【知识点八】

基础篇

8.1（清华习题）磁介质有三种，用相对磁导率μ_r表征它们各自的特性时（　　）

A.顺磁质$\mu_r>0$，抗磁质$\mu_r<0$，铁磁质$\mu_r\gg1$

B.顺磁质$\mu_r>1$，抗磁质$\mu_r=1$，铁磁质$\mu_r\gg1$

C.顺磁质$\mu_r>1$，抗磁质$\mu_r<1$，铁磁质$\mu_r\gg1$

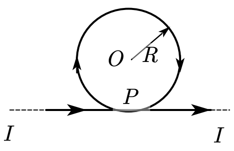
D.顺磁质$\mu_r<0$，抗磁质$\mu_r<1$，铁磁质$\mu_r>0$

8.2（清华习题）在磁感强度为$\boldsymbol{B}$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$\boldsymbol{n}$与$\boldsymbol{B}$的夹角为α，则通过半球面S的磁通量(取弯面向外为正)为（　　）

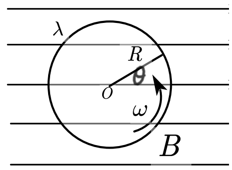
A.πr^2B B.$2\pi r^2B$ C.$-\pi r^2B\sin\alpha$ D.$-\pi r^2B\cos\alpha$

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

8.4（南京大学 2012）一无限长直导线通有电流I，在P点处弯成一个半径为R的圆，P点处导线彼此绝缘，如图所示，圆心O点处磁感应强度的大小为__________。



习题 8.4 图



习题 8.5 图

8.5（天大 2015）如图，均匀磁场中放一均匀带正电荷的圆环，其线电荷密度为λ，圆环可绕通过环心O与环面垂直的转轴旋转，当圆环以角速度ω转动时，圆环受到的力矩为_________，其方向为__________。

8.6（清华习题）带电粒子沿垂直于磁感线的方向飞入有介质的匀强磁场中。由于粒子和磁场中的物质相互作用，损失了自己原有动能的一半。路径起点的轨道曲率半径与路径终点的轨道曲率半径之比为__________。

8.7（清华习题）电子在磁感强度B=0.1T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=_____________。(电子电荷e=1.60×10^{-19}C，电子质量m=9.11×10^{-31}kg)

提高篇

8.8（清华习题）A、B 两个电子都垂直于磁场方向射入一均匀磁场而作圆周运动。A 电子的速率是 B 电子速率的两倍。设 R_A、R_B 分别为 A 电子与 B 电子的轨道半径；T_A，T_B 分别为它们各自的周期。则（　　）

A. $R_A:R_B=2$, $T_A:T_B=2$ B. $R_A:R_B=1/2$, $T_A:T_B=1$

C. $R_A:R_B=1$, $T_A:T_B=1/2$ D. $R_A:R_B=2$, $T_A:T_B=1$

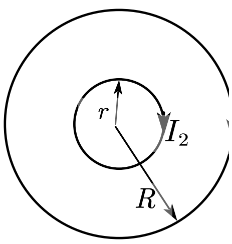
8.9（华科 2015）如图所示，两个同心圆线圈，大圆半径为R，通有电流I_1;小圆半径为r，通有电流I_2,方向如图，若$r<<R$(大线圈在小线圈处产生的磁场近似为均匀磁场),当它们在同一平面内时小线圈所受的磁力矩的大小为（　　）

A. $\frac{\mu_0\pi I_1 I_2 r^2}{2R}$ B. $\frac{\mu_0 I_1 I_2 r^2}{2R}$ C. $\frac{\mu_0\pi I_1 I_2 r^2}{2r}$ D.0

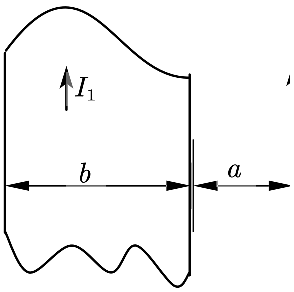
8.10（华科 2016）均匀磁场 B 中放一均匀带正电荷的圆环，圆环半径为 R，电荷线密度为λ，圆环可绕过圆心且与环面垂直的转轴旋转，转轴与磁场 B 垂直。当圆环以角速度ω 转动时，圆环受到的磁力矩的大小为______。

8.11（华科 2016）如图所示，一宽度为 b 的无限长导体片上有均匀分布的电流I_1，另一与导体片平行的导线和导体片相距为a,载有同向电流I_2，求导线单位长度上所受的磁场力的大小和方向。

8.12（华科 2015）图中所示的是一个外半径为R_1的无限长的圆柱形导体管，管内空心部分的半径为R_2,空心部分的轴与圆柱的轴相互平行但不重合，两轴距离为 a，且$a>R_2$,现有电流 I 沿导体管轴向流动，电流均匀分布在管的横截面上，而电流方向与管的轴线平行。求（1）圆柱轴线上的磁感应强度的大小；（2）空心部分轴线上的磁感应强度的大小。



习题 8. 9 图



习题 8. 11 图

【知识点八参考答案】

基础篇

8.1【正解】C

8.2【正解】D

【解析】将半球面投影到边线所在的水平面上，利用磁通量的定义式$\Phi_m=\int_s \boldsymbol{B}\cdot d\boldsymbol{S}=-\pi r^2 B\cos\alpha$，负号是因为投影面的法线方向和边线所在平面的法向方向相反。

8.3【正解】$\boldsymbol{IBS}$; 0; $\boldsymbol{BS}$

【解析】当线圈平面和磁感应强度平行时，此时受到的磁力矩最大为$\boldsymbol{IBS}$，磁通量为零；

当线圈平面和磁感应强度垂直时，此时受到的磁力矩为零，磁通量最大为$\boldsymbol{BS}$

8.4【正解】$\frac{\mu_0 I}{2R}\left(1-\frac{1}{\pi}\right)$

【解析】O 点的磁感应强度可以看成由两部分组成，一部分由圆环电流产生，圆环在 O 点激发的磁感应强度垂直纸面向里大小为$\frac{\mu_0 I}{2R}$，另一部由无限长直导线激发，方向为垂直纸面向外，大小为$\frac{\mu_0 I}{2\pi R}$，所以 O 点的磁感应强度为$\frac{\mu_0 I}{2R}\left(1-\frac{1}{\pi}\right)$，方向为垂直纸面向里。

8.5【正解】$\pi R^3\lambda B\omega$; 在纸面中向上

【解析】已知任意形状的载流线圈在均匀磁场中的力矩为$\boldsymbol{M}=\boldsymbol{p}_m\times\boldsymbol{B}$，所以只要求出旋转圆环中电流即可求得力矩，电流$I=\frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}=\frac{2\pi R\lambda}{2\pi/\omega}=R\omega\lambda$，所以

$\boldsymbol{M}=\boldsymbol{p}_m\times\boldsymbol{B}=\boldsymbol{IS}\times\boldsymbol{B}=R\omega\lambda\cdot\pi R^2\cdot B\boldsymbol{e}_n=\pi R^3\lambda B\omega\boldsymbol{e}_n$，$\boldsymbol{e}_n$为纸面向上

8.6【正解】$\sqrt{2}$： 1

【解析】设电子的初始速度为 v，动能损失原来的一版则速度变为$v'=\frac{\sqrt{2}}{2}v$，由洛伦兹力提供向心力得到，曲率半径和运动速度成正比。所以起点和终点的曲率半径之比为$\sqrt{2}$： 1

8.7【正解】4.47×10^{-10} **A**

【解析】电子受到的洛伦兹力提供做匀速圆周运动的向心力，$Bev=m\frac{v^2}{R}$，$\omega=\frac{Be}{m}$，电子运动形成的等效电流强度$I=\frac{Q}{t}=\frac{e}{T}=\frac{\omega e}{2\pi}=\frac{Be^2}{2\pi m}=4.47\times10^{-10}$ **A**

提高篇

8.8【正解】D

【解析】电子受到的洛伦兹力提供做匀速圆周运动的向心力，$Bev=m\frac{v^2}{R}$，电子的质量和所带电荷相同，同一个均匀磁场磁感应强度也相同，可得$\frac{Be}{m}=\frac{v}{R}$，运动半径和速度成正比所以$R_A:R_B=2$，所以运动角速度相同，得到 $T_A:T_B=1$

8.9【正解】D

【解析】由小线圈和大线圈共平面和圆的对称性可知，大线圈激发的磁场对小线圈产生的安培力相互抵消，合力为零，所以磁力矩为零。

8.10【正解】$\pi R^3\lambda B\omega$;

【解析】见题四

8.11【正解】$F=\dfrac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi b}\ln\dfrac{a+b}{a}$，向左方向

【解析】如图所示建立坐标系，在坐标 x 处取宽度为 dx 的长直电流元，其电流为$\mathrm{d}I_1=\dfrac{I_1}{b}\mathrm{d}x$，它在无限长直载流导线$I_2$处产生的磁场大小为：$\mathrm{d}B=\dfrac{\mu_0\mathrm{d}I_1}{2\pi(a+b-x)}=\dfrac{\mu_0 I_1\mathrm{d}x}{2\pi b(a+b-x)}$，则导体片在$I_2$处产生的磁感应强度为所有电流元激发的磁感应强度的叠加，$B=\displaystyle\int\mathrm{d}B=\int_0^b\frac{\mu_0 I_1\mathrm{d}x}{2\pi b(a+b-x)}=\frac{\mu_0 I_1}{2\pi b}\ln\frac{a+b}{a}$

所以导线单位长度上收到的力的大小为：$F=BI_2l=\dfrac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi b}\ln\dfrac{a+b}{a}$，方向向左。

8.12【正解】（1）$\boldsymbol{B}=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi a}\dfrac{R_2^2}{(R_1^2-R_2^2)}(-\boldsymbol{e}_\theta)$；（2）$\boldsymbol{B}=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi}\dfrac{a}{(R_1^2-R_2^2)}(\boldsymbol{e}_\theta)$

【解析】应用补偿法，将带有空腔的圆柱形导体管，等效为完整的圆柱形导体管加上在空腔处带有相反电流的小圆柱体，且电流密度与实际截面上的电流密度相等，则空间磁场可以看成两圆柱体产生的磁场的叠加。

（1）圆柱轴线上的$\boldsymbol{B}$可视为大圆柱电流产生的$\boldsymbol{B}_1$和小圆柱电流产生的$\boldsymbol{B}_2$的叠加（设顺时针为正）则根据安培环路定理可得：

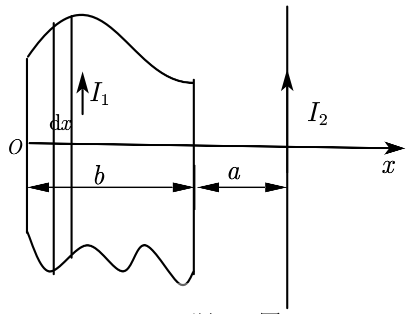
$$\boldsymbol{B}_1=0,\boldsymbol{B}_2=\frac{\mu_0 I'}{2\pi a}(-\boldsymbol{e}_\theta)$$，$\boldsymbol{e}_\theta$为切向单位矢量

$$I'=\frac{I}{\pi(R_1^2-R_2^2)}\cdot\pi R_2^2=\frac{R_2^2 I}{(R_1^2-R_2^2)}$$，故$\boldsymbol{B}=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi a}\dfrac{R_2^2}{(R_1^2-R_2^2)}(-\boldsymbol{e}_\theta)$

（2）同理，空心部分轴线$\boldsymbol{B}_2=0$，

$$\boldsymbol{B}_1=\frac{\mu_0 I'}{2\pi a}(\boldsymbol{e}_\theta)$$，$\boldsymbol{e}_\theta$为切向单位矢量

$$I'=\frac{I}{\pi(R_1^2-R_2^2)}\cdot\pi a^2=\frac{Ia^2}{(R_1^2-R_2^2)}$$，故$\boldsymbol{B}=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi}\dfrac{a}{(R_1^2-R_2^2)}(\boldsymbol{e}_\theta)$



习题8.11图