安培力

洛伦兹力

磁场

方向：用

左手定则

判定

洛伦兹力

的应用

大小：

*f* =*qvB*

方向：用

左手定则

判定

安培力的

应用

大小：

*F*=*BIL*

探究

探究

探究

推理

小

结

* 基本概念和基本规律

**安培力**：通电导体在磁场中受到的力。匀强磁场中，当通电导线与磁场方向垂直时，安培力的大小 *F* = *BIL*。

**洛伦兹力**：运动电荷在磁场中所受到的力。电荷垂直于磁场方向运动时，洛伦兹力的大小 *f* = *qvB*。

* 基本方法

通过研究安培力与电流、导线长度、磁感应强度的定量关系，认识控制变量法。

在探究基于导体受到的安培力导出运动电荷所受洛伦兹力的过程中，感受等效的思维方法。

在得出安培力和洛伦兹力的过程中，认识实验归纳与理论演绎相结合的方法。

* 知识结构图

**复习 巩固**

**与**

图 5–42

1. 如图 5–42 所示的蹄形磁体水平放置，在磁场中有一水平光滑导轨通过接线夹与导线相连，导轨上面搁有一导体细棒 *AB*。*AB* 棒、电源、开关等由导线连成回路。闭合开关，导体棒 *AB* 将如何运动？简述这一现象中能量的转化过程。
2. 在匀强磁场中的通电导线受到安培力的作用，其中安培力的方向、磁场的方向、通电导线的方向三者间是否都相互垂直？
3. 阴极射线管发射的电子束中的电子由左向右运动，其上方放置一根通有由左向右电流的直导线，直导线与阴极射线管平行。电子束的轨迹是否发生偏转？如偏转，则偏转方向如何？
4. 平行轨道上有一辆平板小车，车上有一个通电线框，如图 5–43 所示。图中虚线框 1、2、3、4、5 等内部是磁场区域，磁场方向垂直纸面向里或向外。要使小车在图示位置时受到向右的安培力，虚线框 1、2 部分的磁场方向如何？平板小车经过磁场区域 2、3 位置时，如果仍要使小车受到向右的推力，此时虚线框 2、3 部分的磁场方向应如何？怎样改变磁场方向才能使小车始终受到向右的推力？实际生活中哪种交通工具的驱动原理与此相仿？

1

2

3

4

5

图 5–43

图 5–44

*a*

*b*

1. 图 5–44 中的曲线显示一带电粒子运动的轨迹。*a*、*b* 区域均为匀强磁场，粒子在 *a*、*b* 磁场内的轨迹均为圆周的四分之一；离开 *b* 磁场区域后，带电粒子在两个带等量异号电荷的平行金属板之间运动，并向正极板偏转。试判断带电粒子带正电荷还是负电荷？*a*、*b* 区域内的磁场方向如何？
2. 如图 5–45 所示为电子通过两个匀强磁场区域的路径，两个区域的磁感应强度分别为 *B*1 和 *B*2，电子在每个区域内的轨迹都是半圆。则：*B*1 和 *B*2 相比，哪个区域内的磁感应强度较大？*B*1 和 *B*2 区域内的磁场方向如何？电子在 *B*1 区域运动的时间和在 *B*2 区域运动的时间相比，哪个较长？简述理由。

图 5–45

*B*1

*B*2

1. 用绝缘细线悬挂的带正电塑料小球做简谐运动。如增加一个如图 5–46 所示的匀强磁场，带电塑料小球每次经过平衡位置时，速率是否发生变化？小球摆动的周期是否改变？简述理由。

图 5–47

60°

60°

*O*

*B*

图 5–46

*O*

*B*

1. 如图 5–47 所示，带电小球质量为 *m*，用细线悬挂于 *O* 点并在竖直平面内摆动，最大摆角为 60°，磁场垂直于小球摆动的平面向里。当小球从左边最大摆角处摆到最低点时，细线上的拉力恰为零。试问小球带正电还是带负电？小球从右边最大摆角处摆到最低点时，细线上的拉力是否仍为零？简述理由。
2. 质量为 10 g、电荷量为 +80 μC 的带电小球以 20 km/s 的速度沿直线匀速通过水平方向的匀强磁场，带电小球运动的速度方向与磁场方向垂直。求匀强磁场的磁感应强度大小。（*g* 取 10 m/s2）
3. 如图 5–48 所示，两平行光滑导轨相距 *L* = 0.1 m，并与水平面成 *θ* = 37° 夹角，竖直向下的匀强磁场的磁感应强度 *B* = 0.2 T，将一个质量 *m* = 10 g 的导体棒 *ab* 与导轨相互垂直地搁在导轨上。为了使导体棒 *ab* 能静止在导轨上，导体棒内的电流的方向和大小应如何？

图 5–48

*a*

*B*

*θ*

*θ*

*b*

图 5–49

*B*

*d*

*v*

固定探测器

正离子束

匀强磁场区域

1. 如图 5–49 所示，一束正离子束以速度 *v* 进入垂直于纸面的匀强磁场，该匀强磁场的磁感应强度为 *B*，用固定的探测器测得正离子运动的圆周直径为 *d*。已知单个正离子所带的电荷量为 +*e*，质量为 20 u（u 为原子质量单位，1 u ≈ 1.660 5×10−27 kg），则：

（1）该匀强磁场的方向如何？

（2）若在该正离子束内还有质量为 22 u、电荷量和速率都与质量为 20 u 的正离子相同的另一种正离子。试在图中定性地描绘出质量为 22 u 的正离子在磁场中的运动轨迹。为了在固定的探测器上探测到质量为 22 u 的正离子，匀强磁场的磁感应强度应如何变化？

1. \*如图 5–50 所示，光滑绝缘杆与水平面保持 *θ* 角，匀强磁场的磁感应强度为 *B*。一个可自由滑动的带正电小环套在杆上，质量为 *m*、电荷量为 *q*。若小环下滑过程中对杆的压力为零，则小环的速度有多大？

图 5–51

*O*

1

2

3

4

5

10

20

30

40

*T*/×10−9 s

*B*−1/T−1

图 5–50

*B*

*θ*

1. \*某个带电粒子进入匀强磁场中，其速度垂直于磁场方向。带电粒子运动的周期 *T* 与磁感应强度 *B* 的倒数之间的关系如图 5–51 所示。求此带电粒子的电荷量 *q* 与质量 *m* 之比。

## 复习与巩固解读

1．参考解答：闭合开关，导体棒中的电流由 B→A，根据左手定则可判断安培力方向向右，导体细棒由静止变为向右运动。这一现象中电能通过安培力做功转化为导体细棒的机械能。

命题意图：通过实验认识安培力，能判断安培力的方向。

主要素养与水平：运动与相互作用观念（Ⅱ）；能量观念（Ⅱ）；科学推理（Ⅱ）。

2．参考解答：磁场的方向与通电导线的电流方向不一定需要垂直。安培力的方向既与磁场的方向垂直又与通电导线的电流方向垂直，安培力的方向垂直于磁场和电流所确定的平面。

命题意图：知道安培力的方向垂直于电流和磁感应强度组成的平面。

主要素养与水平：运动与相互作用观念（Ⅱ）；科学论证（Ⅱ）。

3．参考解答：电子束的运动轨迹会发生偏转，电子束向下偏转。

命题意图：知道通电直导线周围存在磁场，了解带电粒子在磁场中的偏转。

主要素养与水平：运动与相互作用观念（Ⅱ）；科学推理（Ⅱ）。

4．参考解答：虚线框 1 内磁场垂直纸面向里、虚线框 2 内磁场垂直纸面向外；虚线框 2 内磁场垂直纸面向里、虚线框 3 内磁场垂直纸面向外；虚线框内交替改变磁场的方向：使闭合电路的左侧到达的区域磁场总是垂直纸面向里，右侧到达的区域磁场总是垂直纸面向外。实际生活中磁悬浮列车的驱动原理与此原理相同。

命题意图：用左手定则判断安培力的方向，了解安培力在生产生活中的应用。

主要素养与水平：运动与相互作用观念（Ⅲ）；科学推理（Ⅲ）；科学本质（Ⅱ）。

5．参考解答：带电粒子带负电荷 *a* 区域磁场垂直纸面向里，*b* 区域磁场垂直纸面向外

命题意图：用左手定则判断洛伦兹力的方向。

主要素养与水平：运动与相互作用观念（Ⅲ）；科学推理（Ⅱ）。

6．参考解答：*B*1 区域磁感应强度更大。*B*1 垂直纸面向里，*B*2 垂直纸面向外。*t*1 小于 *t*2。

*qvB* = *m*由此得出 *B* = 。同一个电子 *m*、*q* 相同，带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动，速率 *v* 不变，则 *B* ∝ 。由图像可看出 *r*1 < *r*2，所以 *B*1 > *B*2。

由洛伦兹力提供圆周运动所需的向心力，根据左手定则可得。*B*1 垂直纸面向里，*B*2 垂直纸面向外。

*r* = 代入 *T* = ，可得 *T* = ，在磁场区域所花的时间 *t* = *T*。同一个电子 *m*、*q* 相同，则 *T* ∝ 。因为 *B*1 > *B*2，所以 *t*1 < *t*2。

命题意图：运用洛伦兹力公式计算带电粒子在匀强磁场中圆周运动的半径和周期。

主要素养与水平：运动与相互作用观念（Ⅱ）；科学推理（Ⅲ）。

7．参考解答：速率不变，周期不变。

运动的带电塑料小球在匀强磁场中受到的洛伦兹力始终与位移垂直，故洛伦兹力不做功。只有重力做功，机械能守恒，所以当小球每次通过平衡位置时，动能相同，速率不变。根据左手定则可判断洛伦兹力始终沿细线方向，简谐运动的回复力不变，故小球摆动的周期不变。

命题意图：运用洛伦兹力和力学知识，结合能量观念综合分析带电小球在匀强磁场中的周期运动。

主要素养与水平：模型建构（Ⅲ）；科学推理（Ⅳ）。

*mg*

*Bqv*

图13

*mg*

*Bqv*

*F*

图14

8．参考解答：小球带正电，细线上的拉力不为零，拉力一定变大。

小球从左边最大摆角处摆到最低点时，细线上的张力恰为零，说明最低点受力情况如图 13 所示，洛伦兹力竖直向上根据左手定则可判断小球带正电。

当小球从右边最大摆角处摆到最低点时，速率仍为 *v*，对小球受力分析如图 14 所示，小球所受张力、洛伦兹力和重力的合力提供向心力。因此细线上的拉力一定变大。

命题意图：运用洛伦兹力和力学知识，结合能量观念综合分析带电小球经匀强磁场区域的圆周运动。

主要素养与水平：科学推理（Ⅲ）。

9．参考解答：*mg* = *qvB*

*B* = = T = 6.25×10−2 T

命题意图：运用洛伦兹力和力学知识，分析带电小球做匀速直线运动的原因。

主要素养与水平：运动与相互作用观念（Ⅱ）；科学论证（Ⅱ）。

10．参考解答：*a*→*b*，3.75 A

画出导体棒 *ab* 的侧视图，根据电源正负极可得导体棒内电流方向 *a*→*b*，根据左手定则可判断通电导体棒受到水平向右的安培力 *F* 作用。

由 *mg*sin*θ* = *F*cos*θ* 和 *F* = *BIL* 可得，*I* = = A = 3.75 A

命题意图：运用安培力和共点力平衡知识分析解决问题，加深对安培力的认识。

主要素养与水平：科学推理（Ⅲ）；科学论证（Ⅲ）。

11．参考解答：（1）匀强磁场的方向垂直纸面向里。

（2）*r* = ，*d* = 2*r* = 可知在 *v*、*q*、*B* 一定时，离子的质量 *m* 越大，圆周运动的直径越大。

定性描绘出这些正离子在磁场中的运动轨迹如图 15 所示。

图 15

*B*

*d*

*v*

固定探测器

正离

子束

匀强磁场

区域

为了在固定探测器上探测到这些离子，即圆周运动的直径 *d* 保持不变，随着离子的质量 *m* 的增大，匀强磁场的磁感应强度 *B* 也需增大。

命题意图：了解带电粒子在匀强磁场中的偏转及其应用，知道质谱仪为何可区分同位素。

主要素养与水平：科学推理（Ⅲ）；科学论证（Ⅲ）；科学本质（Ⅲ）。

12．参考解答：对小环进行受力分析，根据平衡条件可得

*qvB* = *mg*cos*θ*

*v* =

命题意图：运用洛伦兹力和共点力平衡知识分析解决问题，加深对洛伦兹力的认识。

主要素养与水平：科学推理（Ⅲ）；科学论证（Ⅲ）。

13．参考解答：*qvB* = *m*，由此得出 *B* = 。将 *v* = 代入，可得

*BT* = 2π

可由图像求出斜率 *k* = ×10−9 = 7.25×10−9

由 *k* = = *BT* = 2π ，可得带电粒子的电荷量与质量之比为

= = C/kg = 8.67×108 C/kg

命题意图：结合图像分析提高学生综合运用知识以及分析和解决问题的能力。

主要素养与水平：科学推理（Ⅳ）；科学论证（Ⅲ）。