

# 浙江大学 20\_21 - 20\_22 学年 秋冬 学期

## 《大学物理乙 2》课程期中考试试卷 (A)

课程号: 761T0040, 开课学院: 物理系, 考试形式: 闭卷

允许带 无存储功能的计算器 入场

考试日期: 2021 年 11 月 7 日, 考试时间: 120 分钟

诚信考试, 沉着应考, 杜绝违纪.

考生姓名 \_\_\_\_\_ 学号 \_\_\_\_\_ 所属院系 \_\_\_\_\_ 任课老师 \_\_\_\_\_ 编号 \_\_\_\_\_

题 序	填 空	(一)	(二)	(三)	(四)	总 分
得 分						
评卷人						

$$\text{电子质量 } m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

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

$$\text{真空介电常数 } \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N}\cdot\text{m}^2)$$

$$\text{真空磁导率 } \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$$

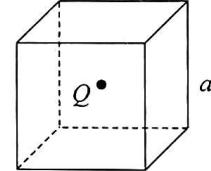
$$\text{氢原子质量 } m = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{真空中光速 } c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

### 一、填空题: (每题 4 分, 共 60 分)

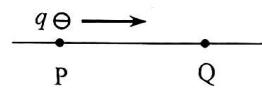
1. (本题 4 分) w001

在边长为  $a$  的立方体中心处放置一点电荷  $Q$ , 若取无穷远处为电势零点, 则该立方体顶点处的电势为  $V = \underline{\hspace{2cm}}$ .



2. (本题 4 分) w002

如图所示, 一电量为  $q = -5 \times 10^{-5} \text{ C}$  的点电荷在电场力作用下, 从 P 点移到 Q 点, 此过程中电场力对它做功  $W = 3 \times 10^{-2} \text{ J}$ , 则 P、Q 两点中  $\underline{\hspace{2cm}}$  点电势高, 高  $\underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$ .

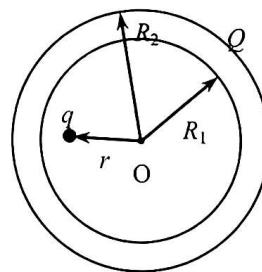


3. (本题 4 分) j001

某区域内电场的电势分布函数为  $V = ax^2 + bxy - cz^3$ , 其中  $a$ 、 $b$ 、 $c$  为常量. 则该区域中任一点的电场强度  $\vec{E} = \underline{\hspace{2cm}}$ .

4. (本题 4 分) t001

如图所示, 有一球形金属空腔, 内半径为  $R_1$ , 外半径为  $R_2$ , 其上带有电荷  $+Q$ ; 空腔内与球心 O 相距  $r$  处有一点电荷  $q$ , 则空腔内表面的电量为  $\underline{\hspace{2cm}}$ , 空腔外表面的电量为  $\underline{\hspace{2cm}}$ .



## 5. (本题 4 分) y001

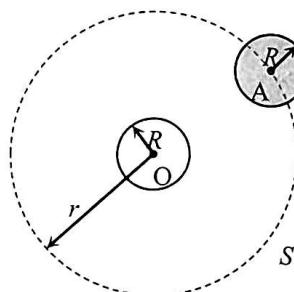
计算机键盘的每一个键下面均连有一小块金属片，它下面隔一定的空气隙是一块固定的金属片，这样两块金属片就组成了一个小平行板电容器。当键被按下时，此小电容器的电容就发生变化，与之相连的电子线路就能检测出是哪个键被按下了，从而给出相应的信号。设每个金属片的面积是  $50 \text{ mm}^2$ ，两金属片之间的距离为  $0.6 \text{ mm}$ 。如果电子线路能检出的电容变化是  $0.25 \text{ pF}$ ，那么为了给出必要的信号，需将键按下的距离至少为 \_\_\_\_\_ mm。

## 6. (本题 4 分) 5380

一平行板电容器中充满相对介电常数为  $\epsilon_r$  的各向同性均匀电介质。已知介质两表面极化电荷面密度分别为  $\pm\sigma'$ ，则极化电荷在电容器中产生的电场强度大小为 \_\_\_\_\_。

## 7. (本题 4 分) w003

已知真空中有一半径为  $R$ ，带电量为  $Q$  的导体球，测得距球心  $O$  距离为  $r$  的  $A$  点处场强为  $\bar{E}_A = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^3} \vec{r}$ 。现以  $A$  为中心，再放上一半径为  $R$ 、相对介电常数为  $\epsilon_r$  的电介质球，如图所示。则此时下列公式中正确的是 \_\_\_\_\_。



- A.  $A$  点的场强  $\bar{E}'_A = \frac{\bar{E}_A}{\epsilon_r}$
- B.  $\oint_S \bar{E} \cdot d\bar{S} = \frac{Q}{\epsilon_0}$
- C.  $\oint_S \bar{D} \cdot d\bar{S} = Q$
- D. 介质球表面极化电荷面密度为  $\sigma' = \frac{Q}{4\pi R^2} \left(1 - \frac{1}{\epsilon_r}\right)$

## 8. (本题 4 分) w004

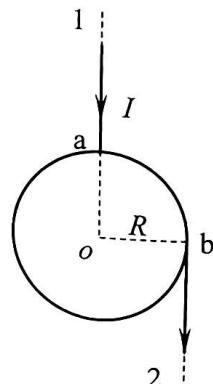
一平行板电容器圆形极板的半径为  $r = 10.0 \text{ cm}$ ，两极板之间为真空，且相距  $d = 1.00 \text{ mm}$ 。当两极板的电势差为  $V = 100 \text{ V}$  时，电容器内部电场的能量密度为 \_\_\_\_\_  $\text{J/m}^3$ ，该电容器储存的能量为 \_\_\_\_\_ J。

## 9. (本题 4 分) w005

技术上为了安全，铜线内电流密度不得超过  $6 \text{ A/mm}^2$ ，某工厂车间需要用电  $20 \text{ A}$ ，则导线的直径不得小于 \_\_\_\_\_ mm。

## 10. (本题 4 分) 5481

在真空中，电流由长直导线 1 沿半径方向经  $a$  点流入一电阻均匀分布的圆环，再由  $b$  点沿切向流出，经长直导线 2 返回电源，如图所示。已知直导线上的电流强度为  $I$ ，圆环半径为  $R$ ， $\angle aob = 90^\circ$ 。则圆心  $o$  点处的磁感应强度大小为  $B =$  \_\_\_\_\_，方向为 \_\_\_\_\_。

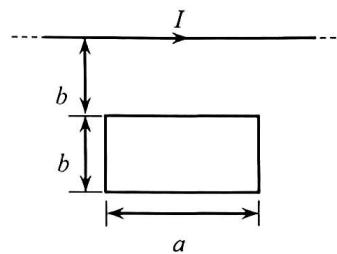


11. (本题 4 分) 2652

在磁场空间分别取两个闭合回路，若两个回路各自包围的载流导线根数不同，但电流的代数和相同。则磁感应强度沿各闭合回路的线积分\_\_\_\_\_；两个回路上的磁场分布\_\_\_\_\_。(填：相同、不相同)。

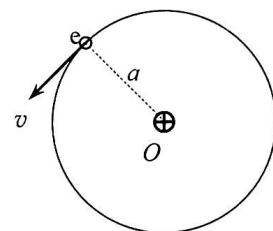
12. (本题 4 分) w006

一根通有电流  $I$  的长直导线旁，与之共面地放置一个长和宽各为  $a$  和  $b$  的矩形线框，线框的长边与载流长直导线平行，且二者相距为  $b$ ，如图所示。在此情形中，线框内的磁通量为\_\_\_\_\_。



13. (本题 4 分) 5310

氢原子处于基态时，其原子核外的电子可看作是在半径  $a = 0.52 \times 10^{-8}$  cm 的轨道上作匀速圆周运动，速率  $v = 2.2 \times 10^8$  cm · s<sup>-1</sup>。则电子在轨道中心所产生的磁感应强度大小为  $B =$  \_\_\_\_\_ T，电子磁矩的大小为  $p_m =$  \_\_\_\_\_ A·m<sup>2</sup>。



14. (本题 4 分) j002

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

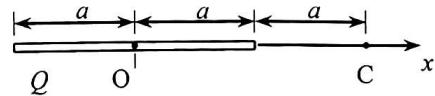
15. (本题 4 分) w007

一个绕有 500 匝导线的细环，平均周长为 50 cm，载有 0.3 A 电流时，细环的相对磁导率为 600，则细环中磁感应强度  $B$  的大小为\_\_\_\_\_ T，细环中磁场强度  $H$  的大小为\_\_\_\_\_ A/m。

## 二、计算题 (共 40 分，必须有必要的计算过程)

1. (本题 10 分) 1380

如图所示，真空中一均匀带电细直杆，长度为  $2a$ ，总电荷为  $+Q$ ，沿  $Ox$  轴固定放置。一运动粒子质量为  $m$ 、带有电荷  $+q$ ，在经过  $x$  轴上的 C 点时，速率为  $v$ 。试求：(1) 粒子在经过 C 点时，它与带电杆之间的相互作用电势能 (设无穷远处为电势零点)；(2) 粒子在电场力作用下运动到无穷远处的速率  $v_\infty$  (设  $v_\infty$  远小于光速)。

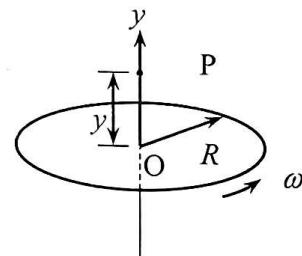


## 2. (本题 10 分) j003

一圆柱形电容器是由半径为  $R_1$  的圆柱形导体和与它同轴的导体圆筒组成，圆筒内半径为  $R_2$ ，其间充满相对介电常数为  $\epsilon_r$  的电介质。沿轴线两极板上单位长度带电量分别为  $+\lambda_0$  与  $-\lambda_0$ ，忽略边缘效应，求：(1) 介质中的电场强度；(2) 介质中的电位移矢量；(3) 介质表面的束缚电荷面密度  $\sigma'$ 。

## 3. (本题 10 分) w008

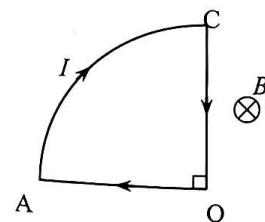
如图所示，一半径为  $R$ 、线电荷密度为  $\lambda$  ( $\lambda > 0$ ) 的均匀带电圆线圈，绕过圆心且与圆平面垂直的轴以角速度  $\omega$  转动，求轴线上 P 点的磁感应强度  $B$  的大小与方向。



## 4. (本题 10 分) w009

一线圈由半径为 0.2 m 的四分之一圆弧和相互垂直的二根直导线组成，通以电流 2 A，把它放在磁感应强度为 0.5 T 的匀强磁场中，磁场方向如图所示。求：

- (1) 线圈平面与磁场垂直时，圆弧 AC 所受的磁力；
- (2) 线圈平面与磁场成  $60^\circ$  角时，线圈所受磁力矩的大小。



## 2021–2022 学年秋冬学期《大学物理乙 2》课程期中考试参考解答 (A)

一、填空题：(每题 4 分，共 60 分)

$$1. (2r)^2 = (\sqrt{2}a)^2 + a^2, \quad r = \frac{\sqrt{3}}{2}a, \quad V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{Q}{2\sqrt{3}\pi\epsilon_0 a}$$

$$2. W = E_p - E_Q, \quad V_p - V_Q = \frac{W}{q} = \frac{3 \times 10^{-2}}{-5 \times 10^{-5}} = -600 \text{ V}, \quad Q \text{ 高}$$

$$3. \vec{E} = -\nabla U = -\left(\frac{\partial U}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial U}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial U}{\partial z} \vec{k}\right) = -(2ax + by) \vec{i} - bx \vec{j} + 3cz^2 \vec{k}$$

$$4. q_{R1} + q = 0; \quad q_{R1} = -q; \quad q_{R1} + q_{R2} = Q; \quad q_{R2} = Q - q_{R1} = Q + q$$

$$5. C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d}, \quad C = \frac{\epsilon_0 S}{d - \Delta d}, \quad \Delta C = C - C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d - \Delta d} - \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$\Delta d = \frac{d}{1 + [\epsilon_0 S / (d \Delta C)]} = 0.152 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$6. E' = \frac{\sigma'}{2\epsilon_0} - \left(-\frac{\sigma'}{2\epsilon_0}\right) = \frac{\sigma'}{\epsilon_0}$$

7. C.

$$8. E = \frac{V}{d} = 1 \times 10^5 \text{ V/m}, \quad w_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 = 0.04425 \text{ J/m}^3, \quad W = w_e V = w_e \pi r^2 d = 1.4 \times 10^{-6} \text{ J}$$

$$9. j = \frac{I}{\pi(d/2)^2}, \quad d = 2\sqrt{\frac{I}{\pi j}} = 2\sqrt{\frac{20}{\pi \times 6}} = 2.06 \text{ mm}$$

$$10. B_1 = 0, \quad B_{\text{circle}} = 0, \quad B = B_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}, \quad \text{垂直纸面向里}$$

$$11. \oint_L \vec{B} \bullet d\vec{l} = \mu_0 \sum_{in} I_i; \quad \vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n, \quad \text{相同;} \quad \text{不同}$$

$$12. B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}, \quad \Phi_B = \iint_S \vec{B} \bullet d\vec{S} = \int_b^{2b} \frac{\mu_0 I}{2\pi r} a dr = \frac{\mu_0 I a}{2\pi} \ln 2$$

$$13. B_0 = \frac{\mu_0 ev}{4\pi a^2} = 13 \text{ T}, \quad p_m = \frac{e}{T} \pi a^2 = \frac{eva}{2} = 9.152 \times 10^{-24} \text{ A} \cdot \text{m}^2$$

$$14. \bar{F} = q \bar{v} \times \bar{B} = -1.6 \times 10^{-19} \times (0.50 \times 10^6 \vec{i} + 1.0 \times 10^6 \vec{j}) \times (0.40 \vec{i} - 0.20 \vec{j}) = 8 \times 10^{-14} \vec{k}$$

$$15. H \cdot l = NI, \quad H = \frac{NI}{l} = 300 \text{ A/m}, \quad B = \mu_0 \mu_r H = \frac{\mu_0 \mu_r NI}{l} = 0.226 \text{ T}$$

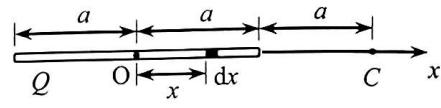
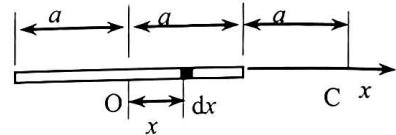
## 二、计算题 (共 40 分, 必须有必要的计算过程)

1. (1) 设无穷远处电势为零,  $dq = \frac{Q}{2a} dx$

$$dU = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0(2a-x)} \cdot \frac{dx}{2a}$$

$$U = \int_L^a dU = \int_{-a}^a \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 a (2a-x)} dx = \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 a} \ln 3$$

$$W = qU = qQ \ln 3 / (8\pi\epsilon_0 a)$$



(2)  $\frac{1}{2}mv_\infty^2 - \frac{1}{2}mv^2 = \frac{qQ}{8\pi\epsilon_0 a} \ln 3, v_\infty = \sqrt{\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 am} \ln 3 + v^2}$

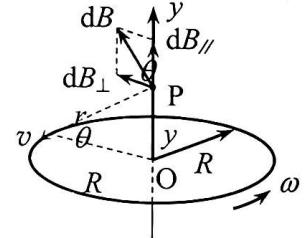
2.  $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = D \cdot 2\pi r l = \lambda_0 l, D = \frac{\lambda_0}{2\pi r}, E = \frac{D}{\epsilon_0 \epsilon_r} = \frac{\lambda_0}{2\pi \epsilon_0 \epsilon_r r}$

$$P = \epsilon_0 (\epsilon_r - 1) E = \frac{\lambda_0}{2\pi r} \left(1 - \frac{1}{\epsilon_r}\right) = \frac{\lambda_0 (\epsilon_r - 1)}{2\pi \epsilon_r r} \quad \text{方向均垂直轴线向外}$$

$$\sigma'_{\text{内}} = P \cos \pi \Big|_{r=R_1} = -\frac{\lambda_0 (\epsilon_r - 1)}{2\pi \epsilon_r R_1}, \quad \sigma'_{\text{外}} = P \cos 0 \Big|_{r=R_2} = \frac{\lambda_0 (\epsilon_r - 1)}{2\pi \epsilon_r R_2}$$

3.  $dq = \lambda dl, dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{dq v \sin 90^\circ}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\omega R \lambda}{r^2} dl$

$$dB_{\parallel} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\omega R \lambda}{r^2} dl \cos \theta$$



$$B = \int dB_{\parallel} = \int_0^{2\pi R} \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\omega R \lambda}{r^2} dl \frac{R}{r} = \int_0^{2\pi R} \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\omega R^2 \lambda}{(R^2 + y^2)^{3/2}} dl = \frac{\mu_0 \omega \lambda R^3}{2(R^2 + y^2)^{3/2}}$$

正 y 方向

4. (1)  $F_{AC} = F_{\overline{AC}} = I \cdot \sqrt{2} R \cdot B = 0.283 \text{ (N)}, \text{ 方向如图所示 (左斜上 } 45^\circ \text{)}$

(2)  $p_m = IS = I \frac{\pi R^2}{4} = \frac{\pi R^2 I}{4}$

$$M = p_m B \sin(90^\circ - 60^\circ) = \frac{\pi R^2 I B}{4} \sin 30^\circ = 1.57 \times 10^{-2} \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

