

一、**选择题**：本题共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分。请把正确答案填写在答题纸的正确位置。每小题给出的选项中只有一个选项正确。错选、多选或未选的得 0 分。

1. 有关狭义相对论的以下描述错误的是（ ）

- (A) 一切物体相对于观察者的速度都不能大于真空中的光速
- (B) 质量、长度、时间的测量结果都是随物体与观察者的相对运动状态而改变的
- (C) 在一惯性系中发生于同一时刻、不同地点的两个事件，在其它一切惯性系中也是同时发生的
- (D) 惯性系中的观察者观察一个与他作匀速相对运动的时钟时，会看到这时钟比与他相对静止的相同时钟走得慢些

参考答案：C

2. 两个惯性系 S 和 S' ，沿 x (x') 轴方向作匀速相对运动。设在 S' 系中某点先后发生两个事件，用静止于该系的钟测出两事件的时间间隔为 $\Delta t'$ ，而用固定在 S 系中的钟测出这两个事件的时间间隔为 Δt 。又在 S' 系 x' 轴上放置一静止于该系，长度为 l' 的细杆，从 S 系测得此杆的长度为 l ，则有（ ）

- (A) $\Delta t < \Delta t'$; $l < l'$
- (B) $\Delta t < \Delta t'$; $l > l'$
- (C) $\Delta t > \Delta t'$; $l > l'$
- (D) $\Delta t > \Delta t'$; $l < l'$

答案：D

3. 一瓶氦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，但氦气的压强大于氮气的压强
- D. 温度相同，但氦气的压强小于氮气的压强

答案：C

4. 一缸处于平衡态的气体，其分子速率满足麦克斯韦速率分布函数，则三个统计速率的大小关系是（ ）

- (A) 最概然速率=平均速率=方均根速率
- (B) 最概然速率>平均速率<方均根速率
- (C) 最概然速率<平均速率<方均根速率
- (D) 最概然速率>平均速率<方均根速率

答案：C

5. 关于温度的意义，有下列几种说法：(1) 气体的温度是分子平均平动动能的度量；(2) 气体的温度是大量气体分子无规则热运动的集体表现，具有统计意义；(3) 温度的高低反应物质内部分子运动剧烈程度的不同；(4) 从微观上看，气体的温度表示每个气体分子的冷热程度。这些说法正确的是（ ）

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

答案：B

6. 气体分子的平均碰撞频率与以下哪个因素无关（）

- (A) 气体的浓度；
- (B) 气体分子的质量；
- (C) 气体分子的大小；
- (D) 环境温度。

答案：B

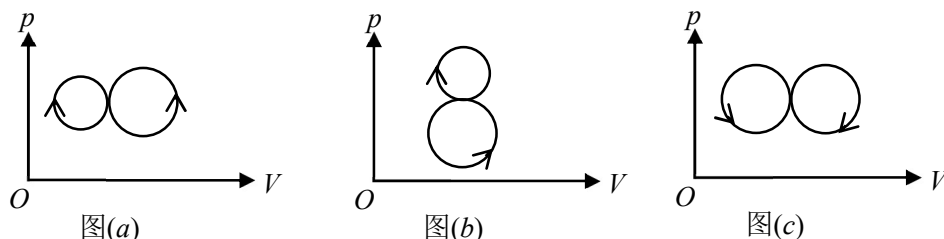
7. 以下关于理想气体微观模型表述不正确的是（）

- (A) 分子本身的线度比起分子间的间距小得多但不可忽略不计；
- (B) 除了碰撞的瞬间外，分子之间以及分子与容器壁之间的相互作用力可忽略不计；
- (C) 分子之间以及分子与容器壁之间的碰撞都是弹性碰撞；
- (D) 理想气体分子可视为自由的、无规则运动的弹性质点群。

答案：A

8. 图 (a) (b) (c) 各表示连接在一起的两个“8”字循环过程，期中 (c) 图是两个半径相等的圆构成的两个循环过程，图 (a) 和 (b) 则为半径不等的两个圆。那么：（）

- A. 图 (a) 总净功为负，图 (b) 总净功为正，图 (c) 总净功为零；
- B. 图 (a) 总净功为负，图 (b) 总净功为负，图 (c) 总净功为正；
- C. 图 (a) 总净功为负，图 (b) 总净功为负，图 (c) 总净功为零；
- D. 图 (a) 总净功为正，图 (b) 总净功为正，图 (c) 总净功为负；



答案：C

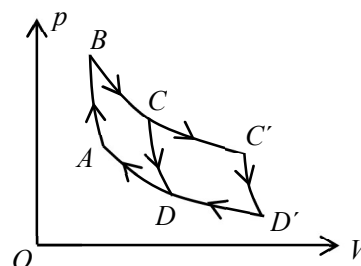
9. 关于可逆过程和不可逆过程的判断：(1) 可逆热力学过程一定是准静态过程；(2) 准静态过程一定是可逆过程；(3) 不可逆过程就是不能向相反方向进行的过程；(4) 凡有摩擦的过程，一定是不可逆过程。以上四种判断，其中正确的是（）

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

答案：D

10. 如图表示的两个卡诺循环，第一个沿 ABCDA 进行，第二个沿 ABC'D'A 进行，这两个循环的效率 η_1 和 η_2 的关系及这两个循环所作的净功 W_1 和 W_2 的关系是（）

- A. $\eta_1 = \eta_2$, $W_1 = W_2$
- B. $\eta_1 > \eta_2$, $W_1 = W_2$
- C. $\eta_1 = \eta_2$, $W_1 > W_2$
- D. $\eta_1 = \eta_2$, $W_1 < W_2$



答案：D

二、**填空题**：本大题共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分。请把正确答案填写在答题纸的正确位置。错填、不填均无分。

1. 甲以 $0.8c$ 的速度相对乙运动，若甲携带一长 l 、截面积 s 、质量 m 的匀质杆，此杆长度方向与运动方向一致，乙测得此杆密度为甲测得此杆密度的_____倍。

参考答案

$$l' = 0.6l \quad m' = \frac{m}{0.6} \quad \rho' = \frac{m'}{l's} = \frac{25}{9} \frac{m}{ls} = \frac{25}{9} \rho$$

2. 若电子的静止质量为 m_0 ，将一电子从 $0.6c$ 加速到 $0.8c$ 需做功_____。

参考答案

$$W = E_{k2} - E_{k1} = \left(\frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-0.8^2}} - m_0 c^2 \right) - \left(\frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-0.6^2}} - m_0 c^2 \right) = \frac{5}{12} m_0 c^2$$

3. 一立方米的密闭容器内盛有 14 克的氮气，压强为 $1.25 \times 10^3 \text{ Pa}$ ，则氮气分子热运动的方均根速率 $\sqrt{v^2} =$ _____。

答案：516.8 m/s

4. 容器中储有 $4.0 \times 10^{-3} \text{ (kg)}$ 标准状态下的氢气，其系统内能为_____。

答案： $1.13 \times 10^4 \text{ (J)}$

5. 一容器内贮有氧气 m ，压强为 p ，温度为 300 K 。因容器漏气，过一段时间后，压强减到原来的 $1/2$ ，质量降为原来的 $4/5$ ，则温度为_____。

答案：187.5 K

6. 一容器中间被一隔板分成体积和压强都相等的两半，一半装有氦气，温度为 250 K ；另一半装有氧气。当抽去隔板之后，混合气体的温度变为 300 K ，求混合前氧气的温度为_____。

答案：341 K

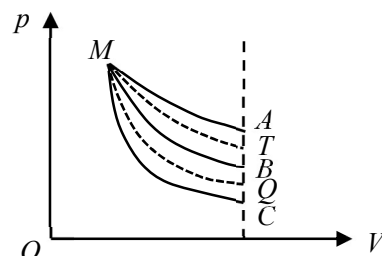
7. 储有某种刚性双原子分子理想气体的容器以速度 $v=100 \text{ m/s}$ 运动，假设该容器突然停止，气体的全部定向运动动能变为气体分子热运动的动能，此时容器中气体的温度上升 6.74 K ，由此可知容器中气体的摩尔质量 $M_{\text{mol}} =$ _____。

答案： $6.59 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$

8. 有两瓶气体，一瓶是氦气，另一瓶是氢气（均视为刚性分子理想气体），若它们的压强、体积、温度均相同，则氢气的内能是氦气的_____倍。

答案：5/3

9. 一理想气体几种状态变化过程的 $p-V$ 图，如图所示。其中 MT 为等温线， MQ 为绝热线，在 AM 、 BM 、 CM 三种准静态过程中，温度降低的是_____过程。



答案：AM

10. 在一个可逆卡诺循环中, 若正循环的效率为 η , 它逆向循环为制冷循环, 其制冷系数 $w=T_1/(T_1-T_2)$, 则 η 与 w 的关系为_____。

答案: $\eta = \frac{1}{w+1}$ (或 $w = \frac{1}{\eta} - 1$)

三、**计算题:** 本题 12 分。请在答题纸上按题序作答, 并标明题号。

两个静止质量均为 m_0 的粒子, 其中一个静止, 另一个以 $0.8c$ 速度向其对心碰撞, 碰撞之后粘在一起, 求:

- (1) 复合粒子的质量
- (2) 复合粒子的速度;
- (3) 复合粒子的静止质量;

参考答案

每小题各 4 分

$$mc^2 + m_0c^2 = Mc^2 \Rightarrow M = m + m_0 = \frac{m_0}{0.6} + m_0 = \frac{8}{3}m_0$$

$$mv_0 + 0 = MV \Rightarrow V = 0.5c$$

$$M_0 = M\sqrt{1-V^2/c^2} = \frac{8}{3}m_0\sqrt{1-0.5^2} = \frac{4}{3}\sqrt{3}m_0 \approx 2.31m_0$$

四、**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 $f(v)$,

$$f(v) = \begin{cases} \frac{a}{Nv_0}v, (0 \leq v \leq v_0) \\ \frac{a}{N}, (v_0 \leq v \leq 2v_0) \\ -\frac{a}{2Nv_0}v + \frac{2a}{N}, (2v_0 \leq v \leq 4v_0) \end{cases} \quad v_0、m_0 \text{ 已知, 且 } v > 4v_0 \text{ 时, } f(v)=0, \text{ 求:}$$

- (1) 常数 $a = ?$
- (2) $\frac{v_0}{2} \sim v_0$ 内的分子数;
- (3) 气体分子的平均速率 \bar{v} 。

解:

每小题各 4 分

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

$$\text{解得: } a = \frac{2N}{5v_0}; \quad (4 \text{ 分})$$

$$(2) \quad \Delta N = \int_{v_1}^{v_2} Nf(v)dv = \int_{v_0/2}^{v_0} N \frac{a}{Nv_0}v dv = \frac{3}{8}av_0 = \frac{3}{20}N; \quad (4 \text{ 分})$$

(3)

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

$$= \frac{27}{6} \frac{a}{N} v_0^2 = \frac{9}{5} v_0 \quad (4 \text{ 分})$$

五、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

容器内充满密度为 $1.24 \times 10^{-2} \text{ kg/m}^3$ 的氮气，气体压强为 $1.013 \times 10^3 \text{ Pa}$ ，试求：

(1) 气体分子的平均动能；

(2) 单位体积内分子的平均转动动能；

(3) 如果容器的体积为 2 m^3 ，求系统的内能。

(普适气体常量 $R=8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

解：

(1) 根据物态方程 $PV=mRT/M$ 得

$$PM=\rho RT$$

$$T=PM/\rho R = 273 \text{ K}$$

平均动能为

$$E_k=5kT/2=5/2 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 273 \text{ J}=9.5 \times 10^{-21} \text{ J} \quad (4 \text{ 分})$$

(2) 单位体积内的分子平均转动动能为

$$n \cdot 2kT/2, \text{ 而 } P=nKT$$

$$E_r=P=1.013 \times 10^3 \text{ J/m}^3 \quad (4 \text{ 分})$$

(3) 单位体积内的分子平均动能为

$$n \cdot 5kT/2, \text{ 而 } P=nKT$$

$$E=5P/2=2.5 \times 10^3 \text{ J/m}^3$$

$$\text{系统总内能为 } 2 \times E=5 \times 10^3 \text{ J} \quad (4 \text{ 分})$$

六、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

有 1 mol 刚性多原子分子的理想气体，原来的压强为 1.0 atm ，温度为 27°C ，若经过一绝热过程，使其压强增加到 16 atm 。试求：

(1) 气体内能的增量；

(2) 在该过程中气体所作的功；

(3) 终态时，气体的分子数密度。

($1 \text{ atm}=1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，玻尔兹曼常量 $k=1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ ，普适气体常量 $R=8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

每小题各 4 分

解答：(1) \because 刚性多原子分子 $i=6$, $\gamma = \frac{i+2}{i} = 4/3$

$$\therefore T_2 = T_1 (p_2 / p_1)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = 600 \text{ K}$$

$$\Delta E = (M / M_{mol}) \frac{1}{2} i R (T_2 - T_1) = 7.48 \times 10^3 \text{ J}$$

(2) \because 绝热 $W = -\Delta E = -7.48 \times 10^3 \text{ J}$ (外界对气体作功)

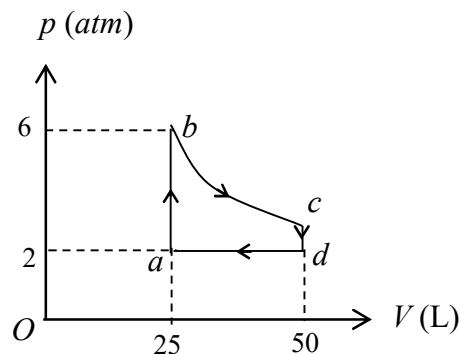
(3) $\because p_2 = n k T_2$

$$\therefore n = p_2 / (k T_2) = 1.96 \times 10^{26} \text{ 个/m}^3$$

七、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

气缸内贮有 36 g 水蒸汽(视为刚性分子理想气体)，经 $abcda$ 循环过程如图所示。其中 $a \rightarrow b$ 、 $c \rightarrow d$ 为等体过程， $b \rightarrow c$ 为等温过程， $d \rightarrow a$ 为等压过程。试求：

- (1) $d \rightarrow a$ 过程中水蒸汽作的功 W_{da}
 - (2) $a \rightarrow b$ 过程中水蒸汽内能的增量 ΔE_{ab}
 - (3) 循环过程水蒸汽作的净功 W
 - (4) 循环效率 η
- (1 atm = 1.013×10^5 Pa)



每小题各 3 分

解：水蒸汽的质量 $M = 36 \times 10^{-3}$ kg

水蒸汽的摩尔质量 $M_{mol} = 18 \times 10^{-3}$ kg, $i = 6$

$$(1) \quad W_{da} = p_a(V_a - V_d) = -5.065 \times 10^3 \text{ J}$$

$$(2) \quad \begin{aligned} \Delta E_{ab} &= (M/M_{mol})(i/2)R(T_b - T_a) \\ &= (i/2)V_a(p_b - p_a) \\ &= 3.039 \times 10^4 \text{ J} \end{aligned}$$

$$(3) \quad \begin{aligned} T_b &= \frac{p_b V_a}{(M/M_{mol})R} = 914 \text{ K} \\ W_{bc} &= (M/M_{mol})RT_b \ln(V_c/V_b) = 1.05 \times 10^4 \text{ J} \\ \text{净功 } W &= W_{bc} + W_{da} = 5.47 \times 10^3 \text{ J} \end{aligned}$$

$$(4) \quad \begin{aligned} Q_1 &= Q_{ab} + Q_{bc} = \Delta E_{ab} + W_{bc} = 4.09 \times 10^4 \text{ J} \\ \eta &= W/Q_1 = 13\% \end{aligned}$$