

Subject:

Year. Month. Date. ( )

به نظر می آید

جلسه اول ۱۴۰۱/۷/۲

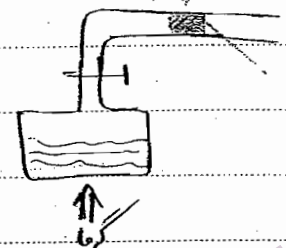
ترمودینامیک - قدرت حرارت (Heat power)

تیم: واحد گرمی معادل  $10^4 \times 252 \text{ cal} = 10^4 \text{ btu}$  ولی در این جا به معنای خود گرمی به کار رفته است.  $1 \text{ Btu} = 252 \text{ cal}$

توجه: به معنای قدرت حرارت است

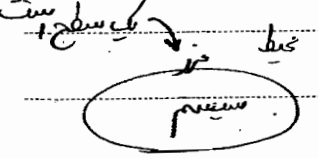
چرا به این دروس ترمودینامیک گفتند؟ چون آغاز این درس حرکات با احتراق ماسین کاربرده است. ایده‌های ماسین کار این جا بوده است که با لایسین گرمی روی آتش و در گرمی ماسین به هم پیوسته می‌شود. ماسین خاصی نبود. در ظروف در بسته با احتراق حرارت دما و فشار افزایش می‌یابد که این اتفاق در ظروف غیر ماسینی افتد و اگر در ظروف در بسته‌ی صلب، دما و فشار خیلی بالا رود، ظرف می‌ترکد.

دما ماسین کار، کاراب، کاراب، ازلو، طرح شده و پیستون را به حرکت در می‌آورد و پیستون صدمه به جرم و شکل است. طرح را می‌چکاند.



حالا از احتراق این وسیله ماسینی پیش آمد. مثلا خود را با تیم تا چه مقدار کار با جرم دما و دما فشاری تولید شود و بتواند کار معینی انجام دهد. این عوامل از نظر ماسین عمل نمی‌کنند. پس ماسین برای دانه شده و نوع ماده‌ی کار و دما و فشار تولید شده و کار انجام شده ارتباط وجود دارد.

سیستم ماسینی از دما و توسعه جرمی از دما و دما برای گرمی و کلان ماسینی شود. در واقع سیستم ماسینی از دما است.



close system: بسته  
open system: باز

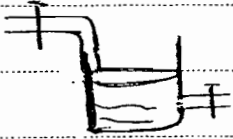
سیستم ماسینی از دما و توسعه جرمی از دما و دما برای گرمی و کلان ماسینی شود. در واقع سیستم ماسینی از دما است. شکل ماسین و جرم

توجه: ماسین → ماسین

Subject:

Year. Month. Date. ( )

سیستم باز: سیستمی در سلسله پائیند یعنی سیستمی که از خروجی هر یک عبور کنند  
\* در واقع سیستم بسته حالت خاص سیستم باز است.



از شیر ورودی و خروجی بسته باشند و از تغییر روی سطح ~~حجم~~ <sup>حجم</sup> پویایی شود. <sup>سیستم بسته است</sup>  
التریکی باز و پلی بسته باشند، سیستم باز است  
اگر هر دو باز باشند و مقدار ورود و خروج نامساوی باشند، ~~سیستم~~ <sup>سیستم</sup> باز است  
ثابت می ماند ولی به دلیل عبور حجم از مرز، باز هم سیستم باز داریم

در سیستم از حجم کنترل (CV) می گویند (زیرا یک حجم را برای تجربه و کنترل و کنترل حرارتی داریم)  
در سیستم بسته نیز سیستم می گویند و گاهی آن حجم کنترل نیز می گویند

سیستم ها دارای ابعاد می باشند (همواره دارای حداقل یک است <sup>حالت</sup> هر سیستم دارای ابعاد مختلف است)  
و ابعاد سیستم می تواند است و یکی از مسائل های ابعاد مختلف است <sup>حالت</sup> ابعاد مختلف سیستم های مختلف است  
مثلاً دما و فشار در تمام سیستم ها به خصوص برای مسائل هستند و در مکانیک هم هستند  
خواص الکتریکی از دما و فشار مستقل نیستند

تعداد (dimension): یک متغیر فیزیکی است که همین بارها در سیستم را تعیین می کند  
مثلاً عددی که عنصر یا حجم مولکولی یک ترکیب و دمای هوا (تعداد) ابعاد عنصر و ترکیب و هوا هستند  
مثلاً دما و فشار هوا به تعداد هوا فرمول هستند  
\* مثلاً حجم فضا هوا <sup>حالت</sup> دما و فشار هوا مستقل نیست

ابعاد سیستم نامشروع است (ولی تعداد ابعاد مستقل حکم است) و باید روابط بین این ابعاد را در نظر بگیریم

واحد (unit): کسیت مشخص برای مشخص کردن مقادیر <sup>حالت</sup> ابعاد مشابه سیستم های مختلف تعیین می شود و  
امثالی است یعنی قراردادی است و اصلیت ندارد (تعداد اصلیت دارد)

طول، حجم و زمان سه حاصلی هستند  
بعد حجم بعد نیرو است که تکلی در مورد بعد دارد

Subject:

Year: Month: Date: ( )

تاریخ: ۱۴۰۲/۰۷/۲۴

موضوع:

$$g \approx 9.81 \frac{m}{s^2}$$

g: شتاب فعل استاندارد

زمین گروی برهمنی نسبت بر تعادل به بیضی شدن دارد لذا شتاب فعل زمین در همه جهت ها یکسان است. (g و g<sub>c</sub>)  
مقادیر مختلف زمین اهم متفاوت است.

g: ثابت جهانی (dimension of constant). [هیچ ربطی به g ندارد]

به صورت جی توان مانور بر خورد کرد

بر خورد اول: نیروی یک بعدی فرض کنیم ~~و~~ بعدی به بعد دیگر ارتباط دارد.  $F = m \cdot a$  (مقاربی)

دینامیک نیوتن بر روی عنوان بعدی با جرم و طول و زمان) پس با واحد نیرو را از طریق واحدهای جرم و طول و زمان تعریف کنیم  
در سیستم متریک واحد نیرو نیوتن تعریف شده است

$$F = m \cdot a$$

$$1N = 1kg \cdot 1 \frac{m}{s^2}$$

نیوتن نیروی است که به جسم به جرم 1kg شتاب 1  $\frac{m}{s^2}$  بدهد

$$1N = 1 \frac{kg \cdot m}{s^2}$$

$$\textcircled{1} : 1N = \frac{1kg \cdot m}{s^2 \cdot N}$$

گرفتن معادلی  $1N = 1kg \cdot \frac{m}{s^2}$  بر  $1N$  قسم می کنیم

1 lbf نیروی است که در زمین جسمی به جرم 1 lbm وارد شود. این معادلی برای شتاب فعل استاندارد (g) برده

$$g = 9.81 \frac{m}{s^2} \times \frac{1in}{2.54cm} \times \frac{1ft}{12in} = 32.174 \frac{ft}{s^2}$$

$$F = m \cdot a$$

$$1 lbf = 1 lbm \cdot 32.174 \frac{ft}{s^2} \Rightarrow 1 lbf = 32.174 \frac{lbm \cdot ft}{s^2}$$

گرفتن برابر 1 lbf قسم کنیم

$$\Rightarrow 1 = \frac{1 lbf}{1 lbf} = 32.174 \frac{lbm \cdot ft}{lbf \cdot s^2} \textcircled{2}$$

بر خورد دوم: نیروی یک بعدی در اصلی فرض می کنیم

حال اگر نیروی یک بعدی باشد آیا می توان قانون نیوتن را بصورت  $F = m \cdot a$  بنویسیم؟ حتماً زیرا شتاب و نیرو یکسان است

پس می توان نوشت  $F \propto m \cdot a$

حال برای تبدیل تناسب  $F \propto m \cdot a$  به یک ثابت تناسب ثابت آ ایجاد امکان کرده و تناسب را به تساوی

$$g_c F = m \cdot a \quad F = \frac{m \cdot a}{g_c}$$

تبدیل شده که این ثابت تناسب  $g_c$  است

که برای تبدیل تناسب به تساوی برای یکسان کردن بعد

Subject:

Year: Month: Date: ( )

مثلاً بین جرم و طول در زمان و نیرو یک واقعیت انطباقی است.

•  $g_c F = m \cdot a \xrightarrow{SI} g_c \times 1N = 1kg \times 1 \frac{m}{s^2}$  : در سیستم های مختلف

•  $\left\{ g_c = \frac{1kg \cdot m}{N \cdot s^2} \right\} \xrightarrow{①} g_c = 1$  (در سیستم SI است)  $g_c$  مساوی یک بدون بعد واحد است

•  $g_c F = m \cdot a \xrightarrow{انطباقی} g_c \times 1lb \cdot ft = 1lbm \times 32.174 \frac{ft}{s^2}$

$\Rightarrow \left\{ g_c = \frac{32.174 lbm \cdot ft}{lb \cdot ft \cdot s^2} \right\} \xrightarrow{②} g_c = 1$  (در سیستم بدون بعد واحد است)

این در SI و در سیستم هندسی انطباقی و برابر یک بدون بعد واحد است.

مثلاً چرا یک نیرو و معنی یک چیست؟ دارد واقعیت فیزیکی و باید می بیند که نیرو یک بعدی نیست زیرا کل این مجموعه نمی تواند برابر یک بی بعدی واحد باشد.

؟ حال ماده ای  $g_c = 1$  چیست؟ (آیا این سیستم  $g_c$  را تعریف کنیم؟ خیر. ولی باید بدانیم  $1N = 1 \frac{kg \cdot m}{s^2}$  است)  $1lb \cdot ft = 32.174 \frac{ft \cdot lbm}{s^2}$  است)  $g_c$  فقط کارما را منظم می کند. انبوهی بی بعدی است.

• انرژی پتانسیل همی در فاصله  $Z$  از سطح زمین:

$E_p = m \cdot g \cdot Z$  (ژول)  $= N \cdot m = J$

$E_p [ = ] \frac{kg \cdot m}{s^2} \cdot m \cdot \frac{N}{1 \frac{kg \cdot m}{s^2}} = N \cdot m = J$   
معادل واحد است

$E_p = m \cdot g \cdot Z \xrightarrow{g_c (g_c=1)} E_p = \frac{m \cdot g \cdot Z}{g_c} = \frac{kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot m}{1 \frac{kg \cdot m}{N \cdot s^2}} = 1 N \cdot m = 1 J$

این واحد انرژی است که در سیستم هندسی انطباقی ما  $32.174$  (باز این در هندسی انطباقی و انبوهی است)  $g_c$  را تعریف می کند.  $E_p [ = ] \frac{1 lbm \cdot ft^2}{s^2} \xrightarrow{g_c} E_p [ = ] \frac{lbm \cdot ft^2}{s^2}$

این چون  $g_c$  یک بدون بعد واحد است می توان هر چه لازم شد در  $g_c$  بتواند های  $g_c$  ضرب کرد.

حجم و جرم مخصوص؟

یکی از البلاد مهم سیستم ها در مهندسی مکان جرم مخصوص (م) است.



Subject:

Year. Month. Date. ( )

اگر جسمی با سیمتی با حجم کل  $V$  و جرم  $M$  داشته باشیم، آیا با تقسیم  $M$  این جان دانسته است؟  
 خیر در واقع  $M$  یک نوع جگالی متوسط است  

$$p_{ave} = \frac{M}{V}$$
  
 زیرا ممکن است جرم سیمتی در جریه جریه جنسین متفاوت باشد و با توجه به این

بین وقتی می گوئیم  $\rho = \dots$  یک معنای دیگر باید داشته باشد: اگر سیمتی داشته باشیم یا یک نقطه داخل سیمتی را در نظر بگیریم و در آنجا جرم و دانسته را قبول کنیم، اطراف این نقطه یک جرم  $\delta m$  (در نظر می گیریم) حالا می خواهم ببینم که این جرم  $\delta m$  جرمی (در  $\delta m$ ) دارد [در واقع دانسته هم اطراف است]  
 حال  $\frac{\delta m}{\delta v}$  می کنیم و عددی می گیریم،  $\delta v \rightarrow 0$  میل می کنیم  

$$\rho = \lim_{\delta v \rightarrow 0} \frac{\delta m}{\delta v}$$
  
 حال آیا این عدد همان جگالی مورد نظر ما است؟

یک معنی ریاضی دارد که همان مشتق نسبت  $v$  است و این به هیچ وجه معنای فیزیکی ندارد  

$$\lim_{\delta v \rightarrow 0} \frac{\delta m}{\delta v}$$

حال چرا از نظر فیزیکی بی معنی است و در فیزیک هیچ  $\rho$  دانسته این معنی نیست؟ زیرا از نظر اصناف مادی ذرات تو خالی و سوراخ سوراخ هستند و حتی ذرات بسیاری هم تو خالی هستند.

بنابراین اگر  $\delta v$  و  $\delta m$  یک بصری ریاضی داشته باشیم، این نوع از نظر فیزیکی بی معنی است.  
 حال اگر  $\delta v \rightarrow \delta v'$  که در آن  $\delta v'$  یک جرم بسیار بسیار کوچک است نسبت به سیمتی و بسیار بسیار بزرگ است نسبت به ابعاد مولکولی. بین این دو یک بصری داریم.  
 حال فرض کنیم که سیمتی ما از تعداد زیادی  $\delta v$  تشکیل شده است که البته فرض می کنیم که  $\delta v$  توپیر است که با این فرض سیمتی ما یک سیمتی پیوسته است.  
 (او  $MM$  و جگالی  $\rho$  فوق را قبول دارد و این است که در یک طول معین در جگالی تعداد ذرات ما  $\rho$  است.)  
 پس ما اعیان را مستقیماً از تعدادی شمار  $\delta v$  که یک  $\delta v$  ها پیوسته است در نظر می گیریم.

چرا فرض کنیم:  $\rho = \lim_{\delta v \rightarrow \delta v'} \frac{\delta m}{\delta v}$  دانسته  
 حال عکس دانسته هم فرض کنیم (ن) است.

اگر  $\delta v$  و  $\delta v'$  عبارت است از کوچک ترین جرمی که روی آن می توان جرم را پیوسته فرض کرد:  $\rho = \lim_{\delta v \rightarrow \delta v'} \frac{\delta m}{\delta v} = v = 1$   
 که تعریف خود است

Subject:

Year. Month. Date. ( )

\* بعد ما و گویا:

قانون اول ← انرژی  
قانون دوم ← انرژی

همه ی دما سنج ها بر مبنای تقریب همی و گویا ساخته شده است.

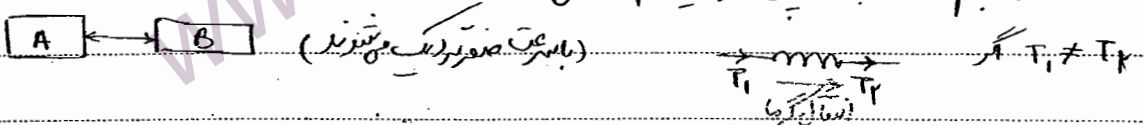
در این آزمایش دما سنجی روی یک عدد

مقدار A و B در نظر بگیریم و فرض کنیم در دو جسم (سیستم) A و B با هم دما هیچ اثر متبادلی با هم ندارند. و هم چنین فرض می کنیم که هیچ اثر متبادلی با هم ندارند (یعنی هیچی بازنشانند) و اثر متبادلی نداشته باشند و اثر متبادلی (آهن و آهن) هم نداشته باشند. (مثلاً یک سیستمی - اکثر یک سیستمی) حال این دو جسم را در تماس با هم قرار داده و به اندازه ی کافی صبر می کنیم.

۱- خواص این دو جسم قبل و بعد از تماس با هم هیچ تفاوتی ندارد. هیچ اتفاقی در تماس نیفتاده و دماهای مشاهده نشده و دنبال علت نمی گردیم.  
۲- تغییر دما در روی داده است (مثلاً هم با ضرب شصت تویا... عرض کنید). پس دما در روی داده و باید دنبال علت می گردیم.

در حالت (۲) اولین چیزی که به ذهن می رسد این است که در اثر مبادلات چیزی از یکی به دیگری منتقل شده است و این خبر باعث تغییر دما شده است و ما چیزی که منتقل شده را توانیم و چیزی که باعث این انتقال شده را اختلاف دما می نامیم.

در حالت (۱) دو جسم هرما بوزند من گواهی هم منتقل شده است.



دما: تغییرات انتقال حرارت را دما می نامیم.  
گویا: چیزی که به دلیل اختلاف دما منتقل می شود.

اگر دو جسم A و B را در تماس قرار دهیم و خواصشان تغییر نکند می توان گفت A و B هم دما هستند و اگر جسم C را در تماس با B قرار دهیم و خواصشان تغییر نکند می توان گفت C هم دما هستند. حال اگر A و B را در تماس با هم قرار دهیم و مشاهده می کنیم که A و B خواصشان تغییر نمی کند.

قانون صفر ترمو: دو جسم هر ما با جسم سومی در تماس اهم هر ما هستند

قانون صفر ترمو: در صورتیکه دو جسم با یکدیگر در تماس باشند

نایدی قانون صفر چیست؟ بنام و کاربرد این موضوع این است که می توان با استفاده از این قانون

در مباحث ساختمانی

فصلی سیم ۸۶، ۷، ۹

مکوننه می توان جسم سیم C یعنی ترمومتر را ساخت؟

این پرسش را می توان با توجه به تعریف درجه (در مباحث ساختمانی)

مردگی اول) انتخاب یک خاصیت (یکی از خاصیت های را که در اثر تغییر دما تغییر می کند را انتخاب می کنیم) : این

خاصیت یا خاصیت ترمومتری گویند. در اثر تغییر دما این خاصیت تغییر می کند، لذا باید یک وسیله مناسب برای اندازه گیری

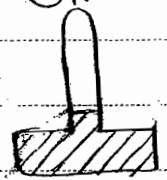
این تغییر ساخت و در هر دلیلی بعد باید این تغییر را اندازه گرفت و در آن رابطه حدی را برقرار کرد

مردگی دوم) اندازه گیری مقدار تغییر آن خاصیت و تعریف یک رابطه بین مقادیر آن خاصیت و دما به نام رابطه ترمومتری

در دماهای معمولی خاصیت ترمومتری انتخاب شده همان حجم محلول است. (خاصیت ترمومتری = حجم محلول)

مختارین وسیله برای اندازه گیری انتقال یک لوله و یک مخزن حاوی مایع مناسب است و با افزایش دما، حجم مایع افزایش

می یابد که از آن برای اندازه گیری دما می گیریم. عمده - الکلی - آب



تعریف رابطه ترمومتری:

• نقطه یخ (ice point): فرض می کنیم که در دما  $t_1$  در یک فشار  $p$  در یک مایع (مایع مازوی است)

( $t_2$  یک fixed point است) نسبت و در آن یک خاصیت هم هست و این که در یک دما در یک مایع مقدار مشخصی

منبت) پس چون فشار  $p$  است مازوی است مازوی است از یک طرف از یک طرف مایع در مین

مقدار مشخصی از آب جامد (یخ) و آب مایع (آب) در یک طرف بزرگ از یک طرف مایع است)

این به اندازه ی کافی صبر کنیم به حالت قابل مشاهده است

حالت اول) به تدریج یخ آب می شود هر مایع می شود. مافلاً به هر یک کاری بزرگ

حالت دوم) به تدریج کل آب مایع می شود مافلاً مایع به هر یک کاری بزرگ



Subject:

Year: Month: Date: ( )

حالت سوس (هو قدر زمان بگذرد، این سیستم تغییر نمی کند و حالت جامد و مایع بدون تغییر باقی می ماند. فقط در یک دما این حالت سوس اتفاق می افتد که این دما را دمای یخ گویند.

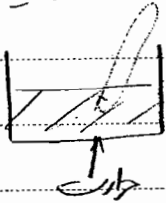
در حالت اول دما از نقطه یخ بالاتر است و در حالت دوم دما از نقطه یخ پایین تر است. اگر دما سنج ساخته شده را در حالت سوس قرار دهیم، سلسول به یک نقطه عددی نسبت می دهد و فارزیت به آن نقطه عدد ۳۲ نسبت می دهد.



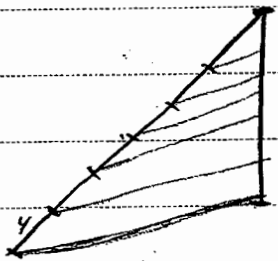
نقطه یخ (Steam point): اگر به آب مایع گرم دهیم، دما بالای رود اما بالا رفتن دما را قطع اطعم نمی یابیم. (هر چه ~~بیشتر~~ <sup>زیادتر</sup> دما بیشتر باشد، زودتر دما بالای رود و سرعت تغییر بیشتر است.)

دمای که ماده شروع به تبخیر کند به ۲ عامل بستگی دارد: (۱) دمای مایع (۲) فشارهای بالای مایع. اگر این آزمایش را در فشارهای مختلف و مایع ها آب فلفلی باشد، دمای بالا رفتن مایع شروع به تبخیر می کند را نقطه یخ کار گویند. چه زمانی تغییر اتفاق می افتد؟

حال دوباره دما سنج را به دون این مایع وارد می کنیم و سلسول به آن عدد ۱۰۰ و فارزیت به آن عدد ۲۱۲ نسبت می دهد. (اسماع)  $P_p = 1 \text{ atm}$



صفر و ۱۰۰ بصورت درونی تعیین شده است. اما تغییر نقاط انجماد، دمای تعیین شده است. اگر یک ماده جامد را در جوی سوس کنیم، از یک انجماد به نقطه یخ بارانگی در جوی اول به نقطه یخ در جوی دوم می رسیم و روی آن نسبت مساوی جوی سوس داریم و آنرا به نقطه یخ اول وصل می کنیم و به موازات آن خطوط دیگر را رسم می کنیم.



مساوی بودن نسبتها بسیار مهم است. اگر به جای ۱۰۰ صفت مساوی به ۱۰۰ صفت مساوی کنیم می توانیم، وقت خواندن ما از اعداد می یابیم.

خون نسیم هم تا از این دما سنج ها بسیار کم و عین هم آن ها را مدج نسیم. دمای جویه، دمای الکلی و دمای آب مخالف ریجه ایم. و آن ها را وارد دمای اتاق می نسیم. سوال این است که آیا



این سه ماده مسنج یک دما نشان خواهند داد یا دماهای مختلف نشان خواهند داد؟ خیر این سه دما سنج به دمای کاملاً مختلف نشان می دهند. در دمای کم اختلاف جرمه و داخل با هم تفاوت دارند و در دمای زیاد اختلاف جرمه و داخل با یکدیگر زیاد است. فقط در اصطلاحاً وجود دارد و آن دو دما نظری است و عملاً وجود ندارد. زیرا تقریبی بود.

میان دمای برگر دما سنج نشان می دهد اصطلاحاً دمای معیاری گویند. (در اندازه ۰.۰۰۱) که به یک جرمه و داخل با نشان می دهند. دمای معیاری تابع چیست؟ دمای معیاری تابع ۲ چیز است:

۱. دمای واقعی. ۲. این سیستم ها دارای دمای واقعی هستند و این دمای واقعی قابل اندازه گیری است. پس سیستم ها دارای دمای واقعی قابل اندازه گیری هستند. اما دمای واقعی به آسانی قابل اندازه گیری نیست و تقریباً می باشد. دمای معیاری را می گویند.  $T = f(T_0)$  (مقیاس تابع  $T_0$ )

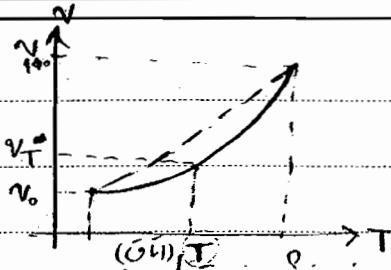
اختلاف بین  $T$  و  $T_0$  تابع حسن مقیاس است. مثلاً در جرمه اختلاف بین  $T$  و  $T_0$  کم و در آب زیاد است. مقیاسات جرمه: ۱. فزار است و میزان تغییر آن بسیار کم است. (مقیاسیت) یعنی جرمه جرمه جمع شده در بالای ترمومتر بسیار کم است. چون اثر تغییر زیادی در آن بالا جمع شود (مثل جابجایی داخل) جرمه افزایش می یابد.

۲. خطای گرمایی آن به دلیل تغییر طول خطی است و در واقعاً آن جرمه به تراز می رسد و خطای حاصله مقیاس می یابد. ۳. اختلاف بین  $T$  و  $T_0$  نیز است. ۴. خطای جرمه به خطای تریب است.

معایب جرمه: ۱. گران بودن. ۲. خطای زیاد به طرقات جرمه بسیار خطرناک است. می خواهیم تراز  $T$  را با  $T_0$  را با هم مقایسه کنیم. جرمه یعنی تراز  $T$  به جرمه  $T_0$  می رسد که به معنی تریب است. کاملاً تابع مقیاس ماده است.

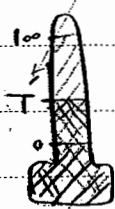
Subject:

Year. Month. Date. ( )



این رابطه را می توانیم به صورت  $V = f(T)$  بنویسیم. در واقع حجم مولی ماده را در دمای  $T$  می بینیم. این منحنی ها وجود دارد  
 مگر هیچ گونه ارتباطی بین منحنی ها وجود ندارد. به همین دلیل می گویند حجم  $V$  تابع صریح نیست و حجم  
 $\left(\frac{dV}{dT}\right)$  تابع صریح است.  $\left(\frac{dV}{dT}\right)$  نسبت در هر نقطه.

حال اگر منحنی رابطه  $V$  با  $T$  می توانیم رابطه را نیز بنویسیم  $T = f(V)$



$V_0 =$  حجم محصور در نقطه  $T_0$   
 $V_{100} =$  حجم محصور در نقطه  $T_{100}$   
 (از نظر فیزیکی) این حجم را هر چه ماده به ازای افزایش دمای  $100^\circ$  درجه  $(V_{100} - V_0)$

$$\left(\frac{V_{100} - V_0}{100} = \text{افزایش حجم متوسط واحد جرم ماده به ازای } 1^\circ \text{ درجه}\right)$$

چون نسبت در حال افزایش است میزان انبساط هم در حال افزایش است.  
 اگر منحنی خطی بود میزان انبساط بین  $0^\circ$  و  $100^\circ$  یکسان بود. اختلاف  $T$  و  $T_0$  از بین می رفت اما این طور نیست.  
 اگر به دمای واقعی  $T$  برویم، ما به یک خط منحنی خواهیم رسید.

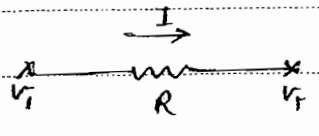
(در درجه بندی به مقدار ما به  $T_0$  برویم و ما خودمان به  $100^\circ$  نسبت مساوی کنیم. در یک  $100^\circ$  ما به  $V_0$  برویم  
 به منحنی منحنی می رسیم که  $V_0$  به  $T_0$  برویم. در هر نقطه ما  $V$  و  $T$  را می بینیم. این منحنی  $V = f(T)$  است. این منحنی  $V = f(T)$  است.)

$$T = f(T, V) \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} T' = \frac{V_T - V_0}{V_T - V_0} \\ T = \frac{V_{100} - V_0}{100} \end{array} \right. \quad V_{100} = P(T)$$

هر چه قدر منحنی ما به خط نزدیک تر باشد، دقت ما بالاتر می رود. مثل صفره  
 و  $100^\circ$  چه ربطی به خطی که منحنی دارد؟

و ما به  $V_0$  برویم.  $V_{100} = P(T)$   
 در دما  $V_{100}$  ما به  $V_0$  برویم.  $V_{100} = P(T)$   
 (۱) تعیین ضرایب ترمومتر (۲) بیان روابط.

طبق قانون اهم:  $V = RI$   
 گرید ولتاژ معین  $V_1 - V_2 = IR$  رابطه بین سیم هادی بستیم، ولی جریان ثابت نخواهد بود، چون  $V$  است ولی  $R$  است.  $I$  می تواند عملاً نشان دهنده ی (مای خنک کننده) باشد.



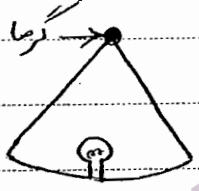
جریان الکتریکی در سیمان، رسانایی ایجاد نیروی الکترومغناطیسی می کند و حرارت رسانایی رسانایی رسانایی ایجاد نیروی الکتریکی می کند و حرارت ایجاد می شود.

معادلات  
 $P = P(T)$   
 رسانایی

این رابطه علاوه بر این که تابع ولتاژ است تابع دما نیز می باشد.

و ترمو کوپل حاصل است؟

در کارهای تصفحایی و صنعت به کار می رود  
 اگر دو رشته سیم یکی با هم جنس را در یک نقطه لحیم کنیم و به وسیله ی یک سیم به یک رشته ی لایب وصل کنیم حرارت هم وصل کنیم باطری و وسیله ی جریان ساز هم به رشته ی سیم اگر این قطعه ی لحیم شده را به اندازه ی کافی گرم کنیم مشاهده می کنیم که لامپ کوچک روشن می شود و این به سبب تغییرات در رسانایی سیم های فلزی می شود. (هدایت های الکتریکی خوب اثرات عایق های حرارتی خوب هستند مثل حرارت)



(عایق های الکتریکی خوب اثرات عایق های حرارتی خوب هستند مثل حرارت) (و این به مکانیسم جریان الکتریکی و جریان گرمایی در اجسام فلزی می رود) حرارت الکتریکی در اجسام از طریق اتصالات های آزاد است ولی حرارت گرمایی در اجسام از طریق حرارت است و (الکتریکی های آزاد)

(۱) رسانایی مولکولی و اتمی در رسانایی جسم و وسیله ی فلزی  
 ولی حرارت از طریق (۲) اصولاً حرارت از طریق (۱) است  
 چون (اجسام رسانا) هستند عبور گرما با سرعت عبور الکتریکی ها از تکی به دلیلی بیشتر است و این باعث ایجاد جریان الکتریکی شده است.  
 هر چه گرما بیشتر، میزان حرارت بیشتر می شود.



Subject:

Year. Month. Date. ( )

استند: ۱۲ - ۱۳

تاریخ: ۸، ۷، ۶

موضوع:

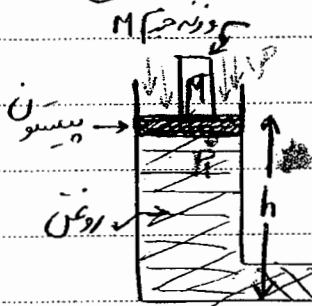
تعریف اصل فشار: فشار یک نیروی است که بر سطح وارد می شود. در این نیرو، اثرات وزن نیست و وزن

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{mg}{A}$$

این نیرو در حالت خاص نیروی وزن است:

فشارسنجی (وزن) برای وزن های زیاد به کار می رود (dead weight gage) و در آن فشارسنج وزنی



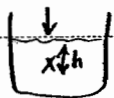
$P_1$  مکان است از طرف کاسه که با مایع پر است.  
 $P_2$  مکان است از طرف محفظه که مایع پر است (مکان تحت فشار).  
چون پیستون در حالت تعادل است  $\Sigma F = 0 \Rightarrow P_1 A_p = P_2 A_p + P_3 A_p + P_4 A_p$

$$P_1 = \frac{Mg}{A_p} + \frac{m_p g}{A_p} + P_{air}$$

حالت تعادل پیستون در وزن  $P_1$  را برای می نامیم.  
کلیتاً با فشار  $P_1$  در سمت زیر پیستون در نظر می گیریم.  
تفاوت بین  $P_1$  و  $P_2$  اختلاف است (تفاوت هم ارتفاع هم فشار است).  
مختلف به علت وزن ستون مایع اختلاف فشار دارند.

$$P_2 - P_1 = \frac{A_p h \rho g}{A_p} \quad (\rho g = A_p h \rho g)$$

$$P_2 - P_1 = \frac{h \rho g}{g_c} \Rightarrow P_2 = P_1 + \frac{h \rho g}{g_c} \quad \text{--- (1)}$$



$$\Delta p = \rho g h \quad (\rho = \rho g h)$$

در صورتی که از بالا به سطح مایع وارد می شود اثرات فشارها نیست.

$$\Delta p \propto h$$

$$\Delta p \propto \rho g$$

یکی از کاربردهای رابطی ① در دستگاههای دبی سنج است: مابین لوله دائم که مابین داخل آن در جریان است  
 اگر انتهای لوله یک طرف مدارج قرار دهم و مشاهده کنم چه چیزی در واقع زمان این طرف مدارج بر می شود، حتی توانم  
 دبی حجم را به دست آورم (Flow rate = دبی = سرعت جریان) . این روش اندازه گیری مستقیم  
 دبی است و هیچ روشی دقیق تر از این روش نیست ولی گاهی اوقات این کار امکان پذیر نیست چون  
 ممکن است لوله انتهایی نداشته باشد یا درون لوله گاز در حال جریان است یا ... و این مواقع باید از روشهای  
 دیگر استفاده کرد دبی و وسایل دبی سنجی استفاده کنیم.

### اوریفیس :

یکی از وسایل دبی سنجی مکابلی اوریفیس است: یک سکه را در تری که وسطش سوراخ باشد و آن را در

یکی از صفحات لوله قرار دهم (عمود بر جهت جریان قرار دهم) : مانع در حال عبور محصور است و باعث می شود  
 واردون سوراخ عبور کند. اگر یک نفوذ لوله ای شکل (مانومتر)

در طرفین اوریفیس (سوراخ) قرار دهد که این لوله ای شکل حاوی  
 مانع قرار نگرفته است (که این مانع قرار نگرفته است که این مانع قرار نگرفته است)

مانع درون لوله ای اصلی ندارد (در نتیجه مانع قرار درون لوله ای شکل در طرف چپ  
 یا بین دو طرف است یعنی بین این اوریفیس یک انت صاف

شدند اتفاق است اوریفیس مانع ایجاد کرده پس باید در طرف چپ نشه مانع بالادرد تا سرعت سیال  
 بالا رود و مانع از درون اوریفیس (سوراخ) عبور کند. و در طرف راست یک انت صاف داریم

که این اختلاف فشار به دبی تبدیل دارد. مثلاً اگر مانع درون لوله ای اصلی حرکت نداشته باشد، اختلاف فشار  
 خواهد است.

ما اختلاف فشار را از رابطی ① به دست می آوریم:

$$P_2 - P_1 = \frac{\rho g h}{g_c}$$

\* افزایش دبی باعث افزایش انت فشار می شود.  
 در اوریفیس سطح مقطع در مقابل حرکت ناگهانی کم می شود. بی نظمی آنت اوریفیس ممکن است

[ یکی از مواردی که بی شکل این سطح تاثیر دارد، گشایش سطح مانع است ]

که با توجه به سقوط آزاد مانع سرعت آنرا می یابد اما برای آن که دبی ثابت مانع و سطح معقورا  
 حاصل می دهند.





واحد دیگری که برای فشار دایم واحد نیوتن (N/m<sup>2</sup>) است که خیلی کوچک است: 1 torr = 1 mmHg

کار: کار یک فرمول بیشتر یاد کرده فرمول اصلی کار است.

تعریف کار: اگر نقطه اثر نیروی تغییر مکان باشد کار انجام شده است = حاصل ضرب نیرو X تصویر تغییر مکان نیرو

$$\delta W = \vec{F} \cdot d\vec{l} = F(dl) \cos \alpha$$

$$\begin{cases} \alpha = 0 \Rightarrow \delta W = Fdl \\ \alpha = 180 \Rightarrow \delta W = -Fdl \end{cases}$$

علامت دیفرانسیل غیر کامل و (inexact dif) و علامت دیفرانسیل کامل (Exact difransiel)

حاصل شده ۲۲/۷/۸۶  
استفاده در روابط دایره‌ای توسعه هستند اما علامت این نه از این توسعه است

Max توسعه متعلق به جسم سیاه است که توسعه از رابطه زیر بدست می آید:  $E_b = \sigma T^4$

توسعه جسم سیاه یک مقدار کاملی است مانند کار کامل (جسم دمای کار و توسعه بیشتر و بیشتر) باز به حالت کامل تبدیل می آید اما هیچ موقع کار کامل نمی آید

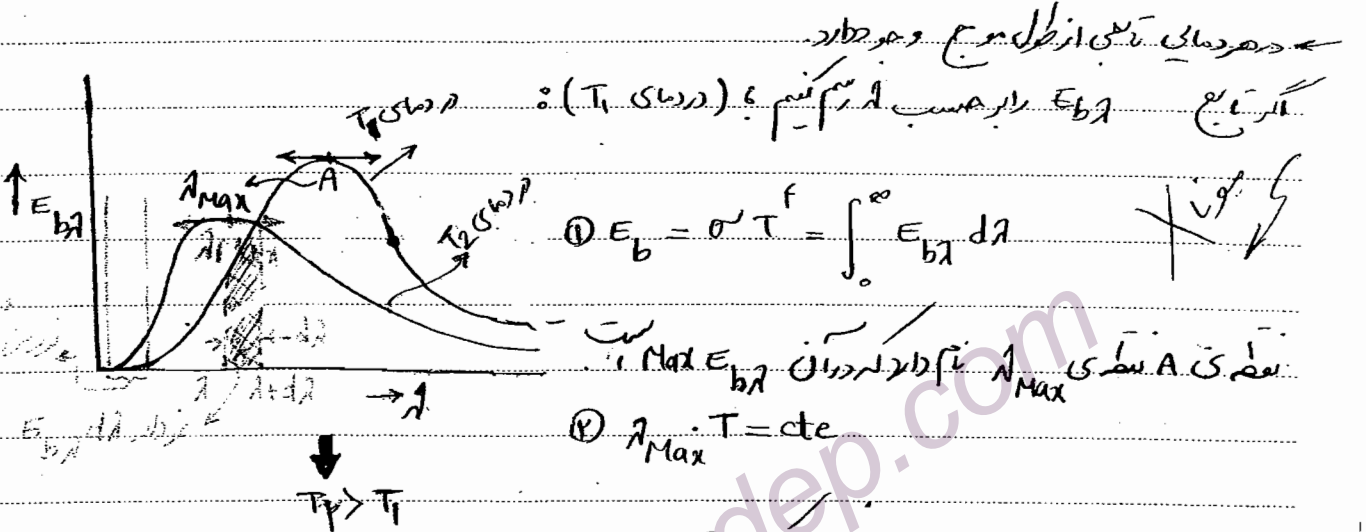
استفاده در روابط دایره‌ای توسعه هستند اما علامت این نه از این توسعه است

Subject:

Year. Month. Date. ( )

\* در موج شکسته هم این است در امتداد موج همی یک رنگ نیست. طبق یک نصف موج از طول موج موج بین دو طرفه دارد.

$E_{b\lambda}$ : این نمودار تابع توزیع سوسیس آمپه شده از جسم سیاه است باز خود به طول موج (تابع تابش است)  
 $E_{b\lambda} d\lambda$ : مقدار سوسیس آمپه شده از جسم سیاه است که مقدار آن بین  $\lambda$  و  $\lambda+d\lambda$  است طول موج



هر چه در دمای جسم بالاتر شود  $\lambda_{max}$  کمتر شود.

هر چه دما بالاتر رود: { اتفاق ۱) نمودار  $E_{b\lambda}$  به سمت چپ می رود.  
تصادف ۲) سطح زیر نمودار افزایش می یابد.  
در اثر گرم کردن اجسام این رنگ مشهود شده رنگ قرمزیست زیرا رنگ قرمز طول موج بیشتری دارد (علت سوسیس دست در اثر تابش اجسام داغ تابش است) و با بالاتر رفتن دما تمایل به زرد و سفید خواصم دید.

هفت رنگ اشعه مرئی: بنفش، بنفش، بنفش، بنفش، بنفش، بنفش، بنفش.  
در این رنگ سوسیس زرد و بنفش بیشتر است و با بالاتر رفتن دما تمایل به زرد و سفید خواصم دید.  
در این رنگ سوسیس زرد و بنفش بیشتر است و با بالاتر رفتن دما تمایل به زرد و سفید خواصم دید.

### Green House Effect:

پدیده طیف نه ای: خوردن دمای سطح بالای دارد و سطحی مخالف به سمت چپ است و ماورای بنفش سوسیس زردی دارد و چون طول موجش سوسیس کم است از سوسیس طیف مرئی که از دریا ورود به طیف مرئی است (تابش زمین آبی آبی) است و طول موجش زیاد شده است (و از طرفی درون طیف مرئی هم که در اثر تابش در آن) پس به

Subject :

Year . Month . Date . ( )

صفت اترایش طول موج درونی تواند از سبب طیفان عبور کند و اتر طیفانای بوجود می آید. با پیشرفت صنایع در این ۵۰ سال اخیر گازهای طیفانای (CO<sub>2</sub>، گازهای اتر و...) وارد جو شده است که درجه طیفان سبب گلفان را می کند. گرما از این گازها گدشته (به دلیل طول موج کم) و در زمین می رسد ولی زمین آن ها را پس می زند ولی این اتر این ربط در دون این گازهای طیفانای به خاک می افتد (به دلیل اترایش طول موج) و دوباره به زمین بازمی گردد و باعث اترایش نمای کوهی زمین می شود.

در دمای سنج های تشخیص هم مانند (ماسنج مغزی دمای بدست اوره دمای معاری است. و دمای واقعی نیست البته در دماسنج های معادمتی دمای معاری بدست اوره بسیار نزدیک به دمای واقعی است.

**International Practical Temperature Scales 1968 : IPTS-68**

دستاوردهای ندری IPTS-68 :

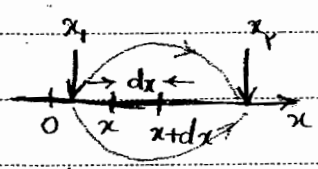
۱) اترایش مقدار ثابت (باجه) ice point ، steam point نقاط ثابت دیگری هم تعریف کردند : ۱۱ نقطه ثابت تعریف شد.

۲) وسایل اندازه گیری بسیار مشخص با روابط بسیار مشخص دمای محلی واقعی بدست اوره (یعنی دمای معاری به دمای واقعی محلی محلی نزدیک بود.

علیه ششم ۲۴ / ۸۶ / ۷

- انواع توابع : ۱- معاری (point function)
- ۲- مسیری (path)

مای تمام توابع معاری دایم مثل x (خاصه)، T (دما)، P (فشار) و V (حجم) و... از توابع معاری دفرانسیل بگیریم (dx, dT, dp, dv) دفرانسیل کامل می نامند.



دفرانسیل توابع معاری با دفرانسیل کامل (Exact Diff) توابع معاری دفرانسیل کامل هستند یعنی اختلاف کوچک

انتگرال دفرانسیل کامل یعنی اختلاف بزرگ

$$\int_{x_1}^{x_2} dx = x_2 - x_1$$

$$\int_{T_1}^{T_2} dT = T_2 - T_1$$



Subject:

Year. Month. Date. ( )

انتگرال دفرانسیل حاصل جمع ارتباطی به مسیر محدود شده بین نقطه‌های ابتدای آن می‌باشد.

$$\int_{x_1}^{x_2} dx$$

مستقل از مسیر است.

مسیر الزاماً مسیر قطعی نیست، منظور از مسیر در حالت طی تغییر حالت است.

انتگرال دفرانسیل حاصل جمع جبرائیل و حد بالای انتگرال است و تابع مسیر نیست حال اگر تابع مسیر نسبت به ای را طی کند، این انتگرال برابر با صفر است.

$$\oint dx = 0 \quad \text{و} \quad \oint dT = 0$$

تابع مسیری:

تعداد توابع مسیری هم مانند توابع نقطه‌ای نامحدود است. ولی با دو آرمان خاص شروع و پایان یعنی گویا (Q) و کار (W).

دفرانسیل توابع مسیری با علامت  $\delta$  نشان داده می‌شود ( $\delta Q$  و  $\delta W$ ) و بیان دفرانسیل غیر قطعی است. دفرانسیل غیر قطعی = یک مقدار کوچک.

$$\delta W = \text{مقدار کوچک کار}$$

$$\int \delta W = W_2 - W_1 \neq W \Rightarrow \text{انتگرال دفرانسیل غیر قطعی یک مقدار بزرگ است}$$

و برای همین بودن انتگرال دفرانسیل غیر قطعی باید حواسمان به جهت هم برقرار باشد.

(۱) حالت اولیه (۲) حالت نهایی (۳) مسیر تحول

$$\int_{A}^{B} \delta W = W_B - W_A$$

بنابراین انتگرال دفرانسیل غیر قطعی علاوه بر حالت ابتدای و پای به مسیر تحول نیز بستگی دارد و تابع مسیر است. پس اگر مسیر بسته باشد الزاماً انتگرال توابع مسیری صفر نیست و فقط می‌تواند صفر هم باشد.

$$\oint \delta W = \text{می‌تواند صفر یا غیر صفر باشد}$$

هر یک یک منحنی داشته باشیم، حواره سطح زیر آن منحنی تابع مسیر است که تعداد توابع مسیری بی شمار است.

Subject :

Year. Month. Date. ( )

$$\delta W = \vec{F} \cdot d\vec{l} = F(\cos\alpha)dl :$$

اگر جهت نیروی تغییر مکان، جهت میدان نیرو، یا مقدار لوله، با (ای) هم باشد.

$$d=0 \Rightarrow \delta W = F \cdot dl$$

$$\alpha = 180 \Rightarrow \delta W = -F \cdot dl$$

مسئله: در تغییر پتانسیل، عملی انجام می‌دهیم. با توجه به مسیر حرکت، باید به کار و انرژی عملت نسبت دهیم.

مثلاً: محاسبه کار جرمی در تغییر ارتفاع یک جسم به جرم  $m$  از سطح زمین:

ابتدا جسم را با  $F$  را مشخص می‌کنیم.

در این مسأله، باید به خلاف نیروی وزن و برای غلبه بر نیروی وزن کار انجام دادیم  $F = mg$ .

$$|\delta W| = F \cdot dz ; F = mg$$

$$|\delta W| = mg \cdot dz \Rightarrow \int |\delta W| = \int mg \cdot dz = mg \cdot z_2 - mg \cdot z_1$$

برای تغییر ارتفاع  $dz$  باید از ارتفاع  $z_1$  تا  $z_2$  حرکت کرد.

$$\Rightarrow E_p = mg \cdot z \times \frac{1}{g} : \text{انرژی پتانسیل}$$

در جسمی در ارتفاع  $z$  با جرم  $m$  به اندازه  $mg \cdot z$  انرژی پتانسیل دارد.

تعریف  $E_p$ : انرژی پتانسیل هر جسم عبارتست از قابلیت انجام کار توسط آن جسم به علت ارتفاعش از سطح زمین.

مثال: محاسبه کار مورد نیاز برای بلند کردن یک جسم به جرم  $m$  به ارتفاع  $h$  با نیروی  $F$ .

$$|\delta W| = F \cdot dl$$

$$F = ma = m \frac{dv}{dt}$$

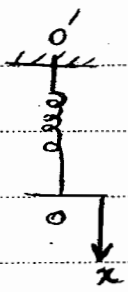
$$|\delta W| = m \frac{dv}{dt} \cdot dl \Rightarrow |\delta W| = m \cdot v \cdot dv \Rightarrow |W| = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

$$\Rightarrow E_k = \frac{1}{2} m v^2 \times \frac{1}{g} : \text{انرژی جنبشی}$$

تعریف  $E_k$ : انرژی جنبشی هر جسم به جرم  $m$  عبارتست از قابلیت انجام کار به علت حرکت آن جسم.

$$|W| = \Delta E_k : \text{تغییر انرژی جنبشی} = E_{k2} - E_{k1}$$

Subject: Year: Month: Date: ( )



δW = F dx

(F ≠ kx) F = f(x) است

δW = kx dx ∫\_{x1}^{x2} δW = ∫\_{x1}^{x2} kx dx ⇒

W = 1/2 k x2^2 - 1/2 k x1^2

Eps = 1/2 k x^2

نظارت است و نظارت است

انرژی ذخیره شده است واحد N/m است

- (۱) اضربیت در ↑ F ← (۲) مقطع در (۳) جنس در (۴) فاصله در (۵) شکل در (۶) دمای در

انرژی ذخیره شده برای سازه کرنش حل مساله تراحتی در نظر گرفته است F = kx

نیروی متناسب با تغییر مکان تراحتی اگر F = k(x - x0) یعنی حالت آزاد در ابتدا برقرار است و بعد از آن x مسئله در افق که نامی در اتمان اختیاری در حالت آزاد

تعریف Eps و قابلیت انجام کار است توسط آن در به حالت کشیدگی تراحتی است

البته این مساله به ترمیمی صحت است در ما در زده و با هر عوی نزدیک به صفر کشیده یا بیشتر در نیم

W = Eps2 - Eps1

اگر به جای آن در ترم زده کشیم به طور کلی با کشیم (مثلاً یک باره یک دوری) کاری به انجام نمی آید این صورت محاسبه کار غیر قابل محاسبه است البته نباید به طور غیر مستقیم قادر به محاسبه کار کشیم

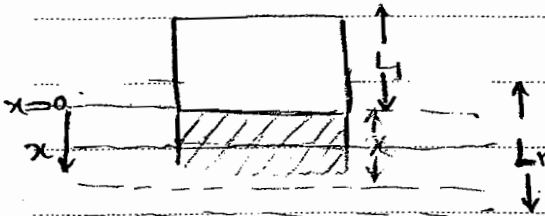
پس ما برای محاسبه کار تراحتی نسبت به کاری می کشیم (زده و با هر عوی نزدیک به صفر) reversible



Subject:

Year:      Month:      Date: ( )

مثال ۴: محاسبه نیروی ارنستین برای جسمی که در مایع غوطه‌ور است و ارتفاع آن  $L_1$  است. سطح بسیار وسیعی از آب یک جسم مستطیلی شکل به طول  $L_1$  و عرض  $A$  و ارتفاع  $L_1$  تشکیل شده است (در نظر داشته باشید که جسم با طول  $L_2$  در مایع غوطه‌ور است).



فشار آب  $\rho$  است و فشار هوا  $1 \text{ bar}$  ( $100 \text{ kPa}$ ) است.  
 $L_2 > L_1$  است.

حاصل کار لازم برای رساندن جسم به عمق آب چقدر است؟  
 جسم برای رسیدن به انتهای آب کافی دارد که این ضابعت

کل نیروی ارنستین است. نیروی ارنستین از پایین به بالا وارد می‌شود. پس برای غلبه بر این نیرو باید کار انجام دهیم. نیروی ارنستین  $F_b$  در هر جسمی که در مایعی قرار داشته باشد به اندازه  $\rho V g$  و در مساحت  $A$  جسم  $V = Ax$  است. جسم  $L_1$  در مایع غوطه‌ور است و در عمق  $L_2$  وارد می‌شود که به آن نیروی ارنستین ( $F_b$ ) می‌گویند. (برای  $L_2 > L_1$ ) و در عمق  $L_1$  وارد می‌شود که به آن نیروی ارنستین ( $F_b$ ) می‌گویند. چرا جهت نیروی آب در مایع ارنستین  $F_b$  است.

سطح آزاد مایع سطح در نظر می‌گیریم. چون جسم  $F_b$  در عمق  $x$  در مایع وارد می‌شود. جهت  $F_b$  در مایع ارنستین  $F_b$  و وارد می‌شود که در عمق  $x$  است.

$$F_b = A x \rho g = \rho g A x$$

$$\alpha = 180^\circ \Rightarrow \delta w = -F_b dx$$

چرا جهت در این حالت که  $F_b$  در مایع  $x$  است؟

توجهی که هر جسمی وارد آب می‌شود و پس از آن

$$\Rightarrow F_b = A x \rho g$$

$$\alpha = 180^\circ$$

$F_b$  ثابت می‌شود.  
 همیشه مثبت

$$\delta w_1 = -F_b dx = -A x \rho g dx$$

$$w_1 = - \int_0^{L_1} A x \rho g dx$$

$$w_1 = - A \rho g \frac{L_1^2}{2}$$

این جان نیروی ارنستین  $F_b$   $x$  بود و از این جانب بعد (بعد از زدن کامل جسم آب) نیروی ارنستین ثابت می‌شود.

Subject:

Year. Month. Date. ( )

از این جا به بعد در مورد نیروی شناوری نیوی از همین جا فای:

$$F_b = AL_1 \rho_2 g \quad (\text{در لایه})$$

$$F_{b_2} = F_{b_1} \text{ in } (x=L_1) = AL_1 \rho_2 g \quad (\text{در لایه})$$

که  $F_{b_2}$  مساوی  $F_{b_1}$  است ولی در  $x=L_1$

$$\delta w_p = -AL_1 \rho_2 g dx \Rightarrow w_p = -\int_{L_1}^{L_2} AL_1 \rho_2 g dx \Rightarrow$$

که در بین  $L_1$  تا  $L_2$  است؛ در هر یک از  $L_1$  و  $L_2$  در هر یک از  $L_1$  تا  $L_2$

$$w_p = -AL_1 \rho_2 g (L_2 - L_1)$$

برای بدست آوردن کل:

$$w = w_1 + w_p = -A \rho_2 g \left(\frac{L_1^2}{2}\right) - AL_1 \rho_2 g (L_2 - L_1)$$

$$w = -A \rho_2 g L_1 \left(L_2 - \frac{L_1}{2}\right) \quad \text{کل کار}$$

مثلاً در این مثال ما محاسبه کار لازم را بدست آوردیم یعنی جسم را بصورت جسم تقابلی (دره دره و با سرعت صفر و با مدت زمانی بی نهایت) در آب فرو بردیم. یعنی در هر لحظه ما به اندازه‌ی خود نیروی ارسشیدنی به جسم نیرو وارد کردیم  $(F - F_b = ma)$

مثلاً ۲) در این مثال فشار هوا 1 bar (100 kpa) بود. استفاده از این فشار در مثال 10) در این مثال ما با آن بر دالسنیتر (دنه دالسنیتر) است. زیرا فشار هوا از هر طرف به جسم وارد می‌شود و فشار هوا یکسان است. بر این جسم پس بر جسم بی اثر است.

علت وجود نیروی ارسشیدنی و نیروی ارسشیدنی میری خرابی  $\Delta p = \rho g h$  نیست. (دو نقطه با اختلاف ارتفاع دارد در سیال اختلاف فشاری برابر  $\rho g h$  دارند). با فرو بردن جسم در سیال پس در نقطه ارسشیدنی اختلاف فشاری بوجود می‌آید که نیروی ارسشیدنی است که جسم را از فشار پائین به فشار بالا برساند. (برای همین تحت نیروی ارسشیدنی از این پس به بالا است) که این اختلاف فشار به علت وزن می‌باشد.

$$\Delta p = \frac{\Delta F}{A} = \frac{F_2 - F_1}{A} \quad \left[ \begin{array}{c} F_2 \\ F_1 \end{array} \right]$$

مجموعه برای وزن از وزن در آب حل می‌شود که جسم دارای وزن باشد. به علت دالسنیتر وزن جسم نمی‌تواند

در جسم < نیروی اُپ و د\_ن

در سطح آزاد سیال قرار گیرد.

حالت اول) دانسیته ی متوسط جسم از دانسیته ی آب بیشتر باشد. پس وزن جسم از وزن آب هم کم نیستی شود.

$\Sigma F = F_b - mg$  ;  $(mg > F_b) \Rightarrow \Sigma F < 0$  به طرف پایین است.

اگر همین جسم در داخل هوا باشد چون  $F_b = 0$  است ما کار نیروی اُپ یعنی  $F_b$  و هم به طرف پایین

متوسط می آید یعنی اثری که با سیال به انرژی جنبشی تبدیل می شود و  $\Sigma F < 0$  در آب او این می رود.

اما در آب  $F_b \neq 0$  و دیگر جسم قادر به سقوط نیست چون کار بر علیه نیروی اُپ انجام می دهد.

$\Sigma F > 0$  (سرعت) کم می شود. که جسم در سیال سرعت زیادی نخواهد رود.

حالت دوم) دانسیته ی متوسط از سیال کمتر باشد. (یعنی وزن جسم  $< F_b$ ) این جسم این قدر در آب

فرومی رود که  $\Sigma F = 0$  گردد. (توازن برقرار گردد) به دلیل نیروی وزن در آب فرو می رود.

وزن  $(W) = F_b$  (مقدار اُپ) : در لحظه ی تعادل

یعنی برای بلایست اوزن میزان فورویلی از تعادل بلا استفاده می کنیم.



$A \rho g = Mg \Rightarrow \rho = \frac{M}{A \Delta h}$

پس با افزایش حجم میزان فورویلی در آب بیشتر می شود. (اما این می باید)  $\rightarrow$  قوسی جوی

چون اگر از یک قوس استفاده کنیم، با توجه به حالت آزاد می توان برای بلایست اوزن کار یک باره  $F$  کل را جمع جوی نیروی اُپ و نیروی تعادل با هم کرد.

پس در روی سطح بسیار وسیعی از آب یک جسم به شکل منشور قائم مثلث قائمه الزامه بر روی یکی از سطوح جانبی این قرار دارد. این جسم بی وزن است. طول هر ضلع قائمه ی منشور 1 m و ارتفاع منشور 10 m می باشد.

عمق آب برابر با عمق است و دانسیته ی آب  $1 \text{ gr/cm}^3$  می باشد. فشار جوایر 1 bar است. حداقل کار

لازم برای رساندن این منشور به عمق آب چند است؟ این منشور در آن عمق قرار می گیرد.

(هر وجه جانبی یک مستطیل است و دو قائمه ی مثلثی شکل دارد.)

تفاوت ریاضی این برین با مثال قبل یک تفاوت ریاضی است؛ سطح جانبی منشور خود را می توان در آب در یک

مستطیل نیست و یک ذوزنقه است. و با هم حالت بلایست در هر حال می رود.



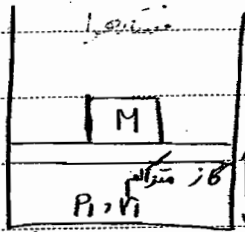


Subject:

Year. Month. Date. ( )

سری دوم: ترم ۳۳ خرداد  
شماره برگه: ۸۵ - ۹۷ - ۱۰۵  
صفحات: ۳ - ۶

مثال ۵: مکانیک سیال - تئوری سیال - تئوری سیال - تئوری سیال - تئوری سیال



$$(P_1, V_1) = P_1 = \frac{Mg}{A} + \frac{mpg}{A} + P_{air}$$

سیستم ما در حالت اولی P<sub>1</sub> و V<sub>1</sub> برابری بود.

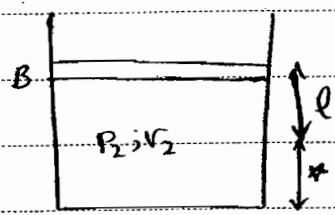
پستون دارای وزن است و فشار هوا هم دارد.

\* تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت

از فشار الف) تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت

زمان تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت

ا. تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت



$$(P_1, V_1) \rightarrow (P_2, V_2)$$

$$P_2 = \frac{mpg}{A} + P_{air}$$

شکل ۵ - الف

تغییر است با روی داده است.

در تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت

حل الف) تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت

$$W_1 \rightarrow F_1 = mpg$$

$$\rightarrow W_1 = mpg$$

P هوای است و فشار هوا هم دارد.

$$W_2 \rightarrow F_2 = P_{air} \times A$$

$$\delta W_2 = F_2 \cdot dl \Rightarrow \delta W_2 = P_{air} \cdot A \cdot dl \Rightarrow \delta W_2 = P_{air} \cdot dV$$

(مثال ۶: تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت)

$$\Rightarrow W_2 = P_{air} \cdot \Delta V$$

با برداشتن وزنی M، تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت

می شود. تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت

حرکت تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت

است. تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت

در تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت - تغییر حالت



(پرسش اول پرسش چهارم و کار به هم خورده می شوند)  $W_p$ : کار هم زدن هوا

اگر بخوانیم دفعه صحبت کنیم باید بگویم  $W_p$  مستقلاً قابل محاسبه نیست.

تقریباً قابل محاسبه  $W_{الف}$

کار هم زدن هوا  $W_{الف} = W_1 + W_p + W_2$  کل کار از کار الف است

(مسلماً پرسش اول غیر قابل است درین سطح یادای T قرار دارد)

کار هم زدن هوا در پرسش الف کار غیر مفید است زیرا بالا و پایین رفتن پرسش برای ما صلی محسوب است و

جمع برای ما این است که پرسش و زنی را بالا یا پایین ببرد. در سطح در واقع این اتفاق نیفته است.

حتمی برای ما در خلال استیلاط انجام می شود. متعلق از وزنی M را به پرسش بالا رود.

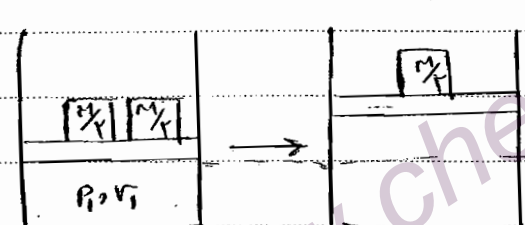
کار مفید

عالمه حسینی ۱۵/۷/۸۶

کار هم زدن هوا به اصطلاحاً همین استیلاط است و در سطح قابل دارد.

$M = 2 \frac{M}{2}$

از پرسش ب) در این پرسش وزنی M را به دو قسمت مساوی تقسیم می کنیم



ابتدائی از  $\frac{M}{2}$  کار هم زدن داریم

سوال در این حالت به حال با برداشتن یک  $\frac{M}{2}$

و ماندن یک  $\frac{M}{2}$  خود پرسش بالاتر می رود؟

فعلی بالا رفتن جمع وقت نصف می شود

دفعه تقریباً نصف است زیرا  $\frac{M}{2}$  پرسش

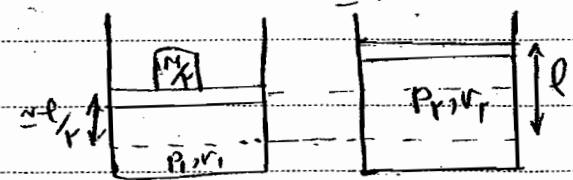
نصف شده است. کار ما قابل می باشد.

بیت در حالت های پرسش در سطح است

از پرسش را با برداشتن  $\frac{M}{2}$  بوری از این می دم

حالت های دقیقاً مثل قبل است زیرا دما و فشار

تقریباً یکسان است



در مجموع تحول ب مانند تحول الف است

تغیر حالت الف و ب یکسان است ولی

مسیرهاستین با هم متفاوت است.

تغییر ب (a)  $(P_1, V_1) \rightarrow (P_2, V_2)$

Subject:

Year. Month. Date. ( )

$w_1 = m_p g l =$  (کار انجام داده در الف)  $w_1$  محاسبه شده در الف

$w_2 = P_{air} \Delta V =$  (کار انجام داده در الف)  $w_2$  محاسبه شده در الف

\* آیا کار هم بر روی هوا در الف و ب انجام شده است؟

بله (که در ب) در دو مرحله اول و دوم و در مرحله سوم و چهارم  $w_{air} < w_{piston}$

حرفه ای الف و ب در الف و ب چون در هر دو اول  $M$  به اندازه  $l$  حرکت کرده است پس در (ب)

کار منفی انجام شده است که  $w_2$  هم دارد و برابر  $Mg \frac{l}{2}$  است.

$w_2 = Mg \frac{l}{2} = Mg \frac{l}{4}$

(کارهای مختلف در دو مرحله اول و دوم انجام شده است) کار منفی  $w_{air} = 0$

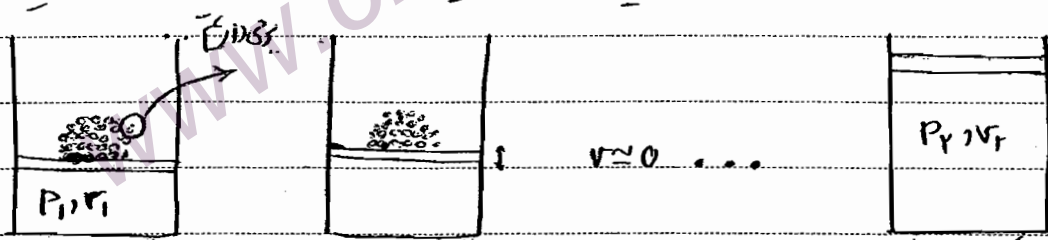
$w_{total} = w_1 + w_2 + w_{air} + w_{piston}$

اگر فرض کنیم  $M$  را به سمت چپ حرکت می دهیم و هم می بینیم که  $w_{air} < w_{piston}$  و  $w_{air} > w_{piston}$  را به سمت راست  $M$  را به سمت چپ

$w_{air} < w_{piston}$  و  $w_{air} > w_{piston}$

که صورت شکل باشد

در حالتی که در الف  $w_{air} = 0$  و در ب  $w_{air} > 0$  است مساوی نمی شود و در الف  $w_{air} = 0$  فرض کنید که  $w_{air} > 0$  (یعنی فاصله  $M$  را به سمت چپ  $w_{air} > 0$  است)



چون با افزایش یک ذره حرکت بلافاصله می شود (در آنجا که تعادل) پس نوعی اتعاق می آید و کار هم بر روی هوا انجام می شود (reversible)

در این آرایش کل کار یک بارو محاسبه می شود.  $w_{air} < w_{piston}$  به کار می بریم

سیر تحول متناوب و تغییر حالت بسازیم  $(P_1, V_1) \rightarrow (P_2, V_2)$



$$\delta w_R = F dl$$

reversible

در طول اصلی کار  $F$  همیشه نیروی معکوف است

$$F = (\text{همیشه}) \text{ نیروی معکوف}$$

در پستون نیروی حرکت کار داخل پستون و نیروی معکوف فشار هوا و ... است

معادله در طول reversible:  $F = \text{جرک}$  معادله  $F = \text{جرک}$  : در طول شبه-معادله

$$F = P \times A \quad ; \quad p = \frac{m \rho g}{A} + p_{air} + \frac{\sum (\delta m) g}{A}$$

واضح است که  $P$  در بالا بایع است زیرا در هر  $l$  نیروی فربه باقی می ماند

$$\delta w_R = P \delta V = P \delta l A = P \delta V$$

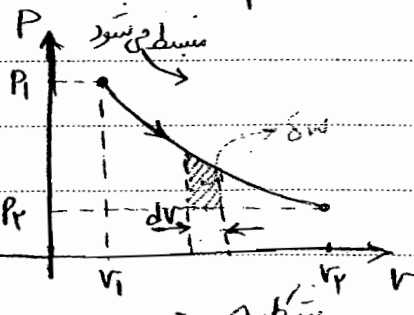
است. زیرا در  $w_R$  منظور از  $P$  فقط فشار هوا است ولی در این جا فشار صاف جزو کار از  $P$  است

$$\Rightarrow w_R = \int_{V_1}^{V_2} P \delta V$$

راه اول محاسبه نیروی انحراف، محاسبه ویدیمت اولی بایع  $P$  بر حسب  $V$

است که به حسن کار وقت سطح دارد

راه دوم استفاده از نمودار  $P-V$  است



کل کار سطح زیر منحنی است

کل کار (سطح زیر منحنی) به (1) اول (2) آخر (3) می رسد

(این جزو دمای افزایش  $\Delta T$  کار هم درون هوا تقریباً به حالت صورتی حرکت می شود، قابل محاسبه است)

محصولت محاسبه از  $(1)$  قابل محاسبه است. کار آن  $(2)$  کار  $Max$  است

\* در تمام این افزایش حرکات دمای گاز است  $(P_1, V_1) \rightarrow (P_2, V_2)$  ولی کار هم در حال افزایش است، چرا؟ کار بیشتر از کجا تأمین شده است؟ (کار برای انجام کار بیشتر درون فنون با بار بیشتر به انرژی بیشتری نیاز دارد و این منبع تأمین انرژی در دسترس نیست) در این فرایند این انرژی به دلیل کاهش دمای پستون تأمین شده است در آن که کمترین کار را داریم، کمترین کاهش دما را داریم (ما توسط گرمای محیط تأمین می شود) (برای حفظ کمترین است) با بیشتر حرکت کاهش دما افزایش یافته و انتقال گرما از محیط هم افزایش می یابد (تأمین در این جا منبع تأمین انرژی داخلی گاز، گرمای محیط است)

حرف یا به طور کلی  $P_{gauge}$  در توان این شکل (نسبت به تقارلی) را انجام دادیم. هر چه در ۳ (لابل) غیر متن است و  
 (۱) ما در این جا فرضی ۲۱ را به ۵۰ قسمت تقسیم کردیم و هر زده خودش جوی دارد که این چراغی کم هم نیست  
 و تقسیم در ۵۰ به ۵۰ قسمت مساوی غیر متن است.  
 (۲) جوی اگر به ۵۰ قسمت تقسیم کنیم، با برآیند این لابل که عموماً در ۵۰ جوی می آید، برآیند حاصل  
 صورت نیست و برای علم بر اصطلاحات باید بگوییم برآیند را  
 (۳) جوی اگر به ۵۰ قسمت تقسیم کرده و اصطلاحات هم بماند، در این صورت هر چه در ۵۰ جوی را برآیند  
 تمام نمی شود، چون سرعت انجام هم نیست و زمان ۵۰ می خواهد.

\* فرایند تقارلی یک علم بزرگ است و آن (به لابل) است و یک حسن بزرگی دارد  
 و آن محاسبه بزرگ بودن آن است.  $\leftarrow$  حال بزرگ با تعداد محاسبه بزرگ بودن کردیم  
 پس در علم تقارلی با واقعیات چه کار کنیم؟ چون فرایندهای واقعی قابل محاسبه نیستند پس در ۱  
 ۲. هر چه محاسبه می کنیم در علم اول (فرایند تقارلی فرض کرده و محاسبه را انجام می دهیم  
 در علم دوم) برای هر کول واقعی نسبت به تقارلی را بتوانیم نوشت می کنیم.

مثلاً الف که در این حالت نسبت به تقارلی و کول آخر نسبت به این بزرگ را دارد.

در مراحلی علمی هر چه منظور از (های مطلق) منظور از فشار، فشار مطلق است

$$P_{gauge} = P_{mano}$$

$$P_{abs} = P_{mano} + P_{baro}$$

و سلمی با اندازه گیری فشار هوا با هم است  
 $P_{baro} = P_{atm}$

$$P_{sia} = \frac{lbf}{in^2} \text{ (absolute) } \quad P_{sig} = \frac{lbf}{in^2} \text{ (gauge)}$$

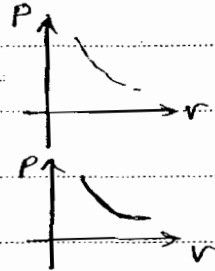
$$1 \text{ atm} = 14.7 \text{ psi}$$



این از تحولات باغ در گازها، تحول به تروپیک برور سبیل بازنهال است  
 (به تروپیک به معنای خنثی شدن است)

$PV = nRT$  (بازناله)

وقتی می‌گویند برور سبیل به معنای رابطه‌ی بین  $P$  و  $V$  است  
 در حالت مطلق در اول و آخر نهال داریم و در اول و آخر وسط داریم اما در میانه اجزای در  $P$  و  $V$  نهال نهال



است، هر چه رابطه نزدیک‌تر به  $P \sim V^{-n}$  نشان می‌دهد  
 مشخص: تحول غیر شیب نهال و در سطح زیر در می‌چورد  
 جویز در شیب نهال و سطح زیر = باز

حالت بازنهال در طی تحولی  $PV^n = \text{cte}$  باشد این تحول به تروپیک است. (توان یا نا  $n$ )

$\Rightarrow P = kV^{-n} ; k = P_1 V_1^n = P_2 V_2^n$

$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \int_{V_1}^{V_2} kV^{-n} dV = \frac{k}{1-n} [V^{1-n}]_{V_1}^{V_2} ; n \neq 1$

$\Rightarrow W = \frac{P_2 V_2^{1-n} - P_1 V_1^{1-n}}{1-n} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-n}$  (منظور  $n$ )

$W = \frac{R(T_2 - T_1)}{n-1}$

$n=1 \Rightarrow PV = RT = \text{cte}$  : فرایند هم‌دما : Isothermal process

بین فرایند هم‌دما به حالت خاص فرایند (تحول) به تروپیک است

$W = \int_{V_1}^{V_2} \frac{RT}{V} dV = RT \ln \frac{V_2}{V_1}$  (هم‌فرض  $n=1$ )

$W = RT \ln \frac{P_1}{P_2}$  (معمولاً با واحد  $J$  یا  $kJ$  specific work)

specific work (for  $PV = RT$ )

Subject:

Year. Month. Date. ( )

جلسه پنجم ۱۶/۸/۸۶

رابطه‌ی بین کار و گرما موضوع قانون اول ترمودینامیک است. در واقع از اصل بقای انرژی استفاده شده است.

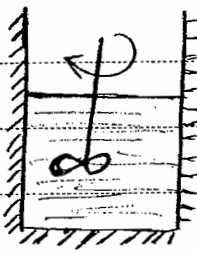
تفاوت بین تغییر در دمای یک جسم را از تغییر در انرژی می‌توانیم معنی بگیریم. اگر یک طرف هم در

$$T_1 = 20^\circ C$$

تغییر دمای داخلی داشته باشد.

تولید دمای آن طرف آب همزی قرار داده ظرف را هم عایق کرد. هم وزن را به کار انداخت و ملاحظه کرد که با کار همزن

دما از ۲۰ درجه سانتیگراد به ۴۰ درجه سانتیگراد رسید. (از طریق کار همزن)



اگر آب درون ظرف را با سیستم بسته در نظر بگیریم و همزن را هم در نظر بگیریم. کار همزن را

به عنوان کار در نظر می‌گیریم. در این حالت کار درون سیستم را همزن انجام می‌دهد.

انرژی که به سیستم می‌دهیم از طریق کار درون سیستم است.

در این حالت همزن را به عنوان سیستم در نظر می‌گیریم. در این حالت کار درون سیستم را همزن انجام می‌دهد.

سیستم علاوه بر طرف راست و همزن را هم در نظر می‌گیریم. در این حالت کار درون سیستم را همزن انجام می‌دهد.

در حالت اول به حالت دوم تغییر می‌دهیم. در این حالت کار درون سیستم را همزن انجام می‌دهد.

در حالت دوم به حالت اول تغییر می‌دهیم. در این حالت کار درون سیستم را همزن انجام می‌دهد.

در حالت اول به حالت دوم تغییر می‌دهیم. در این حالت کار درون سیستم را همزن انجام می‌دهد.

مکانی که به قانون اول ترمودینامیک تبدیل شد.

$$T_1 = 20^\circ C \quad \xrightarrow{Q=0} \quad T_2 = 40^\circ C$$

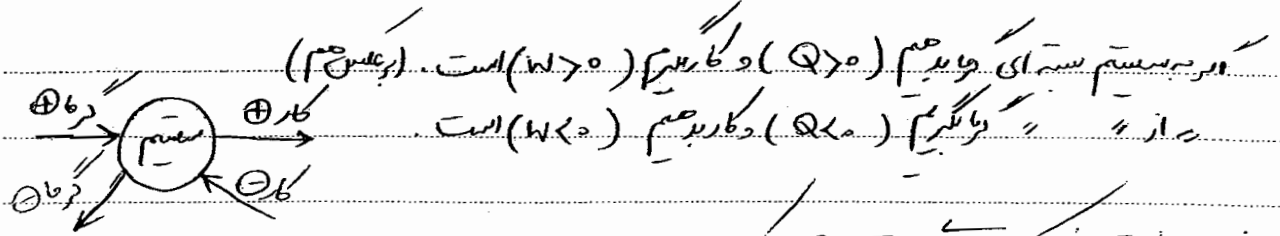
از طریق کار درون سیستم

سیستم بسته به چند طرف می‌تواند شکل بگیرد. هر سیستم بسته به سه طرف قادر است شکل بگیرد.

$$T_1 = 20^\circ C \quad \xrightarrow{Q=0} \quad T_2 = 40^\circ C \quad \xrightarrow{Q=0} \quad T_3 = 40^\circ C$$

از طریق کار درون سیستم به طرف راست

قرار دادیم. هر سیستم بسته به سه طرف می‌تواند شکل بگیرد. هر سیستم بسته به سه طرف قادر است شکل بگیرد.



قانون اول ترمودینامیک برای سیستم بسته و کنترل شده:

تغییر انرژی درونی = مجموع انرژی‌ها = قانون اول برای سیستم بسته و کنترل شده.  
 اگر سیستم بسته ای کنترل می‌شود، آن گاه مجموع انرژی‌ها (چون به روابط با هم است) = مجموع انرژی‌ها.

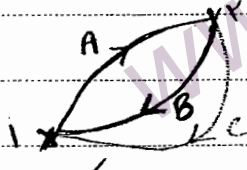
از طرفی ما می‌دانیم که تغییر انرژی درونی در هر لحظه به وسیله سیستم می‌شود نه به واسطه این اتفاق است.  
 حال به بررسی دومی این ادعا در ۲ مثال و کنترل صرفه می‌پردازیم.

مجموع انرژی‌ها =  $-f \cdot mc$  (سیستم)  
 مجموع انرژی‌ها =  $f \cdot mc$  (کارگر)

$T=20 \rightarrow T=40$  : مجموع انرژی‌ها =  $+3 \cdot mc$  (سیستم)  
 $T=70 \rightarrow T=20$  : مجموع انرژی‌ها =  $-1 \cdot mc$

دقت می‌کنیم که مجموع انرژی‌ها در کنترل ۱ و ۲ با هم متفاوت است زیرا کار و گرما با هم می‌آیند.  
 $\int \delta Q = \int \delta W \Rightarrow Q = W$  (مجموع و انرژی‌ها)

حال به اثبات می‌پردازیم (البته این اثبات فقط برای سیستم بسته و کنترل شده است و مورد بررسی سیستم‌ها این قانون مثال‌هاست).  
 مدار دومی قابل اثبات ریاضی می‌باشد:



تحول A از (1) به (2) بسته است نمی‌توان کار را به بار رساند و در این مسیر از (2) به (1) نیز بسته است (رطوبت بار توابع می‌شود).  
 مسیر ۱ از (1) به (2) به (3) به (1) بسته است (سیستم بسته).

دو مسیر غیر قابل (1) به (2) به (3) به (1) :  
 $\int_{1A}^{2A} \delta Q + \int_{2B}^{1B} \delta Q = \int_{1A}^{2A} \delta W + \int_{2B}^{1B} \delta W$

مثال ۱: (1) به (2) به (3) به (1) بسته است از (1) به (2) هم به واسطه طرفی عمل است.

مسیر ۱ از (1) به (2) به (3) به (1) :  
 $\int_{1A}^{2A} \delta Q + \int_{2C}^{1C} \delta Q = \int_{1A}^{2A} \delta W + \int_{2C}^{1C} \delta W$

$\Rightarrow \int_{2B}^{1B} \delta Q - \int_{2C}^{1C} \delta Q = \int_{2B}^{1B} \delta W - \int_{2C}^{1C} \delta W$

$$\int_{\gamma_B}^{1B} \delta Q - \int_{\gamma_B}^{1B} \delta W = \int_{\gamma_C}^{1C} \delta Q - \int_{\gamma_C}^{1C} \delta W$$

دینامیک (توسعه از مسیر)   
 انرژی طی

$$\int_{\gamma_B}^{1B} (\delta Q - \delta W) = \int_{\gamma_C}^{1C} (\delta Q - \delta W) \Rightarrow \delta Q - \delta W = dE$$

توجه به علامت در نشان دهنده   
 خاص سیستم است.

اصل بقای انرژی مکانیکی مفهومی متناظر از قانون اول است و از قانون اول نتیجه شده است.

قانون اول برای سیستم بسته در طول کوچک در  $dt$ :  $\delta Q - \delta W = dE$

قانون اول برای سیستم بسته در طول بزرگ در  $dt$ :  $Q - W = \Delta E$

تغییر کوچک در زمان کوچک  $dt$  اتفاق می افتد.

تغییر بزرگ در زمان بزرگ  $dt$  اتفاق می افتد.

تغییر حالت نامرئی  $\leftarrow$  حالت حاصل است.

روش سیستم  $\leftarrow$  اصل بقای انرژی است.

شکل طی قانون اول بصورت حاصل است: شکل طی موازنه:  $تجمع = خروجی - ورودی$

در مدت زمان  $dt$ :  $\delta Q - \delta W = \Delta E$

$E_1$ : انرژی سیستم در لحظه اول  $E_2$ : انرژی سیستم در لحظه آخر  $E_2 - E_1 =$  تجمع انرژی

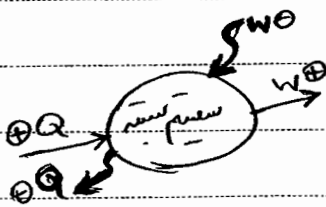
چون انرژی از بین نمی رود  $Q - W = E_2 - E_1 \Rightarrow Q + E_1 = W + E_2$

انرژی باقی مانده + کار خروجی + انرژی ورودی + کار ورودی

بیان انرژی = اصل بقای انرژی  $\Rightarrow Q + E_1 = W + E_2$

هم بیان (موازنه) انرژی (جرم) (معادله برابر اصل بقای انرژی است)

مثال دوباره به روش سیستم باز می گردیم:



اگر سیستم بسته ای معادله کرده بگردیم معادله کار انجام داده در طولی رابطه می بندد  $\leftarrow$

تغییر انرژی کیفی صاف می تواند از طریق معادله کار در نظر گرفته شود  $\rightarrow$   $تغییر انرژی کیفی + تغییر انرژی محیط = 0$

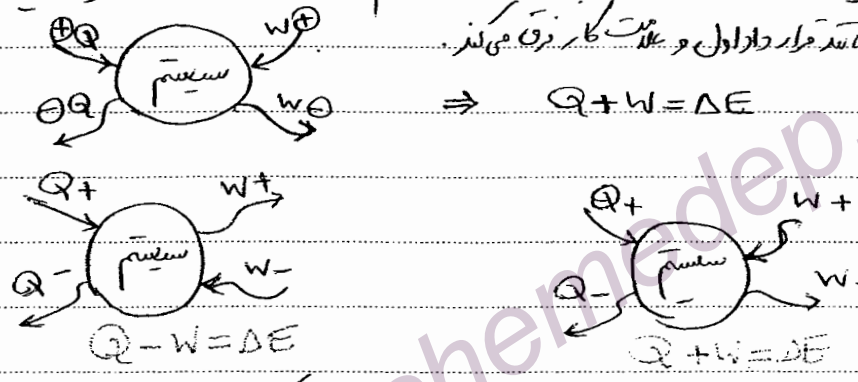
$(\Delta E_2 - E_1) + (-Q + W) = 0 \Rightarrow |Q - W = E_2 - E_1| (I)$



سیستم بسته به چند طریق می تواند با محیط تبادل انرژی کند؟ به ۲ طریق، کار و گرما.  
 یک سیستم بسته قط و فقط به ۲ طریق کار و گرما با محیط تبادل انرژی دارد. لذا در ضمن انرژی است  
 کار هم از ضمن انرژی است پس هر فرقی بین  $Q$  و  $E$  وجود دارد؟ گرما و کار انرژی هستند ولی انرژی در  
 حال گذار از فرم سیستم می باشند در حالی که  $E$  در داخل سیستم است. پس در مورد  $Q$  و  $W$  (کار و گرما) معادله  
 توان مطرح است. از طرفی فرم سیستم در لحظه تبادل انرژی  $E$  (و  $W$ ) است. پس  $E$  لحظه ای است

همواره تغییر انرژی سیستم در واحد زمان برابر با  $Q - W$  است (توان سیستم)  
 از رابطه ای  $(E)$  نتیجه می گیریم که اگر سیستم بسته بسطی طی کند چون  $\Delta E = 0$  است  $\Rightarrow Q - W = 0$

قرارداد انرژی است و به ترتیب در مورد کار با هم اهدا نظر دارند ولی به هم می رسانند  
 قرارداد در  $(Q)$  علامت کار گرما مانند قرارداد اول و علامت کار فرق می کند



مثال) سیستم بسته ای داریم که در مدت زمانی مشخص  $50 \text{ kJ}$  گرما می گیرد و  $20 \text{ kJ}$  کار می کند (به محیط می دهد) تغییر انرژی  
 سیستم را حساب کنید.

حل:  $Q - W = \Delta E \Rightarrow +50 - (+20) = \Delta E$  ;  $\Delta E = 30$  (قرارداد)  
 $Q + W = \Delta E \Rightarrow +50 + (-20) = \Delta E$  ;  $\Delta E = 30$  (قرارداد در  $W$ )



Subject \_\_\_\_\_



Date \_\_\_\_\_

---



PAPCO \_\_\_\_\_



www.chemedep.com

جلسه ۲ در حجم ۸۶، ۸۸، ۸۴

(\*)  $cdT = \delta Q$

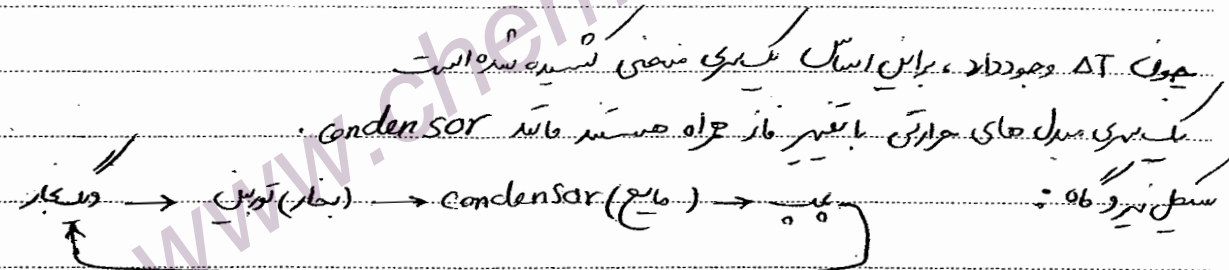
• بقوه حرارتی که منبسط می شود به ترموفیل ایدگی درهای ویژه می توان نوشت  
 ← این ترموفیل ناقص است زیرا  $\delta Q$  مستقل از نوع (فردان) (سپار) می تواند معادله درستی داشته باشد  
 باید کاری کرد که هم  $\delta Q$  هم مستقل شود ← باید مسیری را مشخص نمود  
 بدین منظور ما اغلب تحولات را حجم ثابت یا فشار ثابت در نظر می گیریم  
 البته اصولاً برای دایره برای سیستم یک ترموفیل شده است

گرای محسوس، گرای آسپ (Sensible Heat) چون حرارت است با تغییر دما و استفاده از سطح  
 می توان این تغییر دما را اندازه گرفت

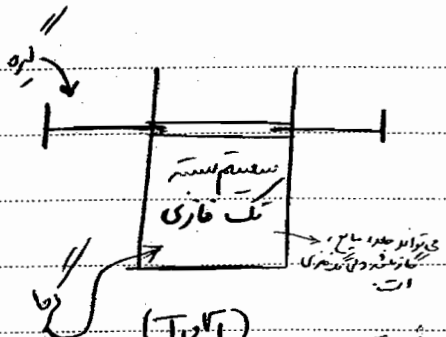
گرای محسوس (آسپ) در مقابل گرای نهان حرارتی می آید که حرارت با تغییر دما نیست  
 برای آب ۱۰۰ درجه سانتیگراد  $100^\circ C$  در فشار ثابت  $1 \text{ atm}$  داشته و در حجم ثابت، آب جاری می شود و در آن که دما تغییر نمی کند  
 گرایی داده شده صرفاً از این دما نخواهد شد بلکه به تغییر درهای ثابت خواهد شد ← گرایی نهان تغییر

در حالت بین دو جسم سردتر و گرمتر، گرایی محسوس از جسم گرم به سردتر و گرایی نهان از جسم سردتر به گرمتر

رابطه ای  $I = |mc\Delta T| = |m\epsilon\Delta T|$



اگر رسالتی در مبدل حرارتی مابج تغییر دما می دهد ←  $\Delta T = 0$  است. حال می بینیم تا چه می توان از رابطه ای  
 $I$  استفاده کرد. گرایی و ترموفیل جسم تغییر دما را در طول می بینیم  
 برای سنجش تغییر دما در گرای و ترموفیل برای هر دو ترموفیل می بینیم  
 اما حواره اصولاً برای دایره برای سیستم یک ترموفیل شده است  
 ترموفیل گرای ویژه  
 اولین ترموفیل که برایش گرایی ویژه ترموفیل شده است:



تغییر حجم ثابت شبه تبادلی:

سیستم بسته در  $T_1$  و  $V_1$

است و توسط دیواره تک فاز شده

است. شروع به حرارت دادن می کند.

حداثر انبساطی باید و حجم ثابت می ماند.

تغییر حجم ثابت معبره ای

$$(T_1, V_1) \xrightarrow{V=cte} (T_2, V_2 = V_1)$$

حل می خواهم دمای ویژه را تعیین و مقدار برای لازم برای تحول را مشخص کنم:

باید حاصل برای رابطه (\*) در فرم دیفرانسیل و با توجه به ترتیب دمای ویژه:  $\delta Q = c_v dT$

$$\delta Q - \delta W = du + dE_k + dP \Rightarrow \delta Q - \delta W = du$$

در این تحول  $\delta W = 0$  است زیرا هم حجم ثابت است. (شرط اول)

کار همزن داخلی: اگر همزن داخلی داریم کار همزن داخلی داریم. اگر همزن داخلی نداریم کار همزن داخلی نداریم. اگر همزن داخلی داریم کار همزن داخلی داریم. اگر همزن داخلی نداریم کار همزن داخلی نداریم.

\* برای دانستن دمای ویژه باید دما را (عمل بالورین) از جز سیستم عبور دهیم.

$$\text{②: } \delta Q_v = du$$

$$\text{① و ②} \Rightarrow \delta Q_v = du = c_v dT$$

$$c_v = \left( \frac{\partial u}{\partial T} \right)_v \Rightarrow c_v = f(T, v) \quad \text{یا} \quad c_v = f(T, P)$$

تغییرات  $c_v$ :

(دانشنامه فیزیکی به هم پیوسته است)

در صورتی که دما و چگالی مثل  $T, v$  و  $P$  است  $c_v \leftarrow$  خاصیت نقطه ای است و یک تابع حالت است.

برای بدست آوردن  $c_v$  از این طریق:

$$\diamond Q_v = \int \delta Q_v = \int_{T_1}^{T_2} c_v dT = \Delta u \diamond$$



اگر تحول A را با تحول B مقایسه کنیم (A حالت بسیار جاک B است)

همان شکل میلی را در نظر می گیریم البته بدون گیره!

دلی تم باقی می ماند  $(T_1, V_1 = V_2) \rightarrow (T_2, V_2 = V_1)$  تحول غیر متعادل  $(T_1, V_1) \rightarrow (T_2, V_2)$  تحول (B) تحول

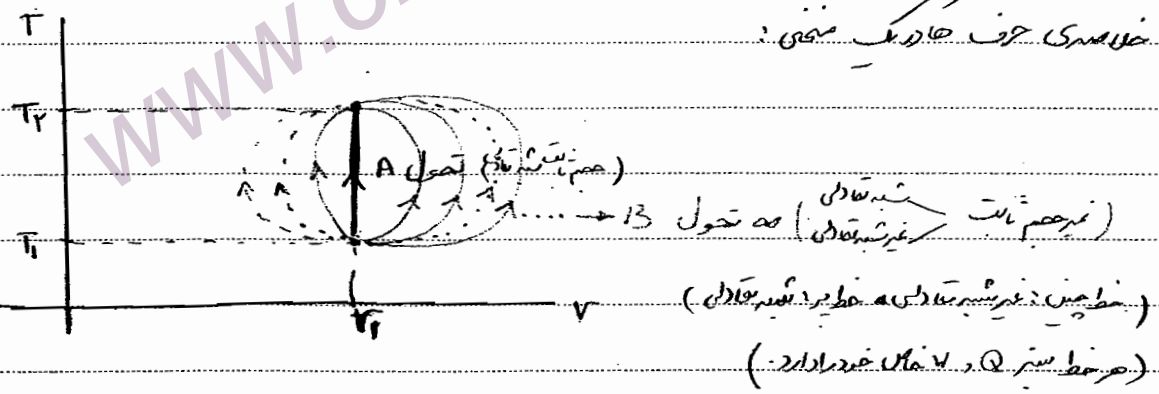
۳ حالت در برابر هم داریم: (۱) پائین می آید (۲) بالا می رود (۳) ساکن است  $(\sum F = 0)$   
 $(P_{A1} > P_{B1})$   $(P_{A2} < P_{B2})$   $(P_{A3} = P_{B3})$

می توانیم عمل برآورد کنیم، در زمان اضافه و کم کنیم و ... انجام دهیم ولی اخیراً دوباره این را بررسی کنیم.  
 تحول B حالت اولش مانند A و حالت آخرش مانند A است ولی مسیر انجام تغییر کردن است.

$\Delta U$  تابع دما می باشد  $\leftarrow \Delta U_A = \Delta U_B$  فقط حالت اول واضح  
 (B)  $\Delta U_A = \Delta U_B = \int_{T_1}^{T_2} C_v dT$

آیا  $Q$  یا  $\Delta U$  در تحول B مشابه است؟ خیر. زیرا مسیر فرق کرده است (با تحول A)

(B)  $Q - W = \Delta U$   $W$  کار  
 در تحول B کار کم کردیم  $Q$  جاد  $W$  های منفی خود را دارند اما  $Q - W$  در هر دو حالت برابر  
 برابر است. (تایید  $Q - W = \Delta U$ )  
 خلاصه ای حرف ها در یک منحنی:



$C_p$  و  $C_v$  intensive است زیرا  $\frac{kJ}{mol \cdot K}$  intensive می باشد.

$$Q - W = \Delta U$$

$$W = P \Delta V$$

$$Q = \Delta U + P \Delta V$$

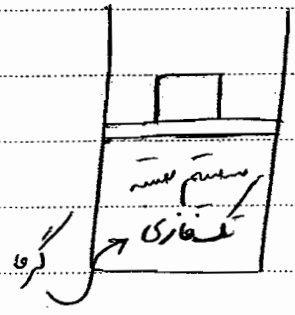
$$Q_p = c_p \Delta T = \Delta h$$

$$\Delta h = \int c_p dt$$

تحول فشار ثابت شبه تعادلی

حالتی که در آن حجم ثابت شبه تعادلی طوری

تحول شبه تعادلی منحصر به تحول شبه تعادلی مکانیکی نمی باشد (جاری و ...)



بسیستون در تعادل است (از این جهت نیروی وارد و خارج یکسان است)

قوانین دم و در شرایط  $P_1 = P_2$  به بر می خورد

$$(P_1, T_1) \xrightarrow{p = cte} (P_2 = P_1, T_2)$$

به سمت راست بودن فشار

ضریب ظرف گرمایی ویژه:  $\delta Q_p = c_p dT$

قانون اول:  $\delta Q - \delta W = du$

همچنین اگر در سیستم جری سیستم بسته تغییر انرژی بینین در یک فرایند از نوع ...  
 سیستم ما فقط با حالت ... جری کار می شود (سیستم بسته)

با حرارت دادن به سیستم چون نیرو ندارد، دما و حجم آنرا پس می ماند. اما فشار ثابت می ماند (در ذره ذره بر می آید، ذره ذره با فشار ثابت با هم می برد)  $\leftarrow$  انبساط شبه تعادلی است زیرا  $P_1 = P_2$   $\leftarrow$  تحول مکانیکی شبه تعادلی فشار ثابت

اگر آن مکان دما هم  $(20 \rightarrow 40)$  باشد در دلیل اختلاف دمای زیاد بین درون و بیرون همان حرارت زیاد است  
 خواهد شد و موجب تر شدن سیستم خواهد شد  $\leftarrow$  شبه تعادلی یعنی همان اختلاف دمای بین درون و بیرون  
 دنیای بیگانه است و ذره ذره گرما جایی خواهد شد.

شبه تعادلی حرارتی  $\leftarrow$  ذره ذره در مبادون

\* فشار ثابت شبه تعادلی:

- (۱) حرارتی: ذره ذره در مبادون (تغییر دما بیرون در اینجه موجب است)
- (۲) مکانیکی: با سرعت متغیر با هم
- (۳) حجم وجودی

$$\delta W_R = p dV = d(pV)$$

$$p dV = \delta W$$

فشار ثابت شبه تعادلی است (نهون یعنی که مستقیم است و در حجم آن است)

$$\Rightarrow \delta Q = du + \delta w \Rightarrow \delta Q = du + d(pv)$$

$$\Rightarrow \delta Q = d(u + pv)$$

در مورد این معادله باید طریقی ۲ حاصل است. ۱. در کنار  $pv$  قرار می‌دهیم (جای اول) در حالی که در سمت راست نیز قرار می‌دهیم. ۲. در این حالت  $u + pv = H$  می‌نویسیم.

$$u + pv = H$$

این معادله را می‌توان به صورت  $u + pV = H$  نیز نوشت.  $u$  و  $pV$  در سمت راست و  $H$  در سمت چپ قرار می‌گیرد.

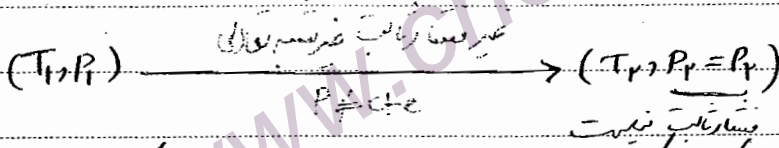
$$U + PV = H$$

$$\Rightarrow \delta Q_p = d(u + pv) \Rightarrow \delta Q_p = dH = c_p dT \Rightarrow c_p = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p$$

$c_p$  یک خاصیت ترمودینامیکی است و تابعی از دما و فشار است.  $H = f(T, p) \Rightarrow c_p = f(T, p)$

$$\Rightarrow Q_p = \Delta H = \int_T^{T_2} c_p dT$$

حال تحول B را بصورت طی ترکی از A تعریف می‌کنیم. در حالت اول ما این حالت را  $(T_1, P_1)$  است و مکان تحول غیر فشار ثابت غیر متساوی تعدادی است.



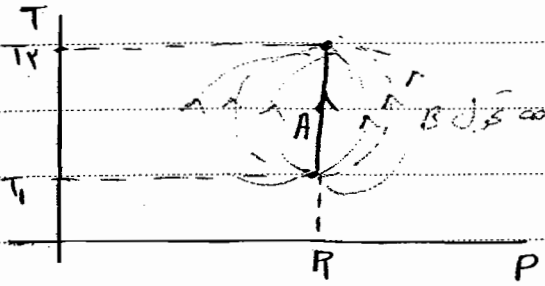
در فرآیندهای روی سیستم با حجم ثابت کم دریا داریم. چون با کار داریم (در حالت  $Q_p$ ) ولی اجزای داخلی اولیه را روی بستون قرار دادیم و از فشار آن کم کردیم و در فشار  $P_1$  قرار دادیم. پس در این حالت  $Q_p = \Delta H$  بر خلاف حالت دوم B داریم. حالت  $Q_p$  در حالت  $Q_p$  داریم.

برای تحول B آیا  $Q = \Delta H$  است؟ خیر زیرا  $Q$  تابع مسیر است.  $Q - W = \Delta u = \Delta H - \Delta(pv)$

$$\left. \begin{aligned} Q - W = \Delta u = \Delta H - \Delta(pv) \\ (\Delta H = \Delta u + \Delta(pv)) \end{aligned} \right\} Q - W + \Delta(pv) = \Delta H$$

پس  $Q = \Delta H$  می‌شود؟ فقط برای فشار ثابت شبه تعادلی.

که پس در آن کنونی در این معادله فشار در آن است. این معادله را در آن حالت



A: حرکت کول به سمت راستی

حرکت کول B، Q و W معصوم خود را دارند  
 $Q - W = \Delta u = dt$   
 (مسیر و  $\Delta u$  تابع حالت)

واضح است  $c_p < c_v$  است یعنی  $\Delta Q_p < \Delta Q_v$  است زیرا  $Q_p$  معنای صرف افزایش دریا و معنای صرف انجام کاری نبود اما  $Q_v$  معنای صرف افزایش (دما) شود.

$Q_p = \Delta u + W$   
 $Q_v = \Delta u$

برای مایعات و جامدات، اختلاف  $Q_p$  و  $Q_v$  ناچیز است؛ زیرا مایعات و جامدات تغییر حجم ناچیزی دارند و کار زیادی صرف افزایش حجم انجام نمی دهند.

در مورد مایعات و جامدات:  $c_p \approx c_v$  (تقریبی)

اما در مورد گازها این اختلاف  $c_p$  و  $c_v$  (بجای زیاد بودن) تغییر حجم زیاد است پس بین  $c_p$  و  $c_v$  تفاوت مشخص شود.

$u = f(T)$

$c_v = \left(\frac{du}{dT}\right)_v \Rightarrow c_v = f(T)$

$h = u + Pv \Rightarrow h = f(T)$

$c_p = \left(\frac{dh}{dT}\right)_p \Rightarrow c_p = f(T)$

$c_p - c_v = R \Rightarrow u + Pv = h \Rightarrow u + RT = h \Rightarrow du + RdT = dh$

~~$c_p - c_v = R$~~

$Pv = RT$

$c_p dT + R dT = c_v dT \Rightarrow$

$c_p - c_v = R$



علمه دوایریم ۱۹/۱۲/۱۳۹۲

گازها

تعریف: گازی است که در حالت مایع در دمای محیط و در فشار استاندارد در دمای محیط به حالت مایع درآید.

$$PV = nRT \Rightarrow P \frac{V}{n} = RT \Rightarrow PV = RT \quad ; \quad P V_m = RT \quad (1)$$

$$PV = mRT \Rightarrow P \frac{V}{m} = RT \Rightarrow PV = RT \quad ; \quad P V_m = RT$$

$R = 8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$   $\text{cm}^3 \text{ atm/gmol} \cdot \text{K}$   $R = 1.987 \text{ cal/gmol} \cdot \text{K}$

$$R = 1.987 \text{ cal/gmol} \cdot \text{K} \xrightarrow{E_{int}} R = 1.987 \left( \frac{\text{cal}}{\text{gmol} \cdot \text{K}} \right) = 1.987 \frac{\text{Btu}}{\text{lbmol} \cdot \text{R}}$$

$$1 \text{ cal} = E_{int} \cdot J \quad \left( 1 \frac{\text{Btu}}{\text{lbmol} \cdot \text{R}} = 1 \frac{\text{cal}}{\text{gmol} \cdot \text{K}} \right)$$

تفاوت انرژی داخلی با انرژی جنبشی در گازها: در گازها انرژی جنبشی با دما متناسب است و در مایعات و جامدات با دما متناسب نیست.

تفاوت انرژی داخلی با انرژی جنبشی در گازها: در گازها انرژی جنبشی با دما متناسب است و در مایعات و جامدات با دما متناسب نیست.

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{n}{V} RT \Rightarrow \left( \frac{n}{V} = C \right) \Rightarrow P = CRT \quad ; \quad \frac{n}{V} = \frac{C}{RT}$$

$$PV = mRT \Rightarrow P = \frac{m}{V} RT \Rightarrow \left( \frac{m}{V} = \rho \right) \Rightarrow P = \rho RT \quad ; \quad \frac{m}{V} = \frac{\rho}{RT}$$

معادله حالت:  $P = \rho RT$   $R = \frac{R_u}{M}$   $R_u = 8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$   $R = \frac{8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}}{M}$

$$R = 1.987 \frac{\text{J}}{\text{gmol} \cdot \text{K}} \times \frac{19 \text{ gmol Air}}{199 \text{ gmol Air}} = 0.191 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}} \Rightarrow R = 0.191 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$u = f(T) \quad (2)$$

انرژی داخلی در مایعات و جامدات: در مایعات و جامدات انرژی داخلی علاوه بر انرژی جنبشی شامل انرژی پتانسیل بین مولکولی نیز می‌باشد. در گازها انرژی داخلی فقط شامل انرژی جنبشی است.

در مایعات و جامدات:  $h = u + Pv$   $h = f(T)$

$$h = u + Pv \quad ; \quad PV = RT, u = f(T) \Rightarrow h = f(T)$$

برای گازها:  $h = u + Pv$   $h = f(T)$

برای ۲:  $h = u + Pv$  (توی این حالت)

Year: ..... Month: ..... Day: .....

Subject: .....

$c_v = \left( \frac{du}{dT} \right)_v \xrightarrow{u=f(T)} c_v = \frac{du}{dT} \Rightarrow du = c_v dT \Rightarrow$  مقدار تغییر انرژی درجه حرارت است:

در صورت ثابت بودن  $\Delta U = \int_{T_1}^{T_2} c_v dT$  (حتی اگر ثابت نباشد با ضرایب ثابت می‌تواند محاسبه شود)

پس سوال این بود که  $c_v$  در حالتی ثابت است یا نه؟  $\Delta U = c_v \Delta T$  (باز هم ثابت است)

$c_p = \left( \frac{dh}{dT} \right)_p \xrightarrow{h=f(T)} c_p = \frac{dh}{dT} \Rightarrow dh = c_p dT$  مقدار تغییر انرژی درجه حرارت است:

در صورت ثابت بودن  $\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT$  (همان است)

$h = u + Pv$   $\Rightarrow h = u + RT \xrightarrow{u=f(T)} dh = du + R dT \Rightarrow c_p - c_v = R$

$c_p dT = c_v dT + R dT \Rightarrow$  مقدار تغییر انرژی درجه حرارت:

$c_p - c_v = R$  (مقدار تغییر انرژی درجه حرارت)

برای درجه حرارت  $c_p$  و  $c_v$  در حالتی ثابت است  $\leftarrow$  پس بین  $R$  در صورتی که ثابت است

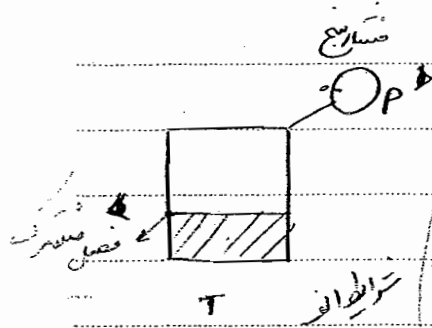
$c_p = \gamma, c_v = \alpha \Rightarrow c_p - c_v = \gamma - \alpha = 2 = 4987 \frac{Btu}{lbmol \cdot R} = \left( \frac{cal}{gmol \cdot K} \right)$

برای محاسبه مسائل مهندسی با واحدهای مهندسی همیشه اصح این است که خواص ترمودینامیکی مواد را در این واحدها داشته باشیم.

$v = nV, V = mV, n = \nu(T, P)$   
 $u = u(T, P)$   
 $h = h(T, P)$

خواص  $T, P, v$  و  $T, P, u$  برای حالتی که  $T, P$  برده می‌شود از این خواص استفاده می‌کنیم.  $S = S(T, P) \rightarrow$  در حالتی که  $T, P$  برده می‌شود.

این خواص قبل از آنکه  $T, P$  داشته باشند  $\leftarrow$  پس باید که  $T, P$  داشته باشند.  $\leftarrow$  اما در این واحدها  $T, P$  برده می‌شود.



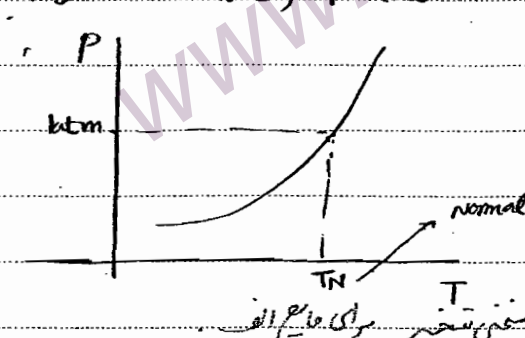
این را نشان بده (نقطه)  
 قرن صلب و خطی در فضای T

فشار سیخ در حالت اول فشاره را نشان خواهد داد  
 اگر درون این قرن  $m$  و  $k$  مایع الف بریزیم به شرط آن که  $m$  بر اثر وی باقی بماند  
 (m دارای min و Max است که اختلاف بین min و Max بر آنست پس  
 بتواند m انتخاب کرد)

۲. پدیده هم زمان خواص داشت مشاهده می کنیم در لحظه اول فصل صبرک به دنبال کم به حرکت پائین می رود و  
 عویبه کی فشار سیخ به حرکت حرکت می کند به سمت بالا و میزان حرکت پائین رفتن در حالت عویبه کاهش می یابد  
 Max حرکت : در لحظه اول فر زیر اوقتی مایع را انحصار بالاسین می تواند خلا باشد و بلافاصله تغییر از سطح مایع  
 صورت می گیرد (فشار حفظ مانده و سیخ حرکت می کند در جهت بالا و فشار بالا می رود (به حرکت))

(حالت اول Max حرکت در جهت مایع و حرکت عویبه فشار سیخ را خواص داشت)  
 بالاتر نشان به جایی می ریزیم که عویبه کی فشار سیخ حرکت کرده و سطح مایع پائین می رود

اصطلاحات :  
 فشار بخار مایع : فشار P را فشار بخار مایع در فضای T می گویند  
 نقطه جوش : فضای T را نقطه جوش این مایع در فشار P می گویند  
 البته P پیش از آنکه بخار مایع T باشد تابع جوش است  
 $P = 1 \text{ atm}$  و  $T = 78^\circ \text{C}$  ،  $T = 100^\circ \text{C}$  و  $P = 1 \text{ atm}$  : مثال آب



منحنی فشار بخار و جنبه دما بخیری :  
 // منحنی تبخیر

نقطه جوش نروال آب (یعنی وقتی  $P = 1 \text{ atm}$  باشد) ، ۱۰۰ است  
 نروال الکل ( " " " " " " ) ، ۷۸ است

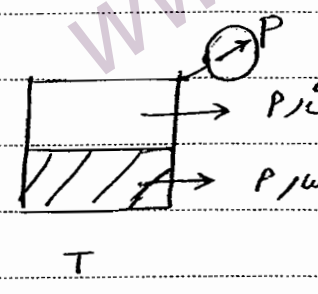
صیدوی جوش درون آب درازی : یک آب  $100^\circ \text{C}$  که در حال جوش است با دما  $100^\circ \text{C}$  قرار دارد چنان است در بزرگی

مقداری از آب در حالت یخ آمیزی میماند. بخار آب سرد و جابجایی حاصل میشود. جابجایی جابجایی علت نیروی  
 ابریزش است. علت سبک بودن الماسی است و میگویند در الماس با آب سرد و جابجایی حاصل میشود. جابجایی  
 به سطح و شکل آن بستگی دارد. در سطح آب میزنند. در اثر اختلاف دمای زیاد بین آب و سطح کری، عامل  
 انتقال می باشد. در این آزمایش ما اختلاف دمای زیاد بین آب و سطح مایع را داریم و نتیجه  
 هم از سطح انتقال می باشد.

اگر از پیش اول برای مایعات مختلف انجام شود و منحنی ها رسم شود، بین منحنی ها هیچ ارتباطی وجود ندارد.  
 پس علاوه بر P،  $\frac{\partial P}{\partial T}$  هم تابع جنس است یعنی منحنی های گوناگون با هم موازی نمی باشند.  
 $\frac{\partial P}{\partial T} = f(T)$  : تابع جنس است.  $\frac{\partial P}{\partial T}$  هم P، هم T، هم  $\frac{\partial P}{\partial T}$  خصوصاً داریم

اشتراک منحنی منحنی  
 منحنی های اشتراک منحنی ها نتیجه این است که هر یک منحنی ها صعودی هستند زیرا برای هر حالتی با افزایش دما  
 منحنی ها با هم اشتراک می یابند.  $(\frac{\partial P}{\partial T})$   
 هر دو منحنی اشتراک این است که هر یک این منحنی ها با هم اشتراک می یابند (باید خط هستند)  
 ابتدای منحنی تغییر را نظری سه طایفه گویند و انهای منحنی تغییر را بعضی های آن گویند.

$T_{Trip} H_2O = 9 \text{ مایه } ^\circ C$   
 $T_{Tri} H_2O = 3 \text{ مایه } ^\circ C$



اصطلاحات این دو از منحنی به فشار ثابت و  
 فازهای اشباع در دمای T و فشار P  
 فازهای اشباع در دمای T یا فشار P  
 البته خواص این بخار اشباع و طایع اشباع طایعاً با هم متفاوت است.

این سیستم در ابتدای کار و از طرف منحنی تک فاز به دو فاز (منطقه اشباع) و جایی که از منحنی به فشار ثابت P دو فاز  
 (منطقه اشباع) و جایی که در حال تعادل باشد میزنند. این دما را دمای اشباع منطبق با فشار P و  
 این فشار را فشار اشباع منطبق با دمای T گوئیم.



جلسه پنجم ۸۶/۸/۲۱

برخی نطات آرتیس الف:

در آرتیس الف با جاری بخار اشباع و مایع اشباع در حال تبادل با هم داریم و این تبادل دما کلی است و استاتیکی نیست. در هر لحظه در حال تبادل مولکول های مایع در مایع و مولکول های بخار در بخار می باشد و در صورتیکه بی کار مولکول مایع به مایع بخاری بود همان تعداد مولکول از مایع بخار به مایع می رود. لذا در صورتیکه دما استاتیکی خواص مایع و مولکول مایع را استخراج می کنیم تعداد ذرات (توقف بخار) مایع می باشد. اما در معادله مایع و بخار داریم (چون معنی است چند تا کم در یک شود)

لذا داریم تبادل مساوی  $u = u(T)$   $h = h(T)$   $s = s(T)$  چون تغییر در سطح مایع و بخار است داریم  $u_{\text{بخار}} = u_{\text{مایع}}$   $h_{\text{بخار}} = h_{\text{مایع}}$   $s_{\text{بخار}} = s_{\text{مایع}}$

اگر  $m$  را تغییر دهیم،  $u$ ،  $h$ ،  $s$ ،  $v$ ،  $p$  و  $T$  را تغییر نمی دهیم، اما فشار تغییر می کند؟ چرا  $P$  مثل  $P$  مایع است زیرا  $P = P(T)$  است (برای همین)

خواص ترمودینامیکی مایع و بخار اشباع و مایع اشباع  $m$  تغییر می کند؟ چرا زیرا با تغییر  $m$  در مایع و بخار اشباع تغییر می کند پس تمام خواص مثل  $u$ ،  $h$ ،  $s$ ،  $v$ ،  $p$ ،  $T$  است.  $(u = u(T, P), s = s(T, P), h = h(T, P), v = v(T, P))$

$$\begin{aligned} v_g &= v(T) \Rightarrow \begin{cases} u_g = u(T) \\ h_g = h(T) \\ s_g = s(T) \end{cases} \\ v_f &= v(T) \Rightarrow \begin{cases} u_f = u(T) \\ h_f = h(T) \\ s_f = s(T) \end{cases} \end{aligned}$$

intensive  
برای  $T$  ثابت و  $m$  تغییر حجم خواص ترمودینامیکی تغییر نمی کند.

مثل  $m$  تغییر  $u$ ،  $h$ ،  $s$ ،  $v$ ،  $p$ ،  $T$  تغییر می کند؟ با تغییر  $m$  فقط خواص extensive تغییر می کند.

از  $m \uparrow$   $\leftarrow$  فصل مشترک  $\leftarrow$   $\leftarrow$  مایع اشباع  $\downarrow$

\* مایع و بخار اشباع در تبادل دما با هم دارای یک درجه آزادی است.  
با تغییر  $m$  فقط خواص extensive تغییر می کند.

درجه آزادی = تعداد خواص intensive مستقل دیگر سیستم.  
از طرفی این یک درجه آزادی می تواند در تمام خواص  $T$ ،  $P$ ،  $v_g$ ،  $v_f$ ،  $u_g$ ،  $u_f$ ،  $h_g$ ،  $h_f$ ،  $s_g$ ،  $s_f$  باشد.

Subject

Date

این تابع  $u_g$  و  $u_p$  و  $u$  و  $v$  و  $h$  و  $s$  ... بصورت هم بستگی دارند و این ها نیز با هم بستگی دارند ←

مقدار	$\frac{m}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$
$T$ (والت)	$\frac{m}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$
$P$	$\frac{m}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$
$u_g$	$\frac{m}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$
$u_p$	$\frac{m}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$
$h$	$\frac{m}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$
$s$	$\frac{m}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$	$\frac{kg}{kg}$

در این جدول به جز تعدادی از کمیت ها که در آنجا مشخص شده است (P, u, v, h, s) ...

$* h_{fg} = h_g - h_p =$  گرمای حالت تغییر ...

$S_{fg} = \frac{h_{fg}}{T(K)}$  (مؤثره)

در این مثال نقطه  $T = 200^\circ C$  و  $P = 1 \text{ atm}$  را در نظر بگیرید. خطی فرض می کنیم مثلاً ...

حل این را  $T = 200^\circ C$  باشد:  $\frac{v_g - v_p}{210 - 200} = \frac{v_g - v_p}{200 - 200}$  ...

در این جدول  $T$  و  $P$  تغییر می کنند و بالعکس ...

$m = m_g + m_p$  ... مقدار در این جا را مشخص می کند

$v = v_g + v_p$  ... اگر ظرف  $v$  باشد

$v = m_g v_g + m_p v_p \Rightarrow \frac{v}{m} = \frac{m_g}{m} v_g + \frac{m_p}{m} v_p$

$v = x v_g + (1-x) v_p$  ...

$u = x u_g + (1-x) u_p$  ,  $h = x h_g + (1-x) h_p$  ,  $s = x s_g + (1-x) s_p$

این را می توان به این شکل نوشت ...

$$\left. \begin{matrix} m_1 \\ m_2 \end{matrix} \right\} \uparrow x \leftarrow \downarrow m$$

intensive intensive یعنی اند. [تغییر m نسبت به خواص دیگر]

$$m_{min} \leq m \leq m_{max} \quad \left\{ \begin{array}{l} m_{min} = \frac{v}{v_g} \quad \leftarrow \text{نسبت به فصل مشترک} \\ m_{max} = \frac{v}{v_f} \quad \leftarrow \text{نسبت به فصل مشترک} \end{array} \right.$$

$v_f \ll v_g$

اگر  $m = m_{min}$  باشد، این امر یعنی مایع در تمام بخشها فراوانی باشد (در تمام بخشها)

اگر  $m < m_{min}$  باشد، یعنی این مایع کار به هم نسوخت، فشار در فشار کار خواهد رسید (در تمام بخشها)

اگر  $m = m_{max}$  باشد، فصل مشترک به سقف ظرف می رسد  $x = 0$  خواهد شد (یعنی مایع اشباع است) و  $v = v_f$  و  $m_{max} = \frac{v}{v_f}$  و فشار در فصل مشترک فراوانی باشد.

اگر  $m > m_{max}$  باشد، مایع در تمام بخشها اشباع است (ظرف به اشباع رسیده) و  $P >> P_c$  کار.

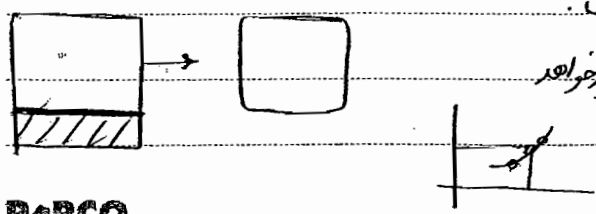
•  $h_g = u_g + P v_g$  و  $h_f = u_f + P v_f$  /  $u = h - P v$

اگر در مسئله ای  $x$  جدول باشد:

$$v = x v_g + v_f - x v_g \Rightarrow v = v_f + x v_{fg} \Rightarrow x = \frac{v - v_f}{v_{fg}}$$

در این از پیش

اگر در این مسئله در ابتدا از پیش اول، روی فصل مشترک یک قطره مایع قرار دهیم، یعنی ۲ فاز را توسط مویزوی قطری از هم جدا کنیم. ظرف بالای مشال کار اشباع با کیفیت ۱ است.

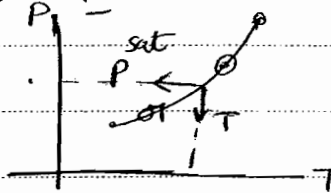
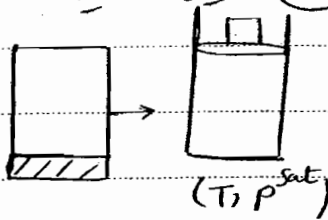


کیفیت ۰.۵ است،  $P$  آن  $T$  است. این نقطه نقطه کی میهن می شود.   
 بوده البته  $P > P_c$  خودش.

Subject \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_\_

حل مسقف را به بیستون تبدیل می کنیم و در زیر برای روی آن می توانیم در زیر بیستون بخار اشباع با کیفیت ۱ داریم

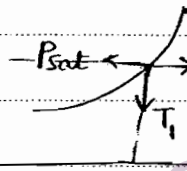
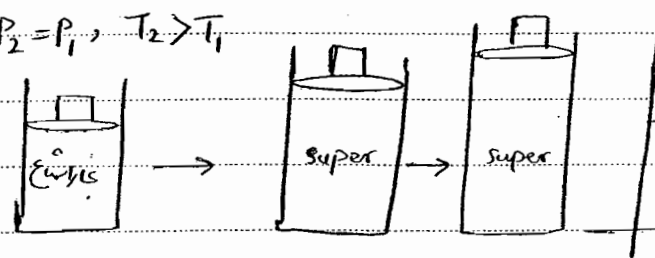


در صورتی که فشار اشباع مساوی یا

است

در مسقف را به محض بدنه می بینیم از روی خط سطحی می بینیم که بیستون بالای ورود (گرمه درازم) با افزایش دما، قبل از آن که فشار بخار از فشار اشباع بیاید و بیستون بالای ورود پس در P ثابت و در آن بیاید

$$P_2 = P_1, T_2 > T_1$$



$$T_1 \text{ محض اول } < T_2 \text{ محض دوم } < T_3 \text{ محض سوم } \\ (T_1, P_{sat}) \quad (T_2, P_{sat}) \quad (T_3, P_{sat})$$

اما چون ترمودینامیکی ۲ مستقیم بهم برابر است ؟ هر دو در T همبرگرد است

بخار جدید با خواص ترمودینامیکی جدید داریم (دیده کار اشباع توانم) <= بخار داغ

اگر ماده ای با فشار ثابت و با افزایش دما به کار داغ می رسیم

بخار داغ و بخاری که در حالت اشباع از روی اشباع مناسط با فستش ستر است : Super heat

حال اگر از محض دوم به محض سوم با T ستر برویم <= خواص ترمودینامیکی تغییر می کند <= کار داغ انواع مختلفی دارد

تایج P و T می باشد. که T > و P ثابت <= P <= P(T) مناسط

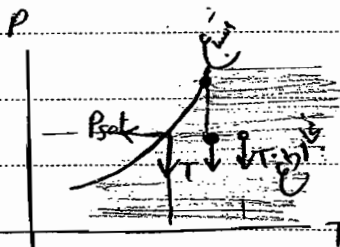
$$v = v(T, P)$$

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

درجه آزادی بخار داغ ۲ می باشد

$$u = u(T, P)$$

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



نمای روی سطحی درجه آزادی ۱ دارند <= کار اشباع حول روی سطحی

حرکت می کند، درجه آزادی ۱ دارد. (با داشتن یک یا دو مولکولی بود)

اما کار داغ روی سطح است و یک تغییر است و روی خط حرکت می کند <=

درجه آزادی ۲ دارد

Superheat :

با حرکت افقی : بخار داغ : بخاری که در حالت اشباع از روی اشباع مناسط با فستش ستر است

با حرکت عمودی : کار داغ : بخاری که فشارش از فشار اشباع مناسط با فستش ستر باشد

$$P_{sat} \quad T > T_{sat} \\ P < P_{sat}$$

PAPCO



اگر  $m < m_{min}$  ← ضعیف شوک عمودی، به کار رانج خواهم رسید

اگر  $m = m_{min}$  : با تغییر در قطر فشار کاری برابر  $m_{min} = \frac{v}{v_g}$

اگر  $m > m_{min}$  : عاقل شوک عمودی، به همان فشار نخواهد رسید ← فشاری خواهم داشت که فشارش از فشار استیج کمتر باشد

$m < m_{min} \rightarrow \text{Superheat } P < P_{sat} \rightarrow T_{sat}$

مکانی که در آن  $19, 17, 23$

در دمای بحرانی  $P > P_c$  ،  $\frac{dP}{dT}$  ،  $T$  ،  $P$  و  $T$  به هم بستگی دارند

$v_{sup} > v_g$  ،  $h_{sup} > h_g$  ،  $s_{sup} > s_g$  ،  $P < P_{sat}$

در دمای Superheat است  $v = v(T, P)$  ،  $u = u(T, P)$

برای بدست آوردن Superheat از رابطه  $h = h(T, P)$  ،  $u = u(T, P)$  ،  $v = v(T, P)$  ،  $s = s(T, P)$  استفاده می کنند

$u = h - Pv$

در جدول Superheat در فشاری که در آن در دمای اشباع می باشد

در دمای اشباع در فشاری که در آن در دمای اشباع می باشد

در دمای اشباع در فشاری که در آن در دمای اشباع می باشد

در دمای اشباع در فشاری که در آن در دمای اشباع می باشد

در دمای اشباع در فشاری که در آن در دمای اشباع می باشد

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

$\alpha = \frac{Pv}{RT} \rightarrow 1$

در دمای اشباع در فشاری که در آن در دمای اشباع می باشد

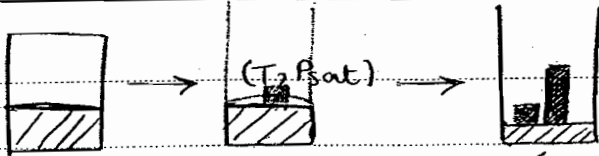
در دمای اشباع در فشاری که در آن در دمای اشباع می باشد

در دمای اشباع در فشاری که در آن در دمای اشباع می باشد

Subject

Date

$(T, P_1)$



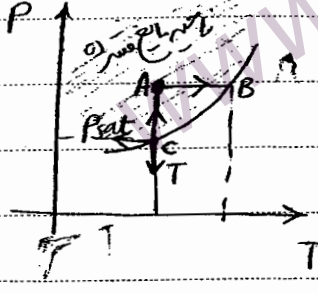
حالت های مختلف مایع اشباع (مایع اشباع با کیفیت کمتر = کار اشباع با کیفیت کمتر  $P < P_{sat}$  مایع اشباع است) (یعنی نقطه به نقطه کیفیت دقت از کیفیت تا اراضیم می توانیم کار و صوم مایع اشباع نسبت را در باره ظرف را به سلسله و بیستون تبدیل می کنیم و با تلاش و دقت های خاصی  $P$  را به  $P_{sat}$  می رسانیم)

اگر ثابت نگه داریم فشار در محلی از فضای بیشتر بود  $\leftarrow$  اینرسی زمان بیشتری شود به بعد داغ تبدیل می شود  
درجه اختلاف دما  $\leftarrow$  تغییر نرخ اتفاق می افتد  
پس این دقت دما را عوض نمی کنیم

اگر ثابت نگه داریم دما فشار را کم کنیم (وزنه ها را برداریم)  $\leftarrow$  اینرسی زمان بیشتری شود به بعد داغ تبدیل می شود  
کار داغ  $(T_{sat} < P < P_{sat})$

اگر ثابت نگه داریم دما، فشار را افزایش دهیم  $\leftarrow$  فشار را افزایش دهیم  
این فشار از فشار اشباع فشار با دما بیشتر است  $\leftarrow$   
حالت تر و سرد است یعنی بیشتر از اشباع (حالت = مایع سرد و دما)

حالتی با دما و فشار جدید حاصل داشتیم به نام مایع فشرده (Compressed liquid)  
 $w < w_p, u < u_p, h < h_p, s < s_p, P > P_{sat}$



عین تعریف عمومی کار داغ  
مایع فشرده و فشار از فشار اشباع فشار با دما بیشتر است و تعریف عمومی  
دما از دمای اشباع فشار با فشار بیشتر است و تعریف عمومی  
بر عکس از آن تعریف کار داغ

پس مایع فشرده هم به دما و هم به فشاری که خیلی بالاتر است  $\leftarrow$  از دما و فشاری دارد  
تعریف عمومی  
با توجه به تعریف مایع فشرده می توانیم نام دیگر مایع فشرده را مایع سرد بزنیم  
برخی وقت

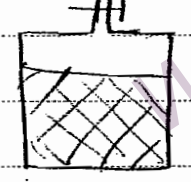
در نقطه B: مایع اشباع فشار با فشار  
در نقطه C: مایع اشباع فشار با دما

اختلاف خاص ترودنما را A، B، C کم است یا زیاد است؟ (اختلاف خاص در سطح فشار و اختلاف دما در صورت کم است یا زیاد است)  
 در مورد بخار Superheat اختلاف در خواص نسبت به بخار اشباع بسیار زیاد است و خواص آن در سطح فشار و دما نسبت به P و T در صورت کم است یا زیاد است. هم اختلاف خواص نسبت به بخار اشباع می تواند بسیار زیاد باشد. مثلاً اختلاف در خواص کم است یا زیاد است. اختلاف خواص S و h و P و T بسیار زیاد است. چون در سطح فشار و دما نسبت به P و T در صورت کم است یا زیاد است. اختلاف خواص کم است (نسبت خواص B و C زیاد است)

مطابق با اشباع بخار را مقایسه خواص بخار اشباع و برابری خواص بخار اشباع با دما و فشار در یک سطح است. پس برای مایع اشباع از جدول اشباع دمای اشباع می بینیم  $u_p = v_p$  و  $u_g = v_g$  (برای تغییر  $u$  باید از جدولی زیاد در جدولی برده بود) شرط برای آب جدول مایع اشباع دمای

- اشباع ( $T = 100^\circ\text{C}$ , 1 atm)
- غیر اشباع ( $T = 100^\circ\text{C}$ , 0.9 atm)
- فصل خلاص مایع و دمای اشباع را می خوانیم: مایع اشباع  $(100^\circ\text{C}, 1 \text{ atm})$

مثال: یک کبک بخار در حجم ۴ متر مکعب در دمای اشباع ۳۳۰ م<sup>۳</sup> است. در حالت متادال ۱ م<sup>۳</sup> بخار (در حالت متادال ۱ م<sup>۳</sup> مپا) می باشد. حال دمای بخار در آن متادال می بینیم که دمای اشباع است و خروجی بخار می باشد. پس دمای اشباع را می توانیم پیدا کنیم. در دمای اشباع ۰ مپا، دمای اشباع را می بینیم که دمای اشباع است. مایع اشباع در ۱ م<sup>۳</sup> مپا، دمای اشباع را می بینیم که دمای اشباع است.



$$V_1 = 4 \text{ m}^3$$

$$V_g = 1 \text{ m}^3$$

$$P_1 = 0.9 \text{ Mpa}$$

در دمای اشباع (در دمای اشباع و فشار مایع و بخار در یک سطح است) در دمای اشباع در دمای اشباع و فشار مایع و بخار در یک سطح است. در دمای اشباع و فشار مایع و بخار در یک سطح است. در دمای اشباع و فشار مایع و بخار در یک سطح است.

$$\dot{Q} = \dot{U} - \dot{W}$$

$\dot{W} = 0$  (چون دمای اشباع مایع)

$$\Rightarrow Q = U_2 - U_1 \left\{ \begin{array}{l} U_1 = m u_1 \\ u_2 = x_2 u_g + (1-x_2) u_p \end{array} \right.$$

Subject

Date

T.A ←

$$U_1 = m u_1 = m_p u_{p1} + m_g u_{g1}$$

در این فرآیند هیچ انرژی درونی و کار و انرژی جنبشی در دسترس نیست

مکانیسم

$$p_1 = 0.1 \text{ Mpa} = 100 \text{ kPa} \xrightarrow{\text{مردک استیج}} T = 44.43^\circ\text{C}$$

درجه ثابت و انرژی جنبشی بسیار زیاد است!

$$v_p = 0.1010 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_g = 1.144 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$u_p = 117.14 \text{ kJ/kg}$$

در این حالت انرژی جنبشی بسیار زیاد است  
در این حالت انرژی جنبشی بسیار زیاد است  
در این حالت انرژی جنبشی بسیار زیاد است

$$x_1 = 0.00021 = \frac{m_g}{m_T}$$

$$m_p = \frac{m}{0.00021} = 2874.3 \text{ kg} \quad m_g = \frac{m}{1.144} = 0.87 \text{ kg}$$

$$u_1 = 0.00021 \times 2874.3 \times 117.14 + (1 - 0.00021) \times 117.14 = 117.14 \text{ kJ/kg}$$

$$U_1 = (2874.3 + 0.87) \times 117.14 = 338.2 \text{ MJ}$$

مکانیسم

از این به بعد ما را با فرض استیج بودن عمل می کنیم (حالت مکانیکی را می بینیم)

$$p_2 = 0.1 \text{ Mpa}$$

$$v_g = 0.1010 \text{ m}^3/\text{kg}$$

(در حال حرکت روی میخی بسیار هستیم)

$$T_2 = 242.99$$

$$u_p = 117.14$$

$$v_p = 0.001789$$

$$u_g = 2897.1$$

$$v_2 = v_1 \quad \text{مکانیسم (در این حالت) در این حالت}$$

در این حالت انرژی جنبشی بسیار زیاد است

$$v_p = v_1 = \frac{v}{m} = \frac{f}{2874.3 + 0.87} = 1.49 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kg} \quad \leftarrow \frac{v}{v} = x v_g + (1-x) v_p$$

$$1.49 \times 10^{-4} = x_p (0.1010) + (1-x_p) (0.001789) \Rightarrow x_p = 0.0027 < 1 \Rightarrow \text{استیج}$$

$$m_p u_p - m_g u_g = m_p u_{p2} - m_g u_{g2}$$

$$u_p = x_p u_{g2} + (1-x_p) u_{p2} = 0.0027 (2897.1) + (1-0.0027) (117.14) \Rightarrow$$

$$u_p = 115.17 \text{ kJ/kg} \quad U_p = m u_p = 331.37 \text{ MJ}$$

$$Q = U_p - U_1 = 331.37 - 338.2 = -6.83 \text{ MJ}$$

PAPCO



جلسه نهم ۱۸ / ۸ / ۱۹۷۸

برای سیستم بسته و کنترل:  $Q = W$  (قانون اول برای سیستم بسته و کنترل)  
قانون اول برای سیستم بسته و کنترل:  $\delta Q - \delta W = dE$

حال به پیدا کردن قانون اول برای سیستم باز می پردازیم:

قانون اول برای سیستم باز از طریق سیستم بسته و کنترل بدست می آید.  
ابتدا به سراغ اصل بقای جرم (بیلان جرم) برای سیستم باز می رویم.

موازنه جرم = بیلان جرم = اصل بقای جرم:  $input - output = accumulation$

مانند سطحی مایع برای بیلان داریم صورت:  $\text{جمع} + \text{خروجی} = \text{ورودی}$

صورت بدلت و آنتروپی توان در خروجی قرار دارد.

سطح مایع بیلان در موارد زیر کاربرد دارد:  $\text{تجمع} = \text{خروجی} - \text{ورودی}$

۱- حجم برای جرم و هم برای انرژی به کار می رود:  $\text{تجمع جرم} = \text{خروجی جرم} - \text{ورودی جرم}$

۲- هم برای بدلت (بیلان بدلت) و هم برای بدلت از زمان (بیلان بدلتی):  $\text{تجمع انرژی} = \text{خروجی انرژی} - \text{ورودی انرژی}$

۳- هم برای سیستم بسته و هم برای سیستم باز به کار می رود:  $\text{شدت خروجی} = \text{شدت ورودی}$

۴- هم برای بدلت (سیستم باز) بزرگ به کار می رود و هم برای بدلت از زمان به کار می رود:

Control mass

بیلان انرژی:  $\text{بیلان در زمان}$   
بیلان جرم:  $\text{بیلان در زمان}$

۵- هم برای کل جرم به کار می رود و هم برای جزء از اجزای یک مخلوط یا ترکیب به کار می رود.

مثلاً در ترابری هوا در ماسستر با بیلان انرژی مربوطه داریم چون با حجم ترک های بزرگ مربوطه داریم (جرم هم) چه انرژی، چه بدلت، برای سیستم بسته:  $m = cte$

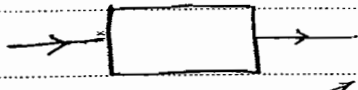
در سیستم باز از طریق جرم هم بدلت بدلتی:  $\text{شدت جرم بدلت بدلتی} = \text{شدت جرم بدلت بدلتی}$  چون جرم از زمان عبور می کند

\* حال به سراغ بیلان جرم ابتدایی بدلتی می رویم برای جرم کنترل: (دسترسی به بدهای صنعتی جمع صفر است)

Subject

Date

رابطه بین سیستم بسته ( $m = \text{cte}$ ) و سیستم باز (در لحظه  $t$  بصورت متروک و در لحظه  $t + \Delta t$  باز) در صورت متروک بودن و باز بودن ثابت است چون ورود و خروج جرم ندارد اما در مورد باز صفت اگر  $m = \text{cte}$  باشد بصورت متروک و باز بودن ثابت است [  $m = \text{cte}$  ]



میان جرم برای هم کنترل انرژی جاری :  
 جرم ورودی در مدت زمان  $\Delta t$  :  $m_i$  (kg)  
 جرم خروجی " " " " :  $m_e$

چون غرض از جمله ورود و خروج داشته باشیم میان جرم برای سیستم باز :  $m_i - m_e = m_p - m_1$  (جرم)

جرم داخل CV در لحظه اول جرم داخل جرم کنترل در لحظه دوم

$$Q - W = E_2 - E_1$$

رابطه انرژی برای سیستم بسته و برای سیستم باز دارد  
 (مغایزه بین جرم و باز با انرژی بسته رابطه است)  
 انرژی خودی بصورت کار انرژی ورودی بصورت گرما

$$Q + E_1 = W + E_2$$

$$m_i + m_1 = m_p + m_e$$

تجمع انرژی می تواند مثبت باشد  
 خروجی دارد و ورودی ندارد  
 صفر : جرم ورودی = جرم خروجی

میان جرم شدگی برای هم کنترل :  
 شدگی یعنی در لحظه  $t$  :  $m_i$  (kg/s) = شدگی ورودی جرم در لحظه  $t$

$$m_i - m_e = \frac{dm}{dt}$$

فرض کنیم متونی جای دهنده داشته باشیم و شیر آن را باز کنیم و از آنجا که حرکت و از آنجا که حرکت  
 $m_p - m_1$  : جمع جرم در مدت زمان  $\Delta t$   
 $\frac{m_p - m_1}{\Delta t - t_1}$  : شدگی متوسط

ورود هوا ثابت است یا متغیر؟ به شدت متغیر است. حرارت عملی بزرگی می شود در اختلاف دما بین درون و بیرون کم می شود، شدت ورود هوا کم می شود تا به جایی می رسد که فشار بیرون و درون یکسان شود.

جرم داخل حجم کنترل در زمان  $t$  کم

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{m_2 - m_1}{\Delta t} = \frac{dm}{dt}$$

در این سطح با معادله لحظه رادار (کنترل حجم) : اگر بخواهیم شدت لحظه ای خروج را حساب کنیم

$$\Rightarrow m_i - m_e = \frac{dm}{dt} \Rightarrow m = f(t)$$

بسیار سخت برای فهم زنگ و لحظه ای

بیان انرژی شدت برای سیستم بسته

$$\dot{Q} - \dot{W} = \frac{dE}{dt}$$

قانون اول برای سیستم بسته در لحظه ای

شکل انرژی

شکل انرژی در ورودی و خروجی

شکل انرژی در ورودی و خروجی

$$\int \dot{Q} dt - \int \dot{W} dt = \Delta E : \text{ (مدت زمان کوچک } dt \text{) به شکل عددی}$$

$$\Delta Q - \Delta W = \Delta E : \text{ (مدت زمان } dt \text{) به شکل عددی}$$

$$Q - W = \Delta E : \text{ (مدت زمان بزرگ } \Delta t \text{) به شکل عددی}$$

حجم کنترل بی نهایت کوچک است و بی نهایت کوچک می شود تا جایی که می توانیم به شکل عددی حساب کنیم

چون اگر مدت زمان جرم انرژی از بین نمی رود، پس در هیچ لحظه ای جرم یا انرژی از بین نمی رود.

$$m_i - m_e = \frac{dm}{dt} \xrightarrow{\Delta t} m_i \Delta t - m_e \Delta t = \Delta m$$

$$\Delta m_i - \Delta m_e = \Delta m$$

$$\int dt \Rightarrow m_i - m_e = m_2 - m_1 \Rightarrow$$

بیان جرم درونی بر بی نهایت جرم شدت متغیر است

$$m_i = m_e \text{ اگر } m_i - m_e = \frac{dm}{dt}$$

$$m_i = m_e = cte \Rightarrow \frac{dm}{dt} = 0 \Rightarrow m = cte$$

Steady Flow: جریان یکنواخت (شدت یکنواخت)

در سیستم باز است یعنی  $m_i$  وجود دارد و معرین است

(بر خلاف سیستم بسته که  $m_i = 0$  و بی نهایت  $m$  دارد است)

دلیل ندارد چرا که ثابت باشد  $\Rightarrow m_i = m_e$  اگر  $m_i = m_e = cte$   $\Rightarrow$  جریان متناهی  
 که مثل سدی که ثابت آن برآورد است و باران یا رودخانه باشد متغیری بر آن وارد می شود و از طرفی در یک جا  
 با آن رفتار می کند  $\Leftarrow m_i = m_e \neq cte$  Steady Flow می باشد

انرژی های صافی Steady Flow همیشه  
 این ها ثابت می باشد که همان است خود ورودی و خروجی را می نامیم:  $\sum m_i - \sum m_e = \frac{dm}{dt}$

اگر  $\sum m_i = \sum m_e = cte \Rightarrow \frac{dm}{dt} = 0 \Rightarrow$  Steady Flow  
 شرط 1: ثابت  $m_i$  ها و  $m_e$  ها ثابت باشند  
 در حالت چند جریانی 2 شرط برای Steady Flow هم (شرط 1 خودیادگار شرط 2 است.)

(SF)  $m_e = m_i$   
 $m_2 = m_1 = cte$

SSSF)  $Q - W = \Delta U + \Delta K + \Delta PE$   
 $Q - (m_e P_e v_e - m_i P_i v_i + W) = (\Delta U + \Delta K + \Delta PE) dt$   
 $Q - W = (m_e P_e v_e + m_e u_e) - (m_i P_i v_i + m_i u_i) + \frac{1}{\rho_2} (\rho_2 v_e^2 - \rho_1 v_i^2) + \frac{1}{\rho_2} (\rho_2 z_e - \rho_1 z_i)$

USOF)



تاریخ: ۱۴۰۲/۰۵/۰۶

قانون اول برای حجم کنترل تک جریان: SS SF

$$Q - W_s = (H_2 - H_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \frac{g}{2} (z_2 - z_1)$$

تغییر انرژی مکانیکی

$$Q + H_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{g}{2} z_1 = W_s + H_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{g}{2} z_2 \quad (*)$$

انرژی که در این سیستم وارد می شود

سیستم بسته در ۲ طرف با فیلتر تبادل انرژی می کند: فرض نظر

حالت ۱- سیستم باز به چند حالت با فیلتر تبادل انرژی می کند: ۱- اگر ۲- طار ۳- تبادل انرژی به علت تبادل حجم

(تبادل حجم لزوماً تبادل انرژیست)

انرژی که در این سیستم وارد می شود:  $\frac{v_1^2}{2g}$

۱-  $u_1$  به دریا سبیلی دارد

۲-  $P_1 V_1$  (کار ورود) این نوع انرژی است  
۳-  $H_1$  انرژی داخلی خود سیستم ورودی است  
۴-  $(P_1 V_1)$  کار ورود

در مدت زمان ورود و خروج  $Q$  زمان آن سیستم دالانسی شود

انرژی خارج شده از سیستم به علت انرژی  $\frac{g}{2} z_2$

$\frac{v_2^2}{2g}$  برعکس

← راندمان (\*) در واقع یک میزان انرژی است که صرف به ورود انرژی و صرف است خروج انرژی است

← خروجی = ورودی ← به تعریف زیرا سیستم با SSF است  
Steady State      Steady Flow

اصول مابعد حساب وین و این با همی اعداد در واحد حجم یا با حذف کوچک نمایش می دهیم:

$$(*) \quad q + h_i + \frac{v_i^2}{2g} + \frac{g}{2} z_i = W + h_e + \frac{v_e^2}{2g} + \frac{g}{2} z_e \quad [ = ] \frac{kJ}{kg}$$



حالت اولی خواص را برای (\*) را بصورت شدیدی نویسیم باید این را در  $m$  ضرب کنیم  
( $\frac{kJ}{kg} \cdot \frac{kg}{s} = \frac{kJ}{s}$ )

$$m_i q + m_i \left( h_i + \frac{v_i^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_i \right) = m_w + m_e \left( h_e + \frac{v_e^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_e \right) \quad [m_i = m_e = m]$$

$$I) \dot{Q}_{cr} + \sum m_i \left( h_i + \frac{v_i^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_i \right) = \dot{W}_{cr} + \sum m_e \left( h_e + \frac{v_e^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_e \right)$$

در صورت داشتن چند ورودی و

در صورت داشتن چند خروجی

$$\sum m_i h_i + \sum m_i \frac{v_i^2}{2g_c} + \sum m_i \frac{g}{g_c} z_i$$

رابطه I قانون اول ترمودینامیک برای سیستم‌های جاری و SF و SS است.

همه چیزهای جاری ورودی (h, v, z) می‌تواند با خروجی متفاوت باشد و برای هر حالت هم متفاوت است. اثر فرآیندهای صنعتی از I پیروی می‌کنند. اگر یک جریان بود در I ندارد.  $\sum$  نداشته است.

در حال unsteady State/Flow حالتی نام دارد. اما در نزدیکی شبیه به حالت Steady State/Flow است.

USUF

state  
uniform (یکنواخت)

unsteady unflow

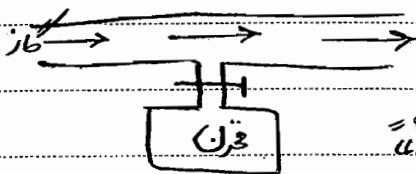
حالت خاص از تحول غیر حالت یکنواخت غیر جریان یکنواخت است.

Flow  
حالت یکنواخت غیر

صرفاً به عنوان یک مثال مسأله‌ای برداشتن قونن حالتی یکنواختی را در نظر می‌گیریم.

اوله ای داریم بر درون سیالی در جریان است (مانند یک ظرف) و در دو نقطه اوله یک لوله یکنواختی داریم و خروجی در لوله می‌گیریم و

خروجی حالتی یکنواختی یا غیر یکنواختی داریم. اگر بیشتر با یک سیستم هم‌کار از سیال و اوله قونن می‌شود و این برداشتن را ادامه می‌دهیم تا فشار درون قونن و فشار لوله یکنواختی شود (جریان به علت اختلاف فشار است).



بر برداشتن قونن SF نیست و چون:

$$m_e \neq m_i \text{ یا } m_e = m_i = dm$$

وجود ندارد و  $m_i$  متغیر است و  $\frac{dm}{dt}$  هم وجود دارد و هم  $\frac{dm}{dt}$  است (دانش)

تجمع در حال بوجود آوردن است.

و انرژی داخلی و آنتالپی و آنتروپی هم در حال تغییر درون است.

تاریخ: ...

۱. این مدل دارای ۳ خصوصیت مهم دارد:

۱- جریان حرارتی در حالت *unsteady state / Flow* بردوی ۳ خصوصیت مهم دارد است، *USUF* است:

۱- حجم کنترل مکان است.  $\leftarrow \Delta KE = \Delta PE = 0$  (روی زمین فرض می‌کنیم)  $P_1 T_1$  حالت است

۲- همی خواص و حالت ورودی سیال ورودی ثابت است. دبی سیال ورودی متغیر است اما حالت دوار

ورودی با خروجی نسبت به زمان ثابت است هر چند که دبی دوار ورودی و خروجی می‌تواند نسبت به زمان

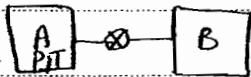
متغیر باشد. (مثلاً اگر از لحاظ دبی سیال ورودی و خروجی در حال دوار است)

مخون A با گاز خنک برادر و گرمی گرم می‌شود. در مخزن خالی با نمک خالی B متصل است. با بار شدن سیال گاز از A به B

متصل می‌شود تا  $P_A = P_B$  شود. اگر A با حجم کنترل در نظر بگیریم، دبی ورودی متغیر است و لحظه به لحظه حالت

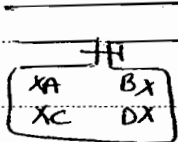
ورودی متغیر است (P و T در حال عوض شدن است) چون مقدار دبی ورودی از سیال برادر و گرمی در مخزن  $\leftarrow$  چون

شرط ۲ را ندارد. *USUF* می‌باشد

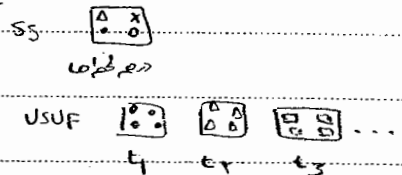


۳- حالت فادکنا ایمل حجم کنترل در هر لحظه از زمان کنترل از زمان است هر چند که لحظه به لحظه می‌تواند تغییر کند و این

حجم کنترل خصوصیتی است که حتی سیستم استیجری *SSSF* این خصوصیت را ندارد



$$\left. \begin{aligned} P_A = P_B = P_C = P_D \\ T_A = T_B = T_C = T_D \\ \nu_A = \nu_B = \nu_C = \nu_D \end{aligned} \right\} \text{در هر لحظه}$$



در توربین و دبی کار خواص در هر لحظه ثابت به زمان متغیر است  $\leftarrow$  *USUF* می‌باشد

الویت سیستم بسته داشته باشیم و جزء حجم در داخل این سیستم در نظر بگیریم. در طول این *dv* جرمی به اندازه *dm* در حدود *dv* برای پوسته اولی که *dm* باید از *dm* استرال گرفت. در سیستم بسته وارد هر لحظه ثابت فرض می‌کنیم (سیستم بسته تعادلی) در هر لحظه خواص یکسان بود و خواص نامستقر از زمان فرض می‌کنیم.

$$m = \int_{CV} \rho \, dv \quad \left\{ \begin{aligned} \rho = cte \\ \nu = \nu_c \end{aligned} \right. \Rightarrow m = \rho \nu \quad \text{و} \quad \rho = \frac{1}{\nu}$$

با فرض خواص در طول از زمان در هر لحظه

$$E = \int \rho \, dV \Rightarrow E = \int \rho \, dV \quad (e = u + \frac{v^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z)$$

انرژی واحد حجم

که است: چون سیستم حالات خاص باز است.

نظری سیستم بسته در دسترس از طایف است

$$E = me$$

اگر در دسترس از طایف نباشند رابطه  $E = me$  با  $Q_{cv}$  نیست و باید اندرال سیستم را در نظر گرفت

سیستم بسته در هر لحظه در حالت است در هر لحظه خواص مثل از طایف دارد

اگر SSSF داشته باشیم  $m = \rho V_{cr}$  و  $V_{cr} = mv$  و  $E = me$  خواهد شد

چون در تمام مکان خواهد بود (ولی نه در تمام طول است)

SSSF چون  $m_e = m_i = \dot{m}$  است به  $E$  نیاز نداریم.

و نتایج دیگری نیست است \*

$$SSSF: \dot{Q}_{cv} + \sum \dot{m}_i (h_i + \frac{v_i^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_i) = \dot{W}_{cv} + \sum \dot{m}_e (h_e + \frac{v_e^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_e)$$

است: ورودی انرژی است

قانون اول برای حجم کنترل و کنترل در لحظه  $t$ : ثابت است (مثل  $m_i$ ) در USUF شدنی است دی لحظه به لحظه می تواند تغییر کند

شدنی است دی لحظه به لحظه می تواند تغییر کند

$$USUF: \dot{Q}_{cv} + \sum \dot{m}_i (h_i + \frac{v_i^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_i) = \dot{W}_{cv} + \sum \dot{m}_e (h_e + \frac{v_e^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_e) + \frac{dE}{dt}$$

شدنی است دی لحظه به لحظه می تواند تغییر کند

شدنی است دی لحظه به لحظه می تواند تغییر کند

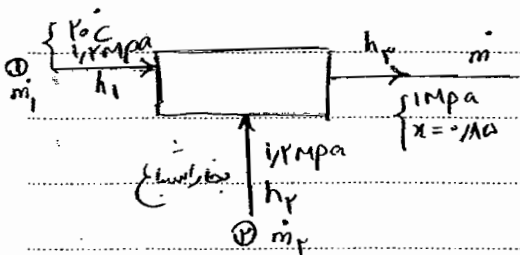
عبارت USUF به  $\frac{dE_{cv}}{dt}$  به عنوان شدنی تجمیع انرژی داریم

آیایی توانیم از II به همین صورت استفاده کنیم؟ بفرمایید چون این توابع را در هر لحظه نداریم. ولی کل جرم ورودی قابل مشاهده است در  $dt$  و  $dt$  جرم سیستم و  $dt$  جرم ورودی از آن استفاده می کنیم

$$m = \int \rho \, dV \quad \boxed{m \neq V} \quad \boxed{V \neq m \cdot v} \quad E \neq m \cdot e$$



مقاله اولی برای SSSF خنک‌کننده می‌باشد  
 در این حالت دما و فشار در ورودی و خروجی مشخص است  
 و برای محاسبه میزان انرژی که در فرآیند انتقال می‌دهد  
 باید از معادله انرژی استفاده کرد.



مقاله اولی برای SSSF خنک‌کننده می‌باشد  
 در این حالت دما و فشار در ورودی و خروجی مشخص است  
 و برای محاسبه میزان انرژی که در فرآیند انتقال می‌دهد  
 باید از معادله انرژی استفاده کرد.

$$Q_{cv} + \sum \dot{m}_i (h_i) = \dot{W}_{cv} + \sum \dot{m}_e (h_e)$$

در این حالت دما و فشار در ورودی و خروجی مشخص است  
 و برای محاسبه میزان انرژی که در فرآیند انتقال می‌دهد  
 باید از معادله انرژی استفاده کرد.

$$\Rightarrow Q_{cv} + \frac{\dot{m}}{r} (h_1 + h_2) = \dot{W}_{cv} + \dot{m} h_2$$

معرفی متغیرهای دیگر در این معادله  
 (مثلاً اگر  $\dot{W}_{cv} = 10 \text{ kW}$  است)

در این حالت دما و فشار در ورودی و خروجی مشخص است  
 و برای محاسبه میزان انرژی که در فرآیند انتقال می‌دهد  
 باید از معادله انرژی استفاده کرد.

$$\frac{Q_{cv}}{\dot{m}} + \frac{1}{r} (h_1 + h_2) = h_2 \Rightarrow q = h_2 - \frac{1}{r} (h_1 + h_2)$$

مقاله اولی برای SSSF خنک‌کننده می‌باشد  
 در این حالت دما و فشار در ورودی و خروجی مشخص است  
 و برای محاسبه میزان انرژی که در فرآیند انتقال می‌دهد  
 باید از معادله انرژی استفاده کرد.

$$(h_1)_{20^\circ\text{C}} = h_g @ 20^\circ\text{C} = 274.9 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = h_g @ 1.2 \text{ MPa} = 1441.1 \text{ kJ/kg}$$

در این حالت دما و فشار در ورودی و خروجی مشخص است  
 و برای محاسبه میزان انرژی که در فرآیند انتقال می‌دهد  
 باید از معادله انرژی استفاده کرد.

$$P = 1 \text{ MPa} \Rightarrow T_p = 241.2^\circ\text{C}$$

$$\left. \begin{aligned} h_g &= 1441.1 \\ h_p &= 1911.2 \end{aligned} \right\} h_2 = x h_g + (1-x) h_p = 1219.9 \text{ kJ/kg}$$

$$PAPCO \Rightarrow q = 1219.9 - \frac{1}{r} (1441.1 + 274.9) = 418.2 \text{ kJ/kg}$$

Subject

Date

\* چرا معمولاً از جمله های انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی صرف نظر می کنیم؟

چیزی انرژی جنبشی  $\frac{v^2}{2g}$  است.

$\frac{v_0^2}{2g_c} = \frac{100}{2} = 50 \text{ J} = 0.05 \text{ kJ}$  . محدود  $10^3 \text{ m}$  .

و انرژی پتانسیل و کنترل نیست

در حالی که مقدار پتانسی (h) در جدول مقابل از  $200 \text{ kJ}$  بیشتر است و به چند هزارم می رسد ← می تواند از این انرژی کم در مقابل صرف نظر کرد.

اما اگر سرعت های خیلی بالا (مثلاً در خودروها) داشته باشیم قابل صرف نظر نمی باشد. همین طور است در مورد ارتفاع و انرژی پتانسیل.

\* \* \* \* \*

ادامی میست کنترل اول برای USUF:

$$Q_{cr} + \sum m_i (h_i + \frac{v_i^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_i) = w_{cr} + \sum m_e (h_e + \frac{v_e^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_e) + \frac{dE_{cr}}{dt}$$

شدت جمع انرژی در هر لحظه.

تعمیم در از رابطه های بالا می توانیم استفاده کنیم چون  $Q_{cr}$  و  $m_i$  و  $w_{cr}$  و  $z_i$  ها تابع زمان هستند (یعنی SS نمی باشد) پس فرض را در  $dt$  ضرب کرد و انتگرال می گیریم و بصورت مدتی از آن بخواه می گیریم.

$$\int_{xdt} Q_{cr} dt + \sum m_i (h_i + \frac{v_i^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_i) dt = w_{cr} dt + \sum m_e (h_e + \frac{v_e^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_e) dt + dE_{cr}$$

در مدت  $dt$  انتگرال می گیریم:

$$\int Q_{cr} dt = Q_{cr} , m_i = \int m_i dt , w_{cr} = \int w_{cr} dt , E_2 - E_1 = \int dE_{cr}$$

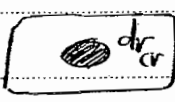
تعمیم در USUF حالت مستقیم به زمان ثابت هستند یعنی:

$$h_i + \frac{v_i^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_i , h_e + \frac{v_e^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_e = \text{ثابت هستند}$$
  
استفاده از شرط اول در USUF

انرژی ورودی و انرژی خروجی در لحظه ورود

$$Q_{cr} + \sum m_i (h_i + \frac{v_i^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_i) = w_{cr} + \sum m_e (h_e + \frac{v_e^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_e) + (E_2 - E_1)_{cr}$$

سوال) در مبحث رانگی (I) و (II) در یک از شرط اول و شرط دوم USOF استفاده کردیم؟  
 ! هنوز از شرط اول و دوم به طور کامل استفاده نکرده ایم. D: (ب) ; D: (د)



از  $dm = \rho dr$  به طاق  $m = \int_{CV} \rho dr$   $\rightarrow$   $m = \rho V$

در معادله اول  $E = \int_{CV} e \rho dr$   $\rightarrow$   $E = m e$

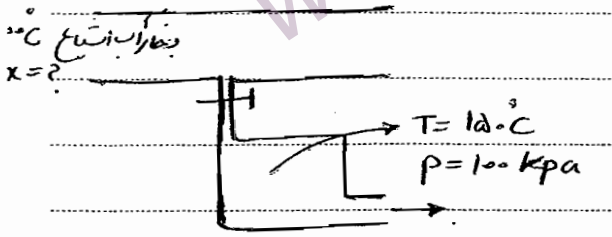
فرضیه سوم USOF  
 $e = u + \frac{V^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z$  (انرژی کل واحد جرم)

اگر  $E = m e$  (یعنی از شرط سوم استفاده کردیم) و  $e = u$  (یعنی از شرط اول استفاده کرده ایم)!

$$(II) \Rightarrow Q_{cv} + \sum m_i \left( h_i + \frac{V_i^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_i \right) = W_{cv} + \sum m_e \left( h_e + \frac{V_e^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_e \right) + (m_2 u_2) - (m_1 u_1)$$

\* (سیستم بسته حالت خاص برای قانون اول برای SSSF نسبت به نقاط مشخص عنوان اول برای USOF است که ورودی یا خروجی ندارد.)

مثال) جریان از یک کوب اشباع در ۲۰۰ درجه ای در جریان است. دمای بسیار زیاد به دمای اولیه اصلی منجر است که تعداد بسیار کمی از یک گاز از دمای اولیه وارد آن شده و پس با یکدیگر آمیخته شده و در خروجی نسبتاً بزرگی که به هوای بیرون راه دارد می شود. پس از آن که به اندازه کافی صبر کردیم دچار سردی در درون چون رانده می گوییم که به ترتیب عملیات از ۱۵۰ C و ۱۰۰ kpa. آیا می توانیم کیفیت بخار جاری دمای اولیه اصلی را تخمین بزنیم؟



حرفه در تورهای بسیاری جریان با هم به وسیله ترمومتر دما و با استفاده از یک رنج، فشار قابل اندازه گیری است. در حالت اشباع T و P منحل از هم نیستند! (با دانستن T و P)

دما و فشار در حالت اشباع در حالت دو دما و دو فشار داریم. (ذرات بسیار بسیار ریز در خروجی) در فاز بخار وجود دارد. سیال دو فازی و سلسله حلی بیشتر از حالت تک فازی است. شیر آب با حجم کنترل (CV) در نظر می گیریم و قانون اول را برای CV در حالت SSSF (چون مگر کرده ایم) می نویسیم.

Subject

Date

انشاء

$$q + h_i = x h + h_e$$

ماتریکل برای شیرینگ (شیرینگ استین)

$q = 0$  زیرا شیرینگ بی هیچ افت بی دمی نند در حالی که انتقال حرارت تا زیر زمان دارد. (الترعای کورنه / 100)

$q = 0$  در توی بی دمی

لذا اصول در شیرینگ با تبدیل انالای ثابت است.  $h_i = h_e$

\* تحول انالای ثابت در ترمورا تحول مخفی یا اختیاق گویند

$$(10) h_i = x h_{g|_{200^{\circ}C}} + (1-x) h_{f|_{200^{\circ}C}} @ 200^{\circ}C$$

super heat  $\Rightarrow T = 150^{\circ}C$  : جردل

به دما و شیرینگ دارد و بلا انش یکی دیگری بدست نمی آید

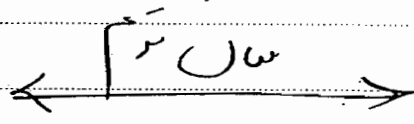
$$P = 100 \text{ kPa}$$

$$\Rightarrow h_e = h_{g|_{100 \text{ kPa}}} = 2776.1 \text{ kJ/kg}$$

$$\Rightarrow (10) : h_i = h_e = 2776.1 = x (2793.2) + (1-x) (1852.45) \Rightarrow x = 0.9915$$

معمولا لغت مخفی با غایت جز آن لغت این باشد، قطرات مایع به هم می چسبند

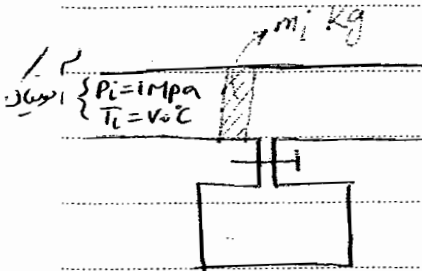
اگر بدی نبود، باران ایجاد می شد.





حاصل شود  $1.1 \times 10^4$   $\frac{kg}{kg}$

کار آهونیک در  $1 \text{ Mpa}$  و  $70^\circ \text{C}$  در طول ای جریان دارد. یک طرف خالی به حجم  $2.5 \text{ lit}$  در یک ای به اول متصل است. شش اتصال با زنی شود تا دمای آن به داخل مخزن راه نماند و فشار آن به  $1 \text{ Mpa}$  برسد. در آن لحظه شیر را می بندیم. اگر این عمل بصورت آدیاباتی صورت گرفته باشد چه مقدار آهونیک به داخل مخزن می آید؟ خواص دمای آن حل شده است.  $USOF$  است.



راه اول  $(USOF)$   $m_i - m_e = m_p - m_i'$   $(USOF)$   
 چون خروجی نداریم  $m_e = 0$   
 چون از اول خالی است  $m_i' = 0$

با ورود آهونیک داخل سیستم دما در  $70^\circ \text{C}$  قرار می گیرد (در حالت  $e$  و  $g$ )

$1 \text{ Mpa}$  و دمای آن  $70^\circ \text{C}$  است. اما در حالت  $g$  و  $h$  آن  $1 \text{ Mpa}$  خواهد بود اما دمای آن  $70^\circ \text{C}$  خواهد بود.

$(USOF)$   $Q_{cv} + \sum m_i h_i = W_{c.v.} + \sum m_e h_e + [m_p u_p - m_i' u_i']_{cv}$   
 کار ورودی ندارد  $W_{c.v.} = 0$  است. (در  $g$  و  $h$ )

مخزن = مخزن

$\Rightarrow m_i h_i = m_p u_p \quad (m_i = m_p) \Rightarrow h_i = u_p$

$P_i = 1 \text{ Mpa}$   
 $T_i = 70^\circ \text{C}$   
 $\xrightarrow{\text{خواص دما}}$   $h_i = 159.73 \frac{kJ}{kg}$   $\Rightarrow u_p = 159.73 \frac{kJ}{kg}$   
 $P_p = P_i = 1 \text{ Mpa}$

$T_p = 152.55^\circ \text{C}$  (مان بی)

این افزایش دما از  $70^\circ \text{C}$  به  $152.55^\circ \text{C}$  را بررسی کنید؟

$v_p = 0.2014 \frac{m^3}{kg}$   
 $v_p = 0.25 \text{ m}^3$   
 $\Rightarrow m_p = \frac{v_p}{v_p} = 0.224 \text{ kg}$

جواب: افزایش دما زیاد به علت کار ورودی است. هر  $1 \text{ kg}$  ورودی دارای انرژی بصورت انرژی  $U$  خالی و کار ورودی همراه خود می آید که این کار ورودی به انرژی داخلی مخزن (مخزن) تبدیل می شود.

راه دوم: سیستم مسیبه ابتدا سیستم مسیبه ای را انتخاب می کنیم: کل حجم موجود در مخزن در حالت  $(m_p)$  که  $m_p = m_i$  است.

تولیدی که  $m_i$  می کند، کنترل بر درون می توان است.

$Q - W = \Delta E = \Delta U$  (در سیستم بسته)

حالت اولیه و ثانویه را باید تعین کنیم: حالت اولیه: درون لوله. حالت ثانویه: درون قون.

$0 - (-m_i p_i v_i) = m_p u_p - m_i u_i$

$P_i v_i$  کار می کند

$\Rightarrow m_i p_i v_i = m_p u_p - m_i u_i \xrightarrow{m_p = m_i} P_i v_i = u_p - u_i$

$\Rightarrow u_p = u_i + P_i v_i = h_i$  تغییر محل باید روشن اول است

$\hookrightarrow u_p > u_i \Rightarrow P_i v_i$  بزرگ تر است

$T_p > T_i \leftarrow$  به علت این که  $u_p > u_i$  بزرگ تر است و  $P_p = P_i$  است

\* \* \* \* \*

قانون گازهای کینس:

$F = N + 2 - \Phi$

N: تعداد سازنده های موجود در سیستم

$\Phi$ : تعداد فازهای در حال تعادل (قانون کینس همه در حالت تعادل برقرار است)

F: درجه آزادی (تعداد خواص intensive مستقل)

عدد 2 در فرمول F از کجا آمده است؟ این عدد 2 کننده ی (دما و فشار است)

$N=1 \Rightarrow F=2-\Phi$  در ماده ی حالت

$\Phi=1 \Rightarrow F=2$  مایع کینس یکا و فواید گرم

این قانون در غیاب واکنش شیمیایی و غیاب

$\Phi=2 \Rightarrow F=1$  خطوط اشباع

آثار سطحی است.

در حالت خطوط اشباع (دما و فشار)  $F=1$  است. بعضی متغیرها هم سطح باشند. خطوط اشباع

مثلا اگر دمای در حضور یک بخور (دما و فشار)  $F=2$  است. چون  $F$  در این حالت علاوه بر دما و فشار

یکه هم بگی دارد. درجه اشباع  $\downarrow$  به فشار اشباع  $\uparrow$ . در  $F=1$  باشد، یعنی اشباع خط و به است

در نقطه اشباع دما و فشار را جداگانه در حضور یک بخور (دما و فشار)  $F=2$  است. در نقطه اشباع دما و فشار

انواع تحولات زور سیسلی :

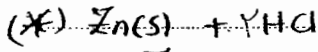
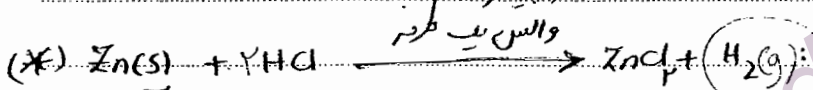
۱- تحول زور سیسلی تکاملی : در هر نقطه نیروی محرک = نیروی معادله

تحول زور سیسلی = تحول شبه تعادلی  
تحول زور سیسلی تکاملی = تحول شبه تعادلی تکاملی (عوض نیروی معادله)  $\rightarrow$  تحول شبه تعادلی (تغییرات در خواص سیسلی دارند)

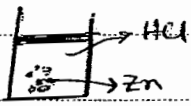
۲- تحول زور سیسلی جزائی : اگر دو جسم با اختلاف دمای زیاد داشته باشیم ، همگرم کردیم و حجم همگرم می شود ، تحول انتقال حرارت غیر تعادلی روی می دهد چون اجسام با دما زیاد است . اما اگر به آن ها زوری بدهیم همگرم می شود و سرد سرد می شود و به نقطه ای می رسد که نزدیک به دمای تعادل است و انتقال حرارت در هر نقطه ناچیز است .

۳- تحول زور سیسلی شیمیایی : تحول شبه تعادلی شیمیایی

تحول شیمیایی = واکنش شیمیایی



این واکنش شیمیایی بسیار آسانی هستند  
واکنش (\*) بازگشتی انجام می یابد یعنی از  $Zn$  و  $HCl$  به طور کامل متوقف نمی شوند . (هرگز محرز نشده بودن  
زودتر تمام می شود)  $\leftarrow$  این تحول غیر زور سیسلی شیمیایی است چون : ۱- سرعتش زیاد است ۲- یکی  
کامل متوقف می شود .



نقطه ای مشترک تمام تحولات غیر زور سیسلی : سرعت زیاد

زور سیسلی : سرعت نزدیک به صفر و در زمان کم

در حالت کلی واکنش (\*) را یک طرفه گوئیم اما در واقع ما تحول یک طرفه ندانیم چون متوازنه  
ما هم برخورد کرده و دلائل هنده ها را بوجود می آورند . دو طرفه بودن به اقصای تعادلی بودن نیست  
در صورتی دلائل ها تعادلی هستند که  $\leftarrow$  سرعت واکنش رفت = سرعت واکنش برگشت

ما (\*) را یک طرفه فرض می کنیم چون سرعت رفت  $\leftarrow$   $\leftarrow$  سرعت برگشت است

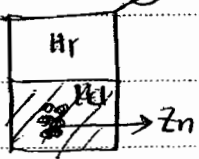
هنگام واکنش (\*) درون ظرفی بسته صورت بگیرد بهتر است که تعادلی بودن  $Zn$  ،  $HCl$  ، یا سیسلی به مقدار مشخص  
P ، دلائل متوقف می شود . واکنش پس می رود . (در ابتدا با سرعت زیاد) تا به جایی می رسد که سرعت  
واکنش کاهش می یابد و به جایی می رسد که دلائل پس می رود (یعنی واکنش در حال انجام است اما سرعت

Subject \_\_\_\_\_  
Date \_\_\_\_\_

وقت = سرعت حرکت است و واحد آن متر بر ثانیه است. و در این حالت گوئیم و الکت تبادل است.

عملت ایجاد تبادل شیمیایی و تولید  $H_2$  و اثر الکت قویتر  
یک پتانسیل شیمیایی توسط یک پتانسیل کاتدی به تبادل رسوا

این تبادل در پتانسیل است یعنی و الکت جریان در جهت و برعکس در جهت ایجاد شدن است.



شکل ۱۹ - الف

فرض کنیم طرف شکل ۱۹ - الف دارای یک لوله ای باریک همراه با شیر است که طرف هم در تبادل است. شیر را یک لحظه جلی می بینیم. در این  $H_2$  خارج می شود و فشار کاهش می یابد و الکت از جیب به راست می رود و دوباره شیر را باز و بسته می کنیم دوباره حال اتقاق می افتد و همین طور این کار را ای جا می دهیم ← دوباره مانند طرف زواری می شویم. چون در اثر ایجاد الکت الی از الکت ها دهنده ها می روند ← اما کولر در پتانسیل شیمیایی است (چون سرعت جلی کم و زمان کم است)

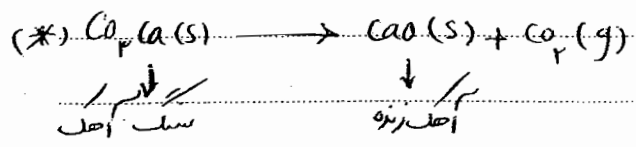
تولید شیمیایی غیر زواریسیل  
در جهت = سرعت = حرکت = چون در این وقت

در عالم فیزیکی شیمیایی یک کولر زواریسیل و غیر زواریسیل چون در پتانسیل اتقاق هم وجود دارد که جلی هم است و الکت را استعدا بعداً خواهد فرود. تعداد تحولات زواریسیل محدود نمی باشد.



طیبه سیم ۸۶، ۹، ۱۹

تجرباتی در سیم می توانند در شرایط تنظیم اکسیژن انجام شوند  
تجرباتی در شرایط گرمای سیم (سنگ آهک)

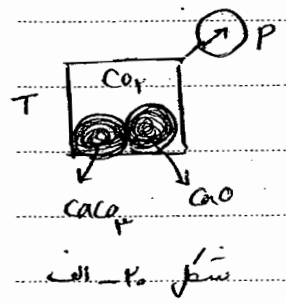
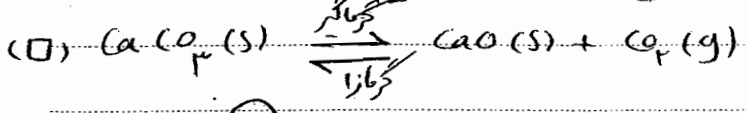


این واکنش در بازه‌های وسیعی از دماها می‌تواند انجام شود.

(محصول خروجی گرمای سیمان / سنگ آهک / دانه‌های خیلی سخت و قلم است.)

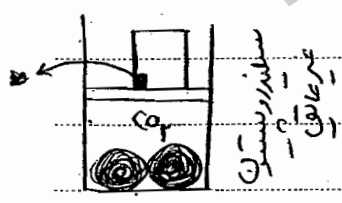
تجزیه‌ی حرارتی = سنگ آهک

دانش (P) یک نوع است و در مقابل خواص برسد اما اگر همین دانش در طرف برسد این هم در دانش در فشار معنی به مقابل خواهد رسید و یک دانش ۲ طرفه و یک مقابل شیمیایی خواهد داشت.



فشار (مقابل) موازی (موجب) یک طرف مقابل شیمیایی شده است.  
دانش (P) چه در طرف برسد چه در طرف گرمای در دماهای بالا اتفاق می‌افتد.  
اگر ما را با یک طرف بودن فقط از طریق انرژی برده‌های شیمیایی بدست می‌آوریم و در مقابل به دماهای انجام دانش ندارد.)

در مقابل ۲-۱ الف (طرف برسد) مقابل شیمیایی (سنگ آهک در مقابل) و مقابل حرارتی داریم.  
حال می‌خواهیم طرف برسد را به برسد و برسد تبدیل کنیم. فقط یکی آن به اندازه‌ی کافی و در مقابل می‌توانیم با فشار  
فشار را برعکس می‌کنیم. در این حال  $P_1 = P_2$  ← مقابل موازی هم داریم. پس ۲-۱ مقابل موازی، حرارتی، شیمیایی داریم.



این حالت تقریباً از این مقادلات و اتمی به هم نزدیک می‌شود. یعنی مثلاً فقط  
مقدار بسیار بسیار کمی از جرم در این سیستم بر روی سیستم برآورد شده و  
به محل دیگری منتقل می‌شود.

حال  $CaCO_3$  ها  $CaCO_3$  تجربه خواهد شد.  
تحول در سیم موازی به هم می‌خورند. یعنی سیستم اتمی بود و فشار  $P_1$  کمی محض می‌باشد (P-dP) پس  
کمی تحول به سمت موازی منتقل خواهد شد تا به شیب  $P_2$  به فشار P برسد اما در بازه‌ی زمانی کم فشار  
می‌خواهد به P برسد، چون دانش حرارتی است پس کمی دما می‌تواند انتقال حرارت از درون به بیرون  
محض دما کمی به دلیل انجام کار است.



رأب هدهدی نم ( ) ~~مستقیم~~ حالت ~~در~~ روی نمودار اعمی است.

پارابول جسم جابده روی مشتملی دما دیگر افرایش نمی یابد و در واقع تغییر فاز اتفاق می افتد. تغییر فاز از گاز جابده به جامع دارم. پس یک نقطه ی نوعاً (انستت) روی نمودار داریم. فشار و دما پس ثابت است و آن را نقطه ی ذوب این جسم جابده در فشار P گوئیم.

(چون ذره ذره در درجه ی گرمایی دهم، پس نقطه ی روی نمودار بود است و هوای نقاط را طی می کند.) در نقطه ی ذوب ذره ذره گرمایی دهم و ذره ذره تغییر فاز در حال اتفاق ~~افتاد~~ اصلاح است.  $\leftarrow$  برای مثال ذوب (چون فقط تغییر حالت داریم و تغییر دما قابل مشاهده نیست.) ~~در~~ حال به جامع رسیدیم.

دوباره ذره ذره گرمایی دهم  $\leftarrow$  برای استعاره ایست.

دوباره به یک نقطه ی رسم در نمودار است. P در T ثابت است و فقط تغییر فاز داریم و این نقطه را نقطه ی جوش جامع در فشار P گوئیم.  $\leftarrow$  برای مثال جوش.

نقطه ی جوش حاوی بخارها و جامع اشباع است. در نقطه ی اول جامع اشباع  $\alpha = 0$  و در تغییر آخرین قوه ی جامع در نقطه ی جوش بخار اشباع  $\alpha = 1$  داریم. (نقطه ی جوش شامل  $\alpha = 0$  تا  $\alpha = 1$  است.) حال به فاز گاز رسیدیم.

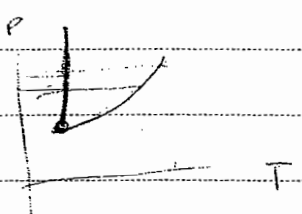
عمل گرم کردن با  $\alpha = 0$  تا به  $\alpha = 1$  به تدریجی حرارتی می رسم و ساختمان جسمی آن دما از بین می رود چون دستگاه P-T بود، ما تغییر حجم مخصوص (V) را نادیده گرفتیم.

در ابتدای کار در دستگاه جامع و جامع بودن تغییر  $\alpha$  بسیار ناچیز است اما پارابول به فاز گاز با تغییر دما، تغییر  $\alpha$  خیلی زیاد است. (به خصوص در نقطه ی جوش و تغییر از جامع اشباع به بخار اشباع.) جامع اشباع و جامع اشباع ~~تدریجی~~ تغییر می کند.

و اگر در زمان را از فشار دیگری نگاریم، آیا به همین نقطه ی ذوب و جوش خواهیم رسید؟ خیر. همین روند را خواهیم دید (اما نقطه ی ذوب و نقطه ی جوش جدید).

تغییر نقطه ی ذوب کم است. اما تغییر ~~در~~ نقطه ی جوش زیاد است.

با متصل کردن نقطه ی ذوب های مختلف به هم، منحنی نقطه ی ذوب و با متصل کردن نقاط جوش به هم، منحنی نقطه ی جوش (عمدی) تغییر می یابد خواهد آمد.









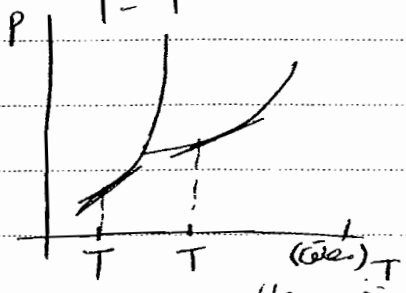
است و  $\alpha$  آلوتروپی برای تبدیل به یکدیگر در دمای  $T$  می دهند  
 آلوتروپی تصویبی وجود یک جسم جامد در نقطه‌های آلوتروپی  
 که با ماده  $\alpha$  آلوتروپی می تواند نقطه  $\beta$  داشته باشد. حرارتی قانون فازهای گیبس (در مورد ماده‌ی  
 نظیر  $F=0$  و  $\phi=1$  است. و این کار غیر ممکن است.  
 البته) حد اکثر تعداد فازهای در حال تعادل سه است. و دمای توانم  $\alpha$  باز دارد که در یک دگر قرار دهیم اما با هم  
 در حال تعادل نیستند.

اگر جسم آلوتروپی داشته باشیم پس از یک نقطه  $\alpha$  به ماده داریم

$$C_p^\beta = \frac{C_p^\alpha}{1.11} = 4$$

معادله‌ی کلایپرون:

در یک  $T$  مشخص طول خواهد بالایی بود و در نقطه‌ی برخورد با منحنی  $\alpha$  به  $\beta$  می کشیم



$$\text{شیب عمودی} = \frac{dp}{dT} = \frac{\Delta h}{T \Delta v}^{\alpha\beta}$$

اگر دمای  $\alpha$  به  $\beta$  (در دمای  $T$ )  $\Delta h = h^\beta - h^\alpha = Q$  (در تغییر  $h_p$ )

تغییر فاز صورت فشار ثابت و دمای ثابت و در ارسال اتفاق می افتد.

$$\Delta v^{\alpha\beta} = v^\beta - v^\alpha$$

معادله‌ی کلایپرون شیب منحنی‌های تبخیر، تصفید و ذوب (شیب منحنی تغییر فاز) را نامی دهد.  
 این معادله منحنی در نمودار آلوتروپی را حاکم بر آن است و شیب منحنی آلوتروپی را نامی دهد.

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta h^{\alpha\beta}}{T \Delta v^{\alpha\beta}} = \frac{\Delta h}{T \Delta v}^{\alpha\beta}$$

اگر شیب معادله‌ی کلایپرون را برای تبخیر و تصفید بنویسید:  $\Delta h^{\alpha\beta} > 0$  و  $\Delta v^{\alpha\beta} > 0$  پس شیب  $\frac{dp}{dT} > 0$  است. چون با افزایش دما تغییر فاز اتفاق می افتد.  
 در تبخیر و تصفید هوا به افزایش دما داریم  $T > 0$  (مطلقاً +)

Subject:

Year. Month. Date. ( )

تغییر دما :  $\Delta h$  (درجه)

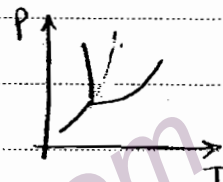
$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta h^{\alpha\beta}}{T\Delta v^{\alpha\beta}} \quad \frac{dp}{dT} > 0$$

مقیاس تغییر دما و تغییر دما در جهت صعودی است.  $\Rightarrow$  برای تغییر دما و تغییر دما  $\frac{dp}{dT} > 0$

معادله کلایپرون برای مقیاس دما:  $\Delta h^{\alpha\beta} > 0$  مایع  $\rightarrow$  بخار

عوارض گرمایی در  $\Delta h^{\alpha\beta} > 0$  است.  $\Delta v^{\alpha\beta} > 0$  است.  $\Delta v^{\alpha\beta} > 0$  است.  $\Delta h^{\alpha\beta} > 0$  است. همیشه!

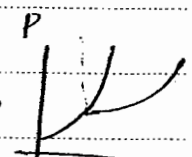
مقیاس دما و تغییر دما  $\frac{dp}{dT} > 0$  است.  $\Delta v^{\alpha\beta} > 0$  است.  $\Delta h^{\alpha\beta} > 0$  است.  $\Delta v^{\alpha\beta} > 0$  است.  $\Delta h^{\alpha\beta} > 0$  است. حالت اول:

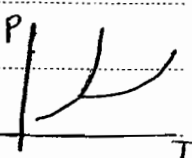
تغییر دما:  $\Delta h^{\alpha\beta} > 0$  ،  $\Delta v^{\alpha\beta} < 0$   $\Rightarrow \frac{dp}{dT} < 0$  : تروپی است. 

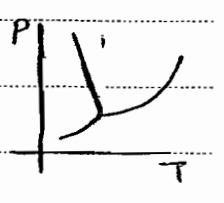
بالا رفتن دما، حجم مایع کاهش می یابد.

آب مایع جامد می شود، همش زیاد می شود و وقتی مایع می شود همیشه کم می شود.

جرم آب مایع  $<$  جرم آب جامد.  $\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta h^{\alpha\beta}}{T\Delta v^{\alpha\beta}}$

مقیاس صعودی: همیشه  $\Delta h^{\alpha\beta} > 0$  ،  $\Delta v^{\alpha\beta} > 0$   $\Rightarrow \frac{dp}{dT} > 0$  

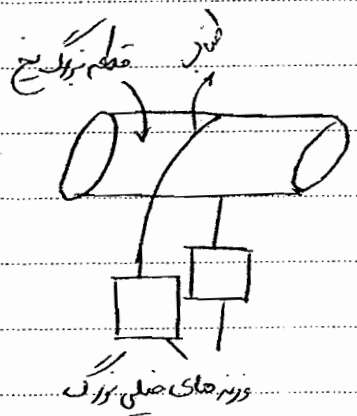
صعودی:  $\Delta h^{\alpha\beta} > 0$  ،  $\Delta v^{\alpha\beta} > 0$   $\Rightarrow \frac{dp}{dT} > 0$  

تروپی:  $\Delta h^{\alpha\beta} > 0$  ،  $\Delta v^{\alpha\beta} < 0$   $\Rightarrow \frac{dp}{dT} < 0$  

جرم مایع زوب بسیار کم است؟ چون تغییر حجم در مایع بسیار کم است. اینجوری

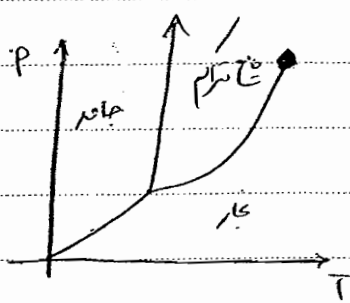
به معادله کلایپرون،  $\Delta v$  خیلی کوچک است  $\leftarrow$

در مورد آلیاژ فشار اتریش باید، ذوب راحت تر خواهد شد چون بعضی ذوب آلیس می آید.  
 در مورد اجسام دیگر اگر فشار اتریش باید، ذوب سخت تر می شود. چون بعضی ذوب آلیاژ می رود.



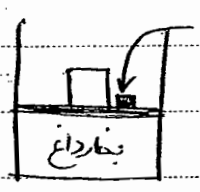
در بعضی  $C\theta$ ، قالب بزرگ تر از  $C\theta$   $PM$  مطابقت شکل  
 نوع از نوع می خورد، اما نوع نمی شنند.

زیرا فشار اتریش می باید و بالاتر این مقدار بعضی ذوب آلیس می آید و  
 نوع داخل نوع می شود. باور داشته شدن (دوره ای فشار)، نوعی ذوب  
 بالاتر و دوره نوع می خورد.

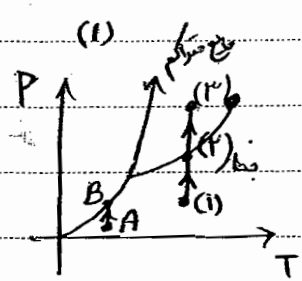


تاریخ: ۲۱ / ۱۹ / ۸۶  
 تغییر در وضعیت: دوره صعودی است  
 ذوب: اغلب صعودی است  
 مغزی ذوب: دوره به خط قائم نزدیک است  
 استیب:  $\theta$

از حالت II:  
 اگر بخار داغی را در زیر یک سیسول و درون یک سماندر داشته باشیم و در محیطی با دمای  $T$  قرار دهیم و سماندر سیسول  
 غیر قابل استیب



از حالت III: ذره ذره اتریش فشار است



فشار در حال اتریش و دریا ثابت است. (البته حجم در حال اتریش است)  
 ذره ذره در تمام کار و کار از دستگاه می گویم  
 (اگر در این صورت به طور کلی اتریش هم از نوعی (1) به (2) می آید و بعضی استیب  
 بین این دو حالت را طی نمی کند)

Subject:

Year. Month. Date. ( )

با افزایش ذره ذره فشار، روند بازگشتی ادامه می یابد به منحنی تغییر بر خود در نیم یعنی به فشار اشباع فشار  
 با دمای T می رسم بارسیل به این فشار، اولین نقطه‌ی مایع تشکیل می شود.  
 بارسیل به این نقطه مایع در حال افزایش فشار را متوقف می کنیم. اما در عمل دمای نقطه‌ی رالی بحرانی رسم  
 به خط به دمای T. d. T می رسم تا اتصال بر صورت روزسیل ادامه پیدا کند. با این کار مقدار مایع  
 افزایش می یابد. بین نقطه‌ی (۲) نقطه‌ی انبساط است (و تا جایی که باقی می ماند که تمام کار اشباع  
 $(x=1)$  به مایع اشباع  $(x=0)$  تبدیل شود. (تغییر فاز) هر چه ذره ذره را به دست می آوریم. اثر آن بر  
 (کاهش دما به یک با صورت می آید. (دستی صی ذره ذره در حالت مایع) )  
 تر از فشار اشباع در فشار P دمای T می گوییم به مایع اشباع می رسم و برعکس.  
 (کاهش کیفیت)

و وی تغییر فاز به صورتی انجام شود دوباره دستگاه را به نقطه‌ی قبل به دمای T می رسم و افزایش فشار را دوباره  
 ادامه می دهیم. (حجم به مقدار کمی کم می شود)

در این آزمایش (به جز نقطه‌ی تغییر فاز) در حالت مایع فشار را افزایش دادیم و هوای (صی در نقطه‌ی تغییر فاز)  
 با دمای ثابت و رسم کردیم است  
 اگر شروع کنیم از نقطه‌ی A باشد تغییر فاز از کار به خارج اتفاق می افتد.

متاخره می شود به نقطه‌ی در حال مایع با محورهای تغییر ذوب و انجم دو فاز داریم در نقطه‌ی نگاه ما فشاری رسم  
 در حالت های ۲ فاز، جامع (به صورتی) یک فصل مشترک دارند. که باقی این فصل مشترک (بخار) و مایع  
 فصل مشترک (مایع) دارای خواص فصل مشترک هستند  
 در نگاه رسم ۲ فاز شده این ۲ فاز توسط فصل مشترک (به صورت سطح یا غیر سطح)  
 از هم جدا می شوند و یک پدیده‌ی تغییر خواص تبدیل به و ناگهانی در فصل مشترک اتفاق می افتد که به آن  
 پدیده‌ی گذر نسبتی گویند. که در منحنی های تغییر ذوب و انجم اتفاق می افتد. (در حال مایع از نظر ما  
 ترسیم) تغییر خواص بصورت پله‌ای اتفاق افتاده است  
 ترسیم هم در نقطه‌ی (۲) و هم در نقطه‌ی B در نمودار صغری قبل اتفاق افتاده است  
 این آزمایش، کل این دو ترسیم و روزسیل حرارتی و روزسیل مکانیکی است.  
 نقطه‌ی در نقطه‌ی تغییر فاز تحول غیر از ترسیم و روزسیل حرارتی و روزسیل مکانیکی است.

PAPCO



$T > T_c$   
 $P < P_c \rightarrow$  گاز

$T < T_c$   
 $P < P_c$

Subject:

Year. Month. Date.

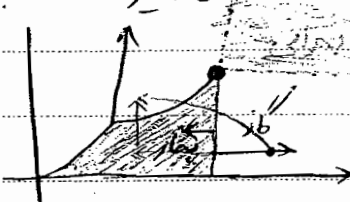
اگر فصل مشترک را به فضای شش‌وجهی (مربعی) در نظر بگیریم چنانچه است، حجم کدام از خواص بخار را می‌تواند استخراج کرد؟

اگر بخار را به فضای شش‌وجهی (مربعی) در نظر بگیریم چنانچه است، اما در این مورد ما این سیستم در واقع سه فضای سه‌بعدی داریم و فضای شش‌وجهی (مربعی) را به دلیل ضخامت خیلی کم در نظر می‌گیریم.

اگر این فرض را برای هر نظریه در هر دمای اعلاقم کنیم آیا می‌توانیم قابل مشاهده؟ غیره. مثلاً بخار را به فضای سه‌بعدی در نظر بگیریم. این فرض را با تمام خواص بخار در نظر بگیریم. این فرض را به تمام خواص بخار در نظر بگیریم. این فرض را به تمام خواص بخار در نظر بگیریم. این فرض را به تمام خواص بخار در نظر بگیریم.

چرا فرض می‌کنیم اینها را در نظر بگیریم؟ چون فرض می‌کنیم در فضای سه‌بعدی و فرض می‌کنیم در فضای سه‌بعدی.

در این فرض می‌کنیم در فضای سه‌بعدی و فرض می‌کنیم در فضای سه‌بعدی. در این فرض می‌کنیم در فضای سه‌بعدی و فرض می‌کنیم در فضای سه‌بعدی.



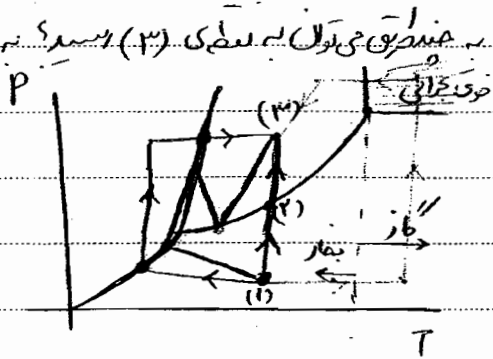
در فضای سه‌بعدی بخار را در نظر بگیریم. در فضای سه‌بعدی بخار را در نظر بگیریم. در فضای سه‌بعدی بخار را در نظر بگیریم.

چون اجزای آن نقطه‌ی بحرانی جدا می‌شوند و ما می‌توانیم این اجزای آن را در عمل به صورت مجزای مشاهده کنیم.

مثلاً گاز هم قابل مشاهده است (به  $99 \times 99$  درجه). مثلاً گاز هم قابل مشاهده است (به  $99 \times 99$  درجه). مثلاً گاز هم قابل مشاهده است (به  $99 \times 99$  درجه).

بحرانی: critical:  $T < T_c$  و  $P < P_c$  : بخار  
 $T > T_c$  و  $P < P_c$  : گاز  
 $T > T_c$  و  $P > P_c$  : ایزوتروپ  
 ایزوتروپ بحرانی

آزمایش III:



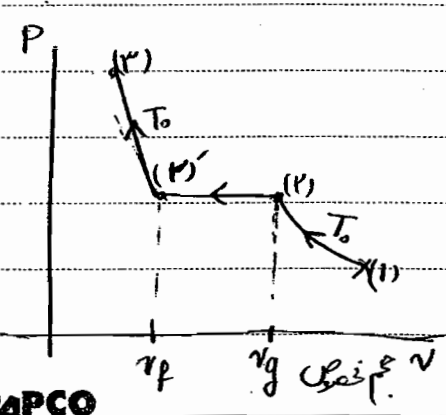
اگر در نقطه (۱) در غودار ص ۸۴ قرار داشته باشیم از نقطه (۱) به نقطه (۲) به نقطه (۳) به نقطه (۴) به ترتیب می توانیم درجه های مختلف را داشته باشیم. (الزاماً یک تراکم اتفاق نمی افتد) از طرفی می توانیم به گونه ای حرکت کرده در هیچ یک از این درجه ها تراکم را مشاهده نکنیم.

در هر یک از این طرف ها اول و آخر حرکت می است یعنی می توانیم مسیری را طوری که هیچ یک از این درجه ها اتفاق نیفتد ولی به طوری که به ترتیب این تغییر خواص درجه ها به تدریج اتفاق می افتد. ولی در هیچ نقطه ای تراکم را مشاهده نمی کنیم. (خواص فوق بحرانی به طبع متراکم نمی شود) تغییر خواص تدریجی است چون ما به تدریج از پارامترهای مشابه هم عبور می کنیم.

در حالت از اول به آخر جدول  $\rho$  و  $\mu$  کم می شود. یعنی خواص تابع و به طوری که به هم نزدیک می شود. این تغییر خواص به تدریج و نه ناگهانی مثل پدیده تراکم است.

تاکنون عوارض اثر جم را نام برده گرفته ایم

حال می خواهیم دستاویز کنیم به تغییرات جم را در نظر بگیرد. حال می خواهیم تحول از (۱) به (۲) در ازمایش II را برای  $P-V$  نمایش دهیم



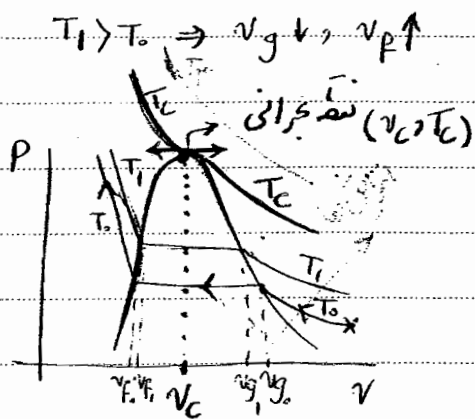
این بار تحول را از اول به آخر در نظر بگیریم و ذره ذره اثرش را در این بار یعنی سبب دارد و نسبت آن تابع حسن است.  $\frac{dP}{dV}$  نیز تابع حسن است و خود نمودار تابع حسن است. به سبب این نقطه (۲) اثرش فشار را متوقف کردیم این بار نقطه (۲) نه در  $P-T$  نقطه ای است که به این ما بر روی دستاویز نیست.

Subject: \_\_\_\_\_

Year: \_\_\_\_\_ Month: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

از نقطه‌ی (۳) به یاد، در فضای ثابت فشار و افزایش در حجم کاهش می‌یابد.  
 در (۱) ← (۲) با افزایش فشار ← حجم زیاد تابع فشار است و زیاد کم شد. (در واقع)  
 در (۲) ← (۳) با افزایش فشار ← حجم کم تابع فشار بود و کم کم شد. (در واقع)

اگر دمای  $T_1$  و  $T_2$  را برابر هم و همی  $\nu$  را برابر هم و اصل نسبی صفتی نزدیک شکل استفاده ای سلسله می‌شود.  
 که نشان می‌دهد که خط راست نزدیک است.



همه از اول جدول به آخر برویم و  $\nu$  کاهش  $\nu$  افزایش می‌یابد.  
 بین  $\nu$  کم می‌شود در نقطه‌ی بحرانی  $\nu = \nu_c$  و  $P = P_c$  است.  
 پس Max در نمودار نزدیک شکل همان نقطه‌ی بحرانی است.

همه از سر به خط به بحرانی برویم ←  $\nu$  کاهش  $\nu$  افزایش می‌یابد.  
 در نقطه‌ی بحرانی به هم می‌رسند.  
 البته  $\nu$  زیاد کم می‌شود در  $\nu_c$  کم زیاد می‌شود.

بر نمودار از جدول بحرانی را بشم به شکل با هم را هم.  
 بحرانی در دستگاه  $P-V-T$  دارای تقارن نصف است (در نقطه‌ی بحرانی)

$y = f(x)$	$x_0$ (نقطه)	$-\infty$	$x_0$	$+\infty$	
$f'(x_0) = 0$	حالت		+	-	$x = \text{Max}$ است
نقطه‌ی بحرانی	حالت		-	+	$x = \text{Min}$ است

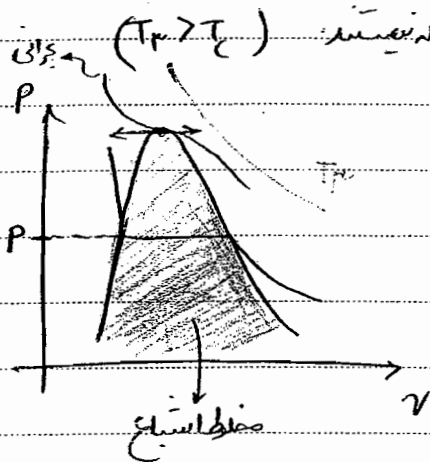
نقطه‌ی بحرانی:  $y''(x_0) < 0 \Rightarrow \text{Max} = x_0$  و  $y''(x_0) > 0 \Rightarrow x_0 = \text{min}$   
 $y''(x_0) = 0$  : نقطه‌ی صاف

در نقطه‌ی بحرانی:  $\left(\frac{\partial P}{\partial \nu}\right)_{T_c, \nu_c, P_c} = 0$  و  $\left(\frac{\partial^2 P}{\partial \nu^2}\right)_{T_c, \nu_c, P_c} = 0$

(در هر جا که  $T = T_c$  بود اختلافی نماند  $\frac{\partial P}{\partial \nu} = 0$  نمی‌باشد)

Subject:

Year. Month. Date. ( )



در تمام جهای بالای آنرا یعنی برای خودارها صورتی تولید میکنند.  $(T_2 > T_1)$  در این جهت  
 در زیر خودارهایی شکل، پدیدت و درون فشار  $T_1$  برینست  
 میاید و آن نیز معلوم است این کیفیت (گ) برینست میاید

درینول کنید یک بازیشته نلایم و  $v = f(p, T)$  است

$$v = v(p, T) \Rightarrow dv = \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p dT + \left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T dp \quad (*)$$

در اینجه  $\beta$  = ضریب انبساط یعنی  $\beta = \frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p$  و در اینجه  $\alpha$  = ضریب انقباض یعنی  $\alpha = -\frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T$

$$\frac{v_2 - v_1}{T_2 - T_1} = \text{میانگین تغییر در } \beta \text{ در اینجه}$$

$$\lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{v_2 - v_1}{T_2 - T_1} = \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p$$

$$\beta = \frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p$$

$\alpha$  = ضریب انقباض یعنی درجهی ثابت، فشار و در اینجه  $\alpha$  = ضریب انقباض

$$\frac{v_2 - v_1}{p_2 - p_1} = \text{میانگین تغییر در } \alpha \text{ در اینجه}$$

$$\frac{v_2 - v_1}{p_2 - p_1} = \left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T$$

$$\lim_{\Delta p \rightarrow 0} \frac{v_2 - v_1}{p_2 - p_1} = \left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T$$

PAPCO



Subject:

Year:      Month:      Date: ( )

شدت آرایش هم جاذبه بر انزای آرایش ف و جاذبه درونی  $\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T < 0$

$k = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$  : ...

$(*) \Rightarrow \delta V = \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P dT + \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T dP \Rightarrow dV = \beta V dT - k V dP$

$\Rightarrow \frac{dV}{V} = \beta dT - k dP$

از این به بعد  $\beta$  و  $k$  ...  $\beta$  و  $k$  ...  $\beta$  و  $k$  ...

$P_1 V_1 = P_2 V_2$

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

$\lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{V_2 - V_1}{T_2 - T_1} = \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$

$V_1 \beta = \frac{1}{T} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$

$\lim_{\Delta P \rightarrow 0} \frac{V_2 - V_1}{P_2 - P_1} = \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$

$-k = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$

$\frac{dV}{V} = \beta dT - k dP$

$\int \frac{dV}{V} = \beta \Delta T - k \Delta P$

$\beta = \frac{1}{T}$

Subject: \_\_\_\_\_

Year.      Month.      Date.      ( )

[www.chemedep.com](http://www.chemedep.com)

**PAPCO**

Subject:

Year. Month. Date. ( )

۱۹/۹/۸۸

۲۳

ماده: کول فنسازتت در سیستم بسته کار با فل

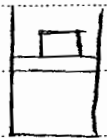
Ⓐ  $(T_1, P_1) \xrightarrow{P=cte} (T_2, P_2=P_1)$   
 کول فنسازتت در سیستم بسته

نشان دهنده } در سیستم بسته  
 حرارتی }  
 عمل در درون

در این کول  $\delta Q_p = dH = c_p dT$   
 $Q_p = \Delta h = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT$

برای سیستم بسته که کار نمی کند:

Ⓑ  $(T_1, P_1) \xrightarrow{\text{غیر فنسازتت غیر در سیستم بسته}} (T_2, P_2=P_1)$



$\Delta h = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT$  یا  $Q - W = \Delta u = \Delta h - \Delta(pv)$   
 $\Delta h = \Delta u + \Delta(pv)$  زیرا

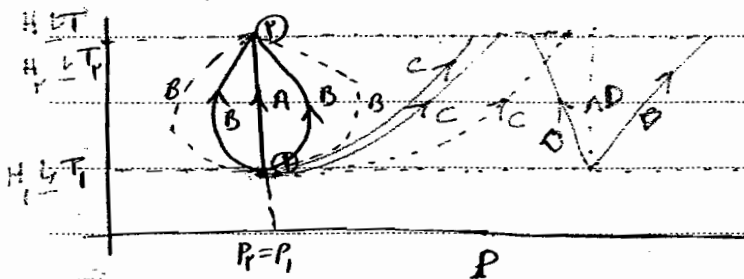
$\Delta(pv) = R \Delta T$  (مقدار برای کار با فل)

Ⓒ  $(T_1, P_1) \xrightarrow{\text{غیر در سیستم بسته (غیر فنسازتت)}} (T_2, P_2 \neq P_1)$

چون  $c_p = f(T)$  است، تابع فنسازتی باشد  $\Delta h = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT$  (مقدار کار با فل)

$Q - W = \Delta u = \Delta h - \Delta(pv)$

حداکثر کار  $A, B, C$  برای خود  $Q$  و  $W$  های برابر آن  $Q - W$  برای هر کدام حاصل می شود



رند سبز و مشخصات کار با فل

Subject :

Year . Month . Date . ( )

چه اتفاقی در حین متغیبات ایزو ترمپال رو میشه گفت ؟ تعریف انتالی هم قانون اول ترمودینامیک مبنی می بشوند

$$\Delta h = \Delta u + \Delta(pv) \quad \text{تعریف انتالی}$$

$$q = \Delta u + w \Rightarrow q - w = \Delta u \quad \text{تعریف متغیبات اول}$$

مساله ۱ (سوف) تحول ایزو ترمپال رو میشه گفت یه مول گاز کامل و

یک مول گاز کامل زیر سیلندر رو پیشتون غیر عایق در کله به دمای T داریم در روی سیلندر فولرهای (چوب

قرار داریم. در حین ایزو ترمپال به (T<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>) می رسند



۱- مکانیکی غیر متغیبات و دما ثابت

۲- حرارتی

۳- عدم وجود غل

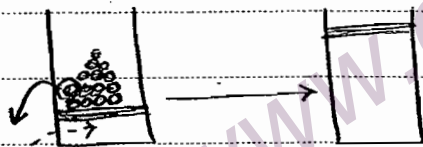
در حین ایزو ترمپال رو میشه گفت به (T<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>) می رسند

الو یک فریک خنثی که به ما انرژی میسون برداریم. پیشون می مانده بود و نمی بشود در دما هم نمی بشود

زیرا کار انجام می دهد و این کار به ما به وسیله صرف انرژی داخلی خود انجام می دهد و نمی حون غیر عایق است

بلکه دوباره از حله گرفتار می گردیم به دمای T می رسند. پس دوباره غیر متغیبات برقرار می بشود.

حال چندی در زیر صفا را نمی و دونه دونه بر می داریم



$$\delta Q - \delta W = du \quad \text{(متغیبات اول)}$$

چون گاز کامل است و دما ثابت است.

$$Q : (T_1, P_1) \quad (T_2 = T_1, P_2)$$

$$\Delta h = \Delta u + \Delta(pv)$$

$$\Rightarrow \Delta(pv) = 0$$

$$\Delta(pv) = RT \quad \text{چون}$$

$$p_1 v_1 = p_2 v_2 = cte$$

$$\Rightarrow \delta Q = \delta W \Rightarrow Q = W = \int_{v_1}^{v_2} p dv$$

$$du = 0, dh = 0, d(pv) = 0 \quad (p_1 v_1 = p_2 v_2), \quad Q = W = \int_{v_1}^{v_2} p dv \quad \text{نتیج}$$

$$Q = W = \int_{v_1}^{v_2} p dv = \int_{v_1}^{v_2} \frac{RT}{v} dv = RT \ln \frac{v_2}{v_1} = RT \ln \frac{P_1}{P_2}$$



در یک مسأله عمل شده همرفق است. و هم برای اقل ضل حدود برقرار است.

\* مسأله کلیم: تحول آدیباتیک در سیل یک مول گاز کامل:

مسأله چهارم: همان مسأله همرفق است به شرطی که بدون سلب در پیوسته



$$(P_1, V_1, T_1) \xrightarrow{\text{آدیباتیک در سیل}} (P_2, V_2, T_2) \quad ; \quad P_2 V_2 = R T_2$$

اگر یک فرآیند کوچک را برداریم مثل قبل، یعنی با دمای ورودی مساوی نمی شود و در اثر انقباض کار و صرف انرژی داخلی می کشیم نمی شود و به دلیل علایق بودن این کاهش دما توسط دما

چرا آن نخواهد شد

کم کم و دونه دونه همگی خونه ها را برمی تازد

در این جا در سیل به ۲ حالت است: ۱- کارکنی در این جا به دلیل عدم ارتباط با سیل در حالتی بی معنا

۲- هم وجود فن

$$\text{چون } T_2 \neq T_1 \Rightarrow P_2 V_2 \neq P_1 V_1$$

$$\delta Q - \delta W = du \Rightarrow \boxed{\delta W = -du} \Rightarrow \boxed{W = -\Delta u}$$

کار انجام شده از طریق منفی و کاهش انرژی داخلی است

$$\begin{cases} p dv = -c_v dT & \delta \\ p v = R T & \times d \end{cases}$$

$$p dv = -c_v dT$$

$$p dv = -\frac{c_v}{R} d(pv) \quad (*)$$

$$c_p - c_v = R \Rightarrow \frac{c_p}{c_v} - 1 = \frac{R}{c_v}$$

$$\left( \frac{c_p}{c_v} = \gamma = \kappa \right) \Rightarrow \boxed{\gamma > 1}$$

Subject:

Year. Month. Date. ( )

$$(*) \Rightarrow \left[ p dv = \frac{1}{\gamma - 1} d(pv) \right] \times (\gamma - 1)$$

$$\Rightarrow (\gamma - 1) p dv + d(pv) = 0 \Rightarrow \gamma p dv - p dv + p dv + v dp = 0$$

$$\Rightarrow \gamma p dv + v dp = 0 \xrightarrow{\times v^{\gamma-1}} \gamma p v^{\gamma-1} dv + v^{\gamma} dp = 0 \Rightarrow$$

$$d(pv^{\gamma}) = 0 \text{ و } \gamma = \frac{c_p}{c_v} \Rightarrow$$

$$pv^{\gamma} = cte \Rightarrow p_1 v_1^{\gamma} = p_2 v_2^{\gamma} = cte$$

$$(p_1 v_1 = p_2 v_2) \text{ (در حالت ایزوترم)}$$

(\*) در مورد ایزواینتروپی، انتروپی ثابت است.

ایزوترم  $\gamma = c_p = c_v$  است. (در حالت ایزوترم)

$$\left. \begin{aligned} c_p - c_v &= R \\ \frac{c_p}{c_v} &= \gamma \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\left\{ \begin{aligned} c_v &= \frac{R}{\gamma - 1} \\ c_p &= \frac{\gamma R}{\gamma - 1} \end{aligned} \right.$$

چون  $c_p = c_v$  باشد، در این رابطه  $\gamma = 1$  است.

برقرار است.

← اگر بخواهیم  $\gamma = c_p = c_v$  باشد،  $c_p$  و  $c_v$  هستند.

$$c_p = c_v = cte \iff \gamma = cte$$

از طرف فیزیکی،  $c_p$  و  $c_v$  در گازها ثابت است. اما در مایعات و جامدات برای گازها مختلف متفاوت است. این به برداشته شدن گاز (محداتی بودن گاز) بستگی دارد.

گازهای تک اتمی مثل هلیوم، آرگون و ... :  $\gamma = 1.67$

گازهای دو اتمی مثل هوا، نیتروژن و ... :  $\gamma = 1.4$

گازهای چند اتمی مثل  $CH_4$ ،  $H_2O$ ،  $CO_2$  و ... :  $\gamma = 1.3$

Subject:

Year. Month. Date. ( )

برای تبدیل از حالت اول به حالت دوم (در صورتی که دما و فشار ثابت باشد)  $PV^\gamma = cte$

$$pV = RT$$

$$P_1 = \frac{RT_1}{V_1}, P_2 = \frac{RT_2}{V_2}$$

$$\Rightarrow T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} = cte = TV^{\gamma-1}$$

اگر دما و فشار ثابت باشد و دما و فشار در حالت اول و دوم برابر باشد  $PV^\gamma = cte$

$$\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

در این رابطه برای تبدیل از حالت اول به حالت دوم  $T V^{\gamma-1} = cte$  استفاده می‌کنیم.

$$W = -\Delta U$$

حل اول)  $W = -\Delta U$

$$\Delta U = C_V \Delta T = \frac{R(\Delta T)}{\gamma-1}$$

$$\Rightarrow W = -\frac{R(T_2 - T_1)}{\gamma-1} = -\frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{\gamma-1}$$

حل دوم)  $W = \int_{V_1}^{V_2} P dV$

$$W = \int_{V_1}^{V_2} k V^{-\gamma} dV = \frac{k}{1-\gamma} [V^{1-\gamma}]_{V_1}^{V_2}$$

$$PV^\gamma = k$$

$$\Rightarrow W = \frac{k V_2^{1-\gamma}}{1-\gamma} - \frac{k V_1^{1-\gamma}}{1-\gamma} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-\gamma} = -\frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{\gamma-1}$$

حل سوم)  $W = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{RT}{V} dV$   
 $T V^{\gamma-1} = cte$

$w = -\Delta U$   
 $\Delta h = \int_{P_1}^{P_2} V dP$   
 $= \frac{R}{\gamma-1} \ln \frac{P_2}{P_1}$   
 $= \frac{R}{\gamma-1} \ln \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1}$

\*  $\Delta h = ?$

حل اول)  $\Delta h = C_P \Delta T = \gamma C_V \Delta T = \gamma \Delta U = \frac{\gamma R(T_2 - T_1)}{\gamma-1} = \frac{\gamma(P_2 V_2 - P_1 V_1)}{\gamma-1}$

حل دوم)  $\Delta h = \Delta U + \Delta(PV) = \Delta U + \frac{R \Delta T}{\gamma-1} = \Delta U + (C_P - C_V) \Delta T$

PAPCO

Subject:

Year: \_\_\_\_\_ Month: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

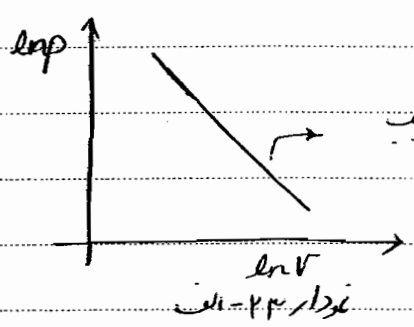
$$\frac{FV}{PV} = \frac{e^{rt}}{e^{-rt}}$$

عبارتی بنجم: کول بلی تروید روزیسیل طرز عمل:

کول بلی تروید تحولی است نه درون است  $PV^n = cte$

تعریف عملی: اگر یک کار با عملی یک تحول روزیسیل طی ندهد (یعنی در هر لحظه رابطه ای بین  $P$  و  $V$  است) و  $P$  بر حسب  $V$  خط مستقیم باشد  $n$  شود در این صورت کول با کول روزیسیل بلی تروید است.

البته مقدار دگولات بلی تروید روزیسیل بسیار کم است.



$$\frac{d \ln P}{d \ln V} = -n$$

$$\Rightarrow d \ln P + n d \ln V = 0$$

$$d \ln P + d \ln V^n = 0$$

$$d \ln (PV^n) = 0 \Rightarrow$$

$$PV^n = cte \Rightarrow TV^{n-1} = cte \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}$$

به ای مقدار مختلف  $n$  تحولاتی مختلفی بدست خواهد آمد بین کول بلی تروید روزیسیل یک کول خطی است.

بنا بر وجه به نقطه ۲۳ - تلف اگر  $n = \infty$  باشد خط دایره  $V = cte$  در شکل قائم خواهد بود  $\leftarrow \ln V = cte \leftarrow V = cte$

تحول فضا بر پایه آنتروپی  $\Rightarrow n = 0$

کول از دگولات روزیسیل  $\Rightarrow n = 1$

کول آریا بلیک روزیسیل  $\Rightarrow n = \frac{C_p}{C_v}$

این ۲ تحول کولات خطی هستند.

تحولات واقعی نه از دگولات هستند نه آریا بلیک نه بین این ۲ هستند (از دگولات هستند)

تلف ۱ < n < ۱.۵



Subject:

Year. Month. Date. ( )

$$\Delta u = C_v \Delta T = \left( \frac{R}{\gamma - 1} \right) \Delta T$$

$$w = \int p \, dv$$

(min مقدار کار برابر ۳ را، max کار برابر ۱/۲ می باشد)

معدله: (البته در مورد کارهای خاص)

با اثر تحولی بی تروپیک رورسیبل باشد،  $\Delta u = C_v \Delta T$  می باشد یعنی برای تحول بی تروپیک رورسیبل به  $n$  بستگی ندارد و به  $C_v$  بستگی دارد از طرفی خود  $C_v$  به  $\gamma$  (نم  $n$ ) بستگی دارد.

$$\Delta u = \frac{\gamma R}{\gamma - 1} \Delta T \quad (\Delta u \rightarrow \gamma) \quad (\Delta h \rightarrow \gamma)$$

اما  $w$  به  $n$  بستگی دارد و به  $\gamma$  بستگی ندارد.

$$w = \frac{R(T_1 - T_2)}{n - 1} = \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{n - 1} \quad (w \rightarrow n)$$

$\Rightarrow$  طبق قانون اول ترمودینامیک:  $Q = w + \Delta u$

$$Q = \frac{R(T_1 - T_2)}{n - 1} + \frac{R(T_2 - T_1)}{\gamma - 1}$$

فقط در یک حالت  $Q = 0$  است و آن هنگامی است که  $n = \gamma$  باشد.

از  $n = \gamma \Rightarrow Q = 0$  و از  $n \neq \gamma \Rightarrow Q \neq 0$

موسسین: در تحول بی تروپیک رورسیبل  $\Delta u$ ،  $\Delta h$ ،  $\Delta(pv)$  ظاهراً با  $\Delta u$ ،  $\Delta h$ ،  $\Delta(pv)$  یکی می آیند و اینها واقعاً با هم مساوی نیستند یعنی ادبیات بی تروپیک رورسیبل مساویند ولی این ظاهر قضیه است و اینها واقعاً با هم مساوی نیستند یعنی همه فرمول یکی است و اینها آن چیز دیگر!

$$\Delta u = \frac{R(T_2 - T_1)}{\gamma - 1}$$

اما  $T_2$  در ادبیات رورسیبل از  $\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}$  بدست می آید و در بی تروپیک از فرمول

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

آیا در تحول بی تروپیک رورسیبل  $n$  می تواند صفتی باشد؟ بله می شود! دلیلش به دلیل وجود  $Q$  است. (اگر از تروپیک باشد، خطای نمی شود چون در از تروپیک با همراهِ آن هست) حجم کم می شود و برعکس (پس ممکن است حجم کار زیاد شود ولی دماش آن قدر زیاد زیاد نشود)

Subject:

Year. Month. Date. ( )

$$Q = \frac{R(T_1 - T_2)}{n-1} + \frac{R(T_2 - T_1)}{\gamma-1}$$

مشارکت زیاد نشود. ولی این اثر است. دما باید خیلی

خیلی زیاد باشد.

ولی اغلب  $n > \gamma$  است زیرا این اثر این دما ممکن نیست. ولی گاهی  $n < \gamma$  است. اتمام صحبت گازهای کامل.

\* استفاده‌ی غیر مستقیم از این رابطه از استفاده‌ی مستقیم از این رابطه مهم‌تر است  
 \* از این معادله (معادله‌ی حالت) برای بدست آوردن دیگر خواص مستقیم و غیره خود می‌توانیم  
 \* معادله‌ی حالت

معادله‌ی حالت معادله‌ی حالت برای گاز کامل است که در آن  $PV = \frac{RT}{P}$  است

معادله‌ی حالت معادله‌ی حالت واقعی می‌توانیم:

$$V = V(P, T)$$

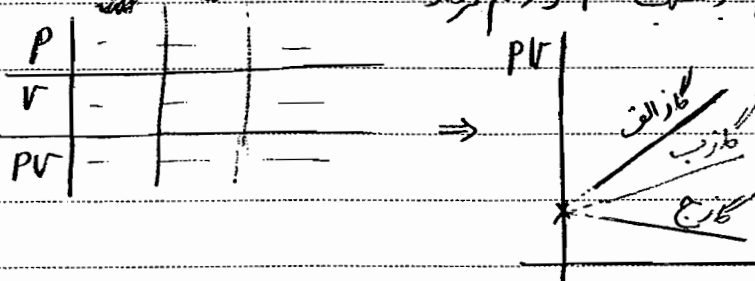
$$PV = PV(P, T) = f(T, P)$$

(حال چرا به سراغ  $PV$  می‌رویم؟ چون در دمای ثابت،  $P \uparrow \Rightarrow V \downarrow$  و برعکس  $PV \leftarrow$  از نظر ریاضی نامبری تغییراتی نسبت به  $V$  و  $P$  تنها دارد.) برای  $f(T, P)$  یک شکل در نظر گرفته‌اند:

$$PV = a + bP + cP^2 + \dots$$

\* ضرایب  $a, b, c, \dots$  تابع خطی دما و جنس می‌باشند. (تابع  $P$  نمی‌باشند!)  
 اثراتش: (مطالعه‌ی ۴۵)

اگر مول از گاز واقعی را در زیر پیوستگی درون سلولری قرار داده‌اند و دما و  $P$  را تغییر داده‌اند و جدولی مشابه زیر تشکیل دادند. (با استفاده از وزنهای روی پیوسته  $P$  را تغییر دادند) و  $PV$  را بدست آوردند و سپس تابع  $PV$  بر حسب  $P$  را رسم کردند.



در واحدهای با فشار کم (۱۵ atm) نمودار بدست آمده به صورت شیب خط در آمده است.

Subject:

Year: . Month: Date: ( )

[البته این فرضیه در غایت صحت کم (مثلاً صفر) غیر قابل اجتناب است] <sup>گاز</sup>  
مسلماً در همان دمای ثابت (مثلاً  $273.15\text{K}$ ) این فرضیه را برای گاز دیگری (مثلاً  $\text{NH}_3$ ) اجتناب نپذیریم

بلکه می‌تواند این است که اگر نمودارهای گازهای مختلف را ادامه دهیم تا با محور  $PV$  برخورد می‌کنیم  
مشاهده می‌کنیم که همه یکدیگر را در یک نقطه قطع می‌کنند  
نمودار  $PV - P$  گازهای مختلف در یک نقطه منطبق می‌شود و از روی این می‌توان از مبدأ یکسانی  
دارند ← یعنی در فرمول (I) همگی گازها دارای  $a$  یکسان و برابری هستند (اصلاً مستقل از  
عنصر گاز است)

(ستاره)  $a = (pV)^* = \lim_{P \rightarrow 0} (pV) = g(T)$

ویدی فشارها را به صفر برودیم چه کار با  $pV$  باشد چه گاز واقعی باشد  $V$  به سمت  $\infty$  خواهد رفت

(و از طرفی هرگاه فشار به سمت صفر برود می‌توانیم  $\lim_{P \rightarrow 0} pV = 0$  (میریم)  $\neq 0$  <sup>گاز را کامل فرض کرد</sup>)

$\Rightarrow a = (pV)^* = \lim_{P \rightarrow 0} (pV) = g(T) = RT$  <sup>در این حد فشارها را در نظر بگیریم</sup>

این دمای صفری که در صورتی می‌بینیم = دمای صفری کار با  $pV$  (البته شرطی دارد!)  
این فرضیه را در دمای صفری  $0\text{K}$  (یعنی  $273.15\text{K}$ ) اجتناب نپذیریم

$(pV)^*_{T,P} = RT_{T,P} \Rightarrow (pV)^* = 22.414 \frac{\text{cm}^3 \cdot \text{atm}}{\text{gmol}} = R \times 273.15\text{K}$

$\Rightarrow R = 82.05 \frac{\text{cm}^3 \cdot \text{atm}}{\text{gmol} \cdot \text{K}} = 82.05 \frac{\text{cm}^3 \cdot \text{bar}}{\text{gmol} \cdot \text{K}} = 82.05 \frac{\text{m}^3 \cdot \text{Pa}}{\text{gmol} \cdot \text{K}} = 82.05 \frac{\text{J}}{\text{gmol} \cdot \text{K}}$

$= 1.987 \frac{\text{cal}}{\text{gmol} \cdot \text{K}} = 1.987 \frac{\text{Btu}}{\text{lbmol} \cdot \text{R}} = 1.987 \frac{\text{ft} \cdot \text{psi}}{\text{lbmol} \cdot \text{R}} \quad 1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$

(در جدول 3-1 در صفحه 100) <sup>کامل</sup>  
البته اگر کم مول از گازهای مختلف در شرایط استاندارد (یعنی  $273.15\text{K}$ ) دارند (در حد گازهای واقعی)  $P \rightarrow 0$

Subject:

Year. Month. Date. ( )

$$PV = nRT$$

شرایط مقارنی:  $1 \text{ atm}$ ,  $0^\circ \text{C}$ ,  $1 \text{ gmol}$ ,  $22.4 \text{ cm}^3$

$$PV = nRT \Rightarrow 1 \text{ atm} \times 22.4 \frac{\text{cm}^3}{\text{gmol}} = R \cdot (273.15) \Rightarrow R = \frac{22.4}{273.15} \frac{\text{cm}^3 \cdot \text{atm}}{\text{gmol} \cdot \text{K}}$$

این اختلاف جزئی در مقدار  $R$  نیست آمده در شرایط مقارنی و  $R$  نیست آمده در این کتاب چیست؟  
این به دلیل این است که ما عمده  $22.4 \text{ cm}^3$  در نظریه داریم، در صورتی که در شرایط مقارنی  $22.414 \text{ cm}^3$  می باشد.  
 $R_{\text{مقاله}} = \frac{1 \text{ atm} \times 22.414 \text{ cm}^3}{\text{gmol} \times 273.15 \text{ K}}$

جلسه ۲۲ ۸۶، ۱۰، ۱۵

گولت در پمپ ۱. محاسبه می کنند ۲. خالی هستند  
گولت خالی را میزنند این باید پمپ را می تغییر حالت بکنند چون می بینیم  
کار عملی است.  $\ominus$  باشد  $\leftarrow$  کار عملی خالی  $\leftarrow$  کار عملی واقعی

$$\eta = \frac{W_s \text{ خالی}}{W_a \text{ واقعی}} = \frac{0}{\text{انرژی}}$$

یعنی  $W_s$  خالی و  $W_a$  واقعی است.  $W_s$  در این بار در جدول را میخوانیم  
 $W_a$  واقعی نیست می آید و  $W_a$  واقعی را در جدول جدول اول داریم

$$W_s = \text{کار خالی} \text{ بر سر ابروان}$$

انرژی برای کار تلف می شود نه برای کار.

حال اگر کار  $\ominus$  باشد  $\leftarrow$  کار عملی خالی  $\leftarrow$  کار عملی واقعی

$$\eta = \frac{W_a \text{ واقعی}}{W_s \text{ خالی}} = \frac{\text{کار}}{\text{انرژی}}$$

این از محاسبه  $W_a$  واقعی به وسیله ابروان،  $W_s$  را در جدول واقعی قابل محاسبه است

\*

\*

\*

در محاسبه  $W_s$  (برای کار)

$$PV = a + bp + cp^2 + \dots ; \quad a = g(T), \quad b, c, \dots = f(T)$$



Subject:

Year:      Month:      Date: ( )

$$a = \lim_{P \rightarrow 0} PV = (PV)^* = RT$$

$$PV = a + bp + cp^2 + \dots$$

$$PV = a \left( 1 + \frac{b}{a} p + \frac{c}{a} p^2 + \dots \right) \quad ; \quad a = RT, \quad \frac{b}{a} = B', \quad \frac{c}{a} = C'$$

$$\frac{PV}{RT} = 1 + B'p + C'p^2 + \dots$$

در صورت بازتاب  $\frac{PV}{RT} = 1$  است و  $B'p + C'p^2 + \dots = 0$  است  
 در صورت باز واقعی ما  $\frac{PV}{RT}$  از 1 (فوق یک) بزرگتر است

از  $Z$  معنای  $Z$  همان اجزای  $Z$  با واقعی از بازتاب است

$$Z = \frac{PV}{RT} = 1 + B'p + C'p^2 + \dots$$

$Z$  = برای است برای رسیدن به  $V$

$$\textcircled{1} \text{ معادله برای } Z: Z = \frac{PV}{RT} = 1 + B'p + C'p^2 + \dots$$

$Z$  با داده بر این که می توان به حساب برای  $P$  معده  $P$  مرتب کرد می توان به حساب برای  $V$  معده  $V$  مرتب کرد

$$\textcircled{2} \text{ معادله برای } Z: Z = \frac{PV}{RT} = 1 + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2} + \dots$$

$B$  همیشه عین مستقیم است ولی  $B$  از  $B'$  بزرگتر است  
 پس  $B'$  و  $B$  و  $C'$  و  $C$  و ... با هم مساوی نیستند (به از نظر معده  $V$ )  
 البته  $B'$  و  $B$  و  $C'$  و  $C$  با هم برابر هم نیستند

$B' = \frac{B}{RT}$
$C' = \frac{C - B^2}{(RT)^2}$

است  $Z$  را می توان نوشت:

$$\textcircled{1} \Rightarrow P = \frac{RT}{V} + \frac{BRT}{V^2} + \frac{CRT}{V^3} + \dots$$

$$\textcircled{1} \Rightarrow Z = 1 + B' \left( \frac{RT}{V} + \frac{BRT}{V^2} + \frac{CRT}{V^3} + \dots \right) + C' \left( \frac{RT}{V} + \frac{BRT}{V^2} + \frac{CRT}{V^3} + \dots \right)^2 + \dots \textcircled{2}$$

Subject:

Year. Month. Date. ( )

بازرغ ه بران تدار جلا ت  
را متعديا ① قراري دم (اكار)

② ≡ ⑤ n=0 (i=1)

ضرب (1/r)^n در (1/r)^n مساوي ضرب (1/r)^n در (1/r)^n

n=1 → B = B'RT ⇒ B' = B/RT

n=2 → C = B B'RT + C'(RT)^2 ⇒ C' = (C - B^2) / (RT)^2

در معادله ي وريال B و B' را ضرب و وريال مرتبه ي دوم و C و C' را ضرب و وريال مرتبه ي سوم مي نيم  
دليل اصلي اين نام گذاري اين است كه در ترموديناميك كلر و سلويك (استاتيك) يك تابع به نام تابع  
تصادف به دست مي آيد كه در اين تابع تصادف B و تابع تصادف C و مولكول با هم است و C تابع  
تصادف C مولكول با هم است و ... ← نفس C p^2 از جمله ي B p جلي نيم است چون احتمال برخورد  
C مولكول جلي نيم از احتمال برخورد مولكول با ديگر است.

\* \* \*

انواع معادلات حالت و

تا به طور كلي 3 نوع معادله ي حالت دائم  
نوع اول - معادلات حالت تئوريك :

معادلات حالت تئوريك همان معادلات وريال مي باشند.

Z = PV/RT = 1 + Bp + Cp^2 + ... ①

Z = PV/RT = 1 + B/v + C/v^2 + ... ②

حال اين معادلات حالت تئوريك را به اخذ جمله به طريق اين به عنوان اخراج Z از (تيزان)  
اخراج از برزاطل (سيلي دارد) از طرفي ديگر كه گاز كامل به فشار و دما ترافا سيلي دارد و  
هر چه P و T باند به فرض گاز كامل تريب نومي شوم (Z → 1 مي رود)  
با در فشار هاي كم (3-4 atm) و (دماهاي پائين) مي توان گاز را كامل فرض كرد. هي در معادله ي وريال  
فقط از جمله ي اول استفاده مي نيم ← 0 = ... = C' = C = B = B'

Z = PV/RT = 1

Subject:

Year. Month. Date. ( )

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

\* صحت اولی با فرض همبستگی با فشار ورود  $5 \text{ atm}$  و دماهای پائین است. دمای است در معادله‌ی درجه اول

از ۲ جمله‌ی اول استفاده کنیم.  $\gamma = 1.5$  است.  $p = 15 \text{ atm}$  به دمای  $500 \text{ K}$  در آن

①  $\gamma = 1 + \frac{B}{P}$

بسیار کم بیرون گازها عملی فرض کردیم

②  $\gamma = 1 + \frac{B}{\sqrt{P}}$

البته در این حالت هم نفس اصلی را می‌دارد.

معلوم  $B \Rightarrow B' = \frac{B}{RT}$  معلوم

B با توجه به حسن گاز نفس‌گیری نمود

پس از بدست آوردن B، می‌توانیم (I) با استفاده از رابطه‌ی ①  $\gamma$  بیابیم

(II) با استفاده از  $B' = \frac{B}{RT}$  و رابطه‌ی ②  $\gamma$  بیابیم

① یا ② جای بدست آمده از 1 و 2 بیساز است و غیره

این 2 تا  $\gamma$  یک اختلاف معنی‌کمی دارند که این اختلاف به علت خطای گامی نمی‌باشد. این اختلاف به سبب

رابطه‌ی  $B' = \frac{B}{RT}$  و  $C' = \frac{C - B^2}{RT}$  بسط دارد. این رابطه از اتحاد 2 معادله بدست

آمده است و سبب اتحاد به بزرگی تعداد جمله‌هاست. اگر تعداد جمله‌ها زیاد باشد، این رابطه‌ها زیر سؤال می‌آید

پس چرا این در  $\gamma_1$  و  $\gamma_2$  بهم نزدیک هستند؟ زیرا از نظر تئوری اثر جمله‌ها بعد از جمله‌ی اصلی ناچیز است

تغییرات ورود  $5 \text{ atm}$  حتی در دماهای پائین  $\gamma$  نسبت در معادله‌ی درجه اول را در نظر بگیریم

①  $\gamma = 1 + B'P + C'P^2$

②  $\gamma = 1 + \frac{B}{\sqrt{P}} + \frac{B}{\sqrt{P^2}}$

البته شکل ① صرفاً از جهت راحتی دارد زیرا بر حسب تصدیق است (البته با فرض بودن رابطه در  $\frac{RT}{P}$ ) از جهت تئوری ندارد

نوع دوم: معادلات حالت تجربی

معادلات تجربی نوع معادلات حالت، معادلات تجربی هستند. کاربردهای پیچیده‌ای دارند.

تجربی: بر کاربردترین، دقیق‌ترین، پیچیده‌ترین.

Subject:

Year. Month. Date. ( )

الف) معادله‌ی بی‌بی - بریمین

$$P = \frac{RT}{V} + \frac{\beta}{V^2} + \frac{\gamma}{V^3} + \frac{\delta}{V^4}$$

$$\beta = B_0 RT - A_0 - \frac{C_0 R}{T}$$

$$\gamma = -B_0 b RT + A_0 a - \frac{B_0 C_0 R}{T}$$

$$\delta = \frac{B_0 b c R}{T}$$

$\beta$  و  $\delta$  از  $\delta$  جمع (یعنی با هم) می‌باشند.  
( $a$  و  $b$  در  $A_0$  و  $B_0$ ) -  $\gamma$  جمع می‌شود

equation of state

ب) معادله‌ی (صفت) بر معادله‌ی بی‌بی - بریمین

$$P = \frac{RT}{V} + \frac{B_0 RT - A_0 - C_0/T}{V^2} + \frac{bRT - a}{V^3} + \frac{a^2}{V^6} + \frac{c}{V^4 T^2} (1 + \frac{\delta}{V^2}) \exp(-\frac{\delta}{V^2})$$

حسنت ثابت  $A_0$  و  $B_0$  و  $C_0$  و  $a$  و  $b$  و  $c$  و  $\alpha$  و  $\delta$

نوع نسیم - معادلات حالت عمومی

معادلات حالت بسیار بسیار زیاد است و مثل معادلات حالت وندرزالس و ...

در دوالس معادله‌ی حالت خود را در حالت اتم بصورت زیر ارائه داد است

$$PV = RT$$

آیا در گاز واقعی، در دمای پایین با فرض این که بین مولکول‌های گاز واقعی جاذبه وجود دارد  $P < P_{\text{ideal}}$  واقع  
 است این اصطلاح فشار عمل نیروی جاذبه بین مولکولی است. یعنی نیروی جاذبه مانند یک نیروی است،  
 و در صورت وجود نیروی جاذبه، وجود بین مولکولی کمتر (مانند نیروی گرانش) صورت می‌گیرد. (I)

$$(P + \frac{a}{V^2}) (V - b) = RT$$

$\frac{a}{V^2}$ : برای تصحیح نیروی جاذبه  
 $b$ : برای تصحیح حجم مولکول‌ها



Subject: \_\_\_\_\_

Year: \_\_\_\_\_ Month: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

در گاز کامل مولکول‌ها از هم فاصله‌ی کمی بسیار زیادی دارند و به همین علت از نیروی جاذبه‌ی بین مولکولی صرف نظر می‌کنیم. اما در گاز واقعی مولکول‌ها به هم فاصله‌ی کمی دارند و به همین علت از نیروی جاذبه‌ی بین مولکولی صرف نظر نمی‌کنیم. ولی در گاز واقعی هم مولکول‌ها تا قبل از برخورد با هم فاصله‌ی کمی دارند و به همین علت از نیروی جاذبه‌ی بین مولکولی صرف نظر نمی‌کنیم. (۱)

$b$  تابع عدد آووگادرو می‌باشد  $\leftarrow b$  به معنی حاصل ضرب عدد آووگادرو در حجم اشغال شده توسط آن مولکول است.

$$(p - \frac{a}{v^2}) (v - b) = RT$$

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

همه راه حالت وندروالس خیلی دقیق خوب نمی‌باشد  
ولی دلیل مطرح شدن وندروالس (۱) قدرت تاراجی آن

(۲) تصحیح این معادله و رسیدن به معادلات دقیق‌تر است. مثلا  
رشد توان (RK) یا تغییر جزئی در وندروالس آن را خیلی دقیق تر کردند:

$$p = \frac{RT}{v - b} - \frac{a}{v(v+b)}$$

(۳) اما با دقتی شدن معادله وندروالس کاربرد آن سخت تر می‌شود

حاصل ۲۵ ۱۰، ۱۰، ۱۰

حل  $a, b$  معادله بدست می‌آیند

گیم انترنیم بحرانی در نقطه‌ی بحرانی دارای نقطه‌ی عطف واقعی است یعنی:

$$\left(\frac{\partial^2 p}{\partial v^2}\right)_{T_c, C_r, p}$$

Subject:

Year. Month. Date. ( )

(ول دروايس) 
$$p = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v^2}$$

R.K) 
$$p = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{T^{1/2}(v+b)v}$$

حل از این ۲ سوال در  $ce = T_c$  نسبت به  $v$  مشتق می‌گیریم ← در دو رابطه این  $a$  و  $b$  در  $T_c$  و  $v_c$   $a$  و  $b$  یک رابطه از خود بخارج می‌دهند که  $a$  و  $b$  بین  $a$  و  $b$  در  $T_c$  و  $v_c$  در  $P_c$  است

← ۳ رابطه و ۳ معادله  $T_c$  و  $P_c$  را حل می‌کنیم  $x$  و  $y$  به عنوان پارامتر رابطه می‌گیریم و

مجموعه  $a$  و  $b$  و  $v_c$  را بدست می‌آوریم چون  $T_c$  و  $P_c$  از مشخصات ثابت است و در جدول موجود می‌باشند

واحد  $a$  و  $b$  و  $v_c$  را بدست می‌آوریم  $T_c$  و  $P_c$  را می‌کنند  $a = \frac{4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 8 \cdot R^2 \cdot T_c^2}{P_c}$  در ول دروايس  
واحد:  $\frac{متر}{متر}$  در  $v_c$   $\times$  متر

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

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

در صفحه B در کتاب  $v_c$  حجم داده است که این  $v_c$  مانند  $P_c$  و  $T_c$  و  $v_c$  واقع است  $v_c$  به  $v_c$  در اول ول دروايس بدست می‌آید یعنی معادلات است و این شکل دهنده ی این است که ول دروايس یعنی معادله دهنده ی می‌باشد

R.K) 
$$a = \frac{4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 8 \cdot R^2 \cdot T_c^2}{P_c}$$

واحد: معادلات از واحد  $a$  در ول دروايس (به نظر  $1/2$  در  $v_c$ )

$$b = \frac{0.10877 RT_c}{P_c}$$

نهایی بعد برای حل مسائل:

مثلاً (اصولاً از نظریه حالت لغورت حجم خصوص استفاده نمی‌کنیم)  $v = v(T, P)$  چون  $v = v(T, P)$   $v$  و  $v(T, P) \neq v$  تابع  $v$  است  $v$  هم خصوص  $v$

$$\left\{ \begin{array}{l} V = n \nu \quad \text{کمترین طول} \\ \frac{1}{\lambda} \nu = m \nu \quad \text{کمترین جری} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \nu = \frac{V}{\lambda} \quad (I) \\ \nu = \frac{V}{m} \quad (II) \end{array} \right.$$

به طول یا عرض بودن  $\lambda$  به طول یا جری بودن  $R$  بستگی دارد.

حل اثر I و II را درون دروالتس و R.K قرار دهیم:

$$P = \frac{RT}{\frac{V}{n} - b} - \frac{a}{\left(\frac{V}{n}\right)^2} \Rightarrow P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{n^2 a}{V^2}$$

(۲) معمولاً (نه همیشه)  $T$  و  $P$  معلوم است و هدف بدست آوردن  $\lambda$  است. اگر کسی بخواهد از درون دروالتس و R.K استفاده کند، نسبت به  $\lambda$  از درجی نسبی است و یک معادله درجی سوم خواهد بود. شرطی حتمی دارد (شرط بر حتمی بودن فریب که درون دروالتس و R.K این گونه است) و حاصل اریستی حتمی دارد.

حل اگر اریستی حتمی داشته باشید، این ایرت برای تابع کمترین است یا برای  $\lambda$  یا برای  $\nu$  است؟ (این ایرت را با هم بدست آورده از بازهای قابل مقایسه کنید، اگر اختلاف حتمی نبود (مثلاً  $\lambda$  و  $\nu$  اختلاف حتمی این  $\nu$  مربوط به بازگاز است و اگر اختلاف حتمی زیاد بود) یعنی مربوط به تابع است.

راه (دوم) مقایسه با  $\lambda$  آب است. اگر نزدیک به  $\lambda$  آب بود، یعنی مربوط به تابع کمترین و اگر حتمی دور بود، یعنی مربوط به  $\lambda$  بازگاز است.

حال اگر ایرتی حتمی بدست آورده:

- اریستی نزدیک  $\lambda$  بازگاز است
- اریستی وسط  $\lambda$  بی حتمی
- اریستی کوچکتر  $\lambda$  تابع است

برای تشخیص هر از این موارد  $T > E$  یا  $T < E$  یا  $T = E$

Subject:

Year. Month. Date. ( )

$$f(x) = 0$$

$$h(x) - g(x) = 0$$

$$h(x) = g(x)$$

(Left) l R (Right)

x	l	R	l-R
1	1	1	
1	1	1	
1	1	1	

این عمل 2 خط استفاده کن:

جواب صحیح نیست می آید که برای

2 داده شده  $l = R$  اگر در

حل کردن اولی را چگونه تشخیص بدیم؟ عدد اولی را جواب با طول در نظر می گیریم (در معادلات حالت)

\* معادله ی حالت می توانیم بی ندهیم حالت فرضی ما در چیست! البته خط معادلات حالت تجربی هم برای

معادلات و هم برای با زها برقرار است

دستری است

چرا این معادلات 2 معادلات حالت می توانیم بی ندهیم؟

اگر بجای معادله ی R-K رابطه ای می بینیم که بر حسب Z بیس بود:

$$Z = \frac{PV}{RT}$$

$$R-K: P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{T^{1/2}v(v+b)}$$

$$Z = \frac{v}{v-b} - \frac{a}{RT^{1/2}v(v+b)}$$

$$h = \frac{b}{v}$$

$$\Rightarrow Z = \frac{1}{1-h} - \frac{a}{bRT^{1/2}} \times \frac{h}{1+h}$$

$$R-K) \frac{a}{b} = F_1 \rho F R T_c^{1/2}$$

$$Z = \frac{1}{1-h} - \frac{F_1 \rho F}{\left(\frac{T}{T_c}\right)^{1/2}} \times \frac{h}{1+h}$$

$$h = \frac{b}{v} = \frac{bP}{RTZ} = \frac{0.184V}{T_c} \left(\frac{P}{P_c}\right)$$

$$b = \frac{0.184VRT_c}{P_c}$$

$$Z = \frac{1}{1-h} - \frac{F_1 \rho F}{(T_r)^{1/2}} \times \frac{h}{1+h}$$

$$\frac{P}{P_c} = P_r \quad \frac{T}{T_c} = T_r \quad h = \frac{b}{v} = \frac{0.184V}{T_r Z}$$

دستی است - دستی است



$$\left\{ \begin{array}{l} E = z(h, T_r) \\ h = h(T_r, P_r, z) \end{array} \right. \Rightarrow Z = Z(T_r, P_r) : \text{ قانون حالت مشابه } \\ \text{Corresponding States}$$

قانون حالت مشابه: می گویند که اگر در  $T_r$  و  $P_r$  یکسان،  $Z$  یکسانی دارند.

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

[ روی نمودارها در  $T$  و  $P$  یکسان،  $Z$  یکسانی ندارند و به همین کار یکسانی دارند ]

$$\left\{ \begin{array}{l} T_r = 0.8 \\ P_r = 0.8 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} T = T_r T_c \\ P = P_r P_c \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} T = T_r T_c \\ P = P_r P_c \end{array} \right.$$

همی  $Z$  یکسان است در  $T$  و  $P$  های متفاوت ولی  $T_r$  و  $P_r$  یکسان  $Z$  یکسانی دارند ولی  $Z$  یکسانی ندارند.   
 $Z = \frac{Pv}{RT} = \frac{P_r P_c v}{R T_r T_c} = \frac{P_r v_r}{R T_r} = Z_r$    
 $Z = \frac{P_r v_r}{R T_r} = Z_r$    
 $Z = \frac{P_r v_r}{R T_r} = Z_r$

مقادیری حالت عمومی: نمودارها در  $T_r$  و  $P_r$  یکسان،  $Z$  یکسانی دارند.

برای حل در واقع: اول فرج مستقیم بگیر، اولین و مشخص کن، سعی صورت ثابت طرف آورده و به ترتیب جواب بدهی   
 $v$  مرتب کن، مرتب را بر  $v$  تقسیم کن، در این جا  $a$  در رابطه ای کن، سپس طرفین را  $(RT)^3$  ضرب کن   
 اولین جمله  $Z^3$  خواهد شد

$$Z^3 - \left( \frac{P_r}{RT_r} + 1 \right) Z^2 + \left( \frac{17 P_r}{4 T_r^2} \right) Z - \frac{27 P_r^2}{81 T_r^2} = 0$$

$$\Rightarrow Z = Z(T_r, P_r)$$

استفاده های وارده بر قانون:  $Z = Z(T_r, P_r)$

(1) برای گازهای از جنس مختلف به صورت تجربی نمودار  $Z$  را بر حسب  $T_r$  و  $P_r$  رسم می کنند و مشاهده می کنند که نمودارها

یکسانند. به هم منطبق هستند. در صورتی که برای  $T_r$  و  $P_r$  یکسان،  $Z$  یکسانی دارند.

(2) اگر  $T_r$  و  $P_r$  یکسان باشد  $Z$  به نسبت آورده از  $v$  در  $R T_c$  برابر  $K$  قرار می دهد، مشاهده می شود که  $Z$  یکسانی ندارند. یعنی معادلات حالت عمومی حالت یکسانی  $T_r$  و  $P_r$  یکسانی،  $Z$  های

Subject:

Year. Month. Date. ( )

مقاومت در برابر تغییر

$$Z = \frac{PV}{RT} = Z(T_r, P_r) \xrightarrow{\text{نقطه بحرانی}} Z_c = \frac{P_c V_c}{RT_c} = Z_c(\text{ادبی}) = \text{cte} \quad (10^A)$$

مقاومت در برابر تغییر

این قانون corresponding State بصورت  $Z = Z(T_r, P_r)$  صحیح باشد، عمده گازها در نقطه بحرانی برای

باید  $Z_c$  یکسانی داشته باشند. اما در حالت بحرانی  $Z_c < 1$  است و در بعضی موارد  $Z_c > 1$  است. (دری  $Z_c$  در فاصله بحرانی است و این قانون از آنجا درست است)

$$v_c = \frac{RT_c}{P_c} = \frac{Z_c RT_c}{P_c} \Rightarrow Z_c = \frac{P_c v_c}{RT_c} = 0.2775$$

در بعضی موارد  $Z_c = 0.2775$  است  $\Leftarrow$  مقاومت در برابر تغییر ضعیف در نقطه بحرانی باشد

$$\frac{Z}{Z_c} = \gamma_r = \frac{v}{v_c} = \gamma_r(T_r, P_r)$$

با تقسیم  $\frac{Z}{Z_c}$

\* در نقطه بحرانی  $Z_c = 0.2775$  است

$$\ln P_{sat}^* = A - \frac{B}{T}$$

معنی نمودار  $\ln P_{sat}^*$  بر حسب  $\frac{1}{T}$  یک خط مستقیم است (برخوردهای خیلی کم از آنجایی که در این معادله یک بار نقطه بحرانی  $(T_c, P_c)$  در یکسان نقطه بحرانی آن علاوه بر علم است با چهار عدد  $A$  و  $B$  برای ماده‌ی مورد نظر نیست. در این معادله  $A$  و  $B$  از این معادله استفاده کنیم. بر روی نمودار این معادله، از معادله‌ی آنتون استفاده می‌کنیم:

$$\ln P_{sat}^* = A - \frac{B}{T+C}$$

$$\text{mmHg} : P^* \quad T : K$$

اما مستقیم معادلات با بر حسب  $\log$  حل کردیم.

$$\log P_{sat}^* = a' - \frac{b'}{T} \xrightarrow{\substack{=: T_c \\ =: P_c}} \log P_r^* = a - \frac{b}{T_r}$$

بسیار راحت است اگر  $T = T_c$  و  $P = P_c$  را در معادله قرار دهیم، آنجا خواهد بود:

$$\log 1 = a - b \Rightarrow a = b \Rightarrow \log P_r^* = a \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)$$

Subject: \_\_\_\_\_

Year. \_\_\_\_\_ Month. \_\_\_\_\_ Date. \_\_\_\_\_

۱۲/۱۰/۸۶

$$\log P_r^{sat} = a \left( 1 - \frac{1}{T_r} \right)$$

$$\Rightarrow P_r = f(a, T_r) (*)$$

مقیاس  $\log P_r^{sat}$  نسبت به  $\frac{1}{T_r}$  حساب

نسبت  $\log P_r^{sat}$  نسبت به  $\frac{1}{T_r}$  برابر  $a$  است

تفسیر ریاضی: چون در حالت کلی برای یک ماده،  $a$  ثابت است، بنابراین برای یک ماده در یک دما،  $P_r$  ثابت است. اما اگر دما تغییر کند،  $P_r$  تغییر می‌کند. این تغییر را می‌توان با تغییر  $a$  در نظر گرفت.

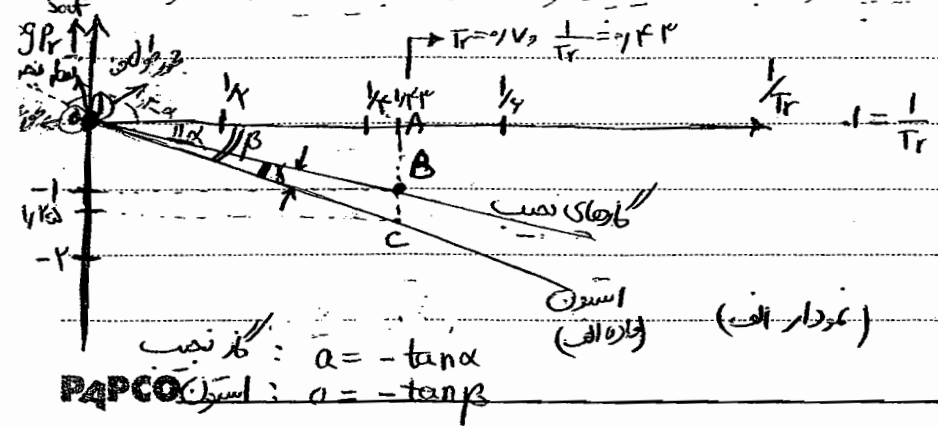
$$\frac{P_r V}{RT} = Z = Z(T_r, P_r) \Rightarrow Z = Z(T_r, P_r, a)$$

$$\Rightarrow \frac{P_r^{sat} V_g}{RT} = Z^{sat} = Z^{sat}(T_r, P_r) = Z^{sat}(T_r, P_r, a)$$

این معادله در حالت کلی باید در حالت خاص هم درست باشد.

این است که در حالت کلی،  $a$  ثابت است. اما اگر دما تغییر کند،  $a$  تغییر می‌کند. این تغییر را می‌توان با تغییر  $a$  در نظر گرفت. این تغییر را می‌توان با تغییر  $a$  در نظر گرفت.

مجموع مواد  $a$  ثابت دارند. در  $T_r$  و  $P_r$  ثابت،  $Z$  ثابت است. یعنی قانون  $Z = Z(T_r, P_r, a)$  در حالت کلی باید در حالت خاص هم درست باشد.



تفسیر  $a$  تغییر شد  
 Max مقدار  $T_r$  برابر  $1 = \frac{1}{T_r} \min$   
 Max  $P_r^{sat}$  برابر است.  
 چون Max یعنی بیشتر، یعنی برای یک  $P_r^{sat}$  که  $P_r = P_r^{sat}$  است (بر فرضی بند)







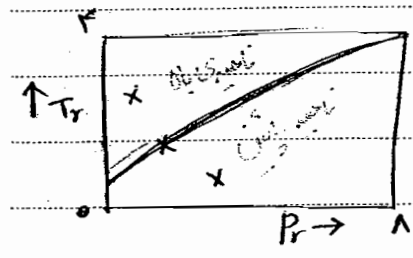
Subject:

Year. Month. Date. ( )

روش عمومی استرژ:

$\leftarrow P_r = \frac{P}{P_c} \leftarrow \omega, T_c \rightarrow P_c, T_c \leftarrow$

ضرایب B ثابت  
 معادله ای به ضرایب  $P_r$  و  $T_r$  است  
 روی خط و بالای خط ضرایب بالا  
 پایین خط ضرایب پایین



درجهای متناسب است:

بند اول (حالت اول)  $(P_r, T_r)$  حالت پیشین است:

حالت اول (حالت اول)  $(P_r, T_r)$  در محاسبات و برآورد از  $P_r$  استفاده می‌کنند:

$$Z = 1 + B'P \Rightarrow Z = 1 + \frac{BP}{RT} \Rightarrow Z = 1 + \frac{BP_c}{RT_c} \times \frac{P_r}{T_r}$$

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

$$\frac{BP_c}{RT_c} = B + \omega B' \quad \left( \frac{P_c, T_c}{\text{مقدار}} \right) Z =$$

$\Rightarrow V = \checkmark$

$B^0 = 0.084 - \frac{0.422}{T_r^{1.4}}$

حالت دوم  $T_r$  حساب می‌شود

$\frac{BP_c}{RT_c} = f_{ole}$

$B^1 = 0.149 - \frac{0.174}{T_r^{0.7}}$

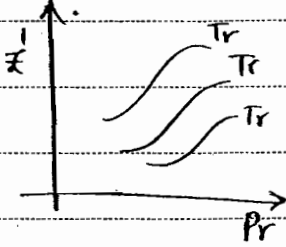
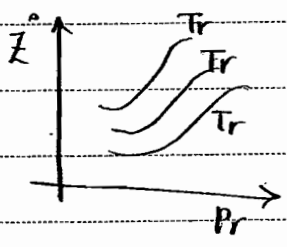
حالت اول  $T_r$  حساب می‌شود

حالت (Pr) جدولی  $(P_r, T_r)$  است

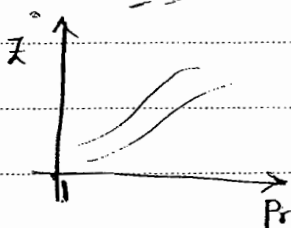
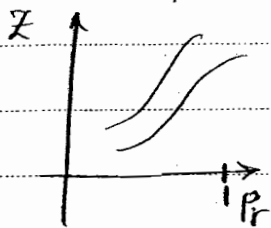
$Z = Z + \omega Z'$   
 $Z = Z(T_r, P_r)$   
 $Z' = Z'(T_r, P_r)$

Pr = 12 جدول

Pr = 14 جدول



مسئله ۱۱-۱۲ (اصول سطح) در این است (Pr, Tr) در این است (اصول سطح) در این است (اصول سطح) در این است



$$Z = \sqrt{\frac{RT_0 Z^0}{P}}$$

اگر خواص از B و B است (اصول سطح) در این است (اصول سطح) در این است (اصول سطح) در این است

$$\frac{\gamma}{\gamma_c} = \gamma_r < 1 \text{ و } \frac{\nu}{\nu_c} = \gamma_r > 1$$

در حالت بحرانی:  $\gamma_r = 1$  (اصول سطح) در این است (اصول سطح) در این است (اصول سطح) در این است

$$V = V(T, P)$$

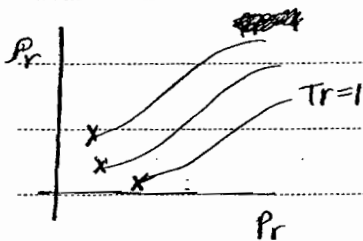
$$\frac{dV}{V} = \beta dT - kP$$

$$\ln \frac{V}{V_1} = \beta(T - T_1) - k(P - P_1)$$

$$V^{sat} = V_p = V_c \left( \frac{1 - T_r}{1 - T_r} \right)^{1/\alpha}$$

$$Z = Z(T_r, P_r)$$

$$P_r = P_r(T_r, P_r) \text{ و } P_r = \frac{P}{P_c} = \frac{\gamma_c}{\gamma}$$



در این است (اصول سطح) در این است (اصول سطح) در این است (اصول سطح) در این است

Subject:

Year. Month. Date. ( )

اصولاً اندازه گیری دانسیته ی مایعات به روش تجربی مبنی بر سازه دینامیک است. یک روش استفاده از روش توپزن است که اشکال این روش این است که این روش فقط در شرایطی قابل استفاده است و خوشبختانه در دانسیته ی مایعات مبنی بر سطح فشار و دانسیته و مستقیماً ایجاد نمی شود. یکی از روش دقیق تر می هم هست:

در شرایطی هم خصوصاً با دانسیته ی اوجم و از رابطه ی  $\rho_r = \frac{\gamma_c}{\gamma}$  با استفاده از همی نسبی  $\rho_1 \gamma_1 = \rho_2 \gamma_2 \leftarrow \rho_1 = \rho_2 \frac{\gamma_2}{\gamma_1}$  (در شرایطی که  $\rho_1$  و  $\rho_2$  از روی  $T_{r1}$  و  $T_{r2}$  (اندازه گیری دما)

دستار) و استفاده از مقیاس دانسیته می آید.  $\gamma_1$ : هم خصوصاً تجربی. چون ۲ بار خوانده می شود. خطای مقیاس از این می رود. (۴ فصل سوم المیت)

### قانون دوم تروردیاسک و

این قانون در فصل ۷، ۸ و ۹ و در المیت گسیم شده است. مثال فصل ۷  $\leftarrow$  تروردیاسک

محل جرم  $\leftarrow$  بیان کنی قانون دوم  
 مویله و حرارتی (مانند حرارتی) و در سطحی است که در سطح می بندد و در این سطح  $\leftarrow$  تروردیاسک می رود کار انجام می دهد. یعنی دستگاه سیم بسته ای است در آن سیم بسته تسلسل را طی می کند (سنگریا) و کار  $\oplus$  است.

میدان مویله و حرارتی داریم؟ می باشد.  
 مثال  $\leftarrow$  تروردیاسک بخاری:

تروردیاسک بخاری هم مثبت اصلی دارد:

۱- دین بخار: به دین بخار واقع (مویله آب) در فشار زیاد و دما کم وارد می شود. به دین بخار تبدیل می شود. جرم گرم  $(T_H)$  به دین بخار می آید. [میدان حرارتی: جرم انده ای که صرفه قدرتم آن گرمای هم بخار آن در واقع دما می گیری می کند: جرمی حرارتی] هر قدر آن گرمای گرم  $\leftarrow$  تروردیاسک آن قدر زیاد است که علاوه بر آن که آب را بخار می کند، بلکه دما را خیلی زیاد هم می کند  $\leftarrow$  خروجی از دین بخار، بخار به شدت super heat (بخار در دما و فشار زیاد) است.

۲- توپزن:

حال این بخار در دما و فشار خیلی زیاد قابلیت انجام کار دارد. ولی این کار محدود است به صورت



سلفرد سستی نباشد چون اصطکاکش خیلی زیاد است. (اصطکاک توری) پس برای کارهای توری استفاده می‌کنیم چون اصطکاک توری > > اصطکاک توری. به این توری‌ها فایبر استیپل هم می‌گویند. پس در اثر برخورد این بخار داغ به پاره‌های توری، عرضش محدود توری اتفاق می‌افتد و عرضش بخور توری به معنای انجام کار است. فرقی از توری بخار داغ در فشار کم و دمای کم می‌باشد. در توری اجزای رسیل به بخار استیپل ندارد و چون حرارت داغ به پاره‌های توری می‌خورد حالت سایل و فرسایش ایجاد می‌شود پس فرقی توری نسبت به دوری توری منتها می‌شود.

ترانسفورماتور: عرض محدود توری را در ترانسفورماتور سلفی می‌کنیم و حرارت مکانیکی در مدار انتقال می‌دهیم. جریان الکتریکی با ولتاژ بالایی است چون اگر ولتاژ بالا باشد افت R اندک خاصش می‌باشد. در محل صرف transformer می‌گذارند تا ولتاژ بالا را به ولتاژ مورد نیاز تبدیل کند. کارخانهای حاصل از توری = wet

۳- کندانسور (Condenser): به معنی مایع کننده است که این Condenser + total است یعنی هم این را مایع می‌کند هم می‌آید از کندانسور. مایع در فشار کم و دمای کم است. پس در کندانسور از مایع گرمای کم، به اندازه  $Q_c$  که این گرمای گرفته شده به یک دریاچه یا استخر خنک می‌رود.

۴- پمپ: چون می‌خواهیم مایع در فشار کم را به فشار زیاد ببریم.

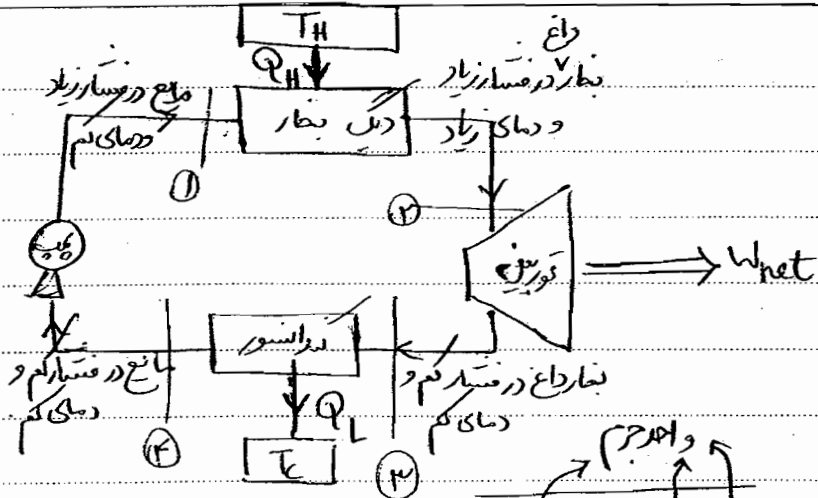
مایع توری شده را working fluid می‌گویند. (سیال عامل) سیال عامل در دریاچه بخار می‌زند SSSF طی می‌کند. بین دریاچه بخار یک هم تریل SSSF است. درست فایبر توری و کندانسور و پمپ. بین هر قسمت به تریل یک سستم باز SSSF است ولی مجموع آنها سستم بسته است.

در سستم بسته برای واحد جرم از سیال عامل در نظر بگیریم و بدون این را نیز سستم:

$$W_{net} = \oint \delta Q$$

Subject: .....

Year: ..... Month: ..... Date: ..... ( )



$$\oint \delta W = \oint \delta Q \Rightarrow |W_{net} = Q_H - Q_L|$$

ادعا: بجای اینکه از تبدیل انرژی به کار استفاده کنیم، ما می‌توانیم به کار تبدیل کنیم و برعکس.  
 درستی یا نادرستی این ادعا را با دلیل بررسی کنید.  
 بررسی تبدیل انرژی به کار با استفاده از Compressor است. در این صورت، توپین با این کار خود را صرف تأمین انرژی Compressor می‌کنند زیرا کار مصرفی به تناسب با حجم محصول خارج است. در حالی که کار مصرفی Compressor متناسب با حجم محصول کار و کار است و حجم محصول کار خیلی کمتر از خارج است. پس Compressor تمام کار توپین را مصرف می‌کند. این نیروگاه مستقیم است. بخار است که در مقابل نیروگاه ای کار می‌کند. مستقیم است. چون سوخت‌ها مستقیم (ذغال سنگ، نفت، گاز و...) است.

$$\eta = \frac{\text{انرژی مطلوب}}{\text{انرژی مصرف شده}} \quad \text{و با دقت بیشتر در حالتی}$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{W_{net}}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H}$$

انرژی مصرف شده در نیروگاه:  $Q_H$  ، انرژی مطلوب در نیروگاه:  $W_{net}$

$\eta = 0$  :  $Q_H = Q_L \leftarrow W_{net} = 0 \leftarrow \eta = 0$  : نیروگاه در حال کار کردن است ولی خروجی ندارد.  
 $\eta = 1$  :  $Q_L = 0 \leftarrow W_{net} = Q_H \leftarrow \eta = 1$  : دستگاه با یک منبع تبادل حرارت تبدیل انرژی کرده و تمام درجه آزادی را تبدیل می‌کند.

که البته  $\eta = 1$  بر عمل است زیرا نمی توان ساخت

نی توان سیم بسته ای داشت که سطح  $Q$  و  $W$  مسابری نشوند  
نی توان موتور حرارتی با رانندگی آن ساخته است : یک انرژی بزرگ : میان سیمی جابجایی (در یک پیرامون طولانی)  
نی توان سیم بسته ای داشت و سطح  $Q$  نیز و در این سطح فقط باید منبع حرما کار کند و تمام حرما را  
بر کار تبدیل کند :

میان سیمی قانون دوم به بیان کارایی :  
مقدار :  $\eta$  : فعالیت حرارتی :

حرما هیچ گاه خود از جسم سرد به جسم گرم نمی رود و برای انتقال آن از جسم سرد به جسم گرم باید  
کار انجام دهیم

بعضی دستگاهی است که سطح  $Q$  می کند و در سطح این سطح کار می شود و گرمای دهد  
و گرمای از جسم سرد به جسم گرم منتقل می کند (کار  $Q$  و  $Q_2$ )  
اجزای  $\eta$  : (همچنین  $\eta$  عکس می شود است) [سایه که در  $\eta$  حرکت می کند = سیال مبرد]

۱- اوپراتور : عکس نداشتن است و مانع در دست آمدن و ضعیف تر از منبع باهای کم ( $T_L$ ) به  
آن گرمای  $Q_2$  در آن و با جاری شدن ( $T_H$  : فضای داخل  $\eta$ ) است. مانع ورودی (سیال مبرد) نسبت به  $T_L$   
در دمای خیلی پائین یک کار دارد. پس در این جا انتقال  $Q_2$  خود به خود نیست. خروجی اوپراتور بخار در فشار کم  
و دمای کم است.

۲- کمپرسور : به کمپرسور  $W_{net}$  می دهد  $W_{net} = Q_2$  کار مخرجی کمپرسور است به  $Q_2$  منظور به قسمتی خیلی زیاد  
است و دما و فشار را بالا می برد. (کمپرسور ادیاباتی است) خروجی کمپرسور بخار دمای بالا  
و فشار بالاست. منظور از کمپرسور  $Q_2$  موتور  $\eta$  است

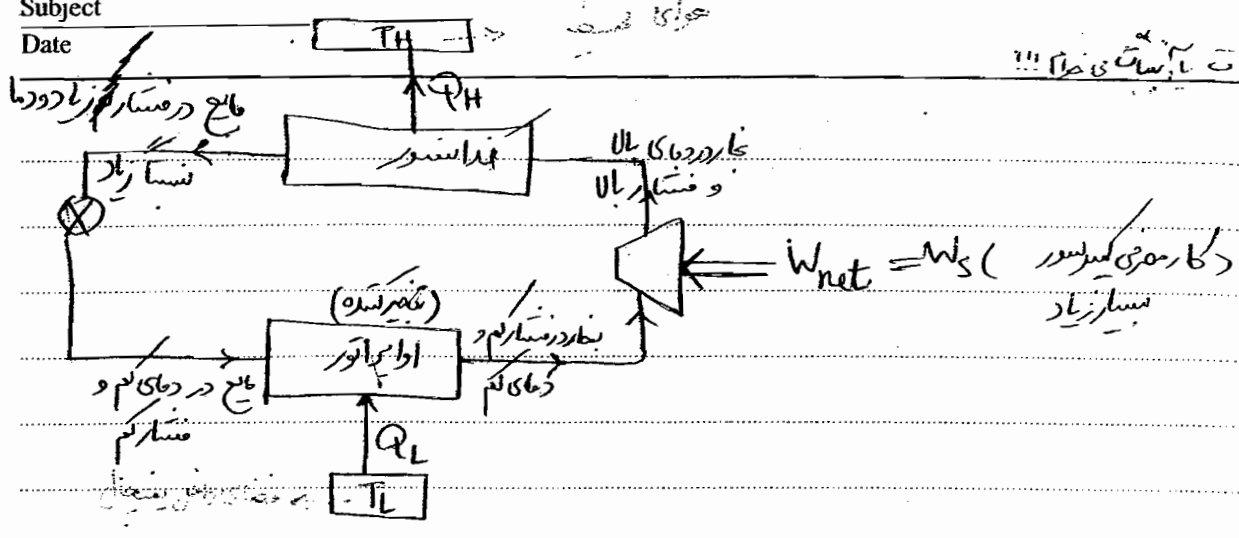
۳- نداشتن : نداشتن  $\eta$  فعالیت مانع کار است. در نتیجه منبع گرمای آن کار کرده می شود. (خود بخود)  
خروجی نداشتن مانع در فشار بالا و دمای پائین بالاتر از دمای درونی است

Subject

Date

هوای خنک

تاریخ: ...



۴- مشور استناد: این سبب شرح کلی ایاتی از اعداد دما و فشار هر دو بدست نمی آید چون خودی: فشار زیاد دما  $W_{net} = W_s$  چینی نم

میتونه  
مسئله ۴-۲ است (کار لازم برای برآورد این دو در سیل ۱ مول بر دمای از ۱ atm به ۱۴ atm در  $19.0^\circ C$  مقدار است؟)

حل: در صورت سوال دانهی کمپون در این مورد  $W = \int p dv$  است و هم رابطنه سیل در این قسم  
در این سوال مقصود از کمپون در سیل  $W = \int p dv$  است

$$W = \int_{v_1}^{v_2} p dv$$

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

$$\int_{v_1}^{v_2} \left( \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v^2} \right) dv = RT \ln \frac{v_2-b}{v_1-b} + \left( \frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1} \right) a$$

این مسئله را با فرض صدق در این حالت حل می کنیم

$$a = \frac{pvRT_c^2}{4fP_c}, \quad b = \frac{RT_c}{1P_c}$$

(W.B. Sproule)  $T_c = 344.15 K, P_c = 41.9 atm$

$$\Rightarrow a = \frac{pv(171.0)(344.15)^2}{44(41.9)^2} = 9279094.2 \frac{cm^4 \cdot atm}{(Jmol)^2}$$

$$b = \frac{(171.0)(344.15)}{1(41.9)} = 97.42 \frac{cm^3}{Jmol}$$



$$v_1 \text{ (cm}^3\text{)} = \frac{17.05 \times 4.4}{v - 9.05} = \frac{48299.8}{v^2} \Rightarrow -1 + \frac{17919.15}{v - 9.05} = \frac{9299.8}{v^2}$$

$$v = \frac{RT}{P} = \frac{17.05 \times (19.0 + 17.7/10)}{1}$$

روش اول (جدول) جدول اول جدول بارز (دقیق تر)

v	l	R
1799.0	$1.44 \times 10^{-3}$	$1.44 \times 10^{-3}$
...	...	...
1783.5		
1783.5	$1.0 \times 10^{-3}$	$1.0 \times 10^{-3}$

$$v_1 = 1783.5 \text{ cm}^3/\text{gmol}$$

$$\Delta F = \frac{17919.15}{v - 9.05} - \frac{9299.8}{v^2}$$

جدول  $v_1$  (از جدول)

$$v_1 = 1772 \text{ cm}^3/\text{gmol} \text{ (از جدول)}$$

$$W = -148.9 \text{ cm}^3 \cdot \text{atm} / \text{gmol} \xrightarrow{\text{تبدیل واحد}} W = -14.89 \text{ ft} \cdot \text{lbf} / \text{lbmol}$$

$$W = -14.89 \text{ ft} \cdot \text{lbf} / \text{lbmol} \xrightarrow{\text{تبدیل واحد}} W = -17.3 \text{ Btu} / \text{lbmol}$$

روش دوم (انتگرال)  $(W = \int p dv)$  در این روش باید از جدول اول استفاده کرد.

$$\text{I) } Z = 1 + B'P + C'P^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} \times P \rightarrow \text{تقریب اول} \\ \times \frac{P}{RT} \rightarrow \text{تقریب دوم} \end{array} \right.$$

$$\text{II) } Z = 1 + \frac{B}{v} + \frac{C}{v^2} \quad \left\{ \begin{array}{l} \times \frac{P}{RT} \rightarrow p = \frac{RT}{v} + \frac{BRT}{v^2} + \frac{CRT}{v^3} \end{array} \right.$$

جدول اول و دوم را با هم مقایسه کنید (جدول II) و با جدول اول مقایسه کنید.

Subject

Date

در جدول کار انتگرالی کنیم

اما اگر این کار به طور صریح انجام بشه برعکس عمل می کنیم یعنی  $dv$  را بر حسب  $P$  بدست می آوریم

$W = \int_{P_1}^{P_2} P dv$  به طوری  $dv = f(P) dp$  مثل  $\pm$

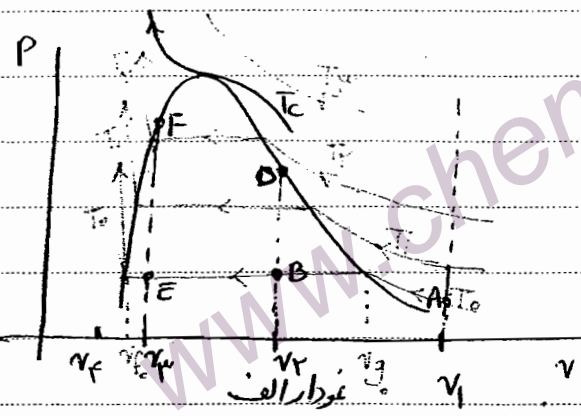
$Z = 1 + B'P + C'P^2 \Rightarrow v = \frac{RT}{P} + B'RT + C'RT^2P$

$\frac{dv}{dp} = \frac{-RT}{P^2} + C'RT \Rightarrow dv = (\frac{-RT}{P^2} + C'RT) dp$

$W = \int_{P_1}^{P_2} P (\frac{-RT}{P^2} + C'RT) dp$

در مسائلی که می توانم تابع  $v$  دانستن کمترین برآیند از دو طرف  $(k = \frac{1}{v} (\frac{\partial v}{\partial P})_T)$  را در  $dv$  را بر حسب  $P$  بدست آوریم

$k = \frac{1}{v} (\frac{\partial v}{\partial P})_T$



$P-v-T$  منحنی  
اگر طرفی صلب به حجم  $v_1$  داشته باشیم و دمای  
خطی تا  $T_0$  باشد (طرف غیر عادی است)  
اگر با طرف  $v_1$  از طریق برآیند نمودار  $P-v-T$   
آن به سمت روبرو حرکت کنیم شکل حاصل تابع  $v$  خواهد شد؟

بنظر می آید در نموداری رسم چون ایندکس زمان به  $v_1$  و  $v_2$  (دایره) خواهد رسید  $\Leftarrow$  کار super heat  
! این از رسیدن به نقطه A طرف را شروع به گرم کردن کنیم (من مرتباً به خط های ایزوهای بسته برسم)

روی همان خط قائم حرکت خواهد کرد چون  $v_1$  ثابت و  $T$  در حال افزایش است  $\Leftarrow$  مستقیم  
افزایش است

! اما با رسم نمودار  $P-T$  تغییرات مستقیم و حساب در تمام اینت یا زیاد است (یعنی شب آن به هم صورت  
است؟)  $\Leftarrow$  نمودار super heat در  $P-T$  شب متوسطی دارد!

مطر از  $v_1$

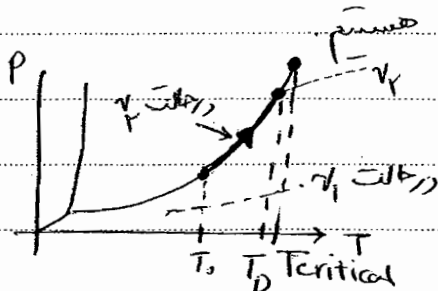
! حال طرف صلب دیگری به حجم  $v_2$  (در نمودار الف) داریم که در آن  $1 \text{ kg}$  مایع در حجمی بالای  $T_0$  داریم که مایع در حالت نقطه اشباع (مایع و بخار اشباع) قرار دارد.

$$v_2 = (1-x)v_f + xv_g$$



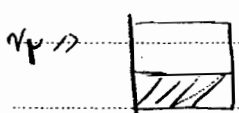
! کیفیت چیست؟

! با رسیدن به نقطه B به طرف گرمای هم (به محض بلای مستحکم) در فشار و دما و تغییرات در حالت تبدیل به حالتی دیگر می شود. در این حالت مایع و بخار اشباع در آن

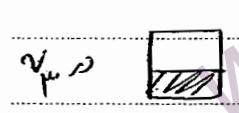


حالت در نمودار P-T در حال حرکت بر روی منحنی تغییر کیفیت  $v_2$  حل می شود. تغییر حرکت می کنیم؟ بجای که در نمودار الف خط قائم از نقطه  $v_2$  منحنی تبدیل شکل بر قطع کند. (در نقطه D) برسم و سپس از برخورد به منحنی تبدیل شکل به سمت Super heat می رود و به حرکت خود با نسبت متوسط (نسبت گرمای نسبت به جرم تبخیر) ادامه می دهد.

! حال طرف صلب دیگری با حجم  $v_2 > v_g$  داریم (در نمودار الف) و همان شرایط اولیه ای که در نمودار الف در باره شروع به گرم کردن می کنیم. در این حالت فصل مشترک در حال باز شدن است.



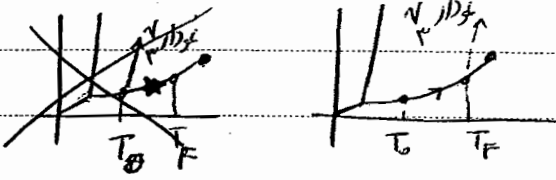
$v_2 > v_g$  با در آن در فصل مشترک باقی می ماند و بالا می رود. در طرف  $v_2$  اثرات دما علیه تبدیل کرده در حالت تغییر علیه کرده و بالا رفته.



$v_2 > v_g$  با در آن در فصل مشترک بالای  $v_g$  و  $x$  باقی می ماند.

در طرف  $v_2$  در حالت تراکم روی داده و کم شده است. (اثرات فشار بر اثرات دما علیه کرده است) ! در نمودار P-T روی منحنی تغییر  $v_2$  در حالت تبدیل حرکت می کنیم یا به نقطه F برسم و سپس  $v_2$  نسبت زیاد وارد مایع متراکم می شود.

$v_2 < v_g$   $\Rightarrow$  با کاهش می ماند  $\Rightarrow$  این از مایع نمودار به مایع متراکم می رود.  
 $v_2 = v_g$   $\Rightarrow$  روی منحنی تراکم به نقطه بحرانی می رود.  
 $v_2 > v_g$   $\Rightarrow$



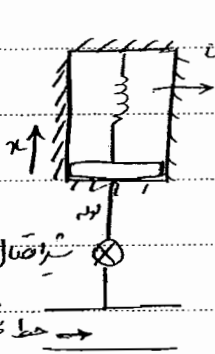
اگر  $\nu_r < \nu_c$  باشد دگر 1 kg باغ در طرف چپ می شود و این زمان با فشارده کنیم یعنی فشار را افزایش

دهیم! اگر  $\nu_r > \nu_c$  باشد دگر استون آنرا فشار چپ را زیاد می شود

اگر به طرف صلب باغ و کار استیج گرافیک هم: یعنی عمل است با توجه به  $\nu$  افزایش باید یا کاهش باید ولی  $P > T$  هوای زیاد می شود

استاندارد USUF:

1) به وقت به شکل زیر نگاه کنید:



مقرن عملی است عرضی است و در ابتدا آزاد است و خط کار

درای فشار 8 MPa و درای 250 C می باشد

شیر را باز می کنیم و موقعی که فشار زیر پیستون به 8 MPa و شیر را می بندیم

در این لحظه دای داخل ظرف در زیر پیستون را فکس کنیم

حل: حجم کنترل = زیر پیستون که درای هم شهری است پس اگر هم دارد

ولی به شرط USUF را دارد

$$Q_{cv} + \sum m_i h_i = W_{cv} + \sum m_e h_e + m_r u_r - m_i u_i$$

$$0 + m_i h_i = \frac{1}{\gamma} k x^2 + 0 + m_r u_r - 0 \Rightarrow$$

$$(*) m_i h_i = \frac{1}{\gamma} k x^2 + m_r u_r \quad ; \quad P_r = 8 \text{ MPa} = 8000 \text{ kPa} \quad ; \quad T_r = P_r$$

برای است ادور  $kx$  باید از موازنه نیرو در جهت های استا کنیم:

$$\frac{kx}{A} = 8000 \text{ kPa} \Rightarrow kx = 8000 A \Rightarrow \frac{1}{\gamma} k x^2 = 800 A x$$

$$\begin{aligned} (*) \Rightarrow m_i h_i &= 8000 A x_i + m_r u_r \\ Ax &= \sqrt{r} \end{aligned} \Rightarrow \left. \begin{aligned} m_i h_i &= 8000 \sqrt{r} + m_r u_r \\ \sqrt{r} &= m_r \sqrt{r} \\ m_i &= m_r \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} h_i &= 8000 \sqrt{r} + u_r \\ (در) h_i &= 1900 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{aligned} \Rightarrow \left. \begin{aligned} 8000 \sqrt{r} + u_r &= 1900 \\ P_r &= 8000 \text{ kPa} \end{aligned} \right\} \xrightarrow{\text{حل درجه 2}}$$



در این سوال عرض اولی برای ما: چون کار ورودی داریم پس ما هم از ۲۵۰ سیر است، در جدول های جدولی (میان ۲۵۰) است ۳۰۰ است پس عرض اولی را ۳۰۰ در نظر می گیریم

$$T = 300^\circ\text{C} \Rightarrow 400 \gamma_r + u_p = 400 \times 0.12241 + 27.97 \times 2 = 292.418$$

$$T = 250^\circ\text{C} \Rightarrow 400 \gamma_r + u_p = 400 \times 0.12544 + 28.87 \times 2 = 301.94$$

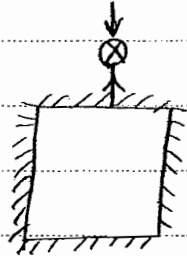
خطی فرض می کنیم یعنی:

$$\frac{301.94 - 292.418}{250 - 300} = \frac{2950 - 292.418}{T - 300} \Rightarrow T = 12.44 + 300 = 312.44^\circ\text{C}$$

۱۸۴۲۴

(در این جا ۵ از کار هم بالا برود پس چون صرف هر دو را نزنیم)

- ۱) با توجه به شکل و بسطی که می آید است
- ۲) در در حالت اولی زیاد است



۲) در یک محول غالی به کار استعاج آب در فشار ۳ Mpa داریم (مطابق شکل زیر) و حجم طرف ۲ m<sup>3</sup> است. ما هم با بازی کنیم تا فشار درون این محول ۰.۸ Mpa برسد. آیا در آن طرف طاقی جمع می شود یا خیر؟ اگر جواب مثبت است مقدار کار همی از طرف چه است؟

حل: به فشار و دما با هم برآید و توجه شود. وقتی سیر را در این سوال بازی کنیم، دما و فشار هر دو هم می شود. اگر کاهش دما غلبه پیدا کند، مائع جمع می شود. اگر کاهش فشار غلبه پیدا کند، کار سوختگی شکل می شود. (در حل این سوال از جدول USOF و P<sub>۱</sub> داده شده استفاده می کنیم)

$$P_1 = 0.8 \text{ Mpa}$$

تابلو اول

تابلو USOF مورد استفاده برای برش کردن بود ولی خطی شدن قرن. خط شرط اولی و سیر را به طور از جدول D و باید اثبات کنیم که سیر را دارد یا خیر؟

$$P_1 = 0.8 \text{ Mpa} \quad T = 233.9^\circ\text{C} \rightarrow h_g = 2854.2 \text{ kJ/kg}$$

مائع در آن طرف جمع می شود و کار خارج می شود. ← کار استعاج در فشار ۰.۸ Mpa خارج می شود

فرض ما) مائع در آن طرف جمع می شود و کار استعاج در فشار ۰.۸ Mpa خارج می شود.

$$P_2 = 0.8 \text{ Mpa} \quad T = 170.4^\circ\text{C} \rightarrow h_g = 2749.1 \text{ kJ/kg}$$

Subject

Date

با توجه به این تغییرات چ می توان  $h_e$  را به صورت متوسط این فرمول کرد

$$h_e = \frac{2749/1 + 21.57}{2} = 2789/42 \text{ kJ/kg}$$

USOF)

$$Q_{c.v} + \sum m_i h_i = Q_{c.v} + \sum m_e h_e + m_r u_r - m_1 u_1 \Rightarrow$$

$$m_e h_e + m_r u_r - m_1 u_1 = 0 \Rightarrow m_e = (m_1 - m_r)$$

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= 0.4441 \text{ m}^3/\text{kg} \\ u_1 &= 240 \text{ kJ/kg} \\ m_1 &= \frac{V}{v_1} = 22.5199 \text{ kg} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$h_e (m_1 - m_r) + m_r u_r - m_1 u_1 = 0 \xrightarrow{(*)} 2789.42 (22.5199 - m_r) + m_r u_r = 22.5199 (240 - u_r)$$

$$\left. \begin{aligned} P_r &= 1 \text{ bar} \\ u_{Fr} &= 270.22 \text{ kJ/kg} \\ u_{gr} &= 22.741 \text{ kJ/kg} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} v_{Fr} &= 0.01112 \text{ m}^3/\text{kg} \\ v_{gr} &= 0.1209 \text{ m}^3/\text{kg} \end{aligned} \Rightarrow \begin{aligned} v &= x v_{Fr} + v_{gr} \\ u &= x u_{Fr} + u_{gr} \end{aligned} \quad , \quad m_r = \frac{V}{v_r}$$

$$(x v_{Fr} + v_{gr}) \cdot x r = 0.1209 \quad \leftarrow \text{با توجه به (*)} \leftarrow$$

$$x r = 0.1177 \quad , \quad m_r = 1.9117 \quad , \quad m_e = 20.6082$$