

浙江大学 20 18 - 20 19 学年 秋冬 学期

《大学物理甲 2》课程期中考试试卷 (A)

课程号: 761T0020, 开课学院: 物理系

考试试卷: A ☒ 卷、B 卷 (请在选定项上打 ☒)

考试形式: 闭 ☒、开卷 (请在选定项上打 ☒)

允许带 无存储功能的计算器 入场

考试日期: 2018 年 11 月 16 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 序号

题序	填空	计 1	计 2	计 3	计 4	总 分
得分						
评卷人						

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

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

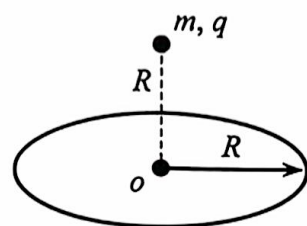
基本电荷 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

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

一、填空题: (15 题, 共 60 分)

1. (本题 4 分) y001

一半径为 R 的均匀带电细圆环, 带电量 Q , 水平放置, 在圆环轴线的上方离圆心 R 处, 有一质量为 m 、带电量为 q 的小球, 当小球从静止下落到圆心位置时, 它的动能 $E_k =$.



2. (本题 4 分) w001

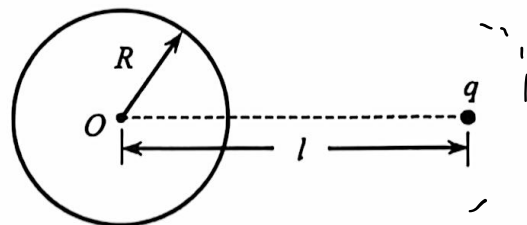
某区域内电场的电势分布函数为 $U = ax^2 + bxy - cz^3$, 其中 a 、 b 、 c 为常量。则该区域中任一点的电场强度 $\vec{E} =$.

3. (本题 4 分) 1117

一空气平行板电容器, 两板间距为 d , 极板上带电量分别为 $+q$ 和 $-q$, 板间电势为 U , 忽略边缘效应; 将电源断开, 在两板间平行插入一厚度为 t ($t < d$) 的金属板, 则板间电势差变为 , 此时电容器的电容值为 .

4. (本题 4 分) t001

如图所示, 半径为 R 的中性金属球壳外有一点电荷 q , 与球心 O 相距为 l ($l > R$), 设它们离地都很远。球内各点的电势为 ; 如果金属球接地, 则球上总感应电荷量为 .



5. (本题 4 分) t002

半径为 a 的长直导线, 外面套有共轴导体圆筒, 圆筒内半径为 b , 导线与圆筒间充满相对介电常数为 ϵ_r 的均匀电介质。设沿轴线单位长度上导线均匀带电 $+\lambda$, 圆筒均匀带电 $-\lambda$, 忽略边缘效应, 沿轴线单位长度的电场能量为_____。

6. (本题 4 分) w002

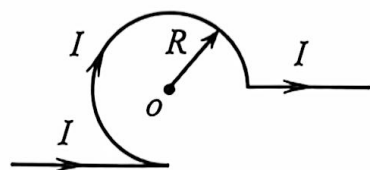
直径为 2 mm 的铜线, 通有 1 A 的稳恒电流, 铜导线中电子的漂移速度为_____; 已知铜的电子浓度为 $8.5 \times 10^{28} \text{ l/m}^3$ 。

7. (本题 4 分) w003

一球形电容器, 内外球面半径分别为 $R_1 = 2 \text{ cm}$ 和 $R_2 = 4 \text{ cm}$, 在两球面间充满击穿电场强度为 160 kV/m 的电介质; 则该电容器能承受的最大电压为_____。

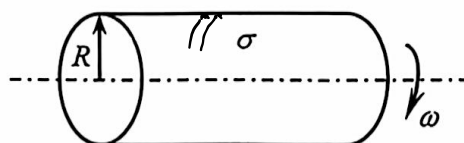
8. (本题 4 分) y002

一根无限长直导线通有电流 I , 如图弯成一个半径为 R 的 $3/4$ 圆, 则圆心 o 处的磁感应强度大小为_____, 方向为_____。



9. (本题 4 分) 1929

如图所示, 一半径为 R 的均匀带电无限长直圆筒, 电荷面密度为 $\sigma (>0)$, 该圆筒以角速度 ω 绕其轴线匀速转动; 则圆筒内部的磁感应强度的大小为_____, 方向为_____。

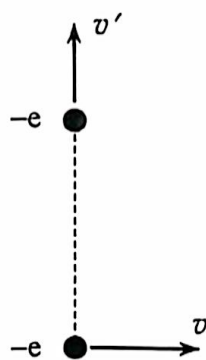


10. (本题 4 分) 2606

从经典观点来看, 氢原子可看作是一个电子绕核作高速旋转的体系。已知电子和质子的电荷分别为 $-e$ 和 e , 电子质量为 m_e , 氢原子的圆轨道半径为 r , 电子作平面轨道运动, 则电子轨道运动的磁矩为_____。

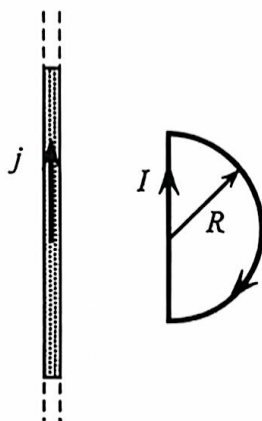
11. (本题 4 分) t003

两个电子在同一平面内沿互相垂直的方向运动, 速度分别为 $v = 3.0 \times 10^6 \text{ m/s}$ 和 $v' = 1.0 \times 10^6 \text{ m/s}$; 当它们运动到图示位置且相距为 $8.0 \times 10^{-11} \text{ m}$ 时, 图示下方电子作用在上方电子的磁力为_____, 上方电子作用在下方电子的磁力为_____。



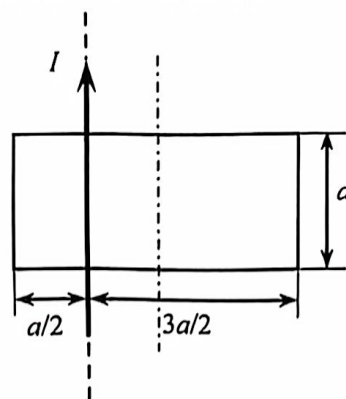
12. (本题 8 分) 2725

如图所示, 在电流密度为 j 的均匀载流无限大平板附近, 有一载流为 I 、半径为 R 的半圆形刚性线圈, 其线圈平面与载流大平面垂直, 线圈所受磁力矩为_____。



13. (本题 4 分) w004

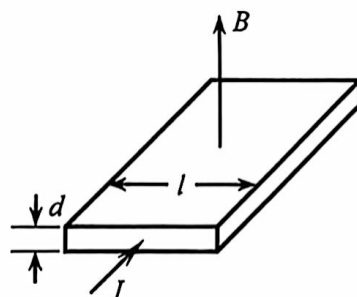
一无限长直导线通有电流 I ，有一绝缘的矩形线框初始时与直导线共面，如图所示；线框可绕与直导线平行并平分线框的竖直轴转动，当线框转过 $\pi/2$ 角度时，通过线框的磁通量的变化量为_____。



14. (本题 4 分) t004

如图所示，把一宽 l 为 $2.0 \times 10^{-2} \text{ m}$ 、厚度 d 为 $1.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ 的铜片放在磁感应强度 $B = 1.5 \text{ T}$ 的均匀磁场中，如果铜片中通有 200 A 的电流，则铜片_____侧（填“左”或“右”）的电势高，霍尔电势差为_____。

铜的电子浓度为 $8.5 \times 10^{28} \text{ l/m}^3$ 。



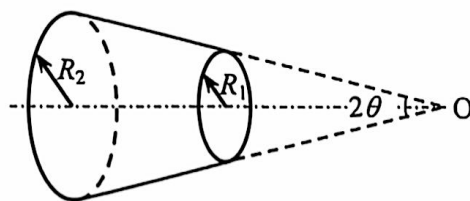
15. (本题 4 分) t005

一个铁原子的磁矩是 $1.8 \times 10^{-23} \text{ A} \cdot \text{m}^2$ 。设长为 5.0 cm 、截面积为 1.0 cm^2 的铁棒中所有铁原子的磁矩都整齐排列，则铁棒的磁矩为_____。（已知铁的密度为 $7.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，铁原子的摩尔质量为 $55.85 \times 10^{-3} \text{ kg}$ ，阿伏伽德罗常量为 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ）

二、计算题：(4 题，共 40 分)

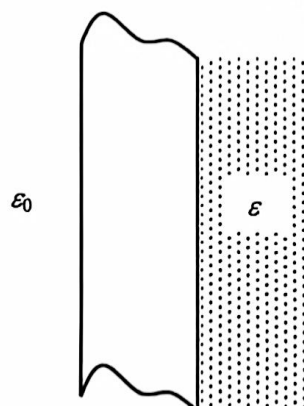
1. (本题 6 分) t006

一圆台的锥顶张角为 2θ ，上底半径为 R_1 ，下底半径为 R_2 ，如图所示。它的侧面均匀带电，其电荷面密度为 σ 。求顶点的电势。



2. (本题 12 分) w005

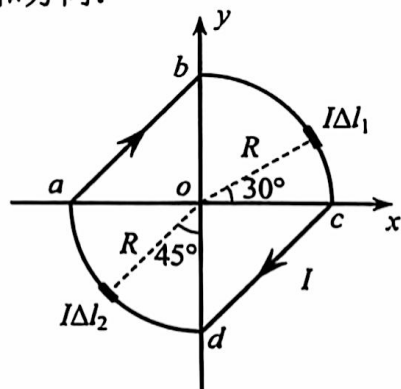
真空中一无限大带电导体板两侧面上的电荷面密度均为 σ ，现在导体板右侧充满介电常数为 ε 的均匀电介质。试求：(1) 如图所示，导体板左侧面、右侧面上的自由电荷面密度 σ_1 、 σ_2 以及电介质表面的极化电荷面密度 σ' ；(2) 导体板左、右两侧的电场强度的大小和方向。



3. (本题 12 分) 2590

如图所示，在 xoy 平面（即纸面）内有一载流线圈 $abcd$ ，其中 bc 弧和 da 弧皆为以 o 为圆心半径 $R = 20 \text{ cm}$ 的 $1/4$ 圆弧， \overline{ab} 和 \overline{cd} 皆为直线，电流 $I = 20 \text{ A}$ ，其流向沿 $abcd$ 的绕向；电流元 $\Delta l_1 = \Delta l_2 = 0.10 \text{ mm}$ ，位置如图。设该线圈处于磁感强度 $B = 8.0 \times 10^{-2} \text{ T}$ 的均匀磁场中， \mathbf{B} 方向沿 x 轴正方向。试求以下电流元或载流导线在均匀磁场 \mathbf{B} 中的受力：

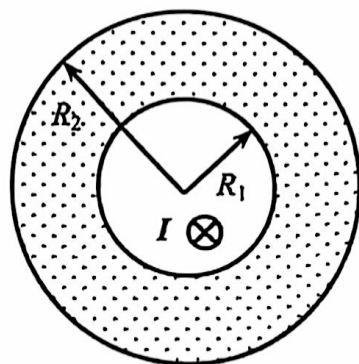
- (1) 电流元 $I\Delta l_1$ 和 $I\Delta l_2$ 所受安培力 $\Delta \mathbf{F}_1$ 和 $\Delta \mathbf{F}_2$ 的大小和方向；
- (2) 直线段 \overline{ab} 和 \overline{cd} 所受到的安培力 \mathbf{F}_{ab} 和 \mathbf{F}_{cd} 的大小和方向；
- (3) 圆弧段 bc 弧和 da 弧所受到的安培力 \mathbf{F}_{bc} 和 \mathbf{F}_{da} 的大小和方向。



4. (本题 10 分) w006

如图所示，一磁导率为 μ_1 ($> \mu_0$) 的无限长圆柱形导体半径为 R_1 ，其中均匀地通有电流 I 、方向垂直向里；导体外包一层磁导率为 μ_2 ($> \mu_1$) 的同轴圆筒形不导电的磁介质，其外半径为 R_2 ；外部是真空。试求：

- (1) 磁场强度和磁感应强度的空间分布；
- (2) 半径为 R_2 处介质表面上的磁化电流线密度的大小和方向、总磁化电流强度。



2018-2019 学年秋冬学期《大学物理甲 2》期中考试试卷参考答案 A

一、填空题：（每题 4 分，共 60 分）

$$1. E_k = mgR - \left(\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{2}R} \right) = mgR - \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

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

$$3. E = \frac{U}{d}, U' = E(d-t) = \frac{(d-t)U}{d}, C' = \frac{q}{U'} = \frac{qd}{(d-t)U}$$

$$4. U = U_0 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 l} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0 R} \int dq' = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 l}, U' = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 l} + \frac{q'}{4\pi\epsilon_0 R} = 0, q' = -\frac{R}{l} q$$

$$5. D = \frac{\lambda}{2\pi r}, E = \frac{D}{\epsilon_0 \epsilon_r} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 \epsilon_r r}, w = \frac{1}{2} DE = \frac{\lambda^2}{8\pi^2 \epsilon_0 \epsilon_r r^2}$$

$$W = \int_a^b \frac{\lambda^2}{8\pi^2 \epsilon_0 \epsilon_r r^2} \cdot 2\pi r l dr = \frac{\lambda^2 l}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r} \ln \frac{b}{a}, W' = \frac{W}{l} = \frac{\lambda^2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r} \ln \frac{b}{a}$$

$$6. I = nevS, v = \frac{I}{neS} = \frac{I}{ne\pi(d/2)^2} = 2.34 \times 10^{-5} \text{ (m/s)}$$

$$7. \text{当 } r=R_1 \text{ 时, 场强有最大值: } E=E_{\max}; E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r r^2}, Q_{\max} = 4\pi\epsilon_0 \epsilon_r R_1^2 E_{\max}$$

$$U_{\max} = \int_{R_1}^{R_2} E \cdot dr = \int_{R_1}^{R_2} \frac{Q_{\max}}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r r^2} dr = R_1^2 E_{\max} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = 1.6 \times 10^3 \text{ (V)}$$

$$8. B = \frac{3}{4} \times \frac{\mu_0 I}{2R} - \frac{\mu_0 I}{4\pi R} = \frac{\mu_0 I}{4R} \left(\frac{3}{2} - \frac{1}{\pi} \right) \quad \text{方向垂直纸面向里}$$

$$9. j = \frac{I}{L} = v \frac{q}{L} = \frac{\omega}{2\pi} \cdot 2\pi R \cdot \sigma = R\omega\sigma, B = \mu_0 nI = \mu_0 j = \mu_0 R\omega\sigma, \text{方向沿轴线向右。}$$

$$10. \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = m_e \frac{v^2}{r}, i = e \frac{v}{2\pi r} = \frac{e^2}{4\pi r \sqrt{\pi\epsilon_0 m_e r}}, p_m = iS = \frac{1}{4} e^2 \sqrt{\frac{r}{\pi\epsilon_0 m_e}}$$

$$11. B_{12} = \frac{\mu_0 ev}{4\pi r^2}, F_{12} = ev'B_{12} = \frac{\mu_0 e^2 vv'}{4\pi r^2} = 1.2 \times 10^{-12} \text{ (N)}, B_{21} = 0, F_{21} = 0$$

$$12. M = BP \sin \theta = \frac{1}{2} \mu_0 j \cdot \frac{1}{2} \pi R^2 I \cdot \sin 0^\circ = 0$$

$$13. \Phi_m = \int_{a/2}^{3a/2} \frac{\mu_0 I}{2\pi x} \cdot a dx = \frac{\mu_0 Ia}{2\pi} \ln 3, \Delta\Phi_m = 0 - \Phi_m = -\frac{\mu_0 Ia}{2\pi} \ln 3$$

$$14. \text{左侧电势高 } U_H = \frac{1}{ne} \frac{IB}{d} = 2.2 \times 10^{-5} \text{ V}$$

$$15. N = \frac{m}{M} N_0 = \frac{\rho V}{M} N_0 = 4.20 \times 10^{23} \text{ 个, 总磁矩: } P_m = Np_m = 7.56 \text{ (A} \cdot \text{m}^2)$$

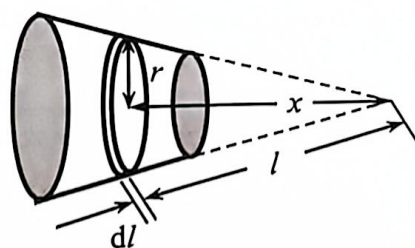
二、计算题：（共 4 题，共 40 分）

1. 解： $dS = 2\pi r dl = 2\pi l \sin \theta dl$

$$dq = \sigma 2\pi l \sin \theta dl$$

$$dU = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 l} = \frac{2\pi l \sigma \sin \theta dl}{4\pi\epsilon_0 l} = \frac{\sigma \sin \theta dl}{2\epsilon_0},$$

$$U = \int_{R_1/\sin \theta}^{R_2/\sin \theta} \frac{\sigma \sin \theta dl}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} (R_2 - R_1)$$



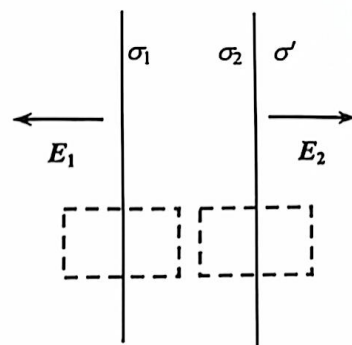
2. 解：（1） $E_2 = E_1$ ；

$$\text{左侧： } E_1 = \frac{\sigma_1}{\epsilon_0}；\text{右侧： } D = \sigma_2, E_2 = \frac{D}{\epsilon} = \frac{\sigma_2}{\epsilon}；\frac{\sigma_1}{\epsilon_0} = \frac{\sigma_2}{\epsilon}$$

$$\text{电荷守恒： } \sigma_1 + \sigma_2 = 2\sigma。 \sigma_1 = 2\sigma \frac{\epsilon_0}{\epsilon_0 + \epsilon}, \sigma_2 = 2\sigma \frac{\epsilon}{\epsilon_0 + \epsilon}$$

$$\text{右侧： } P = \chi_e \epsilon_0 E_2 = (\epsilon - \epsilon_0) \frac{D}{\epsilon} = (1 - \frac{\epsilon_0}{\epsilon}) D = (1 - \frac{\epsilon_0}{\epsilon}) \sigma_2$$

$$\sigma' = P \cos \pi = -P = -(1 - \frac{\epsilon_0}{\epsilon}) \sigma_2 \Rightarrow \sigma' = 2\sigma \frac{\epsilon_0 - \epsilon}{\epsilon_0 + \epsilon}$$



$$\text{（2）左侧： } E_1 = \frac{\sigma_1}{\epsilon_0} = \frac{2\sigma}{\epsilon_0 + \epsilon}, \text{ 方向向左；右侧： } E_2 = \frac{\sigma_2}{\epsilon} = \frac{2\sigma}{\epsilon_0 + \epsilon}, \text{ 方向向右}$$

3. （1） $\Delta F_1 = I \Delta l_1 B \sin 60^\circ = 1.39 \times 10^{-4} \text{ (N)}$ 垂直纸面向外

$$\Delta F_2 = I \Delta l_2 B \sin 135^\circ = 1.13 \times 10^{-4} \text{ (N)} \quad \text{垂直纸面向里}$$

$$\text{（2） } F_{ab} = I \overline{ab} B \sin 45^\circ = I \frac{R}{\sin 45^\circ} B \sin 45^\circ = IRB = 0.32 \text{ (N)}, \text{ 垂直纸面向里}$$

$$F_{cd} = IRB = 0.32 \text{ (N)}, \text{ 垂直纸面向外}$$

$$\text{（3） } Idl = IRd\theta; F_{bc} = \int_0^{\pi/2} IRB \sin \theta d\theta = IRB = 0.32 \text{ (N)}, \text{ 垂直纸面向外}$$

$$F_{da} = IRB = 0.32 \text{ (N)}, \text{ 垂直纸面向里}$$

$$4. \text{（1） } 0 < r < R_1: H_1 \cdot 2\pi r = \frac{I}{\pi R_1^2} \cdot \pi r^2, H_1 = \frac{Ir}{2\pi R_1^2}, B_1 = \mu_1 H_1 = \frac{\mu_1 Ir}{2\pi R_1^2}$$

$$R_1 < r < R_2: H_2 \cdot 2\pi r = I, H_2 = \frac{I}{2\pi r}, B_2 = \mu_2 H_2 = \frac{\mu_2 I}{2\pi r}$$

$$R_2 < r: H_3 \cdot 2\pi r = I, H_3 = \frac{I}{2\pi r}, B_3 = \mu_0 H_3 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

$$\text{（2）半径为 } R_2 \text{ 处的介质表面上： } H_2 = \frac{I}{2\pi R_2}$$

$$j_{m2} = M_2 = \frac{\mu_2 - \mu_0}{\mu_0} H_2 = \frac{\mu_2 - \mu_0}{\mu_0} \frac{I}{2\pi R_2} \quad \text{方向垂直纸面向外}$$

$$\text{总磁化电流强度： } I_m = j_{m2} \cdot 2\pi R_2 = \frac{\mu_2 - \mu_0}{\mu_0} I$$

