

装
订
线
内

不
要
答
题

北京大学信息科学技术学院考试试卷

考试科目： 电磁学 姓名： 学号：

考试时间： 2012 年 6 月 20 日 任课教师：

题 号	一	二	三	四	五	六	总分
分 数							
阅卷人							

北京大学考场纪律

- 1、考生进入考场后，按照监考老师安排隔位就座，将学生证放在桌面上。无学生证者不能参加考试；迟到超过 15 分钟不得入场。在考试开始 30 分钟后方可交卷出场。
- 2、除必要的文具和主考教师允许的工具书、参考书、计算器以外，其它所有物品（包括空白纸张、手机、或有存储、编程、查询功能的电子用品等）不得带入座位，已经带入考场的必须放在监考人员指定的位置。
- 3、考试使用的试题、答卷、草稿纸由监考人员统一发放，考试结束时收回，一律不准带出考场。若有试题印制问题请向监考教师提出，不得向其他考生询问。提前答完试卷，应举手示意请监考人员收卷后方可离开；交卷后不得在考场内逗留或在附近高声交谈。未交卷擅自离开考场，不得重新进入考场答卷。考试结束时间到，考生立即停止答卷，在座位上等待监考人员收卷清点后，方可离场。
- 4、考生要严格遵守考场规则，在规定时间内独立完成答卷。不准交头接耳，不准偷看、夹带、抄袭或者有意让他人抄袭答题内容，不准接传答案或者试卷等。凡有违纪作弊者，一经发现，当场取消其考试资格，并根据《北京大学本科考试工作与学术规范条例》及相关规定严肃处理。
- 5、考生须确认自己填写的个人信息真实、准确，并承担信息填写错误带来的一切责任与后果。
- 学校倡议所有考生以北京大学学生的荣誉与诚信答卷，共同维护北京大学的学术声誉。

以下为试题和答题纸，共 10 页。

得分	一、(30 分) 填空、判断、简答
	1. (10 分) 判断题, 请在每一小题前面的空格内写上“对”或者“错”

解答	题号	题目
错	(1)	某点的电场强度的方向就是点电荷在该点所受的电场力的方向。
错	(2)	电势为零处电场强度也为零。
对	(3)	有一个未接地的金属导体形成的闭合空腔。如果只改变导体外表面以外的电荷量, 则空腔内的电场不会发生改变; 如果只改变空腔内表面以内的电荷量, 则空腔外的电场会发生改变。
错	(4)	在外磁场中, 圆形载流线圈整体受到的总的安培力必为零。
对	(5)	电场强度沿一闭合环路的环量可以不等于零。

2. (8 分) 选择题, 请从选项中选择正确的答案, 将正确选项前的字母 A、B 或 C, 填在小题前面的空格内。

解答	题号	题目和选项
A	(1)	将一个空心的螺线管(其自身的电阻忽略不计), 和一个电阻串联后连接到理想无内阻的稳压直流电源上, 然后将一个原本未磁化的铁棒匀速插入螺线管中。插入过程中, 铁棒受磁场的作用力的情况是: A. 吸引力, B. 排斥力, C. 不受力;
A	(2)	如上(1)所述, 与插入铁棒之前相比较, 螺线管内的磁场能变化是: A. 增加, B. 减少, C. 不变;
A	(3)	如上(1)所述, 电源的输出功率: 设插入铁棒之前为 P_1 , 插入铁棒的过程中平均功率为 P_2 , 插入铁棒之后为 P_3 ; 请问 P_1 和 P_2 之间的关系是: A. $P_1 > P_2$, B. $P_1 = P_2$, C. $P_1 < P_2$;
B	(4)	如上(3)所述, 请问 P_1 和 P_3 之间的关系是: A. $P_1 > P_3$, B. $P_1 = P_3$, C. $P_1 < P_3$;

3. (12 分) 填空题

(1) 假设有一电流元为 $\hat{i}Idx$ 位于坐标原点处, 其中, I 为电流强度, dx 为 x 坐标的微分, \hat{i} 是 x 方向单位矢量 (分别以 \hat{i} , \hat{j} , \hat{k} 代表 x , y , z 方向的单位矢量), 某点 $P_1(a, 0, 0)$, 其中, $a \neq 0$, 请问电流元在 P_1 点产生的磁感应强度 $\vec{B} = (\quad 0 \quad)$

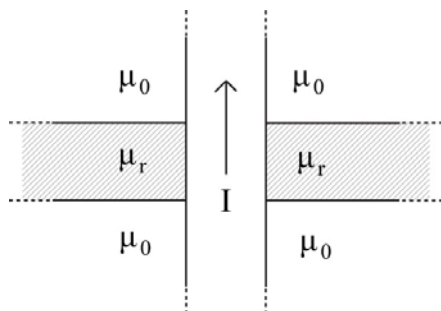
(2) 如上 (1) 所述, 如果有某点 $P_2(0, 0, c)$, 且 $c > 0$, 请问电流元在 P_2 点产生的磁感应强度 $\vec{B} = (\quad -\frac{\mu_0 Idx}{4\pi c^2} \hat{j} \quad)$

(3) 理想电感 L 和电阻 R 串联构成闭合回路, 初始时刻电路中的电流为 I , 假设不考虑电磁辐射, 请问经过很长时间后最终电阻 R 上产生的焦耳热的总能量是: $(\quad LI^2/2 \quad)$

(4) 已知一个处于静电平衡的导体, 电势为 U , 带有电荷量为 Q , 其静电能是: $(\quad QU/2 \quad)$

得分

二、(15 分) 如图所示, 一半径为 R 的圆柱形无穷长直导线内通有均匀分布的稳恒电流 I , 导线的相对磁导率为 1。导线外有厚度为 d 、相对磁导率为 μ_r 的均匀各向同性线性磁介质构成的无限大平板。导线与平板表面垂直, 并从板上一个半径为 R 的圆孔中穿过。求(1)整个空间中各处的磁感应强度矢量 \mathbf{B} 和磁场强度矢量 \mathbf{H} ; (2)磁化电流的分布。



1、导线内 $B = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2}$, $H = \frac{I r}{2\pi R^2}$;

2、真空中 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$, $H = \frac{I}{2\pi r}$;

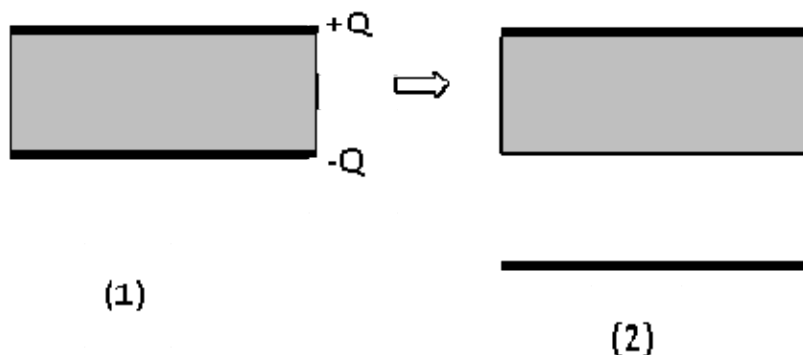
3、磁介质中 $H = \frac{I}{2\pi r}$, $B = \frac{\mu_r \mu_0 I}{2\pi r}$;

4、磁介质内部无磁化电流。在磁介质与导体的界面, $j_m = (\mu_r - 1)H = \frac{(\mu_r - 1)I}{2\pi r}$, 方向沿轴向向上; 在磁介质与真空的界面(分上下两个面, 方向不同), $j_m = (\mu_r - 1)H = \frac{(\mu_r - 1)I}{2\pi r}$, 方向: 上表面沿径向向外, 下表面沿径向向内。

得分

三、（15 分）如图所示的一个平行板电容器，两极板间距为 d ，极板面积为 S ，带电量为 Q ，中间充满相对介电常数为 ϵ_r 的均匀各向同性线性电介质。忽略边缘效应，

- （1）求电容器内部空间各点的 \mathbf{D} 、 \mathbf{P} 、 \mathbf{E} 矢量和电介质表面上的极化电荷密度；
- （2）如果缓慢地把一个极板拉开，使两极板间距变为 $2d$ 。求电容器内部空间各点的 \mathbf{D} 、 \mathbf{P} 、 \mathbf{E} 矢量和和电介质表面上的极化电荷密度，并求在此过程中外力做的功。



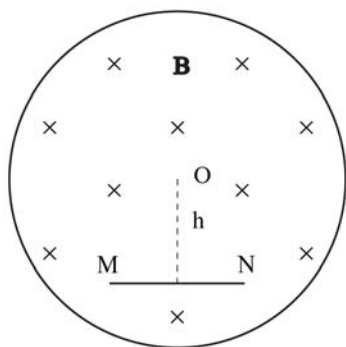
- 1、 $D = \frac{Q}{S}$ （方向垂直向下）， $E = \frac{Q}{\epsilon_r \epsilon_0 S}$ （方向垂直向下）， $P = \frac{(\epsilon_r - 1)Q}{\epsilon_r S}$ （方向垂直向下），上表面 $\sigma = -\frac{(\epsilon_r - 1)Q}{\epsilon_r S}$ ，下表面 $\sigma = \frac{(\epsilon_r - 1)Q}{\epsilon_r S}$ ；
- 2、极板之间任意处 $D = \frac{Q}{S}$ （方向垂直向下），介质内 $E = \frac{Q}{\epsilon_r \epsilon_0 S}$ （方向垂直向下）， $P = \frac{(\epsilon_r - 1)Q}{\epsilon_r S}$ （方向垂直向下），介质上表面 $\sigma = -\frac{(\epsilon_r - 1)Q}{\epsilon_r S}$ ，介质下表面 $\sigma = \frac{(\epsilon_r - 1)Q}{\epsilon_r S}$ ；真空中 $E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$ （方向垂直向下）， $P = 0$ ；

根据能量守恒，电容器前后的能量差为 $D = \frac{Q^2 d}{2\epsilon_0 S}$

得分

四. (15 分) 如图所示, 一半径为 R 、单位长度上绕有 n 匝载流线圈的无穷长螺线管, 其通过的电流随时间作线性变化

$$\frac{dI}{dt} = k > 0. (1) \text{ 求解管内、外的涡旋电场。}(2) \text{ 在螺线管某横截面上放置一长度为 } L \text{ 的直导线 } MN, MN \text{ 到圆心 } O \text{ 的距离为 } h, \text{ 且 } MN \text{ 中点与 } O \text{ 点的连线垂直 } MN. \text{ 求直导线上的感应电动势。}(3) \text{ 求导线两端点 } M、N \text{ 之间的电势差(即 } U_M - U_N); (4) \text{ 如果 } M、N \text{ 之间无直导线连接, 求 } M、N \text{ 两点之间的电势差。}$$



1、 $B = \mu_0 n I$, 管内 $E = \mu_0 n k r / 2$, 方向沿逆时针方向; 管外 $E = \mu_0 n k R^2 / 2r$, 方向沿逆时针方向。

2、感应电动势 $\epsilon = \mu_0 n k L h / 2$, 方向从 M 指向 N 。

3、 $M、N$ 之间的电势差为 $U_M - U_N = -\mu_0 n k L h / 2$;

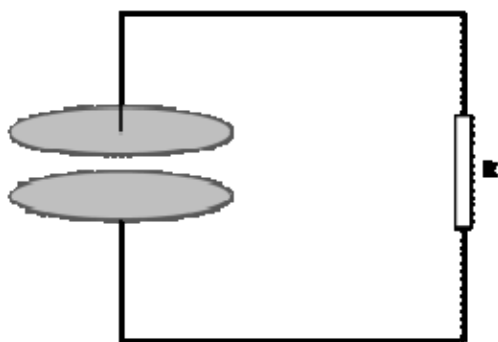
4、无静电场, $U_M - U_N = 0$

装订线内

不要答题

得分

五、(15 分) 一个极板为圆盘状的电容器，其极板半径为 r ，极板间距为 d ，初始带电量为 Q_0 ，并与一个电阻 R 相连接。忽略电容器的边缘效应，求：(1) t 时刻电阻 R 上的传导电流和电容器两极板间的位移电流；(2) 电容器内部任意一点能流密度矢量的大小和方向。



- 1、电容器的电容为 $C = \frac{\epsilon_0 \pi r^2}{d}$ ，电容器两端的电压为 $U = \frac{Q_0}{C} e^{-\frac{t}{RC}}$ ，电阻上的传导电流为 $I = \frac{Q_0}{RC} e^{-\frac{t}{RC}}$ ；电容器上的电量为 $Q = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$ ，电场为 $E = \frac{Q_0}{\epsilon_0 S} e^{-\frac{t}{RC}}$ ，位移电流密度 $j = \frac{Q_0}{RCS} e^{-\frac{t}{RC}}$ ，位移电流为 $I = \frac{Q_0}{RC} e^{-\frac{t}{RC}}$
- 2、 $H = j\rho/2 = \frac{Q_0}{2RCS} \rho e^{-\frac{t}{RC}}$ ， $S = EH = \frac{Q_0}{2RCS} \rho e^{-\frac{t}{RC}} \frac{Q_0}{\epsilon_0 S} \rho e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{Q_0^2}{2\epsilon_0 RCS^2} \rho e^{-\frac{2t}{RC}}$ ，方向沿径向向外。其中的 ρ ，代表沿径向到轴线的距离。

得分

六 (10 分) 有一个简谐电压源 $u = U_0 \cos(\omega t)$, 已知电源自身的复阻抗为 $a + jb$, (1) 假设电源外接电路的复阻抗为 $R + jX$, 求电源输出的电流随时间变化的表示式 (要求化简为一个实余弦函数的形式), (2) 在电源保持不变的情况下, 改变电路的复阻抗。求当外电路的复阻抗 $R + jX$ 取何值时, 可以使外电路的平均功率达到极大值? (注: j 为虚数单位, 其它量 u 、 a 、 b 、 R 和 X 均为实数)

(1) 电路的复阻抗是 $(a + R) + j(b + X)$, 电源的复电压为 $\tilde{U} = U_0 e^{j(\omega t)}$, 复电流

$$\tilde{I} = \frac{U_0 e^{j(\omega t)}}{(a + R) + j(b + X)} = \frac{U_0 e^{j(\omega t)} [(a + R) - j(b + X)]}{(a + R)^2 + (b + X)^2},$$

$$(a + R) - j(b + X) = \sqrt{(a + R)^2 + (b + X)^2} e^{j(-\varphi)}, \text{ 其中 } \varphi = \arctg \frac{(b + X)}{(a + R)}$$

$$\text{所以: } i = \frac{U_0}{\sqrt{(a + R)^2 + (b + X)^2}} \cos(\omega t - \varphi), \text{ 其中 } \varphi = \arctg \frac{(b + X)}{(a + R)}$$

$$(2) \bar{P} = \frac{U_0^2 R}{2[(a + R)^2 + (b + X)^2]}, \text{ 为了获得最大功率, 显然 } b = -X,$$

$$\text{则 } \bar{P} = \frac{U_0^2 R}{2(a + R)^2}; \quad \frac{\partial \bar{P}}{\partial R} = \frac{U_0^2}{2} \left[\frac{1}{(a + R)^2} - \frac{2R}{(a + R)^3} \right], \text{ 令其等于零, 可以解的}$$

$$a = R, \text{ 所以 } R + jX = a - jb$$