2020 年下学期大学物理 C（二）评分细则

一、选择题（每题 3 分，共 30 分）

1、B　2、B　3、C　4、A　5、C　6、D 7、A 8、A　9、D　10、D

二、填空题（每题 3 分，共 30 分）

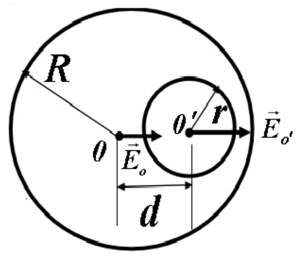
1、$\frac{\lambda_1\lambda_2}{2\pi\varepsilon_0}\ln\frac{a+b}{a}$　　2、$\frac{q^2}{8\pi\varepsilon_0 R}$　　3、$\frac{\mu_0\omega q}{2\pi R}$　　4、$\frac{1}{4}BI\pi R^2$ 、平行纸面竖直向下

5、N 型（电子型）　　6、$\frac{\mu_0 Iv}{2\pi}\ln\frac{a+l}{a}$　　7、$\frac{R^2}{2r}\frac{dB}{dt}$、$\frac{r}{2}\frac{dB}{dt}$　　8、2.1

9、$\frac{hc}{h\nu_0-E_k}$　　10、②、③、①。

三、计算题（每题 10 分，共 40 分）

1.解：整个有空腔带电体可以看成半径为 R 的均匀带正电荷（体密度为 ρ）的无空腔大球体及半径为 r 的均匀带负电荷（体密度为 $-\rho$）的小球体叠加而成（带负电荷的球体球心在 o'），用补偿法求解，



（1）大球体在 O 点产生的场强为零

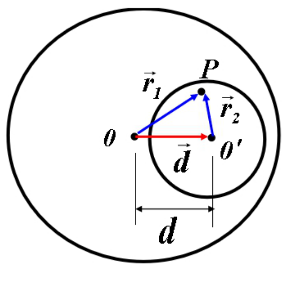
小球体在 O 点产生场强方向为 OO'，由高斯定理有

$$\oiint_s \vec{E}\cdot d\vec{s}=\frac{\frac{4}{3}\pi r^3\rho}{\varepsilon_0}$$，即大小为 $E_O=\frac{\rho\frac{4}{3}\pi r^3}{4\pi\varepsilon_0 d^2}=\frac{\rho r^3}{3\varepsilon_0 d^2}$（4 分）

（2）设 P 为空腔内任一点，令 $o\vec{p}=\vec{r}_1$，$o'\vec{p}=\vec{r}_2$，$o\vec{o}'=\vec{d}$，则 $\vec{r}_1-\vec{r}_2=\vec{d}$

对无空腔均匀带电体球，由高斯定理

$$\oiint_s \vec{E}\cdot d\vec{s}=\frac{\frac{4}{3}\pi r^3\rho}{\varepsilon_0}$$　　得 $\vec{E}_1=\frac{\rho}{3\varepsilon_0}\vec{r}_1$（2 分）



同理可得均匀带电负球体 $\vec{E}_2=-\frac{\rho}{3\varepsilon_0}\vec{r}_2$（2 分）

P 点 $\vec{E}$ 由叠加原理得 $\vec{E}=\vec{E}_1+\vec{E}_2=\frac{\rho}{3\varepsilon_0}(\vec{r}_1-\vec{r}_2)=\frac{\rho}{3\varepsilon_0}\vec{d}$　　（2 分）

2.解：（1） P 点必为负电荷，设其电量为$-q$，质量为m，两极板间距为$2d$。

开始时，介质外的场强为E_1，有 $U=E_1d+\frac{E_1}{\varepsilon_r}d=\frac{\varepsilon_r+1}{\varepsilon_r}E_1d$ （2 分）

抽去介质后，设场强为E_2，有 $E_2 2d=U$ （2 分）

$$E_2=\frac{U}{2d}=\frac{\varepsilon_r+1}{2\varepsilon_r}E_1<E_1$$ （1 分）

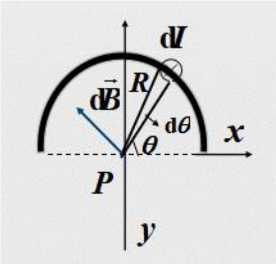
开始时 P 点受力平衡，有 $E_1q=mg$ （1 分）

抽掉介质后，P 点受的全力向下，有

$$mg-E_2q=E_1q-E_2q=\frac{\varepsilon_r-1}{2\varepsilon_r}mg$$ （2 分）

P 点的加速度向下，有 $a=\frac{\varepsilon_r-1}{2\varepsilon_r}g$ （2 分）

3. 解：通电半圆柱面可看成由无限多个无限长载流细直导线构成



$$\mathrm{d}I=\frac{I}{\pi R}\cdot R\mathrm{d}\theta=\frac{I\mathrm{d}\theta}{\pi}$$ （2 分）

$$\mathrm{d}B=\frac{\mu_0\mathrm{d}I}{2\pi R}=\frac{\mu_0 I\mathrm{d}\theta}{2\pi^2R}$$ （2 分）

$$\mathrm{d}B_x=dB\cos(\frac{\pi}{2}+\theta)=\frac{\mu_0 I\mathrm{d}\theta}{2\pi^2R}\cos(\frac{\pi}{2}+\theta)$$

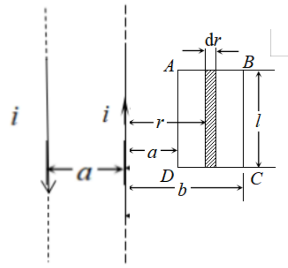
$$B_x=\int\mathrm{d}B_x=\int_0^{\pi}\frac{\mu_0 I\cos(\frac{\pi}{2}+\theta)\mathrm{d}\theta}{2\pi^2R}=-\frac{\mu_0 I}{\pi^2R}$$ （2 分）

$$\mathrm{d}B_y=dB\sin(\frac{\pi}{2}+\theta)=\frac{\mu_0 I\mathrm{d}\theta}{2\pi^2R}\sin(\frac{\pi}{2}+\theta)$$

$$B_y=\int\mathrm{d}B_y=\int_0^{\pi}\frac{\mu_0 I\sin(\frac{\pi}{2}+\theta)\mathrm{d}\theta}{2\pi^2R}=0$$ （2 分）

大小：$B=B_x=\frac{\mu_0 I}{\pi^2R}$ 方向：沿 X 负方向 （2 分）

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



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

在距导线 r 远处，取面元 ldr，穿过该面元的磁通量为

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

在 t 时刻穿过回路 ABCD 的磁通量为

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

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