上 海 交 通 大 学 试 卷（物理 144A 卷）

（ 2014 至 2015 学 年 第 2 学 期 试 卷 2015 年 6 月 30 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（56 分）

1、（本小题 4 分）利用多普勒效应监测车速，固定波源发出频率为 ν 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'。已知空气中的声速为 u， 则车速为 $\frac{u(\nu'-\nu)}{\nu'+\nu}$。 $\nu_c = \frac{u+V}{u}\nu$, $\nu' = \frac{u}{u-V}\nu_c$

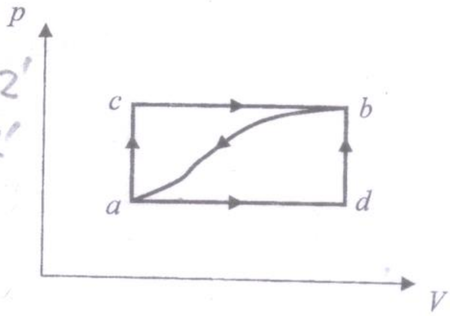
1.5' 1.5'

2、（本小题 6 分） 一系统由如图所示的 a 状态沿 acb 到达 b 状态，有 330J 热量传入系统，而系统做功 120J。经 adb 过程，系统做功 42J，则传入系统的热量为 252 J。当系统由 b 状态沿曲线 ba 返回状态 a 时，外界对系统做功为 84J，则系统 ~~294~~ 放出（填"吸收"或 "放出"）的热量为 294 J。

abc: $\Delta E = 330-120 = 210(J)$ 2'

adb: $Q = \Delta E - A = 210-(-42) = 252(J)$ 2'

b~c: $Q = -210-84 = -294(J)$ 2'



3、（本小题6分）转动着的飞轮的转动惯量为J，在t=0时角速度为ω_0。此后飞轮经历制动过程，阻力矩M的大小与角速度ω的平方成正比，比例系数为k（ k为大于0的常数）。当$\omega = \omega_0/3$时，飞轮的角加速度大小β= $k\omega_0^2/9J$。从开始制动到$\omega = \omega_0/3$ 所经过的时间 $t =$ $2J/k\omega_0$。

$J\beta = -k\omega^2 \Rightarrow \beta = -\frac{k}{J}\omega^2 = -\frac{k\omega_0^2}{9J}$ 1'

2'

$J\frac{d\omega}{dt} = -k\omega^2 \Rightarrow dt = -\frac{J}{k}\frac{d\omega}{\omega^2} \Rightarrow t\Big|_0^t = \frac{J}{k}\omega^{-1}\Big|_{\omega_0}^{\omega_0/3} \Rightarrow t = \frac{J}{k}\frac{2}{\omega_0}$

1 1 1

4、（本小题 3 分）质量为 m 的小孩站在半径为 R 的水平平台边缘上，平台可以绕通过其中心的竖直光滑固定轴自由转动，转动惯量为 J，平台和小孩开始时均静止。当小孩突然以相对于平台为 V 的速率在台边沿逆时针转向走动时，则此平台相对地面旋转的角速度大小为 $\underline{\frac{mVR}{J+mR^2}}$。

平台+小孩，对轴角动量守恒

$0 = J\omega + (V+\omega R)mR \Rightarrow mVR + (J+mR^2)\omega = 0$

或 2'

$\omega = -\frac{mVR}{J+mR^2}$ 1'

5、（本小题6分）一质点作简谐振动，速度最大值 $u_m = 2.0\times10^{-1}$ m/s，振幅 $A = 6.0\times10^{-2}$ m，则质点振动的角频率 $\omega = \underline{0.3\times10}$ 3 rad/s；若从该质点速度为正的最大值时开始计时，质点振动的初相位 $\varphi = \underline{-\frac{\pi}{2}或\frac{3\pi}{2}}$ 3

$u_m = A\omega \Rightarrow \omega = \frac{u_m}{A} = \frac{2.0\times10^{-1}}{6.0\times10^{-2}} = 0.3\times10$ 1'

$V = -A\omega\sin(\omega t+\varphi)$ 1

$\Rightarrow A\omega = -A\omega\sin\varphi \Rightarrow \sin\varphi = -1 \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2}或\frac{3}{2}\pi$, 1

6、（本小题 6 分）一定量理想气体，从同一状态开始使其体积由 V_1 膨胀到 $2V_1$，分别经历以下三种过程：(1) 等压过程；(2) 等温过程；(3)绝热过程。其中：$\underline{等压 (1)}$ 2' 过程气体对外做功最多；$\underline{等压 (1)}$ 2' 过程气体内能增加最多；$\underline{等压 (1)}$ 2' 过程气体吸收的热量最多。

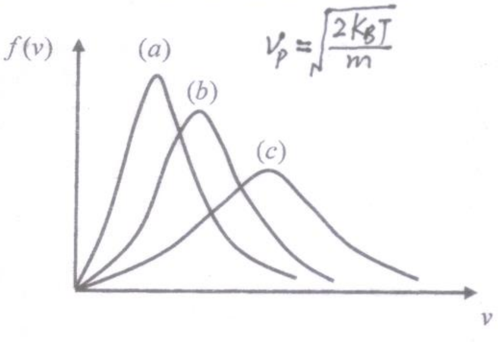
$PV=\nu RT$	等压 $P=C$	P_1,V_1,T_1	$\xrightarrow{T_1\nearrow T_2}$	$V_2=2V_1, P_1, T_2$	A最多	$\Delta E>0$	$\Delta E+A=Q$
	等温 $T=C$	P_1,V_1,T_1	$\xrightarrow{P_1\searrow P_2}$	$V_2=2V_1, P_2, T_1$		$\Delta E=0$	$A=Q$
	绝热 $PV^{\gamma}=C$	P_1,V_1,T_1	$\xrightarrow{P_1\searrow P_2}$	$V_2=2V_1, P_2, T_2$		$\Delta E<0$	$Q=0$ $A=\nu RT_1\frac{2^{1-\gamma}-1}{1-\gamma}$

7、（本小题 4 分）图示曲线为处于同一温度 T 时氦（原子量 4）、氖（原子量 20）和氩（原子量 40）三种气体分子的速率分布曲线。其中

曲线（a）是$\underline{氩}$ 2' 气分子的速率分布曲线；

曲线（c）是$\underline{氦}$ 2' 气分子的速率分布曲线。

$V_p = \sqrt{\frac{2k_BT}{m}}$



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)					

8、(本小题6分)设有N个分子，其速率分布函数为$f(v)=\begin{cases} Cv & (0\le v\le V_0) \\ 0 & (v>V_0) \end{cases}$，其中$V_0$为已知量，则常数$C$为 $2/V_0^2$，分子的平均速率为 $2V_0/3$，分子的方均根速率为 $\frac{\sqrt{2}}{2}V_0$。

$\int_0^{V_0} CvdV = C\frac{1}{2}V^2|_0^{V_0} = \frac{1}{2}CV_0^2 = 1, C = 2/V_0^2$ 1'

$\bar{V} = \int_0^{\infty} Nvf(v)dv/N = \int_0^{V_0} Cv^2dv = \frac{1}{3}CV^3|_0^{V_0} = \frac{1}{3}CV_0^3 = \frac{2}{3}V_0$ 1'

$\overline{V^2} = \frac{N\int_0^{\infty}v^2f(v)dv}{N} = \int_0^{V_0}Cv^3dv = \frac{1}{4}CV^4|_0^{V_0} = \frac{1}{4}CV_0^4$ 1'

9、(本小题6分)两星之间的距离为1.8×10^{10}米，一飞船以0.6c的速度沿两星连线方向飞行。在星体上的观测者测得飞船掠过这两星间距所用的时间为 100s，飞船上的宇航员测得的时间为 80s，两星间的距离又为 1.44×10^{10}。(c取3×10^8米/秒)

$\Delta t = \frac{L}{u} = 100s$ 1'

$\Delta t' = \gamma(\Delta t - \frac{u}{c^2}\Delta x) = \gamma(\frac{L}{u} - \frac{u}{c^2}L) = \gamma\frac{L}{u}(1-\frac{u^2}{c^2}) = \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}\frac{L}{u}$ 1' 1'

$L = \Delta x = \gamma(\Delta x' + u\Delta t') \xrightarrow{\Delta t'=0} L = \Delta x = \gamma(\Delta x') = \gamma L' \Rightarrow L' = \gamma^{-1}L = \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}L$ 1' 1'

10、(本小题3分)在标准状态下，可视为理想气体的氧气(刚性分子)和氦气的体积比$V_1/V_2=1/3$，则其内能之比E_1/E_2为 $5/9$。

$E = \frac{i}{2}\nu RT$，$O_2: i=5, \nu_1$，$He: i=3, \nu_2$

$E_1/E_2 = \frac{5}{3}\cdot\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{5}{3}\cdot\frac{1}{3} = \frac{5}{9}$ 1'

$PV = \nu RT \Rightarrow \nu_1/\nu_2 = V_1/V_2 = \frac{1}{3}$

11、(本小题6分)体积为V的容器内装有质量为m，摩尔质量为M的氦气，设容器以速度v作定向运动，今使容器突然停止，气体的定向运动机械能全部转化为分子热运动的动能，则平衡后氦气的温度增量ΔT为 $\frac{Mv^2}{3R}$；氦气的压强增量Δp为 $mv^2/3V$。

$\varepsilon_k = \frac{3}{2}k_BT \Rightarrow \Delta E_k = \frac{3}{2}k_B\Delta T$，$\Delta E_k = \frac{1}{2}m'v^2 = \frac{1}{2}\frac{M}{N_A}v^2 \Rightarrow \Delta T = \frac{2}{3}\frac{\Delta\varepsilon_k}{k_B} = \frac{2}{3}\frac{1}{k_B}\frac{1}{2}\frac{M}{N_A}v^2 = \frac{Mv^2}{3R}$ 1'

$P = nk_BT \Rightarrow \Delta P = nk_B\Delta T = \frac{N_A m/M}{V}k_B\Delta T = \frac{m}{V}\frac{R}{M}\frac{Mv^2}{3R} = \frac{mv^2}{3V}$ 1'

2'

144 学 时 参 考 答 案

一、填空题

1、$\dfrac{u(\nu'-\nu)}{\nu'+\nu}$（4 分）　B 卷：$\dfrac{u(\nu-\nu_0)}{\nu+\nu_0}$

2、$252J$；放出；$\pm 294J$（正负都正确）。（2+2+2 分）　B 卷：$262J$；放出；$\pm 284J$

3、$\beta=\dfrac{k\omega_0^2}{9J}$；$t=\dfrac{2J}{k\omega_0}$　（3+3分）　B卷：$\beta=\dfrac{k\omega_0^2}{16J}$；$t=\dfrac{3J}{k\omega_0}$

4、$\omega=\dfrac{mVR}{J+mR^2}$（3 分）　B 卷：$\omega=\dfrac{mVr}{J+mr^2}$

5、3.333；$-\dfrac{\pi}{2}$（3+3 分）　B 卷：5；$-\dfrac{\pi}{2}$

6、等压过程；等压过程；等压过程　（2+2+2 分）

7、氩；氦　（2+2 分）　B 卷：氦；氩

8、$\dfrac{2}{V_0^2}$；$\dfrac{2V_0}{3}$；$\dfrac{\sqrt{2}}{2}V_0$（2+2+2 分）　B 卷：

9、100s；80s；1.44×10^{10}m　（2+2+2 分）　B 卷：200s；160s；2.88×10^{10}m

10、$\dfrac{5}{9}$　（3 分）　B 卷：$\dfrac{5}{12}$

11、$\Delta T=\dfrac{Mv^2}{3R}$；$\Delta p=\dfrac{mv^2}{3V}$（3+3 分）

二、计算题

1、解：以B为研究对象

$T_B-\dfrac{M}{4}g=\dfrac{M}{4}a_B$　　2分

以A为研究对象

$T_A-Mg=Ma_A$　　2分

以滑轮为研究对象

$T_AR-T_BR=J\alpha$　　2分

$J=MR^2/4$

约束关系

$a_B=R\alpha$　　2分

$a_A = a - a_B$ **2分**

解得：$a_B = \frac{1}{2}g + \frac{2}{3}a$ **1分** $T_A = \frac{1}{2}Mg + \frac{1}{3}Ma$ **1分**

2、解：（1）$y_B = 3\times10^{-2}\cos\left[4\pi t + \pi\right]\mathrm{m}$

$y_B = 3\times10^{-2}\cos\left[4\pi(t - \frac{x}{20}) + \pi\right]\mathrm{m}$ **4 分**

（2）$y_D = 3\times10^{-2}\cos\left[4\pi t - \frac{9}{5}\pi\right]\mathrm{m}$ **4 分**

（4）$\varphi_B - \varphi_C = -\frac{8}{5}\pi$ **2 分**

3、解：（1）物体初速度为 v_0

$E = \frac{1}{2}Mv_0^2$

动量守恒定律

$Mv_0 = \alpha Mv_1\cos\theta + (1-\alpha)Mv_2\cos\theta$ **2 分**

$\alpha Mv_1\sin\theta = (1-\alpha)Mv_2\sin\theta$ **2 分**

$v_1 = \frac{\sec\theta}{\alpha}\sqrt{\frac{E}{2M}}$ **1 分**

$v_2 = \frac{\sec\theta}{1-\alpha}\sqrt{\frac{E}{2M}}$ **1 分**

（2）$E' = \frac{1}{2}\alpha Mv_1^2 + \frac{1}{2}(1-\alpha)Mv_2^2 = \frac{E\sec^2\theta}{4\alpha(1-\alpha)}$ **3 分**

$\Delta E = E' - E = E\left[\frac{\sec^2\theta}{4\alpha(1-\alpha)} - 1\right]$ **1 分**

$\alpha = \frac{1}{2}$时， **1 分** $\Delta E_{\min} = E\tan^2\theta$ **2 分**

4、 解：（1）理想气体状态方程：

$$pV=\frac{m}{M}RT$$

$$V=\frac{m}{Mp}RT$$

$Tp^{-\frac{1}{2}}=$常数　　　　**2 分**

（2）$TV=$常数 膨胀时温度降低　　　**2 分**

（3）$C=\frac{dQ}{dT}=\frac{dE+pdV}{dT}=C_{V,m}+\frac{pdV}{dT}$　　　**2 分**

由 $pV=RT$　　得 $pdV+Vdp=RdT$　　　**1 分**

由 $p^{\frac{1}{2}}V=$常数　　得 $2pdV+Vdp=0$　　　**1 分**

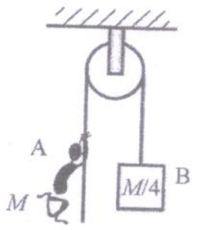
$-pdV=RdT$

$C=C_{V,m}-R$　　　**2 分**

注意：（3）直接利用多方指数公式，结果正确得 3 分。

二、计算题（44分）

1、（**本题12分**）如图所示，轻绳绕过一半径为R的定滑轮，滑轮轴光滑，滑轮的质量为$M/4$，均匀分布在其边缘上，绳子A端有一质量为M的人抓住了绳端，而在绳的另一端B系了一质量为$M/4$的重物。已知滑轮对轴的转动惯量$J=MR^2/4$，设人从静止开始相对绳以匀加速度a向上爬时，绳与滑轮间无相对滑动，求B端重物上升的加速度及人拉绳子的力。



解：

$$(M-\frac{M}{4})gR=\frac{d}{dt}[\frac{M}{4}Rv_B-MRv_A+J\omega]$$

$$=\frac{M}{4}Ra_B-MRa_A+J\beta$$

$$a_A=a-a_B,\ \beta=\frac{a_B}{R}$$

$$\Downarrow$$

$$a_B=\frac{2}{3}a+\frac{1}{2}g$$

$$T_A=Mg+M(a-a_B)=Mg+M(a-\frac{2}{3}a-\frac{1}{2}g)$$

$$=M(\frac{1}{2}g+\frac{1}{3}a)$$

2、（**本题 10 分**）如图所示，x 轴上点 B 与 C 、A 与 B 、A 与 D 的间距分别为 8m 、5m 和 9m ，一平面简谐波以速度 $u=20\text{m/s}$ 沿 x 轴向右传播，点 A 的简谐振动方程为 $y_A=3\times10^{-2}\cos(4\pi t)\text{m}$ 。

（1）以 B 为坐标原点，写出波动式；

（2）写出传播方向上点 D 的简谐振动方程；

（3）求 B 与 C 两点间振动的相位差 $\varphi_B-\varphi_C$ 。