

南京大学 电子科学与工程学院 全日制统招本科生

《大学物理 II》期中考试试卷 （闭卷）

任课教师姓名: \_\_\_\_\_

考试日期: 2017-04-27 考试时长: 2 (13:30-16:00) 小时 30 分钟

考生年级 \_\_\_\_\_ 考生专业 \_\_\_\_\_ 考生学号 \_\_\_\_\_ 考生姓名 \_\_\_\_\_

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	总分
得分									

一、(10 分) 一平行板电容器极板面积为  $S$ , 间距为  $d$ , 接在电源上以维持其电压为  $U$ 。将一块厚度为  $d$ 、相对介电常数为  $\epsilon_r$  的均匀电介质板插入极板间空隙。试计算介质板插入前后: (1) 静电能的改变; (2) 电场对电源所作的功; (3) 电场对介质板作的功。

本题得分

解: (1) 因保持与电源连接, 两极板间电势差保持不变, 而电容值由

$$C_1 = \epsilon_0 S/d \quad \Rightarrow \quad C_2 = \epsilon_0 \epsilon_r S/d$$

插入介质前后电容器储存的电场能量由

$$W_{e1} = C_1 U^2 / 2 = \epsilon_0 S U^2 / 2d \quad \Rightarrow \quad W_{e2} = C_2 U^2 / 2 = \epsilon_0 \epsilon_r S U^2 / 2d$$

则静电能的改变:

$$\Delta W_e = W_{e2} - W_{e1} = (\epsilon_r - 1) \epsilon_0 S U^2 / 2d$$

(2) 电容器上带电量的增量为:

$$\Delta Q = C_2 U - C_1 U = (\epsilon_r - 1) \epsilon_0 S U / d$$

则电场对电源作的功为:

$$A_1 = -\Delta Q U = (1 - \epsilon_r) \epsilon_0 S U^2 / d$$

(3) 设电场对介质作的功为  $A_2$ , 根据功能原理:

$$-A_2 - A_1 = \Delta W_e$$

$$A_2 = -\Delta W_e - A_1 = (\epsilon_r - 1) \epsilon_0 S U^2 / 2d$$

二、(10 分) 若  $i, j, k$  分别为直角坐标下三个坐标轴的单位矢量,  $x, y, z$  为这三个坐标轴上对应的变量。已知真空中某一区域内静电场的电势空间分布表达式为:  $V(x, y, z) = (x^2 y^2)/2$ , 求该区域内的 (1) 电场强度  $E$ ; (2) 自由电荷分布密度  $\rho$ 。

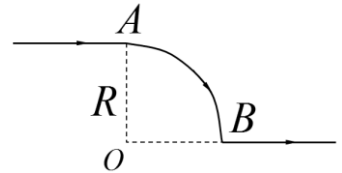
本题得分

解: (1)  $E = -\nabla V = -xy^2 i - x^2 y j$ ;

$$(2) \rho = \nabla \cdot \epsilon_0 E = \epsilon_0 (y^2 + x^2);$$

三. (10 分) 真空中有一无限长载流  $I$  的导线, 其中部弯成如图所示的四分之一圆周  $AB$ , 圆心为  $O$ , 半径为  $R$ , 求在  $O$  点处的磁感应强度.

本题得分	
------	--



解: 垂直纸面向内,  $B = \mu_0 I / R (1/8 + 1/4\pi)$

四. (15 分) 若  $i, j, k$  分别为直角坐标下三个坐标轴的单位矢量, 现有一个电子沿着螺旋轨道在磁感应强度  $\mathbf{B} = (2\mathbf{i} - 5\mathbf{j} - 3\mathbf{k})\text{mT}$  的均匀磁场中运动, 初始速度为  $\mathbf{u} = (2\mathbf{i} - 3\mathbf{j} - 5\mathbf{k})\text{m/s}$  求 (1) 磁感应强度  $\mathbf{B}$  和速度矢量之间的夹角; (2) 螺旋轨道的半径; (3) 螺旋轨道的周期。

本题得分	
------	--

解: (1)  $\cos(\theta) = \mathbf{B} \cdot \mathbf{u} / |\mathbf{B}| |\mathbf{u}| = 34/38, \theta = \arccos(17/19)$

(2)  $R = \mu_0 I / Be = 6\sqrt{2} \text{ m} / 19e;$

(3)  $T = 2\pi m / eB$

五. (15 分) 有一半径为  $R$  的无限长圆筒状 (电流分布在筒表面, 不考虑筒厚度) 直导线 (相对磁导率近似为 1), 通有均匀分布的电流  $I$ , 在线外包有一层厚为  $d$  相对磁导率为  $\mu_r$  的均匀磁介质。试求:

本题得分	
------	--

(1) 离轴线为  $r$  处的磁感应强度  $B$  和磁场强度  $H$  的大小; (2) 磁介质内、外表面上的磁化电流的大小和方向, 并作图; (3) 磁性介质中单位长度的磁场能量。

解: (1)

$$H=0 \quad B=0 \quad r < R$$

$$H=I/2\pi r \quad B=\mu_0\mu_r I/2\pi r \quad R \leq r \leq R+d$$

$$H=I/2\pi r \quad B=\mu_0 I/2\pi r \quad R+d < r$$

(2)

$$M_{in}=(\mu_r-1)H=(\mu_r-1) I/2\pi R$$

$$I_{min}=(\mu_r-1) I/2\pi R$$

$$M_{out}=(\mu_r-1)H=(\mu_r-1) I/2\pi(R+d)$$

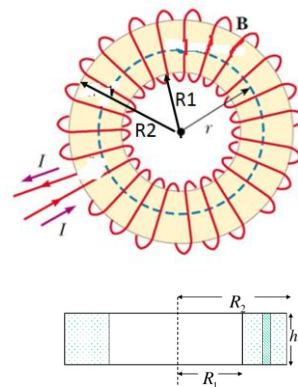
$$I_{mout}=- (\mu_r-1) I/2\pi(R+d)$$

(3)

$$W=\mu_0\mu_r I^2 \ln[(R+d)/R]/4\pi$$

六. (15 分) 有一截面为长方形的螺绕环, 通有交变电流为  $I=I_0\cos(\omega t)$ , 其中  $I_0$  和  $\omega$  都是常数, 螺绕环内外半径为  $R_1$  和  $R_2$ , 截面高为  $h$ , 一共有  $N$  匝, 求(1)求半径为  $r$  处磁感应强度的大小和方向; (2)求任一瞬时  $t$  线圈中产生的自感电动势; (3)自感系数。

本题得分	
------	--



解: (1)  $H=0 \quad B=0 \quad r < R_1$

$$H=NI/2\pi r \quad B=\mu_0 NI/2\pi r \quad R_1 \leq r \leq R_2$$

$$H=0 \quad B=0 \quad R_2 < r$$

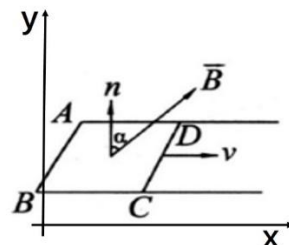
$$(2) \quad \varepsilon_i = -d\Phi/dt = \mu_0 N^2 I_0 \omega \sin(\omega t) \ln(R_2/R_1)/2\pi$$

$$(3) L = \Phi/I = \mu_0 N^2 h \ln(R_2/R_1)/2\pi$$

七. (15 分) 如图所示, 有一矩形导体回路 ABCD 放在均匀外磁

本题得分	
------	--

场中，磁场磁感应强度  $\vec{B}$  随时间  $t$  正比变化，为  $(0.3t \vec{i} + 0.4t \vec{j}) \text{ mT}$ ，其中  $\vec{i}$  和  $\vec{j}$  分别为两个正交坐标轴  $X$ 、 $Y$  方向的单位矢量。回路的  $CD$  段长  $L=1\text{m}$ ，以方向平行于  $X$  轴的速度  $\vec{V}=5\vec{i} \text{ m/s}$  向外滑动。求回路中的：（1）感应电动势的大小和方向；（2）动生电动势的大小和方向。

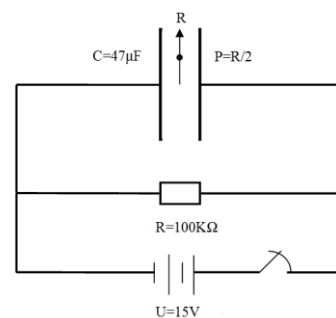


解：（1） $\epsilon_i = -d\Phi/dt = -4t$ ，大小为  $4t \text{ mV}$ ，方向为顺时针；

（2） $\epsilon_v = 2t \text{ mV}$ ，方向由  $D$  指向  $C$

八（10 分）如下图所示的电路，其中电阻为  $100\text{K}\Omega$ ，电容为圆形极板的理想平行板电容，其电容值为  $47\mu\text{F}$ ，极板的半径为  $R$ ，两极板之间区域为真空。将电容充电到  $15\text{V}$  后断开开关，试求：（1）电容上的电场能量下降到断开时能量的一半的时间；（2）离开中心  $r=R/2$  处  $P$  点磁感应强度的大小及方向。

本题得分	
------	--



解：（1） $t=1.63 \text{ s}$

（2） $u = U_0 \exp(-t/RC)$ ，

$i = C \frac{du}{dt} = -U_0/R \exp(-t/RC)$ ；

$B = \mu_0 H = \mu_0 I / 4\pi R = -\mu_0 1.5 \times 10^{-4} \exp(-t/4.7) / 4\pi R$