

# 2004 级大学物理 (II) 试卷

院系: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_

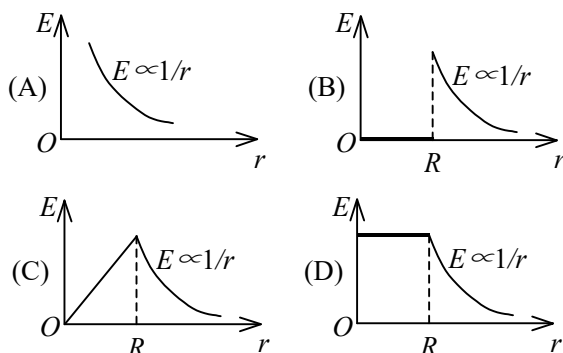
日期: 2006 年 1 月 10 日 成绩: \_\_\_\_\_

## 一 选择题 (共 30 分)

### 1. (本题 3 分)

半径为  $R$  的“无限长”均匀带电圆柱面的静电场中各点的电场强度的大小  $E$  与距轴线的距离  $r$  的关系曲线为:

[      ]

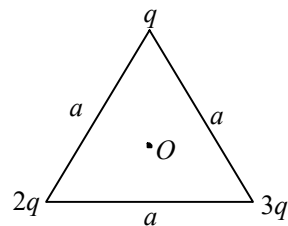


### 2. (本题 3 分)

如图所示, 边长为  $a$  的等边三角形的三个顶点上, 分别放置着三个正的点电荷  $q$ 、 $2q$ 、 $3q$ 。若将另一正点电荷  $Q$  从无穷远处移到三角形的中心  $O$  处, 外力所作的功为:

- (A)  $\frac{\sqrt{3}qQ}{2\pi\epsilon_0 a}$  .      (B)  $\frac{\sqrt{3}qQ}{\pi\epsilon_0 a}$  .
- (C)  $\frac{3\sqrt{3}qQ}{2\pi\epsilon_0 a}$  .      (D)  $\frac{2\sqrt{3}qQ}{\pi\epsilon_0 a}$  .

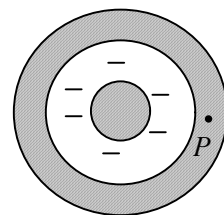
[      ]



### 3. (本题 3 分)

如图所示, 一带负电荷的金属球, 外面同心地罩一不带电的金属球壳, 则在球壳中一点  $P$  处的场强大小与电势 (设无穷远处为电势零点) 分别为:

- (A)  $E = 0$ ,  $U > 0$ .      (B)  $E = 0$ ,  $U < 0$ .
- (C)  $E = 0$ ,  $U = 0$ .      (D)  $E > 0$ ,  $U < 0$ .



[      ]

#### 4. (本题 3 分)

关于稳恒电流磁场的磁场强度  $\vec{H}$ ，下列几种说法中哪个是正确的？

(A)  $\vec{H}$  仅与传导电流有关.

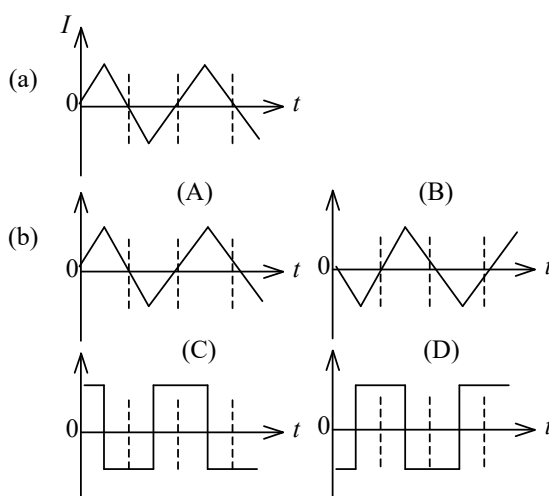
(B) 若闭合曲线内没有包围传导电流，则曲线上各点的  $\vec{H}$  必为零.

(C) 若闭合曲线上各点  $\vec{H}$  均为零，则该曲线所包围传导电流的代数和为零.

(D) 以闭合曲线  $L$  为边缘的任意曲面的  $\vec{H}$  通量均相等. [ ]

#### 5. (本题 3 分)

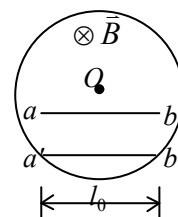
在一自感线圈中通过的电流  $I$  随时间  $t$  的变化规律如图(a)所示，若以  $I$  的正流向作为 的正方向，则代表线圈内自感电动势 随时间  $t$  变化规律的曲线应为图(b)中(A)、(B)、(C)、(D)中的哪一个？



[ ]

#### 6. (本题 3 分)

在圆柱形空间内有一磁感强度为  $\vec{B}$  的均匀磁场，如图所示， $\vec{B}$  的大小以速率  $dB/dt$  变化. 有一长度为  $l_0$  的金属棒先后放在磁场的两个不同位置 1( $ab$ )和 2( $a'b'$ )，则金属棒在这两个位置时棒内的感应电动势的大小关系为



(A)  $\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_1 \neq 0$ . (B)  $\mathcal{E}_2 > \mathcal{E}_1$ .

(C)  $\mathcal{E}_2 < \mathcal{E}_1$ . (D)  $\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_1 = 0$ . [ ]

#### 7. (本题 3 分)

边长为  $a$  的正方形薄板静止于惯性系  $K$  的  $Oxy$  平面内，且两边分别与  $x$ ,  $y$  轴平行. 今有惯性系  $K'$  以  $0.8c$  ( $c$  为真空中光速) 的速度相对于  $K$  系沿  $x$  轴作

匀速直线运动，则从  $K'$  系测得薄板的面积为

- (A)  $0.6a^2$ . (B)  $0.8a^2$ .  
(C)  $a^2$ . (D)  $a^2 / 0.6$ . [ ]

8. (本题 3 分)

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  $v_1$ ，火箭上有一个人从火箭的后端向火箭前端上的一个靶子发射一颗相对于火箭的速度为  $v_2$  的子弹。在火箭上测得子弹从射出到击中靶的时间间隔是：( $c$  表示真空中光速)

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

9. (本题 3 分)

波长  $\lambda = 500 \text{ nm}$  的光沿  $x$  轴正向传播，若光的波长的不确定量  $\Delta\lambda = 10^{-4} \text{ nm}$ ，则利用不确定关系式  $\Delta p_x \Delta x \geq h$  可得光子的  $x$  坐标的不确定量至少为

- (A) 25 cm. (B) 50 cm.  
(C) 250 cm. (D) 500 cm. [ ]

10. (本题 3 分)

在氢原子的 L 壳层中，电子可能具有的量子数( $n, l, m_l, m_s$ )是

- (A)  $(1, 0, 0, -\frac{1}{2})$ . (B)  $(2, 1, -1, \frac{1}{2})$ .  
(C)  $(2, 0, 1, -\frac{1}{2})$ . (D)  $(3, 1, -1, -\frac{1}{2})$ . [ ]

二 填空题 (共 30 分)

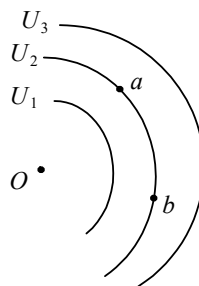
11. (本题 3 分)

磁场中某点处的磁感强度为  $\vec{B} = 0.40\vec{i} - 0.20\vec{j}$  (SI)，一电子以速度  $\vec{v} = 0.50 \times 10^6 \vec{i} + 1.0 \times 10^6 \vec{j}$  (SI) 通过该点，则作用于该电子上的磁场力  $\vec{F}$  为

\_\_\_\_\_ . (基本电荷  $e=1.6\times 10^{-19}\text{C}$ )

12. (本题 3 分)

图中所示以  $O$  为心的各圆弧为静电场的等势 (位) 线图, 已知  $U_1 < U_2 < U_3$ , 在图上画出  $a$ 、 $b$  两点的电场强度的方向, 并比较它们的大小.  $E_a$  \_\_\_\_\_  $E_b$  (填  $<$ 、 $=$ 、 $>$ ).

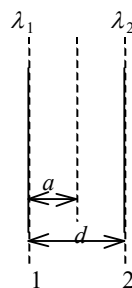


13. (本题 3 分)

自感系数  $L=0.3\text{ H}$  的螺线管中通以  $I=8\text{ A}$  的电流时, 螺线管存储的磁场能量  $W=$  \_\_\_\_\_ .

14. (本题 5 分)

两根相互平行的“无限长”均匀带正电直线 1、2, 相距为  $d$ , 其电荷线密度分别为  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  如图所示, 则场强等于零的点与直线 1 的距离  $a$  为 \_\_\_\_\_ .

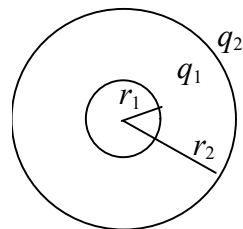


15. (本题 4 分)

半径为  $a$  的无限长密绕螺线管, 单位长度上的匝数为  $n$ , 通以交变电流  $i=I_m\sin\omega t$ , 则围在管外的同轴圆形回路 (半径为  $r$ ) 上的感生电动势为 \_\_\_\_\_ .

16. (本题 3 分)

如图所示, 两同心带电球面, 内球面半径为  $r_1=5\text{ cm}$ , 带电荷  $q_1=3\times 10^{-8}\text{ C}$ ; 外球面半径为  $r_2=20\text{ cm}$ , 带电荷  $q_2=-6\times 10^{-8}\text{ C}$ , 设无穷远处电势为零, 则空间另一电势为



零的球面半径  $r=$  \_\_\_\_\_ .

17. (本题 3 分)

$\mu$  子是一种基本粒子, 在相对于  $\mu$  子静止的坐标系中测得其寿命为  $\tau_0=2\times 10^{-6}\text{ s}$ . 如果  $\mu$  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 $\mu$ 子的寿命 $\tau=$ \_\_\_\_\_.

**18. (本题 3 分)**

在 X 射线散射实验中, 散射角为 $\phi_1=45^\circ$  和 $\phi_2=60^\circ$  的散射光波长改变量

之比 $\Delta\lambda_1: \Delta\lambda_2=$ \_\_\_\_\_.

**19. (本题 3 分)**

钨的红限波长是 230 nm ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ), 用波长为 180 nm 的紫外光照射时,

从表面逸出的电子的最大动能为\_\_\_\_\_eV.

(普朗克常量  $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ , 基本电荷  $e=1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

**20. (本题 3 分)**

反映电磁场基本性质和规律的积分形式的麦克斯韦方程组为

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \int_V \rho dV, \quad \textcircled{1}$$

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}, \quad \textcircled{2}$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0, \quad \textcircled{3}$$

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_S (\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) \cdot d\vec{S}. \quad \textcircled{4}$$

试判断下列结论是包含于或等效于哪一个麦克斯韦方程式的. 将你确定的方程式用代号填在相应结论后的空白处.

(1) 变化的磁场一定伴随有电场; \_\_\_\_\_

(2) 磁感线是无头无尾的; \_\_\_\_\_

(3) 电荷总伴随有电场. \_\_\_\_\_

**三 计算题 (共 40 分)**

**21. (本题 4 分)**

若将 27 个具有相同半径并带相同电荷的球状小水滴聚集成一个球状的大水滴, 此大水滴的电势将为小水滴电势的多少倍? (设电荷分布在水滴表面上, 水

滴聚集时总电荷无损失.)

## 22. (本题 5 分)

粒子在一维矩形无限深势阱中运动, 其波函数为:

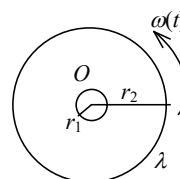
$$\psi_n(x) = \sqrt{2/a} \sin(n\pi x/a) \quad (0 < x < a)$$

若粒子处于  $n=1$  的状态, 它在  $0-a/4$  区间内的概率是多少?

[提示:  $\int \sin^2 x dx = \frac{1}{2}x - (1/4)\sin 2x + C$ ]

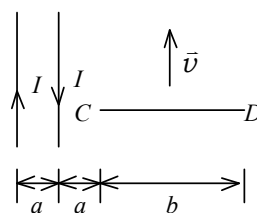
## 23. (本题 10 分)

如图所示, 一半径为  $r_2$  电荷线密度为  $\lambda$  的均匀带电圆环, 里边有一半径为  $r_1$  总电阻为  $R$  的导体环, 两环共面同心 ( $r_2 \gg r_1$ ), 当大环以变角速度  $\omega = \omega(t)$  绕垂直于环面的中心轴旋转时, 求小环中的感应电流. 其方向如何?



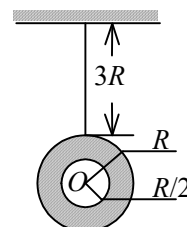
## 24. (本题 8 分)

两相互平行无限长的直导线载有大小相等方向相反的电流, 长度为  $b$  的金属杆  $CD$  与两导线共面且垂直, 相对位置如图.  $CD$  杆以速度  $\vec{v}$  平行直线电流运动, 求  $CD$  杆中的感应电动势, 并判断  $C$ 、 $D$  两端哪端电势较高?



## 25. (本题 8 分)

一环形薄片由细绳悬吊着, 环的外半径为  $R$ , 内半径为  $R/2$ , 并有电荷  $Q$  均匀分布在环面上. 细绳长  $3R$ , 也有电荷  $Q$  均匀分布在绳上, 如图所示, 试求圆环中心  $O$  处的电场强度(圆环中心在细绳延长线上).



## 26. (本题 5 分)

在氢原子中, 电子从某能级跃迁到量子数为  $n$  的能级, 这时轨道半径改变  $q$  倍, 求发射的光子的频率.

# 2004 级大学物理 (II) 试卷解答 2006-1-10 考

## 一 选择题 (共 30 分)

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

## 二 填空题 (共 30 分)

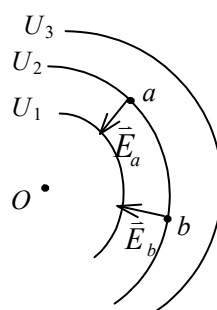
11. (本题 3 分)

$$0.80 \times 10^{-13} \bar{k} \text{ (N)}$$

12. (本题 3 分)

答案见图

=



13. (本题 3 分)

$$9.6 \text{ J}$$

14. (本题 5 分)

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2} d$$

15. (本题 3 分)

$$-\mu_0 n I_m \pi a^2 \omega \cos \omega t$$

16. (本题 3 分)

$$10 \text{ cm}$$

17. (本题 3 分)

$$1.29 \times 10^{-5} \text{ s}$$

18. (本题 3 分)

$$0.586$$

19. (本题 3 分)

$$1.5$$

20. (本题 3 分)

②; ③; ①.

### 三 计算题 (共 40 分)

#### 21. (本题 4 分)

解: 设小水滴半径为  $r$ 、电荷  $q$ ; 大水滴半径为  $R$ 、电荷为  $Q=27q$ . 27 个小水滴聚成大水滴, 其体积相等

$$27 \times (4/3)\pi r^3 = (4/3)\pi R^3$$

得

$$R = 3r$$

小水滴电势

$$U_0 = q / (4\pi\epsilon_0 r)$$

大水滴电势

$$U = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{27q}{4\pi\epsilon_0 (3r)} = 9 \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} = 9U_0$$

#### 22. (本题 5 分)

解: 
$$dP = |\psi|^2 dx = \frac{2}{a} \sin^2 \frac{\pi x}{a} dx$$

粒子位于  $0 - a/4$  内的概率为:

$$\begin{aligned} P &= \int_0^{a/4} \frac{2}{a} \sin^2 \frac{\pi x}{a} dx = \int_0^{a/4} \frac{2}{a} \frac{a}{\pi} \sin^2 \frac{\pi x}{a} d\left(\frac{\pi x}{a}\right) \\ &= \frac{2}{\pi} \left[ \frac{1}{2} \frac{\pi x}{a} - \frac{1}{4} \sin \frac{2\pi x}{a} \right] \Big|_0^{a/4} = \frac{2}{\pi} \left[ \frac{1}{2} \frac{\pi}{4} - \frac{1}{4} \sin\left(\frac{2\pi}{4}\right) \right] = 0.091 \end{aligned}$$

#### 23. (本题 10 分)

解: 大环中相当于有电流  $I = \omega(t) \cdot \lambda r_2$

这电流在  $O$  点处产生的磁感应强度大小

$$B = \mu_0 I / (2r_2) = \frac{1}{2} \mu_0 \omega(t) \lambda$$

以逆时针方向为小环回路的正方向,

$$\Phi \approx \frac{1}{2} \mu_0 \omega(t) \lambda \pi r_1^2$$

$\therefore$

$$i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{1}{2} \pi \mu_0 \lambda r_1^2 \frac{d\omega(t)}{dt}$$

$$i = \frac{i}{R} = -\frac{\pi \mu_0 \lambda r_1^2}{2R} \cdot \frac{d\omega(t)}{dt}$$

方向:  $d\omega(t)/dt > 0$  时,  $i$  为负值, 即  $i$  为顺时针方向.



$d\omega(t)/dt < 0$  时,  $i$  为正值, 即  $i$  为逆时针方向.

#### 24. (本题 8 分)

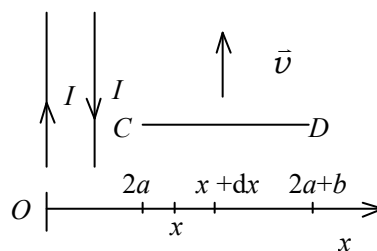
解: 建立坐标(如图)则:  $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}, \quad B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi(x-a)}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi(x-a)} - \frac{\mu_0 I}{2\pi x}, \quad \vec{B} \text{ 方向 } \odot$$

$$d\Phi = Bv dx = \frac{\mu_0 Iv}{2\pi} \left( \frac{1}{x-a} - \frac{1}{x} \right) dx$$

$$= \int d\Phi = \int_{2a}^{2a+b} \frac{\mu_0 Iv}{2\pi} \left( \frac{1}{x-a} - \frac{1}{x} \right) dx = \frac{\mu_0 Iv}{2\pi} \ln \frac{2(a+b)}{2a+b}$$



感应电动势方向为  $C \rightarrow D$ ,  $D$  端电势较高.

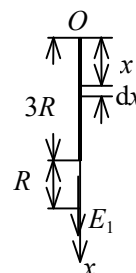
#### 25. (本题 8 分)

解: 先计算细绳上的电荷在  $O$  点产生的场强. 选细绳顶端作坐标原点  $O$ ,  $x$  轴向下为正. 在  $x$  处取一电荷元

$$dq = \lambda dx = Qdx/(3R)$$

它在环心处的场强为

$$\begin{aligned} dE_1 &= \frac{dq}{4\pi\epsilon_0(4R-x)^2} \\ &= \frac{Q dx}{12\pi\epsilon_0 R(4R-x)^2} \end{aligned}$$



整个细绳上的电荷在环心处的场强

$$E_1 = \frac{Q}{12\pi\epsilon_0 R} \int_0^{3R} \frac{dx}{(4R-x)^2} = \frac{Q}{16\pi\epsilon_0 R^2}$$

圆环上的电荷分布对环心对称, 它在环心处的场强

$$E_2 = 0$$

由此, 合场强

$$\vec{E} = E_1 \vec{i} = \frac{Q}{16\pi\epsilon_0 R^2} \vec{i}$$

方向竖直向下.

#### 26. (本题 5 分)

解: 设始态能级量子数为  $k$ , 则轨道半径由  $r_k$  变为  $r_n$ , 且  $r_k = qr_n$ .

由 
$$r_k = k^2 \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m e^2}$$

可得 
$$k^2 = q n^2$$

光子的频率 
$$\nu = Rc \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

即 
$$\nu = \frac{Rc}{n^2} \left( 1 - \frac{n^2}{k^2} \right) = \frac{Rc}{n^2} \left( 1 - \frac{1}{q} \right)$$