# 厦门大学《大学物理学 B》课程

# 期末试题·答案

考试日期：2012 年 6 月　信息学院自律督导部整理　自律督导部

1.　（**14 分**）

火箭相对于地面以 $v=0.6c$（$c$ 为真空中光速）的**匀速率竖直向上**飞离地球。在火箭发射 $\Delta t'=10$ 秒钟后（火箭上的钟），该火箭向地面发射一导弹，其**相对于地面**的速率为 $u=0.3c$，问地球上的观察者测得火箭发射后多长时间，导弹将到达地面？

解：设：地球——$S$ 系，火箭——$S'$ 系，则　$v=0.6c$　，　$u=0.3c$　，

按地球的钟，导弹发射的时间是在火箭发射后

$$\Delta t_1=\frac{\Delta t'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}=\frac{10}{\sqrt{1-(\frac{0.6c}{c})^2}}=12.5s \quad ;$$

这段时间火箭在地面上飞行距离：$S=v\Delta t_1$ ，导弹飞行这段距离的时间是：

$$\Delta t_2=\frac{S}{u}=\frac{v}{u}\Delta t_1=25s$$

那么从火箭发射后到导弹到达地面的时间是：

$$\Delta t=\Delta t_1+\Delta t_2=12.5+25=37.5s$$

（5+5+4=14 分）

2.　（**14 分**）

某快速运动的粒子，其动能为 $4.8\times10^{-17}J$，该粒子静止时的总能量为 $1.6\times10^{-17}J$，若该粒子的**固有寿命**为 $2.6\times10^{-6}s$，求：

（1）　粒子的运动速率(用 $c$ 表示)；

（2）　**粒子衰变前能通过的距离**.

解：（1）$\because E=mc^2=\frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}=\frac{E_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}=E_k+E_0$　，

$$\therefore v=c\sqrt{1-(\frac{E_0}{E_k+E_0})^2}=c\sqrt{1-(\frac{1.6\times10^{-17}}{4.8\times10^{-17}+1.6\times10^{-17}})^2}=0.968c \quad ;$$

（2）粒子衰变前能通过的距离：

$$S=v\tau=\frac{v\tau_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}=\frac{0.9682\times3\times10^8\times2.6\times10^{-6}}{0.25}=3.021\times10^3m$$ 。

式中：（ $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}=\frac{E_0}{E_k+E_0}=0.25$； ）　（7+7=14 分）

## 3.　（ 16 分）

容器内有某种刚性理想气体，气体温度为 273 $K$，压强为 1 $atm$（1 $atm$ = 1.013×$10^5$ $Pa$），密度为 1.24 $kg\cdot m^{-3}$。试求：

（1） 气体分子的方均根速率；

（2） 气体的摩尔质量，并确定它是哪种单质的气体；

（3） 气体分子的平均平动动能和平均转动动能各是多少？

（4）若气体物质的量为 0.3 $mol$，其内能是多少？

（普适气体常数 $R=8.31J/mol\cdot K$ ，玻尔兹曼常数 $k=1.38\times10^{-23}J/K$）

解：（1） $\because P=\frac{1}{3}\rho\overline{v^2}$ ，

$$\therefore\sqrt{\overline{v^2}}=\sqrt{\frac{3P}{\rho}}=\sqrt{\frac{3\times1.013\times10^5}{1.24}}=495m/s$$ ；

（2） $M_{mol}=\frac{mRT}{PV}=\rho\frac{RT}{P}=\frac{1.24\times8.31\times273}{1.013\times10^5}=2.8\times10^{-2}(kg/mol)$ ，为氮气 $N_2$ ；

（3） $\overline{\xi_t}=\frac{3}{2}kT=\frac{3}{2}\times1.38\times10^{-23}\times273=5.65\times10^{-21}J$ ，

$$\overline{\xi_r}=\frac{2}{2}kT=\frac{2}{2}\times1.38\times10^{-23}\times273=3.76\times10^{-21}J$$ ；

（4） $E=\nu E_0=\nu\frac{i}{2}RT=0.3\times\frac{5}{2}\times8.31\times273=1.70\times10^3J$ 。

（4+4+4+4=16 分）

## 4.　（14 分）

导体内自由电子的分布遵从**费米分布律**。若导体中有 $N$ 个自由电子，电子的最大速率为 $v_F$（叫费米速率），电子分布在 $v$～$v+dv$ 速率之间的几率为：

$$\frac{dN}{N}=\begin{cases}\frac{4\pi A}{N}v^2dv, & v_F>v>0\\ 0\quad , & v>v_F\end{cases}$$，其中 $A$ 为常量，求：

（1） 用 $N$、$v_F$ 定出常数 $A$；

（2）电子气中得电子的平均平动动能 $\overline{\xi_k}$ （电子的质量为 $m_e$）。

解：（1）根据归一化条件有：

$$\int_0^\infty f(v)dv=\int_0^{v_F}\frac{4\pi A}{N}v^2dv=\frac{4\pi Av_F^3}{3N}=1 \quad\Rightarrow$$ ；

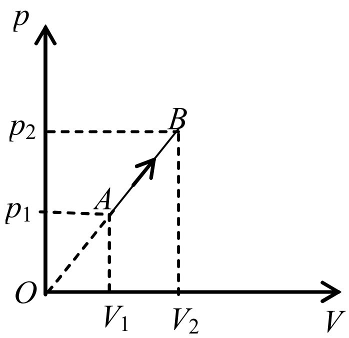
（2） ，

。

（7+7=14 分）

**5.（16 分）**

一刚性双原子分子理想气体系统从状态 $A(P_1,V_1)$ 沿 $P$□$V$ 图所示的直线变化到状态 $B(P_2,V_2)$，试求在该平衡态过程中：




（1）气体内能的增量；

（2）气体对外界所做的功；

（3）气体吸收的热量；

（4）此过程系统的摩尔热容量.

解：（1）$\Delta E=\frac{i}{2}\nu R(T_B-T_A)=\frac{i}{2}(P_BV_B-P_AV_A)=\frac{5}{2}(P_2V_2-P_1V_1)$ ；

（2）$W=\frac{1}{2}(P_1+P_2)(V_2-V_1)$ ；

（3）$Q=\Delta E+W=3(P_2V_2-P_1V_1)+\frac{1}{2}(P_1V_2-P_2V_1)$ ；

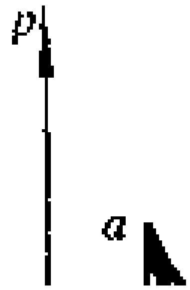
（4）$\because P_2=\frac{V_2}{V_1}P_1$ ，$Q=\Delta E+W=3(P_2V_2-P_1V_1)+\frac{1}{2}(P_1V_2-P_2V_1)=3(P_2V_2-P_1V_1)$；

$$\therefore C_m=\frac{QR}{P_2V_2-P_1V_1}=3R$$ .

（4+4+4+4=16 分）

**6.（14 分）**

某理想气体的循环过程如图所示，其中 $ab$ 为等温过程，$bc$ 为等体过程．$ca$ 为绝热过程，已知 $a$ 点的温度为 $T_1$，体积为 $V_1$； $b$ 和 $c$ 点的体积均为 $V_2$，气体的比热容比为$\gamma$。




试求：(1) 状态 $c$ 的温度 $T_C$；

(2) 该系统进行正循环的效率$\eta$。

解：（1）绝热过程$a\to c$： $\because T_1V_1^{\gamma-1}=T_cV_2^{\gamma-1}\Rightarrow\therefore T_c=(\frac{V_1}{V_2})^{\gamma-1}T_1$ ；（6 分）

（2）$a\to b$： $Q_{ab}=\nu RT_1\ln\frac{V_2}{V_1}=Q_1>0$ ；

$b\to c$： $Q_{bc}=\nu C_V(T_c-T_b)=\nu C_V(T_c-T_1)=-\nu C_VT_1[1-(\frac{V_1}{V_2})^{\gamma-1}]=-Q_2<0$ ；

$$\eta=1-\frac{Q_2}{Q_1}=1-\frac{\nu C_VT_1[1-(\frac{V_1}{V_2})^{\gamma}]}{\nu RT_1\ln\frac{V_2}{V_1}}=1-\frac{C_V[1-(\frac{V_1}{V_2})^{\gamma}]}{R\ln\frac{V_2}{V_1}}=1-\frac{1}{\gamma-1}\cdot\frac{[1-(\frac{V_1}{V_2})^{\gamma-1}]}{\ln\frac{V_2}{V_1}}$$

（3+3+2=8 分）

**7.（12 分）**

问答：

（1） 说明下列各式的物理意义:$a.\ f(v)dv$ ；$b.\ \int_0^{\infty}f(v)dv=1$ ；$c.\ \int_{v_1}^{v_2}Nf(v)dv$ ；$d.\ \int_0^{\infty}vf(v)dv$。

（2） 为什么在 $P$□$V$ 图中一条等温线与一条绝热线只有一个交点；

（3） 什么是卡诺循环？一个可逆卡诺热机的效率取决于什么条件？可如何提高卡诺热机的效率？

答：（1）$a.\ f(v)dv$ ——平衡态下分子速率分布在 $v$□$v+dv$ 速率之间的几率；

$b.\ \int_0^\infty f(v)dv = 1$——平衡态下速率分布在全速率区间的分子几率等于 1；

$c.\ \int_{v_1}^{v_2} Nf(v)dv$ ——平衡态下分子速率分布在 $v_1$ □ $v_2$ 速率之间的分子数；

$d.\ \int_0^\infty vf(v)dv$——平衡态下分子速率的平均值。

（2）若一条等温线与一条绝热线有两个交点，则两个交点之间的过程曲线将构成一个循环过程，其结果是：工作于该循环过程的热机，仅从单一热源吸收热量使之完全变为有用功而不产生其他影响。这违背了热力学第二定律的开尔文说法，因而一条等温线与一条绝热线只能有一个交点。

（3）卡诺循环是由两个等温过程和两个绝热过程构成的循环过程；

可逆卡诺热机的效率 （$\eta_c = 1 - \frac{T_2}{T_1}$）取决于高、低温热源的温度 $T_1$ 和 $T_2$ 的温度差；

可通过提高高温热源的温度 $T_1$，或降低低温热源的温度 $T_2$ 来提高卡诺热机的效率。但提高卡诺热机的效率主要的途径是提高高温热源的温度 $T_1$，因为降低低温热源的温度 $T_2$ 的方法实际是行不通的。

（4+4+4=12 分）