稳恒磁场

第一节 磁场 磁感应强度 比奥－萨伐尔定律

1. 如图所示，电流从 a 点分两路通过对称的圆环形分路，汇合于 b 点．若 ca、bd 都沿环的径向，则在圆环中心 O 点处的磁感强度　　　　[E]

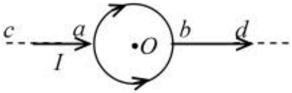
A 方向垂直环形分路所在平面且指向纸内；

B 方向垂直环形分路所在平面且指向纸外；

C 方向在环形分路所在平面，且指向 b；

D 方向在环形分路所在平面内，且指向 a；

E 为零．

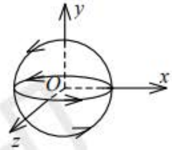


2. 在真空中有一根半径为 R 的半圆形细导线，流过的电流为 I，则圆心处的磁感强度为　　　　[D]

A $\dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{I}{R}$；　B $\dfrac{\mu_0}{2\pi}\dfrac{I}{R}$；　C 0；　D $\dfrac{\mu_0}{4}\dfrac{I}{R}$．

3. 一半径 r =10 cm 的细导线圆环，流过强度 I = 3.0 A 的电流，那么细环中心的磁感强度 B = $6\pi\times10^{-6}$ T．(真空中的磁导率 $\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}$ T · m/A)

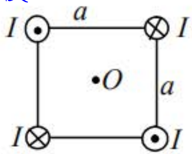
4. 如图所示，半径为 R 的球面，在与 xOy 和 xOz 平面上的两个圆形交线上分别流有强度为 I 的电流，其流向各与 y 轴和 z 轴的正方向成右手螺旋关系．则球心 O 点的磁感强度为 $\dfrac{\mu_0 I}{2R}(\vec{e}_y+\vec{e}_z)$



5. 四条皆垂直于纸面的载流细长直导线，每条中的电流皆为 I．这四条导线被纸面截得的断面，如图所示，它们组成了边长为 a 的正方形的四个角顶，每条导线中的电流流向亦如图所示．则在图中正方形中心点 O 的磁感强度的大小为多少？

每个电流在中心点O处产生的磁感应强度大小都相等，方向不同．

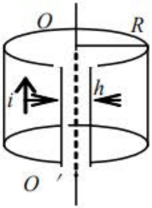
大小为：$B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi\frac{\sqrt{2}}{2}a}=\dfrac{\sqrt{2}\mu_0 I}{2\pi a}$



同对角处的电流产生的磁感应强度的方向相反，所以O点的磁感应强度

$B=0$

6. 将半径为 R 的无限长导体薄壁管(厚度忽略)沿轴向割去一宽度为 h ($h \ll R$)的无限长狭缝后，再沿轴向流有在管壁上均匀分布的电流，其面电流密度(垂直于电流的单位长度截线上的电流)为 i，则管轴线磁感强度的大小等于多少？



将系统的电流等效成柱形电流与相反方向的狭缝电流.

轴线上的磁场是由柱形电流与狭缝电流产生的磁场的叠加.

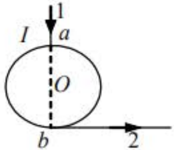
$$B = B_{柱} + B_{狭缝}$$

轴线上，$B_{柱} = 0$.

而 $B_{狭缝} \cdot 2\pi R = i \cdot h$

$$B = B_{狭缝} = \frac{i \cdot h}{2\pi R}$$

7. 电流由长直导线 1 沿半径方向经 a 点流入一电阻均匀的圆环，再由 b 点沿切向从圆环流出，经长导线 2 返回电源(如图)．已知直导线上电流强度为 I，圆环的半径为 R，且 a、b 与圆心 O 三点在同一直线上．设直电流 1、2 及圆环电流分别在 O 点产生的磁感强度为 $\vec{B}_1$、$\vec{B}_2$ 及 $\vec{B}_3$，则 O 点的磁感强度的大小等于多少？



$\vec{B_1} = 0$.

$\vec{B_2} = 0$.

$\vec{B_3} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}$　方向垂直圆面向外

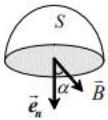
$$\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2} + \vec{B_3} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}.$$

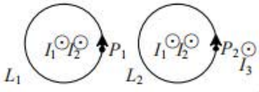
第二节　磁场中的高斯定律 安培环路定律

1. 在磁感强度为 $\vec{B}$ 的均匀磁场中作一半径为 r 的半球面 S，S 边线所在平面的法线方向单位矢量 $\vec{e}_n$ 与 $\vec{B}$ 的夹角为 α，则通过半球面 S 的磁通量(取弯面向外为正)为　　　　[D]

A　$\pi r^2 B$;　　　　B　$2\pi r^2 B$;

C　$-\pi r^2 B\sin\alpha$;　　　　D　$-\pi r^2 B\cos\alpha$.





(a)　　　　(b)

2. 在图(a)和(b)中各有一半径相同的圆形回路 L_1、L_2，圆周内有电流 I_1、I_2，其分布相同，且均在真空中，但在(b)图中 L_2 回路外有电流 I_3，P_1、P_2 为两圆形回路上的对应点，则：　[C]

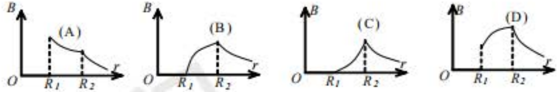
A　$\oint_{L_1}\vec{B}\cdot d\vec{l} = \oint_{L_2}\vec{B}\cdot d\vec{l}$，$B_{P_1} = B_{P_2}$；

B　$\oint_{L_1}\vec{B}\cdot d\vec{l} \neq \oint_{L_2}\vec{B}\cdot d\vec{l}$，$B_{P_1} = B_{P_2}$；

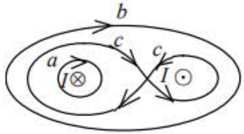
C　$\oint_{L_1}\vec{B}\cdot d\vec{l} = \oint_{L_2}\vec{B}\cdot d\vec{l}$，$B_{P_1} \neq B_{P_2}$；

D　$\oint_{L_1}\vec{B}\cdot d\vec{l} \neq \oint_{L_2}\vec{B}\cdot d\vec{l}$，$B_{P_1} \neq B_{P_2}$.

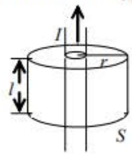
3. 无限长载流空心圆柱导体的内外半径分别为 R_1、R_2，电流在导体截面上均匀分布，则空间各处的 $\vec{B}$ 的大小与场点到圆柱中心轴线的距离 r 的关系定性地如图所示．正确的图是　(C)



4. 两根长直导线通有电流 I，图示有三种环路；在每种情况下的环流分别是多少？$\oint_a \vec{B}\cdot d\vec{l} =$ <u>$\mu_0 I$</u>，$\oint_b \vec{B}\cdot d\vec{l} =$ <u>0</u>　$\oint_c \vec{B}\cdot d\vec{l} =$ <u>$2\mu_0 I$</u>



5. 半径为 r 的无限长直圆柱形导体上，沿轴线方向均匀地流着电流 I．作一个半径 R 长为 l 且与电流同轴的圆柱形闭合曲面 S，则该曲面上的磁感强度 $\vec{B}$ 沿曲面的积分 $\oint\!\!\oint \vec{B}\cdot d\vec{S} =$ <u>0</u>

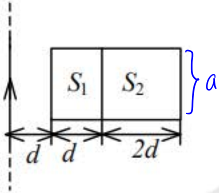


6. 如图，在无限长直载流导线的右侧有面积为 S_1 和 S_2 的两个矩形回路．两个回路与长直载流导线在同一平面，且矩形回路的一边与长直载流导线平行．则通过面积为 S_1 的矩形回路的磁通量与通过面积为 S_2 的矩形回路的磁通量之比为多少？

根据安培环路定理.

$$\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$



磁通量

$$\phi_{m_1} = \int \vec{B}\cdot d\vec{S} = \int_d^{2d} \frac{\mu_0 I}{2\pi r}\cdot a\,dr$$

$$= \frac{\mu_0 I a}{2\pi} \ln 2$$

$$\phi_{m_2} = \int \vec{B}\cdot d\vec{S} = \int_{2d}^{4d} \frac{\mu_0 I}{2\pi r} a\,dr$$

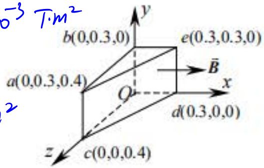
$$= \frac{\mu_0 I a}{2\pi} \ln 2$$

$$\frac{\phi_{m_1}}{\phi_{m_2}} = 1$$

7. 已知均匀磁场，其磁感强度 $B = 0.6$ T，方向沿 x 轴正向（如图）．分别求：(1) 通过 $Oabc$ 面的磁通量；(2) 通过 $Obed$ 面的磁通量；(3) 通过 $acde$ 面的磁通量．

解：(1) $\phi_m = B\cdot S = 0.6\times(0.3\times0.4)\ \mathrm{T\cdot m^2}$

$= 7.2\times10^{-3}\ \mathrm{T\cdot m^2}$



(2) $\phi_m = 0$

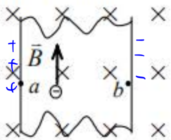
(3) $\phi_m = 7.2\times10^{-3}\ \mathrm{T\cdot m^2}$

第三节　带电粒子在电场和磁场中的运动

及载流导线在磁场中所受的力

1. 一铜条置于均匀磁场中，铜条中电子流的方向如图所示．试问下述哪一种情况将会发生

[C]



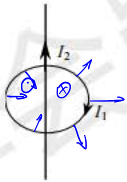
A　在铜条上产生涡流．

B　在铜条上 a、b 两点产生一小电势差，且 $U_a < U_b$.

C　在铜条上 a、b 两点产生一小电势差，且 $U_a > U_b$

D　电子受到洛伦兹力而减速．

2．载有电流 I_2 的长直导线与载有电流 I_1 的圆线圈共面但相互绝缘，长直导线与圆线圈的一直径相重合，如上图，设长直载流导线固定不动，则圆形载流导线将　　[C]

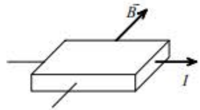


(A)　绕 I_2 旋转．　　(B)　向左运动．

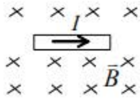
(C)　向右运动．　　(D)　向上运动．　　(E)　不动．

3. 一面积为 S，载有电流 I 的平面闭合线圈置于磁感强度为 $\vec{B}$ 的均匀磁场中，此线圈受到的最大磁力矩的大小为 BSI，此时通过线圈的磁通量为 0，当此线圈受到最小的磁力矩作用时通过线圈的磁通量为 BS。

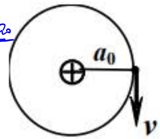
4. 在霍耳效应的实验中，通过导电体的电流和 $\vec{B}$ 的方向垂直(如图)．如果上表面的电势较高，则导体中的载流子带 正 电．(正或负)



5. 有一根质量为 m，长为 l 的直导线，放在磁感强度为 $\vec{B}$ 的均匀磁场中 $\vec{B}$ 的方向在水平面内，导线中电流方向如图所示，当导线所受磁力与重力平衡时，导线中电流 $I =$ $\frac{mg}{Bl}$



6. 设氢原子基态的电子沿半径为 a_0 的轨道运动(如图)，求（1）电子沿轨道运动时原子核处产生的磁感强度；（2）电子的轨道磁矩。



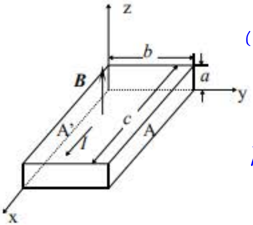
轨道周长 $C = 2\pi a_0$，$\therefore T = \frac{C}{v} = \frac{2\pi a_0}{v}$

电流 $I = \frac{e}{T} = \frac{ev}{2\pi a_0}$

$B = \frac{\mu_0 I}{2a_0} = \frac{\mu_0 ev}{4\pi a_0^2}$

$m = IS = \frac{ev}{2\pi a_0}\pi a_0^2 = \frac{1}{2} ev a_0$

7. 一块半导体样品的体积为 $a\times b\times c$，如图所示，沿 x 轴方向有电流 I，在 z 轴方向有均匀磁场 $\boldsymbol{B}$。实验测得 a=0.10cm，b=0.35cm，c=1.0cm，I=1.0mA，B=0.3T，半导体样品沿 y 轴方向两侧的电势差 $U_{AA'}$ =6.55mV。（1）这个半导体是 p 型还是 n 型？（2）求载流子浓度。



根据洛伦兹力.

$\vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B}$

对正电粒子,力的方向为

$\vec{e}_x \times \vec{e}_z = -\vec{e}_y$

对于负电粒子,力的方向

$-(-\vec{e}_x)\times\vec{e}_z = \vec{e}_y$

$U_{AA'} = 6.55mV > 0$

即 $V_A > V_{A'}$

A 极带正电荷. A' 极带负电荷

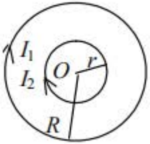
所以运动粒子带负电.

(2) $U = \dfrac{IB}{nqd}$

其中 d 是 B 方向的厚度 $d=a$.

$n = \dfrac{Uqa}{IB} = 3.5\times10^{-21}\ m^{-3}$.

8. 两个同心圆线圈，大圆半径为 R，通有电流 I_1；小圆半径为 r，通有电流 I_2，方向如图．若 $r \ll R$（大线圈在小线圈处产生的磁场近似为均匀磁场），当它们处在同一平面内时小线圈所受磁力矩的大小等于多少？



解:大圆在中心处产生的磁感应强度

$B = \dfrac{\mu_0 I_1}{2R}$ 方向向里.

$\vec{M} = \vec{m}\times\vec{B} = 0$

9.思考题

在均匀磁场中，载流线圈的取向与所受的磁力矩有何关系？在什么情况下，磁力矩最大？什么情况下磁力矩最小？载流线圈处于稳定平衡时，其取向又如何？

磁场中的磁介质

1. 磁介质有三种，用相对磁导率μ_r表征它们的特性时　　[C]

A 顺磁质$\mu_r>0$，抗磁质$\mu_r<0$，铁磁质$\mu_r>>1$.

B 顺磁质$\mu_r>1$，抗磁质$\mu_r=1$，铁磁质$\mu_r>>1$.

C 顺磁质$\mu_r>1$，抗磁质$\mu_r<1$，铁磁质$\mu_r>>1$.

D 顺磁质$\mu_r<0$，抗磁质$\mu_r<1$，铁磁质$\mu_r>0$.

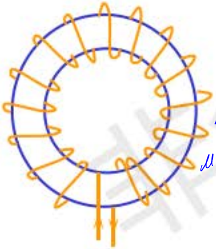
2. 如图所示的一细螺绕环，它由表面绝缘的导线在铁环上密绕而成，每厘米绕 10 匝。当导线中的电流 I 为 2.0A 时，测得铁环内的磁感应强度的大小 B 为 1.0T ,则可求得铁环的相对磁导率μ_r为　　[B]

A 7.96×10^2

B 3.98×10^2

C 1.99×10^2

D 63.3



$B=\mu nI$

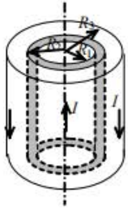
$\mu=\frac{B}{nI}=\frac{1}{10^3\times2}$

$\mu_r=\frac{\mu}{\mu_0}=\frac{1}{2\times10^3\times4\pi\times10^{-7}}$

$=\frac{1}{8\pi\times10^{-4}}$

3. 螺绕环中心周长为l，环上均匀密绕线圈N匝，线圈中通有电流I．管内充满相对磁导率μ_r的磁介质．求管内磁感应强度的大小为 $\mu_r\mu_0NI/l$.

4. 一根同轴电缆由半径为R_1的长导线和套在它外面的内半径为R_2、外半径为R_3的同轴导体圆筒组成．中间充满磁导率为μ的各向同性均匀非铁磁绝缘材料，如图．传导电流I沿导线向上流去，由圆筒向下流回，在它们的截面上电流都是均匀分布的．求同轴线内外的磁场强度和磁感应强度的分布。



分区域 Ⅰ：$r<R_1$

$H\cdot2\pi r=\frac{I}{\pi R_1^2}\pi r^2$

$H=\frac{Ir}{2\pi R_1^2}$, $B=\frac{\mu_0Ir}{2\pi R_1^2}$

Ⅱ：$R_1<r<R_2$

$H\cdot2\pi r=I$

$H=\frac{I}{2\pi r}$, $B=\frac{\mu I}{2\pi r}$

Ⅲ $R_2<r<R_3$

$H\cdot2\pi r=I-\frac{I}{\pi(R_3^2-R_2^2)}\pi(r^2-R_2^2)$

$=I\,\frac{R_3^2-r^2}{R_3^2-R_2^2}$

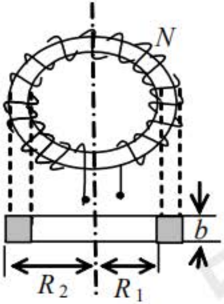
$H=\frac{I}{2\pi r}\cdot\frac{R_3^2-r^2}{R_3^2-R_2^2}$, $B=\frac{\mu_0I}{2\pi r}\cdot\frac{R_3^2-r^2}{R_3^2-R_2^2}$

Ⅳ：$r>R_3$

$H\cdot2\pi r=0$

$H=0$, $B=0$.

5. 横截面为矩形的环形螺线管，圆环内外半径分别为 R_1 和 R_2，芯子材料的磁导率为μ，导线总匝数为 N，绕得很密，若线圈通电流 I，求：(1) 芯子中的 H 值和芯子截面的磁通量．(2) 在 $r<R_1$ 和 $r>R_2$ 处的 H 值．



解：(1) $H\cdot 2\pi r = NI$

$H=\dfrac{NI}{2\pi r}$

$B=\dfrac{\mu NI}{2\pi r}$

$\phi_m=\int B\cdot ds$

$=\int_{R_1}^{R_2}\dfrac{\mu NI}{2\pi r}b\,dr$

$=\dfrac{\mu NIb}{2\pi}\ln\dfrac{R_2}{R_1}$

(2) 在 $r<R_1$ 和 $r>R_2$

$H=0$

6.螺绕环中心周长为 l，环上均匀密绕线圈 N 匝，线圈中通有电流 I．管内充满相对磁导率μ_r 的磁介质．求管内磁感应强度的大小．

$H\cdot l = NI$

$H=\dfrac{NI}{l}$

$B=\mu H=\dfrac{\mu_0\mu_r NI}{l}$

7.**思考题：**为什么装指南针的盒子不是用铁，而是用胶木等材料做成的？