稳恒磁场的教学要求

1.熟练掌握磁感应强度和磁通量的定义和计算；掌握稳恒磁场的高斯定理；毕奥一沙伐尔一拉普拉斯定理;安培环路定律及其应用。

2.掌握磁场对运动电荷的作用(洛仑兹力)；磁场对载流导线的作用(安培定律)；磁场对载流线圈的作用磁力矩；掌握磁力的功。

3.掌握物质的磁化；$\vec{B}$,$\vec{H}$, $\vec{M}$ 三矢量之间的关系。

一、基本概念：

1. 磁感应强度$\vec{B}$（描述磁场强弱及方向的物理量）

$$B=\begin{cases} F_{max}/qv & \text{方向：} \vec{F}_{\max}\times\vec{v} \\ M_{max}/P_m & \text{方向：稳定时磁矩的指向} \end{cases}$$

2. 磁通量的定义（描述通过某一面磁场强弱的物理量）

$$\Phi_m=\iint_S \vec{B}\cdot d\vec{S}$$

3. 安培力（磁场对载流导线的作用力）

$$\vec{F}=\int I d\vec{l}\times\vec{B}$$

4. 洛仑兹力（磁场对运动电荷的作用力）

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

5. 磁力矩（匀强磁场 对载流线圈的作用力矩）

$$\vec{M}=\vec{P}_m\times\vec{B}$$

6. 载流导线、线圈在磁场运动时磁力对其作功

$$A=\int I d\varphi=I\left(\phi_{m2}-\phi_{m1}\right)$$

7. 磁化强度（描述磁介质磁化强弱及方向的物理量）

$$\begin{cases} \text{顺磁质：} \vec{M} = \dfrac{\sum \vec{P}_m}{\Delta V} \\ \text{抗磁质：} \vec{M} = \dfrac{\sum \Delta \vec{P}_m}{\Delta V} \end{cases}$$

8. 磁化面电流强度、磁化面电流密度

$$\vec{j}_s = \vec{M} \times \vec{n} \qquad \oint_L \vec{M} \cdot d\vec{l} = \sum I_s$$

9. 磁场强度、磁化强度、磁感应强度之间的关系

$$\vec{M} = \chi_m \vec{H} \qquad \mu_r = 1 + \chi_m \qquad \vec{B} = \mu \vec{H} \qquad \mu = \mu_0 \mu_r$$

二、基本定理和定律：

1. 高斯定理：$\oiint_S \vec{B}\cdot d\vec{S}=0$

安培定理：$\oint_L \vec{H}\cdot d\vec{l}=\sum I_i$

说明稳恒磁场是无源有旋场（即：非保守力场）。

2. 毕–萨定律：$d\vec{B}=\dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{Id\vec{l}\times\vec{r}}{r^3}$

运动电荷的磁场：$\vec{B}=\dfrac{\mu_0}{4\pi}\dfrac{q\vec{v}\times\vec{r}}{r^3}$

三、基本运算：

1. 磁感应强度$\vec{B}$的计算：

2. 磁感应强度$\vec{B}$通量的计算：

3. 载流导线、线圈、运动电荷在磁场中受到的作用：

$$d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B} \qquad \vec{M} = \vec{P}_m \times \vec{B} \qquad \vec{f} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

4. 载流导线、线圈在磁场运动时磁力对其作功：$A = \int I d\varphi$

5. 其它物理量的计算

稳恒磁场

- 磁感应强度 $\vec{B}$
  - $d\vec{B} = \dfrac{\mu_0}{4\pi} \dfrac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$
  - $\vec{B} = \dfrac{\mu_0}{4\pi} \dfrac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^3}$
- 场的性质
  - 无源场 $\oiint_S \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$
  - 有旋场 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I_i$
- 场与物质的作用
  - 磁化现象
    - $\vec{M} = \lim \dfrac{\sum \vec{P}_m}{\Delta V}$
    - $\vec{M} = \lim \dfrac{\sum \Delta\vec{P}_m}{\Delta V}$
- 场对研究物体的作用
  - $\vec{f} = q\vec{v} \times \vec{B}$ $\quad A = 0$
  - $d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B}$
  - $\vec{M} = \vec{P}_m \times \vec{B}$
  - $A = \iint_S Id\phi_m$

磁感应强度 $\vec{B}$ 的计算

1. 公式

$$B=\frac{\mu_0 I}{4\pi a}(\cos\theta_1-\cos\theta_2)$$

$$B=\frac{\mu_0 R^2 I}{2(R^2+x^2)^{3/2}}$$

2. 各种形状导线：利用上述公式计算

3. 连续分布的载流导体

场无对称性 $\vec{B}=\int d\vec{B}$

运载电流 $dI=\frac{dq}{T}$，$\vec{B}=\int d\vec{B}$

场有对称：利用安培定理（介质）

（补偿法）

磁感应强度 $\vec{B}$ 的通量计算

$$\varphi_m = \iint_s \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

1. 判断磁场的分布
2. 选坐标
3. 根据坐标找 $d\vec{s}$
4. 计算通过 $d\vec{s}$ 的通量
5. 根据坐标,积分求通过s面的通量

$$\varphi_m = \iint_s \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

四、典型例题：

一、选择题：

1. 关于试验线圈,以下说法正确的是(   )

A. 试验线圈是电流极小的线圈.

B. 试验线圈是线圈所围面积极小的线圈.

C. 试验线圈是电流足够小,以至于它不影响产生原磁场的电流分布,从而不影响原磁场；同时线圈所围面积足够小,以至于它所处的位置真正代表一点的线圈

D. 试验线圈是电流极小,线圈所围面积极小的线圈.

C.

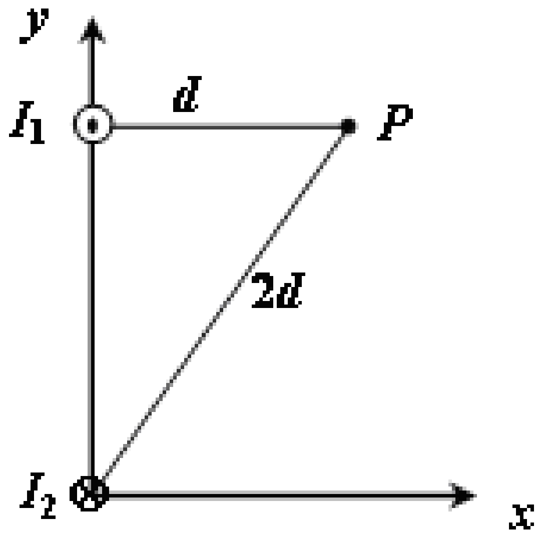
2．一平面试验线圈的磁矩的大小$p_m=2\times10^{-8}\text{Am}^2$，把它放入待测磁场中的A处，试验线圈如此之小，以致可以认为它所占据的空间内磁场是均匀的。当$\vec{p}_\text{m}$与y轴平行时，线圈所受磁力矩为零，当$\vec{p}_\text{m}$指向z轴正方向时，线圈受到的磁力矩的大小为$M=7.00\times10^{-9}\text{Nm}$，方向沿着$x$轴负方向，则空间$A$点处的磁感应强度的大小为(　　)

A．0.10T　　B．0.18T　　C．0.25T　　D．0.35T

D.

3．如图所示，两根长直载流导线垂直纸面放置，电流I_1=1A，方向垂直纸面向外；电流I_2=2A，方向垂直纸面向内，到P点的距离分别为d、2d, 则点的磁感应强度$\vec{B}$的方向与x轴的夹角为(　)

A．30º　　B．60º　　C．120º　　D．210º

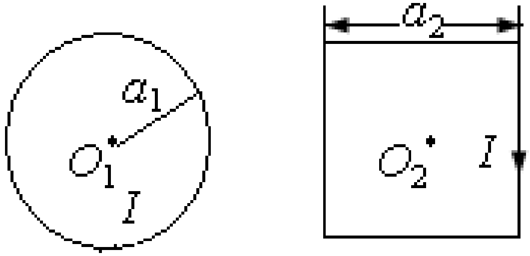


A

4. 载流的圆形线圈（半径a_1）与正方形线圈（边长a_2）通有相同电流I．若两个线圈的中心、处的磁感强度大小相同，则半径a_1与边长a_2之比为（　　）。

A．　1：1　　　　B．$\sqrt{2}\pi$：1

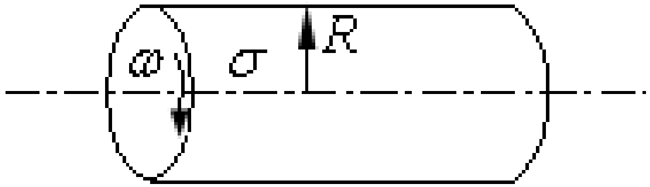
C．$\sqrt{2}\pi$：4　　　　D．$\sqrt{2}\pi$：8



D

5．如图所示，一个半径为R的均匀带电无限长直圆筒，面电荷密度为σ。该筒以角速度ω绕其轴线匀速旋转，则圆筒内离轴线为r 处的磁感应强度的大小为(　　)

A．0　　B．$\mu_0\sigma R\omega$　　C．$\mu_0\sigma\frac{R}{r}\omega$　　D．$\mu_0\sigma\frac{r}{R}\omega$



B

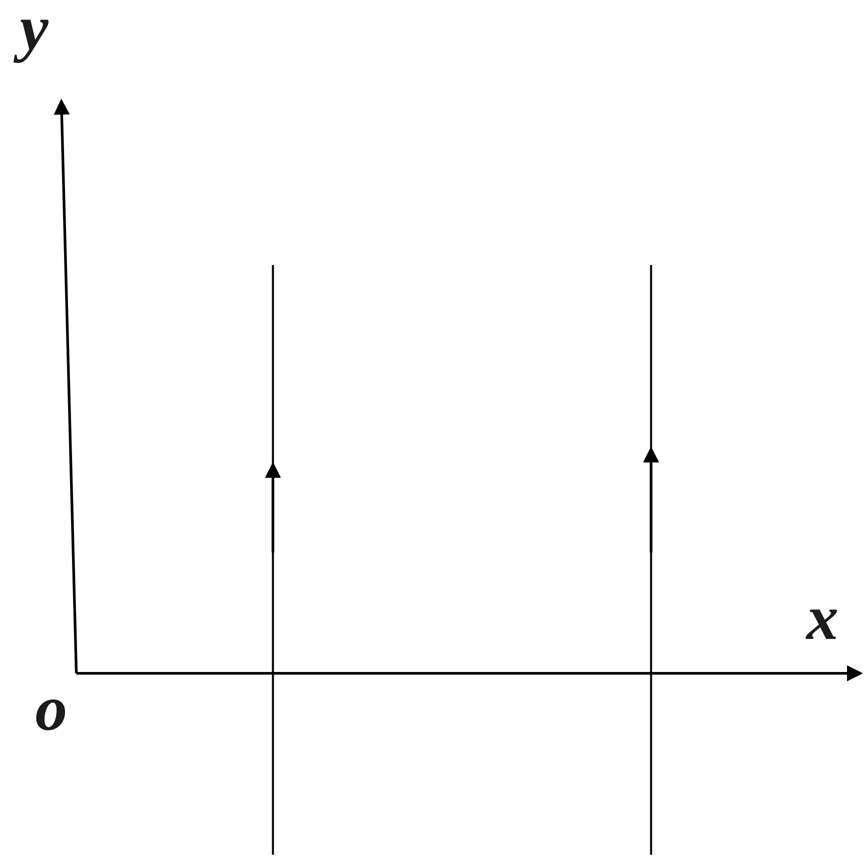
6．如图所示，有两根载有相同电流的无限长直导线，分别通过 $x=1$ 、$x=3$的点，且平行于y轴，则磁感强度等于零的地方是

A． 在 $x=2$的直线上.

B． 在$x>2$的区域.

C． 在$x<1$的区域.

D． 不在oxy平面上.



A．

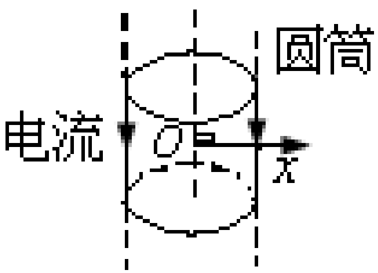
7．均匀磁场的磁感强度垂直于半径为的圆面．今以该圆周为边线，作一半球面，则通过面的磁通量的大小为

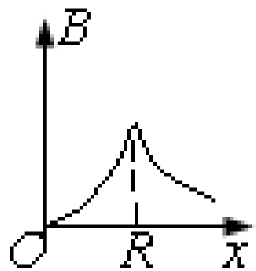
A． $2B\pi r^2$　　B． $B\pi r^2$

C． 0．　　D． 无法确定的量．

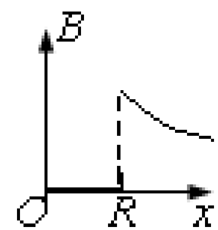
B

8. 磁场由沿空心长圆筒形导体的均匀分布的电流产生，圆筒半径为*R*，*x*坐标轴垂直圆筒轴线，原点在中心轴线上．图A．～D．（　）曲线表示*B*-*x*的关系？

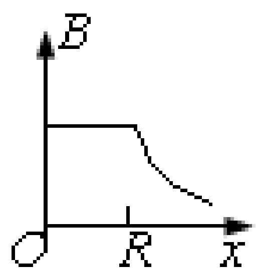




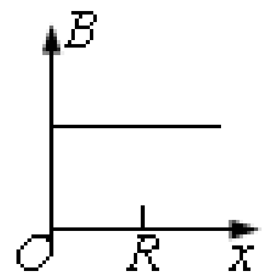
(A)



(B)



(C)



(D)

B

9.若空间存在两根无限长直载流导线，空间的磁场分布就不具有简单的对称性，则该磁场分布（　　）。

A．不能用安培环路定理来计算.

B．可以直接用安培环路定理求出.

C．只能用毕奥－萨伐尔定律求出.

D．可以用安培环路定理和磁感强度的叠加原理求出.

D

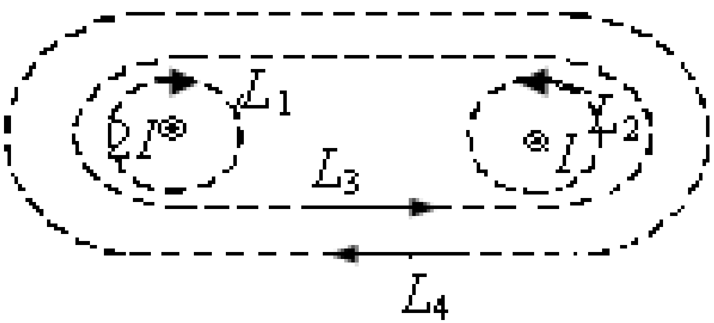
10．如图所示，流出纸面的电流为2*I*，流进纸面的电流为*I*，则下述各式中是正确的

A. $\oint_{L_1} \vec{H}\cdot d\vec{l} = 2I$

B. $\oint_{L_2} \vec{H}\cdot d\vec{l} = I$

C. $\oint_{L_3} \vec{H}\cdot d\vec{l} = -I$

D. $\oint_{L_4} \vec{H}\cdot d\vec{l} = -I$

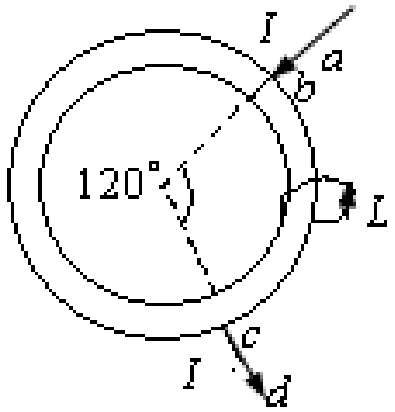


D .

11.如图，两根直导线*ab*和沿*cd*半径方向被接到一个截面处处相等的铁环上，稳恒电流*I*从*a*端流入而从*d*端流出，则磁感强度沿图中闭合路径*L*的积分等于（　　）。

A. $\mu_0 I$　　　B. $\frac{1}{3}\mu_0 I$

C. $\mu_0 I/4$　　　D. $2\mu_0 I/3$



D

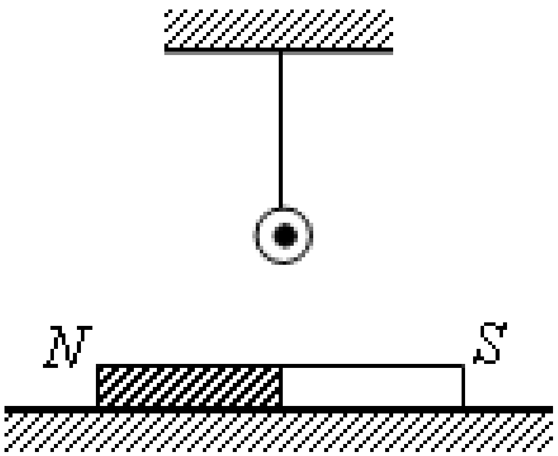
12．如图所示，水平桌面上放一条形磁铁，磁铁正中央上方吊一根与磁铁垂直的导线，当导线中通入指向纸外的电流时，则

A. 悬线上的拉力将变小

B. 悬线上的拉力将不变

C．磁铁对桌面压力将不变

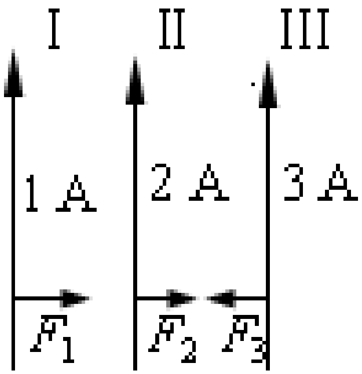
D．磁铁对桌面压力将变小



A.

13．三条无限长直导线等距地并排安放，导线I、II、III分别载有1 A，2 A，3 A同方向的电流．由于磁相互作用的结果，导线I，II，III单位长度上分别受力F_1、F_2和F_3，
如图所示,则F_1与F_2的比值是

A．7/16　　B．5/8　　C．7/8　　D．5/4

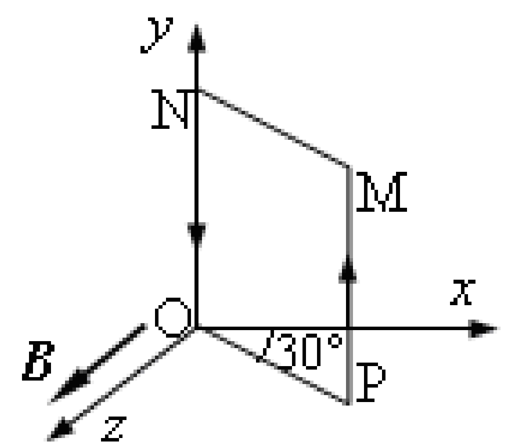


C.

14．如图所示，通有电流I的正方形线圈MNOP，边长为a放置在均匀磁场中，已知磁感应强度$\vec{B}$沿z轴方向，则线圈所受的磁力矩$\vec{M}$为

A．Ia^2B，沿y负方向　　B．$IBa^2/2$，沿z方向

C．Ia^2B，沿y方向　　D．$Ia^2B/2$，沿y方向



D

15．载电流为I，磁矩为$\vec{p}_m$的线圈，置于磁感应强度为$\vec{B}$的均匀磁场中。若$\vec{p}_m$与$\vec{B}$方向相同，则通过线圈的磁通量φ_m与线圈所受的磁力矩$\vec{M}$的大小为

A．$\varphi_m = IBp_m, M = 0$　　B．$\varphi_m = \dfrac{Bp_m}{I}, M = 0$

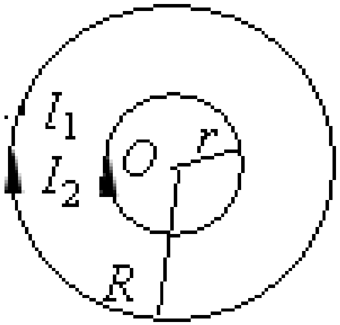
C．$\varphi_m = IBp_m, M = Bp_m$　　D．$\varphi_m = \dfrac{Bp_m}{I}, M = Bp_m$

B.

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

A. $\dfrac{\mu_0 \pi I_1 I_2 r^2}{2R}$　　B. $\dfrac{\mu_0 I_1 I_2 r^2}{2R}$

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



D .

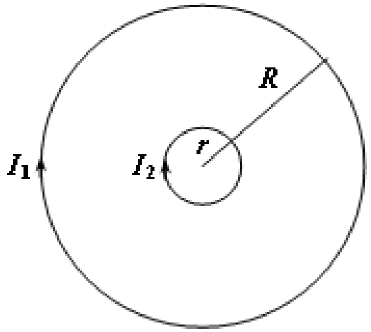
17．两个在同一平面内的同心圆线圈，大圈半径为R，通有电流I_1，小圈半径为r，通有电流I_2，电流方向均为顺时针，如图所示，且 $r \ll R$，那么，在小线圈从图示位置转到两线圈相互垂直位置的过程中，磁力矩所作的功为

A．0

B．$-\dfrac{\mu_0 I_1 I_2}{2R}\pi r^2$

C．$\dfrac{\mu_0 I_1 I_2}{2R}\pi r^2$

D．$-\dfrac{\mu_0 I_1 I_2}{2R}\pi R^2$



B.

18. 有一磁矩为p_m的载流线圈，置于磁感应强度为$\vec{B}$的均匀磁场中，设$\vec{p}_m$与$\vec{B}$之间的夹角为φ，则当线圈$\varphi=0$ 由转到 $\varphi=\pi$ 时，外力矩必须做功为

A. $A=0$

B. $A=p_mB$

C. $A=2p_mB$

D. $A=-p_mB$

C.

19．一束电子流沿水平面自西向东运动, 在电子流的正上方一点*P*, 由于电子运动产生的磁场在*P*点的方向上为

A．竖直向上；　　B．竖直向下；

C．水平向南；　　D．水平向北。

D .

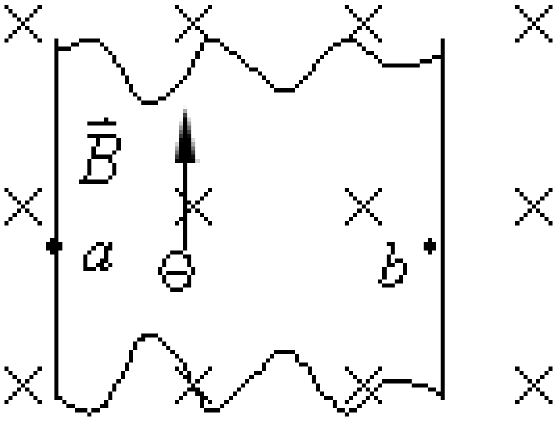
20. 一铜条置于均匀磁场中，铜条中电子流的方向如图所示．则下述情况将会发生

A. 在铜条上**a**，**b**两点产生一小电势差，且 $U_a > U_b$

B. 在铜条上**a**，**b**两点产生一小电势差，且 $U_a < U_b$

C. 在铜条上产生涡流

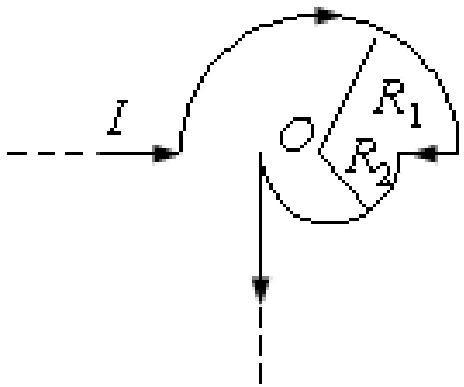
D. 电子受到洛伦兹力而减速



A.

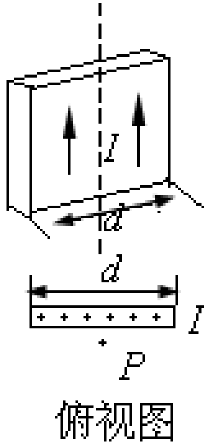
二、填空题：

21．一弯曲的载流导线在同一平面内，电流强度为I，如图所示（O点是半径R_1为R_2和的两个半圆弧的共同圆心，电流自无穷远来到无穷远去），则O点磁感应强度$\vec{B}$的大小是________.



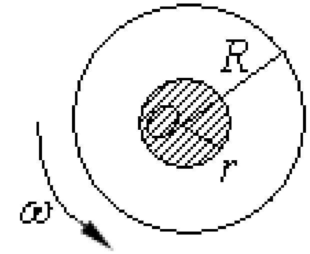
$$B_0=\frac{\mu_0 I}{4R_1}+\frac{\mu_0 I}{4R_2}-\frac{\mu_0 I}{4\pi R_2}$$

22.如图所示，在宽度为的导体薄片上有电流I沿此导体长度方向流过，电流在导体宽度方向均匀分布．导体外在导体中线附近处P点的磁感强度的大小为__________．

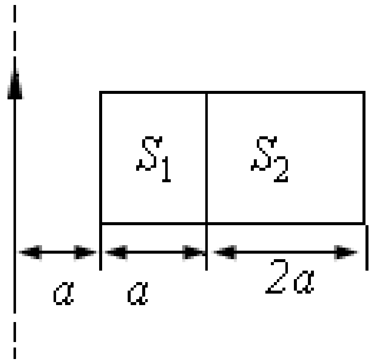


$\mu_0 I/(2d)$

23．如图所示，一半径为R的带电塑料圆盘，其中半径为r的阴影部分均匀带正电荷，面电荷密度为$+\sigma$，其余部分均匀带负电荷，面电荷密度为$-\sigma$当圆盘以角速度ω旋转时，测得圆盘中心O点的磁感强度为零，则 R/r=________．

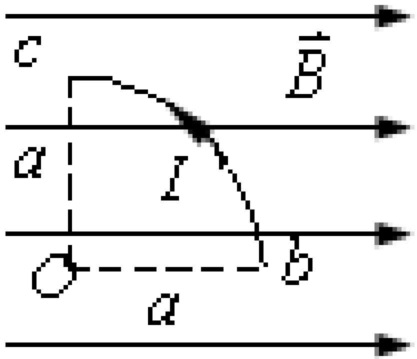


24.如图，在无限长直载流导线的右侧有面积为S_1和S_2的两个矩形回路．两个回路与长直载流导线在同一平面，且矩形回路的一边与长直载流导线平行．则通过面积为S_1的矩形回路的磁通量与通过面积为S_2的矩形回路的磁通量之比为______.



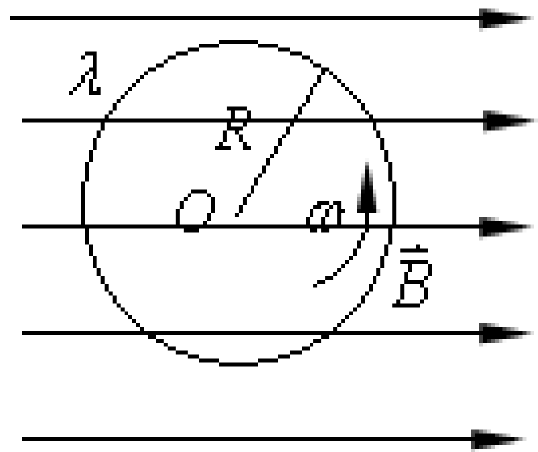
1：1

25. 如图所示，有一半径为a，流过稳恒电流为I的1/4圆弧形载流导线bc，置于均匀外磁场$\vec{B}$中，则该载流导线所受的安培力大小为__________.



aIB

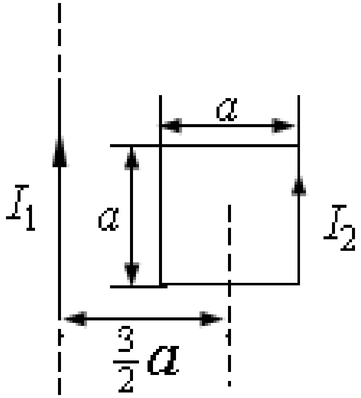
26． 如图所示, 均匀磁场$\vec{B}$中放一均匀带正电荷的圆环，其线电荷密度为λ，圆环可绕通过环心O与环面垂直的转轴旋转．当圆环以角速度ω转动时，圆环受到的磁力矩M＝_______________．



$\pi R^3 \lambda B \omega$

27.如图所示，一通有电流 I_1的长直导线，旁边有一个与它共面通有电流 I_2每边长为的正方形线圈，线圈的一对边和长直导线平行，线圈的中心与长直导线间的距离为 $3a/2$，在维持它们的电流不变和保证共面的条件下，将它们的距离从 $3a/2$ 变为 $5a/2$，则磁场对正方形线圈所做的 $A=$________．

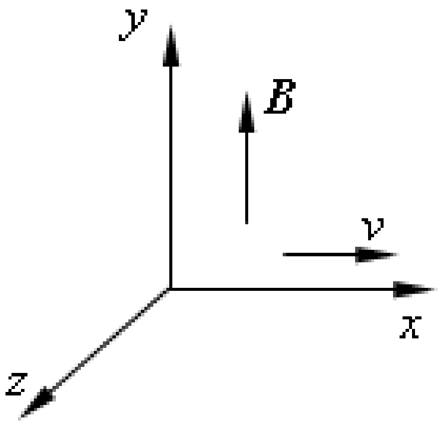
$$\frac{\mu_0 a I_1 I_2}{2\pi}(2\ln 2-\ln 3)$$



28．质量m，电荷q的粒子具有动能E，垂直磁感线方向飞入磁感强度为$\vec{B}$的匀强磁场中．当该粒子越出磁场时，运动方向恰与进入时的方向相反，那么沿粒子飞入的方向上磁场的最小宽度L=______．

$\sqrt{2Em}/qB$

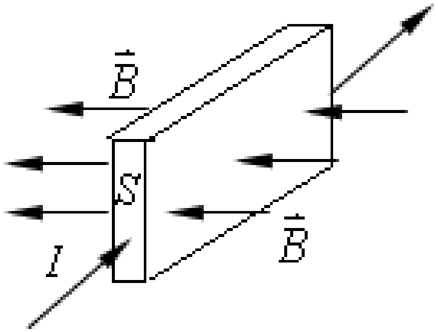
29．如图所示，均匀磁场的磁感应强度$\vec{B}$沿 y 轴正向，欲要使电量为Q的正离子沿x轴正向作匀速直线运动，则必须加一个均匀电场，其大小和方向为________．



$E = Bv$ z轴负向.

30. 如图所示，截面积为S，截面形状为矩形的直的金属条中通有电流I. 金属条放在磁感强度为$\vec{B}$的匀强磁场中，$\vec{B}$的方向垂直于金属条的左、右侧面. 则载流子所受的洛伦兹力f_m=________________.

（已知金属中单位体积内载流子数为n）



IB/nS