上 海 交 通 大 学 试 卷（物理144A卷）

（ 2013 至 2014 学 年 第 2 学 期 试 卷 2014年6月23日）

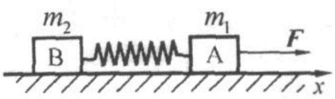
班级号________________ 学号______________ 姓名 ____________

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；（4）第四张为草稿纸。

一、填空题（62分）

1、**（本小题4分）**如图所示，质量分别为m_1和m_2的两滑块A和B通过一轻弹簧水平连结后置于水平桌面上，滑块与桌面间的动摩擦因数均为μ，系统在水平向右拉力的作用下匀速运动，如突然撤消拉力，则刚撤消后瞬间，滑块A加速度大小为____________________。



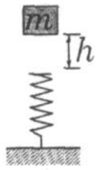
① 拉力撤消前：设弹簧伸长Δx，弹簧系数为k

$k\Delta x = \mu m_2 g$，$F - k\Delta x = \mu m_1 g$

② 拉力撤消瞬间，对A：$-k\Delta x - \mu m_1 g = m_1 a$

$a = -\mu \frac{m_1+m_2}{m_1} g$

2、**（本小题4分）**如图所示，质量为m的物体位于直立的轻弹簧正上方h处，从静止开始下落。若弹簧的劲度系数为k，不考虑空气阻力，物体能获得的最大动能是__________________________。



设物体重力与弹力相等时弹簧压缩量为Δx，则 $mg = k\Delta x$，

$\Delta x = \frac{m}{k}g$，即弹簧被压缩Δx时物体速度最大。

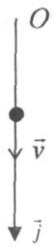
故有 $E_{kmax} + \frac{1}{2}k\Delta x^2 = mg(h+\Delta x) \Rightarrow E_{kmax} = mgh + mg\Delta x - \frac{1}{2}k\Delta x^2 = mgh + m^2g^2/2k$

3、**（本小题3分）**一质点做匀速率圆周运动，速率为v，周期为T，则在$\Delta t=3T/4$时间内，该质点位移的大小为 $\sqrt{2}vT/2\pi$ 。

圆周周长 $2\pi R = vT$

$|\Delta \vec{r}| = \sqrt{2}R = \frac{\sqrt{2}vT}{2\pi}$

4、**（本小题6分）**如图所示，有一小球在某液体中竖直下落，在$t=0$时刻，小球的速度为$v_0\vec{j}$（$\vec{j}$为方向向下之单位矢量），它在液体中的加速度为$\vec{a} = -kv\vec{j}$，k为一正值常量。则小球速率v随时间变化关系为____________________；从$t=0$时刻开始，小球经历的路程s随时间变化关系为_________________________。



$\frac{dv}{dt} = -kv$ $\frac{dv}{v} = -kdt$ $\ln\frac{v}{v_0} = -kt$ $v = v_0 e^{-kt}$

$\frac{ds}{dt} = v_0 e^{-kt}$ $ds = v_0 e^{-kt}dt$ $s = -\frac{v_0}{k}e^{-kt}\Big|_0^t = \frac{v_0}{k}(1-e^{-kt})$

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)					

5、(**本小题 4 分**) 利用多普勒效应监测车速，固定在地面上的波源发出频率为 ν_0 的超声波，当汽车向波源行驶时，与波源安装在一起的接收器接收到从汽车反射回来的波的频率为 ν_r。已知空气中的声速为 u，则车速为 $V=\frac{\nu_r-\nu_0}{\nu_r+\nu_0}u$ 。

设车速为 V，则汽车接收到的超声波频率为 $\frac{u+V}{u}\nu_0$

汽车反射出的超声波频率为 $\frac{u}{u-V}\cdot\frac{u+V}{u}\nu_0=\frac{u+V}{u-V}\nu_0$

此即为接收器接收到的频率 ν_r　故 $\nu_r=\frac{u+V}{u-V}\nu_0$

所以 $\nu_r(u-V)=(u+V)\nu_0$

6、(**本小题 4 分**) 设有一水平的匀质圆盘，其质量为 M，半径为 R，可绕过圆心竖直轴转动。初始时圆盘静止，然后有一质量为 m 的人从静止开始相对圆盘以恒速率 u 沿圆盘边缘行走，则在地面参考系中圆盘角速度大小为 $2mu/(2m+M)R$ （人可看成质点处理）。

对竖直轴，人盘角动量守恒

设盘对地角速度为 ω，对轴的角动量为：$\frac{1}{2}MR^2\omega$ ∴ $\frac{1}{2}MR^2\vec{\omega}$

人对地的速度为 $\vec{\omega}\times\vec{R}+\vec{u}$，对轴的角动量为：$m(u+\omega R)R$ ∴ $\vec{R}\times(\vec{\omega}\times\vec{R}+\vec{u})m$

$=(R^2\vec{\omega}+\vec{R}\times\vec{u})m$

$=mR^2\vec{\omega}-mRu\vec{\omega}/\omega$

$\frac{1}{2}MR^2\omega+(\omega R-u)mR=0$

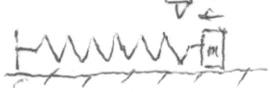
7、(**本小题 6 分**) 粒子的静质量为 m_0，按照狭义相对论，当其动能等于其静能时，其质量为 $2m_0$；其动量为 $\sqrt{3}m_0c$ 。

$E_K=E-m_0c^2=mc^2-m_0c^2=m_0c^2$

∴ $m=2m_0$

$E^2=p^2c^2+m_0^2c^4=m^2c^4=4m_0^2c^4 \Rightarrow p=\sqrt{3}m_0c$

8、(**本小题 3 分**) 有一特殊的轻弹簧，当弹簧形变为 x 时，弹性力大小为 $F=kx^3$，k 为一正值常量。现将弹簧水平放置于光滑的水平面上，一端固定，另一端与质量为 m 的滑块相连且处于自然长度状态。今沿弹簧长度方向给滑块一个冲量，使其在极短时间内获得一速度 v 而压缩弹簧，则弹簧被压缩的最大长度为 $\sqrt[4]{2mv^2/k}$ 。



动能定理：$\Delta E_K=\int_0^X F\,dx$，设 X 为最大压缩量

$=-\int_0^X kx^3dx$

$=-\frac{1}{4}kX^4$

$\Delta E_K=-\frac{1}{2}mv^2$

$\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{4}kX^4$

$X=\sqrt[4]{\frac{2mv^2}{k}}$

2

9、（本小题 3 分）有一弹簧振子的振动曲线如图所示，则该弹簧振子的周期为___6s___。

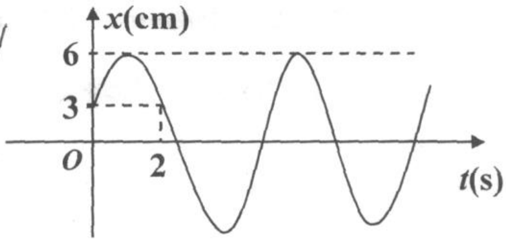
设 $x=A\cos(\omega t+\varphi)$.

则 $\frac{A}{2}=A\cos\varphi$　　$\frac{A}{2}=A\cos(2\omega+\varphi)$

$t=0$ 时 $v>0$, $\varphi=-\frac{\pi}{3}$　　$2\omega+\varphi=\frac{\pi}{3}$

∴ $\omega=\frac{\pi}{3}$

∴ $T=\frac{2\pi}{\omega}=6(s)$



10、（本小题 3 分）一列简谐横波沿 x 轴正方向传播，各质点的振幅为 2cm，某时刻相距 20m 的两质点的位移都为 1cm，但运动方向相反，则这列波可能的最长波长为___60m___。

设波动式为 $y=A\cos(\omega t-kx+\varphi)$，并设两质点位置分别为 x_1 及 $x_1+\Delta x$，$\Delta x=20m$.

则 $\frac{A}{2}=A\cos(\omega t-kx_1+\varphi)\Rightarrow \omega t-kx_1+\varphi=+\frac{\pi}{3}$ ①　　② − ① 得，$k\Delta x=2\pi/3$

$\frac{A}{2}=A\cos(\omega t-k(x_1+\Delta x)+\varphi)\Rightarrow \omega t-k(x_1+\Delta x)+\varphi=-\frac{\pi}{3}$ ②　　$k=2\pi/\lambda$，∴ $\Delta x=\lambda/3$

$\lambda=3\Delta x=60m$

11、（本小题 3 分）一定量的单原子理想气体按“$pV^2=$ 恒量”规律膨胀，则气体在此过程中一定___放出___（填：“吸收”或“放出”）热量。　设由 $V_1\to V_2$，$pV^2=C$，ν mol

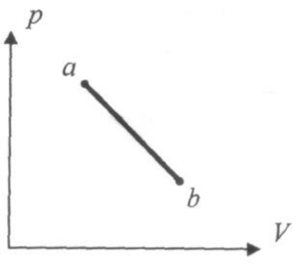
$A=-\int_{V_1}^{V_2}pdV=-C\int_{V_1}^{V_2}\frac{1}{V^2}dV=CV^{-1}\Big|_{V_1}^{V_2}=(\frac{1}{V_2}-\frac{1}{V_1})C$，又 $pV=\nu RT$，∴ $pV^2=\nu RTV$

∴ $T=\frac{C}{\nu R}\frac{1}{V}$，$\Delta E=C_V\Delta T=\frac{3}{2}\nu R\cdot\frac{C}{\nu R}(\frac{1}{V_2}-\frac{1}{V_1})=\frac{3}{2}C(\frac{1}{V_2}-\frac{1}{V_1})$

由热一，$Q=\Delta E-A=\frac{3}{2}C(\frac{1}{V_2}-\frac{1}{V_1})-(\frac{1}{V_2}-\frac{1}{V_1})C=\frac{1}{2}C(\frac{1}{V_2}-\frac{1}{V_1})<0$.

12、（本小题 4 分）**1mol** 理想气体经历如图所示的过程 ab，由初态 a 变到终态 b，已知 $p_a=10^5\,\mathrm{Pa}$，$V_a=1\mathrm{m}^3$，$p_b=5\times10^4\,\mathrm{Pa}$，$V_b=2\mathrm{m}^3$，则该理想气体在 ab 过程中经历的最高温度为___$T=1.35\times10^4K$___。

$V_b-V_a=1\,m^3$



ab过程的方程为：$\frac{p-p_a}{V-V_a}=\frac{p_b-p_a}{V_b-V_a}\Rightarrow p=p_a+(p_b-p_a)(V-V_a)$

∵ $pV=RT$　∴ $T=\frac{1}{R}[p_a+(p_b-p_a)(V-V_a)]V$

∴ $T=\frac{1}{R}[(2p_a-p_b)V+(p_b-p_a)V^2]$

$=\frac{p_b-p_a}{R}\left[(V+\frac{2p_a-p_b}{2(p_b-p_a)})^2-(\frac{2p_a-p_b}{2(p_b-p_a)})^2\right]$

∴ 当 $V=-\frac{2p_a-p_b}{2(p_b-p_a)}=1.5m^3$，$T=\frac{1}{R}\frac{(2p_a-p_b)^2}{4(p_a-p_b)}$ 最高，此时 $p=10^5-5\times10^4(1.5-1)=7.5\times10^4\,Pa$.

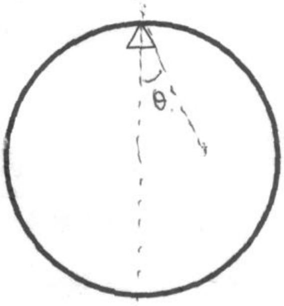
13、（本小题 3 分）自由度为 i 的一定量刚性分子理想气体，当其体积为 V，压强为 p 时，其内能为___$\frac{i}{2}pV$___。

$E=\frac{i}{2}\nu RT$，$i=r+t+2s$　　刚性，$s=0$，$i=r+t=$ 自由度数 i.

$pV=\nu RT$.　∴ $E=\frac{i}{2}pV$.

14、（本小题 6 分）某种理想气体，分子总数为 N，单个分子的质量为 m，气体分子速率分布函数为 $f(v)$，则分子速率处于 $[v_1, v_2]$ 区间内的分子数为 $\underline{\int_{v_1}^{v_2} N f(v)\,dv}$，分子速率处于 $[v_1, v_2]$ 区间内分子的平动动能总和为 $\underline{\int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{2} m v^2 N f(v)\,dv}$。

15、（本小题 3 分） 如图所示，质量为 m 半径为 R 的均质细圆环，在与圆环平面平行的竖直面内，在重力作用下绕环上一点作小振幅无阻尼自由振动，则其振动周期为 $\underline{2\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}}$。



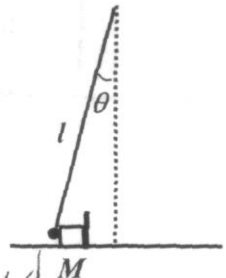
取垂直以右偏转方向为正方向，由定理：

$-mg\sin\theta R = \frac{d(J\omega)}{dt}$，$\omega = \frac{d\theta}{dt}$，$J = mR^2 + mR^2 = 2mR^2$

θ 很小，$\sin\theta \approx \theta$，$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{mgR}{2mR^2}\theta = 0$

$\omega^2 = \frac{g}{2R}$ $\quad T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$

16、（本小题 3 分）如图所示，长为 l 的轻质摆线连接质量为 m 的小球，开始时摆线偏离竖直方向的角度为 θ，小球与处于光滑水平面上质量为 M 的滑块光滑接触（摆线未接触滑块），滑块右侧有一挡板。突然抽去挡板时，小球对滑块作用力的大小为 $\underline{\frac{mMg\sin\theta\cos\theta}{m + M\cos^2\theta}}$。



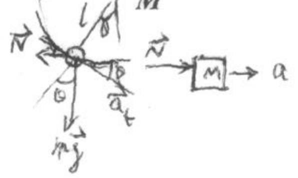
$N = Ml\beta\cos\theta$

$mg\sin\theta - N\cos\theta = ml\beta$

$\therefore N = M(g\sin\theta - \frac{N}{m}\cos\theta)\cos\theta$

$N(1 + \frac{M}{m}\cos^2\theta) = Mg\sin\theta\cos\theta$

$N = \frac{mMg\sin\theta\cos\theta}{m + M\cos^2\theta}$



$a_t = l\beta$，$a = a_t\cos\theta = l\beta\cos\theta$

4

144 学 时 参 考 答 案

一、填空题

1、 $(m_1+m_2)gm/m_1$（**4** 分） **B** 卷：$(m_1+m_2)gm/m_2$

2、 $mgh+\dfrac{m^2g^2}{2k}$ （**4** 分） **B** 卷：**2**、**5** 互换

3、 $\dfrac{\sqrt{2}vT}{2\pi}$ （**3** 分） **B** 卷： **3**、**7** 互换

4、$v=v_0e^{-kt}$； $s=\dfrac{v_0}{k}(1-e^{-kt})$ （**3+3** 分）

5、 $\dfrac{n_r-n_0}{n_r+n_0}u$（**4** 分） **B** 卷： **2**、**5** 互换

6、 $\dfrac{2mu}{MR+2mR}$ （4 分） B 卷：$\dfrac{2mu}{Mr+2mr}$

7、$2m_0$； $\sqrt{3}m_0c$ （**3+3** 分） **B** 卷： **3**、**7** 互换

8、 $\sqrt[4]{\dfrac{2mv^2}{k}}$（**3** 分） **B** 卷：$\sqrt[4]{\dfrac{2Mv^2}{k}}$

9、 **6s**（**3** 分） **B** 卷：**9s**

10、60m （**3** 分） **B** 卷：30m

11、放出 （**3** 分）

12、 $p=7.5\times10^4\text{Pa}$，$V_b=1.5\text{m}^3$，$T=\dfrac{pV}{R}=1.35\times10^4\text{K}$（**4** 分）

13、 $\dfrac{i}{2}pV$ （**3** 分）

14、$\int_{v_1}^{v_2}Nf(v)dv$，$\int_{v_1}^{v_2}\dfrac{1}{2}mv^2Nf(v)dv$ （**3+3** 分）

15、 $2\pi\sqrt{\dfrac{2R}{g}}$ （**3** 分） **B** 卷： $2\pi\sqrt{\dfrac{2r}{g}}$

16、 $N=\dfrac{mg\sin\theta\cos\theta}{\cos^2\theta+\dfrac{m}{M}}$ （**3** 分） **B** 卷： $N=\dfrac{mg\sin\alpha\cos\alpha}{\cos^2\alpha+\dfrac{m}{M}}$

二、计算题

1、解：$V=(\pi r^2)\times(2\pi R)\approx 0.005(\mathrm{m}^3)$ （3分）

$p=nk_BT$，$n=\dfrac{p}{k_BT}=\dfrac{2.5\times10^5}{1.38\times10^{-23}\times300}=6.038\times10^{25}/\mathrm{m}^3$ （3分）

$N=nV\approx3\times10^{23}(\text{个})$ （2分）

或者$\nu=\dfrac{pV}{RT}=\dfrac{2.5\times10^5\times0.005}{8.31\times300}\approx0.5(\mathrm{mol})$ （3分）

$N=N_\mathrm{A}\nu\approx3\times10^{23}(\text{个})$ （2分）

B卷：$n=\dfrac{p}{k_BT}=\dfrac{1.25\times10^5}{1.38\times10^{-23}\times300}=3.0319\times10^{25}/\mathrm{m}^3$，$N=nV\approx1.5\times10^{23}(\text{个})$

2、解：设c状态的体积为V_2，则由于a，c两状态的温度相同，$p_1V_1=p_1V_2/4$ 故

$V_2=4V_1$

（1）$Q_{ba}=\nu\dfrac{5}{2}R(T_a-T_b)=\dfrac{5}{2}(p_a-p_b)V_1=\dfrac{15}{8}p_1V_1$ （2分）

$A_{ac}=2p_1V_1\ln2$ （2分）

（2）$Q_{cb}=\nu\dfrac{7}{2}R(T_a-T_b)=\dfrac{7}{2}(p_a-p_b)V_1=\dfrac{21}{8}p_1V_1$ （2分）

$\Delta E=-\dfrac{15}{8}p_1V_1$ （2分）

（3）$\eta=\dfrac{Q_{ba}+Q_{ac}-Q_{cb}}{Q_{ba}+Q_{ac}}=1-\dfrac{Q_{cb}}{Q_{ba}+Q_{ac}}=\dfrac{16\ln2-6}{16\ln2+15}$ （4分）

B卷：（1）、（2）互换

3、解：$y_{入}=A\cos(\omega t-\dfrac{2\pi}{\lambda}x)$ （2分）

$y_{反}=A\cos(\omega t+\dfrac{2\pi}{\lambda}x-6\pi\pm\pi)=-A\cos(\omega t+\dfrac{2\pi}{\lambda}x)$ （2分）

$y_{合}=2A\sin(\dfrac{2\pi}{\lambda}x)\sin(\omega t)$ （2分）

B卷： $y_{反}=A\cos(\omega t+\dfrac{2\pi}{\lambda}x-5\pi\pm\pi)=A\cos(\omega t+\dfrac{2\pi}{\lambda}x)$

$y_{合}=2A\cos(\dfrac{2\pi}{\lambda}x)\mathrm{s}\cos(\omega t)$

4、　解：（1）依机械能守恒得 $\frac{1}{2}J\omega^2 - mg\frac{l}{2} = 0$，$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{3g}{l}}$　　（**2 分**）

（2）在水平位置释放时作用在细杆上的重力对 O 的力矩为

$$M_z = mg\frac{l}{2}$$

则细杆的角加速度为 $\beta = \frac{M_z}{J} = \frac{lmg/2}{ml^2/3} = \frac{3g}{2l}$　　（**1 分**）

细杆的质心加速度为 $\begin{cases} a_{\mathrm{ct}} = \frac{l}{2}\beta = \frac{l}{2}\times\frac{3g}{2l} = \frac{3}{4}g \\ a_{\mathrm{cn}} = \frac{l}{2}{\omega_0}^2 = 0 \end{cases}$ 其中 $\omega_0 = 0$ 为初始时刻细杆的角速度。

由质心运动定理 $mg - N = ma_{ct}$，（**2 分**）　得轴 O 给杆之作用力 $N = \frac{1}{4}mg$，

压力：$\frac{1}{4}mg + Mg$（**2 分**）

（3）系统水平方向动量守恒 $m\frac{1}{2}l\omega = (m+M)V \Rightarrow V = \frac{m}{2(m+M)}\sqrt{3gl}$　　（**2 分**）

动能定理

$-(m+M)g\mu x_{\max} = 0 - \frac{1}{2}(m+M)V^2$　（**2 分**）　$\Rightarrow x_{\max} = \frac{3l}{8\mu}\frac{m^2}{(m+M)^2}$　（**1 分**）