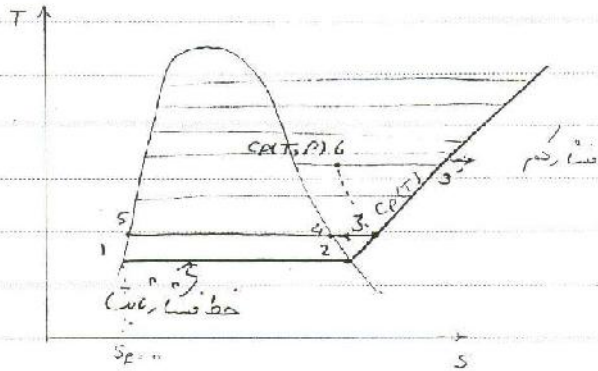


$$s_{fg} = \left(\frac{dp}{dT} \right)_{sat} v_{fg}$$

$$ds = \frac{c_v}{T} dT + \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_v dv$$

$$ds = \frac{c_p}{T} dT - \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p dp$$



مثال (۳) نمودارهای $T-s$ و $p-v$ را برای فرآیندهای زیر ترسیم کنید. در هر دو نمودار، فرآیندها را با خطوط مشخص کنید و جهت تغییرات را نشان دهید. (۱۰ نمره)

۱- یک گاز ایده آل را در دمای T_1 و حجم V_1 قرار دهید. آن را به دمای T_2 و حجم V_2 رسانید. فرض کنید $T_2 > T_1$ و $V_2 > V_1$.

۲- آن را به دمای T_2 و حجم V_3 رسانید. فرض کنید $T_3 > T_2$ و $V_3 > V_2$.

۳- آن را به دمای T_1 و حجم V_3 رسانید. فرض کنید $T_1 < T_2$ و $V_3 > V_2$.

۴- آن را به دمای T_1 و حجم V_1 رسانید. فرض کنید $T_1 < T_2$ و $V_1 < V_2$.

اینک درجه حرارتی (جهت T)، باز ایده آل و متغیر فرض کنید.

$$\int_2^3 ds = \int_2^3 \frac{c_p dT}{T}$$

به توضیح خود پاسخ دهید.

$$s_3 - s_2 = \int_2^3 \frac{c_p dT}{T}$$

برای فرآیندهای ۱-۲، ۲-۳، ۳-۴ و ۴-۵، حالت $P-v$ و $T-v$ را ترسیم کنید.

Subject:

Year: Month: Date: ()

$$\int_3^4 ds = \int_3^4 \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_v dv$$

$$S_4 = S_3 + \int_3^4 \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_v dv$$

اگر بخواهیم از 3 به 6 مستقیماً از 3 به 6 برویم

$$S_6 - S_3 = \int_3^6 \frac{C_{vd}dT}{T} - \int_3^6 \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_P dP$$

در این حالت مسئله برقی تمام چون ما در دو نقطه از نمودار ما فقط C_p و C_v داریم و نمی توانیم
 عدد C_p و C_v داشته باشیم و این دو برابر است!

برای درک بهتر این قضیه را با نمودار زیر حفظ کنید و ثابت انحراف γ را

محدود کننده ها و معادلات

$$P = \text{const}$$

$$v = \text{const}$$

$$u = u(T, v)$$

$$du = \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_v dT + \left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T dv \quad \begin{matrix} P = \text{const} \\ v = \text{const} \end{matrix}$$

$$du = C_v dT$$

$$h = u + Pv$$

$$dh = du + d(Pv) = du + v dP$$

$$C_p = \left(\frac{\partial h}{\partial T} \right)_P = \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_P = \frac{du}{dT} = C_v$$

20/20

Subject: 35

Year: Month: Date:

$$\rightarrow 0 \quad C_v = C_p - C$$

سرک و مابین و مابین

$$\boxed{ds = \frac{cdT}{T}}$$

تبدیل

$$C_p \frac{dT}{T} - \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P dp = C_v \frac{dT}{T} + \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v dv$$

$$\star \quad dT = \frac{T \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v}{C_p - C_v} dv - \frac{T \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P}{C_p - C_v} dp$$

$$T = T(v, P)$$

$$\star \quad dT = \left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_P dv + \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_v dp$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_P = \frac{T \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v}{C_p - C_v}$$

$$\left\{ C_p - C_v = T \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v \right\}$$

$$v = v(T, P)$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v = - \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P \left(\frac{\partial P}{\partial v}\right)_T$$

$$C_p - C_v = - T \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P^2 \left(\frac{\partial P}{\partial v}\right)_T$$

سرک و مابین و مابین

(T=0) (سرک و مابین)

سرک و مابین و مابین

Subject:

Year. Month. Date. ()

برای محاسبه ds در حالت C_p, C_v ثابت و $\left(\frac{\partial P}{\partial v}\right)_T$ معلوم است.

$$C_p > C_v$$

در این حالت ds را می توان به صورت زیر نوشت:

$$ds = \frac{C_p dT}{T} + \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P dP$$

برای این که ds را به dT و dv تبدیل کنیم.

$$\left[\frac{\partial (C_p/T)}{\partial P} \right]_T = \left(\frac{\partial^2 v}{\partial T^2} \right)_P$$

$$\left(\frac{\partial C_p}{\partial P} \right)_T = T \left(\frac{\partial^2 v}{\partial T^2} \right)_P$$

$$ds = \left(\frac{C_v}{T} \right) dT + \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_v dv$$

$$\left(\frac{\partial C_v}{\partial v} \right)_T = T \left(\frac{\partial^2 P}{\partial T^2} \right)_v$$

BGPCC

Subject: 36

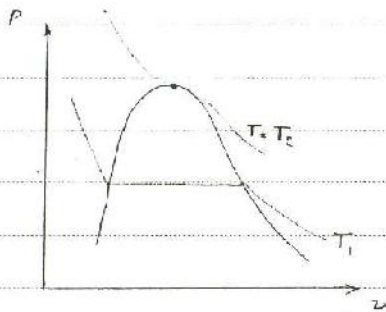
Year: Month: Date: :

$PV = RT$: ideal gas

: T_c, P_c, v_c

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v^2}$$

ideal gas law



$$\left(\frac{\partial P}{\partial v}\right)_{T_c} = 0$$

$$\left(\frac{\partial^2 P}{\partial v^2}\right)_{T_c} = 0$$

$$P_c = \frac{RT_c}{v_c - b} - \frac{a}{v_c^2}$$

$$a = \frac{27}{64} \frac{R^2 T_c^2}{P_c}$$

$$b = \frac{RT_c}{8P_c}$$

$$v_c = 3b$$

$$Z_c = \frac{P_c v_c}{RT_c} = \frac{3}{8}$$

APCO

TV

Subject:

Year: Month: Date: ()

$$P_0^3 - (P_b + RT) z^2 + av - ab = 0$$

$$P_r = \frac{P}{P_c} \quad T_r = \frac{T}{T_c} \quad z = \frac{PV}{RT}$$

$$z^3 - \left(\frac{P_r}{8T_r} + 1 \right) z^2 + \left(\frac{27 P_r}{64 T_r^2} \right) z - \frac{27 P_r^2}{612 T_r^3} = 0$$

... (faint handwritten text)

12:10

Subject: 37

Year: Month: Date: / /

جلسہ امتحان

87, 8, 29

$$z^3 - \left(\frac{P_r}{8T_r} + 1 \right) z^2 + \left(\frac{27 P_r}{64 T_r^2} \right) z - \frac{27 P_r^2}{512 T_r^3} = 0 \quad \text{Vander waals Corresponding}$$

$$P_r v = z R T$$

$$z = z(P_r, T_r)$$

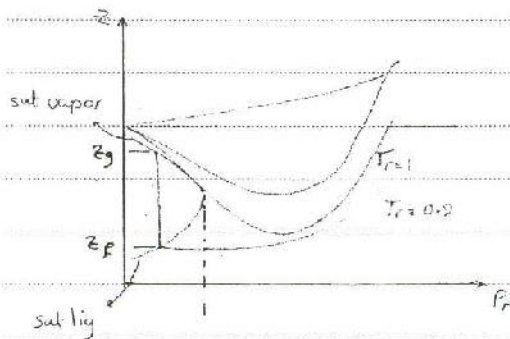
$$z_c = 0.375 \quad \text{ہای مکانات، فائبر والیس، ... } z_c \text{ کی قیمت}$$

$$z_c = \frac{P_c v_c}{R T_c} \quad \text{دلی سے نکالیں}$$

$$z_c = 0.2, 0.3$$

$$\Rightarrow z = z(P_r, T_r, z_c)$$

$$z_c = 0.21, 0.25, 0.27, 0.29$$



$$z = z(P_r) + z_c z_{P_r} \quad \Rightarrow \text{تکثرات برائے ایو}$$

$$v = \frac{z R T}{P} \quad \Rightarrow \text{کم کم ترین تکثرات برائے ایو}$$

چاروں خصوصیات

برای تعیین تغییر در انتالپی نسبت به انتالپی مایع در دمای ثابت c_p در z و z_c نسبت

$$dh = c_p dT + \left[v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P \right] dP$$

REPCO

Subject: _____

Year: _____ Month: _____ Date: _____

$$dh_f = \left[v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P \right] dP_f$$

Example: $Pv = zRT \Rightarrow \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P = \frac{zR}{P} + \frac{RT}{P} \left(\frac{\partial z}{\partial T} \right)_P$

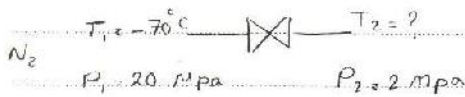
$$dh_f = - \frac{RT^2}{P} \left(\frac{\partial z}{\partial T} \right)_P dP_f$$

$$T = T_c T_r, \quad P = P_c P_r$$

$$dT = T_c dT_r, \quad dP = P_c dP_r$$

$$\frac{\Delta h_T}{T_c} = - \bar{R} \int_{P_r=0}^{P_r} T_r^2 \left(\frac{\partial z}{\partial T_r} \right)_{P_r} \frac{dP_r}{P_r} = \frac{(h - h^*)}{T_c}$$

$$\frac{(h^* - h)}{T_c} = \bar{R} \int_{P_r=0}^{P_r} T_r^2 \left(\frac{\partial z}{\partial T_r} \right)_{P_r} d \ln P_r$$



مثال:

$$\frac{T_1}{P_1} = \frac{h_1}{P_1} \quad h_1 = h_2 \quad \frac{T_2}{P_2}$$

در این حالت، چون دما و فشار تغییر می‌کند، باید از معادله زیر استفاده کرد.

از معادله زیر استفاده می‌کنیم. $T_2 = 70$ در این حالت، دما و فشار تغییر می‌کند، باید از معادله زیر استفاده کرد.

$$h_1 = h_2 = c$$

$$-(h_1^* - h_1) + (h_2^* - h_2) + (h_1^* - h_2^*) = 0$$

PROQ

Subject: 38

Year: . Month: . Date: ()

$$T_{r1} = 20^\circ \text{C} \quad T_{r1} = \frac{203.2}{26.2} = 7.75$$

$$P_{r1} = 20 \text{ mpa} \quad P_{r1} = \frac{20}{339} = 0.059$$

$$\frac{h_1^* - h_1}{T_c} = 14.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \rightarrow h_1^* - h_1 = \frac{14.2 \times 126.2}{0.059 + 0.28} = 6.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

اردیج و شفا یازد آرا اعدس بریدیم د شفا یازد اعدس

$$(h_1^* - h_1) = C_p (T_1 - T_2) \quad \text{چون شفا یازد اعدس}$$

$$\text{چون } T_2 = 156 \text{ K}$$

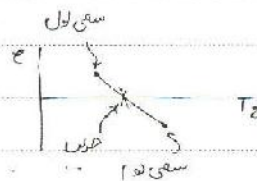
$$P_{r2} = \frac{2}{3.39} = 0.59$$

$$T_{r2} = \frac{156}{126.2} = 1.236$$

$$\frac{h_2^* - h_2}{T_c} = 3.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}$$

$$h_2^* - h_2 = 14.9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$e = 6.4 + 49.2 + 14.9 = 70.5$$



روابط ترمودینامیکی

$$(\bar{S}_{T,P} - \bar{S}_{T,P}^*) \quad (h_{T,P} - h_{T,P}^*)$$

اگرچه این دو رابطه کار در این حالت

این دو آل ایندیت می آوریم پس در اینجا

در حالت واقعی است اما سوال می گویم

$$ds = \frac{c_p dT}{T} - \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P dp$$

$$\int_{S_0}^{S_P} dS_T = \int_{P_0}^P \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P dp_T$$

$S_0^* \leftarrow$ فاز ایده آل در فشار P_0 (فاز مطلق کف)

$$\therefore (S_P - S_0^*) = \dots = \dots$$

اگرچه این استوری فاز واقعی در فشار P_0 و T_0

است به حالت ایده آل در T_0 و P_0

$$(S_P^* - S_0^*)_T = \int_0^P \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P dp$$

$$Pv = RT$$

$$h: (S_P^* - S_0^*)_T = -R \int_0^P \frac{dp}{P}$$

$$(S_P - S_P)_T = \int_0^P \left[\frac{R}{P} - \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P \right] dp_T$$

$$Pv = ZRT$$

$$(S_P - S_P)_T = -R \int_0^P \left[\frac{1-Z}{P} - \frac{T}{P} \left(\frac{\partial Z}{\partial T} \right)_P \right] dp$$

$$T = T_c T_r$$

$$P = P_c P_r \quad dp = P_c dP_r$$

Subject: 39

Year: Month: Date: ()

$$\frac{(\bar{s}_P^* - \bar{s}_P)_1}{R} = \frac{\bar{h}^* - \bar{h}}{R T_1 T_2} - \int_0^{P_1} (1-z) \frac{dP_1}{P_1}$$

تقریب اول در جدول اختلاقی استاتی برسدن آید
 تمام دوم از جدول ج بر طرف P_2 و T_2 بدست می آید

مثال: ضمن تولید تراکم گاز CO_2 از فشار P_1 به P_2 می رود
 درجه حرارت در حالت 1 CO_2 گاز ایده آل است. (بر دلیل دست راست)
 $P_1 = 1 \text{ bar}$, $T_1 = 220 \text{ K}$
 $P_2 = 40 \text{ bar}$

Rev, ad.

ideal gas: $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}$ $T_2 = 457.3 \text{ K}$

پیدا کردن جواب ایده آل برای این مسئله: برای چگال کردن

در دما و فشار استاتی از روش رسمی و حفظ برای حدس اولی و استاتی دوم می شود.

Real Gas: $\bar{s}_1 - \bar{s}_2 = 0$

$\bar{s}_1^* - \bar{s}_2^* = 0 \Rightarrow (\bar{s}_1^* - \bar{s}_2^*) + (\bar{s}_2^* - \bar{s}_2) = 0$

تغییرات استاتی گاز ایده آل

$(C_{P_2} \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1})$

$P_2 = 40 \text{ bar}$ \Rightarrow $P_{r_2} \checkmark$
 $1.2 \checkmark$ $\Rightarrow T_2 = 498 \text{ K}$

$T_2 = ?$

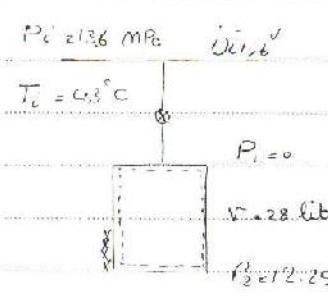
$\bar{s}_2^* - \bar{s}_2$

از صی و حفظ T_2 را تقریبی بدست می آید T_2 بدست می آید $\bar{s}_2^* - \bar{s}_2 = 0$ بدست می آید

تقریب داده و چگال من حجمی سرد با صی

Subject:

Year: Month: Date: ()



مسئله: جدول آنتروپی برای آن در جدول زیر
 با توجه به فشارهای نسبتاً بالا یعنی نشان آن را اندک آن فرض نکن
 فرض کنید بر مبنای آن مقدار سریع است که حتی که در صورت مسأله ذکر شده
 باشد نشان آن را اندک آن است در نقطه میانی

$$m_1 h_1 + m_2 u_2 = (m_1 + m_2) h_2$$

$$- m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_2 h_2$$

حقی که دارد می باشد، مقدار انرژی بر واحد جرم آن است
 چون همگن است، انرژی جرم همگن بود و مقدار انرژی بر واحد جرم
 آن، انرژی داخلی است

$$m_1 = m_2$$

همچو کدام از عمل های فوقی که مانع است سهم انرژی در جدول

$$h_1 = u_2$$

$$h_1 = h_2 - \frac{P_2 V_2}{R_2 R T_2}$$

R_2 را به عنوان به بر مبنای از چگونگی محاسبه یافته است

$$h_2 - h_1 = R_2 R T_2$$

$$h_2 - h_2^* + (h_2^* - h_1^*) + (h_1^* - h_1) = R_2 R T_2$$

$$C_{p_0} (T_2 - T_2^*) + (h_1^* - h_1)$$

$$T_2 = 55^\circ C \quad m_2 = 9.54 \text{ kg}$$

ideal gas: $T_2 = 101.6^\circ C$
 $m_2 = 12.2 \text{ kg}$

Subject: 40

Year: Month: Date: / /

داده مسئله

مخلوط گاز متغیر

Kay's rule: T_m

دماي گزيش مخلوط (mixture)

$$T_{cm} = \sum T_{ci} y_i = 0 \quad T_{rm}$$

تک اجزای تشکیل دهنده دمای گزیش دارند
و با مخلوط دمای گزیش برابر = 0 بخاری است

$$y = \frac{n_i}{n_{total}} \quad \text{نسبت مولی اجزا}$$

role fraction

$$P_{cm} = \sum P_{ci} y_i = 0 \quad P_{rm}$$

از $T_{cm} = T_{rm}$ می توان بر اساس جدول مخلوط استوانه کرد
برای یافتن

مثال: مخلوطی داریم شامل CH_4 40.61% و CO_2 59.39% (در ماسه های)

دماي مخلوط برابر $K = 310.94$ و فشار مطلق $P = 26.19 \text{ bar}$

برای یافتن دمای گزیش با استفاده از روش Kay's rule \Rightarrow $\rho = 0.2205 \text{ kg/m}^3$ measured

$$CO_2 = A \quad T_{cA} = 304.2 \text{ K} \quad P_{cA} = 7.39 \text{ MPa}$$

$$CH_4 = B \quad T_{cB} = 191.1 \text{ K} \quad P_{cB} = 4.64 \text{ MPa}$$

Subject:

Year:

Month:

Date:

$$T_{cm} = \sum_i y_i T_{ci} = 258.3 \text{ K}$$

$$T_{rm} = \frac{T}{T_{cm}} = 1.209$$

$$P_{cm} = \sum_i y_i P_{ci} = 6.273 \text{ MPa}$$

$$P_{rm} = \frac{P}{P_{cm}} = 1.374$$

$$\Rightarrow Z_{cm} = 0.705$$

$$\bar{v} = \frac{Z_{cm} \bar{R} T}{P} = 0.2115 \frac{\text{m}^3}{\text{kmol}}$$

مقدار مولی

در 5% خطا

\bar{R} ← ثابت جهانی گازها (دستی) - شماره گاز (-) (دارد) - مولی (بر واحد مولی/کلمت)

PAPCO

Subject: 41

Year. Month. Date. 11

مخلوط گازهای ایده آل

همه مخلوط از چند گاز ایده آل است و خود آن هم گاز ایده آل بشود که مورد در مداول مربوط به آن در کتاب ها وجود ندارد.
 یکی سایر مخلوط های گازهای ایده آل واقعی توان به همین صورت مداولشان را تجدید کنید.

$$y_i = \frac{n_i}{n_t}$$

$$\sum_i y_i = 1$$

M میانگین مولی

$$m = \sum_i m_i$$

$$m = n_t M = \sum_i n_i M_i$$

$$\Rightarrow M = \sum_i y_i M_i \quad \Rightarrow R = \frac{R}{M}$$

mole fraction

$$y_i = \frac{n_i}{n_t}$$

mass fraction

$$m_{p_i} = \frac{m_i}{m_t}$$



مخلوط گازهای ایده آل

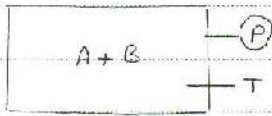
ماده A و B گازهای ایده آل اند

Subject: _____

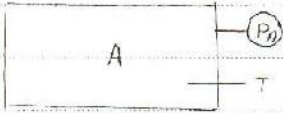
Year: _____ Month: _____ Date: _____ ()

Gibbs Dalton

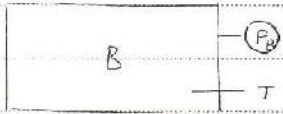
چون A و B ایده آل اند و با هم آمیخته می شوند



||



+



و A و B با هم آمیخته می شوند

P_i Partial Pressure

فشار جزئی

$$P_i V = n_i \bar{R} T$$

$$P V = n \bar{R} T$$

$$P_i = \frac{n_i}{n} P = y_i P$$

$$\sum_i P_i = P$$

ماد بودن المتریال باعث دفع عملی می شود - کار دریا در ترمودینامیک

Subject: 42

Year: Month: Date: ()

حامله محمد عم

27, 8, 27

خلطه گازهای ایده آل

$$y_i = \frac{n_i}{n_t}$$

$$M = \sum y_i M_i$$

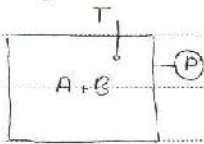
$$mp_i = \frac{m_i}{m_t}$$

1) Gibbs Dalton

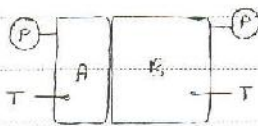
$$P_i = \frac{n_i}{n_t} P$$

$$P_i = y_i P$$

2) Amagat - Leduc



فرض کنیم دو گاز را در یک ظرف همزن می‌کنیم
برای فشار P است



$$P V_A = n_A \bar{R} T$$

$$P V_B = n_B \bar{R} T$$

$$y_i = \frac{n_i}{n_t} = \frac{V_i}{V}$$

$$V_i = y_i V$$

مجموعه‌ای از گازها در یک ظرف همزن داریم. فرض کنیم دو گاز را در یک ظرف همزن می‌کنیم
برای فشار P است

Subject:

Year: Month: Date: ()



$$m_{N_2} = 2 \text{ lbm}$$

$$P_1 = 300 \text{ psia}$$

$$T_1 = 100^\circ \text{ F}$$

$$P_2 = 400 \text{ psia}$$

$$T_2 = 100^\circ \text{ F}$$

$$m_{O_2} = ?$$

مثال : دو طرفه ترمودینامیک

در دما ثابت و فشار ثابت

برود

الف) و ب) را حل کنید

چون دما ثابت مانده و فشار ثابت N_2 پس از آن می توانیم

$$\eta_{N_2} = \frac{z}{28} = 0.0714 \quad P_{N_2} = 300 \text{ psia}$$

$$P_{O_2} = 400 - 300 = 100 \text{ psia}$$

$$P_i = \frac{n_i}{n_T} P$$

$$\frac{n_{O_2}}{n_{N_2}} = \frac{P_{O_2}}{P_{N_2}}$$

$$n_{O_2} = \frac{(0.0714) (100)}{300} = 0.0238$$

$$m_{O_2} = M_{O_2} \times n_{O_2} = 0.761 \text{ lbm}$$

عدل اما این وقت برای کار این مثال صاف است!

در موارد عمومی: این روابط که مکتوب شده اند فقط در صورتی درست است که در هر دو طرف دما و فشار ثابت باشد. یک حجم اضافی هم بود که می آید.

$$U = \sum_i U_i$$

$$u = \frac{1}{m} \sum m_i u_i = \sum m_p u_i$$

$$\bar{u} = \frac{1}{n} \sum n_i \bar{u}_i = \sum y_i \bar{u}_i$$

Eq PCO

Subject: 43

Year: Month: Date: ()

$$h = \frac{1}{m} \sum m_i h_i = \sum m_i c_i h_i$$

$$\bar{h} = \frac{1}{n} \sum n_i \bar{h}_i = \sum y_i \bar{h}_i$$

مجموع آنتروپی درون C_v کلید از C_v و C_p است

$$C_v = \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_v$$

$$C_v = \left(\frac{\partial}{\partial T} \left[\frac{1}{m} \sum_i m_i u_i \right] \right)_v$$

$$C_v = \sum_i \frac{m_i}{m} \underbrace{\left(\frac{\partial u_i}{\partial T} \right)_v}_{C_{v_i}}$$

$$\left\{ C_v = \sum_i m_i c_{v_i} \right\}$$

$$\left\{ \bar{C}_v = \sum_i y_i \bar{c}_{v_i} \right\}$$

مجموع آنتروپی درون C_p کلید از C_p و C_v است

$$\left\{ C_p = \sum_i m_i c_{p_i} \right\}$$

$$\left\{ \bar{C}_p = \sum_i y_i \bar{c}_{p_i} \right\}$$

$$\Delta U = \sum \Delta u_i$$

$$m \Delta u = \sum m_i c_{v_i} \Delta T$$

$$\Delta u = \underbrace{\left[\sum m_i c_{v_i} \right]}_{C_v} \Delta T$$

$$\Delta u = C_v \Delta T$$

$$\Delta \bar{u} = \bar{C}_v \Delta T$$

$$\Delta h = C_p \Delta T$$

$$\Delta \bar{h} = \bar{C}_p \Delta T$$

PAPCO

۴۴

Subject:

Year: Month: Date:

کامپنیشن
مدل دالنگن

$$S_2 - S_1 = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \sum_i m_i \Delta S_i = \sum_i m_i C_{p,i} \ln \frac{T_2}{T_1} - \sum_i m_i R_i \ln \frac{P_{i,2}}{P_{i,1}}$$

$$\frac{P_{i,2}}{P_{i,1}} = \frac{y_{i,2}}{y_{i,1}} \frac{P_2}{P_1}$$

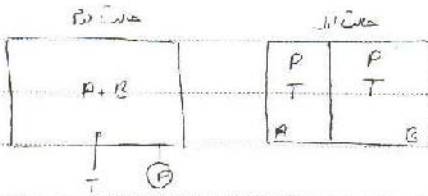
در RUP داریم \bar{R} میانگین از اینها

$$\left(S_2 - S_1 = C_{p,2} \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{P_2}{P_1} \right) \quad \text{مدل دالنگن}$$

$$\Delta S = \sum_i n_i \bar{C}_{p,i} \ln \frac{T_2}{T_1} - \sum_i n_i \bar{R} \ln \frac{P_{i,2}}{P_{i,1}}$$

$$n \Delta S =$$

$$\Delta S = \left(\sum_i y_i \bar{C}_{p,i} \right) \ln \frac{T_2}{T_1} - \sum_i y_i \bar{R} \ln \frac{P_{i,2}}{P_{i,1}}$$



$$\ln \frac{T_2}{T_1} = 1 \quad T_2 = T_1$$

$$\Delta S = -n_A \bar{R} \ln \frac{P_A}{P} - n_B \bar{R} \ln \frac{P_B}{P}$$

$$\frac{P_A}{P} = \frac{y_A}{4}$$

$$\Delta S = \sum_i n_i \bar{R} \ln \frac{1}{y_i} \Rightarrow \left(y_i < 1 \Rightarrow \frac{1}{y_i} > 1 \Rightarrow \ln \frac{1}{y_i} > 0 \right)$$

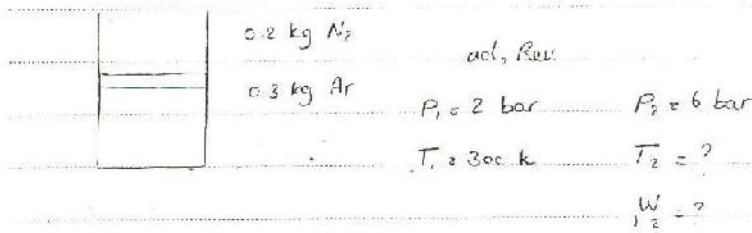
دالنگن

Subject: 99

Year: Month: Date: / /

مکانیسم انتقال حرارت در مایعات و گازها، به دلیل ظرفیت گرمایی آنها، در انتقال انرژی نقش مهمی دارد. در مایعات، انتقال حرارت عمدتاً به واسطه هدایت و در گازها، به واسطه هدایت و همرفت انجام می‌گیرد.

مسئله



برای محاسبه دما و کار، به راحتی می‌توان از رابطه $T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}$ استفاده کرد. C_p و C_v را می‌توان از جدول ترمودینامیک گازها پیدا کرد.

$$C_{p,m} = \frac{1}{m} \sum_i m_i C_{p,i}$$

$$C_{p,m} = \frac{1}{0.5} (0.2 \times 1.0416 + 0.3 \times 0.5203) = 0.7288 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$C_{v,m} = \frac{1}{0.5} (0.2 \times 0.7448 + 0.3 \times 0.3122) = 0.4852 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$k = \frac{C_{p,m}}{C_{v,m}} = 1.5$$

$$T_2 = 300 \left(\frac{6}{2}\right)^{\frac{1.5-1}{1.5}} = 433 \text{ K}$$

$$W_{12} = U_1 - U_2 = -m C_{v,m} (T_2 - T_1) = -32.3 \text{ kJ}$$

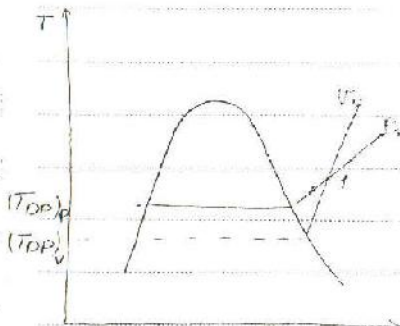
مقدمه کارهای تهویه مطبوع

Air Conditioning Processes فرایند های تهویه مطبوع

HVAC

اینکه می توانیم در مورد تهویه مطبوع بگوییم اینست که در آن، کل مخلوطی که از اجزای مختلف (هوای سرد و گرم) تشکیل شده است، در یک فضای بسته (مانند) مثل یک اتاق، هوای کار

Dew Point Temp. دمای نقطه شبنم



این مخلوط، عموماً در حالت اشباع است. با تغییر در دمای آن، مخلوط را در دمای کلی آن کم می کنیم. دمای که در این درجه کار تبدیل به مایع می شود و در دمای نقطه شبنم است.

$$P_{Dew} = \frac{n_v P}{n_t}$$

دمای نقطه شبنم در تمام حالت ها تقریباً دمای نقطه شبنم در تمام حالت ها است.

$$W_0 = \frac{n_v}{n_t} V$$

این درجه کار تبدیل به مایع می شود.

این فرایند های تهویه مطبوع در تمام حالت ها است.

دمای نقطه شبنم

دمای نقطه شبنم در تمام حالت ها تقریباً دمای نقطه شبنم در تمام حالت ها است.

در این حالت، دمای کار تبدیل به مایع می شود. در این حالت، دمای کار تبدیل به مایع می شود. در این حالت، دمای کار تبدیل به مایع می شود.

Subject: 45

Year: Month: Date:

حال این مثال پیش از این بود که در حالت تبدیل می نمود. بنابراین از آن به تابع تبدیل شده که در این حالت هم که در حالت تبدیل می نمود. از هم مقداری کار در صورتی که می ماند.

رطوبت نسبی Relative Humidity

فشار جزوی بخار آب در حالت اشباع

$$\phi = \frac{m_v}{m_{tot}} = \frac{\frac{P_v V}{R_v T}}{\frac{P_a V}{R_a T}} = \frac{P_v R_a}{P_a R_v}$$

در حالتی که در هر یک از این موارد بخار آب وجود دارد و در حالتی که در هر یک از این موارد بخار آب وجود ندارد. در هر یک از این موارد بخار آب وجود دارد.

$$\phi = \frac{P_v}{P_g}$$

Humidity Ratio, Specific Humidity

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = \frac{\frac{P_v V}{R_v T}}{\frac{P_a V}{R_a T}} = \frac{P_v R_a}{P_a R_v} = \frac{P_v \bar{R}_a}{P_a \bar{R}_v} = \frac{m_v P_a}{m_a P_v} = 0.622 \frac{P_v}{P - P_v}$$

$V = 100 \text{ m}^3$

$P = 0.1 \text{ Mpa}$

$T = 35^\circ \text{C}$

$\phi = 70\%$

$T_{top} = ? \quad m_v, m_a = ?$

$\omega = ?$

$\phi = 0.7 = \frac{P_v}{P_g} \rightarrow P_v = 0.7 \times 5.628 = 3.94 \text{ kPa}$

$T_{top} = 22.6^\circ \text{C}$

FR

Subject:

Year: Month: Date: ()

$$\omega = 0.622 \frac{3.94}{100 - 3.94}$$

$$\omega = 0.0225 \frac{\text{kg Vapor}}{\text{kg dry air}}$$

$$P_a = 100 - 3.94 = 96.06 \text{ kPa}$$

$$m_a = \frac{P_a V}{R_a T} \rightarrow m_a = \frac{96.06 (1 \text{ m}^3)}{8.314 (35 + 273.15)} \rightarrow m_a = 108.6 \text{ kg}$$

$$m_w = m_a \omega = 2.77 \text{ kg}$$

اگر $T_2 = 5^\circ\text{C}$ ، فشار هم بخار که تبدیل می شود را در نظر بگیرید

$$T_2 = 5^\circ\text{C}$$

$$T_2 < T_{\text{DP}} \rightarrow \text{sat air} \rightarrow \phi = 1$$

$$P_{v_2} = P_{g_2} = P_{\text{sat } T=5^\circ\text{C}} = 0.8721 \text{ kPa}$$

$$\omega_2 = 0.622 \frac{P_{v_2}}{P - P_{v_2}} = 0.622 \frac{0.8721}{100 - 0.8721} = 0.0055 \frac{\text{kg vapor}}{\text{kg dry air}}$$

مقدار کم بخار در حالت 2 را از اثر از مقدار کم بخار در حالت 1

در حالت 1 مقدار کم بخار 2.77 کیلوگرم است

$$m_e = m_{v_1} - m_{v_2}$$

$$= m_a (\omega_1 - \omega_2)$$

$$= 108.6 (0.0225 - 0.0055) = 2.172 \text{ kg}$$

PAPER

Subject: 46

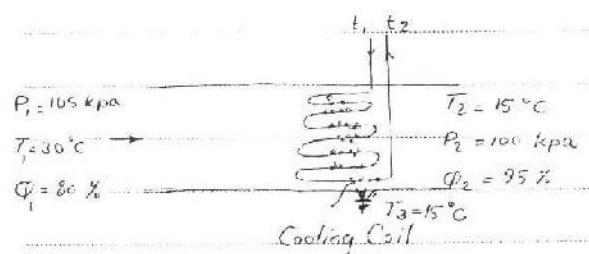
Year: Month: Date: ()

علمه بیستم

87, 9, 4

مشاوره فنی و مهندسی
فنی و مهندسی معماری و مکانیک

$$Q_{c.v.} + \sum m_i h_i = \sum m_e h_e + W_{c.v.}$$



مثال (1)
من اول
این در واقع نقطه اشباع است و در این حالت در یک فرآیند خنک شدن و رطوبت زدایی اتفاق می افتد.
این فرآیند را خنک و رطوبت زدایی می گویند.

$$\phi_1 = 0.8 = \frac{P_{v1}}{P_1}$$

تقریباً می توان گفت که در این حالت در یک فرآیند خنک شدن و رطوبت زدایی اتفاق می افتد.
این فرآیند را خنک و رطوبت زدایی می گویند.

$$P_{v1} = P_{sat} = 4.246 \text{ kPa} \quad T = 30^\circ\text{C}$$

آن هم در واقع با هم در یک خط است (در P-h نمودار)

$$P_{v2} = 3.394 \text{ kPa} \rightarrow T_{sat} = 26^\circ\text{C}$$

این هم در واقع با هم در یک خط است (در P-h نمودار)
در این حالت در یک فرآیند خنک شدن و رطوبت زدایی اتفاق می افتد.

$$Q_{c.v.} + m a_1 h_{a1} + m v_1 h_{v1} = m a_2 h_{a2} + m v_2 h_{v2} + m l_3 h_{l3}$$

$$\begin{cases} m a_1 = m a_2 + m l_3 \\ m v_1 = m v_2 + m l_3 \end{cases}$$

$$\frac{Q_{c.v.}}{m a} + h_{a1} + w_1 h_{v1} = h_{a2} + w_2 h_{v2} + (w_1 - w_2) h_{l3}$$

$$\frac{Q_{c.v.}}{m a} = C_p (T_2 - T_1) + w_2 h_{v2} - w_1 h_{v1} + (w_1 - w_2) h_{l3}$$

12/10/87

FV

چون در فرآیند خنک کردن و رطوبت زدایی در یک سیستم تهویه مطبوع، در صورتی که در آنجا در حالت خنک و رطوبت زدایی قرار می‌گیرد، در این حالت در مسئله نیز قانون انبساط را می‌توانیم

$$\frac{Q_{c.v}}{m_0} = h_{a1} + w_1 h_{v1} = h_{a2} + w_2 h_{v2} + (w_1 - w_2) h_{f3}$$

$$P_{v1} = 3.91 \text{ kPa}$$

کمترین فشار نسبی در حالت اشباع است 10 kPa

$$T_1 = 30^\circ\text{C}$$

$$h_g = 2556.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

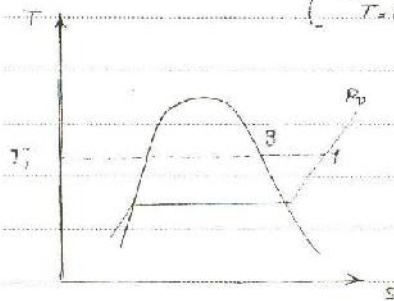
superheat است

چون نقطه 1 در نمودار حالت در نظر گرفته

در دمای اشباع آن تا دمای کمتر از آن دمای

اشباع است یعنی در آن دمای اشباع

در این دما در حالت اشباع است



$$h_{v1} = h_{g1}$$

$$P_2 = 0.45$$

$$P_{v2} = \phi_2 P_{g1} = 0.45 \cdot (0.25) = 0.1125 \text{ kPa}$$

$$w_2 = 0.622 \left(\frac{P_{v2}}{P_2 - P_{v2}} \right) = 0.0102 \frac{\text{kg vapor}}{\text{kg dry air}}$$

$$h_{v2} = h_{g2} = 2522.9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_{f3} = h_{f3} = 62.39 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

در دمای اشباع است

$$\frac{Q_{c.v}}{m_0} = 21.76 \frac{\text{kJ}}{\text{kg dry air}}$$

$$\frac{m_{H_2O}}{m_0} = 0.0208 - 0.0102$$

$$\dot{Q}_{c.v} = \dot{m}_0 C_p (T_2 - T_1)$$

در فرآیند خنک و رطوبت زدایی

Subject: 47

Year: Month: Date: / /

سوال: مقدار انتقال حرارت این حالت را محاسبه کنید. 10°C برآورد.



N_2
 H_2O

$T_1 = 50^\circ\text{C}$

$P_1 = 2 \text{ MPa}$

$P_0 = 5 \text{ kPa}$

$C_{p,N_2} = 0.745$

H_2O Superheated
تقریباً در حالت مایع

$$Q = m_{N_2} (u_2 - u_1)_{N_2} + m_{H_2O} (u_2 - u_1)_{H_2O}$$

$$C_{p,N_2} (T_2 - T_1)_{N_2}$$

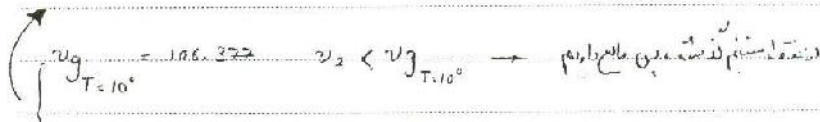
$v = \frac{RT}{P}$ $\bar{u} = \bar{c}_v T$

$$v_{H_2O} = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{0.4615 \times 393}{5} = 29.81 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$v = \frac{V}{m_{H_2O}} \rightarrow m_{H_2O} = m_{v_1} = m_{v_2} + m_{f_2} = 0.01677 \text{ kg}$$

$$\Delta u_{H_2O} = m (u_2 - u_1) = 0.01677 (u_{f,2} + x u_{fg,2} - u_1)$$

699.19 $u_{g,T=50} = 2943.47$



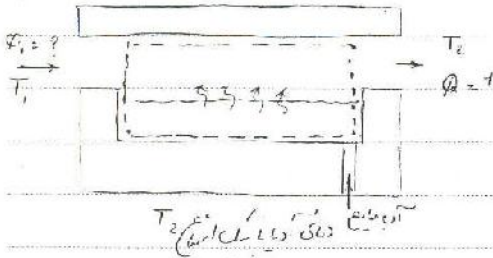
$$x_2 = \frac{v_2 - v_{f,2}}{v_{fg,2}} \rightarrow x_2 = \frac{29.81 - 0.001}{166.376} = 0.280 = \frac{m_v}{m_{H_2O}} \rightarrow m_{H_2O} = 0.0047 \text{ kg}$$

$$m_{N_2} R_{N_2} T_1 = P_{N_2} v_1 \rightarrow m_{N_2} = \frac{1975 \times 0.5}{0.2968 \times 323} = 10.40 \text{ kg}$$

$$Q = 10.40 \times 0.745 \times (10 - 50) + 0.01677 (699.19 - 2943.47) = -339.17 \text{ kJ}$$

$$h_a + w h_v \quad \frac{kJ}{kg \text{ air}}$$

برای پیدا کردن اینها باید از جدول استفاده کنیم



هوا در دمای اولیه و رطوبت اولیه خود می آید و در اثر آبی که در کویل می کشد سردتر و رطوبت کمتری پیدا می کند. در این فرآیند انرژی حرارتی از هوا به آب می کشیم و در نتیجه دمای هوا و رطوبت آن کاهش می یابد.

$$h_{a1} + w_1 h_{v1} + (w_2 - w_1) h_{F2} = h_{a2} + w_2 h_{v2}$$

$$w_1 = \frac{c_{p,a} (T_2 - T_1) + w_2 (h_{v2} - h_{F2})}{h_{v1} - h_{F2}}$$

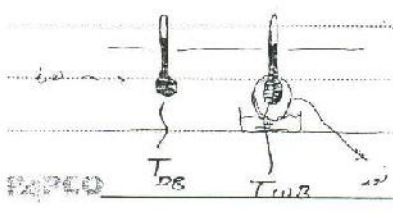
آنها در جدول پیدا می شوند و با هم جایگزین می شوند.

$$w_1 = \frac{c_{p,a} (T_2 - T_1) + w_2 h_{F2}}{h_{v1} - h_{F2}}$$

Wet bulb Temp.
dry bulb Temp.

دماهای تر و خشک

در حالتی که رطوبت نسبی 100٪ باشد (یعنی هوای سرد در دمای رطوبت 100٪ باشد) بین این دو دما تفاوتی وجود ندارد و هر دو برابر می شود.



DBWB

Subject: 48

Year: Month: Date: ()

اگر رطوبت هوا 400.7 باشد، آرموستر دم (دما) که در آن متغیران هوا به ازای دمای آرموستر دم
موردی که در آن دمای آن دمای نقد بخار است و این دمای بخار را از آرموستر می گیریم

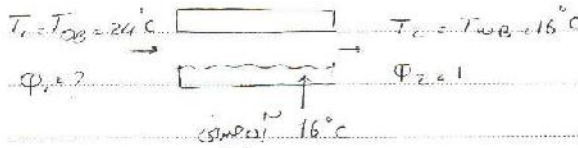
دما دمای اشباع است و $T_{wb} = T_{ps}$
در این دما در این دما دمای اشباع است و $T_{wb} = T_{ps}$
(دما دمای اشباع است) - با توجه به فرضیات دمای اشباع است و $T_{wb} = T_{ps}$

اگر دمای اشباع است و $T_{wb} = T_{ps}$
دما دمای اشباع است و $T_{wb} = T_{ps}$

$P = 1 \text{ bar}$ $w = ?$ مثال

$T_{db} = 24^\circ\text{C}$ $\phi = ?$

$T_{wb} = 16^\circ\text{C}$



$w_2 = \phi \cdot P_{g_2} = P_{g_2} = 0.01818 \text{ bar}$
 $T_{db} = 16^\circ\text{C}$

$w_2 = \frac{0.622 (0.01818)}{1 - 0.01818} = 0.0115 \text{ kg vapor / kg dry air}$

$T_2 = T_{wb} = 16^\circ\text{C} \rightarrow h_{f_2} = 2963.5 \text{ kJ/kg}$

$h_{p_2} = h_{p_2} = 57.2$
 $T_{wb} = 16^\circ\text{C}$

$T_1 = T_{db} = 24^\circ\text{C} \rightarrow h_{g_1} = 2595.4 \text{ kJ/kg}$
 $T = 24^\circ\text{C}$

Paper

Subject:

Year: Month: Date: ()

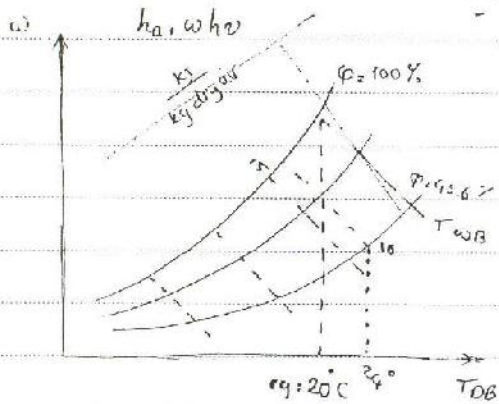
$$\omega_1 = 0.0082 \frac{\text{kg vapor}}{\text{kg dry air}}$$

$$\omega_1 = 0.622 \frac{P_{v1}}{P - P_{v1}} \rightarrow P_{v1} = 0.013 \text{ bar}$$

$$\phi_1 = \frac{P_{v1}}{P_g} = \frac{0.013}{0.002985} = 43.6\%$$

آیا می توان بدون این محاسبات از روی دیاگرام رطوبت نسبی و دما ترسیم؟
در ترسیمی که در نمودار برای اطمینان از درستی رابطه ها در راه حل خود استفاده کنیم.

چارت رطوبت نسبی - چارت سایکلوترون متریک



دایره مرز دهنده نقطه B است.

در $\phi = 100\%$ دمای B نقطه در P_{v1} دمای برابر باشد. به این ترتیب می توان خط T_{wb} را ترسیم کرد.

مثال: جدول مثال 1 را در جدول زیر جدول می کنیم.

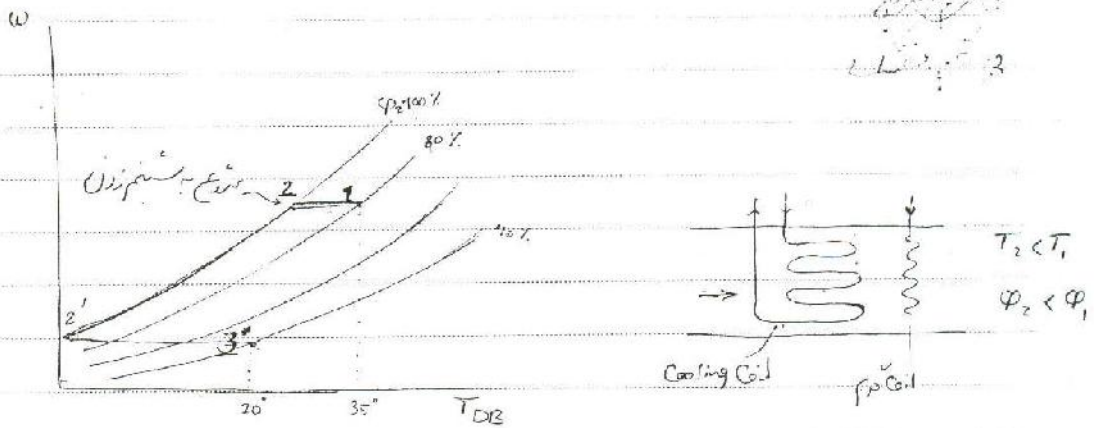
DrPCO

Subject: 49

Year: Month: Date: ()

پیدا کردن دمای نقطه شبنم از روی چارت:

آیا می‌توانیم دمای نقطه شبنم را پیدا کنیم؟
گرم‌های نقطه شبنم این است که در آن $\phi = 100\%$ است. ϕ که همان نقطه شبنم است.



- 1- دمای نقطه شبنم پیدا کنیم.
- 2- دمای نقطه شبنم پیدا کنیم.
- 3- در حالت ϕ دمای نقطه شبنم پیدا کنیم.

مقدار این صورت، هم دما هم رطوبت در دسترس می‌شود. اگر از نقطه 2 به سمت راست حرکت کنیم، نقطه دمای هوا کاهش پیدا می‌کند و رطوبت آن کنترل نمی‌گردد.

Air handling Unit

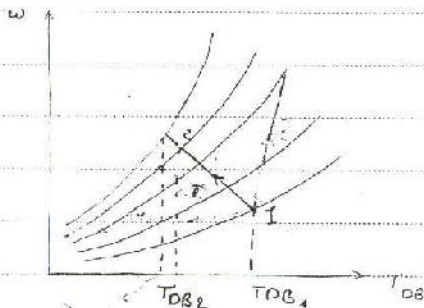
هوای گرم و رطوبت



فرایند سردایش تبخیری
 Evaporative Cooler

$$h_{a1} + w_1 h_{v1} = h_{a2} + w_2 h_{v2}$$

گرمای کل هوای ورودی و خروجی برابر است
 البته این قانون در انتقال حرارت همواره برقرار است



سبب خفزدن wet bulb است
 حفظ انرژی است که از آب است و باید از آن استفاده کرد
 در حالتی که هوای ورودی است
 کولر آبی در این روش می تواند از این که نقطه 2 بود
 در این حالت 100% رطوبت و 100% رطوبت است
 wet bulb و این را می توانیم

در این حالت نقطه 2 در خط wet bulb قرار می گیرد و در این حالت هوای سرد است

مقدار آن هم دارد هم در این حالت و در این حالت در این حالت است

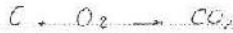
در این حالت در این حالت در این حالت در این حالت در این حالت است

در این حالت در این حالت در این حالت در این حالت در این حالت است

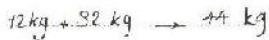
Subject: 50

Year: Month: Date: ()

اجواب



Reactants Product



1. سوخت

2. مواد سوختی

3. وزن تمام سوختی

عبارت حجم این است که تعداد مول ها که در طرف راست

در طرف چپ اکسید کننده و هوا است به استثنای خالص



0.79
0.21

و اکسیژن سوختی - و اکسیژن سوختی

چون کربن در دو طرف متعادل است پس اکسیژن سوختی

و اکسیژن سوختی در ترکیب باقی مانده در سوخت سوخته در سوختی است
مانند به عنوان اکسید کننده پس اکسیژن سوختی است



$$\text{air-fuel ratio: } \left(\frac{A}{F} \right) = \frac{2 + 2 \times 3.76}{1}$$

نسبت سوختی

(عدد سوختی) (حجم سوختی) (وزن سوختی)

$$\left(\frac{A}{F} \right) = \frac{2 \times 32 + 2 \times 3.76 \times 28}{15} = 17.16 \frac{\text{kg air}}{\text{kg fuel}}$$

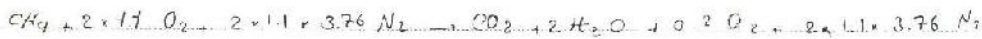
برای حل این مسئله از نسبت سوختی (یعنی که سوخت سوخته) سوختی (وزن سوختی) سوختی

Subject:

Year: Month: Date: ()

Excess air Fuel Gas

در درصد سوختی ۱۴٪



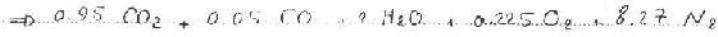
$$(A/F) = \frac{2 \times 1.1 + 2 \times 1.1 \times 3.76}{1}$$

$$a = \frac{(A/F)_{ac}}{(A/F)_{th}} = 110\% \quad \therefore a = 100 + \%e$$

theoretical air percent



مثال:



این گاز CO و CO₂ تبدیل می‌شوند، انرژی بیشتری در اختیار ما گذاشتند

حقیقت این است که محضرت ۵۰٪ تولید می‌شود

این انرژی احتراقی عملی است، یعنی اگر ما سوخت را با این مقدار اکسیژن و نیتروژن بسوزانیم،

تولید

در درصد

در یک نوع سوخت در این حالت

$$y_{H_2O} = \frac{2}{0.95 + 0.05 + 2 + 0.225 + 8.27}$$

$$P_{O_2} = y_{O_2} \times P_{atm} \rightarrow T_{O_2} = P_{O_2} \times 100$$

احتراق ناقص:

توجه داشته باشید که اگر ما سوخت را با این مقدار اکسیژن و نیتروژن بسوزانیم،

Subject: 5/

Year: Month: Date: ()

Gas Analysis

گازهای آمونیاک

CO₂

آکسید کربن دی اکسید

O₂

آکسیژن

CO

کربن مونوکسید

1 N₂ 100 - CO₂ % - O₂ % - CO %

Page No

air

اصول اشتقاق

اصول اشتقاق

موازنه

$$N_2 = 100 - \%CO_2 - \%CO - \%O_2 \quad O_2 \% \quad CO \% \quad CO_2 \%$$

مثال CH_4

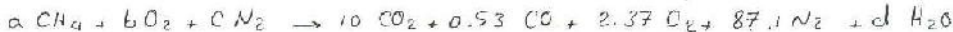
نسبت ارجحان داده شده برای این سوخت CH_4 مثال داده است:

CO_2 10 %

O_2 2.37 %

CO 0.53 %

$N_2 = 100 - 10 - 2.37 - 0.53 = 87.1 \%$



چگونه معادله را حل کنیم

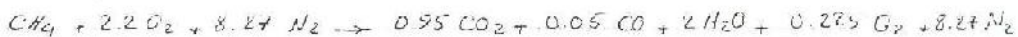
N_2 در $c = 87.1$

$\frac{c}{b} = 3.76$ نسبت استوکیومتری $\rightarrow b = 28.16$

$a = 10 + 0.53 = 10.53$

$2 \times d = 4 \times a \rightarrow a = 21.06$

موازنه کربن: کربن هم در (a) دارد که علاوه بر معادله معادله است
 جدول ذرات را به نسبت استوکیومتری حل کنیم، پس مقادیر هوای اضافی در فاکتور ما قرار می‌دهیم!



اگرچه درصد هوای اضافه فایزاد باشد، دمای حاصل اشتراق کم می‌شود چون N_2 و O_2 اضافی زیادی تولید می‌شود که این جانشین کننده از کوره خارج می‌شود. دمای حاصل اشتراق به علت از دست دادن این موارد کم می‌شود. اگرچه دمای اضافی هم کم باشد، میزان CO تولیدی زیادی می‌شود به علت استوکیومتری کم و سوخت زیاد است پس اشتراق

تاریخ: ... / ... / ...
 نام درس: ...
 شماره: ...

اگر هوا کم باشد، برودت حاصل احتراق کمتر خواهد بود و در نتیجه دمای احتراق کمتر خواهد بود.
 اگر هوا کم باشد، برودت حاصل احتراق کمتر خواهد بود و در نتیجه دمای احتراق کمتر خواهد بود.

$$F = \frac{1}{2.2 + 8.27}$$



$$F_{\text{theo}} = \frac{1}{2 + 2 \times 3.76}$$

$$a = \frac{F_{\text{actual}}}{F_{\text{theo}}} = 110\% \quad e = 10\%$$

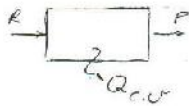
۱۰٪ هوای اضافه داریم ولی این مقدار، هنوز هوا کم است.

موازنه انرژی:

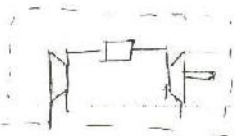
$$Q_{c.v} = R \rightarrow P$$

$$Q_{c.v} + H_R = H_P + W_{c.v}$$

$$Q_{c.v} + \sum_R n_i \bar{h}_i = \sum_P n_e \bar{h}_e + W_{c.v}$$



$$\dot{w} = 0$$



$$\dot{w} = 0$$

برای تعیین انتالپی، باید میان آستان انتخاب کنیم. در صنعت احتراق انتخابی که مواد گسیل را نسبت به
 آستان 25°C و 0.1 MPa انتخاب می‌کنیم.

Equation of formation

$$h_{T,P} = h_{25^\circ\text{C}, 0.1\text{MPa}} + (\Delta h)_{25^\circ\text{C}, 0.1\text{MPa} \rightarrow T, P}$$

انتالپی تشکیل

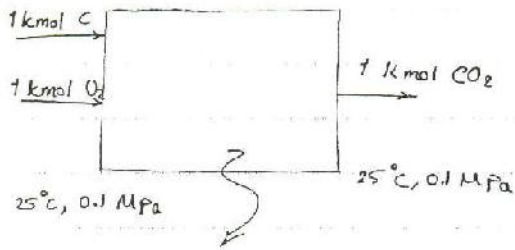
این رابطه باعث می‌شود حداقل ما می‌توانیم استفاده کنیم چون مقدار Δh در حالتی که آستان را نسبت به
 آستان 25°C و 0.1 MPa در نظر بگیریم.

موادی که در فرایند احتراق استفاده می‌شوند مثل O_2 ، N_2 و CO_2 را نسبت به آستان 25°C و 0.1 MPa
 در نظر می‌گیریم. یعنی موادی که در طبیعت از این مواد استفاده می‌شوند، آستان آن‌ها نسبت به آستان 25°C و 0.1 MPa

$$\bar{h}_f^0 = 0$$

(O₂, C, N₂) 25°C, 0.1 MPa

مثال:



این واکنش را می‌توانیم به صورت زیر نوشت:
 $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$

$$Q_{cv} = -393522 \text{ kJ} \quad \text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$$

$$Q_{cv} + h_e = h_p$$

$$Q_{cv} + \sum_R n_i \bar{h}_i = \sum_P n_e \bar{h}_e$$

$$-393522 + 1(\bar{h}_f^0 \text{C}) + 1(\bar{h}_f^0 \text{O}_2) = 1(\bar{h}_f^0 \text{CO}_2)$$

$$\bar{h}_{T,P} = \bar{h}_P + (\Delta \bar{h})_{25^\circ C, 0.1 MPa \rightarrow T, P}$$

طیبه بیست و چهارم

87,9,18

$$\bar{h}_{T,P} = \bar{h}_P + (\Delta \bar{h})_{25^\circ C, 0.1 MPa \rightarrow T, P}$$

$$W_{C.V.} + \sum_P n_i (\bar{h}_P + \Delta \bar{h})_i = W_{C.V.} + \sum_P n_e (\bar{h}_P + \Delta \bar{h})_e$$

$$\Delta \bar{h}_{25^\circ C, 0.1 MPa \rightarrow T, P}$$

سوال:

$$\bar{h}_{H_2O}$$

$$T = 300^\circ C, P = 3.5 MPa$$

$$25^\circ C, 0.1 MPa$$

از روی جدول است 0.01 سانتیگراد است. ولی در این سوال همه عدد را همان عدد احتساب کنیم.

$$\bar{h}_{300^\circ C, 3.5 MPa} = \bar{h}_{H_2O} + \Delta \bar{h}$$

$$\Delta \bar{h}_{25^\circ C, 0.1 MPa \rightarrow T, P} = \bar{h}_{T,P} - \bar{h}_{25^\circ C, 0.1 MPa}$$

Superheat جدول از روی آن می توانیم

بازی آن می توانیم

با جدول از روی جدول مایع اشباع در دما 25°C می توانیم بین در این شرط آب مایع است پس انالیز تشکیل

هم باید برای آن مایع محاسبه شود $\bar{h}_{H_2O(l)}$

$$\bar{h}_{T,P} = -234088 \frac{kJ}{kmol H_2O}$$

دوین بویکی این است که عدد انالیز عدد را برای آب محاسبه و برای استیجی تشکیل هم با خط اول این تشکیل بخار آب را در نظر می گیریم

پیران

$$\bar{h}_{300^\circ\text{C}, 3.5\text{ MPa}} = \bar{h}_{\text{f}, \text{H}_2\text{O}(\text{g})} + \Delta \bar{h}_{25^\circ\text{C}, 0.1\text{ MPa} \rightarrow 300^\circ\text{C}, 3.5\text{ MPa}}$$

$$\Delta \bar{h} = \bar{h}_{300^\circ\text{C}, 3.5\text{ MPa}} - \bar{h}_{25^\circ\text{C}} \rightarrow \bar{h}_{\text{g}, T=25^\circ\text{C}}$$

$$\bar{h}_{T,p} = -234075 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol H}_2\text{O}}$$

دورترین اختلاف انرژی درجه‌ها دارند
 با وجود اینکه دوش اول واقعی‌تر است ولی
 می‌توان با استفاده از این روش چنانچه در مقدار انرژی تفاوت ملاحظه کرد

روش تغییر در مقدار کسین H_2O - عنوان کار اندر عمل است
 روش دیگری هم می‌توان استفاده از چارت عمومی یافته است

تغییر انرژی $\Delta \bar{h}$

$$\bar{h}_{300^\circ\text{C}, 3.5\text{ MPa}} = \bar{h}_{\text{f}, \text{g}} + \Delta \bar{h}$$

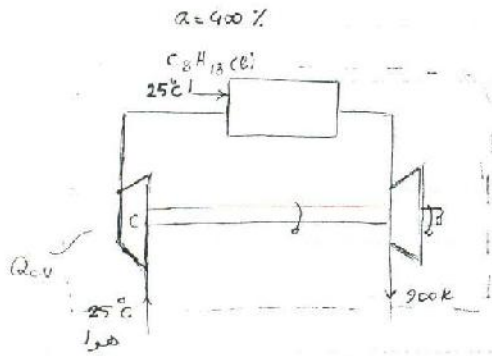
$$\bar{h}_{T,p} - \bar{h}_{25^\circ\text{C}, 0.1\text{ MPa}} \rightarrow \bar{h}_{T,p} = -232310 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol H}_2\text{O}}$$

-241827 + 9517

در جدول A-2 در دسترس است برای تمامی حالت‌ها و چرخه‌ها را در نظر بگیرد
 $\bar{h} = \bar{h}_{298}$

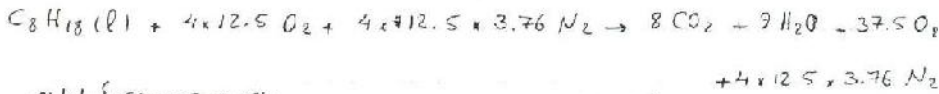
دستی کار اندر عمل است، تغییر در انرژی فقط تابع دماست پس به قرار دادن دما و فشار است
 اختلاف کم است (کمتر از 1%)

چون عمل order است پس می‌توانیم چنانچه در order $\Delta \bar{h}$ است پس راه آسان‌ترین راه است



$$SFC = \frac{0.25 \text{ kg/s}}{1 \text{ MW}}$$

Specific Fuel Consumption



مای هادی ورودی و راداریم

مای خروجی و راداریم

$$Q_{cv} + \sum_R n_i (\bar{h}_p + \Delta \bar{h})_i = W_{cv} + \sum_P n_e (\bar{h}_p + \Delta \bar{h})_e$$

مردود انتقال حرارت معکوس افتوان

از روی SFC بدست

صیت چون چه کنترل بر روی توربین

می آید!

دگرسر هم گرفته شده

$$\sum_R n_i (\bar{h}_p + \Delta \bar{h})_i = 7C \bar{h}_f^{C_8H_{18}(l)} + 4 \times 12.5 (0 + 0) + 4 \times 12.5 \times 3.76 (0 + 0)$$

$$= -249952 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol fuel}}$$

$$\sum_P n_e (\bar{h}_p + \Delta \bar{h})_e = 8 (\bar{h}_f^{CO_2} + \Delta \bar{h}_{CO_2}) + 9 (\bar{h}_f^{H_2O(g)} + \Delta \bar{h}_{H_2O})$$

$$+ 37.5 (0 + \Delta \bar{h}_{O_2}) + 4 \times 12.5 \times 3.76 (0 + \Delta \bar{h}_{N_2}) = -755707 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol fuel}}$$

میران

$$SFC = \frac{0.25 \frac{kg}{s}}{1000 \frac{kJ}{s}} = \frac{kg}{kJ}$$

$$W_{CV} = \frac{1000 \frac{kJ}{s}}{0.25 \frac{kg}{s}} \times 114.23 \frac{kJ}{kmol} = 456920 \frac{kJ}{kmol \text{ fuel}}$$

$$Q_{CV} = -48830 \frac{kJ}{kmol \text{ fuel}}$$

در داخل سیستم

$$Q_{12} + U_R = U_P + W_{12}$$

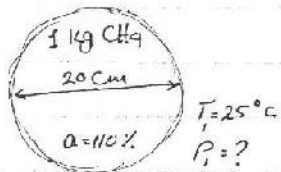
$$U_R = \sum_R n_i (\bar{h}_f - \bar{h}_i - \bar{P} \bar{v}_i)$$

$$U_P = \sum_P n_e (\bar{h}_f + \bar{h}_e - \bar{P} \bar{v}_e)$$

اصولاً در حجم ثابت (سیستم) بسیار خطرناک است چون نسبت بسیار زیادی از اجزای گاز در حالت نسبت ثابت + نفس حجم کنترل، خطر بسیار کم است.
 تنها جایی که احتراق در حجم ثابت داریم، در سیستم توپول است که به همین دلیل، دیواره بسیار بسیار گهنگ است.

کره ای به قطر 20 cm دارای 1 kg CH₄ است - دما قبل از احتراق 25°C
 مقدار هوای آمیخته a = 110% است.

محکامات این کره بسیار بزرگ چقدر است؟ دما و نسبت از احتراق را پیدا و نتیجه را تکمیل کنید.





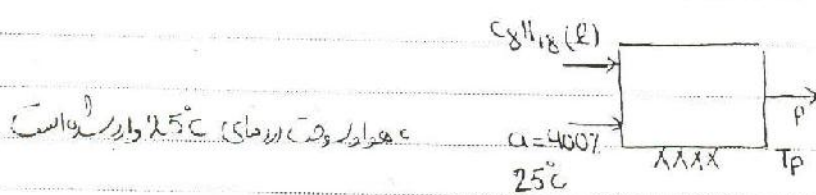
مبانی ترمودینامیک

1. مایه آدیباتیک

Adiabatic
Flame Temp

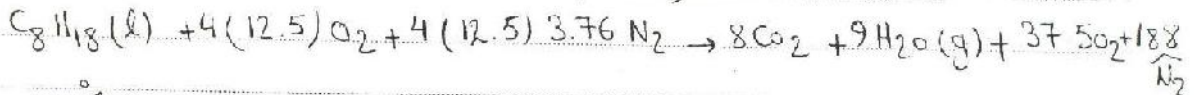


محصول + سوخت + مایه آدیباتیک
محصول سوخت + مایه آدیباتیک
محصول سوخت + مایه آدیباتیک



مثال، سوخت + مایه آدیباتیک
وارد سوخت + مایه آدیباتیک

سوخت + مایه آدیباتیک + مایه آدیباتیک



$$Q_{cv} + H_R = H_P$$

$$\sum_R n_i (\bar{h}_f + \Delta \bar{h})_i = \sum_P n_e (\bar{h}_f + \Delta \bar{h})_e$$

$$\sum_R n_i (\bar{h}_f + \Delta \bar{h})_i = 1 (\bar{h}_f^{C_8H_{18}(l)} + 0)$$

$$+ 4(12.5)(0 + 0) + 4(12.5)3.76(0 + 0)$$

$$= -249952 \text{ kJ}$$

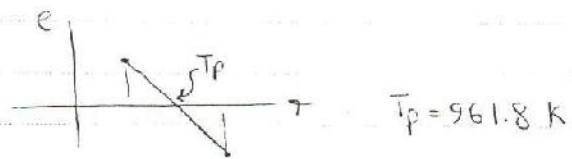
$$\sum_P n_e (\bar{h}_f + \Delta \bar{h})_e = 8(-393522 + \Delta \bar{h}_{CO_2}) + 9(-241827 + \Delta \bar{h}_{H_2O})$$

$$+ 37.5(0 + \Delta \bar{h}_{O_2}) + 188(0 + \Delta \bar{h}_{N_2}) = -249952$$

ان

دین دمای مآزاد پس می بینیم ← باید در طرف مقابل ما هم کار کرد
می توانیم تابع $e = f(T_p)$ تشکیل دهیم ← رای راحتی

$$e = 8 () + 9 () + 37.5 (\bar{\Delta}h_{O_2}) + 188 (\bar{\Delta}h_{N_2}) + 249952$$



دمای نقطه همبندی یا استرخاشی و استیم؟ اگر نسبت هوا و سوخت مناسب باشد ← مقدار سوخت ← در دمای نقطه همبندی استیم
(در دمای هوای اضافی تغییر می کند) (رای)

در دمای هوای اضافی در دمای نقطه همبندی دارد
در دمای هوای اضافی ↓ ← دمای نقطه ↑
بیشترین دمای نقطه برای در دمای هوای اضافی 0٪

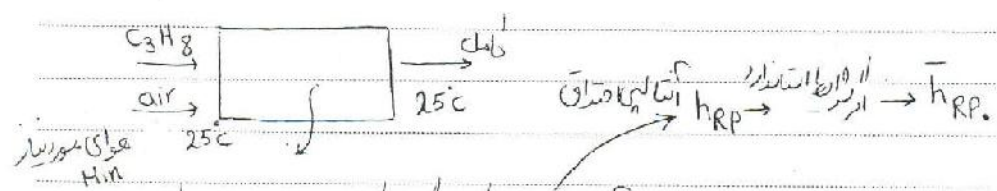
وقتی CO در حاصل احتراق زیاد شود، دمای نقطه بالا می رود (صلبی)
در دمای سوخت و ترکیبات در دمای همبندی دارد در دمای نقطه
سوخت را پس گرم می کنند تا این کارند بعد در کوره ← تا دمای 100-120
(ورودی)

نوع سوخت هم تأثیر دارد؟

سوختی که بیشترین دمای نقطه را دارد استیلن، در چگونگی استنداره می شود

از آن بیستند، هیدروژن است

2. آنتالپی احتراق و انرژی داخلی احتراق: اگر یک سوخت وارد کوره ← تا هوای سوختی این سوخت و احتراق کامل می کند
(مورد بیستند)



این قدر حرارت از کوره می گیریم که دمای هوای بیستنداره را در دمای بیستنداره



$$Q_{ev} + H_R = H_P$$

h_{RP}

$$h_{RP} = H_P - H_R$$

حال گرمای ورودی را فرضی بیال بریم می توانیم N_2 مقدار از دوطرف مقدار حذف کنیم

انرژی سوخت استوانه ای گرمای

25°C بر روی سوخت، گازها؟ مقدار از گازها تبدیل به مایع، مقدار هم به صورت کاربن آبی می ماند

25°C و 0.1 HR_i

که تبدیل است

شماره کاربن فعلی کم تر است

انرژی سوخت مایع باشد آب حاصل هم مایع :

$$h_{RE} = 3(-393522) + 4(-285835) - 1(-120163)$$

h_{CO_2}

$h_{H_2O(l)}$

Δh با واحد $^\circ C$

$$\bar{h}_{RP} = -2203755 \text{ kJ/kmol fuel}$$

$$\frac{-2203755}{44.097} = -49975 \text{ kJ/kg fuel}$$

آنها این احتراق به انرژی قابل استفاده گرمای سوخت به ارزش حرارتی به مقدار گرمی را اختیار می کنند
 Heating value = $-h_{RP}$ (بر روی حالت)

مثال: فرض $C_3H_8(g)$ ولی $H_2O(g)$ به صورت گاز در نظر می گیریم - مقدار ارزش حرارتی کم تر است

$$\bar{h}_{RP} = 3(\bar{h}_f^{\circ})_{CO_2} + 4(\bar{h}_f^{\circ})_{H_2O(g)} - (\bar{h}_f^{\circ})_{C_3H_8(l)}$$

$$h_{RP} = -45983 \text{ kJ/kg}$$

Higher heating value (HHV)
 Lower heating value (LHV)

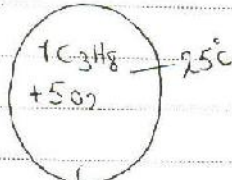
$$H_2O(l) \rightarrow \text{HHV} = 49975 \text{ kJ/kg} = C_3H_8 \rightarrow$$

$$H_2O(g) \rightarrow \text{LHV} = 45983 \text{ kJ/kg}$$

نرخ $C + O_2 \rightarrow CO_2$ ← HHV و LHV سازی دارد ؟

← اثر حاصل احتراق آن تسلیل شود ؟

اثری داخلی احتراق



این احتراق داخلی سیستم ؟
 ای مقدار سیستم حرارت تبدیل نه لزوماً حرکات با
 دمای درونی نمی شود ؟

$$\bar{U}_{RP} = U_p - U_R$$

$$U_p = \sum_p n_p (\bar{h}_f^{\circ} + \Delta \bar{h} - \bar{R}T)$$

لرزش حرارتی در حجم ثابت $HV = -U_{RP}$

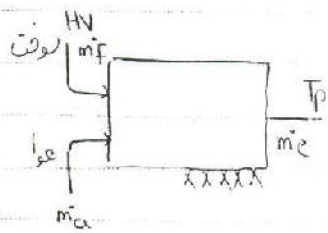
اندکی با تغییر این احتراق فرق می کند ؟ گاز پس حرارتی متولد

سوال C_3H_8 که در شرایطی که کار در دما 500k و دمای درونی 500k در شرایطی که دما 500k است :

$$T = 500k \quad \text{LHV} = 46274 \text{ kJ/kg} \quad \text{مقدار پس از احتراق ؟}$$



سوال: اماں اختلاف توڑیں مارے عواد لوقت وارے HV مسرین سے بی عواقم m_a فرض آناں اختلاف ad دمای سئلہ؟
 کہ مسرین فیرہ جیہ Q



$$m_e = m_f + m_a$$

$$\frac{m_f}{m_f} HV + \frac{m_a}{m_f} \int_{T_0}^{T_a} c_{p_a} dT = \frac{(m_f + m_a)}{A/F} \int_{T_0}^{T_p} c_{p_g} dT$$

$T_0 = 298$ $T_0 = 298$

ارین جا T_p دلت سئلہ $25^\circ C \leftarrow$ Reference دمای T_0

c_{p_g} رابا با دلد عد با با دلد با هوا کمین خرنیم، در دور دلتس ارین 70٪ سئلہ سئلہ سئلہ

ظلمت سئلہ سئلہ:

$$S_{T,P} = \bar{S}_T + \Delta S_{0.1 \text{ MPa}, T \rightarrow T,P}$$

تا اول کمیم عا سئلہ بی عواد در سئلہ سئلہ سئلہ سئلہ سئلہ
 و سئلہ سئلہ سئلہ سئلہ سئلہ سئلہ سئلہ سئلہ

$$(\Delta S)_{0.1 \text{ MPa}, T \rightarrow T,P} = -R \ln \frac{P}{0.1 \text{ MPa}}$$

$$\bar{S}_{T,P} = \bar{S}_T - \frac{R \ln P}{0.1 \text{ MPa}}$$

سئلہ $\left\{ \begin{array}{l} Y_{O_2} = 0.1 \\ T = 1000 \text{ K} \\ P = 0.4 \text{ MPa} \end{array} \right.$
 $T = 1000 \text{ K}$ 0.4 MPa دلت سئلہ ارین

$$\bar{S}_{T,P} = 243585$$

$$-8.314 \ln \frac{0.04}{0.1}$$

$$\bar{S}_{T,P} = 251.203 \text{ kJ} / \text{kmol} \cdot \text{K}$$

استدلال: مقدار کولون کربن کربن - صورت فلک در دست آمد - استدلال فلک است
 در دست فلک است در دست است جمع آوری است
 $\bar{S}_{T,P} = \bar{S}_T + \Delta \bar{S}$
 $\Delta \bar{S} = \bar{S}_{T,P} - \bar{S}_T$

$$(\Delta \bar{S})_{0.1 \text{ MPa}, T \rightarrow T, P} = -\bar{R} \ln \frac{P}{0.1 \text{ MPa}}$$

$$\bar{S}_{T,P} = \bar{S}_T + \bar{R} \ln \frac{P}{0.1 \text{ MPa}}$$

- $y_{O_2} = 0.1$
- $T = 1000 \text{ K}$
- $P = 0.4 \text{ MPa}$

مثال:

$$\bar{S}_{O_2} = ?$$

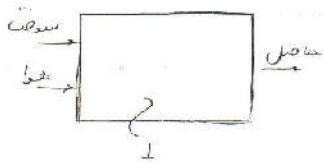
$$T = 1000 \text{ K}, 0.4 \text{ MPa}$$

$$P_{O_2} = y_{O_2} P = 0.1 (0.4) = 0.04 \text{ MPa}$$

$$\bar{S}_{T,P} = 243.585 - 8.314 \ln \frac{0.04}{0.1}$$

$$\bar{S}_{T,P_{O_2}} = 251.203 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol K}}$$

توانی در فرآیندهای غیر برگشتی



$$W_{rev} = \sum m_i (h_i - T_0 S_i + \frac{V_i^2}{2} + g z_i) - \sum m_e (h_e - T_0 S_e + \frac{V_e^2}{2} + g z_e) + \sum_{i=0}^n Q_i (1 - \frac{T_0}{T_i}) - T_0 S_{gen}$$

در فرآیندهای ایزتروپ، دما یکسان است و در دماهای مختلف میسر است.

$$W_{rev} = \sum_R m_i (\bar{h}_f + \Delta \bar{h} - T_0 \bar{S}_i) - \sum_P m_e (\bar{h}_f + \Delta \bar{h} - T_0 \bar{S}_e)$$

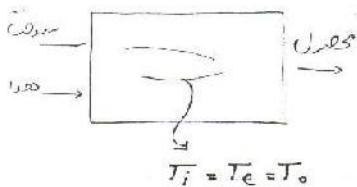
$$I = W_{rev} - W_{a.v.} \quad \text{برگشت ناپذیر: (برای فرآیندهای برگشتی)}$$

Maximum available work = Exergy

$$x = (h - T_0 s) - (h_0 - T_0 s_0)$$

توانی یا توانی امکانی کاره
 (برای ماده تک ماده ای شود نه درآید یعنی ماده ای که در دما و فشار مرجع قرار دارد) availability = energy

اگرچه در فرآیندهای برگشتی و ایزتروپ دماها یکسان است و در دماهای مختلف میسر است. اما در فرآیندهای برگشتی و ایزتروپ دماها یکسان است و در دماهای مختلف میسر است.



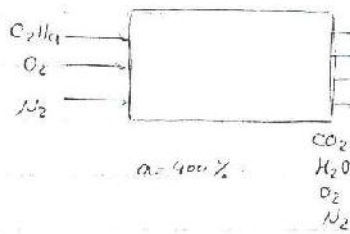
در فرآیندهای برگشتی و ایزتروپ دماها یکسان است و در دماهای مختلف میسر است. اما در فرآیندهای برگشتی و ایزتروپ دماها یکسان است و در دماهای مختلف میسر است.

در فرآیندهای برگشتی و ایزتروپ دماها یکسان است و در دماهای مختلف میسر است.

میران

$$W_{net} = \sum_R n_i (g_i) - \sum_P n_e (\bar{g}_e)$$

مثال .



معمولاً فشار ورودی $T = 25^\circ C$ و فشار P است
 (یعنی فشار خود مقدار 0.1 MPa است) در این صورت در این حالت در خروجی
 معمولاً فشار کل ورودی و خروجی که در خروجی 0.1 MPa است

$$T_i = T_e = T_o = 25^\circ C$$

در صورتی که در خروجی برابر با ورودی است
 فرض اولی (که عدد گرم از عدد کل هالا در فشار 0.1 MPa است) فرض شده است

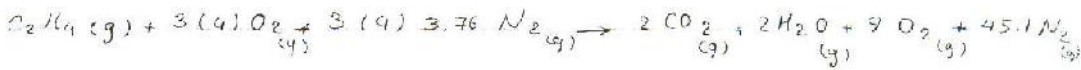
$$W_{net} = \sum_R n_i \bar{g}_i - \sum_P n_e \bar{g}_e$$

اینجا را با استفاده از \bar{g} است (مثلاً \bar{g} است) \bar{g} است (مثلاً \bar{g} است)

$$\bar{g} = \bar{g}_P + (\alpha \bar{g})$$

$25^\circ C, 0.1 \text{ MPa} \rightarrow T, P$

$g = h - Ts$ تغییر فشار روی این حالتی تغییر می دهد در این حالت T و s تغییر می دهد
 هم چنین دلیل دیگر هم اندازه بودن فشار ورودی و خروجی را (در صورتی که T ثابت است)



$$W_{net} = 7 (\bar{g}_{C_2H_4} + 0) + 12 (\bar{g}_{O_2} + 0) + 3 \times 4 \times 3.76 (0 + 0)$$

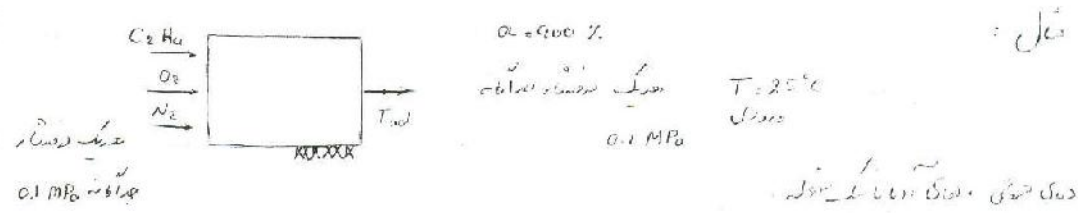
$$- 2 (\bar{g}_{CO_2} + 0) - 2 (\bar{g}_{H_2O} + 0)$$

$$W_{net} = 1,311,121 \text{ kJ} / \text{kmol Fuel} = 46.843 \text{ kJ} / \text{kg Fuel}$$

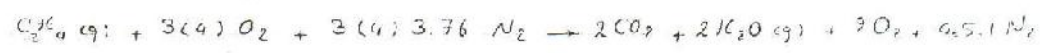
این مقدار انرژی است W_{net} بر اساس W_{net} است W_{net} است W_{net} است

مفهوم Exergy بر پایه دین تراژدی انرژی مایه است این Exergy ، هم از قانون اول و هم از قانون دوم استفاده می کند .

مثلاً ، تلفات High heating value برای C_2H_6 در Exergy آن زیاد است ، که چون درست کردن آن (تراژدی) ساده تر است ، از این مفهوم استفاده می کنند .



$I = ?$
 $\gamma_p = ?$
 $I = T_o (S_p - S_e) - Q_{cv}$



$$S_R = \sum_R n_i \bar{s}_{298} + \Delta \bar{s}$$

$$\Delta \bar{s} = -\bar{R} \ln \frac{P}{0.1 MPa} = 0$$

$$S_R = (\bar{s}_{C_2H_4} + 12 \bar{s}_{O_2} + 3(4) 3.76 \bar{s}_{N_2})_{298, 0.1}$$

$$\bar{s}_R = 13392.908 \frac{kJ}{kmol fuel}$$

$$H_R = H_P$$

$$\sum_R n_i (\bar{h}_f^o + \bar{h})_i = \sum_P n_e (\bar{h}_f^o + \bar{h})_e$$

از معادله حفظ انرژی در حالت استوکیومتری و از جدول \bar{h}_f^o و \bar{h} را می توان

$$T_{out} = 1076 K$$

$$S_P = \sum_P n_e (\bar{s}_e) = (2 \bar{s}_{CO_2} + 2 \bar{s}_{H_2O (g)} + 9 \bar{s}_{O_2} + 45.1 \bar{s}_{N_2})_{1076 K}$$

$$S_P = 13017.11 \frac{kJ}{kmol fuel K}$$

$$I = 298.15 (13517.11 - 11322.908)$$

$$I = 654201 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}} = 23319 \frac{\text{kJ}}{\text{kg fuel}}$$

$$y_p = 46843 - 23319 = 23524 \frac{\text{kJ}}{\text{kg fuel}}$$

این مقدار هم مساله‌ای را در جدول اول داریم، این مقدار را در جدول اول داریم و هم در جدول اول داریم و هم در جدول اول داریم

$$\Delta \bar{s} = -R \ln \frac{y_i P_0}{P}$$

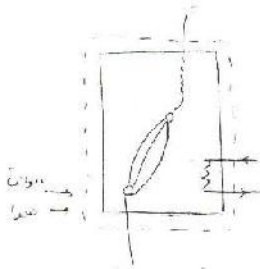
$$\Delta \bar{s} = +R \ln \frac{1}{y_i}$$

$$\bar{s} = \bar{s}^0 + \Delta \bar{s} = \bar{s}^0 + R \ln \frac{1}{y_i}$$

	y_i	$R \ln \frac{1}{y_i}$	\bar{s}^0	\bar{s}	
C_2H_6	1	58.1	33.774	2.19	253.322
O_2	12	9.842	13.119	205	218.256
N_2	45.1	1.282	2.100	191.611	193.715
	58.1				

$$\eta = \frac{\dot{W}}{\dot{m}_E \left\{ \begin{array}{l} \text{LHV} \\ \text{HHV} \end{array} \right\}} = \frac{\dot{W}}{\dot{m}_E \left\{ \begin{array}{l} \text{LHV} \\ \text{HHV} \end{array} \right\}}$$

brake efficiency



آنکه برای یک دیوار را قسم کنند به گرمی و سردی
 کل انرژی منتهی که آب و دیوار در سردی می‌تواند
 انرژی را بدی

$$\eta = \frac{\text{انرژی سردی}}{\text{انرژی گرمی}}$$

$$\eta_{\text{boiler}} = \frac{\sum \dot{m}_i \Delta h_i}{\dot{m}_p \begin{cases} \text{LHV} \\ \text{HHV} \end{cases}}$$

Compressible Flow / جریان های تراکم پذیر

$M < 0.3$

اگر عدد ماخ در جریان های تراکم پذیر کمتر از 0.3 باشد، تراکم پذیری را می توان نادیده گرفت.



در این حالت می توانیم فرض کنیم که در طول موج های تراکم پذیر، ما عدد ماخ را نادیده می گیریم و تراکم پذیری را نادیده می گیریم.

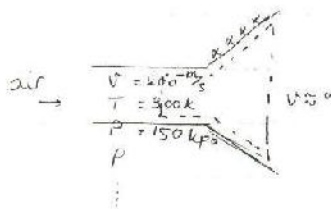
Stagnation Properties / خواص سکون



جریان هوا با سرعت V است. در اینجا فشار استاتیکی است.

خواص استاتیکی مربوط به جریانی با سرعت V است. ویژگی جریان سکون مربوط به

جریان سکون است.



اگر در سکون را در جریان هوا قرار دهیم،
 1- در راستای عمود بر جریان ما به دمای استاتیکی برسیم و می توانیم
 2- دمای استاتیکی عمود بر جهت جریان نامیده شود. دمای سکون را T_0 می گویند.

$h + \frac{V^2}{2} = h_0$

$\frac{V^2}{2} = C_p (T_0 - T)$

$2 C_p (T_0 - T) = V^2$

$\frac{200^2}{2 \times 1000} = 1.0035 (T_0 - 300) \quad T_0 = 319.9 \text{ K}$

$T_0 = \frac{V^2}{2 C_p} + T$

چون سرعت با توان دوم با ضربه دما تغییر می کند و بر اثر دمای سکون می شود، اندک جابجایی بین دما
 باعث می شود که دما در یک لحظه با دمای سکون تفاوت داشته باشد که در دمای سکون با دمای سکون تفاوت
 داشته باشد.

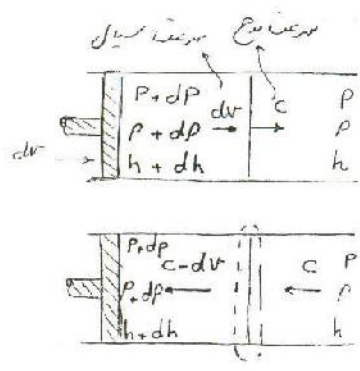
بر حسب دمای سکون

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

در صورتی که دما سکون تغییر نمی کند، معادله فرزند علاوه بر اینها باید بود
 بر حسب دمای سکون چون دما بر حسب دمای سکون تغییر نمی کند، اگر چه در دمای سکون تفاوت می کند.

$$P_2 = 187.8 \text{ kPa}$$

شرکت اول :



$$h + \frac{c^2}{2} = (h + dh) + \frac{(c - dv)^2}{2} \quad \text{شرکت اول}$$

$$dh = c dv$$

$$PAC = (P + dp) A (c - dv) \quad \text{شرکت دوم}$$

$$c dp - P dv = 0$$

isotropic $\rightarrow ds = 0$ (شرکت اول)

$$T ds = dh - v dp = 0$$

$$\left\{ dh = \frac{dp}{\rho} \right\} \text{ II}$$

$$\text{I, II. } \frac{dp}{\rho} - c dv = 0 \rightarrow \text{II } dv = \frac{c dp}{\rho c} \Rightarrow \frac{dp}{dp} = c^2$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial P} \right)_s = c^2 \quad \text{III}$$

$Pv^k = \text{const}$ $C_v, C_p, C_p + \text{کالریه اول} + \text{کالریه دوم} + \text{کالریه سوم} + \text{کالریه چهارم}$

$$P \cdot \frac{1}{\rho^k} = \text{const} \rightarrow P = \rho^k c \rightarrow \ln P = k \ln \rho + \ln c \rightarrow \frac{dP}{P} = k \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dc}{c}$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial P} \right)_s = \frac{kP}{P} \quad \text{IV}$$

$$\text{V, IV } c^2 = \frac{kP}{\rho} \quad , \quad \frac{P}{\rho} = RT$$

$$c^2 = kRT \rightarrow c = \sqrt{kRT}$$

میران

$$T = 300 \text{ K}$$

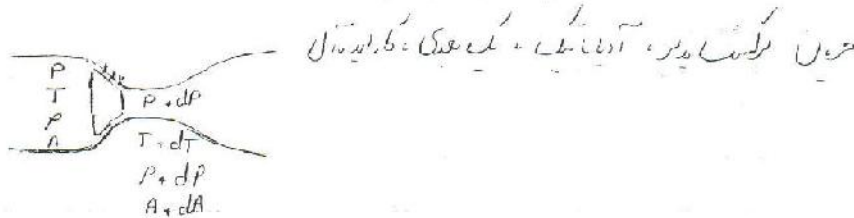
$$C = \sqrt{1.0 \times \frac{8.314}{29} \times 1000 \times 300}$$

$$C = 307.2 \text{ m/s}$$

سؤال

$$T = 1000$$

$$C = \sqrt{1.0 \times \dots} = 638.9 \text{ m/s}$$



$$dh + v \cdot dv = 0$$

$$ds = 0 \rightarrow T ds + dh - \frac{dp}{\rho} = 0$$

$$\rho A v = \dot{m} = \text{const}$$

$$\frac{dp}{\rho} + \frac{dA}{A} + \frac{dv}{v} = 0$$

$$dh = \frac{dp}{\rho} = -v \cdot dv$$

$$dv = -\frac{dp}{\rho v}$$

$$\frac{dA}{A} = \left(-\frac{dp}{\rho} - \frac{dv}{v} \right) = -\frac{dp}{\rho} \left(\frac{dp}{dp} \right) + \frac{1}{\rho v^2} dp$$

$$M = \frac{v}{c} \text{ (mach number)}$$

$$M = 1 \text{ sonic}$$

$$M < 1 \text{ Subsonic} \quad \text{فردصوت}$$


$$M > 1 \text{ Supersonic} \quad \text{فراصوت}$$

$$\frac{dA}{A} = \frac{dp}{\rho v^2} (1 - M^2)$$


میران

Nozzle $dp < 0$ $\frac{dp}{p} = -v dv$

Subsonic $M < 1$
 $(1 - M^2) > 0 \rightarrow \frac{dA}{A} < 0$



Supersonic $M > 1$
 $(1 - M^2) < 0 \rightarrow \frac{dA}{A} > 0$
 $dp < 0$



Diffuser $dp > 0$ $\frac{dp}{p} = -v dv$

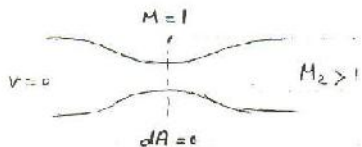
Subsonic $M < 1$
 $dA > 0$



Supersonic $M > 1$
 $dA < 0$



سرعت در هر مقطع از نازل و دیفیوزر در هر دو حالت، در هر دو مقطع آنرا برابر است.



Nozzle
subsonic

Nozzle
supersonic

$h, v^2/2 = h_0$

$v^2 = 2Cp_0 (T_0 - T)$

$Cp_0 = \frac{kR}{k-1}$

$\begin{cases} Cp_0 - Cv_0 = k \\ Cp_0/Cv_0 = k \end{cases}$

تساوی اول

$$v^2 = \frac{2kRT}{k-1} \left(\frac{T_0}{T} - 1 \right) \rightarrow \frac{T_0}{T} = 1 + \frac{k-1}{2} M^2$$

!
 همان دما است که درون لوله است
 در آنجا ندارد!

$$\text{isotropic} \left(\frac{T_0}{T} \right)^{\frac{k}{k-1}} = \frac{P_0}{P}$$

$$\left(\frac{T_0}{T} \right)^{\frac{1}{k-1}} = \frac{P_0}{P}$$

$$\frac{P_0}{P} = \left[1 + \frac{k-1}{2} M^2 \right]^{\frac{k}{k-1}}$$

$$\frac{P_0}{P} = \left[1 + \frac{k-1}{2} M^2 \right]^{\frac{1}{k-1}}$$

Sonic $M=1$

$$\frac{T^*}{T_0} = \frac{2}{k+1} \quad \frac{P^*}{P_0} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad \frac{\rho^*}{\rho_0} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}}$$

مواضع بحرانی T^*, P^*, ρ^*

$$\dot{m}/A = \rho v = \frac{P}{RT} v \frac{\sqrt{kT_0}}{\sqrt{kT_0}}$$

$$\dot{m}/A = \frac{PM}{\sqrt{T_0}} \sqrt{\frac{k}{R}} \sqrt{1 + \frac{k-1}{2} M^2}$$

$$\dot{m}/A = \frac{P_0}{\sqrt{T_0}} \sqrt{\frac{k}{R}} \frac{M}{\left(1 + \frac{k-1}{2} M^2 \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}}}$$

 $M=1$

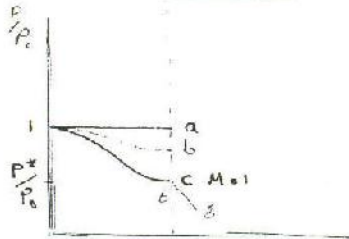
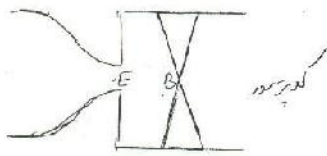
$$\dot{m}/A^* = \frac{P_0}{\sqrt{T_0}} \sqrt{\frac{k}{R}} \frac{1}{\left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}}}$$

فقط مواضع بحرانی است که در آنجا دما و فشار بحرانی است

مواضع بحرانی هم با عدد بحرانی $M=1$ می شود

این عدد بحرانی است که در شرایط بحرانی در مواضع بحرانی است

$$\frac{\dot{m}}{A^*} = \frac{1}{M} \left[\left(\frac{2}{k+1} \right) \left(1 + \frac{k-1}{2} M^2 \right) \right]^{\frac{k+1}{2(k-1)}}$$



a) ابتدا شیر باز و گاز سرد ظاهر می شود

b) ابتدا شیر را کمی باز و گاز سرد در پشت

c) شیر را بیشتر باز می کنیم

d) شیر را کاملاً باز می کنیم + هیچ تغییری نیست (c من شده)

(ملاحظه کنید که در قسمت شیب داره یعنی check (فشار) شده یعنی

تغییر نمی کند و در قسمت افقی)

M در یک طرفه و فشرده شده، در یک طرفه A^* و شرایط نفاذ شدن (محدود) یعنی هر چه گاز سردتر شود، توانایی

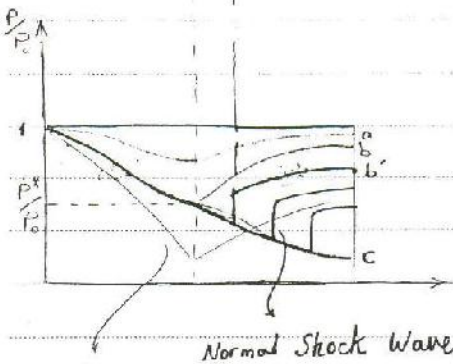
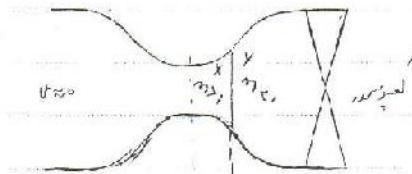
در زمین عبور از سرشود حاصل نمی شود.

Subject: 68

Year: Month: Date: 00

جلسه سمیت دهم

87, 10, 9



هوا : $M_1 = 0.523$ در آن طرف shock wave ($M=1$)

دانشیه به سمت راست مارشال (شماره اول از دفتر سمیت)
 نسبت Diffuser می تواند جریان $supersonic \rightarrow subsonic$
 دانشیه باغچه ، دفتر شماره 10 ، دفتر سمیت ، Diffuser ، $subsonic$
 عملی گفته

این به سمت راست
 در آن طرف shock wave
 ناحیه اول و دوم
 بیشتر از 1 است

موج ضربه عمودی ، یک انسان آنرا نسبت به جهت مایه می بیند

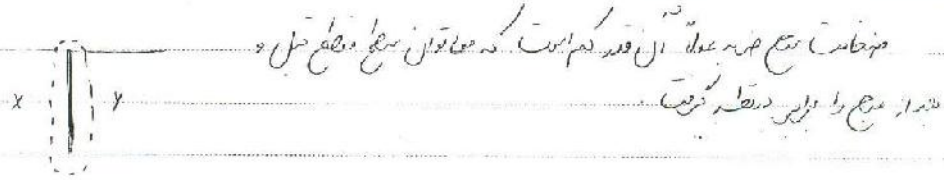
موج ضربه عمودی normal shock wave

در جریان به طرف shock wave نسبت به سمت Diffuser یا $subsonic$ است ، در آن طرف $supersonic$ است
 مایه $supersonic$ است ، که در آن c حرکت می کند
 موج ضربه عمودی در جهت مایه است ، موج ضربه عمودی $supersonic$ است ، در آن طرف $subsonic$ است
 $subsonic$ تبدیل می شود

موج ضربه عمودی در جهت مایه است ، در آن طرف $supersonic$ است ، در آن طرف $subsonic$ است
 مایه $supersonic$ است ، در آن طرف $subsonic$ است ، در آن طرف $subsonic$ است

Subject:

Year: Month: Date: ()



$$\rho \cdot dh_x + \frac{U_x^2}{2} = \rho \cdot dh_y + \frac{U_y^2}{2}$$

$$h_{ox} = h_{oy} \quad \text{آنها یکی هستند}$$

$$T_{ox} = T_{oy} \quad \text{چون آن حجم کنترل را یکسان در نظر گرفتیم پس در هر دو سطح آن یکی است. (یعنی همگن آن هم است)}$$

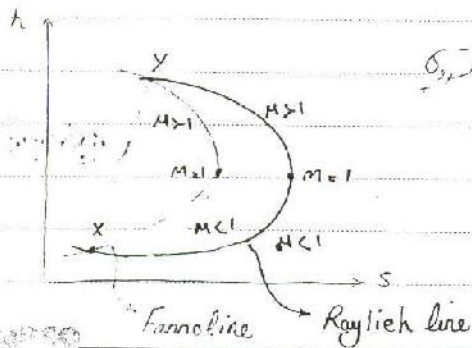
$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot U_x = \rho \cdot A \cdot U_y$$

$$A \cdot (P_x - P_y) = \dot{m} (U_y - U_x) \quad \text{همین داده به سطح برابر می شود و در دو طرف یکسان است. (یعنی یکی است)}$$

$$S_y - S_x = 0$$

$$T \cdot ds = dh - v \cdot dp$$

1. در معادله 1، با افت حجم دارد و از آنجا که در این حالت $Fanno$ رسم می شود.
2. در معادله 2، با افت حجم از آنجا که کم و معادله با هم متفاوت است $Rayleigh$ خط می کشند.



چون آن عدد قبل از سطح هم برابر می شود پس از آنجا که در این حالت $Fanno$ رسم می شود.
همین داده به سطح برابر می شود و در دو طرف یکسان است. (یعنی یکی است)

Subject: 69

Year: Month: Date: / /

$$T_{0x} = T_{0y}$$

قبل و بعد از سرع و جریان در ترمینال است
(البته اگر فقط در یک طرف هم می‌درستیم با هم)

$$\frac{T_{0x}}{T_x} = 1 + \frac{k-1}{2} M_x^2$$

$$\frac{T_{0y}}{T_y} = 1 + \frac{k-1}{2} M_y^2$$

$$\frac{T_y}{T_x} = \frac{1 + \frac{k-1}{2} M_x^2}{1 + \frac{k-1}{2} M_y^2}$$

پس برای بعد از سرع و جریان در ترمینال قبل از سرع هم است

$$A_2 P_2 V_2 = P_1 V_1 A_1$$

$$P_x = \frac{P_1}{RT_x}$$

$$P_y = \frac{P_2}{RT_y}$$

$$\frac{T_y}{T_x} = \frac{P_y V_y}{P_x V_x} = \frac{P_y M_y C_p}{P_x M_x C_p} = \frac{P_y M_y \sqrt{T_y}}{P_x M_x \sqrt{T_x}}$$

$$\frac{T_y}{T_x} = \left(\frac{P_y}{P_x} \right)^2 \left(\frac{M_y}{M_x} \right)^2$$

$$\frac{P_y}{P_x} = \frac{M_x \sqrt{1 + \frac{k-1}{2} M_x^2}}{M_y \sqrt{1 + \frac{k-1}{2} M_y^2}}$$

سرع ترمینال در ترمینال

$$P_x - P_y = \frac{\dot{m}}{A} (V_y - V_x) = P_y V_y^2 - P_x V_x^2$$

$$P_x + P_x V_x^2 = P_y + P_y V_y^2$$

$$P_x + P_x M_x^2 C_p^2 = P_y + P_y M_y^2 C_p^2$$

$$\frac{P_x}{RT_x} + \frac{P_x}{RT_x} M_x^2 C_p^2 = \frac{P_y}{RT_y} + \frac{P_y}{RT_y} M_y^2 C_p^2$$

V0

Subject:

Year: Month: Date: ()

$$P_y = 1 + k M_x^2$$

$$P_x = 1 + k M_y^2$$

$$M_y^2 = \frac{M_x^2 + \frac{2}{k-1}}{\frac{2k}{k-1} M_x^2 - 1} \quad k=1.4$$

Page No. _____