# 2017−2018 学年第一学期

# 《大学物理（2-2）》期末考试A卷（56学时）答案

**一、选择题（共30分）**

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

二、(共2小题，每小题5分，共10分)

1、解： $AB$ 两极板间，插入金属板后，由高斯定理知，$E=\begin{cases}0 & （金属板内）\\ \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0} & （金属板外）\end{cases}$

对 $AB$ 电容器，电势差为 $U_{AB}=\int_A^B \vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{l}=E_2(a-b)+E_1b=\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}(a-b)$　　2分

对于 $CD$ 两极板间，插入电介板后，由高斯定理知，$E=\begin{cases}\dfrac{\sigma}{\varepsilon_r\varepsilon_0} & （介质板内）\\ \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0} & （介质板外）\end{cases}$

对 $CD$ 电容器，电势差为 $U_{CD}=\int_C^D \vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{l}=E_2(a-b)+E_1b=\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0\varepsilon_r}b+\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}(a-b)$　　3分

2、解：(1) 圆弧 $AC$ 段所受的磁力和直线 $\overline{AC}$ 的相等，所以

$$F=\overline{AC}IB=\sqrt{2}BIR \qquad 1分$$

方向与 $A\overline{C}$ 直线垂直　　1分

(2)　$\vec{P}_m=I\vec{S}=\dfrac{1}{4}\pi R^2\vec{e}_n$　　1 分

由 $\vec{M}=\vec{P}_m\times\vec{B}$ 可知，因为 $\vec{P}_m$ 与 $\vec{B}$ 的夹角为 $0^0$，$\vec{M}=\vec{P}_m\times\vec{B}=P_mB\sin\theta=0$　　2分

**三、(共2小题，每小题5分，共10分)**

1、答：（1）$L_1$ 上各点的 $\dfrac{\mathrm{d}\vec{B}}{\mathrm{d}t}\neq 0$，　$L_2$ 上各点的 $\dfrac{\mathrm{d}\vec{B}}{\mathrm{d}t}=0$；　　1分

$L_1$ 和 $L_2$ 上各点的 $\vec{E}_{感}\neq 0$.　　1分

（2）$L_1$ 回路内的电荷，在感应电场力的作用下形成电流，因此，$L_1$ 回路内有感应电流．但是，回路内不存在静电场，不存在电势的分布．　　1分

回路 $L_2$ 中，由于 $\mathscr{E}_{L_2}=0$，所以无感应电流．

$ad$ 和 $bc$ 上的电荷在感应电场力的作用下，会在 $a$、$b$、$c$、$d$ 处堆积，形成静电场．

回路 $L_2$ 中有电势的分布．$U_a=U_b$，$U_c=U_d$；但是，$U_a\neq U_d, U_c\neq U_b$．　　2分

2、解：（1）火车的静止长度$L_0=1200\,\mathrm{m}$是原长，站台上的观察者观测到的长度是火车的运动长度即尺缩，$L=900\,\mathrm{m}$，根据尺缩公式，有：$L=L_0\sqrt{1-\beta^2}=L_0\sqrt{1-\frac{u}{c^2}^2}$

代入数据：$900=1200\times\sqrt{1-\frac{u^2}{\left(3\times10^8\right)^2}}$

由此解得 $u\approx2\times10^8\,\mathrm{m}/s$ 3 分

（2） 对于车上的观察者而言，车站是运动的，此时车站的长度将由原长（即固有长度）$L=900\mathrm{m}$收缩为$L'$，同样根据尺缩公式，有：$L=L_0\sqrt{1-\beta^2}=L_0\sqrt{1-\frac{u}{c^2}^2}$

$L'=900\times\sqrt{1-\frac{u}{c^2}^2}$=675(m) 2 分

**四、（共 2 小题，每小题 5 分，共 10 分）**

1、解：由相对论能量和题意知$E_k=E-E_0=E_0$，得$E=2E_0$ 1 分

则 $m=2m_0$ 即 $\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}}=2m_0$ 得 $\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}=\frac{1}{2}$ $v=\frac{\sqrt{3}}{2}c$ 2 分

由德布罗意波长公式 $\lambda=\frac{h}{m\upsilon}=\frac{h}{m_0\times\frac{\sqrt{3}}{2}c}\cdot\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}=\frac{\sqrt{3}}{3}\frac{h}{m_0c}$

$$\frac{\lambda}{\lambda_c}=\frac{\sqrt{3}}{3}$$ 2 分

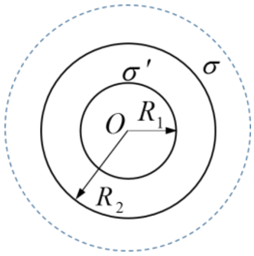
2、答：当$n=4$时，$l$的取值为$0,1,2,3$； 1 分

$m_l$的取值为$0,\pm1,\pm2,\pm3$； 1 分

$m_s$的取值为$\pm\frac{1}{2}$； 1 分

电子的不同量子态的总数目为：$N=2n^2=32$个. 2 分

**五、（本题 10 分）**




解：（1）设小球面上的电荷密度为$\sigma'$，在大球面外作同心的球面为高斯面，

由高斯定理： $\oiint_S \vec{E}\cdot d\vec{S}=\dfrac{q_{\text{int}}}{\varepsilon_0}=\dfrac{\sigma\cdot 4\pi R_2^2+\sigma'\cdot 4\pi R_1^{'}}{\varepsilon_0}$ 2 分

$\because$ 大球面外 $\vec{E}=0$ $\quad\therefore\quad \sigma\cdot 4\pi R_2{}^2+\sigma'\cdot 4\pi R_1{}^2=0$ 2 分

解得： $\sigma'=-(\dfrac{R_2}{R_1})^2\sigma$ 2 分

（2） 大球面内各点的场强等于两个均匀带电球面场强的迭加：内部场强为零，外部相当点电荷在该电场产生的电场强度.

在 $r<R_1$ 区域： $E=E_1+E_2=0+0=0$ 2 分

在 $R_1<r<R_2$ 区域： $E=E_1+E_2=\dfrac{4\pi R_1^2\sigma'}{4\pi\varepsilon_0 r^2}+0=-\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}\left(\dfrac{R_2}{r}\right)^2$ 2 分

**六、（本题 10 分）**

解：电流在 $A$ 点分为两支路为 $I_1$ 和 $I_2$，设 $R$ 为单位弧长电阻， $AdB$ 弧长与 $AcB$ 并联，得

$$R\,l_{AdB}I_1=R\,l_{AcB}I_2$$

即 $l_{AdB}I_1=l_{AcB}I_2$ （1 分）

以垂直图面向里为正向，所以 $B_{AdB}=-\dfrac{\mu_o I_1}{2\pi}\dfrac{l_{AdB}}{2\pi r}$ （2 分）

$AcB$ 支路在圆环中心 $O$ 点磁感应强度方向垂直图面向里，大小为

$$B_{AcB}=\frac{\mu_0 I_2}{2\pi}\frac{l_{AcB}}{2\pi l}=\frac{\mu_0 I_1}{2\pi}\frac{l_{AdB}}{2\pi r}$$ （2 分）

两支路在 $O$ 点的磁感应强度叠加，得 $B_{AdB}+B_{AcB}=0$. （2 分）

半无限长直电流 $EA$ 延长线过圆心 $O$，$B_{EA}=0$, $O$ 点的磁感应强度等于半无限长直电流 $BF$ 在 $O$ 点磁感应强度，得

$B=B_{BF}=\dfrac{\mu_0 I}{4\pi r}(\cos 90^\circ-\cos 180^\circ)=\dfrac{\mu_0 I}{4\pi r}$ 方向垂直图面向里。 （3 分）

**七、（本题 10 分）**

解 （1）根据题意，$t=0\,\text{s}$ 时 $B=0.5\,\text{T}$，则均匀磁场随时间变化的规律为

$B=0.5-0t.$ （T） 1 分

根据动生电动势的定义式，任意时刻导线 $\overline{AC}$ 运动的动生电动势的大小为

$\mathscr{E}=\int_C^A(\vec{v}\times\vec{B})\bullet d\vec{l}=\int_C^A vB\,dl=vB\overline{AC}=2\times(0.5-0.1t)\times 0.5=0.5-0.1t$ 2 分

$t=0\,\mathrm{s}$ 时，动生电动势的大小为 $\mathscr{E}_0=0.5-0.1t=0.5$（V） 1 分

（2）由于导线 $\overline{AC}$ 运动，闭合电路所包围的面积随时间变化的规律为

$$S=0.5(1+2t) \quad (\mathrm{m}^2)$$ 1 分

根据法拉第电磁感应定律，闭合电路中总感应电动势为

$$\mathscr{E}=\left|-\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}\right|=\frac{\mathrm{d}\int_S \vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{S}}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}[0.5-0.1t)\times 0.5(1+2t)]$$

$$=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(0.25+0.45t-0.1t^2)=0.45-0.2t$$ 2 分

$t=2\,\mathrm{s}$ 时，总感应电动势的大小为 $\mathscr{E}=0.45-0.2t=0.45-0.5=0.05$（V） 1 分

（3）因为闭合电路中的磁场随时间发生变化，在回路中会产生感生电动势，而感生电动势的方向与动生电动势的方向相反，所以动生电动势与总感应电动势不相等。 2 分

**八、（本题 10 分）**

解:（1）由于 $\psi(x)=\sqrt{\frac{2}{a}}\sin\frac{n\pi}{a}x$，且 $n=1$，则

电子在基态的波函数为 $\psi(x)=\sqrt{\frac{2}{a}}\sin\frac{\pi}{a}x$，$0<x<a$ 2 分

电子位于 $0-a/4$ 内的概率为:

$$P=\int_0^{\frac{a}{4}}|\psi(x)|^2\,\mathrm{d}x=\int_0^{\frac{a}{4}}\frac{2}{a}\sin^2\frac{\pi}{a}x\,\mathrm{d}x=\int_0^{\frac{a}{4}}\frac{2}{a}\frac{a}{\pi}\sin^2\frac{\pi}{a}x\,\mathrm{d}(\frac{\pi x}{a})$$

$$=\frac{2}{\pi}[\frac{\pi x}{2a}-\frac{1}{4}\sin\frac{2\pi x}{a}]\Big|_0^{\frac{a}{4}}=\frac{2}{\pi}[\frac{\pi}{2a}\frac{a}{4}-\frac{1}{4}\sin(\frac{2\pi}{a}\frac{a}{4})]=0.091$$ 2 分

（2）由于 $\psi(x)=\sqrt{\frac{2}{a}}\sin\frac{n\pi}{a}x$，且 $n=2$，则

电子在第 1 激发态的波函数为 $\psi(x)=\sqrt{\frac{2}{a}}\sin\frac{2\pi}{a}x$，$0<x<a$ 1 分

相应的概率密度为 $|\psi(x)|^2=\frac{2}{a}\sin^2\frac{2\pi}{a}x$ 1 分

当 $\sin^2\frac{2\pi}{a}x=1$，$|\psi(x)|^2$ 最大

即 $\frac{2\pi}{a}x=(2k+1)\frac{\pi}{2}$

$$x=\frac{2k+1}{4}a \qquad k=0,1,2,\cdots$$ 2 分

所以，在 $0<x<a$ 范围内，电子出现概率最大的位置为 $x=\frac{a}{4},\frac{3a}{4}$ 2 分