

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. 设想从某一惯性系  $K'$  系的坐标原点  $O'$  沿  $X'$  方向发射一光波，在  $K'$  系中测得光速  $u'_x=c$ ，则光对另一个惯性系  $K$  系的速度  $u_x$  应为 ( )

- (A)  $\frac{2}{3}c$                       (B)  $\frac{4}{5}c$                       (C)  $\frac{1}{3}c$                       (D)  $c$

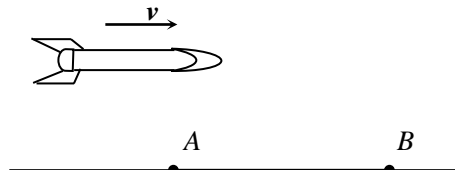
2. 一宇宙飞船相对于地面以  $0.8c$  的速度飞行，一光脉冲从船尾传到船头，飞船上的观察者测得飞船长为 90m，地球上的观察者测得脉冲从船尾发出和到达船头两个事件的空间间隔为 ( )

- (A) 90m                      (B) 54m                      (C) 270m                      (D) 150m

3. 如图所示，地面上的观察者认为同时发生的两个事件  $A$  和  $B$ ，在火箭上的观察者看来应 ( )

- (A)  $A$  早于  $B$   
(B)  $B$  早于  $A$   
(C)  $A$ 、 $B$  同时

(D) 条件不够，不足以判断哪个事件发生在先



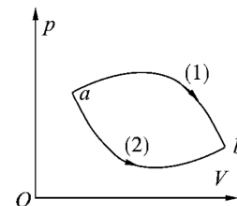
4. 关于热量  $Q$ ，以下说法正确的是 ( )

- (A) 同一个物体，温度高时比温度低时含的热量多；  
(B) 温度升高时，一定吸热；  
(C) 温度不变时，一定与外界无热交换；  
(D) 温度升高时，有可能放热。

5. 理想气体从  $p$ - $V$  图上初态  $a$  分别经历如图所示的 (1) 或 (2) 过程达到末态  $b$ 。

已知  $T_a < T_b$ ，则这两个过程中气体吸收的热量  $Q_1$  和  $Q_2$  的关系是 ( )

- (A)  $Q_1 > Q_2 > 0$       (B)  $Q_2 > Q_1 > 0$       (C)  $Q_2 < Q_1 < 0$       (D)  $Q_1 < Q_2 < 0$



6. 1mol 的单原子分子理想气体从状态 A 变为状态 B, 如果不知是什么气体, 变化过程也不知道, 但 A、B 两态的压强、体积和温度都知道, 则可求出 ( )

- (A) 气体所做的功 (B) 气体内能的变化 (C) 气体传给外界的热量 (D) 气体的质量

7. 一绝热容器被隔板分成两半, 一半是真空, 另一半是理想气体。若把隔板抽去, 气体将进行自由膨胀, 达到平衡后, 则有 ( )

- (A) 温度不变, 熵增加 (B) 温度升高, 熵增加  
(C) 温度降低, 熵增加 (D) 温度不变, 熵不变

8. 在下列各种说法

- (1) 准静态过程就是无摩擦力作用的过程.  
(2) 准静态过程一定是可逆过程.  
(3) 准静态过程是无限多个连续变化的平衡态的连接.  
(4) 准静态过程在  $p-V$  图上可用一连续曲线表示.

中, 哪些是正确的?

- (A) (1)、(2). (B) (3)、(4).  
(C) (2)、(3)、(4). (D) (1)、(2)、(3)、(4).

9. 一瓶氢气和一瓶氮气密度相同, 分子平均平动动能相同, 而且它们都处于平衡状态, 则它们 ( )

- (A) 温度相同、压强相同  
(B) 温度、压强都不相同  
(C) 温度相同, 但氢气的压强大于氮气的压强  
(D) 温度相同, 但氢气的压强小于氮气的压强

10. 将工作于热源  $T_1$  与  $T_2$  间的可逆热机用于驱动工作于热源  $T_2$  与  $T_3$  间的可逆制冷机, 且  $T_1 > T_2 > T_3$ 。则

每次循环过程中, 热机和制冷机各自向热源  $T_2$  排放的热量之比  $Q_{\text{放}}^{\text{热}} : Q_{\text{放}}^{\text{冷}}$  为 ( )

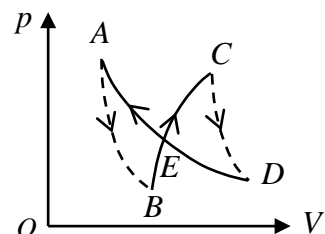
- (A)  $\frac{T_2 - T_3}{T_1 - T_2}$  (B)  $\frac{T_1 - T_2}{T_2 - T_3}$  (C)  $\frac{(T_2 - T_3)T_1}{(T_1 - T_2)T_3}$  (D)  $\frac{(T_1 - T_2)T_1}{(T_2 - T_3)T_3}$

二、填空题: 本大题共 10 题, 每题 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. 在速率  $v=$ \_\_\_\_\_ 情况下粒子的动量大小等于非相对论动量大小的两倍。
2. 相对地面以速度  $v$  沿  $x$  轴正方向运动的粒子，在相对粒子静止的惯性系看来，沿  $y'$  轴方向上发射一个光子。地面的观测者测得光子的速度方向与  $x$  轴的夹角  $\theta =$ \_\_\_\_\_。
3. 一电子以  $0.99c$  的速率运动（电子静止质量为  $9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$ ），则电子的总能量是\_\_\_\_\_J。
4. 一气缸内储有  $10 \text{mol}$  单原子分子理想气体，在压缩过程中，外力做功  $209 \text{J}$ ，气体温度升高  $1 \text{K}$ ，则气体吸收的热量  $Q$  为\_\_\_\_\_J。（摩尔气体常量  $R=8.31 \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ）

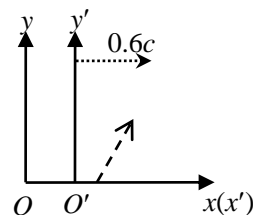
5. 如图所示，绝热过程  $AB$ 、 $CD$ ，等温过程  $DEA$ ，和任意过程  $BEC$ ，组成一循环过程。若图中  $ECD$  所包围的面积为  $70 \text{J}$ ， $EAB$  所包围的面积为  $30 \text{J}$ ， $DEA$  过程中系统放热  $100 \text{J}$ ，则整个循环过程（ $ABCDEA$ ）系统对外做功为 J。



6. 室内、室外的温度分别为  $299 \text{K}$  和  $312 \text{K}$ ，有一工作着的卡诺空调机，向室外排放的热量为  $6.12 \times 10^5 \text{J}$ ，则可从室内带走的热量为\_\_\_\_\_J
7. 处于重力场中的某种气体，在高度  $z$  处单位体积内的分子数即分子数密度为  $n$ 。若  $f(v)$  是分子的速率分布函数，则坐标介于  $x \sim x+dx$ 、 $y \sim y+dy$ 、 $z \sim z+dz$  区间内，速率介于  $v \sim v+dv$  区间内的分子数  $dN=$ \_\_\_\_\_。
8. 在一具有活塞的容器中盛有一定量的理想气体，如果通过压缩气体对它加热，使它的温度从  $27^\circ \text{C}$  升至  $177^\circ \text{C}$ ，体积减小一半，气体压强是原来的\_\_\_\_\_倍。
9. 设容器的体积为  $V$ ，内贮存质量分别为  $m_1$  的单原子分子理想气体，质量为  $m_2$  的双原子分子理想气体，假设此混合气体处于平衡状态时，两种气体的内能相等，都是  $E$ ，则这两种气体分子的平均速率之比  $\frac{\bar{v}_1}{\bar{v}_2} =$ \_\_\_\_\_。
10. 一定量的某种理想气体，先经过等体过程使其热力学温度升高为原来的 2 倍；再经过等压过程使其体积膨胀为原来的 2 倍，则分子的平均自由程变为原来的\_\_\_\_\_倍。

三、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

静止在  $xOy$  系中的观测者测得一光子沿与  $x$  轴成  $60^\circ$  角的方向飞行，如图所示。另一观测者静止于  $x'O'y'$  系， $x'O'y'$  系的  $x'$  轴与  $x$  轴一致，并以  $0.6c$  的速度沿  $x$  方向运动。试求  $x'O'y'$  系中的观测者观测到光子速度：



- (1) 沿  $O'x'$  方向的分量；
- (2) 沿  $O'y'$  方向的分量；
- (3) 与  $O'x'$  正方向的夹角。

参考答案：

(1)  $xOy$  系中光子运动速度的  $x$  分量为

$$v_x = c \cos 60^\circ = 0.500c \quad \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

由速度变换公式，光子在  $x'O'y'$  系中的  $x'$  速度分量为

$$v'_x = \frac{v_x - u}{1 - \frac{u}{c^2} v_x} = \frac{0.5c - 0.6c}{1 - \frac{0.6c \times 0.5c}{c^2}} = -0.143c \quad \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

(2)  $xOy$  系中光子运动速度的  $y$  分量为

$$v_y = c \sin 60^\circ = 0.866c \quad \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

由速度变换公式，光子在  $x'O'y'$  系中的  $y'$  速度分量为

$$v'_y = \frac{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} v_y}{1 - \frac{u}{c^2} v_x} = \frac{\sqrt{1 - 0.6^2} \times 0.866c}{1 - \frac{0.6c \times 0.5c}{c^2}} = 0.990c \quad \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

(3) 光子运动方向与  $x'$  轴的夹角  $\theta'$  满足

$$\tan \theta' = \frac{v'_y}{v'_x} = -0.692 \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

$\theta'$  在第二象限为  $\theta' = 98.2^\circ \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$

四、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

有一个静止质量为  $m_0$ ，带电量为  $q$  的粒子其初速度为零，在均匀电场  $\vec{E}$  中加速，试求：

- (1) 若考虑相对论效应，在时刻  $t$  它所获得的速度大小；
- (2) 若不考虑相对论效应，在时刻  $t$  它所获得的速度大小。

参考答案：

(1) 由相对论基本动力学方程得

$$F = qE = \frac{dP}{dt} = m_0 \frac{d}{dt} \left( \frac{v}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \right) \quad \dots\dots\dots 4 \text{ 分}$$

两边积分

$$\int_0^v d \left( \frac{v}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \right) = \frac{qE}{m_0} \int_0^t dt \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

所以

$$v = \frac{qEct}{\sqrt{m_0^2 c^2 + q^2 E^2 t^2}} \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

(2) 当不考虑相对论效应时

$$F = qE = m_0 a = m_0 \frac{dv}{dt} \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

所以得

$$v = \frac{qE}{m_0} t \quad \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

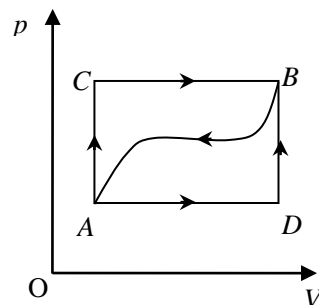
**五、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。**

一热力学系统由如图所示的 A 状态沿 ACB 到达 B 状态，吸收热量 335J，系统对外做功 126J。试求：

(1) 经 ADB 过程，系统做功 42J，系统吸收多少热量？

(2) 当系统由 B 状态沿曲线 BA 返回 A 状态时，外界对系统做功 84J，系统吸收多少热量？

参考答案：



根据热力学第一定律，系统由 A 状态沿 ACB 达到 B 状态，其内能差为：

$$E_B - E_A = Q - W = 335 - 126 = 209J \quad \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

(1) 系统由 A 状态沿 ADB 达到 B 状态时

$$\Delta E = E_B - E_A = 209J$$

$$W = 42J$$

系统吸收热量为：

$$Q = \Delta E + W = 209 + 42 = 251J \quad \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

(2) 系统由 B 状态沿曲线 BA 返回 A 状态时

$$\Delta E = E_A - E_B = -209J \quad \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

$$W = -84J$$

系统吸收的热量为

$$Q = \Delta E + W = -209 - 84 = -293 J \quad \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

**六、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。**

如果利用海水不同深度的温差来制造热机，已知表层海水的温度为  $25^\circ\text{C}$ ，300m 深的海水温度为  $5^\circ\text{C}$ ，那么

- (1) 在这两个温度之间工作的卡诺热机的效率为多大？
- (2) 设想一电站在此最大理论效率下工作时获得的机械功率是  $1\text{MW}$ ，则它将以多大的速率排除废热？

参考答案：

- (1) 卡诺热机的效率为

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 6.71\% \quad \dots\dots\dots 4 \text{ 分}$$

- (2) 最大理论效率下工作时获得的机械功率为  $1\text{MW}$ ，则系统每秒钟对外做功为

$$W = 10^6 J$$

系统吸热为

$$Q_1 = \frac{W}{\eta} = 1.49 \times 10^7 J \quad \dots\dots\dots 4 \text{ 分}$$

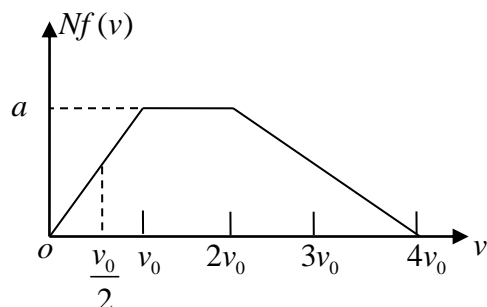
由循环过程的热力学第一定律  $W = Q_1 - Q_2$  知，系统每秒钟排除的废热为

$$Q_2 = Q_1 - W = 1.39 \times 10^7 J \quad \dots\dots\dots 4 \text{ 分}$$

**七、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。**

设有  $N$  个气体分子，速率分布函数为  $f(v)$ ， $Nf(v)$  与  $v$  的关系曲线如图所示， $v_0$  已知，求：

- (1) 速率分布函数  $f(v)$ ，用  $N, v_0, a$  表示；
- (2) 常数  $a = ?$
- (3)  $\frac{v_0}{2} \sim v_0$  内的分子数；
- (4) 气体分子的平均速率  $\bar{v}$ 。



参考答案：

$$(1) \quad f(v) = \begin{cases} \frac{a}{Nv_0}v, (0 \leq v \leq v_0) \\ \frac{a}{N}, (v_0 \leq v \leq 2v_0) \\ -\frac{a}{2Nv_0}v + \frac{2a}{N}, (2v_0 \leq v \leq 4v_0) \end{cases} ; \quad (3 \text{ 分})$$

$$(2) \quad \because \int_0^\infty f(v)dv = \int_0^{v_0} \frac{a}{Nv_0}v dv + \int_{v_0}^{2v_0} \frac{a}{N} dv + \int_{2v_0}^{4v_0} \left(-\frac{a}{2Nv_0}v + \frac{2a}{N}\right) dv = 1 ,$$

$$\text{解得: } a = \frac{2N}{5v_0} ; \quad (3 \text{ 分})$$

$$(3) \quad \Delta N = \int_{v_1}^{v_2} Nf(v)dv = \int_{v_0/2}^{v_0} N \frac{a}{Nv_0}v dv = \frac{3}{8}av_0 = \frac{3}{20}N ; \quad (3 \text{ 分})$$

$$(4) \quad \begin{aligned} \bar{v} &= \int_0^\infty f(v)v dv = \int_0^{v_0} \frac{a}{Nv_0}v^2 dv + \int_{v_0}^{2v_0} \frac{a}{N}v dv + \int_{2v_0}^{4v_0} \left(-\frac{a}{2Nv_0}v + \frac{2a}{N}\right)v dv \\ &= \frac{27}{6} \frac{a}{N} v_0^2 = \frac{9}{5}v_0 \end{aligned} . \quad (3 \text{ 分})$$

## B (下) A 卷 (参考答案)

### 一、选择题

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	D	C	B	D	A	B	A	B	C	A

### 二、填空题

1.  $\frac{\sqrt{3}}{2}c$

2.  $\arctan \frac{\sqrt{c^2 - v^2}}{v}$

3.  $5.8 \times 10^{-13}$

4.  $-84.35$

5.  $40J$

6.  $5.87 \times 10^5$

7.  $nf(v)dx dy dz dv$

8. 3

9.  $\sqrt{\frac{5m_2}{3m_1}}$

10. 2