材料和软磁性材料。硬磁性材料在磁场撤去后还会有很强的磁性，而软磁性材料在磁场撤去后就没有明显的磁性了。你认为这种铁芯应该用哪种材料制作？

**【参考解答】**（1）S，N；（2）软磁性材料

提示：（1）由培定则知电磁铁的上端为 S 极，再由题中条件可推知小磁体的下端为 N 极。

（2）因为需要连续充气，所以应该用软磁性材料制作。

2．如图 13–6，条形磁体竖直放置，一个水平圆环从条形磁体上方位置 *M* 向下运动，先到达磁体上端位置 *N*，然后到达磁体中部 *P*，再到达磁体下端位置 *Q*，最后到达下方 *L*。在运动过程中，穿过圆环的磁通量如何变化？

**N**

**S**

图 13–6

*M*

*N*

*P*

*Q*

*L*

**【参考解答】**先增大后减小，在磁体中部达到最大

提示：M→N：磁体外部的磁感线在两极最密，越远离越稀疏，因此在此过程中，穿过圆环的磁通量变大。

N→P：在磁体内部，磁感线是均匀的，与外部反向，且磁感应强度大于外部有限面积内的磁感应强度。在磁体外部，中部的磁感线较稀疏。内、外部相抵．总磁通量应该是磁体中部的最大。因此，在此过程中通过圆环的磁通量变大，在磁体中部达到最大。

P→Q：与 N→P 过程相反。

Q→L：与 M→N 过程相反。

3．如图 13–7，线圈 M 和线圈 P 绕在同一个铁芯上。

S

*E*

P

M

图 13–7

（1）当合上开关 S 的一瞬间，线圈 P 里是否有感应电流？

（2）当断开开关 S 的一瞬间，线圈 P 里是否有感应电流？

**【参考解答】**（1）有；（2）有

提示：（1）当合上开关 S 的一瞬间，线圈 M 中通有电流，电流产生磁场；通过线圈 P 的磁场由无到有，磁通量发生变化，故有感应电流产生。

（2）当断开开关 S 的一瞬间，线圈 M 中电流消失，电流产生的磁场消失；通过线圈 P 的磁场由有到无，磁通量发生变化，故有感应电流产生。

4．铁环上绕有对称的绝缘通电导线，电流方向如图 13–8 所示，则铁环中心 *O* 点的磁场是怎样的？

*O*

图 13–8

**【参考解答】**在纸平面内，竖直向下

提示：对于左、右两个螺线管，分别由安培定则判断得上方均为磁场 N 极，下方均为磁场 S 极，所以环心 O 处的磁场在纸平面内，竖直向下。

5．如图 13–9，固定于水平面上的金属架 *CDEF* 处在竖直向下的匀强磁场中，金属棒 *MN* 沿框架以速度 *v* 向右做匀速运动。*t* = 0 时，磁感应强度为 *B*0，此时 *MN* 到达的位置恰好使 *MDEN* 构成一个边长为 *l* 的正方形。为使 *MN* 棒中不产生感应电流，从 *t* = 0 开始，磁感应强度 *B* 应该怎样随时间 *t* 变化？请推导出 *B* 与 *t* 的关系式。

*M*

*N*

*F*

*C*

*v*

*D*

*E*

*l*

图 13–9

**【参考解答】**为了使 MN 中不产生感应电流，必须要求 DENM 构成的闭合导体回路的磁通量不变，即 *B*0*l*2 = *Bl*（*l* + *vt*）。所以，从 *t* = 0 开始，磁感应强度 *B* 随时间 *t* 的变化规律是 *B* = 。

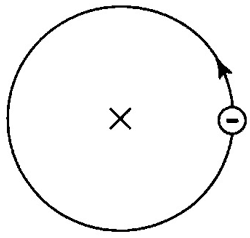
# “复习与提高”参考答案与提示

A 组习题主要针对磁场的来源，描述磁场的基本概念——磁感应强度、磁通量，磁场的叠加来命题，比较基础。B 组习题包含电磁原理的实际应用及产生感应电流条件的理解，有一定的能力要求。

## A 组

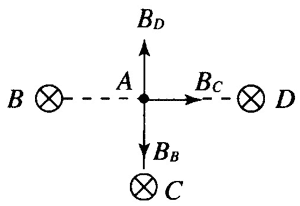
1．由于地磁场的作用，小磁针会指向南北方向，将通电导线沿南北方向放置在小磁针的上方时，电流周围会产生磁场，小磁针的南、北极受电流磁场的作用而转动。

提示：如果通电直导线东西放置的话，磁场就使小磁针指向南北，而它原来受地磁场作用本来就是指向南北的，就很难说清是电流磁场还是地磁场使它偏转了。故在研究电流的磁效应时，小磁针上方的导线不能东西放置，要南北放置。

2．如图 13–12所示。

提示：电子沿逆时针方向做圆周运动，形成顺时针方向的环形电流，由安培定则可知，环形电流在穿过圆心的直线上 A 点产生的磁感应强度的方向垂直于纸面指向纸里。

3．由 A 指向 D

提示：空间存在三根通电直导线，每根导线都会在其周同产生磁场，而磁感应强度是一个矢量，所以 A 点的磁感应强度应为 B、C、D 处的三根导线在 A 点所产生的磁感应强度的叠加。通电直导线磁场的磁感线为同心圆，所以可画出三根导线在 A 点所产生的磁感应强度．如图 13 – 13 所示。根据对称性，B、D 处的两根导线在 A 点所产生的磁感应强度大小相等、方向相反，因此 A 点的磁感应强度方向就是 C 处的导线在 A 点产生的磁感应强度的方向，即由 A 指向 D。

4．（1）磁感应强度不仅描述磁场的强弱，还描述磁场的方向。

（2）一小段通电导体平行于磁场方向放在某处，不受磁场力作用，但该处的磁感应强度不一定为 0。

（3）磁感应强度 *B* = 是定义式，只有当电流 *I* 与磁场垂直时才成立。

5．（1）2 T；（2）不变

提示：（1）磁感应强度的大小为 *B* = = T = 2 T

（2）导线电流发生变化，不会影响磁场，故这一位置的磁感应强度不变。

6．*BS*；*BS*；0

提示：磁通量 *Φ* = *BS*cos*ωt*，代入公式即可得出结果。

当线圈平面与磁感应强度为 *B* 的匀强磁场方向垂直时，*Φ* = *BS*。

当线圈绕 OOʹ 转过 60° 角后，*Φ* = *BS*cos60° = *BS*。

当线圈绕 OOʹ 转过 90° 角后，线圈平面与磁感应强度平行，*Φ* = 0。

7．

提示：由教科书图 13–4 知，只有虚线范围内有磁场，所以有效面积等于虚线所围的面积，为 *S* = （）2 = 。磁通量等于穿过磁场中某一面积的磁感线的条数，与线框的匝数无关，所以穿过线框的磁通量为 *Φ* = *BS* = 。

## B 组

1．（1）S，N；（2）软磁性材料

提示：（1）由培定则知电磁铁的上端为 S 极，再由题中条件可推知小磁体的下端为 N 极。

（2）因为需要连续充气，所以应该用软磁性材料制作。

2．先增大后减小，在磁体中部达到最大

提示：M→N：磁体外部的磁感线在两极最密，越远离越稀疏，因此在此过程中，穿过圆环的磁通量变大。

N→P：在磁体内部，磁感线是均匀的，与外部反向，且磁感应强度大于外部有限面积内的磁感应强度。在磁体外部，中部的磁感线较稀疏。内、外部相抵．总磁通量应该是磁体中部的最大。因此，在此过程中通过圆环的磁通量变大，在磁体中部达到最大。

P→Q：与 N→P 过程相反。

Q→L：与 M→N 过程相反。

3．（1）有；（2）有

提示：（1）当合上开关 S 的一瞬间，线圈 M 中通有电流，电流产生磁场；通过线圈 P 的磁场由无到有，磁通量发生变化，故有感应电流产生。

（2）当断开开关 S 的一瞬间，线圈 M 中电流消失，电流产生的磁场消失；通过线圈 P 的磁场由有到无，磁通量发生变化，故有感应电流产生。

4．在纸平面内，竖直向下

提示：对于左、右两个螺线管，分别由安培定则判断得上方均为磁场 N 极，下方均为磁场 S 极，所以环心 O 处的磁场在纸平面内，竖直向下。

5．为了使 MN 中不产生感应电流，必须要求 DENM 构成的闭合导体回路的磁通量不变，即 *B*0*l*2 = *Bl*（*l* + *vt*）。所以，从 *t* = 0 开始，磁感应强度 *B* 随时间 *t* 的变化规律是 *B* = 。