气体动理论

1. 处于平衡状态的一瓶氦气和一瓶氮气的分子数密度相同，分子的平均平动动能也相同，则它们：［ A ］

A　温度，压强均相同

B　温度相同，但氦气压强大于氮气压强

C　温度，压强都不相同

D　温度相同，但氦气压强小于氮气压强

2.一瓶氦气和一瓶氮气密度相同，分子平均平动动能相同，而且都处于平衡状态，则它们：　［ C ］

A　温度相同、压强相同。

B　温度、压强都不同。

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。

3. 有一截面均匀的封闭圆筒，中间被一光滑的活塞分隔成两边，如果其中的一边装有 0.1 kg 某一温度的氢气，为了使活塞停留在圆筒的正中央，则另一边应装入同一温度的氧气的质量为：［ C ］

A　(1/16)kg　　　　B　0.8 kg

C　1.6 kg　　　　D　3.2 kg

4. 关于温度的意义，有下列几种说法：

(1) 温度的高低反映物质内部分子运动剧烈程度的不同.

(2) 气体的温度是分子平均平动动能的量度.

(3) 从微观上看，气体的温度表示每个气体分子的冷热程度.

(4) 气体的温度是大量气体分子热运动的集体表现，具有统计意义.

这些说法中正确的是：　［ A ］

A　(1)、(2)、(4).　　　B　(1)、(2)、(3).

C　(2)、(3)、(4).　　　D　(1)、(3)、(4).

5. 1 mol 刚性双原子分子理想气体，当温度为 T 时，其内能为［ C ］

(A) $\frac{3}{2}RT$.　(B) $\frac{3}{2}kT$.　(C) $\frac{5}{2}RT$　(D) $\frac{5}{2}kT$.

（式中 R 为普适气体常量，k 为玻尔兹曼常量）

6. 两容器内分别盛有氢气和氦气，若它们的温度和质量分别相等，则：［ A ］

(A) 两种气体分子的平均平动动能相等.

(B) 两种气体分子的平均动能相等.

(C) 两种气体分子的平均速率相等.

(D) 两种气体的内能相等.

7. 标准状态下,若氧气和氦气的体积比 $V_1/V_2 = 1/2$，则其内能 E_1/E_2 为：［ B ］

A　1/2；　　B　5/6；　　C　3/2；　　D　1/3 .

8. 理想气体的内能是状态的单值函数,下面对理想气体内能的理解**错误**的是　［ B ］

(A) 气体处于一定状态,就具有一定的内能；

(B) 对应于某一状态的内能是可以直接测量的；

(C) 当理想气体的状态发生变化时,内能不一定随之变化；

(D) 只有当伴随着温度变化的状态变化时,内能才发生变化；

9. 一定量的理想气体贮于某一容器中，温度为 T，气体分子的质量为 m．根据理想气体的分子模型和统计假设，分子速度在 x

方向的分量平方的平均值 [D]

A $\overline{\upsilon_x^2}=\sqrt{\dfrac{3kT}{m}}$.　　　　B $\overline{\upsilon_x^2}=\dfrac{1}{3}\sqrt{\dfrac{3kT}{m}}$.

C $\overline{\upsilon_x^2}=3kT/m$　　　　D $\overline{\upsilon_x^2}=kT/m$

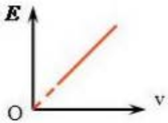
10. 如图所示为定量理想气体内能 E 随体积 V 的变化关系，则此直线表示的过程为 [A]

A 等压过程；

B 绝热过程；

C 等温过程；

D 等容过程。



11. 已知一定量的某种理想气体，在温度为 T_1 与 T_2 时的分子最概然速率分别为 υ_{p1} 和 υ_{p2}，分子速率分布函数的最大值分别为 $f(\upsilon_{p1})$ 和 $f(\upsilon_{p2})$. 若 $T_1>T_2$，则 [B]

(A) $\upsilon_{p1}>\upsilon_{p2}$，　$f(\upsilon_{p1})>f(\upsilon_{p2})$.

(B) $\upsilon_{p1}>\upsilon_{p2}$，　$f(\upsilon_{p1})<f(\upsilon_{p2})$.

(C) $\upsilon_{p1}<\upsilon_{p2}$，　$f(\upsilon_{p1})>f(\upsilon_{p2})$.

(D) $\upsilon_{p1}<\upsilon_{p2}$，　$f(\upsilon_{p1})<f(\upsilon_{p2})$.

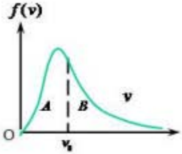
12. 麦克斯韦速率分布曲线如图所示,图中 A、B 两部分面积相等,则该图表示： [C]

A υ_0 为最可几速率.

B υ_0 为平均速率.

C 速率大于和小于 υ_0 的分子数各一半.

D υ_0 为方均根速率.



13. 设图示的两条曲线分别表示在相同温度下氧气和氢气分子的速率分布曲线；令 $(\upsilon_p)_{O_2}$ 和 $(\upsilon_p)_{H_2}$ 分别表示氧气和氢气的最概然速率，则 [B]

A 、图中 a 表示氧气分子的速率分布曲线； $(\upsilon_p)_{O_2}/(\upsilon_p)_{H_2}=4$.

B、图中 a 表示氧气分子的速率分布曲线； $(\upsilon_p)_{O_2}/(\upsilon_p)_{H_2}=1/4$.

C、图中 b 表示氧气分子的速率分布曲线； $(\upsilon_p)_{O_2}/(\upsilon_p)_{H_2}=1/4$.

D、图中 b 表示氧气分子的速率分布曲线； $(\upsilon_p)_{O_2}/(\upsilon_p)_{H_2}=4$.

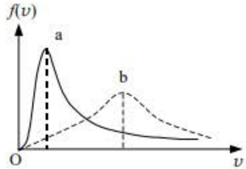
14. 设某种气体的分子速率分布函数为 $f(\upsilon)$，则速率在 υ_1—υ_2 区间内的分子的平均速率为 [C]

A $\int_{\upsilon_1}^{\upsilon_2}\upsilon f(\upsilon)\mathrm{d}\upsilon$.

B $\upsilon\int_{\upsilon_1}^{\upsilon_2}\upsilon f(\upsilon)\mathrm{d}\upsilon$.

C $\int_{\upsilon_1}^{\upsilon_2}\upsilon f(\upsilon)\mathrm{d}\upsilon/\int_{\upsilon_1}^{\upsilon_2}f(\upsilon)\mathrm{d}\upsilon$.

D $\int_{\upsilon_1}^{\upsilon_2}f(\upsilon)\mathrm{d}\upsilon/\int_0^{\infty}f(\upsilon)\mathrm{d}\upsilon$.



15. 汽缸内盛有一定的理想气体,当温度不变,压强增大一倍时,该分子的平均碰撞频率和平均自由程的变化情况是： [C]

A 都增大一倍；

B 都减为原来的一半；

C 平均碰撞频率增大一倍而平均自由程减为原来的一半；

D 平均碰撞频率减为原来的一半而平均自由程增大一倍。

16. 在一个体积不变的容器中，储有一定量的理想气体，温度为 T_0 时，气体分子的平均速率为 $\overline{v}_0$，分子平均碰撞次数为 $\overline{Z}_0$，平均自由程为 $\overline{\lambda}_0$．当气体温度升高为 $4T_0$ 时，气体分子的平均速率 $\overline{v}$，平均碰撞频率 $\overline{Z}$ 和平均自由程 $\overline{\lambda}$ 分别为：　[B]

(A) $\overline{v}=4\overline{v}_0$，$\overline{Z}=4\overline{Z}_0$，$\overline{\lambda}=4\overline{\lambda}_0$.

(B) $\overline{v}=2\overline{v}_0$，$\overline{Z}=2\overline{Z}_0$，$\overline{\lambda}=\overline{\lambda}_0$.

(C) $\overline{v}=2\overline{v}_0$，$\overline{Z}=2\overline{Z}_0$，$\overline{\lambda}=4\overline{\lambda}_0$.

(D) $\overline{v}=4\overline{v}_0$，$\overline{Z}=2\overline{Z}_0$，$\overline{\lambda}=\overline{\lambda}_0$.

17. 理想气体等容过程中,其分子平均自由程与温度的关系为__无关__,理想气体等压过程中,其分子平均自由程与温度的关系为__成正比__.

18. 已知某种理想气体,其分子方均根速率为 400m/s，当气体压强为 1atm 时,求气体的密度。

N个分子, V体积, $n=\frac{N}{V}$

在 Δt 时间内, 撞击边界的分子

所占体积. $\Delta V = S\cdot v\Delta t$

分子数　$\Delta N=\frac{1}{6}n\cdot\Delta V=\frac{N}{6V}Sv\Delta t$

动量变化 $\Delta p=\Delta N\cdot 2mv=\frac{N}{6V}S\cdot 2mv^2\Delta t$

$F=\frac{\Delta p}{\Delta t}=\frac{N}{6V}S\cdot 2mv^2$

压强 $P=\frac{F}{S}=\frac{N}{3V}mv^2$

$=\frac{M}{3V}v^2$

$=\frac{1}{3}\rho v^2$

所以 $\rho=\frac{3P}{v^2}=1.9\,g/m^3$

19. 封闭容器中装有 2g 氢气，其温度为 127^0c，试求（1）气体分子的平均平动动能；（2）气体分子的平均动能；（3）气体的内能。

解: $T=273k+127k=400k$

$\nu=1\,mol$

(1) $\overline{\varepsilon_k}=\frac{3}{2}kT$

(2) $\overline{\varepsilon_k}=\frac{5}{2}kT$

(3) 内能 $E=N\cdot\frac{5}{2}kT=\frac{5}{2}RT$

20. 一定量的理想气体，经等温过程从压强 P_0 增至 $2P_0$，则描述分子运动的下列各量与原来的量值之比：平均自由程 $\frac{\overline{\lambda}}{\overline{\lambda}_0}$、平均速率 $\frac{\overline{v}}{\overline{v}_0}$、平均动能 $\frac{\varepsilon_K}{\varepsilon_{K0}}$ 各为多少？

解: 平均自由程

$\overline{\lambda}=\frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n}$

只与气体分子浓度有关

等温过程

$P_0V_0=2P_0V$

$V=\frac{V_0}{2}$

$n=2n_0$

所以 $\frac{\overline{\lambda}}{\overline{\lambda}_0}=\frac{1}{2}$

平均速率

$\overline{v}=\sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$

只与温度有关,与压强体积无关

$\overline{v^2}=\sqrt{\frac{3kT}{m}}$

$\frac{\overline{v}}{\overline{v}_0}=1$

$\frac{\varepsilon_k}{\varepsilon_{k0}}=1$

21. 已知空气分子的有效直径 d=3.5×10-10m,空气分子的摩尔质量为 m =29 ×10-3 kg/mol, 计算空气分子在标准状态下的几个物理量。

(1)单位体积分子数 n = ?　(2)平均速率　(3)平均碰撞频率

(4)平均自由程　(5)平均平动动能

解: 标准状态

$p = 1.01\times10^5\,Pa$

$T = 273\,K$

(1) $pV = \nu RT$

$n = \frac{\nu}{V} = \frac{p}{RT}$

$= \frac{1.01\times10^5}{8.31\times273}\,mol/m^3$

$= 44.5\,mol/m^3$

(2) 平均速率

$\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$

$= \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$

平均碰撞频率

$\bar{z} = \sqrt{2}\pi d^2 \bar{v} n$

平均自由程

$\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n}$

平均平动动能

$\bar{\varepsilon}_k = \frac{3}{2}kT$

22. 容积为 20.0 L(升)的瓶子以速率 v =200 m • s^{-1}匀速运动，瓶子中充有质量为 100g 的氦气．设瓶子突然停止，且气体的全部定向运动动能都变为气体分子热运动的动能，瓶子与外界没有热量交换，求热平衡后氦气的温度、压强、内能及氦气分子的平均动能各增加多少?(摩尔气体常量 R=8. 31 J • mol^{-1} • K^{-1}，玻尔兹曼常量 k=1. 38×10^{-23} J • K^{-1})

解: $V = 20L$

$\nu = 25mol$

总动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

转化成内能

$E = \frac{3}{2}Nk\Delta T = \frac{1}{2}mv^2$

$\Delta T = \sqrt{\frac{mv^2}{3Nk}}$

$= \sqrt{\frac{mv^2}{3\nu R}}$

$= \sqrt{\frac{0.1\times200^2}{3\times25\times8.31}}\,K$

$= 2.53\,K$

$\begin{cases} pV = \nu RT \\ p'V = \nu RT' \end{cases}$

$\Delta p = \frac{\nu R\Delta T}{V} = \frac{25\times8.31\times2.53}{20}\,Pa$

$= 26.3\,Pa$

内能 $E = \frac{3}{2}\nu RT$

$\Delta E = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$

$= \frac{3}{2}\times3\times8.31\times2.53\,J = 94.73\,J$

分子平均动能增加:

$\Delta\varepsilon_k = \frac{3}{2}k\Delta T$

$= \frac{3}{2}\times1.38\times10^{-23}\times2.53\,J$

$= 5.24\times10^{-23}\,J$

热力学基础

1. 一定量的理想气体，经历某过程之后，它的温度升高了，则可以断定：　[C]

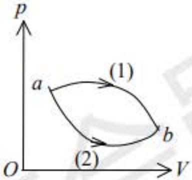
A 该理想气体系统在次过程中做了功；

B 在此过程中外界对该理想气体系统做了正功；

C 该理想气体系统的内能增加了；

D 在此过程中该理想气体系统既从外界吸收了热量，又对外做了正功。

2. 1 mol 理想气体从 p－V 图上初态 a 分别经历如图所示的(1) 或(2)过程到达末态 b．已知 Ta<Tb ，则这两过程中气体吸收的热量 Q1 和 Q2 的关系是：　[A]



(A) $Q_1 > Q_2 > 0$.

(B) $Q_2 > Q_1 > 0$.

(C) $Q_2 < Q_1 < 0$.　　(D) $Q_1 < Q_2 < 0$.

(E) $Q_1 = Q_2 > 0$.

3. 两个相同的刚性容器，一个盛有氢气，一个盛有氦气（均视为刚性分子亮相气体）。开始时它们的压强温度都相同，现将 6J 热量传给氦气，使之升高到一定的温度。若使氢气也升高想通的温度，则向氢气传递的热量为：　[D]

A　6 J　　B　3 J

C　5 J　　D　10 J

4. 对于室温下的双原子分子理想气体，在等压膨胀的情况下，系统对外所做的功与从外界吸收的热量之比等于：　[D]

A　1/3　　B　1/4

C　2/5　　D　2/7

5. 一定量的理想气体，起始温度为 T，体积为 V_0．后经历绝热过程，体积变为 2 V_0．再经过等压过程，温度回升到起始温度．最后再经过等温过程，回到起始状态．则在此循环过程中 [C]

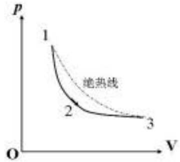
(A) 气体从外界净吸的热量为负值．

(B) 气体对外界净作的功为正值．

(C) 气体从外界净吸的热量为正值．

(D) 气体内能减少．

6. 如图所示，理想气体在经历 123 的过程中，应该是：[C]



A　吸热，内能增加；

B　吸热，内能减少；

C　放热，内能减少；

D　放热，内能增加。

7. 一台工作于温度分别为 327℃ 和 27℃ 的高温热源和低温热源之间的卡诺热机，每经历一个循环吸热为 2000 J，则对外做功为：　[B]

A　2000 J　　B　1000 J

C　4000 J　　D　500 J

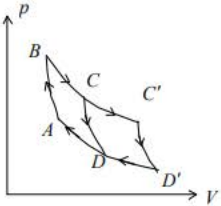
8. 如图表示的两个卡诺循环，第一个沿 $ABCDA$ 进行，第二个沿 $ABC'D'A$ 进行，这两个循环的效率 η_1 和 η_2 的关系及这两个循环所作的净功 W_1 和 W_2 的关系是　D

(A) $\eta_1=\eta_2, W_1=W_2$

(B) $\eta_1>\eta_2, W_1=W_2$.

(C) $\eta_1=\eta_2, W_1>W_2$.

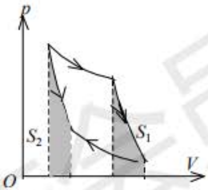
(D) $\eta_1=\eta_2, W_1<W_2$.



9. 理想气体卡诺循环过程的两条绝热线下的面积大小(图中阴影部分)分别为 S_1 和 S_2，则二者的大小关系是：B

(A) $S_1>S_2$.　　(B) $S_1=S_2$.

(C) $S_1<S_2$.　　(D) 无法确定.



10. 有人设计一台卡诺热机(可逆的)．每循环一次可从 400 K 的高温热源吸热 1800 J，向 300 K 的低温热源放热 800 J．同时对外作功 1000 J，这样的设计是

(A) 可以的，符合热力学第一定律.

(B) 可以的，符合热力学第二定律.

(C) 不行的，卡诺循环所作的功不能大于向低温热源放出的热量.

(D) 不行的，这个热机的效率超过理论值.

11. 关于热功转换和热量传递过程，有下面一些叙述：A

(1) 功可以完全变为热量，而热量不能完全变为功；

(2) 一切热机的效率都只能够小于 1；

(3) 热量不能从低温物体向高温物体传递；

(4) 热量从高温物体向低温物体传递是不可逆的.

以上这些叙述

(A) 只有(2)、(4)正确.　　(B) 只有(2)、(3) 、(4)正确

(C) 只有(1)、(3) 、(4)正确.　　(D) 全部正确.

12. 关于可逆过程和不可逆过程的判断：D

(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.

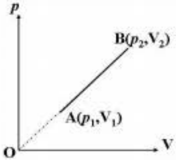
(4) 凡有摩擦的过程,一定是不可逆过程.

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)

13. 如右图所示，1mol 的单原子分子理想气体从初态 A 开始沿直线变到末态 B 时，对外界做功为 $\underline{\frac{1}{2}(p_2V_2-p_1V_1)}$ 其内能的改变量为 $\underline{\frac{3}{2}(p_2V_2-p_1V_1)}$，从外界吸收的热量为 $\underline{2(p_2V_2-p_1V_1)}$.



14. 设气体质量均为 M,摩尔质量均为 M_{mol} 的三种理想气体,定容摩尔热容为 C_V,分别经等容过程(脚标 1)、等压过程(脚标 2)、和绝热过程(脚标 3),温度升高均为 ΔT, 则内能变化分别为

$\Delta E_1 =$ $\frac{M}{M_{mol}} C_V \Delta T$, $\Delta E_2 =$ $\frac{M}{M_{mol}} C_V \Delta T$,

$\Delta E_3 =$ $\frac{M}{M_{mol}} C_V \Delta T$; 从外界吸收的热量分别为

$Q_1=$ $\frac{M}{M_{mol}} C_V \Delta T$, $Q_2=$ $\frac{M}{M_{mol}} (C_V+R) \Delta T$,

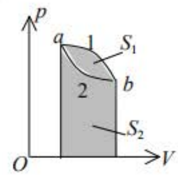
$Q_3=$ $\frac{M}{M_{mol}} C_V \Delta T$; 对外做功分别为 $A_1=$ 0,

$A_2=$ $\frac{M}{M_{mol}} R \Delta T$, $A_3=$ $\frac{M}{M_{mol}} C_V \Delta T$.

15. 1 mol 氢气在温度为 300K，体积为 0.025m^3 的状态下经过绝热膨胀，气体体积变为原来的 2 倍。则氢气对外所做的功为 1509 J。

16. 压强、体积和温度都相同的氢气和氦气(均视为刚性分子的理想气体)，它们的质量之比为 $m_1 : m_2=$ 1:4，它们的内能之比为 $E_1 : E_2=$ 3:5，如果它们分别在等压过程中吸收了相同的热量，则它们对外作功之比为 $W_1 : W_2=$ 7:5． (各量下角标 1 表示氢气，2 表示氦气)

17. 如图所示，已知图中画不同斜线的两部分的面积分别为 S_1 和 S_2，那么



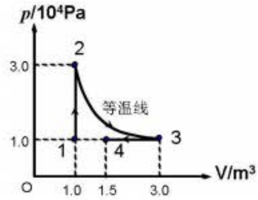
(1) 如果气体的膨胀过程为 a—1—b，则气体对外做功 $W=$ S_1+S_2;

(2) 如果气体进行 a—2—b—1—a 的循环过程，则它对外做功 W $=$ $-S_1$.

18. 一定量理想气体，从同一状态开始使其体积由 V_1 膨胀到 $2V_1$，分别经历以下三种过程：(1) 等压过程；(2) 等温过程；(3)绝热过程．其中：等压 过程气体对外作功最多；等压 过程气体内能增加最多；等压 过程气体吸收的热量最多．

19. 热力学第二定律开尔文表述指出了自然界中的 热功转化 过程是不可逆的；而克劳修斯表述指出了 热量传递 过程不可逆。

20. 一定量的理想气体 N_2，如图，求经历 1→2 → 3→ 4 过程后系统的 Q 、ΔE 及 W。



解: $W_{1\to2}=0$

$W_{2\to3}=\nu RT\ln\frac{V_3}{V_2}$

$=\nu RT\ln 3$

$=p_2V_2\ln 3$

$=3\times10^4\ln 3\ \mathrm{J}$

$W_{3\to4}=p\Delta V$

$=1.5\times10^4\ \mathrm{J}$

内能 $E=\nu\frac{5}{2}RT=\frac{5}{2}pV$

$\Delta E_{1\to2}=\frac{5}{2}(p_2V_2-p_1V_1)$

$=1.25\times10^5\ \mathrm{J}$

$\Delta E_{2\to3}=0$

$\Delta E_{3\to4}=\frac{5}{2}\times(1.5-3)\times10^4=-3.75\times10^4\ \mathrm{J}$

$Q_{1\to2}=W_{1\to2}+\Delta E_{1\to2}$

$=1.25\times10^5\ \mathrm{J}$

$Q_{2\to3}=W_{2\to3}+\Delta E_{2\to3}$

$=3\times10^4\ln 3\ \mathrm{J}$

$Q_{3\to4}=W_{3\to4}+\Delta E_{3\to4}$

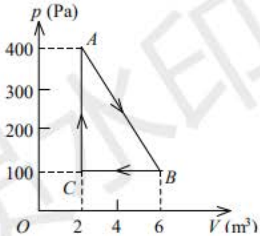
$=-2.25\times10^4\ \mathrm{J}$

21. 比热容比 $\gamma=1.40$ 的理想气体，进行如图所示的 $ABCA$ 循环，状态 A 的温度为 300 K.

(1) 求状态 B、C 的温度；

(2) 计算各过程中气体所吸收的热量、气体所作的功和气体内能的增量.

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



解: (1) $p_AV_A=\nu RT_A$

$p_BV_B=\nu RT_B$

所以 $T_B=\frac{p_BV_B}{p_AV_A}T_A$

$=\frac{3}{4}\times300\mathrm{K}$

$=225\mathrm{K}$

$T_C=\frac{p_CV_C}{p_AV_A}T_A$

$=\frac{1}{4}\times300\mathrm{K}$

$=75\mathrm{K}$

$W_{AB}=\int_2^6 p\,dV$

$=\frac{1}{2}\times(100+400)\times4\ \mathrm{J}$

$=1000\ \mathrm{J}$

$W_{BC}=-100\times4\ \mathrm{J}$

$=-400\ \mathrm{J}$

$W_{CA}=0$

$\Delta E_{AB}=\nu\frac{5}{2}R\Delta T$

$=\frac{5}{2}(p_BV_B-p_AV_A)$

$=-500\ \mathrm{J}$

$\Delta E_{BC}=\frac{5}{2}(p_CV_C-p_BV_B)$

$=-1000\ \mathrm{J}$

$\Delta E_{CA}=\frac{5}{2}(p_AV_A-p_CV_C)$

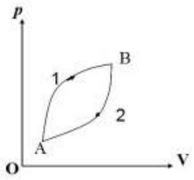
$=1500\ \mathrm{J}$

$Q_{AB}=500\ \mathrm{J}$

$Q_{BC}=-1400\ \mathrm{J}$

$Q_{CA}=1500\ \mathrm{J}$

22. 一定量的某种理想气体吸热 800 J，对外做功 500 J，由状态 A 沿过程 1 变化到状态 B，如图所示。(1) 试问其内能改变了多少？(2) 如气体沿过程 2 从状态 B 回到状态 A 时，外界对其做功 300 J，试问气体放出多少热量？(3) 循环过程 A1B2A 的效率是多少？



解：(1) $\Delta E = Q_1 - W_1 = 300\text{J}$

(2) $Q_2 = \Delta E_2 + W_2$

$= -300 - 300\text{J}$

$= -600\text{J}$

(3) $\eta = \frac{W}{Q_{吸}} = \frac{200}{800} = 25\%$