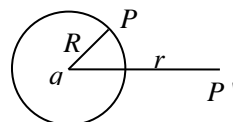


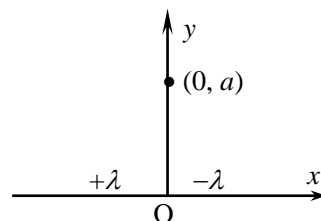
一、选择题：本题共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分。请将每题答案写在答题纸的对应位置。
 每小题给出的四个选项中只有一个选项正确。错选、多选或未选的得 0 分。

1. 如图，在点电荷 q 的电场中，选取以 q 为中心、 R 为半径的球面上一点 P 处作电势零点，则与点电荷 q 距离为 r 的 P' 点的电势为 ()



- (A) $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$ (B) $\frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)$ (C) $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 (r-R)}$ (D) $\frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right)$

2. 如图所示为一沿 x 轴放置的“无限长”分段均匀带电直线，电荷线密度分别为 $+\lambda (x < 0)$ 和 $-\lambda (x > 0)$ ，则 xOy 平面上 $(0, a)$ 点处的场强为 ()

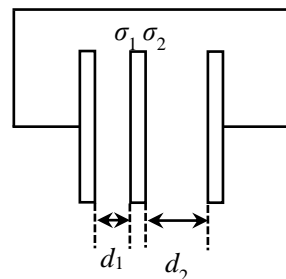


- (A) $\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 a} \vec{i}$ (B) 0 (C) $\frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 a} \vec{i}$ (D) $\frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 a} (\vec{i} + \vec{j})$

3. 平行板电容器两极板（看作很大的平板）间的相互作用力 F 与两极板间的电压 U 的关系是 ()

- (A) $F \propto U$; (B) $F \propto \frac{1}{U}$; (C) $F \propto \frac{1}{U^2}$; (D) $F \propto U^2$ 。

4. 三块互相平行的导体板，相互之间的距离 d_1 和 d_2 比板面积线度小得多，外面两板用导线连接。中间板上带电，设左右两面上电荷面密度分别为 σ_1 和 σ_2 ，如图所示。则比值为 σ_1/σ_2 ()

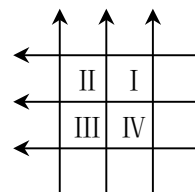


- (A) $\frac{d_1}{d_2}$ (B) $\frac{d_2}{d_1}$ (C) $\frac{d_1^2}{d_2^2}$ (D) $\frac{d_2^2}{d_1^2}$

5. 将平行板电容器的两极板接上电源，以维持其间电压不变，用相对介电常数为 ϵ_r 的均匀电介质填满极板间，则下列说法哪种正确？ ()

- (A) 极板间电场增大为原来的 ϵ_r 倍； (B) 极板上的电量不变；
 (C) 电容增大为原来的 ϵ_r 倍； (D) 以上说法均不正确。

6. 如图六根互相绝缘导线，通以电流强度均为 I ，区域 I、II、III、IV 均为面积相等的正方形。那么磁通量等于零的区域是 ()



- (A) I、II (B) III、IV (C) I、III (D) II、IV

7. 如果带电粒子的速度与均匀磁场 \vec{B} 垂直，则带电粒子作圆周运动，绕圆形轨道一周所需要的时间为

()

(A) $T = \frac{m}{qB}$

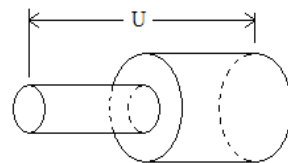
(B) $T = \frac{mv_0}{qB}$

(C) $T = \frac{2\pi m}{qB}$

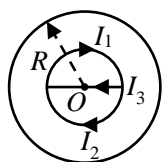
(D) $T = \frac{2\pi mv_0}{B}$

8. 两个截面积不同、长度相同的铜棒串联在一起, 如图所示, 在两端加有一定的电压 U , 下列说法正确的是: ()。

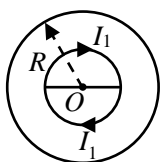
- (A) 两个铜棒中的电流密度相同;
(B) 通过两铜棒截面上的电流强度相同;
(C) 两铜棒中的电场强度大小相同;
(D) 两铜棒上的端电压相同。



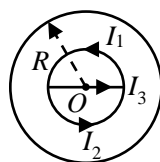
9. 用导线围成如图所示的回路(以 O 点为心的圆, 加一直径), 放在轴线通过 O 点垂直于图面的圆柱形(半径为 R) 的均匀磁场中, 如磁场方向垂直图面向里, 其大小随时间减小, 则感应电流的流向为 ()



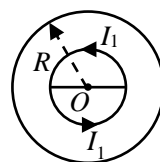
(A)



(B)



(C)



(D)

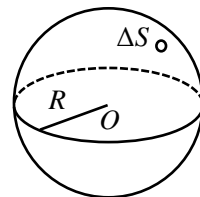
10. 对于单匝线圈取自感系数的定义式为 $L = \Phi/I$ 。当线圈的几何形状、大小及周围介质分布不变, 且无铁磁性物质时, 若线圈中的电流强度变小, 则线圈的自感系数 L ()

- (A) 变大, 与电流成反比关系
(B) 变小
(C) 变大, 但与电流不成反比关系
(D) 不变

二、填空题: 本大题共 10 题, 每题 2 分, 共 20 分。请将每题答案写在答题纸的对应位置。

错填、不填均无分。

1. 如图所示, 真空中有一半径为 R 的均匀带电球面, 所带的总电荷量为 Q ($Q > 0$)。今在球面上挖去非常小的一块面积 ΔS (连同电荷), 且假设挖去后不影响原来电荷分布, 则挖去 ΔS 后球心处电场强度大小 $E =$ _____。

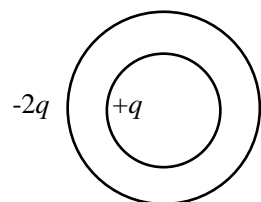


2. 一闭合面包围着一对电偶极子, 则通过此闭合面的电场强度通量 $\Phi_e =$ _____。

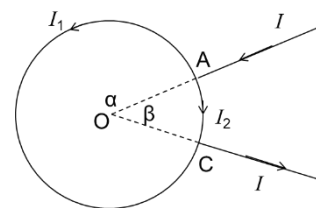
3. 一个带电荷 q , 半径为 R 的金属球壳, 壳内是真空, 壳外是介电常数为 ϵ 的无限大各向同性均匀电介质, 则此球壳的电势 $U =$ _____。(设无穷远处为电势零点)

4. 两个电容器的电容分别为 C_1 、 C_2 , 串联后接在电源上, 则它们所分得的电压之比 $\frac{V_1}{V_2} =$ _____。

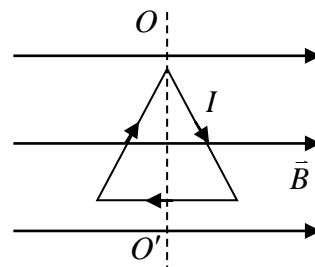
5. 如图所示, 两同心导体球壳, 内球壳所带电量为 $+q$, 外球壳所带电量为 $-2q$ 。静电平衡时, 外表面所带电荷量为 _____。



6. 两根导线沿半径方向引到匀质金属环上的 A 和 C 两点, 电流方向如图所示, 环中心 O 处的磁感应强度为_____。



7. 如图所示的均匀磁场 \vec{B} 中, 有一边长为 l 的等边三角形线框且通以电流 I 。已知此线框可绕 OO' 轴转动, 则此线框所受磁力矩的大小为: _____。



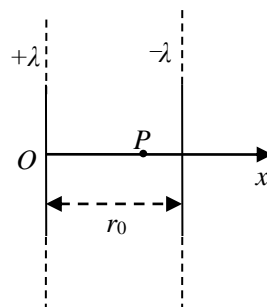
8. 半径为 R 的闭合球面包围一个条形磁铁的一端, 此条形磁铁端部的磁感应强度 B , 则通过此球面的磁通量_____。

9. 用导线制成一半径为 r 的闭合圆形线圈, 其电阻为 R , 均匀磁场垂直于线圈平面。欲使电路中有一稳定的感应电流 I , 磁感应强度的变化率 $\frac{dB}{dt} =$ _____。

10. 铁路的两条铁轨相距 L , 火车以 v 的速度前进, 火车所在地地磁场强度在竖直方向上的分量为 B 。两条铁轨除与车轮接通外, 彼此是绝缘的。两条铁轨的间的电势差 U 为_____。

三、计算题: 本题 12 分。请在答题纸上按题序作答, 并标明题号。

无两条无限长平行直导线相距为 r_0 , 均匀带有等量异号电荷, 电荷线密度为 λ , 如图所示。(1) 求两导线构成的平面上任一点的电场强度 (按图示方式选取坐标, 该点到 $+\lambda$ 带电线的垂直距离为 x); (2) 求每一根导线上单位长度导线受到另一根导线上电荷作用的电场力。



参考答案:

(1) 设点 P 在导线构成的平面上, \vec{E}_+ 、 \vec{E}_- 分别表示正、负带电导线在 P 点的电场强度, 则有

$$\vec{E}_+ = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{x} \right) \vec{i} \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

$$\vec{E}_- = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_0 - x} \right) \vec{i} \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

$$\begin{aligned} \vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_- &= \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{r_0 - x} \right) \vec{i} \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分} \\ &= \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \frac{r_0}{x(r_0 - x)} \vec{i} \end{aligned}$$

(2) 设 \vec{F}_+ 、 \vec{F}_- 分别表示正、负带电导线单位长度所受的电场力, 则有

$$\vec{F}_+ = \lambda \vec{E}_- = \frac{\lambda^2}{2\pi\epsilon_0 r_0} \vec{i} \quad \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

$$\vec{F}_- = -\lambda \vec{E}_+ = -\frac{\lambda^2}{2\pi\epsilon_0 r_0} \vec{i} \quad \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

显然有 $\vec{F}_+ = -\vec{F}_-$ ，相互作用力大小相等，方向相反，两导线相互吸引。

四、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

在半径为 R_1 的金属球之外包有一层外半径为 R_2 的均匀电介质球壳，介质相对介电常数为 ϵ_r ，金属球带电 Q 。试求：

(1) 距球心 r 处的电场强度大小；

(2) 距球心 r 处的电势（以无穷远处为电势零点）。

参考答案：

利用有介质时的高斯定理 $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum q \quad \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$

(1) 金属球内 ($r < R_1$) 场强

$$\vec{D} = 0, \vec{E}_{\text{金属球}} = 0 \quad \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

介质内 ($R_1 < r < R_2$) 场强

$$\vec{D} = \frac{Q\vec{r}}{4\pi r^3}, \vec{E}_{\text{内}} = \frac{Q\vec{r}}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r^3}; \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

介质外 ($r > R_2$) 场强

$$\vec{D} = \frac{Q\vec{r}}{4\pi r^3}, \vec{E}_{\text{外}} = \frac{Q\vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3} \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

(2) 介质外 ($r > R_2$) 电势

$$U = \int_r^\infty \vec{E}_{\text{外}} \cdot d\vec{r} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

介质内 ($R_1 < r < R_2$) 电势

$$U = \int_r^\infty \vec{E}_{\text{内}} \cdot d\vec{r} + \int_r^\infty \vec{E}_{\text{外}} \cdot d\vec{r}$$

$$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R_2} \right) + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R_2}$$

$$= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \left(\frac{1}{r} + \frac{\epsilon_r - 1}{R_2} \right) \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

金属球的电势

$$U = \int_{R_1}^{R_2} \vec{E}_{\text{内}} \cdot d\vec{r} + \int_{R_2}^{\infty} \vec{E}_{\text{外}} \cdot d\vec{r}$$

$$= \int_{R_1}^{R_2} \frac{Qdr}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r r^2} + \int_{R_2}^{\infty} \frac{Qdr}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{\epsilon_r - 1}{R_2} \right) \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

五、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

一均匀带电长直圆柱体，电荷体密度为 ρ ，半径为 R ，绕其轴线匀速转动，角速度为 ω ，试求：

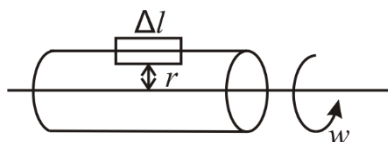
- (1) 若不考虑边缘效应，圆柱体外距轴线 r 处的磁感强度大小；
- (2) 若不考虑边缘效应，圆柱体内距轴线 r 处的磁感强度大小；
- (3) 两端面中心处的磁感强度大小。

参考答案：

(1) 通电密绕长直螺线管的磁场被限制在螺线管内，螺线管外的磁感应强度为 0。带电的长直圆柱体以角速度 ω 旋转时，等效为一个多层的同轴密绕螺线管。所以柱体外

$$B=0 \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

(2) 体内均匀带电的长直圆柱体以角速度 ω 旋转时，等效为一个多层的同轴密绕螺线管。



在管外， $r > R$ 处， $B=0$ 。在管内距轴线 r 处，作如图所示的积分回路，由安培环路定理得

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \Delta I \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

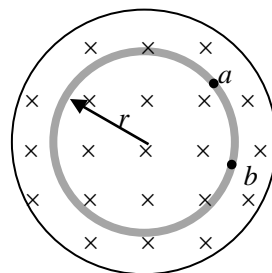
而 $\Delta I = \rho\pi(R^2 - r^2)\Delta l \frac{\omega}{2\pi}$, 代入得2 分

$$B = \frac{1}{2}\mu_0\omega\rho(R^2 - r^2) \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

(3) 端面中心处的磁感强度为中心轴线处的一半, 即 $B = \frac{1}{4}\mu_0\omega\rho R^2$ 3 分

六、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

如图所示，大圆内各点磁感应强度大小为 $0.5T$ ，方向垂直纸面向里，且每秒钟减小 $0.1T$ 。大圆内有一半径为 $r=0.1m$ 的同心导体圆环，求：



- (1) 圆环上任意一点感应电场的大小和方向；
- (2) 整个圆环上的感应电动势大小；
- (3) 设圆环是均匀的，其电阻为 R ，则圆环任意两点 a 、 b 间的电势差；
- (4) 若环的某处被切断，两端分开很小的一段距离时，两端的电势差。

参考答案：

- (1) 取顺时针方向作为回路的正方向，由感生电场的环路定理得：

$$\varepsilon_i = \oint_L \vec{E}_k \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\pi r^2 \frac{dB}{dt}$$

$$E_k \cdot 2\pi r = -\pi r^2 \frac{dB}{dt}$$

得圆上任一点感生电场大小为

$$E_k = 5 \times 10^{-3} V/m \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

感生电场的方向沿环的切线方向且指向顺时针一边。1 分

- (2) 整个圆环上的感应电动势大小为

$$\varepsilon_i = \oint_L \vec{E}_k \cdot d\vec{l} = 2\pi r E_k = 3.14 \times 10^{-3} V \quad \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

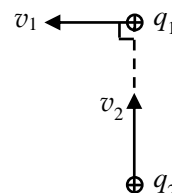
- (3) 设圆环上任意两点 a 、 b 间的弧长为 l_{ab} ，则其电势差为

$$V_a - V_b = \varepsilon_{ab} - IR_{ab} = E_k l_{ab} - \frac{\varepsilon_i}{R} R_{ab} = E_k l_{ab} - \frac{\varepsilon_i}{2\pi r} l_{ab} = 0 \quad \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

- (4) $V = \varepsilon_i = 3.14 \times 10^{-3} V$ 3 分

七、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

两个正电荷 q_1 、 q_2 ，当它们相距为 d 时，运动速度各为 v_1 和 v_2 ，如图所示，求：(1) q_1 在 q_2 处所产生的磁感应强度和作用于 q_2 上的电磁力；(2) q_2 在 q_1 处所产生的磁感应强度和作用于 q_1 上的电磁力。



参考答案:

解: (1) 速度为 v_1 的电荷 q_1 在 q_2 处产生的磁感强度方向与 $\vec{r}_1 \times \vec{r}_{12}$ 的指向相同, 垂直图面向外, 其大小为

$$B_{12} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_1 v_1}{d^2} \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

q_2 所受的洛伦兹力方向水平向右, 大小为

$$F_{m2} = \frac{\mu_0 q_1 q_2 v_1 v_2}{4\pi d^2} \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

q_2 处在 q_1 的电场中, 所受电场力方向垂直向下, 大小为

$$F_{e2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon_0 d^2} \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

如图所示, 作用于 q_2 的合力大小为

$$F_2 = \sqrt{F_{m2}^2 + F_{e2}^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi d^2} \sqrt{\mu_0^2 v_1^2 v_2^2 + \frac{1}{\epsilon_0^2}} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

与水平方向的夹角为

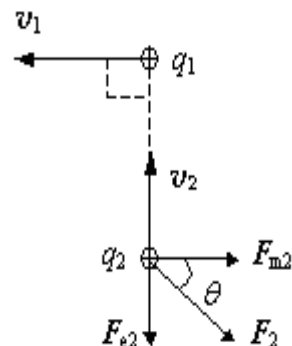
$$\theta = \arctan \frac{F_{e2}}{F_{m2}} = \arctan \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0 v_1 v_2} \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

(2) 由于电荷 q_2 的速度 v_2 与 q_2 到 q_1 的径矢 \vec{r}_{21} 方向相同, 电荷 q_2 在 q_1 处产生的磁感强度为

$$\vec{B}_{21} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q_2 \vec{v}_2 \times \vec{r}_{21}}{r_{21}^3} = 0 \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

$$q_1 \text{ 所受的洛伦兹力为 } \vec{F}_{m1} = q_1 (\vec{v}_1 \times \vec{B}_{21}) = 0 \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

q_1 处在 q_2 的电场中, 受到的电场力方向竖直向上, 大小为



$$F_{e1} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 d^2} \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

所以作用于 q_1 上的合力方向竖直向上, $\dots\dots\dots 1 \text{ 分}$

$$\text{大小为 } F_1 = F_{e1} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 d^2} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

A（上）A 卷（参考答案）

一、选择题

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

二、填空题

1. $\frac{Q\Delta S}{16\pi^2\epsilon_0 R^4}$

2. 0

3. $\frac{q}{4\pi\epsilon R}$

4. $\frac{C_2}{C_1}$

5. $-q$

6. 0

7. $\frac{\sqrt{3}}{4} l^2 IB$

8. 0

9. $\frac{IR}{\pi r^2}$

10. BLv