北京理工大学《大学物理 II》

2012-2013 学年第一学期期中试题及答案(第 7 章-第 9 章)

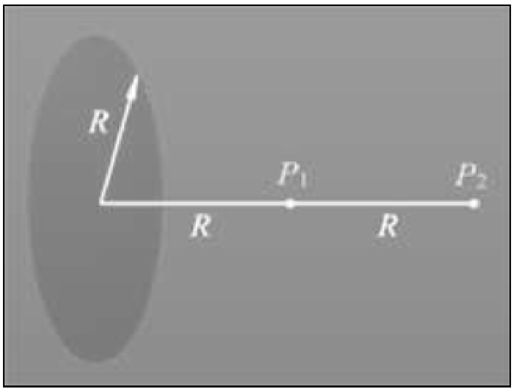
一、 选择题(每题 3 分，共 27 分)

1 真空中两块互相平行的无限大均匀带电平面。其电荷密度分别为 $+\sigma$ 和 $+2\sigma$，两板之间的距离为 d。两板间的电场强度和电势差为（ D ）

(A) 0，0； (B) $\frac{3\sigma}{2\varepsilon_0}$，$\frac{3\sigma}{2\varepsilon_0}d$；

(C) $\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$，$\frac{\sigma}{\varepsilon_0}d$； (D) $\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$，$\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}d$。

2 半径为 R 的均匀带电圆面，若轴线上有两点 P_1，P_2 它们到环心的距离分别是 R 和 $2R$。则点 P_1 的电场强度 E_1 与点 P_2 的电场强度 E_1 的关系为（B ）



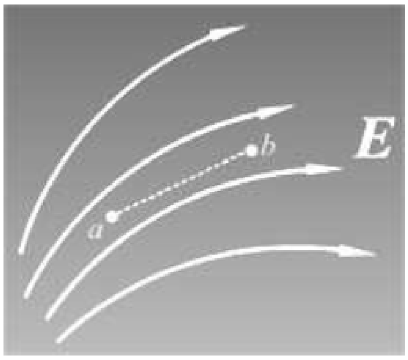
(A) $E_1=\frac{1}{8}(2-\sqrt{2})(5+\sqrt{5})E_2$；

(B) $E_1=\frac{1}{2}(2-\sqrt{2})(5+\sqrt{5})E_2$；

(C) $E_1=4E_2$；

(D) $E_1=2E_2$。

3 若将负点电荷 q 从电场 E 中的点 a 移至点 b，下列正确者是（A ）



(A) 电场力做负功；

(B) 电场强度 $E_a < E_b$；

(C) 电势能减少；

(D) 电势 $\varphi_a < \varphi_b$ 。

4 极板面积为 S，间距为 d 的平行板电容器，接入电源，保持电压 U 恒定，此时若把间距拉开为 $2d$，则电容器中的静电能改变了（C ）

(A) $\frac{\varepsilon_0 S}{2d}U^2$； (B) $\frac{\varepsilon_0 S}{4d}U^2$；

(C) $-\frac{\varepsilon_0 S}{4d}U^2$； (D) $-\frac{\varepsilon_0 S}{2d}U^2$。

5 平行板电容器充电后仍与电源连接，若将极板间距拉大，则极板上的电量 Q，电场强度 E 和电场能量 W_e 将作（ D ）变化

(A) Q 增大，E 增大，W_e 增大； (B) Q 减小，E 减小，W_e 减小；

(C) Q 增大，E 减小，W_e 增大； (D) Q 减小，E 增大，W_e 增大。

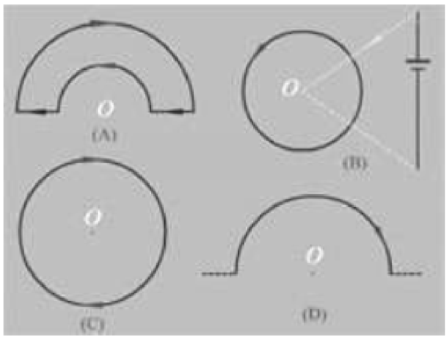
6 一个平行板电容器没有介质时的电容 $C_0=\frac{\varepsilon_0 S}{d}$，今在两极板间平行插入面积为 S，厚

度为 a（$a < d$），相对介电系数为 $\varepsilon_r = 2$ 的介质后的电容值为（　C）

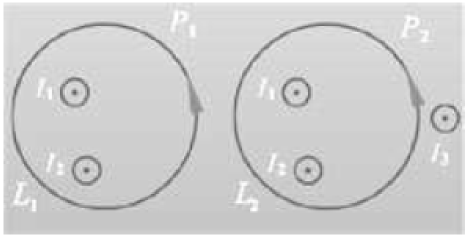
(A) $\dfrac{\varepsilon_0 S}{d - a}$；　　　　　　　　(B) $\dfrac{\varepsilon_0 S}{2d - a}$；

(C) $\dfrac{2\varepsilon_0 S}{2d - a}$；　　　　　　　　(D) $\dfrac{(2d - a)\varepsilon_0 S}{(d - a)a}$。

7 左下图为载流电路，其中虚线部分表示通向“无限远”，弧形部分为均匀导线，点 O 磁感强度为零的图是（B　）。



8 如上中图所示，L_1，L_2 回路的圆周半径相同，无限长直电流 I_1，I_2 在 L_1，L_2 内的位置一样，但在(b)图中 L_2 外又有一无限长直电流 I_3，P_1 与 P_2 为两圆上的对应点，下列说法中哪一个正确（　C　）



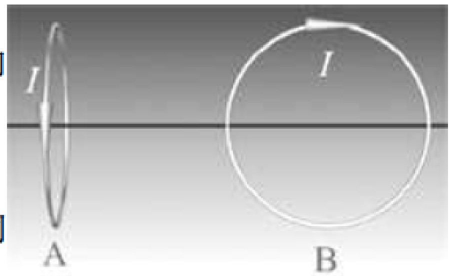
(A) $\oint_{L_1} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint_{L_2} \vec{B} \cdot d\vec{l}$，且 $\vec{B}_{P_1} = \vec{B}_{P_2}$；

(B) $\oint_{L_1} \vec{B} \cdot d\vec{l} \neq \oint_{L_2} \vec{B} \cdot d\vec{l}$，且 $\vec{B}_{P_1} = \vec{B}_{P_2}$；

(C) $\oint_{L_1} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint_{L_2} \vec{B} \cdot d\vec{l}$，且 $\vec{B}_{P_1} \neq \vec{B}_{P_2}$；

(D) $\oint_{L_1} \vec{B} \cdot d\vec{l} \neq \oint_{L_2} \vec{B} \cdot d\vec{l}$，且 $\vec{B}_{P_1} \neq \vec{B}_{P_2}$。

9 有两个半径相同的圆环形载流线圈 A，B，它们可以自由转动和移动，把它们放在相互垂直的位置上，如图所示，则（　A）



(A) A，B 均发生转动和平动，最后两线圈电流同方向并紧靠一起；

(B) A 不动，B 在磁力作用下发生转动和平动；

(C) A，B 都在运动，但运动的趋势不能确定；

(D) A 和 B 都在转动，但不平动，最后两线圈磁矩同方向平行。

二、　填空题(每空 2 分，共 40 分)

1 两个点电荷电量分别为 q_1，q_2，当它们相距为 r 时，两电荷之间的相互作用力 $\vec{F}$ = ________；若 $q_1 + q_2 = Q$，欲使 F 最大，则 $q_1 : q_2$ = ________。

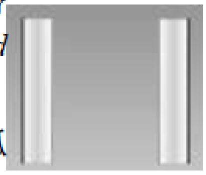
2 半径为 R 的均匀带电球面，带电量为 q，若取无限远处为电势零点。则球心处的电势 φ_0 = ________；球面外离球心 r 处的电势 φ_r = ________。

3 长为 l 的均匀带电塑料细棒，弯曲成一个圆环，在接口处有一间距为 d 的缝隙。设细棒带电量为正 q，则球心处的电场强度 E_0 =______；方向_____；环心处的电势 φ_0 = ______。

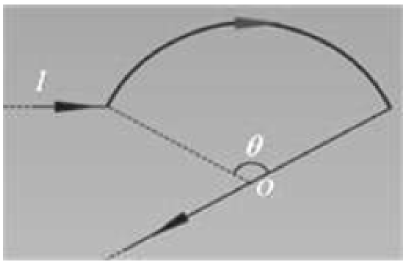
4　平行板电容器没有介质时的电容为 C_0，充电后与电源断开，然后充满相对介电系数 $\varepsilon_r = 5$ 各向同性的介质，其电容是原来的____倍，其中电场强度是原来的____倍。

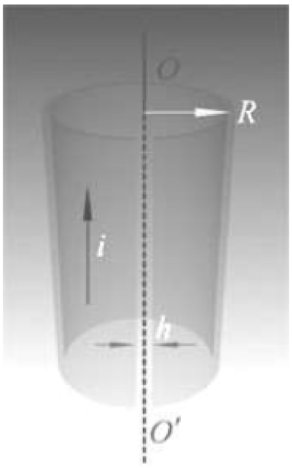
5　半径为 R_1 的金属球外有一层相对介电系数为 $\varepsilon_r = 2$ 的介质球壳，其外半径为 R_2，若金属带电为 q。则介质外离球心 r 处的电场强度 E = ________，介质内离球心 r 处的电场强度 E' = ________；金属球心处的电势 φ = ________。

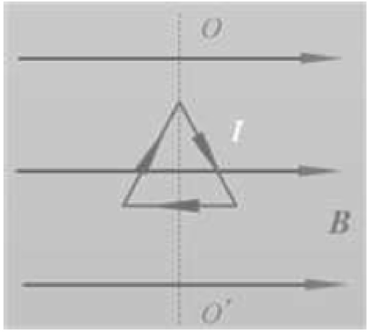
6 两个很大的金属平行板，面积为 S，其中一块带电量为 q，另一块带电量为 $-2q$，则两极板间的电场强度 E =__________，两极板相距为 d 时的电势差 U=______________。



7 将一无限长载流直导线弯曲成左下图所示形状，已知电流长 I，圆弧半径为 R，$\theta=120°$，则圆心 O 点的磁感强度大小 B =__________。







8 将半径为 R 的无限长导体管壁(厚度忽略)沿轴向割去一定宽度 $h(h \ll R)$ 的无限长狭缝后，再沿轴向均匀地通有电流，其面电流密度为 i，如上中图所示，则管轴线上磁感强度大小是__________。

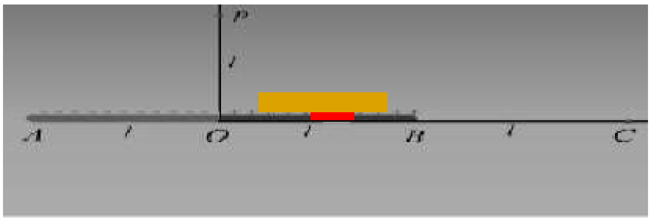
9 右上图示均匀磁场 $\bar{B}$ 中有一边长为 l 的等边三角形线框中通以电流 I，线框可绕 OO' 轴转动，则线框磁力矩大小为______，方向为_____。

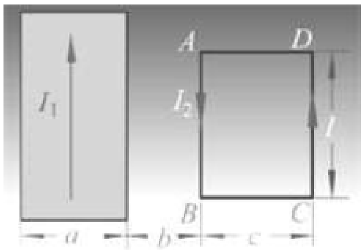
10 一无限长均匀带电直线，电荷线密度为 λ。在它的电场作用下，一质量为 m，电量 q 为的质点以该直线为轴线作匀速圆周运动。则该质点的速率为____________。

11 在电量为 q 的点电荷的电场中，若选取与点电荷相距为 r_0 的一点为电势零点，则与点电荷相距为 r 的一点的电势为：____________。

三、 计算题(每题 11 分，共 33 分)

1 有两段很细的长为 l 的均匀带电细棒，分别带等量异号电荷，点 P 在其对称轴上。P 到细棒的距离为 l，点 C 在细棒的延长线上，点 C 到点 B 的距离也为 l。求 (1) 点 P 相对于无限远处的电势；(2) 点 C 相对于点 O 的电势。





2 半径为 R 的无限长圆柱形带电体，电荷体密度为 Ar ($r \leqslant R$)，r 为距轴线距离，A 为常数。选距轴线距离为 L $(L > R)$处为电势零点。计算圆柱体内外各点的电势。

3　一无限长薄金属板，宽为 a，通有电流 I_1，其旁有一矩形线圈，通有电流 I_2，线圈与金属板共面，位置如图所示，且 AB 与 CD 边平行于金属板，求电流 I_1 的磁场对 AB 与 CD 边的作用力。

答案：

一、选择题

1 D；2 B；3 A；4 C；5 B；6 C；7 B；8 C；9 A；

二、填空题

1 $\vec{F}=\dfrac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{e}_r$； $q_1:q_2=1:1$

2 $\varphi_0=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 R}$； $\varphi_r=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

3 $E_0=\dfrac{\pi qd}{\varepsilon_0 l^3}$；方向由圆心指向缺口处；$\varphi_0=\dfrac{q}{2\varepsilon_0 l}$

4 5 倍；1/5 倍

5 $\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$；$\dfrac{q}{8\pi\varepsilon_0 r^2}$；$\dfrac{q}{8\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_2}\right)$

6 $\dfrac{3q}{2\varepsilon_0 S}$；$\dfrac{3qd}{2\varepsilon_0 S}$

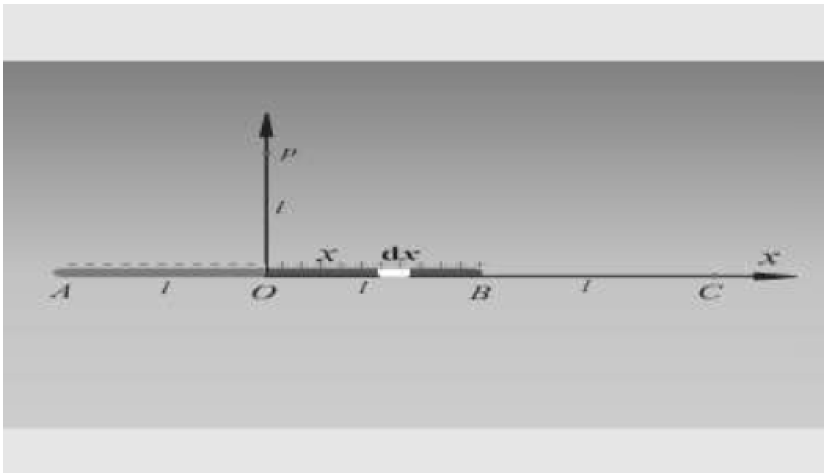
7 $\dfrac{\mu_0 I}{6R}+\dfrac{\mu_0 I}{4\pi R}\left(2-\sqrt{3}\right)$

8 $\dfrac{\mu_0 hi}{2\pi R}$

9 $\dfrac{\sqrt{3}}{4}l^2 IB$；向下

10 $v=\sqrt{-\lambda q/2\pi\varepsilon_0 m}$

11 $\varphi=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}-\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r_0}$



三、计算题

1 解 以 O 为原点建立直角坐标系 Oxy，并设细棒单位长度上电量为 λ

(1) 由于 OB 带正电，OA 带负电、电荷密度相同，且 $OB=OA=l$，由对称性知在 y 轴上各点的电场强度都在 x 轴负方向，即 $\vec{E}=-E(y)\hat{i}$ （2 分）

故 $\varphi_P=\int_P^{\infty}\vec{E}\cdot d\vec{l}$ （2 分）

$=-\int_x^{\infty}E(y)\hat{i}\cdot dy\hat{j}=0$ （2 分）

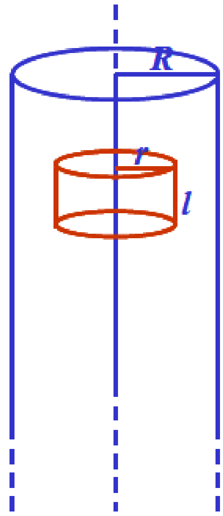
对称轴各点的电势均等于无限远处的电势。即 $\varphi_0=\varphi_P=\varphi_\infty=0$

(2) 取电荷元 $dq=\lambda dx$，则点 C 相对于点 O 的电势即点 C 相对于无限远处的电势(因为 $\varphi_0=\varphi_\infty$)

$$\varphi_C=\int_0^l\frac{\lambda dx}{4\pi\varepsilon_0(2l-x)}+\int_0^l\frac{-\lambda dx}{4\pi\varepsilon_0(2l+x)} \qquad (3\text{ 分})$$

$$=\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\left[-\ln(2l-x)\Big|_0^l--\ln(2l-x)\Big|_0^l\right]=\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\left(\ln 2-\ln\frac{3}{2}\right)=\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\ln\frac{4}{3} \qquad (2\text{ 分})$$

2 解 内部场强，取半径为 $r<R$，高为 l 的同轴圆柱面为高斯面。



$$2\pi rlE=q/\varepsilon_0 \qquad (2\text{ 分})$$

$$q=\int_0^r Ar\,2\pi rl\,dr=\frac{2}{3}\pi Alr^3$$

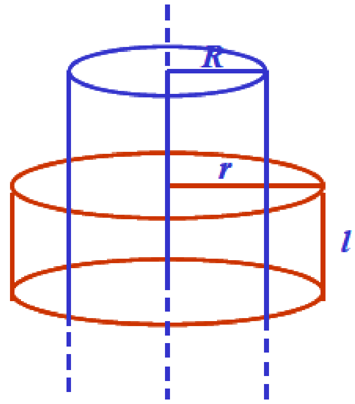
$$E=\frac{1}{3\varepsilon_0}Ar^2\quad(r<R) \qquad (2\text{ 分})$$

外部场强，取半径为 $r>R$ ，长为 l 的同轴圆柱面为高斯面。

$$2\pi rlE=q/\varepsilon_0$$

$$q=\int_0^R Ar\,2\pi rl\,dr=\frac{2}{3}\pi AlR^3$$

$$E=\frac{1}{3\varepsilon_0}AR^3/r\quad(r>R)\ (2\text{ 分})$$



内部电势 $\varphi=\int_r^L E\,dr$ (1 分)

$$=\int_r^R\frac{1}{3\varepsilon_0}Ar^2dr+\int_R^L\frac{1}{3\varepsilon_0}A\frac{R^3}{r}dr$$

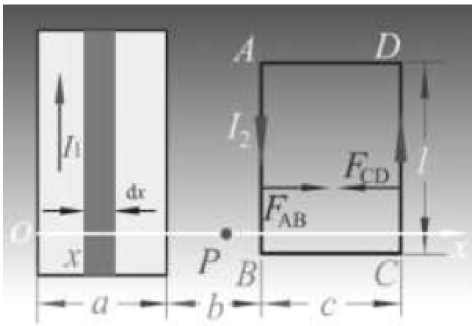
$$=\frac{A}{3\varepsilon_0}(R^3-r^3)+\frac{AR^3}{3\varepsilon_0}\ln\frac{L}{R} \qquad (2\text{ 分})$$

外部电势 $\varphi=\int_r^L E\,dr=\int_r^L\frac{AR^3}{3\varepsilon_0}\frac{1}{r}dr=\frac{AR^3}{3\varepsilon_0}\ln\frac{L}{r}$ (2 分)

3 解 首先求载流平板产生的磁场。设 P 为平板外并处于该平板所在平面内的点。选坐标轴如图所示，d 为场点 P 到原点的距离，把薄板分成许多宽为 dx 的细长条，每根细长条的电流为 $dI=\frac{I_1}{a}dx$，视其为线电流，无限长载流薄板可看成由无限多的无限长载流直导线所构成。 (1 分)

在 x 处取一窄条，它在 P 点产生的磁感强度大小为

$$dB=\frac{\mu_0 dI}{2\pi(d-x)}=\frac{\mu_0 I_1 dx}{2\pi a(d-x)} \qquad (1\text{ 分})$$



因所有细长条电流在点 P 的磁感强度方向相同，所以整个载流平板在点 P 产生的磁感强度大小为

$$B=\int \mathrm{d}B=\frac{\mu_0 I_1}{2\pi a}\int_0^a \frac{\mathrm{d}x}{d-x}=\frac{\mu_0 I_1}{2\pi a}\ln\frac{d}{d-a} \qquad (2\text{ 分})$$

在矩形线圈所在处，$\vec{B}$ 的方向垂直屏幕向里。 (1 分)

这样，AB 边所在处的磁感强度

$$B_{AB}=\frac{\mu_0 I_1}{2\pi a}\ln\frac{a+b}{b} \qquad (d=a+b) \qquad (1\text{ 分})$$

CD 边所在处的磁感强度

$$B_{AB}=\frac{\mu_0 I_1}{2\pi a}\ln\frac{a+b+c}{b+c} \qquad (d=a+b+c) \qquad (1\text{ 分})$$

则电流 I_1 的磁场对 AB 边的作用力为

$$F_{AB}=\left|I_2\overrightarrow{AB}\times\vec{B}_{aB}\right|=\frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi a}\ln\frac{a+b}{b} \qquad (1\text{ 分})$$

方向向右。 (1 分)

对 CD 边的作用力为 $F_{AB}=\left|I_2\overrightarrow{CD}\times\vec{B}_{CD}\right|=\dfrac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi a}\ln\dfrac{a+b+c}{b+c}$ (1 分)

方向向左。 (1 分)