9. 恒定磁场

班级 ______________ 学号 _______________ 姓名 ______________ 成绩 ___________

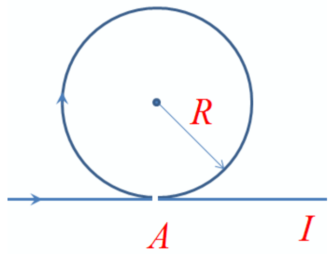
一、选择题

1.无限长的直导线在 A 点弯成半径为 R 的圆环，则当通以电流 I 时，圆心 O 处的磁感应强度大小等于：

圆圈中心磁场与长直导线磁场的叠加注意方向

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

(D) $\dfrac{\mu_0 I}{2R}(1-\dfrac{1}{\pi})$； (E) $\dfrac{\mu_0 I}{4R}(1+\dfrac{1}{\pi})$。

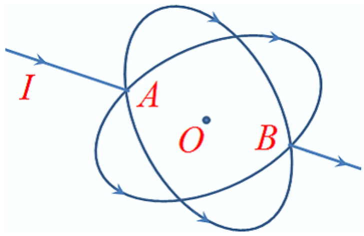


2.两半径为 R 的相同的导体细圆环，互相垂直放置，且两接触点 A、B 连线为环的直径，现有电流 I 沿 AB 连线方向由 A 端流入，再由 B 端流出，则环中心处的磁感应强度大小为：

(A) 0； (B) $\mu_0 I/4R$； (C) $\sqrt{2}\mu_0 I/4R$；

(D) $\sqrt{2}\mu_0 I/R$； (E) $\sqrt{2}\mu_0 I/8R$。

根据对称性可知：
中心处磁感强度为 0

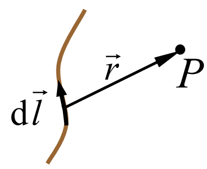


3. 在电流元 $I\,\mathrm{d}\vec{l}$ 激发的磁场中，若在距离电流元为 $\vec{r}$ 处的磁感应强度为 $\mathrm{d}\vec{B}$。则下列叙述中正确的是

毕奥萨伐尔定律，$\mathrm{d}\vec{B}=\dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{I\mathrm{d}\vec{l}\times\vec{e}_r}{r^2}$

(A) $\mathrm{d}\vec{B}$ 的方向与 $\vec{r}$ 方向相同； (B) $\mathrm{d}B$ 的方向与 $I\,\mathrm{d}\vec{l}$ 方向相同；

(C) $\mathrm{d}\vec{B}$ 的方向垂直于 $I\,\mathrm{d}\vec{l}$ 与 $\vec{r}$ 组成的平面； (D) $\mathrm{d}\vec{B}$ 的方向为($-\vec{r}$)方向。



( )

4. 磁场中的高斯定理 $\oiint_S \vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{S}=0$ 说明了磁场的性质之一是

保守力做功只与位置有关，这个公式无法说明。

(A) 磁场力是保守力； (B) 磁感应线可能闭合；

(C) 磁场是无源场； (D) 磁场是无势场。

（磁感线是闭合的，无头无尾，即：无源场） 势能，跟位置有关，这个公式无法说明。

( )

5. 有一内部充满相对磁导率为 μ_r 的均匀磁介质的螺线管，其长为 l，半径为 a (l>a)，总匝数为 N，通以稳恒电流 I，则管中一点的：

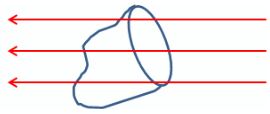
$B=\mu nI=\mu\dfrac{N}{l}I$ $\quad H=\dfrac{B}{\mu}=\dfrac{NI}{l}$

(A)磁感应强度大小 $B=\mu_r NI/l$； (B)磁感应强度大小 $B=\mu_0\mu_r NI$；

(C)磁场强度大小为 $H=\mu_0 NI/l$； (D)磁场强度大小为 $H=NI/l$。

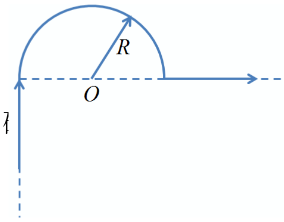
( )

二、填空题



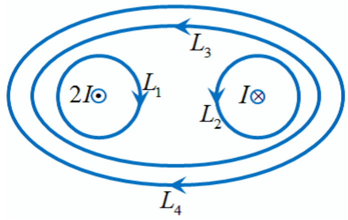
曲面的磁通量与圆面的磁通量相等
这里没说明方向，所以带上 ±

1.在均匀磁场 $\vec{B}$ 中，有一半径为 R 的圆面，其法线 $\vec{n}$ 与 $\vec{B}$ 夹角为 60°，则通过以该圆周为边线的任意曲面 S 的磁通量 $\Phi_m = \iint_s \vec{B}\cdot d\vec{S} =$ $\underline{\pm B\pi R^2/2}$。



2.有一折成如图所示的无限长导线，已知电流 I=10A,半圆半径 R=0.5cm，则圆心 O 点的磁感应强度 $B =$ $\underline{B=\frac{\mu_0 I}{4R}(1+\frac{1}{\pi})}$，方向 $\underline{\text{向内}}$。详见课件，半无限长和半圆形电流的磁场。

3.如图所示，在真空中，流出纸面的电流为 $2I$，流进纸面的电流为 I，则对于图中的 L_1、L_2、L_3、L_4 闭合曲线：考查安培环路定理



(A) $\oint_{L_1}\vec{B}\cdot d\vec{l} = \underline{-\mu_0 2I}$；　(B) $\oint_{L_2}\vec{B}\cdot d\vec{l} = \underline{-\mu_0 I}$；

(C) $\oint_{L_3}\vec{B}\cdot d\vec{l} = \underline{\mu_0 I}$；　(D) $\oint_{L_4}\vec{B}\cdot d\vec{l} = \underline{-\mu_0 I}$。

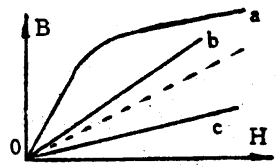
4. 有一电子在磁感应强度 B=0.2T 的匀强磁场中沿圆周运动，电子运动形成的等效圆电流强度 I=$\underline{8.949\times10^{-10}\ \text{A}}$；该电子的轨道磁矩 P_m=$\underline{2.8101\times10^{-9}}$ $A\cdot m^2$ 磁矩方向与 $\vec{\omega}$ 相 $\underline{\text{反}}$。详解在后面

有的课本用m表示

（电子电量 e=1.6×10^{-19}C，电子质量 m=9.11×10^{-31}kg，圆轨道半径 R=1 米）。

5. 如图所示，虚线表示是 $B=\mu_0 H$ 的关系曲线，图中 a、b、c 分别代表哪一类磁介质的 $B\sim H$ 关系曲线？

$B=\mu_0\mu_r H$　图中虚线表示 $\mu_r=1$，可以推出b：$\mu_r>1$，c：$\mu_r<1$



a 代表 $\underline{\text{铁磁质}}$ 的 $B\sim H$ 关系曲线；磁滞回线的一部分

b 代表 $\underline{\text{顺磁质}}$ 的 $B\sim H$ 关系曲线；$\mu_r>1$

c 代表 $\underline{\text{抗磁质}}$ 的 $B\sim H$ 关系曲线。$\mu_r<1$

二、4

回旋半径： $R=\dfrac{mv}{eB}$

回旋周期： $T=\dfrac{2\pi m}{eB}$

等效电流： $I=\dfrac{e}{T}=\dfrac{e^2B}{2\pi m}$

轨道磁矩： $IS=\dfrac{e^2B}{2\pi m}\pi R^2=\dfrac{e^2B}{2m}R^2$

电子带负电所以 $\vec{P}_m$ 与 $\vec{\omega}$ 方向相反

9. 恒定磁场参考答案

一、选择题： 1、D； 2、A；3、C；4、C；5、D

二、填空题：1、$\pm B\pi R^2/2$； 2、$B=\dfrac{\mu_0 I}{4R}(1+\dfrac{1}{\pi})$，向内； 3、$-\mu_0 2I$，$-\mu_0 I$，$\mu_0 I$，$-\mu_0 I$。

4、8.949×10^{-10} A 2.8101×10^{-9} A·m^2 反

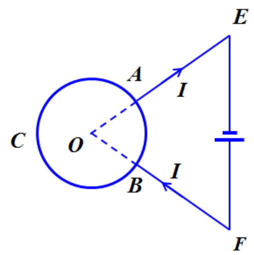
5、铁磁质 顺磁质 抗磁质

三、计算题：

1、解：如图所示的电流系统在 O 点激发的 $\vec{B}$ 为 5 段电流所产生 $\vec{B}$ 的矢量迭加

∵ O 点在直电流 I_{AE} 与 I_{FB} 所在延长线上，

∴ $B_{AE}=B_{FB}=0$，又 O 点离 I_{EF} 很远，此电流的磁场可略去不计。



根据毕奥—萨伐尔定律：

I_1 电流在 O 点的磁场：$B_1=\int_0^{L_1}\dfrac{\mu_0}{4\pi}\cdot\dfrac{I_1\mathrm{d}l}{R^2}=\dfrac{\mu_0 I_1 L_1}{4\pi R^2}$，$\vec{B}$ 方向：⊗

I_2 电流在 O 点的磁场：$B_2=\int_0^{L_2}\dfrac{\mu_0 I_2\mathrm{d}l}{4\pi R^2}=\dfrac{\mu_0 I_2 L_2}{4\pi R^2}$，$\vec{B}$ 方向：⊙

由电阻定律知，$A\overset{\frown}{C}B$ 和 $A\overset{\frown}{D}B$ 的电阻 R_1 和 R_2 与其长度 L_1、L_2 间有 $R_1/R_2=L_1/L_2$

又 R_1 和 R_2 为并联，故有：$R_1I_1=R_2I_2$ ∴ $B=B_1-B_2=\dfrac{\mu_0}{4\pi R^2}(I_1L_1-I_2L_2)=0$

2、解：当带电圆盘转动时，可看作无数个圆电流的磁场在 O 点的叠加，半径为 r，宽为 $\mathrm{d}r$ 的圆电流

$$\mathrm{d}I=\sigma 2\pi r\mathrm{d}r\omega/2\pi=\sigma\omega r\mathrm{d}r\text{，磁场 }\mathrm{d}B=\mu_0\mathrm{d}I/2r=\mu_0\sigma\omega\mathrm{d}r/2$$

阴影部分产生的磁感应强度 $B_+=\int_0^{R_1}\dfrac{1}{2}\mu_0\sigma\omega\,\mathrm{d}r=\dfrac{\mu_0\sigma\omega R_1}{2}$

其余部分：$B_-=\int_{R_1}^{R_2}\dfrac{1}{2}\mu_0\sigma\omega\mathrm{d}r=\dfrac{1}{2}\mu_0\sigma\omega(R_2-R_1)$ 已知：$B_+=B_-$，则有：$R_2=2R_1$

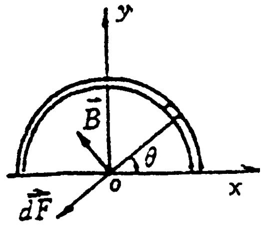
3、解：（1）由安培环路定理：$\oint\vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l}=B\cdot 2\pi r=\mu_0 I$ 得：$B=\mu_0 I/2\pi r$

（2）在截面上 r 处，取宽为 $\mathrm{d}r$，长 l 的窄条，其面积 $\mathrm{d}s=l\mathrm{d}r$，则

$$\mathrm{d}\Phi=\vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{s}=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}\cdot l\mathrm{d}r\qquad\therefore\ \Phi=\oint_s\mathrm{d}\Phi=\int_{R_1}^{R_2}\frac{\mu_0 I l}{2\pi}\frac{\mathrm{d}r}{r}=\frac{\mu_0 I l}{2\pi}\ln\frac{R_2}{R_1}$$

*4、(本题较难)

解：取如图坐标，柱面电流密度为 $I/\pi R$，在半圆柱面上取宽度为 dl 平行于轴线的窄条，它在轴线上产生磁感应强度：$dB=\dfrac{\mu_0}{2\pi R}\dfrac{I}{\pi R}dl$



轴线上长为 h 的一段受磁力：$dF=IhdB=\dfrac{\mu_0 I^2 h}{2\pi^2 R^2}dl$

$dF_x=dF\cos(\pi+\theta)=-\dfrac{\mu_0 I^2 h}{2\pi^2 R^2}dl\cos\theta$

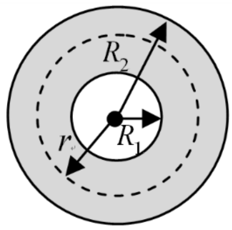
$dF_y=dF\sin(\pi+\theta)=-\dfrac{\mu_0 I^2 h}{2\pi^2 R^2}dl\sin\theta$ ∴轴线上单位长度受力：

$F_x=\int_0^{\pi}-\dfrac{\mu_0 I^2}{2\pi^2 R}\cos\theta d\theta=0\quad F_y=\int_0^{\pi}-\dfrac{\mu_0 I^2}{2\pi^2 R}\sin\theta d\theta=-\dfrac{\mu_0 I^2}{\pi^2 R}$，沿 y 轴负向。

5、解：选择以圆柱轴线上一点为圆心，半径为 r 的圆周为积分路径，则

（1）当 $0\le r\le R_1$ 时，由 $\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l}=\sum I$，可得

$H_1\cdot 2\pi r=\dfrac{I}{\pi R_1^2}\pi r^2\qquad \therefore H_1=\dfrac{Ir}{2\pi R_1^2}$



由于铜导线的 μ_r 取 1，故 $B_1=\mu_0 H_1=\dfrac{\mu_0 Ir}{2\pi R_1^2}$

（2）当 $R_1\le r\le R_2$ 时，根据安培环路定理，则有

$H_2 2\pi r=I\qquad H_2=\dfrac{I}{2\pi r}$-参考答案和提示

磁介质内的 $\mu=\mu_0\mu_r$，得 $B_2=\dfrac{\mu_0\mu_r I}{2\pi r}$

（3）当 $r>R_2$ 时，有 $H_3=\dfrac{I}{2\pi r}$

磁介质外，$\mu=\mu_0$，故 $B_3=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$