云南大学 2022 春 物理与天文学院大学物理 B（1） 期末试卷 A 参考答案

一．选择题

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

二．填空题

1. 不守恒，守恒

2. $\dfrac{a+2b}{3(a+b)}h$ ， $\dfrac{a+3b}{12(a+b)}mh^2$

3. 减小，增大

4. $\vec{m}\times\vec{B}$

三．简答题

1.证明：

设绳子中的张力为 T，则带电小球静止时有：

$$\begin{cases} T\cos\theta = mg \\ T\sin\theta = \dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 x^2} \end{cases} \quad （4 分）$$

方法一：	方法二：
$\therefore \dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 x^2 mg} = \tan\theta = \dfrac{x}{2\sqrt{l^2 - x^2/4}}$ （2 分） $\because l \gg x$ $\therefore \dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 x^2 mg} \approx \dfrac{x}{2l}$ （2 分）	$\cos\theta = \dfrac{\sqrt{l^2 - x^2/4}}{l} \approx 1$ （1 分） $T \approx mg$，（1 分） $mg\dfrac{x}{2l} = \dfrac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 x^2}$ （2 分）

$$\therefore x \approx \left(\frac{q^2 l}{2\pi\varepsilon_0 mg}\right)^{1/3} \quad （2 分）$$

2.答：

线圈中的磁通量为：

$\Phi = Bxa$ （2 分）

感应电动势大小为：

$$\left|\mathscr{E}\right| = \frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = Ba\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} \quad （2 分）$$

当线圈随待测器件一起振动时，x 随时间变化，从而使线圈产生电压信号。（2 分）

从感应电动势的表达式可以看出，在待测振动相同的情况下，即 $\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ 相同。增加磁感应强度 B、线圈宽度 a 都能使 $\left|\mathscr{E}\right|$ 增大。（2 分）

此外，还可以将单匝线圈换成 N 匝线圈，使 $\left|\mathscr{E}\right| = NBa\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ 从而使换能器的输出提高 N 倍。（2 分）

四. 计算题

1.解：

（1）细杆绕过其一端并垂直于杆的转轴的转动惯量为：$J_1=\frac{1}{3}ml^2$ ；（2 分）

小球对于过 O 点的水平轴的转动惯量为：$J_2=ml^2$；（2 分）

它们组成的刚体的转动惯量为：$J=J_1+J_2=\frac{4}{3}ml^2$。（1 分）

（2）当杆与水平方向夹角为 θ 时细杆所受重力矩为：$M_1=\frac{l}{2}mg\cos\theta$（2 分）

此时，小球所受重力矩为：$M_2=lmg\cos\theta$（2 分）

当杆与水平方向夹角为 θ 时刚体所受合外力矩为：$M=M_1+M_2=\frac{3}{2}lmg\cos\theta$（1 分）

此时，刚体的角加速度$\alpha=\frac{M}{J}=\frac{9g\cos\theta}{8l}$（1 分）

（3）刚体的质心到 O 点的距离为：$l_c=\frac{\frac{l}{2}m+lm}{2m}=\frac{3}{4}l$ （1 分）

以 O 点作为重力势能参考点，刚体从水平位置下摆至竖直位置，刚体的势能变化为：$\Delta E_p=-2l_cmg=-\frac{3}{2}lmg$

（1 分）

刚体下摆过程中，机械能守恒（1 分），所以刚体的转动动能为：$\frac{1}{2}J\omega^2=\frac{3}{2}lmg$ （1 分）

角速度为：$\omega=\frac{3}{2}\sqrt{\frac{g}{l}}$（1 分）

2.解：

（1）在带电线段上距离 O 点 r 处选取 dr 长的线元，该线元上的电荷在 P 点产生的场强为：$\mathrm{d}\vec{E}=\frac{\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0(x-r)^2}\vec{e}_x$

（2 分）

其中$\mathrm{d}q=\frac{q}{2l}\mathrm{d}r$。（1 分）

整个带电线段在 P 处的合场强为：$\vec{E}=\int_{-l}^{l}\frac{q\mathrm{d}r}{8\pi\varepsilon_0 l(x-r)^2}\vec{e}_x$（1 分）

$\vec{E}=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0(x^2-l^2)}\vec{e}_x$（1 分）

（2）根据对称性分析可知，带电线段上的电荷在 Q 处的场强只有竖直方向分量对合场强有贡献。
在带电线段上距离 O 点 r 处选取 dr 长的线元，该线元上的电荷在 Q 点产生的场强在竖直方向的分量为：

$$\mathrm{d}\vec{E}=\frac{y\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0(y^2+r^2)^{3/2}}\vec{e}_y$$（2 分）

其中 $\mathrm{d}q=\dfrac{q}{2l}\mathrm{d}r$。（1 分）

$$\vec{E}=\int_{-l}^{l}\frac{qy\mathrm{d}r}{8\pi\varepsilon_0 l(y^2+r^2)^{3/2}}\vec{e}_y$$（1 分）

$$\vec{E}=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 y(y^2+l^2)^{1/2}}\vec{e}_y$$（1 分）

3.解：

（1）沿螺绕环中心取圆形安培环路，利用 ***B*** 的环路定理可得：

$$\oint_l \vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{l}=\mu_0\sum I_{in}$$（2 分）

$$Bl=\mu_0 NI$$

$$B=\frac{\mu_0 NI}{l}=2.5\times10^{-4}\mathrm{T}$$（2 分）

（2）沿螺绕环中心取圆形安培环路，利用 ***H*** 的环路定理可得：

$$\oint_l \vec{H}\cdot\mathrm{d}\vec{l}=\sum I_{in}$$（2 分）

$$Hl=NI$$

$$H=\frac{NI}{l}=200\mathrm{A}\cdot\mathrm{m}^{-1}$$（2 分）

$$B=\mu_0\mu_r H=1.05\mathrm{T}$$（2 分）

（3）由传导电流产生的 $\vec{B}_0$，即(1)中的 $B_0=2.5\times10^{-4}\mathrm{T}$.　（2 分）

由磁化电流产生的 $B'=B-B_0\approx1.05\mathrm{T}$（2 分）

4.解：

（1）沿盘的径向，到盘心距离 l 处选取长度为 dl 的线元，该线元上的动生电动势为：

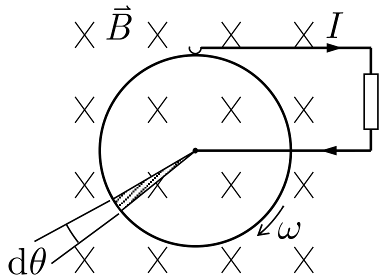
$\mathrm{d}\mathscr{E}=\left(\vec{v}\times\vec{B}\right)\cdot\mathrm{d}\vec{l}$ ，其中 $\mathrm{d}\vec{l}$ 方向由盘心指向盘边缘。（2 分）

$v=l\omega$（1 分）

$$\mathscr{E}=\int_0^R l\omega B\mathrm{d}l$$（2 分）

$$\mathscr{E}=\frac{1}{2}\omega BR^2$$（1 分）

（2）沿盘的径向，选取如图所示的扇形线元，角宽度为$\mathrm{d}\theta$ 。该线元受到的安培力为：
$\mathrm{d}F = RB\mathrm{d}I$ （1 分）



其中$\mathrm{d}I = \dfrac{I\mathrm{d}\theta}{2\pi}$（1 分）

铜盘旋转过程中受到的安培力为：$F = \int_0^{2\pi} \dfrac{IRB}{2\pi}\mathrm{d}\theta = IRB$（2 分）