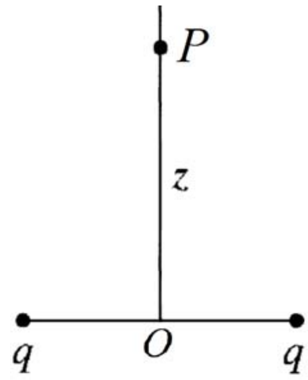
厦门大学《大学物理C》期末试卷（A）

2013-2014 第二学期

1.（15分）



（a）两个都带电为q的点电荷相距d放置，O是它们连线的中点，P是它们连线中垂线上一点，距中点为z，求P点处的电势U和电场强度$\vec{E}$；

（b）把右边的电荷q换为$-q$，重新计算电势U和电场强度$\vec{E}$。

2.（15分）

（a）一带电球壳（内半径为a，外半径为b），已知电荷体密度为$\rho = k/r^2$（k为常数），r为空间某点距球心的距离，

1）求下列三个区域内的电场强度$\vec{E}$：（i）$r<a$,（ii）$a \le r \le b$,（iii）$r>b$；

2）求此电荷分布下球心处的电势U；

（b）一金属带电球壳（内半径为a，外半径为b）带电q，

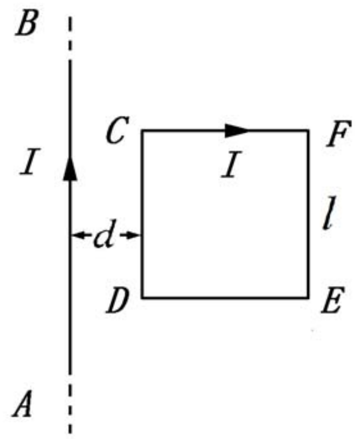
1）求内外球面上的电荷量q_a和q_b；

2）求此电荷分布下球心处的电势U。

3.（20分）

（a）求通有稳恒电流I的方形线圈（边长为l）中心的磁感应强度大小B；

（提示：有限长载流直导线I在与导线垂直距离为a的一点处的磁感应强度大小的公式：$B=\dfrac{\mu_0 I}{4\pi a}(\sin\beta_2-\sin\beta_1)$）



（b）把此方形线圈放在一个无限长直导线附近d处（如图），两者共面，且CD、EF都与AB平行，

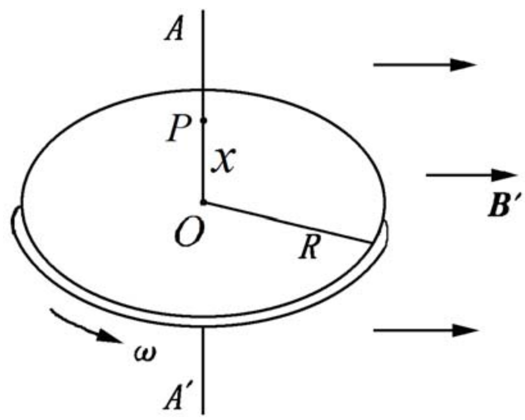
1）若直导线也通有稳恒电流I，求直导线的磁场对方形线圈每边所作用的安培力$\vec{F}$；

2）若直导线中电流I随时间t的变化规律为$I = I_0 \cos\omega t$（I_0, ω为常数），求直导线的磁场在方形线圈中的磁通量Φ和它在方形线圈中激发的感应电动势ε_i；

3）求直导线和方形线框的互感系数M。

4.（20分）

半径为R的薄圆盘均匀带电，总电量为q。令此盘绕通过盘心、且垂直于盘面的轴线AA'匀速转动，角速度为ω，



1）求轴线上距盘心O为x的P点处的磁感应强度$\vec{B}$和圆盘的磁矩$\vec{P}_m$；

2）将此圆盘置于均匀外磁场$\vec{B}'$中，$\vec{B}'$的方向垂直于转轴AA'，求$\vec{B}'$磁场作用于圆盘的磁力矩的大小M。

（提示：半径为R、通有电流I的圆环电流在其轴线上距环心为x的一点处的磁感应强度大小公式：$B = \dfrac{\mu_0 R^2 I}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}$）。

5.（15分）

（a）用$\lambda_1 = 4000\,\mathring{A}$和$\lambda_2 = 6000\,\mathring{A}$两种波长的光同时照射相距$0.4mm$的双缝，缝屏间距为$1m$，求两种波长的明条纹第1次重合在屏幕上的位置，以及这两种波长的光从双缝到该位置的波程差δ；

（b）某单色光垂直照射到空气中折射率n的劈尖上，测得两相邻明条纹之间的距离是l，求劈尖顶角的正弦$\sin\theta$。

6.（15分）

（a）用波长范围在$\lambda = 5000\,\mathring{A} \sim 7000\,\mathring{A}$的平行光垂直照射一宽为$0.6mm$的单缝，缝后凸透镜的焦距$40cm$，观察屏幕上形成的衍射条纹。若屏上离中央明条纹中心$1.4mm$处的P点为一明条纹；求：1）入射光的波长；2）P点处条纹的级数；3）从P点看，对该光波而言，狭缝处的波面可分成几个半波带?

（b）用上述波长的单色光垂直入射到一光栅上，第二级明条纹出现在$\sin\varphi = 0.20$处，求光栅常数d。

厦门大学《大学物理C》期末试卷（A）答案

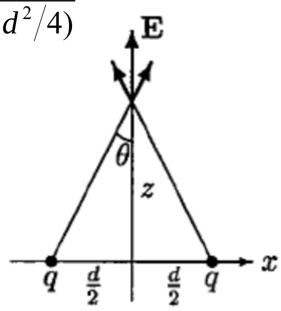
2013-2014 第二学期

1.（15 分）(例 8. 1+8. 9 简化)

（a） 由点电荷的电势公式和电势迭加原理，选无限远处为电势零参考点，P 点处电势

$U = 2U_q$ （2分） $= 2\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{(z^2+d^2/4)^{1/2}} = \dfrac{1}{2\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{(z^2+d^2/4)^{1/2}}$ （2分）

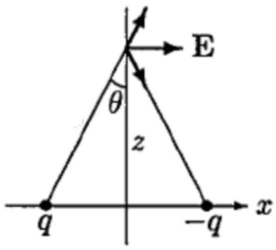
由点电荷的电场公式，P 点处两个电荷的电场大小均为 $E_q = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{(z^2+d^2/4)}$ （2分）



方向如图 ，则水平分量抵消，场强方向沿竖直方向 （1分）

大小为竖直方向分量的迭加 $E = 2E_q\cos\theta = \dfrac{1}{2\pi\varepsilon_0}\dfrac{qz}{(z^2+d^2/4)^{3/2}}$ （1分）

（b）把右边的电荷 q 换为 $-q$，



P 点处电势 $U = U_q + U_{-q} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{(z^2+d^2/4)^{1/2}} + \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{-q}{(z^2+d^2/4)^{1/2}} = 0$

（3分）

P 点处两个电荷的电场大小为 $E_q = E_{-q} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q}{(z^2+d^2/4)}$ （2分）

方向如图，则竖直分量抵消，场强沿水平方向，（1分）

大小为水平方向分量的迭加： $E = 2E_q\sin\theta = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{qd}{(z^2+d^2/4)^{3/2}}$ （1分）

2.（15分）

（a）由高斯定理 $\oint_s \vec{E}\cdot d\vec{S} = \dfrac{q}{\varepsilon_0}$， （2分）

（i） $r < a$ 区域， $q = 0$，所以 $\vec{E} = 0$ （1分）

（ii） $a \le r \le b$ 区域，

$$E4\pi r^2 = \frac{1}{\varepsilon_0}\int \frac{k}{r^2}4\pi r^2 dr = \frac{4\pi k}{\varepsilon_0}\int_a^r dr = \frac{4\pi k}{\varepsilon_0}(r-a) \quad \text{所以 } \vec{E} = \frac{k}{\varepsilon_0}\frac{(r-a)}{r^2}\vec{r}^{\,0} \quad \text{（2分）}$$

（iii） $r>b$ 区域； $E4\pi r^2=\frac{4\pi k}{\varepsilon_0}\int_a^b dr=\frac{4\pi k}{\varepsilon_0}(b-a)$ 所以 $\vec{E}=\frac{k}{\varepsilon_0}\frac{(b-a)}{r^2}\vec{r}^0$ （2分）

电势 $dU=\frac{\frac{k}{r^2}4\pi r^2 dr}{4\pi\varepsilon_0 r}$ $U=\int_a^b dU$ （2分） $=\int_a^b\frac{\frac{k}{r^2}4\pi r^2 dr}{4\pi\varepsilon_0 r}=\int_a^b\frac{kdr}{\varepsilon_0 r}=\frac{k}{\varepsilon_0}\ln\frac{b}{a}$ （1分）

（b）（作业8.23简化）

1）内球面电荷 $q_a=0$，外球面电荷 $q_b=q$；（2分）

2）由均匀球面的电势分布规律，选无限远处为电势零参考点，球心处的电势 $U=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 b}$ （3分）

3. （20 分）（作业 9.20+10.7 变形）

（a）正方形四边在中心产生的磁感应强度大小相等，方向相同，（2 分）

每一边产生的磁感应强度为 $B=\frac{\mu_0 I}{4\pi a}(\sin\beta_2-\sin\beta_1)$，其中 $\beta_1=\frac{\pi}{4}$，$\beta_1=-\frac{\pi}{4}$ （2 分）

所以中心处总磁场为 $B=4\frac{\mu_0 I}{4\pi\frac{l}{2}}(\sin\frac{\pi}{4}-\sin(-\frac{\pi}{4}))=\frac{2\sqrt{2}\mu_0 I}{\pi l}$ （1 分）

（b）

1）由安培力公式 $d\vec{F}=Id\vec{l}\times\vec{B}$ （1 分）

DC 边 处处 $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi d}$ $F=Il\frac{\mu_0 I}{2\pi d}=\frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi d}$ 向左（2 分）

CF 边 设 CF 上 x 处的电流元 dx 处的磁场 $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi x}$，则 $F=\int_d^{d+l}\frac{\mu_0 I}{2\pi x}Idx=\frac{\mu_0 I^2}{2\pi}\ln\frac{d+l}{d}$ 向上

（2 分）

FE 边 处处 $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi(d+l)}$ $F=\frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi(d+l)}$ 向右（2 分）

ED 边 设 ED 上 x 处的电流元 dx 处的磁场 $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi x}$，则 $F=\int_{d+l}^{d}\frac{\mu_0 I}{2\pi x}I(-dx)=\frac{\mu_0 I^2}{2\pi}\ln\frac{d+l}{d}$ 向下

（2 分）

2）由磁通量公式 $\Phi=\int\vec{B}\bullet d\vec{S}$ （1 分）则 $\Phi=\int_d^{d+l}\frac{\mu_0 I}{2\pi x}\bullet ldx=\frac{\mu_0 Il}{2\pi}\ln\frac{d+l}{d}$ 或 $\frac{\mu_0 l}{2\pi}\ln\frac{d+l}{d}I_0\cos\omega t$ （1 分）

由感应电动势公式 $\varepsilon_i=-\frac{d\Phi}{dt}$（1 分）则 $\varepsilon_i=-\frac{\mu_0 l}{2\pi}\ln\frac{d+l}{d}\frac{dI}{dt}=\frac{\mu_0 l}{2\pi}\ln\frac{d+l}{d}I_0\omega\sin\omega t$（1 分）

3）由互感公式 $M=\frac{\Phi_{12}}{I_2}$ 或 $\frac{\Phi}{I}$（1 分）则 $M=\frac{\mu_0 l}{2\pi}\ln\frac{d+l}{d}$（1 分）

4. （20分）（例9.1pp59+作业9.24pp95）

1）圆环 r, dr 的等效电流 $dI=\frac{\frac{q}{\pi R^2}2\pi r dr}{2\pi/\omega}=\frac{q\omega}{\pi R^2}rdr$，（4 分）

对 P 的磁场是 $dB=\frac{\mu_0 r^2 dI}{2(r^2+x^2)^{3/2}}=\frac{\mu_0 q\omega}{2\pi R^2}\frac{r^3 dr}{(r^2+x^2)^{3/2}}$（2 分）

总磁场 $B=\int dB=\frac{\mu_0 q\omega}{2\pi R^2}\int_0^R\frac{r^3 dr}{(r^2+x^2)^{3/2}}=\frac{\mu_0 q\omega}{2\pi R^2}[\frac{R^2+2x^2}{(R^2+x^2)^{1/2}}-2x]$ 沿 A′A 方向（3 分）

由磁矩公式 $\vec{P}_m=I\vec{S}$ 或 $IS\vec{n}$（2 分）

则 $dP_m=dI\pi r^2$（2 分）总磁矩 $P_m=\int dP_m=\frac{q\omega}{R^2}\int_0^R r^3 dr=\frac{q\omega R^2}{4}$ 沿 A′A 方向（3 分）

2）由磁力矩公式 $\vec{M}=\vec{P}_m\times\vec{B}$（2 分）则 $M=\int dM=\frac{q\omega R^2}{4}B'$（2 分）

5. （15分）（例12.1 pp142）（例12.4 pp150）

（a）由明纹公式 $x_{明}=\frac{D}{d}k\lambda$（2 分）

设重合位置坐标为 x，$x=\frac{D}{d}k_1\lambda_1=\frac{D}{d}k_2\lambda_2$ $\frac{k_1}{k_2}=\frac{\lambda_2}{\lambda_1}=\frac{3}{2}$ 由题意，$k_1=3, k_2=2$（2 分）

所以重合位置 $x=\frac{D}{d}k_1\lambda_1=\frac{1}{4\times10^{-4}}3\times4\times10^{-7}$ 或 $\frac{D}{d}k_2\lambda_2=\frac{1}{4\times10^{-4}}2\times6\times10^{-7}=3\times10^{-3}m$ 或 3mm

（2 分）

重合处的波程差 $\delta=k_1\lambda_1$ 或 $k_2\lambda_2=1.2\times10^{-6}\mathrm{m}$（2分）

（b）由明纹公式 $2ne+\frac{\lambda}{2}=k\lambda$（2分）

设相邻两条明纹的厚度分别为 e_k, e_{k+1}，则 $2n(e_{k+1}-e_k)=\lambda$（2分）又 $l\sin\theta=e_{k+1}-e_k$（2分）

所以 $\sin\theta=\frac{\lambda}{2nl}$（1分）

6. （15分）（作业13-13）（作业13.16 pp189）

（a）1) 由明纹公式 $a\sin\varphi=(2k+1)\frac{\lambda}{2}$（2 分）

由 $\dfrac{x}{f}=\dfrac{1.4}{400}=3.5\times10^{-3}=\tan\varphi\approx\sin\varphi$

得 $\lambda=\dfrac{2a\sin\varphi}{2k+1}=\dfrac{2\times0.6}{2k+1}\times3.5\times10^{-3}=\dfrac{1}{2k+1}\times4.2\times10^{-3}$ mm （2 分）

当 $k=3$，得 $\lambda_3=6000\ \mathring{\mathrm{A}}$ （2 分）

2) $k=3$，所以 P 点是第 3 级明纹．（2 分）

3) $k=3$，所以单缝处的波面可分成 $2k+1=7$ 个半波带；（2 分）

（b）由光栅方程 $d\sin\varphi=k\lambda$（2 分）

由题意 $0.20d=2\times6000\times10^{-10}$ （2 分）所以 $d=6.0\times10^{-6}$ m（1 分）

(若第（a）问的波长计算错误，光栅方程的计算没错，建议给（b）问的分值。)