

北京交通大学考试试题(A卷)

课程名称: 大学物理(A) I

学年学期: 2024—2025 学年第 2 学期

课程编号: M108001B

开课学院: 物工学院

出题教师: 大物课程组

学院 _____

学号 _____

姓名 _____

注意事项:

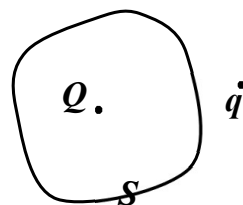
1. 本卷共四大题, 6 页。
2. 闭卷, 可使用计算器。
3. 答案写在答题卡上; 请在答题卡和本次卷上填写学号和姓名等信息。
4. 物理常量: 真空磁导率和真空介电常量(真空电容率) 分别用符号 μ_0 和 ε_0 表示。

一、单项选择题(36 分)

根据电磁学的相关知识, 判断第 1 至 4 题中的描述是否正确。若正确, 在答题卡中涂“A”; 错误, 涂“B”。

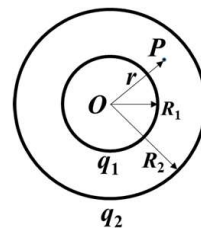
1. 静电场的电场强度沿任意闭合路径的环路积分一定为零。
2. 有电介质时的电场高斯定理表明电位移矢量仅与自由电荷的分布有关。
3. 磁场的磁感应强度对任意闭合曲面的通量一定为零。
4. 感生电场是有源场。
5. 如图所示, 作一个闭合曲面 S 包围点电荷 Q , 从无穷远处引入另一点电荷 q 至曲面 S 外一点, 则引入前后[]。

- A. 通过曲面 S 的电场强度通量不变, S 上各点电场强度变化
- B. 通过曲面 S 的电场强度通量不变, S 上各点电场强度不变
- C. 通过曲面 S 的电场强度通量变化, S 上各点电场强度变化
- D. 通过曲面 S 的电场强度通量变化, S 上各点电场强度不变



6. 如图所示, 两个同心的均匀带电球面, 半径为 R_1 的内球面的电荷量为 q_1 , 半径为 R_2 的外球面的电荷量为 q_2 , 则在两球面之间、距离球心 O 为 r 的 P 点处 ($OP=r$) 的电场强度大小 E 为[]。

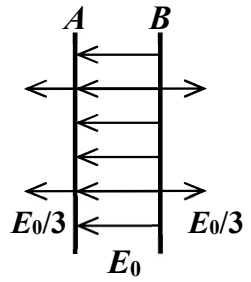
- A. $\frac{q_2 - q_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$
- B. $\frac{q_1 + q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$
- C. $\frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$
- D. $\frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$



7. 面积为 S 的空气平行板电容器的两极板上的电荷量分别为 $+q$ 和 $-q$ 。若忽略边缘效应, 则两极板间的相互作用力为[]。

- A. $\frac{q^2}{2\varepsilon_0 S^2}$
- B. $\frac{q^2}{\varepsilon_0 S^2}$
- C. $\frac{q^2}{\varepsilon_0 S}$
- D. $\frac{q^2}{2\varepsilon_0 S}$

8. 真空中两个平行的无限大均匀带电平面 A 和 B 的电荷面密度分别为 σ_A 和 σ_B 。若两平面间的电场强度大小为 E_0 ，两平面外侧的电场强度大小都为 $E_0/3$ ，电场方向如图所示，则 A 、 B 两平面的电荷面密度分别为 []。

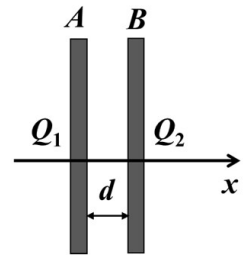


- A. $\sigma_A = -\frac{4}{3}\epsilon_0 E_0$; $\sigma_B = \frac{2}{3}\epsilon_0 E_0$ B. $\sigma_A = -\frac{2}{3}\epsilon_0 E_0$; $\sigma_B = \frac{4}{3}\epsilon_0 E_0$
 C. $\sigma_A = -\frac{4}{3}\epsilon_0 E_0$; $\sigma_B = -\frac{2}{3}\epsilon_0 E_0$ D. $\sigma_A = -\frac{2}{3}\epsilon_0 E_0$; $\sigma_B = -\frac{4}{3}\epsilon_0 E_0$

9. 一半径为 R 的非均匀带电绝缘实心球体的电荷体密度为 $\rho = \rho_0 r$ (r 为离球心 O 的距离, ρ_0 为常量)。设无穷远处为电势零点, 若球外 P 点和球心 O 点的距离为 a ($a > R$), 则 P 点的电势为 []。

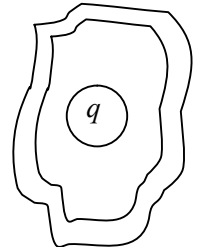
- A. $\frac{\rho_0 R^4}{2\epsilon_0 a}$ B. $\frac{\rho_0 R^5}{2\pi\epsilon_0 a^2}$ C. $\frac{\rho_0 R^4}{4\epsilon_0 a}$ D. $\frac{\rho_0 R^5}{4\pi\epsilon_0 a^2}$

10. 如图所示, A 、 B 为靠得很近的两块平行的金属大平板, 两板的面积均为 S , 板间的距离为 d 。 A 板的电荷量为 Q_1 , B 板的电荷量为 Q_2 。若忽略边缘效应, 则板 AB 间的电场强度 $\vec{E}$ 为 []。



- A. $\frac{Q_1 + Q_2}{4\epsilon_0 S} \vec{i}$ B. $\frac{Q_1 - Q_2}{4\epsilon_0 S} \vec{i}$ C. $\frac{Q_1 + Q_2}{2\epsilon_0 S} \vec{i}$ D. $\frac{Q_1 - Q_2}{2\epsilon_0 S} \vec{i}$

11. 如图所示, 电荷量为 q 的导体球置于一任意形状的空腔导体中, 全空间静电场的能量为 W_1 。当用导线将两者连接后, 静电场的能量为 W_2 , 则有 []。



- A. $W_1 > W_2$ B. $W_1 < W_2$ C. $W_1 = W_2$

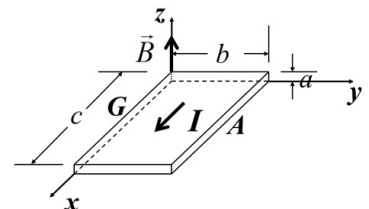
12. 一空气平行板电容器充电后与电源断开。当用绝缘手柄将电容器两极板间距离拉大时, 则两极板间的电势差 ΔU 、电场强度大小 E 和电场能量 W []。

- A. ΔU 减小, E 减小, W 减小 B. ΔU 增大, E 增大, W 增大
 C. ΔU 增大, E 不变, W 增大 D. ΔU 减小, E 不变, W 不变

13. 一空气平行板电容器接通电源充电后电容器储存的静电能为 W_0 。在保持电源接通的条件下, 在两极板间充满相对介电常量为 ϵ_r 的各向同性均匀电介质, 则此时该电容器储存的静电能为 []。

- A. W_0 / ϵ_r B. $\epsilon_r W_0$ C. W_0 D. $\epsilon_0 \epsilon_r W_0$

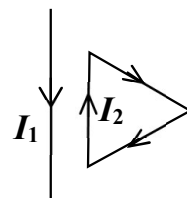
14. 如图所示, 有一块半导体样品。沿 x 轴正方向通有电流 I , 在 z 轴正方向上加有均匀磁场 $\vec{B}$ 。若此半导体中的载流子为电子, 则此半导体在 y 轴方向上哪端的电势高? []



- A. A 端 B. G 端

15. 长直载流导线与等边三角形载流线圈在同一平面内，两者的电流方向如图所示。若长直导线固定不动，则此时载流三角形线圈将[]。

- A. 向着长直导线平移 B. 转动
C. 离开长直导线平移 D. 不动



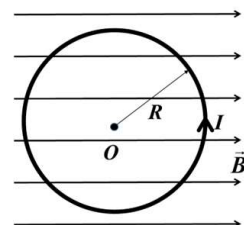
半径为 R 的圆形闭合线圈通有恒定电流 I ，放在均匀外磁场中。磁场方向与线圈平面平行且向右。若线圈中的电流方向如图所示，请回答第 16 和 17 题。

16. 该线圈的磁矩方向为[]。

- A. 垂直纸面向外 B. 垂直纸面向里
C. 在纸面内向上 D. 在纸面内向下

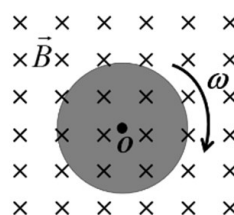
17. 该线圈所受的磁力矩方向为[]。

- A. 垂直纸面向外 B. 垂直纸面向里 C. 在纸面内向上 D. 在纸面内向下



18. 如图所示，圆铜盘水平放置在均匀磁场中，磁感应强度 $\vec{B}$ 的方向垂直盘面向下。当铜盘绕通过其中心 O 垂直于盘面的轴沿图示方向匀角速度转动时，则[]。

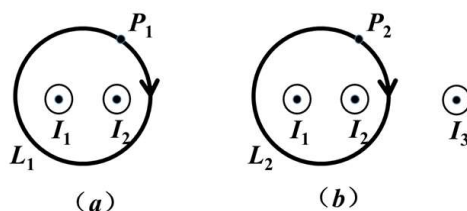
- A. 铜盘边缘处电势最高 B. 铜盘中心处电势最高



19. 关于恒定电流磁场的磁场强度 $\vec{H}$ ，下列说法正确的是[]。

- A. 磁场强度 $\vec{H}$ 仅与传导电流有关
B. 若闭合曲线内没有包围传导电流，则曲线上各点的磁场强度 $\vec{H}$ 必为零
C. 若闭合曲线上各点磁场强度 $\vec{H}$ 均为零，则该曲线所包围传导电流的代数和为零
D. 通过以闭合曲线 L 为边界的任意曲面的磁场强度 $\vec{H}$ 通量均相等

20. 在图 (a) 和 (b) 中各有一半径相同的圆形回路 L_1 和 L_2 ，圆周内有电流 I_1 、 I_2 ，其分布相同，且均在真空中，但在图 (b) 中 L_2 回路外有电流 I_3 。 P_1 、 P_2 分别为两圆形回路上的一点，则 P_1 和 P_2 处的磁场有[]。

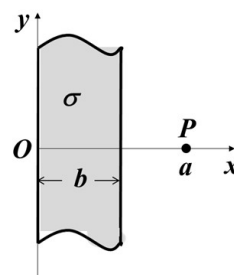


- A. $\vec{B}_{P_1} = \vec{B}_{P_2}$ B. $\vec{B}_{P_1} \neq \vec{B}_{P_2}$

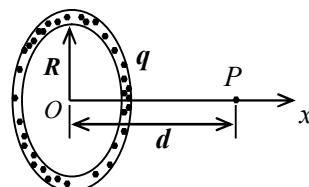
请把选择题答案填涂到答题卡上，注意题号的顺序

二、填空题 (34 分)

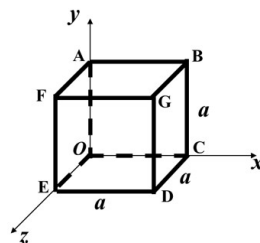
1. (2 分) 如图所示，宽度为 b 的无限长均匀带电薄板的电荷面密度为 σ 。若 P 点与薄板共面，与薄板左侧的距离为 a (即 O 点与 P 点的距离为 a)，则 P 点处的电场强度大小 E 为_____。



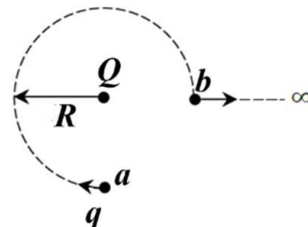
2. (3 分) 如图所示，一半径为 R 的细圆环，其上无规则地分布着电荷，总电荷量为 q 。设无穷远处的电势为零，则圆环轴线上距圆心 O 为 d 的 P 点处的电势 $U_P =$ _____。



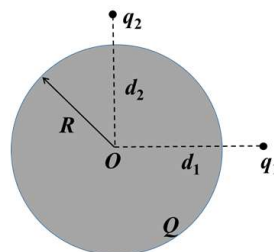
3. (3分) 如图所示, 边长为 a 的立方体的右表面平行于 Oyz 平面, 立方体的一个顶点为坐标原点 O 。某电场的场强为 $\vec{E} = (E_1 + kx)\vec{i} + E_2\vec{j}$ (SI), 其中, k 、 E_1 和 E_2 为常数, 则 1) 通过立方体上表面的电通量 $\Phi_{ABGF} =$ _____ (SI); 2) 通过立方体右表面的电通量 $\Phi_{BCDG} =$ _____ (SI); 3) 通过整个立方体表面的电通量 $\Phi_{\text{总}} =$ _____ (SI)。



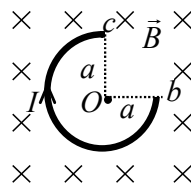
4. (3分) 如图所示, 电荷量为 q 的检验电荷在电荷量为 Q 的静止点电荷的电场中运动。当检验电荷 q 沿着以点电荷 Q 为圆心、半径为 R 的四分之三圆弧轨道由 a 点移动到 b 点的过程中, 作用在检验电荷 q 上的电场力做功为 _____; 将检验电荷 q 从 b 点再移动到无穷远处的过程中, 电场力做功为 _____。



5. (3分) 如图所示, 有一半径为 R 、电荷量为 Q 的导体球, 在与球心 O 点相距 d_1 处放置一电荷量为 q_1 的点电荷。若在距球心 O 点距离为 d_2 处再放置点电荷 q_2 , 则当点电荷 q_2 的电荷量为 _____ 时, 可使导体球的电势为零。(以无穷远处为电势零点)



6. (2分) 如图所示, 在真空中有一半径为 a 的 $3/4$ 圆弧形的导线, 通以恒定电流 I , 导线置于均匀外磁场 (磁感应强度大小为 B) 中, 磁场方向与导线所在平面垂直, 则该载流导线所受的磁场力大小为 _____。

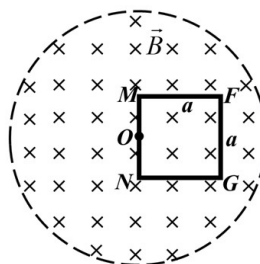


7. (2分) 有两无限大平行载流平面, 其面电流密度 (在垂直于电流流向的方向上单位长度上的电流值) 均为 j , 电流流向相反, 则两载流平面之间区域内的磁感应强度大小为 _____。

8. (2分) 两密绕长直螺线管, 长度及线圈匝数相同, 横截面为圆形, 它们的半径分别为 r_1 和 r_2 , 管内充满均匀磁介质, 其磁导率分别为 μ_1 和 μ_2 , 其中, $r_1:r_2 = 1:2$, $\mu_1:\mu_2 = 2:1$ 。若忽略边缘效应, 则它们的自感系数之比 $L_1:L_2$ 为 _____。

9. (2分) 自感系数 $L=0.4\text{ H}$ 的长直螺线管中通以 $I=5\text{ A}$ 的电流时, 螺线管存储的磁场能量 $W_m =$ _____ J。

10. (6分) 均匀磁场充满在截面半径为 b 的圆柱形体积内, 磁感应强度方向垂直纸面向里, 且磁感应强度大小随时间的变化率 dB/dt 为大于零的常量 ($dB/dt = K$), O 点在磁场的中心, 一个边长为 a 的正方形导体回路如图放置, MN 边沿圆柱直径方向。 O 点也是 MN 边的中点。



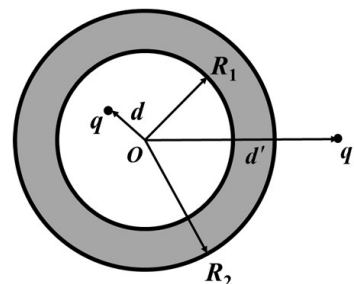
1) M 点处的感生电场强度大小 $E_M =$ _____;

2) MN 边的感生电动势大小 $\mathcal{E}_{MN} =$ _____;

3) FG 边的感生电动势大小 $\mathcal{E}_{FG} =$ _____;

4) 若整个导体回路的电阻值为 R , 则 MN 边内的电流值 $I =$ _____。

11. (6分) 如图所示, 一个内径为 R_1 、外径为 R_2 的金属球壳的电荷量为 Q 。在球壳空腔内离球心 O 的距离为 d ($d < R_1$) 处固定一电荷量为 q 的点电荷, 在球壳外离球心 O 的距离为 d' ($d' > R_2$) 处固定一电荷量为 q' 的点电荷。

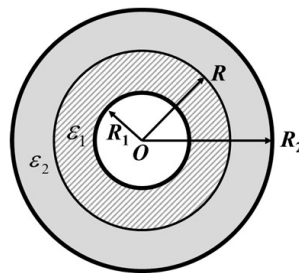


- 1) 金属球壳内表面的电荷量 $Q_{\text{内}} =$ _____;
- 2) 金属球壳外表面的电荷量 $Q_{\text{外}} =$ _____;
- 3) 若定义无穷远处为电势零点, 则球心 O 点处的电势 $U_O =$ _____;
- 4) 如果将金属球壳接地, 那么金属球壳外表面的电荷量会变为零吗? _____ (填“会”或“不会”)

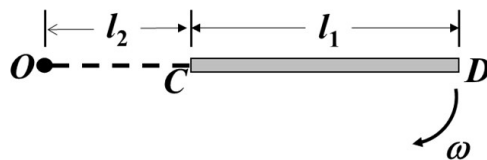
三、计算题 (30分)

1. (8分) 如图所示, 一圆柱形电容器由两个同轴导体薄圆筒组成, 内筒半径为 R_1 , 外筒半径为 R_2 , 筒长为 L , 中间充满两层同轴圆筒形的各向同性均匀电介质, 内、外层电介质的介电常量分别为 ε_1 和 ε_2 , 分界面半径为 R 。忽略边缘效应, 若沿轴线方向单位长度上内导体圆筒的电荷量为 λ ($\lambda > 0$), 外导体圆筒电荷量为 $-\lambda$ 时, 设 r 为到轴线的垂直距离, 求:

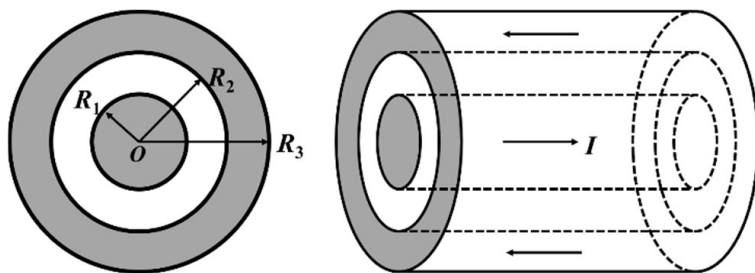
- 1) 电介质中任一点的电位移矢量大小 D ($R_1 < r < R_2$);
- 2) 内层电介质中任一点的电场强度大小 E_1 ($R_1 < r < R$);
- 3) 外层电介质中任一点的电场强度大小 E_2 ($R < r < R_2$);
- 4) 两导体圆筒之间的电势差 ΔU 。



2. (4分) 如图所示, 一长度为 l_1 的均匀带电细棒 CD 的电荷线密度为 λ 。细棒绕垂直于棒的轴 O 以恒定的角速度 ω 转动。在旋转过程中, 轴 O 与棒的端点 C 的距离保持 l_2 不变 (O 点在 DC 的延长线上), 求 O 点处的磁感应强度大小 B 。

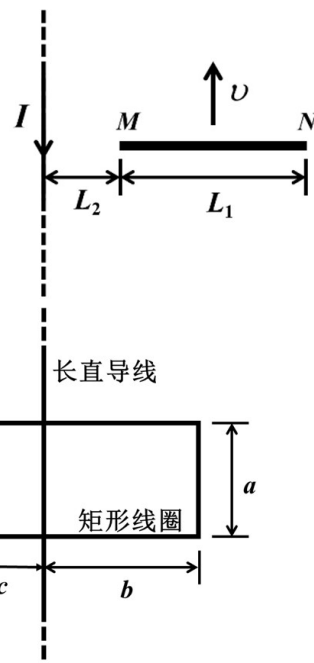


3. (7分) 如图所示, 一同轴电缆由半径为 R_1 的圆柱形长直实心导线和套在它外面的内外半径分别为 R_2 和 R_3 同轴导体圆筒构成。长直导线和导体圆筒之间充有磁导率为 μ 的各向同性的均匀磁介质, 长直导线和导体圆筒的磁导率都为 μ' 。长直导线和导体圆筒中的电流均为 I , 方向相反, 且电流均匀分布在它们的横截面上。设 r 为到轴线的垂直距离, 求:



- 1) 长直导线中 ($r < R_1$) 磁场强度大小 H ;
- 2) 磁介质中 ($R_1 < r < R_2$) 磁场强度大小 H 和磁感应强度大小 B ;
- 3) 磁介质中 ($R_1 < r < R_2$) 磁能密度 w_m ;
- 4) 电缆沿轴向方向单位长度上磁介质 ($R_1 < r < R_2$) 中所存储的磁能 W_m 。

4. (4分) 如图所示, 长度为 L_1 的细金属棒 MN 与通有恒定电流 I 的无限长直导线共面且两者相互垂直, 棒的左端 M 点到长直导线的距离为 L_2 。当金属棒以速率 v 沿与电流流向相反的方向匀速运动时, 求金属棒中的动生电动势大小。

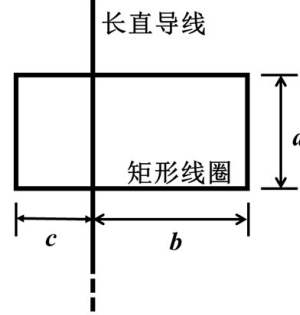


5. (7分) 如图所示, 长直导线与矩形线圈共面, 两者互相绝缘。线圈的短边与直导线平行, 线圈的尺寸及位置如图所示, 尺寸 $b > c$ 。

1) 若长直导线通有电流 I , 求长直导线的磁场通过线圈所围面积的磁通量;

2) 求长直导线和矩形线圈间的互感系数 M ;

3) 若矩形线圈通有电流 $I' = I_0 e^{-5t}$ (I_0 为常量, t 为时间), 求长直导线中互感电动势大小 ε_M 。



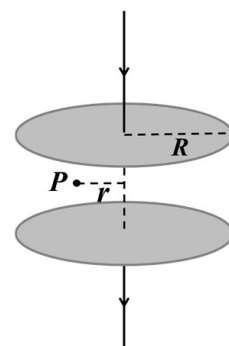
四、附加题 (20 分)

1. (3分) 举出涡电流实际应用的一个例子。

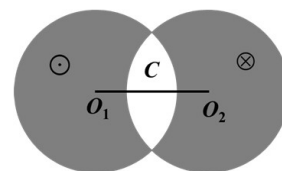
2. (3分) 简要写出你对麦克斯韦提出的“位移电流”假说的理解。

3. (4分) 请描述在物理演示实验课或大物课上所观察到的电磁学方面的一个演示实验现象, 并分析形成此现象的物理原因。

4. (4分) 如图所示, 半径为 R 的圆形平行板空气电容器在充电过程中板间的电场强度大小的变化率 dE/dt 为常量 ($dE/dt = K$)。若忽略边缘效应, 设空气的介电常量为 ε_0 , 求两极板间离轴线垂直距离为 r ($r < R$) 的 P 点处磁场强度大小 H 。(写出计算过程)



5. (3分) 两彼此绝缘的无限长且具有缺口的圆柱形导线的横截面如图中阴影部分所示。它们的半径均为 R , 两导线轴线的距离 $O_1O_2 = 1.6R$ 。沿轴向通有电流, 电流均匀分布在横截面上。它们的电流密度大小均为 J , 但方向相反。在它们所包围的缺口空间 C 中的磁感应强度大小 $B = \underline{\hspace{2cm}}$ 。(导线的磁导率为 μ_0)



6. (3分) 实验中可用线圈测量磁感应强度。设有一平面线圈, 线圈所围面积 $S = 4.0 \text{ cm}^2$ 、匝数 $N = 160$ 匝、电阻 $R = 50 \Omega$ 。线圈与一内阻 $R_1 = 30 \Omega$ 的冲击电流计相连。若开始时, 线圈平面与均匀磁场的磁感应强度 $\vec{B}$ 垂直, 然后线圈平面很快地转到与 $\vec{B}$ 平行的方向。若从冲击电流计中测得此过程流过线圈的电荷量为 $q = 4.0 \times 10^{-5} \text{ C}$, 则此均匀磁场的磁感应强度 B 的值为 $\underline{\hspace{2cm}} \text{ T}$ 。

请把填空题、计算题和附加题的答案写在答题卡对应题号的方框区内。

2024-2025 学年第 2 学期

《大学物理 (A) I》期末试卷 (A) 卷参考答案

一、单项选择题

1. A (1 分) 2. B (1 分) 3. A (1 分) 4. B (1 分) 5. A (2 分)
6. C (2 分) 7. D (2 分) 8. B (2 分) 9. C (2 分) 10. D (2 分)
11. A (2 分) 12. C (2 分) 13. B (2 分) 14. A (2 分) 15. C (2 分)
16. A (2 分) 17. C (2 分) 18. A (2 分) 19. C (2 分) 20. B (2 分)

二、填空题 (34 分)

1. $\frac{\sigma}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{a}{a-b}\right)$ 或 $\frac{\sigma}{2\pi\epsilon_0} [\ln a - \ln(a-b)]$ (2 分)

2. $\frac{q}{4\pi\epsilon_0\sqrt{d^2+R^2}}$ 或 $\frac{kq}{\sqrt{d^2+R^2}}$ (3 分)

3. $E_2 a^2$ (1 分); $(E_1 + ka)a^2$ (1 分); ka^3 (1 分)

4. 0 (1 分); $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R}$ 或 $\frac{kqQ}{R}$ (2 分)

5. $-d_2\left(\frac{Q}{R} + \frac{q_1}{d_1}\right)$ 或 $-d_2 \frac{Qd_1 + q_1 R}{Rd_1}$ (3 分)

6. $\sqrt{2}aIB$ (2 分)

7. $\mu_0 j$ (2 分)

8. 1:2 (2 分)

9. 5 (2 分)

10.

1) $\frac{a}{4}K$ (1 分)

2) 0 (1 分)

3) $\frac{1}{2}Ka^2$ (2 分)

4) $\frac{Ka^2}{R}$ (2 分)

11.

1) $-q$ (2分)

2) $Q+q$ (2分)

3) $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 d} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_1} + \frac{q+Q}{4\pi\epsilon_0 R_2} + \frac{q'}{4\pi\epsilon_0 d'}$ (1分)

4) 不会 (1分)

三、计算题 (30 分)

1. (8 分)

1) 有电介质时电场的高斯定理 $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum q_{oi}$, 有 $2\pi r h D = \lambda h$

得出: 电介质中的电位移矢量大小为

$$D = \frac{\lambda}{2\pi r} \quad (R_1 < r < R_2) \quad (3 \text{ 分})$$

2) 内层电介质中任一点的电场强度大小

$$E_1 = \frac{D}{\epsilon_1} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_1 r} \quad (R_1 < r < R) \quad (1 \text{ 分})$$

3) 外层电介质中任一点的电场强度大小

$$E_2 = \frac{D}{\epsilon_2} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_2 r} \quad (R < r < R_2) \quad (1 \text{ 分})$$

4) 两导体圆筒之间的电势差 ΔU

$$\Delta U = \int_{R_1}^{R_2} E dr = \int_{R_1}^R \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_1 r} dr + \int_R^{R_2} \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_2 r} dr \quad (2 \text{ 分})$$

$$= \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_1} \ln\left(\frac{R}{R_1}\right) + \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_2} \ln\left(\frac{R_2}{R}\right) \quad (1 \text{ 分})$$

2. (4 分)

取如图所示的微元, 此微元的电荷量 $dq = \lambda dr$ (1分)

形成的等效圆电流 $dI = \frac{\omega}{2\pi} dq = \frac{\omega}{2\pi} \lambda dr$ (1分)

等效圆电流在 O 点处产生的磁感应强度大小 $dB = \frac{\mu_0 dI}{2r}$ (1分)

$$= \frac{\mu_0 \omega}{4\pi r} \lambda dr, \text{ 方向垂直纸面向里}$$

O 点处的磁感应强度大小

$$B = \int_{l_2}^{l_1+l_2} dB = \int_{l_2}^{l_1+l_2} \frac{\mu_0 \omega}{4\pi r} \lambda dr = \frac{\mu_0 \lambda \omega}{4\pi} \ln\left(\frac{l_1+l_2}{l_2}\right) \quad (1 \text{ 分})$$

或

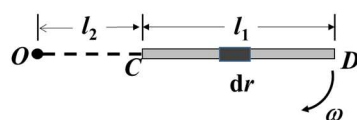
取如图所示的微元, 此微元的电荷量 $dq = \lambda dr$ (1分)

利用运动点电荷的磁场公式: $d\vec{B} = \frac{\mu_0 dq \vec{v} \times \vec{e}_r}{4\pi r^2}$ (1分)

此微元在 O 点处产生的磁感应强度大小 $dB = \frac{\mu_0 \omega r dq}{4\pi r^2} = \frac{\mu_0 \omega r \lambda}{4\pi r^2} dr = \frac{\mu_0 \omega \lambda}{4\pi r} dr$ (1分) 方向垂直纸面向里

O 点处的磁感应强度大小

$$B = \int_{l_2}^{l_1+l_2} dB = \int_{l_2}^{l_1+l_2} \frac{\mu_0 \omega \lambda}{4\pi r} dr = \frac{\mu_0 \lambda \omega}{4\pi} \ln\left(\frac{l_1+l_2}{l_2}\right) \quad (1 \text{ 分})$$



3. (7 分)

1) 有磁介质的恒定磁场的安培环路定理 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_{(l)} I_c$ $H = \frac{1}{2\pi r} \sum_{(l)} I_c$

长直导线中 ($r < R_1$)

$$H = \frac{I}{2\pi r} \frac{r^2}{R_1^2} = \frac{Ir}{2\pi R_1^2} \quad (2 \text{ 分})$$

2) 磁介质中 ($R_1 < r < R_2$):

$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad (1 \text{ 分})$$

$$B = \mu H = \frac{\mu I}{2\pi r} \quad (1 \text{ 分})$$

3) $w_m = \frac{1}{2} BH = \frac{1}{2} \mu H^2 = \frac{B^2}{2\mu} \quad (1 \text{ 分})$

$$w_m = \frac{\mu I^2}{8\pi^2 r^2}$$

4) 电缆沿轴向方向单位长度上磁介质 ($R_1 < r < R_2$) 中所存储的磁能 W_m

$$W_m = \int_V w_m dV = \int_{R_1}^{R_2} 2\pi r w_m dr = \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{2} \mu \left(\frac{I}{2\pi r} \right)^2 2\pi r dr = \frac{\mu I^2}{4\pi} \ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \quad (2 \text{ 分})$$

4. (4 分)

通有恒定电流 I 的无限长直导线的磁场

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}$$

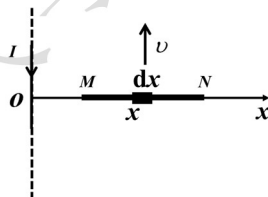
(1 分)

取如图所示的微元, 此微元的动生电动势

$$d\mathcal{E} = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = v B dx = \frac{\mu_0 v I}{2\pi x} dx$$

棒中的动生电动势为

$$\mathcal{E} = \int_{L_2}^{L_1+L_2} d\mathcal{E} = \int_{L_2}^{L_1+L_2} \frac{\mu_0 v I}{2\pi x} dx = \frac{\mu_0 v I}{2\pi} \ln \left(\frac{L_1 + L_2}{L_2} \right) \quad (1 \text{ 分})$$



5. (7分)

1) 长直导线通有电流 I , 产生的磁场的磁感应强度大小为

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (1 \text{ 分})$$

穿过矩形线圈的磁通量为

$$\phi = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_c^b \frac{\mu_0 I}{2\pi r} a dr = \frac{\mu_0 I a}{2\pi} \ln \left(\frac{b}{c} \right) \quad (2 \text{ 分})$$

2) 长直导线与矩形线框间的互感系数

$$M = \frac{\phi}{I} = \frac{\mu_0 a}{2\pi} \ln \left(\frac{b}{c} \right) \quad (\text{公式 } 2 \text{ 分})$$

3) 长直导线中互感电动势大小

$$\mathcal{E}_M = -M \frac{dI'}{dt} = \frac{5\mu_0 a}{2\pi} \ln \left(\frac{b}{c} \right) I_0 e^{-5t} \quad (2 \text{ 分})$$

四、 附加题（20 分）

1. （3 分）

实际应用：高频感应电炉，家用电磁炉，汽车所用的涡流缓速器，金属探测器等等

1) 热效应： 高频感应电炉，家用电磁炉

2) 电磁阻尼：汽车所用的涡流缓速器；电流计等装置中常利用电磁阻尼来减小电表指针的摆动，使它迅速停到平衡位置上。

3) 金属探测器

2. （3 分）

位移电流假说的实质就是变化的电场激发磁场。位移电流和传导电流在激发磁场方面是等效。

3. （4 分）

演示实验现象描述（2 分）

物理原因解释（2 分）

4. （4 分）

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_s \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

$$2\pi r H = \frac{dD}{dt} \pi r^2 = \epsilon_0 \frac{dE}{dt} \pi r^2 = \epsilon_0 K \pi r^2$$

$$H = \frac{\epsilon_0 r}{2} K \quad \text{或} \quad H = \frac{\epsilon_0 r}{2} \frac{dE}{dt}$$

5. $0.8\mu_0 RJ$ （3 分）

6. 0.05（3分）

2023-2024 学年《大学物理 (A) I》第 2 学期考试试题 (A 卷)

注意事项:

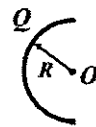
1. 本卷共四大题, 6 页。
2. 闭卷, 可使用计算器。
3. 答案写在答题卡上; 请在答题卡和本题卷上填写学号和姓名等信息。
4. 物理常量: 真空磁导率和真空介电常量 (真空电容率) 分别用符号 μ_0 和 ϵ_0 表示。

一、单项选择题 (39 分)

根据电磁学的相关知识, 判断第 1 至 5 题中的描述是否正确。若正确, 在答题卡中涂“A”; 错误, 涂“B”。

1. 若电位移矢量对某闭合曲面的通量为零, 则该曲面内一定没有自由电荷。
2. 若某闭合曲面内没有自由电荷, 则该曲面上各点的电位移矢量必然为零。
3. 若某闭合曲面内自由电荷的代数和为零, 则电位移矢量对该曲面的通量一定为零。
4. 有电介质时的电场高斯定理表明电位移矢量仅与自由电荷的分布有关。
5. 磁场的磁感应强度对任意闭合曲面的通量一定为零。
6. 感生电场是[]。
7. 静电场的电场强度沿任意闭合路径的环路积分[]。
8. 如图所示, 真空中有一半径为 R 的均匀带电半圆环, 电荷量为 Q 。将一电荷量为 q 的检验电荷从圆心 O 移至无穷远处, 电场力做功为[]。

- A. $\frac{qQ}{8\pi\epsilon_0 R}$ B. $-\frac{qQ}{8\pi\epsilon_0 R}$
C. $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R}$ D. $-\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R}$

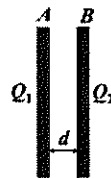


9. 半径为 R 的均匀带电球面, 若其电荷面密度为 σ , 则在距离球心 $2R$ 处的电场强度大小为[]。

- A. $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ B. $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ C. $\frac{\sigma}{4\epsilon_0}$ D. $\frac{\sigma}{8\epsilon_0}$

10. 如图所示, A 、 B 为靠得很近的两块平行的金属平板, 两板的面积均为 S , 板间的距离为 d 。 A 板的电荷量为 Q_1 , B 板的电荷量为 Q_2 。若忽略边缘效应, 则板 AB 间的电势差 U_{AB} 为[]。

- A. $\frac{Q_1+Q_2}{4\epsilon_0 S} d$ B. $\frac{Q_1-Q_2}{4\epsilon_0 S} d$
C. $\frac{Q_1+Q_2}{2\epsilon_0 S} d$ D. $\frac{Q_1-Q_2}{2\epsilon_0 S} d$



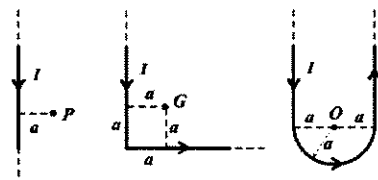
一平行板电容器充电后断开电源, 随后将各向同性均匀电介质充满在电容器两极板间。若插入电介质前两极板间电位移矢量大小为 D , 电容器储存的静电能为 W ; 插入电介质后, 两极板间电位移矢量大小为 D' , 电容器储存的静电能为 W' , 请回答第 11 和 12 题。

11. 比较 D 和 D' 的大小[]。
12. 比较 W 和 W' 的大小[]。

- A. $D > D'$ B. $D < D'$ C. $D = D'$
A. $W > W'$ B. $W < W'$ C. $W = W'$

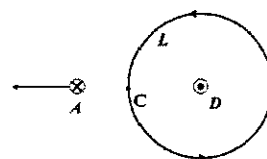
13. 通有电流 I 的无限长导线有如图所示的三种形状, 则 P 、 G 和 O 点处的磁感应强度大小 B_P 、 B_G 和 B_O 的关系为[]。

- A. $B_O > B_G = B_P$ B. $B_G > B_P > B_O$
C. $B_G > B_O > B_P$ D. $B_O > B_G > B_P$



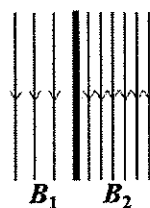
14. 如图所示, 两无限长平行放置的直导线 A 、 D 分别载有恒定电流 I_1 和 I_2 , 电流方向相反。 L 为绕导线 D 的闭合回路, B_C 为闭合回路 L 上 C 点的磁感应强度大小。当导线 A 平行于导线 D 向左运动时, 则 B_C 和磁感应强度对回路 L 的积分 $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l}$, 有[]。

- A. B_C 减小, $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l}$ 减小 B. B_C 增大, $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l}$ 不变
C. B_C 增大, $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l}$ 减小 D. B_C 减小, $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l}$ 不变



15. 将一均匀载流无限大平面放入一均匀磁场中, 电流方向与该磁场方向垂直。若载流平面两侧的磁场的磁感应强度大小分别为 B_1 和 B_2 , 方向如图, 则该载流平面的面电流密度 j 为[]。

- A. $\frac{B_2 - B_1}{\mu_0}$ B. $\frac{B_2 + B_1}{2\mu_0}$ C. $\frac{B_2 - B_1}{\mu_0}$ D. $\frac{B_2 + B_1}{2\mu_0}$



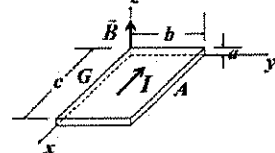
一块半导体样品的体积为 $a \times b \times c$, 如图所示, 沿 x 轴负方向通有电流 I , 在 z 轴正方向上加有均匀磁场 $\vec{B}$ 。若此半导体中的载流子为电子, 请回答第 16 和 17 题。

16. 载流子所受洛伦兹力方向为[]。

- A. y 轴正方向 B. y 轴负方向

17. 此半导体 y 轴方向上哪端的电势高? []

- A. A端 B. G端



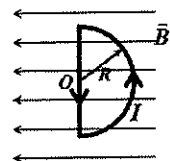
半径为 R 的半圆形闭合线圈通有恒定电流 I , 放在均匀外磁场(磁感应强度大小为 B)中。磁场方向与线圈平面平行且向左。若线圈中的电流方向如图所示, 请回答第 18 和 19 题。

18. 该线圈的磁矩方向为[]。

- A. 垂直纸面向外 B. 垂直纸面向里 C. 在纸面内向上 D. 在纸面内向下

19. 该线圈所受的磁力矩方向为[]。

- A. 垂直纸面向外 B. 垂直纸面向里 C. 在纸面内向上 D. 在纸面内向下

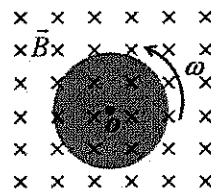


20. 如图所示, 圆铜盘水平放置在均匀磁场中, 磁感应强度 $\vec{B}$ 的方向垂直盘面向下。当铜盘绕通过其中心 O 垂直于盘面的轴沿图示方向匀角速度转动时, 则[]。

- A. 铜盘边缘处电势最高 B. 铜盘中心处电势最高

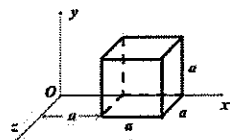
21. 将带正电荷的导体 M 置于中性导体 N 附近, 两者表面的电荷都将重新分布。假设附近没有其它带电体了, 是否可能出现如图所示的情况, 即每个导体表面都既有正电荷又有负电荷? []

- A. 一定不会出现 B. 有可能出现

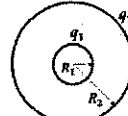


二、填空题 (22 分)

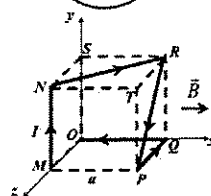
1. (2 分) 如图所示, 一立方体的边长为 a , 立方体左侧面与 yOz 平面平行, 距离为 a 。某静电场的场强为 $\vec{E} = b\sqrt{x}\vec{i}$ (SI), (其中, b 为常数), 则通过此立方体表面的电通量为_____ (SI)。



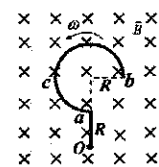
2. (3 分) 两同心薄金属球壳, 半径分别为 R_1 和 R_2 ($R_2 > R_1$), 电荷量分别为 q_1 和 q_2 。用导线将两个球壳相连后, 则此时两球壳的电势值为_____。(选无穷远处为电势零点)



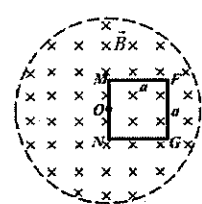
3. (3 分) 如图所示, 一均匀磁场, 其磁感应强度大小为 B , 方向沿 x 轴正方向。 $MPQONTRS$ 是边长为 a 的立方体的八个顶点。一载流导线 $MNRPQO$ 折成如图所示的形状, 导线中的电流大小为 I , 方向如图。载流导线 $MNRPQO$ 所受的安培力大小为_____。



4. (3 分) 如图所示, 一导线被弯成半径为 R 的 $3/4$ 圆弧 acb 和沿径向长为 R 的线段 Oa 。空间有一均匀磁场, 其磁感应强度大小为 B , 方向垂直于导线所在的平面向里。当导线 $Oacb$ 在平面内绕 O 点以角速度 ω 逆时针旋转时, 导线 $Oacb$ 中的动生电动势大小为_____。



5. (6 分) 均匀磁场充满在截面半径为 R 的圆柱形体积内, 磁感应强度方向垂直纸面向里, 且磁感应强度大小随时间的变化率 dB/dt 为大于零的常量($\frac{dB}{dt} = K$), O 点在磁场的中心, 一个边长为 a 的正方形导体回路如图放置, MN 边沿圆柱直径方向。 O 点也是 MN 边的中点。



1) 比较 M 点和 F 点处感生电场强度的大小: E_M _____ E_F (填“>”、“<”或“=”);

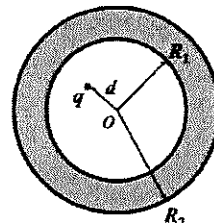
2) MN 边的感生电动势大小 $\varepsilon_{MN} =$ _____;

- 3) MF 边的感生电动势大小 $\varepsilon_{MF} =$ _____;
- 4) 比较 M 点和 N 点的电势值: U_M _____ U_N (填“>”、“<”或“=”).
6. (3 分) 一密绕长直螺线管的长度为 l 、线圈匝数为 N 、横截面积为 S , 其内部充满磁导率为 μ 的均匀磁介质。若忽略边缘效应, 则该螺线管的自感系数 $L =$ _____。
7. (2 分) 自感系数 $L = 0.2\text{H}$ 的长直螺线管中通以 $I = 10\text{A}$ 的电流时, 螺线管存储的磁场能量 $W_m =$ _____ J。

三、计算题 (39 分)

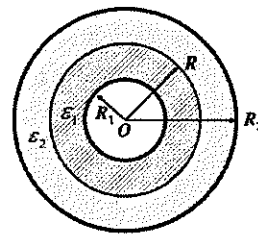
1. (5 分) 如图所示, 一个内径为 R_1 、外径为 R_2 的金属球壳, 带有的电荷量为 Q , 在球壳空腔内离球心 O 的距离为 d ($d < R_1$) 处固定一电荷量为 q 的点电荷。求:

- 1) 球壳内表面上的电荷量 $Q_{\text{内}}$;
- 2) 球壳外表面上的电荷量 $Q_{\text{外}}$;
- 3) 若定义无穷远处为电势零点, 则球心 O 点处的电势 U_O 。



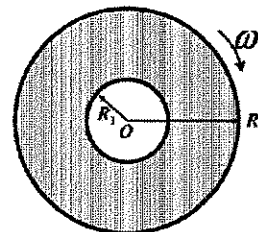
2. (8 分) 如图所示, 两个同心薄金属球壳, 半径分别为 R_1 和 R_2 。球壳间充满两层同心的球壳形各向同性均匀电介质, 内、外层电介质的介电常量分别为 ε_1 和 ε_2 , 两层电介质分界面半径为 R 。内球壳的电荷量为 Q , 外球壳接地。设 r 为到球心 O 的距离, 求:

- 1) 电介质中任一点的电位移矢量大小 D ($R_1 < r < R_2$);
- 2) 内层电介质中任一点的电场强度大小 E_1 ($R_1 < r < R$);
- 3) 外层电介质中任一点的电场强度大小 E_2 ($R < r < R_2$);
- 4) 两金属球壳间的电势差 ΔU 。



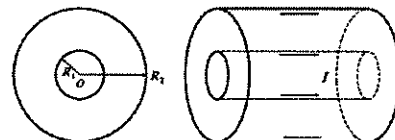
3. (4 分) 如图所示, 一内外半径分别为 R_1 和 R_2 的均匀带电平面圆环, 电荷面密度为 σ 。圆环绕通过环心 O 点且垂直于环面的中心轴以恒定角速度 ω 作定轴转动。用微元法求环心 O 点处的磁感应强度大小, 求:

- 1) 所选取的微元的面积 dS ;
- 2) 所选取的微元的磁场在环心 O 点处的磁感应强度大小 dB ;
- 3) 环心 O 点处的磁感应强度大小 B 。



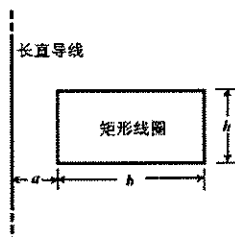
4. (7 分) 如图所示, 一同轴电缆由半径分别为 R_1 和 R_2 同轴薄导体圆筒构成, 两导体圆筒之间充有磁导率为 μ 的各向同性均匀磁介质。两圆筒面上的电流大小均为 I , 方向相反, 而且电流均匀分布在它们的横截面的圆周上。设 r 为到轴线的垂直距离, 求:

- 1) 磁介质中 ($R_1 < r < R_2$) 磁场强度大小 H ;
- 2) 磁介质中 ($R_1 < r < R_2$) 磁感应强度大小 B ;
- 3) 磁介质中 ($R_1 < r < R_2$) 磁能密度 w_m ;
- 4) 电缆沿轴向单位长度的磁能 W_m 。



5. (7分) 如图所示, 长直导线旁有边长分别为 b 和 h 的矩形线圈, 线圈与导线共面。线圈的短边与导线平行, 两者相距为 a 。

- 1) 若长直导线通有电流 I , 求长直导线的磁场通过线圈所围面积的磁通量;
- 2) 求长直导线和矩形线圈间的互感系数 M ;
- 3) 若矩形线圈通有电流 $I' = I_0 e^{-3t}$ (I_0 为常量, t 为时间), 求长直导线中互感电动势大小 ε_M 。

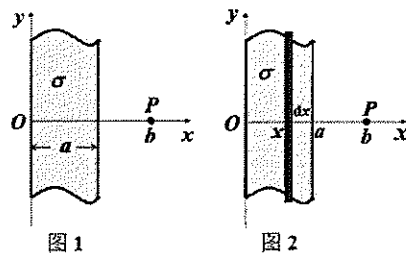


6. (4分) 有一个面积为 S 、板间距离为 d_1 的平行板空气电容器。它的两个极板的电荷量分别为 $+Q$ 和 $-Q$ 。用外力将两极板缓慢地拉开使板间距离增大到 d_2 。设空气的介电常量为 ε_0 , 忽略边缘效应, 求:

- 1) 在此过程中, 平行板空气电容器存储静电能的增量 ΔW_e ;
- 2) 在此过程中, 外力所做的功 A 。

7. (4分) 如图1所示, 宽度为 a 无限长均匀带电薄板, 电荷面密度为 σ 。P点与带电薄板共面, 距离薄板左侧为 b (即O点与P点的距离为 b)。用微元法求P点处的场强。

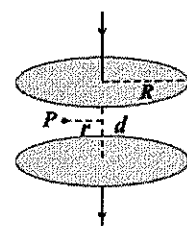
- 1) 取如图2所示的微元带, 求此微元带的电场在P点处的场强大小 dE ;
- 2) 求P点处的场强大小 E 。



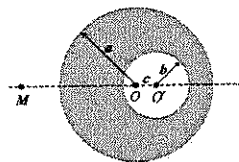
四、附加题 (15分)

1. (4分) 请描述在物理演示实验课或大物课上所观察到的某一个电磁学方面的演示实验现象, 并分析形成此现象的物理原因。

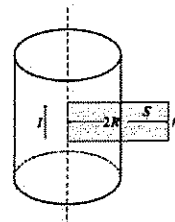
2. (4分) 如图所示, 半径为 R 的圆形平行板空气电容器两极板距离为 d 。若电容器在充电过程中, 板间的电势差为 $U(t)$ 。忽略边缘效应, 设空气的介电常量为 ε_0 , 则两极板间的位移电流 I_d 为_____, 两极板间离轴线垂直距离为 r ($r < R$)的P点处磁场强度大小 H 为_____。



3. (3分) 如图所示, 在球心为 O 、半径为 a 、电荷体密度为 ρ 的均匀带电球体内挖去一个半径为 b 的小球 (球心为 O'), OO' 的距离为 c , 在球体外侧有一点 M , M 在 OO' 的连线上, MO 的距离为 r 。选无穷远处为电势零点, 则 M 点的电势 $U_M =$ _____。



4. (4分) 如图所示, 一无限长载流圆柱形导线 (磁导率为 μ_0), 半径为 R , 圆柱截面积上均匀通有沿轴向的电流 I 。今取一长为 $2R$ 、宽为 h 的矩形平面 S , 如图中的阴影部分所示, 通过该矩形平面 S 的磁通量为_____。



2022-2023 学年《大学物理 (A) I》第 2 学期考试试题 (A 卷)

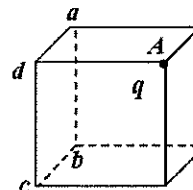
注意事项:

1. 本卷共三大题, 6 页; 如有不对, 请与监考老师调换试卷!
2. 闭卷, 可使用计算器。
3. 物理常量: 真空磁导率和真空介电常量 (真空电容率) 分别用符号 μ_0 和 ϵ_0 表示。

一、单项选择题 (33 分)

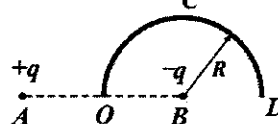
1. 如图所示, 一个电量为 q 的点电荷位于正方体的顶点 A 处, 则通过侧面 $abcd$ 的电场强度通量等于 []。

- A. $\frac{q}{6\epsilon_0}$ B. $\frac{q}{12\epsilon_0}$
C. $\frac{q}{24\epsilon_0}$ D. $\frac{q}{48\epsilon_0}$



2. 如图所示, OCD 是以 B 为中心, 以 R 为半径的半圆路径。 A 点与 B 点的距离为 $2R$, A, O, B 三点在一条直线上。 A, B 两点各放有一点电荷, 电量分别为 $+q$ 和 $-q$ 。 把一电量为 Q 的点电荷从 D 点沿路径 DCO 移动到 O 点, 则在此过程中点电荷 Q 所受的电场力做功为 []。

- A. $\frac{qQ}{6\pi\epsilon_0 R}$ B. $-\frac{qQ}{6\pi\epsilon_0 R}$ C. $\frac{qQ}{3\pi\epsilon_0 R}$ D. $-\frac{qQ}{3\pi\epsilon_0 R}$



3. 在电量为 q 的点电荷的电场中, 选取以此点电荷为中心、 R 为半径的球面上的一点 P 作为电势零点, 则与点电荷 q 相距为 r 的 P' 点处的电势为 []。

- 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. $\frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)$

4. 面积为 S 的空气平行板电容器, 两极板上的带电量分别为 $+q$ 和 $-q$, 若不考虑边缘效应, 则两极板间的相互作用力为 []。

- A. $\frac{q^2}{\epsilon_0 S}$ B. $\frac{q^2}{2\epsilon_0 S}$ C. $\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$ D. $\frac{2q^2}{\epsilon_0 S}$

5. 一平行板电容器, 两极板间充满相对介电常量为 ϵ_r 的均匀电介质。 若两极板上的电荷面密度分别为 $+\sigma$ 和 $-\sigma$, 则电介质中电位移矢量大小 D 和电场强度大小 E 分别为 []。

- A. $D = \epsilon_0 \sigma, E = \frac{\sigma}{\epsilon_r}$ B. $D = \frac{\sigma}{\epsilon_0}, E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon_r}$
C. $D = \frac{\sigma}{\epsilon_0}, E = \epsilon_r \sigma$ D. $D = \sigma, E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon_r}$

6. 一空气平行板电容器, 接通电源充电后电容器储存的静电能为 W_0 。 在保持电源接通的条件下, 在两极板间充满相对介电常量为 ϵ_r 的各向同性均匀电介质, 则此时该电容器储存的静电能为 []。

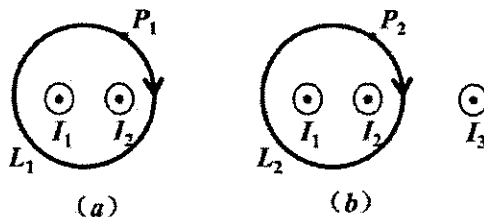
- A. W_0/ϵ_r B. $\epsilon_r W_0$ C. W_0 D. $\epsilon_0 \epsilon_r W_0$

7. 根据有电介质时电场的高斯定理, 下列说法正确的是 []。

- A. 电位移矢量仅与自由电荷的分布有关
B. 若电位移矢量对某闭合曲面的通量为零, 则此曲面内电荷的代数和一定为零
C. 若电位移矢量对某闭合曲面的通量不等于零, 则此曲面内一定有极化电荷
D. 电介质中的电位移矢量与自由电荷和极化电荷的分布均有关

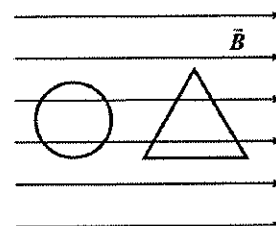
8. 在图(a)和(b)中各有一半半径相同的圆形回路 L_1, L_2 , 圆周内有电流 I_1, I_2 , 其分布相同, 且均在真空中, 但在图(b)中 L_2 回路外有电流 I_3 。 P_1, P_2 分别为两圆形回路上的一点, 则有 []。

- A. $\oint_{L_1} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint_{L_2} \vec{B} \cdot d\vec{l}, B_{P_1} = B_{P_2}$
B. $\oint_{L_1} \vec{B} \cdot d\vec{l} \neq \oint_{L_2} \vec{B} \cdot d\vec{l}, B_{P_1} = B_{P_2}$
C. $\oint_{L_1} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint_{L_2} \vec{B} \cdot d\vec{l}, B_{P_1} \neq B_{P_2}$
D. $\oint_{L_1} \vec{B} \cdot d\vec{l} \neq \oint_{L_2} \vec{B} \cdot d\vec{l}, B_{P_1} \neq B_{P_2}$

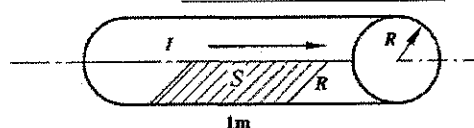


9. 如图所示, 在磁感应强度为 $\vec{B}$ 的匀强磁场中, 与磁场方向共面地放置两个单匝线圈, 一个为圆形, 另一个为三角形。两线圈所围的面积相等, 所通的恒定电流大小和方向也相同, 则下述说法中正确的是[]。

- A. 两线圈所受的磁力矩相等, 受到的磁力也相等
 B. 两线圈所受的磁力矩相等, 受到的磁力不相等
 C. 两线圈所受的磁力矩不相等, 受到的磁力相等
 D. 两线圈所受的磁力矩不相等, 受到的磁力也不相等

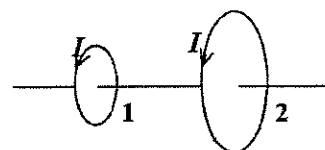


10. 一半径为 R 的长直铜导线 (磁导率为 μ_0) 载有电流 I , 电流均匀分布在导线的横截面上。在导线内部通过中心轴作一截面 S , 如图所示, 则通过此截面 S 的磁通量为[]。



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

11. 面积为 S 和 $2S$ 的两圆线圈 1、2 如图平行放置, 通有相同的电流 I 。线圈 1 的电流所产生的磁场通过线圈 2 的磁通量用 Φ_{21} 表示, 线圈 2 的电流所产生的磁场通过线圈 1 的磁通量用 Φ_{12} 表示, 则 Φ_{21} 和 Φ_{12} 的大小关系为[]。



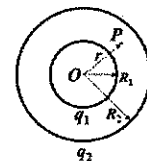
- A. $\Phi_{21} = \Phi_{12}$
 B. $\Phi_{21} > 2\Phi_{12}$
 C. $\Phi_{21} = 2\Phi_{12}$
 D. $\Phi_{21} = \Phi_{12}/2$

12. 两密绕长直螺线管, 长度及线圈匝数相同, 半径分别为 r_1 和 r_2 , 管内充满均匀磁介质, 其磁导率分别为 μ_1 和 μ_2 , 其中, $r_1:r_2 = 1:2$, $\mu_1:\mu_2 = 2:1$ 。若忽略边缘效应, 当两只螺线管串联在电路中通电稳定后, 其自感系数之比 $L_1:L_2$ 和磁能之比 $W_1:W_2$ 分别为[]。

- A. 1:2, 1:2 B. 1:2, 2:1 C. 2:1, 1:2 D. 2:1, 2:1

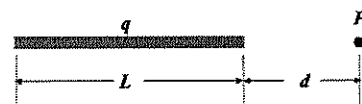
二、填空题 (30 分)

1. (3 分) 如图所示, 两个同心的均匀带电球面, 半径为 R_1 的内球面带电量为 q_1 , 半径为 R_2 的外球面带电量为 q_2 , 则在两球面之间、距离球心 O 为 r 的 P 点处 ($OP = r$) 的电场强度大小 E 为_____。

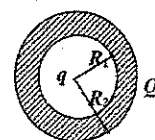


2. (2 分) 一半径为 R 的孤立导体球带电量为 Q , 则该导体球外的电场所储存的静电能 W 为_____。

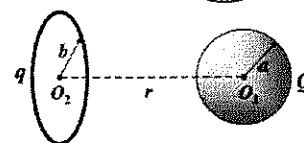
3. (2 分) 如图所示, 真空中一长为 L 的均匀带电细直棒, 带电量为 q , 在直棒延长线上距棒的一端距离为 d 的 P 点处的电场强度大小 E 为_____。



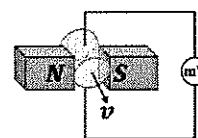
4. (4 分) 如图所示, 一空心导体球壳, 其内、外半径分别为 R_1 和 R_2 , 总电量为 Q 。当球壳中心处再放一电量为 q 的点电荷时, 此时导体球壳的内表面带电量为_____, 外表面带电量为_____; 导体球壳的电势 U 为_____ (设无穷远处为电势零点)。



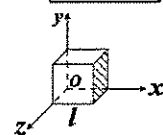
5. (3 分) 如图所示, 有一个半径为 a 、电量为 Q 的导体球和一个半径为 b 、电量为 q 的均匀带电细圆环。圆环的轴线通过导体球的球心 O_1 , 圆环的环心 O_2 与导体球的球心 O_1 的距离为 r , 则导体球的电势 U 为_____ (设无穷远处为电势零点)。



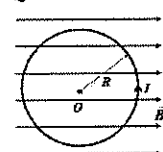
6. (3 分) 霍耳效应可用来测量血管中血液的流速, 其原理如图所示。在动脉血管两侧分别安装电极并加以磁场。设血管直径为 2.0mm , 磁场的磁感应强度大小为 0.080T , 毫伏表测出血管上下两端的电压为 0.10mV , 则血液的速率为_____ m/s 。



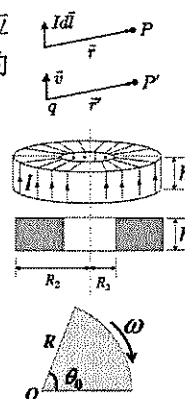
7. (4 分) 一边长 $l = 0.2\text{m}$ 的正立方体如图所示。空间有一均匀磁场, 其磁感应强度为 $\vec{B} = (6\vec{i} + 3\vec{j} + 1.5\vec{k})\text{T}$ 。通过立方体六个面的磁通量为_____ Wb ; 通过立方体阴影面积的磁通量为_____ Wb 。



8. (3 分) 半径为 R 圆形线圈通有恒定电流 I (方向如图), 放在均匀磁场 (磁感应强度大小为 B) 中, 磁场方向与线圈平面平行且向右。则该载流线圈的磁矩方向为_____; 线圈所受的磁力矩大小为_____。



9. (3 分) 电流元 $I d\vec{l}$ 在 P 点处 (电流元到 P 点的位置矢量为 $\vec{r}$, 距离为 r) 产生的磁感应强度 $d\vec{B} =$ _____。电量为 q 的点电荷以速度 $\vec{v}$ 运动时, 在 P' 点处 (点电荷到 P' 点的位置矢量为 $\vec{r}'$, 距离为 r') 产生的磁感应强度 $\vec{B}' =$ _____。
10. (3 分) 如图所示, 一截面为矩形的螺绕环, 内半径为 R_1 , 外半径为 R_2 , 高为 h , 环上均匀密绕 N 匝线圈。此螺绕环的自感系数 L 为 _____。



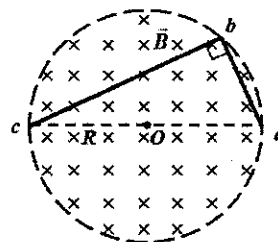
三、计算题 (37 分)

1. (5 分) 一扇形薄片, 半径为 R , 张角为 θ_0 (单位为 rad), 其上均匀分布正电荷, 电荷面密度为 σ , 薄片绕过顶角 O 点且垂直于薄片的轴做定轴转动, 角速度为 ω , 旋转方向如图所示, 求 O 点处的磁感应强度大小和方向。



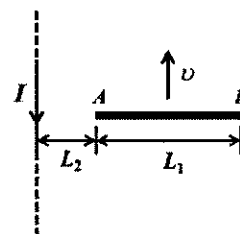
2. (6 分) 均匀磁场充满在截面半径为 R 的圆柱形体积内, 磁感应强度方向垂直图面向里, 且磁感应强度大小随时间的变化率 dB/dt 为大于零的常量 ($dB/dt = K$), O 点在磁场的中心, 现在其中放置一直角形导线 abc , 边 ab 的长度为 l 。设 r 为到轴线的垂直距离, 求:

- 1) 在 $r < R$ 区域内感生电场的场强大小 E_i ;
- 2) 导线 ab 中的感生电动势的大小 ε_{ab} ;
- 3) 导线中 a 点和 c 点, 哪点的电势高?



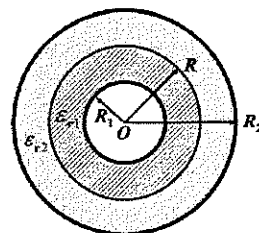
3. (5 分) 如图所示, 长度为 L_1 的细金属棒 AB 与通有恒定电流 I 的无限长直导线共面且两者相互垂直, 棒的左端 A 点到长直导线的距离为 L_2 。当金属棒以速率 v 沿与电流流向相反的方向匀速运动时, 求:

- 1) 金属棒中的感应电动势大小;
- 2) 金属棒中哪端的电势高?



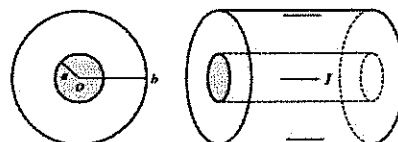
4. (9分) 如图所示, 一圆柱形电容器由两个同轴导体薄圆筒组成, 内筒半径为 R_1 , 外筒半径为 R_2 , 筒长为 L , 中间充满两层同轴圆筒形的各向同性均匀电介质, 内、外层介质的相对介电常量分别为 ϵ_{r1} 和 ϵ_{r2} , 分界面半径为 R 。忽略边缘效应, 若沿轴线单位长度上内导体圆筒带电量为 λ ($\lambda > 0$), 外导体圆筒带电量为 $-\lambda$ 时, 设 r 为到轴线的垂直距离, 求:

- 1) 电介质中任一点的电位移矢量大小 D ;
- 2) 电介质中任一点的电场强度大小 E ;
- 3) 两导体圆筒之间的电势差 ΔU ;
- 4) 此电容器的电容值 C ;
- 5) 若 $R_2 = 1.5R_1$, $\epsilon_{r1} = 2\epsilon_{r2}$, 两层介质的击穿场强都是 E_M , 当两导体圆筒之间电势差逐渐增大时, 哪层电介质先被击穿?

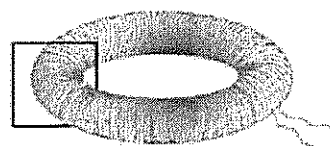


5. (7分) 如图所示, 一同轴电缆由半径为 a 的圆柱形长直实心导线和套在它外面的半径为 b 的同轴薄导体圆筒构成。长直导线和圆筒中的电流均为 I , 方向相反, 而且电流均匀分布在它们的横截面上。长直导线和圆筒之间充有磁导率为 μ 的各向同性均匀磁介质, 长直导线的磁导率为 μ' 。设 r 为到轴线的垂直距离, 求:

- 1) 长直导线中 ($r < a$) 磁场强度大小 H ;
- 2) 磁介质中 ($a < r < b$) 磁场强度大小 H 和磁感应强度大小 B ;
- 3) 电缆沿轴向单位长度的磁能 W_m 。

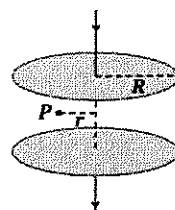


6. (5分) 有一单位长度上密绕 n 匝的细螺绕环, 横截面积为 S , 环内充有相对磁导率为 μ_r 的均匀磁介质。边长为 a 的 N 匝正方形线圈套在细螺绕环上, 线圈平面与螺绕环横截面平行, 如图所示。当正方形线圈通以电流 $I = I_0 \sin(\omega t)$, 其中, I_0, ω 为常量, 求螺绕环线圈中的互感电动势。(细螺绕环内部的磁场在其横截面上近似是均匀的)



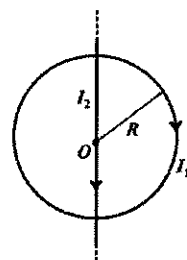
四、附加题 (15 分)

1. (4 分) 如图所示, 若半径为 R 的圆形平行板空气电容器充电时, 板间的电场强度大小的变化率 dE/dt 为常量 ($dE/dt = K$)。忽略边缘效应, 设空气的介电常量为 ϵ_0 , 则两极板间的位移电流 I_d 为 _____, 两极板间离轴线垂直距离为 r ($r < R$) 的 P 点处磁场强度大小 H 为 _____。

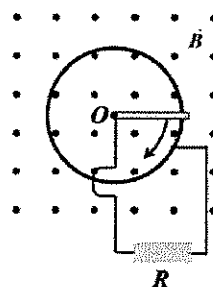


2. (2 分) 1980 年, 德国物理学家克利青发现半导体在低温和强磁场下会出现 _____ 效应, 获得了 1985 年诺贝尔物理学奖; 1982 年, 崔琦等人发现了 _____ 效应, 获得了 1998 年诺贝尔物理学奖。2013 年, 我国薛其坤等人在实验上发现了量子反常霍尔效应。

3. (4 分) 沿半径为 R 的圆电流 I_1 的直径方向放置长直电流 I_2 (两者共面且绝缘), 电流方向如图所示, 求它们之间的磁场力大小。



4. (5 分) 长为 L 、质量为 m 的均匀金属细棒, 以 O 为中心在水平面内旋转, 棒的另一端在半径为 L 的金属圆环上滑动, 如图所示。棒端 O 和金属环之间接一电阻 (电阻值为 R), 并在竖直方向加一均匀磁场 (磁感应强度大小为 B)。设在起始位置 $\theta = 0$ 时棒有一个初角速度 ω_0 。忽略摩擦力及金属棒、导线和圆环的电阻, 求细棒的角速度随时间的变化规律 $\omega(t)$ 。



2021-2022 学年《大学物理 (A) I》第 2 学期考试试题 (A 卷)

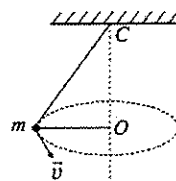
注: 由于新冠疫情影响, 本年考试含有力学内容, 做题时可直接跳过。

注意事项:

1. 本卷共三大题, 10 页; 如有不对, 请与监考老师调换试卷!
2. 闭卷, 可使用计算器。
3. 物理常量: 真空磁导率和真空介电常量 (真空电容率) 分别用符号 μ_0 和 ϵ_0 表示。

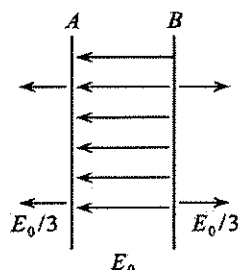
一、判断题 (8 分)

1. 磁场的磁感应强度对任意闭合曲面的通量不一定为零。
2. 感生电场的电场强度对任意闭合曲面的通量一定为零。
3. 静电场的电场强度沿任意闭合路径的环路积分一定为零。
4. 系统的势能值与惯性参考系的选择无关。
5. 合外力为零的系统, 对某一点的角动量一定守恒。
6. 若力的作用线与某轴相交, 则该力对该轴的力矩不一定为零。
7. 若力的作用线过 O 点, 则该力对 O 点的力矩必为零。
8. 如图所示, 一小球 m 用轻绳悬挂在 C 点。小球在水平面内绕着 O 点做匀速率圆周运动, 则小球对 C 点的角动量守恒。



二、单项选择题 (66 分)

1. A 、 B 为真空中两个平行的无限大均匀带电平面, 电荷面密度分别为 σ_A 和 σ_B 。若两平面间的电场强度大小为 E_0 , 两平面外侧的电场强度大小都为 $E_0/3$, 电场方向如图所示, 则 A 、 B 两平面的电荷面密度分别为 []。



- A. $\sigma_A = -\frac{2}{3}\epsilon_0 E_0$; $\sigma_B = \frac{4}{3}\epsilon_0 E_0$
 B. $\sigma_A = -\frac{4}{3}\epsilon_0 E_0$; $\sigma_B = \frac{2}{3}\epsilon_0 E_0$
 C. $\sigma_A = -\frac{4}{3}\epsilon_0 E_0$; $\sigma_B = -\frac{2}{3}\epsilon_0 E_0$
 D. $\sigma_A = -\frac{2}{3}\epsilon_0 E_0$; $\sigma_B = -\frac{4}{3}\epsilon_0 E_0$

2. 真空中有一均匀带电细圆环, 半径为 R , 电荷线密度为 λ , 则此圆环圆心处的电场强度大小和电势分别为 []。(选无穷远处为电势零点)

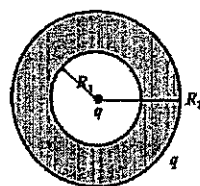
- A. 0; $\frac{\lambda}{2\epsilon_0}$ B. $\frac{\lambda}{2\pi R}$; $\frac{\lambda}{2\epsilon_0}$ C. 0; $\frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}$ D. $\frac{\lambda}{2\pi R}$; $\frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0}$

3. 一半径为 R 的绝缘实心球体, 非均匀带电, 电荷体密度为 $\rho = \rho_0 r$ (r 为离球心 O 的距离, ρ_0 为常量)。设无穷远处为电势零点, 若球外 P 点和球心 O 的距离为 a ($a > R$), 则 P 点的电势为 []。

- A. $\frac{\rho_0 R^4}{4\epsilon_0 a}$ B. $\frac{\rho_0 R^5}{4\pi\epsilon_0 a^2}$ C. $\frac{\rho_0 R^4}{2\epsilon_0 a}$ D. $\frac{\rho_0 R^5}{2\pi\epsilon_0 a^2}$

4. 一空心导体球壳, 其内、外半径分别为 R_1 和 R_2 , 带电量为 q , 如图所示。当球壳中心处再放一电量为 q 的点电荷时, 则导体球壳的电势 (设无穷远处为电势零点) 为 []。

- A. $\frac{q}{2\pi\epsilon_0 R_1}$ B. $\frac{q}{2\pi\epsilon_0 R_2}$ C. $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_1}$ D. $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_2}$

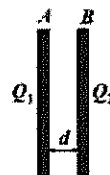


5. 面积为 S 的空气平行板电容器, 两极板上的带电量分别为 $+q$ 和 $-q$, 若不考虑边缘效应, 则两极板间的相互作用力为 []。

- A. $\frac{q^2}{\epsilon_0 S}$ B. $\frac{q^2}{2\epsilon_0 S}$ C. $\frac{q^2}{2\epsilon_0 S^2}$ D. $\frac{q^2}{\epsilon_0 S^2}$

6. 如图所示, A 、 B 为靠得很近的两块平行的大金属平板, 两板的面积均为 S , 板间的距离为 d 。今使 A 板带电量为 Q_1 , B 板带电量为 Q_2 , 且 $Q_1 > Q_2 > 0$ 。若忽略边缘效应, 则板 AB 间的电势差 U_{AB} 为 []。

- A. $\frac{Q_1 - Q_2}{4\epsilon_0 S} d$ B. $\frac{Q_1 + Q_2}{4\epsilon_0 S} d$ C. $\frac{Q_1 - Q_2}{2\epsilon_0 S} d$ D. $\frac{Q_1 + Q_2}{2\epsilon_0 S} d$



7. 一个平行板电容器, 充电后与电源断开, 当用绝缘手柄将电容器两极板间距离拉大时, 则两极板间的电势差 ΔU 、电场强度大小 E 和电场能量 W 有 []。

- A. ΔU 减小, E 减小, W 减小 B. ΔU 增大, E 增大, W 增大
 C. ΔU 增大, E 不变, W 增大 D. ΔU 减小, E 不变, W 不变

8. 一个带电的导体球, 当其周围是真空时, 储存的静电能量为 W_0 。使其电量保持不变, 把它

浸没在相对介电常量为 ϵ_r 的无限大各向同性均匀电介质中, 此时它的静电能量 W 为[]。

- A. W_0/ϵ_r B. $\epsilon_r W_0$ C. W_0 D. $\epsilon_0 \epsilon_r W_0$

9. 通有电流 I 的无限长导线有如图所示的三种形状, 则 P 、 G 和 O 点处的磁感应强度大小 B_P 、 B_G 和 B_O 的关系为[]。

- A. $B_P > B_G > B_O$ B. $B_G > B_P > B_O$
C. $B_G > B_O > B_P$ D. $B_O > B_G > B_P$ E. $B_O > B_G = B_P$

10. 如图所示, 电流 I 均匀地沿板长方向流过宽为 a 的无限长的平面导体薄板, 则在薄板平面内距薄板右边缘为 b 的 P 点处的磁感应强度大小为[]。

- A. $\frac{\mu_0 I}{2\pi(a+b)}$ B. $\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \ln \left(\frac{a+b}{b} \right)$
C. $\frac{\mu_0 I}{2\pi b} \ln \left(\frac{a+b}{b} \right)$ D. $\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \ln \left(\frac{a+b}{a} \right)$ E. $\frac{\mu_0 I}{2\pi b} \ln \left(\frac{a+b}{a} \right)$

11. 有两个平面载流圆线圈 A 和 B , 线圈 A 的半径是线圈 B 的2倍, 线圈 A 中所通的电流值也是线圈 B 的2倍。若把两线圈置入同一匀强磁场中, 则线圈 A 与线圈 B 所受的最大磁力矩大小之比 $M_A : M_B$ 为[]。

- A. 1 B. 2 C. 4 D. 8

12. 长直载流导线与等边三角形载流线圈在同一平面内, 两者的电流方向如图所示。若长直导线固定不动, 则此时载流三角形线圈将[]。

- A. 离开长直导线平移 B. 转动
C. 向着长直导线平移 D. 不动

13. 如图所示, 直角三角形金属框架 ACD 放在均匀磁场(磁感应强度大小为 B)中, 磁场方向平行于 AC 边, CD 的长度为 a , AD 的长度为 L 。当金属框架绕 AC 边以角速度 ω 转动时(角速度与磁场同方向), 则 $ACDA$ 回路中的感应电动势 ϵ 和 A 、 D 两点间的电势差 $U_{AD} = U_A - U_D$ 为[]。

- A. $\epsilon = 0, U_{AD} = \frac{1}{2} B \omega a^2$ B. $\epsilon = 0, U_{AD} = -\frac{1}{2} B \omega a^2$
C. $\epsilon = B \omega a^2, U_{AD} = \frac{1}{2} B \omega a^2$ D. $\epsilon = B \omega a^2, U_{AD} = -\frac{1}{2} B \omega a^2$
E. $\epsilon = 0, U_{AD} = \frac{1}{2} B \omega L^2$ F. $\epsilon = 0, U_{AD} = -\frac{1}{2} B \omega L^2$

14. 一圆柱形空间(半径为 R)的磁场, 磁场方向沿轴线, 磁感应强度随到轴线的距离 r 成正比而变化, 又随时间 t 作正弦变化, 即 $\vec{B} = B_0 r \sin(\omega t) \vec{k}$, B_0 和 ω 均为大于零的常数, $\vec{k}$ 为垂直于图面向里的单位矢量。若在垂直于磁场方向平面内放一半径为 a ($a < R$)的金属圆环, 环心在圆柱状磁场的轴线上, 则金属圆环中的感应电动势有[]。

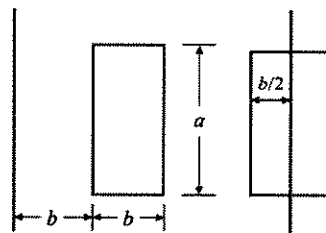
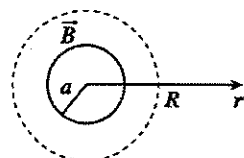
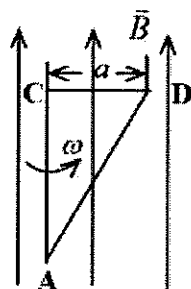
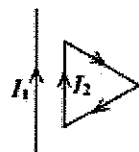
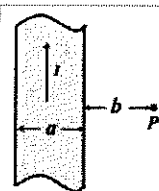
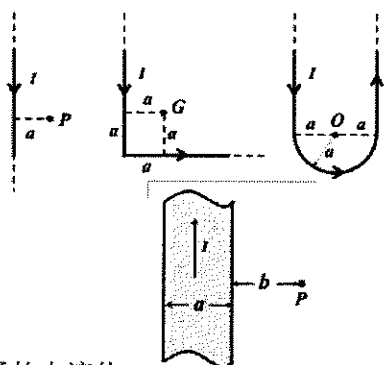
- A. 电动势的最大值为 $\frac{2}{3} \pi B_0 a^3 \omega$, 方向随时间变化
B. 电动势的最大值为 $\pi B_0 a^3 \omega$, 方向随时间变化
C. 电动势的最大值为 $\frac{2}{3} \pi B_0 a^3 \omega$, 方向不随时间变化
D. 电动势的最大值为 $\pi B_0 a^3 \omega$, 方向不随时间变化

15. 一矩形线圈长 $a = 20\text{cm}$, 宽 $b = 10\text{cm}$, 由100匝表面绝缘的导线组成, 放在一根很长的导线旁边并与之共面, 这长直导线是一个闭合回路的一部分, 其它部分离线圈都很远, 影响可忽略不计。在图(1)和(2)两种情况下, 线圈与长直导线之间的互感 M 为[]。(真空磁导率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{N} \cdot \text{A}^{-2}$)

- A. $2.77 \times 10^{-6} \text{H}, 0$ B. $2.77 \times 10^{-8} \text{H}, 0$
C. $2.77 \times 10^{-6} \text{H}, 2.77 \times 10^{-6} \text{H}$ D. $2.77 \times 10^{-8} \text{H}, 2.77 \times 10^{-8} \text{H}$

16. 半径为 a 的两块圆板组成的平行板空气电容器, 在放电时两板间的电场强度大小随时间 t 的关系为 $E = E_0 e^{-t/(RC)}$, 式中 E_0 、 R 和 C 均为大于零的常数。若忽略电容器的边缘效应, 则极板间的位移电流的大小和方向为[]。

- A. $\frac{\pi a^2 \epsilon_0 E_0}{RC} e^{-t/(RC)}$, 与板间的电场方向相同 B. $\frac{\pi a^2 \epsilon_0 E_0}{RC} e^{-t/(RC)}$, 与板间的电场方向相反
C. $2\pi a E_0 e^{-t/(RC)}$, 与板间的电场方向相同 D. $2\pi a E_0 e^{-t/(RC)}$, 与板间的电场方向相反
E. $\frac{\pi a^2 E_0}{RC} e^{-t/(RC)}$, 与板间的电场方向相同 F. $\frac{\pi a^2 E_0}{RC} e^{-t/(RC)}$, 与板间的电场方向相反



图(1)

图(2)

17. 一质点沿半径为 R 的圆周运动, 其角位置为 $\theta = 3 + t^2$ (SI), 则 t 时刻质点切向加速度大小和法向加速度大小为[]。

- A. $2R, 4t^2$ B. $2Rt, 4Rt^2$ C. $2, 4Rt^2$ D. $2R, 4Rt^2$

18. 质量为 1kg 的质点, 开始静止在坐标原点, 在力 $\vec{F} = 3x^2\vec{i}$ (SI) 的作用下沿 x 轴运动。此质点从原点运动到 $x = 2\text{m}$ 处的过程中, 该力的冲量大小为[]。

- A. $4\sqrt{3}\text{N}\cdot\text{s}$ B. $16\text{N}\cdot\text{s}$ C. $8\text{N}\cdot\text{s}$ D. $4\text{N}\cdot\text{s}$

19. 质量为 0.01kg 的质点在 Oxy 平面内运动, 其运动方程为 $\vec{r} = \frac{5}{3}t^3\vec{i} + 2t\vec{j}$ (SI), 则在 $t = 0$ 到 $t = 2\text{s}$ 时间内, 合力对其所做的功为[]。

- A. 8J B. 4J C. 16J D. 2J

20. 关于质点系内各质点间相互作用的内力做功问题, 以下说法中正确的是[]。

- A. 一对内力所做的功之和一定不为零
B. 一对内力所做的功之和一般不为零, 但不排斥为零的情况
C. 一对内力所做的功之和是否为零, 取决于参考系的选择
D. 一对内力所做的功之和一定为零

21. 两质量分别为 m_1 、 m_2 ($m_1 \neq m_2$) 的小球, 用一弹性系数为 k 的轻弹簧相连, 放在水平光滑桌面上, 如图所示。今以等值反向的力分别作用于两小球, 则以两小球和弹簧为系统的[]。



- A. 动量不守恒, 机械能不守恒 B. 动量不守恒, 机械能守恒
C. 动量守恒, 机械能守恒 D. 动量守恒, 机械能不守恒

22. 有一弹性系数为 k 的轻弹簧, 原长为 l_0 , 将它吊在天花板上。当它下端挂一托盘平衡时, 其长度变为 l_1 。然后在托盘中放一重物, 弹簧长度变为 l_2 , 则弹簧长度由 l_1 伸长至 l_2 的过程中, 弹性力所做的功为[]。

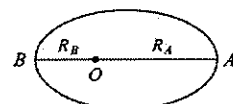
- A. $-\int_{l_1-l_0}^{l_2-l_0} kx dx$ B. $-\int_{l_1}^{l_2} kx dx$ C. $\int_{l_1}^{l_2} kx dx$ D. $\int_{l_1-l_0}^{l_2-l_0} kx dx$

23. 一水平匀质圆盘可绕通过其中心的固定竖直轴转动, 盘上站着一个人。把人和圆盘取作系统, 当此人在盘上随意走动时, 若忽略轴处的摩擦, 则此系统[]。

- A. 动量守恒 B. 动能守恒 C. 对转轴的角动量守恒
D. 动量、动能和对转轴的角动量都守恒 E. 动量、动能和对转轴的角动量都不守恒

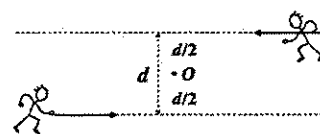
24. 如图所示, 一人造地球卫星到地球中心 O 的最大距离和最小距离分别是 R_A 和 R_B 。设卫星处在 A 和 B 点时, 对 O 点的角动量大小分别是 L_A 、 L_B , 动能分别是 E_{kA} 、 E_{kB} , 则有[]。

- A. $L_A > L_B, E_{kA} > E_{kB}$ B. $L_A < L_B, E_{kA} < E_{kB}$
C. $L_A = L_B, E_{kA} = E_{kB}$ D. $L_A > L_B, E_{kA} = E_{kB}$
E. $L_A = L_B, E_{kA} < E_{kB}$ F. $L_A = L_B, E_{kA} > E_{kB}$



25. 如图所示, 两个质量均为 m 的滑冰运动员, 以相同的速率 v 相向滑行, 滑行路线的垂直距离为 d 。以两运动员为系统, 则此系统对中间点 O 的角动量大小是[]。

- A. $mv d$ B. $2mv d$ C. $mv d/2$ D. 0



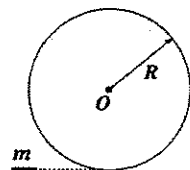
26. 某人站在旋转的圆台中央, 两手各握一个哑铃, 双臂向两侧平伸与圆台一起旋转。忽略轴处的摩擦。当此人把哑铃收到胸前时, 人、哑铃和圆台组成的系统应[]。

- A. 转动角速度变小 B. 对转轴的角动量减小
C. 转动角速度变大 D. 对转轴的角动量增大

27. 轮圈半径为 R , 其质量 m' 均匀分布在轮缘上。长为 R 、质量为 m 的均质辐条固定在轮心和轮缘间, 辐条共 $2N$ 根。今将辐条数减少 N 根, 但保持轮对通过轮心垂直于轮平面轴的转动惯量不变, 则轮圈的质量应为[]。

- A. $m' + \frac{N}{12}m$ B. $m' + \frac{N}{6}m$ C. $m' + \frac{2N}{3}m$ D. $m' + \frac{N}{3}m$

28. 质量为 M 、半径为 R 匀质圆盘放在一粗糙水平面上 (圆盘与水平面之间的摩擦系数为 μ), 圆盘可绕通过其中心 O 的竖直固定光滑轴转动。开始时, 圆盘静止, 一质量为 m 的子弹以水平速度 v_0 垂直于圆盘半径打入圆盘边缘并以 $v_0/2$ 的速度沿原方向穿出圆盘, 如图所示。打击过程在瞬间内完成。圆盘从开始转动到停止转动所需要的时间 Δt 为[]。(地球表面重力加速度为 g)



A. $\frac{3mv_0}{4\mu Mg}$ B. $\frac{3mv_0}{2\mu Mg}$ C. $\frac{mv_0}{2\mu Mg}$ D. $\frac{mv_0}{\mu Mg}$

29. 在某地发生两个事件，静止于该地的甲测得两个事件的时间间隔为 4s。若相对于甲作匀速直线运动的乙测得这两事件的时间间隔为 5s，则乙相对于甲的运动速度是[]。(c 为真空中光速)

A. 0.4c B. 0.8c C. 0.6c D. 0.2c

30. 一宇宙飞船相对地球以 0.96c (c 为真空中光速) 的速度飞行，飞船上的观察者测得飞船长为 100m。一光脉冲从船尾传到船头，地球上的观察者测得光脉冲从船尾发出和到达船头这两个事件的空间间隔为[]。

A. 28m B. 54m C. 300m D. 700m

31. 从地球测得地球到某一恒星（此星相对地球静止）的距离为 L，设有一宇宙飞船以恒定的速率 u 从地球飞向该恒星。在飞船参考系中测得飞船从地球飞到恒星所需要的时间为[]。(真空中的光速为 c)

A. $\frac{L\sqrt{1-u^2/c^2}}{u}$ B. $\frac{L}{u\sqrt{1-u^2/c^2}}$ C. $\frac{L(1-u^2/c^2)}{u}$ D. $\frac{L}{u(1-u^2/c^2)}$

32. 一火箭的固有长度为 L，相对于地面作匀速直线运动的速度为 v_1 。火箭上有一个从火箭的后端向火箭前端上的一个靶子发射一颗子弹，子弹相对于火箭的速度为 v_2 。在火箭上测得子弹从射出到击中靶子的时间间隔是[]。(真空中的光速为 c)

A. $\frac{L}{v_1+v_2}$ B. $\frac{L}{v_2}$ C. $\frac{L}{v_1-v_2}$ D. $\frac{L}{v_1\sqrt{1-(v_1/c)^2}}$ E. $\frac{L}{v_2\sqrt{1-(v_1/c)^2}}$

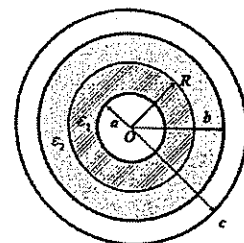
33. 若某微观粒子的总能量是它的静止能量的 K 倍 (K 为常数)，则其运动速率 v 为[]。(真空中的光速为 c)

A. c/K B. cK C. $c\sqrt{1-K^2}$ D. $c\sqrt{1-1/K^2}$

三、计算题 (31 分)

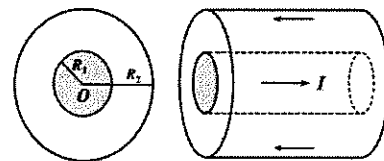
1. (7 分) 如图所示，一无限长的圆柱形导体半径为 a，沿轴线方向单位长度上带电量为 +λ。其外有一共轴的无限长的内外半径分别为 b 和 c 的导体圆筒，导体圆筒接地。中间充满两层同轴圆筒形的各向同性均匀电介质，内、外层电介质的介电常量分别为 ϵ_1 和 ϵ_2 ，分界面半径为 R。设 r 为到轴线的垂直距离，求：

- 1) 电介质中任一点的电位移矢量大小 D；
- 2) 电介质中任一点的电场强度大小 E；
- 3) 圆柱形导体和导体圆筒之间的电势差 ΔU ；
- 4) 沿轴线单位长度的电容值 C。



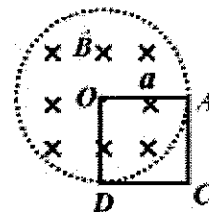
2. (8 分) 如图所示，一同轴电缆由半径为 R_1 的圆柱形长直实心导线和套在它外面的半径为 R_2 同轴薄导体圆筒构成。长直导线和圆筒中的电流均为 I，方向相反，而且电流均匀分布在它们的横截面上。长直导线和圆筒之间充有磁导率为 μ 的均匀磁介质，长直导线的磁导率为 μ' 。设 r 为到轴线的垂直距离，求：

- 1) 长直导线中 ($r < R_1$) 磁场强度大小 H；
- 2) 磁介质中 ($R_1 < r < R_2$) 磁感应强度大小 B；
- 3) 电缆沿轴向单位长度的磁能 W_m ；
- 4) 电缆沿轴向单位长度的自感 L。



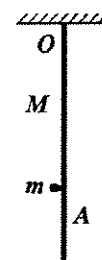
3. (5 分) 均匀磁场充满在截面半径为 a 的圆柱形体积内, 磁感应强度方向垂直图面向里, 且磁感应强度大小随时间的变化率 dB/dt 为大于零的常量 ($dB/dt = K$), O 点在磁场的中心。现有一个边长为 a 的正方形导体回路如图放置, OA 和 OD 沿圆柱体的半径方向。

- 1) 画出 C 点处感生电场强度 $\vec{E}_C$ 的方向; 2) 求 C 点处感生电场强度大小 E_C ;
- 3) 求 AC 边中的感生电动势大小 ε 。



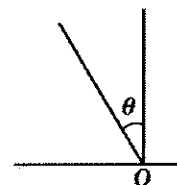
4. (6 分) 如图所示, 一长为 L 、质量为 M 的匀质木棒可绕过其一端的水平光滑轴 O 在竖直平面内自由转动, 开始时, 棒竖直悬垂。现有质量为 m 的子弹沿水平方向以速率 v_0 从 A 点 (A 点和 O 点的距离为 x) 射入棒中, 并留在其中。假设此打击过程在瞬间内完成, 求:

- 1) 木棒开始摆动时的角速度 ω ; 2) 在子弹打击木棒过程中, 轴 O 对木棒在水平方向上的轴力的冲量; 3) 讨论在子弹打击木棒过程中, 当子弹打击在木棒何位置时, 轴 O 对木棒在水平方向上的轴力的冲量方向是向右的。



5. (5 分) 质量为 m 、长度为 L 的匀质杆, 可绕通过其下端的水平光滑固定轴 O 在竖直平面内转动, 如图所示。设杆从竖直位置由静止受到微扰而倒下, 求:

- 1) 当杆与竖直方向成 θ 角时, 杆所受重力对轴 O 的力矩大小; 2) 当杆与竖直方向成 θ 角时, 杆的角加速度 α ; 3) 当杆与竖直方向成 θ 角时, 杆的转动动能 E_k ; 4) 当杆与竖直方向成 θ 角时, 杆的角速度 ω 。



2020-2021 学年《大学物理 (A) I》第 2 学期考试试题 (A 卷)

注意事项:

1. 本卷共四大题, 6 页; 如有不对, 请与监考老师调换试卷!
2. 闭卷, 可使用计算器。
3. 答案写在答题卡上; 请在答题卡和本试卷上填写学号和姓名等信息。
4. 物理常量: 真空磁导率和真空介电常量 (真空电容率) 分别用符号 μ_0 和 ϵ_0 表示。

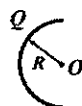
一、单项选择题 (25 分)

1. 关于静电场的高斯定理的理解有下面几种说法, 其中正确的是[]。

- A. 若某闭合曲面 S 上电场强度处处为零, 则该曲面内必无电荷
- B. 若某闭合曲面 S 内无电荷, 则此曲面上电场强度处处为零
- C. 若某闭合曲面 S 上电场强度处处不为零, 则该曲面内必有电荷
- D. 若某闭合曲面 S 内有净余电荷, 则通过此曲面的电场强度通量必不为零

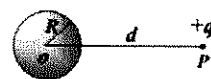
2. 如图所示, 真空中有一半径为 R 的均匀带电半圆环, 电量为 Q 。将一电量为 q 的检验电荷从无穷远处移至圆心 O 处, 电场力做功为[]。

- A. $\frac{qQ}{8\pi\epsilon_0 R}$
- B. $-\frac{qQ}{8\pi\epsilon_0 R}$
- C. $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R}$
- D. $-\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R}$



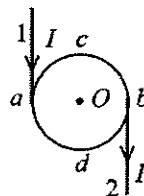
3. 如图所示, 将一个电量为 q 的点电荷放在一个半径为 R 的不带电的导体球附近, 点电荷距导体球球心 O 的距离为 d 。设无穷远处为电势零点, 则导体球球心 O 处的电场强度大小 E 和电势 U 分别为[]。

- A. $E = 0, U = 0$
- B. $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 d^2}, U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 d}$
- C. $E = 0, U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 d}$
- D. $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 d^2}, U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$



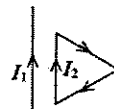
4. 电流由长直导线 1 沿切向经 a 点流入一个电阻均匀的圆环, 再由 b 点沿切向从圆环流出, 经长直导线 2 返回电源, 如图所示。已知直导线上电流强度为 I , 圆环的半径为 R , 且 a 、 b 和圆心 O 在同一直线上。设长直载流导线 1、2 和圆环中的电流在 O 点产生的磁感应强度分别为 $\vec{B}_1$ 、 $\vec{B}_2$ 和 $\vec{B}_3$, O 点处的磁感应强度大小为 B , 则有[]。

- A. $B = 0$, 因为 $B_1 = B_2 = B_3 = 0$
- B. $B = 0$, 因为虽然 $B_1 \neq 0$ 、 $B_2 \neq 0$, 但 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0$, $B_3 = 0$
- C. $B \neq 0$, 因为 $B_1 \neq 0$ 、 $B_2 \neq 0$ 、 $B_3 \neq 0$
- D. $B \neq 0$, 因为虽然 $B_3 = 0$, 但 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 \neq 0$



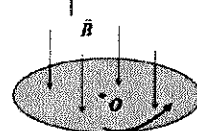
5. 长直载流导线与等边三角形载流线圈在同一平面内, 两者的电流方向如图所示。若长直导线固定不动, 则此时载流三角形线圈将[]。

- A. 离开长直导线平移
- B. 转动
- C. 向着长直导线平移
- D. 不动



6. 如图所示, 圆铜盘水平放置在均匀磁场中, 磁感应强度 $\vec{B}$ 的方向垂直盘面向下。当铜盘绕通过其中心垂直于盘面的轴沿图示方向匀角速度转动时, 则铜盘中哪处的电势最高? []

- A. 铜盘边缘处电势最高
- B. 铜盘中心处电势最高



一块半导体样品的体积为 $a \times b \times c$, 如图所示, 沿 x 轴负方向通有电流 I , 在 z 轴正方向上加有均匀磁场 $\vec{B}$ 。若此半导体中的载流子为电子, 请回答第 7 和 8 题。

7. 载流子所受洛伦兹力方向为[]。

- A. y 轴正方向
- B. y 轴负方向

8. 此半导体 y 轴方向上哪端的电势高? []

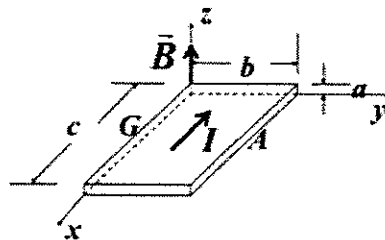
- A. A 端
- B. G 端

9. 感生电场是[]。

- A. 有源场
- B. 无源场

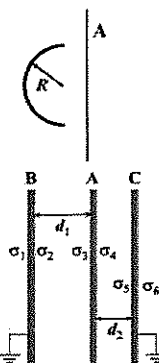
10. 静电场的电场强度沿任意闭合路径的环路积分[]

- A. 一定为零
- B. 一定不为零
- C. 不一定为零

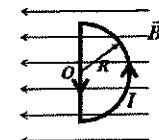


二、填空题 (30 分)

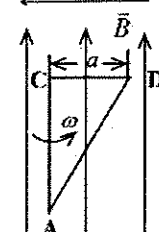
1. (3 分) 如图所示, 电荷面密度为 σ 的无限大均匀带电平面 A, 旁边有一个半径为 R 的半球面。若此半球面的对称轴垂直于带电平面 A, 则 A 激发的静电场通过半球面的电通量为 _____。



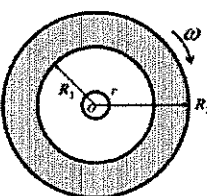
2. (5 分) 三块同样的金属板 A、B 和 C 平行放置, 面积均为 S , A 和 B 相距为 d_1 , A 和 C 相距为 d_2 , B 和 C 都接地, 如图所示。今使 A 板带正电荷, 电量为 Q , 忽略边缘效应, 图中三块金属板的各个面的电荷面密度分别为 σ_1 、 σ_2 、 σ_3 、 σ_4 、 σ_5 和 σ_6 , 则 σ_2 : σ_3 = _____, σ_3 : σ_4 = _____, σ_3 = _____。



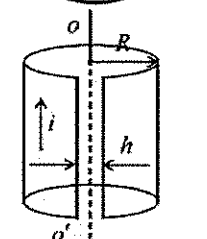
3. (4 分) 一平行板电容器充电后断开电源, 随后将各向同性均匀电介质充满在电容器两极板间。若插入电介质前两极板间电位移矢量大小为 D , 电容器储存的静电能为 W ; 插入电介质后, 两极板间电位移矢量大小为 D' , 电容器储存的静电能为 W' , 若此电介质的相对介电常量为 ϵ_r , 则 D : D' = _____, W : W' = _____。



4. (4 分) 半径为 R 的半圆形闭合线圈通有恒定电流 I , 放在均匀外磁场 (磁感应强度大小为 B) 中。磁场方向与线圈平面平行且向左。若线圈中的电流方向如图所示, 则该线圈所受的磁力矩大小为 _____, 方向为 _____。



5. (4 分) 如图所示, 直角三角形金属框架 ACD 放在均匀磁场 (磁感应强度大小为 B) 中, 磁场方向平行于 AC 边, CD 的长度为 a , AD 的长度为 l 。当金属框架绕 AC 边以角速度 ω 转动时, 则 ACD 回路中的感应电动势 ϵ = _____, AD 边中的动生电动势 ϵ_{AD} = _____。



6. (3 分) 一平行板空气电容器的两极板都是半径为 R 的圆形导体片, 在充电时, 板间的电场强度大小的变化率为 $\frac{dE}{dt}$ 。若忽略边缘效应, 则两极板间的位移电流为 _____。(空气的介电常量为 ϵ_0)

7. (4 分) 如图所示, 一内外半径分别为 R_1 、 R_2 的均匀带电平面圆环, 电荷面密度为 σ 。其中心处有一半半径为 r 的导体细圆环 ($R_1, R_2 \gg r$), 两环同心共面。带电圆环以角速度 ω 绕垂直于环面的中心轴旋转。

1) 带电平面圆环激发的磁场在圆心 O 处的磁感应强度大小为 _____;

2) 若带电圆环角加速度 $d\omega/dt = K$, 则导体细圆环中的感应电动势为 _____。

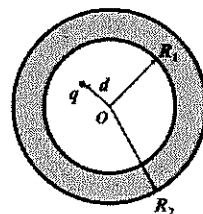
8. (3 分) 如图所示, 将半径为 R 的无限长导体薄圆筒 (厚度忽略) 沿轴向割出一宽度为 h ($h \ll R$) 的无限长狭缝后, 再沿轴向均匀地流有电流, 其面电流密度大小为 i 。圆筒轴线 OO' 上磁感应强度大小是 _____。



三、计算题 (45 分)

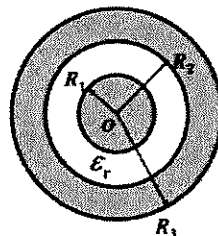
1. (6 分) 如图所示, 一个内径为 R_1 、外径为 R_2 的金属球壳, 带电量为 Q , 在球壳空腔内离球心 O 的距离为 d ($d < R_1$) 处固定一电量为 q 的点电荷。若定义无穷远处为电势零点, 求:

1) 球壳内外表面上的电量; 2) 球心 O 点处的电势 U_0 ; 3) 金属球壳的电势 $U_{壳}$ 。

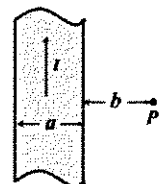


2. (10 分) 如图所示, 一无限长的圆柱形导体半径为 R_1 , 沿轴线方向单位长度上带电量为 $+\lambda$, 其外有一共轴的无限长的导体圆筒, 内外半径分别为 R_2 和 R_3 。两者中间充满相对介电常量为 ϵ_r 的各向同性均匀电介质。若导体圆筒接地, 求:

- 1) 电介质中任一点的电位移矢量大小 D ; 2) 电介质中任一点的电场强度大小 E ;
- 3) 圆柱形导体和导体圆筒之间的电势差 ΔU ; 4) 沿轴线单位长度的电介质中静电场能量 W ;
- 5) 若此电介质的击穿场强大小为 E_m , 求圆柱形导体沿轴线单位长度上最大带电量 λ_m 。

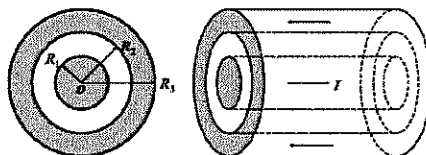


3. (4 分) 如图所示, 电流 I 均匀地沿板长方向流过宽为 a 的无限长的平面导体薄板。求在薄板平面内距薄板右边缘为 b 的 P 点处的磁感应强度的大小。

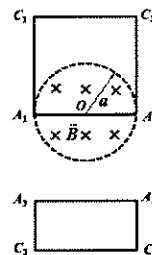


4. (9 分) 如图所示, 一同轴电缆由半径为 R_1 的圆柱形长直导线和套在它外面的同轴导体圆筒构成, 圆筒的内外半径分别为 R_2 和 R_3 。长直导线和圆筒中的电流均为 I , 方向相反, 而且电流均匀分布在它们的横截面上。直导线和导体圆筒之间充以磁导率为 μ 的磁介质, 直导线和导体圆筒的磁导率均为 μ' 。设 r 为到轴线的垂直距离, 求:

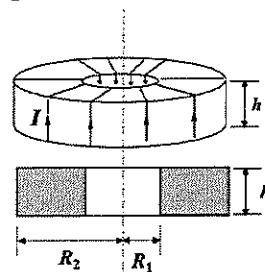
- 1) 磁介质中 $(R_1 < r < R_2)$ 磁场强度大小 H 和磁感应强度大小 B ;
- 2) 导体圆筒中 $(R_2 < r < R_3)$ 磁场强度大小 H ;
- 3) 长直导线中 $(0 < r < R_1)$ 的磁能密度 w_m 。



5. (6分) 均匀磁场充满在截面半径为 a 的圆柱形体积内, 磁感应强度方向垂直纸面向里, 且磁感应强度大小随时间的变化率 dB/dt 为大于零的常量($dB/dt = K$), O 点在磁场的中心。现有一个边长为 $2a$ 的正方形导体回路 $A_1A_2C_2C_1A_1$ 如图放置, A_1A_2 在圆柱体直径位置上。矩形导体回路 $A_3A_4C_4C_3A_3$ 的边 A_3A_4 与 A_1A_2 平行, 且长度 $A_3A_4 = OA_3 = OA_4 = 2a$, $A_3C_3 = a$ 。
- 1) 求 A_1A_2 边内的感生电动势大小; 2) 若导体回路 $A_1A_2C_2C_1A_1$ 各边的电阻值相等, 整个回路的电阻值为 R , 求 A_1A_2 边内的电流值 I ; 3) 求 A_3A_4 边内的感生电动势大小; 4) 若导体回路 $A_3A_4C_4C_3A_3$ 各边的电阻值相等, 整个回路的电阻值为 R' , 求 A_3A_4 边内的电流值 I' 。



6. (6分) 如图所示, 一截面为矩形的螺绕环, 内半径为 R_1 , 外半径为 R_2 , 高为 h , 环上均匀密绕 N 匝线圈。求此螺绕环的自感系数 L 。

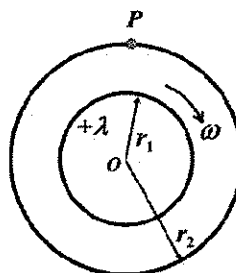


7. (4分) 一半径为 R 的均匀带电圆盘, 电荷面密度为 σ 。设无穷远处为电势零点, 计算圆盘中心 O 点的电势。

四、附加题 (10分)

1. (5分) 什么是涡电流? 举出涡电流实际应用的两个例子。

2. (5分) 半径为 r_1 的无限长直圆柱面, 轴向单位长度上电荷量为 $+\lambda$ 。此圆柱面绕轴线 O 以角加速度 α 作匀加速转动, 旋转方向如图所示。圆柱面外套有一个半径为 r_2 的同轴导体圆环。求导体圆环 P 点处的感生电场的场强大小和方向。



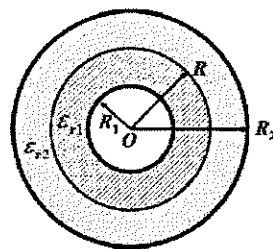
2019-2020 学年《大学物理 (A) I》第 2 学期考试试题 (A 卷)

注：由于新冠疫情影响，本年期末考试含力学板块，正常教学安排下不考，所以此处删除。

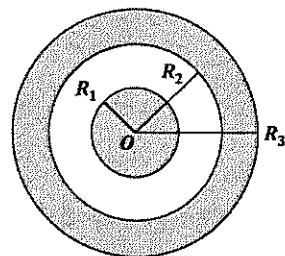
电磁学板块

1. (7 分) 如图所示，一圆柱形电容器由两个同轴导体薄圆筒组成，内筒半径为 R_1 ，外筒半径为 R_2 ，筒长为 L ，中间充满两层同轴圆筒形的各向同性均匀电介质，内、外层介质的相对介电常量分别为 ϵ_{r1} 和 ϵ_{r2} ，分界面半径为 R 。忽略边缘效应，若沿轴线单位长度上内导体圆筒带电量为 $+\lambda$ ，外导体圆筒带电量为 $-\lambda$ 时，求：

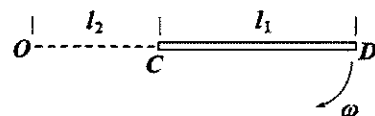
- 1) 电介质中任一点的电位移矢量大小 D ；
- 2) 电介质中任一点的电场强度大小 E ；
- 3) 两导体筒之间的电势差 ΔU ；
- 4) 此电容器的电容值 C 。



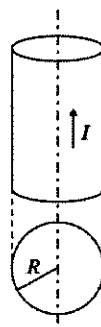
2. (4 分) 如图所示，半径为 R_1 的金属球带有电量 q ；在它外面同心地罩一金属球壳，其内、外半径分别为 R_2 和 R_3 ，球壳的电量为 Q 。若定义无穷远处为电势零点，求球心 O 点处的电势 U_O 和金属球壳的电势 $U_{壳}$ 。



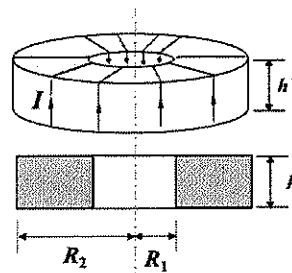
3. (4 分) 如图所示，一长度为 l_1 带电细棒 CD ，电荷线密度为 $\lambda = \lambda_0 x / l_1$ ，式中 λ_0 为一正常量， x 为到 O 点的距离。细棒绕垂直于棒的轴 O 以恒定的角速度 ω 转动。在旋转过程中，轴 O 与棒的端点 C 的距离保持 l_2 不变 (O 点在 DC 的延长线上)。求 O 点处的磁感应强度大小 B 。



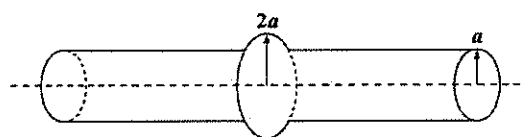
4. (4 分) 如图所示，真空中有一个无限长载流圆柱形导体，圆柱半径为 R ，圆柱截面积上均匀地通有沿轴向的电流 I 。设此导体的磁导率为 μ_0 ，求空间各处的磁感应强度大小 B 。



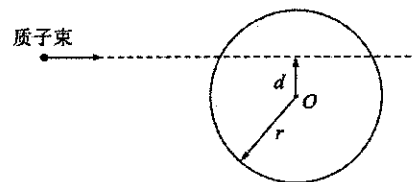
5. (4分) 如图所示, 一截面为矩形的螺绕环, 内半径为 R_1 , 外半径为 R_2 , 高为 h , 环上均匀密绕 N 匝线圈。求此螺绕环的自感系数 L 。



6. (4分) 电荷 Q 均匀分布在半径为 a , 长为 L ($L \gg a$) 的薄壁长圆筒表面上, 圆筒以角速度 ω 绕中心轴线旋转。一半径为 $2a$, 电阻为 R 的单匝圆形线圈同轴套在圆筒上, 如图所示。若圆筒的角速度按照 $\omega = \omega_0(1 - t/t_0)$ 的规律随时间 t 线性减小 (ω_0 和 t_0 为常量), 求圆形线圈中感应电流的大小。



7. (3分) 如图所示, 某质子加速器使每个质子获得动能 $E_k = 2000\text{eV}$, 很细的质子束射向一个远离加速器、半径为 r 的金属球, 从球心到质子束延长线的垂直距离为 $d = r/2$ 。假设质子与金属球相碰后将其电荷全部交给金属球, 经过足够长的时间后, 金属球的最高电势为多少? (以无穷远处的电势为零)



2018-2019 学年《大学物理 (A) I》第 2 学期考试试题 (A 卷)

注意事项:

1. 本卷共四大题, 6 页; 如有不对, 请与监考老师调换试卷!
2. 闭卷, 可使用计算器。
3. 答案写在答题卡上; 请在答题卡和本题卷上填写学号和姓名等信息。
4. 物理常量: 真空磁导率和真空电容率分别用符号 μ_0 和 ϵ_0 表示。

一、单项选择题 (20 分)

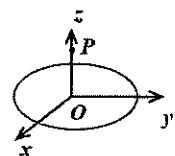
1. 如图所示, 作一个闭合曲面 S 包围点电荷 Q , 从无穷远处引入另一点电荷 q 至曲面 S 外一点, 则引入前后[]。

- A. 通过 S 的电场强度通量不变, S 上各点电场强度变化
- B. 通过 S 的电场强度通量不变, S 上各点电场强度不变
- C. 通过 S 的电场强度通量变化, S 上各点电场强度变化
- D. 通过 S 的电场强度通量变化, S 上各点电场强度不变



2. 如图所示, 有 N 个电量均为 q 的点电荷, 以两种方式分布在相同半径的圆周上: 一种是无规则地分布, 另一种是均匀分布。比较这两种情况下, 在过圆心 O 并垂直于圆平面的 z 轴上任一点 P 处的电场强度与电势, 则有[]

- A. 电场强度相等, 电势相等
- B. 电场强度不等, 电势不等
- C. 电场强度的 z 分量 E_z 相等, 电势不等
- D. 电场强度的 z 分量 E_z 相等, 电势相等

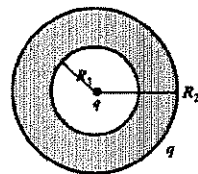


3. 选无穷远处为电势零点, 半径为 R 的导体球带电后, 其电势为 U_0 , 则球外离球心距离为 r 处的电场强度的大小为[]。

- A. $\frac{R^2 U_0}{r^3}$
- B. $\frac{U_0}{R}$
- C. $\frac{R U_0}{r^2}$
- D. $\frac{U_0}{r}$

4. 一空心导体球壳, 其内、外半径分别为 R_1 和 R_2 , 带电量为 q , 如图所示。当球壳中心处再放一电量为 q 的点电荷时, 则导体球壳的电势 (设无穷远处为电势零点) 为[]。

- A. $\frac{q}{2\pi\epsilon_0 R_1}$
- B. $\frac{q}{2\pi\epsilon_0 R_2}$
- C. $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_1}$
- D. $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_2}$

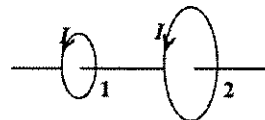


5. 有两个平面线圈A和B, 线圈A所围的面积是线圈B的 2 倍, 线圈A中所通的电流值也是线圈B的 2 倍。若把两线圈置入同一匀强磁场中, 则线圈A与线圈B所受的最大磁力矩大小之比 $M_A : M_B$ 为[]。

- A. 1
- B. 2
- C. 4
- D. 1/4

6. 面积为 S 和 $2S$ 的两圆线圈 1、2 如图平行放置, 通有相同的电流 I 。线圈 1 的电流所产生的磁场通过线圈 2 的磁通量用 Φ_{21} 表示, 线圈 2 的电流所产生的磁场通过线圈 1 的磁通量用 Φ_{12} 表示, 则 Φ_{21} 和 Φ_{12} 的大小关系为[]。

- A. $\Phi_{21} = \Phi_{12}$
- B. $\Phi_{21} > 2\Phi_{12}$
- C. $\Phi_{21} = 2\Phi_{12}$
- D. $\Phi_{21} = \Phi_{12}/2$



7. 在磁场方向和半导体中电流方向不变的条件下, 半导体中的载流子所受洛伦兹力的方向与载流子的种类[]

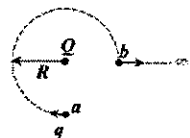
- A. 有关
- B. 无关

8. 在磁场方向和半导体中电流方向不变的条件下, 半导体中产生的霍尔电势差的正负与载流子的种类[]

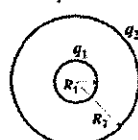
- A. 有关
- B. 无关

二、填空题 (35 分)

1. (4 分) 如图所示, 电量为 q 的检验电荷在电量为 Q 的静止点电荷的电场中, 沿半径为 R 的四分之三圆弧轨道, 由 a 点移动到 b 点的过程中电场力做功值为_____; 从 b 点再移动到无穷远处的过程中, 电场力做功值为_____。



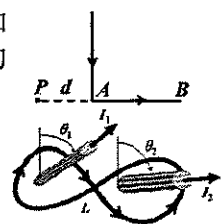
2. (3 分) 两同心薄金属球壳, 半径分别为 R_1 和 R_2 ($R_2 > R_1$), 若分别带上电量为 q_1 和 q_2 的电荷, 然后, 用导线将两个球壳相连, 则此时两球壳的电势值为_____。(选无穷远处为电势零点)



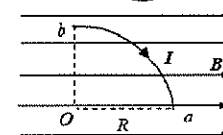
3. (3 分) 写出电流元 $Id\vec{l}$ 在 P 点处 (电流元到 P 点的位置矢量为 $\vec{r}$, 距离为 r) 产生的磁感应强度 $d\vec{B}$ 的表达式 $d\vec{B} =$ _____。此公式称为_____定律。



4. (3分) 一条无限长载流导线折成如图形状, 导线上通有恒定电流 I , 电流方向如图所示。P点在BA的延长线上, P点到折点A的距离为 d , 则P点处的磁感应强度的大小为_____, 方向为_____。



5. (2分) 如图所示, 一个八字形不规则闭合回路中, 穿过两根通电导线, 电流大小分别为 I_1 和 I_2 , 电流流向与回路平面法线方向的夹角分别成 θ_1 和 θ_2 角。若回路L的方向如图, 则磁感应强度 $\vec{B}$ 对回路L的积分 $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l}$ 等于_____。



6. (4分) 如图所示, 一根通有恒定电流 I 的导线被弯成半径为 R 的1/4圆弧(电流从b点流向a点), 放在磁感应强度大小为 B 的均匀磁场中, Oa 与磁场方向平行。则载流导线 ba 所受的磁场力的大小为_____, 方向为_____。

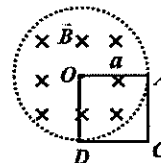


7. (3分) 半径为 a 的无限长密绕直螺线管, 单位长度上的匝数为 n , 围在管外有一同轴圆形回路(半径为 R), 则两者之间的互感系数 $M =$ _____。

8. (2分) 写出磁场的高斯定理(文字叙述); 它指明磁场是_____场。

9. (2分) 写出静电场的环路定理(文字叙述); 它指明静电场是_____场。

10. (9分) 均匀磁场充满在截面半径为 a 的圆柱形体积内, 磁感应强度方向垂直纸面向里, 且磁感应强度随时间的变化率 dB/dt 为大于零的常量($dB/dt = K$), O 点在磁场的中心。现有一个边长为 a 的正方形导体回路(各边的电阻值相等)如图放置, OA 和 OD 沿圆柱体的半径方向。



1) 画出C点处感生电场强度 $\vec{E}_C$ 的方向;

2) 比较C和D点处感生电场强度大小: E_C _____ E_D (填“>”、“<”或“=”);

3) AC 边内的感生电动势大小 $\varepsilon =$ _____;

4) 比较O点和D点的电势值: U_O _____ U_D (填“>”、“<”或“=”);

5) 若导体回路 $OACDO$ 的电阻值为 R , 则 OA 边内的电流值 $I =$ _____。

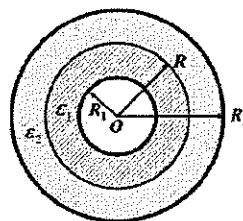
三、计算题(45分)

1. (10分) 如图所示, 两个同心薄金属球壳, 半径分别为 R_1 和 R_2 。球壳间充满两层同心的球壳形各向同性均匀电介质, 内、外层电介质的介电常量分别为 ε_1 和 ε_2 , 两层电介质分界面的半径为 R 。内球壳带电量为 Q 且外球壳接地。

1) 写出有电介质时的电场高斯定理的内容(文字叙述);

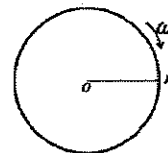
2) 电介质中任一点的电位移矢量大小 D ; 3) 电介质中任一点的电场强度大小 E ;

4) 两金属球壳间的电势差 ΔU ; 5) 此电容器的电容值 C 。

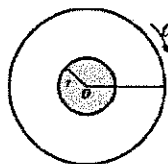


2. (6分)

1) 如图所示, 一半径为 R 的均匀带正电荷的平面圆盘, 电荷面密度为 σ 。圆盘绕通过盘心 O 点且垂直于盘面的中心轴以恒定角速度 ω 作定轴转动。求盘心 O 点处的磁感应强度大小。

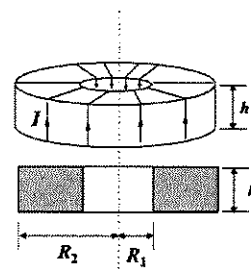


2) 如图所示, 一半径为 R 的带电塑料圆盘, 其中有一个半径为 r 的阴影部分均匀带负电荷, 电荷面密度为 $-\sigma$, 其余部分均匀带正电荷, 电荷面密度为 $+\sigma$ 。当圆盘绕通过盘心 O 点且垂直于盘面的中心轴以恒定角速度 ω 作定轴转动。测得 O 点处的磁感应强度大小为零, 则 R 和 r 的关系是什么?



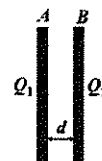
3. (10 分) 如图所示, 一截面为矩形的螺绕环, 内半径为 R_1 , 外半径为 R_2 , 高为 h , 环上均匀密绕 N 匝线圈。线圈中通有电流 I 。

- 1) 利用恒定电流磁场的安培环路定理计算螺绕环内的磁感应强度的大小;
- 2) 用两种方法求出此螺绕环的自感系数 L 。法一: 定义法; 法二: 能量法。



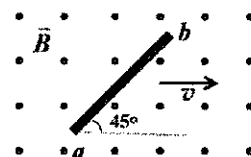
4. (8 分) 如图所示, A 、 B 为靠得很近的两块平行的大金属平板, 两板的面积均为 S , 板间的距离为 d 。今使 A 板带电量为 $+Q_1$, B 板带电量为 $+Q_2$, 且 $Q_1 > Q_2 > 0$ 。忽略边缘效应。

- 1) 求 A 和 B 板各个面的电荷面密度; (写出详细解题过程)
- 2) 求板 AB 间的电势差 U_{AB} ;
- 3) 将 B 板的左侧面接地, 求此时板 AB 间的电势差 U'_{AB} 。



5. (6 分) 长为 L 的导体棒 ab 放在匀强磁场 (磁感应强度大小为 B , 方向垂直纸面向外) 中, 棒与磁场方向垂直, 如图所示。

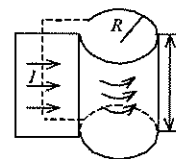
- 1) 当棒在垂直于磁场方向平面内与选定的参考线 (图中的虚线) 成 45° 角, 以速率 v 平行于参考线向右运动时, 求棒中的动生电动势大小 ε , 棒中哪端的电势高?
- 2) 若棒在与磁场方向垂直的平面内绕棒的一端 a 以角速度 ω 转动时, 求棒中的动生电动势大小 ε' 。



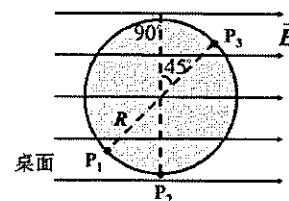
6. (5 分) 一个面积为 S , 板间距离为 d_1 的空气平行板电容器两个极板的带电量分别为 $+Q$ 和 $-Q$ 。用外力将两极板缓慢地拉开使板间距离增加到 d_2 。忽略边缘效应, 利用两种方法求出外力在拉开极板过程中所做的功 A 。

四、附加题 (10 分)

1. (4 分) 如图所示, 将一宽度为 l 的薄铜片卷成一个半径为 R 的细圆筒, 设 $l \gg R$, 电流 I 均匀分布通过此铜片。若忽略边缘效应, 则筒内磁感应强度的大小为 _____; 若不考虑左侧两个伸展面部分 (见图), 则此装置的自感系数为 _____。



2. (6 分) 如图所示, 光滑绝缘水平桌面上有一质量 m 、半径 R 的匀质薄圆板。圆板均匀带正电荷, 电量为 q 。空间有场强为 $\vec{E}$ 的匀强静电场。可以过圆板圆周上的 P_1 或 P_2 或 P_3 点设置一个竖直、光滑、绝缘转轴, P_1 、 P_2 、 P_3 的方位在图中已标出。设置转轴后, 从静止释放的圆板会作定轴转动, 转动角速度的最大值依次记为 $\omega_{1\max}$ 、 $\omega_{2\max}$ 和 $\omega_{3\max}$, 则三个中最大值为哪个? 此值为多少? 当角速度达到此值时, 转轴提供的支持力大小为多少?



2023-2024 学年《大学物理 (A) I》第 2 学期考试试题 (A 卷) 答案

一、单项选择题 (39 分)

1. B 2. B 3. A 4. B 5. A 6. B 7. A (每题 1 分)
 8. C (3 分) 9. C (2 分) 10. D (3 分) 11. C (2 分) 12. A (2 分)
 13. D (3 分) 14. D (3 分) 15. A (2 分) 16. A (2 分) 17. B (2 分)
 18. A (2 分) 19. D (2 分) 20. B (2 分) 21. A (2 分)

二、填空题 (22 分)

1. $ba^2(\sqrt{2}-1)$ 或 $ba^2(\sqrt{2a}-\sqrt{a})$ (2 分) 2. $\frac{q_1+q_2}{4\pi\epsilon_0 R_2}$ (3 分)
 3. Bla (3 分) 4. $\frac{5}{2}B\omega R^2$ 或 $-\frac{5}{2}B\omega R^2$ (3 分)
 5. 1) $<$ (2 分) 2) 0 (1 分)
 3) $\frac{1}{4}Ka^2$ 或 $-\frac{1}{4}Ka^2$ 或 $\frac{1}{4}\frac{dB}{dt}a^2$ 或 $-\frac{1}{4}\frac{dB}{dt}a^2$ (2 分) 4) $>$ (1 分)
 6. $\frac{\mu N^2 S}{l}$ (3 分) 7. 10 (2 分)

三、计算题 (39 分)

1. 解:

- 1) 球壳内表面的电荷量 $Q_{\text{内}} = -q$ (2 分) 2) 球壳外表面的电荷量 $Q_{\text{外}} = Q + q$ (2 分)

- 3) 利用电势叠加原理, 得到球心处的电势 $U_0 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 d} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_1} + \frac{q+Q}{4\pi\epsilon_0 R_2}$ (1 分)

2. 解:

- 1) 利用有电介质的电场的高斯定理 $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum_{(S)} q_{0i}$

得出: 电介质中的电位移矢量大小为 $D = \frac{Q}{4\pi r^2}$ (3 分)

- 2) 内层电介质中任一点的电场强度大小 $E_1 = \frac{D}{\epsilon_1} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_1 r^2}$ (1 分)

- 3) 外层电介质中任一点的电场强度大小 $E_2 = \frac{D}{\epsilon_2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_2 r^2}$ (1 分)

- 4) 两金属球壳间的电势差

$$\Delta U = \int_{R_1}^{R_2} E dr = \int_{R_1}^R \frac{Q}{4\pi\epsilon_1 r^2} dr + \int_R^{R_2} \frac{Q}{4\pi\epsilon_2 r^2} dr \quad (2 \text{ 分})$$

$$= \frac{Q}{4\pi\epsilon_1} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R} \right) + \frac{Q}{4\pi\epsilon_2} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (1 \text{ 分})$$

3. 解: 法一: 等效电流法

- 1) 取半径为 r , 宽度 dr 的微圆环, 此微圆环的面积

$$dS = 2\pi r dr \quad (1 \text{ 分})$$

- 2) 微圆环的电荷量 $dq = \sigma dS = 2\pi r dr$

微圆环形成的等效圆电流为

$$dI = dq \frac{\omega}{2\pi} = 2\pi r dr \frac{\omega}{2\pi} = \sigma \omega r dr \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{微圆环在环心 } O \text{ 点处的磁感应强度 } dB = \frac{\mu_0}{2r} dI = \frac{\mu_0 \sigma \omega dr}{2} \quad (1 \text{ 分})$$

- 3) 环心 O 点处的磁感应强度大小

$$B = \int dB = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 \sigma \omega dr}{2} = \frac{1}{2} \mu_0 \sigma \omega (R_2 - R_1) \quad (1 \text{ 分})$$

或

- 1) 所选取的微元的面积为

$$dS = r dr d\theta \quad (1 \text{ 分})$$

微元的电荷量

$$dq = \sigma dS = \sigma r dr d\theta$$

$$\text{微元形成的等效圆电流为 } dI = dq \frac{\omega}{2\pi} = \sigma r dr d\theta \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\sigma \omega r dr d\theta}{2\pi} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{微元磁场在环心 } O \text{ 点处的磁感应强度 } dB = \frac{\mu_0}{2r} dI = \frac{\mu_0 \sigma \omega r dr d\theta}{4\pi} \quad (1 \text{ 分})$$

环心 O 点处的磁感应强度大小

$$B = \int dB = \int_0^{2\pi} \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 \sigma \omega r dr d\theta}{4\pi} = \frac{\mu_0 \omega \sigma}{2} (R_2 - R_1) \quad (1 \text{ 分})$$

法二:

所选取的微元的面积为

$$dS = r dr d\theta \quad (1 \text{ 分})$$

微元的电荷量

$$dq = \sigma dS = \sigma r dr d\theta$$

利用运动点电荷产生的磁场公式 $\vec{B} = \frac{\mu_0 q \vec{v} \times \vec{e}_r}{4\pi r^2}$ (1 分)

微元在环心 O 点处的磁感应强度 $dB = \frac{\mu_0 \omega r dq}{4\pi r^2} = \frac{\mu_0 \omega \sigma r dr d\theta}{4\pi}$ (1 分)

环心 O 点处的磁感应强度大小 $B = \int dB = \int_0^{2\pi} \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 \omega \sigma r dr d\theta}{4\pi} = \frac{\mu_0 \omega \sigma}{2} (R_2 - R_1)$ (1 分)

4. 解:

1) 有磁介质的恒定磁场的安培环路定理 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_{(内)} I_c$, $H = \frac{1}{2\pi r} \sum_{(内)} I_c$

磁介质中 ($R_1 < r < R_2$): $H = \frac{I}{2\pi r}$ (2 分)

2) $B = \mu H = \frac{\mu I}{2\pi r}$ (2 分)

3) $w_m = \frac{1}{2} BH = \frac{1}{2} \mu H^2 = \frac{B^2}{2\mu}$ (1 分)

$$w_m = \frac{\mu I^2}{8\pi^2 r^2}$$

4) 电缆沿轴向单位长度的磁能

$$W_m = \int_V w_m dV = \int_{R_1}^{R_2} w_m 2\pi r dr = \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{2} \mu \left(\frac{I}{2\pi r} \right)^2 2\pi r dr = \frac{\mu I^2}{4\pi} \ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \quad (2 \text{ 分})$$

或者 $W_m = \int_V w_m dV = \int_0^{2\pi} \int_{R_1}^{R_2} w_m r dr d\theta = \frac{\mu I^2}{4\pi} \ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right)$

5. 解:

1) 长直导线通有电流 I , 产生的磁场的磁感应强度大小为

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (1 \text{ 分})$$

穿过矩形线圈的磁通量为

$$\phi = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_a^{a+b} \frac{\mu_0 I}{2\pi r} h dr = \frac{\mu_0 I h}{2\pi} \ln \left(\frac{a+b}{a} \right) \quad (2 \text{ 分})$$

2) 长直导线与矩形线圈间的互感系数

$$M = \frac{\phi}{I} = \frac{\mu_0 h}{2\pi} \ln \left(\frac{a+b}{a} \right) \quad (\text{公式 2 分})$$

3) 长直导线中互感电动势大小

$$\varepsilon_M = -M \frac{dI'}{dt} = \frac{3\mu_0 h}{2\pi} \ln \left(\frac{a+b}{a} \right) I_0 e^{-3t} \quad (2 \text{ 分})$$

6. 解:

1) 初状态: $C_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{d_1}$; 末状态: $C_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{d_2}$ (1 分)

电容器的储能为 $W = \frac{Q^2}{2C}$ 或 $W = \frac{1}{2} CU^2$ 或 $W = \frac{1}{2} UQ$ 或 $W = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2 V$ (1 分)

此过程中, 电容器储能的增量 $\Delta W_e = \frac{Q^2}{2C_2} - \frac{Q^2}{2C_1} = \frac{Q^2(d_2 - d_1)}{2\varepsilon_0 S}$ (1 分)

2) 外力所做的功 $A = \Delta W_e = \frac{Q^2(d_2 - d_1)}{2\varepsilon_0 S}$ (1 分)

法二: 两个板之间的吸引力大小为 $F = \frac{Q^2}{2\varepsilon_0 S}$

外力所做的功 $A_{\text{外}} = F(d_2 - d_1) = \frac{Q^2(d_2 - d_1)}{2\varepsilon_0 S}$

7. 解: 1) 微元带的电荷线密度 $\lambda = \sigma dx$ (1 分)

此微元带的电场在 P 点处的场强 $dE = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0(b-x)} = \frac{\sigma dx}{2\pi\varepsilon_0(b-x)}$ (1 分)

2) P 点处的场强

$$E = \int dE = \int_0^a \frac{\sigma dx}{2\pi\varepsilon_0(b-x)} = \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon_0} \ln \left(\frac{b}{b-a} \right) \quad (2 \text{ 分})$$

四、附加题 (15 分)

1. 略

2. $\frac{\varepsilon_0 \pi R^2}{d} \frac{dU}{dt}$ 或 $\frac{\varepsilon_0 \pi R^2}{d} U'$ (2 分)

3. $\frac{\rho}{3\varepsilon_0} \left(\frac{a^3}{r} - \frac{b^3}{r+c} \right)$ (3 分)

$\frac{\varepsilon_0 r}{2d} \frac{dU}{dt}$ 或 $\frac{\varepsilon_0 r}{2d} U'$ 或 $\frac{rI_d}{2\pi R^2}$ (2 分)

4. $\frac{\mu_0 h I}{4\pi} + \frac{\mu_0 h I}{2\pi} \ln 2$ (4 分)

2022-2023 学年《大学物理 (A) I》第 2 学期考试试题 (A 卷) 答案

一、单项选择题 (33 分)

1. C 2. B 3. D 4. B 5. D 6. B
7. D 8. C 9. A 10. C 11. A 12. A

二、填空题 (30 分)

- $\frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ (3 分)
- $\frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 R}$ (2 分)
- $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 d(L+d)}$ 或 $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 L} \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{L+d} \right)$ (2 分)
- $-q(1\text{分}), Q+q(1\text{分}), \frac{Q+q}{4\pi\epsilon_0 R_2}$ (2 分)
- $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 a} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{b^2+r^2}}$ (3 分)
- 0.625 (3 分)
- 0 (2 分); 0.24 (2 分)
- 垂直于纸面向上 或 垂直纸面向外 或 向外 (1 分), $B\pi R^2$ (2 分)
- $\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$ 或 $\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \vec{e}_r}{r^2}$ (2 分) $\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \vec{r}'}{r'^3}$ 或 $\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \vec{e}_{r'}}{r'^2}$ (1 分)
- $\frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi} \ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right)$ (3 分)

三、计算题 (37 分)

1. (5 分) 取半径为 r , 宽度 dr 的圆环, 此圆环的带电量 $dq = \sigma r \theta_0 dr$ (1 分)

此圆环的形成的等效圆电流为

$$dI = dq \frac{\omega}{2\pi} = \sigma r \theta_0 dr \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\sigma \omega \theta_0 r}{2\pi} dr \quad (1 \text{ 分})$$

$$dB = \frac{\mu_0}{2r} dI = \frac{\mu_0 \sigma \omega \theta_0 dr}{4\pi}, \text{ 方向垂直纸面向里} \quad (1 \text{ 分})$$

O 点处的磁感应强度大小

$$B = \int dB = \int_0^R \frac{\mu_0 \sigma \omega \theta_0 dr}{4\pi} = \frac{\mu_0 \sigma \omega \theta_0 R}{4\pi} \quad (1 \text{ 分})$$

方向垂直纸面向里 (1 分)

取极坐标系小面元, 此面元的带电量 $dq = \sigma r dr d\theta$ (1 分)

$$\text{利用运动点电荷产生的磁场公式 } \vec{B} = \frac{\mu_0 q \vec{v} \times \vec{e}_r}{4\pi r^2} \quad (1 \text{ 分})$$

得到此面元在 O 点处的磁感应强度

$$dB = \frac{\mu_0 \sigma \omega r^2 dr d\theta}{4\pi r^2} = \frac{\mu_0 \sigma \omega dr d\theta}{4\pi}, \text{ 方向垂直纸面向里}$$

$$B = \int dB = \int_0^R \int_0^{\theta_0} \frac{\mu_0 \sigma \omega dr d\theta}{4\pi} = \frac{\mu_0 \sigma \omega \theta_0 R}{4\pi} \quad (2 \text{ 分})$$

方向垂直纸面向里 (1 分)

2. (6 分)

$$1) \oint_L \vec{E}_i \cdot d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \quad 2\pi r E_i = \frac{dB}{dt} \pi r^2$$

$$E_i = \frac{dB}{dt} \frac{r}{2} = \frac{r}{2} K (r < R) \quad (3 \text{ 分})$$

$$2) \varepsilon_{ab} = \varepsilon_{abOa} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\varepsilon_{ab} = \frac{1}{2} K l \sqrt{R^2 - (l/2)^2} \quad (2 \text{ 分})$$

- 3) c 点电势高 (1 分)

3. (5 分)

通有恒定电流 I 的无限长直导线的磁场 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}$

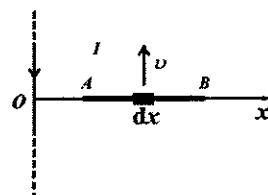
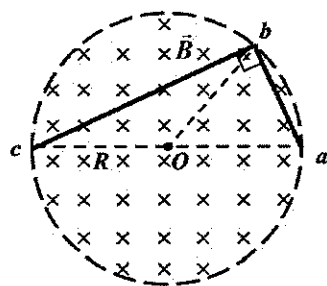
取如图所示的微元, 此微元上动生电动势

$$d\varepsilon = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = v B dx = \frac{\mu_0 v I}{2\pi x} dx \quad (\text{公式 } 2 \text{ 分})$$

棒中的动生电动势为

$$\varepsilon = \int_{L_2}^{L_1+L_2} d\varepsilon = \int_{L_2}^{L_1+L_2} \frac{\mu_0 v I}{2\pi x} dx = \frac{\mu_0 v I}{2\pi} \ln \left(\frac{L_1+L_2}{L_2} \right) \quad (\text{结果, } 2 \text{ 分})$$

B 端电势高. (1 分)



4. (9 分)

 1) 有电介质时电场的高斯定理 $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum_{(S)} q_{0i}$, 得出: 电介质中的电位移矢量大小为 $D = \lambda / (2\pi r) (R_1 < r < R_2)$ (2 分)

2) 电介质中的电场强度大小为

$$E = \begin{cases} \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon_{r1}r} & (R_1 < r < R) \\ \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon_{r2}r} & (R < r < R_2) \end{cases} \quad (2 \text{ 分})$$

3) 圆柱形导体和导体圆筒之间的电势差

$$\Delta U = \int_{R_1}^{R_2} E dr = \int_{R_1}^R \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon_{r1}r} dr + \int_R^{R_2} \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon_{r2}r} dr = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon_{r1}} \ln\left(\frac{R}{R_1}\right) + \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon_{r2}} \ln\left(\frac{R_2}{R}\right) \quad (2 \text{ 分})$$

4) 此电容器的电容值

$$C = \frac{\lambda L}{\Delta U} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_{r1}\epsilon_{r2}L}{\epsilon_{r2}\ln\left(\frac{R}{R_1}\right) + \epsilon_{r1}\ln\left(\frac{R_2}{R}\right)} \quad (1 \text{ 分})$$

 5) 内层电介质中最大场强在 $r = R_1$ 处, 场强值为 $E_{1\max} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon_{r1}R_1}$,

 外层电介质中最大场强在 $r = R$ 处, 场强值为 $E_{2\max} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon_{r2}R}$

$$\frac{E_{1\max}}{E_{2\max}} = \frac{\epsilon_{r2}R}{\epsilon_{r1}R_1} = \frac{R}{2R_1} < \frac{R_2}{2R_1} = 0.75 \quad (1 \text{ 分})$$

由此可见, 当两导体圆筒之间电势差逐渐增大, 外层电介质中最大场强值先达到击穿场强, 因而, 外层电介质先被击穿。(1 分)

 5. (7 分) 有磁介质的恒定磁场的安培环路定理 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_{(内)} I_c$, $H = \frac{1}{2\pi r} \sum_{(内)} I_c$

 1) 长直导线中 ($r < a$):

$$H = \frac{I}{2\pi r} \frac{r^2}{a^2} = \frac{Ir}{2\pi a^2} \quad (2 \text{ 分})$$

 2) 磁介质中 ($a < r < b$):

$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad (1 \text{ 分}), \quad B = \frac{\mu I}{2\pi r} \quad (1 \text{ 分})$$

3) 电缆沿轴向单位长度的磁能

$$W_m = \int_0^b w_m 2\pi r dr = \int_0^a \frac{1}{2} \mu' \left(\frac{Ir}{2\pi a^2} \right)^2 2\pi r dr + \int_a^b \frac{1}{2} \mu \left(\frac{I}{2\pi r} \right)^2 2\pi r dr \\ = \frac{\mu' I^2}{16\pi} + \frac{\mu I^2}{4\pi} \ln\left(\frac{b}{a}\right) \quad (3 \text{ 分})$$

6. (5 分)

 设细螺绕环通以电流 I_1 , 磁场集中在环内, 细环内的磁感应强度为

$$B = \mu_0 \mu_r n I_1 \quad (1 \text{ 分})$$

在正方形线圈中的互感磁链数

$$\phi = NBS = \mu_0 \mu_r n I_1 NS \quad (1 \text{ 分})$$

 两者互感系数 $M = \frac{\phi}{I_1} = \mu_0 \mu_r n NS \quad (1 \text{ 分})$

螺绕环线圈中的互感电动势

$$\varepsilon = -M \frac{dI}{dt} = -\mu_0 \mu_r n NS I_0 \omega \cos(\omega t) \quad (2 \text{ 分}, \text{ 其中, 公式 1 分, 结果 1 分})$$

四、附加题 (15 分)

 1. $\epsilon_0 K \pi R^2$ 或 $\epsilon_0 \frac{dE}{dt} \pi R^2$ (2 分);

$$\frac{\epsilon_0 K r}{2} \text{ 或 } \frac{r}{2} \epsilon_0 \frac{dE}{dt} \quad (2 \text{ 分})$$

2. 量子霍尔或整数量子霍尔 (1 分); 分数量子霍尔 (1 分)

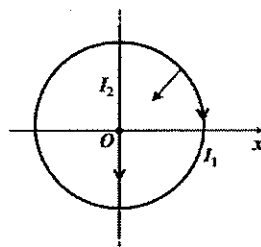
 3. 建立如图所示的直角坐标系, 长直电流 I_2 的磁场

$$B = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi x},$$

$$dF = B I_1 dl = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi x} R d\theta$$

 由对称性分析, 圆电流受力沿着 x 负方向,

$$dF_x = -dF \cos \theta = -\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} d\theta$$



$$F_x = \int_0^{2\pi} dF_x = -\int_0^{2\pi} \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} d\theta = -\mu_0 I_1 I_2 \quad (4 \text{ 分})$$

4. (5 分)

法一:

$$\text{棒中的动生电动势 } \varepsilon = \frac{1}{2} B \omega L^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{棒中的感应电流 } I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{B \omega L^2}{2R}$$

$$\text{受到的力矩 } M = -\int_0^L r I B dr = -\frac{1}{2} B I L^2 = -\frac{B^2 \omega L^4}{4R} \quad (M = -\int_0^L r I B dr = -\frac{1}{2} B I L^2, \quad 2 \text{ 分})$$

$$M = \frac{1}{3} m L^2 \frac{d\omega}{dt}$$

$$-\frac{1}{4R} B^2 L^4 \int_0^t dt = \frac{1}{3} m L^2 \int_{\omega_0}^{\omega} \frac{d\omega}{\omega}, \quad -\frac{3B^2 L^2}{4mR} \int_0^t dt = \int_{\omega_0}^{\omega} \frac{d\omega}{\omega}$$

$$\omega = \omega_0 \exp\left(-\frac{3B^2 L^2}{4mR} t\right) \quad (\text{结果正确, } 2 \text{ 分})$$

法二:

$$\text{棒中的动生电动势 } \varepsilon = \frac{1}{2} B \omega L^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{棒中的感应电流 } I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{B \omega L^2}{2R}$$

金属棒转动动能的减小等于消耗在回路上的焦耳热量

$$-\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} J \omega^2 \right) = I^2 R \quad (2 \text{ 分}), \quad -J \omega \frac{d\omega}{dt} = I^2 R = \left(\frac{B \omega L^2}{2R} \right)^2 R = \frac{B^2 \omega^2 L^4}{4R}$$

$$\frac{d\omega}{\omega} = -\frac{3B^2 L^2}{4mR} dt$$

$$\omega = \omega_0 \exp\left(-\frac{3B^2 L^2}{4mR} t\right) \quad (\text{结果正确, } 2 \text{ 分})$$

2021-2022 学年《大学物理 (A) I》第 2 学期考试试题 (A 卷) 答案

一、判断题 (8 分)

1. × 2. √ 3. √ 4. √ 5. × 6. × 7. √ 8. × (每题 1 分)

二、单项选择题 (66 分)

 1.A 2.A 3.A 4.B 5.B 6.C 7.C 8.A 9.D 10.B 11.D 12.A 13.B 14.A 15.A
 16.B 17.D 18.D 19.D 20.B 21.D 22.A 23.C 24.E 25.A 26.C 27.D 28.A
 29.C 30.D 31.A 32.B 33.D (每题 2 分)

三、计算题 (31 分)

1. (7 分)

 1) 有电介质时电场的高斯定理 $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum_{(S)} q_{0i}$

 得出: 电介质中的电位移矢量大小为 $D = \lambda / (2\pi r) \quad (a < r < b)$ (2 分)

 2) 电介质中的电场强度大小为 $E = \begin{cases} \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_1 r} & (a < r < R) \\ \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_2 r} & (R < r < b) \end{cases}$ (2 分)

3) 圆柱形导体和导体圆筒之间的电势差

$$\Delta U = \int_a^b E dr = \int_a^R \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_1 r} dr + \int_R^b \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_2 r} dr = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_1} \ln\left(\frac{R}{a}\right) + \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_2} \ln\left(\frac{b}{R}\right) \quad (2 \text{ 分})$$

 4) 沿轴线单位长度的电容值 $C = \frac{\lambda}{\Delta U} = \frac{2\pi\epsilon_1\epsilon_2}{\epsilon_2 \ln\left(\frac{R}{a}\right) + \epsilon_1 \ln\left(\frac{b}{R}\right)}$ (1 分)

2. (8 分)

 安培环路定理 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_{(L)} I_c$, $H = \frac{1}{2\pi r} \sum_{(L)} I_c$

 1) 长直导线中 ($r < R_1$): $H = \frac{I}{2\pi r} \frac{r^2}{R_1^2} = \frac{Ir}{2\pi R_1^2}$ (2 分)

 2) 磁介质中 ($R_1 < r < R_2$): $H = \frac{I}{2\pi r}$, $B = \frac{\mu I}{2\pi r}$ (2 分)

3) 电缆沿轴向单位长度的磁能

$$W_m = \int_0^{R_2} w_m 2\pi r dr = \int_0^{R_1} \frac{1}{2} \mu' \left(\frac{Ir}{2\pi R_1^2} \right)^2 2\pi r dr + \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{2} \mu \left(\frac{I}{2\pi r} \right)^2 2\pi r dr$$

$$= \frac{\mu' I^2}{16\pi} + \frac{\mu I^2}{4\pi} \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right) \quad (2 \text{ 分})$$

 4) $W_m = \frac{1}{2} LI^2$, $L = \frac{\mu'}{8\pi} + \frac{\mu}{2\pi} \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$ (2 分)

3. (5 分)

1) c 点处感生电场方向如图所示 (1 分)

评分规则: 方向正确, 得 1 分。

 2) $\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_s \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$

$$2\pi r E = \frac{dB}{dt} \pi a^2, E_c = \frac{dB}{dt} \frac{a^2}{2\sqrt{2}a} = \frac{a}{2\sqrt{2}} K = \frac{\sqrt{2}a}{4} K \quad (2 \text{ 分})$$

 3) $\epsilon_{AC} = \epsilon_{OACO} = - \frac{d\Phi}{dt}$, $\epsilon_{AC} = \frac{1}{8} \pi a^2 K$ (2 分)

4. (6 分)

1) 在子弹打击木棒过程中, 木棒和子弹系统对轴 O 的角动量守恒

$$m x v_0 = \left(\frac{1}{3} M L^2 + m x^2 \right) \omega \quad (2 \text{ 分}), \quad \omega = \frac{3 m x v_0}{M L^2 + 3 m x^2} \quad (1 \text{ 分})$$

 2) 子弹打击木棒前, 棒和子弹的动量在水平方向值为 $p_{1t} = m v_0$, 方向向右

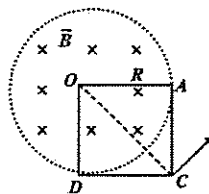
 子弹打击木棒后, 棒和子弹的动量在水平方向值为 $p_{2t} = M \omega \frac{L}{2} + m \omega x$, 方向向右, 因而轴 O

 对木棒在水平方向上的冲量 $\vec{I}_t = \vec{p}_{2t} - \vec{p}_{1t} = \left(M \omega \frac{L}{2} + m \omega x - m v_0 \right) \vec{i}$ (2 分)

$$= \frac{m M v_0 L \left(\frac{3}{2} x - L \right)}{M L^2 + 3 m x^2} \vec{i} \quad \vec{i} \text{ 为水平方向上的单位矢量}$$

 3) 当 $\frac{2}{3} L < x \leq L$ 时, 轴 O 对木棒在水平方向上的轴力的冲量方向是向右。 (1 分)

5. (5 分)

 1) 杆所受重力对轴 O 的力矩大小为 $M = \frac{1}{2} m g L \sin \theta$ (1 分)


2) 杆受到轴力和重力作用, 轴力对轴 O 的力矩为零, 重力对轴 O 的力矩大小为 $M = \frac{1}{2}mgL\sin\theta$

由刚体定轴转动定理: $M = J\alpha$

杆的角加速度 $\alpha = \frac{M}{J} = \frac{\frac{1}{2}mgL\sin\theta}{\frac{1}{3}mL^2} = \frac{3g\sin\theta}{2L}$ (1 分)

3) $E_k + \frac{1}{2}mgL\cos\theta = \frac{1}{2}mgL$, $E_k = \frac{1}{2}mgL(1 - \cos\theta)$ (1 分)

4) 法一: $\frac{1}{2}J\omega^2 = \frac{1}{2}mgL(1 - \cos\theta)$, $\omega = \sqrt{3g(1 - \cos\theta)/L}$ (2 分)

法二: $\frac{1}{2}mgL\sin\theta = \frac{1}{3}mL^2\alpha$, $\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d\omega}{d\theta} \frac{d\theta}{dt} = \frac{d\omega}{d\theta} \omega$

$\int_0^\theta \frac{1}{2}mgL\sin\theta d\theta = \int_0^\omega \frac{1}{3}mL^2\omega d\omega$, $\omega = \sqrt{3g(1 - \cos\theta)/L}$

2020-2021 学年《大学物理 (A) I》第 2 学期考试试题 (A 卷) 答案

一、单项选择题 (25 分)

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

1-5 题每题 3 分, 6-10 题, 每题 2 分

二、填空题 (30 分)

1. $\frac{\sigma\pi R^2}{2\varepsilon_0}$ (3 分)

2.1:-1 (2 分); $d_2:d_1$ (1 分); $\frac{Qd_2}{(d_1+d_2)s}$ (2 分)

3.1 (2 分); ε_r (2 分)

4. $\frac{1}{2}BI\pi R^2$ (2 分); (在纸面内) 向下 (2 分)

5.0 (2 分); $\frac{1}{2}B\omega a^2$ (2 分)

6. $\varepsilon_0\pi R^2 \frac{dE}{dt}$ (3 分)

7. $\frac{1}{2}\mu_0\omega\sigma(R_2-R_1)$ (2 分); $-\frac{1}{2}\mu_0\sigma\pi r^2(R_2-R_1)K$ (2 分)

8. $\frac{\mu_0\hbar}{2\pi R}$ (3 分)

三、计算题 (45 分)

1.1) 球壳内表面的电量为 $-q$ (1 分); 球壳外表面的电量为 $Q+q$ (1 分)

2) 利用电势叠加原理, 得到球心处的电势 $U_o = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 d} - \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R_1} + \frac{q+Q}{4\pi\varepsilon_0 R_2}$ (2 分)

3) 球壳外的电场强度大小为 $E = \frac{q+Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$, $U_{壳} = \int_{R_2}^{\infty} \frac{q+Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} dr = \frac{q+Q}{4\pi\varepsilon_0 R_2}$ (2 分)

2.1) 电荷分布具有柱对称性, 因而, 电位移矢量也具有柱对称性, 取半径为 r , 长为 l 的同轴闭合圆柱面为高斯面, 应用电场的高斯定理 $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum_{内} q_0$, 得出 $D \cdot 2\pi rl = \lambda l$

求得电介质中的电位移矢量大小为 $D = \frac{\lambda}{2\pi r}$ (2 分)

2) 电场强度大小为 $E = \frac{D}{\varepsilon_0\varepsilon_r} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r}$ (2 分)

3) 内、外金属筒之间的电势差 $\Delta U = \int_{R_1}^{R_2} E dr = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r} dr = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \ln \frac{R_2}{R_1}$ (2 分)

4) 沿轴线单位长度电介质中静电场能量 $W = \frac{1}{2}\lambda\Delta U = \frac{\lambda^2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \ln \frac{R_2}{R_1}$ (2 分)

法二: 静电场的能量密度 $w = \frac{1}{2}DE$ 或 $w = \frac{1}{2}\varepsilon_0\varepsilon_r E^2$, $W = \int_{R_1}^{R_2} w 2\pi r dr = \frac{\lambda^2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \ln \frac{R_2}{R_1}$

5) 电介质中场强在为 $r = R_1$ 最大, 令该处场强等于击穿场强 $E|_{r=R_1} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R_1} = E_m$

$\lambda_m = 2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R_1 E_m$ (2 分)

3.法一: 取如图所示的微元, 此微元上的电流 $dI = \frac{Idx}{a}$ (2 分)

微元上的电流在 P 点处产生的磁感应强度大小 $dB = \frac{\mu_0}{2\pi(a+b-x)} dI$

$$B = \int_0^a dB = \int_0^a \frac{\mu_0}{2\pi(a+b-x)} \frac{Idx}{a} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \ln \left(\frac{a+b}{b} \right) \quad (2 \text{ 分})$$

法二: 选 P 点为坐标原点, 取如图所示的微元, 此微元上的电流 $dI = \frac{Idx}{a}$ (2 分)

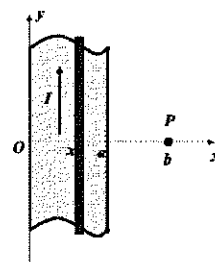
微元上的电流在 P 点处产生的磁感应强度大小 $dB = \frac{\mu_0}{2\pi x} dI$

$$B = \int_b^{a+b} dB = \int_b^{a+b} \frac{\mu_0}{2\pi x} \frac{Idx}{a} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \ln \left(\frac{a+b}{b} \right) \quad (2 \text{ 分})$$

4.1) 安培环路定理 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum I_{内}$; $H = \frac{1}{2\pi r} \sum I_{内}$

直导线和圆筒之间 ($R_1 < r < R_2$): $H = \frac{I}{2\pi r}$ (2 分), $B = \frac{\mu I}{2\pi r}$ (1 分)

2) 圆筒内 ($R_2 < r < R_3$): $H = \frac{I}{2\pi r} \left(1 - \frac{r^2 - R_2^2}{R_3^2 - R_2^2} \right) = \frac{I}{2\pi r} \left(\frac{R_3^2 - r^2}{R_3^2 - R_2^2} \right)$ (2 分)



$$3) \text{ 直导线内区域 } (r < R_1): H = \frac{I}{2\pi r R_1^2} = \frac{Ir}{2\pi R_1^2} \quad (2 \text{ 分}), B = \frac{\mu' I}{2\pi r R_1^2} = \frac{\mu' Ir}{2\pi R_1^2}$$

$$\text{直导线内的磁能密度为 } w_m = \frac{B^2}{2\mu'} = \frac{\mu' I^2 r^2}{8\pi^2 R_1^4} \quad (2 \text{ 分})$$

5.1) 0 (1 分)

$$2) \varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{dB}{dt} \frac{\pi a^2}{2} \quad (1 \text{ 分}), I = -\frac{dB}{dt} \frac{\pi a^2}{2R} = -K \frac{\pi a^2}{2R} \quad (1 \text{ 分})$$

$$3) \text{ 连接 } OA_3, OA_4, \varepsilon_{A_3 A_4} = \varepsilon_{OA_3 A_4} = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{dB}{dt} \frac{\pi a^2}{6} = -K \frac{\pi a^2}{6} \quad (2 \text{ 分})$$

4) 0 (1 分)

$$6. \oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I, \text{ 得出 } B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r} \quad (r_1 < r < r_2) \quad (2 \text{ 分})$$

法一: 定义法

$$\text{通过螺绕环的磁链数 } \Phi = N \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = N \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 NI}{2\pi r} h dr = \frac{\mu_0 N^2 h I}{2\pi} \ln \frac{R_2}{R_1} \quad (3 \text{ 分})$$

$$\text{自感系数 } L = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi} \ln \frac{R_2}{R_1} \quad (1 \text{ 分})$$

法二: 能量法

$$w_m = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad (1 \text{ 分}), w_m = \frac{\mu_0 N^2 I^2}{8\pi^2 r^2}, W_m = \iiint w_m dV, W_m = \int_{R_1}^{R_2} w_m 2\pi h r dr \quad (2 \text{ 分})$$

$$W_m = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 N^2 I^2}{8\pi^2 r^2} 2\pi h r dr = \frac{\mu_0 N^2 I^2 h}{4\pi} \ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right), W_m = \frac{1}{2} L I^2 \quad (1 \text{ 分}), L = \frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi} \ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right)$$

7. 在圆盘上取一半径为 $r \rightarrow r + dr$ 范围的同心圆环。

其面积为: $dS = 2\pi r dr$, 其上电荷量为: $dq = \sigma dS = 2\pi \sigma r dr$ (1 分)

$$\text{它在 } O \text{ 点产生的电势为: } dU = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{2\pi\sigma r dr}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{\sigma dr}{2\epsilon_0} \quad (1 \text{ 分})$$

$$O \text{ 点的电势: } U = \int_S dU = \int_0^R \frac{\sigma dr}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma R}{2\epsilon_0} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{法二: 轴线上的电场强度大小, } E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(1 - \frac{x}{\sqrt{R^2 + x^2}} \right) \quad (2 \text{ 分})$$

$$O \text{ 点的电势: } U = \int_0^{+\infty} E dx = \int_0^{+\infty} \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(1 - \frac{x}{\sqrt{R^2 + x^2}} \right) dx = \frac{\sigma R}{2\epsilon_0} \quad (2 \text{ 分})$$

四、附加题 (10 分)

1. 当大块的金属导体处在随时间变化的磁场中时, 由于感生电场作用, 在块状导体中的各个薄层中形成的一系列涡旋状的电流, 称为涡电流。 (1 分)

实际应用:

1) 热效应: 高频感应电炉, 家用电磁炉

2) 电磁阻尼: 汽车所用的涡流缓速器; 电流计等装置中常利用电磁阻尼来减小电表指针的摆动, 使它迅速停到平衡位置上。

3) 金属探测器

高频感应电炉, 家用电磁炉, 汽车所用的涡流缓速器, 等等 (每个 2 分)

2. 解: 当圆柱面绕轴线转动时它相当于一个密绕的螺线管。

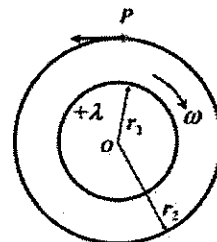
$$\text{其沿轴线方向单位长度的电流为 } i = \frac{\lambda \omega}{2\pi}.$$

$$\text{圆柱内的磁感强度为 } B = \mu_0 i = \frac{\mu_0 \lambda \omega}{2\pi} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{螺线管外的感生电场 } \oint_L \vec{E}_i \cdot d\vec{l} = -\frac{d\phi}{dt}, E_i = -\frac{r_1^2}{2r_2} \frac{dB}{dt} \quad (2 \text{ 分})$$

$$E_i = -\frac{r_1^2}{2r_2} \frac{dB}{dt} = -\frac{\mu_0 r_1^2 \lambda}{4\pi r_2} \frac{d\omega}{dt} = -\frac{\mu_0 r_1^2 \lambda}{4\pi r_2} \alpha$$

其方向为逆时针旋转的切向方向。 (1 分)



2019-2020 学年《大学物理 (A) I》第 2 学期考试试题 (A 卷) 答案

电磁学板块

 1.1) 利用有电介质的电场的高斯定理 $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum q_{\text{内}}$

 得出: 电介质中的电位移矢量大小为 $D = \lambda / (2\pi r)$ (2 分)

$$2) \text{ 电介质中的电场强度大小为 } E = \begin{cases} \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon_{r1}r} & R_1 < r < R \\ \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon_{r2}r} & R < r < R_2 \end{cases} \quad (2 \text{ 分})$$

3) 两导体筒之间的电势差

$$\Delta U = \int_{R_1}^{R_2} E dr = \int_{R_1}^R \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon_{r1}r} dr + \int_R^{R_2} \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon_{r2}r} dr = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon_{r1}} \ln \frac{R}{R_1} + \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon_{r2}} \ln \frac{R_2}{R} \quad (2 \text{ 分})$$

$$4) \text{ 电容 } C = \frac{\lambda L}{\Delta U} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_{r1}\epsilon_{r2}L}{\epsilon_{r2}\ln \frac{R}{R_1} + \epsilon_{r1}\ln \frac{R_2}{R}} \quad (1 \text{ 分})$$

 2. 金属球: 外表面均匀带有电量 q

 金属球壳: 内表面均匀带有电量 $-q$, 外表面均匀带有电量 $Q + q$

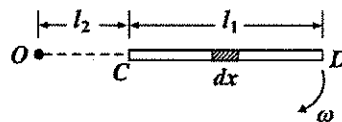
$$\text{球心 } O \text{ 点处 } U_O = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_1} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_2} + \frac{q+Q}{4\pi\epsilon_0 R_3} \quad (2 \text{ 分}) \quad \text{金属球壳的电势 } U_{\text{壳}} = \frac{q+Q}{4\pi\epsilon_0 R_3} \quad (2 \text{ 分})$$

 3. 取如图所示的微元, 此微元上电量 $dq = \lambda dx = \frac{\lambda_0 x dx}{l_1}$

$$\text{形成的等效电流 } dI = \frac{\omega}{2\pi} dq = \frac{\omega \lambda_0 x dx}{2\pi l_1} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{电流 } dI \text{ 在 } O \text{ 点处产生的磁感应强度大小 } dB = \frac{\mu_0 dI}{2x} = \frac{\mu_0 \omega \lambda_0 dx}{4\pi l_1} \quad (1 \text{ 分})$$

$$B = \int_{l_2}^{l_1+l_2} dB = \int_{l_2}^{l_1+l_2} \frac{\mu_0 \lambda_0 \omega}{4\pi l_1} dx = \frac{\mu_0 \lambda_0 \omega}{4\pi} \quad (1 \text{ 分})$$


 4. 恒定电流磁场安培环路定理 $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I_{\text{内}}, B = \frac{\mu_0}{2\pi r} \sum I_{\text{内}}$

$$\text{导体外区域}(r > R): B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (2 \text{ 分}) \quad \text{导体内区域}(r < R): B = \frac{\mu_0 I r^2}{2\pi R^2} = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2} \quad (2 \text{ 分})$$

$$5. \oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 NI, \text{ 得出 } B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r} \quad (R_1 < r < R_2) \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{法一: 定义法 } \Phi = N \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = N \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 NI}{2\pi r} h dr = \frac{\mu_0 N^2 h I}{2\pi} \ln \frac{R_2}{R_1} \quad (2 \text{ 分})$$

$$L = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi} \ln \frac{R_2}{R_1} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{法二: 能量法 } w_m = \frac{B^2}{2\mu_0}, w_m = \frac{\mu_0 N^2 I^2}{8\pi^2 r^2}, W_m = \iiint w_m dV, W_m = \int_{R_1}^{R_2} w_m 2\pi h r dr \quad (2 \text{ 分})$$

$$W_m = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 N^2 I^2}{8\pi^2 r^2} 2\pi h r dr = \frac{\mu_0 N^2 I^2 h}{4\pi} \ln(R_2/R_1), W_m = \frac{1}{2} LI^2 \quad (1 \text{ 分}), L = \frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi} \ln(R_2/R_1)$$

 6. 圆筒内是匀强磁场, 磁感应强度大小为 $B = \frac{\mu_0 Q \omega}{2\pi L} \quad (2 \text{ 分})$

$$\Phi = \pi a^2 B = \frac{\mu_0 a^2 Q \omega}{2L} \quad (1 \text{ 分}), \epsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{\mu_0 a^2 Q}{2L} \frac{d\omega}{dt} = \frac{\mu_0 a^2 Q \omega_0}{2L t_0} \quad (1 \text{ 分}), i = \frac{\epsilon}{R} = \frac{\mu_0 a^2 Q \omega_0}{2L t_0 R}$$

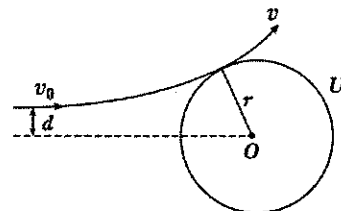
 7. 随着质子与金属球不断碰撞, 将电荷交给金属球使金属球电势逐渐提高。当金属球达到最高电势时, 质子轨迹刚好与金属球相切, 如图 (b) 所示, 质子所受力为有心力, 它对球心 O 的角动量守恒, 质子和金属球组成系统能量守恒即

$$mv_0 d = mvr$$

$$E = \frac{1}{2} mv_0^2 = eU + \frac{1}{2} mv^2$$

$$\text{由以上两式解得 } U = \left(1 - \frac{d^2}{r^2}\right) \frac{E}{e} = \left(1 - \frac{1}{4}\right) \frac{2\text{keV}}{e} = 1500\text{V}$$

结果 3 分



2018-2019 学年《大学物理 (A) I》第 2 学期考试试题 (A 卷) 答案

一、单项选择题 (20 分)

1.A 2.D 3.C 4.B 5.C 6.A 7.B 8.A 1-6 题每题 3 分, 7 和 8 题每题 1 分

二、填空题 (35 分)

 1.0 (2 分); $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R}$ (2 分) 2. $\frac{q_1+q_2}{4\pi\epsilon_0 R_2}$ (3 分) 3. $\frac{\mu_0 I d \vec{l} \times \vec{r}}{4\pi r^3}$ (2 分); 毕奥-萨伐尔 (1 分)

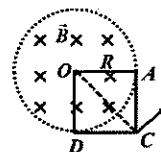
 4. $\frac{\mu_0 I}{4\pi d}$ (2 分); 垂直纸面向里 (1 分) 5. $\mu_0 (I_2 - I_1)$ (2 分)

 6. BRI (2 分); 垂直纸面向外 (2 分) 7. $\mu_0 n \pi a^2$ (3 分)

8. 磁场的高斯定理: 磁场的磁感应强度对任意闭合曲面的 (磁) 通量为零。 (1 分) 它指明磁场是无源场。 (1 分)

9. 静电场的环路定理: 静电场的电场强度对任意闭合路径的环路积分为零; 静电场的电场强度的环流恒为零。 (1 分) 它指明静电场是无旋场或保守场。 (1 分)

 10. 1) C 点处感生电场方向如图 (2 分) 2) $<$ (1 分) 3) $\frac{1}{8} \pi a^2 K$ (2 分) 4) $>$ (2 分)

 5) $\frac{\pi a^2 K}{4R}$ (2 分)


三、计算题 (45 分)

1.1) 电场的电位移矢量对任意一闭合曲面的通量 (1 分)

等于面内所包围的自由电荷电量的代数和。 (1 分)

 2) 利用有介质的高斯定理 $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum_{S \text{ 内}} q_{0i}$

 得出: 电介质中的电位移矢量大小为 $D = \frac{Q}{4\pi r^2}$ (2 分)

 3) 电介质中的电场强度大小为 $E = \begin{cases} \frac{Q}{4\pi\epsilon_1 r^2} & R_1 < r < R \\ \frac{Q}{4\pi\epsilon_2 r^2} & R < r < R_2 \end{cases}$ (2 分)

 4) 两金属球壳间的电势差 ΔU

$$\Delta U = \int_{R_1}^{R_2} E dr = \int_{R_1}^R \frac{Q}{4\pi\epsilon_1 r^2} dr + \int_R^{R_2} \frac{Q}{4\pi\epsilon_2 r^2} dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_1} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R} \right) + \frac{Q}{4\pi\epsilon_2} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (2 \text{ 分})$$

 5) 电容 $C = \frac{Q}{\Delta U} = \frac{4\pi\epsilon_1\epsilon_2}{\epsilon_2 \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R} \right) + \epsilon_1 \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_2} \right)}$ (2 分)

 2.1) 取半径为 r , 宽度 dr 的圆环, 此圆环的带电量 $dq = \sigma 2\pi r dr$

 此圆环的形成的等效圆电流为 $dI = dq \frac{\omega}{2\pi} = \sigma 2\pi r dr \frac{\omega}{2\pi} = \sigma \omega r dr$ (2 分)

$$dB = \frac{\mu_0}{2r} dI = \frac{\mu_0 \sigma \omega dr}{2}, \quad B = \int dB = \int_0^R \frac{\mu_0 \sigma \omega dr}{2} = \frac{1}{2} \mu_0 \sigma \omega R \quad (2 \text{ 分})$$

$$2) B = \int dB = -\int_0^r \frac{\mu_0 \sigma \omega dr}{2} + \int_r^R \frac{\mu_0 \sigma \omega dr}{2} = \frac{\mu_0 \sigma \omega}{2} (R - 2r), \quad \text{若 } B = 0, \text{ 则 } r = \frac{R}{2} \quad (2 \text{ 分})$$

 3.1) $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I$, (1 分) 得出 $B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r} \quad (r_1 < r < r_2)$ (2 分)

 2) 法一: 定义法 通过螺绕环的磁链数 $\Phi = N \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = N \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 NI}{2\pi r} h dr = \frac{\mu_0 N^2 h I}{2\pi} \ln \frac{R_2}{R_1}$ (1 分)

$$\text{自感系数 } L = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi} \ln \frac{R_2}{R_1} \quad (2 \text{ 分})$$

 法二: 能量法 $w_m = \frac{B^2}{2\mu_0}$ (1 分), $w_m = \frac{\mu_0 N^2 I^2}{8\pi^2 r^2}$,

$$W_m = \iiint w_m dV, \quad W_m = \int_{R_1}^{R_2} w_m 2\pi h r dr \quad (1 \text{ 分})$$

$$W_m = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\mu_0 N^2 I^2}{8\pi^2 r^2} 2\pi h r dr = \frac{\mu_0 N^2 I^2 h}{4\pi} \ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right), \quad W_m = \frac{1}{2} L I^2 \quad (2 \text{ 分}) \quad L = \frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi} \ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right)$$

 4.1) 静电平衡后, 电荷分布在 A 和 B 的表面处, 忽略边缘效应, 可以认为各个面电荷均匀分布。设各个面的电荷面密度分别为 σ_1 、 σ_2 、 σ_3 和 σ_4

 电荷守恒定律, 得 $\sigma_1 S + \sigma_2 S = Q_1$ (1 分), $\sigma_3 S + \sigma_4 S = Q_2$ (1 分)

导体内一点场强为零 $\frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma_3}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma_4}{2\varepsilon_0} = 0$ (1分) , $\frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} + \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} + \frac{\sigma_3}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma_4}{2\varepsilon_0} = 0$ (1分)

上述两个式子中一式可用 $\sigma_2 = -\sigma_3$ 替换, 得出 $\sigma_1 = \sigma_4 = \frac{Q_1+Q_2}{2S}$; $\sigma_2 = -\sigma_3 = \frac{Q_1-Q_2}{2S}$ (1分)

2) 板AB间的电场强度大小 $E = \frac{\sigma_2}{\varepsilon_0} = \frac{Q_1-Q_2}{2\varepsilon_0 S}$, 板AB间的电势差 $U_{AB} = Ed = \frac{Q_1-Q_2}{2\varepsilon_0 S} d$ (1分)

3) 若让板B接地, 则B板外侧不能有电荷。

此时, $\sigma_2 = \frac{Q_1}{S}$, 板AB间的电势差 $U'_{AB} = \frac{\sigma_2}{\varepsilon_0} d = \frac{Q_1 d}{\varepsilon_0 S}$ (2分)

5.1) $\varepsilon = \frac{\sqrt{2}}{2} B v L$ (2分); 棒的a端 (1分)

2) 法一: 取微元, 此微元上动生电动势 $d\varepsilon = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = \omega r B dr$ (1分)

铜棒中的动生电动势为 $\varepsilon = \int_0^L d\varepsilon = \int_0^L \omega r B dr = \frac{1}{2} B \omega L^2$ (2分)

利用中点位置的速率得出 $\frac{1}{2} B \omega L^2$, 得 2 分

法二: Δt 时间内扫过的面积为 $\Delta S = \frac{\pi L^2 \Delta \theta}{2\pi} = \frac{L^2 \Delta \theta}{2}$, $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -B \frac{dS}{dt} = \frac{1}{2} B \omega L^2$

6.法一: 初状态: $C_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{d_1}$; 末状态: $C_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{d_2}$

电容器的储能为 $W = \frac{Q^2}{2C}$ 或 $W = \frac{1}{2} C U^2$ 或 $W = \frac{1}{2} U Q$ 或 $W = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2 V$ (2分)

此过程中, 电容器储能的增值 $\Delta W = \frac{Q^2}{2C_2} - \frac{Q^2}{2C_1} = \frac{Q^2(d_2-d_1)}{2\varepsilon_0 S}$

因而, 外力所做的功 $A_{\text{外}} = \Delta W = \frac{Q^2(d_2-d_1)}{2\varepsilon_0 S}$ (1分)

法二: 两个板之间的吸引力大小为 $F = \frac{Q^2}{2\varepsilon_0 S}$ (2分)

外力所做的功 $A_{\text{外}} = F(d_2 - d_1) = \frac{Q^2(d_2-d_1)}{2\varepsilon_0 S}$

四、附加题 (10分)

1. $\mu_0 I / l$ (2分); $\mu_0 \pi R^2 / l$ (2分)

2. 角速度最大值为 $\omega_{3\max}$ (1分)

$E q \left(R + \frac{\sqrt{2}}{2} R \right) = \frac{1}{2} m R^2 \omega^2$, 得出 $\omega = \sqrt{\frac{2(2+\sqrt{2})Eq}{3mR}}$ (2分)

$N - Eq = m \omega^2 R$, 得出 $N = \frac{7+2\sqrt{2}}{3} Eq$ (3分)