

《 大学物理学 》 课程试题(B 卷)

答案及评分标

一、选择题（每小题 3 分，共 30 分）

1D; 2C; 3D; 4A; 5A; 6B; 7A; 8B(A); 9A; 10C

二、填空题（每小题 2 分，共 20 分）

1、 $v = v_0 e^{-10t}$; 2、 200N.s; 3、 4.8m.s^{-2} ; 4、 $8.85 \times 10^{-10} \text{C} \cdot \text{m}^{-2}$;

5、 自由、极化; 6、 $\frac{q}{\epsilon_0}$, 0; 7、 $\frac{\mu_0 I}{2R} - \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$ 、垂直纸面向里; 8、 $E = \frac{B}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$;

9、 $\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$; 10、 相对性原理、光速不变原理。

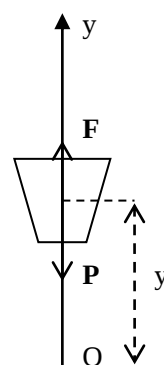
三、计算题（每小题 10 分，共 50 分）

1、解：水桶在匀速上提过程中，拉力与水桶重力平衡，在图示所取坐标下有：

$$F = P = mg - \alpha gy \quad (4 \text{ 分})$$

由功的定义得人对水桶的拉力的功为：

$$\begin{aligned} W &= \int_0^h \vec{F} \cdot d\vec{y} = - \int_0^h (mg - \alpha gy) dy \\ &= mgh - \frac{1}{2} \alpha gh^2 \quad (6 \text{ 分}) \end{aligned}$$



2、解：该系统的运动包含圆柱体的转动和悬挂物的下落运动（平动），分别作两物体的受力分析如图所示。（1分）

对实心圆柱体，由转动定律得

$$F_T r = J\alpha = \frac{1}{2} m_1 r^2 \alpha \quad (1) \quad (2\text{分})$$

对悬挂物，由牛顿第二定律有

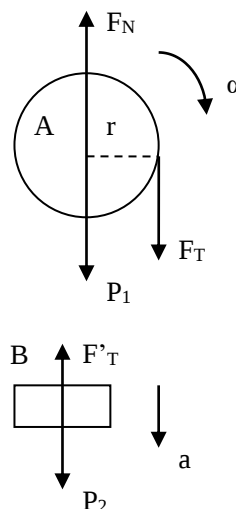
$$p_2 - F'_T = m_2 g - F'_T = m_2 a \quad (2) \quad (2\text{分})$$

其中 $F_T = F'_T$ ，由角量与线量之间关系得

$$a = r\alpha \quad (3) \quad (2\text{分})$$

解上述方程得圆柱体转动的角加速度

$$a = \frac{2m_2 g}{m_1 + 2m_2} = \frac{1}{2} g \quad (3\text{分})$$



3、解：（1）如图 3-2 所示，设内外两圆筒轴向单位长度上的电荷分别为 $+\lambda$ 和 $-\lambda$ ，由于电荷分布是均匀对称的，所以电介质中的电场也是柱对称的，电场强度的方向沿柱面的径向方向。由高斯定理可求得两柱面间一点的电场强度为

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon} \vec{e}_r \quad (4\text{分})$$

由电势差的定义得两圆柱面间的电势差为

$$U = \int_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon} \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon} \ln \frac{R_2}{R_1} \quad (3\text{分})$$

由电容定义式可求得沿轴向单位长度的电容

$$C = \frac{\lambda}{U} = \frac{2\pi\epsilon}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \quad (3\text{分})$$

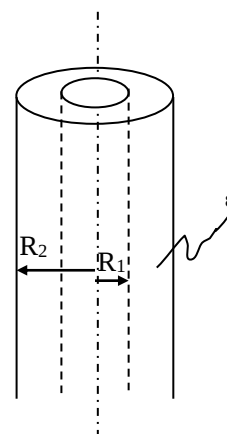


图 3-2

4、解法一：建立如图 3-A 坐标，无限长载流导线的磁场分布具有对称性，根据安培环路定理可确定导体元处的磁感强度为：

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} \quad (4\text{分})$$

根据动生电动势公式 $\varepsilon = \int_L (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{x}$

得杆中的感应电动势为

$$\begin{aligned} \varepsilon &= - \int_a^{a+b} v \frac{\mu_0 I}{2\pi x} dx \\ &= - \frac{\mu_0 I v}{2\pi} \ln \frac{a+b}{a} \quad (5\text{分}) \end{aligned}$$

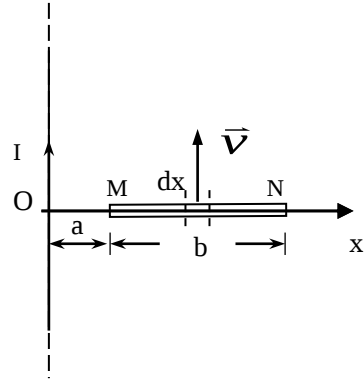


图 3-A

式中负号表示电动势的方向由 N 指向 M，M 点电势较高。（1 分）

4、解法二：

建立如图 3-B 坐标，无限长载流导线的磁场分布具有对称性，根据安培环路定理可确定导体元处的磁感强度为：

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} \quad (4\text{分})$$

设想杆 MN 在一个静止的 U 形导轨上滑动，某时刻杆 MN 距导轨下端 CD 的距离为 h，选顺时针方向为回路 MNCD 的正向，则面元 dS 的磁通量为

$$d\phi = \vec{B} \cdot d\vec{S} = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} h dx \quad (1\text{分})$$

穿过回路的磁通量为

$$\phi = \int_S d\phi = \int_a^{a+b} \frac{\mu_0 I}{2\pi x} h dx = \frac{\mu_0 I h}{2\pi} \ln \frac{a+b}{a} \quad (1\text{分})$$

由法拉第电磁感应定律求得回路的电动势为

$$\varepsilon = - \frac{d\phi}{dt} = - \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{a+b}{a} \frac{dh}{dt} = - \frac{\mu_0 I v}{2\pi} \ln \frac{a+b}{a} \quad (2\text{分})$$

由于静止的 U 形导轨上电动势为零，所以金属棒 MN 的电动势为

$$\varepsilon_{MN} = \varepsilon = - \frac{\mu_0 I v}{2\pi} \ln \frac{a+b}{a} \quad (1\text{分})$$

式中负号表示电动势的方向由 N 指向 M，M 点电势较高。（1 分）

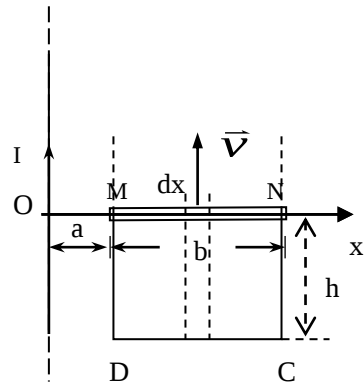


图 3-B

5、解：如图 3-4 所示，在与 x 轴夹角为 θ 处的半圆片上取所对圆心角为 $d\theta$ 的细窄条作电流元 $dI=idl=kR\sin\theta d\theta$ ，细窄条相当于无限长通电直导线，它在轴线 OO' 某点产生的磁感强度方向如图所示，大小为

$$dB = \frac{\mu_0 dI}{2\pi R} = \frac{\mu_0 k}{2\pi} \sin \theta d\theta \quad (4\text{分})$$

如图所示，半圆片上电流相对 y 轴对称分布，对称的电流元在轴上产生的磁感强度的 y 分量相消，则

$$B_y = \int dB_y = 0 \quad (2\text{分})$$

因此轴线上的磁感强度为

$$\begin{aligned} \vec{B} &= B_x \vec{i} = \vec{i} \int dB_x = \vec{i} \int dB \sin \theta \\ &= \vec{i} \int_0^\pi \frac{\mu_0 k}{2\pi} \sin^2 \theta d\theta = \frac{\mu_0 k}{4} \vec{i} \end{aligned} \quad (4\text{分})$$

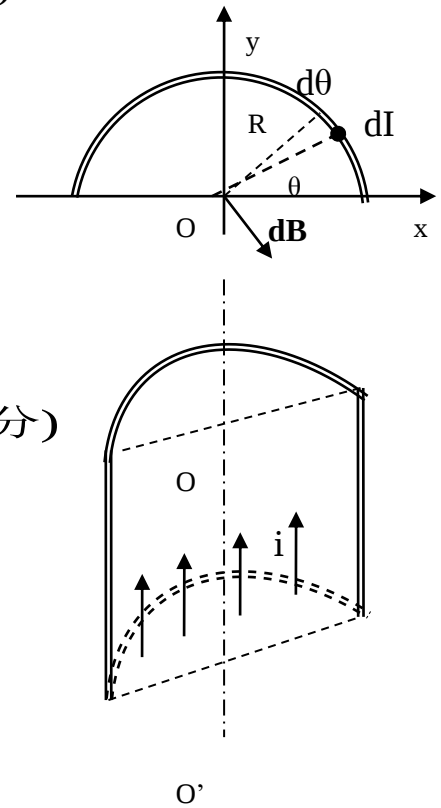


图 3-4