西 安 电 子 科 技 大 学

考试时间 **120** 分钟

试 题

题号	一	二	三	总分
分数	30	30	40	100

1.考试形式：闭卷 ；2.本试卷共三大题，满分 100 分；

一、选择题（每小题 3 分，共 30 分）

1. 根据高斯定理的数学表达式 $\oint_s \vec{E}\cdot d\vec{S} = \sum q/\varepsilon_0$ 下列说法中，正确的是(C)

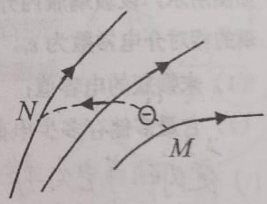
A、闭合面内的电荷代数和为零时，闭合面上各点场强一定为零；

B、闭合面内的电荷代数和不为零时，闭合面上各点场强一定处处不为零；

C、闭合面内的电荷代数和为零时，闭合面上各点场强不一定处处为零；

D、闭合面上各点场强均为零时，闭合面内一定处处无电荷

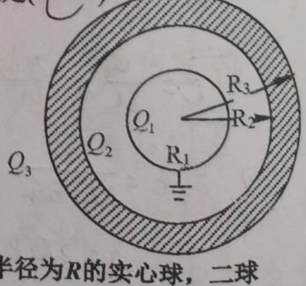
2. 如图所示为某电场的电力线分布情况．一负电荷从M点移到N点，那么（ D ）



A、电场强度 $E_M > E_N$　　B、电势 $U_M > U_N$

C、电势能 $W_M < W_N$　　D、电场力的功 $A > 0$

3. 如图所示，半径为R_1的导体球带有正电荷q，球外有一内、外半径为R_2、R_3的同心导体球壳、壳上带有正电荷q。将内球接地，待重新静电平衡后，内球带电Q_1，球壳内表面带电Q_2和外表面带电Q_3。则Q_1、Q_2、Q_3的情况是(C)



A、 $Q_1 = Q_2 = 0, Q_3 = q$

B、 $Q_1 > 0, Q_2 = -Q_1, Q_3 = q + Q_1$

C、 $Q_1 < 0, Q_2 = -Q_1, Q_3 = q + Q_1$

D、 $Q_2 = -Q_1, Q_3 = 0$

4. 有两个金属球，一个是半径为$2R$的中空球，另一个是半径为R的实心球，二球间距离$r>>R$。空心球原来电位为V_1，实心球原来电位为V_2。若用导线将它们连接

起来，那么两球的电位为（ C ）

A、V_1+V_2　　B、$\frac{1}{2}(V_1+V_2)$　　C、$\frac{2}{3}V_1+\frac{1}{3}V_2$　　D、$\frac{1}{3}V_1+\frac{2}{3}V_2$

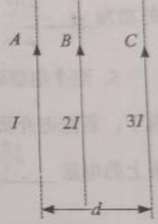
5. 一空气平行板电容器充电后与电源断开，然后在两极板间充满各向同性均匀电介质，则场强的大小E、电容C、电压U、电场能量W_e四个量各自与充入介质前相比较，增大（用↑表示）或减小（用↓表示）的情形为（ D ）

A、E↓，C↑，U↑，W_e↓　　B、E↑，C↓，U↓，W_e↑

C、E↑，C↑，U↑，W_e↑　　D、E↓，C↑，U↓，W_e↓

6. 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O_1、O_2处的磁感强度大小相同,则半径a_1与边长a_2之比a_1/a_2为（ D ）

A、1/1　　B、$\sqrt{2}\pi/1$　　C、$\sqrt{2}\pi/4$　　D、$\sqrt{2}\pi/8$

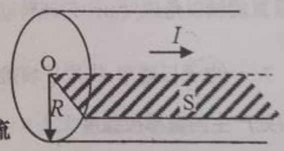


7. 三根长直载流导线A、B、C平行地置于同一平面内，分别载有稳恒电流I、$2I$、$3I$，电流流向如右图所示。导线A与C的距离为d，若使导线B受力为零，则导线B与A之间的距离应为(A)

A、$d/4$　　B、$3d/4$　　C、$d/3$　　D、$2d/3$

8. 在匀强磁场中，有两个平面线圈，其面积$A_1=2A_2$，通有电流$I_1=2I_2$，它们所受的最大磁力矩之比M_1/M_2等于（ C ）

A、1　　B、2　　C、4　　D、1/4

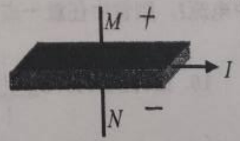


9. 一根半径为R的无限长直铜导线，载有电流I，电流均匀分布在导线的横截面上。在导线内部通过中心轴作一横切面S（如上图所示），则通过横截面S上每单位长度的磁通量Φ_m为（ B ）

A、$\frac{\mu_0 I}{4\pi R}$　　B、$\frac{\mu_0 I}{4\pi}$　　C、$\frac{\mu_0 I}{2\pi}$　　D、$\frac{\mu_0 I}{2\pi R^2}$

10. 如右图所示,处在某匀强磁场中的金属块（载流子电子）中出现霍耳效应，测得

e^-



两底面M、N的电势差为$V_M-V_N=0.3\times10^{-3}V$，则图中所加匀强磁场的方向为（ C ）.

A、竖直向上；B、竖直向下；C、水平向前；D、水平向后

二、填空题（每小题 3 分，共 30 分）

1. 真空中平行放置两块大金属平板，板面积均为S，板间距离为d（d远小于板面线度），板上分别带电量$+Q$和 $-Q$，则两板间相互作用力的大小为 $Q^2/2S\varepsilon_0$。

2. 一点电荷Q位于边长为a的正方形平面过其中心的垂线上，Q与平面中心O点相距$a/2$。则通过正方形平面的电通量为 $Q/6\varepsilon_0$。

3. 一半径为 R 的均匀带电球面，带电量为 Q。若规定该球面上的电势值为零，则无限远处的电势将等于 $-\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$。

4. 边长为a的等边三角形的三个顶点上，放置着三个正的点电荷，电量分别为q、$2q$、$3q$。若将另一正点电荷Q从无穷远处移到三角形的中心O处，外力克服电场力所作的功为 $\frac{3\sqrt{3}qQ}{2\pi\varepsilon_0 a}$。

5. 两个电容器1和2，串联以后接上电动势恒定的电源充电。在电源保持连接的情况下，若把电介质充入电容器2中，则电容器1上的电势差 增大，电容器1极板上的电量 增大。（填增大、减小、不变）

6. 一半径为R的薄塑料圆盘，盘面均匀分布着电荷q，若圆盘绕通过圆心、且与盘面垂直的轴以角速度ω作匀速转动时，在盘心处的磁感应强度大小$B=$ $\frac{\mu_0\omega q}{2\pi R}$。

7. 一电子以速率v绕原子核旋转，若电子旋转的等效轨道半径为r_0，则在等效轨道中心处产生的磁感应强度大小$B=$ $\frac{|e|\mu_0 v}{4\pi r_0^2}$。如果将电子绕原子核运动等效为一圆电流，则等效电流$I=$ $\frac{|e|v}{2\pi r_0}$，其磁矩大小$p_m=$ $\frac{|e|vr_0}{2}$。

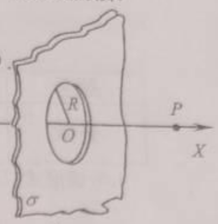
8. 一电子质量m，电量e，以速度v飞入磁感应强度为B的匀强磁场中，$\vec{v}$与$\vec{B}$的夹角为θ，电子作螺旋线运动，螺旋线螺距$h=$ $\frac{2\pi mv\cos\theta}{|B||e|}$，半径$R=$ $\frac{mv\sin\theta}{|B||e|}$。

9. 用细导线均匀密绕成长为l、半径为a（$l>>a$）、总匝数为N的螺线管，若线圈中电流I，则管中任意一点的磁感应强度大小为 $\frac{\mu_0 NI}{l}$。

10. 磁介质可分为 顺磁质，逆磁质、铁磁质 三大类。
抗磁质

三、计算题（每小题 10 分，共 40 分）

1. 一无限大均匀带电平面，电荷面密度为$+\sigma$，其上挖去一半径为 R 的圆孔。通过圆孔中心 O，并垂直于平面的 X 轴上有一点 P，$OP=x$。试求 P 点处的场强。



解：用补偿法求解：

题目等效为无限带电板和带电$-\sigma$圆盘的叠加。

根据高斯定理

$$2E_1\cdot\pi r^2=\frac{\sigma\pi r^2}{\varepsilon_0}\quad \therefore E_1=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}.$$

圆盘产生的电场，由对称性沿x方向。

$$dE_2=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\sigma\, 2\pi r\, dr}{r^2+x^2}\cdot\frac{x}{\sqrt{r^2+x^2}}=\frac{x\sigma r\, dr}{2\varepsilon_0(r^2+x^2)^{3/2}}$$

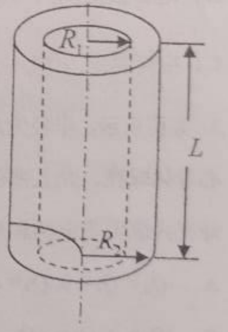
$$\therefore E_2=\int_0^R\frac{x\sigma r\, dr}{2\varepsilon_0(r^2+x^2)^{3/2}}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}-\frac{x\sigma}{2\varepsilon_0\sqrt{x^2+R^2}}$$

$$E=E_1-E_2=\frac{x\sigma}{2\varepsilon_0\sqrt{x^2+R^2}}$$ 方向沿x正向 $\therefore \vec{E}=\frac{x\sigma}{2\varepsilon_0\sqrt{x^2+R^2}}\vec{i}$

2. 来顿瓶是早期的一种储能电容器，它是一内外均贴有金属薄膜的圆柱形玻璃瓶，如图所示，设玻璃瓶内外半径分别为 R_1 和 R_2，内外所贴金属薄膜长为 L。已知玻璃的相对介电常数为 ε_r，其击穿场强为 E_k，忽略边缘效应，试计算：

（1）来顿瓶的电容值；

（2）它最多储存多少电荷？最大储能是多少？



解：(1) 使内筒带电为单位长度$+\lambda$ 外单位长度$-\lambda$.

由介质中高斯定理 $D\cdot 2\pi r\cdot dl=\lambda\, dl$.

$$\therefore D=\frac{\lambda}{2\pi r}\quad E=\frac{D}{\varepsilon_0\varepsilon_r}=\frac{\lambda}{2\pi r\varepsilon_0\varepsilon_r}$$

$$U=\int_{R_1}^{R_2}E\, dr=\int_{R_1}^{R_2}\frac{\lambda}{2\pi r\varepsilon_0\varepsilon_r}dr=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\ln\frac{R_2}{R_1}$$

$$\therefore C=\frac{Q}{U}=\frac{\lambda L}{U}=\frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r L}{\ln\frac{R_2}{R_1}}$$

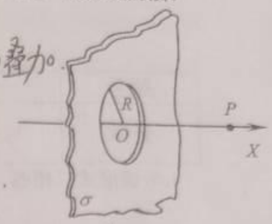
(2) $\because E=\frac{\lambda}{2\pi r\varepsilon_0\varepsilon_r}$ $\therefore r=R_1$时E最大 $\therefore E_k=\frac{\lambda}{2\pi R_1\varepsilon_0\varepsilon_r}$.

$\therefore \lambda=2\pi R_1\varepsilon_0\varepsilon_r E_k$ $\quad Q_{max}=\lambda L=2\pi R_1\varepsilon_0\varepsilon_r E_k L$.

$$W_{max}=\frac{1}{2}\cdot\frac{Q_{max}^2}{C}=\pi\varepsilon_0\varepsilon_r L R_1^2 E_k^2\ln\frac{R_2}{R_1}$$

三、计算题（每小题 10 分，共 40 分）

1. 一无限大均匀带电平面，电荷面密度为$+\sigma$，其上挖去一半径为 R 的圆孔。通过圆孔中心 O，并垂直于平面的 X 轴上有一点 P，$OP=x$。试求 P 点处的场强。



解：用补偿法求解：

题目等效为无限带电板和带电$-\sigma$圆盘的叠加。

根据高斯定理

$$2E_1\cdot\pi r^2=\frac{\sigma\pi r^2}{\varepsilon_0}\quad\therefore E_1=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

圆盘产生的电场，由对称性沿x方向。

$$dE_2=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{\sigma 2\pi r\,dr}{r^2+x^2}\cdot\frac{x}{\sqrt{r^2+x^2}}=\frac{x\sigma r\,dr}{2\varepsilon_0(r^2+x^2)^{3/2}}$$

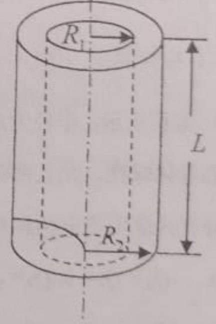
$$\therefore E_2=\int_0^R\frac{x\sigma r\,dr}{2\varepsilon_0(r^2+x^2)^{3/2}}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}-\frac{x\sigma}{2\varepsilon_0\sqrt{x^2+R^2}}$$

$$E=E_1-E_2=\frac{x\sigma}{2\varepsilon_0\sqrt{x^2+R^2}}$$ 方向沿x正向 $\therefore \vec{E}=\frac{x\sigma}{2\varepsilon_0\sqrt{x^2+R^2}}\vec{i}$

2. 来顿瓶是早期的一种储能电容器，它是一内外均贴有金属薄膜的圆柱形玻璃瓶，如图所示，设玻璃瓶内外半径分别为 R_1 和 R_2，内外所贴金属薄膜长为 L。已知玻璃的相对介电常数为 ε_r，其击穿场强为 E_k，忽略边缘效应，试计算：

（1）来顿瓶的电容值；

（2）它最多储存多少电荷？最大储能是多少？



解：(1) 设内箱带电为单位长度$+\lambda$ 外单位长度$-\lambda$.

由介质中高斯定理 $D\cdot 2\pi r\cdot dl=\lambda dl$.

$$\therefore D=\frac{\lambda}{2\pi r}\quad E=\frac{D}{\varepsilon_0\varepsilon_r}=\frac{\lambda}{2\pi r\varepsilon_0\varepsilon_r}$$

$$U=\int_{R_1}^{R_2}E\,dr=\int_{R_1}^{R_2}\frac{\lambda}{2\pi r\varepsilon_0\varepsilon_r}dr=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\ln\frac{R_2}{R_1}$$

$$\therefore C=\frac{Q}{U}=\frac{\lambda L}{U}=\frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r L}{\ln\frac{R_2}{R_1}}$$

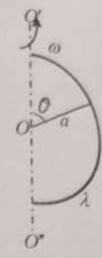
(2) $\because E=\frac{\lambda}{2\pi r\varepsilon_0\varepsilon_r}$ $\therefore r=R_1$时 E最大 $\therefore E_k=\frac{\lambda}{2\pi R_1\varepsilon_0\varepsilon_r}$.

$$\therefore \lambda=2\pi R_1\varepsilon_0\varepsilon_r E_k\qquad Q_{max}=\lambda L=2\pi R_1\varepsilon_0\varepsilon_r E_k L.$$

$$W_{max}=\frac{1}{2}\cdot\frac{Q_{max}^2}{C}=\pi\varepsilon_0\varepsilon_r L R_1^2 E_k^2\ln\frac{R_2}{R_1}$$

3. 半径为 a、电荷线密度为 $\lambda\,(\lambda>0)$ 的半圆形均匀带电棒，以匀角速度 ω 绕轴 $O'O''$ 旋转。求：(1) O 点的磁感应强度 $\vec{B}$；(2) 带电棒的磁矩 $\overrightarrow{p_m}$。

(提示：积分公式：$\int_0^{\pi}\sin^2\theta d\theta=\pi/2$)



解：(1) 在半圆棒上取长为 $ad\theta$ 的一段.

$q=\lambda a d\theta \quad I=\frac{q}{T}=\frac{\omega\lambda a}{2\pi}d\theta.$

其在O上产生的磁感应强度 $dB=\frac{\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{I\cdot 2\pi a\sin\theta}{a^2}\sin\theta \quad =\frac{\mu_0\omega\lambda}{4\pi}\sin^2\theta\, d\theta.$

$B=\int dB=\int_0^{\pi}\frac{\mu_0\omega\lambda}{4\pi}\sin^2\theta\, d\theta$

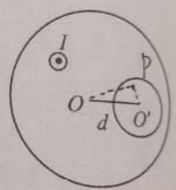
$=\frac{\mu_0\omega\lambda}{8}$ 方向由 O'' 指向 O'.

(2) $dP_m=I\cdot S=\frac{\omega\lambda a}{2\pi}d\theta\cdot\pi\cdot a^2\sin^2\theta=\frac{\omega\lambda a^3}{2}\sin^2\theta\, d\theta$

$P_m=\int dP_m=\int_0^{\pi}\frac{\omega\lambda a^3}{2}\sin^2\theta\, d\theta=\frac{\omega\lambda a^3\pi}{4}$

方向由 O'' 指向 O'

4. 一半径为 R 的长圆柱形导体，在其中距其轴线为 d 处挖去一半径为 r（$r<R$），轴线与大圆柱形导体平行的小圆柱，形成圆柱形空腔，导体中沿轴均匀通有电流 I，如图所示。证明空腔内的磁感应强度 $\vec{B}$ 是匀强磁场，并求出 $\vec{B}$。



解：使用补偿法. 空腔可等效为电流密度 $j=\frac{I}{\pi R^2-\pi r^2}$

两个电流相反导体的叠加.

此时对于空腔内任意一点 P.

由安培环路定理：$B_1\cdot 2\pi|OP|=\mu_0\cdot j\cdot\pi|OP|^2 \quad \therefore B_1=\frac{\mu_0 j}{2}|OP|$

其方向为以O为圆心 $|OP|$ 为半径圆在P点的切线方向，设该方向单位向量为 $\vec{a}$

同理可得 $B_2=\frac{\mu_0 j}{2}|O'P|$ 设其方向的单位向量为 $\vec{b}$

$\therefore \vec{B_1}=\frac{\mu_0 j}{2}|OP|\vec{a} \quad \vec{B_2}=\frac{\mu_0 j}{2}|O'P|\vec{b}$

$\therefore \vec{B_1}+\vec{B_2}=\frac{\mu_0 j}{2}(|OP|\vec{a}+|O'P|\vec{b})=\frac{\mu_0 j}{2}|OO'|\vec{c}$

其中 $\vec{c}$ 为垂直 OO' 向上的单位向量

$\therefore \vec{B}=\frac{\mu_0 j}{2}d\vec{c}=\frac{\mu_0 d I}{2(\pi R^2-\pi r^2)}\vec{c}.$

方向垂直 OO' 向上

其矢量图为