

بسمه تعالی



نام جزوه: ترمودینامیک 2

نام استاد: دکتر صفار اول

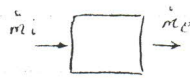
دانشگاه: صنعتی امیرکبیر

Subject 1

87, 6, 25

System

Control Volume

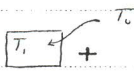


$$\sum \dot{m}_i - \sum \dot{m}_e = \frac{dm_{c.v.}}{dt}$$

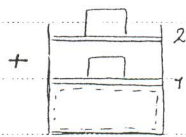
Steady flow $\sum \dot{m}_e = \sum \dot{m}_i$

قانون اول ترمودینامیک

heat



work



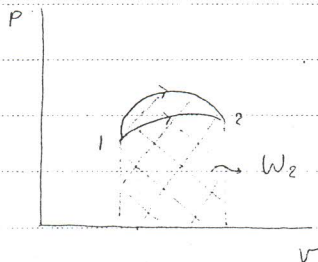
$$Q_{1,2} = W_{1,2} + (E_2 - E_1)$$

$$\delta Q = \delta W + dE$$

$$\int_1^2 dE = E_2 - E_1$$

انرژی، منتقل از مسیر و دریا منتقل کامل است!

$$W_{1,2} = \int P dv$$



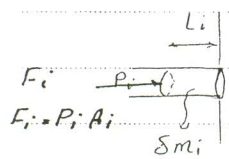
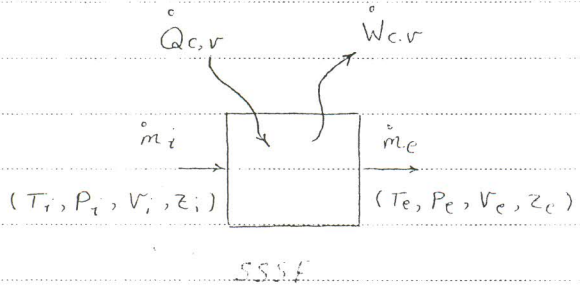
قانون اول ترمودینامیک برای چرخه بسته :

$$\oint \delta Q = \oint \delta W + \oint dE$$

جمع صوری کار جمع صوری انرژی
روی تک تک فرایندها روی تک تک فرایندها

$$\oint \delta Q = \oint \delta W$$

حجم کنترل :



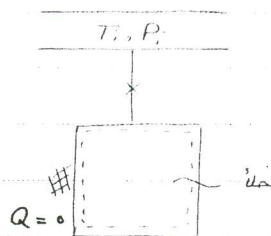
$$\delta W' = F_i dL_i = P_i A_i dL_i = P_i dV_i \quad \text{Flow work}$$

انرژی جرمی را که دارد حجم کنترل می شود. این برابر با انرژی است که از آن می گذرد.

$$\dot{Q}_{c.v} + \dot{m}_i \left(h_i + \frac{V_i^2}{2} + g z_i \right) = \dot{W}_{c.v} + \dot{m}_e \left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + g z_e \right) + \frac{dE_{c.v}}{dt}$$

در تک فرایند SSSF، هیچ بی اثری در فرایند ها، هیچ با افتوری! زمان تغییر نمی کند از حد انرژی داخلی حجم کنترل.

Subject 2



در این سیستم (برون این قدر هم است نه
دست هیچ تبادل گرمایی با محیط ندارد)

فرض کنید w steadily است یعنی در یک مدت زمان
 Δt سرعت Δv

$$m_i h_i = (E_2 - E_1)$$

$$E = U + \frac{mv^2}{2} + mg \Delta z$$

$$* \int_0^t \frac{dE_{c.v}}{dt} dt = \int_0^t dE_{c.v} = (E_2 - E_1)_{c.v}$$

$$m_i h_i = m_2 u_2 \quad \dots \quad 0$$

فرض کنید $m_1 = m_2 \rightarrow h_i = u_2 \rightarrow C_p T_i = C_v T_2$

$$T_2 = k T_i$$

فرض کنید: 1- گاز ایده آل 2- C_p و C_v به یک وابسته هستند

3. انتقال درم

انتقال حرارت از محیط به سیستم باعث افزایش انرژی داخلی شود.

$$S_2 - S_1 \rightarrow \frac{Q_2}{T}$$

عامل مؤثر بر انرژی فقط انتقال حرارت است!
عامل دیگر، برگشت پذیری است.

برگشت پذیری همواره باعث افزایش انرژی داخلی شود.

Subject :

Date :

$$S_2 - S_1 = \frac{1Q_2}{T} + S_{gen}$$

ادبیات و لغات (فرا-الگبر) = تغییرات انرژی =

انرژی تغییر یافته در فرآیند = ممکن است عمل بالا آدنایاتیک و برگشت پذیر باشد ولی لزوماً این طور نیست. یعنی ممکن است تبادل انرژی در یک فرآیند چرخه‌ای باشد که انرژی را هم کند و با S_{gen} معادله کند.

$$\oint ds = \oint \frac{\delta Q}{T} + \oint S_{gen}$$

انرژی یک خاصیت مستقل از مسیر است.

$$0 = \oint \frac{\delta Q}{T} + S_{gen}$$

S_{gen} مقدار تغییر انرژی در آن فرآیند است. یعنی این است.

S_{gen} مجموع S_{gen} های تولید شده در فرآیند است.

$$\oint \frac{\delta Q}{T} < 0$$

فناوری‌های جدید

برای اعمال قانون دوم روی حجم کنترل باید مباح با همسایگی ظاهر و نوسان بودم

بسیار طولانی است: یک ماشین حرارتی نمی‌تواند وجود داشته باشد که چرخه‌ای را به یک منبع تبادل انرژی داشته باشد.

Subject - 3

کتاب شماره
87, 6, 30

تولید قدرت

تولید سرما

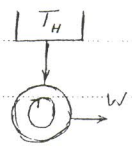
Cycles

حیثه ترمودینامیک

$f \delta Q = f \delta W$ قانون اول

$f \frac{\delta Q}{T} \leq 0$ قانون دوم

ماشین حرارتی $\eta_{th} \rightarrow 100\%$



$Q_H = W > 0$ $\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_H} = 100\%$

$\frac{Q_H}{T_H} > 0$ مانع قانون دوم

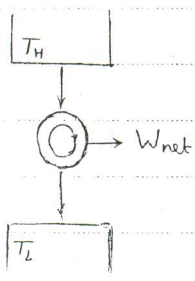
بیان کلمون بلانک شرط لازم را برای ماشین حرارتی بیان می کند
"یک ماشین حرارتی باید حداقل با دو منبع تبادل گرما کند"

شرط کافی: $\frac{\delta Q}{T} \leq 0$

ماشین حرارتی برگشت پذیر
یک حوضه از هند فرماید تا کلین بدهد. اگر فرماید حوضه برگشت پذیر باشند. آن حوضه و ماشین حرارتی نیز
برگشت پذیر می شود. این ماشین حالت ایده آلی است که ما در فصلی قبلی

Subject :

Date :



گاهی استیک مائین حرارتی برشت پذیر باشد
 فرسیدهای آن، همچون چهار فرسید جرمه کارو باشد

اجد حرارت - هم دما و برشت پذیر
 استیاط - ادما با یک و برشت پذیر
 دفع حرارت - هم دما و برشت پذیر
 درکم - ادما با یک و برشت پذیر

$$\frac{Q_H}{T_H} = \frac{Q_L}{T_L}$$

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_H}$$

$$W_{net} = Q_H - Q_L$$

$$\eta_{th} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

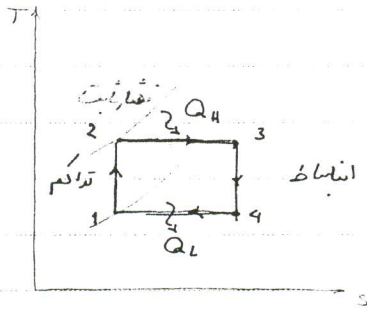
$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

جرمه کارو، استی جرمه مائین است که راندهای آن ها به دمای منابع وابسته است

در جرمه های دیگر، راندهای به نوع سیال دوجول جرمه و فرسیدهای آن جرمه هم بستگی دارد

اگر یک استیل توپ در سائلی براسیال جرمه کارو بسافه شود، دلیله به نوع سائلی که تقصیرات دما اندازه گیری
 سلی ندارد استیل اندازه گیری دما به قدرت دمای مطلق انجام شد

Subject : 4



رنگ در نمودار T-S برای سیکل است! (The color in the T-S diagram is for the cycle!)

$$S_3 - S_2 = \frac{Q_H}{T_H} + S_{gen}$$

S_{gen} = 0
دانش پذیر (Knowledgeable)

$$Q_H = T_H (S_3 - S_2)$$

$$\delta Q = T ds$$

$$W_{net} = Q_H - Q_L$$

مساحت داخل چرخه نمودار T-S، b'، حاصل است. (The area inside the cycle in the T-S diagram, b', is the result.)

Subject :

Date :

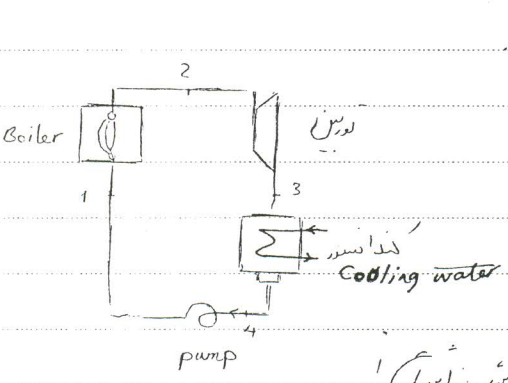
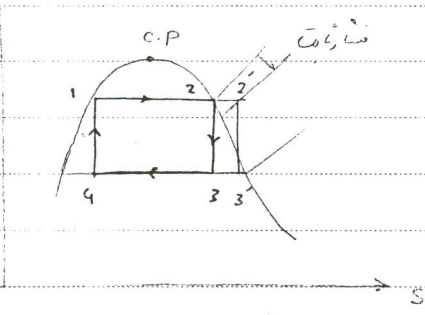
ترمودینامیک ۲

حرفه دهی صنعتی

در دمای واقعی فرآیندها همیشه درجه اول نیستند و به جزئی بودن چنین فرضی امکان دارد، ما سیستم را در مثال برابر با در مثال حرفه کار میزنیم

از این به بعد همه کاره خواهیم نمودار T-S را رسم کنیم، سیال تغییر فاز خواهد داد پس باید خطوط جامع انجام دهیم و کار اشتباه را رسم کنیم و نقاط را بر اساس آن آن ها را رسم کنیم

مسئله 6.5

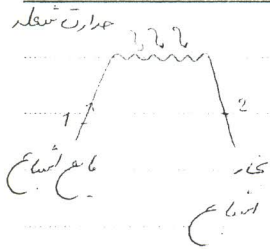


بعضی های بسیار نفوذی نمی توانستند سیال دوفازی را بعبور کنند در نقطه 4، سیال دوفازی دارد. بعضی نمی شوند بعضی های بعضی و آمدی می توانستند سیال دوفازی کنترل بگیرند ولی خطایک با اینهاج کنترل نمی دهند

گفته است کار ورودی به توربین، superheat باشد نه اشباع! همچنین فرقی آن، زیاد شدن قدرت فرضا کار خالص است

Subject : 5

Date : _____



$$P_{2'} < P_2$$

$$T_{2'} = T_2$$

مقایسه آنتالپی

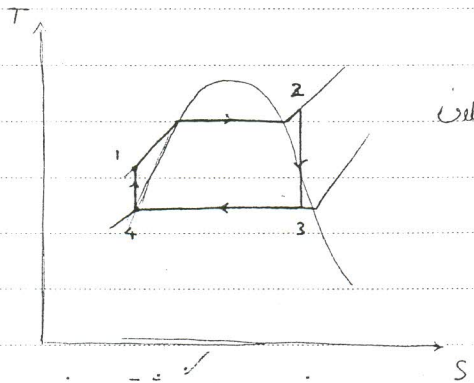
آنتالپی حرارت را در حساب ثابت در حجم، در مقایسه می‌کنیم. در همین دلیل مهندسان با بخار آب مقایسه می‌کنند که در حجم ثابت بخار

حدود کار را، با تمام ظرفیت هائیش، قابلیت انجامی کمی دارد. پس در ظرف‌های حجم و هنجاری، حدود رانگین است.

حدود رانگین (Rankine Cycle)

در ایندهای انتقال حرارت در مرسوم (یا آلمان حرارت در دهک شایسته، در حدود کار را، در مقیاس نامزدی بود. در همین دلیل این فرایندها در حدود رانگین با فرایند های دیگری جایگزین شدند.

مثلاً در انتقال حرارت در مرسوم نرم، برای درجهت اوج کار Superheat، به جای فرایند دهک شایسته، از فرایند فشار ثابت استفاده کردند.



اگر نقطه 4 هم در قسمت مایع کن فشار را بماند، آنگاه آلمان حرارت هم در فشار ثابت انجام می‌گیرد.

Subject :

Date :

همان تاری که در رانندگی حرفه کارنو از مقدار درجه حرارت مورد نیاز ما بود. در صیفه رانندگی هم می توان استفاده کرد.

$$\eta_{th} = f(T_c, T_H)$$

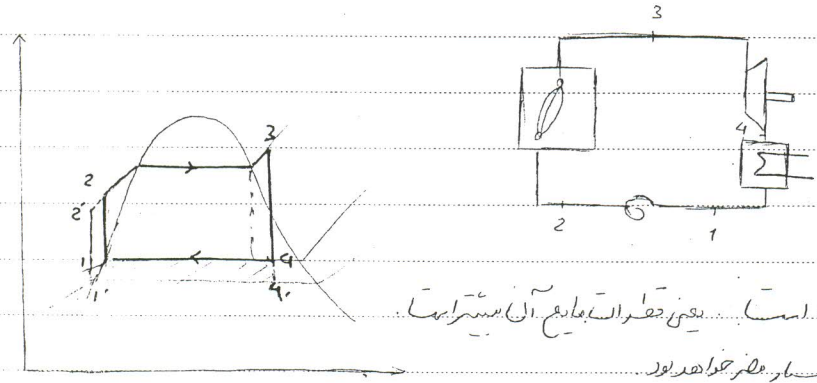
کامپنر دمای متوسط کار سازه ای نیست
ماتریک از ایده آل استفاده می کنیم

سیال رانندگی، چیلر جدیدی ایده آل برای سیرکامپنر است، سیال در دمای بسیار پایین است، مانع اشباع است.

عوامل مؤثر بر دمای بخار در رانندگی چیست؟

1. دمای مایع تغیر: هر چه دمای مایع تغیر کنیم، رانندگی در دمای بالاتر انجام می گیرد. باید به سطح انتقال حرارت boiler را افزایش دهیم یا به سطح بخار را کم کنیم.
2. دمای بخار (تعداد بخار) کم شود.

3. تعداد مایع تغیر: باید به دمای بخار در سیرکامپنر توجه کنیم. 1 و 2 افزایش می یابد.



کمیت 4 کمتر از 4 است. یعنی قطرات مایع آن بیشتر است.
که این نیروی بیهوده توربین بسیار کمتر خواهد بود.

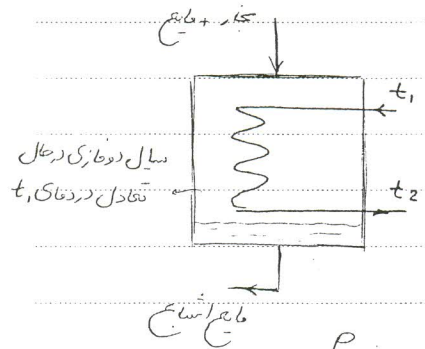
به اندازه نوارها بشود زده بشود. کمتر می شود. به علت افزایش سطح بریده زیاد شده. Q_m زیاد تغییر می کند.
چون محله 2 و 2 بسیار به هم نزدیکند. بنابراین رانندگی افزایش می یابد.

Subject : 6

فشارکنداشد
 دمای متوسط مینوع گرم در دو طرفه را ملین ، مقصد براری کرده چول دمای 2 در 2 تبدیل انو
 اول در برده که فشار کند اشود کمتری دارد ، دارای دمای مینوع سرد متوسط کمتری نسبت به دمای متوسط
 مینوع سرد بوده اولی است

در دمای متوسط مینوع سرد کمتر باشد ، راندها ان افزایش می ماید . (بر اساس کلیل راندها راندها چرخه کاربو)

کمترین فشاری که می توان در کنداشد ایجاد کرد ، فشاری سن و د فشار اشود است

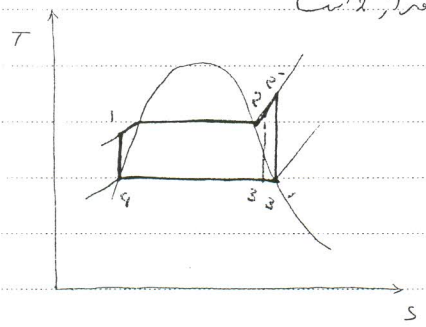


مینوع دمای که مایع درون کنداشد می تواند کسب کند ،
 دمای t_2 است . (به فرض اینکه انتقال حرارت به
 طرف مایع ای اشود)

$$P_{min} = P_{sat}(t_2)$$

دمای مایع

دمای متوسط مینوع گرم در طرف اول کمتر است چول دمای نقطه اشباع است
 دمای متوسط مینوع سرد در دو طرفه یکسان است
 مساحت کل سرد شده بیشتر شده $\leftarrow W_{net}$ بیشتر شده



$$T_3 = 560^\circ\text{C} \quad \alpha_3 \uparrow \quad W_{net} \uparrow \quad l_{th} \uparrow$$

کفایت مناسب سن 0.89 و 0.7 است پس لا فایت

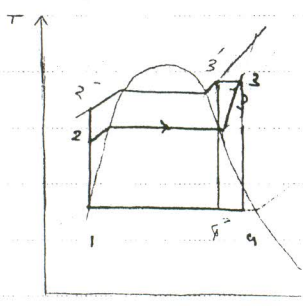
که نقطه 3 به نسبت سرد بهیت بود

به علت محدودیت تکنولوژیکی ، دمای متوسط در 3 می تواند بیشتر از 660°C باشد

Subject :

Date :

فشار مازنعم



$$P_{th} \uparrow \quad - \quad P_3 \uparrow$$

اقدامات فشار روی اقدامات قدرت تاثیر زیادی ندارد

اقدامات فشار روی دمای متوسط منبسط گرم تاثیر زیادی ندارد چنان

که هم دما هستند و هم دما و 2 هم دمای بسیار نزدیک به هم دارند

$x_4 < x_3$ - نیروها به بر فشار، ارتفاع، المانع بر روی طولانی های را ایجاد می کنند

Subject : 7

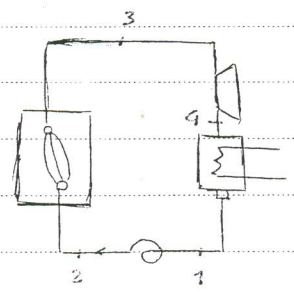
انرژی دینامیکی بالاتر نسبی کمترین دارد 50%
شماره کمترین

شماره کمترین دارد

شماره کمترین دارد \downarrow \uparrow \times

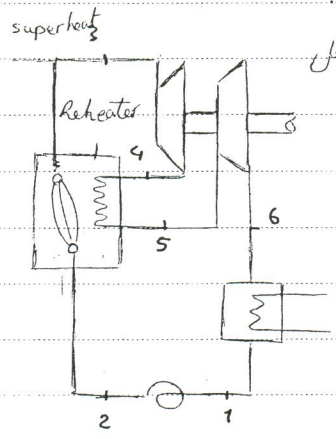
Reheat Cycle

هدف این چرخه این بود که فشار زیاد شود ولی کیفیت در حد مجاز باقی بماند $0.89 < x < 1$



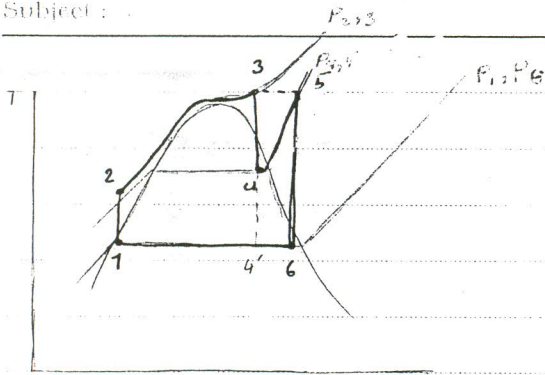
چون هزینه توربین بسیار اهمیت دارد از این سبب پاره های توربین حلگشده می شود

کار دورگی به توربین (چون از boiler) حساب خروج فشار بالایی دارد پس در boiler می شود و باز حرارت می بیند (Reheater) این عمل در صورتی است پس دوباره دارد توربین (موتور می شود)



Subject :

Date :



احمد در مسئله گفته است که Reheater
است و ما باید برای Max در مسئله را برای
جدوی Reheater درجه اول (چون در سوال
boiler)

$$s \left(\frac{kJ}{k} \right)$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial s} \right)_P = ?$$

$$T ds = du + P dv$$

$$h = u + P v$$

$$dh = du + P dv + v dp$$

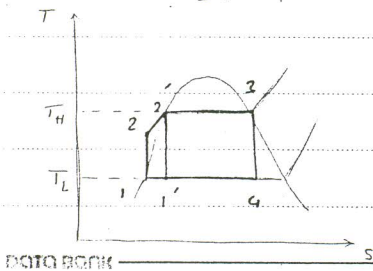
$$T ds = dh - v dp \quad \left(\frac{\partial h}{\partial s} \right)_P = T$$

(تاریخچه اول درجه اول)

در این چرخه باید توربین 2 کشش شود و منبع گرمی به عنوان Reheater به boiler است. مورد 1
این امر هزینه زیادی می‌آورد و پس در طول چرخه می‌تواند از 1 تا 2 است. هر دو به پاره‌های توربین
جلوگیری می‌دهد چون سبیل Reheat کیفیت را به مقدار 1 نزدیک می‌کند.

چرخه بازتابی Feed water heaters

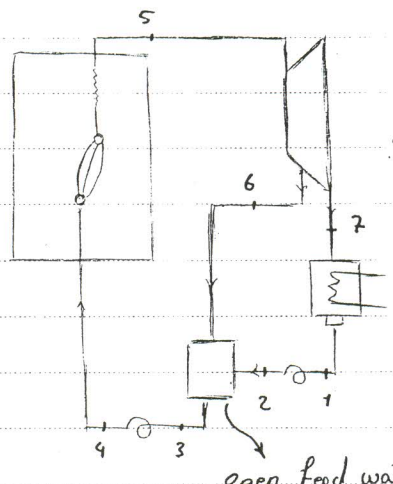
برای نزدیک کردن بازده چرخه را به این بازده چرخه کارنو، چرخه بازتابی طراحی شد.



درای متوقف منبع گرم سبیل را ملین کمتر از درای متوقف
منبع گرم سبیل کارنو است.

Subject : 8

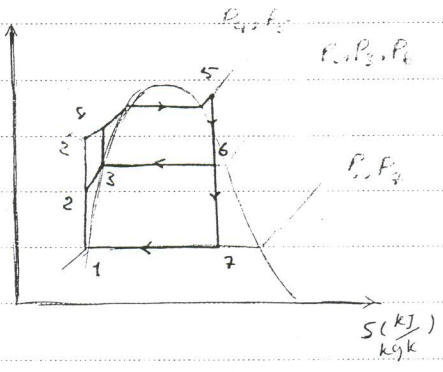
boiler دو سطح گرم کننده دارد.
 بخش Evaporator سطح رابه کار، استیج تبدیل می شود
 بخش Superheater کار، استیج رابه کار، Superheater تبدیل می شود



فشار 2 و 6 باید یکسان باشد. چون این دو سیال میزنند
 نظریه شود. اگر فشار 6 بیشتر از 2 باشد، کار دارد ولی کارده را
 فرسید 2 و 3، فرسید گرم شدن آن در feed water heater است

open feed water heater

دما متوسطه صرفه بازمان از دما متوسطه میفرم
 صرفه را همین شماره (2) بیشتر است پس
 رانندگی آن هم بیشتر است



در این صرفه بخشی از کار در مرحله 6 به 3
 از کار بدون توربین جدا می شود. به همین دلیل
 لزومی ندارد انتگرالی نقطه 7 تا 6 برابر باشد بلکه
 اینکه انتگرالی بر و اهد هر دو را در نظر بگیریم

چون بدون توربین هم باز نسبت بدتر است هم ادا مایل، پس عاملی برای تعیین انتگرالی نداریم به جز تعیین فرم
 پس هر دو انتگرالی کل تعیین می کنند نه انتگرالی بر و اهد هر دو

مابقی که از یخ عبور می دهد دما بیش اندکی افت می یابد و آنرا ما مقدار کاری را که در نقطه 6 می بینیم، از بخار
 صرفی یعنی نقطه 7 استفا که کنیم، دما بیش اندکی از دمای مابقی عبوری از 2 کمتر است و انتقال حرارت مابقی آنرا

Subject :

Date :

چی بنویس

1. دو نوع اندازم (دوب 3 به 4) ...
 2. با این دو خط ...
 3. ...
 4. ...
 5. ...
 6. هم ...
 7. ...
 8. ...

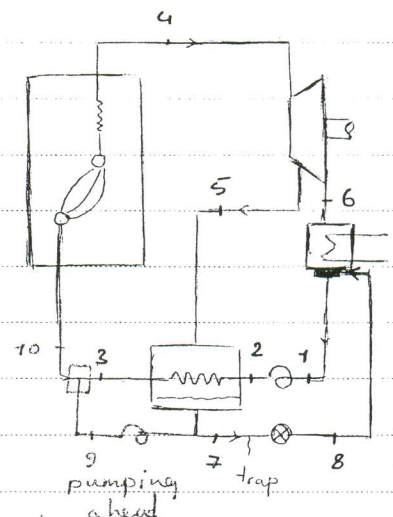
اینجوری اکتراش را بنویس ...
 ...
 ...

Subject : 9

عکس نمبر
87, 7, 8

Open feed water heater (مثلاً توفیق داشته) گرمکن های باز آب تقویم

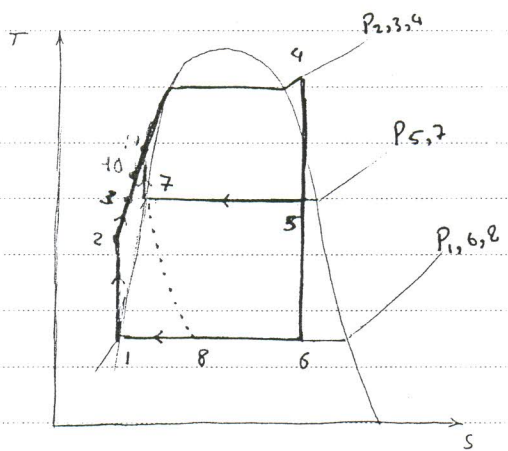
Close feed water heater گرمکن های آب تقویم از نوع بسته



قدرتی از کار در خروج از کوره و وارد گرمکن آن تقویم می شود
 آن حرارتی از لیب را ختم می کند این آب سپس تبدیل
 به پالم می شود
 این آب باید باز به داخل چرخه باز گردد چنان که آب موجود در چرخه
 آن بسیار از گرمکنی است به همین دلیل آن را توسط عبور
 دادن از یک ترمپسار سنگین به خود می کشد استوار بازمی گردد

در نقطه 2 پالم سرد است داریم که پس از خروج از feed water heater باز پالم است و پالم را پیش از این
 بسته ای پس از این پالمی برای آن تقویم می شود

در آن drain water قرار است به کندانسور باز گردد ، باید فشارش کم شود زیرا فشار نقطه 5، 6، 7 بزرگ است



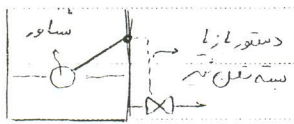
که بسیار بیشتر از فشار نقطه 6 است
 نقطه 7 همیشه شرایط پالم استیج را دارد
 نقطه 4 آنکه دمای بیشتری داشته باشد
 نقطه 5 می تواند که Superheat باشد

Subject :

Date :

معن است در نقطه 7 ما سیال دو فاز را داریم، به همین دلیل از یک شیر هدرسند به نام trap استفاده می شود که فقط به مایع اجازه عبور می دهد.

چون trap را درست در خروج از Feed water heater تعبیر می کنند. در نقطه ای برای کم کردن فشار ندارد. دمای شیرهای وجود دارد که هم وظیفه ای کم کردن فشار و هم جلوگیری از عبور بخار را ایفا می دهند.



فراخیز 7 به 8 یک فرایند بازگشت مانند این است و متعاقب آن است.

در حالت ایده آل، دمای نقطه 3 و 7 برابر است یعنی در خروج از Feed water heater از نقطه 7 در می یابیم.

$$T_3 = T_7$$

در یک مبدل دو حالت داریم توان در نقطه 7

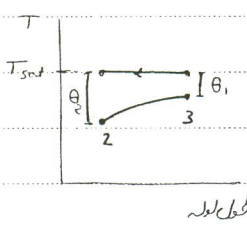
$$\min(\theta_1, \theta_2) = \theta_1 = T.T.D$$

در حالت ایده آل Terminal Temp difference

T.T.D برابر است با دمای واقعی هر دو در نقاط دمای جایی

$$T.T.D = 0 \text{ میانی دو دمای 3 و 7 وجود دارد}$$

$$T.T.D = T_{sat} - T_3$$



طول لوله

یک مبدل با دو واقعیت هوا به بخار و زبانی از حرارت است. تقویم دارد که حداقل پس از آن ها نوع باز است و معمولاً به این دلیل هم است.

چون هر چه مقدار حرارت های از زیاد شود، مقدار بعضی ها افزایش می یابد و این هزینه را افزایش می دهد و در نهایت آن است که نوع بسته این است که آن را هوا زدایی می کند.

روش دیگری که می توان استفاده کرد، تعداد دادن یک پمپ بوسه راه مایع خروجی از حرارت است تا فشار را افزایش دهد. در این شیوه دمای مایع ورودی به boiler (دمای نقطه 10) کم می شود و حالت

Subject : 10

دلگه است و این یک فریت است

در حالت واقعی، یک $temp$ هم در ورودی و یک $temp$ در خروجی (در خروجی از کندانسور) که کار به نوبت دارد است.

در حالتی که از $feed\ water\ heater$ استفاده کنیم، دمای متوسط مطلق درم بین 4.3 خواهد بود (به جای 2.4)، پس بازه افزایش می یابد.

پروژه 5: $P_{max}, T_{max}, P_{cond}$ Parametric Study

5 بار مایع \rightarrow feed water heater \rightarrow EES

تعداد کندانسور به ازای 50 دله بیشتر و کمتر عدد در اینجهان تأثیر می گذارد؟
 پروژه 6: نیروگاه تک $\rightarrow \eta = 32\%$ $\rightarrow W = 41.8440 MW$ در یک سال به $6.5000 kWh$ می رسد
 1 هفته $\rightarrow \Delta\eta = 0.5\%$

$\Delta MP = ?$ برای اینکه مقدار قدرت بالا را تولید کند در مایع سردت چه میزان صبرندگی می شود؟

عملکرد نیروگاه واقعی

در حالت واقعی، فرایند به از دست نارید اند این دلی مثل توربین را همچنان ایستاید در نظر می گیریم

$$\eta_{st} = \frac{W_s}{W_a}$$

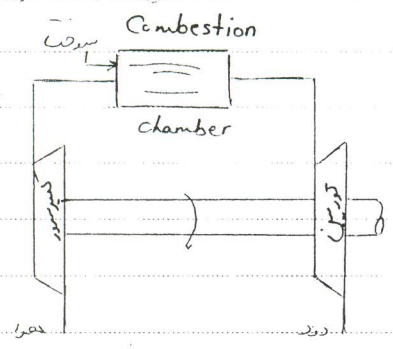
افت فشار در داخل کندانسور واقعی هم، بسیار اهمیت است
 دلی آب سردی از کندانسور به دلی $over\ designed$ بین بند کندانسور، به نسبت $subcooled$ است

بویا واقعی کاربتری را نسبت به نوبت ایستاید طلب می کند
 $\eta_{sp} = \frac{W_s}{W_a}$

Subject: _____
Year: _____ Month: _____ Date: _____

موتورهای واقعی در موتور جرقه عملکردی را طی می کنند ولی جرقه نیروی دینامیکی نیست چنان سیال داخل جرقه نیروی دینامیکی ایجاد نمی کند

Gas Turbine



موتور را توسط الاستور لیتیک می کشیم تا قبل احتراق

کارهای حاصل احتراق (پوشش و برداش) وارد توربین می شوند
انگیزه جرقه جفت با جرقه تا به دست قدرت تولیدی توربین از قدرت واقعی موتور بیشتر است

این فرایند ها باید به شکلی جرقه در آن باشد آن را به صورت نیروی دینامیکی توربینی کرد
برای توربینی را بعد از عین جرقه ای ابتدا حالت ایده آل آن را در نظر می کشیم

فرایند احتراق را با فرایند انتقال حرارت معادل جلیترین می کنیم به این ترتیب بعد از فرایند انتقال حرارت و استساغ سوال ما از هم هوا است
چون فرایند احتراق با انتقال حرارت جلیترین شده با عکس سوال عامل هوا است پس برای به طبعش در کلیه خواص و استساغ طی فرایندی (فرایند انتقال حرارت با منبع سرد) باید جلیترین آن ها شود

- جرقه استناد هوا: فرض کنید برای جرقه نیروی دینامیکی داشته باشیم که توربین را می کشد تا به دست قدرت می کشیم:
1. فرایند احتراق با فرایند انتقال حرارت معادل جلیترین کار کرد
 2. فرایند انتقال حرارت با منبع سرد
 3. فرایند طبعش و کلید کردن می کرد

P4PC9

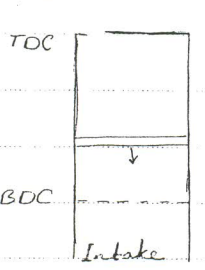
Subject: 11
 Year: Month: Date: ()

جلسه ششم
 87, 7, 13

Reciprocating Engine
 موتورهای رفت و برگشتی

چرخه های قدرت گاز

موتور بدون سووز

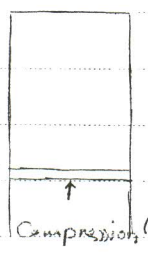


TDC Top dead Center

BDC Bottom Dead Center

Strok (طول حرکت)

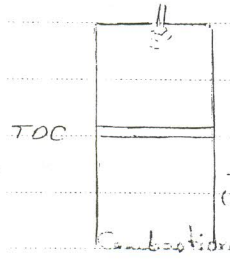
پیشن از نقطه مرکز بالا تا نقطه مرکز پایین
 (حجمی که می کشد)



سوخت با هوا در نقاط مرکز باز و بسته نمی کشد
 (دفعی زدن این اتفاق می افتد)

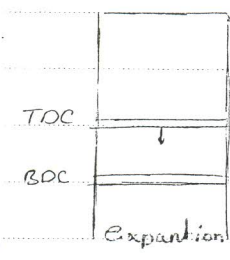
Compression (خلوط کردن سوخت و هوا)

عمل جرقه هم کنی زدن از نقطه مرکز بالا اتفاق
 می افتد

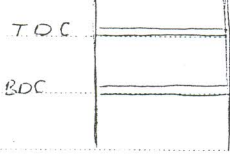


اعتدال در یک موتور بنزینی بسیار شبیه حجم ثابت است

Combustion



انبساط



سوخت دور با زنی می کشد و سوختی از دور به سمت آخر دور خارج می کشد
 حرکت سوخت به سمت بالا و پایین دور هم از سوخت دور خارج می کشد

Subject: 12

Year: Month: Date: ()

4. سوال مابین دو حالت و صورت کارایی است

C_p و C_v نسبت است

(چرخه برقیته بدو زمانی چرخه کار است که با مابقی مادی ثابت، انتقال حرارت داشته باشد)
 چرخه استاندارد هوا، چرخه دوقلو و مابقی ترمودینامیکی نسبت

1. چرخه استاندارد هوای اتو

چرخه ای که علاوه بر شرایط چرخه استاندارد هوا، باید شرایط چرخه اتو را نیز داشته باشد

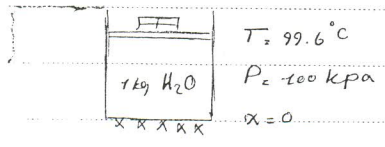
1- فرآیند تراکم در این چرخه، بازگشت پذیر و بی دررو است

2- فرآیند انبساط در این چرخه، بازگشت پذیر است (برگشت پذیر داخلی)

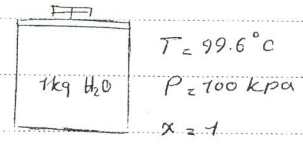
(فرآیند احتراق در فضای واقعی است که فرآیند انتقال گرما که فرآیند معادله مابقی حجم ثابت از تقویم فرآیند است)

3- فرآیند انبساط بی دررو و برگشت پذیر است

4- فرآیند انبساط برگشت پذیر است (برگشت پذیر داخلی)



بازگشت پذیر داخلی و خارجی
 در ابتدا این مایع اشباع داریم



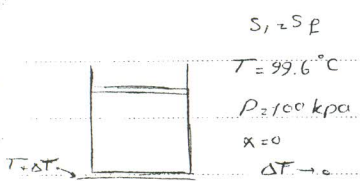
با حرارت دادن، هوای آب تبخیری شود
 این فرآیند از تقویم داخلی (تغییر فاز داخلی)، برگشت پذیر و بی دررو است

تقریباً برگشت پذیر است $Q_2 = 1 \cdot (h_g - h_f) = h \cdot q$

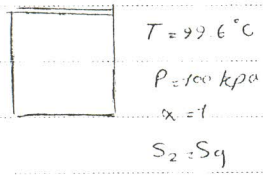
$\Delta S_{system} + \Delta S_{sur} > 0$

Subject:

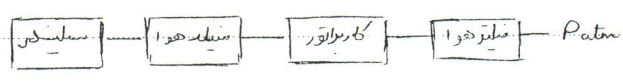
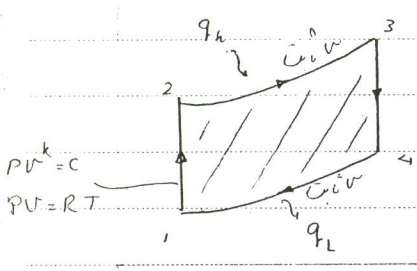
Year. Month. Date. ()



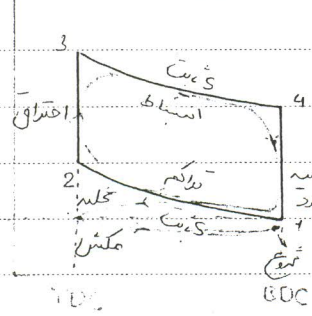
این فرآیند انتقال حرارت، برچسب پذیر است
 این فرآیند از نظر چرخشی و داخلی بازچسب پذیر است



این فرآیند از نظر چرخشی و داخلی بازچسب پذیر است



indicator



در این چرخه هوا موتور چسب پذیر است، فرآیند ملین در فشاری
 ثابت و از فشار ملین انعکاسی می شود و در حالت چسب پذیر می شود

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

$$Q_H = \frac{Q}{2.3} = m \cdot C_v \cdot (T_3 - T_2)$$

$$\frac{Q}{2.3} = U_3 - U_2 = m \cdot C_v \cdot (T_3 - T_2)$$

Subject: 13

Year: Month: Date: ()

$$\eta_{th} = 1 - \frac{m C_{v2} (T_4 - T_1)}{m C_{v1} (T_3 - T_2)}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_1 (T_4/T_1 - 1)}{T_2 (T_3/T_2 - 1)}$$

$$\begin{cases} \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{k-1} \\ \frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{k-1} \end{cases}$$

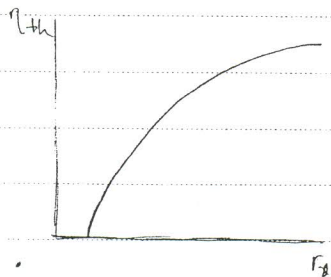
$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_3}{T_4}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

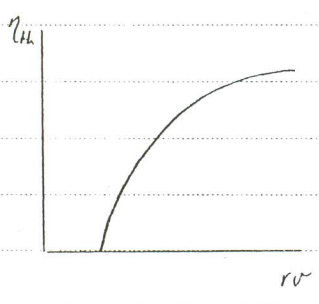
$$r_v = \frac{V_1}{V_2} \quad \text{Compression ratio} \quad \text{سازم ها!}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = (r_v)^{k-1}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{r_v^{k-1}}$$



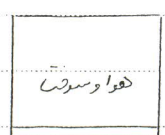
Subject: _____
Year: _____ Month: _____ Date: _____



۱۷ نسبت تراکم

با افزایش نسبت تراکم فشار در اوج میترقی می‌شود

Knocking ضربه موتور در موتورهای با ابعاد نسبتاً بزرگ در این حالت رخ می‌دهد
detonation کوبندگی



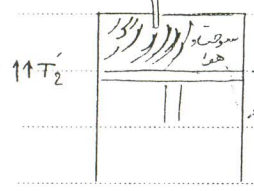
$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}$$

کاهش دما = کاهش که محقق شده



$$\frac{T_2}{T_1} = \dots$$

کاهش دما = کاهش که محقق می‌شود در این حالت



$$\frac{P_2}{P_1} \uparrow \quad \frac{P_1}{P_2} \uparrow$$

$$\frac{T_2}{T_1} \uparrow$$

اصطراقی یک فرایند است که در آن طول می‌کشد تا شعله‌ها به یکدیگر برسند
تأخیری به جهت تفاوت در سرعت

استدلالی که در این مورد به این عمل باعث افزایش دما می‌شود
و این افزایش دما باعث می‌شود که دمای کاهش دما می‌شود

بازرسی زمان در این حالت و در واقع این است که این اتفاق می‌افتد که در این صورت می‌شود

حالی است که نسبت تراکم هم کم باشد از هم دمای کاهش دما می‌شود

وقتی در محله‌ها از هوا و سوخت عمده‌ای زده شود، مدت زمان کوتاهی (order of magnitude) طول می‌کشد تا مشتعل شود. این زمان delay period نامیده می‌شود (متغیر می‌شود)

این مدت زمان تا آنجا که به اندازه‌ای باشد که قبل از انفجار سوخت دهنده، شعله به بخش سوخت هم برسد و آن

Subject: 14

Year: Month: Date: ()

را ببیند و باید فرایند ایده آل و مدیریت آن را بنویسد
سویق های دیگری زمان تأخیر بسیار کمی دارند به همین دلیل درون دوره های مستوی کار نمی کنند
چون در روز مقداری هستند.

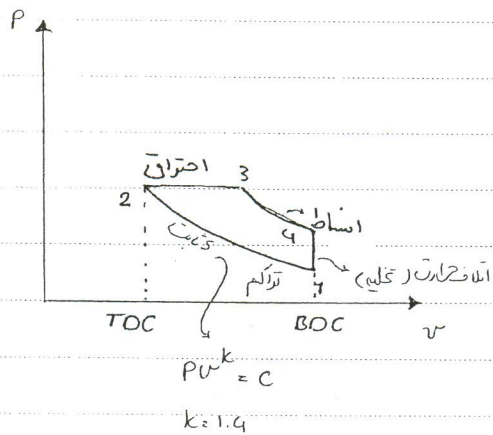
برای طولانی کردن زمان تأخیر مستوی، به آن کرب اضافه کرده بود
برای زیاد کردن قدرت و سرعت خودروها، نسبت تراکم آن را زیاد کردند و به همین دلیل با اضافه کردن
اصول های مثل کرب یا MTV، زمان تأخیر آن را افزایش دادند.

در موتورهای دیزل باید زمان تأخیر سوخت (کاروبل) کوتاه باشد (هرچه کوتاه تر باشد، بهتر کار می کند).
در موتورهای بنزینی هرچه زمان تأخیر سوخت کمتر باشد، بهتر کار می کند.

مشکلی مثل... با سرعت... حرکت می کند (در حالت احتراق). اندیشی مسئله با سرعت مافوق
صوت حرکت کند، به این فرایند احتراق می گویند.

برای رفع مشکل احتراق در موتورها، دلیل جدیدی از موتورها به بازار آمد. در این موتورها، سوخت و هوا از
قبل با هم مخلوط نمی شوند بلکه در هنگام احتراق، سوخت به تدریج درون موتور تزریق می شود.

چگونه تست موتور دیزلی (دیزل) را

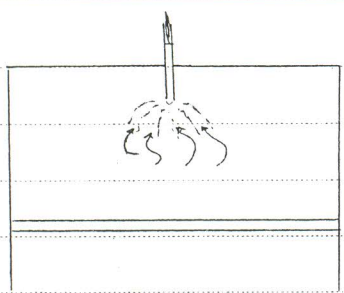


1-2. حدود به همایی درون سیلندر. متراکم می کنیم

(نسبت تراکم خیلی بالا است. خیلی بالا)

چون در این حالت سگداری بالا رفتن. دعا و فشار مخلوط
سوخت و هوا را زیاد کنیم. می توانیم نسبت تراکم را با هر چه خواهیم

بالا ببریم

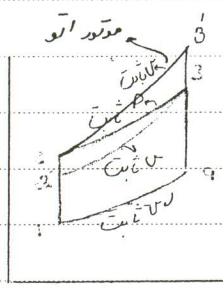


در فرآیند از انترکستور، فشار کم‌تر از 20,000 است
 سوخت با فشار بسیار بالا به درون سیلندر می‌رسد
 پودر وارد می‌شود.

در این حالت باید فرضی به سبقت داده شود تا بعداً
 محاسبه شود، این مدت زمان با این می‌شود مستقل از مدت
 کند پس دلیل فرایند اعتدالی هم ثابت است.

- به سبب دلیل مدت زمان اعتدالی در فرآیندهای دینامی طولانی‌تر است:
1. اثرات کردن مستقل (تندی) مدت زمان طولانی‌تر می‌کند.
 2. محاسبه شدن هدا با مستقل هم مدت زمان طولانی‌تر می‌کند.

به سبب دلیل فرایند اعتدالی راست ثابت است
 (با این آزمون مستقل فشار را کم می‌کنند، اعتدالی فشار را زیاد می‌کنند، پس فرضی کنیم این دو فرایند اعتدالی می‌کنند.)



سبب فرآیندهای فشار ثابت در فرآیند T-S:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_P = \left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_V$$

$$T ds = du + PdV$$

$v = \text{const}$ $T ds = C_v dT$ $\left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_V = \frac{T}{C_v}$

$$T ds = dh - v dp$$

$P = \text{const}$ $T ds = C_p dT$ $\left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_P = \frac{T}{C_p}$

باید متوجه بود: $C_p > C_v$

Subject : 15

$$\rightarrow \left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_V > \left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_P$$

نسبت دما در حالت حجم ثابت در موتور T-S بیشتر از
نسبت دما در حالت فشار ثابت است.

قدرت و رانندگی موتورهای استر از موتور دیزل است.
دمای متوسط منبع گرم شهری دارد.

این نسبت به

دیزل

دکی نسبت موتور ایرو، استر لولین نسبت دما در موتور ایرو است.

یعنی آند دمای Max دما موتور را میسازد فرض کنیم دمای منبع گرم که موتور دیزل دارای نسبت دما کمتر و کما کمتر از
بستری است.

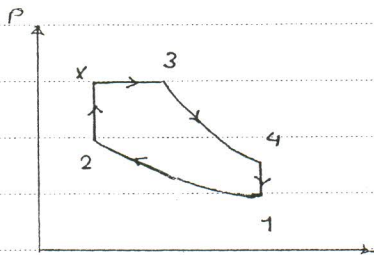
جنس سیلندر هم دما در موتور ایرو است.

به لحاظ تئوری و عملی، آلودگی، هتروژنی، هتروژنی دیزل که دما در موتور بستری است چنان دمای احتراق آن هم کمتر است.
اگر دما در موتور دیزل باشد به سیلندر بیشتر از دما میزند، کما در دما یعنی موتور دما در موتور ایرو نسبت به دما در موتور دیزل
خارج می شود (ایجاد آلودگی).

در موتور دیزلی باید دما در آن باقیمانده کم باشد تا سیلندر به چینی اینکله وارد می شود، با هوای داغ درون سیلندر احتراق
شود و دما در آنجا که سیلندر را میزند وارد سیلندر می شود، احتراق یعنی سرد!

Orbit Cycle

محل موتور بستری است که سیلندر و هوا (مقداری از موتور) با هم
حرکت می کند و مقداری پس از رسیدن به نقطه 1 به سیلندر بر می گردد.

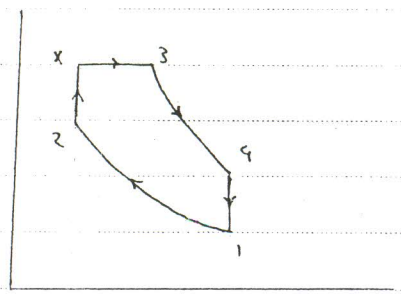


Subject :

Date :

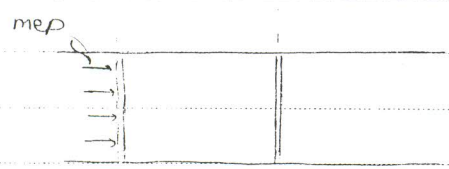
mean effective pressure

فشار متوسط مؤثر



یک فشار کاری که بر روی پیستون وارد می شود در یک stroke منسوب به آن تولید می کند که معادل فشار متوسط در یک دوره انتقالی بعد

$$mep \cdot A_c (\text{stroke}) = W_{\text{cycle}}$$

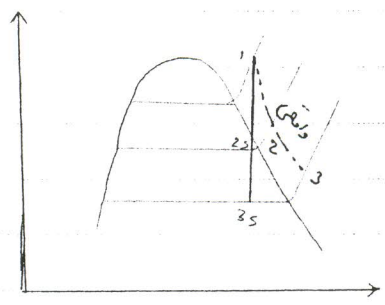


$$mep = \frac{W_{\text{cycle}}}{V_d}$$

displacement

حجم جابجایی

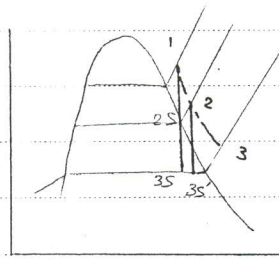
هرچه mep بیشتر باشد، کارکرد موتور بیشتر است (کار زیاد، درامعاً کوچک تولید می کند)



Internal Efficiency

راندان داخلی توربین که مگر است ولی در حساب مابقی که می
 ضعیف است هم همین راندان را استفاده می کنیم

$$\eta_{ts} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}} = \frac{h_1 - h_3}{h_1 - h_{3s}}$$



Stage Efficiency

برای توربین با دو توربین،
 در حدت توربین به شکل یک توربین
 یعنی ورودی طبقه دوم توربین،
 از سمت خروجی اول است یعنی با کارایی طبقه 2

$$\eta_{ts1} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{2s}} \quad \eta_{ts2} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_{3s}}$$

چرخه های بازی

چرخه استاندارد هوا

چرخه اتو
 چرخه دیزل
 چرخه گاسل

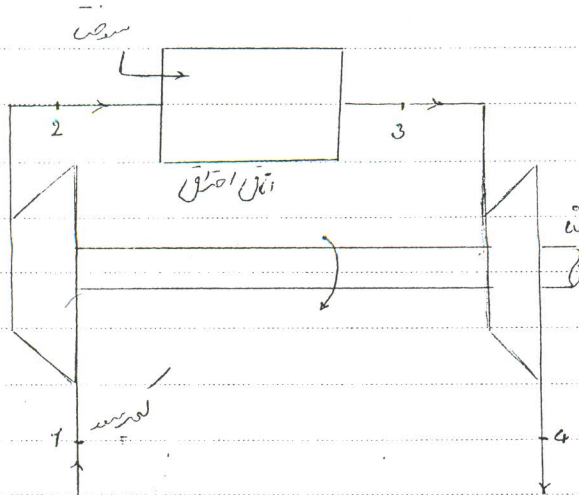
چرخه های توربین بازی

موتورهای گردشگری
 چرخه استاندارد هوا

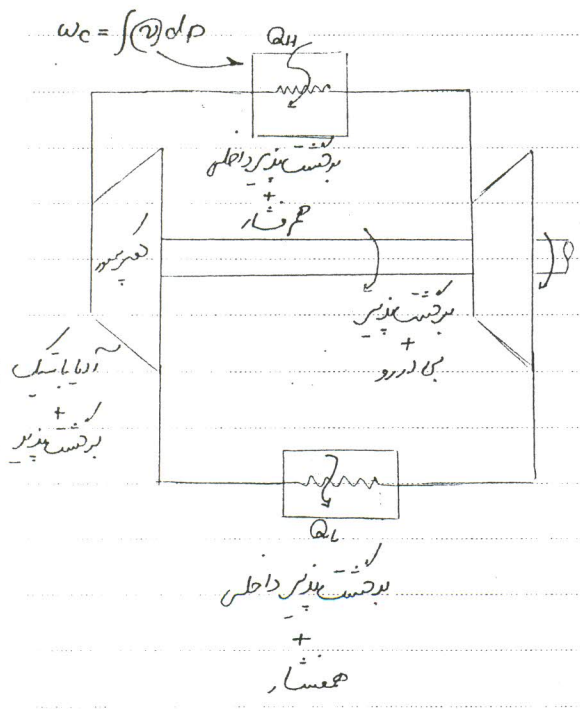
Subject :

Date :

چرخه استاندارد هوای برابری

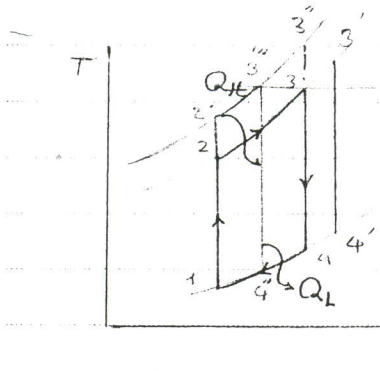


در یک چرخه کورن، گاز، با برابری و انفعال
 از بین و کورن مورد قابل ملاحظه باشد
 و در این چرخه، کار مثبت به چرخه دمای
 آن در دین، عملی کورن است. و قدرت
 زیادی تولید می کنند



در کورن، علاوه بر از دست رفتن انرژی در این
 در حجم، هوا کمترین کیفیت را در حجم کمتری خود
 داشته باشد. همین هم دما است. کار و دوری است
 کورن می شود
 یکی در اینجا، کورن مورد را ادا یا استیک می کنیم
 در هر یک از اجزای آن، از یک سو، فشار و دمای آن را کم
 (هم فشار) و از دست رفتن انرژی

Subject 17



اگر دمای ماکسیمم بیشتر شود، قدرت تولیدی بیشتر می شود.

* نسبت تراکم دمای هوای ورودی به دمای هوای خروجی مهم است!

* برای موتورهای چرخشی، نسبت فشار مهم است.

در دمای واقعی، دمای تقاضا نمی تواند از یک حدی بالاتر رود (محدودیت برای این افزایش دما وجود دارد).

در چرخه 1-2-3-4، بازه دما در هر دو حالت یکسان است. دمای هوای ورودی به حالت دگرگونی دمای هوای خروجی را افزایش دهد! دمای هوای ورودی به حالت دگرگونی دمای هوای خروجی را افزایش دهد!

$$\eta_{th} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

$$q_h = h_3 - h_2 = c_{p0} (T_3 - T_2)$$

* در حالت دگرگونی دمای هوای ورودی به دمای هوای خروجی را افزایش دهد! برای هر دو حالت از رابطه $Q_H = c_{p0} T_3 - c_{p0} T_2$ استفاده کرد!

$$\eta_{th} = 1 - \frac{c_{p0} (T_4 - T_1)}{c_{p0} (T_3 - T_2)}$$

دو حالت دگرگونی دمای هوای ورودی به دمای هوای خروجی را افزایش دهد!

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_1 (T_4/T_1 - 1)}{T_2 (T_3/T_2 - 1)}$$

کتابچه اول (c_{p0} و c_{v0} ثابت)

$$\left. \begin{aligned} T_2/T_1 &= \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \\ T_3/T_4 &= \left(\frac{P_3}{P_4} \right)^{\frac{k-1}{k}} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} P_2/P_1 &= P_3/P_4 \\ T_2/T_1 &= T_3/T_4 \end{aligned}$$

Subject :

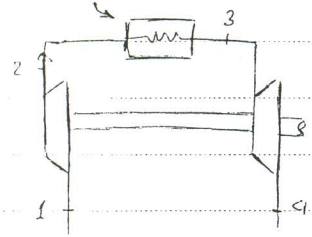
Date :

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}}$$

2. Film Cooling

1. Internal Cooling



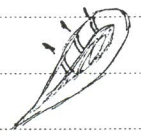
مثال :

دمای ورودی به توربین باید بالا باشد برای ایجاد این دمای بالا و استفاده از آن در توربین کار، از برده های استفاده می شود که این طرف آن هوا و طرف دیگر کار و در توربین کار. یک طرف آن هوا و طرف دیگر کار و در است. برای کمک کردن به هوا، مجاری دوی برده و لوله دارد که با جریان یاقص هوا درون آن ها، برده ها صلی می شود و این

$$r_p = \frac{P_2}{P_1} = 10$$

$$T_3 = 1100 \text{ K}$$

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



$$T_2 = 300 (10)^{0.286}$$

$$T_2 = 579.6 \text{ K}$$

دقیقی که برای اندازه گیری دما استفاده می شود. همانند دمای ۰C است. به همین دلیل استوارترین برای دما می توانیم به هم

$$w_c = h_2 - h_1 = C_{p0} (T_2 - T_1) = 1.0035 (579.6 - 300)$$

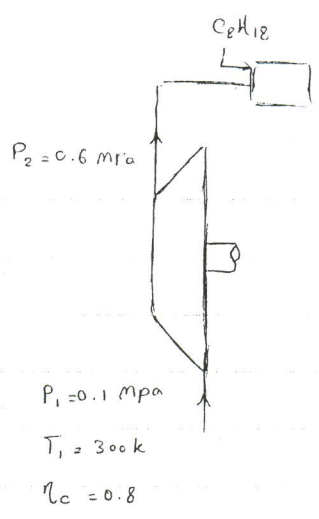
$$w_c = 280 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{\frac{k-1}{k}} = (10)^{\frac{k-1}{k}}$$

$$T_4 = \frac{1100}{(10)^{\frac{k-1}{k}}} \rightarrow T_4 = 569.7$$

$$w_t = h_3 - h_4 = C_{p0} (T_3 - T_4) = 1 (1100 - 569.7) = 530.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

مش از بعضی از ه، توربین صرف هم برده می شود. دلی در توربین کار و به نسبت به کار و بعضی است.



ثابت C_p و C_v از جدول
ثابت C_p و C_v مقیاس

مثال: نسبت کمپرسور را با C_p و C_v پیدا کنید
ثابت و نسبت مقیاس عمل می کنیم

ثابت C_p و C_v

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

$$T_2 = 300 \cdot (6)^{\frac{0.4}{1.4}} = 499.9 \text{ K}$$

مقیاس C_p و C_v

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{P_{r2}}{P_{r1}} \right)^{\gamma}$$

P_r فشار عددی

جدول هوا $\rightarrow P_r = f(T)$

$$T_1 = 300 \text{ K} \Rightarrow P_{r1} = 1.386$$

$$h_1 = 300.19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$P_{r2} = \frac{P_2}{P_1} P_{r1} = 6 \times 1.386 = 8.316 \Rightarrow T_2 = 498.4 \text{ K}$$

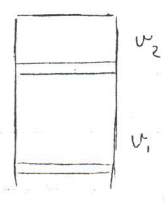
$$h_2 = 501.35 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$W_{cs} = h_2 - h_1 = 501.35 - 300.19 \Rightarrow W_{cs} = 201.16 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\eta_c = \frac{W_{sc}}{W_{ac}} \rightarrow W_{ac} = \frac{201.16}{0.8} = 251.45$$

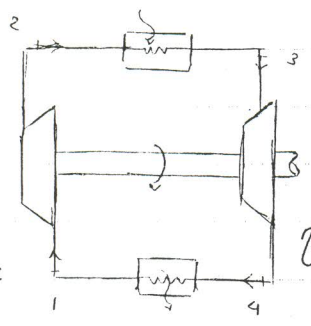
حدود 50 kJ نیاز دارد

$$\frac{1}{r_v} = \frac{V_2}{V_1} = \left[\frac{V_{r2}}{V_{r1}} \right]_s$$



محصول است $T \rightarrow V_{r1} \Rightarrow V_{r2} \rightarrow T_2$

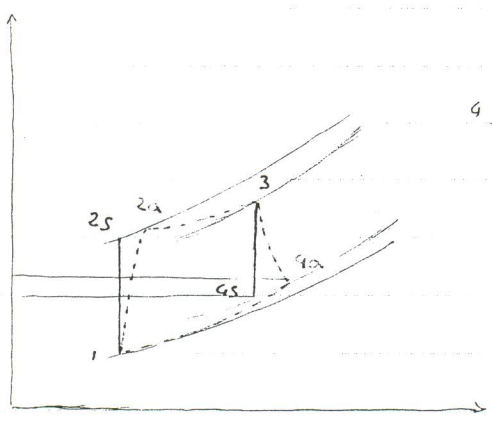
کمیسیون معرفی کنند، کار است. یک کمیسیون واقعی کارشناسی را طلب می کنند!



چرخه استاندارد برای یون

- مسافت دینوداه بخار بسیار بیشتر از چرخه برای یون است چون چرخه برای یون نسبت به حالت ایده آل، کار کمتری تولید می کند و کارشناسی معرفی نمی کند.

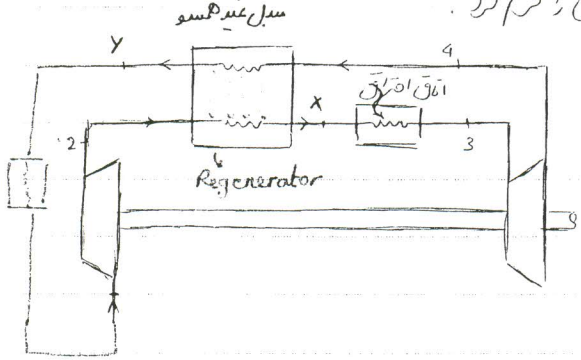
اعداد کمی برای مثال بالا به عنوان بازده توربین و کمپرسور بیان شده است، مقایسه ای است که در این مثال به عنوان بازده آن ها، وجود دارد.



انتشاری هم در داخل میشل خود هم داشت پس فشار 1 از 4 کمتر است.

سعی می کنیم از دماهای خوبی از توربین برای بالا بردن رانندگی استفاده کنیم.

می توانیم از چرخه برگشتی استفاده کنیم. یعنی ورودی از درجه 4 را داریم heater کسم تا آن را به کار تبدیل کند و کار موتور heat
 ۲۲۰ عمل را در توریس کنیم.
 ولی در این حالت، باید به سوپرای، کاروا سوپرای در این استراحت را کاهش دهیم. می توان با ورودی از توریس تا
 به سمت یک heater، و با ورودی دردی به این استراحت را ترک کرد.



توربین گاز با بازتاب
 Regenerator Cycle

مبدل های حرارتی (heat exchanger) دو نوع دارند:

- مبدل غیر همسو Counter flow
- مبدل همسو Parallel flow

در مبدل غیر همسو، در تمام مسیر حرکت انرژی از یک مسیر به مسیر دیگر داده می شود. اگر سطح انتقال دانی یکسان
 در نقطه یک گرم (مبدل ایده آل باشد) دمای خروجی مسیر سرد، برابر دمای ورودی مسیر گرم است.

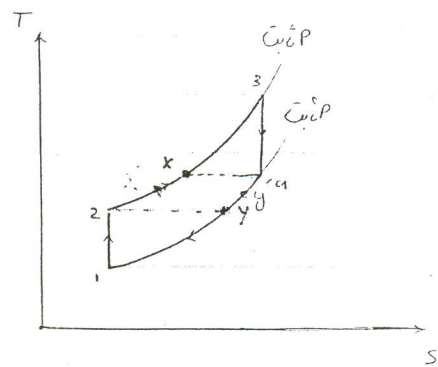
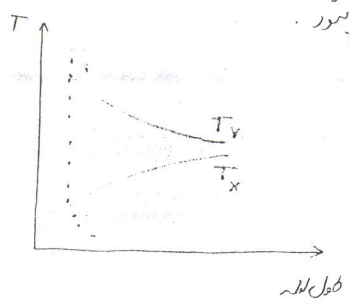
$$T_4 = T_x$$

وقتی گازها از یک جنس باشند،
 $\dot{m} C_p (T_x - T_2) = \dot{m} C_p (T_4 - T_1)$
 می توانیم حاصل برابر است و رابطه نهایی بدست می آید.

$$T_2 = T_1$$

درول سیکل بالا، کند استند که اهم داشت. چون ورودی کند استند همیشه عایق است و قادر به صرفه بالا (هوای) مانع
 که اهم داشت. ولی مبدل حرارتی برای انتقال حرارت هم که اهم داشت (در حالت واقعی) چون در دراز لا حاج
 می شود.

در یک مبدل محصور، درجه حرارت جداولی بودن، T_x, T_y می تواند برابر شود.



مساحت محصور شده بین فرایندها، قدرت تولیدی است.
 پس در هر طرف با زیاد شدن مقدار قدرت تقریباً همی کند ولی
 Q_H (تفاوت گرفته شده در این اختلاف کم می شود)

$$\uparrow \eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_H \downarrow}$$

دما متوسط ممتنع گرم (3, x) زیاد شده و دما متوسط ممتنع سرد (1, y) کاهش پیدا کرده پس رانندگی زیاد می شود.

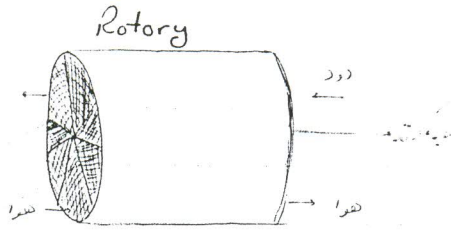
چرخه واقعی توربین گاز با بازتاب

کمتر شود و توربین دارای رانندگی کمتر از 700٪ است.
 اتاق اختلافی دارای افت دما است.
 درون Regenerator بازدهی کمتر از 200٪ داریم.

در حالت واقعی دمای ممتنع سرد کمتر از دمای ممتنع گرم است چون سطح کماکانت نداریم.

ممتنع سرد	$\eta_{Reg} = \frac{h_x - h_2}{h_x - h_2}$	ممتنع گرم	$\eta_{Reg} = \frac{T_x - T_2}{T_x - T_2}$
ممتنع سرد	$\eta_{Reg} = \frac{h_4 - h_{y'}}{h_4 - h_y}$	ممتنع گرم	$\eta_{Reg} = \frac{T_4 - T_{y'}}{T_4 - T_y}$

سازم فعال حرارت دول این استوانه به همبرت لانه و دوری مکرر کرده اند.



هوای طرانت بالای هم انا با هوای دوری دور
 هوای طرانت پایینی هم انا با هوای هوای نمود

Regeneratore اندر ایستاده ای اور این استوانه قرار دهم، در حالت چرخش، هوای بالای دور را به هوای سفلی

تحت سلف سفلی این نوع مبدل، انتقال احتیاط جزئی دود و هوا در دوری دوری Rotory این است

Specific Weight = $\frac{W_{net}}{W}$ Specific Weight به چگونگی تعیین است

W_{net} در صورت
W کل وزن

Subject: 21

Year: Month: Date: ()

جلسه دهم
87, 7, 27

$$v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{\left(\frac{8.314}{29}\right)(273.15 + 25)}{95}$$

$$v_1 = 0.9 \frac{m^3}{kg}$$

$$r_v = \frac{v_1}{v_2}$$

$$v_2 = \frac{0.9}{20} = 0.045 \frac{m^3}{kg}$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1} = 298.15 (20)^{0.4} = 988.2 \text{ K}$$

مثال: موتور دیزل

$$r_v = 20$$

$$P_1 = 95 \text{ kPa}$$

$$T_1 = 25^\circ \text{C}$$

$$T_{max} = 2800 \text{ K}$$

$$\eta_{th} = ? \quad .1$$

$$mep = ? \quad .2$$

$$N_{cycle} = \frac{rpm}{2} \quad .3$$

rpm = 2000 - موتور 4 سیلندر است

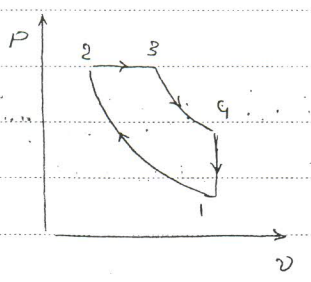
دوره موتور 4 زمانه است (4 stroke) حجم یک سیلندر 0.5

بعد از تراکم دما به T_2 می رسد

مقطع در موتور دیزل می توان (دما یکی به این مالکی راست) (چپ نسبت تراکم بالا یکی 1) در موتور دیزل
است دما در هنگام تراکم بیشتر از مقدار زیاد است، چپ به موتور خواهیم راست باقی قبل از عبور از این شمع
مخلوط سوخت و هوا را پس می گیرد

$$P_2 = P_1 \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^k$$

$$P_2 = 95 (20)^{1.4} = 6297.4 \text{ kPa}$$



$$P_2 = P_3$$

$$P_2 v_2 = n_2 \bar{R} T_2$$

$$P_3 v_3 = n_3 \bar{R} T_3$$

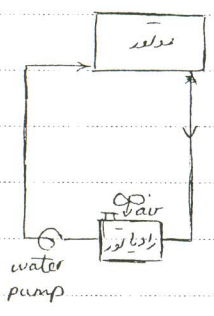
$$\frac{v_2}{v_3} = \frac{n_2}{n_3} \cdot \frac{T_2}{T_3}$$

الان چپ چپ است ندارد هوا داریم و نسبت مولی هوا در نقطه 2 و 3 برابر است $\frac{n_2}{n_3}$ است
ولی در حالت واقعی در حالت 2 هوا داریم ولی در حالت 3 گازهای حاصل از احتراق داریم پس تعداد
مول های 2 و 3 متفاوت است

Subject: _____

Year: _____ Month: _____ Date: _____

دمای احتراق مولد درزینل کمتر از دمای احتراق مولد متدی است و این یک نسبت برای آل کسبون
 می شود چون آلودگی کمتری ایجاد می شود. این تفاوت به علت حجم ثابت بودن احتراق در مولد متدی است
 چرا که دمای بالای مولد متدی روی مولد مناسبی ندارد؟
 در داخل مولد آلیاژهای آلومینیوم وجود دارد که در مدت زمان کوتاهی، نمی تواند دمای بالا را تحمل کند
 ولی در داخل مولد، فرایند احتراق حدود ۲۰ ثانیه است پس در مدت زیادی برای تبادل گرما میان
 گازها و بدنه سلیندر وجود ندارد پس خنک کاری توسط آب و روغن سمواره روی عباره مولد و
 یا تا قالی های آن صورت می گیرد.



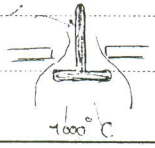
چون fan که آب رادیا تور را خنک می کند به مولد ما نسبت دهنده
 بود و باز دمای مولد روغن بود. پروانه در حال چرخیدن بود. سیروی مولد
 را بیشتر مگرن می کرد، سرد صدای آن هم بیشتر بود. ولی در موتورهای جدید
 پروانه با مولد جدا گانه ای کار می کند که روغن می کشد آن را نسبت به دمای
 آب رادیا تور است و باز دمای که آب رادیا تور خنک است روغن می ماند.

$$v_3 = 0.045 \left(\frac{2800}{988.2} \right) = 0.1275 \frac{m^3}{kg}$$

$$T_4 = T_3 \left(\frac{v_3}{v_4} \right)^{k-1} = 1281.9 \text{ K}$$

نسبت $\frac{v_3}{v_2}$ (در فرایند فشار ثابت احتراق)
 cut off ratio گویند

هنگامی که دور از مولد خارج می شود دمای بسیار بالایی دارد (حدود $1000^\circ C$) برای حفاظت سوپاپ
 دور، درون دیواره آن سدیسم می زنند تا در هنگام خروج آن ذوب شده و مانع بالا رفتن دمای سوپاپ شود.



Subject: 22

Year: Month: Date: ()

$$q_{23} = h_3 - h_2 = c_p (T_3 - T_2) = 1.0035 (2800 - 988.2)$$

$$q_{23} = 1818.4 \frac{kJ}{kg}$$

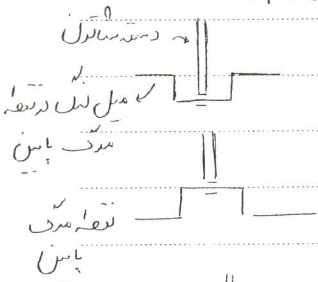
$$q_L = C_{v_o} (T_4 - T_1) = 0.7176 (1281.9 - 298.15)$$

$$q_L = 704.49$$

$$\eta_{th} = \frac{w_{net}}{q_h} = \frac{q_h - q_L}{q_h} = 0.612 \quad \text{رانندگی واقعی موتور به قدرت به 40٪ می رسد!}$$

$$w_{net} = 1818.4 - 704.49 = 1113.6 \frac{kJ}{kg} \quad \text{مقدار کار بر واحد جرم یک سیکل}$$

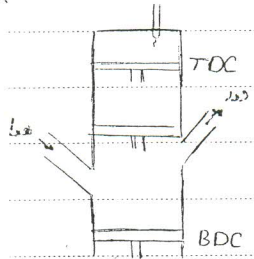
$$mep = \frac{w_{cycle}}{v_1 - v_2} = \frac{1113.6}{0.9 - 0.045} = 1302.5 \text{ kPa} \quad \text{نسبت متوسط مؤثر}$$



موتور 4 زمانه: میل لنگ 2 دور میزند (720°). میل لنگ سیکل انجام میدهد.
برای یک ضربه تراکم میل لنگ 180° میچرخد.



موتور 2 زمانه: میل لنگ 360° دور میزند یک سیکل انجام می دهد.



موتور دو زمانه: بیشتر به درد موتورهای بی‌سواری می خورد.
کلمه معنی: مقداری سوخت و هوا وارد دریا که مورد هم می خورد.
تعداد فرامیدهای احتراق در این موتورها دو برابر است پس کارایی آن هم سخت تر است. اگر در ضمن آن چون خیلی زیاد است به پرونده این موتورها استند شده است.
تک زمانه کار بر آن در موتورهای کشتی است. آن هم بر مبنای موتور دیزل.

$$N_{cycles} = \frac{2000}{2 \times 60} \quad \text{دوره} \quad \text{دقیقه}$$

Subject: _____

Year: _____ Month: _____ Date: _____ ()

قدرت موتور

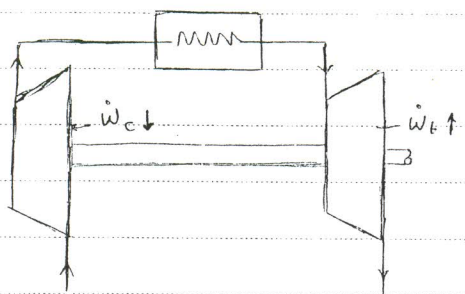
$$40 \times 1000 = N \text{ cycles} \times 4 \times m \times 1113.6$$

kw مقدار بار مقدار بار سیل

$$m = 0.5344 \text{ kg}$$

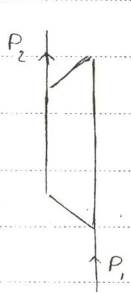
$$V = \frac{mRT}{P} = 0.484 \text{ m}^3$$

اگر این بارزه



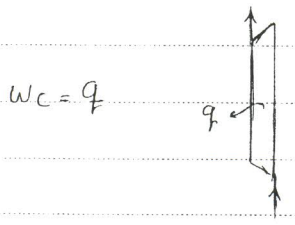
مخونه بار کرد کورسور به چه شکل باشد کورسور
است؟

در حالت ایده آل: برکتش اندک + بی دررو



- برکتش اندک +
- هم دما $PV = \text{const}$
- بی دررو $PV^k = \text{const}$
- بی تغییر دما $PV^n = \text{const}$

هم دما:



$$W_c = \int v dp$$

$$W_c = RT \ln \frac{P_2}{P_1} = RT \ln \frac{v_1}{v_2}$$

Subject: 23

Year: Month: Date: ()

آدیا بایک :

$$p v^k = \text{const}$$

$$w_c = \int v dp$$

$$w_c = h_2 - h_1 = c_{p0} (T_2 - T_1)$$

$$w_c = c_{p0} T_1 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right)$$

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

$$w_{cs} = \frac{k R T_1 \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right)}{1 - k}$$

$$\begin{cases} \frac{c_{p0}}{c_{v0}} = k \\ c_{p0} - c_{v0} = R \end{cases}$$

پلی تروپیک :

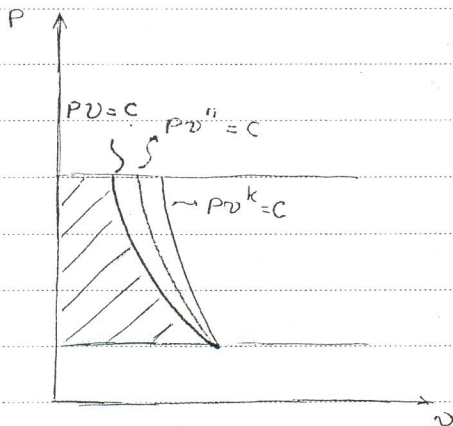
n مشخص می کند مقدار انتقال حرارت چقدر است و همچنین نسبت

1 < n < k : برای کومپرسورهای مختلف ، درجه از کومپرسور به یک انتقال می یابد

هم دریا : n = 1

آدیا بایک : n = k دریا پلی تروپیک

$$w_{cp} = \frac{n R T_1 \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right)}{1 - n}$$



مسافت ها کم تر بوده ، کار دراز تر کومپرسور است

کومپرسور هم دریا ، نسبت به سایر حالات ، ب (دتری) طرفی می کشد

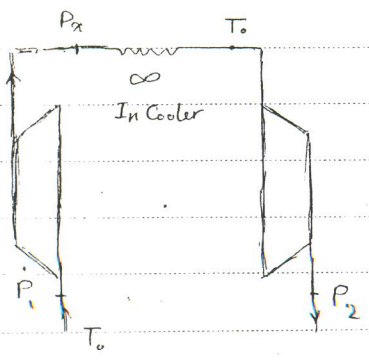
Subject:

Year: Month: Date: ()

مسافت کمتر شود هم دما امکان پذیر نیست چون فرایند تراکم یک فرایند سریع است ولی فرایند انقباض
 حرارت طولانی مدت است، یعنی تمدن آن را هم دما در نظر رفته

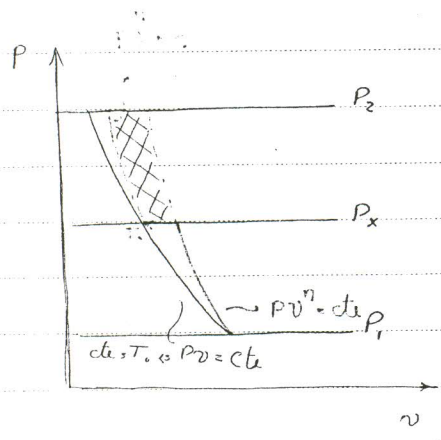
فرایند تراکم هم دما

الکترونی که در موتور سلولخ استرین با دمای ثابت انجام می دهد فرایند عمل نموده که در موتور
 پلی تروپیک می شود. البته یک تبدیل حرارتی (Pac) است که در موتور تراکم
 فرایند به هم دما نزدیک می شود.



کمیته های باز معکوس 2، 3، 4 است و مابقی 1، 2، 3، 4
 intel cooler است.

این دو طبقه کردن به اندازه مسافت ها بیشتر کرده
 کارها را هم کرده است.



$$\frac{\partial W_c}{\partial P_x} = 0$$

$$P_x = (P_1 P_2)^{1/2}$$

$$\frac{P_x}{P_1} = \frac{P_2}{P_x}$$

الکترونی که در موتور سلولخ استرین با دمای ثابت انجام می دهد فرایند عمل نموده که در موتور
 پلی تروپیک می شود. البته یک تبدیل حرارتی (Pac) است که در موتور تراکم
 فرایند به هم دما نزدیک می شود.

Subject: 24
 Year: Month: Date: ()

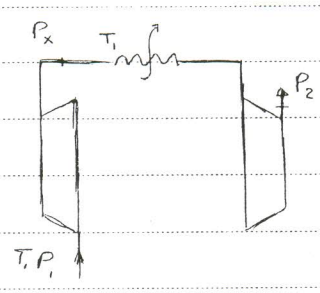
جلسه یازدهم
 87, 7, 89

$$w_c = \frac{nRT_1 \left(\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right)}{n-1} + \frac{nRT_1 \left(\left(\frac{P_1}{P_x} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right)}{n-1}$$

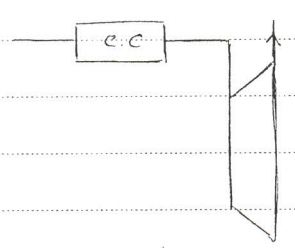
$$\Rightarrow \frac{\partial w_c}{\partial P_x} = 0$$

$$P_x = (P_1 P_2)^{1/2} \rightarrow \frac{P_x}{P_1} = \frac{P_2}{P_x}$$

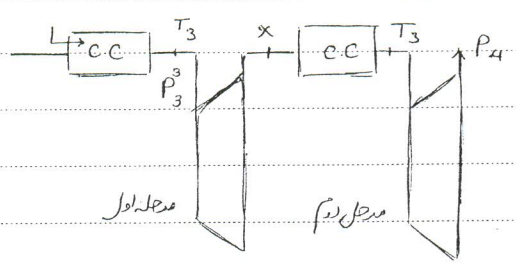
در نقطه x دماهای نسبی T_1 است
 یعنی In cooler افت دما صورت می‌گیرد
 دما را به T_1 برمی‌گرداند



سؤال: آیا استرین کافی در مخلوط هوا وجود دارد تا امکان رفت
 وجود دارد؟



استرین موجود در این مخلوط از استرین خیلی زیاد است و
 مشکلی از این جهت وجود نخواهد داشت



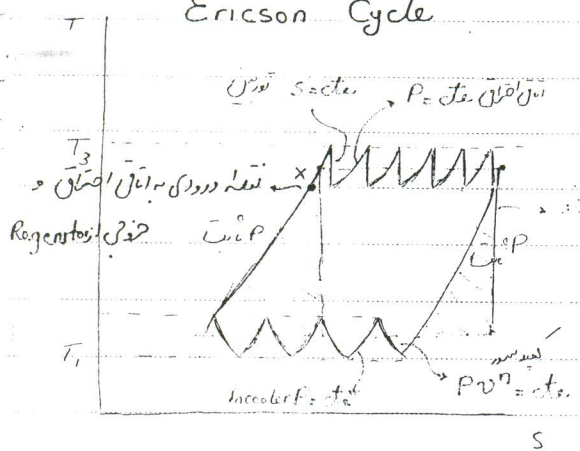
در صورتی که مقدار تقویر مراحل استرین به
 سه مرحله هم می‌رسد

تعداد مراحل استرین اگر زیاد شود استرین
 هم در آن خواهد داشت

$$\frac{P_3}{P_x} = \frac{P_x}{P_4}$$

اگر نسبت فشار در بین ها برابر باشد، قدرت تولیدی آن ها برابر می‌شود

Ericson Cycle



دما T_1 و T_2 دماهای برابر است چون همی $in\ cooler$ ها
 آنتروپی کل نمی کشد که دما به دما T_1 (اولیه) برسد
 دما T_3 و T_4 دماهای برابر است چون
 است. فشارها برابر اند
 در دمای واقعی ضرایب انبساط و تراکم (توربین و
 کمپرسور) را بیشتر از سه مرحله پس بیسیم مقبول
 دو مرحله است

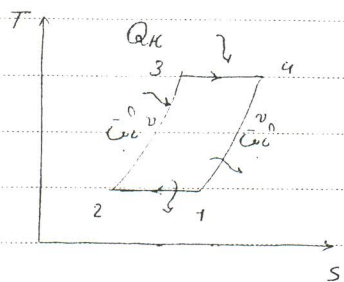
آند در تعداد اجزای انحراف کنیم، می توانیم فرآیندهای انبساط و تراکم را هم دما در نقطه بحریم

مساحت کوچکتر برابر است با بزرگتر هر چه فوق به بزرگتر هر چه کارون فعلی می کشد به آرزوی رسیدیم!!!

در خطوط انتقال گاز، استیجانه های متعدد وجود دارد که شامل یک هر چه توربین گاز و یک کمپرسور است
 تا فشار گاز را در خطوط افزایش دهد

هر چه Ericson واقعی در دمای سهولت با هم کار می کند. مقدار مراحل تراکم و انبساط کمتر از تعداد بالاست
 هر چه تعداد مراحل انبساط و تراکم را بیشتر کنیم، بازده Ericson نزدیک می شود که با بازده کارنو
 برابر است

Stirling Cycle



فرآیند 3-4 هم انحراف است با وجود انبساط
 دما ثابت بماند
 فرآیند 1-2 هم دفع حرارت است

نسل اول موتورهای توربو بر اساس چرخه اسمتلیک ساخته شده اند.
 چرخه های توربین گاز بر اساس چرخه اولسون ساخته می شود.

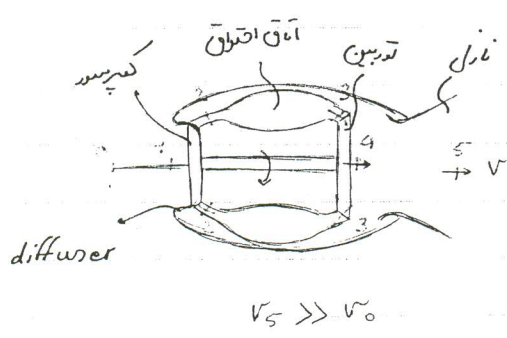
Internal Combustion Engines
 شامل موتورهای ردت و آتسی

استفاده از فرآیندهای چرخه اسمت

External Combustion Engines
 شامل چرخه های توربین گاز

انرژی حاصل از احتراق به لوله های آب منتقل می شود و احتراق جداگانه در چرخه اسمت

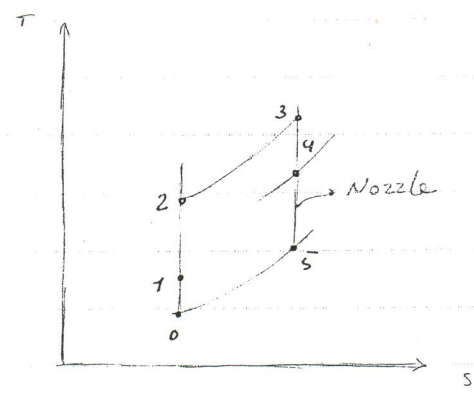
Turbojet توربوجت



لبه موتور ایرونیامیک جزئی می شود
 به اندازه ای قدرت تولید می کند که کمیپرسور را بچرخاند

$$\sum F_x = \dot{m} (\Delta v)$$

$$F_x = \dot{m} (v_5 - v_0)$$

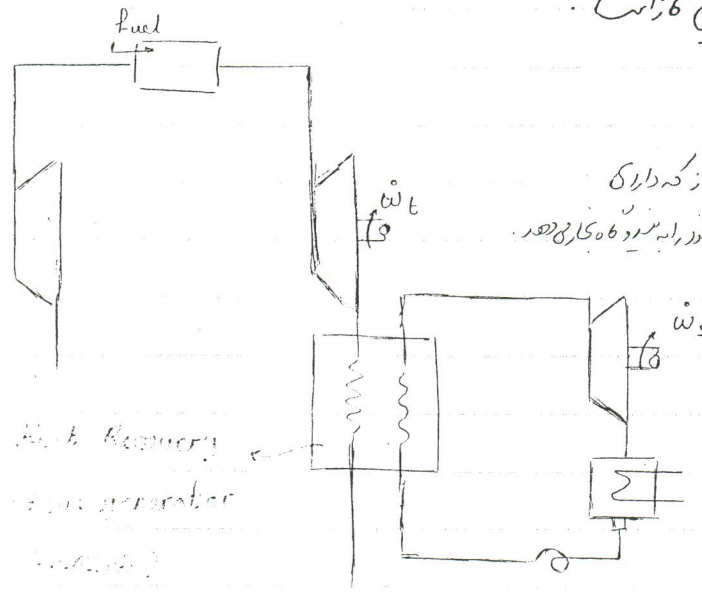


Nozzle شیوه ای است که تولید سرعت می کند
 نازل در اینجا عملگر و اثر است تا سرعت تولیدی از
 سرعت صوت بترتابد.
 در هنگام ورود به diffuser هم سرعت هوا، سرعت
 محقق صوت است. (هواپیمای جنگ)

توربین‌های آینده

با توجه به آلودگی محیط زیست، حتی باید تلاش به سمت چرخه‌های باشد که آلودگی ترمی تولیدی کنند.
تنها قانون فعلی در باره محیط زیست، قانون سیال میراست. گاز فریلین به عنوان گدازای فاجا حق محسوب نمی شود!

جهت لریک آینده به سمت چرخه‌های با رانندگی بیشتر و آلودگی کمتر است. در سال‌های اخیر چرخه‌های ترکیبی (Combined Cycle) استفاده زیادی در صنعت یافته است. مثل چرخه ترکیبی نیروگاه گاجانگراه با توربین گاز است.



گازهای خروجی از توربین گاز که دارای انرژی بالایی است، انرژی در رانندگی نیروگاه کار می‌دهد.

توربین‌ها، برای بارهای بزرگ بسیار مفید است. عمل سریع و بازدهی عالی.

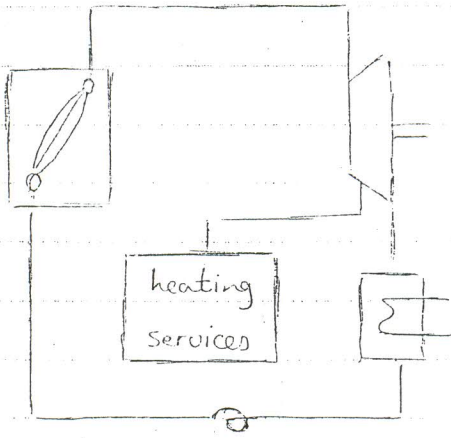
چرخه ترکیبی نیروگاه کار و توربین گاز، انعطاف نیروگاه را بالا می‌برد.

CO ، SOx ، NOx آلاینده‌های سمی هستند و برای انسان مضرند که یکی از آلاینده‌های مهم حدود گاز CO_2 است (گرم شدن بیش از حد زمین)

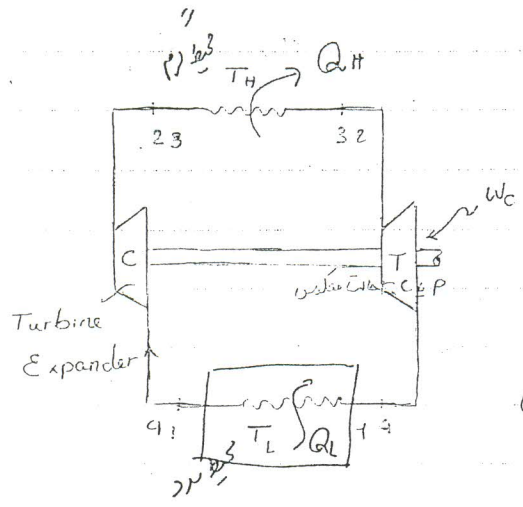
Subject: ... Year: ... Month: ... Date: / /

جدید تولیدات - استناد از صنعت های دولتی و خصوصی ایران - حرفه را پیش می راند

Cogeneration

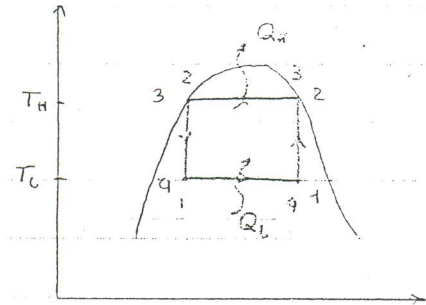


میران



چرخه کارنو

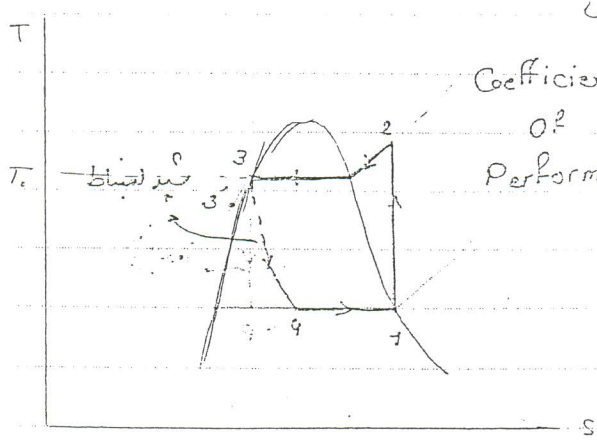
در صورت برکت بدنه، هرگاه از دریا کنیم می توانیم چرخه
 فرایند کار را بفکرش کنیم
 حالت متعادل کرده کارنو؟
 مسئله: سیال نوسازی باید در 1 به یک سیال است
 سیال کند



علا رعم چرخه کارنو را با کارنو، به حالت مستطالی
 که اجزای سرد، آن را کار می گذاریم

Compression Refrigeration

چرخه تبرید تراکم



چرخه تبرید تراکم چرخه تبرید تراکم

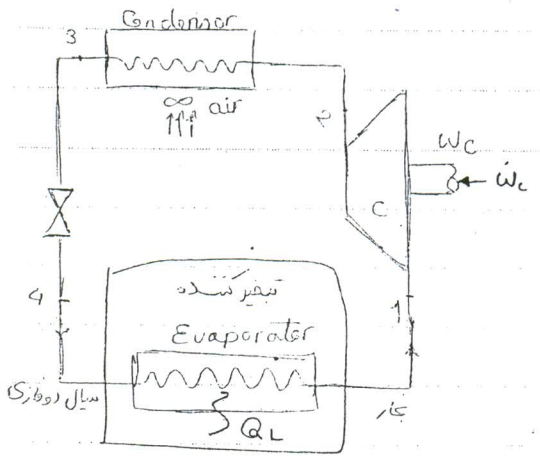
Coefficient of Performance

$$COP = \frac{Q_L}{W_C} = \frac{Q_C}{Q_H - Q_C} = \frac{1}{\frac{Q_H}{Q_C} - 1}$$

در صورت کار را از دریا کنیم بدنه برای اینکار
 ما به بیان کارنو سیال باید کار کرده مقدار
 COP می خواند یعنی توان است

$$COP = \frac{\text{هدف}}{\text{هزینه}}$$

آب سردی که منبع سرد و گرم مشخص باشد می توان - COP را برای کارایی نسبت آورد و COP می تواند در پایین های واقعی بیشتر از COP کاروا باشد.



برودگی به کمترین مقدار باید که سیال که کار می کند
اینجا چون سیال باید را بر روی می کشیم، کمترین مقدار
آب را می کشیم.

سیال مورد استفاده باید منبع آبی باشد در دمای محیط است

در مرحله 3-4 می توان شیب فشار را مشخص کرد نسبت به
این عمل، فرماید بازگشت ما نیز در حوضه ای می کشد
نمی توان به جای شیب استیج از آن استفاده کرد چون
منبع به برده های خوردن استیج می کشد.

دمای سیال مورد خورد در 18-، 20- است که باعث حذف QL از محیط روغن می کشد به سیال می کشد است.

Throttling Process

3-4 : فرماید استیجی است

$$h_1 \approx h_2$$

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2} = h_2 + \frac{v_2^2}{2}$$

بر روی فرماید استیجی است

فرماید استیجی است $\Delta P < 0$ $\mu_J = \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_h$

بر روی استیجی $\Delta T < 0$ استیجی است $\mu_J > 0$

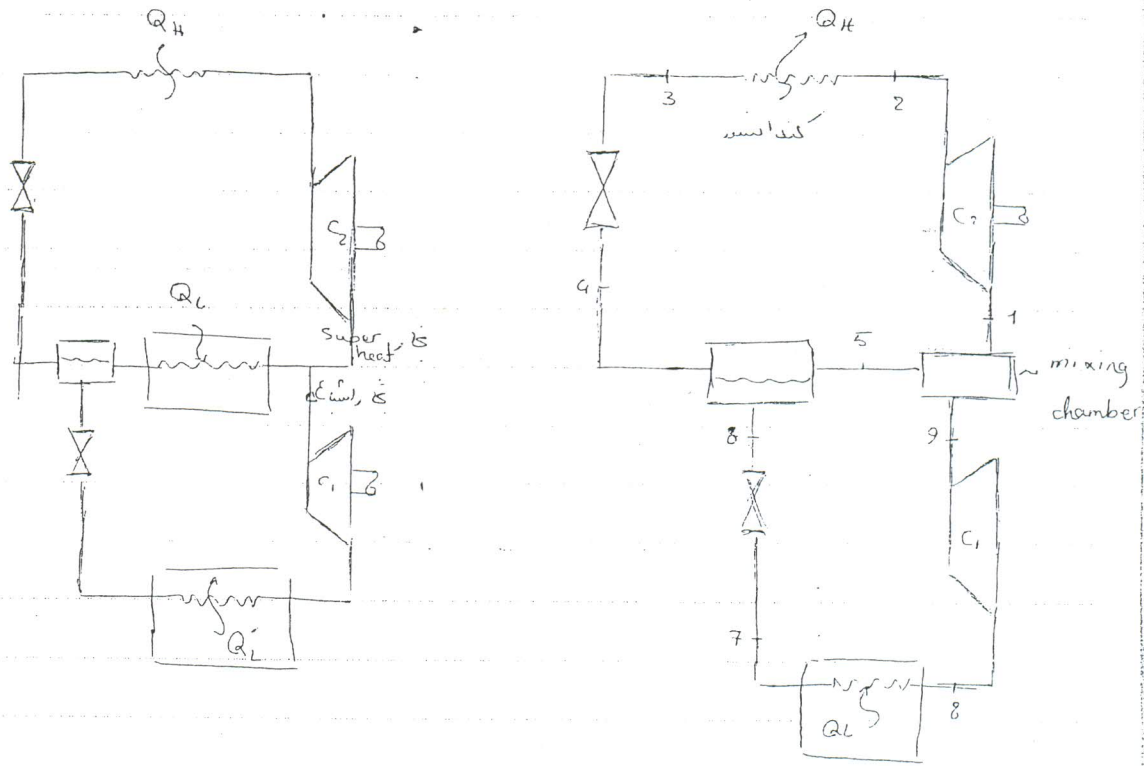
میزان

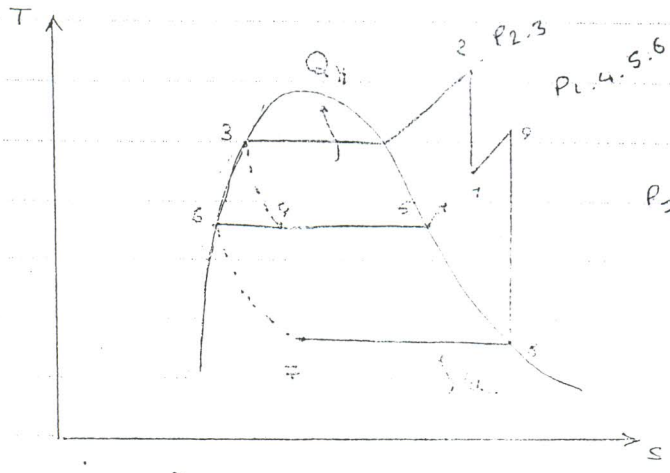
برای کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزایش بازدهی سیستم تبرید

با برآیند هزینه‌های خرید و نصب تجهیزات
و زمان‌های مورد نیاز جهت ساخت

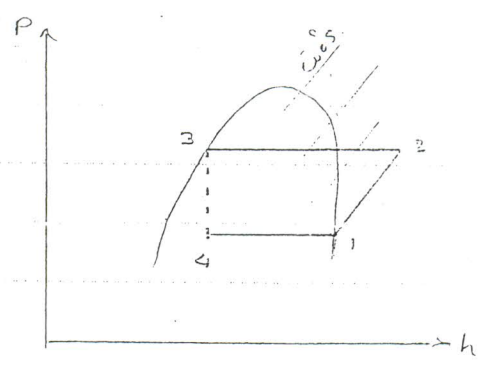
بسیار سبک‌تر و قابل‌توجه‌تر است (مقدار Q_c قابل توجه است)

کامپرسور سردخانه - سیستم‌های تهویه مطبوع = chiller





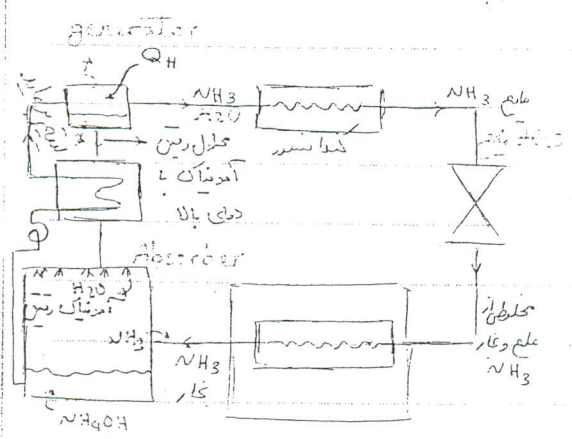
میزان دما: منبع سرد را این برداریم



تعیین: دمای دهد در داینام P-h
حفظ: ثابت، حفظی است با نسبت
ثابت

تعیین: 2 داینام P-h چرخه تبرید بالا
را رسم کنید

پرسش جدید



این چرخه کار با مایع با شرایط گسترده است
در این چرخه جای خیر سرد یک است کار
می گذارند که صرف برقی هستند

این NH3 کار را در دما در محلول رقیق امونیاک یا آب
دارد که چرخه آن می شود

پیران

هر چه مقدار NH_4OH کمتر باشد، آلودگی بیشتری جذب می کند. این محلول رنگین آفرینایی که از generator خارج می شود نسبت به آن را کم می کنیم پس آن را دارد Absorber می کنیم

برخی از کشورها که چرخه توزیع برق در آن ها تعریف شده است، تقریباً همه کارها را آن ها با برق استفاده می شود و سورت را در کشور به برق تبدیل می کنند. در این کشورها چرخه تبدیل برای استفاده برق مورد و برخی که می خواهد برای گرم کردن استفاده کند، مستقیماً به کشور موردی در وقت و از چرخه تولید تا کنونی استفاده می کنند.

سیال موجود در چیلرهای بسیار لزوماً NH_3 مانند.

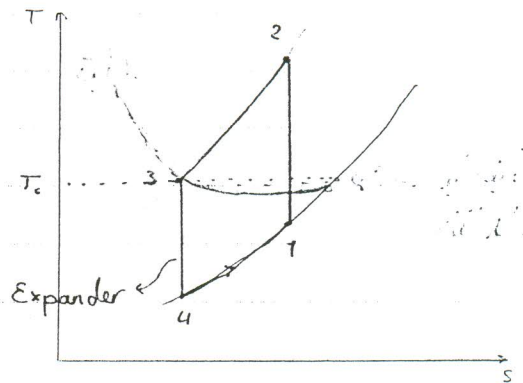
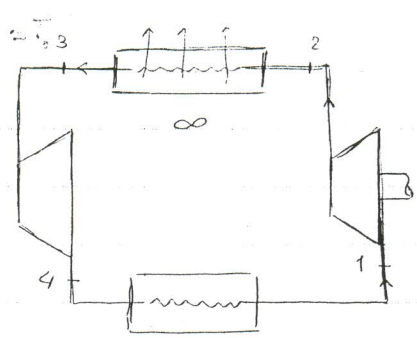
مثلاً در چیلرهای لیتیم برماند، از سیال آن استفاده نمی شود.

لیتیم برماند برای سیستم های بخور با ارجح است.

NH_3 برای رفاهاک چیلر این است.

پایه نهم

لوله‌های باریک جزء این دسته اند. در این لوله ها Condenser و Evaporator در کنار هم قرار می‌گیرند و در این دستگاه ها یک شیر مخلوط کننده هم دارد. عمل‌های گوناگون را در Evaporator و در شیرهای این راه هم گرم و هم سرد می‌کنند.



چون سیال مبرد در لوله ها جدا است، برای گرم کردن فضای سیال، یعنی توان از شیر فشار شکن استفاده کرد. چون برای جدا (کارایی آل) $\mu = \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_h = 0$ نمی‌تواند به عنوان کار تبدیل استفاده کرد.

برای فرایند 3-4، از یک فرایند آدیباتیک استفاده می‌شود. برای این کار از یک شیر استفاده می‌کنند. استفاده می‌شود که از آن کار خوبی برای گوناگون نمی‌گیرند. دستگاه زیاد پیچیده ای لازم باشد. این Expander سه ویژگی برای کارایی دارد: 1. درون متنازل، برای کمک کردن هوا، از این طرف استفاده نمی‌کنند. فقط در مناطق صعب استفاده می‌شود. 2. مثل برای کمک کردن گاز داخل جدا می‌ماند، زمانی که روی زمین است، هوا را در مرحله 4 توسط مانع می‌دارد گاز می‌کنند. در صنایع، گازها را در حلقه‌ها با نیاز است. برای جدا سازی گازها، نیاز به پمپ بریدن هوا، تا فضا کمتری گازها است. بنابراین صنایع تولید گازها، به فضاها نیاز پمپ دارند.

روابط ترمودینامیکی

در دمای مطلق، بهترین سیال، سیال محبوس است.

فلسفه اندازه گیری نوسان سیال که بتواند مستقیماً g, a, s, h, u را اندازه گیری کند
کفیت تعالی را که می توان مستقیماً اندازه گیری کرد T, v, P هستند.

در جمعیت روابط ترمودینامیکی مناسب است که بتواند خواص قابل اندازه گیری را به خواص غیر قابل
اندازه گیری ارتباط دهد.

$$z = z(x, y)$$

$$dz = \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y dx + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x dy$$

$$\left(\frac{\partial m}{\partial y}\right)_x = \left(\frac{\partial n}{\partial x}\right)_y$$

$$\int_1^2 dz = z_2 - z_1$$

$$\int_1^2 ds = s_2 - s_1$$

$$\delta q = du + \delta w$$

بجای $\delta q = T ds$ $T ds = du + P dv$ $du = T ds - P dv$ (1)

$$\delta w = p dv$$

این رابطه از روی فرمول بدست پذیردست می آید.

$$\int_1^2 ds = \int \frac{du}{T} + \int \frac{P dv}{T}$$

چون این خواص دینامیک قابل اندازه گیری نیستند
بنابراین آنها را ابتدا بسطی دارد به همین دلیل برای
مسئله های بدست می آید به هم همان است.

Subject: 30

Year: Month: Date: ()

$$h = u + Pv$$

$$dh = du + PdV + vdp \qquad dh = Tds + vdp \quad (2)$$

$$* Tds = dh - vdp$$

Gibbs function $g = h - Ts$ در یک تابع پتانسیل کامل است که علامت a
 Helmholtz function $a = u - Ts$ بر این علامت است در ترمودینامیک کاربرد گاهی داشته است

در ترمودینامیک 1 مودما شرایط قبل و بعد از هر فرایند را، حالت تعادل در نظر می گیریم

رابطه که
 از فرمول بعد
 بدست آمد

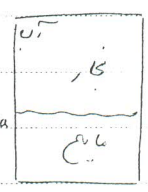
$$g_f = g_v$$

$$h_f - T_f s_f = h_v - T_v s_v$$

$$s_{fg} = \frac{h_{fg}}{T}$$

$$T = 99.6$$

$$P_c = 100 \text{ kPa}$$



از روابط
 بالا این
 رابطه بدست
 می آید

$$\int_f^g dh = \int_f^g T ds = T \int_f^g ds$$

$$h_{fg} = T s_{fg} \rightarrow s_{fg} = \frac{h_{fg}}{T}$$

$$g = h - Ts$$

$$dg = dh - Tds - sdT \qquad dg = vdp - sdT \quad (3)$$

$$da = du - Tds - sdT \qquad da = -pdv - sdT \quad (4)$$

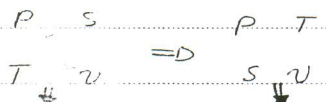
عمل u, a, h, g, v, P, S, T در ترمودینامیک کامل می توان شرط پتانسیل

کامل را برای آن دعا نوشت

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

روابط ماکسول Maxwell's Relation

بر روی نمودار به ترتیب عمود السای، S، P، T و با قرار دادن (برعکس Bern)



فقط می توانیم جای قطر ها را عوض کنیم (خواهش بودی قطرها)

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v = \left(\frac{\partial S}{\partial v}\right)_T \quad \left(\frac{\partial P}{\partial s}\right)_v = - \left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_s$$

آنها این کار را نمیکنیم، در رابطه یکی معکوس افغانه می نمود



Subject: 31

Year: Month: Date: ()

جلسه نهم

82 8 13

$$du = T ds - P dv$$

$$dh = T ds + v dp$$

$$da = -p dv - s dT$$

$$dg = v dp - s dT$$

$$\left(\frac{\partial s}{\partial v}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v$$

$$u = u(s, v)$$

$$du = \left(\frac{\partial u}{\partial s}\right)_v ds + \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_s dv$$

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

$$\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_s = -P$$

Cyclic relation

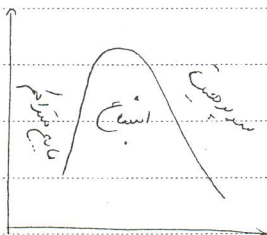
$$z = z(x, y)$$

$$\left(\frac{\partial x}{\partial z}\right)_y \left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)_z \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x = -1$$

حد تمام از حواص. تودرینجا می توانه باشه

از در حواصیت. دلگیر کردن و قوی و ولور و برای

آن میروسیم



اگر که در تمام حد اول. تودرینجا می تونه باشه

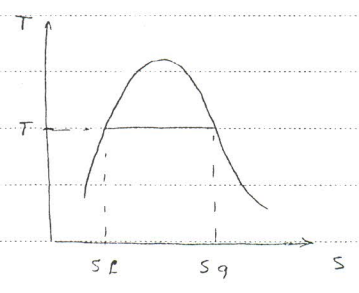
بقدر آن برای توازن. محاسبات. حواصیت. حواصیت. حواصیت. حواصیت

راب حواصیت. حواصیت. حواصیت. حواصیت. حواصیت

معادلات Clapeyron (برای حالت اشباع)

$$\left(\frac{\partial s}{\partial v}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v$$

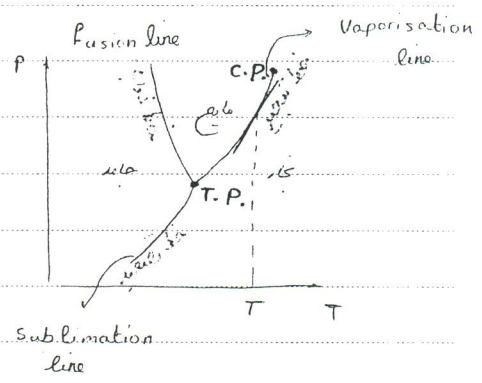
$$\int_f^g ds_T = \int_f^g \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v dv_T$$



حالت اشباع $\Rightarrow \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v = \left(\frac{dp}{dT}\right)_{sat}$
 $P = P(T)$

$$\int_{s_f}^{s_g} ds = \left(\frac{dp}{dT}\right)_{sat} \int_{v_f}^{v_g} dv$$

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



استدلالی (برای یک روی خاص، در حالت اشباع)

حداً تعیین برای یک ماده مشخص، یک خط ثابت است.

$$\int_f^g dh = \int_f^g T ds$$

$$h_{fg} = T s_{fg}$$

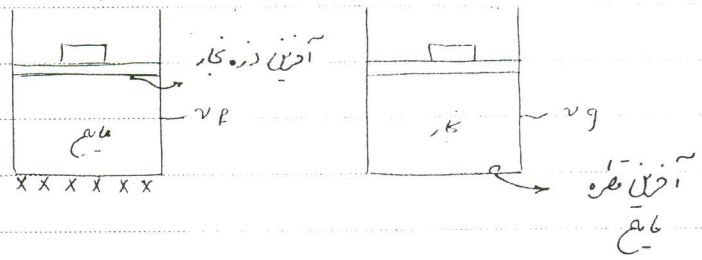
$$h_{fg} = T \left(\frac{dp}{dT}\right)_{sat} v_{fg}$$

استدلالی (برای یک روی خاص، در حالت اشباع)

همه این روابط این است که به سمت راست آن ها، هملی، کیفیت ها یا قابل اندازه گیری در آزمایش است.

Subject: 32

Year: Month: Date: ()



روابط کلیدی: h_{fg} , S_{fg} , h_g , S_g برای جدول بخار. برای نقطه ای با h_g , S_g و h_f , S_f در نقطه ای با h_g , S_g در آن برای 0.01° در h_g , S_g را پسند در نقطه ای گرم (عنوان نقطه میانی گرم)

$$dq_p = dq_g \rightarrow h_{fg} = T S_{fg}$$

در دمای Super heat و مایع سردتر، روابط شبیه هم اند فقط در نقطه اشباع (نقطه ای که مایع شروع به جوشیدن می کند)

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

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

در فشارهای پایین $v_p \ll v_g$

در نقطه بحرانی $v_p = v_g$

$$\left(\frac{dp}{dT}\right)_{sat} = \frac{h_{fg}}{T v_g}$$

در فشارهای پایین جدول بخار h را هم در نظر می گیریم

$$v_g = \frac{RT}{P}$$

باز هم در نقطه ای گرم

$$\left(\frac{dp}{dT}\right)_{sat} = \frac{P h_{fg}}{R T^2}$$

$$\int \left(\frac{dp}{P}\right) = \int \frac{h_{fg} dT}{R T^2} \Rightarrow \ln P = -\frac{h_{fg}}{R} \left(\frac{1}{T}\right) + C$$

فائده نگار سوپر هیت و جامع ترانس

$$S = S(T, v)$$

$$\textcircled{1} ds = \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_v dT + \left(\frac{\partial S}{\partial v} \right)_T dv$$

P S
 T v

$$\downarrow$$
$$\left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_v$$

$$P = P(T, v) \quad \text{معادله حالت} \quad (Pv = \gamma RT \quad \text{مثلاً برای گاز ایده آل})$$

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

$$du = \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_v dT + \left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T dv$$

c_v

$$T ds = du + P dv$$

$$ds = \frac{1}{T} (c_v dT + \left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T dv) + \frac{P}{T} dv$$

$$\textcircled{2} ds = \frac{c_v dT}{T} + \frac{1}{T} \left[\left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T + P \right] dv$$

$$1, 2 \Rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_v = \frac{c_v}{T} \Rightarrow \left(\frac{\partial T}{\partial S} \right)_v = \frac{T}{c_v}$$

$$1) \left\{ ds = \frac{c_v dT}{T} + \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_v dv \right\}$$

$$2) \left\{ du = c_v dT + \left[T \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_v - P \right] dv \right\}$$

Subject: 33

Year. Month. Date. ()

$$s = s(T, P)$$

این روابط، از اینجا به بعد، برای ماده ای است که برقرار است چون در
تاکید است (P نامی از T است این S یعنی لواد تابع مستقل از P, T می باشد)

$$ds = \left(\frac{\partial s}{\partial T} \right)_P dT + \left(\frac{\partial s}{\partial P} \right)_T dP$$

$$\left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P$$



اینجا برای حالتی نسبت اول، برای رابطه برای استادی استفاده می کنیم تا رابطه ای هم بتوانیم برای h بنویسیم
ادرسیم

$$h = h(T, P)$$

$$dh = \left(\frac{\partial h}{\partial T} \right)_P dT + \left(\frac{\partial h}{\partial P} \right)_T dP$$

$$T ds + v dp = dh$$

$$ds = \frac{C_p dT}{T} + \frac{1}{T} \left[\left(\frac{\partial h}{\partial P} \right)_T - v \right] dP$$

$$\left(\frac{\partial s}{\partial T} \right)_P = \frac{C_p}{T} \Rightarrow \left(\frac{\partial T}{\partial s} \right)_P = \frac{T}{C_p}$$

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

خطه در رابطه برای استادی لازم است. نکاتی که
مقاله حالت از روابط فشاری باشند از رابطه قبل و بعدی

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

از روابط هم می آیند از این رابطه استفاده می کنیم

مثال: گاز ایده آل $Pv = RT$

$$v = \frac{RT}{P} \quad \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P = \frac{R}{P}$$

$$dh = C_p dT + \left[\frac{RT}{P} - \frac{R}{P} T \right] dP \quad \int ds = \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p dT}{T} - \int_{P_1}^{P_2} \frac{R dP}{P}$$

$$\bar{C}_v \dot{C}_v \Rightarrow S_2 - S_1 = C_{P_0} \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$du = C_v \cdot dT$$

Subject: 34

Year. Month. Date. ()

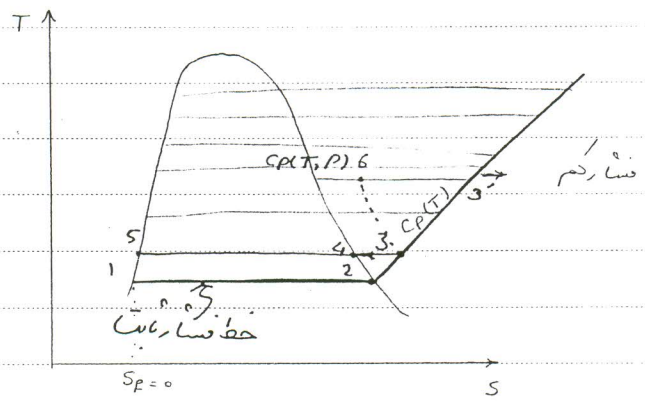
جلسه پانزدهم

87, 8, 18

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

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

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



فاز سوم ترمودینامیک: تمام موارد در موردی که در سیال آزاد باشند، استفاده می‌کنیم. اینها در همه موارد برابر هستند.

استفاده می‌کنیم 1 را به عنوان همسان. همه در دقت می‌گیریم.

C_p و C_v برای ما همگی قابل تعریف نیستند.

در فشاری که در دقت می‌گیریم، C_p و C_v با هم از هم جدا هستند. (supersaturated) اینها در دقت می‌گیریم. همیشه به اینکه معادله s_p حالت فشاری است با هم، از این از دو طرف ds را با هم می‌کنیم.

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

اینکه درجه فشاری (مختار کم) با زاویه آل به نقطه می‌رسد، به دلخواه ما به واسطه است.

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

مولهای کنیم برای فرایند 3-4. معادله حالت فشاری است یعنی $P = P(T, v)$.

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

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

این بروی بید از آن استفاده می‌کنیم 6، مستقیماً از 3 به 6 برویم.

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

ولی در این حالت مشکل برقی داریم چون ما بروی هر خطی از نمودار، رابطه C_p و C_v را نداریم بلکه روی خطوط
 عمود از فشار ثابت C_p و C_v داریم. بنابراین:

قرار دادیم که خط اول از نمودار، خطوط فشار ثابت اینطور می‌دهیم

خطوط هم‌دما و هم‌ان

یک سیال (جامع) و جامد دارای حجم مشخصی را در نظر می‌گیریم. فرض است که

$P = \text{const}$
 $v = \text{const}$

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

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

$$du = C_v dT$$

$$h = u + Pv$$

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

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

Subject: 35

Year. Month. Date. ()

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

برای حساب کردن، ما می‌توانیم

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

تولید کنیم

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

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

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

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

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

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

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

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

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

چرا که $C_p = C_v$ است؟

در این حالت (T.C.C.)

با شرایط خاص دیگر $\left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P$ است.

بسیار بیشتر بدانیم، مقدار $(\frac{\partial P}{\partial v})_T$ مقدار متغیر است، پس مقدار $C_p - C_v$ مقدار متغیر است

$$C_p > C_v \leftarrow$$

چون در همه موارد، هر چه فشار زیاد شود، حجم کم می شود!

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

سخت دیفرانسیل کامل را روی آن برقرار می کنیم:

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

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

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

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

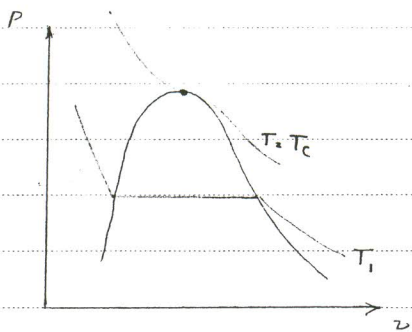
Subject: 36

Year. Month. Date. ()

$PV=RT$: ideal gas معادله حالت

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

معادله حالت واندر والس



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

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

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

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

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

$v_c = 3b$

$Pv = zRT$ $z_c = \frac{P_c v_c}{RT_c} = \frac{3}{8}$

Subject:

Year: Month: Date: ()

$$Pv^3 - (Pb + RT)v^2 + av - ab = 0$$

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

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

در این کتاب به دست آوردن معادله $L. b. a. z. R$ پرداخته شده است.

Subject: 37

Year: Month: Date: ()

جلسه شانزدهم

87, 8, 29

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

Vander waals
Corresponding

$$Pv = zRT$$

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

$$z_c = 0.375$$

برای معادله واندر والیس z_c ثابت است

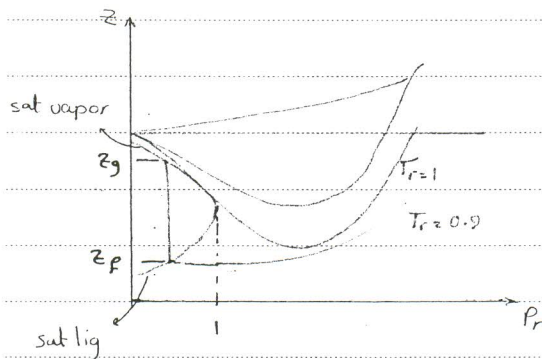
$$z_c = \frac{P_c v_c}{RT_c}$$

دلی به شکل

$$z_c = 0.2, 0.3$$

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

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



$$z = z_g + x z_{fg} \Rightarrow$$

مقدار نسبتی است

$$v = \frac{zRT}{P} \Rightarrow$$

مقدار نسبتی است

چارت عمومی یافته

برای مقیاس تغییرات انتالی نسبت به انتالی باراند اول در دمای ثابت = برای بارهای مختلف

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

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

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

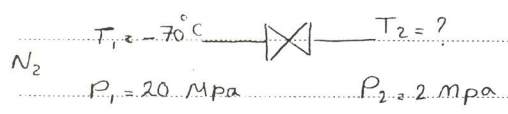
$$dh_T = - \frac{RT^2}{P} \left(\frac{\partial z}{\partial T} \right)_P dP_T$$

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

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

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

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



مثال:

$$T_1 P_1^{\gamma} = h_1 = h_2 = T_2 P_2^{\gamma}$$

در این مسئله ما فرض می‌کنیم که تغییرات ایزنتروپیک است.

از طرف دیگر، چون تغییرات ایزنتروپیک است، داریم $T_2 = -70 \text{ °C}$

$$h_1 = h_2 = 0$$

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

Subject: 38

Year: Month: Date: ()

$$T_1 = -70^\circ\text{C}$$

$$T_{r1} = \frac{203.2}{126.2} = 1.61$$

$$P_1 = 20 \text{ mpa}$$

$$P_{r1} = \frac{20}{339} = 5.9$$

$$\frac{\bar{h}_1^* - \bar{h}_1}{T_c} = 14.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \rightarrow h_1^* - h_1 = \frac{14.2 \times 126.2}{2.8} = 64 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

از دستقی و خطای ثابت T_2 را حدس بزنیم در مسئله را حل کنیم

$$(h_1^* - h_2^*) = C_p(T_1 - T_2) \quad \text{چون تغییرات ناچهارم است}$$

$$\text{فرض: } T_2 = 156 \text{ K}$$

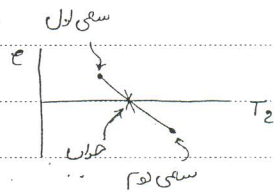
$$P_{r2} = \frac{2}{339} = 0.59$$

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

$$\frac{\bar{h}_2^* - \bar{h}_2}{T_c} = 3.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}$$

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

$$e = -64 + 49.2 + 14.9 = 0$$



روابط ترمودینامیکی

(S_{T,P} - S_{T,P}^*) (h_{T,P} - h_{T,P}^*)

ds = Cp dT / T - (∂v / ∂T)_P dp

اختلاف این دو که فاز است به حالت ایده آل بدست می آید کم سن در اینجا در حالت ایده آل است این سوال می گویم

∫_{S_0^*}^{S_P} dS_T = ∫_{P_0}^P - (∂v / ∂T)_P dp_T

S_0^* ← فاز ایده آل و فشار صفر (فاز خالی)

(S_P - S_0^*) = ... ⇒

اختلاف این دو که فاز است در فشارهای T و P نسبت به حالت ایده آل در فشار T و فشار P

(S_P^* - S_0^*)_T = - ∫_0^P (∂v / ∂T)_P dp

Pv = RT

(S_P^* - S_0^*)_T = -R ∫_0^P dp / P

(S_P^* - S_P)_T = - ∫_0^P [R/P - (∂v / ∂T)_P] dp_T

Pv = ZRT

(S_P^* - S_P)_T = -R ∫_0^P [1/P - T/P (∂Z / ∂T)_P] dp

T = T_c T_r

P = P_c P_r dp = P_c dp_r

Subject: 39

Year: Month: Date: ()

$$\frac{(\bar{S}_P^* - \bar{S}_P)_T}{R} = \frac{\bar{h}^* - \bar{h}}{\bar{R} T_r T_c} - \int_0^{P_r} (1-z) \frac{dP_r}{P_r}$$

ترجم اول از جدول اجزای استاتی برسد می آید
 دوم از نمودار T_r و P_r بدست می آید

مثال: ضریب تبدیل تراکم گاز CO_2 از فشار P_1 به P_2 می رود
 در حالت 1. CO_2 گاز ایده آل است. (بدلیل فشار پایین)
 $P_1 = 1 \text{ bar}$, $T_1 = 220 \text{ K}$
 $P_2 = 40 \text{ bar}$

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 چک کردن
 در صورت استفاده از روش عددی و خطا، برای حدس اولیه، استفاده می شود

2nd law: $\bar{S}_1 - \bar{S}_2 = 0$

$$\downarrow \bar{S}_1^* - \bar{S}_2 = 0 \rightarrow (\bar{S}_1^* - \bar{S}_2^*) + (\bar{S}_2^* - \bar{S}_2) = 0$$

تغییرات انتروپی گاز ایده آل

$$\left(C_{P_0} \ln \frac{T_2}{T_1} - \bar{R} \ln \frac{P_2}{P_1} \right)$$

$P_2 = 40 \text{ bar}$ \Rightarrow $\begin{matrix} P_{r2} \checkmark \\ T_{r2} \checkmark \end{matrix}$ $\Rightarrow T_2 = 498 \text{ K}$

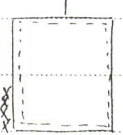
$T_2 = ?$

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

از خطی و خط T_2 را مقارن کنیم T_{r2} بدست می آید $\Rightarrow \bar{S}_2^* - \bar{S}_2 = 0$ در معادله 11
 قرار داد و چک می کنیم صحتی پیدا کنیم

$P_i = 13.6 \text{ MPa}$ $U_i = 13.6$

$T_i = 43^\circ\text{C}$



$P_1 = 0$
 $V = 28 \text{ lit}$
 $P_2 = 12.25 \text{ MPa}$

مسئله: جدول تبدیل دما برای این دو مورد بنویسید.
 با توجه به فشارهای نسبتاً بالا، فرض کنید این را ایده آل فرض نمی‌کنیم.
 فریب پذیر بودن آنقدر سریع است که حتی آنکه در صورت مسأله ذکر شده
 باشد، آن را آدیاباتیکی در نظر می‌گیریم.

حقیقت دارد که در دمای سرد، مقدار انرژی بر واحد جرم آن، آدیاباتی است.
 چون ممکن است انرژی سرد، مقدار انرژی بر واحد جرم
 آن، انرژی داخلی سرد.

$$\dot{q} + m_i h_i = (m_2 u_2 - m_1 u_1) + \dot{w}$$

هیچ کدام از عمل‌های کاری که ما می‌کنیم نیستیم این دو مورد را در

بدرستی: $m_i = m_2$

$\Rightarrow h_i = u_2$

$$h_i = h_2 - \frac{P_2 V_2}{Z_2 R T_2}$$
 Z_2 را می‌توانیم به راحتی از چارت عمودیت یافته بدست آوریم.

$$h_2 - h_i = Z_2 R T_2$$

$$h_2 - h_2^* + (h_2^* - h_i^*) + (h_i^* - h_i) = Z_2 R T_2$$

$$C_{p_0} (T_2 - T_i)$$

$T_2 = 56^\circ\text{C}$ $m_2 = 9.54 \text{ kg}$

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

$m_2 = 12.2 \text{ kg}$

Subject: 40

Year: Month: Date: ()

ماره صحیفه

مخلوط مار صحیفه

Kay's rule

دماي گسری مخلوط (mixture)

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

تک اجزای سبیل بهند دمای گسری دارند

وکی مخلوط دمای گسری ندارد = 0 مجازی است

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

نسبت مولی n_i / تقاضای کل n_t

mole fraction

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

از $T_{rm} = T_{cm}$ می توان سایر خصوصیات مخلوط استقا کرد برای یافتن

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

دمای مخلوط برابر $T = 310.94 K$ و فشار آن $P = 86.19 bar$ است

برای مقایسه با جوابی که در روش Kay است $v = 0.2205 \frac{m^3}{kgmol}$ measured

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

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

Subject: _____

Year. _____ Month. _____ Date. _____ ()

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

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

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

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

$$\Rightarrow z_m = 0.705$$

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

حجم مولی متوسط

حجم مولی 5٪

\bar{R} ← ثابت جهانی گازها (دستی) نشانه بار (-) دارد، مولی (بر واحد مول) است.

Subject: 41

Year: Month: Date: ()

مخلوط گازهای ایده آل

هر دو مخلوط از دید گاز ایده آل است و خود آن هم گاز ایده آل محسوب می شود و حداقل مربوط به آن در فشار ها و دما و جود دارد. ولی سایر مخلوط های گازهای ایده آل واقعاً توان به همین صورت جداگانه را ندارند.

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

$$\sum_i y_i = 1$$

حجم مولی مخلوط M

$$m = \sum_i m_i$$

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

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

mole fraction

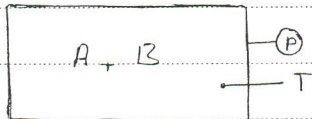
$$y_i = \frac{n_i}{n_t}$$

mass fraction

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

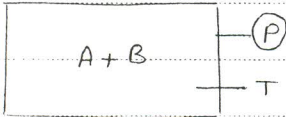
مخلوط گاز ایده آل

حجم A و B گاز ایده آل اند.



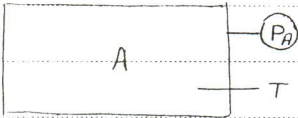
Gibbs Dalton

چون A و B ایده آل اند، دگرگونی را می توانیم

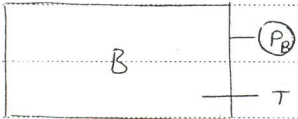


که از A و B تقاطع ظرف را استفاده می کنند

||



+



P_i Partial Pressure

فشار جزئی

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

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

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

$$\sum_i P_i = P$$

با در نظر گرفتن این معادله می توانیم $\sigma = 0$ کار دریا در دگرگونی را می بینیم

Subject: 42

Year: Month: Date: ()

جلسه هجدهم

87, 8, 27

خطوط با ششای امیدوار

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

$$\mu = \sum y_i M_i$$

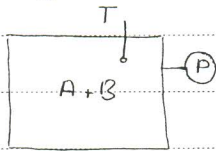
$$mP_i = \frac{m_i}{m_t}$$

1) Gibbs Dalton

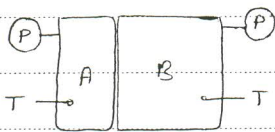
$$P_i = \frac{n_i}{n_t} P$$

$$P_i = y_i P$$

2) Amagat - Leduc



با A و B هم‌اشاره می‌کنند که فشارش برابر فشار P است

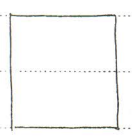


$$P V_i = n_i \bar{R} T$$

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

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

همان‌طور که مشاهده می‌کنیم در تمام فرمول‌ها (با اشاره به کارهای و محاسبات بعد از فصلی از سوال و روش را بخوانید)



مثال: O_2 به ظرف تبریدی
 می شود تا فشار آن به P_2
 برسد

$m_{N_2} = 2 \text{ lbm}$ $P_2 = 400 \text{ psia}$
 $P_1 = 300 \text{ psi}$ $T_2 = 100^\circ \text{ F}$
 $T_1 = 100^\circ \text{ F}$ $m_{O_2} = ?$

الگوی دالون: 8

چون ما با آب مانده، نسبت، عنصر N_2 در حال 300 psia است پس می ماند

$$n_{N_2} = \frac{2}{28} = 0.0714 \quad P_{N_2} = 300 \text{ psia}$$

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

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

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

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

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

عدل اما طاب فقط برای گاز ایده آل صادر است!
 در موارد تغییر، این روابط که معمولاً در مهندسی به نظم می رسند مثل $V = \sum V_i$ ، برقرار نیستند مثلاً در مورد
 حجم ها، وقتی جمع می شوند، یک حجم اضافی هم بوجود می آید.

$$U = \sum_i U_i$$

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

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

Subject: 43

Year. Month. Date. ()

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

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

رابطه آدنن C_v مخلوط از روی C_v اجزا:

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

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

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

$$\left\{ C_v = \sum_i m_{P_i} C_{v_i} \right\}$$

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

رابطه آدنن C_p مخلوط از روی C_p اجزا:

$$\left\{ C_p = \sum_i m_{P_i} C_{p_i} \right\}$$

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

$$\Delta U = \sum \Delta U_i$$

$$m \Delta U = \sum m_i C_{v_i} \Delta T$$

$$\Delta u = \left[\sum_i m_{P_i} C_{v_i} \right] \Delta T$$

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

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

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

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

کامپاند استوسکی
 مدل دالتون

$$S_2 - S_1 = C_{p0} \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \sum_i m_i \Delta S_i = \sum_i m_i C_{p_i} \ln \frac{T_2}{T_1} - \sum_i m_i R_i \ln \frac{P_{i2}}{P_{i1}}$$

$$\frac{P_{i2}}{P_{i1}} = \frac{y_{i2}}{y_{i1}} \frac{P_2}{P_1}$$

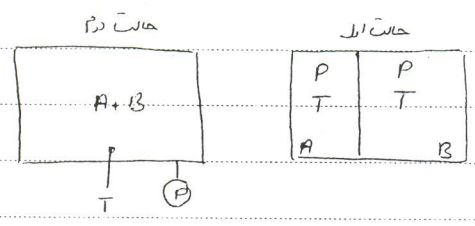
در این رابطه \bar{R} به ازای R_i در نظر گرفته می شود.

$$\left(S_2 - S_1 = C_{v0} \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1} \right) \text{ مدل ابگاس}$$

$$\Delta S = \sum_i n_i \bar{C}_{p_i} \ln \frac{T_2}{T_1} - \sum_i n_i \bar{R} \ln \frac{P_{i2}}{P_{i1}}$$

$$n \bar{\Delta S} =$$

$$\bar{\Delta S} = \left\{ \sum_i y_i \bar{C}_{p_i} \right\} \ln \frac{T_2}{T_1} - \sum_i y_i \bar{R} \ln \frac{P_{i2}}{P_{i1}}$$



$$\ln \frac{T_2}{T_1} = 1 \text{ since } T_2 = T_1$$

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

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

$$\Delta S = \sum_i n_i \bar{R} \ln \frac{1}{y_i} > 0 \quad \text{since } (y_i < 1 \rightarrow \frac{1}{y_i} > 1 \rightarrow \ln \frac{1}{y_i} > 0)$$

Subject: 44

Year: Month: Date: ()

حکومت شدن دو گاز غیر متجانس، یکی از راه های افزایش انترپدی است
 با توجه به روش گفته شده، ترمودینامیک کلاسیک، برای مخلوط شدن دو گاز مشابه هم، اندکسین انترپدی در نظر می آید
 ترمودینامیک آماری: دو گاز مشابه، فضایی که مخلوط می شود، اندکسین انترپدی که خواهد داشت.

مثال:



0.2 kg N₂

0.3 kg Ar

act, Rev

P₁ = 2 bar

P₂ = 6 bar

T₁ = 300 k

T₂ = ?

W₁₂ = ?

به علت کامل بودن گازها، به راحتی می توان از رابطه $T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}$ استفاده کرد ولی C_p و C_v وجود ندارد باید آن ها را کاملاً محاسبه کرد.

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

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

$$C_{v,m} = \frac{1}{0.5} (0.2 \times 0.7498 + 0.3 \times 0.3122) = 0.4852 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

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

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

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

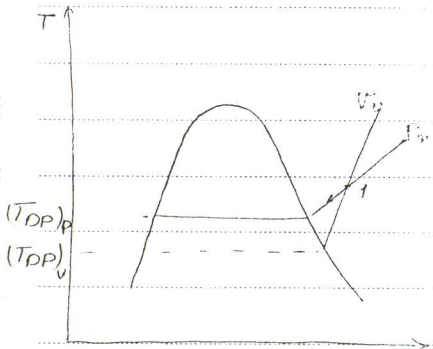
مخلوط گازها که ایده آل

مخلوط گازها، فرایند های آمیخته

HVAC

اندازه گیری های مورد نیاز برای تعیین توان این مخلوط را با استفاده از (الترنومترها) گازها، گازها و آب (بسیار) مثل مخلوط هوا و گاز

Dew Point Temp. دمای نقطه شبنم



این مخلوط گازها در حالت اشباع است. دمای نقطه شبنم این دمای مخلوط را در فشار کل نشان می دهد. دمای نقطه شبنم دمای است که در این دما در یک تغییر در فشار رخ می دهد. دمای نقطه شبنم است.

$$P_v = \frac{n_v}{n_t} P$$

دمای نقطه شبنم در حجم ثابت، تعداد دمای نقطه شبنم در حجم ثابت است.

$$v_v = \frac{n_v}{n_t} v$$

در یک حجم مشخص، همیشه فشار ثابت است. در فرایند های آمیخته، فشار کل ثابت است.

دمای نقطه شبنم

دمای نقطه شبنم که در آن، کاربرد دمای بسیار پایین است. در حالت دانه های برف، شبنم می خورد. در همین حالت، در حالی که دما پایین می آید، شبنم هم تشکیل می دهد. پس در دماهای زیر صفر، قطرات شبنم هم می خورد و البته ای نوع هم تشکیل می خورد.

Subject: 45

Year: Month: Date: ()

مثال این سوال بدین ترتیب است که در فضای بسته در حال تبدیل می شود، بهراقتل از آن به مایع تبدیل شده که در این لحظه در هر دو طرف هم دما یکسان است و در هر دو طرف هم مقدار بخار در هر دو مایع می ماند.

رطوبت نسبی Relative Humidity

نسبت جرم بخار آب در کل بخار

$$\phi = \frac{m_v}{m_{sat}} = \frac{\frac{P_v V}{R_v T}}{\frac{P_g V}{R_v T}}$$

در حالتی که در هر دو طرف هم دما یکسان است و در هر دو طرف هم مقدار بخار در هر دو مایع می ماند، در این حالت نسبت رطوبت نسبی در هر دو طرف یکسان است.

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

Humidity Ratio , Specific Humidity رطوبت خاص

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = \frac{\frac{P_v V}{R_v T}}{\frac{P_a V}{R_a T}} = \frac{P_v R_a}{P_a R_v} = \frac{P_v}{P_a} \frac{R_a}{R_v} = \frac{P_v}{P_a} \frac{M_a}{M_v} = 0.622 \frac{P_v}{P - P_v}$$

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

$P = 0.1 \text{ Mpa}$

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

$\phi = 70\%$

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

$\omega = ?$

$\phi = 0.7 = \frac{P_v}{P_g}$
 $P_g = P_{sat} T=35^\circ = 5.628 \text{ kpa}$

مثال: مخلوط هوای بخار

$P_v = 0.7 \times 5.628 = 3.94 \text{ kpa}$

$T_{DP} = 28.6^\circ \text{C}$

در این حالت دما در هر دو طرف یکسان است و در هر دو طرف هم مقدار بخار در هر دو مایع می ماند.

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

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

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

$$m_a = \frac{P_a V}{R_a T} \rightarrow m_a = \frac{96.06 (100)}{\frac{8.314}{29} (35 + 273.15)} \rightarrow m_a = 708.6 \text{ kg}$$

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

اینه $T_2 = 5^\circ\text{C}$ معتدلیم جای که تبدیل انجام می‌دهد را بدست آورده

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

$$T_2 < T_{DP} \rightarrow \text{sat air} \rightarrow \phi_2 = 1$$

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

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

مقدار جرم کار در مخلوط هوای در حالت 2 را از مقدار جرم کار در مخلوط هوا

در حالت 1 می‌کیم. جرم آن تشکیل شده را می‌دهد

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

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

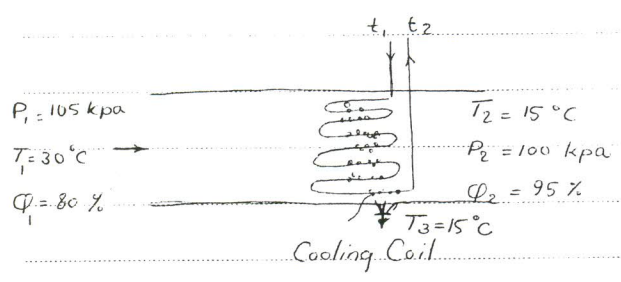
$$= 708.6 (0.0225 - 0.0055) = 2.172 \text{ kg}$$

Subject: 46
Year: Month: Date: ()

جلسه بیستم
87,9,4

مخلوطه نسو او بخار
فازینده های تقویمه مایع

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



سوال
من اولی

این هوا از روی نقطه شبنم گذر می کند، روی جدول حرارت مایع ششلی می شود

$$\phi_1 = 0.8 = \frac{P_{v1}}{P_{g1}}$$

قدرت مایعی که ششلی می کند با باید از جدول اولی خارج کرد این آن است، آن مقدار قابل جدول است

$$P_{g1} = \frac{P_{sat}}{T=30^\circ C} = 4.246 \text{ kPa}$$

آن جدول را هم با با جدولی که می داریم

$$P_{v1} = 3.394 \text{ kPa} \rightarrow T_{dp} = 26^\circ C$$

با تغییر جدولی توان φ2 را 100% گرفت چون مایع جدولی از روی نقطه شبنم گذر است، پس حالت اشباع است

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

$$\begin{cases} m a_1 = m a_2 = m a & \text{هوای خشک} \\ m v_1 = m v_2 + m l_3 & \text{در این جا که } C_p \text{ ثابت فرض است} \end{cases} \rightarrow \frac{m l_3}{m a} = W_1 - W_2$$

$$\frac{Q_{c.v.}}{m a} + h_{a1} + W_1 h_{v1} = h_{a2} + W_2 h_{v2} + (W_1 - W_2) h_{l3}$$

$$\frac{Q_{c.v.}}{m a} = C_p (T_2 - T_1) + W_2 h_{v2} - W_1 h_{v1} + (W_1 - W_2) h_{l3}$$

چون در فرایند های تقطیر یا تبخیر معمولاً کار در انتقال حرارت را بر واحد حجم مایع یا جامد می فرماییم. برای محاسبه این

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

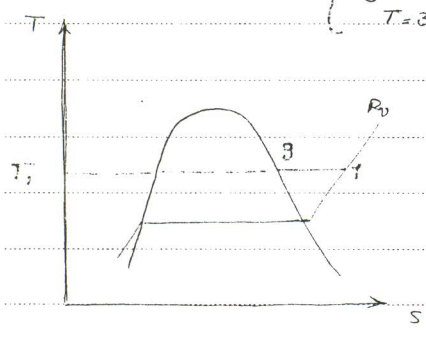
$P_{v1} = 3.4 \text{ kpa}$

کمترین مقدار دمای مایع در جدول برای نسبت 10 kpa (در صورت)

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

$$\left\{ \begin{array}{l} h_g = 2556.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \\ T = 30^\circ \text{C} \end{array} \right.$$

super heat است.



چون نقطه 1 را می توان از جدول در نظر گرفت.

در های ثابت است ای آن تغییر نمی کند پس برای

یافتن استای نقطه 1 می توان استای بخار را استخراج

$h_{v1} = h_{g1}$

در این دو رابطه نسبت آدور و رطوبت را می توان بدست

$\phi_2 = 0.95 \quad P_{v2} = \phi_2 P_{g2} = 1.7 \cdot (0.95) = 1.62 \text{ kpa}$

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

$h_{v2} = h_g \quad T_2 = 15^\circ \text{C} \quad = 2528.9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$h_{f3} = h_f \quad T_3 = 15^\circ \text{C} \quad = 62.99 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

نسبت رطوبت خونی مایع باید برابر نسبت رطوبت 10 kpa باشد

$\frac{Q_{c.v}}{m_a} = 41.76 \frac{\text{kJ}}{\text{kg dry air}}$

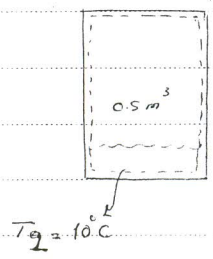
$\frac{m_{l3}}{m_a} = 0.0208 - 0.0102$

$Q_{c.v} = \dot{m}_w \cdot C \cdot (t_2 - t_1)$ دمای آب داخل

Cooling Coil بر روی آن

Subject: 47
 Year: Month: Date: ()

در این مسئله یک سیستم بسته است و در آن یک گاز و یک مایع وجود دارد. آیا این سیستم در حالت Steady و در حال تغییر است؟



مثال: مقدار انتقال حرارت این ظرف را پیدا کنید. اگر دمای آن 10°C برسد.

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

$Cv_{N_2} (T_2 - T_1)$

$Cv_{N_2} = 0.745$

H_2O Superheat

$v_{H_2O} = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{0.4615 \times 323}{5} = 29.81 \frac{m^3}{kg}$

$v = \frac{V}{m_{H_2O}} \rightarrow m_{H_2O} = m_{v_1} = m_{v_2} + m_{l_2} = 0.01677 \text{ kg}$

$\Delta U_{H_2O} = m (u_2 - u_1) = 0.01677 (u_{f, 10} + x u_{fg, 10} - u_1)$

$u_{g, T=50} = 2443.47$

$v_{g, T=10} = 106.376$

$v_2 < v_{g, T=10} \rightarrow$ این مقدار بیشتر از حد است، پس باید باقی مانده

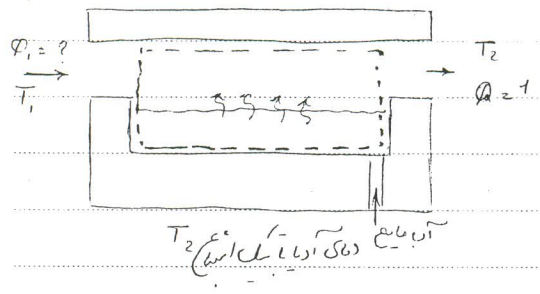
$x_2 = x_f + x_2 v_{fg} \Rightarrow x_2 = \frac{29.81 - 0.001}{106.376} = 0.280 = \frac{m_v}{m_f} \rightarrow m_{v_2} = 0.0047 \text{ kg}$

$m_{N_2} R_{N_2} T_1 = P_{N_2} V_1 \rightarrow m_{N_2} = \frac{1995 \times 0.5}{0.2968 \times 323} = 10.40 \text{ kg}$

$Q = 10.40 \times 0.745 \times (10 - 50) + 0.01677 (699.19 - 2443.47) = -339.17 \text{ kJ}$

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

فرایند آدنایاتیک است



دکته از درون این راهبرد عبور می کند و از آن درون محفظه رطوبت بیشتری می گیرد. فرایند unsteady است چون آن درون محفظه هم کار می کند. به همین دلیل یک ورودی برای آب درون محفظه در نظر می گیریم.

$$h_{a1} + w_1 h_{v1} + (w_2 - w_1) h_{f2} = h_{a2} + w_2 h_{v2}$$

$$w_1 = \frac{C_{p0} (T_2 - T_1) + w_2 (h_{v2} - h_{f2})}{h_{v1} - h_{f2}}$$

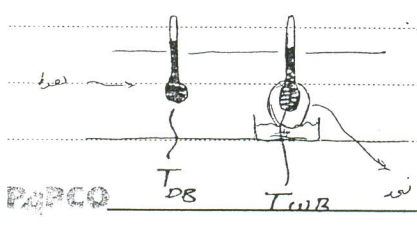
آب درون را با هوای گرمی هم دما می گیریم

$$w_1 = \frac{C_{p0} (T_2 - T_1) + w_2 h_{fg2}}{h_{g1} - h_{f2}}$$

Wet bulb Temp.
dry bulb Temp.

دماهای تر و خشک

در شرایطی که از دماهای تر و خشک استفاده می کنیم نسبت رطوبت 100٪ باشد. این از دماهای تر و خشک است. دو ترمومتر یک دما را نشان می دهند.



Subject: 48

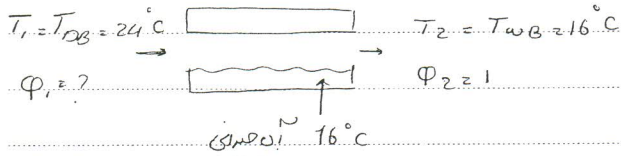
Year: Month: Date: ()

اگر رطوبت هوا 100% باشد، دمای ممتد دم (یا دمای گشایش) در همان جا که در آنجا می‌باشد، همان دمای ممتد دم است. این دمای ممتد دم را از دمای ممتد دم می‌گویند.

در صورتی که دمای هوا در یک نقطه T_{wb} باشد، این دمای ممتد دم است. این دمای ممتد دم را از دمای ممتد دم می‌گویند. این دمای ممتد دم را از دمای ممتد دم می‌گویند.

اگر دمای ممتد دم در یک نقطه T_{wb} باشد، این دمای ممتد دم است. این دمای ممتد دم را از دمای ممتد دم می‌گویند. این دمای ممتد دم را از دمای ممتد دم می‌گویند.

مثال: $P = 1 \text{ bar}$ $w = ?$
 $T_{DB} = 24^\circ\text{C}$ $\phi = ?$
 $T_{WB} = 16^\circ\text{C}$



$$w_2 = \phi_2 \cdot P_{v_2} = P_g \cdot \phi_2 = 0.01818 \text{ bar} \quad T_2 = 16^\circ\text{C}$$

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

$$T_2 = T_{WB} = 16^\circ\text{C} \rightarrow h_{f_2} = 2463.6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_{p_2} = h_{p_2} \quad T_{WB} = 16^\circ\text{C} \quad = 67.2$$

$$T_1 = T_{DB} = 24^\circ\text{C} \quad h_{g_1} = 2545.4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad T_1 = 24^\circ\text{C}$$

Subject: _____

Year: _____ Month: _____ Date: _____

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

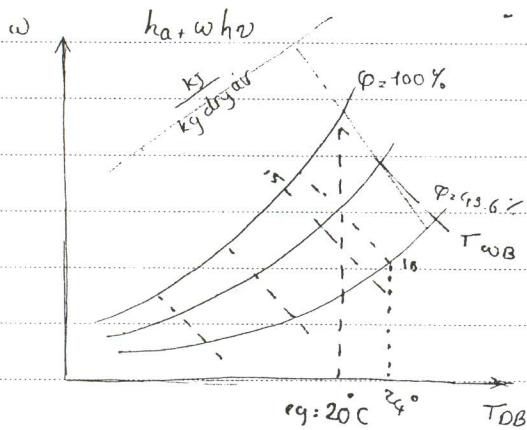
$$\omega_1 = 0.622 \frac{P_{v1}}{P - P_{v1}} \rightarrow P_{v1} = 0.013 \text{ bar}$$

↓
1 bar

$$\phi_1 = \frac{P_{v1}}{P_{g1}} = \frac{0.013}{0.002985} = 43.6 \%$$

آیا می‌توان بدون (ای) محاسبات، از روی دیاگرام رطوبت نسبی، رابطه به دست آورد؟
در تقریباً یک (چهار) برای اطمینان از درستی رابطه ها و راه حل‌ها استفاده می‌کنیم.

چارت رطوبت نسبی - چارت سایکلرو متریک



برای مدراج کردن نقطه WB:

در $\phi = 100\%$ ، دمای WB و DB باید برابر باشند. به این ترتیب می‌توان خط T_{wb} را مدراج کرد.

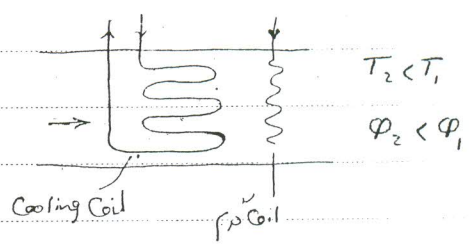
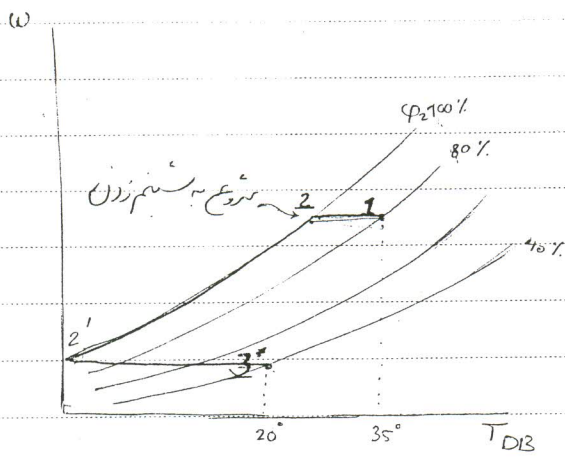
مثال: چون مثال قبل را با توجه به جدول حل می‌کنیم

Subject: 49

Year: Month: Date: ()

پیدا کردن نقاط ششمن از روی چارت:

تأمل کنید که به نقطه ششمن از روی چارت می‌ماند. اگر به صورت افقی روی چارت پیش برویم برای پیدا کردن نقاط ششمن این هوا، در ω ثابت، هوا را سرد می‌کنیم، تا $\phi = 100\%$ که همان نقطه ششمن است.

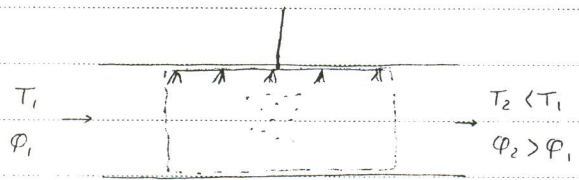


1-2: از روی خط به نقطه ششمن برسد. ω ثابت است.
 2-3: در حالت ϕ ثابت، ω کم می‌شود تا به $\omega = 20\%$ می‌رسد.

هوا به این صورت، هم در دمای طولی تغییر می‌کند. اگر از نقطه 2، هوا را به اتاق وارد می‌کنیم، فقط دمای هوا کاهش پیدا می‌کند و رطوبت هم کنترل نمی‌گردد.

Air handling Unit

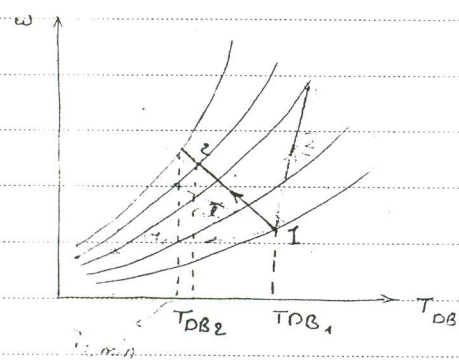
کلاس / شماره / نام



فرآیند سرمایش تبخیری
Evaporative Cooler

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

آب سردی که آب روغن خیلی کم یا خیلی زیاد باشد، نمی‌تواند از انتقال حرارت سردی بهره‌مند شود.



سبب حفظ wet bulb ثابت تقریباً با نسبت حفظ انبساطی ثابت کار است و فرایند ۱-۲ از انتقال حرارت نهانست با ششیم، انبساطی ثابت است. کمترین دمای کولر که زمانی بدست می‌آید که نقطه ۲ روی خط ۱۰۰٪ رطوبت است یعنی در خط ۱۰۰٪ رطوبت است.

در آنکه عملکرد کولر خیلی خوب باشد، آب آن سردی بسیار کم باشد، دمای فرایند wet bulb ثابت نمی‌شود.

مقداری کار آن هم دارد، حجم کسوله می‌شود، رطوبت ورودی در جوی به‌عنوان ایند

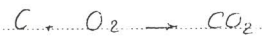
چون آب سردی آن ورودی را خیلی پایین می‌آورد، رطوبت کاهش می‌یابد یعنی مقداری از رطوبت موجود در هوا به مانع تبدیل است.

هرچه سطح پوشش‌ها بیشتر شود، یعنی سطح انتقال حجم بیشتر شود، عملکرد کولر بهتر می‌شود. در سیستم کولر ۵۰٪، باید جریان هوا داخل اتاق برقی باشد تا به Face کولر فشار وارد شود.

Subject: 50

Year: Month: Date: ()

اجزای



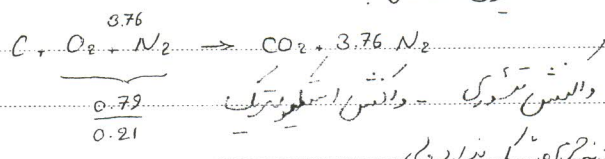
Reactants Product

$$12 \text{ kg} + 32 \text{ kg} \rightarrow 44 \text{ kg}$$

1. عوارضه (م)
2. عوارضه انرژی
3. قانون دوم ترمودینامیک

عوارضه حجم این نسبت که تعداد مول هوا که در طرف راست باشد

در طرف راست اکسیژن و هوا است نه نیتروژن حال آنکه



چون کربن N_2 از دو طرف یکبار برای عوارضه حجم مشکلی ندارد ولی از لحاظ عوارضه انرژی، مشکلی ایجاد می کند.

واکنش هوا که در دست راست واقع می شود. این واکنش هوا، واکنش هوا که هست در دست راست هوا، ما در به طور کامل اکسیژن می خورد! یعنی بیشتر از این مقدار اکسیژن امکان ندارد. ای را می خورد.



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

نسبت هوا به سوخت

(حجم متری) هم می توانیم بنویسیم!

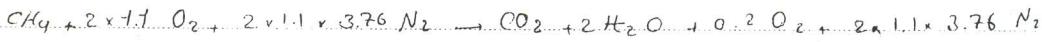
$$\left(\frac{A}{F} \right) = \frac{2 \times 32 + 2 \times 3.76 \times 28}{16} = 17.16 \frac{\text{kg air}}{\text{kg fuel}}$$

چون

برای حل این از مشکلات اجزای (هوا که در برقی هست، هوای کافی نیست!)، در هر چیزی اجزای استوار که کنیم

Excess air $\frac{100}{\%}$ هوای اضافی

در دلهد هوای اضافی %



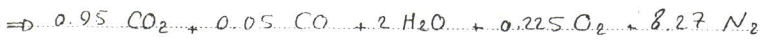
$$(A/F) = \frac{2 \times 1.1 + 2 \times 1.1 \times 3.76}{1}$$

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

theoretical air percent $\frac{100}{\%}$ هوای اضافی



مثال:



این گاز CO به CO₂ تبدیل می‌شوند، انرژی بیشتری در اختیار ما می‌گذارد
همچنین از لحاظ محیط زیست، نباید CO تولید شود.

این اتفاق احتمالی جلای بازدهی کمتر داشته باشد، حتی ممکن است به بعضی توربینات در موتورهای توربینات سوخته هم منجر
شود.

در یک توفه مستقیم در این فرآیند T_{DP} در خروجی

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

$$P_{wv} = Y_{H_2O} \times 100 \rightarrow T_{DP} = P_{wv} \text{ در فشار در دسترس}$$

اصطلاحات مهم:

تصاویری که از ماشین می‌توانیم بگیریم و فرآیند توربینات حاصل اصطلاحات را می‌بینیم.

Subject: 51

Year. Month. Date. ()

Orsat Analysis

آزمایش اورتس

CO₂

کربن دی اکسید

O₂

آب اکسیژن

CO

در این روش میزان گازهای اکسیژن و کربن دی اکسید را اندازه گیری می‌کنیم

% N₂ 100 - CO₂% - O₂% - CO%

اصراق لایک

اصراق کامل

موازنه کربن

اصراق ناقص - آلاینده ارسات در صد حجمی به ما می دهد که همان در صد مولی است.

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

مثال: CH_4

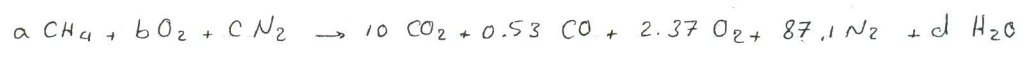
آلاینده ارسات در صد های زیر را پس از سوختن CH_4 نشان داده است:

CO_2 10 %

O_2 2.37 %

CO 0.53 %

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



چهار معادله داریم و نیاز

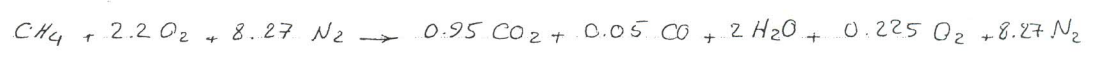
N_2 در بین $C = 87.1$

$\frac{c}{b} = 3.76$ نسبت نیتروژن به اکسیژن در هوا $\rightarrow b = 28.16$

$a = 10 + 0.53 = 10.53$

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

موازنه کربن هم می توان انجام داد که عملاً یک معادله اضافه است چون دو سمت را نسبت کربن نسبیته داریم، پس مقداری هوای اضافی در طولنتن مانده!



اگر در صد هوای اضافه ما زیاد باشد، دمای حاصل اصراق کم می شود چون N_2 و O_2 اضافی زیادی تولید می شود که این ها گرم نشده و از کوره خارج می شود. دمای حاصل اصراق به علت از دست دادن این حرارت کم می شود. اگر دمای اضافی کم باشد، میزان CO تولیدی زیاد می شود به علت کمترین دما و سوختن زیاد است پس اصراق

تقریبی است و دمای حاصل هم کم از ۶۰۰-۰

اگر دمای کم باشد، سردی حاصل احتراق قریباً برابر با دمای است و اگر دمای زیاد باشد، سگله احتراق خواهد بود.
اگر دمای هوا مناسب باشد، سگله نزدیک به آبی خواهد بود.

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

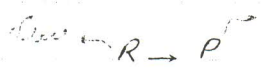


$$F_{theo} = \frac{1}{2 + 2 \times 3.76}$$

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

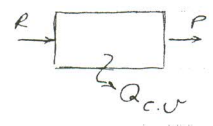
۱۰٪ هوای اضافه داریم ولی با این مقدار، هنوز هوا کامل سگله

موازنه انرژی :-

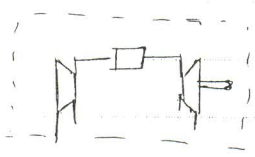


$$Q_{c.v.} + H_R = H_P + W_{c.v.}$$

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



$$\omega = 0$$



$$\omega \neq 0 \rightarrow \text{تغییر دما}$$

تویک نقش استاتی ، اید هسای کسان انتخاب هسیم . در صنعت اصراف استاتی همه مواد و عملیات استاتی هسای 25°C و 0.1 MPa انتخاب هسیم .

Enthalpy of formation

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

استاتی هسای

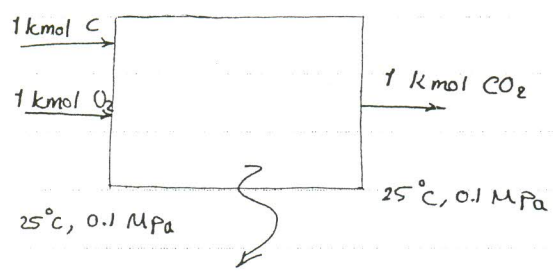
این رابطه باعث می شود جدول ما بی استفاده نماند! چون مقدار h_f به علت اینکه اختلاف است ، تغییری در هسای خاص ندارد!

موادی که در فرایند احتراق استفاده می شوند مثل O₂ ، N₂ و C₂ ، در استاتی استاتی هسای صفر در نظر می گیریم . یعنی موادی که در طبیعت از این مواد ساخته می شوند ، استاتی هسای صفر در نظر می گیریم .

$$h_{P, 25^\circ\text{C}, 0.1\text{MPa}} = 0$$

(O₂, N₂)

مثال:



این دانش یک دانش ارزشمند است! یعنی صرف تولید می کند ← سوختن ترین ← صرفاً



$$Q_{c.v} + h_R = h_P$$

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

$$-393522 + 1(\bar{h}_P)_C + 1(\bar{h}_P)_{\text{O}_2} = 1(\bar{h}_P)_{\text{CO}_2}$$

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

جلسه بیست و چهارم
87, 9, 18

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

$$Q_{c.v} + \sum_R n_i (\bar{h}_P^\circ + \Delta \bar{h})_i = W_{c.v} + \sum_P n_e (\bar{h}_P^\circ + \Delta \bar{h})_e$$

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

سؤال:

$$\bar{h}_{\text{H}_2\text{O}}$$

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

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

از روی جدول، نسبتاً 0.01 سانتیگراد است. دمای در این
سؤال، نصف مقدار را همان مقدار احتراقی بگیریم

$$\bar{h}_{300^\circ\text{C}, 3.5\text{MPa}} = \bar{h}_{\text{H}_2\text{O}}^\circ + \Delta \bar{h}$$

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

برای آن می توانیم

$\bar{h}_{25^\circ\text{C}, 0.1\text{MPa}}$ را هم از روی جدول منابع استخراج در دمای 25°C می توانیم پس در این شرایط آب منبع است پس انتالپی تشکیل

هم باید برای آن منبع محاسبه شود $\bar{h}_{\text{H}_2\text{O}}^\circ$

$$\bar{h}_{T,P} = -234088 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol H}_2\text{O}}$$

دو نکته این است که مقدار انتالپی مبدأ را برای بخار آب بخوانیم و برای انتالپی تشکیل هم، ~~بخار~~ انتالپی تشکیل بخار آب را در نظر می گیریم

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

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

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

دوروس اختلاف اندک در جواب دارند.
 با وجود اینکه دوروس اول واقعاً درست است ولی
 می‌توان با استقافه از این روس که آب را در نقطهٔ شیب دار مقدار اندک تفاوت هر دو نظر کرد.

روس دیگر در نقطهٔ شیب H_2O به عنوان گاز ایده‌آل است.
 روس دیگر هم $\Delta \bar{h}$ با استقافه از چارت عمومی یافته است.

$\Delta \bar{h} \rightarrow$ گاز ایده‌آل

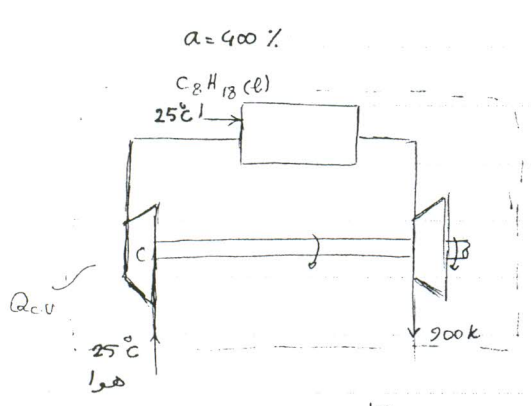
$$\bar{h}_{300^\circ\text{C}, 3.5 \text{ MPa}} = \bar{h}_f^{\circ}(\text{g}) + \Delta \bar{h}$$

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

-241827 + 9517

در جدول A-9 در ردیف اول انتالپی‌های تشکیل و جرم مولکولی را داده و $\Delta \bar{h}$ با $\bar{h} - \bar{h}_{298}$

و وقتی گاز ایده‌آل است، تغییرات انتالپی فقط تابع دماست پس به‌قدر دامن فضا رنیازی نیست.
 اختلاف کم است (کمتر از ۱٪)
 چون order انتالپی تشکیل خیلی بیشتر از order $\Delta \bar{h}$ است! به‌راه آف بهترین راه است!!

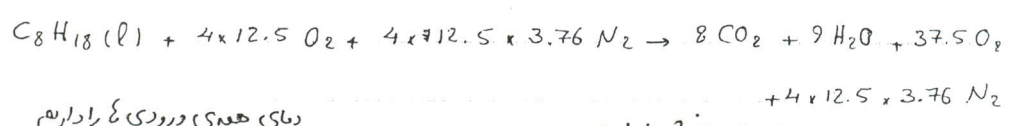


مثال: توربین گاز دافقی

(چون شرایط را برای آن کارزاید هال نداریم، به ضرایب استوکیومتری نداریم)

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

Specific Fuel Consumption



دمای ورودی دافقی را داریم ✓
 دمای ورودی رادیاتیو را داریم ✓

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

همینجا انتقال حرارت و تلفات احتراق
 نیست چون حجم کنترل بر روی توربین
 داریم و در آنجا تلفات گرفته شده!

از روی SFC بدست می آید!

$$\sum_R n_i (\bar{h}_f + \Delta \bar{h})_i = 1 \bar{h}_f^{C_8H_{18}(l)} + 4 \times 12.5 (0 + 0) + 4 \times 12.5 \times 3.76 (0 + 0)$$

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

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

$$+ 37.5 (0 + \Delta \bar{h}_{O_2}) + 4 \times 12.5 \times 3.76 (0 + \Delta \bar{h}_{N_2}) = -755702 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol fuel}}$$

میران

Subject: 55 Year: Month: Date: / /

$$SFC = \frac{0.25 \frac{kg}{s}}{4000 \frac{kJ}{s}} = \frac{kg}{kJ}$$

$$W_{c.v} = \frac{1000}{0.25} \frac{kJ}{kg} \times 114.23 \frac{kg}{kmol} = 456920 \frac{kJ}{kmol \text{ fuel}}$$

$$Q_{c.v} = -48830 \frac{kJ}{kmol \text{ fuel}}$$

در داخل سیستم

$$Q_{1,2} + U_R = U_P + W_{1,2}$$

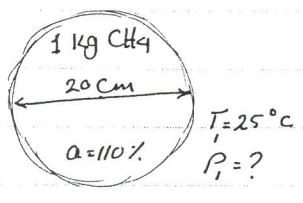
$$U_R = \sum_R n_i (\bar{h}_i^R + \bar{\Delta}h_i - \bar{R}T)$$

$$U_P = \sum_P n_e (\bar{h}_e^P + \bar{\Delta}h_e - \bar{R}T)$$

اصداق در حجم ثابت (سیستم) بسیار خطرناک است چون نسبت بسیار زیادی را ایجاد می کند. در حالت نسبت ثابت و دین حجم کنترل، حفظ بسیار کم است. تنها جایی که اصداق در حجم ثابت داریم، در سیلندر اتومبیل است که به همین دلیل، دیواره سیلندر بسیار گلفت است.

گزن ای به قطر 20 cm دارای 1 kg CH4 است. دما قبل از اصداق 25°C و مقدار هوای اضافی a = 110% است.

صفت این گزن بسیار بزرگ و خطرناک است نسبت به سایر اصداق و استقامت کمتری دارد.

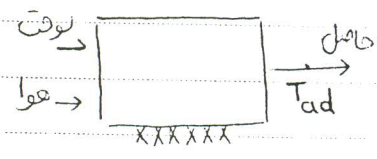




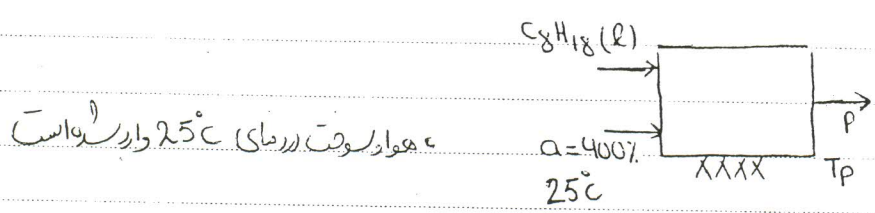
مبکیت و نیم:

1. دمای آدیباتیک

Adiabatic
flame Temp



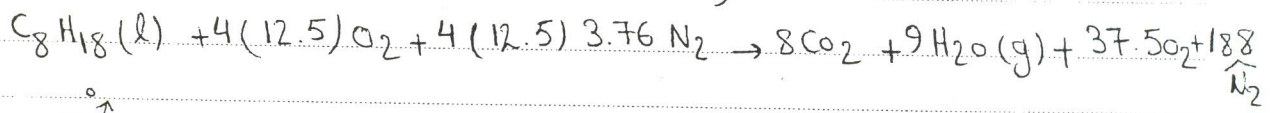
فرض ← توره "انلا" می دردت
چلن الت احتراق ناقص باشد
مدن الت عوا و دردی بی تدر عوا
توری باشد



عوا و توق در دمای 25C وارد است

مثال:
توق انلا با ع
وارد توری

انلا به ترتیب ناقص و اور است و ... احتراق کامل



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

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

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

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

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

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

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

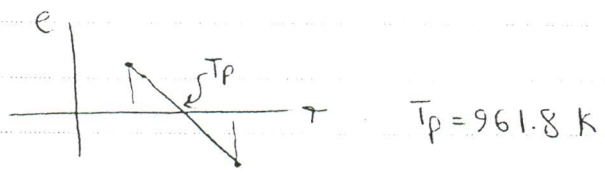
CV



Subject: ~~33~~
 Year: Month: Date: ()

این دمای T_p را در این می بینیم ← باید در طرف منارله ما هم برابر بود
 می توانیم تابع $e = f(T_p)$ تشکیل دهیم ← برای راحتی

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



دمای نقطه سه چه پارامترهایی وابسته؟
 اثر نسبت عود و سوخت است ← مقدار سوخت ← در دمای نقطه می تأثیر دارد
 در صد هوای اخصای تغییر میکند (دری)

در صد هوای اخصای در دمای نقطه تأثیر دارد
 در صد هوای اخصای ↓ ← دمای نقطه ↑
 بیشترین دمای نقطه برای در صد هوای اخصای ۵٪

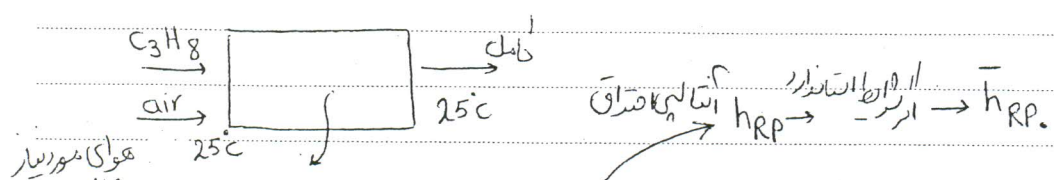
وقتی CO در حاصل احتراق زیاده شود، دمای نقطه بالا می رود (در حقیقت)
 دمای سوخت و ترکیبات در دری هم تأثیر دارد در دمای نقطه
 سوخت را پس گرم می کنند تا این بار شد بعد در کوره ← تا دمای ۱۰۰-۱۲۰
 (در دری)

نوع سوخت هم تأثیر دارد

سوختی که بیشترین دمای نقطه را دارد استیلن، در جوشکاری استفاده می شود

از آن بیستد، هیدروژن است

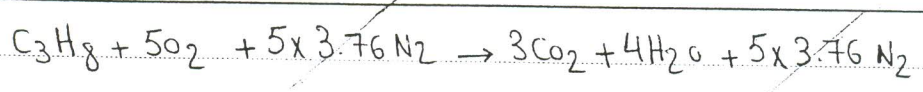
۲. انتقالی احتراق و انرژی داخلی احتراق: انرژی سوخت وارد کوره ← با هوای نسبی این سوخت و احتراق کامل میدهد
 (مورد نیاز)



آن قدر حرارت از کوره بدست می آید که دمای سوختی ما ورودی بیاید

R4FCO

← انتقال حرارت
 می کنیم
 ۵۸



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

h_{RP}

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

حال به رمای ورودی را افزودنی بیان کردیم می توانیم N_2 ها را از دوطرف معادله حذف کنیم؟

اگر محصولات احتراق را در رمای $25^\circ C$ سرد کنیم، کارآیی؟ مقدار انرژی تبدیل به منابع، مقداری هم به صورت کارآیی باقی می ماند؟
 $25^\circ C$ و $0.1 MPa$
 له تبدیل است
 کارآیی فعلی کم تر است

انرژی های منابع با سرد آب حاصل هم منابع:

$$\bar{h}_{RP} = 3(-393522) + 4(-285835) - 1(-120163)$$

$\leftarrow h_{CO_2}$ $h_{H_2O(l)}$

Δh ← رانندگی $25^\circ C$

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

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

آسانی احتراق، انرژی قابل سوختن، سوخت، انرژی حرارتی، مقدار انرژی را بسیار معادله انرژی بر عدد
 Heating value = $-h_{RP}$ (در فشار است)

مثال: فرض $C_3H_8(l)$ ولی $H_2O(g)$ به صورت گاز در نظر می گیریم. مقدار انرژی حرارتی کم تر می شود

Subject: ~~58~~
 Year: Month: Date: ()

$$\bar{h}_{RP_0} = 3(\bar{h}_f^\circ)_{CO_2} + 4(\bar{h}_f^\circ)_{H_2O(g)} - (\bar{h}_f^\circ)_{C_3H_8(l)}$$

$$h_{RP_0} = -45983 \text{ kJ/kg}$$

Higher heating value (HHV)

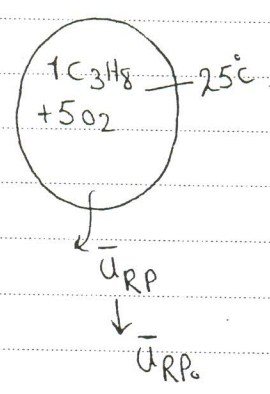
Lower heating value (LHV)

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

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

از آن حاصل افتاد این تبدیل نمود
 $C + O_2 \rightarrow CO_2$ ←
 و LHV و HHV را می‌تواند

انرژی داخلی افتاد



آن افتاد داخل سیستم؟
 آن مقدار سیستم حرارت تبدیل به می‌شود با
 دمای ورودی می‌شود؟

$$\bar{U}_{RP_0} = U_p - U_R$$

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

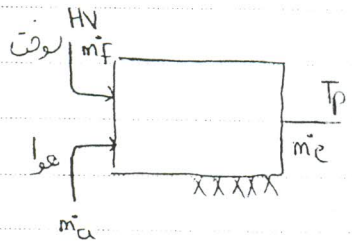
انرژی با آنهایی افتاد فرق می‌کند؟ کارنس حرارتی متد
 $HV = -U_{RP_0}$ (از این حرارتی در حجم ثابت)
 سوال C_3H_8
 که در این حالت کارنس حرارتی را به صورت کار در نظر گرفته در دمای ورودی را 500K، در رابطه صورت منابع:

$$T = 500K \quad LHV = 46274 \text{ kJ/kg} \quad \text{مقدار نسبی فرق؟}$$



Subject: ۳۳۵
 Year: Month: Date: ()

سؤال: آتان افتراق توپس باز ۷۰٪ هوا در وقت وارد ۷۰٪ هوا در وقت وارد ۷۰٪ هوا در وقت وارد ۷۰٪ هوا در وقت وارد
 (توقت) HV بسطی ۷۰٪ هوا در وقت وارد ۷۰٪ هوا در وقت وارد ۷۰٪ هوا در وقت وارد ۷۰٪ هوا در وقت وارد
 ۷۰٪ هوا در وقت وارد ۷۰٪ هوا در وقت وارد ۷۰٪ هوا در وقت وارد ۷۰٪ هوا در وقت وارد



$$m_e = m_f + m_a$$

$$\frac{m_f}{m_f} \frac{HV}{(A/F)} + \frac{m_a}{m_f} \int_{T_0=298}^{T_a} c_{p_a} dT = \frac{(m_f + m_a)}{A/F} \int_{T_0=298}^{T_p} c_{p_g} dT$$

از این جا T_p بدست می آید T_0 درمای Reference $25^\circ C$

c_{p_g} را با استفاده از جدول های موجود در متن، در درجه ۷۰٪ نیتروژن می توان

نکته کیفیت و لیسیم:

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

تابلو لیسیم ۷۰٪ هوا در وقت وارد ۷۰٪ هوا در وقت وارد ۷۰٪ هوا در وقت وارد ۷۰٪ هوا در وقت وارد
 و در آن آنتروپی را نسبت به مرجع ۷۰٪ هوا در وقت وارد ۷۰٪ هوا در وقت وارد ۷۰٪ هوا در وقت وارد ۷۰٪ هوا در وقت وارد

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

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

سؤال: $y_{O_2} = 0.1$
 $T = 1000 K$
 $P = 0.4 MPa$
 در $T = 1000 K$ و $P = 0.4 MPa$ و $y_{O_2} = 0.1$ نیتروژن ۷۰٪

$$\bar{S}_{T,P} = 243.585$$

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

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

انتروپی مولار هوا کتون اگر نسبت به هیدروژن کتون بدست آید، انتروپی کتون است.
 در جدول ها، انتروپی کتون در فشار 0.1 مپا، جمع آوری شده است.
 $\bar{S}_{T,P} = \bar{S}_T + \Delta S$
 در اینجا $0.1 \text{ MPa}, T \rightarrow T, P$

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

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

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

مثال:

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

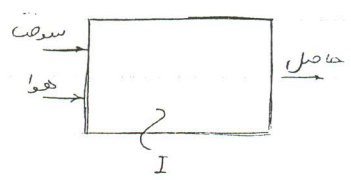
$$T = 1000 \text{ K}, 0.4 \text{ MPa}$$

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

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

$$\bar{S}_{T,P_{O_2}} = 257.203 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}$$

قانون دوم ترمودینامیک:



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

در فرایندهای ایزتروپ، دماهای ورودی با دماهای محیط برابر است.

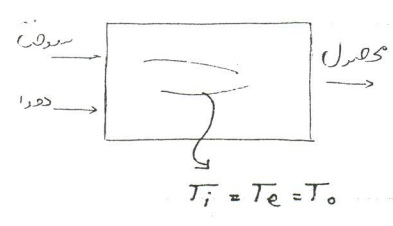
$$W_{rev} = \sum_R n_i (\bar{h}_f^\circ + \Delta \bar{h} - T_0 \bar{s}_i) - \sum_P n_e (\bar{h}_f^\circ + \Delta \bar{h} - T_0 \bar{s}_e)$$

$I = W_{rev} - W_{c.v.}$ برجستند مایکرو: (برای فرایند ماکرو می شود)

Maximum available work = Exergy

قابلیت یا توانایی انجام کار: $\psi = (h - T_0 s) - (h_0 - T_0 s_0)$
 (برای ماده گسسته می شود نه فرایند یعنی ماده می آید سرد می شود) $\psi = \text{availability} = \text{exergy}$

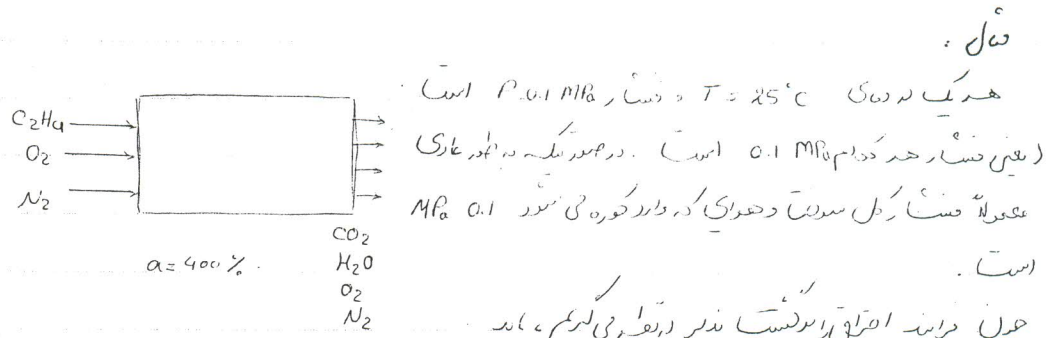
اگر ماده هم یک فرایند ایزتروپ بر جسته پذیر باشد، باید فرایند آهسته انجام شود. مثلاً سرعت را آرام آرام دارد فرایند ایزتروپ کنیم.



فرایند ایزتروپ گسسته انجام است. اگر سرعت را آرام آرام دارد کنیم، ایزتروپ هم با فرایند دارد.

در مبدل W_{rev} به جای T_0 مقولور T_i و T_e قرار می دهیم

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

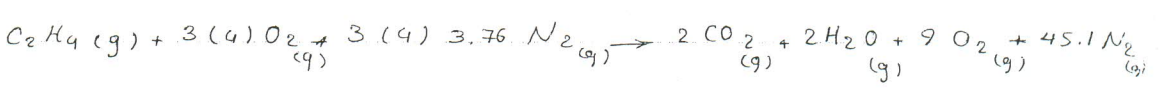


چون فرایند انتقالی را برگشت پذیر در نظر می گیریم، باید دمای فرقی، دمای هوای سردی برابر باشد. $T_i = T_e = T_o = 25^\circ C$
 فرض اول (که هر دو هم از عددی هارا در فشار 0.1 مدهیم ایم؛ یک فرض ساده است)

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

بسیار مانند است ای، $Reference$ یکسان در نظر می گیریم (مثل استوری، مقدار مطلق بدست نمی آوریم)
 $\bar{g} = \bar{g}_f^\circ + (\Delta \bar{g})_{25, 0.1 MPa \rightarrow T, P}$

$g = h - Ts$ تغییر نسبی روی است ای، تاسیسی شمار روی است روی تأثیر دارد.
 به همین دلیل فرض هم انداز به بودن نسبا، مواد دوری را در نظر گرفته است.

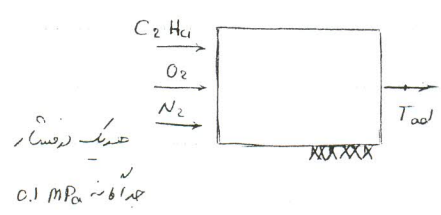


$$W_{rev} = 1 (\bar{g}_{C_2H_4}^\circ + 0) + 12 (\bar{g}_{O_2}^\circ + 0) + 3 \times 4 \times 3.76 (0 + 0) - 2 (\bar{g}_{CO_2}^\circ + 0) - 2 (\bar{g}_{H_2O}^\circ + 0)$$

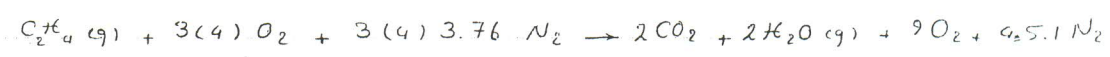
$$W_{rev} = 1,314,121 \frac{kJ}{kmol Fuel} = 46,843 \frac{kJ}{kg Fuel} \rightarrow \text{Energy سفت}$$

چون برای فرضی هم همین برای $dead Point$ است، W_{rev} برابر $Energy$ است

مفهوم Exergy بسیار دقیق تر از ارزش حرارتی ماده است چون Exergy ، هم از قانون اول و هم از قانون دوم استفاده می کند .
مثلاً اختلاف ولتاژ light emitting diode برای C_2H_6 ، Exergy آن زیاد است ، ولی چون در دست آوردن ارزش حرارتی ساده تر است ، از این مفهوم استفاده می کنند .



$I = ?$
 $\psi_p = ?$
 $I = T_o (S_p - S_R) - Q_c \cdot v$



$S_R = \sum_R n_i (\bar{S}_{298} + \Delta \bar{S})$

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

$S_R = (\bar{S}_{C_2H_4} + 12 \bar{S}_{O_2} + 3(4) 3.76 \bar{S}_{N_2})_{298.15}$

$\bar{S}_R = 1322.908 \frac{kJ}{kmol fuel}$

$H_R = H_P$

$\sum_R n_i (\bar{h}_{P,i} + \Delta \bar{h})_i = \sum_P n_e (\bar{h}_{P,e} + \Delta \bar{h})_e$

از سعی در حفظ یک آدرس بی زینم و از جدول $\Delta \bar{h}$ آن را برای کربن

$T_{ad} = 1016 K$

اصرتان در دمای تعیین

$S_P = \sum_P n_e (\bar{S}_e) = (2 \bar{S}_{CO_2} + 2 \bar{S}_{H_2O(g)} + 9 \bar{S}_{O_2} + 45.1 \bar{S}_{N_2})_{1016 K}$

$S_P = 13517.11 \frac{kJ}{kmol fuel K}$

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

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

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

این کواهمی مساله‌ای را در حل کنیم، باید فرض کرد که در دما و فشار ثابت و در حالت تعادل و معادله صفر نیست.

$$\Delta \bar{s} = - \bar{R} \ln \frac{y_i P_o}{P_s}$$

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

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

	$\frac{1}{y}$	$\bar{R} \ln \frac{1}{y}$	\bar{s}^o	\bar{s}	
C_2H_4	1	58.1	33.774	219	253.322
O_2	12	4.842	13.114	205	218.256
N_2	45.1	1.282	2.404	191.611	193.715
	58.1				

$$\left\{ \frac{\text{kJ}}{\text{kg fuel}} \right.$$

$$\eta_b = \frac{W_b}{LHV} \text{ (SI)} = \frac{\dot{W}}{\dot{m}_F \left\{ \begin{array}{l} LHV \\ HHV \end{array} \right.}$$

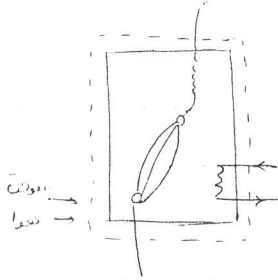
brake efficiency

Subject: 64

Year:

Month:

Date: / /



اگر یک بویلر را قسم کنیم به دو بخش،
کل انرژی صنعتی در آب و بخار در دسترس است
انرژی ورودی

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

Compressible Flow جریان های تراکم پذیر

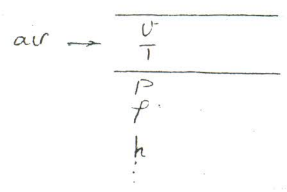
$M < 0.3$

اگر عدد ماخ در جریان های غیر مایع کوچکتر از 0.3 باشد، تراکم پذیر است.



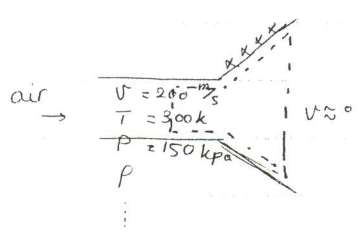
در لوله ها دسیپوردها - یا در لوله های کاروانی - باید جریان را تراکم پذیر گرفت و بررسی کرد.

خواص سکون Stagnation Properties



جریان هوا اینجا دارای سرعت صاف است. P در اینجا فشار استاتیکی است.

عناصر استاتیکی مبدع - جریان با سرعت صاف است و می توان سکون مبدع جریان را ساختن است.



اگر دستمال را در جریان هوا قرار دهیم،
 آن در راستای خطوط جریان باشد، دمای استاتیکی پس می گنیم
 و اگر در راستای عمود بر خطوط جریان باشد، دمای سکون را پس می گنیم

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

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

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

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

Subject: 65

Year:

Month:

Date: / /

چون سرعت ما توان دوم با توجه دمای استاتیکی هم می شود و برابر دمای سکون می شود، باید چاهکی مثل بون
دما که هوا بیجا ها و فوئیک ها و یا مال های آنجا از حدی خاص باشد که نتوان در دمای بالا را تحمل کرد.

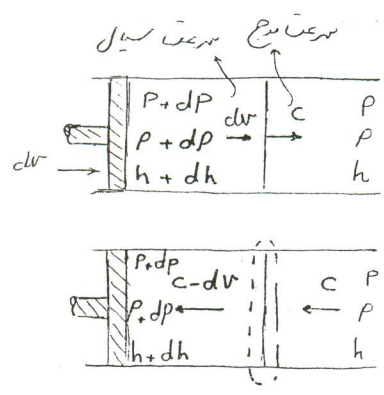
برگشت پذیری

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

در حالت که دما سکون تقریبی می دینیم، عمده فرایند علاوه بر آدیاباتی بودن
برگشت پذیر هم هست چون آدیاباتی برگشت پذیر است، برای هر فرایند، یک نسبت دما سکون دما سکون می آید.

$$P_0 = 187.8 \text{ kPa}$$

سرعت صوت :



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

$$dh = c dv \quad \text{I}$$

$$P A c = (P + dP) A (c - dv) \quad \text{مابین دوم}$$

$$c dp - P dv = 0 \quad \text{III}$$

isotropic $\rightarrow ds = 0$ مابین سوم

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

$$dh = \frac{dP}{\rho} \quad \text{III}$$

$$\text{I, II} \quad \frac{dP}{\rho} - c dv = 0 \quad \rightarrow \text{II} \quad dv = \frac{c dP}{\rho c} \quad \rightarrow \frac{dP}{dP} = c^2$$

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

به ورود + برآیند بدتر + گاز ایده آل + C_p و C_v ثابت

$$P v^k = \text{const} \rightarrow P = \rho^k \times C \rightarrow \ln P = k \ln \rho + \ln C \rightarrow \frac{dP}{P} = k \frac{d\rho}{\rho}$$

$$\frac{dP}{P} - k \frac{d\rho}{\rho} = 0$$

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

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

$$c^2 = kRT \quad \Rightarrow \quad c = \sqrt{kRT}$$

Subject: 66

Year:

Month:

Date: / /

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

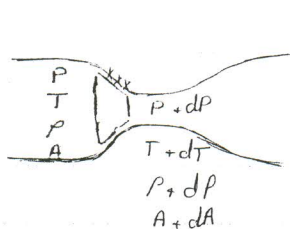
سؤال:

$$C = \sqrt{1.4 \times \frac{8.314}{29} \times 1000 \times 300}$$

$$C = 347.2 \text{ m/s}$$

$$T = 1000$$

$$C = \sqrt{1.4 \times \dots} = 633.9 \text{ m/s}$$



درین برکت پذیر، آدنایک، یک سوئی، کارایدنال

$$dh + v dv = 0$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

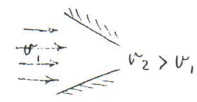
$$M > 1 \text{ Supersonic} \quad \text{دراصوت}$$

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

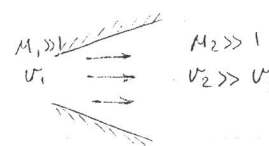
میران

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

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

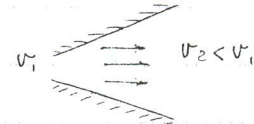


Supersonic $M > 1$
 $(1 - M^2) < 0 \rightarrow \frac{dA}{A} > 0$
 $dp < 0$




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

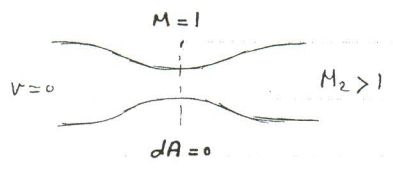
Subsonic $M < 1$
 $dA > 0$



Supersonic $M > 1$
 $dA < 0$



هرگاه هر دو ضلع 1 باشد و ضلع 2 نباشد، نقطه در طرفه است و اگر هر دو ضلع 1 نباشد، نقطه در طرفه است و اگر هر دو ضلع 2 باشد، نقطه در طرفه است



Nozzle subsonic Nozzle supersonic

$h + \frac{v^2}{2} = h_0$ $v^2 = 2C_p (T_0 - T)$ $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$

$C_p = \frac{kR}{k-1}$ $\begin{cases} C_p - C_v = k \\ C_p / C_v = k \end{cases}$

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

دین دینست دین درون فرین
دین دینار!

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 $M=1$

$$\frac{T^*}{T_0} = \frac{2}{k+1}$$

$$\frac{P^*}{P_0} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}$$

$$\frac{P^*}{P_0} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}}$$

خواص بحرانی T^*, P^*, ρ^*

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

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

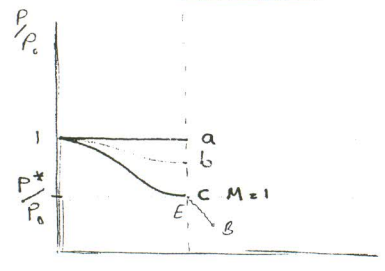
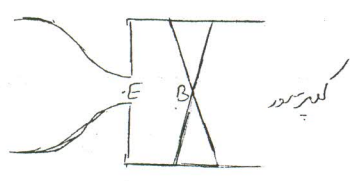
$$\frac{\dot{m}}{A} = \frac{P_0}{\sqrt{T_0}} \sqrt{\frac{k}{R}} \frac{M}{\left(1 + \frac{k-1}{2} M^2 \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}}}$$

$M=1$

تقط خواص تقط سلان می تواند با تغییر M طرک تغییر کند
تغیر سطح مقطع هم باعث تغییر \dot{m} می شود

این عدد عمل استفاده از سوپراکوستیکال در وسایل مختلف است

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



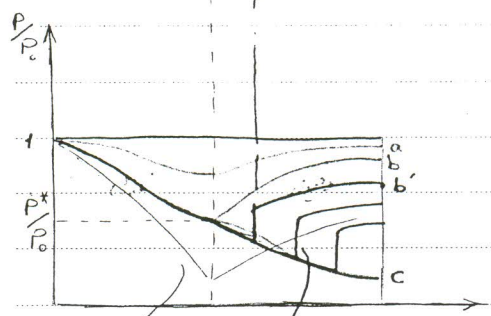
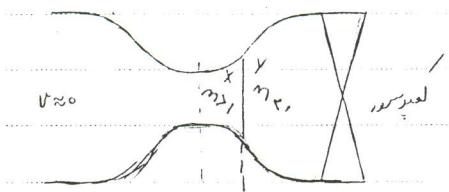
- توضیح
- a ابتدا شیر باز و شیر بسته شدن
 - b شیر بسته شدن باز و شیر بسته شدن
 - c شیر بسته شدن باز و شیر بسته شدن
 - d شیر بسته شدن باز و شیر بسته شدن
- (اصطلاحاً می‌گویند شیر بسته شدن چک (check) بسته شده یعنی تغییر داری نمی‌تواند صورت گیرد)

m در یک طول هفت بسته شده، فقط یک بسته A^* و شرایط نفاذ سلین است یعنی هر چه کمتر شود، توان کمتر شود، توانی در دس عددی از بسته‌ها حاصل نمی‌شود.

Subject: 68

Year: Month: Date: ()

جلسه سمیت دهم
9, 10, 87



حسرا: $\frac{P^*}{P_0} = 0.528$ برای $M=1$ در $chock$ (م = 1)

دانشگاه به شماره باز شدن شهر کورسود (فشار قبل از شوک) /
 نسبت Diffuser می تواند جریان $supersonic \rightarrow subsonic$ /
 دانسته باشند اگر فشار را در یک شوک $subsonic \rightarrow Diffuser$ /
 عملی کند

این شماره می تواند
 در دو دانشه باشند اول
 مایع در $chock$ می تواند
 بیشتر از 1 بشود

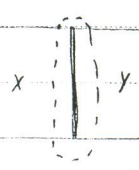
موج ضربه عمودی، یک آسان از خانواده در نسبت ماینر است

موج ضربه عمودی *normal shock wave*

دقیق جریان $chock$ شده می رسد $Diffuser$ یا $subsonic$ باشد که از b حرکت می کند /
 مایه $supersonic$ باشد که بر روی c حرکت می کند /
 موج ضربه یک فرایند برگشت ماینر است /
 موج ضربه همیشه یک جریان $super \rightarrow subsonic$ را به یک جریان $subsonic$ تبدیل می کند

موج ضربه عمودی در هر جایی دارد یعنی می توان از آن عکس گرفت زیرا $P_2 > P_1$ (قبل و بعد از جریان) /
 با این عمل معادلات اندوکل منحنی موج ضربه در هر مایکرون است

Subject: _____
 Year: _____ Month: _____ Date: _____



مجموعت جمع هم به عدله ان قدر کم است که هم توان سطح مقطع فعل و
 قدر از جمع را برابر در نظر گرفت

$$h_x + \frac{v_x^2}{2} = h_y + \frac{v_y^2}{2}$$

$h_{ox} = h_{oy}$ آب ای سکون

$T_{ox} = T_{oy}$ حرارت کم نسبی را از آنجا که در نقطه حرکتی هم یکی سکون است است
 (چون ضخامت آن کم است)

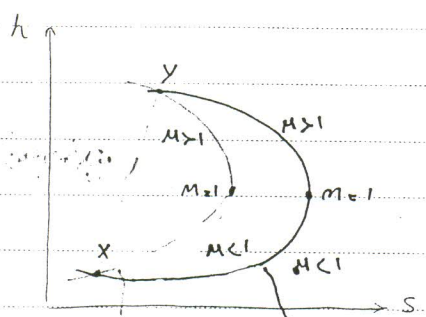
$$\dot{m} = \rho_x v_x = \rho_y v_y$$

$A(P_x - P_y) = \dot{m}(v_y - v_x)$ میوی دارد به سطح برابر میوی دارد در سطح است
 است ای سکون است

$S_y - S_x \geq 0$ کابلین کم

$$T ds = dh - v dp$$

این معادله 1 و 2 را ادغام کنیم و از رابطه بین جرم و جرم استوار کنیم خط Fanno
 و عدد 2 و عدد 2 را ادغام کنیم معادله حاصل خط Rayleigh خواهد بود



حرکت خود فعل از جمع است فرایند همک برکتی پیدا و هم استوار
 می تواند در نقطه حرکتی برود

Fannoline Rayleigh line

Subject: 69

Year: Month: Date: ()

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

مثل دیندر از مویج و جریان اگر نزدیک است
(البته اگر فقط آدیاباتیک هم می درصدم باقی بود)

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

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

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

این دای بعد از مویج هم نزدیکتر از ناک مثل از مویج هست

$$A \rho_x v_x = \rho_y v_y A$$

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

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

$$\frac{T_y}{T_x} = \frac{P_y v_y}{P_x v_x} = \frac{P_y M_y C_y}{P_x M_x C_x} = \frac{P_y M_y \sqrt{T_y}}{P_x M_x \sqrt{T_x}}$$

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

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

مویج هم نسبتاً جریان را از این لحاظ

$$P_x - P_y = \frac{\dot{m}}{A} (v_y - v_x) = \rho_y v_y^2 - \rho_x v_x^2$$

$$P_x + \rho_x v_x^2 = P_y + \rho_y v_y^2$$

$$P_x + \underbrace{\rho_x}_{\frac{P_x}{RT_x}} M_x^2 C_x^2 = P_y + \underbrace{\rho_y}_{\frac{P_y}{RT_y}} M_y^2 C_y^2$$

Subject: _____

Year: _____ Month: _____ Date: _____ ()

$$P_y = \frac{1 + kM_x^2}{1 + kM_y^2}$$

$$P_x = \frac{1 + kM_y^2}{1 + kM_x^2}$$

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