厦门大学《大学物理 C》课程期末试卷

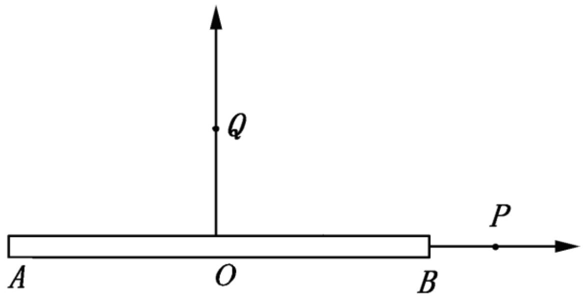
__各__学院__各__系__2012__年级__各__专业

主考教师：—各科任教师—试卷类型：（A 卷） 2013-6

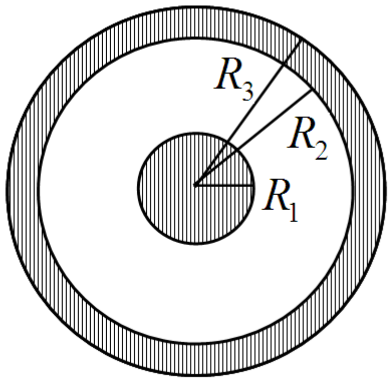
1.（20分）如图所示，长l的直导线AB上均匀分布着线密度为λ的正电荷．试求：

（1）在导线的延长线上的一点P的电势（已知P距导线中点O为a）；

（2）在导线的垂直平分线上一点Q的场强（已知Q距导线中点O为b）。



2.（15分）如图所示，半径为R_1的导体球，外套有一同心的导体球壳，壳的内、外半径分别为R_2和R_3，当内球带电荷Q时，试求：（1）空间的电场分布；（2）计算储存的能量；（3）球和球壳之间的电容值。

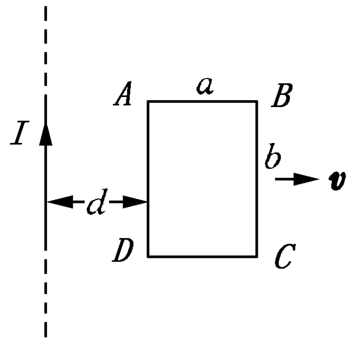


3.（10分）一根很长的同轴电缆，由一导体圆柱（半径为R_1）和一同轴的导体圆筒(内、外半径分别为R_2和R_3)构成（其横截面如题2图所示）。使用时，电流I从内圆柱垂直纸面流入，从外圆筒垂直纸面流出。设电流都是均匀地分布在导体的横截面上，求：（1）导体圆柱内($r<R_1$),(2)两导体之间($R_1<r<R_2$),(3)导体圆筒内($R_2<r<R_3$)以及(4)电缆外($r>R_3$)各点处磁感应强度的大小和方向。

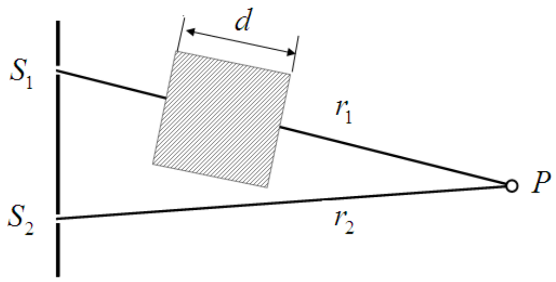
4.（15分）如图所示，一长直导线与其右方的长方形线圈共面。线圈长b，宽a。若长直导线通以电流I，线圈以速度v垂直于直导线平移远离。当线圈运动到AD边距直导线为d时，试求：

（1）线圈中的感应电动势；

（2）此时长直导线与线圈间的互感。



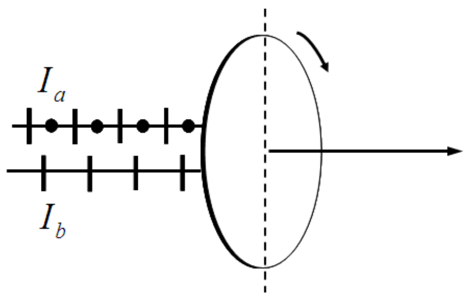
5.（10分）如图所示，在杨氏双缝干涉实验中，入射光的波长为λ，现在S_1缝上放置一厚度为d、折射率为n的介质，（1）求有介质和无介质时从S_1和S_2到观测点P的光程差；（2）如果观测到零级明纹移到了原来的k级明纹处，则波长λ与介质厚度d应满足什么关系？



6.（10分）白光垂直照射到空气中均匀厚度为3800 $\mathring{A}$ 的肥皂膜上，设肥皂膜的折射率为1.33，试问在该膜的正面和反面发生干涉相长的光的波长分别是多少？

7.（10分）波长$\lambda = 6000\ \mathring{A}$的单色光垂直入射到一光栅上，第二级明条纹出现在$\sin\varphi = 0.469$处，第一次缺级发生在第三级谱线。求：（1）光栅常数；（2）光栅上狭缝的最小宽度；（3）在上述条件下最多能看到多少条谱线。

8.（10分）如图，强度为I_a的自然光与I_b的线偏振光混合而成一束入射光，垂直照射到一偏振片上，如以入射光的方向为轴旋转偏振片时，出射光出现的最大值和最小值之比为n，求I_b / I_a与n的关系。



1.（20 分）解：(1)如图建立坐标系，在带电直线上 x 坐标处取线元 $\mathrm{d}x$，其上电量 $\mathrm{d}q$ 在 P 点产生电势为

$$\mathrm{d}U_P=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda\mathrm{d}x}{(a-x)}$$ （4 分）

$$U_P=\int\mathrm{d}U_P=\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}}\frac{\mathrm{d}x}{(a-x)}$$ （4 分）

$$=\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\ln\frac{a+\frac{l}{2}}{a-\frac{l}{2}}$$ （2 分）

（2）在带电直线上 x 坐标处取线元 $\mathrm{d}x$，其上电量 $\mathrm{d}q$ 在 Q 点产生场强为

$$\mathrm{d}E_Q=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda\mathrm{d}x}{x^2+b^2}$$ （2 分）

由于对称性 $\int_l\mathrm{d}E_{Qx}=0$，即 $\vec{E}_Q$ 只有 y 分量， （2 分）

$$\mathrm{d}E_{Qy}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda\mathrm{d}x}{x^2+b^2}\frac{b}{\sqrt{x^2+b^2}}$$ （4 分）

$$E_{Qy}=\int_l\mathrm{d}E_{Qy}=\frac{\lambda b}{4\pi\varepsilon_0}\int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}}\frac{\mathrm{d}x}{(x^2+b^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$=\frac{\lambda l}{2\pi\varepsilon_0 b\sqrt{l^2+4b^2}}$$ （1 分）

方向沿 y 轴正向 （1 分）

2. （15分）解： 如图，内球带电 Q，外球壳内表面带电 $-Q$、外表面带电 Q

（1）在 $r<R_1$ 和 $R_2<r<R_3$ 区域，$\vec{E}=0$

在 $R_1<r<R_2$ 区域，$\vec{E}_1=\dfrac{Q\vec{r}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$

在 $r>R_3$ 区域，$\vec{E}_2=\dfrac{Q\vec{r}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$ （6 分）

（2）在 $R_1<r<R_2$ 区域,

$$W_1=\int_{R_1}^{R_2}\frac{1}{2}\varepsilon_0\left(\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\right)^2 4\pi r^2\mathrm{d}r=\int_{R_1}^{R_2}\frac{Q^2\mathrm{d}r}{8\pi\varepsilon_0 r^2}=\frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$ （2 分）

在 $r > R_3$ 区域,

$$W_2 = \int_{R_3}^{\infty} \frac{1}{2}\varepsilon_0 (\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2})^2 4\pi r^2 \mathrm{d}r = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0}\frac{1}{R_3}$$ （2 分）

∴ 总能量 $W = W_1 + W_2 = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0}(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3})$ （1 分）

（3）由（2）中结论，电容器电容 $C = \frac{Q^2}{2W_1} = 4\pi\varepsilon_0 /(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2})$ （4 分）

或求出球与球壳电势差 U 由 $C = \frac{Q}{U}$ 求解。

3.（10 分） 解： $\oint_L \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = \mu_0 \sum I$ （2 分）

(1) $r < R_1$ $B2\pi r = \mu_0 \frac{Ir^2}{R^2}$

$$B = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2}$$ 方向沿顺时针 （2 分）

(2) $R_1 < r < R_2$ $B2\pi r = \mu_0 I$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$ 方向沿顺时针 （2 分）

(3) $R_2 < r < R_3$ $B2\pi r = -\mu_0 I \frac{r^2 - R_2^{\ 2}}{R_3^{\ 2} - R_2^{\ 2}} + \mu_0 I$

$$B = \frac{\mu_0 I (R_3^{\ 2} - r^2)}{2\pi r (R_3^{\ 2} - R_2^{\ 2})}$$ 方向沿顺时针 （3 分）

(4) $r > R_3$ $B2\pi r = 0$ $B = 0$ （1 分）

4. （15 分）

（1）由动生电动势公式 $d\varepsilon = (\vec{v}\times\vec{B})\cdot \mathrm{d}\vec{l}$ 可知，AB、CD 上的 $\mathrm{d}\vec{l}$ 处处与 $\vec{v}\times\vec{B}$ 垂直，所以 AB、CD 不产生感应电动势. （2 分）

DA 产生电动势

$$\varepsilon_1 = \int_D^A (\vec{v}\times\vec{B})\cdot \mathrm{d}\vec{l} = vBb = vb\frac{\mu_0 I}{2\pi d}$$ 方向 D->A（2 分）

BC 产生电动势

$$\varepsilon_2 = \int_C^B (\vec{v}\times\vec{B})\cdot \mathrm{d}\vec{l} = vb\frac{\mu_0 I}{2\pi(a+d)}$$ 方向 C->B （2 分）

∴回路中总感应电动势

$$\varepsilon=\varepsilon_1-\varepsilon_2=\frac{\mu_0 Ibv}{2\pi}(\frac{1}{d}-\frac{1}{d+a})$$ （2 分）

方向沿顺时针（即 D->A->B->C->D）. （2 分）

方法二（1）由 $\varepsilon=-\frac{d\Phi}{dt}$，其中 Φ 为线圈运动到任意位置 x 处时，长直电流 I 产生的磁场在线圈中的磁通。

$$\Phi=\int_{(S)}\vec{B}\cdot d\vec{S}=\frac{\mu_0 Ib}{2\pi}\int_x^{x+a}\frac{dx}{x}=\frac{\mu_0 Ib}{2\pi}[\ln(x+a)-\ln x]$$ （4 分）

$$\varepsilon=-\frac{d\Phi}{dt}=\frac{\mu_0 Ib}{2\pi}(\frac{1}{x}-\frac{1}{x+a})\frac{dx}{dt}=\frac{\mu_0 Ibv}{2\pi}(\frac{1}{x}-\frac{1}{x+a})$$ （2 分）

把 x=d 代入，相距 d 时的感应电动势大小为 $\varepsilon=\frac{\mu_0 Ibv}{2\pi}(\frac{1}{d}-\frac{1}{d+a})$，（2 分）

方向沿顺时针（即 D->A->B->C->D）. （2 分）

（2）设长直电流为 I， 相距为 d 时，它产生的磁场通过矩形线圈的磁通为

$$\Phi=\int_{(S)}\vec{B}\cdot d\vec{S}=\frac{\mu_0 Ib}{2\pi}\int_d^{d+a}\frac{dr}{r}=\frac{\mu_0 Ib}{2\pi}\ln\frac{d+a}{d}$$

$$M=\frac{\Phi}{I}=\frac{\mu_0 b}{2\pi}\ln\frac{d+a}{d}$$ （5 分）

5. （10 分）解：（1）无介质时，从 S1 和 S2 到观测点 P 的光程差为 $\delta=r_2-r_1$ （2 分）

有介质时，此光程差为 $\delta'=r_2-(r_1-d+nd)$ （3 分）

（2）原 k 级明纹对应 $\delta=k\lambda$，即 $r_2-r_1=k\lambda$

现零级明纹对应 $\delta'=0$，即 $r_2-(r_1-d+nd)=0$

据题意，观测到零级明纹移到了原来的 k 级明纹处，则 $r_2-r_1=k\lambda=(n-1)d$ （3 分）

解得 $d=\frac{k\lambda}{n-1}\quad(k=0,1,2,\cdots)$ （2 分）

6. （10 分）解： 由题意，反射干涉相长公式为 $2nd+\frac{\lambda}{2}=k\lambda\quad(k=1,2,\cdots)$ （3 分）

得 $\lambda=\frac{4nd}{2k-1}=\frac{4\times1.33\times3800}{2k-1}=\frac{20216}{2k-1}$

$k=2$，$\lambda_2=6739\ \text{Å}$

$k=3$，$\lambda_3=4043\ \mathring{A}$

即这两种波长的光会在薄膜正面干涉相长。（2 分）

由透射干涉相长公式 $2nd=k\lambda\ (k=1,2,\cdots)$ （3 分）

得 $\lambda=\dfrac{2nd}{k}=\dfrac{10108}{k}$

当 $k=2$ 时，$\lambda=5054\ \mathring{A}$

即这一种波长的光会在薄膜反面干涉相长。（2 分）

7. （10分）解：(1)由光栅方程 $(a+b)\sin\varphi=k\lambda$，

对应于 $\sin\varphi_2=0.469$ 满足：$0.469(a+b)=2\times6000\times10^{-10}$

得 $a+b=2.56\times10^{-6}\ \mathrm{m}$ （3 分）

(2)因第一次缺级发生在第三级谱线，故此须满足

$a=\dfrac{a+b}{3}k'=0.85\times10^{-6}k'$

取 $k'=1$,得光栅狭缝的最小宽度为 $0.85\times10^{-6}\ \mathrm{m}$ （3 分）

(3)由 $(a+b)\sin\varphi=k\lambda$，$k=\dfrac{(a+b)\sin\varphi}{\lambda}$

当 $\varphi=\dfrac{\pi}{2}$，对应 $k=k_{\max}$ （2 分）

$k_{\max}=\dfrac{a+b}{\lambda}=\dfrac{2.56\times10^{-6}}{6000\times10^{-10}}=4.26$ 取整数 4

因 ±3 缺级，所以实际呈现的全部级数为 $k=0,\pm1,\pm2,\pm4$ 共 7 条明条纹。

（2 分）

8. （10 分）解：通过偏振片后，自然光的强度由 I_a 变为 $I_a'=\dfrac{1}{2}I_a$，

线偏振光的强度由 I_b 变为 $I_b'=I_b\cos^2\alpha$，其中 α 为某时刻线偏振光与偏振片透光方向的夹角。

总光强为 $I'=I_a'+I_b'=\dfrac{I_a}{2}+I_b\cos^2\alpha$ （4 分）

其最大值为 $I'_{\max}=\dfrac{I_a}{2}+I_b$，最小值为 $I'_{\min}=\dfrac{I_a}{2}$ （4 分）

由题意，$\dfrac{\dfrac{I_a}{2}+I_b}{\dfrac{I_a}{2}}=n$，解得 $\dfrac{I_b}{I_a}=\dfrac{n-1}{2}$ （2 分）