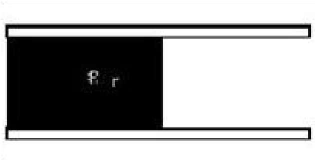
# 电磁学部分测试

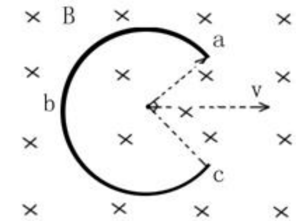
## 一、填空题（每题4分，共24分）

1. 一空气平行板电容器的极板面积为 S，板间距离为 d，现将其中一半充满相对介电常数为$\varepsilon_r = 2$的介电质，如图所示，则电容器的电容为 $\frac{3}{2}\varepsilon_0\frac{s}{d}$ 。



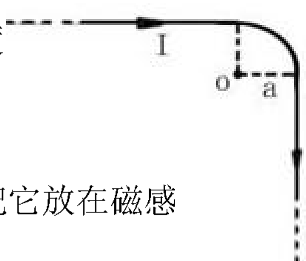

2. 螺绕环中心周长 L=10cm，环上均匀密绕线圈 N=200 匝，线圈中通有电流 I=100mA。若管内充满相对磁导率为$\mu_r = 4200$的磁性物质，则管内的磁感应强度的大小$B =$ 1.05 T，磁场强度的大小$H =$ 200A/m 。

3. 如图所示，导线 abc 的形状为半径为 R 的 3/4 圆周，导线沿 $\angle aoc$ 的分角线方向以速度 $v$ 水平向右运动，则导线上的动生电动势大小为 $\sqrt{2}BRV$，指向 c⟶b⟶a。

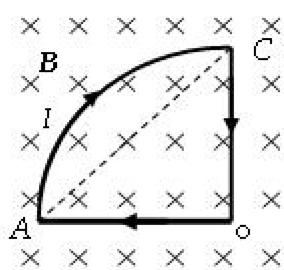



4. 在真空中有 A、B 两板，相距为 d，板面积均为 s，分别带电量+q、-q，则两板之间的作用力为 $\frac{q^2}{2\varepsilon_0 s}$。

5. 一无限长直导线载有电流 I，中部弯成 $\frac{1}{4}$ 圆周，圆心为 O，半径为 a，则 O 点的磁感强度为 $\frac{\mu_0 I}{2\pi a}+\frac{\mu_0 I}{8a}$。

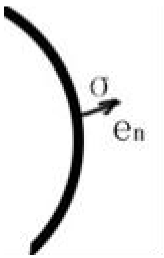



6. 如图所示，一线圈由半径为 0.2m 的 1/4 圆弧和相互垂直的二直线组成，通以电流 2A，把它放在磁感应强度为 0.5T 的均匀磁场中。则：当线圈平面与磁场垂直时，圆弧 $\overset{\frown}{AC}$ 所受的磁力大小为 0.283 N，线圈所受的磁力矩大小为 0。



# 二、单项选择题（每题4分，共24分）

1. 在静电平衡条件下，导体表面上的电荷面密度为σ，$\vec{e}_n$ 为指向导体外部的法向单位矢量，则导体表面单位面积受到的电场力为【 A 】



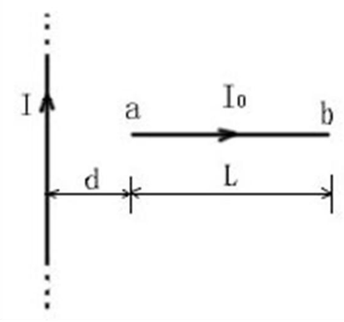

A、$\vec{f}=\frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0}\vec{e}_n$　　B、$\vec{f}=-\frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0}\vec{e}_n$

C、$\vec{f}=\frac{\sigma^2}{\varepsilon_0}\vec{e}_n$　　D、$\vec{f}=-\frac{\sigma^2}{\varepsilon_0}\vec{e}_n$

2. 用金属丝作的圆形和正方形回路中，圆的直径和正方形的边长均为$a$，当通过相等的电流时，它们在各自的中心产生的磁场之比为【 B 】

A、 1　　B、$\frac{\pi}{2\sqrt{2}}$　　C、$\sqrt{2}\pi$　　D、$\frac{\pi}{\sqrt{2}}$

3. 一根长为 L 的细铜杆 ab 与载流长直导线在同一平面内，相对位置如题图所示，其中 L=2d，如果铜杆中通以电流$I_0$，那么铜杆所受的安培力如何？【 B 】




A、$F=\frac{\mu_0 II_0}{2\pi}\ln 2$，方向：竖直向上

B、$F=\frac{\mu_0 II_0}{2\pi}\ln 3$，方向：竖直向上

C、$F=\frac{\mu_0 II_0}{2\pi}\ln 3$，方向：竖直向下

D、$F=\frac{\mu_0 II_0}{2\pi}\ln 2$，方向：竖直向下

4. 无限长载流直圆柱体，半径为 R，电流 I 均匀流过圆柱体。P 点到圆柱体轴线的垂直距离为 r。设圆柱体内（$r<R$）的磁感应强度为 $B_{内}$，圆柱体外（$r>R$）的磁感强度为 $B_{外}$。则【 C 】

A、$B_{内}$、$B_{外}$都与 r 成正比　　B、 $B_{内}$、$B_{外}$都与 r 成反比

C、$B_{内}$与 r 成正比，$B_{外}$与 r 成反比　　D、$B_{内}$与 r 成反比，$B_{外}$与 r 成正比

5. 根据场强与电势梯度的关系式 $\vec{E} = -\dfrac{d\varphi}{dn}\vec{n}$，可判断以下结论正确的是【 D 】

A、场强为零处，电势一定为零　　B、电势为零处，场强一定为零

C、场强处处相等的区域，电势一定处处为零　　D、电势处处相等的区域，场强一定处处为零

6. 空气平板电容器U不变而减小d，则（ A ）

A、Q增大，E增大，We增大　　B、Q减少，E减少，We减少

C、Q增大，E减少，We增大　　D、Q增大，E增大，We减少

三、判断题（每题2分，共12分）

1. 静电场的环路定理$\oint_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$说明静电场是保守场。【 √ 】

2. 由安培环路定理$\oint_L \vec{H} \cdot dl = \sum I$可确定，若闭合环路内没有包围传导电流，则环路上各点的$\vec{H}$必为零；【 × 】

3. 由线圈自感系数 L 的定义式$L = \dfrac{\Phi}{I}$可知，I 越小，L 就越大。【 × 】

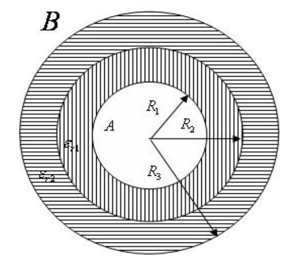
4. 高斯定理$\oiint_s \vec{D} \cdot d\vec{s} = \sum q$可知，高斯面上各点$\vec{D}$仅由面内自由电荷决定。【 × 】

5. 当一个导体带电时，表面上电荷密度较大的电势较高。【 × 】

6. 磁场的高斯定理$\oint_s \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$说明磁场是无源场。【 √ 】

# 四、计算题（每题20分，共40分）

1、设有一半径为，电荷为的导体球A，球外套一个半径为，电荷为的同心导体薄球壳B。A，B间充有两层电介质，内外层介质的相对介电常数和，两层介质的分界面的半径为。试求：（1）电场强度分布；（2）A、B间的电势差；（3）球A的电势。




解：（1）以球心 O 为原点，以 r 为半径作一球形高斯面，

根据电介质中的高斯定理，有

$$\oint_S \vec{D}\cdot d\vec{S} = D\cdot 4\pi r^2 = \sum Q_i$$

得 $D = \dfrac{\sum Q_i}{4\pi r^2}$ ， $E = \dfrac{D}{\varepsilon_0\varepsilon_r} = \dfrac{\sum Q_i}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2}$ （4 分）

则在 $r < R_1$ 的球 A 内，$\sum Q_i = 0$，有 $D_0 = 0$ ， $E_0 = 0$ （2 分）

在 $R_1 < r < R_2$ 的第一层电介质中，$\sum Q_i = Q_A$，有 $D_1 = \dfrac{Q_A}{4\pi r^2}$， $E_1 = \dfrac{Q_A}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r1}r^2}$ （2 分）

在 $R_2 < r < R_3$ 的第二层电介质中，$\sum Q_i = Q_A$，有 $D_2 = \dfrac{Q_A}{4\pi r^2}$， $E_2 = \dfrac{Q_A}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r2}r^2}$ （2 分）

在 $r > R_3$ 的真空中，$\sum Q_i = Q_A + Q_B$，有 $D_3 = \dfrac{Q_A + Q_B}{4\pi r^2}$， $E_3 = \dfrac{Q_A + Q_B}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ （2 分）

（2）由电势差定义可知，A、B 两球壳间的电势差为

$$U_{AB} = \int_A^B \vec{E}\cdot d\vec{l} = \int_{R_1}^{R_2} \vec{E}_1\cdot d\vec{r} + \int_{R_2}^{R_3} \vec{E}_2\cdot d\vec{r}$$

$$= \int_{R_1}^{R_2} \frac{Q_A}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r1}r^2}dr + \int_{R_2}^{R_3} \frac{Q_A}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_{r2}r^2} = \frac{Q_A}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{\varepsilon_{r1}}\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)+\frac{1}{\varepsilon_{r2}}\left(\frac{1}{R_2}-\frac{1}{R_3}\right)\right] \quad \text{（4 分）}$$

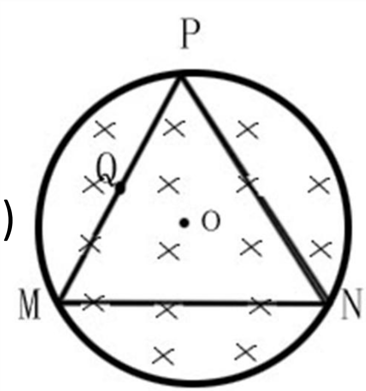
（3）取无穷远为电势零点，有

$$V_A = \int_A^\infty \vec{E}\cdot d\vec{l} = \int_A^B \vec{E}\cdot d\vec{r} + \int_B^\infty \vec{E}\cdot d\vec{r}$$

$$= U_{AB} + \int_{R_3}^\infty \vec{E}_3\cdot d\vec{r} = U_{AB} + \int_{R_3}^\infty \frac{Q_A+Q_B}{4\pi\varepsilon_0 r^2}dr = U_{AB} + \frac{Q_A+Q_B}{4\pi\varepsilon_0 R_3} \quad \text{（4 分）}$$

2. 在半径为 $R$ 圆柱形区域内，沿轴向有一均匀磁场，一等边三角形金属框置于该磁场中，如题图所示，$O$ 点为圆心，$PQ = QM$，磁感应强度 B=0.8T，且 $\dfrac{dB}{dt}$ 以恒定值 0.1T/s 增加，求（1）$o.P.Q$ 三点的感生电场的大小和方向。（2）$M.N$ 边的感生电动势。

（3）若金属框得总电阻为 $R_0$，感生电流为多少？方向如何？




（1）

$$E_o = 0, \quad E_P = -\frac{R}{2}\frac{dB}{dt}, \quad E_Q = -\frac{R}{4}\frac{dB}{dt}$$ (6分，每个2分)

（2）作辅助线 $oM, oN$

$$\varepsilon_{oM} = \varepsilon_{oN} = \int_L \vec{E}_i \cdot d\vec{l} = 0 \qquad \varepsilon_{MN} = \varepsilon_{\Delta oMN}$$ (2分)

$$\phi = \iint_s \vec{B} \cdot d\vec{s} = \frac{\sqrt{3}}{4}R^2 B$$ (4分) $$\varepsilon_{MN} = \varepsilon_{\Delta oMN} = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{\sqrt{3}}{4}R^2\frac{dB}{dt}$$ (2分)

（3）

$$\varepsilon_{MNP} = 3\varepsilon_{MN} = -\frac{3\sqrt{3}}{4}R^2\frac{dB}{dt}$$ (4分) $$I = \frac{\varepsilon_{MPN}}{R} = -\frac{3\sqrt{3}}{4R_0}R^2\frac{dB}{dt}$$ (2分)

逆时针方向