学号：________ 姓名：________ 专业年级：________ 授课教师：________ 考场教室号：________ 座号：________

装 订 线

中国海洋大学全日制本科课程期中考试试卷

2021 年 春 季学期　　考试科目： 大学物理 I3 　　学院： 信息科学与工程学院

试卷类型： A 卷　　命题人： 大学物理教研室 　　审核人：________

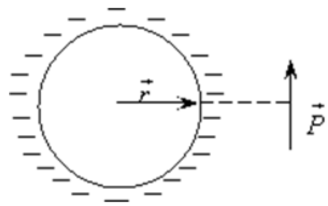
考试说明：本课程为闭卷考试，共 7 页，除考场规定的必需用品外还可携带的文具有 无 。

题号	一	二	三 1	三 2	三 3	三 4	三 5	总分
得分								

1-5 BBCDA　　6-10 CBBCA

一、 选择题(共 10 题，每题 3 分，共 30 分)

1. 一个带有负电荷的均匀带电球，在其外部放置一电偶极子，其电偶极矩$\vec{P}$的方向如图所示．当电偶极子被释放后，该电偶极子将（ B ）



A、沿逆时针方向旋转直到$\vec{P}$沿径向指向球面而停止

B、沿逆时针方向旋转至$\vec{P}$沿径向指向球面，

同时沿电场线方向向着球面移动

C、沿逆时针方向旋转至$\vec{P}$沿径向指向球面，　　电偶极矩转向外磁场方向，同号相吸

同时逆电场线方向远离球面移动

D、沿顺时针方向旋转至$\vec{P}$沿径向朝外，同时沿电场线方向向着球面移动

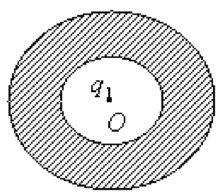
2．如图所示，金属球内有一球形空腔，金属球整体不带电，而在球形空腔中心处有一点电荷q_1。当金属球外移来一点电荷q_2。达到静电平衡后，下列说法成立的是（ B ）

(1) 球外场强仍是球对称的 不对称

(2) 球内表面电荷分布仍是球对称的

(3) 球内、外表面之间的电位差不变

(4) q_1与q_2之间的静电作用力为 0　应约为 kq_1q_2/r^2

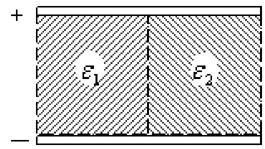


A、 (1)(2)　　B、(2)(3)　　C、(3)(4)　　D、(1)(4)

3. 如图所示，在平行板电容器中充满两种不同的电介质，介电常数 $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$。当电容器充电后，两种电介质中的电位移 D_1与 D_2, 场强 E_1与 E_2 的关系如何（ C ）

A、$D_1 = D_2 \quad E_1 > E_2$　　B、$D_1 = D_2 \quad E_1 < E_2$

C、$D_1 > D_2 \quad E_1 = E_2$　　D、$D_1 < D_2 \quad E_1 = E_2$



4. 一平板电容器，两极板相距为 d，对它充电后把电源断开。然后电容器两极板之间的距离增大到 $2d$，如果电容器的电场的边缘效应忽略不计，则（　D　）

A、电容器的电容增大一倍　　B、电容器所带电量增大一倍

C、电容器两板之间的电场强度增大一倍　　D、储存在电容器中的电场能量增大一倍

5．磁场 $\vec{B}$ 对电流元的 $Id\vec{l}$ 作用力 $d\vec{F}$ 称为安培力。以下哪几点是安培力的特点（　A　）

(1) 不可能用实验来验证 $d\vec{F}$，因为孤立的 $Id\vec{l}$ 不存在

(2) $d\vec{F}$ 的方向始终与 $Id\vec{l}$ 或 $\vec{B}$ 垂直

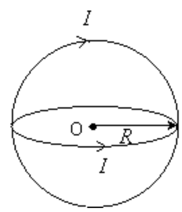
(3) $d\vec{F}$ 的大小与 $Id\vec{l}$ 和 $\vec{B}$ 间的夹角有关

(4) 两电流元之间的安培力一定满足牛顿第三定律　不一定

A、(1)(2)(3)　　B、(2)(3)(4)　　C、(1)(3)(4)　　D、(1)(2)(4)

6. 如图所示，两个载有相等电流 I 的圆线圈一个处于水平位置，一个处于竖直位置，其圆心 O 处的磁感应强度为（　C　）

A、0　　B、$\dfrac{\mu_0 I}{2R}$　　C、$\dfrac{\sqrt{2}\mu_0 I}{2R}$　　D、$\dfrac{\mu_0 I}{R}$



7．两荷质比一样的电子 e_1 和 e_2 同时射入某均匀磁场后，分别作螺旋线运动。若它们的入射速率 $v_2 = 2v_1$，入射方向与磁场方向成 $\theta_2 = 2\theta_1 = 60^o$，那么它们的旋转螺距之比 $h_1 : h_2$ 为（　B　）

A、$1:1$　　B、$1:2$　　C、$2:\sqrt{3}$　　D、$\sqrt{3}:2$

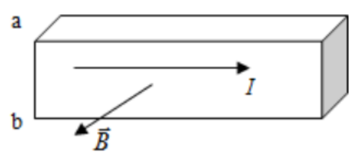
8. 一半导体薄片置于如图所示的磁场中，薄片中电流的方向向右。试判断上下两侧的霍尔电势差（　B　）

A、带负电的电子导电，$U_a < U_b$

B、带负电的电子导电，$U_a > U_b$

C、带正电的空穴导电，$U_a > U_b$

D、带正电的空穴导电，$U_a = U_b$



座号:______ 考场教室号:______ 授课教师:______ 专业年级:______ 姓名:______ 学号:______

装 订 线

9. 关于稳恒电流磁场的磁场强度 H，下列几种说法中正确的是（ C ）

A、H 仅与传导电流有关　H 的环流

B、若闭合曲线内没有包围传导电流，则曲线上各点的 H 必为零 H 的环流为零

C、若闭合曲线上各点 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 H 通量均相等

10. 下列叙述正确的是（ A ）

(1) 非铁磁介质的相对磁导率$\mu_r \approx 1$且为常数

(2) 铁磁介质的相对磁导率$\mu_r \gg 1$且为常数

(3) 对于各种磁介质，$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$普遍成立

(4) 只要是各向同性的磁介质，线性关系式$\vec{B} = \mu\vec{H}$总是成立的　非铁磁介质

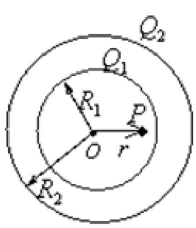
A、 (1)(3)　　B、(3)(4)　　C、(1)(2)　　D、 (2)(3)

二、填空题(共 6 题，每空 2 分，共 20 分)

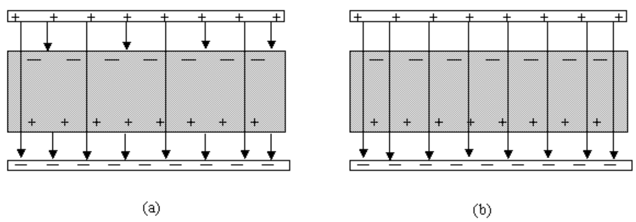
1. 两个同心的均匀带电球面，内球面半径为 R_1、 带电量为 Q_1，外球面半径为 R_2、带有电量 Q_2. 如图所示，设无穷远处为电势零点，则在内球面里面、距离球心 r 处的 P 点的电场强度

为_____0_______，电势 U 为____$\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 R_1} + \frac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0 R_2}$_______。

2. 如图所示，平行板电容器中充有各向同性的均匀电介质板，图中画出两组带有箭头的线，分别用来表示电场线和电位移线，则其中图 A 为____电场____线，图 B 为____电位移_____线。

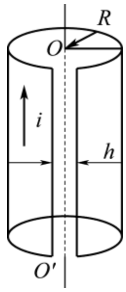


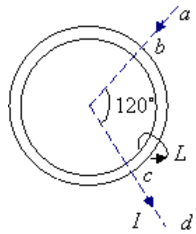
第 1 题



第 2 题

3. 将半径为 R 的无限长导体薄壁管(厚度忽略)沿轴向割去一宽度为 h ($h \ll R$)的无限长狭缝后，再沿轴向均匀地流有电流，其面电流密度为 i ，则管轴线上磁感应强度的大小是___$\mu_0 ih/2\pi R$_ 。





第 3 题　　　　　　　　　　第 5 题

解：若是完整的导体管（即没有狭缝），由安培环路定律$\oint \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0\sum I$，可知管的轴线处磁感应强度大小为零。故对于割去狭缝后的导体管在轴线上磁感应强度大小恰好等于宽为h的狭缝在轴线上单独产生的磁感应强度大小。

取过导体管轴线处得闭合曲线l，则由$\oint \vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu_0\sum I$

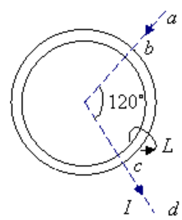
即$2\pi RB=\mu_0 ih$，故$B=\dfrac{\mu_0 ih}{2\pi R}$

4. 一电荷量为e的电子以速率 v 绕原子核旋转，若电子旋转的等效轨道半径为 r_0，则在等效轨道中心处产生的磁感应强度大小 B=____________________。如果将电子绕原子核运动等效为一圆电流，则等效电流 I=___________________，其磁矩大小p_m=________________________。

磁感应强度为：$B=\dfrac{\mu_0 ev}{4\pi r_0^2}$　　等效电流：$I=\dfrac{dq}{dt}=\dfrac{e}{T}=\dfrac{ev}{2\pi r_0}$

磁矩：$p_m=IS=\dfrac{v}{2\pi}e\pi r_0^2=\dfrac{1}{2}evr_0^2=\dfrac{1}{2}evr_0$

5. 如图所示，两根直导线 ab 和 cd 沿半径方向被接到一个截面处处相等的铁环上，稳恒电流 I 从 a 端流入而从 d 端流出，则磁感应强度 $\vec{B}$ 沿图中闭合路径 L 的积分$\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l}$ 等于_______$2\mu_0 I/3$_______。



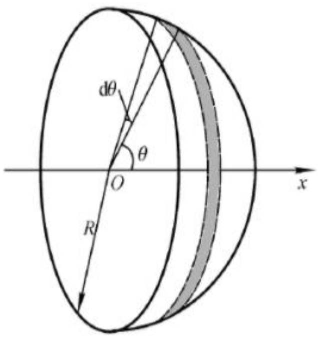
6. 在匀强磁场中，同样放置两个平面线圈，其面积 $A_1=2A_2$， 通有电流$I_1=2I_2$，它们所受的最大磁力矩之比M_1/M_2等于_______4________。

座号：______ 考场教室号：______ 授课教师：______ 专业年级：______ 姓名：______ 学号：______

装 订 线

三、计算题(共 5 题，共 50 分)

1. （8 分）如图所示，求电荷面密度为 σ 的均匀带电半球面球心处的电场强度和电势。（8 分）



解 将半球壳分割为一组平行细圆环，任一圆环所带电荷 $\mathrm{d}q=\sigma\mathrm{d}S=\sigma\cdot 2\pi R^2\sin\theta\mathrm{d}\theta$，在点 O 激发的电场强度为

$$\mathrm{d}\boldsymbol{E}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{x\mathrm{d}q}{(x^2+r^2)^{3/2}}\boldsymbol{i}$$

由于平行细圆环在点 O 激发的电场强度方向相同，利用几何关系 $x=R\cos\theta$，$r=R\sin\theta$，统一积分变量，有

$$\mathrm{d}E=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{x\mathrm{d}q}{(x^2+r^2)^{3/2}}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{R\cos\theta}{R^3}\sigma\cdot 2\pi R^2\sin\theta\mathrm{d}\theta$$

$$=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sin\theta\cos\theta\mathrm{d}\theta$$

积分得

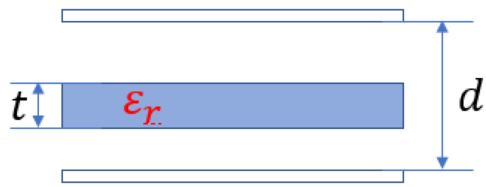
$$E=\int_0^{\pi/2}\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sin\theta\cos\theta\mathrm{d}\theta=\frac{\sigma}{4\varepsilon_0}$$

由电势叠加原理得均匀带电半球面球心处的电势等于均匀带电球面球心处电势的一半，即

$$V=\frac{1}{2}\cdot\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}=\frac{1}{2}\cdot\frac{\sigma\cdot 4\pi R^2}{4\pi\varepsilon_0 R}=\frac{\sigma R}{2\varepsilon_0}$$

2. （12 分）如图所示，平行板电容器两极板面积均为 S，间距为 d，其间插有一厚度为 t，相对介电常量是 ε_r 的电介质板。设两极板间的电势差为 V，且忽略边缘效应。试求：

(1)介质中的电位移 $\vec{D}$，电场强度 $\vec{E}$，极板与介质间隙中的场强 $\vec{E}_0$，极化强度 $\vec{P}$；



(2) 电容器极板上的电量；

(3) 电介质上表面的极化电荷面密度（假设电容器上极板带正电）；

(4) 电容器的电容。

解 （1）由题意可知，真空区域中的场强为$\boldsymbol{E_0}$，介质中的场强为 $\boldsymbol{E}$，所以两极间的电势差为

$$V=E_0x+Et+E_0(d-x-t)=E_0(d-t)+Et$$

由高斯定理知，两极间电位移 $\boldsymbol{D}$ 处处相等，故

$$E_0=D/\varepsilon_0,\qquad E=D/\varepsilon_0\varepsilon_r$$

代入上式得 $$V=\frac{D}{\varepsilon_0}(d-t)+\frac{D}{\varepsilon_0\varepsilon_r}t=\frac{D}{\varepsilon_0}\left(d-t+\frac{t}{\varepsilon_r}\right)$$

所以

$$D=\frac{\varepsilon_0 V}{d-t+\frac{t}{\varepsilon_r}}=\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r V}{\varepsilon_r d+(1-\varepsilon_r)t}$$

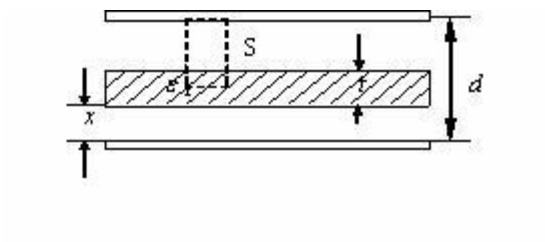
$$E_0=\frac{D}{\varepsilon_0}=\frac{\varepsilon_r V}{\varepsilon_r d+(1-\varepsilon_r)t}$$

$$E=\frac{D}{\varepsilon_0\varepsilon_r}=\frac{V}{\varepsilon_r d+(1-\varepsilon_r)t}$$

$$p=\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)E=\frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)V}{\varepsilon_r d+(1-\varepsilon_r)t}$$

（2）作一圆柱形高斯面 S，如图中虚线所示，由含介质时的高斯定理可求极板上自由电荷的面密度为

$$\sigma_0=D=\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r V}{\varepsilon_r d+(1-\varepsilon_r)t}$$



因此，极板上的电量为

$$Q=\sigma_0 S=\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r VS}{\varepsilon_r d+(1-\varepsilon_r)t}$$

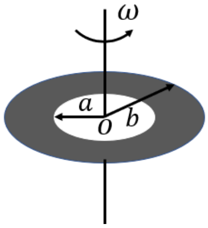
(3)电介质上表面的极化电荷面密度为

$$\sigma'=-P=-\frac{\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)V}{\varepsilon_r d+(1-\varepsilon_r)t}$$

(4)容器的电容为

$$C=\frac{Q}{V}=\frac{\varepsilon_0\varepsilon_r S}{\varepsilon_r d+(1-\varepsilon_r)t}$$

3.（10分）内半径为 a，外半径为 b 的环形带电薄圆盘的电荷面密度为 σ，并以角速度 ω 绕通过盘心垂直于盘面的轴转动，求圆盘中心的磁感强度和旋转圆盘的磁矩。



解：将旋转的均匀带电圆盘分割为半径为 r 宽度为 dr 的圆环，等效电流为

$$di=\frac{\sigma\cdot 2\pi r\cdot dr}{2\pi/\omega}=\sigma\omega r dr$$

等效圆电流在圆心处激发的磁感强度为

$$dB=\frac{\mu_0 di}{2r}=\frac{\mu_0\sigma\omega r dr}{2r}=\frac{\mu_0\sigma\omega dr}{2}$$

积分得带电旋转圆盘在盘心的磁感强度为

$$B=\int dB=\int_a^b\frac{\mu_0\sigma\omega dr}{2}=\frac{\mu_0\sigma\omega}{2}(b-a)$$

等效圆电流在圆心的磁矩为

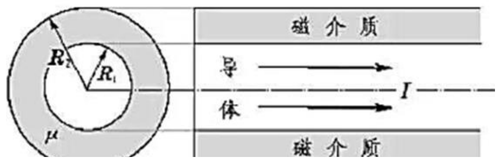
$$dm=di\cdot\pi r^2=\pi\sigma\omega r^3 dr$$

积分得带电旋转圆盘在盘心的磁矩为

$$m=\int dm=\int_a^b\pi\sigma\omega r^3 dr=\frac{\mu_0\sigma\omega}{4}(b^4-a^4)$$

4. （10 分）如图所示，一无穷长圆柱形直导线外包一层磁导率为 μ 的圆筒形磁介质，导线半径为 R_1，磁介质的外半径为 R_2，导线内有电流 I 通过（电流均匀分布在导线的横截面上）。

(1) 求介质内、外的磁场强度和磁感应强度的分布，并画 H-r 和 B-r 曲线；



(2) 介质内、外表面的磁化面电流密度 i'

解：（1）在横截面内分别在导线内外取以导线轴线为中心的圆形回路，应用安培回路定理可得：$H=\frac{Ir}{2\pi R_1^2};(r<R_1)$

$$H=\frac{I}{2\pi r};(R_1<r<R_2)$$

再由 $B=\mu\mu_0 H$ 得

$$B=\frac{\mu_0 Ir}{2\pi R_1^2};(r<R_1)$$

$$B=\frac{\mu\mu_0 I}{2\pi r};(R_1<r<R_2)$$

$$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r};(r>R_2)$$

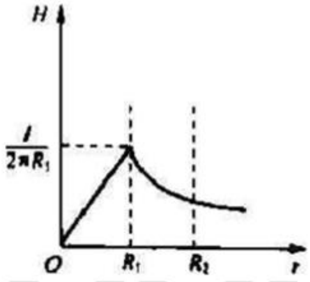
$$H=\frac{I}{2\pi r};(r>R_2)$$

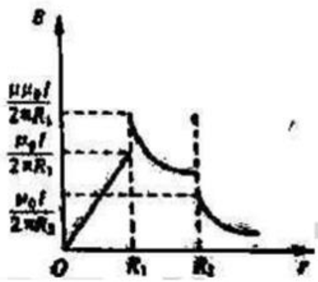
再由 $B=\mu\mu_0 H$ 得 $$B=\frac{\mu_0 Ir}{2\pi R_1^2};(r<R_1)$$

$$B=\frac{\mu\mu_0 I}{2\pi r};(R_1<r<R_2)$$

$$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r};(r>R_2)$$

答案有误 $R_1\le r\le R_2\quad B=\frac{\mu I}{2\pi r}$



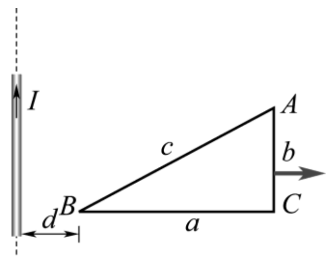


(2) 由$\vec{i}_s=\vec{M}\times\vec{n}$得

$r=R_1$ 处 $\quad i=M=\chi_m H=\frac{(\mu/\mu_0-1)I}{2\pi R_1}$

$r=R_2$ 处 $\quad i=-M=\chi_m H=-\frac{(\mu/\mu_0-1)I}{2\pi R_2}$

5. （10 分）如图所示，无限长直导线，通以电流 I。有一与之共面的直角三角形线圈 ABC。已知 AC 边长为 b，且与长直导线平行，BC 边长为 a。若线圈以垂直于导线方向的速率 v 向右平移，当 B 点与长直导线的距离为 d 时，求线圈 ABC 内感应电动势的大小和感应电动势的方向。



解：以长直导线为 y 轴，BC 边为 x 轴建立坐标系，原点在长直导线上，则斜边的方程

$$y=\frac{b}{a}(x-r)$$

式中 r 是 t 时刻 B 点与长直导线的距离。三角形中磁通量为，

$$\Phi=\frac{\mu_0 I}{2\pi}\int_r^{a+r}\frac{y}{x}dx=\frac{\mu_0 I}{2\pi}\int_r^{a+r}(\frac{b}{a}-\frac{br}{ax})dx=\frac{\mu_0 I}{2\pi}(b-\frac{br}{a}\ln\frac{a+r}{r})$$

$$\varepsilon=-\frac{d\Phi}{dt}=\frac{\mu_0 Ib}{2\pi a}(\ln\frac{a+r}{r}-\frac{a}{a+r})\frac{dr}{dt}$$

当 $r=d$ 时，有

$$\varepsilon=\frac{\mu_0 Ib}{2\pi a}(\ln\frac{a+d}{d}-\frac{a}{a+d})v$$ 方向为 ACBA（即顺时针）.