

中山大学本科生期末考试

考试科目:《大学物理》(A 卷)

学年学期: 2020-2021 学年第 1 学期

姓 名: _____

学 院/系: 物理学院

学 号: _____

考试方式: 闭卷

年级专业: _____

考试时长: 120 分钟

班 别: _____

警示

《中山大学授予学士学位工作细则》第八条:“考试作弊者,不授予学士学位。”

以下为试题区域,共 25 道大题,总分 100 分,考生请在答题纸上作答

一、选择题 (每题 2 分)

1. (2 分) 如右图1所示, 一单原子理想气体循环过程的 $V-T$ 图, 图中 $V_C = 2V_A$, 则该循环 ()
- A. 代表的是制冷机, 制冷系数为 34 B. 代表的是热机, 效率为 24.6%
- C. 代表的是热机, 效率为 12.3% D. 代表的是制冷机, 制冷系数为 17

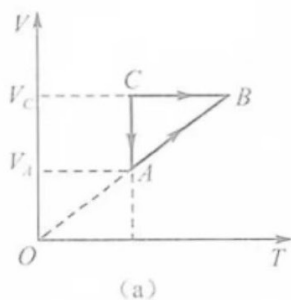


图 1 第一题 a

【思路探索】以正循环、逆循环来区分是热机还是制冷机是以 $p-V$ 图中的循环曲线行进方向而言的. 因此, 要将 $V-T$ 图转换为相应的 $p-V$ 图. 循环效率可由热量求出, 即 $\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$, Q_1 为循环过程中系统吸收的总热量, Q_2 为循环过程中系统放出的总热量 (绝对值).

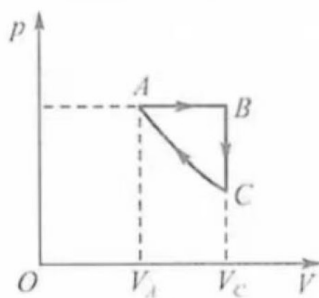


图2 第一题 b

解:

(1) 根据题意, 将 $V-T$ 图转换为相应的 $p-V$ 图, 如图2所示, 图中曲线行进方向是正循环, 即为热机循环.

(2) 由 $p-V$ 图可知, 等压膨胀 $A \rightarrow B$ 为吸热过程, 吸收的热量为

$$Q_1 = \nu C_{p,m} (T_B - T_A),$$

等体降压 $B \rightarrow C$ 和等温压缩 $C \rightarrow A$ 为放热过程, 放出的热量 (绝对值) 为

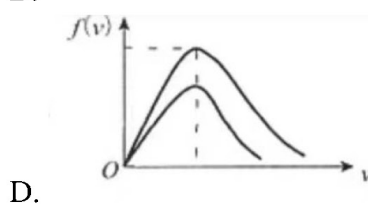
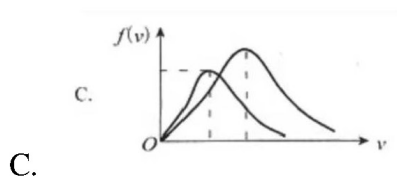
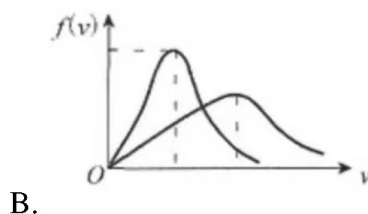
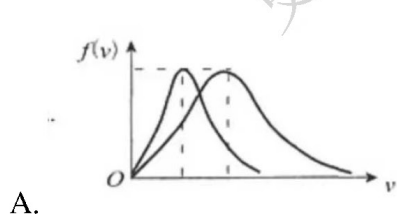
$$Q_2 = \nu C_{V,m} (T_B - T_C) + \nu RT_A \ln \frac{V_C}{V_A}.$$

因为 A 是等压线, 且有 $V_C = 2V_A, T_B = 2T_A$; A 为等温线, 有 $T_A = T_C$. 对理想气体单原子分子, $C_{p,m} = \frac{5R}{2}, C_{V,m} = \frac{3R}{2}$, 所以循环效率为

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{C_{V,m} T_A + RT_A \ln 2}{C_{p,m} T_A} = 1 - \frac{3 + 2 \ln 2}{5} = 12.3\%$$

选 C

2. (2 分) 如图所列各图表示的速率分布曲线, 哪一图中的两条曲线能表示同一-温度下氮气和氦气的分子速率分布曲线?(B)



3. (2 分) 汽车的喇叭发射频率为 400 Hz 的声波, 当车 100 km/h 的速度追赶前方的车辆时前车的接受声波频率为 370Hz。设没有风, 空气中的声速为 330m/s。前方车辆行驶的速度是 ()

- A. 182 km/h B. 108 km/h C. 422 km/h D. 50 km/h

4. (2 分) 有以下说法 (1) 作用于质点的力不为零, 质点所受的力矩也总不为零 (2) 作用于质点系的外力矢量和为零, 外力矩之和也一定为零 (3) 质点的角动量不为零, 作用于该质点上的力可能为零 ()

- A. (1) 和 (3) 是正确的 B. (2) 和 (3) 是正确的
C. (1) 和 (2) 是正确的 D. 只有 (3) 是正确的

解:

(1) 不一定。当力的作用线过参考点时, 对该点的力矩就一定为零。

(2) 不一定。作用于质点系的一对力偶 (两个大小相等, 方向相反, 但不共线的力), 对任一点的力矩之和均不等于零 (其力矩之和称为该力偶的力偶矩)。

(3) 可能为零。角动量的变化等于对同一参考点或轴的力矩的矢量和。角动量不为零但不变, 则角动量的变化为零。例如: 质点作匀速直线运动, 对线外一点的角动量不为零, 但质点受力为零。

选 D

5. (2 分) 一长为 l 的软细绳一端固定在 O 点, 另一端连着质量为 m 的小球, 小球以 O 点为圆心作匀速圆周运动, 如果要使小球能在竖直平面内做完整的圆周运动, 则小球在最高点的速度最小为 ()

()

- A. $\sqrt{3gl}$ B. $\sqrt{gl}$ C. $\sqrt{2gl}$ D. 0

答案 B

6. (2 分) 关于热力学知识的几个表述, 其中正确的是 ()

- A. 物体的温度越高, 其热量越大
B. 物体的温度越高, 其内能越大
C. 物体在一定状态时, 具有一定的热量
D. 物体的内能越大, 则具有的热量越多

答案 B

7. (2 分) 热力学第二定律表明 ()

- A. 有规则运动的能量能够变为无规则运动的能量, 但无规则运动的能量不能够变为有规则运动的能量。
B. 热量不能从低温物体传向高温物体。
C. 在孤立系统中, 时间的流逝总是沿着熵增加的方向进行的
D. 功可以全部转变为热量, 但热量不能全部转换成功。

答案 c

8. (2 分) 一条不可伸长的轻绳跨过质量可忽略不计的光滑定滑轮, 绳的一端系一质量 $m = 15\text{kg}$ 的重物, 重物静止于地面上, 有一质量 $m' = 10\text{kg}$ 的猴子, 从绳子的另一端沿绳向上爬, 如图3所示, 在重物不离地面的条件下, 猴子向上爬的最大加速度为 () ($g = 9.8\text{m/s}^2$)。

A. 5.1m/s^2

B. 3.8m/s^2

C. 4.5m/s^2

D. 4.9m/s^2

答案 D

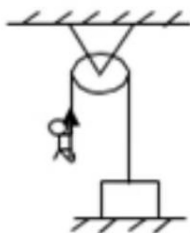


图3 第八题

9. (2 分) 如图4所示, 为一平面简谐机械波在 t 时刻的波形曲线, 若此时 A 点处介质元的振动动能在增大, 则 ()

A. A 点处介质元的弹性势能在减小

B. 波沿 X 轴负向传播

C. B 点处介质元的振动动能在减小

D. 各点波的能量密度都不随时间变化

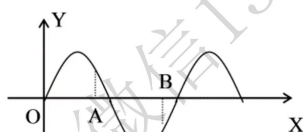


图4 第九题

解:

机械波在传播过程中, 介质点在平衡位置处, 势能和动能同时最大。

由于 A 点质元动能增加, 所以是向下运动, 也就是波的传播方向是负方向,

选 B

10. (2 分) 质点作曲线运动, 在时刻 t 质点的位矢为 $\mathbf{r}$, 速度为 $\mathbf{v}$, 速率为 v , t 至 $(t + \Delta t)$ 时间内的位移为 $\Delta\mathbf{r}$, 路程为 Δs , 位矢大小的变化量为 Δr (或称 $\Delta|\mathbf{r}|$), 平均速度为 $\bar{\mathbf{v}}$, 平均速率为 $\bar{v}$. 根据上述情况, 必有 ()

A. $|\Delta\mathbf{r}| = \Delta s = \Delta r$

B. $|\Delta\mathbf{r}| \neq \Delta s \neq \Delta r$, 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时有 $|\mathrm{d}\mathbf{r}| = \mathrm{d}s \neq \mathrm{d}r$

C. $|\Delta\mathbf{r}| \neq \Delta r \neq \Delta s$, 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时有 $|\mathrm{d}\mathbf{r}| = \mathrm{d}r \neq \mathrm{d}s$

D. $|\Delta\mathbf{r}| = \Delta s \neq \Delta r$, 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时有 $|\mathrm{d}\mathbf{r}| = \mathrm{d}r = \mathrm{d}s$

【分析】(1) 如图5所示, t 时刻位矢为 $\mathbf{r}_A$, $t + \Delta t$ 时刻位矢为 $\mathbf{r}_B$, 则 Δt 时间内的位移为 $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A$, 如图 $\overline{AB}$, Δt 时间内走过的路程 Δs 。如图曲线 $\widehat{AB}$, 可知 $|\Delta\mathbf{r}| = AB$ (直线), $\Delta s = \widehat{AB}$ (曲线), $\Delta r = |\mathbf{r}_B| - |\mathbf{r}_A| = r_B - r_A$, 如图6所示, 又由于是在曲线运动中, 所以,

$|\Delta \mathbf{r}| = \Delta r \neq \Delta r$, 但当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, 曲线 AB 趋近于直线 AB , $|\mathrm{d}\mathbf{r}| = \mathrm{d}s$, 但却不等于 $\mathrm{d}r$, 故答案为 B.

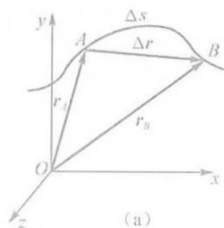


图 5 第十题图一

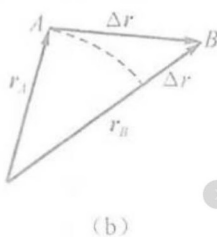
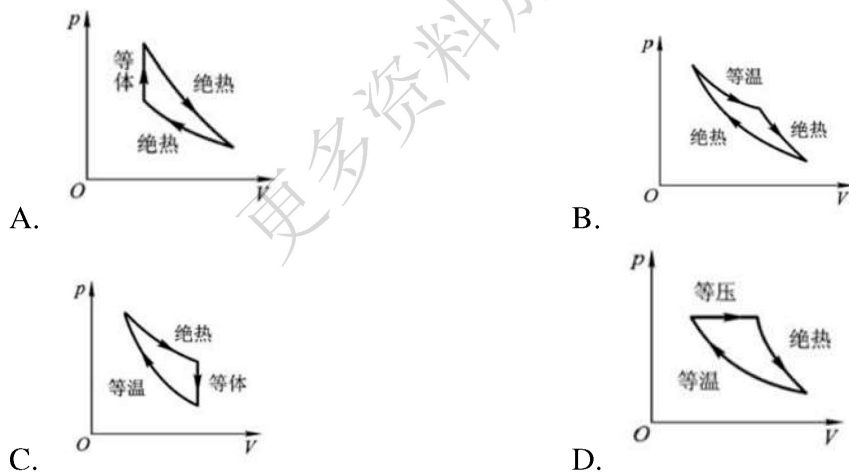


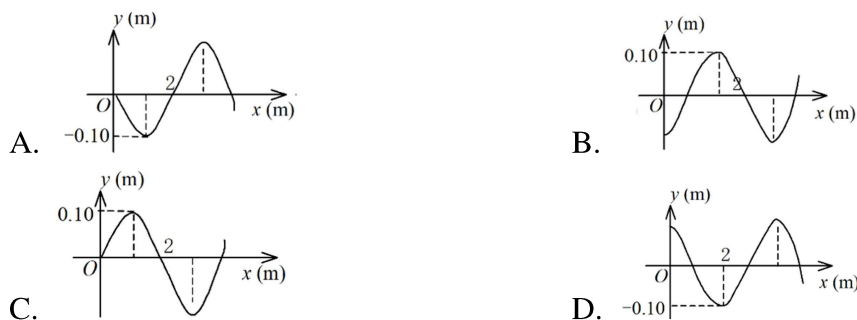
图 6 第十题图二

11. (2 分) 所列四图分别表示理想气体的四个设想的循环过程。请选出一个在物理上可能实现的循环过程的标号。()



解: 绝热线不可以相交, 绝热线比等温线陡峭
选 D

12. (2 分) 一平面简谐波沿 Ox 正方向传播, 已知其波动方程为 $y = 0.10 \cos \left[2\pi \left(\frac{t}{2} - \frac{x}{4} \right) + \frac{\pi}{2} \right]$ 。该波在 $t = 0.5s$ 时刻的波形图应是 ()



解:

将 $t = 0.5s$ 代入波动表达式可得: $y = 0.10 \cos\left(\pi - \frac{\pi}{2}x\right)$, 当 $x = 0$ 时, $y = -0.10$, 故 **B** 正确, **ACD** 错误. 故本题选: **B**

13. (2 分) 波由一种媒质进入另一种媒质时, 其传播速度、频率、波长 ()

- A. 都不发生变化
B. 速度和频率变, 波长不变
C. 都发生变化
D. 速度和波长变、频率不变

解:

波速由媒质决定, 媒质改变, 波速要变化, 频率与媒质无关, 只与波源有关, 故频率不变。由 $\lambda v = u$ 得, 波长也随媒质的改变而变化

选 **D**

14. (2 分) 弹簧振子的振幅变为原来的两倍, 则 ()

- A. 总能量变为原来的三倍
B. 最大速度变为原来的两倍
C. 振动周期变为原来的两倍
D. 最大加速度不变

解:

其振动周期不变, 振动能量为原来的 4 倍, 最大速度为原来的 2 倍, 最大加速度为原来的 2 倍, 选 **B**

15. (2 分) 一绝热容器被隔板分成左右两半, 一半是真空, 另一半是理想气体。若把隔板抽开后 ()

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

解:

绝热自由膨胀过程气体不做功, 也无热量交换, 故内能不变, 所以温度不变。因过程是不可逆的, 所以熵增加。

故选 **C**

16. (2 分) 在一定的温度下, 理想气体分子速率分布函数 $f(v)$ 如图7所示。那么, 当气体的温度降低时, 应有 ()

- A. 最概然速率 v_p 变小, 而 $f(v_p)$ 变大
B. 最概然速率 v_p 和 $f(v_p)$ 都变小
C. 最概然速率 v_p 变小, 而 $f(v_p)$ 不变
D. 最概然速率 v_p 不变, 而 $f(v_p)$ 变天

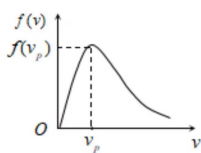


图 7 第十六题

17. (2 分) 载有两个小朋友的车, 最初静止在光滑的水平面上, 在车头的小朋友将校徽水平地抛给在车尾的小朋友, 车尾的小朋友随后接到校徽, 以小车、小朋友、校徽作为系统, 关于校徽从被抛出到被接到的过程, 下面说法正确的是 () ()

- A. 系统总动量不变, 总动能先增加后减小
B. 系统总动量先增加后减小, 总动能先增加后减小
C. 系统总动量先增加后减小, 总动能不变
D. 系统总动量不变, 总动能不变

解:

以小车、小朋友、校徽作为系统, 校徽从被抛出到被接到的过程中, 由于系统的合外力为零, 故动量守恒, 即系统总动量不变; 当校徽被抛出时, 需要消耗小朋友的能量转化为系统的动能, 故系统的总动能开始先增加, 当校徽被接住时, 小朋友对校徽和车做负功, 导致系统的总动能减少, 故系统的总动能先增加后减小;

综上所述, A 正确, BCD 错误。

18. (2 分) 一质量为 2 kg 的物体受到恒力 $\vec{F} = 2\vec{i} + 4\vec{j} \text{ (SI)}$ 的作用, 在水平面内运动。在 $t = 0$ 时, 物体位于 $x = 0, y = 2 \text{ (SI)}$, 速度为 0 , 则物体的运动方程为 ()

- A. $x = \frac{1}{2}t^2, y = \frac{1}{2}t^2$ B. $x = t^2, y = \frac{1}{2}t^2 + 2$
C. $x = t^2 + 2, y = \frac{1}{2}t^2$ D. $x = \frac{1}{2}t^2, y = t^2 + 2$

解: 选 D

19. (2 分) 对质点系有以下几种说法: (1) 质点系总动量的改变与内力无关; (2) 质点系总动能的改变与内力无关; (3) 质点系机械能的改变与保守内力无关。下列对上述说法判断正确的是 ()

- A. 只有 (1) 是正确的 B. (1)、(2) 是正确的
C. (1)、(3) 是正确的 D. (2)、(3) 是正确的

解: (1) 根据质点组的动量定理知, 质点组的总动量的改变只与质点组所受到的外力有关, 与内力无关, 故 (1) 正确;

(2) 根据质点组的动能定理知, 质点组总动能的变化等于质点组受到的外力和内力做功之和, 与内力有关, 故 (2) 错误;

(3) 根据质点组的机械能守恒律知, 当外力和内力都为保守内力时, 质点组的机械能不

变, 故质点组的机械能与保守内力无关, 故 (3) 正确。

故选: C。

20. (2 分) 在温度为 227°C 和 27°C 的高温热源和低温热源之间工作的热机, 理论上的最大效率是 ()

A. 88. 11% B. 60% C. 40% D. 25%

解:

由卡诺热机效率 $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 40\%$

选 C

21. (2 分) 在下面的四种情况下, 一定能使理想气体分子的平均碰撞次数 $\bar{Z}$ 增大的是 ()。()

A. 增大压强 P , 提高温度 T B. 降低压强 P , 提高温度 T
C. 降低压强 P , 温度 T 不变 D. 增大压强 P , 降低温度 T

解:

设 M 为氢分子的摩尔质量, p 为气体的压强, T 为气体的温度, d 为分子的有效直径, n 为分子数密度, R 为摩尔气体常量, k 为玻耳兹曼常量。则理想气体分子的平均碰撞次数为

$$\bar{Z} = \sqrt{2}\pi d^2 m \bar{v} = \sqrt{2}\pi d^2 \cdot \frac{P}{kT} \cdot \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} = \sqrt{2}\pi d^2 \frac{P}{k\sqrt{T}} \cdot \sqrt{\frac{8R}{\pi M}}$$

可见, 当 $\frac{P}{\sqrt{T}}$ 增大时, $\bar{Z}$ 增大, 而选项中只有 C 选项可以确定 $\frac{P}{\sqrt{T}}$ 一定增大,

故正确答案 D 项。

二、计算题.

如图8一质量为 m 的铁块静止在质量为 m_0 的劈尖上, 劈尖本身又静止在水平桌面上。劈尖与桌面的夹角为 α , 设所有接触都是光滑的。当铁块位于高出桌面 h 处时, 这个铁块-劈尖系统由静止开始运动。当铁块落到桌面上时, 劈尖的速度有多大?

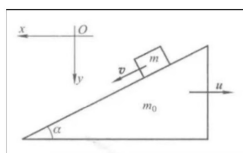


图 8 计算题一

解:

取坐标系 Oxy 于桌面 (惯性系), 如解如图8 所示。设劈尖对桌面的速度为 u , 朝 x 轴负向

运动, 铁块对桌面的速度为 v , 相对劈尖的速度为 v' , v 的水平分量沿 x 轴正向, 有

$$v = v' + u$$

$$v_x = v'_x - u = v' \cos \alpha - u$$

$$v_y = v'_y = v' \sin \alpha$$

铁块和劈尖系统在水平方向的动量守恒, 有

$$-m_0 u + m(v' \cos \alpha - u) = 0$$

对铁块、劈尖和地球系统, 机械能守恒。选桌面为重力势能零点。有

$$mgh = \frac{1}{2}m_0 u^2 + \frac{1}{2}mv^2$$

式中

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 = (v' \cos \alpha - u)^2 + v'^2 \sin^2 \alpha$$

解上述方程, 得

$$u = m \cos \alpha \sqrt{\frac{2gh}{(m_0 + m)(m_0 + m \sin^2 \alpha)}}$$

2. 有 N 个分子, 设其速率分布曲线如图9, 求:

- (1) 其速率分布函数;
- (2) 速率大于 v_0 和小于 v_0 的分子数;
- (3) 分子的平均速率;
- (4) 分子的方均根速率和分子的最概然速率。

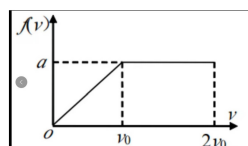


图9 计算题二

解:

(1) 由数学知识和分布函数归一化条件易得, 速率分布函数为

$$f(v) = \begin{cases} 2v/(3v_0^2) & (0 \leq v \leq v_0) \\ 2/(3v_0) & (v_0 \leq v \leq 2v_0) \\ 0 & (v \geq 2v_0) \end{cases}$$

(2) 速率大于 v_0 的分子数为

$$\Delta N_1 = \int_{v_0}^{2v_0} N f(v) dv = \int_{v_0}^{2v_0} N \frac{2}{3v_0} dv = \frac{2}{3}N$$

速率小于 $2v_0$ 的分子数为

$$\Delta N_2 = \int_0^{2v_0} N f(v) dv = N$$

(3) 分子的平均速率为

$$\bar{v} = \int_0^{\infty} v f(v) dv = \int_0^{\infty} (2v^2/3v_0^2) dv + \int_{v_0}^{2v_0} (2v/3v_0) dv = \frac{2}{9}v_0 + v_0 = \frac{11}{9}v_0$$

$$(4) \overline{v^2} = \int_0^{\infty} v^2 f(v) dv = \int_0^{v_0} (2v^3/3v_0^2) dv + \int_{v_0}^{2v_0} (2v^2/3v_0) dv = \frac{31}{18}v_0^2$$

分子的方均根速率为 $\sqrt{\overline{v^2}} = 1.31v_0$

因为速率分布函数 $f = f(v)$ 的极大值不存在, 所以分子的最概然速率也不存在。

3. 沿 x 轴负方向传播的平面简谐波在 $t = 2$ s 时刻的波形曲线如图10所示, 设波速 $u = 0.5$ m/s. 求: 原点 O 的振动方程。

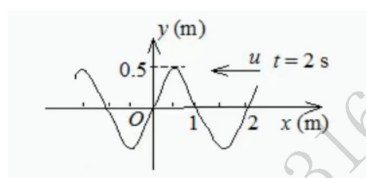


图 10 计算题三

解:

由图10, $\lambda = 2$ m, 又 $\because u = 0.5$ m/s, $\therefore \nu = 1/4$ Hz,

$T = 4$ s. 题图中 $t = 2$ s = $\frac{1}{2}T$. $t = 0$ 时, 波形比题图中的波形倒退 $\frac{1}{2}\lambda$, 见图10 此时 O 点位移 $y_0 = 0$ (过平衡位置) 且朝 y 轴负方向运动,

$$\therefore \phi = \frac{1}{2}\pi$$

$$\therefore y = 0.5 \cos\left(\frac{1}{2}\pi t + \frac{1}{2}\pi\right) \quad (\text{SI})$$

4. 如图11一理想气体开始处于 $T_1 = 300$ K, $p_1 = 3.039 \times 10^2$ Pa, $V_1 = 4$ m³ 的平衡态。该气体等温地膨胀到体积为 16 m³, 接着经过一等体过程达到某一压强, 从这个压强再经一绝热压缩就可使气体回到它的初态。设全部过程都是可逆的。求:

(1) 每段过程气体所做功和熵变 (5 分)

(2) 整个循环过程气体所做的功, 熵变和循环的效率 (5 分)

解:

等温过程中气体对外做的功为

$$\begin{aligned} A_T &= \nu RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = p_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \\ &= 3.039 \times 10^5 \times 4 \times \ln \frac{16}{4} \\ &= 1.69 \times 10^6 (\text{J}) \end{aligned}$$

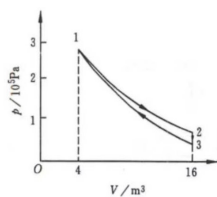


图 11 计算题四

熵变为

$$\begin{aligned}\Delta S_T &= \frac{Q}{T_1} = \nu R \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1 V_1}{T_1} \ln \frac{V_2}{V_1} \\ &= \frac{3.039 \times 10^5 \times 4}{300} \ln \frac{16}{4} \\ &= 5.63 \times 10^3 (\text{J/K})\end{aligned}$$

等体过程中气体对外做的功 $A_V = 0$, 熵变为

$$\Delta S_V = \int_{T_2}^{T_3} \frac{\nu C_{V,m} dT}{T} = \nu C_{V,m} \ln \frac{T_3}{T_2}$$

由于 $T_3/T_2 = T_3/T_1 = (V_1/V_2)^{\gamma-1}$, 所以又有

$$\begin{aligned}\Delta S_V &= \nu C_{V,m} \ln \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = \nu(\gamma-1) C_{V,m} \ln \frac{V_1}{V_2} \\ &= \frac{p_1 V_1}{RT_1} (\gamma-1) C_{V,m} \ln \frac{V_1}{V_2} = \frac{p_1 V_1}{T_1} \ln \frac{V_1}{V_2} \\ &= \frac{3.039 \times 10^5 \times 4}{300} \ln \frac{4}{16} \\ &= -5.63 \times 10^3 (\text{J/K})\end{aligned}$$

绝热过程中气体对外做的功为

$$\begin{aligned}A_s &= \frac{1}{\gamma-1} (p_2 V_2 - p_1 V_1) \\ &= \frac{p_1 V_1}{\gamma-1} \left[\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} - 1 \right] \\ &= \frac{3.039 \times 10^5 \times 4}{1.4-1} \left[\left(\frac{4}{16} \right)^{1.4-1} - 1 \right] \\ &= -1.30 \times 10^6 (\text{J})\end{aligned}$$

熵变为

$$\Delta S_S = 0$$

整个循环过程气体对外做功为

$$\begin{aligned}A &= A_T + A_V + A_s \\ &= 1.69 \times 10^6 + 0 + (-1.30 \times 10^6) \\ &= 0.39 \times 10^6 (\text{J})\end{aligned}$$

熵变为

$$\Delta S = \Delta S_T + \Delta S_V + \Delta S_s = 5.63 \times 10^3 + (-5.63 \times 10^3) + 0 = 0$$

更多资料加微信13316682031