# 第一章 安培力与洛伦兹力 复习与提高

## A 组

1．有人说：“通电导线放在磁感应强度为 0 的位置上，所受的安培力一定为 0，因此，当某位置的通电导线不受安培力时，该位置的磁感应强度一定为 0。”你认为他说的话对吗？为什么？

**参考解答**：不一定，通电导体所受安培力的大小与 *B*、*I*、*l* 及 *θ* 有关。当 *θ* = 0，即通电导线与磁场平行时，无论磁感应强度 *B* 为多少，安培力始终为 0。

2．把一根通电的硬导线放在磁场中，导线所在区域的磁感线呈弧形，如图1–1所示。导线可以在空中自由移动和转动，导线中的电流方向由*a*向*b*。

*B*

*a*

*b*

*I*

图 1–1

（1）描述导线的运动情况。

（2）虚线框内有产生以上弧形磁感线的磁场源，它可能是条形磁体、蹄形磁体、通电螺线管、直线电流。请你分别按每种可能考虑，大致画出它们的安放位置。

**参考解答**：（1）通电导线的 a 端和 b 端受到的安培力分别垂直于纸面向外和垂直于纸面向内，所以导线会按俯视逆时针方向转动。当转过一个很小的角度后，在向右的磁场分量的作用下，通电导线还会受到向下的安培力。所以导线先转动，然后边转动边下移。

（2）略

3．如图 1–2 所示，把轻质导线圈用绝缘细线悬挂在磁铁 N 极附近，磁铁的轴线穿过线圈的圆心且垂直线圈平面。当线圈内通以图示方向的电流后，线圈的运动情况怎样？请用以下两种方法分析：

**N**

**S**

*I*

图 1–2

（1）把整个线圈看成一个通电螺线管。

（2）把线圈截成许多小段，每小段视为通电直导线，分析磁场对各小段导线的作用力。

**参考解答**：线圈向左运动。

（1）把整个线圈看成一个通电螺线管，根据右手螺旋定则，N 极在右边，因为异名磁极相互吸引，可知线圈向左运动。

（2）把线圈分成无数段微小的通电导线，各小段所受安培力的垂直平面内分量作用效果抵消，水平分量均向左，所以整个线圈向左运动。

4．如图 1–3 所示，长为 2*l* 的直导线折成边长相等、夹角为 60° 的 V 形，并置于与其所在平面相垂直的匀强磁场中，磁感应强度为 *B*。当在导线中通以电流 *I* 时，该 V 形通电导线受到的安培力为多大？

60°

*I*

*I*

*B*

图 1–3

**参考解答**：*BIl*

5．一束粒子中有带正电的，有带负电的，还有不带电的。要想把它们分开，可以用哪些办法？

**参考解答**：方法一：因为带电粒子在电场中受到的电场力的作用，且正、负电荷所受电场力的方向相反，所以将粒子置于电场中可以将它们分开。

方法二：使粒子束垂直射入匀强磁场中，运动的带电粒子在匀强电磁场中受到洛伦兹力作用做匀速圆周运动，且正、负粒子所受洛伦兹力的方向相反，所以可以将它们分开。

6．质子和 α 粒子在同一匀强磁场中做半径相同的圆周运动。求质子的动能和 α 粒子的动能之比。

**参考解答**：1∶1

7．如图 1–4 所示，质量为*m*、长为*l*的直导线用两绝缘细线悬挂于*O*、*O*′，并处于匀强磁场中。当导线中通以沿*x*轴正方向的电流*I*，且导线保持静止时，悬线与竖直方向夹角为*θ*。有以下三种磁感应强度方向：

*θ*

*θ*

*Oʹ*

*O*

*I*

*z*

*x*

*y*

图 1–4

（1）沿 *z* 轴正方向；（2）沿 *y* 轴正方向；（3）沿悬线向上。

请判断哪些是可能的，可能时其磁感应强度大小是多少？如果不可能，请说明原因。

**参考解答**：第（2）种是可能的，此时磁感应强度沿 *y* 轴正方向，安培力竖直向上。若 *mg* = *BIl*，则可使导线静止，此时神的张力 *F*T = 0。

第（1）种和第（3）种都不可能，第（1）种情况下导线所受安培力沿 *y* 轴负方向，导线不可能静止；第（3）种情况下，导线受到的安培力方向垂直于导线斜向左下方，导线也不可能保持静止。

## B组

1．如图1–5所示，金属杆*ab*的质量为*m*，长为*l*，通过的电流为*I*，处在磁感应强度为*B*的匀强磁场中，磁场方向与导轨平面为*θ*角斜向上，结果*ab*静止于水平导轨上。

图 1–5

*B*

*a*

*b*

*l*

*θ*

（1）求金属杆*ab*受到的摩擦力。

（2）求金属杆对导轨的压力。

**参考解答**：（1）*BIl*sin*θ*，方向水平向右

（2）*mg*－*BIl*cos*θ*，方向竖直向下

2．如图 1–6 所示，宽为 *l* 的光滑导轨与水平面成 *α* 角，质量为 *m*、长为 *l* 的金属杆水平放置在导轨上。空间存在着匀强磁场，当回路总电流为 *I*1 时，金属杆恰好能静止。

图 1–6

*α*

*α*

*a*

*b*

（1）磁感应强度 *B* 至少有多大？此时方向如何？

（2）若保持 *B* 的大小不变而将 *B* 的方向改为竖直向上，应把回路总电流 *I*2 调到多大才能使金属杆保持静止？

**参考解答**：（1），方向垂直于导轨平面向上

（2）

3．利用学过的知识，请你想办法把下面的带电粒子束分开：a．速度不同的电子；b．具有相同动能的质子和 α 粒子（α 粒子由两个质子和两个中子组成，质子与 α 粒子的比荷不同）。

**参考解答**：a．（1）电子束垂直射入匀强电场中，速度大小不同的电子偏转角度不同。

（2）电子束垂直射入匀强磁场中，速度大小不同的电子做匀速圆周运动的半径不同。

b．（1）使粒子束垂直射入匀强电场区域，α 粒子的偏转角度比质子大。

（2）使粒子束垂直射入相互正交的匀强电场和匀强磁场并存的区域。两种粒子因为速度大小不同而分开。

4．真空区域有宽度为 *l*、磁感应强度为 *B* 的匀强磁场，磁场方向如图 1–7 所示，*MN*、*PQ* 是磁场的边界。质量为 *m*、电荷量为 *q* 的粒子（不计重力）沿着与 *MN* 夹角 *θ* 为 30° 的方向射入磁场中，刚好没能从 *PQ* 边界射出磁场。求粒子射入磁场的速度大小及在磁场中运动的时间。

*B*

*l*

*M*

*P*

*N*

*Q*

*θ*

图 1–7

**参考解答**：*v*1 = 、*t*1 = 或 *v*2 = 、*t*2 =

5．某一具有速度选择器的质谱仪原理如图 1–8 所示，A 为粒子加速器，加速电压为 *U*1；B 为速度选择器，磁场与电场正交，磁感应强度为 *B*1，两板间距离为 *d*；C 为偏转分离器，磁感应强度为 *B*2。今有一质量为 *m*、电荷量为 *e* 的正粒子（不计重力），经加速后，该粒子恰能通过速度选择器，粒子进入分离器后做匀速圆周运动。

图 1–8

C

B

A

*E*

*B*1

*U*1

*B*2

*R*

+

（1）粒子的速度 *v* 为多少？

（2）速度选择器两板间电压 *U*2 为多少？

（3）粒子在 *B*2 磁场中做匀速圆周运动的半径 *R* 为多大？

**参考解答**：（1）

（2）*B*1*d*

（3）

# “复习与提高”参考答案与提示

A 组共 7 道习题。第 1 题通过论述题的形式考查对安培力产生条件的理解。第 2 题论述和作图相结合，第 1 问考查通电导线在磁场中受力而运动的问题，需要用到微元的方法；第 2 问是开放性问题，既考查了几种常见的磁场，又考查了学生思维的灵活性。第 3 题分别用等效替代和微元的方法分析通电线圈在磁场中的运动情况。第 4 题考查安培力的大小和方向，渗透“等效长度”的概念。第 5 题是开放性论述题，没有统一的答案，但比较简单。第 6 题是计算题，考查不同带电粒子在磁场中做圆周运动的半径大小与比荷和动能的关系。第 7 题考查物体在重力、安培力、拉力作用下的三力平衡，着重考查安培力的方向与磁场方向、电流方向之间的关系，以及安培力的大小。

B 组共 5 道习题。第 1、2 题是计算题，都是考查通电导线在安培力作用下的平衡问题。第 1 题着重考查安培力的方向与磁场方向、电流方向的关系。第 2 题把处理平衡问题的矢量三角形法则用于寻找安培力的极值和方向，着重考查了安培力的方向，注重学生的分析能力和处理问题的能力。第 3 题是论述题，也是一道开放性习题，考查学生运用知识解决问题的能力。第 4 题考查带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动，既考查公式的运用，又考查学生分析解决问题的能力。第 5 题用计算题的形式考查了速度选择器和质谱仪的原理。

## A 组

1．不一定，通电导体所受安培力的大小与 *B*、*I*、*l* 及 *θ* 有关。当 *θ* = 0，即通电导线与磁场平行时，无论磁感应强度 *B* 为多少，安培力始终为 0。

2．（1）通电导线的 a 端和 b 端受到的安培力分别垂直于纸面向外和垂直于纸面向内，所以导线会按俯视逆时针方向转动。当转过一个很小的角度后，在向右的磁场分量的作用下，通电导线还会受到向下的安培力。所以导线先转动，然后边转动边下移。

（2）如图 1–4 所示的四个图分别表示虚线框内的磁场源可能是条形磁体、蹄形磁体、通电螺线管和电流及它们的大致位置。



3．线圈向左运动。

（1）把整个线圈看成一个通电螺线管，根据右手螺旋定则，N 极在右边，因为异名磁极互相吸引，可知线圈向左运动。

（2）把线圈分为无数段微小的通电导线，各小段所受安培力的竖直平面内分量作用效果抵消，水平分量均向左，所以整个线圈向左运动。

4．*BIl*

提示：导线在磁场中的有效长度为 2*l*sin30° = *l*，所以 V 形通电导线受到的安培力大小为 *BIl*。

5．方法一：因为带电粒子在电场中受到电场力的作用，且正、负电荷所受电场力的方向相反，所以将粒子置于电场中可以将它们分开。

方法二：使粒子束垂直射入匀强磁场中，运动的带电粒子在匀强磁场中受到洛伦兹力作用做匀速圆周运动，且正、负粒子所受洛伦兹力的方向相反，所以可以将它们分开。

6．1∶1

提示：根据 *qvB* = ，且 *R*H = *R*α，得 = ，又 *E*k = *mv*2，所以 = 1∶1。

7．第（2）种是可能的。此时磁感应强度方向沿 *y* 轴正方向，安培力竖直向上。若 *mg* = *BIl*，则可使导线静止，此时绳的张力 *F*T = 0。

第（1）种和第（3）种都不可能。第（1）种情况下，导线所受安培力沿 *y* 轴负方向，导线不可能静止；第（3）种情况下，导线受到的安培力方向垂直于导线斜向左下方．导线也不可能保持静止。

## B 组

1．（1）*BIl*sin*θ*，方向水平向右 （2）*mg* − *BIl*cos*θ*，方向竖直向下

提示：棒 ab 受重力、支持力、安培力 *F* 和摩擦力 *F*f 的作用而处于静止状态，所以：（1）*F*f = *F*sin*θ* = *BIl*sin*θ*，方向水平向右；（2）*F*N = *mg* – *F*cos*θ* = *mg* − *Bll*cos*θ*。根据牛顿第三定律，金属杆对导轨的压力大小为 *mg* − *Bll*cos*θ*，方向竖直向下。

2．（1），方向垂直于导轨平面向上 （2）

提示：（1）杆受力如图 1–5 甲所示，此时安培力 *F* 有最小值，磁感应强度 *B* 有最小值。由平衡条件可得 *F* = *mg*sin*θ*，即*BI*1*l* = *mg*sin*θ*，所以 *B* = ，方向垂直于导轨平面向上。

（2）磁场竖直向上，杆受力如图 1–5 乙所示，由平衡条件可得 *BI*2*l* = *mg*tan*θ*，再由 *B* = ，得 *I*2 = 。



3．a．（1）电子束垂直射入匀强电场中，速度大小不同的电子偏转角度不同。

（2）电子束垂直射入匀强磁场中，速度大小不同的电子做匀速圆周运动的半径不同。

b．（1）使粒子束垂直射入匀强电场区域，α 粒子的偏转角度比质子大。

（2）使粒子束垂直射入相互正交的匀强电场与匀强磁场并存的区域，两种粒子因为速度大小不同而分开。

4．*v*1 = 、*t*1 = 、*v*2 = 、*t*2 = 。

提示：带电粒子可能带正电，也可能带负电。

（1）若粒子带正电，由几何关系可知 *r*cos30° + *r* = *l*，又 *qvB* = 得 *v*1 = 。又粒子做圆周运动的圆心角为 300°，根据 *T* = ，得 *t*1 = 。

（2）若粒子带负电，由几何关系可知 *r* − *r*cos30° = *l*，且圆心角为 60°。则 *v*2 = 、*t*2 = 。

5．（1） （2）*B*1*d* （3）

提示：（1）粒子加速过程，*U*1*e* = *mv*2，得 *v* =

（2）粒子恰能通过速度选择器，所以 *evB*1 = *e*，得 *U*2 = *B*1*d*。

（3）粒子做匀速圆周运动，*evB* = ，得 *r* = 。