上 海 交 通 大 学 试 卷（物理 144A 卷）

（ 2015 至 2016 学 年 第 2 学 期 试 卷 2016年6月22日）

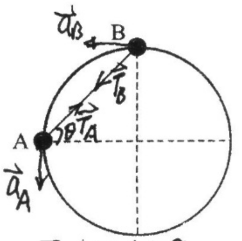
班级号________________ 学号_______________ 姓名 ____________

课程名称 __________大学物理__________ 成绩 ____________

注意:（1）试卷共三张;（2）填空题空白处写上关键式子，可参考给分，计算题要列出必要的方程和解题的关键步骤;（3）不要将订书钉拆掉。

一、填空题（53 分）

1.（3 分）如图所示，小球 A 的质量为 m，B 的质量为 $m/2$，两小球穿在一半径为 R 竖直放置的光滑圆环上，并由长为 $\sqrt{2}R$ 不可伸长的轻绳相连，B 在环的最高处静止释放，则释放瞬时绳上张力大小为 $\frac{\sqrt{2}}{3}mg$ 。



释放瞬时: $\vec{a}_B=\vec{a}_{Bt}$, $\vec{a}_A=\vec{a}_{At}$

如图: $T_B\cos\theta=m_Ba_B$ ①, $m_Ag-T_A\sin\theta=m_Aa_A$ ②

$a_B=a_{Bt}=\frac{dV_B}{dt}=\frac{d^2S_B}{dt^2}$, $a_A=a_{At}=\frac{dV_A}{dt}=\frac{d^2S_A}{dt^2}$

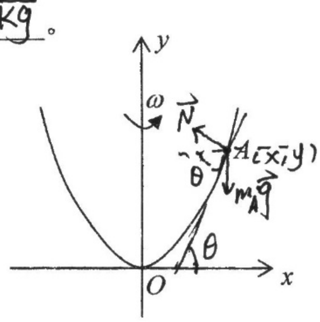
$dS_A=dS_B \Rightarrow \frac{dS_A}{dt}=\frac{dS_B}{dt} \Rightarrow a_A=a_B=a$

轻绳: $T_A=T_B=T$, $\cos\theta=\frac{R}{\sqrt{2}R}=\frac{\sqrt{2}}{2}=\sin\theta$

①+②: $m_Ag=(m_B+m_A)a \Rightarrow a=\frac{m_A}{m_A+m_B}g$ $\Uparrow$ $T=(\sqrt{2}/3)mg$

①−②: $2T\cos\theta-m_Ag=(m_B-m_A)a \Rightarrow T=\frac{g}{2\cos\theta}\left[m_A+\frac{m_A(m_B-m_A)}{m_B+m_A}\right]$

2. （3 分）如图所示，在竖直的 xOy 平面上，有一根光滑的抛物线形刚性金属丝，其上套一小环 A，抛物线方程为 $y=kx^2$，其中 k 为正值常量。要求小环在金属丝上任何地方相对金属丝都静止，则金属丝绕 y 轴转动的角速度大小应为 $\sqrt{2kg}$ 。



如图, $N\sin\theta=m_Ax\omega^2$, $N\cos\theta=m_Ag$

$\Rightarrow \tan\theta=\frac{x\omega^2}{g}$

$y=kx^2 \Rightarrow \tan\theta=\frac{dy}{dx}=2kx$

$\therefore 2kx=\frac{x\omega^2}{g}$

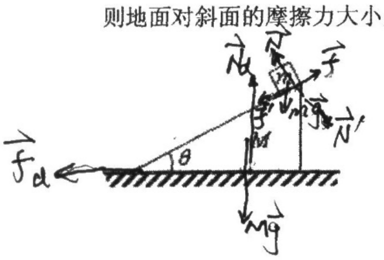
$\omega^2=2kg$ $\omega=\sqrt{2kg}$

我承诺，我将严格遵守考试纪律。

承诺人：________

题号	一	二 1	二 2	二 3	二 4
得分					
批阅人(流水阅卷教师签名处)					

3.（4 分）如图所示，质量为 M，倾角为 θ 的粗糙斜面位于粗糙水平地面上。质量 m 的木块置于斜面顶端，从静止开始相对于斜面以加速度 a 匀加速下滑，在此过程中斜面保持静止。则地面对斜面的摩擦力大小为 $ma\cos\theta$；地面对斜面支持力大小为 $(m+M)g-ma\sin\theta$



对 m：$mg\sin\theta - f = ma$，$N - mg\cos\theta = 0$，$\Rightarrow$

$\Rightarrow f = m(g\sin\theta - a)$，$N = mg\cos\theta$

对 M：$-N_d + N'\cos\theta + f'\sin\theta + Mg = 0$，$f' = f$，$N' = N$

$N_d = N\cos\theta + f\sin\theta + Mg = (m+M)g - ma\sin\theta$

$f_d + f'\cos\theta - N'\sin\theta = 0$

$f_d = N\sin\theta - f\cos\theta = ma\cos\theta$

4.（3 分）质点做半径为 r 的圆周运动，初速度大小为 v_0，速度逐渐减小。在运动过程中其切向加速度大小与法向加速度大小始终相等，则经过时间 T 后该质点的线速度大小为 $\dfrac{rv_0}{r+v_0T}$。

$-\dfrac{dv}{dt} = \dfrac{v^2}{r} \Rightarrow \dfrac{dv}{v^2} = -\dfrac{1}{r}dt$ $\quad \int_{v_0}^{v_T} dv$

$\int_{v_0}^{v_T}\dfrac{dv}{v^2} = -\int_0^T \dfrac{1}{r}dt \Rightarrow +v_T^{-1} - v_0^{-1} = \dfrac{T}{r}$

5.（3 分）若 $f(v)$ 为气体分子速率分布函数，N 为分子总数，m 为单个分子质量，则分子速率处在速率区间 $[v_1, v_2]$ 内的分子平动动能之和为 $\int_{v_1}^{v_2}\frac{1}{2}mv^2Nf(v)dv$。

6.（4 分）ν 摩尔的某种理想气体，状态按 $V = a/p^2$ 的规律变化(式中 a 为正值常量)，当气体体积从 V_1 膨胀到 V_2 时，气体所做的功为 $2\sqrt{a}(\sqrt{V_2}-\sqrt{V_1})$，气体温度的变化 $T_1 - T_2$ 为 $\dfrac{\sqrt{a}}{\nu R}(\sqrt{V_1}-\sqrt{V_2})$。

$A = \int_{V_1}^{V_2} p\,dV \underset{V=\frac{a}{p^2}}{=} \int_{V_1}^{V_2}\dfrac{a^{\frac{1}{2}}}{V^{1/2}}dV = 2V^{\frac{1}{2}}\Big|_{V_1}^{V_2} = 2(V_2^{\frac{1}{2}} - V_1^{\frac{1}{2}})$

$\left.\begin{array}{l} pV = \nu RT \\ V = a/p^2 \end{array}\right\} \Rightarrow a^{\frac{1}{2}}V^{+\frac{1}{2}} = \nu RT \Rightarrow T = \dfrac{\sqrt{a}}{\nu R}\sqrt{V}$

7. （4 分）一定量的某种理想气体在等压过程中对外做功为 400J。若此种气体分子为单原子分子，则该过程中气体吸热 1000 J；若为刚性双原子分子，则需要吸热 1400 J。

$A = -\int_{V_1}^{V_2} p\,dV = -p(V_2 - V_1) = -\nu R(T_2 - T_1) = -400\,J$，　$pV = \nu RT$

$\Delta E = C_V(T_2 - T_1) = \frac{i}{2}\nu R(T_2 - T_1)$，$\Delta E = A + Q$，$Q = \Delta E - A = (\frac{i}{2} + 1)\nu R(T_2 - T_1)$，单：$i=3$，双：$i=5$

8. （4 分）一可逆卡诺热机，高温热源温度是 400 K，每一个循环从此热源吸进 100 J 热量并向一低温热源放出 90 J 热量，则低温热源温度为 360；该热机效率为 0.1。

$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$，$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow T_2 = (1-\eta)T_1$

9. （3 分）关于可逆过程和不可逆过程有如下 4 句话，其中正确的是 (1)，(4)。

（1）可逆过程一定是准静态过程；

（2）准静态过程一定是可逆过程；

（3）不可逆过程是不能沿反方向进行的过程；

（4）有摩擦的过程一定是不可逆的。

10.（4 分）一弦上的驻波表达式为 $y = 0.1\cos(\pi x)\cos(90\pi t)$（$x$ 单位为 m，t 单位为 s），形成该驻波的两个沿相反方向传播的行波的波长为 2 m，频率为 45 Hz。

$y_1 = A\cos(\omega t - kx + \varphi_1)$，$y_2 = A\cos(\omega t + kx + \varphi_2)$

$y = 2A\cos[kx + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}]\cos[\omega t + \frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2}]$，$kx = \pi x$，$k = \pi = \frac{2\pi}{\lambda}$，$\omega t = 90\pi t$，$2\pi\nu = 90\pi$

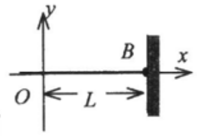
11.（3 分）设沿弦线传播的一入射波的表达式为

$$y_1 = A\cos[2\pi(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}) + \phi],$$

波在 $x = L$ 处（B 点）发生反射，反射点为固定端（如图）。设波在传播和反射过程中振幅不变，则反射波的表达式为 $y_2 = A\cos[2\pi(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}) - 2\pi\frac{2L}{\lambda} + \phi \pm \pi]$。

$y_{1B} = A\cos[2\pi(\frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda}) + \phi]$，$y_{1B} + y'_{1B} = 0$

$y'_{1B} = A\cos[2\pi(\frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda}) + \phi \pm \pi]$



由 $y = A\cos[\omega(t \mp \frac{x - x_0}{u}) + \varphi_0]$ 有

$y_2 = A\cos[\frac{2\pi}{T}(t + \frac{x - L}{\lambda/T}) - \frac{2\pi}{\lambda}L + \phi \pm \pi]$

12.（4 分）一物体作简谐振动，其振动方程为 $x = 0.04\cos(\frac{5}{3}\pi t - \frac{1}{2}\pi)$（$x$ 单位为 m，t 单位为 s)，则此简谐振动的周期 $T = \frac{6}{5} = 1.2(s)$；当 $t = 0.6$ s 时，物体的速度 $v = -\frac{1}{15}\pi$ (m/s)。

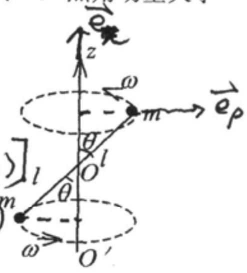
$x = A\cos(\omega t + \varphi)$，　$v = \dot{x} = -A\omega\sin(\omega t + \varphi)$

$\omega = \frac{5}{3}\pi$，　$v|_{t=0.6} = -0.04 \times \frac{5\pi}{3}\sin(\frac{5}{3}\pi \times 0.6 - \frac{1}{2}\pi)$

$T = \frac{2\pi}{\omega}$　$= -\frac{0.2}{3}\pi \approx -20.9$ (cm/s)

13.（4 分）两个质量均为 m 的质点，用一根长为 $2l$ 的硬质轻杆相联，构成一个质点组，如图所示。两质点绕固定轴 $O'z$ 以不变的角速度 ω 转动，轴 $O'z$ 通过杆的中点 O，与杆的夹角为θ。该质点组相对于 $O'z$ 轴的角动量大小为 $\underline{2ml^2\sin^2\theta\cdot\omega}$，相对于 O 点角动量大小为 $\underline{2ml^2\omega\sin\theta}$。

$\vec{L}=\vec{r}\times m\vec{v}$



定轴转动刚体：$L_z=J\omega$，$J=2ml^2\sin^2\theta$

对O：$\vec{L}_O=(l\cos\theta\vec{e}_z+l\sin\theta\vec{e}_\rho)\times m(\omega\vec{e}_z\times l\sin\theta\vec{e}_\rho)$

$+(-l\cos\theta\vec{e}_z-l\sin\theta\vec{e}_\rho)\times m[\omega\vec{e}_z\times(-l\sin\theta\vec{e}_\rho)]$

$=2l^2m\omega\sin\theta(\cos\theta\vec{e}_z+\sin\theta\vec{e}_\rho)\times(\vec{e}_z\times\vec{e}_\rho)$

$=2l^2m\omega\sin\theta[\cos\theta(-\vec{e}_\rho)+\sin\theta\vec{e}_z]$

$|\vec{L}_O|=2l^2m\omega\sin\theta$

14.（3 分）如图所示，粗细均匀横截面积为 S 且内壁光滑的管子，弯成夹角为 45° 的弯头，

密度为ρ的流体以恒定流速 v 流过弯头，则流体对弯头冲力大小为 $\underline{\sqrt{2+\sqrt{2}}\,\rho S v^2}$。

考虑时间Δt，流入动量：$\vec{p}=\rho vS\Delta t\vec{v}$

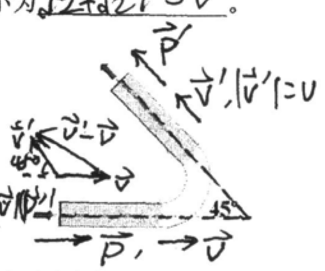
流出动量：$\vec{p}'=\rho vS\Delta t\vec{v}'$

由动量定理，有：$\vec{F}\cdot\Delta t=\vec{p}'-\vec{p}=\rho vS\Delta t(\vec{v}'-\vec{v})$

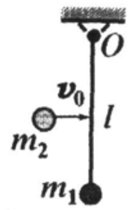
$\vec{F}=\rho vS(\vec{v}'-\vec{v})$

$|\vec{v}'-\vec{v}|^2=|\vec{v}'|^2+|\vec{v}|^2-2\cos(\pi-\frac{\pi}{4})\cdot|\vec{v}'||\vec{v}|$

$=2v^2(1+\sqrt{2}/2)$



15.（4 分）如图所示，一长为 l 的轻质杆可绕通过 O 点且与纸面垂直的水平轴转动。其底端固接一小球 m_1，另一小球 m_2 以水平速度 v_0 碰杆中部并与杆粘合在一起，则碰撞后瞬间杆的角速度大小为 $\underline{\frac{2m_2}{4m_1+m_2}\frac{v_0}{l}}$。



碰撞瞬间对O点角动量守恒：$|\vec{L}_0|=|\vec{L}|$

碰前：$|\vec{L}_0|=m_2v_0\cdot\frac{l}{2}$

碰后：$|\vec{L}|=J\omega$，$J=m_2(\frac{1}{2}l)^2+m_1l^2$

$J\omega=m_2v_0\frac{l}{2}$

$\omega=\frac{m_2v_0l}{2J}$

144 学 时 参 考 答 案

一、填空题

1、$\dfrac{\sqrt{2}}{3}mg$（3分）　**B卷：** $\dfrac{\sqrt{2}}{3}Mg$

2、$\sqrt{2kg}$　（3分）　　**B卷：**$\sqrt{2pg}$

3、$ma\cos\theta$；$(m+M)g-ma\sin\theta$　（4分）

4、$v=\dfrac{rv_0}{r+v_0T}$　（3分）　**B卷：**$v=\dfrac{Rv_0}{R+v_0T}$

5、$\int_{v_1}^{v_2}\dfrac{1}{2}mv^2N\,f(v)\mathrm{d}v$（3分）

6、$2\sqrt{a}(\sqrt{V_2}-\sqrt{V_1})$；$\dfrac{\sqrt{a}}{\nu R}(\sqrt{V_1}-\sqrt{V_2})$　（4分）

B卷：$2\sqrt{b}(\sqrt{V_2}-\sqrt{V_1})$；$\dfrac{\sqrt{b}}{\nu R}(\sqrt{V_1}-\sqrt{V_2})$

7、1000J，　1400J　（4分）　**B卷：**　1500J，　2100J

8、360K，10%（4分）　　　　**B卷：**280 K，30%

9、（1），（4）（3分）　（只选一个正确答案给2分，只要有选错则不给分。）

10、2 m，45 Hz　（4分）　　　**B卷：**1 m，40 Hz

11、$A\cos[2\pi(\dfrac{t}{T}+\dfrac{x}{\lambda})+(\phi+\pi-2\pi\dfrac{2L}{\lambda})]$ 或 $A\cos[2\pi(\dfrac{t}{T}+\dfrac{x}{\lambda})+(\phi-\pi-2\pi\dfrac{2L}{\lambda})]$（3分）

12、1.2 s，－20.9 cm/s（4分）　　**B卷：**1.2 s，－10.45 cm/s

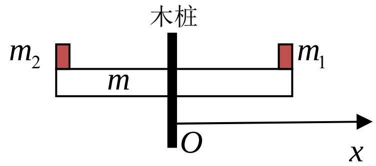
13、$2ml^2\omega\sin^2\theta$，$2ml^2\omega\sin\theta$（4分）

14、$\sqrt{2+\sqrt{2}}\rho Sv^2$（3分）

15、$\dfrac{2m_2}{4m_1+m_2}\cdot\dfrac{\upsilon_0}{l}$（4分）

二、计算题

1、解：（1）动量守恒



$mv_m + m_2 v_{m_2} + m_1 v_{m_1} = 0$ （2 分）

$mv_m + m_2(v_m + u) + m_1(v_m - u) = 0$ （1 分）

$v_m = \dfrac{u(m_1 - m_2)}{m + m_1 + m_2}$ （1 分） t 时刻船之位移：$\Delta x_m = \dfrac{ut(m_1 - m_2)}{m + m_1 + m_2} > 0$ （1 分）

$\dfrac{l}{2} = \Delta x_m + ut_2$ （2 分） $\Rightarrow t_2 = \dfrac{l}{2}\dfrac{(m + m_1 + m_2)}{u(m + 2m_1)}$ （1 分）

$-\dfrac{l}{2} = \Delta x_m - ut_1$ $\Rightarrow t_1 = \dfrac{l}{2}\dfrac{(m + m_1 + m_2)}{u(m + 2m_2)}$ （1 分）

$\Rightarrow t_2 < t_1$ 质量轻的人先到，用时 $t_2 = \dfrac{l}{2}\dfrac{(m + m_1 + m_2)}{u(m + 2m_1)}$ （2 分）

B 卷：m_1, m_2 互换

2、解：（1）火车长：$l_A = \sqrt{1 - \beta^2}\, l_0$ （2 分）

山洞长：$l_B = 1.0\ \text{km}$ $\Delta t = \dfrac{l_A + l_B}{0.6c} = 10^{-5}\text{s}$ （2 分）

（2） $\delta t = \dfrac{l_B - l_A}{u} = 1.11 \times 10^{-6}\text{s}$ （3 分）

（3）火车长： $l'_A = l_0 = 1.0\text{km}$

山洞长：$l'_B = \sqrt{1 - \beta^2}\, l_0$ $\Delta t' = \dfrac{l'_A + l'_B}{u} = 10^{-5}\text{s}$ （3 分）

3、解： （1） $W = 2\dfrac{5R}{2}\Delta T + mc\Delta T$ （3 分）

$\Delta T = \dfrac{W}{5R + mc}$， $\Delta E_{O_2} = 5R\Delta T = \dfrac{5RW}{5R + mc}$ （2 分）

（2） $\Delta Q_1 + \Delta Q_2 = 0$ （2 分） $mc + 2C_{O_2,m} = 0$ （2 分） $C_{O_2,m} = -mc/2$ （1 分）

B 卷：解： （1） $W = 4\dfrac{5R}{2}\Delta T + mc\Delta T$ （3 分）

$\Delta T = \dfrac{W}{10R + mc}$， $\Delta E_{O_2} = 10R\Delta T = \dfrac{10RW}{10R + mc}$ （2 分）

（2） $\Delta Q_1 + \Delta Q_2 = 0$ （2 分） $mc + 4C_{O_2,m} = 0$ （2 分 ） $C_{O_2,m} = -mc/4$ （1 分）

4、解：（1）对通过盘心且与盘面垂直的轴而言，完整圆盘的转动惯量为

$$J_1=\frac{1}{2}MR^2\text{；}$$

挖去部分(小圆盘)的转动惯量为

$$J_2=\frac{1}{2}mr^2+m\left(\frac{1}{2}R\right)^2=\frac{1}{2}mr^2+mR^2/4$$ （2分）

其中 $m=r^2M/R^2$ （ 1 分）

根据转动惯量的可加性，所求剩余部分的转动惯量为

$$J=J_1-J_2=\left(\frac{1}{2}\right)^2M\left(2R^4-2r^4-R^2r^2\right)/R^2\ .$$ （2 分）

（2） 开始转动瞬间 $M_g=mg\dfrac{R}{2}$ （1 分）

$$mg\frac{R}{2}=J\alpha$$ （1 分）

$$mg\frac{R}{2}=(M-m)gl_c$$ （1 分）

$$(M-m)g-N=(M-m)\alpha l_c$$ （2 分）

$$N=(M-r^2M/R^2)g-\frac{r^4M^2g}{M(2R^4-2r^4-R^2r^2)}$$ （2 分）

方向向上 （1 分）

(3) 机械能守恒 $mg\dfrac{R}{2}=\dfrac{1}{2}J\omega^2$ （2 分）

$$\omega=2r\sqrt{\frac{gR}{2R^4-2r^4-R^2r^2}}$$ （1 分）