

物理大练习 6

Part 1 知识点回顾

表 6-2 理想气体热力学过程的主要公式

过程	特征	过程方程	吸收热量 Q	对外做功 A	内能增量 ΔE	摩尔热容 C_m
等体	$V = \text{常量}$	$\frac{p}{T} = \text{常量}$	$\frac{m}{M} C_{V,m} (T_2 - T_1)$	0	$\frac{m}{M} C_{V,m} (T_2 - T_1)$	$C_{V,m}$
等压	$p = \text{常量}$	$\frac{V}{T} = \text{常量}$	$\frac{m}{M} C_{p,m} (T_2 - T_1)$ 或 $\frac{m}{M} R (T_2 - T_1)$	$p(V_2 - V_1)$	$\frac{m}{M} C_{p,m} (T_2 - T_1)$	$C_{p,m} = C_{V,m} + R$
等温	$T = \text{常量}$	$pV = \text{常量}$	$\frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$ 或 $\frac{m}{M} RT \ln \frac{p_1}{p_2}$	$\frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$ 或 $\frac{m}{M} RT \ln \frac{p_1}{p_2}$	0	∞
绝热	$\delta Q = 0$	$pV^\gamma = \text{常量}$ $V^{\gamma-1}T = \text{常量}$ $p^{\gamma-1}T^\gamma = \text{常量}$	0	$-\frac{m}{M} C_{V,m} (T_2 - T_1)$ 或 $\frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{\gamma - 1}$	$\frac{m}{M} C_{V,m} (T_2 - T_1)$	0
多方		$pV^n = \text{常量}$ $V^{n-1}T = \text{常量}$ $P^{n-1}T^n = \text{常量}$	$A + \Delta E$	$\frac{p_1 V_1 - p_2 V_2}{n-1}$	$\frac{m}{M} C_{V,m} (T_2 - T_1)$	$C_{n,m} = C_{V,m} + \frac{R}{1-n}$

提示公式：麦克斯韦速率分布函数

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m_0}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}} v^2$$

数学工具：高斯积分（可查表，考试时会給）

$$g_0 = \int_0^{\infty} e^{-\alpha x^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2\sqrt{\alpha}}, \quad g_1 = \int_0^{\infty} x e^{-\alpha x^2} dx = \frac{1}{2\alpha},$$

$$g_2 = \int_0^{\infty} x^2 e^{-\alpha x^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{4(\alpha)^{\frac{3}{2}}}, \quad g_3 = \int_0^{\infty} x^3 e^{-\alpha x^2} dx = \frac{1}{2\alpha^2},$$

$$g_4 = \int_0^{\infty} x^4 e^{-\alpha x^2} dx = \frac{3\sqrt{\pi}}{8(\alpha)^{\frac{5}{2}}},$$

Part 2 例题练习

例题 6-1

一气缸中贮有氮气，质量为 1.25 kg，在标准大气压下缓慢地加热，使温度升高 1 K。试求气体膨胀时所做的功 A 、气体内能的增量 ΔE 以及气体所吸收的热量 Q_p 。（活塞的质量以及它与气缸壁的摩擦均可略去。）

例题 6-2

设有 8 g 氧气，体积为 $0.41 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ，温度为 300 K。如氧气作绝热膨胀，膨胀后的体积为 $4.10 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ，问气体做功多少？如氧气作等温膨胀，膨胀后的体积也是 $4.10 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ，问这时气体做功多少？

例题 6-3

两个绝热容器,体积分别是 V_1 和 V_2 ,用一带有阀门的管子连起来。打开阀门前,第一个容器盛有氮气,温度为 T_1 ,第二个容器盛有氩气,温度为 T_2 ,试证打开阀门后混合气体的温度和压强分别是

$$T = \frac{\frac{m_1}{M_1} C_{V,m1} T_1 + \frac{m_2}{M_2} C_{V,m2} T_2}{\frac{m_1}{M_1} C_{V,m1} + \frac{m_2}{M_2} C_{V,m2}}$$

$$p = \frac{1}{V_1 + V_2} \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) RT$$

式中 $C_{V,m1}$ 、 $C_{V,m2}$ 分别是氮气和氩气的摩尔定容热容, m_1 、 m_2 和 M_1 、 M_2 分别是氮气和氩气的质量和摩尔质量。

例题 6-5

有一卡诺制冷机,从温度为-10℃的冷藏室吸取热量,而向温度为20℃的物体放出热量。设该制冷机所耗功率为15kW,问每分钟从冷藏室吸取的热量为多少?

例题 6-8

今有1kg0℃的冰熔化成0℃的水,求其熵变(设冰的熔化热为 3.35×10^5 J/kg)。

例题 6-9

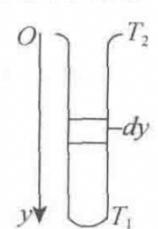
有一热容为 C_1 、温度为 T_1 的固体与热容为 C_2 、温度为 T_2 的液体共置于一绝热容器内。(1)试求平衡建立后,系统最后的温度;(2)试确定系统总的熵变。

Part 3 补充练习

例 1 一容器内装有氧气0.1kg,压强为10atm,温度为47℃。因容器漏气,经若干时间后,压强降到原来的 $5/8$,温度降到27℃,问:

- (1) 容器的容积有多大?
- (2) 后来漏了多少氧气?

例 2 一长金属管下端封闭,上端开口,置于压强 p_0 的大气中,如图12-1所示,今在分闭端口加热到 $T_1 = 1000$ K,另一端达到 $T_2 = 200$ K,设温度沿管长均匀变化,现封闭开口端,并使金属管冷却到100K,计算此时管内压强。



例 3 1mol单原子理想气体,从同一状态1出发,经过等容、等压和绝热三个不同的过程分别达到同一条等温线上,如图12-2所示。设图中两条等温线的温度分别为 $T_1 = 300$ K, $T_2 = 400$ K,试分别求出三个过程的内能增量、功和热量值。

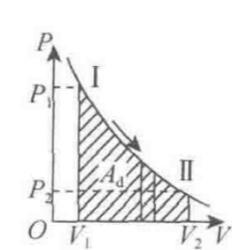


图 12-2

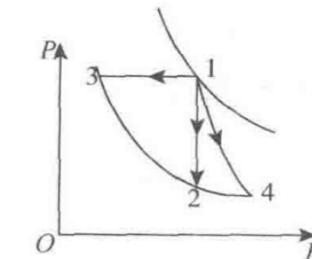


图 12-3

例 4 利用麦克斯韦速率分布律,求单位时间里,碰撞到容器内表面单位面积上的气体分子数。

- 1 如果在一个固定的容器内,理想气体的温度提高为原来的两倍,那么出现的结果是:气体压强提高为原来的_____倍,分子的平均动能提高为原来的_____倍。
(中国科学院研究生2007年硕士学位研究生入学考试试题)

- 2 按照气体分子运动论,气体压强的形成是由于()

- A. 气体分子不断碰撞器壁
- B. 气体分子之间不断发生碰撞
- C. 气体分子的扩散
- D. 理想气体的热胀冷缩现象

(清华大学2000年硕士学位研究生入学考试试题)

- 3 按照经典的能均分定理,由刚性双原子分子组成的理想气体的定体摩尔热容量是理想气体常数R的_____。

- A. 1倍
- B. 1.5倍
- C. 2倍
- D. 2.5倍

(清华大学2000年硕士学位研究生入学考试试题)

- 4 1 mol 单原子分子从状态 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, 则可以求出()。

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

(中国科学院研究生院 2007 年硕士学位研究生入学考试试题)

- 5 已知一理想气体的分子速率分布函数为 $f(v)$, 试写出此气体的分子平均速率表达形式_____。

(复旦大学 2006 年硕士学位研究生入学考试试题)

- 6 $f(v)$ 为麦氏速率分布函数, $\int_{v_1}^{v_2} f(v) dv$ 表示_____。

(西安交通大学 2007 年硕士学位研究生入学考试试题)

- 7 $f(v)$ 为速率分布函数, 则速率 $v \sim v_p$ 的分子平均速率表达式为()。

$$\begin{array}{ll} A. \bar{v} = \int_0^{v_p} f(v) dv & B. \bar{v} = \frac{\int_0^{v_p} vf(v) dv}{\int_0^{v_p} f(v) dv} \\ C. \bar{v} = \int_0^{v_p} vf(v) dv & D. \bar{v} = \frac{1}{2} v_p \end{array}$$

(中国科学院西安光机所 2006 年硕士学位研究生入学考试试题)

分子总数。

- 8 设气体的速率分布函数为 $f(v)$, 总分子数为 N , 则

(1) 处于 $v \sim v + dv$ 速率区间的分子数 $dN = \dots$;

(2) 处于 $v \sim v_p$ 的分子数 $\Delta N = \frac{\Delta N}{N} = \dots$;

(3) 平均速率 \bar{v} 与 $f(v)$ 的关系为 $\bar{v} = \dots$.

(中国科学院西安光机所 2005 年硕士学位研究生入学考试试题)

- 9 设气体分子的速率分布满足麦克斯韦分布律。

(1) 求气体分子速率与最概然速率相差不超过 0.5% 的分子占全部分子的百分之几?

(2) 设氢气的温度为 300 K, 求速率在 3000 ~ 3010 m/s 之间的分子数之比。

(3) 某种气体的温度为 100 K 和 400 K 时的最概然速率分别为 v_{p1} 和 v_{p2} . 在 100 K 时与 v_{p1} 相差不超过 1 m/s 的分子数为总数的 $a\%$, 求 400 K 时 v_{p2} 相差不超过 1 m/s 的分子数占总数的百分比。

(南京大学 2006 年硕士学位研究生入学考试试题)

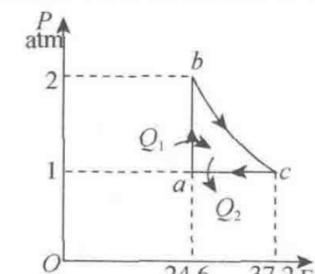
- 10 根据麦克斯韦速率分布, 在室温下(300 K) 氢气分子的方均根速率的数量级为()。

A. 1 倍 B. 10^2 m/s C. 10^3 m/s D. 10^4 m/s

(清华大学 2000 年硕士学位研究生入学考试试题)

例 2 1 mol 氮气, 作如图 13-3 所示的 abcd 循环, bc 为绝热过程, 试求:

- (1) T_a 、 T_b 和 T_c .
(2) 等温过程 ab 的内能变换 ΔE_{ab} .
(3) 氮气在一循环中所做的功 A.
(4) 循环效率 η .



- 1 如图 13-4 所示, 一定量理想气体由 P 点出发, 经历不同过程, 其中 PC 为等温过程, PE 为绝热过程, 则哪一过程吸热最多? _____; 哪一过程吸热而降温? _____; 哪一过程放热? _____.

(中国科学院西安光机所 2006 年硕士学位研究生入学考试试题)

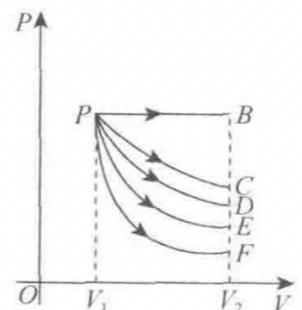


图 13-4

- 2 已知 1 mol 气体的状态方程为 $p(V-b) = RT$, 内能 $E = C_V T E_0$, 式中 b 、 C_V 、 E_0 为常量, 该气体由 (p_1, V_1) 态经绝热过程到达 (p_2, V_2) 态, 试求:

- (1) 气体的绝热过程方程;
(2) 此过程中气体所做的功.

(复旦大学 2003 年硕士学位研究生入学考试试题)

- 3 1 mol 双原子理想气体的过程方程为 $pV^2 = \text{常数}$, 已知初态为 (p_1, V_1) , 求:

- (1) 气体沿此过程膨胀到 $2V_1$ 对外所做的功, 气体内能的变化和吸收(或放出)的热量;
(2) 摩尔热容 C.

(复旦大学 2004 年硕士学位研究生入学考试试题)

- 4 某气体服从这样的状态方程 $p(V-vb) = uRT$, 内能为 $E = C_V T + E_0$, 其中 C_V 和 E_0 是常量.
 (1) 求定体摩尔热容;
 (2) 求等温过程中, 系统对外所做的功;
 (3) 证明: 定压摩尔热容为 $C_p = C_V + uR$.
 (中山大学 2004 年硕士学位研究生入学考试试题)

- 5 如图 13-5 所示, 一定量的理想气体, 从 pV 图上初态 a 经历(1)或(2)过程到达末态 b , 已知 a, b 两态处于同一条绝热线上(图中虚线是绝热线), 则气体在
 A. (1) 过程中吸热, (2) 过程中放热
 B. (2) 过程中放热, (1) 过程中吸热
 C. 两种过程都吸热
 D. 两种过程都放热
 (华南理工大学 2005 年硕士学位研究生入学考试试题)

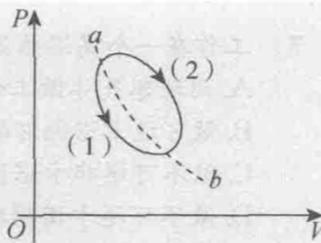


图 13-5

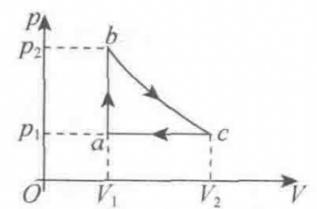
- 6 一卡诺热机工作在 360 K 的高温热源和 270 K 的低温热源之间, 如果每个循环从高温热源吸收的热量为 600 J, 则每个循环中该热机对外做功为多少? 将此热机逆向运行(变为卡诺制冷机), 如果每个循环要从低温热源抽走 1200 J 的热量, 则外界必须做多少功?
 (浙江大学 2006 年硕士学位研究生入学考试试题)

- 7 工作在一个高温热源和一个低温热源间的热机.
 A. 用理想气体做工作物质的热机效率最高
 B. 做可逆卡诺循环的热机效率最高, 与工作物质无关
 C. 做不可逆非卡诺循环的热机效率最高
 D. 做不可逆卡诺循环且用理想气体做工作物质的热机效率最高
 (清华大学 2000 年硕士学位研究生入学考试试题)

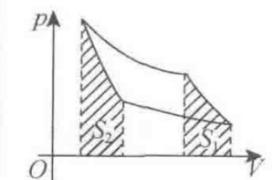
- 8 一台理想热机按卡诺循环工作, 每一个循环做功 $A = 7.35 \times 10^4$ J, 高温热源温度 $T_1 = 100^\circ\text{C}$, 低温热源温度 $T_2 = 0^\circ\text{C}$, 则该热机效率为 _____, 热机每一循环从热源吸收的热量为 _____ J, 每一循环向低温处派出的热量是 _____ J.
 (中国科学院研究生院 2007 年硕士学位研究生入学考试试题)

- 9 一摩尔单原子理想气体, 自 a 点起顺时针经两个等体过程及两个等温过程完成循环(见图 13-6 中的 $T-V$ 图). 求:
 (1) 各过程中做的功及吸收的热量.
 (2) 此热机的循环效率(已知: $R = 8.31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$, $V_2 = 2V_1$).
 (复旦大学 2006 年硕士学位研究生入学考试实验)

- 10 一热机, 其工作物质为理想气体, 它的循环如图 13-7 所示, 从初态 a 经定体加热到状态 b , 再由状态 b 经绝热膨胀到状态 c , 然后进定压压缩返回初始状态, 求热机效率.
 (西安交通大学 2007 年硕士学位研究生入学考试试题)



- 11 理想气体卡诺循环过程的两条绝热线下的面积大小(图 13-8 中阴影部分)分别为 S_1 和 S_2 , 则二者的大小关系是().
 A. $S_1 > S_2$ B. $S_1 = S_2$ C. $S_1 < S_2$ D. 无法确定
 (中国科学院西安光机所 2005 年硕士学位研究生入学考试试题)



- 12 (电子技术大学) 一定量的理想气体向真空作绝热自由膨胀, 体积由 V_1 增至 V_2 , 在此过程中气体的().
 A. 内能不变, 熵增加
 B. 内能不变, 熵减少
 C. 内能不变, 熵不变
 D. 内能增加, 熵增加
 (电子科技大学 2005 年硕士学位研究生入学考试试题)

- 13 (吉林大学) 1 mol 单原子理想气体, 初始体积为 10 升, 温度为 27°C, 该气体经等压膨胀为原体积的两倍, 求此过程中的热力学系统内能变化、吸收的热量和系统做的总功.