۵

قانون اول ترمودینامیک

۵-۲ برای پرواز هواپیما از روی یک ناو هواپیمابر از یک سیلندر-پیستون محرک با فشار $750kPa$ استفاده می شود. یک هواپیما به وزن $3500kg$ باید از سرعت صفر تا $30m/s$ شتاب بگیرد و 25% انرژی لازم برای این کار توسط سیلندر پیستون فراهم می شود. حجم جابجائی لازم برای پیستون را تعیین کنید.

حل:

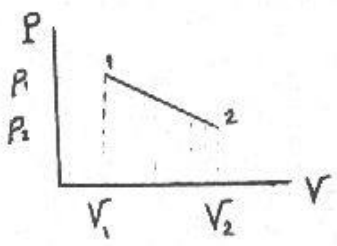
$$\Delta KE=\frac{1}{2}m(V_2^2-V_1^2)=\frac{1}{2}\times 3500\times(30^2-0)=1575000J=1575kJ$$

انرژی که توسط سیلندر پیستون تامین می شود $W=1575\times 0.25=393.75kJ$

$$W=\int_1^2 pdV=750(V_2-V_1)\Rightarrow V_2-V_1=\frac{393.75}{750}=0.525\ m^3$$

۵-۳ مسأله (۵-۲) را با فرض اینکه فشار درون سیلندر از $1000kPa$ شروع می شود و فشار بطور خطی با حجم تا $100kPa$ در انتهای فرایند افت می کند تکرار کنید.

حل:



قانون اول ترمودینامیک $({}_1Q_2=0)$ ${}_1Q_2=\Delta KE+{}_1W_2$

کار سیلندر پیستون: ${}_1W_2=\frac{P_2+P_1}{2}(V_2-V_1)$

$$\Rightarrow\quad 0.25\times\frac{1}{2}mV^2-\frac{P_2+P_1}{2}(V_2-V_1)=0$$

علامت منفی به خاطراینست که برروی سیستم کارانجام شده است .(هواپیما را سیستم منظور کردیم .)

$$\Rightarrow 0.25\times\frac{1}{2}\times 3500\times 900 = 550\times 10^{3}(V_2 - V_1)$$

$$\Rightarrow \Delta V = V_2 - V_1 = 0.716\,m^3$$

۵-۵ یک پیستون به جرم $25kg$ برروی گاز دریک سیلندرقائم قراردارد . اکنون سیلندر ازحال سکون رها شده وبه سمت بالاشتاب می گیردوباسرعت $25m/s$ به ارتفاع $5m$ می‌رسد.فشارگازدراین فرایندطوری افت می کند که میانگین آن $600kPa$ است .فشاراتمسفر $100kPa$ می باشد.تغییرات درانرژیهای جنبشی وپتانسیل گاز راناچیز فرض کرده وتغییر حجم لازم برای گاز رابیابید.

حل: ازدینامیک می‌دانیم: $\frac{1}{2}V_2^2 - \frac{1}{2}V_1^2 = a_{ave}\,\Delta h$

ازطرفی: $a_{ave} = \frac{F_{ave}}{m} = \frac{(600-100)\times 10^3 Ap - 25\times 9.81}{25} = 20\times 10^3 A_p - 9.81$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}\times(25)^2 - 0 = \left[20\times 10^3 A_p - 9.81\right]\times 5$$

$$\Rightarrow A_p = 3.6155\times 10^{-3}\,m^2 \Rightarrow \Delta V = A_p \Delta h \Rightarrow \Delta V = 3.6155\times 10^{-3}\times 5 = 0.018\,m^3$$

۵-۷ مشخصات مجهول وفاز موادرا درهریک ازحالات زیریابید:

a) H_2O $u = 2390\ kJ/kg$, $T = 90^{\circ}C$ $h=?$ $v=?$ $x=?$

ازجدول *(B.1.1)*

$$\begin{cases} u_f = 376.82\ kJ/kg \\ u_g = 2494.52\ kJ/kg \end{cases} \rightarrow u_f < u < u_g \rightarrow \text{دوفازه}$$

$$u_{fg} = 2117.7\ kJ/kg \Rightarrow x = \frac{u-u_f}{u_{fg}} = 0.95 \quad x = 95\%$$

$$\begin{cases} h_{fg} = 2283.19\ kJ/kg \\ h_f = 376.90\ kJ/kg \end{cases} \Rightarrow h = h_f + x h_{fg} = 2545.93\ kJ/kg$$

$$\begin{cases} v_{fg} = 2.35953\ m^3/kg \\ v_f = 0.001036\ m^3/kg \end{cases} \Rightarrow v = v_f + x v_{fg} = 2.2426 m^3/kg$$

b) H_2O $u = 1200\ kJ/kg$, $P = 10MPa$ $T=?$ $x=?$ $v=?$

$$\begin{cases} u_f = 1393\ kJ/kg \\ u_g = 2544.41\ kJ/kg \end{cases} \Rightarrow u < u_f \Rightarrow \text{مایع متراکم}$$

$$\text{درونیابی از جدول } (B.1.4) \Rightarrow \begin{matrix} T=275.8^{\circ}C \\ v=0.00131\ m^3/kg \end{matrix}$$

چون حالت درخارج ازناحیه دوفازه است x کاربردی ندارد.

جدول $(B.3.1)$ $\quad c)R\text{-}12 \quad T=-5^{\circ}C\ ,\ P=300\ kPa \quad h=? \quad x=?$

$P_{sat}=261\ kPa \rightarrow P>P_{sat} \Rightarrow$ مایع متراکم

چون جدول خواص درحالت مایع متراکم برای $R\text{-}12$ درکتاب موجودنیست خواص درحالت مایع متراکم راباتقریب برابرخواص درحالت مایع اشباع درنظرمی گیریم.

$h\approx h_f=31.45\ kJ/kg$

جدول $(B.5.1)$: $\quad d)R\text{-}134a \quad T=60^{\circ}C\ ,\ h=430\ kJ/kg \quad v=? \quad x=?$

$h_g=427.13\ kJ/kg \rightarrow h>h_g \rightarrow$ بخارفوق گرم

	$P=1600kPa$	$P=1400\ kPa$
درونیابی ازجدول $(B.5.2)$	$h=429.32\ kJ/kg$	$h=434.08\ kJ/kg$

$\Rightarrow P=1571.43\ kPa$

درونیابی ازجدول $(B.5.2)$

$v=0.01276\ m^3/kg$

$x=1$ (فراگرم)

$e)\ NH_3 \qquad T=20^{\circ}C\ ,\ P=100kPa \quad u=? \quad v=? \quad x=?$

جدول $(B.2.1)$:

$P_{sat}=857.5\ kPa \rightarrow P<P_{sat} \Rightarrow$ بخارفوق گرم

جدول $(B.2.2)$

$$\Rightarrow \begin{cases} v=1.41532\ m^3/kg \\ h=1516.1\ kJ/kg \end{cases} \rightarrow u=h-Pv=1374.568\ kJ/kg$$

۱۰-۵ یک مخزن صلب به حجم $100L$ حاوی نیتروژن (N_2) در $900K$ و $6MPa$ است. مخزن راتا $100K$ سردمی کنیم مقدارکاروانتقال حرارت دراین فرایند چقدراست؟

حل:

قانون اول ترمودینامیک برای جرم کنترل $\quad {}_1Q_2={}_1W_2+\Delta U$

چون مخزن صلب است پس تغییرحجمی برای سیستم نداریم و $\quad {}_1W_2=0$

$$\Rightarrow {}_1Q_2=m(u_2-u_1)$$

$$1)\begin{cases}P_1=6MPa\\T_1=900K\\V=0.1m^3\end{cases}\Rightarrow\left|\begin{array}{l}v_1=0.045514\,m^3/kg\\h_1=963.59\,kJ/kg\end{array}\right.$$ ازجدول (B.6.2)

$$m=\frac{V}{v_1}=2.1971kg \qquad u_1=h_1-P_1v_1=690.506\,kJ/kg$$

$$2)\begin{cases}T_2=100K\\v_2=0.045514m^3/kg\end{cases}$$

ازجدول (B.6.2)

600kPa		
T	v	h
96.37	0.04046	86.85
100	?	?
120	0.05510	116.79

$$\Rightarrow\begin{cases}v=0.04271m^3/kg\\h=91.45kJ/kg\end{cases}$$

ازجدول (B.6.2)

100K		
P	v	h
500	0.05306	94.46
$P_2=?$	0.045514	$h_2=?$
600	0.04271	91.45

$$\Rightarrow\begin{cases}P_2=573kPa\\h_2=92.26kJ/kg\end{cases}$$

$u_2=h_2-P_2v_2=66.18\ kJ/kg$

$$_1Q_2=m(u_2-u_1)=-1372kJ$$

۵-۱۲ سیلندری که بایک پیستون بدون اصطکاک آب بندی شده ،حاوی $2kg$ بخار $R\text{-}134a$ در $350kPa$ و $100^\circ C$ می باشد.اکنون سیلندردریک فرایند فشارثابت تا $x=75\%$ سرد می‌شود.مقدارانتقال گرمارادراین فرایندمحاسبه کنید.

حل:

برای حالت اولیه ،مقادیر v,u را بادرون یابی ازجدول بصورت زیرمی یابیم

در $T=100^\circ C$:

$$P=300kPa\Rightarrow v=0.09861\ m^3/kg\ ,\ h=490.48\Rightarrow u=h-Pv=460.897kJ/kg$$

$P=400kPa \Rightarrow v=0.07325\ m^3/kg, h=489.52\ kJ/kg \Rightarrow u=h-Pv=460.22\ kJ/kg$

$P=350\ kPa \Rightarrow v_1=0.08593\ m^3/kg\ ,u_1=460.559\ kJ/kg$

برای حالت نهایی ،ابتدامقادیر u_f ، u_{fg} ، v_f ، v_{fg} رابادرون یابی ازجدول بصورت زیرمی یابیم .

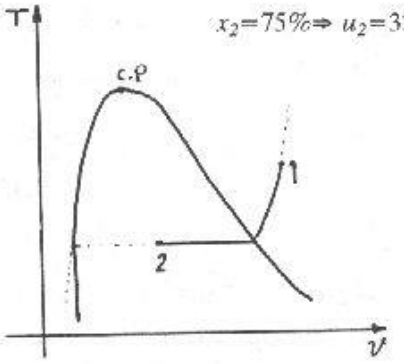
$P=350.9kPa \Rightarrow T_{sat}=5^\circ C, v_f=0.000783, v_{fg}=0.05755, u_f=206.48\ , u_{fg}=174.38$

$P=249kPa \Rightarrow T_{sat}=0^\circ C, v_f=0.000773, v_{fg}=0.06842, u_f=199.77, u_{fg}=178.24$

$(\Rightarrow P=350kPa \Rightarrow T_{sat}=4.95584^\circ C, v_f=0.782912\times10^{-3}, v_{fg}=0.057646, u_f=206.421$

$, u_{fg}=174.414)$

$x_2=75\% \Rightarrow u_2=337.232\ , v_2=0.0440174\ m^3/kg$



$$P=cte \Rightarrow {}_1W_2=\int PdV=P\Delta V=mP\Delta v$$

$$\Rightarrow {}_1W_2=-29.3388\,kJ$$

$$\Delta U=m(u_2-u_1)=-246.605\,kJ$$

$$1st\ law: Q=\Delta u+W$$

$$\Rightarrow Q=-275.993\,kJ$$

۱۶-۵ یک سیلندرپیستون حاوی $1kg$ آب است .پیستون که توسط یک فنربارگذاری می شود ابتدا آزادانه روی موانع قراردارد ،فشار $300kPa$ می تواند پیستون راازجایش بلندکندودرحجم $1.5m^3$ می توان پیستون رابافشار $500kPa$ موازنه کرد.فشاراولیه آب $100kPa$ و حجم آن $0.5m^3$ است.اکنون حرارت راتارسیدن به فشار $400kPa$ به سیلندر می افزائیم .

a)درجه حرارت اولیه وحجم نهایی رابیابید.

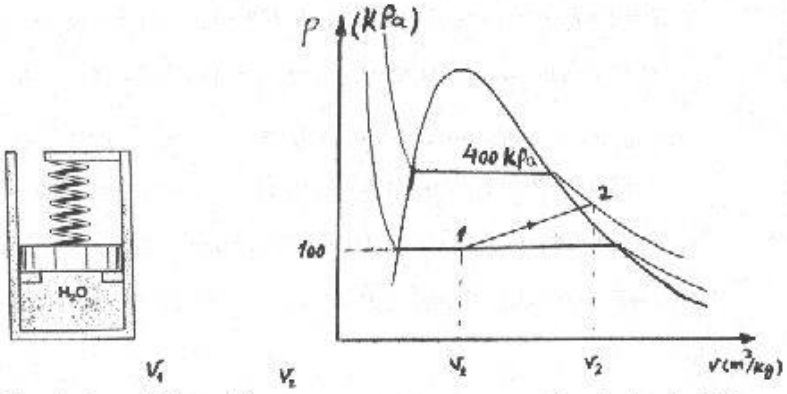
b)مقدارکاروحرارت منتقل شده درطی فرایندرامحاسبه ونمودار $P\text{-}V$ رارسم کنید.

حل:آب داخل سیلندرپیستون راسیستم درنظرمی گیریم:

حالت 1:

$$\begin{cases} P_1=100kPa \\ v_1=\dfrac{V_1}{m}=0.5\,m^3/kg \end{cases} \rightarrow \text{دوفازه} \begin{cases} v_f=0.001043 \\ v_{fg}=1.69296 \end{cases} \Rightarrow x_1=\frac{v-v_f}{v_{fg}}=0.29$$

$$\Rightarrow T_1=T_{sat}\ \big|_{100kPa}=99.62^\circ C$$



اگرفنرراخطی فرض کنیم:

$F_S = K\delta \Rightarrow A_P P_S = K(h_{2'} - h_1)$

$P_S = \frac{K}{A_P}(h_{2'} - h_1) = \frac{K}{A_P^2}(V_{2'} - V_1) = K'(V_{2'} - V_1)$

A_P:سطح مقطع پیستون

h:ارتفاع پیستون

$V = Ah$

$500 = K'(1.5-0.5) \Rightarrow K' = 500 \ \ kN/m$

$P_S = 500\ \Delta V$

فشارکل برابراست بافشارحاصل ازنیروی فنربه اضافه فشارحاصل ازوزن پیستون وفشار محیط و درابتدای حرکت که تغییر طول فنرصفراست فشارفنرصفرشده ودرنتیجه فشار $300kPa$ همان فشارثابت حاصل ازوزن پیستون وفشارهوای محیط است داریم :

$P = P_s + P_0$,(P_0=Pحاصل ازوزن پیستون+Pمحیط)

درابتدای حرکت: $\delta = 0 \Rightarrow P_S = 0 \Rightarrow P = P_0 = 300kPa$

$\Rightarrow P = 300 + 500\Delta V$

$400 = 300 + 500(V_2 - 0.5) \Rightarrow V_2 = 0.7\, m^3$

$b)\ W_{1-2} = \int_1^2 PdV = \int_{0.5}^{0.7} \left[300 + 500(V - 0.5)\right] dV = 70kJ$

باصرف نظرازتغییرات انرژی جنبشی وپتانسیل : $1st\ law: Q_{1-2} = W_{1-2} + m(u_2 - u_1)$

1) $\begin{cases} u_f = 417.33\, kJ/kg \\ u_{fg} = 2088.72\ kJ/kg \end{cases}$

$$2)\ \begin{cases} P_2=400kPa \\ v_2=\dfrac{V_2}{m}=0.7\ m^3/kg \end{cases} \rightarrow \text{بخارفوق گرم} \Rightarrow u_2=2865.98\ kJ/kg$$

$$u_1=u_{1f}+x_1u_{1fg}=1023.06\ kJ/kg$$

$$1st\ law:\ Q_{1-2}=70+1(2865.98-1023.06)=1912.92\,kJ$$

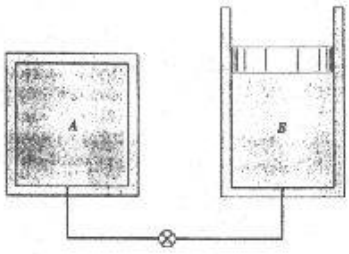
۱۸-۵ سیلندرپیستون B توسط یک خط لوله وشیربه مخزن A به حجم $1m^3$ وصل شده است (شکل ۱۸-۵P). هردودارای آب ودرابتدامخزن A درحالت بخاراشباع در $100kPa$ و B دردمای $400^\circ C$ وفشار $300kPa$ وبه حجم $1m^3$ می باشد. اکنون شیربازمی شودوآب درون A,B به حالت یکنواخت می رسد.

الف)جرم اولیه درون B,A راپیداکنید.

ب)اگربعدازانجام فرایند درجه حرارت $200^\circ C$ باشد ،مقدارکاروانتقال گرماراپیداکنید.

حل:

I)



$$A)\ \begin{cases} P_1=100kPa \\ x=1 \\ V=1m^3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u_1=2506.06\,kJ/kg \\ v_1=1.694\,m^3/kg \end{cases}$$

$$m_A=\frac{V}{v_1}=0.5903\,kg$$

$$B)\ \begin{cases} P_1=300kPa \\ T_1=400^\circ C \\ V=1\,m^3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u_1=2965.53kJ/kg \\ v_1=1.03151\,m^3/kg \end{cases} \qquad m_B=\frac{V}{v_1}=0.97kg$$

$$m=m_A+m_B=1.56\ kg$$

$$V_1=V_A+V_B=2\ m^3$$

اگرمخزن B,A هردورابه عنوان یک سیستم درنظربگیریم کار در مرز سیستم بصورت غیر تعادلی با

فشار خارجی $300kPa$ انجام می شود.

$$\begin{cases} P_2=300kPa \\ T_2=200^\circ C \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_2=0.71629\,m^3/kg \\ u_2=2650.65\,kJ/kg \end{cases} \quad (II$$

$$V_2=mv_2=1.117\ m^3 \qquad {}_1W_2=\int_1^2 P_{ext}dV=P_{ext}(V_2-V_1)=-264.8kJ$$

قانون اول ترمودینامیک برای جرم کنترل

$${}_1Q_2=\Delta U+{}_1W_2$$

$$\Rightarrow {}_1Q_2=(mu_2-m_Au_{1A}-m_Bu_{1B})+{}_1W_2=-485kJ$$

۱۹-۵ دستگاهی راباشرایط اولیه مانند مساله قبل درنظربگیرید.بافرض آدیاباتیک بودن فرایند دمای نهایی وکارانجام شده رابیابید.

$$1st\ law \Rightarrow Q=\Delta U+W$$

فرایند آدیاباتیک $\Rightarrow Q=0$ $\qquad \Delta U+W=0\Rightarrow \Delta u+w=0$

شرایط اولیه A

$$\begin{cases} V_A=1m^3 \\ x_A=100\% \\ P_A=100kPa \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u_A=2506.6\,kJ/kg \\ v_A=1.69400\,m^3/kg \Rightarrow m_A=\dfrac{V_A}{v_A}=0.590319\ kg \end{cases}$$

شرایط اولیه B

$$\begin{cases} T_B=400^\circ C \\ P_B=300kPa \\ V_B=1\ m^3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u_B=2965.53\,kJ/kg \\ v_B=1.03151\,m^3/kg \Rightarrow m_B=\dfrac{V_B}{v_B}=0.969453\,kg \end{cases}$$

کل جرم موجوددر B,Aرابه عنوان سیستم درنظرمی گیریم $\qquad m_{tot}=m_A+m_B=1.55977$ kg

$$\Rightarrow \begin{cases} u_1=\dfrac{m_Au_A+m_Bu_B}{m_{tot}}=2791.84\,kJ/kg \\ v_1=\dfrac{V_A+V_B}{m_{tot}}=1.28224\,m^3/kg \end{cases}$$

$$P_{ext}=Cte=P_B=300kPa \Rightarrow {}_1w_2=\int_1^2 P_{ext}dv=P_{ext}\Delta v=300v_2-384.672 \quad (I$$

$$1st\ law:\quad \frac{Q}{m}=\Delta u+w \Rightarrow \Delta u+w=0 \Rightarrow u_2-u_1+w=0 \quad (Q=0)$$

$$\Rightarrow u_2+300v_2-3176.51=0$$

یعنی درحالت نهایی بایدرابطه فوق بین u_2 و v_2 برقرارباشدباتعریف δ بصورت زیرودرون یابی به صفر، T_2 ، v_2 رامی یابیم:

$$\delta=u+300v-3176.51$$

$$P=300kPa \Rightarrow \begin{cases} T=300^\circ C \Rightarrow \begin{cases} u=2806.69 \\ v=0.87529 \end{cases} \Rightarrow \delta=-107.23 \\ T=400^\circ C \Rightarrow \begin{cases} u=2965.53 \\ v=1.03151 \end{cases} \Rightarrow \delta=98.47 \end{cases}$$

درون یابی

$$\delta=0 \Rightarrow \underline{T_2=352.13^\circ C, v_2=0.9567\ m^3/kg}$$

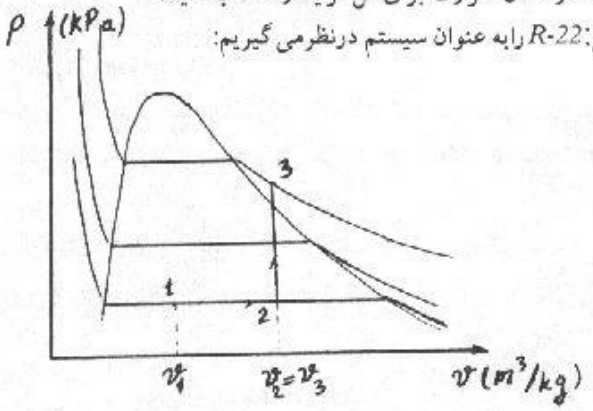
$$I) \Rightarrow w=-97.65\ kJ/kg \Rightarrow W=mw=-152.31\ kJ$$

۲۰-۵ یک سیلندروپیستون عمودی حاوی $5kg$ ، $R\text{-}22$ دردمای $10^\circ C$ است .حرارت به این سیستم منتقل می شودبه گونه ای که پیستون صعودکندودرهنگام رسیدن به موانع بالای سیلندرحجم آن دوبرابرحجم اولیه شود.باافزودن حرارت اضافی درجه حرارت وفشاردرون سیلندررابه $50^\circ C$, $1.3MPa$ می رسانیم .

a) کیفیت درحالت اولیه چیست ؟

b) مقدارانتقال حرارت برای کل فرایندراحساب کنید.

حل: $R\text{-}22$ رابه عنوان سیستم درنظرمی گیریم:



حالت 3:

$$\begin{cases} 50^\circ C \\ 1.3MPa \end{cases} \rightarrow \text{بخارفوق گرم} \rightarrow \begin{cases} v_3=0.02015\ m^3/kg \Rightarrow V_3=mv_3=0.1\ m^3 \\ h_3=274.39\ kJ/kg \\ u_3=h_3-P_3v_3=248.195\ kJ/kg \end{cases}$$

باتوجه به ثابت بودن m , $V_2=2V_1$ داریم :

$$v_1=\frac{v_2}{2}=\frac{v_3}{2}=0.010075\ m^3/kg$$

(a

حالت 1 $\begin{cases}10^\circ C\\0.010075\,m^3/kg\end{cases}\rightarrow$ دوفازه

$$v_{1f}=0.0008\ m^3/kg\ ,\ v_{1fg}=0.03391\ m^3/kg\ ,P_1=P_{sat}\ \Big|_{10^\circ C}=680.7\,kPa$$

$$u_{1f}=55.92\ kJ/kg\ ,\ u_{1fg}=173.87\ kJ/kg$$

$$x_1=\frac{v_1-v_{1f}}{v_{1fg}}=0.27\ \Rightarrow\ x_1=27\%$$

$$u_1=u_{1f}+x_1u_{1fg}=55.92+0.27\times173.87=102.86\ kJ/kg$$

حالت 2 $\begin{cases}v_2=v_3=0.02015\ m^3/kg\\P_2=P_1=680.7\,kPa\end{cases}\rightarrow$ دوفازه

$$v_{2f}=0.0008\ m^3/kg\ ,\ v_{2fg}=0.03391\ m^3/kg\ ,\ T_2=T_{sat}\ \Big|_{680.7\ kPa}=10^\circ C$$

$$x_2=\frac{v_2-v_{2f}}{v_{2fg}}=0.57\rightarrow x_2=57\%$$

$$W_{1-3}=m(w_{1-2}+w_{2-3})=5\ \left[680.7(0.02015-0.010075)+0\right]=34.29kJ$$

1st law: $Q_{1-3}=W_{1-3}+m(u_3\ u_1)\Rightarrow Q_{1-3}=34.29+5(248.195-102.86)$

$$Q_{1-3}=760.94\ kJ$$

۲۵-۵ یک سیلندرپیستون حاوی $1kg$ آب مایع در $300\ kPa\ ,\ 20^\circ C$ است .یک فنرخطی روی پیستون وصل شده است طوری که وقتی آب گرم می شودفشاریه $3MPa$ باحجم $0.1m^3$ می رسد.

الف)درجه حرارت نهایی راپیداکنیدونمودار P-v فرایند رارسم کنید.

ب)مقدارکاروانتقال حرارت فرایندراحساب کنید.

حل:

$$1)\begin{cases}P_1=300kPa\\T_1=20^\circ C\\m=1kg\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}v_1=0.001002\,m^3/kg\\u_1=83.94kJ/kg\end{cases}\qquad 2)\begin{cases}P_2=3MPa\\V_2=0.1\ m^3\\m=1kg\Rightarrow v_2=0.1\ m^3/kg\end{cases}$$

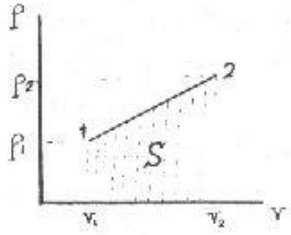
ازجدول (B.1.3)

	3000kPa	
T	v	u
400	0.09936	2932.75
$T_2=?$	0.1	$u_2=?$
450	0.10787	3020.38

$$\Rightarrow \begin{cases} T_2=403.76^{\circ}C \\ u_2=2939.34kJ/kg \end{cases}$$

ازقبل می دانیم

$$\begin{cases} P=P_0+\dfrac{k\Delta V}{A^2} \\ \dfrac{k}{A^2}=D \end{cases} \Rightarrow P=P_0+D.\Delta V$$



$$S=w_{1\ 2}=\frac{P_1+P_2}{2}(v_2-v_1)=163.35kJ$$

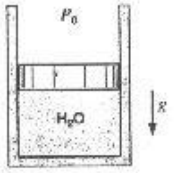
$$W_{1\ 2}=m.w_{1\ 2}=163.35\ kJ$$

قانون اول برای جرم‌کنترل

$$Q_{1\ 2}=\Delta U+W_{1\ 2}=m(u_2-u_1)+W_{1\ 2}\Rightarrow Q_{1\ 2}=3018.7kJ$$

۵-۲۸ درترکیب سیلندر/پیستونی ،پیستون بوسیله فشارجووجرم پیستون تا $150kPa$ بارگذاری شده است ،(شکل ۵-۲۸ P).سیلندرحاوی آب در $-2^{\circ}C$ می باشد.سیستم تازمانیکه آب به بخاراشباع تبدیل شودگرم می گردد.دمای نهایی ،کارویژه وانتقال گرمای ویژه رابرای فرایند بیابید.

ازجدول $(B.1.2)$ $P=150kPa\Rightarrow T_{sat}=111.37^{\circ}C>-2^{\circ}C$:



پس حالت اولیه مایع مادون سرداست .چون جدول مایع مادون سردبرای $-2^{\circ}C,150kPa$ وجودندارداز خواص مایع اشباع در $-2^{\circ}C$ برای حالت اولیه استفاده می کنیم .بابرون یابی ازجدول $(B.1.1)$ خواص مایع اشباع رادر $-2^{\circ}C$ می یابیم:

$$T=0.01^{\circ}C\Rightarrow \begin{cases} u_f=0 \\ v_f=0.001 \end{cases}$$

$$T=5^{\circ}C\Rightarrow \begin{cases} u_f=20.97 \\ v_f=0.001 \end{cases}$$

$$T=-2^{\circ}C\Rightarrow \begin{cases} v_1=v_f=0.001m^3/kg \\ u_1=u_f=-8.44683kJ/kg \end{cases}$$

ازجدول (B.1.2)

$$\begin{cases} P=150kPa \\ T=T_{sat}=111.37^{\circ}C \\ x=100\% \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_2=v_g=1.15933\,m^3/kg \\ u_2=u_g=2519.64\,kJ/kg \end{cases}$$

$$T_2=T_{sat}=111.73^{\circ}C$$

$$w=\int Pdv=P\Delta v=150\times(v_2-v_1)=173.75\ kJ/kg$$

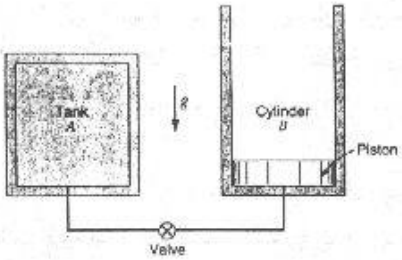
$$1st\ law:\ \frac{Q}{m}=\Delta u+w=2528.09+173.75\approx 2.7\,MJ/kg$$

۲۹ـ۵ درسیستم نشان داده شده مخزن A به حجم $100L$ حاوی بخاراشباع $R\text{-}134a$ در $30^{\circ}C$ است .هنگامی که شیر کمی باز شود $R\text{-}134a$ به آرامی به داخل سیلندر Bجریان می یابد تافشار درون مخزن Aبه $200kPa$ برسد.برای صعودپیستون لازم است درون سیلندر B فشار $200kPa$ باشد.درطی این فرایند حرارت به نحوی بامحیط مبادله می شودکه $R\text{-}134a$ همیشه در $30^{\circ}C$ ثابت بماند.مقدارانتقال حرارت طی فرایندرامحاسبه کنید.

حل: $R\text{-}134a$ راسیستم می گیریم:

حالت ۱:

$$30^{\circ}C \text{ بخاراشباع در} \rightarrow \quad v_{1A}=v_g=0.02671\ m^3/kg\ ,\quad u_{1A}=u_g=394.48\ kJ/kg$$



باباز شدن شیر وورود $R\text{-}134a$ به سیلندر B مرزسیستم گسترش می‌یابد (به شکل مراجعه شود)

حالت ۲: $200kPa, 30^{\circ}C$

بخارفوق گرم

$$v_2=0.11889\,m^3/kg\ ,\ h_2=426.87\ kJ/kg$$

$$u_{2A}=u_{2B}=h_2-P_2v_2=403.092\ kJ/kg$$

$$m_{tot}=m_{1A}=\frac{V_A}{v_{1A}}=\frac{0.1}{0.02671}=3.74kg$$

$$m_{2A}=\frac{V_A}{v_2}=\frac{0.1}{0.11889}=0.84kg \rightarrow m_{2B}=m_{1A}-m_{2A}=3.74-0.84$$

$$m_{2B}=2.9kg$$

$$U_1=m_{1A}u_{1A}+m_{1B}u_{1B}=3.74\times394.48+0=1475.355kJ$$

$$U_2=m_{2A}u_{2A}+m_{2B}u_{2B}=0.84\times403.094+2.9\times403.092=1507.56\ kJ$$

$$W_{1-2}=m\int_1^2 Pdv=m\times P(v_2-v_1)=3.74\times200(0.11889-0.02671)=68.95kJ$$

$$1st\ law:\ Q_{1-2}=W_{1-2}+U_2-U_1\Rightarrow Q_{1-2}=68.95+1507.56-1475.355$$

$$=101.156kJ$$

۳۰-۵ یک بالن کروی حاوی $2kg$ مبرد $R\text{-}22$ در $0^\circ C$ باعیار 30% است. سیستم تافشار $600kPa$ گرم می شود. برای این فرایندمی توان فرض کردکه فشارداخل بالن باقطرآن نسبت مستقیم دارد. تغییرات فشارباحجم ومقدارانتقال حرارت رابیابید.

حل:

ازجدول $(B.4.1)$

$$1)R\text{-}22\begin{cases}m=2kg\\T=0^\circ C\\x=30\%\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}P_1=497.6kPa\\u_f=44.20\\u_{fg}=182.30\end{cases}\Rightarrow u_1=u_f+xu_{fg}=98.89kJ/kg$$

$$\begin{cases}v_f=0.000787\\v_{fg}=0.04636\end{cases}\Rightarrow v_1=v_f+xv_{fg}=0.01470m^3/kg$$

$$\begin{cases}V_1=mv_1=0.0294\ m^3\\P=kD=k\sqrt[3]{\dfrac{6V}{\pi}}\end{cases}\Rightarrow P_1=k\sqrt[3]{\frac{6V_1}{\pi}}\Rightarrow k=1299.46$$

$$2)\begin{cases}P_2=600kPa\\P_2=k\sqrt[3]{\dfrac{6V_2}{\pi}}\end{cases}\Rightarrow\begin{matrix}V_2=0.05154\ m^3\\v_2=\dfrac{V_2}{m}=0.02577\ m^3/kg\end{matrix}$$

باملاحظه جدول $(B.4.1)$ درمی یابیم که درمنطقه دوفازی قراردارایم.

$P(kPa)$	$v_f(m^3/kg)$	$v_{fg}\ (m^3/kg)$	$u_f(kJ/kg)$	$u_{fg}(kJ/kg)$
583.8	0.000789	0.03957	50.03	178.15
600	?	?	?	?
680.7	0.000800	0.03391	55.92	173.87

$$\Rightarrow \begin{cases} v_{2f}=0.000791 m^3/kg \\ v_{2fg}=0.03862 m^3/kg \\ u_{2f}=51.01\, kJ/kg \\ u_{2fg}=177.43\, kJ/kg \end{cases} \qquad x=\frac{v_2-v_{2f}}{v_{2fg}}=0.65$$

$$u_2=u_{2f}+xu_{2fg}=166 kJ/kg$$

$$_1Q_2=\Delta U+{}_1W_2=m(u_2-u_1)+\int_1^2 pdV$$

$${}_1W_2=\int_1^2 pdV=\int_{V_1}^{V_2} k\sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}\,dV=12.2\ kJ$$

$$\Rightarrow {}_1Q_2=146.4\ kJ$$

۵-۳۱ یک پیستون که درسیلندرعایقی بوسیله یک پین نگه داشته شده ،(شکل ۳۱-۵P)، حاوی $2kg$ آب در $100^\circ C$ و $x=98\%$ می باشد.جرم پیستون $102\ kg$ ،سطح مقطع آن $100\ cm^2$ و فشار محیط $100kPa$ است .پین خارج شده وپیستون حرکت می کند.بافرض آدیاباتیک بودن فرایند حالت نهایی آب رابیابید.

حل:

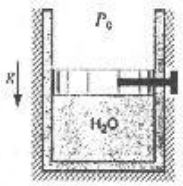
ازجدول (B.1.1)

$$T=100^\circ C\Rightarrow \begin{cases} P_{sat}=101.3\ kPa \\ v_f=0.001044, v_{fg}=1.67185 \\ u_f=418.91, u_{fg}=2087.58 \end{cases}$$

$$\Rightarrow v_1=1.63946\ \ m^3/kg \quad , \quad u_1=2464.74\ kJ/kg$$

$$P_{ext}=P_2=\frac{102\times 9.81}{1000\times 100\times 10^{-4}}+100$$

$$=200\ kPa$$



$$w=\int P_{ext}dv=P_{ext}\Delta v$$

فرایند آدیاباتیک $\Rightarrow Q=0$

$$1st\ law:\ \frac{Q}{m}=\Delta u+w \qquad \Rightarrow \Delta u+w=0$$

$$\Rightarrow P_{ext}(v_2-v_1)+u_2-u_1=0$$

$$\Rightarrow u_2+200v_2-2792.6=0$$

یعنی درشرایط نهایی رابطه فوق بین $v_2 u_2$ برقراراست .برای دستیابی به حالت نهایی δ رابصورت زیرتعریف کرده وبادرون یابی δ به صفر ، T_2 رامی یابیم.

$$\delta = u_2 + 200v_2 - 2792.6$$

$$P_2 = 200\,kPa \Rightarrow \begin{cases} T = 150^\circ C \rightarrow \delta = -23.87 \\ T = 200^\circ C \rightarrow \delta = 77.79 \end{cases} \quad \delta = 0 \Rightarrow T_2 = 161.74^\circ C$$

حالت نهایی : $\begin{cases} T_2 = 161.74^\circ C \\ P_2 = 200\,kPa \end{cases}$ درناحیه بخار فوق گرم قرار دارد.

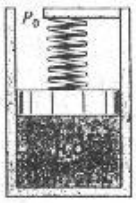
۵-۳۲ یک سیستم سیلندرپیستون دارای یک فنرخطی است وفشاراتمسفربرروی پیستون وارد می‌شود .این سیلندرحاوی آب در $3MPa, 400^\circ C$ ودارای حجم $0.1\ m^3$ است هنگامی که پیستون درکف سیلندرقراردارد میزان نیروی اعمالی فنر به حدی است که برای توازن نیروها،لازم است فشاردرون سیلندر $200\ kPa$ باشد.این سیستم تارسیدن به فشار $1MPa$ سرد می شود. مقدارانتقال حرارت درطی فرایندرامحاسبه کنید.

حل:برای فنرخطی می توان نوشت .

$F_S = K(L_2 - L_1)$ A_P:سطح مقطع پیستون

L:ارتفاع پیستون

$V = A_P L$



هنگامی که پیستون درکف سیلندراست دراثرفشارهوای بیرون وفشردگی اولیه فنرفشار $200kPa$ برای بلندکردن پیستون لازم است .

$$P = P_0 + \frac{K\Delta L}{1000A_P} + P_c = P_0 + P_c + \frac{K\Delta V}{1000A_P^2} = P' + \frac{K\Delta V}{1000A_P^2}$$

-دراین رابطه P_c مقدارفشاراولیه ثابتی است که دراثرفشردگی اولیه فنرایجادشده است .

-برای اینکه فشاررابرحسب kPa بدست بیاوریم جمله دوم رابه 1000 تقسیم می کنیم .

-مجموع دوفشارثابت $P_c P_0$ رابه عنوان فشارثابت معادل P' درنظرمی گیریم .

وقتی پیستون درکف سیلندراست : $200 = P'$

درحالت اولیه : $3000 = P' + \frac{K \times (0.1 - 0)}{1000A_P^2} = 200 + K' \times 0.1$

(نسبت $\frac{K}{1000A_P^2}$رابه عنوان ثابت K' درنظرمی گیریم)

$$\Rightarrow K' = 28000\ ,V_1 = 0$$

$$\Rightarrow P = 1000 = 200 + 28000 \times V_2 \Rightarrow V_2 = 0.028 m^3$$

$$\text{حالت 1} \left| \begin{matrix} 400^{\circ}C \\ 3MPa \end{matrix} \right. \rightarrow \text{فوق گرم} \rightarrow \left| \begin{matrix} v_1 = 0.09936\ m^3/kg \\ u_1 = 2932.75\ kJ/kg \end{matrix} \right.$$

$$m = \frac{V_1}{v_1} = \frac{0.1}{0.09936} = 1.006\,kg$$

$$\text{حالت 2} \left| \begin{matrix} 1MPa \\ v_2 = \dfrac{V_2}{m} = \dfrac{0.028}{1.006} = 0.0278\ m^3/kg \end{matrix} \right. \rightarrow \text{دوفازه}$$

$$v_f = 0.001127\,m^3/kg\ ,\ v_{fg} = 0.19332\ m^3/kg\ ,u_f = 761.67\,kJ/kg$$

$$u_{fg} = 1821.97\ kJ/kg$$

$$x_2 = \frac{v_2 - v_f}{v_{fg}} = \frac{0.0278 - 0.001127}{0.19332} = 0.138$$

$$u_2 = u_f + x_2 u_{fg} = 761.67 + 0.138 \times 1821.97 = 1013.1\,kJ/kg$$

$$W_{1\text{-}2} = \int_1^2 PdV = \int_{0.1}^{0.028} (200 + 28000V)dV = -143.42\,kJ$$

علامت منفی نشانگراین است که روی سیستم کارانجام می شود.

$$1st\ law:\ Q_{1\text{-}2} = W_{1\text{-}2} + m(u_2 - u_1)$$

$$Q_{1\text{-}2} = -143.42 + 1.006(1013.1 - 2932.75) = -2074.6\,kJ$$

۳۳-۵ یک سیلندرپیستون عمودی یک فنر خطی داردکه مطابق شکل P۵-۳۲ وصل شده است. فنر طوری نصب شده است که وقتی حجم سیلندرصفراست فشارمتوازن کننده داخلی $100kPa$ باشد. سیلندرحاوی $0.5kg$ آب در $125^{\circ}C$ وباعیار 70% است. حال به مجموعه حرارت داده می شودتافشاردرون سیلندربه $300kPa$ برسد. مقدار کار انجام شده توسط آب طی این فرایندومقدارانتقال حرارت چقدراست ؟

حل:

$$1) \begin{cases} T_1 = 125^{\circ}C \\ x = 70\% \\ m = 0.5\,kg \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} v_1 = v_f + x v_{fg} = 0.53974 m^3/kg \\ u_1 = u_f + x u_{fg} = 1931.66\,kJ/kg \end{matrix}$$

ازجدول (B.1.1)

$P_1=232.1kPa$, $V_1=mv_1=0.26987$

$P=100+\frac{KV}{A^2} \Rightarrow P=100+D.V$ ازقبل می دانیم

$P_1=100+DV_1 \Rightarrow D=489.5$

$P_2=100+DV_2 \Rightarrow V_2=0.40858\,m^3 \Rightarrow v_2=\frac{V_2}{m}=0.81717 m^3/kg$

$p_3=300kPa$, $v_2=0.81717\ m^3/kg$

ازجدول (B.1.3)

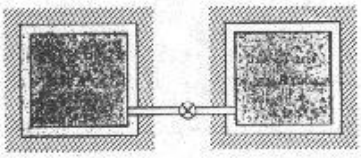
300kPa	
u	v
0.71629	2650.65
0.81717	? $\Rightarrow u_2=2749.65$
0.87529	2806.69

$$_1W_2=\int_1^2 PdV=\int_{V_1}^{V_2}(100+DV)dV=36.9kJ$$

$$_1Q_2=\Delta U+{}_1W_2=m(u_2-u_1)+{}_1W_2=445.9\ kJ$$

۵-۳۴ دومخزن که کاملا" عایق بندی شده‌اند باشیری به هم وصل می باشند،شکل P۵-۳۴ مخزن A حاوی $0.6kg$ آب در $300kPa$ و $300^\circ C$ است .مخزن B به حجم $300L$ حاوی آب در $600kPa$ و $x=80\%$ است .شیربازشده ودومخزن به تدریج به حالت یکسان می‌رسند .بافرض آدیاباتیک بودن فرایند ،نشان دهیدحالت نهایی (u,v) دوفازه است وبادرون یابی برروی فشار،به انرژی داخلی موردنظردست یابید.

حل:



$$\begin{cases}T=300^\circ C\\ p_A=300kPa\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}v_A=0.87529\,m^3/kg\\ u_A=2806.69\,kJ/kg\end{cases}$$

$$\begin{cases}p_B=600kPa\\ x_B=0.8\\ T_{sat}=158.85^\circ C\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}v_B=0.252757\,m^3/kg\\ u_B=2187.9\ kJ/kg\end{cases}$$

$$\Rightarrow m_B=\frac{V_B}{v_B}=1.18691\ kg$$

$$m_{tot}=m_A+m_B=1.78691kg \qquad V_A=m_A v_A=0.525174\ m^3$$

$$V_{tot}=V_A+V_B=0.82517\ m^3$$

$$\Rightarrow v_2=\frac{V_{tot}}{m_{tot}}=0.461788\,m^3/kg$$

تمام جرم را به عنوان سیستم انتخاب می کنیم :

چون حجم کل ثابت است پس کاری انجام نمی شود. $W=0$

$$\begin{cases} 1st\ law:\ \dfrac{Q}{m}=\Delta u+w \Rightarrow \Delta u=0 \Rightarrow u_2=u_1=\dfrac{m_A u_A+m_B u_B}{m_A+m_B}=2395.67kJ/kg \\ \text{آدیاباتیک} \Rightarrow Q=0 \\ \text{حجم ثابت} \Rightarrow W=0 \end{cases}$$

حالت نهایی : $v_2=0.461788\,m^3/kg \ , \ u_2=2395.67\ kJ/kg$

درفشارهای $400kPa$ و $450kPa$ ، v بین دو v_g قراردارد و u_g برای هردوفشارفوق بیش از 2500 می‌باشد پس ازمنطقه دوفازه قرارداریم .

داریم : $x_1=\dfrac{u-u_f}{u_{fg}} \ , \ x_2=\dfrac{v-v_f}{v_{fg}}$

چون کیفیت درحالت نهایی منحصربفرداست پس باید $x_2=x_1$ باشد.

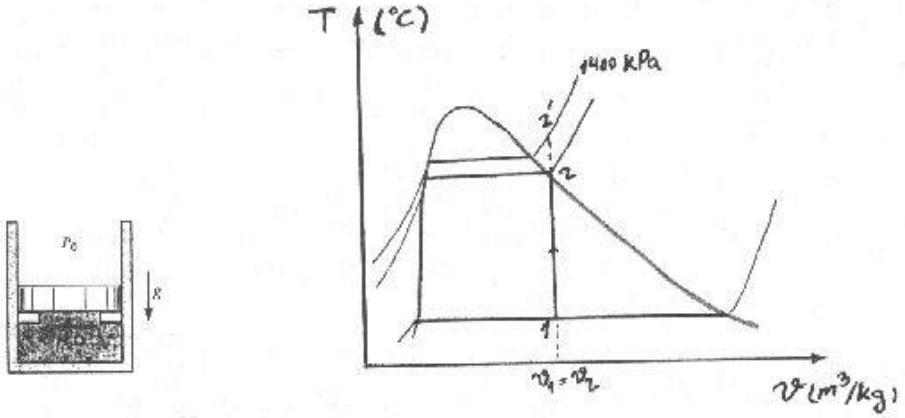
δ را بصورت $\delta=x_2-x_1$ تعریف می کنیم وبادرون یابی δ به صفر P را می‌یابیم(ازجدول $B.1.2$)

$$\begin{cases} P=375kPa \Rightarrow x_1=0.920467\ , x_2=0.939662 \Rightarrow \delta=0.0191952 \\ P=350kPa \Rightarrow x_1=0.922014\ , x_2=0.880611 \Rightarrow \delta=-0.0414035 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \delta=0 \Rightarrow P=367.081\,kPa \qquad P_2=367.081\ kPa$$

۳۵-۵ یک سیلندرپیستون حاوی $1kg$ آمونیاک در $20^\circ C$ باحجم $0.1m^3$ است . درابتداپیستون در حالت سکون است وسطح بالائی بافشاراتمسفر p_0 درتماس است بطوریکه فشار $1400kPa$ برای بلندکردن آن لازم است . آمونیاک بایدتا چه درجه حرارتی گرم شود که پیستون بلند شود؟ اگر آمونیاک‌راتارسیدن به بخاراشباع حرارت بدهیم ،دماوحجم نهایی وانتقال حرارت $Q_{1\text{-}2}$ را بیابید.

حل:



حالت ۱:

$20^\circ C \quad , \quad v_1 = \frac{V_1}{m} = 0.1\ m^3/kg \rightarrow$

دوفازه:

$\Rightarrow v_f = 0.001638 m^3/kg \quad , \quad v_{fg} = 0.14758 m^3/kg$

$\Rightarrow u_f = 272.89 kJ/kg \quad , \quad u_{fg} = 1059.3\ kJ/kg$

$$x_1 = \frac{v_1 - v_{1f}}{v_{1fg}} = \frac{0.1 - 0.001638}{0.14758} = 0.666$$

$$\Rightarrow u_1 = u_{1f} + x_1 u_{1fg} = 272.89 + 0.666 \times 1059.3 = 978.38\ kJ/kg$$

a) حالت *2'*:

وقتی پیستون از تکیه گاهها بلند می شود.

$P_{2'} = 1400kPa \quad , \quad v_{2'} = v_1 = 0.1\ m^3/kg \rightarrow$ بخار فوق گرم

	1400kPa
$T = 50^\circ C$	$v = 0.09942$
$T = 60^\circ C$	$v = 0.10423$

جواب قسمت اول:

$$\text{درون یابی} \begin{matrix} v = 0.1\ m^3/kg \\ P = 1400kPa \end{matrix} \rightarrow T_{2'} = 51.2^\circ C$$

به همین ترتیب داریم:

$$h_{2'} = 1516.98\ kJ/kg \quad , \quad u_{2'} = h_{2'} - p_{2'} v_{2'} = 1516.98 - 1400 \times 0.1$$

$$= 1376.98\ kJ/kg$$

b)

تازمانیکه پیستون حرکت نکرده است تحول یک تحول حجم ثابت است وبعدازحرکت پیستون به علت ثابت بودن نیروهای خارجی اعمال شده برروی پیستون فرایندفشارثابت است بامراجعه به

جدول $B.2.1$ می بینیم که $v_g \mid_{1400kPa} < 0.1 m^3/kg$ بنابراین می توان گفت خط حجم ثابت قبل از رسیدن به خط فشار $1400kPa$ خط بخار اشباع راقطع می کند این مطلب درروی نمودار T-v مشخص شده است

حالت ۲:

$$V_2 = mv_2 = 1 \times 0.1 m^3$$

دمای نهایی: $v_2 = v_1 = 0.1m$ و بخاراشباع $\rightarrow T_2 = T_{sat} \mid_{v_g = 0.1 m^3/kg} = 33.54^\circ C$

$$u_2 = u_g = 1339.02\ kJ/kg$$

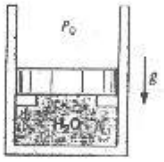
$$(\Delta V_{1-2} = 0) \Rightarrow W_{1-2} = 0$$

$$1st\ law: Q_{1-2} = W_{1-2} + m(u_2 - u_1) = 0 + 1 \times (1339.02 - 978.38) = 360.65\ kJ$$

۳۶-۵ یک سیلندرپیستون حاوی $5kg$ آب دردمای $100^\circ C$ وباعیار $x = 20\%$ است. پیستون به جرم $m_p = 75kg$ مشابه شکل (۳۵-۵) برروی موانع بدنه قراردارد. فشارمحیط $100kPa$ و مساحت مقطع سیلندر $A = 24.5\ cm^2$ است. اکنون به مجموعه حرارت می دهیم تاآب به حالت بخاراشباع برسد مطلوبست حجم اولیه، فشارنهایی، کارانجام شده، مقدارانتقال حرارت ونمودار p-v رارسم کنید.

حل:

$$1) \begin{cases} T_1 = 100^\circ C \\ x = 20\% \\ m = 5kg \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_1 = v_f + x v_{fg} = 0.335414\ m^3/kg \\ u_1 = u_f + x u_{fg} = 836.43\ kJ/kg \end{cases}$$



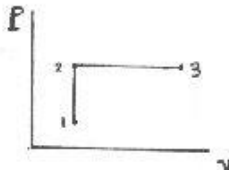
$$V_1 = mv_1 = 1.67707\ m^3$$

فرایندتارسیدن به این فشار،حجم ثابت است.

$$P = P_{at} + \frac{m_p g}{A} = 400.3\ kPa$$

وبعدازاینکه فشاردرون سیلندربه این مقدارسید، فرایندفشارثابت داریم.

$$2) \begin{cases} P_2 = 400.3\ kPa \\ v_2 = 0.335414\ m^3/kg \end{cases} \quad 3) \begin{cases} P_3 = 400.3\ kPa \\ x = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_3 = v_g = 0.46217 m^3/kg \\ u_3 = u_g = 2553.57 kJ/kg \end{cases}$$



$$W_{1\ 3} = W_{1\ 2} + W_{2\ 3} = \int_1^2 pdv + \int_2^3 pdv$$

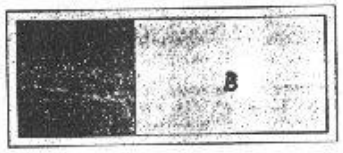
$$\Rightarrow W_{1\ 3} = p_3(v_3 - v_2) = 50.74\ kJ/kg$$

$$W_{1\ 3} = m_{\cdot 1} w_3 = 253.7\ kJ\ (w_{1-2} = 0)$$

$$Q_{1\ 3} = \Delta U + W_{1\ 3} \Rightarrow Q_{1\ 3} = m(u_3 - u_1) + W_{1\ 3} = 8839.4\ kJ$$

۵-۳۷ یک مخزن صلب به وسیله یک غشاء به دو اتاقک A,B تقسیم شده و هر دو حاوی آب می باشند ، شکل (۵-۳۷).اتاقک A در $200kPa$,$v=0.5\ m^3/kg$,$V_A=1m^3$ و اتاقک B حاوی $3.5kg$ آب در $400^\circ C, 0.5MPa$ می باشد.اکنون غشاء پاره شده و حرارت طوری بامحیط مبادله می گرددکه آب دردمای $100^\circ C$ به حالت یکسان درمی آید.انتقال حرارت رادرطول فرایند بیابید.

حل:



کل جرم درون مخزن رابه عنوان سیستم انتخاب می کنیم .چون حجم ثابت است پس $W=0$

ازجدول $(B.1.2)$داریم:

Aدرحالت دوفازه است ،زیرا

$$P_A=200kPa \Rightarrow v_g=0.88573>v_A$$

$$m_A=\frac{V_A}{v_A}=2kg \Rightarrow m_{tot}=m_A+m_B=$$
$$=5.5kg$$

$$x_A=\frac{v_A-v_f}{v_{fg}}=0.563983$$

$$\Rightarrow u_A=u_f+xu_{fg}=1646.55\ kJ/kg$$

ازجدول $(B.1.3)$ داریم :

$$v_B=0.61728\ m^3/kg, u_B=2963.19\ kJ/kg$$

$$\Rightarrow \begin{cases} u_1)_{system}=\dfrac{m_Au_A+m_Bu_B}{m_{tot}}=2484.41\,kJ/kg \\ v_1)_{system}=\dfrac{m_Av_A+m_Bv_B}{m_{tot}}=0.574633\,m^3/kg \end{cases}$$

حجم ثابت: $\Rightarrow \begin{cases} v_2=v_1 \Rightarrow x=\left(\dfrac{v-v_f}{v_{fg}}\right)_{100^\circ C}=0.343086 \Rightarrow u_2=u_f+xu_{fg}=1135.13\,kJ/kg \\ T_2=100^\circ C \end{cases}$

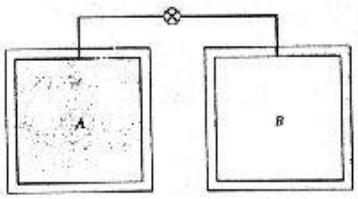
$$1st\ law: Q=\Delta U+W=\Delta U+0=m(u_2-u_1)=-7.421\,MJ$$

۵-۳۸ دومخزن توسط یک شیر به هم متصل هستند.حجم هردومخزن $1m^3$ است ومخزن A دارای $R\text{-}134a$ در $20^\circ C$ وکیفیت 15% می باشد.مخزن B درابتداتهی است .با باز شدن شیر،بخاراشباع از Aبه B جریان می یابد تا فشارهابرابر شوند.وقوع فرایندبه کندی صورت می گیردبه گونه ای که درجه حرارت درطی فرایتددر $20^\circ C$ ثابت باقی

می‌ماند. مقدارحرارت منتقل شده به $R\text{-}134a$ درطی فرایندرابیابید.

حل:

$R\text{-}134a$ راسیستم درنظرمی گیریم.



حالت ۱: $20^{\circ}C$ دوفازه

$v_f = 0.000817\ m^3/kg$

$v_{fg} = 0.03524\ m^3/kg$

$u_f = 227.03\ \ kJ/kg$

$u_{fg} = 162.16\ \ kJ/kg$

$$v_1 = v_{1f} + x_1 v_{1fg} = 0.000817 + 0.15 \times 0.03524 = 0.006103\ m^3/kg$$

$$u_1 = u_{1f} + x_1 u_{1fg} = 227.03 + 0.15 \times 162.16 = 251.354\ kJ/kg$$

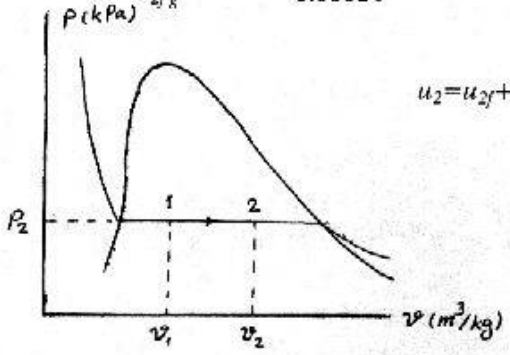
$$m = \frac{V_A}{v_1} = \frac{1}{0.006103} = 163.854\ kg$$

حالت ۲:

$$T_2 = T_1 = 20^{\circ}C \qquad \rightarrow \text{دوفازه } P_2 = P_{sat}\,|_{20^{\circ}C} = 572.8\ kPa$$

$$v_2 = \frac{V_A + V_B}{m} = \frac{2}{163.854} = 0.012206\ m^3/kg$$

$$x_2 = \frac{v_2 - v_{2f}}{v_{2fg}} = \frac{0.012206 - 0.000817}{0.03524} = 0.323184$$



$$u_2 = u_{2f} + x_2 u_{2fg} = 227.03 + 0.323184 \times 162.16$$

$$= 279.438\ kJ/kg$$

درانبساط آزاد کار صفر است $W_{1\text{-}2} = 0$

$$1st\ law: Q_{1\text{-}2} = W_{1\text{-}2} + U_2 - U_1$$

$$= W_{1\text{-}2} + m\Delta u$$

$$Q_{1\text{-}2} = W_{1\text{-}2} + m(u_2 - u_1) = 4.6\ MJ$$

۵-۳۹ سیستم مساله قبل رادرنظر بگیرید. حال شیربازمی شود، بافرض اینکه گرمابه اندازهٔ کافی به دومخزن انتقال یابد طوریکه تمام مایع تبخیرگردد، مقدارانتقال حرارت لازم را پیدا کنید.

حل:

$$1)R-134a\begin{cases}T_1=20^\circ C\\ x=15\%\\ V=1m^3\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}v_1=v_f+xv_{fg}=0.006103\,m^3/kg\\ m=\dfrac{V}{v_1}=163.854kg\\ u_1=u_f+xu_{fg}=251.354kJ/kg\end{cases}$$

$$2)\begin{cases}x=1\\ V=2m^3\Rightarrow v_2=\dfrac{V}{m}=0.01221\end{cases}$$

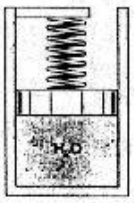
با ملاحظه جدول *(B.5.1)*

	T	v_g	u_g	
	55	0.01316	406.01	
$\Rightarrow$	$T_2=?$	0.01221	$u_2=?$	$\Rightarrow u_2=407.04$
	60	0.01146	407.85	

(فرایند انبساط آزاد داریم پس $_1W_2=0$) $\quad {}_1Q_2={}_1W_2+m(u_2-u_1)=25510\ kJ$

۵-۴۰ یک سیلندردارای پیستونی می باشدکه بوسیله یک فنر خطی درجای خودنگه داشته می‌شود. این سیلندر حاوی $0.5\ kg$ بخارآب اشباع در $120^\circ C$ است ،(شکل ۵-۴۰p).باگرم کردن آب پیستون از جای خود حرکت می کند.ثابت فنر معادل $15\dfrac{kN}{m}$ و سطح مقطع پیستون برابر $0.05m^2$ است .می دانیم که فشاربطورخطی باحجم تغییرمی کند و فرایند تا فشارنهایی $500kPa$ دنبال می شود.دمای نهایی درون سیلندر و مقدارانتقال حرارت رابیابید.

حل:



$$P=\frac{K\Delta x}{A_p}=\frac{KA_p\Delta x}{A_p^2}=\frac{K\Delta V}{A_p^2}=\frac{Km\Delta v}{A_p^2}=C\Delta v$$

$$C=\frac{Km}{A_p^2}=3000\frac{kPa.kg}{m^3}$$

$$P=3000(v-v_0)\qquad (I$$

$$\begin{cases}T=120^\circ C\\ x=100\%\end{cases}\Rightarrow P_{sat}=198.5\ ,u_1=u_g=2529.24\ ,v_1=v_g=0.89186$$

شرایط اولیه باید در I صدق کنند

$$\Rightarrow 198.5=3000(0.89186-v_0)\Rightarrow v_0=0.825693\ m^3/kg$$

$$\Rightarrow P=3000v-2477.08$$

این رابطه درتمام شرایط ازجمله شرایط نهایی برقراراست

$$\begin{cases}P_2=500kPa\\P=3000v-2477.08\end{cases}\Rightarrow v_2=0.99236\ m^3/kg$$

$P=500kPa\Rightarrow v_g=0.37489<v_2$ بامراجعه به جدول $(B.1.2)$داریم:

پس نقطه 2 درمنطقه فراگرم قراردارد.بادرون یابی ازجدول $(B.1.3)$ دماوانرژی داخلی رابدست می آوریم .

$$\Rightarrow T_2=802.992^\circ C\ ,u_2=3667.9\ kJ/kg$$

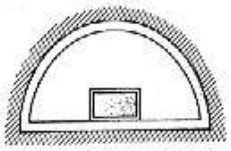
$$w=\int Pdv=\left[1500v^2-2477.08v\right]_{0.89186}^{0.99236}=35.0996\ kJ/kg$$

$$1st\ law:\ Q=\Delta U+W=m(\Delta u+w)=586.88kJ$$

۴۱-۵ یک راکتورپرشده ازآب درفشارودرجه حرارت $360^\circ C\ ,20MPa$ درداخل یک اتاق کاملا عایق قراردارد .حجم راکتور$1m^3$است .(شکل $P5-41$)اتاق درابتداخلاء می باشد. در اثر وقوع نقص راکتورمی ترکدوآب اتاق راپرمی کند حداقل حجم اتاق رابه نحوی که فشار نهایی از$200kPa$ بیشترنشودبدست آورید.

حل:

حالت ۱: $20MPa\ ,\ 360^\circ C$



مایع متراکم:

$$v_1=0.001823\ ,\ u_1=1702.78\ kJ/kg$$

$$\Rightarrow m=\frac{V_1}{v_1}=\frac{1}{0.001823}=548.55\ kg$$

$$1st\ law:\ Q_{1-2}=W_{1-2}+m(u_2-u_1)\qquad ,\qquad Q_{1-2}=0$$

به علت اینکه هیچ مقاومتی دربرابر انبساط آب درخلاءوجودندارد(انبساط آزاد)درطی این فرایندکاری انجام نخواهد شد.

$$\Rightarrow 0=0+m(u_2-u_1)\Rightarrow\ u_2=u_1=1702.78\ kJ/kg\ ,\ P_2=200kPa\rightarrow$$

دوفازه:

$u_f=504.47\ kJ/kg$, $u_{fg}=2025.02\ kJ/kg$, $v_f=0.001061\ m^3/kg$

$v_{fg}=0.88467\ m^3/kg$

$$x_2=\frac{u_2-u_{2f}}{u_{2fg}}=\frac{1702.78-504.47}{2025.02}=0.59$$

$$v_2=v_{2f}+x_2v_{2fg}=0.524566\ m^3/kg$$

حداقل حجم اتاق:

$$V_2=mv_2=548.55\times0.524566=287.75\ m^3$$

۴۲-۵ آرایش مساله قبل رادرنظربگیریداما این بارحجم اتاق را $100m^3$ فرض کنید.نشان دهیدکه حالت نهایی دوفازی است وفشارنهایی راباحدس و خطابیابید.

حل:

(1

$$\begin{cases}20MPa\\360^\circ C\end{cases}\rightarrow \text{مایع متراکم} \Rightarrow \begin{cases}v_1=0.001823m^3/kg\\u_1=1702.78\ kJ/kg\end{cases}$$

$$m=\frac{V_1}{v_1}=\frac{1}{0.001823}=548.55\ kg$$

ازمساله قبل داریم : $u_2=1702.78$

(2

$$u_2=1702.78\ ,\ V_2=100m^3\ ,\ v_2=\frac{V_2}{m}=\frac{100}{548.55}=0.1823$$

باملاحظه جدول $(B.1.3)$ درمی یابیم که حالت 2 حالت بخارفراگرم نیست چون $u_2<u_g$

$$x_2=\frac{u_2-u_{2f}}{u_{2fg}}\quad,\quad x_2=\frac{v_2-v_{2f}}{v_{2fg}}$$

محاسبه x_2ازدومعادله فوق بایدبه یک جواب منجر شود.

$$\delta=\frac{u_2-u_{2f}}{u_{2fg}}-\frac{v_2-v_{2fg}}{v_{2fg}}$$

باملاحظه جدول $(B.1.2)$داریم .

$P=550kPa$, $v_f=0.001097$, $v_{fg}=0.34159$, $u_f=655.30$, $u_{fg}=1909.17\Rightarrow$

$\Rightarrow \delta=1.82\%$

$P=600kPa$, $v_f=0.001101$, $v_{fg}=0.31457$, $u_f=669.88$, $u_{fg}=1897.52\Rightarrow$

$\Rightarrow\delta=-3.17\%$

بادرون یابی داریم

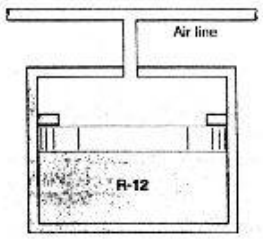
P	δ	
550	1.82%	
$P=?$	$\delta=0$	$\Rightarrow P=568.2\ kPa$
600	-3.17%	

۴۳-۵ $R\text{-}12$ درترکیب سیلندرپیستونی درفشار $2MPa$ ودمای $150^\circ C$ قراردارد.پیستون بدون وزن بروی نگهدارنده هاقرارگرفته وحجم $V=0.5\ m^3$ می باشد.فضای بالای پیستون به خط

هوادر $10^{\circ}C$, $450kPa$ وصل است .(شکل ۴۳-P۵)،اکنون کل سیستم تادمای محیط، $10^{\circ}C$ سردمی شود.مقدارانتقال حرارت رایافته وفرایندراروی نمودار P-v نشان دهید.

حل:

ازجدول $(B.3.2)$داریم:



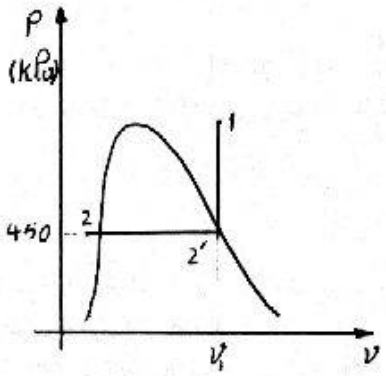
$$\begin{cases} T_1=150^{\circ}C \\ P_1=2MPa \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} h_1=277.41 \\ v_1=0.01265 \end{cases} \Rightarrow$$

$$u_1=h_1-P_1v_1=252.11\,kJ/kg$$

$$V=0.5 \Rightarrow m=\frac{V}{v_1}=39.5257kg$$

برای یافتن دمای اشباع در $450kPa$ داریم

$$\begin{cases} P=400 \Rightarrow T_{sat}=8.15^{\circ}C \\ P=500 \Rightarrow T_{sat}=15.6^{\circ}C \end{cases} \Rightarrow$$



$$P=450kPa \Rightarrow T_{sat}=11.875^{\circ}C>10^{\circ}C$$

یعنی $R\text{-}12$ درحالت نهایی مایع مادون سرداست که خواص آنراباماپع اشباع در همان دما تقریب می زنیم .

$$T_{sat}=10^{\circ}C \Rightarrow \begin{cases} v_2=v_f=0.000733 \\ u_2=u_f=45.06 \end{cases} \Rightarrow$$

$$V_2=0.0289723\,m^3$$

فرایند تازمانیکه فشاریه $450kPa$ برسد درحجم ثابت $\left({}_{1}W_{2'}=0 \right)$ واز آن به بعد در فشار ثابت دنبال می شود.درنقطه $2'$ داریم :

$$\begin{cases} v_{2'}=v_1=0.01265 \\ P_{2'}=450kPa \end{cases} \Rightarrow v_g=0.0388479>v_{2'} \Rightarrow$$

$2'$درمنطقه دوفازه قراردارد

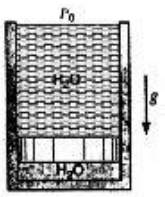
$${}_{1}W_{2}={}_{1}W_{2'}+{}_{2'}W_{2}=0+\int PdV=P\Delta V=-211.962\,kJ$$

$$\Delta U=m\Delta u=m(u_2-u_1)=-8183.8\,kJ$$

$1st\ law: \ {}_1Q_2 = \Delta U + {}_1W_2 = -8395.76\ kJ$

۴۴-۵ یک سیلندر انتها بازبه ارتفاع $10m$ ومساحت مقطع $A_{cyl}=0.1m^2$ دارای یک پیستون عایق شناور و نازک به جرم $198.5\ kg$ می باشد.زیرپیستون $2kg$ آب در $20^\circ C$ وبالای آن آب در درجه حرارت $20^\circ C$ قرار دارد.مقادیر فشاروشتاب جاذبه رابرابر بامقادیراستاندارد P_0, g فرض کنید.اکنون به آب زیرپیستون حرارت می دهیم به گونه ای که منبسط شده وپیستون رابه سمت بالا فشاردهدوآب ازلبه سیلندرسرریزگردد.این فرایندتارسیدن پیستون به بالای سیلندر ادامه می یابد.مقدارحرارت منتقل شده درطی فرایندوحالت نهایی (T,P,v) آب زیرپیستون رابیابید.

حل:



$P_0=101.325\ kPa$

$g=9.80665\ m/s^2$

حالت ۱ برای آب بالای پیستون:

$101.325\ kPa\ ,20^\circ C \rightarrow$

مایع متراکم: $v_{1a}\cong v_f \mid_{20^\circ C}=0.001002\,m^3/kg$

(h_b: ارتفاع آب درزیرپیستون)

حالت 1:جرم آب دربالای پیستون برابراست با

$$m_{1a}=\frac{V_{1a}}{v_{1a}}=\frac{(10-h_b)\times 0.1}{0.001002}=998-99.8h_b$$

حالت 1:آب درزیرپیستون

$$P_b=P_0+\frac{m_a g}{1000A_{cyl}}+\frac{m_p g}{1000A_{cyl}}$$

(تقسیم جملات دوم وسوم بر1000 برای تبدیل جواب به kPaاست.)

$$P_b=101.325+\frac{(998-99.8h_b)\times 9.80665}{1000\times 0.1}+\frac{198.5\times 9.80665}{1000\times 0.1}$$

$$P_b=218.661-9.78704h_b=218.661-195.74v_b \quad \left(h_b=\frac{v_b\times 2}{A_{cyl}}\right)$$

برای یافتن P_{1b}, v_{1b} بایدازروی جدول وبااستفاده ازاین رابطه سعی وخطاکنیم:

$$R=P_b-218.661+195.74v_b$$

(ازآنجائیکه در $20^\circ C$ آب درقسمت بالاکه فشارکمتری داردمایع متراکم است بنابراین آب درقسمت پائین که فشاربیشتری دارد حتماً مایع متراکم خواهدبود)

سعی اول: $P=218\,kPa\ ,\ v\cong v_f 0.0010316\,m^3/kg \rightarrow R=-0.459$

درون‌یابی $R=0\rightarrow P_{1b}=218.459\,kPa\ ,\ v_{1b}=0.0010322\,m^3/kg$

سعی دوم: $P=219\,kPa\ ,\ v\cong v_f=0.0010328\,m^3/kg \rightarrow R=0.54$

حالت 1: آب زیر پیستون $218.459\,kPa\ ,\ 0.0010322\ m^3/kg$

مایع متراکم: $u_{1b}\cong u_f=519.269\,kJ/kg$

$V_{1b}=v_{1b}\times m=0.0020644\,m^3 \qquad V_{1a}=V_{tot}-V_{1b}=10\times 0.1-0.0020644$

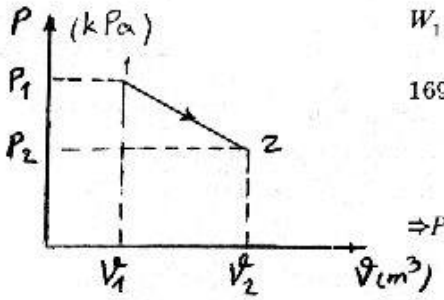
$\Rightarrow V_{1a}=0.99793\,m^3$

کار روی قسمت بالا: $W_{1-2})_a=\int_1^2 F dh\ ,\ F=\frac{V_a}{v_a}\times g+m_p g+P_0\times A_{cyl}$

$$\Rightarrow W_{1-2})_a=\int_{0.99793}^{0}\left[\left(\frac{V}{0.001002}+198.5\right)\times 9.80665+101325\times 0.1\right]\frac{dV}{0.1}\Rightarrow$$

$$\left(h=\frac{V}{A_{cyl}}\Rightarrow dh=\frac{dV}{A_{cyl}}\right)$$

$W_{1-2})_a=-169274\ J=-169.274\,kJ\ ,\ W_{1-2})_b=-W_{1-2})_a=169.274\,kJ$



$$W_{1-2})_b=\frac{P_2+P_1}{2}\times(V_2-V_1)$$

$$169.274=\frac{P_{2b}-218.459}{2}\times(1-0.0020644)$$

$$\Rightarrow P_{2b}=120.789\,kPa$$

حالت 2: آب زیر پیستون

$$v_{2b}=\frac{V_{tot}}{m_b}=\frac{10\times 0.1}{2}=0.5\,m^3/kg$$

$P_{2b}=120.789\,kPa$

دوفازه:

$v_f=0.001047\,m^3/kg\ ,\ v_{fg}=1.41831\,m^3/kg\ ,\ u_f=440\,kJ/kg\ \Rightarrow$

$u_{fg}=2072.34\ kJ/kg$

$x_2=\frac{v-v_f}{v_{fg}}=0.35\ \Rightarrow u_2=u_f+xu_{fg}=1169.03\ kJ/kg$

آب زیرپیستون راسیستم درنظرمی گیریم : $1st\ law: Q_{1-2}=W_{1-2}+m(u_2-u_1)$

$Q_{1-2}=169.274+2(1169.03-519.269)=1468.79\ kJ$

حالت نهایی:(مقادیرخاصیت هادر $120.789kPa$ رابرابر بامقادیر

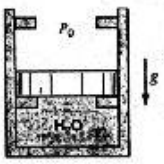
در $120.8kPa$ که درجدول $(B.1.1)$ موجوداست گرفته‌ایم) $T=T_{sat}\,|_{120.789kPa}\cong 105^{\circ}C$

$v=0.5\,m^3/kg\ ,\ P=120.789\ kPa$

۴۸-۵ سیلندرنشان داده شده درشکل $(P5\text{-}48)$ رادرنظربگیریدکه درآن پیستون بدون اصطکاک می تواند آزادانه بین موانع حرکت داشته باشد.وقتی که پیستون روی موانع پایینی قراردارد حجم محبوس $400\ L$ ووقتی که پیستون به موانع بالایی رسید حجم محبوس $600L$ می‌رسد .ابتداسیلندرحاوی آب در $100kPa$ وباعیار 20% است .مجموعه راحرارت می‌دهیم تاآب به حالت بخاراشباع برسد اگربرای حرکت پیستون درمقابل فشارمحیط و وزن آن نیاز به فشار $300kPa$ باشد،فشارنهایی درون سیلندر، مقدارانتقال حرارت وکاردرکل فرایندراتعیین کنید.

حل:

(1



$P=100kPa\ ,\ x=20\%$

$v_1=v_f+xv_{fg}=0.339635\,m^3/kg$

$V=0.4\,m^3\Rightarrow m=\frac{V}{v_1}=1.178\,kg$

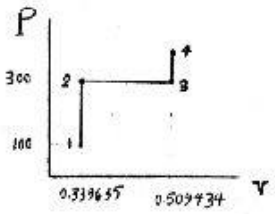
$u_1=u_f+xu_{fg}=835.1\,kJ/kg$

(2 $v=0.339635\ ,\ P=300kPa$

وقتی پیستون به موانع بالایی می رسد

$v=\frac{0.6}{1.178}=0.509434$

که کمتراز $v_g)_{300kPa}=0.60582$ است واین بدان معنی است که مادرفشار $300kPa$ نمی توانیم به بخاراشباع برسیم ونمودار $p\text{-}v$ بصورت زیرخواهدبود.



(3

$$\begin{cases} v=\dfrac{V}{m}=\dfrac{0.6}{1.178}=0.509434\,m^3/kg \\ P=300kPa \end{cases}$$

(4 $v=0.509434$, $x=1$, $P=?$, $u=?$

v_g	P	u_g
0.52425	350	2548.92
0.509434	$P=?$	$u=?$
0.49137	375	2551.31

$\Rightarrow P_4=361.3kPa$, $u_4=2550$

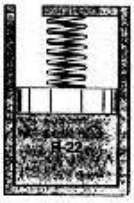
$$\underset{1\ \ 4}{W}=\int_{v_1=0.4}^{v_2=0.6} PdV=mP_3(v_3-v_2)=60\,kJ$$

$$\underset{1\ \ 4}{Q}=\Delta U+\underset{1\ \ 4}{W}=m(u_4-u_1)+60=2080\ kJ$$

۵۰-۵ سیلندری بایک پیستون بدون اصطکاک آب بندی شده وپیستون به وسیله‌یک فنرخطی در جای خودنگه داشته می شود.سیلندرحاوی R-22 در $20^\circ C$ و $x=60\%$ بوده وحجم اولیه آن $8L$ است (شکل ۵۰-P۵).سطح مقطع پیستون $0.04\ m^2$ وثابت فنر $500\frac{kN}{m}$ است .$62kJ$ گرمابه R-22 داده می شود.نشان دهید فشار نهایی حدود $1600kPa$ است ودمای نهایی رابیابید.

حل:

ازجدول $(B.4.1)$



$T=20^\circ C$, $x=0.6$

$\Rightarrow P_{sat}=909.9kPa$, $v_1=0.015932\ m^3/kg$

$u_1=166.872\ kJ/kg$

$m=\dfrac{V}{v}=0.502134\,kg$

بارگذاری بافنرخطی :

$$P=\frac{K\Delta x}{A_p}=\frac{K\Delta V}{A_p^2}=\frac{Km}{A_p^2}\Delta v=\frac{Km}{A_p^2}v+c\Rightarrow P=156917v+c$$

$P_1=909.9kPa$, $v_1=0.015932\ m^3/kg\Rightarrow 909.9=156917\times 0.015932+c$

$\Rightarrow c=-1590.1\Rightarrow P=156917v-1590.1$ (I

$$1st\ law:\ Q=\Delta U+W \Rightarrow \frac{Q}{m}=\Delta u+w \Rightarrow \frac{62}{0.50213}=u_2-u_1+\int_{v_1}^{v_2} Pdv \qquad (II$$

ازطرفی:

$$\int_{v_1}^{v_2} Pdv=\int_{v_1}^{v_2}\left[\,156917v-1590.1\right]\,dv=\left[78458.5v^2-1590.1v\right]_{v_1}^{v_2}$$
$$=78458.5\,v_2^2-1590.1v_2+5.41846$$

$$II \Rightarrow 123.473=5.41846+78458.5\,v_2^2-1590.1\,v_2+u_2-166.872$$

$$\Rightarrow u_2+78458.5v_2^2-1590.1v_2-284.927=0 \qquad (III$$

یعنی درشرایط نهایی بین متغیرهای حالت ، روابط III,I برقراراست .باتوجه به راهنمایی مساله مقادیر رابرای $P=1600kPa$ می یابیم (δ_{III} رامقداراختلاف سمت چپ رابطه III باصفرفرض کنید)

$$\Rightarrow \delta_{III}=u+78458.5v^2-1590.1v-284.927$$

از جدول $(B.4.2)$ و با توجه به رابطهٔ I داریم :

$$I\ ,\ P=1600kPa \Rightarrow v=0.0203299 \Rightarrow h_2=318.094 \Rightarrow u=h-pv=285.566$$

$$\Rightarrow \delta_{III}=0.740$$

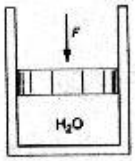
(چون دررابطه III عدد 284.927- باقیه اعدادجمع می شود وδ_{III} درمقابل آن ناچیزاست پس فرض $P=1600kPa$ فرض قابل قبولی‌است.)

درون یابی ازجدول $(B.4.2)$ $\qquad P=1600kPa \Rightarrow T_2=106.409^{\circ}C$

۵۲-۵ یک سیلندر با پیستون بدون اصطکاک ، که حاوی بخارآب در $2MPa$ ، $500^{\circ}C$ و حجم $5L$ است در شکل نشان داده شده است . نیروی خارجی پیستون متناسب باتوان سوم حجم سیلندر می‌باشد. تارسیدن فشار سیلندر به $500kPa$ ، حرارت ازسیلندرانتقال یافته و حجم و نیروکاهش می یابد .مقدارکار و انتقال حرارت دراین فرایند رابیابید.

حل:

آب داخل سیلندررابه عنوان سیستم در نظر می‌گیریم:



حالت 1: $\qquad 2MPa\ ,\ 500^{\circ}C$

بخارفوق گرم:

$$v=0.17568\ m^3/kg\ \ ,u=3116.2\ kJ/kg$$

$$m=\frac{V_1}{v_1}=\frac{0.005}{0.17568}=0.02846\,kg$$

$$F_{ext}=KV^3\Rightarrow P_{ext}=\frac{F}{A_p}=K'V^3$$

حالت 1:
$$2000=K'\times 0.005^3\Rightarrow K'=1.6\times 10^{10}$$
$$P=1.6\times 10^{10}V^3$$

حالت 2:
$$500=1.6\times 10^{10}V_2^3\Rightarrow V_2=0.00315\,m^3\Rightarrow v_2=\frac{V_2}{m}=0.110674\,m^3/kg$$

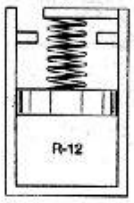
دوفازه
$$v=0.110674\,m^3/kg\ ,\ P=500kPa\ \Rightarrow$$
$$\Rightarrow v_f=0.001093\,m^3/kg\ ,\ v_{fg}=0.3738\,m^3/kg\ ,\ u_f=639.66\,kJ/kg$$
$$u_{fg}=1921.57\,kJ/kg$$

$$x_2=\frac{v_2-v_f}{v_{fg}}=0.29 \qquad u_2=u_f+x_2u_{fg}=1202.98\,kJ/kg$$

$$W_{1-2}=\int_1^2 PdV=\int_{0.005}^{0.00315}(1.6\times 10^{10}V^3)dV=-2.106\,kJ$$

$$1st\ law:\ Q_{1-2}=W_{1-2}+m(u_2-u_1)$$
$$Q_{1-2}=-2.106+0.02846(1202.98-3116.2)=-56.56kJ$$

۵-۵۶ سیلندر پیستون نشان داده شده درشکل (P۵-۵۶) محتوی مبرد R-12 در $-30^\circ C$ باکیفیت $x=20\%$ بوده و حجم آن $0.2\ m^3$ است .معلوم شده است که $V_{stop}=0.4m^3$.وقتی که پیستون درکف سیلندرمی نشیند نیروی فنر باسایر بارهای وارده برپیستون برابراست .حال مجموعه تادمای $20^\circ C$ حرارت داده می شود.مقدارجرم مایع راپیداکنید.نمودار P-v رارسم کنید ومقدار کاروانتقال حرارت رابدست آورید.



حل:

$$T_1=-30^\circ C\ ,\ x=20\%\ \Rightarrow v_1=v_f+xv_{fg}=0.032412\ ,\ V_1=0.2m^3 \qquad (1$$

$$h_1=h_f+xh_{fg}=41.928\ ,\ P_1=P_{sat}=100.4kPa\ ,\ m=\frac{V_1}{v_1}=6.2kg$$

ازقبل می دانیم :
$$P=\frac{KV}{A^2}=DV\ ,\ P_1=DV_1\Rightarrow D=502$$

2)ازجدول (B.3.1)

$$\begin{cases} V=0.4 \\ P_2=DV_2=200.8\,kPa \Rightarrow T_2=-12.5^\circ C \\ v_2=\dfrac{V_2}{m}=0.064824 \end{cases}$$

مشاهده می شود T_2 کمتراز $20^\circ C$ است .

ازاین به بعدفرایندرحجم ثابت انجام می‌گیرد(تادمای $20^\circ C$)

ازجدول (B.3.2)

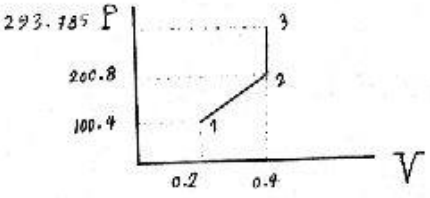
	$20^\circ C$	
v	P	h
0.09642	200	202.28
0.064824	$P_3=?$	$h_3=?$
0.06273	300	200.64

(3

$$\Rightarrow P_3=293.785\ ,\ h_3=200.742\ ,u_3=h_3-P_3v_3=181.698$$

$$_1W_3=\int_1^2 PdV+0=\frac{P_1+P_2}{2}(V_2-V_1)=30.12\,kJ$$

$$(V_2=V_3\Rightarrow {}_2W_3=0)$$



$$_1Q_3=\Delta U+{}_1W_3$$

$$\Rightarrow {}_1Q_3=m(u_3-u_1)+{}_1W_3=912.7kJ$$

توجه شودکه دراینجاچون فشارثابت نیست ، نمی توانیم از فرمول $_1Q_3=m(h_3-h_1)$ استفاده کنیم.

۵۹-۵ اتومبیلی به جرم $1275\ kg$ باسرعت $60\frac{km}{h}$ حرکت می کند.درهمین لحظه ترمزها برای رساندن ناگهانی سرعت به $20\ km/h$ به کاربرده می شوند.فرض کنید که لنتهای ترمز با جرم $0.5kg$ دارای ظرفیت حرارتی ویژه $1.1\frac{kJ}{kgK}$ باشند.همینطور فرض کنید دیسک / درام‌های ترمز به جرم $4.0kg$ ازفولادساخته شده اند وهردو جرم بطوریکسان گرم می شوند.افزایش دمادرمجموعه ترمز رابیابید.

حل:

ازجدول $(A.3)$داریم: $C_p)_{steel}=0.46\ kJ/kgK=C_D$

$1st\ law:\ Q=W+\Delta U+\Delta(PE)+\Delta(KE)$

چون درحالت اتومبیل تغییری حاصل نشده: $\Delta U=0$

چون ارتفاع ثابت است: $\Delta(PE)=0$

چون کارنیروهای خارجی دراین مدت کم ناچیز است: $W\approx 0$

$$\Rightarrow Q=\Delta(KE)=\frac{1}{2}mV_2^2-\frac{1}{2}mV_1^2=\frac{1}{2}m(V_2^2-V_1^2)$$

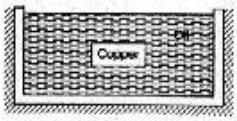
$$\Rightarrow Q=\frac{1}{2}\times 1275\left[\left(\frac{20}{3.6}\right)^2-\left(\frac{60}{3.6}\right)^2\right]=-157407\ J$$

تمام این گرمای آزادشده درمجموعه لنت ودیسک /درام ها جذب می شود.

ازطرفی $Q=m_pC_p\Delta T+m_DC_D\Delta T\Rightarrow\Delta T=\dfrac{Q}{m_pC_p+m_DC_D}=65.86^\circ C$

۶۰-۵ یک مکعب مسی به حجم $1L$،تادرجه حرارت $500^\circ C$ تحت عملیات حرارتی قرارمی گیرد. این مکعب مطابق شکل دریک حمام روغن به حجم $200L$ و درجه حرارت اولیه $20^\circ C$ سرد می شود باصرفنظرازانتقال حرارت به محیط درجه حرارت نهایی راپیداکنید.

حل:



$$1st\ law: Q_{1-2}=W_{1-2}+U_2-U_1$$

$$Q_{1-2}=0\quad,\quad W_{1-2}=0$$

$$\Rightarrow(U_2-U_1)_{block}+(U_2-U_1)_{oil}=0$$

$$\Rightarrow\left[V\rho C_p(T_2-T_1)\right]_{block}+\left[V\rho\ C_p(T_2-T_1)\right]_{oil}=0$$

ازجدول $A.3$, $A.4$:

روغن: $\rho=885\ kg/m^3\ ,\quad C_p=1.9\ kJ/kgK$

مس: $\rho=8300\,kg/m^3\quad,\quad C_p=0.42\ kJ/kgK\ (=kJ/kg^\circ C)$

$$\Rightarrow 0.001\times 8300\times 0.42(T_2-500)+0.2\times 885\times 1.9(T_2-20)=0$$

$$\Rightarrow T_2=24.9^\circ C$$

۶۱-۵ آب اشباع در $25^\circ C$ باکیفیت $x=1\%$ درون یک مخزن کروی آلومینیومی دوجداره با قطرداخلی $0.5m$ وضخامت $1\ cm$ قراردارد.حال به مخزن حرارت داده می شودتااینکه

بخاردرون آن اشباع شود. مخزن و آب درون آن راجرم کنترل درنظرگرفته ومقدارانتقال حرارت طی فرایندراحساب کنید.

حل:

(1

$$\begin{cases} T=25^{\circ}C \\ x=1\% \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_1=v_f+xv_{fg}=0.434586\,m^3/kg \\ u_1=u_f+xu_{fg}=127.91\ kJ/kg \end{cases}$$

$$V=\frac{1}{6}\pi D^3=65.45\times10^{-3}m^3 \qquad m_W=\frac{V}{v_1}=0.1506\ kg$$

ازجدول (B.1.1)

T	v_g	u_g
145	0.44632	2554.86
$T_2=?$	0.434586	$u_2=?$
150	0.39278	2559.54

(2

$$\Rightarrow T_2=146.1^{\circ}C \quad , \quad u_2=2555.9\,kJ/kg$$

ازجدول (A.3)

$$\rho=2700 \quad , \quad C_p=0.90$$

$$m_{Al}=\rho\pi D^2 t=21.205\,kg$$

$$_1Q_2=\Delta U+{}_1W_2=\Delta U_W+\Delta U_{Al}=m_W(u_2-u_1)+m_{Al}C_P(T_2-T_1)$$

$$\Rightarrow {}_1Q_2=2676\,kJ \qquad (V_1=V_2 \Rightarrow {}_1W_2=0)$$

۶۲-۵ گازایده‌آلی از $500K$ تا $1500K$ گرم می شود. تغییرآنتالپی رابافرض گرمای ویژه ثابت وبااستفاده ازجدول $A.5$ (مقادیر برای دمای اتاق) بیابیدوبرروی دقت جواب برای گازهای زیربحث کنید:

الف) آرگون ب) اکسیژن ج) دی اکسیدکربن

حل:

ازجدول $A.5$ داریم:

$$C_{po})_{Ar}=0.520\,\frac{kJ}{kgK}\Rightarrow \Delta h)_{Ar}=C_{po})_{Ar}\Delta T=520\ kJ/kg$$

$$C_{po})_{O_2}=0.922\,\frac{kJ}{kgK}\Rightarrow \Delta h)_{O_2}=C_{po})_{O_2}\Delta T=922\ kJ/kg$$

$$C_{po})_{CO_2}=0.842\,\frac{kJ}{kgK}\Rightarrow \Delta h)_{CO_2}=C_{po})_{CO_2}\Delta T=842\ kJ/kg$$

بامراجعه به شکل 5.11دداریم :

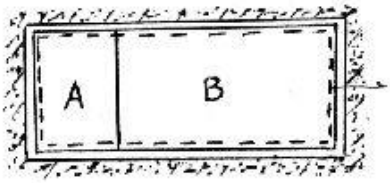
الف)درمورد آرگون نتیجه کاملا" قابل قبول بوده ودقت بسیاربالاست (زیراC_{po}بادماتغییرنمی کند)

ب)درمورداکسیژن دقت چندان خوب نیست (به قوس S شکل روی دیاگرام درنزدیکی دمای اتاق دقت کنید)

ج) درموردی اکسیدکربن نتیجه اصلا" قابل قبول نیست (زیراتغییرات C_{po} بادمابسیارزیاداست)

۵-۶۳ یک مخزن صلب عایق شده توسط یک صفحه به دوقسمت تقسیم شده است محفظه A دارای حجم $0.5m^3$ وحاوی هوادر $250kPa$, $300K$ است ومحفظه B دارای حجم $1m^3$ وحاوی هوادر $150kPa$, $1000K$ است .صفحه جداکننده برداشته می شودوهوابدون انتقال حرارت به حالت یکنواخت می رسد فشارودرجه حرارت نهایی رابیابید.

حل:کل مخزن (قسمت A+ قسمت B)را به عنوان سیستم در نظر می گیریم .



$$1st\ law:\ Q_{1-2}=W_{1-2}+U_2-U_1$$

$$Q_{1-2}=0\ ,\ W_{1-2}=0\quad (V_1=V_2)$$

$$\Rightarrow U_2=U_1$$

$$P_AV_A=m_ART_A$$

$$\Rightarrow 250\times 0.5=m_A\times 0.287\times 300$$

$$\Rightarrow m_A=1.45\ kg$$

$$P_BV_B=m_BRT_B\Rightarrow 150\times 1=m_B\times 0.287\times 1000\Rightarrow m_B=0.52\ kg$$

$$U_2=U_1\Rightarrow (m_A+m_B)u_2=m_Au_A+m_Bu_B\Rightarrow m_A(u_2-u_A)=m_B(u_B-u_2)$$

$$\Rightarrow m_AC_V(T_2-T_A)=m_BC_V(T_B-T_2)\Rightarrow 1.45(T_2-300)=0.52(1000-T_2)$$

$$T_2=484.77K$$

$$P_2V_2=m_2RT_2\Rightarrow P_2(1+0.5)=(1.45+0.52)\times 0.287\times 484.77$$

$$\Rightarrow P_2=182.72kPa$$

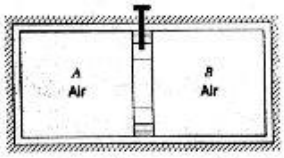
تفاوت موجودبین جواب کتاب وجواب بدست آمده به این دلیل است که دراینجاC_Vبرای هوا ثابت فرض شده است ولی درکتاب مقادیرuازجدول $A.7$ تعیین شده است .(خطا کمتر از 3%)

۵-۶۴ یک سیلندر عایق توسط یک پیستون که درابتداتوسط یک میخ قفل شده به دوبخش باحجم $1m^3$ تقسیم شده است .بخش A حاوی هوادر $200kPa$, $300K$ وبخش B حاوی هوادر $0.1MPa$, $1000K$ است حال پیستون رهامی شودتاآزادانه حرکت کند.انتقال حرارت به گونه ای است که هوابه درجه حرارت $T_A=T_B$ می رسد.مقدارجرم

موجوددر B,A ودرجه حرارت وفشارنهایی راحساب کنید.

حل:

(1.A



$$P_1=200kPa\ ,\ T_1=300K\ ,\ V_1=1m^3$$

$$\begin{cases} Z=1 \Rightarrow m_A=\dfrac{PV}{RT}=2.323\,kg \\ R=0.287 \end{cases}$$

$$P_1=1Mpa\ ,\ T_1=1000K\ ,\ V_1=1m^3 \Rightarrow Z=1 \Rightarrow m_B=\frac{PV}{RT}=3.384kg \quad (1.B$$

$$T_2=?\quad ,\quad P_2=? \quad (2$$

مجموعه متشکل از B,A رابه عنوان سیستم درنظرمی گیریم.

$$\int pdV=0 \quad , \quad {}_1Q_2=0 \Rightarrow$$ سیستم حجم ثابت است و سیستم عایق بندی شده است

$$1st\ law:\ {}_1Q_2=\Delta U+{}_1W_2=\Delta U+\int pdV \Rightarrow \Delta U_{sys}=0$$

درموردگازایده‌ال داریم $du=C_vdT$ وچون درمحدوده دمایی بزرگی قراردارایم C_v ثابت است

$$\int du=\int C_vdT=C_v\int dT \Rightarrow \Delta u=C_v\Delta T$$

$$\Delta U_{sys}=0 \Rightarrow \Delta U_A+\Delta U_B=0 \Rightarrow m_A\ C_v(T_2-T_{1A})+m_BC_v(T_2-T_{1B})=0$$

$$\Rightarrow T_2=\frac{m_AT_{1A}+m_BT_{1B}}{m_A+m_B}=715K$$

$$V=V_A+V_B=2m^3 \Rightarrow \frac{m_{sys}RT_2}{V_2}=P_2 \Rightarrow P_2=585.6kPa$$

۵-۶۵ ترکیبی ازیک سیلندر-پیستون که در آن پیستون بوسیله یک فنرخطی درجای خودنگه داشته می‌شود حاوی $2\ kg$ دی اکسیدکربن در $500kPa$ و $400^\circ C$ است .اکنون مجموعه تادمای $40^\circ C$ سرد می شود،دراین دمافشار $300kPa$ می باشد.مقدارانتقال گرمارابرای این فرایندبیابید.

حل: باتوجه به اینکه برای دی اکسیدکربن جداول دردسترس نمی باشد ازدیاگرام عمومی تراکم پذیری استفاده می کنیم

ازجدول ثابتهای بحرانی $A.2$ داریم : $T_c=304.1K \quad , \quad P_c=7.38MPa$

$$\Rightarrow \begin{cases} T_{r1}=2.21358 \\ P_{r1}=0.068 \end{cases} \qquad \begin{cases} T_{r2}=1.02976 \\ P_{r2}=0.041 \end{cases}$$

ازدیاگرام عمومی تراکم پذیری برای دوحالت فوق داریم : $Z\approx 1$ یعنی CO_2 دردوحالت فوق ودرحالتهای واسطه ازمعادله حالت گازایده ال پیروی می کند. $Pv=RT$

ازجدول خواص گازهای ایده ال $A.5$ داریم:

$$C_{v0}=0.653\frac{kJ}{kgK} \qquad R_{CO_2}=0.1889\frac{kJ}{kgK}$$

$$Pv=RT\Rightarrow v=\frac{RT}{p} \Rightarrow v_1=0.254316 \quad , \quad v_2=0.19718$$

چون بارگذاری فنر خطی است پس رابطه فشار باحجم ویژه نیزخطی بوده وداریم:

$$P=Cv+D$$

$$\Rightarrow \begin{cases} P=C\frac{RT}{P}+D \Rightarrow P=K\frac{T}{P}+D \\ K=CR \end{cases}$$

شرایط اولیه :

شرایط نهایی :

$$\Rightarrow \begin{cases} P_1=K\frac{T_1}{P_1}+D \Rightarrow 500=1.3463K+D \\ P_2=K\frac{T_2}{P_2}+D \Rightarrow 300=1.04383K+D \end{cases}$$

$$\Rightarrow K=661.23 \quad , \quad D=-390.214$$

معادله گازایده ال: $\Rightarrow P=661.23\frac{T}{P}-390.214 \quad , \quad Pv=RT\Rightarrow \frac{T}{P}=\frac{v}{R}$

$$\Rightarrow P=3500{,}42v-390.214$$

داریم : $w=\int_{v_1}^{v_2}Pdv=\int_{0.254316}^{0.19718}[\,3500.42v-390.214\,]\,dv=-22.8543\,kJ/kg$

از شکل 11-5 داریم : $\overline{C}_{po})_{500K}=42.5\frac{kJ}{kmolK}$

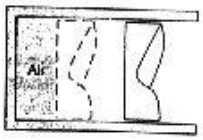
$$\Rightarrow \overline{C}_{vo}=\overline{C}_{po}-\overline{R}=34.186\Rightarrow C_{vo}=\frac{\overline{C}_{vo}}{M}=0.777\,kJ/kgK$$

$$\Delta u=C_{vo}\Delta T=0.777\times(40-400)=-280\,kJ/kg$$

$\Rightarrow 1st\ \ law: Q=m(\Delta u+w)=-605kJ$

۵-۶۶ یک سیلندرپیستون اتومبیل حاوی $0.2L$ هوادر $90kPa$ و $20^{\circ}C$ است .هواطی یک فرایندپلی تروپیک شبه تعادلی باتوان $n=1.25$ تاحجم نهایی که $1/6$ حجم اولیه است فشرده می شود.فشارودرجه حرارت نهایی ومقدارانتقال حرارت طی این فرایندرامحاسبه کنید.

حل:



$T_1=20+273.1=293.1K$

فرایند تروپیک: $P_1V_1^n=P_2V_2^n$

$$90\times V_1^{1.25}=P_2(\frac{V_1}{6})^{1.25}$$

$$\Rightarrow P_2=845\ kPa$$

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}\Rightarrow\frac{90\times V_1}{293.1}=\frac{845}{T_2}\times(\frac{V_1}{6})=T_2=459K$$

درفرایند پلی تروپیک (رابطه 4-4کتاب):

$$W_{1-2}=\frac{P_2V_2-P_1V_1}{1-n}$$

$$W_{1-2}=\frac{845\times\frac{1}{6}\times0.0002-90\times0.0002}{1-1.25}=-0.04\,kJ$$

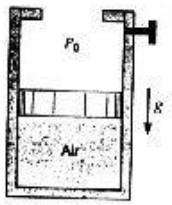
$$P_2V_2=mRT_2\Rightarrow m=2.14\times10^{-4}kg$$

$1st\ law:\ Q_{1-2}=W_{1-2}+m(u_2-u_1)$

$$Q_{1\ 2}=-0.04-2.14\times10^{-4}(329.57-209.41)=-0.015\,kJ$$

[مقادیرu_2 , u_1ازروی جدول $A.7$(بامعلوم بودن T_2 , T_1)تعیین می شوند.]

۵-۶۹ هوادرسیلندرپیستون شکل(P۵-۶۹)در $200kPa$, $600K$ تحت فشارثابت تا دو برابر حجم اولیه منبسط می شود .سپس پیستون توسط یک میخ قفل شده وتارسیدن به دمای نهایی $600K$ ،حرارت انتقال می‌یابد . مقدار h , T , P رابرای حالت $3,2$ بیابید و مقدار کار و انتقال حرارت رادرهردوفرایند حساب کنید.



حل:

ازجدول (A.7):

$P_1=200kPa\ ,\ T_1=600K\ \Rightarrow u_1=435.097\ ,\ h_1=607.316$ (1

$P_2=200kPa\ ,\ V_2=2V_1\ ,T_2=?$ (2

$$m=Cte\Rightarrow \frac{P_1V_1}{RT_1}=\frac{P_2V_2}{RT_2}\Rightarrow T_2=2T_1=1200K$$

$h_2=1277.805\ ,\ u_2=933.367$

$T_3=600K\ \ ,\ \ V_3=V_2\ ,\ P_3=?\ ,\ u_3=435.097\,kJ/kg$ (3

$$\frac{P_3V_3}{RT_3}=\frac{P_1V_1}{RT_1}\Rightarrow P_3=100kPa$$

$q_{1\ 2}=h_2-h_1=670\,kJ/kg$ درفرایند 1-2فشارثابت است پس

[چون درمحدوده دمایی بزرگی (600-1200)قرارداریم:

$$[\,q_{1\ 2}=\int_1^2 C_{pdT}\neq C_p(T_2-T_1)=602.4\qquad (C_p\neq cte)$$

$$\int_2^3 pdv=0\qquad\qquad q_{2\ 3}=(u_3-u_2)+\int_2^3 pdv=-498\,kJ/kg$$

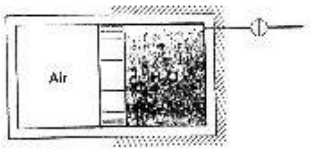
$q_{2\ 3}\neq h_3-h_2$ [چون درفرایند 2-3،فشارثابت نیست پس

$$[\,q_{1\ 2}=h_2-h_1=(u_2-u_1)+w_{1\ 2}\ \Rightarrow w_{1\ 2}=172\,kJ/kg$$

۵-۷۰ یک پیستون عایق و شناور سیلندری رابه دوبخش که هرکدام $1m^3$ حجم دارند تقسیم می‌کند، شکل ۵-۷۰P یکی ازاین بخشها حاوی آب در $100^\circ C$ و دیگری حاوی هوا در $3^\circ C$- و فشار هر دو $200kPa$ است . یک شیراطمینان که در $400kPa$ باز می شود به اتاقک حاوی آب وصل می‌باشد.فرض کنید انتقال حرارت به آب صفربوده وآب تراکم ناپذیر باشد . حالتهای ممکن برای هوا را روی یک دیاگرام P-v نشان داده ودمای هوارازمانی که شیراطمینان بازمی شود بیابید. چه مقدار حرارت لازم است تاهوابه $1300K$ برسد؟

حل:

ازجدول ثابتهای گازایده ال داریم:



$$R_{air}=0.287\,kJ/kgK$$

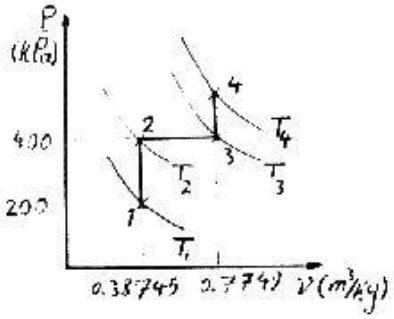
$$C_{v0})_{air}=0.717\,kJ/kgK \qquad (\text{جدول } A.5)$$

برای هوادرشرایط اولیه داریم:

$$P_1V_1=m_{air}R_{air}T_1$$

$$\Rightarrow m_{air}=\frac{P_1V_1}{R_{air}T_1}=2.58098\,kg$$

$$v_1=\frac{V_1}{m_{air}}=0.38745\,m^3/kg$$



چون آب تراکم ناپذیرفرض شده است پس تازمانیکه شیراطمینان باز شود حجم ماثابت می ماند یعنی فرایند 1تا 2 درحجم ثابت انجام می شود $(v_1=v_2)$ هوارابه عنوان جرم کنترل انتخاب می‌کنیم داریم:

$$T_2=\frac{P_2v_2}{R}=\frac{400\times0.38745}{0.287}=540K$$

$$\Delta u=C_{v0}\Delta T=0.717(540-270)=193.59\,kJ/kg$$

$$\rightarrow 1st\ law:\ \frac{Q_2}{m}=\Delta u+w=193.59\,kJ/kg$$

ازنقطه 2به بعد شیر اطمینان باز شده و در یک فرایند فشار ثابت آب خارج می شود وقتی تمام آب خارج شود حجم هوا دو برابر می گردد $(\Rightarrow v_3=0.7749\,m^3/kg)$

$$\rightarrow T_3=\frac{P_3v_3}{R}=1080K$$

درفاصله 2تا3داریم:

$$P=Cte=400kPa$$

$$\rightarrow {}_2w_3=\int pdv=P\Delta v=154.98\,kJ/kg$$

$$\Delta u=(u_3-u_2)=C_{v0}(T_3-T_2)=387.18\,kJ/kg$$

$$1st\ law:\ \frac{Q}{m}{}_2{}_3=\Delta u+{}_2w_3=542.16\,kJ/kg$$

چون درنقطه 3 پیستون به انتهای سیلندررسیده ادامه فرایند درحجم ثابت $(\Rightarrow W_4=0)$انجام می‌شود.

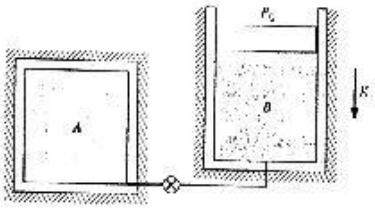
$$\Delta u=u_4-u_3=C_{v0}(T_4-T_3)=0.717(1300-1080)=157.74\,kJ/kg$$

$$1st\ law:\frac{Q}{m}_{3-4}=\Delta u_{3-4}+\frac{W}{m}_{3-4}=157.74\Rightarrow Q_{3-4}=m\Sigma\frac{Q}{m}=2306.08\,kJ\approx 2.31\,MJ$$

۵-۷۱ دومحفظه با هوا پرشده اند. یکی از این محفظه هامخزن صلب Aودیگری سیلندر پیستون B است که توسط یک شیر به هم متصل شده اند.شرایط اولیه عبارتند از، $P_A=500kPa$, $m_A=2kg$, $T_A=600K$, $T_B=27^{\circ}C$, $V_B=0.5m^3$, $P_B=200kPa$. پیستون B با فشار اتمسفر بیرونی وجرم پیستون درشتاب ثقل استاندارد بارگذاری شده است .اکنون شیر راباز می کنیم تا شرایط هوای درون هر دو محفظه یکسان شود.با صرفنظرازانتقال حرارت مطلوبست جرم اولیه درون سیلندرB، حجم مخزن A،فشار و درجه حرارت نهایی وکارانجام شده W_{1-2} .

حل:

کل هوارابه عنوان سیستم انتخاب می‌کنیم .



$$P_BV_B=m_BRT_B$$

$$R=0.287\,kJ/kgK$$

$$T_{1B}=273.1+27=300.1K$$

درحالت اولیه

$$200\times0.5=m_B\times0.287\times300.1$$

$$\Rightarrow m_B=1.16kg$$ جرم اولیه درون سیلندرB

در حالت اولیه: برای مخزن A

$$P_AV_A=m_ART_A\Rightarrow 500\times V_A=2\times0.287\times600\Rightarrow V_A=0.689m^3$$

ازآنجاکه بارگذاری سیلندر B مقدار ثابتی است بنابراین فشارداخلی $(P=\frac{F}{A})$ درانتهای فرایند نیز همان فشار $200kPa$ خواهد بود.توجه شودکه فرایند به صورت غیرتعادلی انجام می‌گیرد و فشار سیستم درحالات بین دو حالت اولیه ونهایی نامعلوم است .

شرایط نهایی:

$$PV=mRT\Rightarrow 200V_2=(2+1.16)\times0.287\times T_2$$

$$\Rightarrow V_2=4.53\times10^{-3}T_2 \qquad (1$$

$$1st\ law:\ Q_{1-2}=W_{1-2}+U_2-U_1\ ,\ C_v=0.717\,kJ/kgK \qquad (4.5$$ جدول

$$0=-P_{ext}(V_{2B}-V_{1B})+m_AC_v(T_2-T_{1A})+m_BC_v(T_2-T_{1B})$$

$$0=200(V_{2B}-0.5)+2\times0.717(T_2-600)+1.16\times0.717(T_2-300.1)$$

$$V_{2B}=V_2-V_A$$

$$\Rightarrow 0=200(V_2-0.689-0.5)+2\times0.717(T_2-600)+1.16\times0.717(T_2-300.1)\quad (II)$$

ازحل دومعادله II,I داریم: $T_2=425.17K \quad , \quad V_2=1.93m^3$

درجه حرارت نهایی : $T_2=425.17K$

$$P_2V_2=m_2RT_2\Rightarrow P_2\times1.93=(2+1.16)\times0.287\times425.17$$

فشارنهایی : $P_2=199.79kPa$

$$1st\ law:\ Q_{1-2}=W_{1-2}+m_2u_2-m_1u_1$$

ازجدول $(A.7)$: $u_2=u\mid_{425.17K}=304.81\,kJ/kg$

$$u_{1A}=u\mid_{600K}=435.097\,kJ/kg \qquad u_{1B}=u\mid_{300.1K}=214.364\,kJ/kg$$

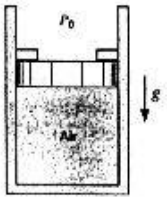
$$\Rightarrow 0=W_{1-2}+(2+1.16)\times304.81-(2\times435.17+1.16\times214.364)$$

$$\Rightarrow W_{1-2}=155.8\,kJ$$

۵-۷۳ سیلندر پیستون نشان داده شده در شکل $(P5-۷۳)$، حاوی $5kg$ هوا در $250kPa$, $300^\circ C$ است. جرم پیستون $50kg$ وقطرآن $0.1m$ است ودرابتدابه موانع فشرده می شود. اتمسفر در $100kPa$ و $20^\circ C$ قرار دارد. حال سیلندر راباانتقال حرارت به محیط تا $20^\circ C$ سرد می‌کنیم. مقدارانتقال حرارت راحساب کنید.

حل:

(1



$P_1=250\,kPa \quad , \quad T_1=300^\circ C=573.1K$

$m=5kg$

ازجدول $(A.7)$

T	u
560	404.736
573.1	$u_1=?$
580	419.871

$$\Rightarrow u_1=414.65\,\frac{kJ}{kg}$$

(2

$$m_p=75kg\ ,\ P_{at}=100kPa\ ,\ d_p=0.1m\ ,\ V_1=V_2\Rightarrow P_2=P_{at}+\frac{m_pg}{\frac{\pi}{4}d_p^2}=193.68\,kPa$$

هوادرحالتهای 2,1 ازمعادله گازایده ال پیروی می کند.

$$\frac{P_1V_1}{P_2V_2}=\frac{mRT_1}{mRT_2} \Rightarrow T_2=444\ K \Rightarrow$$

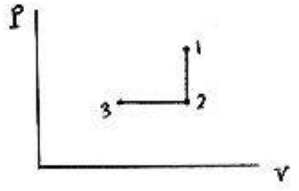
T	u	h
440	315.64	441.934
444	$u_2=?$	$h_2=?$
460	330.036	462.34

$$\Rightarrow u_2=318.52\ kJ/kg\ ,\ h_2=446.01 kJ/kg$$

3) $\begin{cases} P_3=P_2=193.68 kPa \\ T_3=20^\circ C=293.15K \end{cases} \Rightarrow$

T	h
290	290.430
293.15	$h_3=?$
298.15	298.615

$\Rightarrow h_3=293.6$



$$_1Q_3={}_1Q_2+{}_2Q_3 \quad \text{و} \quad \int_1^2 PdV=0$$

$$_1Q_3=U_2-U_1+\int_1^2 PdV\ ,\ H_3-H_2$$

[فرایند 2-3 درفشارثابت صورت می گیردپس: $_2Q_3=H_3-H_2$]

$$\Rightarrow {}_1Q_3=m(u_2-u_1)+m(h_3-h_2)=-1.2427\ kJ$$

۵-۷۴ اکسیژن در $100^\circ C\ ,\ 300kPa$ درترکیب سیلندرپیستونی باحجم $0.1m^3$ قراردارد.اکنون دریک فرایند پلی تروپیک باتوان $n=1.2$ تادمای نهایی $200^\circ C$ فشرده می شود.انتقال حرارت رادراین فرایند محاسبه کنید.

حل:

ازجدول ثابتهای بحرانی 4.2داریم: $T_c=154.6K\ ,\ P_c=5.04\ MPa$

$$\Rightarrow\ T_{r1}\approx 2.41\ ,\ P_{r1}\approx 0.06\ ,\ T_{r2}\approx 3.06 \quad (R_{O_2}=0.2598\ ,\ C_{vo}=0.662)$$

بامراجعه به دیاگرام تراکم پذیری عمومی دیده می شود که اکسیژن را در محدوده $2.41\le T_r\le 3.06$ حتی تا فشار $1.1P_c$ هم می توان گازایده ال دانست . بااین فرض ازمعادله حالت گازایده‌ال استفاده می‌کنیم .

$$P_1v_1^{1.2}=c \quad ,P_1v_1=RT_1 \Rightarrow v_1=0.323148\ m^3/kg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow c=77.3398 \Rightarrow Pv^{1.2}=77.3398\ ,\ m=\frac{V_1}{v_1}=0.309456\ kg$$

درشرایط نهایی داریم : $P_2v_2^{1.2}=c \quad , \quad P_2v_2=RT_2=122.924$

$\Rightarrow v_2^{0.2}=0.629166 \Rightarrow v_2=0.0985883\,m^3/kg \Rightarrow P_2=1246.84\,kPa$

[می بینیم که $P_{r2}\simeq 0.25$ خیلی کوچکتر از 1.1 است یعنی فرض گازایده ال براحتی قابل قبول می باشد.]

$$w=\int pdv=\frac{P_2v_2-P_1v_1}{1-n}=-129.898\,kJ/kg \Rightarrow W=mw=-40.1977\,kJ$$

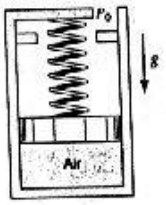
$$\Delta u=C_{vo}\Delta T=66.2\,kJ/kg \Rightarrow \Delta U=m\Delta u=20.486\,kJ$$

$$1st\ law: Q=\Delta U+W \Rightarrow Q=-19.7117\,kJ$$

۵-۷۵ یک سیلندر پیستون حاوی $2kg$ هوا در $27^{\circ}C$,$200kPa$ درشکل نشان داده شده است .این پیستون تحت بارگذاری بایک فنر خطی ،جرم پیستون وفشاراتمسفراست .موانع دیواره سیلندر به نحوی هستند که هنگام تماس پیستون با آنها حجم زیر پیستون $V_{stop}=3m^3$ است و دراین نقطه برای تعادل پیستون نیاز به فشار $P=600kPa$ می باشد.اکنون هواراگرم می کنیم تافشارآن به $400kPa$ برسد.مطلوبست حجم ودرجه حرارت نهایی ونیز مقدارانتقال حرارت وکار وکارانجام شده روی فنر.

حل:

هوای داخل پیستون راسیستم می گیرم :



$$T_1=27+273.1=300.1K$$

$$P_1V_1=mRT_1$$

$$200\times V_1=2\times 0.287\times 300.1$$

$$V_1=0.86\,m^3$$

فنرراخطی می گیریم .

$$P=P_0+\frac{Kx}{A}+\frac{m_pg}{A}=P_0+\frac{KV}{A^2}+\frac{m_pg}{A}=K'V+C$$

$$\begin{cases}600=K'\times 3+C\\200=K'\times 0.86+C\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}K'=186.9\\C=39.25\end{cases}\Rightarrow P=186.9V+39.25$$

حالت نهایی : حجم نهایی $400=186.9V+39.25\Rightarrow V=1.93\,m^3$

درجه حرارت نهایی : $PV=mRT\Rightarrow 400\times 1.93=2\times 0.287\times T\Rightarrow T=1345K$

$$W_{1-2}=\int_1^2 PdV=\int_{0.86}^{1.93}(186.9V-39.25)dV=321\,kJ$$

$$1st\ law:\ Q_{1-2}=W_{1-2}+U_2-U_1=W_{1-2}+m(u_2|_{T=1345}-u_1|_{T=300.1})$$

$$Q_{1-2}=321+2(1063.417-214.364)$$ (مقادیر u ازجدول $A.7$ تعیین می شوند)

$$\Rightarrow Q_{1-2}=2020\,kJ\ ,\ W_{spring}=W_{1-2}-W_o=W_{1-2}-P_o\Delta V=214\,kJ$$

۵-۷۶ سیلندر/پیستونی حاوی $0.001m^3$ هوادر $150kPa$, $300K$ است .اکنون هوادرفرایندی که درآن $PV^{1.25}=C$ است تا فشار نهایی $600kPa$ فشرده می شود. کارانجام شده بوسیله هوا وانتقال حرارت رابیابید.

حل:

(1 $V_1=0.001m^3$, $T_1=300K$, $P_1=150kPa$

$P_1V_1=mRT_1 \Rightarrow m=1.74216\times10^{-3}kg$

$R=0.287$ ازجدول $(A.5)$ $u_1=214.364$ ازجدول $(A.7)$

$PV^{1.25}=Cte$

(2 $P_2=600kPa$ $P_1V_1^{1.25}=P_2V_2^{1.25}\Rightarrow V_2=3.299\times10^{-4}m^3$

$P_2V_2=mRT_2 \Rightarrow T_2=396K$

فرایند پلی تروپیک با $n=1.25$:

$$W_{1\ 2}=\int_1^2 PdV=\frac{P_2V_2-P_1V_1}{1-n}=-0.19176\,kJ=-191.76J$$

ازجدول $(A.7)$

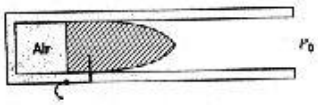
T	u
380	271.988
396	$u_2=?\ u_2=283.587\ kJ/kg$
400	286.487

$$_1Q_2=U_2-U_1+{}_1W_2=m(u_2-u_1)+{}_1W_2=-71.16J$$

۵-۷۷ لوله یک تفنگ بادی حاوی هوای فشرده دریک سیلندرکوچک می باشد،شکل $(P5-77)$. فرض کنید حجم $1cm^3$ ،فشار $1MPa$ ودما $27^\circ C$ است .یک گلوله کوچک ،$m=15g$ ،که مانند یک پیستون عمل می کند و در ابتدا به وسیله پینی (ماشه) در جای خودنگه داشته

شده و زمانی که رها شود هوا در یک فرایند همدما $(T=Cte)$ انبساط می یابد.
اگرفشارهوازمانی که گلوله تفنگ راترک می کند $0.1MPa$ باشد مواردزیرراپیداکنید:

الف)حجم نهایی وجرم هوا
ب)کار انجام شده توسط هوا و کار انجام شده توسط اتمسفر
ج)کار انجام شده روی گلوله و سرعت خروج آن



حل:

ازجدول ثابتهای گازایده‌ال $(A.5)$ داریم: $R_{air}=0.287kJ/kgK$

الف)
$$P_1V_1=mRT_1\Rightarrow m=\frac{P_1V_1}{RT_1}=\frac{1\times10^3\times1\times10^{-6}}{0.287\times300}=1.16144\times10^{-5}kg$$

$$P_2V_2=mRT_2\Rightarrow V_2=\frac{mRT_2}{P_2}\approx1\times10^{-5}m^3=10cm^3$$

ب)
$$W_{air}=\int_{V_1}^{V_2}PdV=\int_{V_1}^{V_2}\frac{mRT}{V}dV=mRTLn\frac{V_2}{V_1}=2.30258J$$

$$W_{atm}=-\int P_0dV=-P_0\Delta V=-0.9J$$

ج)
$$\Rightarrow W_{on\ bullet}=W_{air}+W_{atm}=1.40258J$$

قضیه کاروانرژی جنبشی : $W_{on\ \ bullet}=\frac{1}{2}m\left|\hat{V}\right|^2\Rightarrow\left|\hat{V}\right|=13.68m/s$

۵-۷۸ یک بالن کروی الاستیک محتوی نیتروژن در $20^\circ C$, $500kPa$ است .حجم اولیه $0.5m^3$ است .جنس ماده بالن طوری است که فشارداخل بالن آن متناسب باقطرآن است .اکنون انتقال حرارت به بالن صورت می گیردبه طوریکه حجم آن درپایان به $1m^3$ می رسد.
a)آیامی توان فرض کردکه نیتروژن درطول این فرایندبه عنوان گازایده ال رفتارمی کند؟
b)مقدارانتقال حرارت به نیتروژن راحساب کنید.

حل:

1)نیتروژن داخل بالن راسیستم درنظرمی گیریم :

$$V=\frac{1}{6}\pi D^3\qquad P=KD\Rightarrow P=K\sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}$$

$$500=K\sqrt[3]{\frac{6\times0.5}{\pi}} \Rightarrow K=507.75 \qquad \Rightarrow P=507.75\sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}$$

حالت نهایی: $P=507.75\sqrt[3]{\frac{6\times1}{\pi}}=629.96\,kPa$

$$P_r=\frac{P}{P_{cr}} \quad , \quad T_r=\frac{T}{T_{cr}}$$

جدول (A.2): $T_{cr}=126.2K \quad , \quad P_{cr}=3.39MPa$

$$\Rightarrow P_{r1}=\frac{500}{3390}=0.15 \ , \ P_{r2}=0.19 \quad , \quad T_{r1}=\frac{293.1}{126.2}=2.3 \ (D.1 \text{ دیاگرام}) \Rightarrow Z\cong1$$

پس درحالت اولیه N_2 رفتار گاز ایده‌ال دارد انتقال حرارت به بالن باعث افزایش دمای N_2 می‌شود ودر نتیجه T_r همواره در حال افزایش است با مراجعه به دیاگرام $D.1$ مشاهده می شود که در فاصله $0.15<P_r<0.19$ برای $2.3<T_r$ رفتار نیتروژن از معادله حالت گاز ایده ال پیروی می کند.

(b

$$PV=mRT \ , \ R=0.2968\ kJ/kgK$$

حالت اولیه: $500\times0.5=m\times0.2968\times293.1 \Rightarrow m=2.87kg$

حالت نهایی: $629.96\times1=2.87\times0.2968\times T_2 \Rightarrow T_2=739.55\ K$

$$W_{1-2}=\int_1^2 PdV=\int_{0.5}^1 507.75\sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}dV=284.97\,kJ$$

$$1st\ law:\ Q_{1-2}=W_{1-2}+m(u_2-u_1)=W_{1-2}+mC_v(T_2-T_1)$$

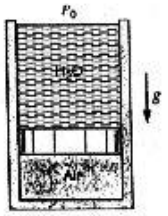
$$C_v=0.745\,kJ/kgK$$

$$Q_{1-2}=284.97+2.87\times0.745(739.55-293.1)=1239\ kJ$$

۷۹-۵ سیلندری به ارتفاع $10m$ وسطح مقطع $0.1m^2$ ،دارای یک پیستون بدون جرم درانتهای پایین است که روی آن آب در $20^\circ C$ قراردارد ،شکل (P۵-۷۹).هوادر$300K$ ،حجم $0.3m^3$ در زیر پیستون بوده وگرم می شود طوری که پیستون به سمت بالاحرکت کرده ودرنتیجه آب ازلبه هاسرریزشود.وقتی که تمام آب به بیرون ریخته شد،میزان انتقال حرارت رابیابید.

حل:

(1



$$T_1=300K \Rightarrow u_1=214.364$$

$$V_1=0.3m^3\ ,\ A_p=0.1\,m^2 \Rightarrow L_1=10-\frac{V_1}{A_p}=7\,m$$

$$P_1=P_{atm}+\rho_W g L_1=168.7\,kPa$$

$$P_1V_1=mRT_1 \Rightarrow m=0.5877\,kg$$

$$P=P_{atm}+\rho_W g L$$

(2

$$V_2=1m^3\quad ,\quad P_2=P_{at}=100kPa\quad ,\quad L_2=0$$

$$P_2V_2=mRT_2 \Rightarrow T_2=592.9K$$

ازجدول (A.7)

T	u	
580	419.871	
592.9	$u_2=?$	$\Rightarrow u_2=429.7\ kJ/kg$
600	435.097	

$$_1Q_2=U_2-U_1+\int_1^2 PdV=m(u_2-u_1)+\int_{L_1}^{L_2}-(P_{at}+\rho_W g L)A_p dL$$

$$\left[L=10-\frac{V}{A_p}\Rightarrow dV=-A_p dL\right]$$

$$\Rightarrow {}_1Q_2=m(u_2-u_1)-\int_7^0 A_p(P_{at}+\rho_W g L)dL=220.6kJ$$

۵-۸۰ سیلندری با یک پیستون بدون اصطکاک آب بندی شده وحاوی دی اکسید کربن در $400K$ $500kPa$,است ودراین نقطه حجم $50L$ می باشد.به گازاجازه داده می شود تاانبساط یابد و پیستون به موانعی که درحجم برابر با $150L$ قراردارند برسد.این فرایند پلی تروپیک بوده و $n=1.2$ است .پیستون در جای خود قفل شده و مقداری گرمای اضافی به گاز داده می شود تا دمای نهایی به $500K$ برسد.موارد زیر رابیابید.

الف)فشارنهایی درون سیلندر ب)کار و انتقال حرارت برای تمام فرایند

حل:

ازجدول (A.2)داریم :

$$T_c=304.1K\quad ,\quad P_c=7.38MPa$$

ازجدول $(A.5)$داریم : $M=44.01\frac{kg}{kmol}$, $R=0.1889\frac{kJ}{kgK}$

برای شرایط اولیه داریم : $T_{r1}=\frac{T_1}{T_c}\approx 1.3$, $P_{r1}=\frac{P_1}{P_c}\approx 0.07$

وبامراجعه به دیاگرام $D.1$ داریم : $Z\approx 1 \Rightarrow PV=ZmRT \Rightarrow m=\frac{P_1V_1}{RT_1}\approx 0.33kg$

$$P_1V_1^{1.2}=c \Rightarrow c=13.732$$

$$P_2V_2^{1.2}=c \Rightarrow P_2=\frac{c}{V_2^{1.2}}=133.79kPa \Rightarrow P_{r2}\approx 0.02$$

$$V_3=V_2 \Rightarrow v_3=v_2=\frac{V_2}{m}=\frac{0.15}{0.33}=0.4545m^3/kg$$

[از دیاگرام $D.1$ می دانیم دراین T_r تا فشار $P_r=0.6$ می توان CO_2 راایده ال دانست]

$$T_{r3}=\frac{500}{T_c}\approx 1.6$$

$$P_3v_3=P_{r3}P_cv_3=Z_3RT_3 \Rightarrow \frac{P_{r3}}{Z_3}=\frac{RT_3}{P_cv_3}=0.028 \Rightarrow Z_3=35.5P_{r3}$$

اگرخط فوق راروی دیاگرام $D.1$ رسم کنیم باتوجه به شیب زیادآن ،خط $T_{r1}=1.6$ رادرنقطه ای قطع می کند که $Z\approx 1$ است $\Rightarrow P_{r3}\approx\frac{1}{35.5}=0.028 \Rightarrow P_3=207kPa$

[باتوجه به اینکه درتمام این فرایند $P_r<0.07$ پس می توان درطول این فرایند CO_2 راایده ال دانست]

[درفرایند 2تا3 حجم ثابت است پس $_2W_3=0$] $_1W_3=_1W_2+_2W_3=_1W_2=\int_{V_1}^{V_2}PdV$

$$\Rightarrow {}_1W_3=\frac{P_2V_2-P_1V_1}{1-n}=24.66kJ$$

برای محاسبه انتقال حرارت C_{vo} نیازاست که باتوجه به شکل ۱۱-۵ مقدارقابل قبول بایدازجدول $A.6$ ودردمای $450K$ محاسبه شوددارید:

$$\overline{C}_{po}=-3.7357+30.529\theta^{0.5}-4.1034\theta+0.0241\theta^2$$

$$\Rightarrow \overline{C}_{Po}=43.051\frac{kJ}{kmolK} \Rightarrow \overline{C}_{vo}=\overline{C}_{po}-\overline{R}=34.737 \Rightarrow C_{vo}=\frac{\overline{C}_{vo}}{M}=0.789\,kJ/kgK$$

$$\Rightarrow \Delta U=mC_{vo}\Delta T=26.04\,kJ$$

$$1st\ law:\ Q=\Delta U+W=50.71\,kJ$$

۵-۸۲ یک سیستم سیلندر/پیستون محتوی گاز آرگون در $140kPa$, $10^{\circ}C$ است و حجم آن $100L$ است. گاز طی یک فرایند پلی تروپیک تحت فشار قرار می گیرد تا فشار آن $700kPa$ و دمای آن $280^{\circ}C$ شود. انتقال حرارت در طول فرایند را بیابید.

حل:

(آرگون داخل سیلندرراسیستم درنظرمی گیریم :) $C_v=0.312\frac{kJ}{kgK}$, $R=0.2081\frac{kJ}{kgK}$

حالت اول : $(V=0.1m^3)$ $PV=mRT \Rightarrow 140\times0.1=m\times0.2081\times(273.1+10)$

$$\Rightarrow m=0.24\ kg$$

$$P_2V_2=mRT_2=700\times V_2=0.24\times0.2081\times(273.1+280)\Rightarrow V_2=0.039\,m^3$$

پلی تروپیک: $PV^n=Cte \Rightarrow P_1V_1^n=P_2V_2^n \Rightarrow 140\times0.1^n=700\times0.039^n$

$$\Rightarrow n=1.7$$

رابطه *(4.4)*کتاب :فرایندپلی تروپیک $W_{1-2}=\frac{P_2V_2-P_1V_1}{1-n}$

$$\Rightarrow W_{1-2}=\frac{700\times0.039-140\times0.1}{1-1.7}=-19\ kJ$$

بافرض گازکامل: $1st\ law:\ Q_{1-2}=W_{1-2}+m(u_2-u_1)=W_{1-2}+mC_v(T_2-T_1)$

$$Q_{1-2}=-19+0.24\times0.312(280-10)=1.2\,kJ$$

۵-۸۳ آب در $150^{\circ}C$ وکیفیت 50% دریک ترکیب سیلندر/پیستون باحجم اولیه $0.05m^3$ قرار دارد. بارگذاری پیستون طوریست که فشارداخلی باریشه دوم حجم رابطه خطی دارد، $P=100+CV^{0.5}$. اکنون گرمابه سیلندر منتقل می شود تافشارنهایی به $600kPa$برسد. انتقال حرارت رادرفرایندبیابید.

حل:

(1 $V_1=0.05m^3$, $T_1=150^{\circ}C$, $x=50\%$

$v_1=v_f+xv_{fg}=0.19693$, $u_1=u_f+xu_{fg}=1595.6$, $P_1=475.9\,kPa$

$m=\frac{V_1}{v_1}=0.2539kg$, $P_1=100+CV_1^{0.5}\Rightarrow C=1681.076$

$P_2=600kPa$, $P_2=100+CV_2^{0.5}$ (2

$\Rightarrow V_2=0.08846m^3$, $v_2=\frac{V_2}{m}=0.34842$

در محدوده بخار فراگرم قرار داریم $v_2>v_g)_{600kPa}$

ازجدول (B.1.3)

600kPa		
T	v	u
158.85	0.31567	2567.4
$T_2=?$	0.34842	$u_2=?$
200	0.35202	2638.91

$\Rightarrow u_2=2631.8kJ/kg$

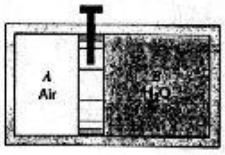
$T_2=195.92^\circ C$

$$_1Q_2=U_2-U_1+{}_1W_2=m(u_2-u_1)+\int_1^2 pdV=m(u_2-u_1)+\int_{V_1}^{V_2}(100+CV^{0.5})dV$$

$\Rightarrow {}_1Q_2=283.9kJ$

۵-۸۵ یک سیلندر بسته بوسیله پیستون بدون اصطکاکی به دوبخش تقسیم شده وپیستون درحالت اولیه توسط یک پین درجای خود قرار گرفته است ،شکل(P۵-۸۵).اتاقک A حاوی $10L$ هوادر $100kPa$, $30^\circ C$ واتاقک B حاوی $300L$ بخارآب اشباع در $30^\circ C$ است پین برداشته می شود و پیستون رهامی گردد .هردواتاقک دردمای $30^\circ C$ به تعادل می‌رسند. به دلیل متراکم شدن ،آب به صورت دوفازه در می آید.بادرنظرگرفتن آب وهوابه عنوان یک جرم کنترل واحد،کارانجام شده توسط سیستم وانتقال حرارت به سیلندررابیابید.

حل:



چون حجم سیستم انتخابی ثابت است پس کاری انجام نمی دهد $W=0$

آب درشرایط اولیه :

$T_1=30^\circ C$, $x=100\%$, $V_{1W}=300L\Rightarrow$

$\Rightarrow v_{1W}=v_g=32.8932$, $P_{1W}=4.246\,kPa\Rightarrow m_W=\frac{V_{1W}}{v_{1W}}=9.12043\times10^{-3}kg$

$u_g=2416.58kJ/kg$, $u_{fg}=2290.81kJ/kg$

هوادرشرایط اولیه :

$$T_1=30^\circ C \ , \ P_{1a}=100kPa \ , \ V_{1a}=0.01m^3$$

$$\Rightarrow m_a=\frac{P_{1a}V_{1a}}{R_{air}T} \Rightarrow m_a=0.0114937\,kg$$

چون آب درشرایط نهایی درحالت دوفازه است پس فشارنهایی فشاراشباع در $30^\circ C$ است .

$$\Rightarrow P_2=P_2)_W=P_2)_{air}=4.246kPa \Rightarrow V_{2a}=\frac{m_aR_{air}T_{2a}}{P_2}=0.235515\,m^3$$

$$\Rightarrow V_{2W}=V_{total}-V_{2a}=0.0744846\,m^3 \Rightarrow v_{2W}=\frac{V_{2W}}{m_W}=8.16679\,m^3/kg$$

ازجدول $(B.1.1)$داریم : $T=30^\circ C \Rightarrow v_f=0.001004 \ , \ v_{fg}=32.8922$

$$\Rightarrow x=\frac{v-v_f}{v_{fg}}=24.83\% \Rightarrow \Delta U_W=m_W(u_{2W}-u_{1W})=m_W(u_f+xu_{fg}-u_g)$$

$$\Rightarrow \Delta U_W=m_W(xu_{fg}-u_{fg})=m_Wu_{fg}(x-1)=-15.70kJ$$

$$\Delta U_{air}=mC_{vo}\Delta T=mC_{vo}(30-30)=0$$

$$1st\ law:\ Q=\Delta U_{air}+\Delta U_W+W=\Delta U_W=-15.70\,kJ$$

۵-۸۶ یک بالا بر کوچک برای یک کارگاه ساختمانی طراحی می شود.این بالا برباید بتواند 4 کارگر $75kg$ رابه بالای ساختمانی به ارتفاع $100m$ درمدت 2 دقیقه ببرد.محفظه بالابر دارای یک وزنه تعادل است که جرم آن رامتوازن می کند.حداقل قدرت وتوان موتورالکتریکی مورد نیاز چقدر است.

حل:

$$W=4\times mgh=4\times 75\times 9.81\times 100=294.3\,kJ$$

حداقل توان موتور: $P=\frac{W}{t}=\frac{294.3}{2\times 60}=2.452\,kW$

[به دلیل وجوداتلاف انرژی دراثراصطکاک و نیزانتقال حرارت توان موردنیازبیشترازاین مقدار خواهدبود.]

۵-۸۷ آهنگ انتقال حرارت به محیط ازبدن انسان درحال سکون حدود $400kJ/h$ است . تصور کنید سیستم تهویه یک سالن دارای صدنفرناگهان ازکار بیافتد ، بافرض اینکه انرژی به

هوابه حجم $1500m^3$ با دمای اولیه $300K$ وفشاراولیه $101kPa$ تخلیه شود.آهنگ تغییر دمای هوا رابرحسب درجه بردقیقه بیابید.

حل:

$$\dot{Q}=400\times100=4\times10^4 kJ/h$$

$$V=1500m^3\ ,\ P=101kPa\ ,\ T=300K$$

$$PV=mRT\Rightarrow m=1759.6\ kg$$

$$R=0.287kJ/kgK\quad ,\quad C_{vo}=0.717kJ/kgK$$ ازجدول (A.5)

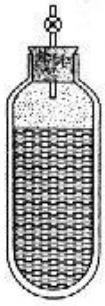
درموردگازایده ال داریم $du=C_v dT$. تغییرحجم نداریم: $\int_1^2 pdV=0$

$$Q=m\Delta u+\int_1^2 pdV\Rightarrow\dot{Q}=m\frac{du}{dT}=mC_v\frac{dT}{dt}$$

$$\Rightarrow\frac{dT}{dt}=\frac{\dot{Q}}{mC_v}\Rightarrow\frac{dT}{dt}=31.7^\circ C/h=0.53^\circ C/min$$

۵-۸۸ یک مخزن دوجداره به حجم $100L$ که درشکل P۵-۵۸ نشان داده شده است را در نظر بگیرید. مخزن حاوی نیتروژن در $1atm$ و 90 درصد حجمی مایع و 10 درصد حجمی بخار است .عایقکاری انجام شده انتقال حرارت رااز محیط به میزان ناچیز $5J/s$ محدود می‌کند. شیرتهویه ناگهان بسته شده وفشاربه آرامی افزایش می یابد.چه مدت طول می کشد تا فشار به $500kPa$ برسد.

حل:



ازجدول (B.6.1)

$$P=1_{atm}=101.3kPa\Rightarrow$$

$$T_{sat}=77.3K\ ,\ v_f=0.001240m^3/kg$$

$$v_{fg}=0.21515m^3/kg\ ,\ v_g=0.21639m^3/kg$$

$$u_f=-122.27\ kJ/kg\ ,\ u_{fg}=177.04\ kJ/kg$$

$$u_g=54.76kJ/kg$$

$$v_f=\frac{V_f}{m_f}\Rightarrow m_f=\frac{V_f}{v_f}=72.58kg\quad ,\quad m_g=\frac{V_g}{v_g}=0.04621kg$$

$$\Rightarrow m_{tot}=m_f+m_g=72.63kg \Rightarrow x=\frac{m_g}{m_{tot}}=6.363\times10^{-3}$$

$$\Rightarrow U_1=mu_1=m(u_f+xu_{fg})=-8872.3\,kJ$$

$$v_1=v_f+xv_{fg}=2.609\times10^{-3}m^3/kg$$

$$V_1=V_2\Rightarrow v_1=v_2=0.002609\ m^3/kg$$

ازشرایط نهایی مساله داریم : $P_2=500kPa$, $v_2=0.002609\ m^3/kg$

$$P=500kPa \Rightarrow T_{sat}=93.98K\Rightarrow v_g=0.04834\ m^3/kg>v_2$$

درنتیجه درمحدوده دوفازه قراردارایم .پس ابتداشرایط اشباع رادر $P=500kPa$ بادرون یابی ازجدول $(B.6.1)$ می یابیم

$$\begin{cases}P=360.8kPa \Rightarrow v_f=0.001343\ ,\ v_{fg}=0.06477\ ,\ u_f=96.06\ ,\ u_{fg}=156.76\\ P=541.4kPa \Rightarrow v_f=0.001393\ ,\ v_{fg}=0.04337\ ,\ u_f=85.35\ ,\ u_{fg}=147.6\end{cases}$$

$$\Rightarrow P=500kPa\Rightarrow v_f=0.001382\ ,\ v_{fg}=0.04825\ ,\ u_f=87.79\ ,\ u_{fg}=149.7$$

$$\Rightarrow x_2=\frac{v_2-v_f}{v_{fg}}=0.02543\Rightarrow U_2=mu_2=m(u_f+xu_{fg})=-6099.7\,kJ$$

$$\Rightarrow \Delta U=U_2-U_1=2772.6\,kJ$$

$1st\ \ law:\ \ Q=\Delta U+W=\Delta U=2772.6\,kJ$ [چون حجم ثابت است $W=0$]

ازطرفی:

$$Q=5\times10^{-3}t\ (kJ/s)\ \Rightarrow t=\frac{2772.6\,(kJ)}{5\times10^{-3}(kJ/s)}=5.5452\times10^{5}s\approx154h\approx6.4Days$$

۵-۸۹ یک کامپیوتردر یک اتاق بسته به حجم $200m^3$ ،انرژی رابانرخ $10kW$ منتشرمی کند. در اتاق $50kg$ چوب ،$25kg$ فولاد و هوا وجود دارد که همه در $300K$, $100kPa$ قرار دارند. فرض کنید تمام این مواد بطور یکنواخت گرم می شوند. چه مدت طول می کشد تا فشار به $500kPa$ برسد؟

حل:

$R=0.287\,kJ/kgK$, $C_v=0.717\,kJ/kgK$ $(air$

$PV=mRT$

$100\times200=m\times0.287\times300\Rightarrow m=232.29\ kg$ *(1-air*

[ازحجم فولادوچوب صرف نظرمی کنیم وحجم‌هوارابرابرحجم اتاق می گیریم .]

$500\times200=232.29\times0.287\times T_2\Rightarrow T_2=1500K$ *(2-air* دمای نهایی اتاق

$C_{Wood}=1.26\ kJ/kgK \quad ,C_{steel}=0.46\ kJ/kgK$ *(A.3*

$u_2-u_1=C(T_2-T_1)$ برای جامدات :

$u_2-u_1=C_v(T_2-T_1)$ گازکامل :

$Q_1=(U_2-U_1)_{Wood}=50\times1.26\times(1500-300)=75600kJ$ *:(Wood)*

$Q_2=(U_2-U_1)_{Steel}=25\times0.46\times(1500-300)=13800\,kJ$ *:(Steel)*

$Q_3=(U_2-U_1)_{air}=232.29\times0.717(1500-300)=199900\ kJ$ *:(air)*

$Q_{tot}=Q_1+Q_2+Q_3=289260\ kJ$

$$Q_{tot}=\dot{Q}\times t\Rightarrow t=\frac{Q_{tot}}{\dot{Q}}=\frac{289260}{10}=28926\ s$$

$$t=\frac{28926}{3600}=8.03\ h$$

[درصورت لزوم می توان حجم چوب وفولاد راباتقسیم کردن جرم آنها برچگالی شان بدست آورده واز حجم اتاق کم کرد که تاثیرناچیزی درجواب مساله خواهد داشت .]

۵-۹۰ گرمکن های یک سفینه فضایی ناگهان بامشکل مواجه می شوندوگرمابوسیله انتقال حرارت باآهنگ $100\ kJ/h$ هدر می‌رود ، درحالیکه یک وسیله الکتریکی $75\ kJ/h$ گرما تولید می کند. در ابتدا ، هوا در $25^\circ C$, $100kPa$ و حجم $10m^3$ قراردارد.چه مدت زمان طول می کشد تا هوا به دمای $-20^\circ C$ برسد؟

حل:

ازجدول *(A.5)* $R=0.287 \quad , \quad C_{v0}=0.717$

$\dot{Q}=-100+75=-25\ kJ/h$

$V=10m^3 \quad ; \quad P_1=100kPa$
$T_1=25^\circ C \quad ; \quad T_2=-20^\circ C \quad =298.15K$

$\Rightarrow P_1V_1=mRT_1\Rightarrow m=11.680\ kg$

$$\Delta T=-45^{\circ}C \qquad \int pdV=0$$

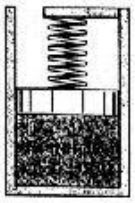
$$\dot{Q}=m\frac{\Delta u}{\Delta t}+\frac{\int pdV}{\Delta t}=mC_v\frac{\Delta T}{\Delta t}\Rightarrow\Delta t=15h$$

۹۱-۵ سیلندری بایک پیستون بدون اصطکاط آب بندی شده است .سطح مقطع پیستون $0.05m^2$ بوده و بوسیله یک فنرخطی درجای خود نگه داشته شده و حجم اولیه $20L$ می باشد، شکل P۵-۹۱ .سیلندر حاوی آمونیاک در $1MPa$ و $60^{\circ}C$ است وثابت فنر $15kN/m$ می باشد. گرما از سیستم تخلیه شده و سیلندر طوری جابجایی شود که $6.25kJ$ کار روی آمونیاک انجام شود.

الف)دمای نهایی آمونیاک رابیابید ب)انتقال حرارت را برای فرایند بیابید

حل:

ازجدول *(B.2.2)*داریم:



$$T_1=60^{\circ}C\ ,\ P_1=1MPa\ ,\ V_1=0.02m^3$$
$$\Rightarrow v_1=0.15106\ m^3/kg\ ,\ h_1=1563.1\ kJ/kg$$
$$\Rightarrow u_1=h_1-P_1v_1=1412.04\ kJ/kg$$
$$\Rightarrow m=\frac{V_1}{v_1}=0.132398\ kg$$

فنرخطی :

$$P=P_{spring}+P_0=\frac{K\Delta x}{A_p}+P_0=\frac{Kx}{A_p}+C=\frac{KV}{A_p^2}+C=6000V+C$$

$$P_1=1000\ kPa\ ,V_1=0.02m^3\Rightarrow C=P_1-6000V_1=880(kPa)$$

$$_1W_2=\int_{V_1}^{V_2}PdV=\left[3000V^2+880V\right]_{0.02}^{V_2}=-6.25\,kJ$$

$$\Rightarrow 3000V_2^2+880V_2-18.8+6.25=0\Rightarrow V_2=0.0136282m^3\ ,-0.306962m^3\ \text{(غ.ق.ق)}$$
$$\Rightarrow P_2=6000V_2+880=961.769kPa\ \ ,\ v_2=\frac{V_2}{m}=0.102934m^3/kg$$

بادرون یابی ازجدول *B.2.1* شرایط اشباع رابرای فشار $961.769kPa$ بدست می آوریم :

$$P=961.769kPa\Rightarrow$$

$$T_{sat}=23.5782^{\circ}C \quad , \quad v_f=0.001652\,m^3/kg \quad , \quad v_{fg}=0.13247\,m^3/kg$$

$$v_g=0.134127\,m^3/kg \quad , u_f=289.85\,kJ/kg \quad , \quad u_{fg}=1044.3\,kJ/kg$$

$$v_2<v_g \Rightarrow T_2=T_{sat}=23.5782^{\circ}C \quad , \quad x=\frac{v-v_f}{v_{fg}}=0.76457$$

$$\Rightarrow u_2=u_f+xu_{fg}=1088.3\,kJ/kg$$

$$1st\ law:\ Q=m\Delta u+W=m(u_2-u_1)+W=-49.113\,kJ$$

۹۲-۵ یک سیلندر که توسط پیستونی آب بندی شده است حاوی $2kg$ ، $R\text{-}12$ در $10^{\circ}C$, 90% می باشد. سیستم یک انبساط پلی تروپیک راطی می کند تا به $100kPa$ می رسد. در طی این فرایند سیستم حرارت $52.5kJ$ را دریافت می کند. درجه حرارت نهایی $R\text{-}12$ چقدر است؟

حل: $R\text{-}12$ داخل سیلندر را سیستم می گیریم :

حالت ۱: $10^{\circ}C \quad , \quad 90\% \rightarrow$

$$\rightarrow v_f=0.000733\,m^3/kg \ , \ v_{fg}=0.04018\,m^3/kg \quad , \quad u_f=45.06\ kJ/kg$$

$$\rightarrow u_{fg}=129.36\,kJ/kg \ , \ P_1=423.3\,kPa$$

$$v_1=v_{1f}+x_1v_{1fg}=0.000733+0.9\times0.04018=0.036895\,m^3/kg$$

$$V_1=mv_1=2\times0.036895=0.07379\,m^3$$

$$u_1=u_{1f}+x_1u_{1fg}=45.06+0.9\times129.36=161.484\ kJ/kg$$

برای یافتن T بایدازروش سعی وخطا استفاده کنیم : $P_1V_1^n=P_2V_2^n$ (پلی تروپیک)

$$423.3\times0.07379^n=100\times(m\times v_2)^n \Rightarrow n\times Ln(\frac{2v_2}{0.07379})=Ln(\frac{423.3}{100})=1.44 \quad (I)$$

$$1st\ law:\ Q_{1-2}=W_{1-2}+m(u_2-u_1) \Rightarrow 52.5=m\times(\frac{P_2v_2-P_1v_1}{1-n})+2(u_2-161.484)$$

$$52.5=2(\frac{100v_2-423.3\times0.036895}{1-n})+2(h_2-P_2v_2-161.484)$$

$$R=52.5-(\frac{200v_2-31.2353}{1-n})-2(h_2-100v_2-161.484) \qquad (II)$$

برای سعی خطا از روابط I , II استفاده می کنیم :

سعی اول : $T_2=-10^{\circ}C \quad , \quad v_2=0.17522\,m^3/kg \quad , \quad h_2=185.84\ kJ/kg \rightarrow$

$$\rightarrow n=0.92 \quad , \quad R=-8.777$$

سعی دوم : $T_2=-20^\circ C \quad , \quad v_2=0.1677\ m^3/kg \quad , \quad h_2=179.99\ kJ/kg \rightarrow$

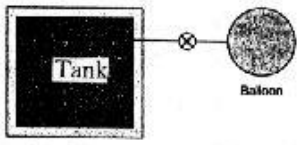
$\rightarrow n=0.95 \quad , \quad R=2.93$

درون یابی : $R=0 \rightarrow T_2=-17.5^\circ C$

۹۳-۵ یک بالن کروی با قطر اولیه $150mm$ و حاوی $R\text{-}12$ در $100kPa$ به یک مخزن $30L$ غیر عایق و صلب حاوی $R\text{-}12$ در $500kPa$ وصل شده است .همه چیز در دمای محیط، $20^\circ C$ قرار دارد. شیراتصال به آرامی باز می شود. وتازمانی که فشارهابرابرشوند بازمی‌ماند . در این فرایند گرما مبادله می شود طوری که دما در $20^\circ C$ ثابت می ماند.فشار داخل بالن در هر لحظه متناسب با قطر آن است .فشارنهایی ،انتقال گرما و کار را در طول فرایند بیابید.

حل:

(R-12-Balloon



$$P_1=100kPa \ , T_1=20^\circ C \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_1=0.19728 \ , \ h_1=203.85$$

$$u_1=h_1-P_1v_1=184.12$$

$$D_1=150mm=0.15m \Rightarrow P_1=KD_1 \Rightarrow K=\frac{10^4}{15}$$

$$V_1=\frac{1}{6}\pi D_1^3=0.001767\ m^3 \ , \ m_{1b}=\frac{V_{1b}}{v_{1b}}=0.0089568kg$$

(R-12-tank

$P_1=500kPa \ , \ T_1=20^\circ C \quad , \quad V=30L=0.03m^3$

500kPa		
T	v	h
15.6	0.03482	194.03
20	$v_1=?$	$h_1=?$
30	0.03746	203.96

$$\Rightarrow \begin{cases} h_1=197.06 \\ v_1=0.03563 \Rightarrow m_{1t}=\dfrac{V_{1t}}{v_{1t}}=0.842kg \\ u_1=h_1-P_1v_1=179.25 \end{cases}$$

$$m_{sys}=m_{Balloon}+m_{tank}=\frac{V_1}{v_1})_{Balloon}+\frac{V_1}{v_1})_{Tank}=0.851kg$$

$P_2 \ , \ v_2 \ , \ T_2=20^\circ C$ *(Balloon and tank*

$$m_{sys}=Cte=\frac{V_2}{v_2})_{Balloon}+\frac{V}{v_2})_{Tank}=\frac{\frac{1}{6}\pi D_2^3}{v_2})_{Balloon}+\frac{0.03}{v_2})_{Tank}=$$

$$= \frac{\frac{1}{6}\pi\left(\frac{P_2}{K}\right)^3}{v_2})_{Balloon} + \frac{V}{v_2})_{Tank} = 1.76714\times10^{-9}\frac{P_2^3}{v_2} + \frac{0.03}{v_2} = 0.851kg$$

$$\delta = 1.76714\times10^{-9}\frac{P_2^3}{v_2} + \frac{0.03}{v_2} \quad 0.851$$

باروش سعی وخطا:

$P=200$, $v=0.09642$ $\Rightarrow \delta = -0.3932kg$

$P=300$, $v=0.06273$ $\Rightarrow \delta = 0.3878kg$

P	h	v	δ
200	202.28	0.09642	-0.3932
$P_2=?$	$h_2=?$	$v_2=?$	$\delta=0$
300	200.64	0.06273	0.3878

$\Rightarrow P_2 = 250.3kPa$, $h_2 = 201.45$, $v_2 = 0.07946$, $u_2 = h_2 - P_2v_2 = 181.56kJ/kg$

$P_2 = KD_2 \quad \Rightarrow D_2 = 0.375\ m$ $\qquad {}_1W_2)_{Tank} = 0$

$${}_1W_2 = {}_1W_2)_{Tank} + {}_1W_2)_{Balloon} = \int_{V_1}^{V_2} PdV = \int_{D_1}^{D_2} KD\times\frac{\pi}{2}D^2dD$$

$$= \int_{0.15}^{0.375}\frac{K\pi}{2}D^3dD = \frac{K\pi}{8}D^4 \Big|_{0.15}^{0.375} = 5.04kJ$$

$${}_1Q_2 = mu_2 - (m_{1f}u_{1f} + m_{1b}u_{1b}) + {}_1W_2 = 7kJ$$

۵-۹۴ انتقال حرارت رابرای مساله ۴۴-۴ بیابید.

حل:

ازحل مساله ۴۴-۴ داریم :

$T_3 = 50.7838°C$, $P_3 = 1200kPa$, $m = 23.8486kg$

$W = 1.1928MJ$, $x = 0.13$

$T = -2°C \Rightarrow$ $u_f = 170.52kJ/kg$, $u_{fg} = 1130.8\ kJ/kg$ ازجدول $B.2.1$

$$\Rightarrow u_1 = u_f + x u_{fg} = 317.53\, kJ/kg$$

ازجدول B.2.2: $h_3 = 1527.3\, kJ/kg \Rightarrow u_3 = h_3 - P_3 v_3 = 1384.7\, kJ/kg$

$$1st\ law:\ Q = m\Delta u + W = m(u_3 - u_1) + W = 26.643\, MJ$$

۵-۹۵ انتقال حرارت رابرای فرایند مساله (۴۶-۴) محاسبه کنید.

حل:

آب زیرپیستون پائینی راسیستم درنظرمی گیریم :

بامراجعه به حل مساله (۴۶-۴) داریم :

حالت 1: $v_f = 0.001151\ m^3/kg$, $v_{fg} = 0.13524 m^3/kg$, $u_f = 835.76 kJ/kg$

$$u_{fg} = 1757.85\ kJ/kg$$

$$(P_1 = 1449\, kPa \quad , \quad v_1 = 0.02985\, m^3/kg) \rightarrow x_1 = \frac{v_1 - v_f}{v_{fg}} = 0.21$$

$$u_1 = u_f + x_1 u_{fg} = 1208.79\ kJ/kg$$

$$P_2 = 1449\, kPa \ , \ \text{بخاراشباع} \rightarrow u_2 = u_g \Big|_{1449 kPa} = 2593.61\ kJ/kg$$

$$1st\ law:\ Q_{1-2} = W_{1-2} + m(u_2 - u_1) = 351.955 + 2(2593.61 - 1208.79)$$

$$Q_{1-2} = 3121.59\ kJ$$

۵-۹۶ یک سیلندر آب بندی شده باپیستون بدون اصطکاکی حاوی $R\text{-}134a$ در $10^\circ C$ وکیفیت 50% باحجم اولیه $100L$ است .اکنون نیروی خارجی روی پیستون طوری تغییرمی کندکه پیستون حرکت کرده وحجم افزایش یابد. زمانی که آخرین قطرات مایع $R\text{-}134a$ تبخیر می شوند دما $25^\circ C$ است .فرایندتاحالت نهایی $40^\circ C$, $600 kPa$ ادامه می یابد.بافرض رابطه شبه خطی بین فشاروحجم ،حجم نهایی را در سیلندر و کار و انتقال حرارت رابرای کل فرایند بیابید.

حل:

$R\text{-}134a$ (1

$$T_1 = 10^\circ C \quad , \quad x_1 = 50\% \quad , \quad V_1 = 100L = 0.1 m^3 \quad , \quad P_1 = 415.8\ kPa$$

$$\Rightarrow v_1 = v_f + x v_{fg} = 0.025124 \ , \ u_1 = u_f + x u_{fg} = 298.46$$

$$m = \frac{V}{v_1} = 3.9803\ kg$$

$$T = 25^\circ C \quad , \quad x = 1 \quad , \quad P_2 = 666.3\ kPa$$

(2

$\Rightarrow v_2=v_g=0.03098 \quad , \quad u_2=391.87 \ , V_2=mv_2=0.12331\ m^3$

$(P_3=600kPa \quad , \quad T=40^\circ C) \Rightarrow v_3=0.03796\ m^3/kg \ , \ h_3=428.88kJ/kg \quad (3$

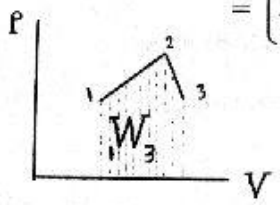
$V_3=mv_3=0.151\ m^3 \qquad u_3=h_3-P_3v_3=406.104kJ/kg$

$$P=KV+L \Rightarrow \begin{cases} 415.8=0.1K+L \\ 666.3=0.12331K+L \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} K=10746.46 \\ L=-658.84 \end{cases} \qquad (1\to2$$

$$P=K'V+L' \Rightarrow \begin{cases} 666.3=0.12331K'+L' \\ 600=0.151K'+L' \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} K'=-2393.5 \\ L'=961.44 \end{cases} \qquad (2\to3$$

$$_1W_3=\int_1^3 PdV=\int_1^2 PdV+\int_2^3 PdV=$$

$$=\left(K\frac{V^2}{2}+LV\right)\Big|_{V_1=0.1}^{V_2=0.12331}+\left(K'\frac{V^2}{2}+L'V\right)\Big|_{V_2=0.12331}^{V_3=0.151}$$



$$\Rightarrow {}_1W_3=30.15kJ$$

$$_1Q_3=\Delta_1U_3+{}_1W_3=m(u_3-u_1)+{}_1W_3=459kJ$$

۵-۹۷ مخزن صلبی به حجم $1m^3$ حاوی بوتان در $500K$, $100kPa$ است .اکنون مخزن تا $1500K$ گرم می شود.

الف)آیاقابل قبول است که ازمقدارگرمای ویژه موجوددرجدول $A.5$ برای محاسبه مقدارانتقال حرارت دراین فرایندااستفاده کنیم .

ب) کاروانتقال حرارت رابرای این مساله بیابید.

حل:

الف)خیر چون بوتان C_4H_{10}گازی 14 اتمی است و در نتیجه گرمای ویژه آن به سرعت با دما تغییر می کند پس ازمقدار گرمای ویژه ثابت آن هم دردمای $300K$ نمی توان درمحدوده تغییر دما از $500K$ تا $1500K$ استفاده کرد.

ب) چون حجم مخزن ثابت است پس کارصفرمی باشد $V_2=V_1\Rightarrow W=0$

باتوجه به اشکال چاپی درویرایش پنجم بامراجعه به :

Van Wylen ,G.J.,"Fundumentals Of Classical Thermodynamics", 4th Edition ,John Wiley & Sons Inc.,1994,P754,table A.11

داریم :

$$\bar{C}_{Po}=3.954+37212\theta-1.833\theta^2+0.03498\theta^3$$

همینطور از جدول $A.5$ داریم :

$$M=58.124kJ/kmol \ , \ R=0.143kJ/kgK$$

$$\Delta\bar{h}=\int_{500}^{1500}\bar{C}_{Po}dT=100\int_{5}^{15}\bar{C}_{Po}d\theta=$$

$$=100\times\left[3.954\theta+37212\frac{\theta^2}{2}-1.833\frac{\theta^3}{3}+0.03498\frac{\theta^4}{4}\right]_5^{15}$$

$$\Rightarrow\Delta\bar{h}=3.719691\times10^8 kJ/kmol \ \Rightarrow\Delta h=\frac{\Delta\bar{h}}{M}=6.3996\times10^6 \ kJ/kg$$

$$\Delta h=h_2-h_1=u_2+P_2v_2-(u_1+P_1v_1)=\Delta u+v(P_2-P_1)=\Delta u+v\Delta P$$

$$\Rightarrow\Delta u=\Delta h-v\Delta P$$

ازجدول $A.2$ داریم: $T_c=425.2K \quad , \quad P_c=3.8MPa$

$$\Rightarrow T_{r1}\approx1.18 \ , \ T_{r2}=3.53 \quad , \quad P_{r1}=0.026$$

بامراجعه به دیاگرام تراکم پذیری عمومی $D.1$ برای نقطه $T_{r1}=1.18 \ , \ P_{r1}=0.026$ داریم $Z_1\approx1$

$$\Rightarrow P_1v_1=Z_1RT_1=RT_1\Rightarrow v_1=\frac{RT_1}{P_1}=0.715\,m^3/kg \ \Rightarrow m=\frac{V}{v}=1.3986\,kg$$

چون حجم مخزن ثابت است داریم $v_2=v_1$ درنتیجه: $T_2=1500(T_{r2}=3.53) \ , \ v_2=v_1$

در $T_{r2}=3.53$ بامراجعه به دیاگرام تراکم پذیری عمومی می بینیم که تافشار P_c هم می توان بوتان را ایده‌ال دانست .

داریم :

$$P_2v_2=Z_2RT_2\Rightarrow\frac{Z_2}{P_{r2}}=\frac{v_2P_c}{RT_2}=12.667$$

اگرخط $Z=12.667P_r$ راروی دیاگرام $D.1$ رسم کنیم ،منحنی $T_{r2}=3.53$ رادرنقطه $Z\approx1$ قطع می‌کند.

$$\Rightarrow P_2v_2=Z_2RT_2=RT_2\Rightarrow P_2=\frac{RT_2}{v_2}=300kPa\,(<<3.8MPa)$$

$$\Rightarrow\Delta u=\Delta h-v\Delta P=6.39943\times10^6 \ kJ/kg$$

$$1st \ law: \quad Q=m\Delta u+W=m\Delta u+0=8.95 \ MJ$$

۹۸-۵ یک سیلندرکه توسط یک پیستون بدون اصطکاک مسدود شده است محتوی $0.2kg$,R-12

دوفازی در دمای $-20^{\circ}C$ است .نیروی بیرونی روی پیستون طوری است که فشار داخلی پیستون باحجم به صورت $P=-47.5+4.0*V^{1.5}$ $kPa\&L$ ارتباط دارد حال به سیلندر حرارت می دهیم تافشارداخلی به $250kPa$ برسد،کاروانتقال حرارت رامحاسبه کنید.

$R\text{-}12$,$-20^{\circ}C$

حل:$R\text{-}12$ داخل سیلندر راسیستم می گیریم :

دوفازی:

$v_f=0.000685\ m^3/kg$, $v_{fg}=0.10816 m^3/kg$, $u_f=17.71\ kJ/kg$

$u_{fg}=144.59\ kJ/kg$, $P_{sat}=150.9\,kPa$

حالت 1:

$$P_1=-47.5+4\times V_1^{1.5}\Rightarrow 150.9=-47.5+4\times V_1^{1.5}$$

$$V_1=13.499\,L=0.013499 m^3 \quad , \quad v_1=\frac{V_1}{m}=\frac{0.013499}{0.2}=0.067498\ m^3/kg$$

$$x_1=\frac{v_1-v_{1f}}{v_{1fg}}=\frac{0.067498-0.000685}{0.10816}=0.618$$

$$\Rightarrow u_1=u_{1f}+x_1 u_{1fg}=17.71+0.618\times 144.59=107.0267\,kJ/kg$$

$$P_2=250=-47.5+4.0\times V_2^{1.5}\Rightarrow V_2=17.685L=0.017685\ m^3$$

$$W_{1\text{-}2}=\int_1^2 pdV=10^{-3}\int_{13.499}^{17.685}\left[-47.5+4\times V^{1.5}\right]dV=0.834\ kJ$$

(حاصل انتگرال بصورت $kPa.L$ در می آید و برای اینکه به فرم $kPa.m^3$ یا kJ در بیاید باید در 10^{-3} ضرب شود.)

حالت 2:بخار فوق گرم $P=250kPa$ $,v_2=\frac{V_2}{m}=0.088425\ m^3/kg$

$250kPa$	
v	h
0.08602	214.303
0.088425	$h_2=?\ \Rightarrow h_2=215.137\ kJ/kg$
0.089175	220.8

$$u_2=h_2-P_2v_2=215.137-250\times 0.088425=193.0307\,kJ/kg$$

1st law: $Q_{1\text{-}2}=W_{1\text{-}2}+m(u_2-u_1)=0.834+0.2(193.0307-107.0267)=18.035kJ$

$Q_{1-2}=18.035\ kJ$

۹۹-۵ یک بالن کشسان ویژه می تواند فشارداخلی تا $P_0=100kPa$ را تا رسیدن به حالت کروی باقطر $D=1m$ تحمل کند،فراترازاین $P=P_0+C(1-x^6)x\ ;\ x=D_0/D$ می باشدکه دلیل آن اثرات تغییر شکل منحنی بالن وکشسانی است. این بالن حاوی گازهلیم در $100kPa$, $250K$ باحجم $0.4m^3$ می باشد و تا زمانی که حجم به $2m^3$ برسدگرم می شود.درطول فرایند، فشارحداکثر درون بالن $200kPa$ می باشد.

الف)دمای درون بالن وقتی فشارماکزیمم است چیست ؟

ب)دماوفشارنهایی درون بالن چه مقداراست ؟

ج)کارانتقال حرارت رابرای کل فرایندمحاسبه کنید.

حل:

He(1

$$V_1=0.4m^3 \Rightarrow D_1=0.91415m \quad C_{v0}=3.116 \ , T=250K \ , \ P_0=100kPa$$

$$P_0V_1=mRT_1 \ , \ R=2.0771 \Rightarrow m=0.0770kg$$

(2

فرایندفشارثابت :$2 \rightarrow 1$

$$D_0=1m \Rightarrow V_2=0.5236m^3 \quad P_0=100kPa \ , x_2=1$$

بعدازرسیدن به حالت 2 مقدارفشارازرابطه $P=P_0+C(1-x^6)x\ ,\ x=D_0/D=\frac{1}{D}$ پیروی می کند.

$$P_{max}=200kPa \ , \ T=?$$

$$\frac{dP}{dx}=0\Rightarrow C(1-x^6)+Cx(-6x^5)=0 \Rightarrow C-7Cx^6=0 \Rightarrow x=\sqrt[6]{\frac{1}{7}}$$

$$P_{max}=200=100+C(1-\frac{1}{7})\sqrt[6]{\frac{1}{7}} \Rightarrow C=161.36$$

$$x=\frac{D_0}{D}=\frac{1}{D}=\sqrt[6]{\frac{1}{7}} \Rightarrow D=1.383m \Rightarrow V=1.3853m^3$$

چون هلیم گاز تک اتمی است از معادله حالت گاز ایده ال پیروی می کند.

$$PV=mRT\Rightarrow T=\frac{200\times1.3853}{2.0771\times0.0770}=1732K$$

(3

$$V=2m^3 \Rightarrow \quad D=1.5632m \qquad x=D_0/D=0.63972$$

$$P=P_0+C(1-x^6)x \quad \Rightarrow P=196.15kPa$$

$$PV=mRT \Rightarrow T=2452K$$

$$W_{1\,3}=W_{1\,2}+W_{2\,3}=\int_{V_1=0.4}^{V_2=0.5236} P_0dV+\int_2^8 (P_0+161.36(1-x^6)x)dV$$

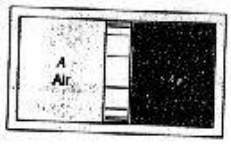
$$\int_{0.4}^{0.5236} 100dV-\frac{\pi}{2}\int_{x_2=1}^{x_3=0.63972}(100+161.36(1-x^6)x)\frac{dx}{x^4}=290.2kJ$$

$$\left[V=\frac{1}{6}\pi D^3=\frac{1}{6}\pi\left(\frac{1}{x}\right)^3\Rightarrow dV=-\frac{\pi}{2}\frac{dx}{x^4}\right]$$

$$Q_{1\,3}=\Delta U_{1\,3}+W_{1\,3}=m(u_3-u_1)+W_{1\,3}=mC_{v0}(T_3-T_1)+W_{1\,3}=818.5kJ$$

۱۰۰-۵ یک پیستون بدون اصطکاک و رسانای حرارتی ،آب و هوا را در سیلندری ازهم جدا می‌کند ، (شکل ۱۰۰-P۵)، حجمهای اولیه B,A هرکدام $500L$ است و فشار اولیه هر دو طرف $700kPa$ می‌باشد. در این زمان حجم مایع درون $2,B$ درصد حجم B است . گرما به B,A داده می شود تا تمام‌مایع درون B تبخیر شود. توجه کنیدکه درتمام طول فرایند: $P_A=P_B$ ، $T_A=T_B=T_{sat}$ است. بادرون یابی فشارنهایی و انتقال حرارت رابیابید.

حل:



$C.M1$:قسمت A(هوا)رابه عنوان جرم کنترل اول انتخاب می کنیم .

$C.M2$: قسمت B (آب)رابه عنوان جرم کنترل دوم انتخاب می کنیم .

ازجدول $B.1.2$ برای $C.M2$ داریم :

$$P=700kPa \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} T_1=T_{sat}=164.97^\circ C \ , \ v_f=0.001108\ m^3/kg \ , \ v_{fg}=0.27176\ m^3/kg \\ v_g=0.27286\ m^3/kg \ , \ u_f=696.43kJ/kg \ , \ u_{fg}=1876.07\ kJ/kg \end{cases}$$

$$\Rightarrow m_{fw}=\frac{V_f}{v_f}=\frac{0.02\times0.5}{0.001108}=9.02527\,kg \ , \ m_{gw}=\frac{V_g}{v_g}=1.79579\ kg$$

$$\Rightarrow m_W = 10.8211kg \Rightarrow x = \frac{m_g}{m_W} = 0.165953$$

$$\Rightarrow U_{1W} = m_W u_{1W} = m_W(u_f + x u_{fg}) = 10905.2\,kJ$$

ازطرفی برای $C.M1$ داریم : $P_1V_1 = m_{air}R_{air}T_1 \Rightarrow m_{air} = \frac{P_1V_1}{R_{air}T_1} = 2.78351kg$

درهرلحظه برای هوادر $C.M1$ داریم $PV_{C.M1} = m_{air}R_{air}T$ وچون T,P برای هردوجرم کنترل یکی است داریم :

$$V_{C.M1} = V_{tot} - V_{C.M2} = 1 - V_{C.M2} \Rightarrow P(1 - V_{C.M2}) = m_{air}R_{air}T$$

$$\Rightarrow P(\frac{1}{m_W} - v_W) = \frac{m_{air}R_{air}}{m_W}T \Rightarrow P(0.092412 - v_W) = 0.073825T$$

که دررابطه فوق T برحسب کلوین می باشد.

باتوجه به اینکه حالت $C.M2$ درانتهای فرایند بخار اشباع می باشد پس $T = T_{sat}$, $P = P_{sat}$ $v_W = v_g$ رابصورت زیر تعریف می کنیم وبادرون یابی به صفربرای P,δ رامی یابیم .

$$\delta = P_{sat}(0.092412 - v_W) - 0.073825(T_{sat} + 273.15)$$

که دررابطه بالا T_{sat} برحسب درجه سانتیگراداست .

ازجدول $B.1.2$ داریم :

$$\begin{cases} P_{sat} = 2500kPa \Rightarrow T_{sat} = 223.99^\circ C\ ,\ v_g = 0.07998\,m^3/kg \Rightarrow \delta = -5.62136 \\ P_{sat} = 2750kPa \Rightarrow T_{sat} = 229.12^\circ C\ ,\ v_g = 0.07275\,m^3/kg \Rightarrow \delta = 16.9904 \end{cases}$$

$$\delta = 0 \Rightarrow P_{sat} = 2562.15\,kPa$$

بادرون یابی ازجدول $B.1.2$ داریم : $P_{sat} = 2562.15\,kPa$

$$\Rightarrow T_{sat} = 225.262^\circ C\ ,\ v_g = 0.0781826\,m^3/kg\ ,\ u_g = 2603.3\,kJ/kg$$

$$\Rightarrow U_{2W} = mu_g = 28170.6\,kJ \Rightarrow \Delta U_W = 17265.4\,kJ$$

$$\Delta U_{air} = m_{air}\Delta u_{air} = m_{air}C_{v0}\Delta T = 120.329\,kJ$$

ازاین لحظه به بعد تمام مجموعه هوا و آب رابه عنوان یک جرم کنترل واحد در نظر می گیریم .برای این مجموعه تغییر حجم صفر بوده و در نتیجه کار انجام شده صفر می باشد.

$$1st\ law:\ Q = \Delta U + W = \Delta U = \Delta U_{C.M1} + \Delta U_{C.M2} = 17385.7\ kJ$$