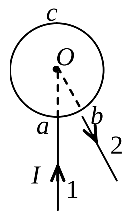
一、单项选择题（18 分）

1、 电流由长直导线 1 沿半径方向经 $a$ 点流入一由电阻均匀的导线构成的圆环，再由 $b$ 点沿半径方向从圆环流出，经长直导线 2 返回电源(如图)．已知直导线上电流强度为 $I$，$\angle aOb=30°$．若长直导线 1、2 和圆环中的电流在圆心 $O$ 点产生的磁感强度分别用 $\vec{B}_1$、$\vec{B}_2$、$\vec{B}_3$ 表示，则圆心 $O$ 点的磁感强度大小




(A) $B = 0$，因为 $B_1 = B_2 = B_3 = 0$.

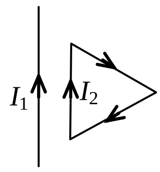
(B) $B = 0$，因为虽然 $B_1\neq 0$、$B_2\neq 0$，但 $\vec{B}_1+\vec{B}_2=0$，$B_3 = 0$.

(C) $B\neq 0$，因为虽然 $B_3= 0$，但 $\vec{B}_1+\vec{B}_2\neq 0$.

(D) $B\neq 0$，因为 $B_3\neq 0$，$\vec{B}_1+\vec{B}_2\neq 0$，所以 $\vec{B}_1+\vec{B}_2+\vec{B}_3\neq 0$.

[ A ]

2、如图，无限长直载流导线与正三角形载流线圈在同一平面内，若长直导线固定不动，则载流三角形线圈将

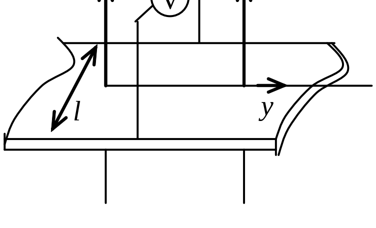



(A) 向着长直导线平移． (B) 离开长直导线平移．

(C) 转动． (D) 不动．

[ A ]

3、 一无限长直导体薄板宽为 $l$，板面与 $z$ 轴垂直，板的长度方向沿 $y$ 轴，板的两侧与一个伏特计相接，如图．整个系统放在磁感强度为 $\vec{B}$ 的均匀磁场中，$\vec{B}$ 的方向沿 $z$ 轴正方



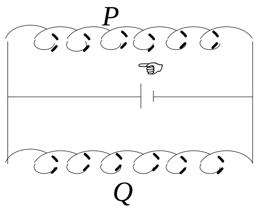
向．如果伏特计与导体平板均以速度$\bar{\upsilon}$向 $y$ 轴正方向移动，则伏特计指示的电压值为

(A) 0．　　　　　(B) $\frac{1}{2}\upsilon Bl$.

(C) $\upsilon Bl$.　　　　　(D) $2\upsilon Bl$.

［　A　］

4、 如图所示，两个线圈 $P$ 和 $Q$ 并联地接到一电动势恒定的电源上．线圈 $P$ 的自感和电阻分别是线圈 $Q$ 的两倍，线圈 $P$ 和 $Q$ 之间的互感可忽略不计．当达到稳定状态后，线圈 $P$ 的磁场能量与 $Q$ 的磁场能量的比值是




(A) 4．　(B) 2．　(C) 1．　(D) $\frac{1}{2}$．　［　D　］

5、假定氢原子原是静止的，则氢原子从 $n = 3$ 的激发状态直接通过辐射跃迁到基态时的反冲速度大约是

(A) 4 m/s．　　　　(B) 10 m/s ．

(C) 100 m/s ．　　　(D) 400 m/s ．

［　A　］

(氢原子的质量 $m$ =1.67×$10^{-27}$ kg)

6、静止质量不为零的微观粒子作高速运动，这时粒子物质波的波长$\lambda$与速度$\upsilon$有如下关系：

(A) $\lambda \propto \upsilon$ ．　　　　(B) $\lambda \propto 1/\upsilon$ .

(C) $\lambda \propto \sqrt{\frac{1}{\upsilon^2}-\frac{1}{c^2}}$ .　　　(D) $\lambda \propto \sqrt{c^2-\upsilon^2}$ .

[　C　]

二、多项选择题（6 分）

7、　对位移电流，有下述四种说法，请指出哪一种说法不正确.

(A) 位移电流等于随时间变化的电场.

(B) 位移电流的磁效应服从安培环路定理.

(C) 位移电流的热效应服从焦耳—楞次定律.

(D) 位移电流是由线性变化磁场产生的.

[　ACD　]

8、对薛定谔方程，有下述四种说法，请指出哪些说法正确.

(A) $[-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2}{dx^2}+U(x)]\Phi(x)=E\Phi(x)$　是一维定态薛定谔方程；

(B) $[-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2}{dx^2}+U(x)]\Phi(x)=E\Phi(x)$　是一维自由粒子薛定谔方程；

(C) $i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\Psi(x,t)=[-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2}{\partial x^2}+U(x,t)]\ \Psi(x,t)$是一维薛定谔方程；

(D) $i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\Psi(\vec{r},t)=[-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2+U(\vec{r},t)]\ \Psi(\vec{r},t)$ 是三维定态薛定谔方程。

[　AC　]

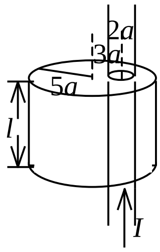
三、填空题（13 分）

9、(4 分) 写出真空中麦克斯韦方程组的积分形式：

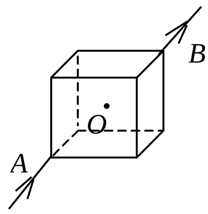
____________________________，____________________________，

______________________________，______________________________.

10、(3 分) 一半径为 $a$ 的无限长直载流导线，沿轴向均匀地流有电流 $I$．若作一个半径为 $R = 5a$、高为 $l$ 的柱形曲面，已知此柱形曲面的轴与载流导线的轴平行且相距 $3a$ (如图)．则 $\vec{B}$ 在圆柱侧面 $S$ 上的积分 $\iint_S \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{S} =$________________．　0




11、(3 分) 将同样的几根导线焊成立方体，并在其对顶角 $A$、$B$ 上接上电源，则立方体框架中的电流在其中心处所产生的磁感强度等于________________．　0



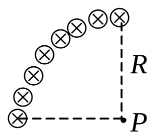

12、(3 分) 激光器的基本结构包括三部分，即________________、______________和__________________.

激励装置、工作物质、谐振腔

四、计算题（37 分）

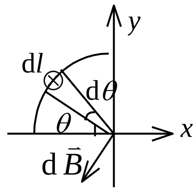
13、(10 分)

一半径 $R$ = 1.0 cm 的无限长 1/4 圆柱形金属薄片，沿轴向通有电流 $I$ = 10.0 A 的电流，设电流在金属片上均匀分布，试求圆柱轴线上任意一点 $P$ 的磁感强度．



解：取 d$l$ 段，其中电流为

$$\mathrm{d}I = \frac{I\,\mathrm{d}l}{\frac{1}{2}\pi R} = \frac{2IR\,\mathrm{d}\theta}{\pi R} = \frac{2I\,\mathrm{d}\theta}{\pi}$$




2 分

在 $P$ 点 $$\mathrm{d}B = \frac{\mu_0\,\mathrm{d}I}{2\pi R} = \frac{\mu_0}{2\pi R}\cdot\frac{2I}{\pi}\mathrm{d}\theta = \frac{\mu_0 I}{\pi^2 R}\mathrm{d}\theta$$ 2 分

选坐标如图

$$\mathrm{d}B_x = \frac{-\mu_0 I\sin\theta\,\mathrm{d}\theta}{\pi^2 R},\quad \mathrm{d}B_y = \frac{-\mu_0 I\cos\theta\,\mathrm{d}\theta}{\pi^2 R}$$

$$B_x = \frac{-\mu_0 I}{\pi^2 R}\int_0^{\pi/2}\sin\theta\,\mathrm{d}\theta = \frac{-\mu_0 I}{\pi^2 R}$$

2 分

$$B_y = \frac{-\mu_0 I}{\pi^2 R}\int_0^{\pi/2}\cos\theta\,\mathrm{d}\theta = \frac{-\mu_0 I}{\pi^2 R}$$

2 分

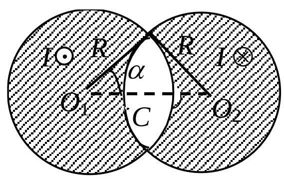
$$B = (B_x^2 + B_y^2)^{1/2} = \frac{\mu_0 I\sqrt{2}}{\pi^2 R} = 1.8\times10^{-4}\ \mathrm{T}$$

方向 $\mathrm{tg}\,\alpha = B_y / B_x = 1$， $\alpha$ =225°，$\alpha$为 $\vec{B}$ 与 $x$ 轴正向的夹角．

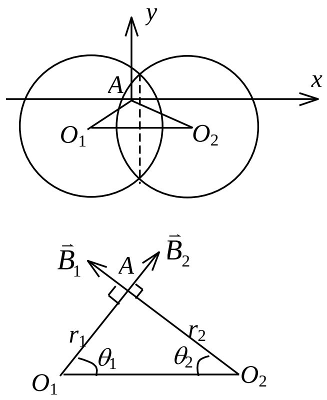
2 分

14、(12 分)

两彼此绝缘的无限长且具有缺口的圆柱形导线的横截面如图中阴影部分所示．它们的半径同为 $R$，两圆心的距离 $\overline{O_1O_2} = 1.60R$，沿轴向反向通以相同大小的电流 $I$．求在它们所包围的缺口空间 $C$ 中的磁感强度．(cos36.87° ＝0.8000)



解：如答图，设在 $C$ 区域中的任一点 $A$ 到两圆心的距离分别为 $r_1$、$r_2$，$r_1$、$r_2$ 与两圆心连线的夹角分别为 $\theta_1$、$\theta_2$．假定 $C$ 中也流有与导线中的电流密度相同的一正一反正好抵消的电流，并令导线中的电流密度为 $J$，则两导线在 $A$ 点分别产生的磁感强度为：




$$B_1=\frac{\mu_0 J\pi r_1^2}{2\pi r_1}=\frac{\mu_0 J}{2}r_1$$

$$B_2=\frac{\mu_0 J\pi r_2^2}{2\pi r_2}=\frac{\mu_0 J}{2}r_2$$

2 分

总磁感强度 $\vec{B}=\vec{B}_1+\vec{B}_2$ 2 分

投影： $B_x=B_{1x}+B_{2x}=-B_1\sin\theta_1+B_2\sin\theta_2$

$$=\frac{1}{2}\mu_0 J(r_2\sin\theta_2-r_1\sin\theta_1)=0 \qquad 2\text{ 分}$$

$$B_y=B_{1y}+B_{2y}=B_1\cos\theta_1+B_2\cos\theta_2$$

$$=\frac{1}{2}\mu_0 J(r_1\cos\theta_2+r_2\cos\theta_2)$$

$$=\frac{1}{2}\mu_0 J(1.6R)=0.8\mu_0 JR \qquad 2\text{ 分}$$

而 $J=I/S$，其中 $S$ 为一根导线的横截面积．

由题图可得 $S=\pi R^2-2[\pi R^2\alpha/\pi-0.8R\cdot R\sin\alpha]$

又 $\alpha=\cos^{-1}0.8\approx 36.87^\circ\approx 0.6435\text{ rad}$，$\sin\alpha=0.6$

∴ $S=R^2[\pi-2\alpha+2\times 0.8\times 0.6]=2.81R^2$

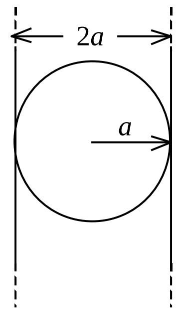
2 分

$$\therefore \qquad J = I/(2.81R^2)\,, \quad B = B_y = 0.285\,\mu_0 I/R$$

2 分

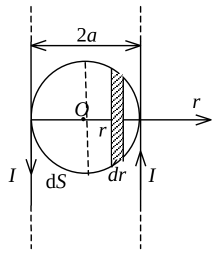
15、(10 分)

如图示，两根无限长直导线互相平行，间距为 2*a*，两导线在无限远处连接形成一个回路．在两导线平面内，有一半径为 *a* 的圆环在两导线之间，并与导线绝缘．求圆环与长直导线回路之间的互感系数．




(积分公式：$\int \frac{\mathrm{d}x}{\sqrt{a^2-x^2}} = \arcsin\frac{x}{a} + C$ )

解：在回路中通以电流 *I*，即两长直导线中通有等值反向电流，则在导线回路平面内二导线之间，距过圆环中心 *O* 的中线为 *r* 处的磁感强度为：




$$B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\left(\frac{1}{a+r} + \frac{1}{a-r}\right)$$

2 分

因此通过圆环的磁通量为：

$$\Phi = \iint \vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{S}$$

$$= 2\int_{-a}^{a} \frac{\mu_0 I}{2\pi}\left(\frac{1}{a+r} + \frac{1}{a-r}\right)\sqrt{a^2-r^2}\,\mathrm{d}r \qquad 3 分$$

$$= \frac{2\mu_0 I}{\pi}\int_0^a \frac{2a}{\sqrt{a^2-r^2}}\,\mathrm{d}r = \frac{4\mu_0 Ia}{\pi}\arcsin\frac{r}{a}\Big|_0^a = 2\mu_0 Ia$$

3 分

故互感系数为： $M = \Phi / I = 2\mu_0 a$

2 分

16、(5 分)

功率为 $P$ 的点光源，发出波长为$\lambda$的单色光，在距光源为 $d$ 处，每秒钟落在垂直于光线的单位面积上的光子数为多少？若$\lambda$ =6630 Å，则光子的质量为多少？

解：设光源每秒钟发射的光子数为 $n$，每个光子的能量为 $h\nu$

则由 $P = nh\nu = nhc/\lambda$

得： $n = P\lambda/(hc)$

令每秒钟落在垂直于光线的单位面积的光子数为 $n_0$，则

$$n_0 = n/S = n/(4\pi d^2) = P\lambda/(4\pi d^2 hc)$$ 3 分

光子的质量 $m = h\nu/c^2 = hc/(c^2\lambda) = h/(c\lambda)$ =3.33×$10^{-36}$ kg

2 分

五、证明与推导（16 分）

17、(6 分) 在康普顿散射实验中，若入射光子波长变化的百分比为 $\delta_\lambda$，则其能量变化的百分比为 $\delta_E$，试证明 $\delta_\lambda$ 与 $\delta_E$ 之间的关系。

$$\delta_\lambda = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{\lambda_s}{\lambda_0} - 1$$

$$\delta_\lambda + 1 = \frac{\lambda_s}{\lambda_0}$$

$$\delta_E = \frac{E_0 - E_s}{E_0} = 1 - \frac{E_s}{E_0} = 1 - \frac{\lambda_0}{\lambda_s} = 1 - \frac{1}{\delta_\lambda + 1} = \frac{\delta_\lambda}{\delta_\lambda + 1}$$

18、(10 分) 试从德布罗意关系式、以及原子的定态假设和驻波概念，推导氢原子的能量公式。

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m\upsilon} \qquad 2\pi r = n\lambda$$

$$L = rm\upsilon = nh/(2\pi) = n\hbar$$

$$m\frac{\upsilon^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \qquad r^2 m^2 \upsilon^2 = \frac{me^2 r}{4\pi\varepsilon_0} = n^2\hbar^2$$

$$r = \frac{4\pi\varepsilon_0 n^2\hbar^2}{me^2}$$

$$E_n = -\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 r_n}$$

$$E_n = -\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 \dfrac{4\pi\varepsilon_0 n^2\hbar^2}{me^2}}$$

$$E_n = -\frac{me^4}{2(4\pi\varepsilon_0\hbar)^2 n^2} = -\frac{13.6}{n^2}eV$$

六、简答题（10 分）

19 (5 分)何为粒子数翻转？ 如何实现粒子数反转？

高能级的粒子数多于低能级的粒子数。粒子数反转的条件：1 适当的能级结构；2 要有激励装置。

20、(5 分)

根据泡利不相容原理，在主量子数 $n$ =2 的电子壳层上最多可能有多少个电子？试写出每个电子所具有的四个量子数 $n$，$l$，$m_l$，$m_s$ 之值．

答：在 $n$ =2 的电子壳层上最多可能有 8 个电子．　2 分

它们所具有的四个量子数($n$，$l$，$m_l$，$m_s$)分别为

(1)　2，0，0，$\frac{1}{2}$；　(2)　2，0，0，$-\frac{1}{2}$；

(3)　2，1，0，$\frac{1}{2}$；　(4)　2，1，0，$-\frac{1}{2}$；

(5)　2，1，1，$\frac{1}{2}$；　(6)　2，1，1，$-\frac{1}{2}$；

(7)　2，1，−1，$\frac{1}{2}$；　(8)　2，1，−1，$-\frac{1}{2}$．　3 分

(答对 1~3 个得 1 分，答对 4~6 个得 2 分，全对得 3 分)