云南大学 2022春 物理与天文学院大学物理B（1） 期末试卷B 参考答案

一．选择题

1.C 2.D 3.A 4.B 5.B 6.D 7.A 8.C

二．填空题

1. $16Rt^2$，4rad/s^2

2. $-mv_0\sin\alpha$

3. $4.00kg$

4. $\frac{1}{2}Q$，$\frac{Q^2}{16\pi\varepsilon_0 r^2}$

5. $\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon}\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$

三．简答题

1.答：

设两导体 A 、 B 的四个平面均匀带电的电荷面密度依次为σ_1，σ_2，σ_3，σ_4

(1)则取与平面垂直且底面分别在 A 、 B 内部的闭合柱面为高斯面时，有

$$\oint_s \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{S}=(\sigma_2+\sigma_3)\Delta S=0$$

∴ $$\sigma_2+\sigma_3=0$$

说明相向两面上电荷面密度大小相等、符号相反；

(2)在 A 内部任取一点 P，则其场强为零，并且它是由四个均匀带电平面产生的场强叠加而成的，即

$$\frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma_3}{2\varepsilon_0}-\frac{\sigma_4}{2\varepsilon_0}=0$$

又∵ $$\sigma_2+\sigma_3=0$$

∴ $$\sigma_1=\sigma_4$$

说明相背两面上电荷面密度总是大小相等，符号相同．

2.答：

曲线II是顺磁质，曲线III是抗磁质，曲线I是铁磁质．

μ_r 非线性、磁滞回线、居里点。

四. 计算题

1.解：

（1）由 $J=\int x^2dm \quad \lambda=\frac{m}{l}, \quad dm=\lambda dx$ （3分）

$$J=\int x^2dm=\int_{-l/4}^{3l/4}x^2\lambda dx=\int_{-l/4}^{3l/4}x^2\frac{m}{l}dx=\frac{7}{48}ml^2$$ （2分）

或 $J = J_C + md^2 = \frac{1}{12}ml^2 + m(\frac{l}{4})^2 = \frac{7}{48}ml^2$

（2）依转动定律 $M = J\alpha$ （2 分）

$M = mg \cdot \frac{1}{4}l = \frac{1}{4}mgl$

$\alpha = \frac{M}{J} = \frac{12g}{7l}$ （2 分）

（3）依能量守恒定律有 $mg\frac{l}{4} = \frac{1}{2}J\omega^2$ （2 分）

$$\omega = \sqrt{\frac{mgl}{2J}} = \sqrt{\frac{mgl}{2\times\frac{7}{48}ml^2}} = \sqrt{\frac{24g}{7l}}$$ （1 分）

2.解：

(1)利用有介质时的高斯定理 $\oint_S \vec{D}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = \sum q$ （3 分）

介质内 $(R_1 < r < R_2)$ 场强 $D = \frac{Q}{4\pi r^2}, E_{内} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2}$ （1 分）

介质外 $(r < R_2)$ 场强 $D = \frac{Q}{4\pi r^2}, E_{外} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ （1 分）

(2)金属球的电势

$$U = \int_{R_1}^{R_2} \vec{E}_{内}\cdot \mathrm{d}\vec{r} + \int_{R_2}^{\infty} \vec{E}_{外}\cdot \mathrm{d}\vec{r}$$ （3 分）

$$= \int_{R}^{R_2} \frac{Q\mathrm{d}r}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2} + \int_{R_2}^{\infty} \frac{Qdr}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}(\frac{1}{R_1} + \frac{\varepsilon_r - 1}{R_2})$$ （2 分）

3.解：

无限长载流直导线周围的磁感应强度为：

$\overrightarrow{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}\overrightarrow{e_r}$ （2 分）

其中 $\overrightarrow{e_r}$ 是垂直于载流导线向外的单位矢量。

在导体棒上取距离 O 点 l，长度为 dl 的线元，该线元两端的动生电动势为：

$\mathrm{d}\varepsilon = \left(\vec{v}\times\overrightarrow{B}\right)\cdot \mathrm{d}\vec{l}$ （2 分）

$\mathrm{d}\varepsilon = \left[\omega l\overrightarrow{e_\theta} \times \frac{\mu_0 I}{2\pi(a + l\cos\theta)}\overrightarrow{e_r}\right]\cdot \mathrm{d}\vec{l}$ （2 分）

其中的 $\overrightarrow{e_\theta}$ 是顺时针方向的单位矢量，$\overrightarrow{e_\theta}$ 处处垂直于 $\overrightarrow{e_r}$，所以上式简化为：

$\varepsilon = \int_0^L \frac{\mu_0 I\omega l}{2\pi(a + l\cos\theta)}\mathrm{d}l$ （2 分）

$$\varepsilon=\frac{\mu_0 I\omega}{2\pi\cos^2\theta}\left[L\cos\theta+a\ln\left(\frac{a}{a+L\cos\theta}\right)\right]$$。（4 分）

方向由 O 点指向导体棒的另外一端。（2 分）

4.解：

（1）长直导线产生的磁场为 $B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$ （3 分）

穿过线框的磁通量：$\Phi=\int_a^{a+b}\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}Ldr=\dfrac{\mu_0 IL}{2\pi}\ln\dfrac{a+b}{a}$ （2 分）

2、线框的 AB 边与 CD 边受到的合力为零 （1 分）

线框的 AD 边受力为：$\dfrac{\mu_0 I^2}{2\pi a}L$ （2 分）

线框的 BC 边受力为：$\dfrac{\mu_0 I^2}{2\pi(a+b)}L$ （2 分）

线框受合力为：$\dfrac{\mu_0 I^2}{2\pi a}L-\dfrac{\mu_0 I^2}{2\pi(a+b)}L$ 吸引力 （1 分）

3、互感系数：$M=\dfrac{\Phi}{I}$ （2 分）

$$M=\frac{\mu_0 L}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a}$$ （1 分）