序号：________

华东理工大学 2017-2018 学年第一学期

《大学物理（下）-7 学分（A 班）》课程期中考试试卷 2017.11

开课学院：理学院 专业：16级理工类专业 考试形式：闭卷 所需时间：120 分钟

考生姓名：__________ 学号：__________ 班级：__________ 任课教师：__________

题序	一	二	三	总分
得分				
评卷人				

一. 计算题（本题 20 分）

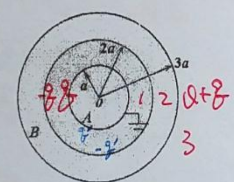
如图所示，半径为 a 的导体球 A 接地，导体球壳 B 与 A 同心放置，球壳 B 内外半径分别为 $2a$ 和 $3a$、带电量 Q，在 A、B 间充满介电常数 $\varepsilon_r = 2$ 的电介质。求：

1）导体球 A 上的电荷；

2）以无穷远为零电势点，求 B 球壳的电势；

3）介质中的电极化强度、两表面上的极化电荷面密度 σ'；

4）介质中电场的能量。



解 1) 由 $\oint \vec{D}\cdot d\vec{S} = \sum q_{自由} \rightarrow D = \frac{1}{4\pi}\cdot\frac{\sum q_{自由}}{r^2}$

介质中 $E_1 = \frac{D_1}{\varepsilon_0\varepsilon_r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\frac{q}{r^2}$

球壳内 $E_2 = 0$

球壳外 $E_3 = \frac{D_3}{\varepsilon_0} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q+q}{r^2}$

$$V_A = \int_a^{2a} E_1\,dr + \int_{3a}^{\infty} E_3\,dr = \frac{q}{8\pi\varepsilon_0}\left(-\frac{1}{r}\right)\Big|_a^{2a} + \frac{Q+q}{4\pi\varepsilon_0}\left(-\frac{1}{r}\right)\Big|_{3a}^{\infty} = 0$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q}{2}\left(-\frac{1}{2a}+\frac{1}{a}\right) + (Q+q)\left(0+\frac{1}{3a}\right)\right] = 0 \rightarrow q = -\frac{4}{7}Q$$

计算题解答（续）：

2). $V_B = \int_{3a}^{\infty}\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\frac{3}{7}Q}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{3Q}{7}\left(-\frac{1}{r}\right)\Big|_{3a}^{\infty}$

$= \frac{Q}{28\pi\varepsilon_0 a}$

3). $P = \varepsilon_0\chi_e E_{介质} = \varepsilon_0(\varepsilon_r - 1)E_{介质}$

$= \varepsilon_0(2-1)\frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\frac{q}{r^2} = \frac{q}{8\pi r^2} = \frac{-Q}{14\pi r^2}$

$\sigma'_{内表面} = -P = \frac{-q}{8\pi a^2} = \frac{Q}{14\pi a^2}$ $\vec{P}$方向径向向内

$\sigma'_{外表面} = P = \frac{q}{8\pi(2a)^2} = \frac{-Q}{56\pi a^2}$

4) $w_e = \frac{D_1^2}{2\varepsilon} = \frac{1}{2\varepsilon_0\varepsilon_r}\left(\frac{q}{4\pi r^2}\right)^2$

$W = \iiint w_e\,dV = \int_a^{2a}\frac{q^2}{32\varepsilon_0\varepsilon_r\pi^2}\frac{1}{r^4}\cdot 4\pi r^2\,dr$

$= \frac{q^2}{16\varepsilon_0\pi}\int_a^{2a} r^{-2}\,dr = \frac{q^2}{16\varepsilon_0\pi}\left(-\frac{1}{r}\right)\Big|_a^{2a}$

$= \frac{q^2}{16\varepsilon_0\pi}\left(-\frac{1}{2a}+\frac{1}{a}\right) = \frac{q^2}{32\varepsilon_0\pi a}$

$= \frac{1}{32\varepsilon_0\pi a}\times\left(\frac{-4}{7}Q\right)^2 = \frac{Q^2}{98\pi\varepsilon_0 a}$

三. 填空题（共 40 分，每题 4 分）（请将各题答案填写在题号对应的横线上）

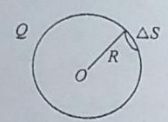
1. ______________，______________；　2. ______________；　3. ______________；

4. ______________，______________；　5. ______________；　6. ______________；

7. ______________；　8. ______________；　9. ______________；

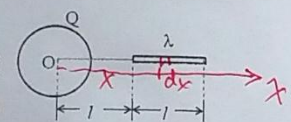
10. ______________，______________.

1、如图所示，真空中一半径为 R 的均匀带电球面带有正电荷 Q，今在球面上挖去非常小块的面积 ΔS(连同电荷)，假设不影响其他处原来的电荷分布，则挖去 ΔS 后球心处电场强度的大小 E 等于 $\frac{\Delta S}{}$；其方向为 $O \rightarrow \Delta S$。



$\frac{}{4\pi\varepsilon_0 R^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\Delta S}{R^2}\frac{Q}{4\pi R^2}$

2、如图所示，半径为 R 的均匀带电球面，带电量为 Q，沿半径方向上有一均匀带电细杆，电荷线密度为λ，长度为 l，细杆近端离球心的距离为 l。则细杆在电场中的电势能为 $\frac{\lambda Q}{4\pi\varepsilon_0}\ln 2$



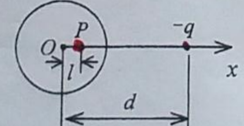
$\int dW = \int V dq = \int_l^{2l} \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{x}\lambda dx = \frac{\lambda Q}{4\pi\varepsilon_0}\ln 2$

3、一空气平行板电容器，两板相距为 d，与一电池连接时两板之间静电作用力的大小为 F，断开电池后，将两板距离拉开到 $2d$，忽略边缘效应，则两板之间的静电作用力的大小是 F 。

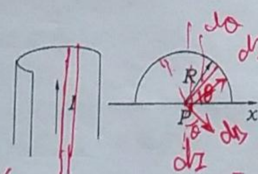
$F = \frac{E}{2}Q = \frac{Q^2}{2\varepsilon_0 S}$　d　2d

4、真空中，半径为 R_1 和 R_2 的两个导体球，相距很远，则两球的电容之比 $C_1/C_2 =$ R_1/R_2. 当用细长导线将两球相连后，电容 $C =$ C_1+C_2。$= 4\pi\varepsilon_0(R_1+R_2)$

5、一点电荷带电量为 $-q$，位于一原来不带电的金属球外，与球心的距离为 d，如图所示．则在金属球内，与球心相距为 l 的 P 点处，由感生电荷产生的场强 $\vec{E} =$ $-\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{(d-l)^2}\vec{i}$　$\vec{E}_P = 0 \rightarrow \vec{E}_感 = -\vec{E}_{-q}$



6、在半径 R=1.0cm 的“无限长”半圆柱形金属薄片中，自下而上通以电流 I=5.0A，电流分布均匀，如图所示。则半圆柱轴线上任一点 P 处的磁感应强度大小 B= ______________。$\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}\,\mathrm{T\,m/A}$

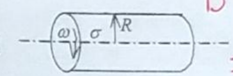


$\frac{dI}{R d\theta} = \frac{I}{\pi R} \rightarrow dI = \frac{I}{\pi}d\theta$

$dB = \frac{\mu_0 dI}{2\pi R} \rightarrow dB_x = dB\sin\theta$

$B_x = 2\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\mu_0}{2\pi R}\frac{I}{\pi}\sin\theta d\theta = 2\frac{\mu_0 I}{2\pi^2 R}(-\cos\theta)\Big|_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{\mu_0 I}{\pi^2 R} = \frac{4\pi\times10^{-7}\times5}{\pi^2\times0.01^2} =$　T

7、如图所示，一半径为 R 的均匀带电无限长直圆筒，电荷面密度为σ. 该筒以角速度ω绕其轴线匀速旋转．则圆筒内部的磁感强度为 $\mu_0\sigma\omega R$.



$B = n\mu_0 I$

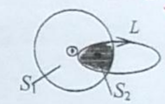
$= \frac{1}{L}\cdot\mu_0 nq$

$= \frac{1}{L}\mu_0 n\cdot\sigma\cdot 2\pi RL$

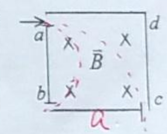
$= \mu_0\sigma 2\pi nR$

$= \mu_0\sigma\omega R$

8、半径为 R 的圆柱体上载有电流 I，电流在其横截面上均匀分布，一回路 L 通过圆柱内部将圆柱体横截面分为两部分，其面积大小分别为 S_1、S_2 如图所示，则 $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l} =$ $-\mu_0\frac{IS_2}{S_1+S_2}$。



9、如图所示的空间区域内，分布着方向垂直于纸面的匀强磁场，在纸面内有一正方形边框 $abcd$(磁场以边框为界)． a、b、c 三个顶角处开有很小的缺口．今有一束具有不同速度的电子由 a 缺口处沿 ad 方向射入磁场区域，若 b、c 两缺口处分别有电子射出，则此两处出射电子的速率之比 $v_b/v_c =$ 1/2 .

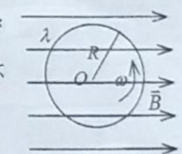


$R_c = a$

$R_b = \frac{a}{2}$

$qvB = m\frac{v^2}{R} \rightarrow v = \frac{qRB}{m} \rightarrow v_b/v_c = \frac{R_B}{R_C}$

10、如图，均匀磁场 $\vec{B}$ 中放一均匀带正电荷的圆环，电荷线密度为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，圆环受到的磁力矩为 $\omega\lambda\pi R^3 B$，其方向 ↑ (纸面内)



$I = nq = \frac{\omega}{2\pi}\lambda\cdot 2\pi R = \omega\lambda R$

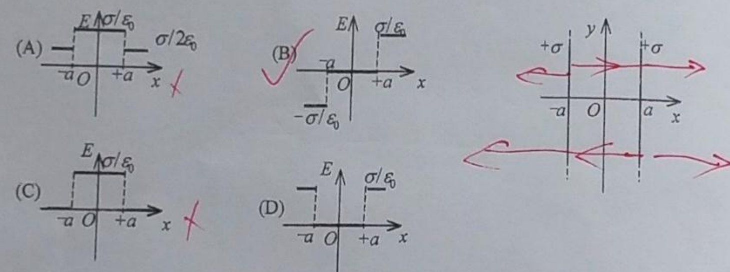
$P_m = IS = \omega\lambda R\cdot\pi R^2 = \omega\lambda\pi R^3$

$\vec{M} = \vec{P}_m\times\vec{B} = P_m B\sin 90^\circ = \omega\lambda\pi R^3 B$

二. 选择题（共 40 分，每题 4 分）（请将各题答案填写在题号对应的空格内）

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
选项	B	B	D	D	B	C	C	D	B	C

1、电荷面密度均为$+\sigma$的两块“无限大”均匀带电的平行平板如图放置，其周围空间各点电场强度$\vec{E}$随位置坐标x变化的关系曲线为：（设场强方向向右为正）



2、一点电荷，放在球形高斯面的中心处．下列哪一种情况，通过高斯面的电场强度通量发生变化：

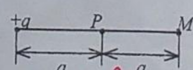
(A) 将另一点电荷放在高斯面外．　　(B) 将另一点电荷放进高斯面内．

(C) 将球心处的点电荷移开，但仍在高斯面内．　　(D) 将高斯面半径缩小．

3、在点电荷$+q$的电场中，若取图中P点处为电势零点，则M点的电势为

(A) $\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 a}$.　　(B) $\dfrac{q}{8\pi\varepsilon_0 a}$.

(C) $\dfrac{-q}{4\pi\varepsilon_0 a}$.　　(D) $\dfrac{-q}{8\pi\varepsilon_0 a}$.

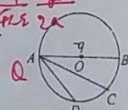


$V_{P0} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{a}$

$V_{M0} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{2a}$

$\therefore V_{M0} - V_{P0} = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{2a} - \dfrac{1}{a}\right) = \dfrac{-q}{8\pi\varepsilon_0 a}$

4、如图所示，点电荷$-q$位于圆心O处，A、B、C、D为同一圆周上的四点，现将一试验电荷从A点分别移动到B、C、D各点，则



(A) 从A到B，电场力作功最大．　　(B) 从A到C，电场力作功最大．

(C) 从A到D，电场力作功最大．　　(D) 从A到各点，电场力作功相等．

5、两个同心薄金属球壳，半径分别为R_1和R_2 ($R_2 > R_1$)，若分别带上电荷q_1和q_2，则两者的电势分别为U_1和U_2（以无穷远处为电势零点）．现用导线将两球壳相连接，则它们的电势为

(A) U_1.　　(B) U_2.　　(C) $U_1 + U_2$.　　(D) $\dfrac{1}{2}(U_1 + U_2)$.

$V_1 = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{q_1}{R_1} + \dfrac{q_2}{R_2}\right)$

$V_2 = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{q_2}{R_2} + \dfrac{q_1}{R_2}\right)$

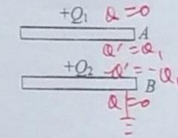
$V_2' = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q_1+q_2}{R_2}$

q_1+q_2

6、A、B为两导体大平板，面积均为S，平行放置，如图所示．A板带电荷$+Q_1$，B板带电荷$+Q_2$，如果使B板接地，则AB间电场强度的大小E为

(A) $\dfrac{Q_1}{2\varepsilon_0 S}$.　　(B) $\dfrac{Q_1 - Q_2}{2\varepsilon_0 S}$.

(C) $\dfrac{Q_1}{\varepsilon_0 S}$.　　(D) $\dfrac{Q_1 + Q_2}{2\varepsilon_0 S}$.



$Q=0$　$Q'=Q_1$　$-Q'=-Q_1$　$Q=0$

$\therefore E = \dfrac{\sigma_s}{\varepsilon_0}$

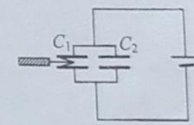
7、C_1和C_2两空气电容器并联以后接电源充电．在电源保持联接的情况下，在C_1中插入一电介质板，如图所示，则

(A) C_1极板上电荷增加，C_2极板上电荷减少．

(B) C_1极板上电荷减少，C_2极板上电荷增加．

(C) C_1极板上电荷增加，C_2极板上电荷不变．

(D) C_1极板上电荷减少，C_2极板上电荷不变．



$C_1\uparrow$ $C\uparrow$ U不变

$Q\uparrow$

$Q_1 = C_1 U\uparrow$

$Q_2 = C_2 U$

8、电流由长直导线 1 沿半径方向经a点流入一电阻均匀的圆环，再由b点沿切向从圆环流出，经长直导线 2 返回电源(如图)．已知直导线上电流为I，$\angle aOb = \pi/2$．若载流长直导线 1、2 以及圆环中的电流在圆心O点所产生的磁感强度分别用$\vec{B}_1$、$\vec{B}_2$，$\vec{B}_3$表示，则O点的磁感强度大小

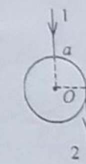
(A) $B = 0$，因为$B_1 = B_2 = B_3 = 0$.

(B) $B = 0$，因为$\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0$，$B_3 = 0$.

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

(D) $B \neq 0$，因为虽然$B_1 = B_3 = 0$，但$B_2 \neq 0$.

(E) $B \neq 0$，因为虽然$B_2 = B_3 = 0$，但$B_1 \neq 0$.



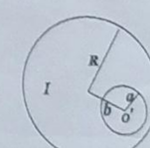
9、一载有电流I的细导线分别均匀密绕在半径为R和r的长直圆筒上形成两个螺线管，两螺线管单位长度上的匝数相等．设$R = 2r$，则两螺线管中的磁感强度大小B_R和B_r应满足：

(A) $B_R = 2B_r$.　　(B) $B_R = B_r$.　　(C) $2B_R = B_r$.　　(D) $B_R = 4B_r$.

10、在半径为R的长直金属圆柱体内部挖去一个半径为a的长直圆柱体，两柱体轴线平行，其间距为b，如图．今在此导体上通以电流I，电流在截面上均匀分布，则空心部分轴线上O'点的磁感应强度的大小为

(A) $\dfrac{\mu_0 I}{2\pi}\cdot\dfrac{b}{R^2}$　　(B) $\dfrac{\mu_0 I}{2\pi b}\cdot\dfrac{b^2 - a^2}{R^2}$

(C) $\dfrac{\mu_0 I}{2\pi}\cdot\dfrac{b}{R^2 - a^2}$　　(D) $\dfrac{\mu_0 I}{2\pi b}\left(\dfrac{b^2}{R^2} - \dfrac{a^2}{b^2}\right)$



$B = B_1 - B$

$B = B_1 = \dfrac{\mu_0}{2\pi b}\left(\dfrac{I}{\pi R^2 - \pi a^2}\cdot\pi b^2\right)$