热学测试题(三)

题一 有一长为l_0,底面积为S的薄壁绝热气缸,被两块带有阀门的绝热薄板A,B分成如图1的3个部分,C为一绝热活塞,且三部分气室的长度 $l_1=l_2=l_3=1m$. 现在三气室内充入同种理想气体,使各气室内气体压强分别为 $P_{10}=4P_0$, $P_{20}=3P_0$, $P_{30}=2P_0$ (其中 $P_0=1.013\times10^5Pa$, 为外界气体压强),初始温度均为T_0. 现有一力F缓慢推动活塞C向左运动,且当薄板右方压强大于左边时,阀门自动开启,否则关闭. 试问,活塞到达B时,F作了多少功?已知 $S=1m^2$, 气体满足 $C_V=\frac{5}{2}R$, $C_p=\frac{7}{2}R$.

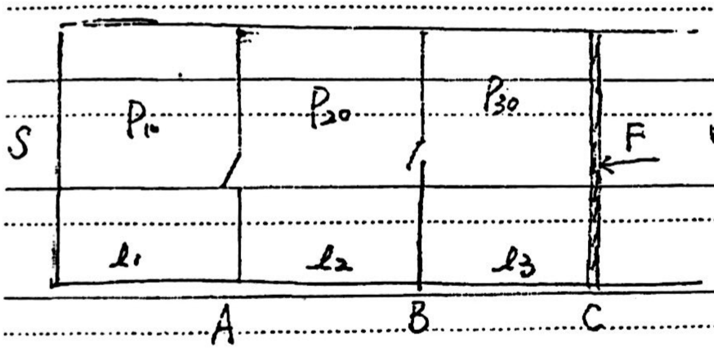

图1

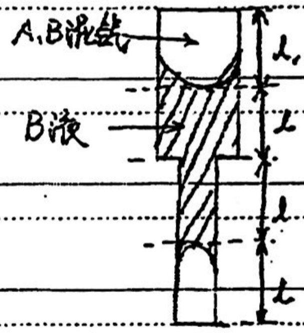

图2

题二 在一重力加速度为g的真空实验室内,有一固定的气缸,开口向上竖直放置,气缸高为L,底面积为S. 现在缸内有一厚度不计,质量为M的活塞,其与缸壁的滑动摩擦力与最大静摩擦力均为$f=Mg$. 初时,缸内有n mol 双原子理想气体N_2,且活塞在外力作用下平衡于高度距缸底$\frac{L}{2}$处,气体初温T_0. 现去掉外力,问:活塞最大速度为多少?假设:①活塞只要出缸,气体即迅速全部泻出.

②活塞未出缸时,不考虑气体相对缸的漂移,且气体可视作准静态变化,不与任何事物热交换.

题三 在一个长 l，截面积为 S 的封闭圆试管内装满有密度 ρ_0 的液体，液体中有一些可视为球形的布朗粒子，半径为 a，密度为 ρ，且此种粒子在液体中满足玻尔兹曼分布。现将此试管一端固定，且以倾角 θ 绕过固定端竖直轴以 ω 角速度转动，且此整个系统处在重力加速度 $g = 0.1000\ m/s^2$ 的环境内。

问：(1) 若 $\theta = 45^\circ$，$\omega = 1\ rad/s$，且管两端粒子数密度之比 $t = 5150$，试估算 N_A。

(2) $\omega = 1\ rad/s$ 时，若管两端粒子数密度相同，试求 θ。

(3) 若 $0 \le \omega \le 1.5\ rad/s$，且 θ 在 $0 \sim 180^\circ$ 内可调，则管两端粒子数密度比最大为多少。

其中：$\rho_0 = 1.194\ g/cm^3$，$\rho = 1.000\ g/cm^3$，$l = 0.1000\ m$，$S = 1.000 \times 10^{-4}\ m^2$

$a = 0.2120 \times 10^{-6}\ m$，$T = 300.0\ K$

玻尔兹曼分布：$n_B = n_A \cdot e^{-\frac{\varepsilon_p}{kT}}$（$n_A$，$n_B$ 分别为 A，B 两处粒子数密度，ε_p 为 B 处单个粒子相对于 A 处势能）

题四 有一滴半径为 r 的球形水银，置于另一半径为 r 的小环正上方高 h 处。当此水银自由下落后，受小环影响而形成一有小开口的气泡。当气泡半径 $R > 10r$ 时，气泡的壁厚及开口面积均可忽略，初时空气温度为 T。

(1) 下落后，气泡的最大半径是多少？

(2) 当气泡半径到达最大时，将小开口封住，且不考虑泡内气体与外界一切热交换，问气泡多大时系统平衡？

假设：① 环境重力加速度 g，空气压强 $p_0 = 1.00 \times 10^2\ Pa$ 的条件下。

装 订 线 T(03412)

②气泡没有破

③在(1)问中，无空气阻力及各种能量损耗，而(2)问中则考虑机械能的损耗。

其中：$T_0=293K$，$\sigma_{水银}=0.465\ N/m$，$r=2.00\times10^{-3}m$，$h=10.0m$.

$\rho_{水银}=13.6\times10^3\ kg/m^3$，空气绝热系数 $\gamma=\frac{C_p}{C_V}=1.4$.

题五 如图2的毛细长管，上部分长2l，半径为r_1，下部分长2l，半径为r_2，在管内注入一定量液体B后，将上、下两端开口闭封。其中封入的气体上、下端均为气体A与B的蒸汽的混合物。B与毛细管完全浸润，且上、下液面均为半球面。若在温度T_0时，液体B水平液面饱和蒸气压为P_0，假设A与B蒸气可视为理想气体，且不计气液变化中液体的体积、质量变化，忽略球形液面造成的多余体积，且系统保持恒温T_0不变，初时，系统在图示状态下平衡，粗管中A气体此时分压为P_{A1}

问 (1) 上、下液面在温度T_0时的饱和蒸气压（用字母表示）

(2) 若将试管缓缓倒置，且液体能全部进入粗管中，则P_{A1}应满足何条件，若

$P_{A1}=4100Pa$，最终粗管气柱多长？$P_{A1}=4000Pa$呢？

数据：$l=0.250m$，$r_1=1.000\times10^{-3}m$，$r_2=\frac{r_1}{\sqrt{2}}$，$T_0=293.0K$，$\sigma_B=0.0730\ N/m$

$\rho_B=1.000\times10^3\ kg/m^3$，$M_B=18.00\ g/mol$，$g=9.800\ m/s^2$

题六 有一个以奥托循环为原理的四冲程汽油机，压缩比为ε，其中$5\le\varepsilon\le15$，此机所抽吸气和燃料的温度均为$T=300K$，且燃烧前后混合气体的物质的量及性质没有变化，整个过程p-V图如图3所示，1→2为吸气后绝热压缩，2→3为混合气体燃烧，

年 月 日

装 订 线 T(03412)

3→4 为气体绝热膨胀，4→1 为排气阀打开吸入新气。假设在循环中用时 t 与压缩比 ε 有关系 $\varepsilon = Ct$，其中 c 为一常量，且每次燃料燃烧热与 ε 有线性关系 $Q = Q_0(\varepsilon-1)$，Q_0 也为一常量。气体的 C_v, C_p 在所有循环中不变。

问：(1) 用 p_0, ε, V_0, Q_0, C_p, C_v 表示 p_2, p_3, p_4. $(p_1=p_0)$

(2) 用以上量及 C 表示汽油机功率，且求 ε 为多大时，功率最大

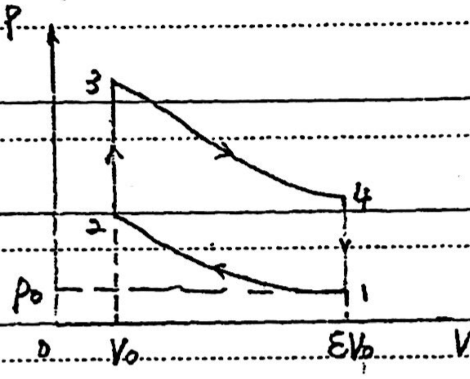

图3

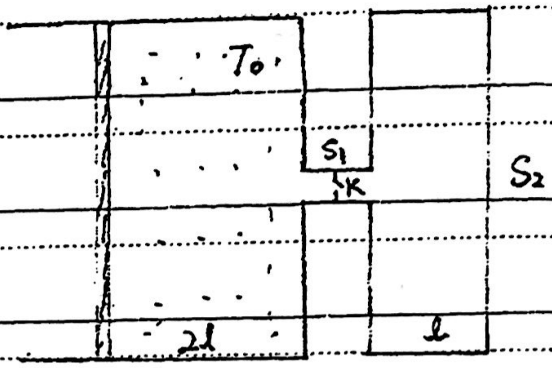

图4

题七. 如图4所示，有两个气缸，之间由一个有一开关K且横截面积为 S_1 的細通管连接。两缸截面积相同，均为 S_2，且右缸长 l. 左缸长度则由一可无摩擦自由滑动且与缸壁接触良好的轻活塞调节 $(S_2>>S_1)$. 整个系统被恒定在温度为 T_0 的条件下，且外界为真空。

初时，K关闭，左缸内注入有压强 p_0，体积 $V_0=2lS_2$ 的气体，且此气体在 T_0 温度下的饱和蒸气压为 p_0，液体气化热为 L。右气缸内为真空。下面考虑两个过程。

(1) K闭合并缓慢压缩左室内气体至体积为0，固定活塞，然后打开K，使气体、液体进入右缸直至最终平衡

(2) 在K打开的同时，使活塞以速度 $v(x)$ 运动（x 为活塞位移），以保持在右方气缸内气

装　订　线　T(03412)

压未达到P_0时，左方气压恒为P_0，而一旦左右缸气压均为P_0后，就让活塞缓慢移动直到左气缸体积为0；

设：气体液化后液体体积不计，气体分子泄流速率为Γ_0（即通过单位面积的孔，在单位时间内从孔的一侧泻出到另一侧的分子数为$\Gamma = n\cdot\Gamma_0$，n为此一侧分子数密度），且可不考虑气体相对于缸的整体漂移速度。

问：(1) 过程(1)(2)中系统吸热分别为多少？

(2) $V(x)$的表达式.

热学测试题(三)

参考解答

题一 解：首先我们易知各气室内气体的物质的量.

$n_1=\frac{p_1V_1}{RT_0}=\frac{p_1l_1S}{RT_0}$

$n_2=\frac{p_2V_2}{RT_0}=\frac{p_2l_2S}{RT_0}$

$n_3=\frac{p_3V_3}{RT_0}=\frac{p_3l_3S}{RT_0}$

由于活塞运动缓慢，故可以认为整个过程满足绝热方程，有当B门打开时，$p_3'=p_2$，则

$p_3V_3^{\gamma}=p_2V_3'^{\gamma}$

$\therefore\ V_3'=V_3\left(\frac{p_3}{p_2}\right)^{1/\gamma}=0.749\,m^3$

又由于绝热，则B开后气体混合后，设温度T_2'，压强p_2'，体积$V_2'=V_2+V_3'$.

$n_2T_2+n_3T_3'=(n_2+n_3)T_2'$ ①

且 $p_2'(V_2+V_3')=(n_2+n_3)RT_2'$ ②

代入 n_2, n_3 表达式得

$p_2'=p_2$

即混合后气体压强不变

再考虑继续压缩至A门开启，同理，此时有

$p_2'V_2'^{\gamma}=p_1\ V_2''^{\gamma}$ （V_2''为此时2、3室气体总体积）

$\therefore\ V_2''=(V_2+V_3')\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{1/\gamma}=1.424\,m^3$

年 月 日

注意到 $V_2'' > l_2S$，即活塞还未到B板。

同理知气体混合后有 $P_1' = P_1$，最后，活塞碰到B板时，有绝热方程。

$$P_1'(V_1+V_2'')^r = P_1''(V_1+V_2)^r$$

$\therefore \quad P_1'' = 5.235P_0$

故末态下，气体内能 $E = \frac{C_v}{R} P_1''(V_1+V_2)$

而初态时，$E_0 = \frac{C_v}{R}(p_1V_1 + p_2V_2 + p_3V_3)$

外界做功 $W = E - E_0$

所求力F做功 W_F 为：$W_F = W - p_0V_3 = 2.709 \times 10^5 J$.

第二解：初态时，$V_0 = \frac{l}{2}S$，$p_0 = \frac{nRT_0}{V_0} = \frac{2nRT_0}{lS}$。现分情况如下。

(1) $p_0S \le Mg+f$ 且 $p_0S \ge Mg-f$（代入 $Mg=f$），即 $nRT_0 \le lf$ 时，活塞静止在原平衡位置，所求 $V_{max}=0$

(2) $p_0S > Mg+f$ 时，即 $nRT_0 > lf$，我们先不妨设活塞会冲出缸，则当活塞至缸口时，

$$pV^r = p_0V_0^r \qquad (\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1.4)$$

且 $pV = nRT$.

再结合 $p_0V_0 = nRT_0$，我们可知

$$pV = nRT_0\left(\frac{1}{2}\right)^{\gamma-1} = 2^{1-\gamma}nRT_0$$

$\therefore$ 气体对外界做功 $W = C_v(nT_0 - PV/R) = \frac{5}{2}nRT_0(1-2^{1-\gamma})$

另克服 f，Mg 的阻碍，又做功

$W_f=(Mg+f)\cdot\frac{l}{2}=fl$

故至气缸口的条件为.

$E_K=\frac{1}{2}MV^2=W-W_f=\frac{5}{2}nRT_0(1-2^{1-\gamma})-fl>0$

即 $nRT_0>1.65fl$

此时,再分析活塞受力. 活塞所受气体支持力

$F_1=\frac{nRT_0}{l}\cdot 2^{1-\gamma}$

而受重力和摩擦力

$F_2=Mg+f=2f$

此时再进一步讨论:

1° 若 $F_1>F_2$. 即 $nRT_0>2.64fl$, 则表明活塞在绝热过程中不断加速, 当到出缸口以后活塞将只受重力, 则出缸瞬间活塞速度最大. 即

$V_{max}=\sqrt{\frac{2E_k}{M}}=\left[\frac{5nRT_0(1-2^{1-\gamma})-2fl}{M}\right]^{1/2}$

2° 若 $F_1\le F_2$. 即 $nRT_0\le 2.64fl$. 则表明活塞在绝热过程中的某一刻速度最大, 此刻有 $pS=Mg+f=2f$. 即 $p=\frac{2f}{S}$. 利用绝热方程.

$pV^\gamma=p_0V_0^\gamma$

$\therefore V=V_0\cdot(\frac{p_0}{p})^{1/\gamma}=(\frac{nRT_0}{lf})^{1/\gamma}\cdot\frac{lS}{2}$, 再利用能量关系. 有

$\frac{1}{2}MV_{max}^2=\frac{5}{2}[nRT_0-\frac{2f}{S}\cdot(\frac{nRT_0}{lf})^{1/\gamma}\cdot\frac{lS}{2}]-2f\cdot\frac{l}{2}\cdot[(\frac{nRT_0}{lf})^{1/\gamma}-1]$

$\therefore V_{max}=\left[\frac{5nRT_0-7fl(\frac{nRT_0}{lf})^{1/\gamma}+2fl}{M}\right]^{1/2}$

最后，我们探讨

$lf < nRT_0 \le 1.65 fl$ 的情况，此时，活塞向下运动但无法脱出缸口，类似于上面2°，

我们知活塞最大速度在 $p=\frac{2f}{S}$ 时达到，同理可知

$$V_{max} = \left[\frac{5nRT_0 - 7fl\left(\frac{nRT_0}{lf}\right)^{1/\gamma} + 2fl}{M}\right]^{1/2}$$

综上所述，知

① $nRT_0 \le fl$ 时，$V_{max}=0$

② $fl < nRT_0 \le 2^\gamma fl$ 时，$V_{max} = \left[\frac{5nRT_0 - 7fl\left(\frac{nRT_0}{lf}\right)^{1/\gamma} + 2fl}{M}\right]^{1/2}$

③ $2^\gamma fl < nRT_0$ 时，$V_{max} = \left[\frac{5nRT_0\left(1-2^{1-\gamma}\right) - 2fl}{M}\right]^{1/2}$

第三题，(1) 在此系统中，势能可分作重力势能和离心力势能两部分，但考虑到液体与粒子均具有这两方面的势能，故我们可写出任一处的粒子所具有势能.

$E_{p_1} = \frac{4}{3}\pi a^3(\rho-\rho_0)gh$，$E_{p_2} = -\frac{4}{3}\pi a^3(\rho-\rho_0)\cdot\frac{1}{2}\omega^2 r^2$

其中 $h=l\cos\theta$，$r=l\sin\theta$.

设圆底部分子数密度为 n_0，则由玻尔兹曼分布得

$$n_l/n_0 = e^{-\frac{E_p}{kT}} = e^{\frac{\frac{4}{3}\pi a^3(\rho-\rho_0)\left(\frac{1}{2}\omega^2 l^2\sin^2\theta - gl\cos\theta\right)}{kT}}$$

又由于 $\frac{n_l}{n_0}=\frac{1}{t}$ 则

$$e^{\frac{\frac{4}{3}\pi a^3(\rho_0-\rho)\left(\frac{1}{2}\omega^2 l^2\sin^2\theta - gl\cos\theta\right)}{kT}} = t$$

解得：$k=1.380\times10^{-23}$

又由R的定义知，$N_A=\frac{R}{k}=6.020\times10^{23}$

(2) 要让两端紧度相同，则 $E_p=0$

即 $E_{p1}+E_{p2}=0$.

化简得、 $\omega^2 l^2 \sin^2\theta - 2gl\cos\theta = 0$.

解得： $\theta = 65.53^\circ$

(3) 此问即要使得 $|E_p|$ 最大 又

$E_p = E_{p1}+E_{p2} = \frac{4}{3}\pi a^3(\rho_0-\rho)(\frac{1}{2}\omega^2 l^2\sin^2\theta - gl\cos\theta)$

且 $\frac{4}{3}\pi a^3(\rho_0-\rho)>0$、故要求 $f=|\frac{1}{2}\omega^2 l^2\sin^2\theta - gl\cos\theta|$ 最大.

代入 g. l 数据，则 $f = 0.01|\frac{1}{2}\omega^2\sin^2\theta - \cos\theta|$

1° 若 $\frac{1}{2}\omega^2\sin^2\theta - \cos\theta < 0$. 则 由于 $\omega^2\sin^2\theta \geq 0$. 故当 $\theta=0^\circ$ 时. 由

$f_{max} = 0.01(\cos\theta - \frac{1}{2}\omega^2\sin^2\theta) = 0.01$

2° 若 $\frac{1}{2}\omega^2\sin^2\theta - \cos\theta > 0$. 则

$f = 0.01(\frac{1}{2}\omega^2 - \frac{1}{2}\omega^2\cos^2\theta - \cos\theta)$

配方后易知

$0 \leq \omega \leq 1$ 时. 则 $\cos\theta = -1$ 有 $f_{max} = 0.01$

$1 < \omega \leq 1.5$ 时. 则 $\cos\theta = -\frac{1}{\omega^2}$ 时, 有 $f_{max} = \omega^2 + \frac{1}{\omega^2}$. 易然 $\omega = 1.5$ 时.

$f_{max} = 0.01347$

比较知. 取最后一解. 此时

$\frac{n_1}{n_0} = 8.73 \times 10^{10}$ 最大.

年　月　日

题四解：(1) 不妨设 $R \gg r$，由于气泡壁体积可忽略，故大气 p_0 对于此系统做的总功可不计，于是由题意可知

$$mg(h+R) = 6 \cdot 8\pi R^2$$

且 $m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho = 4.56 \times 10^{-4} kg$

故有 $R = 0.0620\ m$

发现显然 $R > 10r$，故由题意知所假设 $R \gg r$ 符合

$\therefore \quad R = 0.0620\ m$

(2) 之后可视泡内气体做绝热变化，于是满足方程

$pV^{\gamma} = C \quad (C 为常数)$

不妨设所求半径为 R_0，则 $\Delta p = \frac{4\sigma}{R_0}$

气体内压强 $p = p_0 + \Delta p$ 故

$(p_0 + \frac{4\sigma}{R_0}) R_0^{3\gamma} = p_0 \cdot R^{3\gamma}$

解得 $R_0 = 0.0580m$

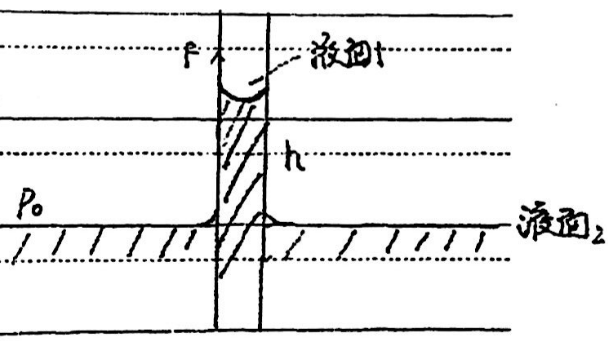

图1

显然满足 $R_0 > 10r$，故解答中一切假设均符合题意

题五解：(1) 如图1所示，由于从微观情况考虑，液体在温度一定下的饱和蒸气压，仅决定于液体表面的情况，所以我们可以认为上、下液面的饱和蒸气压均可等效为同一模型，即图中所示，我们可以考虑毛细现象的等效原则，将此情况中的饱和蒸气压求法，由于液面1为半球面，故表面张力 $F = 2\pi r \sigma$

年　月　日

由毛细原理得，$2\pi r\sigma = \rho g h\cdot \pi r^2$

故 $h=\frac{2\sigma}{\rho g r}$.

又由气压差分布，我们得，液面1处蒸气压强 $p=p_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}} = p_0 e^{-\frac{2M\sigma}{RT\rho r}}$

于是可得 $p_上 = p_0 e^{-\frac{2M\sigma}{RT\rho r_1}}$

$p_下 = p_0 e^{-\frac{2M\sigma}{RT\rho r_2}}$

(2) 由于 $\frac{2M\sigma}{RT\rho r}$ 趋于0，故我们可以认为 $p_上=p_下=p_0$. 即B的蒸气在上、下气柱中的分压均为p_0.

设p_{A2}为A气体初时在细管中分压，则由平衡可知

$(p_{A1}-\frac{2\sigma}{r_1}+p_0)+\rho g\cdot 2l = p_{A2}+p_0-\frac{2\sigma}{r_2}$

$\therefore\ p_{A2}=p_{A1}+2\rho g l-\frac{2\sigma}{r_1}+\frac{2\sigma}{r_2}$

下面我们考虑液体管倒置后的一种临界情况，即液体刚刚全部进入粗管，但有一液面还在细管内。此时易知：

由于温度不变，则 $p_{A2}'=\frac{p_{A2}}{2}$，$p_{A1}'=2p_{A1}$ 当液体不全部进入粗管，则

$p_{A1}'-\frac{2\sigma}{r_1}\ge \rho g\cdot\frac{3}{2}l+(p_{A2}'-\frac{2\sigma}{r_2})$

解得. $p_{A1}\ge\frac{2}{3}(\frac{5}{2}\rho g l+\frac{\sigma}{r_1}-\frac{\sigma}{r_2})=4063Pa$

而要液体全部进入粗管，只需 $p_{A1}<4063Pa$ 即可.

当 $p_{A1}=4000Pa$ 时，液体已全部进入粗管，设气柱长为 xl，则易知

$p_{A1}'=\frac{1}{x}p_{A1}$ ，$p_{A2}'=\frac{l}{l+2(l-xl)}p_{A2}=\frac{1}{3-2x}p_{A2}$

由平衡条件得方程

装 订 线 T(03412)

$$\frac{1}{3-2x}\left(p_{A1}+2\rho g l-\frac{2\sigma}{r_1}+\frac{2\sigma}{r_2}\right)+\frac{3}{2}\rho g l-\frac{1}{x}p_{A1}=0$$

代入数据解得：$x=0.493$.

即 $l'=xl=0.123\,m$

若 $p_{A1}=4100\,Pa$. 此时液体未全部进入粗管. 同理可得.

$$l''=0.126m$$

题六解. (1) 最初气体状态 1 $(p_0,\ \varepsilon V_0,\ T_0)$. 现考虑 1~2 为绝热压缩过程. 则

$$p_0(\varepsilon V_0)^{\gamma}=p_2V_0^{\gamma}\qquad\left(\gamma=\frac{C_p}{C_v}\right)$$

$$\therefore\quad p_2=p_0\varepsilon^{\gamma}$$

再考虑 2~3 的燃烧过程. $V_3=V_2=V_0$. 气体不对外做功. 但内能增加

$$\Delta E=C_v(p_3V_0-p_2V_0)/R$$

而由题意. $Q=(\varepsilon-1)Q_0$

且 $\Delta E=Q$. 故

$$p_3=\frac{R(\varepsilon-1)Q_0}{V_0C_v}+p_0\varepsilon^{\gamma}$$

而 3-4 又为绝热过程. 故易知

$$p_4=\frac{RQ_0(\varepsilon-1)}{\varepsilon^{\gamma}V_0C_v}+p_0$$

(2) 整个过程中. 热机做功

$$W=Q_{吸}-Q_{放}=nC_v(T_3-T_2)-nC_v(T_4-T_1)$$

$$=nC_v(T_3+T_1-T_2-T_4)$$

$=\frac{C_V}{R}(p_3V_0+\varepsilon V_0p_1-p_2V_0-\varepsilon V_0p_4)$

$=Q_0(\varepsilon-1)-\varepsilon^{1-\gamma}Q_0(\varepsilon-1)$

$=(1-\varepsilon^{1-\gamma})(\varepsilon-1)Q_0$

而功率 $P=\frac{W}{t}=C_1Q_0(1-\varepsilon^{-1})(1-\varepsilon^{1-\gamma})$

易知 P 随 ε 递增，则 P 最大时，$\varepsilon=15$.

题7解：我们先分析过程①. 由于气体经过压缩超过 T_0 时的饱和蒸气压为 p_0 时就会液化，而 p_0 又恰为初态气压，故我们可知此系统在压缩过程中一直保持压强为 p_0. 另外，我们由汽化热 L 定义得

$mL_0=p_0\cdot V_0+\Delta U_{液-气}$（其中 p_0V_0 是 V_0 体积的气体膨胀所需做的功，而 ΔU 是内能变化）

故压缩阶段，气液系统吸热 Q_1 满足

$Q_1=\Delta U_{气-液}+W_{液}=-\Delta U_{液-气}-p_0V_0=-mL_0=-\frac{p_0V_0M}{RT_0}L_0$

而对于此题，$V_0=2lS_2$

而对于打开K后的情况，由于 $V_右=V_左\cdot\frac{1}{2}=\frac{V_0}{2}$，故只能将原 $\frac{1}{2}$ 的液体汽化，且由于此汽化过程中，气体没有做功，故 $Q_2=\frac{1}{2}\Delta U_{液-气}$

$\therefore\ Q=Q_1+Q_2=-p_0lS_2=-p_0lS_2\left(\frac{ML_0}{RT_0}+1\right)$

再分析过程②. 由于 $\bar{v}$ 只与 T 有关，故 $\bar{v}$ 在此条件中为定值

对于单位时间 dt，此时我们设活塞位移从 x 变为 $(x+dx)$，则从左到右漏出分子数

$dN_1=n_1\overline{v_x}\cdot S_1dt$

而从右到左漏出分子数 $dN_2 = n_2 \overline{v_x} S_1 dt$.

故从左进入右端气体分子净增加为: $dN = dN_1 - dN_2 = (n_1 - n_2) S_1 \overline{v_x} dt$

又从另一方面看, 由于 $P = nkT$, 而对于此左边气缸内气体, 由于 P 恒为 p_0, T 恒为 T_0. 故

$n \equiv n_1$, 不变. 从而 $dN = n_1 v(x) S_2 dt$

又 n_2 与 n_1 应满足关系.

$$n_1 x S_2 = n_2 l S_2$$

$$\therefore \quad n_2 = \frac{x}{l} n_1$$

故有 $n_1 S_1 \overline{v_x} (1 - \frac{x}{l}) dt = n_1 S_2 v(x) dt$

$$\therefore \quad v(x) = \frac{S_1}{S_2} (1 - \frac{x}{l}) \overline{v_x} \qquad (0 \le x \le l)$$

在 $0 \le x \le l$ 过程中, 全部是气体, 没有液体出现, 吸放热

$$Q_1 = -W = -p_0 l S_2 \quad (W \text{为外界对气体做功})$$

而对于后面压缩, 为一不断液化的等压过程. 与过程① 类似, 知

$$Q_2 = -\frac{mL}{2} = -\frac{p_0 S_2 l}{RT_0} ML_0$$

则 $Q = Q_1 + Q_2 = -p_0 l S_2 (\frac{ML_0}{RT_0} + 1)$

装 订 线

T(03412)