

# 第十三章 电磁感应与电磁波初步

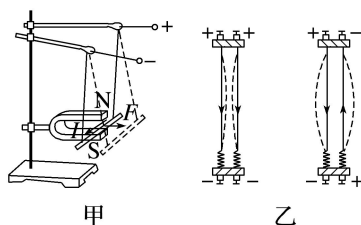


## 1 磁场 磁感线

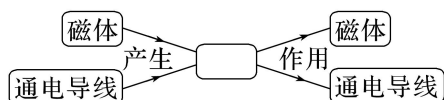
[学习目标] 1.知道磁场的概念，知道磁体与磁体间、磁体与通电导体间、通电导体与通电导体间的作用是通过磁场发生的。2.理解磁感线的概念，知道磁感线的特点(重难点)。3.理解安培定则，会用安培定则判断电流的磁场方向(重难点)。

### 一、电和磁的联系 磁场

如图甲所示，通电导线放在蹄形磁体附近，悬挂导线的细线偏离竖直方向，说明通电导线受到力的作用；如图乙所示，两条通电导线之间也有作用力。



根据实验，在下图中空白方框内填入恰当的内容。



### 「梳理与总结」

#### 1.电和磁的联系

(1)自然界中的磁体总存在着两个磁极，自然界中同样存在着两种电荷。同名磁极或同种电荷相互\_\_\_\_\_，异名磁极或异种电荷相互\_\_\_\_\_。

#### (2)奥斯特实验

实验现象：把导线放置在小磁针的\_\_\_\_\_，当给导线通电时，与导线平行放置的小磁针发生转动。

注意事项：导线应沿南北方向水平放置

结论：通电导线对小磁针有力的作用，说明电流具有\_\_\_\_\_效应。奥斯特首次揭示了\_\_\_\_\_的联系。

#### 2.磁场

(1)磁体与磁体之间、磁体与通电导体之间，以及通电导体与通电导体之间的相互作用都是通过\_\_\_\_\_发生的。

(2)基本性质：磁场对磁体或\_\_\_\_\_有力的作用。

(3)磁场尽管看不见、摸不着，但它与电场类似，都是不依赖于我们的感觉而\_\_\_\_\_的物质。

### 『易错辨析』

(1)磁场和电场一样，是客观存在的特殊物质。( )

(2)磁场只有在磁体与磁体、磁体与电流发生作用时才产生。( )

(3)电流与电流之间是通过电场发生作用的。( )

(4)磁体的磁场和电流的磁场本质上是一样的。( )

## 二、磁感线和地磁场

1.磁场的方向：物理学规定，在磁场中的某一点，小磁针静止时\_\_\_\_\_就是该点磁场的方向。

2.磁感线：在磁场中画出一些有方向的曲线，曲线上每一点的\_\_\_\_\_都跟这点磁场的方向一致，这样的曲线就叫作磁感线。

3.磁感线的特点

(1)磁感线是假想出来的有方向的曲线，实际并不存在。

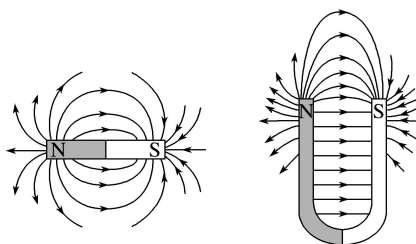
(2)磁感线的\_\_\_\_\_反映磁场的强弱，磁感线越密，表示磁场越强，磁感线越疏，表示磁场越弱。

(3)磁感线不相交，不相切，也不中断。

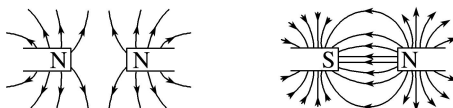
(4)磁感线是闭合曲线，在磁体外部由 N 极指向 S 极，在磁体内部由 S 极指向 N 极。

4.磁体的磁感线

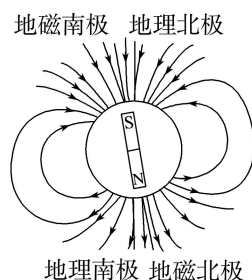
(1)条形磁体和蹄形磁体的磁感线



(2)同名磁极和异名磁极的磁感线



5.地磁场



(1)地球是一个巨大的磁体，地球周围空间存在的磁场叫地磁场。

(2)地磁场的三大特点

①地磁场的 N 极在地球的地理南极附近，S 极在地球的地理北极附近。地球的地理两极与地磁两极并不重合，因此，磁针并非准确地指南、北，其间有一个夹角，这就是地磁偏角。

②南半球地面某点地磁场的方向斜向上，在北半球地面某点地磁场的方向斜向下，水平分量由南到北。

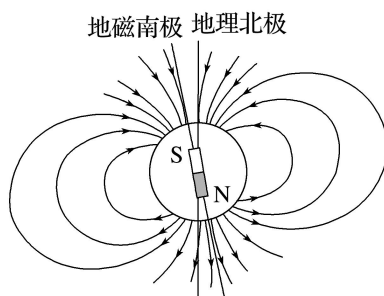
③在赤道地面上，磁场方向与地面平行，方向由南向北。

### 「易错辨析」

(1)磁感线从磁体的 N 极出发到磁体的 S 极终止。( )

(2)磁感线可以用细铁屑来显示，因而是真实存在的。( )

【例 1】 (2024·中山市高二月考)2023 年 12 月 1 日，黑龙江大兴安岭地区漠河、塔河等地出现了极光，极光本质上是由太阳发射的高速带电粒子流受地磁场的影响，进入地球两极附近时，撞击并激发高空中的空气分子和原子引起的。关于地磁场，下列说法正确的是( )



A.在广东省中山市，自由悬挂的小磁针 N 极会指向南方

B.在地球内部，磁场方向大致由地理北极指向地理南极

C.地球内部不存在磁场

D.地球附近磁感线非常密集，导致部分磁感线可能相交

### 三、安培定则

1.直线电流的磁场

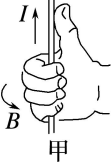
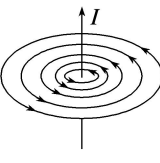
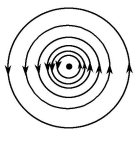
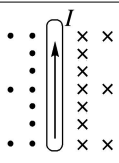
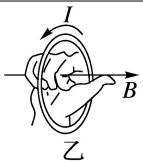
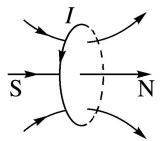
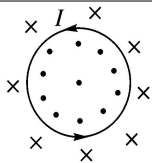
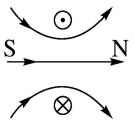
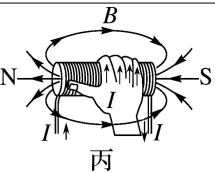
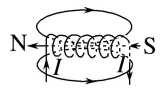
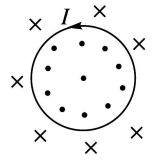
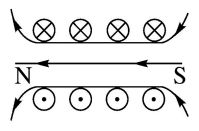
安培定则：如表格中甲图所示，用\_\_\_\_\_握住导线，让伸直的拇指所指的方向与电流方向一致，\_\_\_\_\_所指的方向就是磁感线环绕的方向。

2.环形电流的磁场

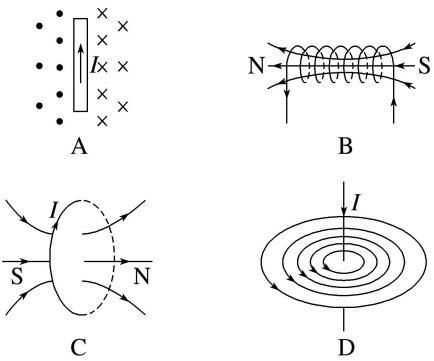
安培定则：如表格中乙图所示，让\_\_\_\_\_弯曲的四指与环形电流的方向一致，\_\_\_\_\_所指的方向就是环形导线轴线上磁场的方向。

### 3.通电螺线管的磁场

安培定则：如表格中丙图所示，用\_\_\_\_\_握住螺线管，让\_\_\_\_\_与螺线管电流的方向一致，伸直的拇指所指的方向就是螺线管轴线上磁场的方向。

|       | 安培定则                                                                                | 立体图                                                                                 | 横截面图                                                                                 | 纵截面图                                                                                  |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 直线电流  |    |    |     |    |
|       | 以导线上任意点为圆心的多组同心圆，越向外越稀疏，磁场越弱                                                        |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| 环形电流  |    |    |    |    |
|       | 环内磁场比环外强，磁感线越向外越稀疏                                                                  |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
| 通电螺线管 |  |  |  |  |
|       | 内部磁场为匀强磁场且比外部强，方向由 S 极指向 N 极，外部磁场类似条形磁体的磁场，方向由 N 极指向 S 极                            |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |

【例 2】 (2024·邵东市第四中学高二期中)电流的磁效应揭示了电与磁的关系。下面四幅图中描述磁场方向与电流方向之间的关系，其中磁感线分布正确的是( )



## 四、安培分子电流假说

### 1.分子电流假说

安培认为，在物质内部，存在着一种环形电流——\_\_\_\_\_。分子电流使每个物质微粒都成为微小的\_\_\_\_\_，它的两侧相当于两个\_\_\_\_\_。

## 2.对磁现象的解释

当铁棒中各分子电流的取向\_\_\_\_\_时，铁棒对外显磁性；当铁棒中分子电流的取向变得\_\_\_\_\_时，铁棒对外不显磁性。

### 「易错辨析」

(1)安培提出“分子电流”假说，认为永磁体的磁场和通电导线的磁场均由运动的电荷产生。( )

(2)根据“分子电流”假说，磁体受到强烈震动时磁性不会减弱。( )

(3)根据“分子电流”假说，磁体在高温条件下磁性会减弱。( )

【例 3】(多选)(2024·泉州市高二期中)根据“分子电流”假说，下列说法中正确的是( )

A.磁体内存在分子电流，非磁体内不存在分子电流

B.不管磁体、非磁体，其内部均存在分子电流

C.没有磁性的物体内部分子电流的取向杂乱无章，分子电流形成的磁性彼此抵消，总体对外不显磁性

D.原来没有磁性的铁钉或铁块被磁化后，内部分子电流的取向变得大致相同，且不易再被打乱

## 2 磁感应强度 磁通量

[学习目标] 1.理解磁感应强度的概念,会利用磁感应强度的定义式进行相关计算(重点)。2.知道什么是匀强磁场以及匀强磁场的特点。3.学会根据平行四边形定则处理磁场叠加的问题(重难点)。4.理解磁通量的概念,会计算磁通量的大小(难点)。

### 一、磁感应强度 匀强磁场

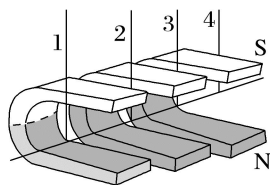
1.电场强度  $E$  的大小是通过试探电荷受力定义的,  $E = \frac{F}{q}$ 。能否用类似的方法,测量 N 极受力的大小来确定磁感应强度的大小?

---

---

---

2.在利用如图所示装置进行“探究影响通电导线受力的因素”的实验时,我们更换磁性强弱不同的磁体,按实验步骤完成以下实验探究:



保持  $I$  与  $l$  不变,按磁性从弱到强更换磁体,观察悬线摆动的角度变化,发现磁体磁性越强,悬线摆动的角度越大,表示通电导线受的力越\_\_\_\_\_, 力  $F$  与  $Il$  的比值越\_\_\_\_\_, 即  $B = \frac{F}{Il}$  越\_\_\_\_\_, 这表示  $B$  能反映磁场的\_\_\_\_\_。

### 「梳理与总结」

#### 1.磁感应强度

(1)电流元:在物理学中,把很短一段通电导线中的\_\_\_\_\_与\_\_\_\_\_的乘积\_\_\_\_\_叫作电流元。(理想化的物理模型)

(2)定义:在磁场中\_\_\_\_\_磁场方向的通电导线,所受的力  $F$  跟电流  $I$  和长度  $l$  的乘积  $Il$  的比值叫磁感应强度。

(3)定义式:  $B = \frac{F}{Il}$ 。

(4)磁感应强度在国际单位制中的单位是\_\_\_\_\_, 简称特, 符号为\_\_\_\_\_。

1 T = 1 N/(A·m)。

(5)磁感应强度是矢量,既有大小又有方向。方向就是该处小磁针静止时 N 极所指的方向,叠加遵循\_\_\_\_\_。

#### 2.匀强磁场

(1)定义:如果磁场中各点的磁感应强度的\_\_\_\_\_, 这个磁场叫作匀强磁场。

(2)产生方法:

①距离很近的两个平行异名磁极之间的磁场(边缘部分除外)。

②通电螺线管内部的磁场(边缘部分除外)。

③相隔一定距离的两个平行放置的线圈通电时, 其中间区域的磁场。

(3)匀强磁场的磁感线: 一些间隔\_\_\_\_\_的\_\_\_\_\_直线, 如图所示。



【例 1】(2024·漳州市高二期末)下列有关磁感应强度的说法正确的是( )

A.磁感线分布越密的地方, 磁感应强度越小

B.由  $B = \frac{F}{Il}$  可知,  $B$  与  $F$  成正比, 与  $Il$  成反比

C.磁场中某点磁感应强度与是否放入通电导线无关

D.若一小段通电导线在某处所受磁场力为零, 则该处的磁感应强度一定为零

#### ■ 总结提升 ■

1.在定义式  $B = \frac{F}{Il}$  中, 通电导线必须垂直于磁场方向放置。因为磁场中某点通电导线受力的大小, 除和磁场强弱有关以外, 还和导线的方向有关, 导线放入磁场中的方向不同, 所受磁场力一般不相同。

2. $B$  的大小与  $F$ 、 $I$ 、 $l$  无关。通电导线受力为零的地方, 磁感应强度  $B$  的大小不一定为零, 可能是由于电流方向与  $B$  的方向在一条直线上。

【例 2】(多选)(2024·北京师范大学附属中学月考)物理关系式不仅反映了物理量之间的关系, 也确定了单位间的关系。与磁感应强度的国际单位等效的有( )

A.  $\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{C} \cdot \text{m}}$

B.  $\frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}}$

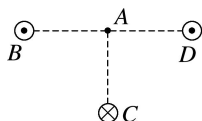
C.  $\frac{\text{N}}{\text{C}}$

D.  $\frac{\text{C}}{\text{V}}$

## 二、磁感应强度矢量的叠加

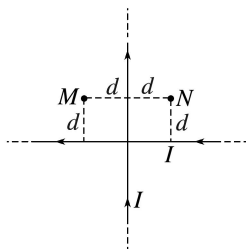
如果空间有两个磁体, 它们产生的磁场的磁感应强度分别为  $B_1$ 、 $B_2$ , 那么该空间的合磁感应强度为  $B_1 + B_2$  吗?

【例 3】(2024·咸阳市高二期末)如图是三根平行直导线的截面图, 若它们的电流大小都相同,  $B$ 、 $D$  中电流垂直纸面向外,  $C$  中电流垂直纸面向里。如果  $AB = AC = AD$ , 则  $A$  点的磁感应强度的方向( )



- A.由  $A$  指向  $B$       B.垂直纸面向外  
C.由  $A$  指向  $D$       D.垂直纸面向里

**【例 4】** (2024·安顺市高二期末)两条互相绝缘且足够长的直导线垂直放置在纸面内, 通有相等的电流  $I$ , 方向如图所示。若每根直导线通过电流  $I$  时, 所产生的磁场在距离导线  $d$  处的磁感应强度大小为  $B$ , 则对图中纸面内与两导线距离均为  $d$  的  $M$ 、 $N$  两点的磁感应强度表述正确的是( )



- A. $M$  处磁感应强度为  $2B$ , 方向垂直纸面向里  
B. $M$  处磁感应强度为  $2B$ , 方向垂直纸面向外  
C. $N$  处磁感应强度为  $2B$ , 方向垂直纸面向外  
D. $N$  处磁感应强度为  $2B$ , 方向垂直纸面向里

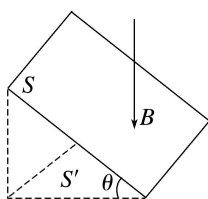
### ■ 总结提升 ■

#### 电流产生的磁场叠加问题的解题思路

- (1)应用安培定则判断各电流在某点分别产生的磁感应强度的方向(过该点磁感线的切线方向, 即与点和导线的连线垂直)。
- (2)根据平行四边形定则, 利用合成法或正交分解法进行合成, 求得合磁感应强度。

### 三、磁通量

- 1.定义: 匀强磁场中\_\_\_\_\_和与磁场方向\_\_\_\_\_的平面面积  $S$  的乘积。即  $\Phi=BS$ 。
- 2.拓展: 磁感应强度  $B$  与平面不垂直时, 这个面在垂直于磁场方向的\_\_\_\_\_与磁感应强度  $B$  的乘积表示磁通量。  $\Phi=BS'=BScos\theta$ , 如图所示。



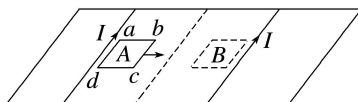
- 3.单位: 国际单位是\_\_\_\_\_, 简称韦, 符号是  $Wb$ ,  $1\ Wb=$ \_\_\_\_\_。
- 4.引申:  $B=\frac{\Phi}{S}$ , 表示磁感应强度的大小等于穿过垂直磁场方向的单位面积的磁通量。
- 5.磁通量的正、负

- (1)磁通量是标量, 但有正、负。当磁感线从某一面穿入时, 磁通量为正值, 则磁感线从此面穿出时磁通量为负值。

(2)若沿相反方向的磁感线穿过同一平面，且正向磁通量为 $\Phi$ ，反向磁通量为 $\Phi'$ ，则穿过该平面的磁通量 $\Phi_{\text{总}}=\Phi-|\Phi'|$ 。

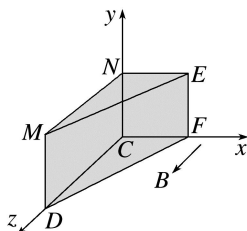
(3)形象的说，磁通量大小等于磁感线相抵消之后剩余的磁感线的条数，即净条数。

**【例 5】** (2024·泰州市高二期末)如图所示，两根足够长直导线通以相同的电流后平行放置于水平桌面上且关于虚线对称，一矩形线圈  $abcd$  从  $A$  位置运动到关于虚线对称的  $B$  位置过程中，下列说法正确的是 ( )



- A.在  $B$  位置穿过线圈的磁感线方向垂直水平桌面向下
- B.在  $A$  位置穿过线圈的磁感线方向垂直水平桌面向上
- C.从  $A$  到  $B$  穿过线圈的磁通量一直减小
- D.从  $A$  到  $B$  穿过线圈的磁通量先减小后增大

**【例 6】** (来自教材改编)(2024·哈尔滨市高二期中)如图，匀强磁场的磁感应强度  $B$  为  $0.2\text{ T}$ ，方向沿  $z$  轴的正方向，且线段  $MN$ 、 $DC$  相等，长度为  $0.4\text{ m}$ ，线段  $NC$ 、 $EF$ 、 $MD$ 、 $NE$ 、 $CF$  相等，长度为  $0.3\text{ m}$ ，通过面积  $S_{MNCD}$ 、 $S_{NEFC}$ 、 $S_{MEFD}$  的磁通量分别为  $\Phi_1$ 、 $\Phi_2$ 、 $\Phi_3$ ，下列说法正确的是( )



- A.  $\Phi_1=0.024\text{ Wb}$
- B.  $\Phi_2=0.018\text{ Wb}$
- C.  $\Phi_3=0.03\text{ Wb}$
- D.  $\Phi_3=0$

### 3 电磁感应现象及应用

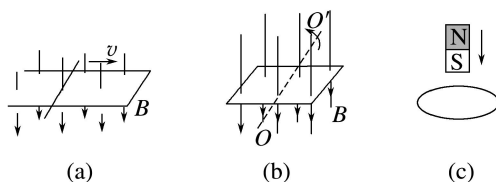
[学习目标] 1.知道什么是电磁感应现象。2.通过实验探究感应电流产生的条件(重难点)。3.了解电磁感应现象的应用。

#### 一、划时代的发现

- 1.奥斯特发现了电流的磁效应，证实电现象与\_\_\_\_\_是有联系的。
- 2.1831年，法拉第把两个线圈绕在一个铁环上，一个线圈接电源，另一个线圈接“电流表”。当给一个线圈通电或断电的瞬间，在另一个线圈上出现了电流，从而发现了“\_\_\_\_\_”现象，他认为“磁生电”是一种在变化、运动的过程中才能出现的效应。
- 3.法拉第把这些“磁生电”现象定名为\_\_\_\_\_，这些现象中产生的电流叫作\_\_\_\_\_。

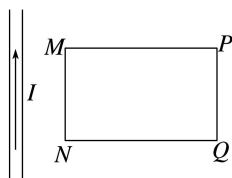
#### 二、磁通量变化的几种情况

- 1.磁通量的变化量 $\Delta\Phi=\Phi_2-\Phi_1$ ，磁感应强度 $B$ 不变，闭合回路的有效面积 $S$ 发生变化。如图(a)、(b)所示， $\Delta\Phi=B(S_2-S_1)=B\Delta S$ 。



- 2.闭合回路的面积 $S$ 不变，磁感应强度 $B$ 发生变化。如图(c)所示， $\Delta\Phi=(B_2-B_1)S=\Delta B\cdot S$ 。
- 3.磁感应强度 $B$ 和闭合回路的面积 $S$ 都发生变化， $\Delta\Phi=B_2S_2-B_1S_1$ 。

**【例 1】** (2025·安顺市高二期末)如图所示，矩形导线框  $MNQP$  位于竖直放置的通电长直导线附近，导线框和长直导线在同一竖直平面内，线框的  $MN$  和  $PQ$  两边与长直导线平行。下列操作导线框中有感应电流的是( )

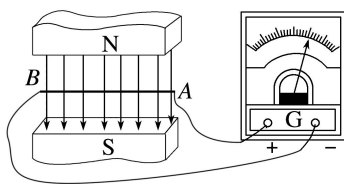


- A.导线框竖直下落
- B.导线框竖直向上平移
- C.导线框水平向左平移
- D.导线框以长直导线为轴转动

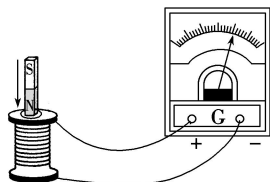
#### 三、产生感应电流的条件 电磁感应现象的应用

- 1.实验：探究感应电流产生的条件

(1)实验一：如图甲所示，导体棒  $AB$  做切割磁感线运动时，线路中\_\_\_\_\_电流产生，而导体棒  $AB$  顺着磁感线运动时，线路中\_\_\_\_\_电流产生。(均选填“有”或“无”)



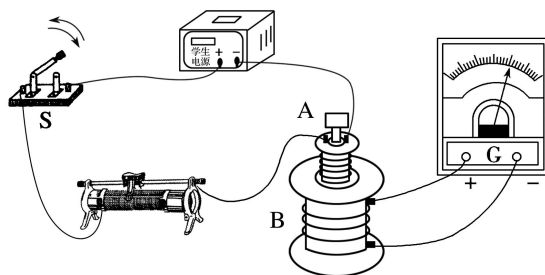
甲



乙

(2)实验二：如图乙所示，当条形磁体插入或拔出线圈时，线圈中\_\_\_\_\_电流产生，但条形磁体在线圈中静止不动时，线圈中\_\_\_\_\_电流产生。(均选填“有”或“无”)

(3)实验三：如图丙所示，将小线圈  $A$  插入大线圈  $B$  中不动，当开关  $S$  闭合或断开时，电流表中\_\_\_\_\_电流通过；若开关  $S$  一直闭合，当改变滑动变阻器的阻值时，电流表中\_\_\_\_\_电流通过；而开关  $S$  一直闭合，滑动变阻器的滑片不动时，电流表中\_\_\_\_\_电流通过。(均选填“有”或“无”)



丙

(4)归纳总结：

实验一中：导体棒做切割磁感线运动，回路的有效面积发生变化，从而引起了磁通量的变化，产生了感应电流。

实验二中：磁体插入或拔出线圈时，线圈中的磁场发生变化，从而引起了磁通量的变化，产生了感应电流。

实验三中：开关闭合、断开或滑动变阻器的滑片移动时，小线圈  $A$  中电流变化，从而引起穿过大线圈  $B$  的磁通量变化，产生了感应电流。

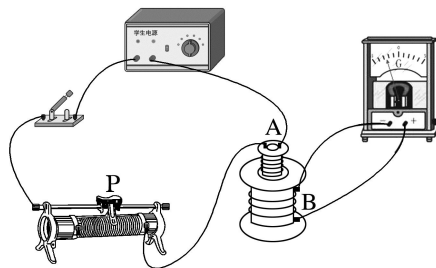
三个实验共同特点是：产生感应电流时闭合回路的磁通量都发生了变化。

2.产生感应电流的条件：当穿过闭合导体回路的\_\_\_\_\_时，闭合导体回路中就产生感应电流。

3.电磁感应现象的应用

生产、生活中广泛使用的变压器、\_\_\_\_\_等都是根据电磁感应制造的。

**【例 2】** (2024·临沂市高二期中)如图所示,线圈 A 通过滑动变阻器和开关连接到电源上,线圈 B 的两端连接到电流计上,把线圈 A 装在线圈 B 的里面,下列说法正确的是( )



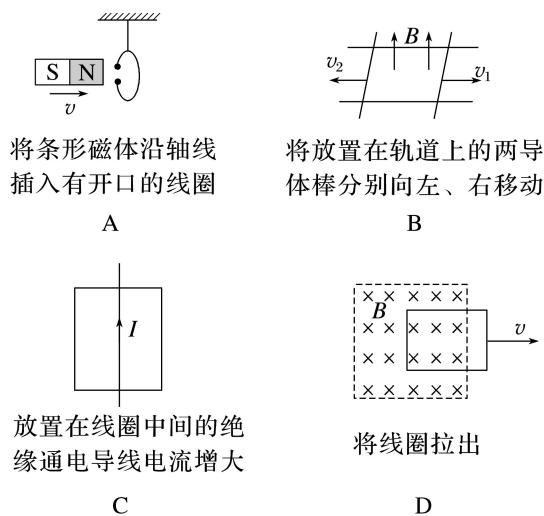
- A.开关闭合瞬间, 电流计的指针不会偏转
- B.开关断开瞬间, 电流计的指针不会偏转
- C.开关闭合稳定后, 滑动变阻器的滑片 P 向右匀速滑动, 电流计指针不会偏转
- D.开关闭合稳定后, 把小线圈 A 从线圈 B 中拔出, 电流计的指针会偏转

#### 四、感应电流产生条件的理解

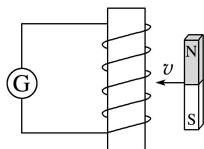
判断有无感应电流时必须明确的关键点:

- (1)观察导体回路是否闭合;
- (2)判断穿过回路的磁通量是否发生变化。

**【例 3】** (多选)(2025·宜宾市高二期末)下列图中的线圈或者回路中描述的情景能产生感应电流的是( )



**【例 4】** (2024·南通市开学考试)如图所示, 条形磁体以速度  $v$  向螺线管靠近。下列说法中正确的是( )



- A.螺线管会产生感应电流
- B.螺线管不会产生感应电流
- C.只有磁体速度足够大, 螺线管才会产生感应电流

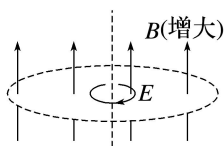
D.只有磁体磁性足够强，螺线管才会产生感应电流

## 4 电磁波的发现及应用

[学习目标] 1.了解麦克斯韦电磁场理论,知道电磁场的概念。2.知道电磁波的特点,掌握电磁波波长、频率、波速之间的关系(重点)。3.知道电磁波谱中各种电磁波的排列顺序,了解各种电磁波的应用,了解电磁波的能量(重点)。

### 一、电磁场

#### 1.麦克斯韦电磁场理论



##### (1)变化的磁场产生电场

①在变化的磁场中放入一个闭合电路,由于穿过电路的磁通量发生变化,电路中会产生\_\_\_\_\_。  
这个现象的实质是变化的磁场在空间产生了\_\_\_\_\_。

②即使在变化的磁场中没有闭合电路,也同样会在空间产生\_\_\_\_\_。

##### (2)变化的电场产生磁场

变化的电场就像导线中的电流一样,会在空间产生\_\_\_\_\_,即\_\_\_\_\_的电场产生磁场。

2.电磁场:变化的电场和磁场相互联系,所形成的不可分割的统一体。

【例 1】 (多选)下列关于电磁场理论的叙述正确的是 ( )

- A.变化的磁场周围一定存在着电场,与是否有闭合电路无关
- B.周期性变化的磁场产生同频率变化的电场
- C.变化的电场和稳定的磁场相互关联,形成一个统一的场,即电磁场
- D.电场周围一定存在磁场,磁场周围一定存在电场

#### ■ 总结提升 ■

##### 对麦克斯韦电磁场理论的理解

| 恒定的磁场不产生电场                  | 恒定的电场不产生磁场                  |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 均匀变化的磁场在周围空间产生恒定的电场         | 均匀变化的电场在周围空间产生恒定的磁场         |
| 不均匀变化的磁场在周围空间产生变化的电场        | 不均匀变化的电场在周围空间产生变化的磁场        |
| 周期性变化的磁场在周围空间产生同频率的周期性变化的电场 | 周期性变化的电场在周围空间产生同频率的周期性变化的磁场 |

## 二、电磁波

1.(1)麦克斯韦的伟大预言：周期性变化的电场引起\_\_\_\_\_变化的磁场，这个变化的磁场又引起新的变化的\_\_\_\_\_，这样变化的电场和变化的磁场交替产生，由近及远地向周围传播，形成电磁波。

(2)电磁波可以在\_\_\_\_\_中传播，因为电磁波的传播靠的是电场和磁场的相互“激发”，不需要传播介质。

**注意：**电磁波传播虽然不需要介质，但它也可以在其他介质如光纤中传播，且速度都比在真空中的小。

(3)光的电磁理论：光是以波动形式传播的一种电磁振动，电磁波在真空中的传播速度等于\_\_\_\_\_，即  $c=3\times 10^8\text{ m/s}$ 。

(4)赫兹的贡献：1886年，科学家赫兹通过实验捕捉到了\_\_\_\_\_，证实了麦克斯韦的电磁场理论。

(5)电磁场中储存着能量，电磁波的发射过程就是辐射电磁能的过程。

### 2.波长、频率与波速之间的关系

(1)波速=波长 $\times$ 频率，即  $c=\lambda f$ 。

(2)频率由波源决定，与介质无关，而波长、波速的大小与介质有关，所以同一电磁波在不同介质中传播时，频率不变，波长、波速发生改变。

(3)不同频率的电磁波在同一介质中传播时，传播速度不同。

### 【易错辨析】

(1)麦克斯韦首先预言了电磁波的存在，赫兹最先用实验证实了电磁波的存在。( )

(2)电磁波依赖于介质才能传播。( )

**【例2】** (2025·保定市高二期末)下列关于电磁波的叙述中，正确的是( )

A.电磁波的频率都相同

B.电磁波在任何介质中的传播速度均为  $3\times 10^8\text{ m/s}$

C.麦克斯韦证实了电磁波的存在

D.电磁波具有波的一切特征

**【例3】** (2024·北京市期末)500米口径球面射电望远镜(简称FAST)又被称为“中国天眼”，是中国科学院国家天文台的一座射电望远镜，若其工作频率范围是  $7\times 10^7\sim 3\times 10^9\text{ Hz}$ ，那么它观测到的电磁波最长波长( )

A.约0.1米

B.约4米

C.约40米

D.约1 000米

## 三、电磁波谱

### 1.电磁波谱

(1)概念：按电磁波的\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_大小的顺序把它们排列起来，就是电磁波谱。

(2)各种电磁波按波长由大到小排列顺序为：\_\_\_\_\_、红外线、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、X射线、 $\gamma$ 射线。

2.不同电磁波的特性和用途

| 种类   | 波长范围                       | 特性            | 应用                      |
|------|----------------------------|---------------|-------------------------|
| 无线电波 | 大于<br>1 mm                 | 波动<br>能力强     | 通信、广播、射电望远镜             |
| 红外线  | 760~<br>10 <sup>6</sup> nm | 热作<br>用强      | 烘干、红外遥感、测温、夜视仪          |
| 可见光  | 400~<br>760 nm             | 感光<br>性强      | 照明、照相                   |
| 紫外线  | 10~<br>400 nm              | 化学作用、<br>荧光作用 | 消毒、荧光效应、促使人体合成<br>维生素 D |
| X 射线 | 0.001~<br>10 nm            | 较强的<br>穿透能力   | 透视人体、检查金属零件的质量          |
| γ射线  | 小于<br>10 <sup>-3</sup> nm  | 穿透能<br>力最强    | 医学上的γ刀技术、探测金属内部<br>的缺陷  |

「易错辨析」

- (1)过强的紫外线照射有利于人的皮肤健康。(     )
- (2)电磁波频率最大的是γ射线，医学上常用它进行人体透视检查。(     )
- (3)紫外线和 X 射线都可以使感光底片感光。(     )

【例 4】 某广播电台发射“中波”段某套节目的信号，家用微波炉中的微波，VCD 机中的激光(可见光)，人体透视用的 X 光，都是电磁波，它们的频率分别为  $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ ，则(     )

- A. $f_1>f_2>f_3>f_4$                       B. $f_1<f_2<f_3<f_4$
- C. $f_1<f_3<f_2<f_4$                       D. $f_1>f_3>f_2>f_4$

【例 5】 (2024·长沙市高二期末)下列关于电磁波的说法正确的是(     )

- A.X 射线穿透力较强，可用来进行人体透视
- B.紫外线能在磁场中偏转，有很强的荧光效应，可用于防伪
- C.麦克斯韦建立了电磁场理论并证实了电磁波的存在
- D.红外体温计是依据体温计发射红外线来测量体温的

四、电磁波的能量 电磁波通信

1.电磁波的能量

(1)电磁波是物质存在的一种特殊形式

电磁波和我们学过的电场、磁场一样，是一种特殊的物质，不是由分子、原子所组成的，与通常的实物不同，但它是客观存在的。

## (2)电磁波具有能量

从场的观点来看，电场具有电场能，磁场具有磁场能，电磁场具有电磁能，电磁波发射的过程就是辐射能量的过程，电磁波在空间传播，电磁能就随之一起传播。

## 2.电磁波通信

### (1)传播途径

电磁波携带的信息，既可以有线传播，也可以无线传播。

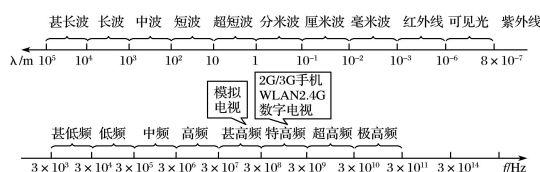
有线传播利用金属导线、光纤等有形媒介传送信息，如台式电脑、电话等。

无线传播仅利用电磁波而不通过线缆传递信息，如收音机、手机、GPS、无线鼠标等。

### (2)传输特点

电磁波的频率越高，相同时间传递的信息量越大，由于光的频率比无线电波的频率高得多，因此光缆可以传递大量的信息。

**【例 6】** 5G 是“第五代移动通信技术”的简称，目前世界各国正大力发展 5G 网络，5G 网络使用的无线电波通信频率在 3.0 GHz 以上的超高频段和极高频段，比目前 4G 及以下网络(通信频率在 0.3~3.0 GHz 的特高频段)拥有更大的带宽和更快的传输速率。5G 网络的传输速率(指单位时间传输的数据量大小)可达 10 Gbps，是 4G 网络的 50~100 倍。关于 5G 网络使用的无线电波，下列说法正确的是( )



- A.在真空中的传播速度更快
- B.在真空中的波长更长
- C.在真空中的波长与 4G 网络使用的无线电波相同
- D.频率更高，相同时间传递的信息量更大

## 5 能量量子化

[学习目标] 1.了解热辐射和黑体的概念。2.初步了解微观世界的量子化特征,知道普朗克常量(难点)。3.了解原子的能级结构(重点)。

### 一、热辐射

#### 1.热辐射

(1)定义:我们周围的一切物体都在辐射\_\_\_\_\_。这种辐射与物体的\_\_\_\_\_有关,所以叫作热辐射。

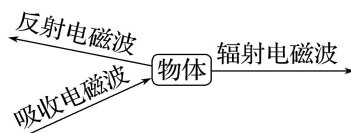
(2)特点:当温度升高时,热辐射中波长\_\_\_\_\_的电磁波的成分越来越强。

(3)理解:

①并非只有高温物体才会发生热辐射,任何物体在任何温度下都会发生热辐射,这是由于物体中分子、原子受到激发会发射电磁波。

②热辐射是内能转化为电磁能的过程。

③除了热辐射外,物体表面还会吸收和反射外界射来的电磁波(如图)。除光源外,常温下我们看到的物体的颜色就是其反射的光的颜色。



#### 2.黑体

(1)定义:能够\_\_\_\_\_吸收入射的各种波长的电磁波而不发生反射的物体。

(2)特点

①黑体不反射电磁波,但可以向外\_\_\_\_\_电磁波。

②黑体辐射电磁波的强度按波长的分布只与黑体的\_\_\_\_\_有关。

**注意:**黑体不一定是黑的,只有当自身辐射的可见光非常微弱时看上去才是黑的;有些可看成黑体的物体由于有较强的辐射,看起来还会很明亮,如炼钢炉口上的小孔。

**【例 1】** (多选)(2024·南宁市高二期末)下列有关黑体和黑体辐射的说法中正确的是( )

- A.黑体的热辐射实际上是电磁辐射
- B.能够完全吸收入射的各种波长的电磁波而不发生反射的物体叫作黑体
- C.黑体辐射电磁波的强度按波长的分布与它的温度、材料的种类及表面状况有关
- D.黑体辐射随着温度的升高,各种波长的辐射强度都增加

#### ■ 总结提升 ■

|  |       |          |
|--|-------|----------|
|  | 热辐射特点 | 吸收、反射的特点 |
|--|-------|----------|

|      |                             |                              |
|------|-----------------------------|------------------------------|
| 一般物体 | 辐射电磁波的情况与温度有关，与材料的种类、表面状况有关 | 既吸收又反射，其能力与材料的种类及入射波的波长等因素有关 |
| 黑体   | 辐射电磁波的强弱按波长的分布只与黑体的温度有关     | 完全吸收各种入射电磁波，不反射              |

## 二、能量子

1.概念：振动着的带电微粒的能量只能是某一最小能量值的\_\_\_\_\_，这个不可再分的最小的能量值 $\epsilon$ 叫作能量子。

2.大小： $\epsilon=$ \_\_\_\_\_，其中普朗克常量  $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 。

3.爱因斯坦光子说：光是由一个个不可分割的能量子组成，频率为 $\nu$ 的光的能量子为\_\_\_\_\_，光的能量子称为\_\_\_\_\_。

**注意：**能量的量子化：在微观世界中能量不能连续变化，只能取分立值，这种现象叫作能量的量子化。量子化的基本特征就是在某一范围内取值是不连续的。

**【例 2】** (2024·宁夏银川唐徕中学高二期末)下列关于能量量子化说法正确的是( )

- A.爱因斯坦最早提出了能量子假说
- B.普朗克认为微观粒子能量是连续的
- C.频率为 $\nu$ 的光的能量子为  $h\nu$
- D.电磁波波长越长，其能量子越大

**【例 3】** 可见光波长的大致范围是 400~760 nm。已知普朗克常量  $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ，光速  $c=3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ，则波长为 400 nm、760 nm 的可见光发生电磁辐射的能量子 $\epsilon$ 的值分别是多少(结果保留 3 位有效数字)?

---

---

---

---

---

---

## 三、能级

### 1.能级

原子的能量是量子化的，这些量子化的能量值叫作能级。

原子具有确定能量的稳定状态，称为定态。能量最低的状态叫作基态，其他的状态叫作激发态。

### 2.能级之间的跃迁

处于低能级的原子受到高速运动的电子的撞击，有可能跃迁到较高的能量状态，处于高能级的原子是不稳定的，会自发地向能量较低的能级跃迁，放出光子。

**注意：**(1)能级越低，原子越稳定。

(2)除受到高速运动的电子的撞击外，当吸收一定大小的光子的能量(等于跃迁前后的两能级之差)时，原子也能从低能级跃迁到高能级。

### 3.原子的发射光谱

#### (1)光谱特征

如图所示是氢原子的光谱，原子的发射光谱只有一些分立的亮线。



#### (2)光谱分立的原因

原子从高能态向低能态跃迁时放出的光子的能量，等于前后两个能级之差，因为原子的能级是分立的，所以放出的光子的能量也是分立的。

**【例 4】** 一个氢原子从低能级跃迁到高能级，该氢原子( )

- A.吸收光子，吸收光子的能量等于两能级之差
- B.吸收光子，能量减少
- C.放出光子，能量增加
- D.放出光子，放出光子的能量等于两能级之差

**【例 5】** (多选)下列说法正确的是( )

- A.原子的能量是连续的，原子的能量从某一能量值变为另一能量值，可以连续变化
- B.原子从低能级向高能级跃迁时放出光子
- C.原子从高能级向低能级跃迁时放出光子，且光子的能量等于前后两个能级之差
- D.由于能级的存在，原子放出的光子的能量是分立的，所以原子的发射光谱只有一些分立的亮线

## 章末素养提升

### 素养再现

|          |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 物理<br>观念 | 12 个概念 | <p>1.磁场：是一种特殊的物质，对磁体或_____有力的作用</p> <p>2.磁感线：用来形象描述磁场引入的假想的线，曲线上每一点的_____都跟这点磁场的方向一致</p> <p>3.磁感应强度：在磁场中_____磁场方向的通电导线，所受的磁场力 <math>F</math> 跟_____和_____的乘积 <math>Il</math> 的比值叫磁感应强度</p> <p>4.磁通量：匀强磁场中_____和与磁场方向_____的平面面积 <math>S</math> 的乘积，即 <math>\Phi=BS</math></p> <p>5.感应电流：法拉第把他发现的磁生电的现象叫作电磁感应，产生的电流叫作_____</p> <p>6.电磁场：变化的_____和_____相互联系，所形成的不可分割的统一体</p> <p>7.电磁波：_____变化的电场和_____变化的磁场交替产生，由近及远地向周围传播，形成电磁波</p> <p>8.电磁波谱：按电磁波的_____或_____大小的顺序把它们排列起来，就是电磁波谱</p> <p>9.热辐射：一切物体都在辐射电磁波，且辐射强度与物体的_____有关，所以叫热辐射</p> <p>10.黑体：能够完全吸收入射的各种波长的_____而不发生反射</p> <p>11.能量子：振动着的带电微粒的能量只能是某一最小能量值的_____，这个最小的能量值 <math>\epsilon</math> 叫能量子</p> <p>12.能级：原子的能量是_____的，量子化的能量值叫_____</p> |
|          | 1 个定则  | <p>1.直线电流的磁场</p> <p>安培定则：用_____握住导线，让伸直的拇指所指的方向与电流方向一致，_____所指的方向就是磁感线环绕的方向</p> <p>2.环形电流的磁场</p> <p>安培定则：让右手_____与环形电流的方向一致，_____就是环形导线轴线上磁场的方向</p> <p>3.通电螺线管的磁场</p> <p>安培定则：用右手握住螺线管，让弯曲的四指与_____一致，伸直的拇指所指的方向就是_____磁场的方向</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

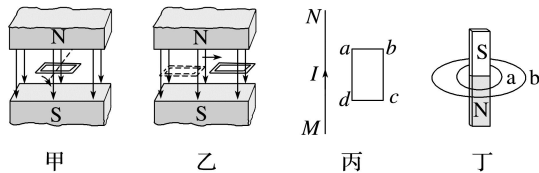
|         |       |                                                                                                                            |
|---------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | 1 个条件 | 产生感应电流的条件：当穿过闭合导体回路的_____时，闭合导体回路中就产生感应电流                                                                                  |
|         | 4 个关系 | 1. $B=$ _____ ( $B$ 与 $I$ 垂直)<br>2. $\Phi=$ _____ ( $B$ 与 $S$ 垂直)<br>3. $c=$ _____<br>4. $\varepsilon=$ _____              |
| 科学思维    |       | 1.类比的思想：对于磁场，通过与电场进行类比学习。如，磁场与电场类比；磁感应强度与电场强度类比；磁感线与电场线类比<br>2.通过“做一做”可以体会赫兹对电磁波预言的证实，体现了假说、理论预言、实验证实、质疑创新等科学思维在科学发现中的重要意义 |
| 科学探究    |       | 通过实验“探究感应电流产生的条件”，提高科学探究能力。从已有认知出发，在初中学习的基础上提出问题。通过法拉第的发现，体会“磁生电”是一种在变化、运动的过程中才出现的效应                                       |
| 科学态度与责任 |       | 电磁感应现象的发现是电磁学中最重大的发现之一。利用电磁感应原理制造的发电机使人类获取了巨大而廉价的电能，为电气化发展奠定了基础                                                            |

提能训练

【例 1】 (2024·辽宁省高二期中)下列关于磁场和磁体的说法中正确的是( )

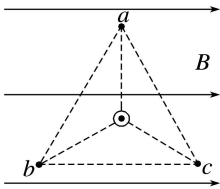
- A.高温可以使磁体的磁性越来越强
- B.宇宙中“破坏力”最强的天体“磁星”，危险程度不亚于黑洞，其磁场只存在于“磁星”外部，内部不存在磁场
- C.电磁起重机的中心部件是电磁铁，其工作原理主要利用了电流的一种效应，此效应的发现者是奥斯特
- D.中国宋代科学家沈括在《梦溪笔谈》中最早记载了地磁偏角，地磁南极在地理南极附近

【例 2】 (2025·江西省三新协同教研共同体联考)以下关于电磁感应现象的几个场景说法正确的是( )



- A.图甲中，线圈绕垂直于磁场的转动轴转动时会产生感应电流
- B.图乙中，线圈垂直于匀强磁场方向向右运动，线圈右边未离开磁场前，线圈会产生感应电流
- C.图丙中，线框与直导线  $MN$  在同一平面内，线框以直导线  $MN$  为轴旋转，会产生感应电流
- D.图丁中，线圈  $b$  中的磁通量大于线圈  $a$  中的磁通量

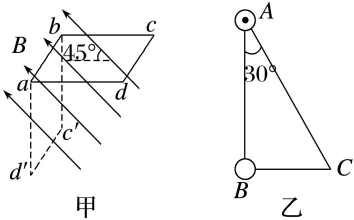
【例 3】 (2025·玉溪市高二期末)如图所示，等边三角形  $abc$  中心处静置一长直通电导线，导线与  $abc$  平面垂直，电流方向如图所示，该空间还存在与  $bc$  边平行的匀强磁场，方向如图所示。若  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三点的磁感应强度大小分别为  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ ，下列关系式正确的是( )



- A. $B_1>B_2>B_3$
- B. $B_1<B_2<B_3$
- C. $B_1<B_2=B_3$
- D. $B_1>B_2=B_3$

【例 4】 (2024·枣庄市滕州第一中学高二月考)(1)如图甲所示，匝数为  $N=10$ 、面积为  $S$  的闭合线圈  $abcd$  水平放置，与磁感应强度为  $B$  的匀强磁场夹角为  $45^\circ$ ，现将线圈以  $ab$  边为轴顺时针转动  $90^\circ$ 。求初始时的磁通量以及整个过程中线圈的磁通量变化量的大小；

(2)如图乙所示，在直角三角形  $ABC$  的  $A$  点和  $B$  点分别固定一垂直纸面的无限长通电直导线，其中  $A$  点处导线电流方向垂直纸面向外， $\angle A=30^\circ$ 。已知通电直导线形成的磁场在空间某点处的磁感应强度  $B=k\frac{I}{r}$ ， $k$  为比例系数， $r$  为该点到导线的距离， $I$  为导线中的电流。现测得  $C$  点的磁场沿  $BC$  方向。请利用平行四边形定则作出  $C$  点合磁场方向(仅作图，不需要说明原因)，并求出  $A$ 、 $B$  两点处导线电流的大小之比。




---



---



---