# 厦门大学《大学物理学B》课程
# 期末试题·答案

考试日期：2013年6月　信息学院自律督导部整理

自律督导部

## 1.（14分）

在$S$系中观察到有一粒子，在$t_1=0$时位于$x_1=100m$处，粒子以$u=0.98c$的速度沿$x$正方向运动。一$S'$系相对$S$系以速度$v=0.96c$沿$x$正方向运动，当$t_2=10s$时，求在$S'$系观察到：

（1）粒子到达的时空坐标；

（2）粒子相对$S'$系的速度。

解：已知$t_1=0$，$x_1=100m$，$t_2=10s$，$x_2=x_1+ut_2$，

（1）$x_2'=\dfrac{x_2-vt_2}{\sqrt{1-(\frac{v}{c})^2}}=\dfrac{x_1+(u-v)t_2}{\sqrt{1-(\frac{v}{c})^2}}=\dfrac{100+(0.98-0.96)\times3.0\times10^8\times10}{\sqrt{1-(0.96)^2}}=2.14\times10^8m$；

$\because x_2=x_1+ut_2=100+0.98\times3\times10^8\times10=2.94\times10^9(m)$

（2+2=4分）

$$t_2'=\frac{t_2-\frac{v}{c^2}x_2}{\sqrt{1-(\frac{v}{c})^2}}=\frac{10-\frac{0.96}{3.0\times10^8}\times2.94\times10^9}{\sqrt{1-(0.96)^2}}=2.11s$$；（2+2=4分）

（2）$u_x'=\dfrac{u_x-v}{1-\frac{u_xv}{c^2}}=\dfrac{0.98c-0.96c}{1-0.98\times0.96}=0.34c=1.02\times10^8m/s$；（3+3=6分）

## 2.（14分）

两相同粒子A、B，静止质量均为$m_0$，粒子A静止，粒子B以0.6$c$的速度与A发生碰撞，设碰撞后两粒子粘合在一起组成一复合粒子。求：复合粒子的静止质量及运动速率。

解：碰撞前后动量守恒，总能量守恒，即：

$$\because \begin{cases} mv = MV \\ m_0c^2 + mc^2 = Mc^2 \end{cases},$$ （3+3=6 分）

$$又有\begin{cases} m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1-(v/c)^2}} = \dfrac{5}{4}m_0 \\ M = \dfrac{M_0}{\sqrt{1-(V/c)^2}} \end{cases}$$

故复合粒子质量相对论效应质量：$M = m + m_0 = \dfrac{9}{4}m_0$

速率：$V = \dfrac{mv}{M} == \dfrac{\frac{5}{4}m_0 \times 0.6c}{\frac{9}{4}m_0} = \dfrac{1}{3}c$ ， （4 分）

复合粒子的静止质量：

$$M_0 = M\sqrt{1-(\frac{V}{c})^2} = \frac{9}{4}m_0 \times \sqrt{1-(\frac{1}{3})^2} = \frac{3\sqrt{2}}{2}m_0 = 2.12m_0$$ （4 分）

**3.（15 分）** 好象会爆炸吧?生成水

容积$V = 1.0m^3$的容器内混有$N_1 = 1.00\times10^{25}$个氢气分子和$N_2 = 4.00\times10^{25}$个氧气分子，混合气体的温度为 $T = 400K$，若系统可视为理想气体，求：

（1）系统的内能；

（2）混合气体的压强；

（3）气体分子平均速率。

（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）
$$\begin{aligned} E &= N_1\bar{\xi}_{k1} + N_2\bar{\xi}_{k2} = \frac{5}{2}kT(N_1+N_2) \\ &= \frac{5}{2}\times1.38\times10^{-23}\times400\times(1.0+4.0)\times10^{25} = 6.90\times10^5J \end{aligned}$$ ；

（3+2=5 分）

（2） $$P = nkT = \frac{N_1+N_2}{V}kT = \frac{(1.0+4.0)\times 10^{25}}{1.0}\times 1.38\times 10^{-23}\times 400 = 2.76\times 10^5\,Pa$$ ；

（3+2=5 分）

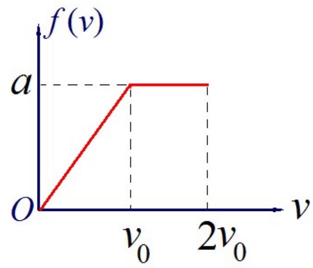
（3） $$\because \bar{v} = \frac{\int_0^\infty v_1 dN_1 + \int_0^\infty v_2 dN_2}{N_1+N_2} = \frac{1}{N_1+N_2}(N_1\int_0^\infty v_1 f_1 dv_1 + N_2\int_0^\infty v_2 f_2 dv_2) = \frac{N_1\bar{v}_1 + N_2\bar{v}_2}{N_1+N_2}$$

又 $$\because \bar{v}_1 = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M_1}} = 1.60\times\sqrt{\frac{8.31\times 400}{2.0\times 10^{-3}}} = 2.063\times 10^3\,m/s$$ ，

$$\because \bar{v}_2 = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M_1}} = 1.60\times\sqrt{\frac{8.31\times 400}{32.0\times 10^{-3}}} = 5.157\times 10^2\,m/s$$ ；

$$\therefore \bar{v} = \frac{N_1\bar{v}_1 + N_2\bar{v}_2}{N_1+N_2} = \frac{(1.0\times 2063 + 4.0\times 516)\times 10^{25}}{(1.0+4.0)\times 10^{25}} = 825\,m/s$$

（3+2=5 分）




**4．（15 分）**

一系统有 $N$ 个粒子，其速率分布如图所示。当 $v > 2v_0$ 时，粒子数为零，

（1）由已知的 $N$ 、 $v_0$ 求 $a$ 值；

（2）求速率在 $0.5v_0$ ～ $1.5v_0$ 区间的分子数；

（3）求 $N$ 个分子的平均速率；

解：（1）函数曲线如图所示。速率分布为： $$f(v) = \begin{cases} \frac{a}{v_0}v & 0 \le v \le v_0 \\ a & v_0 \le v \le 2v_0 \\ 0 & v > 2v_0 \end{cases}$$ ，

$$\because \int_0^\infty f(v)dv = \int_0^{v_0}\frac{a}{v_0}vdv + \int_{v_0}^{2v_0} adv = \frac{3}{2}av_0 = 1 \Rightarrow \therefore a = \frac{2}{3v_0}$$ ；

（3+2=5 分）

（2） $\Delta N = N\int_{0.5v_0}^{1.5v_0} f(v)dv = N(\int_{0.5v_0}^{v_0} \frac{a}{v_0} vdv + \int_{v_0}^{1.5v_0} adv) = Nav_0(\frac{3}{8}+\frac{1}{2}) = \frac{7}{12}N$ ；

（3+2=5 分）

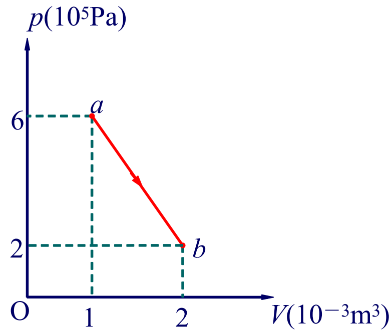
（3） $\bar{v} = \int_0^{\infty} vf(v)dv = \int_0^{v_0} \frac{a}{v_0} v^2 dv + \int_{v_0}^{2v_0} avdv = \frac{11}{6}av_0^2 = \frac{11}{9}v_0$ ；（3+2=5 分）

**5．（15 分）**

一刚性双原子理想气体系统，经如图所示的直线过程从状态 $a$ 过渡到状态 $b$。求：

（1）此过程中系统内能的改变、做功和传递的热量；

（2）系统达到最高温度时，其压强和体积各是多少？




解：（1）双原子理想气体 $i=5$：

$$\Delta E = \frac{m}{M}\cdot\frac{i}{2}R(T_b - T_a) = \frac{i}{2}(P_bV_b - P_aV_a)$$
$$= \frac{5}{2}\times(2\times2 - 6\times1)\times10^2 = -500J$$ ；

$$W = \int_{V_1}^{V_2} PdV = \frac{1}{2}(P_a + P_b)(V_b - V_a)$$
$$= \frac{1}{2}\times(6+2)\times(2-1)\times10^2 = 400J$$ ；

$Q = \Delta E + W = -100J$ （3+3+3=9 分）

（2）过程方程： $P = (10-4V)\times10^5 Pa$ ，

又理想气体状态方程： $pV = \frac{m}{M}RT$

$\rightarrow T = \frac{M}{mR}pV = \frac{M}{mR}(10-4V)V \quad (\times100K)$

令 $\frac{dT}{dV} = \frac{M}{mR}[-4V + (10-4V)] = 0$

即当 $V = \frac{5}{4}\times10^{-3} = 1.25\times10^{-3}m^3$ 时，温度最高， （3 分）

此时 $P = (10-4V)\times10^5 = (10-4\times1.25)\times10^5 = 5\times10^5 Pa$ 。（3 分）

{zbh **注释：** 令 $V_0 = 10^{-3}\cdot\mathrm{m}^3$ ； $P_0 = 10^5\cdot\mathrm{Pa}$ ；则直线方程表达为

$$\frac{P}{P_0}=\alpha-\beta\cdot\frac{V}{V_0}$$

从而有 $\begin{cases} 6=\alpha-\beta\cdot 1 \\ 2=\alpha-\beta\cdot 2 \end{cases} \Rightarrow \quad \alpha=10 \quad ; \quad \beta=4$

注释完毕}

**6.（15 分）**

一可逆卡诺热机，当高温热源的温度为 127℃、低温热源温度为 27℃时，其每次循环对外做净功 8000 J．今维持低温热源的温度不变，提高高温热源的温度，使其每次循环对外作净功 10000 J．若两个卡诺循环都工作在相同的两条绝热线之间，试求：

（1）第二个循环的热机效率 $\eta'$；

（2）第二个循环的高温热源的温度 $T_1'$．

解：（1） $\because \eta=\frac{W}{Q_1}=\frac{W}{W+Q_2}=1-\frac{T_2}{T_1}=\frac{T_1-T_2}{T_1}$ ，（5 分）

$\therefore Q_2=W\frac{T_2}{T_1-T_2}=\frac{300}{400-300}\times 8000=24000J$ ；

第二循环效率： $\eta'=\frac{W'}{Q_1'}=\frac{W'}{W'+Q_2'}=\frac{10000}{10000+24000}=29.4\%$ （5 分）

（$Q_2'=Q_2$）

（2） $\because \eta'=1-\frac{T_2}{T_1'} \quad \Rightarrow \quad T_1'=\frac{T_2}{1-\eta'}=\frac{300}{1-29.4\%}=425K=152^0C$ （5 分）

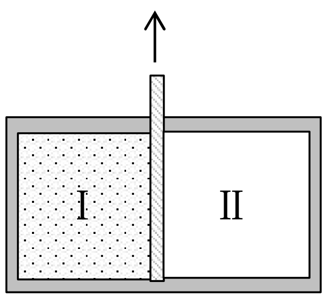
**7.（12 分）**

回答下列问题：

（1）“功可以全部转为热，但热不能全部转化为功”对吗？为什么？

（2）“热量能够从高温物体传到低温物体，但不能从低温物体传到高温物体”对吗？为什么？

（3）用挡板将一密闭绝热的容器分隔成两个部分 I 和 Π，如图



所示。开始时左边盛有理想气体，右边为真空，将挡板迅速抽掉，气体绝热地自由膨胀到整个容器。试证明这一过程是等温过程。

解：（1）错。功可以全部转成热，热也可以全部转化成功，但会对外界产生影响，如理想气体等温膨胀过程；（4 分）

（2）错。热量能够从高温物体传到低温物体，也可以从低温物体传到高温物体，但会对外界产生影响，例如制冷机；（4 分）

（3）理想气体绝热自由膨胀过程：

$\because Q=0$， $W=0$， $\Rightarrow \therefore \Delta E=Q-W=\frac{m}{M}C_{mV}\Delta T=0$，

即 $\Delta T=0$，为一等温过程。（4 分）