热 学 测 验 题

1. 一定量的理想气体在温度为 Ta 、Tb 时分子的最可几速率分别 为 vpa 及 vpb。设 Ta >Tb ， 则 vpa vpb ， f(vpa)f(vpb)。
（填 < 或 > 或 =）
f(v)
2kT 2RT

f (vp1)
1

f (vp2)
vp m

f (vp3)
T2 vpa > vpb ，
T
f (vpa) < f (vpb)

0
p1 p2
vp3 v

p
绝热
等温
O　V
(A)
p
绝热

等温
O
（B）

(B) 是可能的。

V

p　p　等温
绝热　　绝热
绝热　　绝热

O　V　O　V

(C) (D)

解： 考虑 c 过程，绝热。$Q_c = 0$　$W_c > 0$　P　绝热
由热一律　$\Delta E_c + W_c = 0$ b

$\Delta E_c < 0$,
考虑 a 过程，
$\Delta T < 0$. c
a
O　V

$W_a > 0$ $\Delta E_a = \Delta E_c < 0$, $\Delta T < 0$.

由热一律 $Q_a = \Delta E_a + W_a = \Delta E_c + W_a = W_c + W_a < 0$. a 过程，放热

考虑 b 过程，

$W_b > 0$ $\Delta E_b = \Delta E_c < 0$, $\Delta T < 0$.

由热一律 $Q_b = \Delta E_b + W_b = \Delta E_c + W_b = W_c + W_b > 0$. b 过程，吸热

5. 一定量的理想气体分别经历如图（1）所示的 abc 过程和图

（2）所示的 def 过程,则这两种过程的净吸热和净放热的情况 是： abc 过程净 热，def 过程净 热。

p a

等温线

b c

p d

绝热线

e

f

图（1） V

图（2） V

解： 对于 a、c 两点 $\Delta E = 0$ 对于 abc 过程， W

由热一律 $Q_{abc} = \Delta E + W > 0$ abc 过程中净吸热。

（2）与 4 题 a 过程一样，净放热。

6. 图示为一理想气体几种状态变化过程的 P — V 图，其中 MT 为 等温线，MQ 为绝热线，在 AM、BM、CM 三种准静态过程中： (1)温度降低的是 过程；

(2)气体吸热的是 过程.

解：（1） A 点的温度高于 T 点的温度， AM 过程温度降低。

（2）CM 过程。

将 CMQC 视为一个循环， MQ 为绝热线，而 QC 放热，故 CM

为吸热过程。

P M A

T B Q C
O　V

8. 理想气体的压强为 P、 密度为　　，则 vrms=　　。

解：　　vrms
　　v2
3 RT

PV
M RT
RT　　PV
P　　P

　　M
M /V

3P
vrms

10. 大气中一绝热气缸内装有一定量的气体。用电炉徐徐加热， 活塞无摩擦地缓缓上升。此过程中，一下物理量如何变化？ (1)气体压强　；
(2)气体分子平均动能　；
(3)气体的内能　　。

(1)气体压强 不变 . (2)气体分子平均动能 增大 . (3)气体的内能 增大 .

11. 将 2kg，100℃的铅块投入 10 ℃ 的湖水中，铅与湖水组成的 系统的熵变为 。（已知铅的比热为 0.128×103J/kg・K）

解：铅放出的热量

Q=cm Δ T = 2 0.128 (100 －10) 103 = 23 103 J

Δ SPb

2 dQ

(R)1

T2 cmdT

T

1

T

cmPb ln 2

T1

2 0.128 103 ln

10

273

＝ －70.7 J/K

100

273

Δ S Q

23 10

= 81.4 J/K

W 273 10

Δsu= ΔsW+ ΔsPb= 81.4 －70.7 =10.7 J/K

二、 计 算 题

1. 绝热容器中间有一无摩擦、绝热的可移动的活塞。活塞的两 侧各有 mol 的理想气体， 。初态状态参量为 P0, V0 T0, 现 将一线圈通入左侧气体，对气体缓缓加热。左侧气体右移，使 右侧压强增加为 27P0/8, 求：

(1)左侧气体作了多少功？

(2)右侧气体的终温是多少？ (3)左侧气体的终温是多少？ (4)左侧气体吸收了多少热量？

解:（1）右侧为绝热过程

W P0V 0

P1V 1

P0V 0

(1

P1V 1)

P1=27 P0/8

右 1

1

P0V 0 1
P 4

对于绝热过程
P1V1
P0V0
V1

0
P1
V0 9 V0

经过计算得到
W 右
P0V 0

左侧气体的功
W 左
P0V 0

（2）右侧气体的终温是多少？

P1V1
P0V0
T 3 T

T1 T0
1 2 0

（3）左侧气体的终温是多少？

PA (2V0
VB)
P0V0

P = P = P

TA
TA

PA (2V0
T0
V1) 21
0 0

P0V0 4

（4）左侧气体吸收的热量是多少？ Q= ΔE+ W
W 左
P0V 0

CV,m
R
1
R = 2R
1.5 1

21
17 RT

ΔE = CV,mΔ
2R (
4
17
T0 T0) 2 0

Q = ΔE+ W
2 RT0
P0V0

2. 一绝热容器，体积为 10-3m3, 以 100 m/s 的速度做匀速直线运 动，容器中装有 100g 的氢气。当容器突然停止运动时，氢气的 温度、压强各增加多大？

解： 1 mv2
2
i kΔT
2
2 v2
k R N A
3 2

ΔT mv
ik
2 10 100
iR 5 8.31
0.481K

由状态方程
PV RT
ΔPV
3
RΔT

ΔP RΔT
V
M RΔT
V
100 10 8.31 0.481 2 10 3 10 3

ΔP
2 104 P

3. 1mol 氦气的循环过程如图。ab,cd 为绝热过程, bc,da 过程为 等容过程。求（1）a,b,c,d 各态的温度；（2）循环效率。

解：（1）
PV RT

Ta
PaVa R
1 1.013 10 5 32.8 10 3

8.31
＝400K

Tb
PbVb
R
3.18 1.013 10 5 16.4 10 3
＝636K
8.31

Tc＝800K Td＝504K
（2）循环效率
b c 吸热， d a放热
Q 吸 = CV,m(c－ b)

P/atm
4.00 c
3.18 b
1.26 d
1.00 a

| Q 放 |= CV,m(d － a)
16.4 32.8
V/L

Q 吸 = CV,m(c－ b)
| Q 放 |= CV,m(d － a)

P/atm
4.00 c
3.18 b
1.26 d

Q
1 放
Q 吸

1 Td
Tc
Ta
Tb
1.00
a
16.4 32.8

V/L

T cV c
T V 1
T bV b
T a V a

(T c
T b
)V c
(T d
T a
)V d

V
1

= 37.1%

1
c

Vd

4. 如图所示为 1mol 单原子理想气体经历的循环过程，ab 为等 温线，V1 , V2 已知。求循环效率。

P a

解：分析吸、放热。

a b 等温过程， b

Q =W >0 , 吸热 Q1 c

c a 等容过程，

压强增大，温度升高，吸热 Q2 V1 2

b c 等压过程，

体积减小，温度降低，放热 Q3

Q1 W

PdV

V2 RT

dV

V

1

RTa

ln V2

V1

RTb

ln V2

V1

C T

Tc

Q2 = CV,m Δ T= CV,m (Ta Tc)

V,m

a (1)

a

Q2

CV,m

Ta (1

Tc)

Tb

CV,mTa

(1 V1)

V2

$| Q_3 | =$ $C_{P,m}$ $\Delta T = C_{P,m}$ $(T_b$ $T_c)$

$C_{P,m}$

T_b (1

T_c)

T_b

Q_3

$C_{P,m}$

T_b (1

V_1)

V_2

V

$C_{P,m}T_b$ (1 1)

Q

1 3

V_2

1 V V

1

Q_1 Q_2

5R (1 V_1

2 V_2

RT_b

)

ln 2

V_1

$C_{V,m}T_a$ (1 1)

V_2

P a

R ln V_2

V_1

3R (1 V1)
2 V2 c b

1
5(1 V1)
V2
V V

V1 V2

2 ln 2
V1
3(1 1)
V2

其 他 典 型 题

1. 2g 氢气与 2g 氦气分别装在两个容积相同的封闭容器 内，温度也相同。(氢气视为刚性双原子分子)。 求：(1)氢分子与氦分子的平均平动动能之比；(2)氢气与 氦气压强之比；(3)氢气与氦气内能之比。

解：(1)

t

3 kT

2

tH

/ tHe 1

(2)

2

p

3 t

H2

/ He

2g 2g / mol

: 2g 2 4g / mol

n / nHe

H2 :

V

He 2

V

p / pHe 2

i

(3)

E i

vRT

EH2

/ EHe

H2

5 2 10

2 iHe He 3 3

2. N 个粒子,其速率分布函数为

f v a v

v0
f v a
(0

(v0
v

v
v0)

2v0)

(1)作速率分布曲线并求常数 a;
f v 0
(2v0
v)

(2)分别求速率大于 v0 和小于 v0 的粒子数;
(3)求粒子的平均速率。

解:(1) 速率分布曲线如右图所示:

f(v)

由归一化条件:
∫0 f
v dv 1 a

v 2v0
f v dv
0 v0

f v dv
0
f v dv 1 0
v0 2v0 v

v 2v
a v2

2v
v 1

a 2

a
v dv
0 v0 v
a dv 0 1
0 a
v0 2
1
0 0

100
3v0
2

另法：由图可有面积 S
S 2 av0
av0

100
a
3v0

(2) 大于 v0 的粒子数：
f(v)

N1
N
2v0
f v dv
2v
N
adv b

v0
Nav0
N 2 v0
3 v0
v0

2 N 0
3
2 1

v0 2v0 v

小于 v0 的粒子数:

N N N 3 3

(3) 平均速率：v
∫0
v f
v dv

v
v ∫0 v
f v dv
2v0
v
0
f v dv 0

v av
0 v
0
dv
2v0 0
v a dv
11
9 v0

3.理想气体经历如图所示过程，其中 bd 为绝热过程，分析各个 过程热容量的符号。

解： T2 > T1
bd 为绝热压缩过程
P
d 等温线 T2

由热一律 $\Delta E_{bd}+W_{bd}=0$

$\Delta E_{bd}=-W_{bd}$ $C_{bd}=0$

c b a

等温线 T_1

V

ad 过程 由热一律 $Q_{ad}=\Delta E_{ad}+W_{ad}=\Delta E_{bd}+W_{ad}=$ $W_{bd}+W_{ad}$ W_{bd} 和 W_{ad} 均为负值。$|W_{bd}|<|W_{ad}|$。

$Q_{ad}<0$ $\Delta T>0$ $C_{ad}<0$

同理： $C_{cd}>0$

4.如图，总体积为 40L 的绝热容器，中间用一隔热板隔 开，隔板重量忽略，可以无摩擦的自由升降。A、B 两 部 分 各 装 有 1mol 的 氮 气 ， 它 们 最 初 的 压 强 是 1.013 103Pa，隔板停在中间，现在使微小电流通过 B 中 的电阻而缓缓加热，直到 A 部分气体体积缩小到一半为 止，求在这一过程中：(1)B 中气体的过程方程，以其体 积和温度的关系表示；(2)两部分气体各自的最后温度；

(3)B 中气体吸收的热量？

解：（1） $p_A V_A$

C

$p_{A1}V_{A1}$ 1.013 10

0.02

4.2 10

5 1.4 2

A

活塞上升过程中，

p_A

p_B,

$V_A=V-V_B$

0.04 V_B

B 中气体的过程方程为：$p_B(0.04$ $V_B)$

4.2 102 B

pB
RTB
VB
T (0.04 V)
51VB i

（2） T
T (VA1
) 1
pA1VA1
(VA1
) 1
322K

A2 A1
VA2 R VA2

TB2
51VB2 (0.04 VB2)
965K

（3）
Q ΔE
A
i R T
T
VB2
p dV

B B B 2
B2 B1 B B
B1

i p V V
4.2
10 2

R TB2
B1 B1

B2
V B

2 R
B1 (0.04
VB 2)

1.66
10 4 J

5. 1mol 双原子分子理想气体作如图的可逆循环过程，其 中 1—2 为直线， 2—3 为绝热线， 3—1 为等温线。已

知 T2
2T1
，V3
8V1 。试求：(1)各过程的功，内能增量

和传递的热量(用 T1 和已知常数表示)；(2)此循环的效率 。
解： (1) 1—2 任意过程 p
2
p2

ΔE1
CV
(T2
T1)

CV
(2T1
T1)
5 1

2 RT1 p1

A 1 (p V
p V) O

1 2 2 2 1 1
V1 V2 V3 V

1
2 RT2
1
2 RT1
1
2 RT1

Q1
Δ E1 A1
5
2 RT1
1
2 RT1
3RT1

2—3 绝热膨胀过程
p

Δ E2
CV
(T3
T2) 2
2

CV
(T1
T2)
5
2 RT1 p 1

A Δ E
5 RT3

2
Q2 0
2 2 1
O
1 2 V3 V

3—1 等温压缩过程
ΔE_3 0

A3
RT1
ln(V3
/V1)
RT1
ln(8V1
/V1)
2.08RT1

Q3
A3
2.08RT1

(2)
1
Q3 / Q1
1
2.08RT1
/(3RT1)
30.7%

6. 1 kg 0 oC 的冰与恒温热库（t = 20 oC ）接触， 求 冰全部溶化成水的熵变？(熔解热 =334J/g)
思路：
为不等温热传导过程，不可逆，不能计算恒温热库的熵变 来作为冰溶化的熵变。
设想冰与 0 C 恒温热源接触，此为可逆吸热过程。 解：冰等温融化成水的熵变：

dQ
ΔS 溶化 T
Q
T

m λ

273.15 t

103 334

273.15

1.22 103

J/K

另求：此不等温热传导过程的总熵变

t = 20 oC 的恒温热库发生的熵变：

3

dQ Q

Δ S

m

10

334 1.14 103 J / K

热库 T

T 273.15 t

293.15

总熵变

Δ S 总＝Δ S 溶化＋Δ S 热库 80J / K

符合热二律