2018年下学期大学物理C（二）参考答案

一、 选择题

1．C　2．A　3．A　4．B　5．D　6．C　7．D　8．D

二、 填空题

1．$\dfrac{Qd}{8\pi^2R^3}$，由O指向缺口；　　2．$\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$，$-\dfrac{q}{2}$；　　3．$ka^3$；

4．0，0，$\dfrac{(q_b+q_c)q_d}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$；　　5．$-3\mu_0 I_2$，$2\mu_0 I_1$；　　6．c，b，a；

7．$\dfrac{5}{2}B\omega R^2$，O；　　8．1.5×10^8。

三、计算题

1．解 如图以O点为圆点沿细线方向建立坐标系，在细线上任取一线元 $\mathrm{d}x$，其上电荷量$\mathrm{d}q=\lambda\mathrm{d}x$

（1） 球面在线元$\mathrm{d}x$处的场强为

$$E=\frac{q}{4\pi\varepsilon_o x^2}$$ （1分）

电荷元$\mathrm{d}q$受到的电场力为

$$\mathrm{d}F=\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q\lambda\mathrm{d}x}{x^2}$$ （2分）

整个细线所受的电场力为

$$F=\int\mathrm{d}F=\frac{q\lambda}{4\pi\varepsilon_o}\int_a^{a+l}\frac{\mathrm{d}x}{x^2}=\frac{q\lambda}{4\pi\varepsilon_o}\left(\frac{1}{a}-\frac{1}{a+l}\right)$$ （2分）

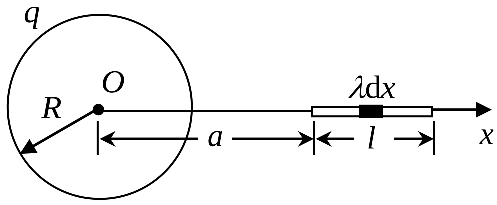
方向沿x轴正向

（2） 电荷元在球面电荷电场中的电势能为

$$\mathrm{d}W_e=\frac{q}{4\pi\varepsilon_o x}\lambda\mathrm{d}x$$ （3分）

整个细线在电场中具有的电势能为

$$W_e=\frac{q\lambda}{4\pi\varepsilon_o}\int_a^{a+l}\frac{\mathrm{d}x}{x}=\frac{q\lambda}{4\pi\varepsilon_o}\ln\frac{a+l}{a}$$ （2分）



2.（1）$E=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon r}$， $w=\dfrac{1}{2}\varepsilon E^2$ （4 分）

圆柱薄壳中的电场能量$dW=wdV=w2\pi rdrl=\dfrac{Q^2}{4\pi\varepsilon l}\dfrac{dr}{r}$ （2 分）

（2）介质中的总能量$W=\int_a^b\dfrac{Q^2}{4\pi\varepsilon l}\dfrac{dr}{r}=\dfrac{Q^2}{4\pi\varepsilon l}\ln\dfrac{b}{a}$ （2 分）

（3）由$W=\dfrac{Q^2}{2C}$，得圆柱电容器的电容$C=\dfrac{2\pi\varepsilon l}{\ln\dfrac{b}{a}}$ （2 分）

3．解:（1）设电荷面密度为σ，则$\sigma=\dfrac{q}{\pi(R_2{}^2-R_1{}^2)}$

$$dI=\frac{dq}{T}=\frac{\sigma 2\pi rdr}{2\pi/\omega}=\sigma\omega rdr$$ （2 分）

$$dB=\frac{\mu_0 dI}{2r}=\frac{1}{2}\mu_0\sigma\omega dr$$ （2 分）

$$B=\frac{1}{2}\mu_0\sigma\omega(R_2-R_1)=\frac{\mu_0 q\omega}{2\pi(R_2+R_1)}$$ （1 分）

方向与角速度方向相同

$$dP_m=\pi r^2 dI=\pi\sigma\omega r^3 dr$$ （2 分）

$$P_m=\int\pi r^2 dI=\int_{R_1}^{R_2}\pi\sigma\omega r^3 dr=\frac{1}{4}q\omega(R_2{}^2+R_1{}^2)$$ （1 分）

方向与角速度方向相同

$$M=P_m B\sin\theta=\frac{1}{4}q\omega B(R_2{}^2+R_1{}^2)$$ （2 分）

方向垂直外磁场和角速度

4. 解 （1）无限长直导线中通有交变电流，其周围空间产生交变磁场，根据无限长直载流导线产生磁场的公式可知，此交变磁场的磁感应强度的表达式为

$$B=\frac{\mu_0 i}{2\pi r}=\frac{\mu_0 I_0}{2\pi r}\sin\omega t$$ （2 分）

在距导线 r 远处，取面元 ldr，穿过该面元的磁通量为

$$\mathrm{d}\Phi=\vec{B}\cdot d\vec{S}=B\cos\theta dS=BdS=\frac{\mu_0 I_0}{2\pi r}\sin\omega t\cdot ldr$$ （2 分）

在 t 时刻穿过回路 ABCD 的磁通量为

$$\Phi=\int\mathrm{d}\Phi=\iint_{(S)}\vec{B}\cdot d\vec{S}=\int_a^b\frac{\mu_0 I_0}{2\pi r}\sin\omega t\cdot ldr$$

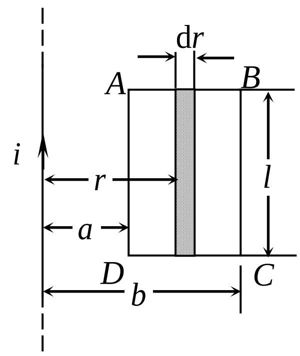
$$=\frac{\mu_0 l}{2\pi}(\ln\frac{b}{a})I_0\sin\omega t$$ （2 分）

（2）根据法拉第电磁感应定律，将Φ对时间 t 求导数，得回路 ABCD 中的感应电动势

$$\varepsilon=-\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}=-\frac{\mu_0 l\omega}{2\pi}(\ln\frac{b}{a})I_0\cos\omega t$$ （2 分）

当 $\cos\omega t>0$ 矩形线圈中感应电动势沿逆时针方向；

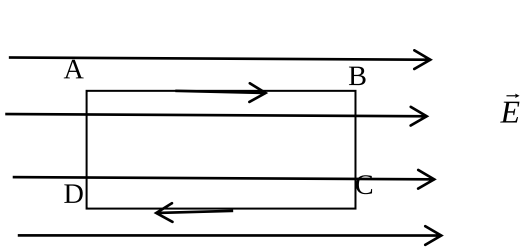
$\cos\omega t<0$ 矩形线圈中感应电动势沿顺时针方向。 （2 分）



四、证明：由 $E=\frac{d\phi_e}{ds}$ 得 $E_A=E_B$，$E_C=E_D$. 则沿同一电场上各点场强相同，

由 $\oint_l\vec{E}\cdot d\vec{l}=0$ 得 $E_A\times AB+0-E_C\times CD+0=0$

得 $E_A=E_C$. 则不同电场线上的点场强也相同，证毕。



五、答：相同点，都对电荷有电场力的作用和都具有电能。

不同点，静电场有源无旋场，感生电场无源有旋场。