厦门大学《大学物理 B（上）》课程
期末试卷（A 卷）参考答案
（考试时间：2018 年 6 月）

专业：

学院：

学号：

姓名：

一、**选择题**：本题共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分。请将每题答案写在答题纸的对应位置。每小题给出的四个选项中只有一个选项正确。错选、多选或未选的得 0 分。

1. 根据天体物理学的观测和推算，宇宙正在膨胀，太空中的天体都离开我们的星球而去。假定在地球上观察到一颗脉冲星（看来发出周期性脉冲无线电波的星）的脉冲周期为 0.5*s*，且这颗星正以运行速度 0.8*c* 离我们而去，那么这颗星的固有脉冲周期应是：（　　）

A．0.10*s*　　B．0.30*s*　　C．0.50*s*D．0.83*s*

答案：B

2. 粒子的动能等于它本身的静止能量，这时该粒子的速度为

A．$\frac{\sqrt{3}}{2}c$　　B．$\frac{3}{4}c$　　C．$\frac{1}{2}c$　　D．$\frac{4}{5}c$

答案：A

3. 某种气体系统中，分子速率分布函数为 $f(v)$，则此系统中，速率在 v_1~v_2 区间内的分子平均速率为（　）

A．$\int_{v_1}^{v_2} v f(v)dv$　　B．$v\int_{v_1}^{v_2} v f(v)dv$

C．$\int_{v_1}^{v_2} v f(v)dv / \int_{v_1}^{v_2} f(v)dv$　　D．$\int_{v_1}^{v_2} f(v)dv / \int_{0}^{\infty} f(v)dv$

答案：C

4. 体积为 30*L* 的容器内装有1.5×10^{24}个氢气分子，又通入 2*mol* 氦气，混合气体的温度为 27℃，若系统可视为理想气体，则容器壁受到的压强为（　　）。

A．2.04atm　　B．1.73 atm

C．3.68atm　　D．4.36 atm

答案：C

5. 体积为 50*L* 的容器内装有某种理想气体，若压强为 1*atm* 时内能为 $7.6\times10^3 J$，则它可能是以下哪种气体？（　　）

A．氩气　　　　　　　　　　B．氮气

C．甲烷　　　　　　　　　　D．一氧化碳

答案：A

6. 一定量的理想气体，体积不变，温度升高时，分子的平均碰撞次数Z和平均自由程λ的变化情况为(　　)。

A．Z不变，λ增大　　　　　　　　B．Z增大，λ不变

C．Z增大，λ增大　　　　　　　　D．Z不变，λ不变

答案：B

7. "理想气体和单一热源接触作等温膨胀时，吸收的热量可以全部用作对外做功。"对此说法，有如下几种评论，哪种是正确的？答（　　）

A. 不违反热力学第一定律，但违反热力学第二定律

B. 不违反热力学第二定律，但违反热力学第一定律

C.不违反热力学第一定律，也不违反热力学第二定律

D.违反热力学第一定律，也违反热力学第二定律

答案：C

8. 对于理想气体，下列哪个过程所吸收的热量，内能的增量和对外做的功均为正值？（　　）

A．等体增压过程　　　　　　　　B. 等压膨胀过程

C. 绝热膨胀过程　　　　　　　　D. 等温膨胀过程

答案：B

9. 对于室温下的双原子分子理想气体，在等压膨胀情况下，系统对外所做的功与从外界吸收的热量之比等于（　　）

A. 1/3　　　　　　　　　　B. 1/4

C. 2/5　　　　　　　　　　D.2/7

答案：D

10. 用下列两种方法：（1）使高温热源的温度T_1升高ΔT；（2）使低温热源的温度T_2降低同样的ΔT值，分别可使卡诺循环的效率升高$\Delta\eta_1$和$\Delta\eta_2$，两者相比结果为（　　）

A. $\Delta\eta_1 > \Delta\eta_2$　　B. $\Delta\eta_2 > \Delta\eta_1$　　C. $\Delta\eta_1 = \Delta\eta_2$　　D. 无法确定

答案：B

二、**填空题：**本大题共 10 空，每空 2 分，共 20 分。请将每题答案写在答题纸的对应位置。错填、不填均无分。

1. 一列高速火车以速度 u 驶过火车站时，固定在站台上的两只机械手在车厢上同时划出两个痕迹，静止在站台上的观察者同时测出两痕迹之间的距离为 l，则在车厢上的观察者应测出这两个痕迹之间的距离为：________________.

答案：$\dfrac{l}{\sqrt{1-u^2/c^2}}$

2. 狭义相对论的两条基本原理，除了光速与光源及运动状态无关外，还包括________________________。

答案：物理规律在一切惯性系中具有相同的形式。

3.若一定量的理想气体经历一个等温膨胀过程，气体系统的熵将______________（填入：增加、减少或不变）。

答案：增加。

4. 在一个具有活塞的容器中盛有一定的理想气体，初始压强为 P_o。如果压缩气体并对它加热，使它的温度从 27 ºC 升到 177 ºC，体积减少三分之一，则此时气体压强 P = ____________，这时气体分子的平均平动动能变化 ____________。

答案：$\frac{9}{4}P_o$，$3.11\times10^{-21}J$

6. 热力学第二定律的开尔文表述：

____；

克劳修斯表述：

____。

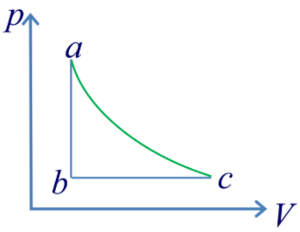
答案： 不可能制成这样一种热机，它只从单一热源吸取热量，并将其完全转变为有用的功而不产生其他影响。

不可能把热从低温物体传到高温物体而不产生其他影响（或热量不能自发地从低温热源向高温热源传递）。

7. 测得某单原子分子理想气体在某热力学过程中的摩尔热容为 $C_m = 3R$（R 为摩尔气体常数），设该热力学过程可用关于压强 p 和体积 V 的过程方程 $pV^n = \mathrm{C}$（常数）来描述，则可求得 $n =$__________。

答案：$n = \dfrac{1}{3}$

8. 已知一理想气体循环过程如图。,其中 ac 为绝热线，ab 是等容线，bc 是等压线。设 $a \to b$ 和 $b \to c$ 过程，气体吸放热的绝对值分别为 Q_1 和 Q_2，则绝对值大的是_________。



答案：Q_1

9. 一个做可逆卡诺循环的热机，其效率为 η，它的逆过程的致冷机致冷系数 e，则 η 与 e 的关系为___________

答案：$\eta = \dfrac{1}{e+1}$ 或 $e = \dfrac{1}{\eta} - 1$

三、**计算题：**本大题共 5 小题，每小题 12 分，共 60 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

1. 两相同粒子 A、B，静止质量均为 m_0，分别以速度 $4c/5$ 和 $3c/5$ 相向运动，两粒子碰撞后粘合在一起组成一复合粒子。求复合粒子的速度和动能。

解：

$$M = \frac{m_0}{\sqrt{1-0.8^2}} + \frac{m_0}{\sqrt{1-0.6^2}} = \frac{35}{12} m_0 \qquad 3\text{ 分}$$

$$P = \frac{m_0 \cdot 0.8c}{\sqrt{1-0.8^2}} - \frac{m_0 \cdot 0.6c}{\sqrt{1-0.6^2}} = \frac{7}{12} m_0 c \qquad 3\text{ 分}$$

$$P = MV \Rightarrow V = \frac{P}{M} = \frac{1}{5} c \qquad 2\text{ 分}$$

$$M_0 = M\sqrt{1 - V^2/c^2} = \frac{7\sqrt{6}}{6} m_0 \qquad 2\text{ 分}$$

$$E_k = Mc^2 - M_0c^2 = \frac{35-14\sqrt{6}}{12}m_0c^2$$ 2 分

2. 设有 N 个气体分子，其速率分布函数为

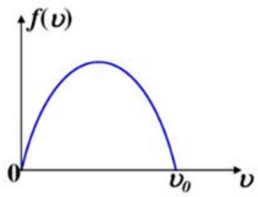
$$f(v)=\begin{cases} av(v_0-v) & 0\le v\le v_0 \\ 0 & v_0<v \end{cases}$$

求：（1）常数 a；（2）最可几速率，平均速率和方均根速率；（3）速率介于 $0\sim v_0/3$ 之间的分子数；（4）速率介于 $0\sim v_0/3$ 之间的气体分子的平均速率。

解：

（1） 3 分

气体分子的分布曲线如图；



由归一化条件得：$\int_0^\infty f(v)dv = 1 \to \int_0^\infty av(v_o-v)dv = \frac{a}{6}v_0^3 = 1 \to a = \frac{6}{v_o^3}$

（2） 3 分

最可几速率：$\frac{df(v)}{dv}\Big|v_p = a(v_o-2v)\Big|v_p = 0 \to v_p = \frac{v_o}{2}$

平均速率：$\bar{v} = \int_0^\infty vf(v)dv = \int_0^{v_0}\frac{6}{v_0^3}v^2(v_0-v)dv \to \bar{v} = \frac{v_o}{2}$

方均根速率：$\overline{v^2} = \int_0^\infty v^2f(v)dv = \int_0^{v_0}\frac{6}{v_0^3}v^3(v_0-v)dv \to \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3}{10}}v_0$

（3） 3 分

速率介于$0\sim v_0/3$之间的分子数为：

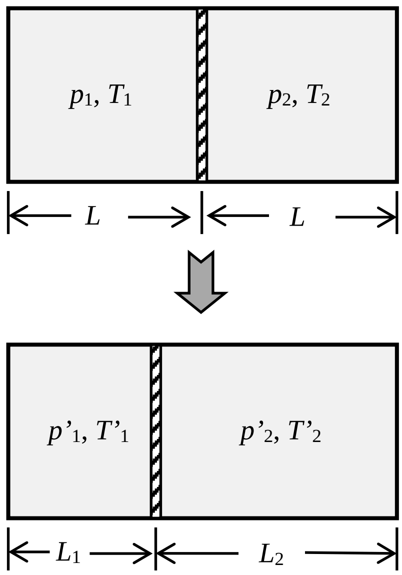
$\Delta\mathrm{N} = \int dN = \int_0^{\frac{v_o}{3}} Nf(v)dv = \int_0^{\frac{v_o}{3}} N\frac{6}{v_o^3}v(v_o-v)dv = \frac{7N}{27}$ （3 分）

（4） 3 分

速率介于$0\sim v_0/3$之间的气体分子的平均速率为：

$\bar{v}_{0\sim v_{o/3}} = \frac{\int_0^{\frac{v_o}{3}} vdN}{\int_0^{\frac{v_o}{3}} dN} = \frac{\int_0^{\frac{v_0}{3}} N\frac{6}{v_0^3}v^2(v_o-v)dv}{7N/27} = \frac{3v_o}{14}$ （3 分）

3. 如图，封闭气缸内部被导热的不漏气的可移动活塞隔成两部分。初始时，活塞位于气缸中间位置，气缸两侧的长度均为 L。初始时固定活塞位置，两侧分别充以 T_1，p_1 和 T_2，p_2 的同种气体。试求松开活塞后，气体再次达到平衡时活塞两侧的长度比 L_1/L_2。



参考解答：

设活塞横截面积为 S。当气缸两部分处于初始平衡状态时，状态方程为

$$p_1 LS = \frac{m_1}{M} RT_1$$

$$p_2 LS = \frac{m_2}{M} RT_2$$

①②式左右分别相除，得

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{m_1 T_1}{m_2 T_2}$$ 3 分

松开活塞后，体再次达到平衡时

力学平衡：　$p'_1 = p'_2$

热学平衡：　$T'_1 = T'_2$ 　　3 分

状态方程为

$$p'_1 L_1 S = \frac{m_1}{M} RT'_1$$

$$p'_2 L_2 S = \frac{m_2}{M} RT'_2$$ 3 分

⑥⑦式左右分别相除，得

$$\frac{p'_1 L_1}{p'_2 L_2} = \frac{m_1 T'_1}{m_2 T'_2}$$ 3 分

代入③④⑤得

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1}$$ 3 分

4. 一宇宙飞船沿 x 方向离开地球（S 系，原点地心），以速率 $u = 0.80\,c$ 航行，宇航员发现在自己参考系（S' 系，原点飞船）中，在时刻 $t' = -6.0\times10^8\,s$，$x' = 1.8\times10^{17}\,m$，$y' = 1.2\times10^{17}\,m$，$z' = 0$ 处有一超新星爆发，他把这一观测通过无线电发回地球。假定飞船飞过地球时两地钟同时拨为零。

（1）在地球系中这一超新星爆发事件时空坐标如何？

（2）飞船系中何时刻超新星爆发的光到达飞船？

（3）假设宇航员在第一时间看到超新星爆发并同时向地球发报，地球上观察者收到报告是地球上的什么时刻？

（4）地球上观察者能够看到超新星爆发是地球上的什么时刻？

解：（1）4 分

由洛伦兹变换，地球系中超新星爆发的时空坐标为：

$$\begin{cases} x = \dfrac{x'+vt'}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = \dfrac{1.8\times10^{17}m + 0.8c\times(-6.0\times10^8 s)}{\sqrt{1-0.8^2}} = 6.0\times10^{16}m \\ y = y' = 1.2\times10^{17}m \\ z = z' = 0m \\ t = \dfrac{t'+vx'/c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = \dfrac{-6.0\times10^8 s + 0.8c\times1.8\times10^{17}m/c^2}{\sqrt{1-0.8^2}} = -2\times10^8 s \end{cases}$$

（2）2 分

飞船系中，光到达飞船时间为：

$$t_1' = t' + \sqrt{x'^2+y'^2}/c = 1.21\times10^8 s$$

（3）3 分

地球上看，光到达飞船时间是：

$$t_1 = \frac{t_1'+vx_1'/c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} = \frac{1.21\times10^8 s + 0.8c\times0m/c^2}{\sqrt{1-0.8^2}} = 2.01\times10^8 s$$

收到报告时间：

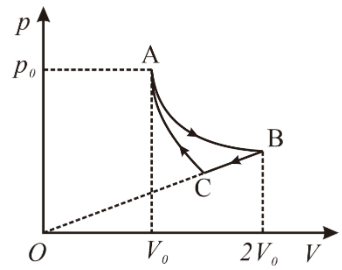
$$t_2 = t_1 + x_1'/c = 2.01\times10^8 s + 0.8c\times2.01\times10^8 s/c = 3.62\times10^8 s$$

（4）3 分

地球系中，光到达地球时间为：

$$t_3 = t + \sqrt{x^2+y^2}/c = 2.47\times10^8 s$$

5. $1mol$ 双原子分子理想气体作如图 $ABCA$ 热机循环。已知理想气体初始状态 A 为标准状态，$A\to B$ 为等温过程，$B\to C$ 为延长线过原点 O 的直线过程，$C\to A$ 为绝热过程。若 B 状态体积为 A 状态体积的 2 倍，即 $V_B = 2V_0$。求：



（1）$A\to B$，$B\to C$，$C\to A$ 各过程对外做功分别为多少？

（2）$A\to B$ 和 $B\to C$ 过程传递的热量以及循环 $ABCA$ 的效率 η？

解：

（1） 6 分

设 A 的状态参量为(p_0,V_0,T_0) 。$A\rightarrow B$ 为等温过程，由理想气体状态方程得

$$p_BV_B=p_0V_0\Rightarrow p_B=\frac{p_0}{2},V_B=2V_0,T_B=T_0 \quad ①$$

$B\rightarrow C$ 为直线过程，有$\begin{cases}p_B=kV_B\\p_C=kV_C\end{cases}$ ②

$C\rightarrow A$ 为绝热过程，有 $p_CV_C{}^{\gamma}=p_0V_0^{\gamma}$ ③

由①②③可解得$k=\dfrac{p_0}{4V_0}$，$V_C=4^{1/(\gamma+1)}V_0\approx1.78V_0$，$p_C=4^{1/(\gamma+1)}/4p_0\approx0.445p_0$，$T_C=\dfrac{p_cV_c}{p_0v_0}T_0\approx0.792T_0$。

[其中双原子分子理想气体$\gamma=(\frac{5}{2}+1)/(\frac{5}{2})=1.4$]

固 B 的状态参量为$(\frac{p_0}{2},2V_0,T_0)$，C 的状态参量为$(0.445p_0,1.78V_0,0.792T_0)$

$A\rightarrow B$ 等温过程做功：

$$W_{A\rightarrow B}=\int_{V_0}^{2V_0}pdV=RT_0\int_{V_0}^{2V_0}\frac{dV}{V}=RT_0\ln2\simeq1572\text{ J}$$

$B\rightarrow C$ 直线过程做功：

$$W_{B\rightarrow C}=\frac{1}{2}\left(p_B+p_C\right)(V_C-V_B)=\frac{1}{2}k\left(V_C{}^2-V_B{}^2\right)\simeq-0.104RT_0\simeq-236\text{ J}$$

$C\rightarrow A$ 绝热过程做功：

$$W_{C\rightarrow A}=-\Delta E_{C\rightarrow A}=-\frac{5}{2}R\left(T_0-T_C\right)\simeq-0.52RT_0\simeq-1180\text{ J}$$

或：$W_{C\rightarrow A}=\dfrac{p_CV_C-p_0V_0}{\gamma-1}\approx-0.52p_0V_0\approx-1180\text{ J}$

（2）6 分

$A \to B$ 等温过程 $\Delta E_{A\to B}=0$ ，由热力学第一定律

$$Q_{A\to B}=\Delta E_{A\to B}+W_{A\to B}=W_{A\to B}\simeq 1572\ \text{J}\quad（吸热）$$

$B \to C$ 直线过程 $\Delta E_{B\to C}=\dfrac{5}{2}R\left(T_C-T_B\right)\approx -0.52RT_0\approx -1180J$

$$Q_{B\to C}=\Delta E_{B\to C}+W_{B\to C}\approx -1180-236=-1416\ \text{J}\quad（放热）$$

循环 $ABCA$ 的效率 $\eta=1-\dfrac{|Q_{B\to C}|}{Q_{A\to B}}\approx 9.9\%$

或 $\eta=\dfrac{W_{A\to B}+W_{B\to C}+W_{C\to A}}{Q_{A\to B}}\approx 9.9\%$