

2005 级大学物理 (II) 试卷 (A 卷)

院系: _____ 班级: _____ 姓名: _____

序号: _____ 日期: 2007 年 1 月 24 日

一 选择题 (共 30 分)

1. (本题 3 分) (1402)

在边长为 a 的正方体中心处放置一电荷为 Q 的点电荷, 则正方体顶角处的电场强度的大小为:

(A) $\frac{Q}{12 \pi \epsilon_0 a^2}$. (B) $\frac{Q}{6 \pi \epsilon_0 a^2}$.

(C) $\frac{Q}{3 \pi \epsilon_0 a^2}$. (D) $\frac{Q}{\pi \epsilon_0 a^2}$.

[]

2. (本题 3 分) (1255)

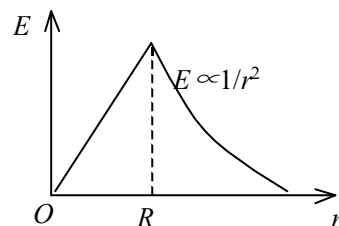
图示为一具有球对称性分布的静电场的 $E \sim r$ 关系曲线. 请指出该静电场是由下列哪种带电体产生的.

(A) 半径为 R 的均匀带电球面.

(B) 半径为 R 的均匀带电球体.

(C) 半径为 R 的、电荷体密度为 $\rho = Ar$ (A 为常数) 的非均匀带电球体.

(D) 半径为 R 的、电荷体密度为 $\rho = A/r$ (A 为常数) 的非均匀带电球体.



[]

3. (本题 3 分) (1171)

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

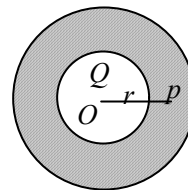
(A) $\frac{R^2 U_0}{r^3}$. (B) $\frac{U_0}{R}$.

(C) $\frac{R U_0}{r^2}$. (D) $\frac{U_0}{r}$.

[]

4. (本题 3 分) (1347)

如图, 在一带有电荷为 Q 的导体球外, 同心地包有一各向同性均匀电介质球壳, 相对介电常量为 ϵ , 壳外是真空. 则在介质球壳中的 P 点处 (设 $\overline{OP} = r$) 的场强和电位移的大小分别为



- (A) $E = Q / (4\pi\epsilon_r r^2)$, $D = Q / (4\pi r^2)$.
 (B) $E = Q / (4\pi\epsilon_r r^2)$, $D = Q / (4\pi\epsilon_0 r^2)$.
 (C) $E = Q / (4\pi\epsilon_0\epsilon_r r^2)$, $D = Q / (4\pi r^2)$.
 (D) $E = Q / (4\pi\epsilon_0\epsilon_r r^2)$, $D = Q / (4\pi\epsilon_0 r^2)$.

[]

5. (本题 3 分) (1218)

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, 则两极板间的电势差 U_{12} 、电场强度的大小 E 、电场能量 W 将发生如下变化:

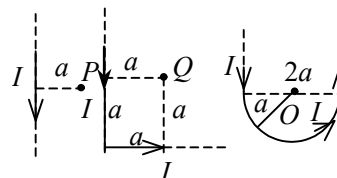
- (A) U_{12} 减小, E 减小, W 减小.
 (B) U_{12} 增大, E 增大, W 增大.
 (C) U_{12} 增大, E 不变, W 增大.
 (D) U_{12} 减小, E 不变, W 不变.

[]

6. (本题 3 分) (2354)

通有电流 I 的无限长直导线有如图三种形状, 则 P , Q , O 各点磁感强度的大小 B_P , B_Q , B_O 间的关系为:

- (A) $B_P > B_Q > B_O$. (B) $B_Q > B_P > B_O$.
 (C) $B_Q > B_O > B_P$. (D) $B_O > B_Q > B_P$.



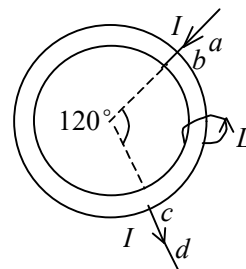
[]

7. (本题 3 分) (2047)

如图, 两根直导线 ab 和 cd 沿半径方向被接到一个截面处处相等的铁环上, 稳恒电流 I 从 a 端流入而从 d 端流出, 则磁感强度 \vec{B} 沿图中闭合路径 L 的积分 $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l}$ 等于

- (A) $\mu_0 I$. (B) $\frac{1}{3} \mu_0 I$.
 (C) $\mu_0 I / 4$. (D) $2\mu_0 I / 3$.

[]

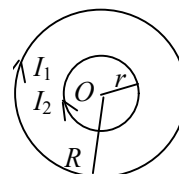


8. (本题 3 分) (2092)

两个同心圆线圈, 大圆半径为 R , 通有电流 I_1 ; 小圆半径为 r , 通有电流 I_2 , 方向如图. 若 $r \ll R$ (大线圈在小线圈处产生的磁场近似为均匀磁场), 当它们处在同一平面内时小线圈所受磁力矩的大小为

- (A) $\frac{\mu_0 \pi I_1 I_2 r^2}{2R}$. (B) $\frac{\mu_0 I_1 I_2 r^2}{2R}$.
 (C) $\frac{\mu_0 \pi I_1 I_2 R^2}{2r}$. (D) 0.

[]



9. (本题 3 分) (4725)

把一个静止质量为 m_0 的粒子, 由静止加速到 $v = 0.6c$ (c 为真空中光速) 需作的功等于

- (A) $0.18m_0c^2$. (B) $0.25m_0c^2$.
(C) $0.36m_0c^2$. (D) $1.25m_0c^2$. []

10. (本题 3 分) (4190)

要使处于基态的氢原子受激发后能发射赖曼系(由激发态跃迁到基态发射的各谱线组成的谱线系)的最长波长的谱线, 至少应向基态氢原子提供的能量是

- (A) 1.5 eV. (B) 3.4 eV.
(C) 10.2 eV. (D) 13.6 eV. []

二 填空题 (共 30 分)

11. (本题 3 分) (1854)

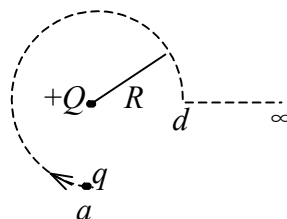
已知某静电场的电势函数 $U = a(x^2 + y)$, 式中 a 为一常量, 则电场中任意点的电场强度分量 $E_x =$ _____, $E_y =$ _____, $E_z =$ _____.

12. (本题 4 分) (1078)

如图所示. 试验电荷 q , 在点电荷 $+Q$ 产生的电场中, 沿半径为 R 的整个圆弧的 $3/4$ 圆弧轨道由 a 点移

到 d 点的过程中电场力做功为 _____; 从 d

点移到无穷远处的过程中, 电场力做功为 _____.

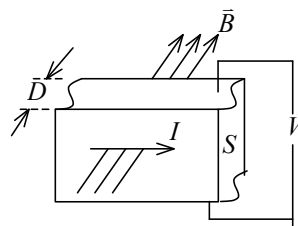


13. (本题 3 分) (7058)

一个通有电流 I 的导体, 厚度为 D , 放置在磁感强度为 B 的匀强磁场中, 磁场方向垂直于导体的侧表面, 如图所示, 则导体上下两面的电势差为 $V = AIB / D$ (其中 A 为一常数). 上式中 A

定义为 _____ 系数, 且 A 与导体中的载流子数

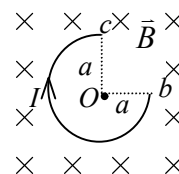
密度 n 及电荷 q 之间的关系为 _____.



14. (本题 3 分) (2586)

如图所示, 在真空中有一半径为 a 的 $3/4$ 圆弧形的导线, 其中通以稳恒电流 I , 导线置于均匀外磁场 \vec{B} 中, 且 \vec{B} 与导线所在平

面垂直. 则该载流导线 \widehat{bc} 所受的磁力大小为 _____.



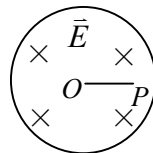
15. (本题 3 分) (2338)

真空中两只长直螺线管 1 和 2, 长度相等, 单层密绕匝数相同, 直径之比 $d_1 / d_2 = 1/4$. 当它们通以相同电流时, 两螺线管贮存的磁能之比为

$W_1 / W_2 =$ _____.

16. (本题 4 分) (0323)

图示为一圆柱体的横截面, 圆柱体内有一均匀电场 \vec{E} , 其方向垂直纸面向内, \vec{E} 的大小随时间 t 线性增加, P 为柱体内与轴线相距为 r 的一点, 则



(1) P 点的位移电流密度的方向为 _____.

(2) P 点感生磁场的方向为 _____.

17. (本题 3 分) (4167)

μ 子是一种基本粒子, 在相对于 μ 子静止的坐标系中测得其寿命为 $\tau_0 = 2 \times 10^{-6} \text{ s}$. 如果 μ 子相对于地球的速度为 $v = 0.988c$ (c 为真空中光速), 则在地球坐标系中测出的 μ 子的寿命 $\tau =$ _____.

18. (本题 4 分) (4187)

康普顿散射中, 当散射光子与入射光子方向成夹角 $\phi =$ _____ 时, 散射光子的频率小得最多; 当 $\phi =$ _____ 时, 散射光子的频率与入射光子相同.

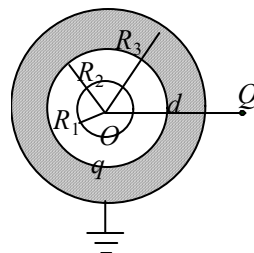
19. (本题 3 分) (4787)

在主量子数 $n=2$, 自旋磁量子数 $m_s = \frac{1}{2}$ 的量子态中, 能够填充的最大电子数是 _____.

三 计算题 (共 40 分)

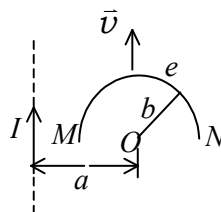
20. (本题 10 分) (1217)

半径为 R_1 的导体球, 带电荷 q , 在它外面同心地罩一金属球壳, 其内、外半径分别为 $R_2 = 2R_1$, $R_3 = 3R_1$, 今在距球心 $d = 4R_1$ 处放一电荷为 Q 的点电荷, 并将球壳接地(如图所示), 试求球壳上感生的总电荷.



21. (本题 10 分) (0314)

载有电流 I 的长直导线附近, 放一导体半圆环 MeN 与长直导线共面, 且端点 MN 的连线与长直导线垂直. 半圆环的半径为 b , 环心 O 与导线相距 a . 设半圆环以速度 \vec{v} 平行导线平移, 求半圆环内感应电动势的大小和方向以及 MN 两端的电压 $U_M - U_N$.



22. (本题 10 分) (2559)

一圆形电流，半径为 R ，电流为 I 。试推导此圆电流轴线上距离圆电流中心 x 处的磁感强度 B 的公式，并计算 $R=12\text{ cm}$ ， $I=1\text{ A}$ 的圆电流在 $x=10\text{ cm}$ 处的 B 的值。（ $\mu_0=4\pi\times 10^{-7}\text{ N/A}^2$ ）

23. （本题 5 分）（5357）

设有宇宙飞船 A 和 B ，固有长度均为 $l_0=100\text{ m}$ ，沿同一方向匀速飞行，在飞船 B 上观测到飞船 A 的船头、船尾经过飞船 B 船头的的时间间隔为 $\Delta t=(5/3)\times 10^{-7}\text{ s}$ ，求飞船 B 相对于飞船 A 的速度的大小。

24. （本题 5 分）（4430）

已知粒子在无限深势阱中运动，其波函数为

$$\psi(x)=\sqrt{2/a}\sin(\pi x/a) \quad (0\leq x\leq a)$$

求发现粒子的概率为最大的位置。

2005 级大学物理（II）期末试题解答（A 卷）

一 选择题（共 30 分）

1. （本题 3 分）（1402）
(C)
2. （本题 3 分）（1255）
(B)
3. （本题 3 分）（1171）
(C)
4. （本题 3 分）（1347）
(C)
5. （本题 3 分）（1218）
(C)
6. （本题 3 分）（2354）
(D)
7. （本题 3 分）（2047）
(D)
8. （本题 3 分）（2092）

- (D)
9. (本题 3 分) (4725)
(B)
10. (本题 3 分) (4190)
(C)

二 填空题 (共 30 分)

11. (本题 3 分) (1854)
 $-2ax$ 1 分
 $-a$ 1 分
 0 1 分
12. (本题 4 分) (1078)
 0 2 分
 $qQ / (4\pi\epsilon_0 R)$ 2 分
13. (本题 3 分) (7058)
 霍尔 1 分
 $1 / (nq)$ 2 分
14. (本题 3 分) (2586)
 $\sqrt{2}aIB$ 3 分
15. (本题 3 分) (2338)
 $1 : 16$ 3 分

参考解:

$$w = \frac{1}{2} B^2 / \mu_0, \quad B = \mu_0 n I, \quad W_1 = \frac{B^2 V}{2\mu_0} = \frac{\mu_0^2 n^2 I^2 l}{2\mu_0} \pi \left(\frac{d_1^2}{4} \right)$$

$$W_2 = \frac{1}{2} \mu_0 n^2 I^2 l \pi (d_2^2 / 4)$$

$$W_1 : W_2 = d_1^2 : d_2^2 = 1 : 16$$

16. (本题 4 分) (0323)
 垂直纸面向里 2 分
 垂直 OP 连线向下 2 分
17. (本题 3 分) (4167)
 $1.29 \times 10^{-5} \text{ s}$ 3 分
18. (本题 4 分) (4187)
 π 2 分
 0 2 分
19. (本题 3 分) (4787)
 4 3 分

三 计算题 (共 40 分)

20. (本题 10 分) (1217)

解: 应用高斯定理可得导体球与球壳间的场强为

$$\vec{E} = q\vec{r} / (4\pi\epsilon_0 r^3) \quad (R_1 < r < R_2) \quad 1 \text{ 分}$$

设大地电势为零, 则导体球心 O 点电势为:

$$U_0 = \int_{R_1}^{R_2} E dr = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad 2 \text{ 分}$$

根据导体静电平衡条件和应用高斯定理可知, 球壳内表面上感生电荷应为 $-q$. 设球壳外表面上感生电荷为 Q' . 1 分

以无穷远处为电势零点, 根据电势叠加原理, 导体球心 O 处电势应为:

$$U_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{Q}{d} + \frac{Q'}{R_3} - \frac{q}{R_2} + \frac{q}{R_1} \right) \quad 3 \text{ 分}$$

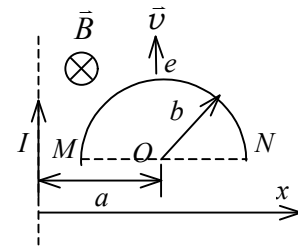
假设大地与无穷远处等电势, 则上述二种方式所得的 O 点电势应相等, 由此可得 $Q' = -3Q/4$ 2 分

故导体壳上感生的总电荷应是 $-[(3Q/4) + q]$ 1 分

21. (本题 10 分) (0314)

解: 动生电动势 $_{MeN} = \int_{MN} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$

为计算简单, 可引入一条辅助线 MN , 构成闭合回路 $MeNM$, 闭合回路总电动势



$$\begin{aligned} \text{总} &= _{MeN} + _{NM} = 0 \\ _{MeN} &= - _{NM} = _{MN} \end{aligned} \quad 2 \text{ 分}$$

$$_{MN} = \int_{MN} (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = \int_{a-b}^{a+b} -v \frac{\mu_0 I}{2\pi x} dx = -\frac{\mu_0 I v}{2\pi} \ln \frac{a+b}{a-b}$$

负号表示 $_{MN}$ 的方向与 x 轴相反. 3 分

$$_{MeN} = -\frac{\mu_0 I v}{2\pi} \ln \frac{a+b}{a-b} \quad \text{方向 } N \rightarrow M \quad 2 \text{ 分}$$

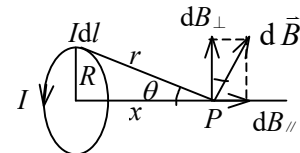
$$U_M - U_N = - _{MN} = \frac{\mu_0 I v}{2\pi} \ln \frac{a+b}{a-b} \quad 3 \text{ 分}$$

22. (本题 10 分) (2559)

解: 如图任一电流元在 P 点的磁感强度的大小为

$$dB = \frac{\mu_0 I dl}{4\pi r^2} \quad 2 \text{ 分}$$

方向如图. 2 分



此 dB 的垂直于 x 方向的分量, 由于轴对称, 对全部圆电流合成为零. 2 分

$$B = \int dB_{//} = \frac{\mu_0 I \sin \theta}{4\pi r^2} \int_0^{2\pi R} dl = \frac{\mu_0 IR^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}, \text{ 方向沿 } x \text{ 轴.} \quad 2 \text{ 分}$$

将 $R=0.12 \text{ m}$, $I=1 \text{ A}$, $x=0.1 \text{ m}$ 代入可得 $B=2.37 \times 10^{-6} \text{ T}$ 2 分

23. (本题 5 分) (5357)

解: 设飞船 A 相对于飞船 B 的速度大小为 v , 这也就是飞船 B 相对于飞船 A 的速度大小. 在飞船 B 上测得飞船 A 的长度为

$$l = l_0 \sqrt{1 - (v/c)^2} \quad 1 \text{ 分}$$

故在飞船 B 上测得飞船 A 相对于飞船 B 的速度为

$$v = l / \Delta t = (l_0 / \Delta t) \sqrt{1 - (v/c)^2} \quad 2 \text{ 分}$$

解得
$$v = \frac{l_0 / \Delta t}{\sqrt{1 + (l_0 / c \Delta t)^2}} = 2.68 \times 10^8 \text{ m/s}$$

所以飞船 B 相对于飞船 A 的速度大小也为 $2.68 \times 10^8 \text{ m/s}$. 2 分

24. (本题 5 分) (4430)

解: 先求粒子的位置概率密度

$$|\psi(x)|^2 = (2/a) \sin^2(\pi x/a) = (2/2a)[1 - \cos(2\pi x/a)] \quad 2 \text{ 分}$$

当 $\cos(2\pi x/a) = -1$ 时, $|\psi(x)|^2$ 有最大值. 在 $0 \leq x \leq a$ 范围内可得 $2\pi x/a = \pi$

$$\therefore x = \frac{1}{2}a. \quad 3 \text{ 分}$$