

۱۳۹۴ / ۲ / ۷

تاریخ امتحان میان ترم ترمودینامیک ۲ دوشنبه

ساعت ۸-۱۰ صبح

نام و نام خانوادگی: قانون دوم ترمودینامیک
 $\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0$ سیستم بسته و سیل

مسار صفر برای سیستم بسته و سیل، در سیل می باشد

نسبت آنتروپی با قانون دوم مثل نسبت انرژی است. قانون اول $ds = \left(\frac{\delta Q}{T}\right)_{rev}$ سیستم بسته و تحول در سیل

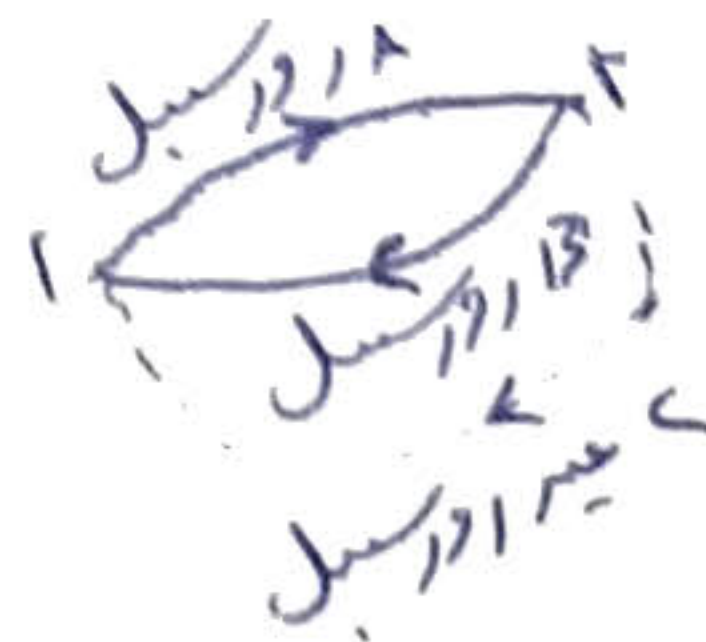


$$\delta Q_{rev} = T ds$$

تحول آدیاباتیک در سیل یک تحول آنتروپی ثابت می باشد اما آنتروپی

ثابت لزوماً آدیاباتیک در سیل نیست

$\frac{\delta Q}{T} \geq ds$ سیستم بسته، تحول



$ds > \frac{\delta Q}{T}$ سیستم بسته، تحول غیر در سیل

بدست آوردن محتملترین رابطه ترمودینامیکی

قانون اول برای سیستم بسته را می نویسیم $du = \delta Q - \delta W$

$$\delta w_{rev} = p dv$$

تعریف کار

$$\delta Q_{rev} = T ds$$

قانون دوم

$$du = T ds - p dv$$

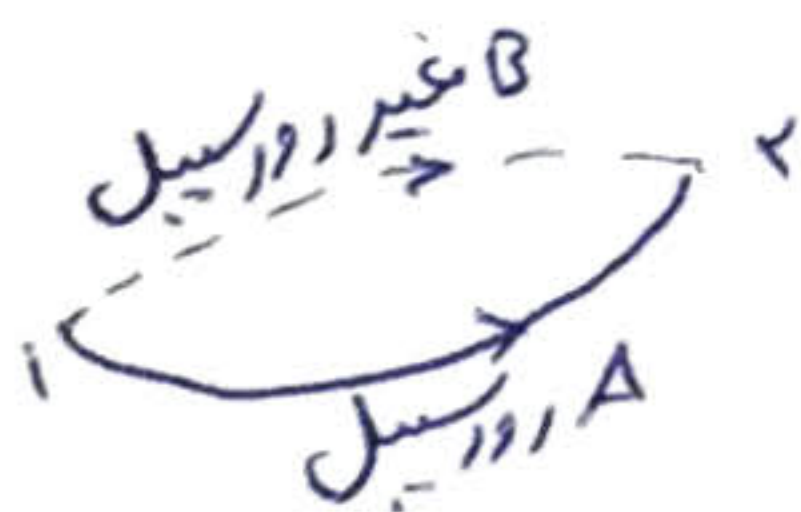
رابطه‌ی اصلی ترمودینامیک

در این رابطه همه چیز خواص سیستم است و به تحول بستگی ندارد و

هم می‌تواند رورسیبل و هم غیر رورسیبل باشد

Q و w رورسیبل یا احتمالی؟ دست می‌آید

$$\Delta u = ?$$



$$\Delta u = Q_B - w_B$$

$$\Delta u = Q_A - w_A$$

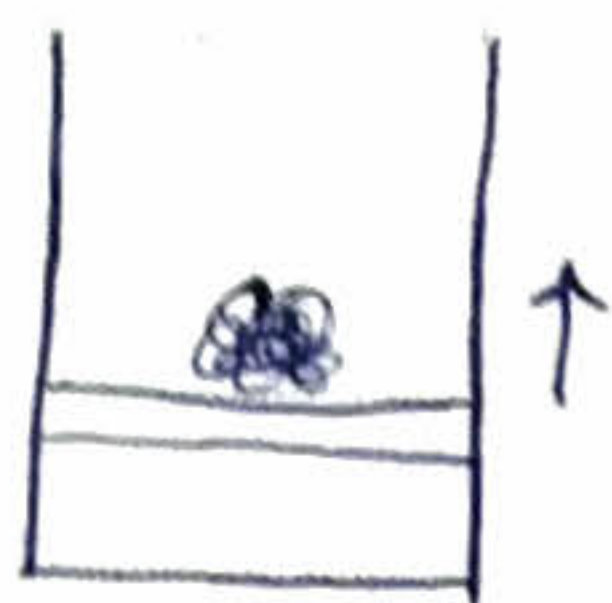
★ تفاضل این‌ها مستقل از مسیر است اما تک‌تک آن‌ها مستقل از مسیر نمی‌باشد

★ du یک دیفرانسیل کامل است که انتگرال آن شده Δu

★ رابطه‌ی اصلی ترمودینامیک از این جهت مهم است که جاگذاری قانون

دوم در قانون اول است (ترکیب قانون اول و دوم)

★ تحول رورسیبل؟ دقت حیاتی است



ذره ذره
برای داریم

$$\delta w_{rev} = p dV$$

اگر همگی آن را برداریم کاری می توانستیم بگیریم را از دست داده ایم و
هرچه تعداد قسمت ها بیشتر شود مقدار کار از دست رفته کمتر و مقدار کار به
دست آمده بیشتر می شود پس داریم:

$$\delta w_{rev} = p dV = \delta w + \delta \text{lost work}$$

کار واقعی

این رابطه هم برای تراکم و هم برای انبساط صادق است

	کار از دست رفته	غیر در سبیل	در سبیل
کار مثبت	+۵	+۹	+۱۵
کار منفی	+۷	-۲۷	-۲۰

مثال:

چون در سبیل خیالی است پس قدر مطلق غیر در سبیل باید بیشتر از قدر مطلق
در سبیل باشد

کار از دست رفته همیشه مثبت است

در سبیل بیشتر کاری دهد و کمتر کاری گیرد (قدر مطلق بحث کرده)

کار، در سبیل همیشه Max است (با علالت بحث کرده)

$$du = Tds - \delta w - \delta \text{lost work}$$

$$Tds = \underbrace{du + \delta w}_{\delta Q} + \delta \text{lost work}$$

$$Tds = \delta Q + \delta \text{lost work}$$

$$ds = \frac{\delta Q + \delta \text{lost work}}{T} \quad \xrightarrow[\delta \text{lost work} > 0]{\text{چرا دقت بزرگتر است؟}} \quad ds \geq \frac{\delta Q}{T}$$

برای تحول در سبیل چون lost work صفر است پس $ds = \frac{\delta Q}{T}$ می باشد

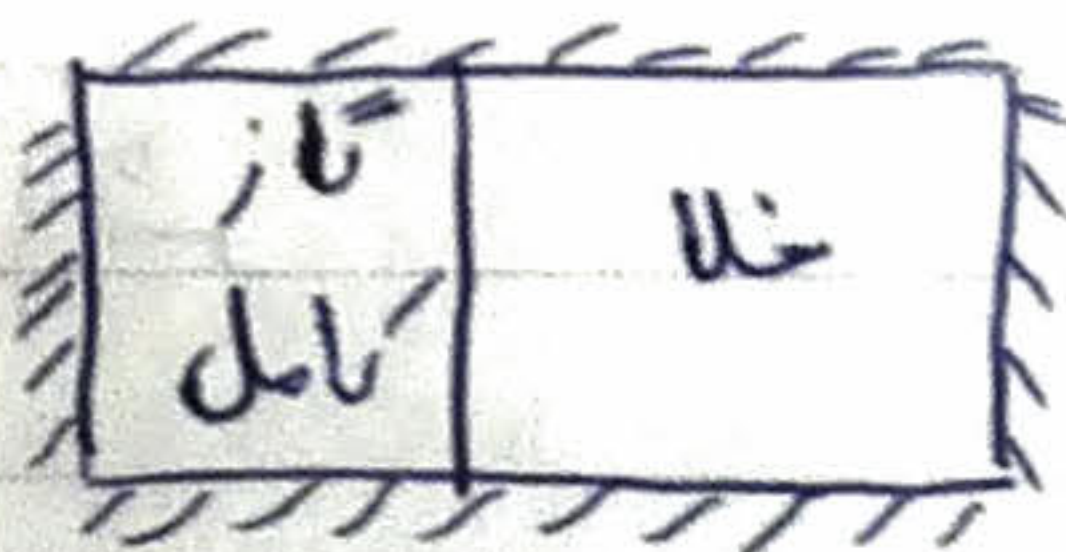
سیستم بسته

$$ds > 0 \rightarrow \Delta S > 0$$

حالت اول

یا باید سیستم بسته گرما دهیم یا اینکه lost work داشته باشیم

و این تولید بازگشت پذیری می تواند مثل انبساط آزاد



$$Q - W = \Delta U = 0 \Rightarrow T_r = T_i$$

$$\Delta H = 0, \Delta(PV) = 0$$

اگر گاز واقعی باشد $\Delta U = 0$ اما $T_r \neq T_i$, $\Delta H \neq 0$, $\Delta(PV) \neq 0$

$$\Delta S = -R \ln \frac{P_2}{P_1} > 0$$

برای گاز کامل:

تحول ایزتال آزادی به شدت برگشتناپذیر است

$$\Delta S < 0 \rightarrow \Delta S < 0 \text{ حالت دوم}$$

چون lost work همیشه مثبت است پس با بداز سیستم بسته گرما

نگیریم

$$\Delta S = 0 \rightarrow \Delta S = 0 \text{ حالت سوم}$$

درمصادق دارد: ۱- تحول آدیباتیک در سیل با شد

۲- تحول غیر آدیباتیک و غیر در سیل $\Delta Q = \Delta \text{lost work}$

آنژی برای جامدات و مایعات 1

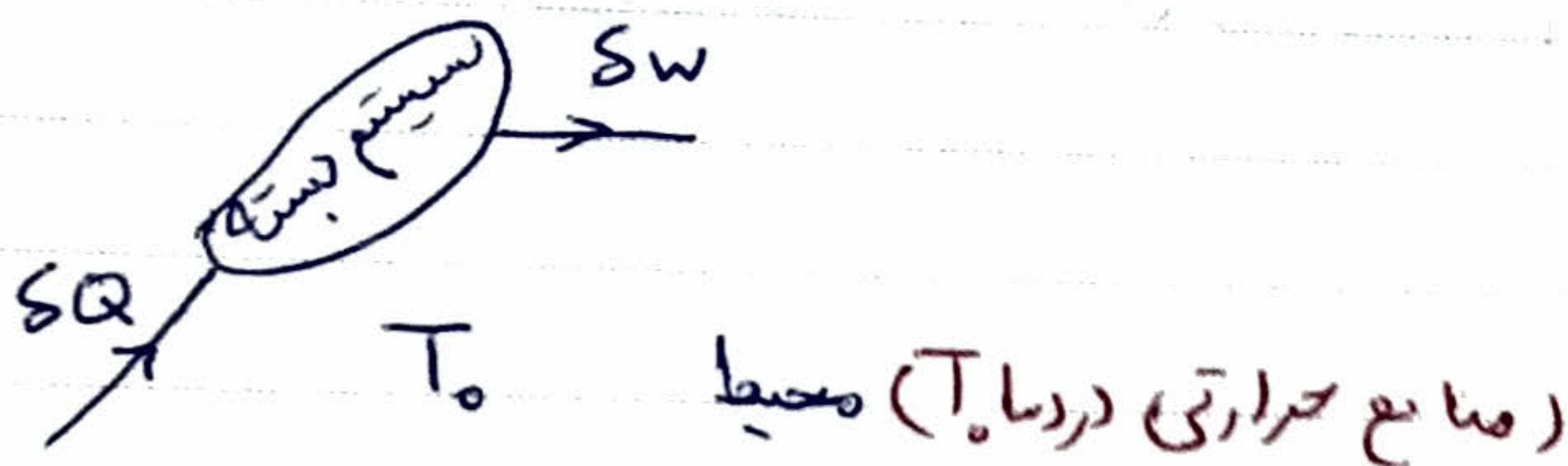
$$\left\{ \begin{array}{l} c_p \approx c_v \approx c \\ \delta \text{ lost work} \approx 0 \end{array} \right. \Rightarrow ds = \frac{\delta Q}{T} \quad , \quad \delta Q = mcdT$$

$$ds = \frac{mcdT}{T} \Rightarrow \Delta S = (mc) \ln \frac{T_2}{T_1}$$

جامدات و مایعات سیستم های بازگشت پذیر داخلی هستند اما در مَرزشان

می تواند بازگشت ناپذیری رخ دهد

اصل افزایش آنژی:



$$dS_{\text{سیستم بسته}} \geq \frac{\delta Q}{T}$$

منابع حرارتی که در اینجا هوادر نظر گرفته شده در داخل آن بازگشت ناپذیر

رخ نمی دهد اما در سیستم بسته در بازگشت ناپذیری داریم، بازگشت

ناپذیری مکانیکی در داخل و بازگشت ناپذیری حرارتی در مَرز سیستم اتفاق

$$ds_{\text{محیط}} = \frac{-\delta Q}{T_0}$$

$$ds_{\text{net}} = ds_{\text{سیستم بسته}} + ds_{\text{محیط}} \geq \delta Q \left(\frac{1}{T} + \frac{1}{T_0} \right)$$

$$ds_{\text{net}} \geq \frac{\delta Q (T_0 - T)}{TT_0} \Rightarrow ds_{\text{net}} \geq 0$$

$$\text{if } T_0 > T \longrightarrow \delta Q > 0$$

$$\text{if } T_0 < T \longrightarrow \delta Q < 0$$

$$\text{if } T_0 = T \longrightarrow ds_{\text{net}} = 0$$

$$\Delta S^{\text{tot}} = \Delta S_{\text{net}} = \Delta S_{\text{سیستم بسته}} + \Delta S_{\text{محیط}} \geq 0$$

ΔS^{tot} وقتی صفر است که بازگشت ناپذیری نداشته باشد (هر نوع بازگشت

ناپذیری) (همه نوع بازگشت پذیری داشته باشد)

امکان وقوع تحولی که در آن $ds < 0$ باشد امکان وقوع چنین تحولی

وجود دارد یعنی در این صورت قانون دوم ترمودینامیک نقض می شود

قانون اول نسبت به جهت انجام تحول ها ساکن است یعنی تحول ها

یک طرفه انجام می شود برای رفع این نقص قانون دوم ترمودینامیک
 تعریف شده تا جهت انجام تحول هارا پیش بینی می کند بدین صورت که
 تحولی می تواند انجام شود که $dS > 0$ و اگر $dS < 0$ با شد امکان وقوع تحول
 وجود دارد

سری اول تمرینات ترمودینامیک ۲

فصل هفتم و ن داین

تدیس: ۶۸ - ۷۰ - ۸۹

جدید: ۸۳ - ۸۶ - ۱۰۷

فصل هشتم و ن داین

تدیس: ۳۱

جدید: ۳۵

مثال: مساله جسم گرم جامد یا مایع در داخل هوای آزاد

$$\Delta S_{\text{سیستم بسته}} = m c \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Delta S_{\text{هوا}} = \frac{Q}{T_0}$$

رابطه‌ی اصلی ترمودینامیک ① $du = Tds - pdv$

$$H = u + pv$$

$$dH = du + pdv + vdp$$

یکی از رابطه‌های که از رابطه‌ی اصلی ترمودینامیک برکت
 می‌آید $dH = Tds + vdp$ ②

مساله: محاسبه تغییرات آنتروپی یک گاز کامل در یک تغییر حالت کلی

الف) با استفاده از رابطه‌ی ۱

$$(P_1, V_1, T_1) \xrightarrow{\text{گاز کامل}} (P_2, V_2, T_2)$$

$$P_1 V_1 = RT_1$$

$$P_2 V_2 = RT_2$$

$$du = Tds - pdv$$

$$Tds = du + pdv$$

$$ds = \frac{du}{T} + \frac{P}{T} dv$$

$$\text{گاز کامل} \left\{ \begin{array}{l} du = C_v dT \quad \text{منظور فشار، } atm \rightarrow \\ \frac{P}{T} = \frac{R}{V} \end{array} \right.$$

$$\frac{P}{T} = \frac{R}{V}$$

$$ds = \frac{C_v^\circ dT}{T} + \frac{R}{V} dV$$

$$\left(\frac{ds}{dT}\right)_V = \frac{C_v^\circ}{T}, \quad \left(\frac{ds}{dV}\right)_T = \frac{R}{V}$$

مطلوبه

$$S = S(T, V) \quad \text{یا} \quad S = S(T, P)$$

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_v^\circ dT}{T} + R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$C_p^\circ - C_v^\circ = R \Rightarrow C_v^\circ = C_p^\circ - R$$

$$C_p^\circ = A + BT + CT^2 + DT^{-2}$$

A, B, C, D تابع دما هستند

$$C_v^\circ = \text{cte}$$

$$\gamma = \frac{C_p^\circ}{C_v^\circ} = \text{cte}$$

حالت خاص:

$$C_p^\circ = \text{cte}$$

$$C_v^\circ = \frac{R}{\gamma - 1}, \quad C_p^\circ = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}$$

$$\Delta S = C_v^\circ \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1}$$

حالت خاص تر: تحول آدیاباتیکی و ریبیل

$$\Delta S = 0 \Rightarrow \ln \frac{T_2}{T_1} = - \frac{R}{C_v^\circ} \ln \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{R/C_v^\circ} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma - 1}$$

ب) استفاده از رابطه ۲

$$dH = Tds + Vdp$$

$$Tds = dH - Vdp$$

$$ds = \frac{dH}{T} - \frac{V}{T} dp$$

$$ds; V = \int \frac{dH, C_p dT}{\frac{V}{T} = \frac{R}{P}} \quad \text{همیشه}$$

$$ds = \frac{C_p dT}{T} - \frac{R}{P} dp$$

$$ds; V \left(\frac{\partial s}{\partial T} \right)_P = \frac{C_p}{T}$$

همیشه مثبت است

آن تروپی همیشه تابع صعودی دماست

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

$$\left(\frac{\partial s}{\partial P} \right)_T = - \frac{R}{P}$$

برای گاز کامل همیشه منفی است

$$\left(\frac{\partial H}{\partial P} \right)_T = 0$$

آن تالیی تابع فشار نیست

$$\Delta s = \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p dT}{T} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^{-2}$$

حالت عام،

$$C_p = cte, \quad C_v = cte, \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v} = cte = k$$

حالت خاص:

$$\Delta S = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

حالت خاص تر: تحول آدیا با تیک دور رسیده

$$dS = 0 \rightarrow \Delta S = 0 \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{R}{C_p}} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$C_p \neq cte \rightarrow \Delta S = ?$$

حالت کلی:

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p dT}{T} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

راه اول:

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^{-2}$$

جاگذاری و انتگرال گیری

راه دوم: یک دمای مرجع انتخاب می کنیم (T_0)

$$\Delta S = \int_{T_0}^T \frac{C_p dT}{T} = S_T^0$$

با استفاده از این رابطه جدول آنتروپی تنظیم شده است

$$\Delta S = S_{T_2}^0 - S_{T_1}^0 - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

این رابطه خیلی ساده تر است

سری دوم تمرینات ترمودینامیک ۲

فصل هشتم و نهم را بین:

قدیم: ۴ - ۵۱ - ۵۴ - ۷۶

جدید: ۴۵ - ۵۶ - ۵۴ - ۶۸

مسئله ۱: یک گاز کامل با گرمای ویژه متغیر یک تحول آدیاباتیک در سیل راطی می کند تا از حالت اولیه (T_1, P_1) به فشار ثانویه P_2 برسد مطلوب استمحاسبه T_2 (در توربین های گازی با این مساله مواجه می شویم)

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

حالت خاص:

$$c_p \neq cte$$

حالت کلی:

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} c_p \frac{dT}{T} - R \ln \frac{P_2}{P_1} = 0$$

راه اول:

$$R \ln \frac{P_2}{P_1} = \int_{T_1}^{T_2} c_p \frac{dT}{T}$$

پیدا کردن c_p و جایگذاری و انتگرال گیری و بعد حذف و خطا و محاسبه T_2

$$\Delta S = S_{T_2}^{\circ} - S_{T_1}^{\circ} - R \ln \frac{P_2}{P_1} = 0$$

راه دوم:

$$S_{T_2}^{\circ} - S_{T_1}^{\circ} = R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

این راه بسیار ساده تر است

$$R = 8.314 \frac{\text{kJ}}{\text{kg mol} \cdot ^\circ\text{K}}$$

$$R = 0.287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}}$$

راه سوم: برای حل این مساله برای هوا از راه سوم استفاده می کنیم که

از راه دوم هم ساده تر است

فشار مرجع P_0 و دما مرجع T_0

$(T_0, P_0) \xrightarrow{\text{آدیا باتیک و ایزوپیل}} (T, P)$

$$\Delta S = S_T^{\circ} - S_{T_0}^{\circ} - R \ln \frac{P}{P_0} = 0$$

$$S_T^{\circ} - S_{T_0}^{\circ} = R \ln \frac{P}{P_0}, \quad S_{T_0}^{\circ} = 0$$

$$\frac{S_T^{\circ}}{R} = \ln \frac{P}{P_0} \Rightarrow \boxed{\frac{P}{P_0} = \exp\left(\frac{S_T^{\circ}}{R}\right)}$$

هر دو طرف تابع دما می باشد

$$P_R = \frac{P}{P_0} = \exp\left(\frac{S_T^{\circ}}{R}\right)$$

فشار نسبی:

تکبار برای (T_1, P_1) و تکبار برای (T_2, P_2) بدست می آوریم و برهم

$$\left(\frac{P_{R_2}}{P_{R_1}} \right)_{S=Cte} = \frac{P_2}{P_1} \quad \text{تقسیم می کنیم}$$

برای گاز کامل با γ و γ ثابت نسبت فشارهای نسبی برابر با نسبت

فشار مطلق است (تحول آدیاباتیک در سیل)

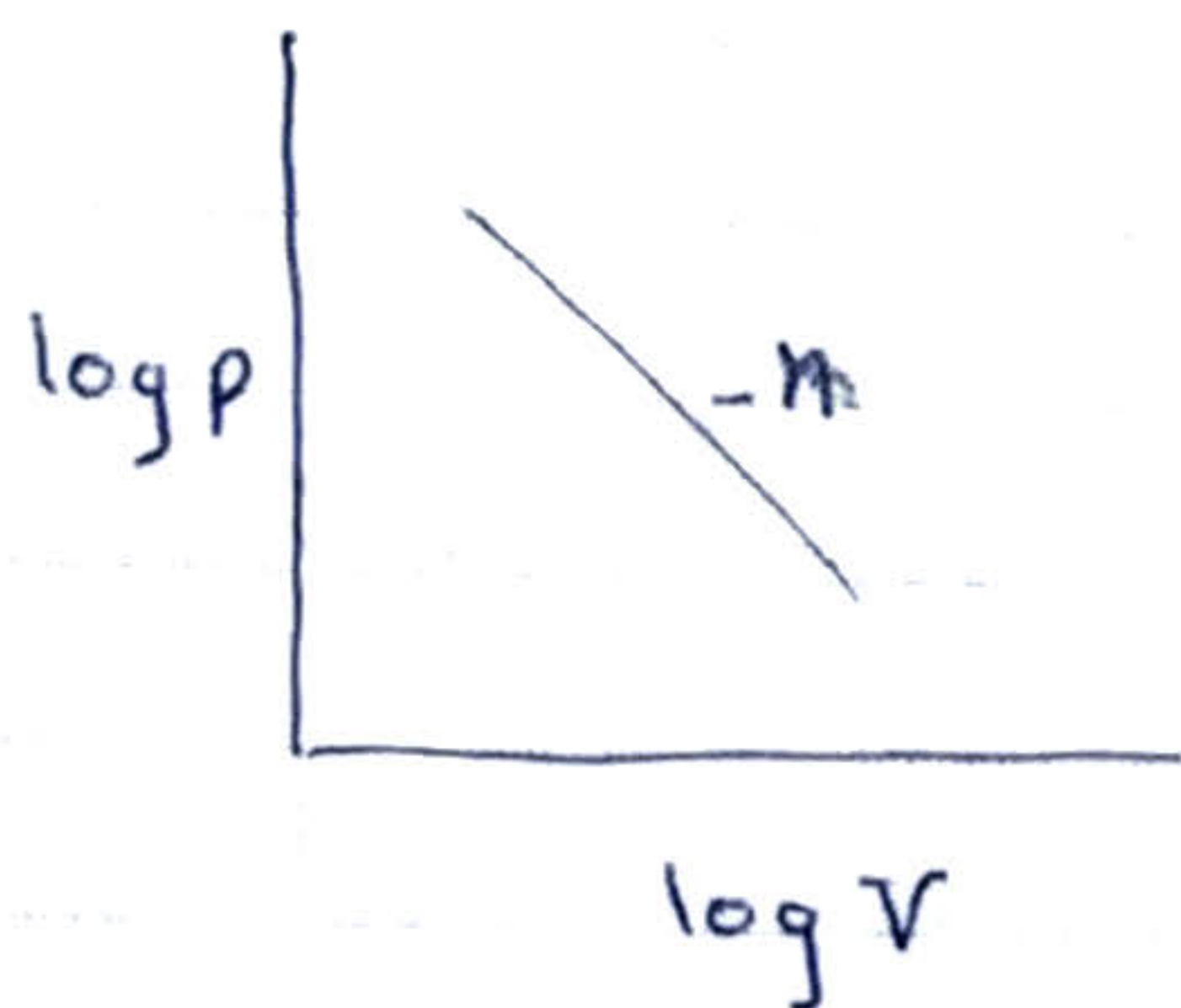
P_R که از رابطه بدست می آید P_R واقعی و P_R که در جدول نوشته شده

P_R ظاهری است P_R واقعی خیلی بزرگتر از P_R ظاهری است و برای کوچک

کردن P_R واقعی همه آنها را با یک نسبت کم کرده چون رابطه نسبت است

مشکلی بوجود نمی آید

تحويل پلی تروپیک، ادرسیل گاز کامل، ادر دریک تحول ادرسیل $\log p$ ادر حسب



$\log V$ ادر ادر خطی ادر سبب n - ادر

$$\frac{d \log p}{d \log V} = -n \Rightarrow pV^n = \text{cte}$$

$$pV^n = p_1 V_1^n = p_2 V_2^n = \text{cte}$$

$$pV = RT, p_1 V_1 = RT_1, p_2 V_2 = RT_2$$

$$TV^{n-1} = \text{cte}$$

$$TV^{n-1} = T_1 V_1^{n-1} = T_2 V_2^{n-1} = \text{cte}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}}$$

$$n = \gamma = \frac{C_p}{C_v} = \text{cte} \Rightarrow \text{آ ادر ادر ادر ادر ادر ادر}$$

$$n = 1 \Rightarrow \text{ا ادر ادر ادر ادر ادر ادر}$$

$$n = 0 \Rightarrow \text{ا ادر ادر ادر ادر ادر ادر}$$

$$n = \infty \Rightarrow \text{ا ادر ادر ادر ادر ادر ادر}$$

$$\Delta U = C_v (T_2 - T_1) = \frac{R(T_2 - T_1)}{\gamma - 1}$$

$$\Delta H = C_p(T_r - T_i) = \frac{\gamma R (T_r - T_i)}{\gamma - 1}$$

$$W = \frac{R(T_i - T_r)}{\gamma - 1} = \frac{P_i V_i - P_r V_r}{\gamma - 1} = -\Delta U$$

آر یا باتیک دور سیل

$$W = \frac{R(T_i - T_r)}{n - 1}$$

دلی تروپیک دور سیل

$$Q - W = \Delta U \rightarrow Q = W + \Delta U$$

$$Q = \frac{R(T_i - T_r)}{n - 1} + \frac{R(T_r - T_i)}{\gamma - 1}$$

$$نقطه n = \gamma \rightarrow Q = 0$$

n لزوماً مثبت نیست و می تواند منفی باشد

$$dS_{\text{سیستم بسته}} + dS_{\text{محیط}} = dS_{\text{net}} = dS^{\text{tot}} \geq 0$$

اصل افزایش آنتروپی

البته افزایش آنتروپی برای یک تحول کوچک در مدت زمان dT می باشد

$$\Delta S_{\text{سیستم بسته}} + \Delta S_{\text{محیط}} = \Delta S_{\text{net}} = \Delta S^{\text{tot}} \geq 0$$

اصل افزایش آنتروپی برای یک تحول بزرگ در مدت زمان ΔT می باشد

$$\frac{dS_{\text{سیستم بسته}}}{dt} + \frac{dS_{\text{محیط}}}{dt} = \frac{dS_{\text{net}}}{dt} \geq 0$$

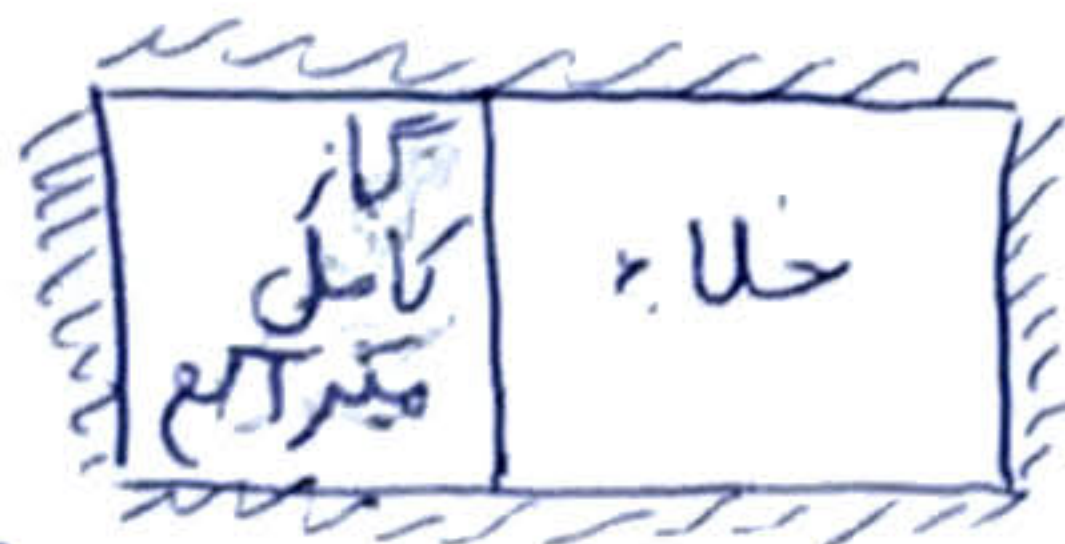
در لحظه +

سیستم بسته dS لزوماً مثبت نیست و می تواند منفی باشد

استثنا: سیستم بسته انرژی سیستمی است که با محیط تبادل انرژی
 و تبادل کار دارد پس در صورت انجام تحول در این سیستم تغییر در
 آنتروپی محیط نخواهد داشت پس داریم

$$ds_{\text{سیستم بسته انرژی}} \geq 0 \quad , \quad ds_{\text{محیط}} = 0$$

مثال برای این سیستم اینست آزاد می باشد



$$\Delta S = -R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

به شدت بازگشت ناپذیر است و

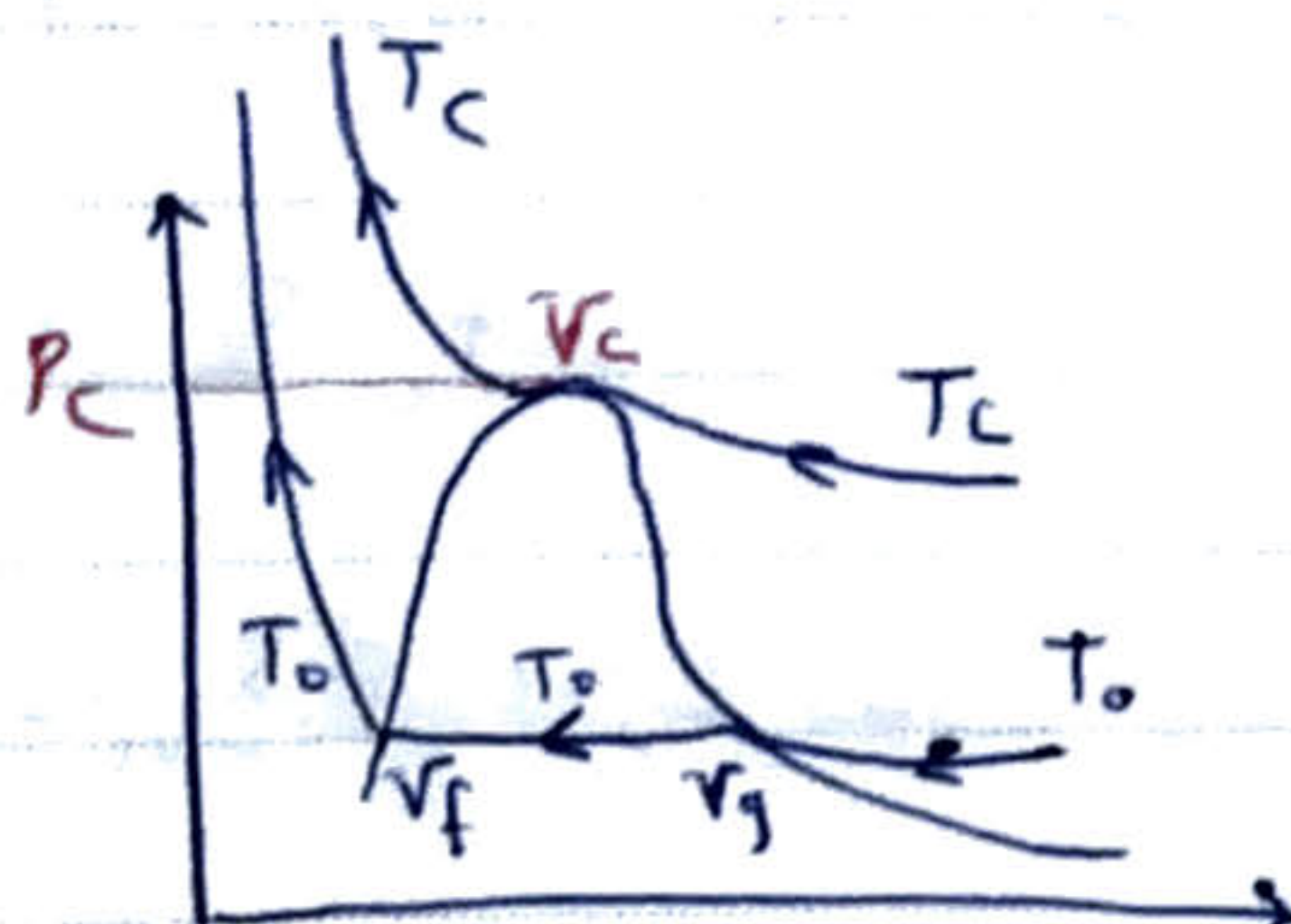
در نتیجه آنتروپی افزایش می یابد

سری سوم تمرینات ترمودینامیک ۲

فصل هشتم ون دایلن

قدیم: ۱۲۸ - ۱۳۰ - ۱۴۰ - ۸۲

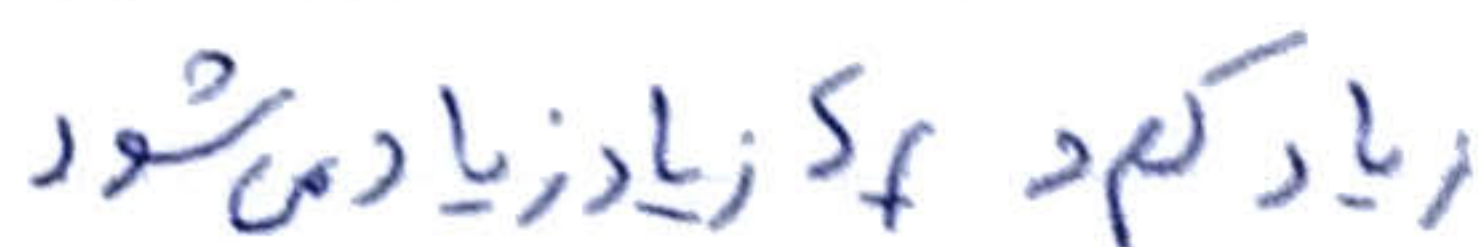
جدید: ۱۷۷ - ۱۷۱ - ۱۸۶ - ۷۷



نمودار ایندوترمال T_0 در ستاره $P-V$

T_c در P_c و V_c دارای عطف افقی است

نمودار تغییرات در دستگاه T-S



PAPCO

آنتروپی تابع صعودی دماست مثل آنتالپی

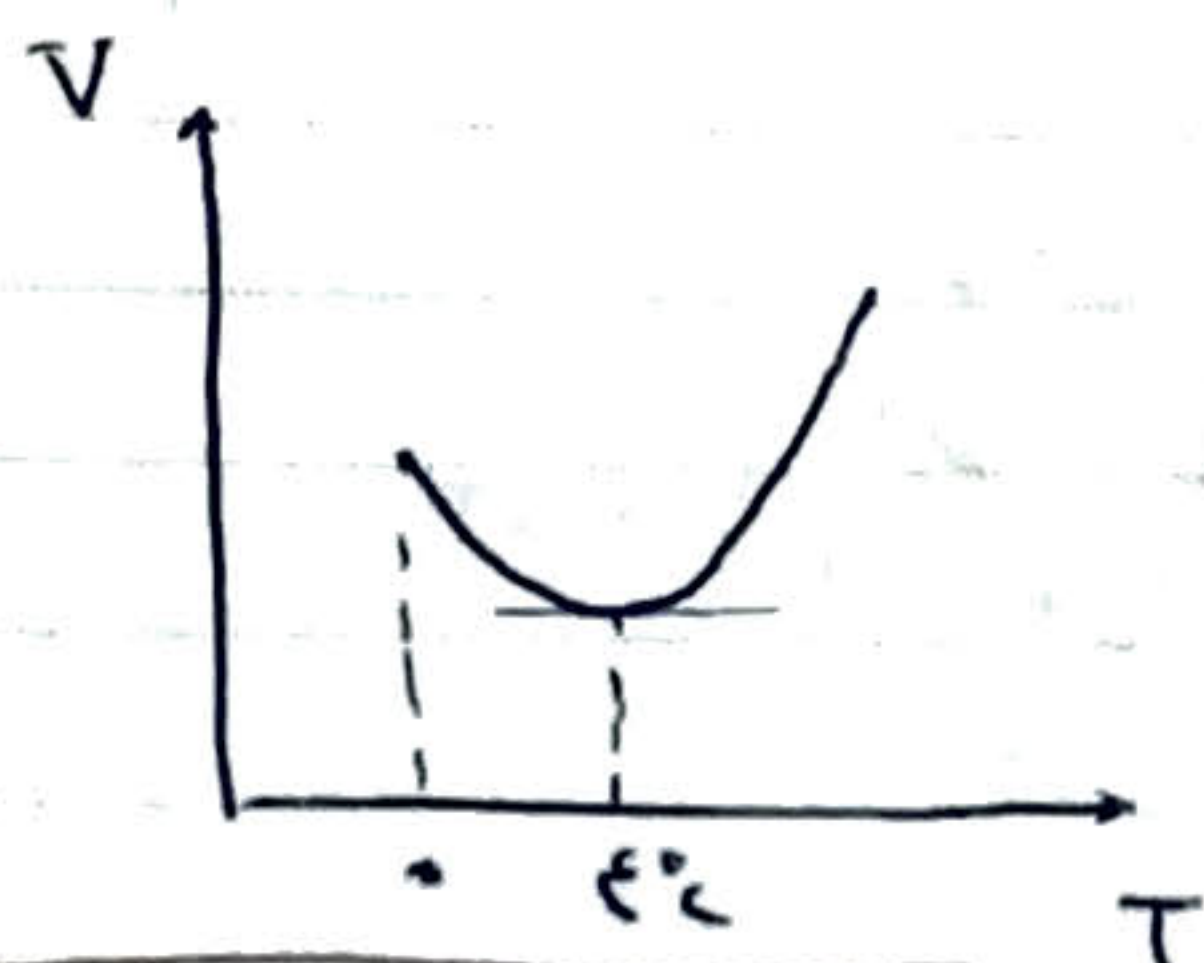
نمودار که با زیرگنبد معنی می‌دهد مایع کمپرس می‌شود که با آن با آب اشباع

در یک کیفیت برابر است و معنی درفازی بودن نیست

در دمای ۴°C آنتروپی مایع آب مستقل از فشار است

$$T = 4^{\circ}\text{C} \Rightarrow \left(\frac{\partial s}{\partial p} \right)_{T=4^{\circ}\text{C}} = 0$$

از ۴ تا ۰ دمای انبساط آب متراکم می‌شود



در ۴°C جمع آب Min است

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

رابطهٔ چهارم ماکسول

در تک فاز

$$T = 4^{\circ}\text{C} \Rightarrow \left(\frac{\partial s}{\partial p} \right)_T = - \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p = 0$$

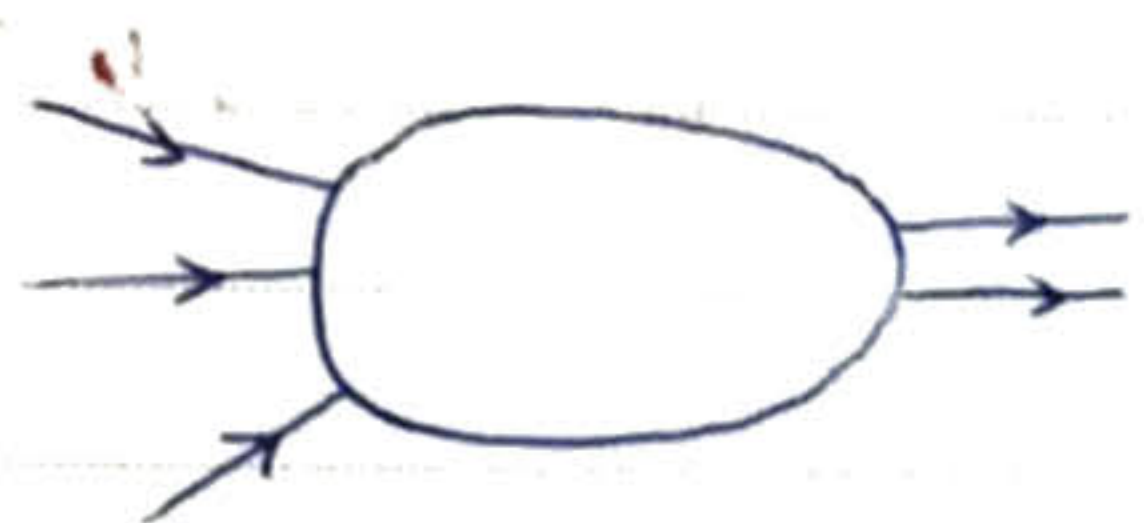
$$T > 4^{\circ}\text{C} \Rightarrow \left(\frac{\partial s}{\partial p} \right)_T < 0 \quad \text{یا} \quad \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p > 0$$

$$T < 4^{\circ}\text{C} \Rightarrow \left(\frac{\partial s}{\partial p} \right)_T > 0 \quad \text{یا} \quad \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p < 0$$



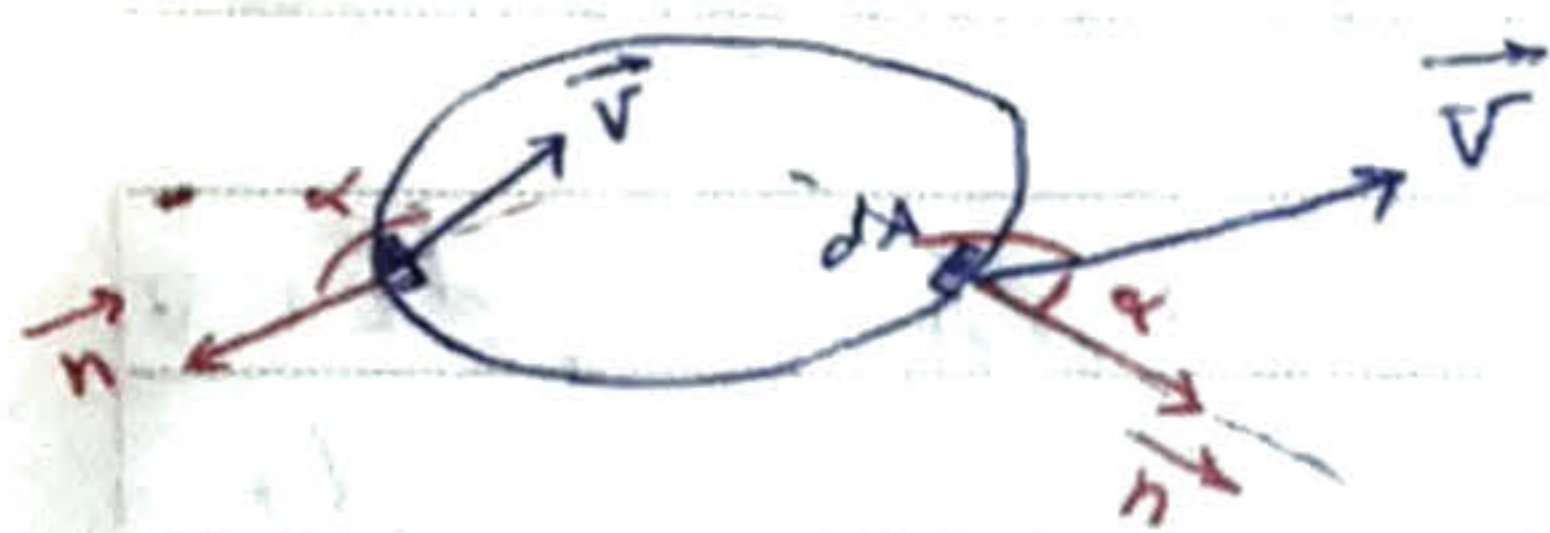
می توان اطلاعات جدول ترمودینامیکی را در نمودار $T-S$ مثل بالا وارد کرد

فصل ۹:



موازنه جرم برای حجم کنترل $\sum \dot{m}_i - \sum \dot{m}_e = \frac{dm}{dt}$

$$\sum \rho_i V_i A_i - \sum \rho_e V_e A_e = \frac{dm}{dt}$$



بردار سرعت نزد dA عمود نیست

بردار نرمال را به سمت خارج α زاویه بین سرعت

$$m = \int_{V_{c.v}} \rho dV$$

و بردار نرمال در نظر گرفته می شود

$$\int_{A_{c.v}} \rho V (\cos \alpha) dA_{c.v} = \sum \dot{m}_e - \sum \dot{m}_i$$

باعث برآورد در مورد α

این گونه شد

$$\sum \rho_e V_e A_e - \sum \rho_i V_i A_i + \frac{dm}{dt} = 0$$

$$\int_{A_{c.v}} \rho V (\cos \alpha) dA_{c.v} + \frac{d}{dt} \left(\int_{V_{c.v}} \rho dV \right) = 0$$

این روابط زمانی صادق است که حجم کنترل ثابت باشد و یا عبارت سرعت

مطلق باشد

اگر حجم کنترل ساکن نباشد باید سرعت نسبی را استفاده کنیم

$$V_R = V_{\text{سیال}} - V_{\text{حجم کنترل در آن نقطه آن نقطه}}$$

کلی ترین شکل قانون اول برای حجم کنترل

شدت تجمع + شدت خروجی = شدت ورودی

تبادل انرژی می تواند به صورت گرما یا تبادل انرژی به علت تبادل حجم.

$$\dot{Q}_{c.v} = \dot{W} + \int_{A_{c.v}} \rho V_R \cos \alpha \left(h + \frac{V^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z \right) dA_{c.v} + \frac{dE_{c.v}}{dt}$$

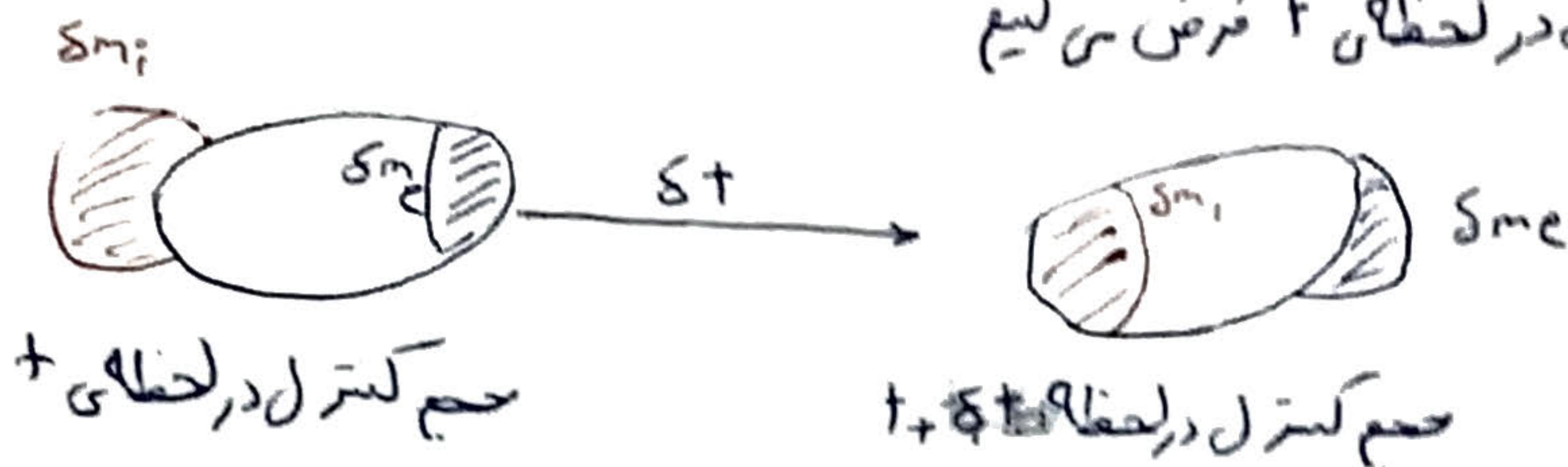
$$m_{c.v} = \int_{V_{c.v}} \rho dV_{c.v}$$

$$E_{c.v} = \int_{V_{c.v}} e \rho dV_{c.v}$$

تأیید دوم برای سیستم بسته

$$ds \geq \frac{\delta Q}{T} \Rightarrow ds \geq \frac{\dot{Q} dt}{T} \Rightarrow \boxed{\frac{ds}{dt} \geq \frac{\dot{Q}}{T}} \quad \text{در لحظه } t$$

تبدیل حجم کنترل در لحظه t فرض می‌کنیم



در این حجم کنترل یک جرم وارد و یک جرم خارج شده (بعد از δt) که می‌تواند

تجمع هم داشته باشد (چون لزوماً $\delta t \cdot \delta t$ نیست)

$$\delta m_i + m \Big|_t = m \Big|_{t+\delta t} + \delta m_e \quad \text{سیستم بسته را بصورت متغیر در نظر می‌گیریم}$$

با δt و δt نسبت متغیر میل دهیم

تغییر انرژی سیستم بسته به علت جرم داخل حجم کنترل و یکی به علت شوت

$$\frac{ds_{\text{بسته}}}{dt} =$$

در در خروج جرم در لحظه t می‌باشد

$$\boxed{\frac{ds_{c.v}}{dt} + \int_{A_{c.v}} s P \cdot V_R \cos \alpha dA_{c.v} \geq \int_{A_{c.v}} \frac{\dot{q}_{c.v} dA_{c.v}}{T}}$$

به علت شوت در در خروج جرم $\rightarrow$ به علت جرم حجم کنترل $\rightarrow$

$\dot{Q} = ?$ محیط

$dA_{c.v}$ (حجم کنترل)

heat rate (شدت حرارت)

انتقال حرارت در واحد زمان

heat flux (شار حرارتی)

انتقال حرارت در واحد سطح

$$\int_{A_{c.v}} \dot{q}_{c.v} dA_{c.v} = \dot{Q}_{c.v}$$

اما در هر نقطه متفاوت می باشد (حتی در $st-st$ و $st-flow$ هم نقطه نقطه صفا

چیز تغییر می کند پس باید از T هم انتظام گرفته شود اما نسبت به زمان پایدار

$$\frac{\dot{Q}}{T} = \int_{A_{c.v}} \frac{\dot{q}_{c.v} dA_{c.v}}{T}$$

شده است.

$$(\dot{q}_{c.v})_{avg} = \frac{\int_{A_{c.v}} \dot{q}_{c.v} dA_{c.v}}{\int_{A_{c.v}} dA_{c.v}} = \frac{\dot{Q}_{c.v}}{A_{c.v}} \quad \text{average heat flux}$$

ما معیار نیستیم بجای $\dot{q}_{c.v}$ از $(\dot{q}_{c.v})_{avg}$ استفاده کنیم

$$s_{c.v} = \int_{V_{c.v}} s \rho dV_{c.v}$$

$$\frac{d}{dt} \left(\int_{V_{c.v}} s \rho dV_{c.v} \right) + \int_{A_{c.v}} s \rho V_R \cos \alpha dA_{c.v} \geq \int_{A_{c.v}} \frac{\dot{q}_{c.v} dA_{c.v}}{T}$$

$$\frac{ds_{c.v}}{dt} = \frac{ds_{\text{بسته}}}{dt} \quad \text{می باشد} \quad \int_{A_{c.v}} \rho V_R \cos \alpha dA_{c.v} = 0$$

مرحله چهارم تمرینات ترمودینامیک ۲:

فصل هشتم در وایلن

قدیم: ۷۹-۹۵-۱۰۴-۱۴۴

جدید: ۷۳-۹۷-۱۴۶-۲۲۳

فصل نهم در وایلن

قدیم: ۲۱

جدید: ۱۲

حالت های خاص:

$$\frac{ds_{\text{بسته}}}{dt} = \frac{ds_{c.v}}{dt} \geq \frac{\dot{Q}_{c.v}}{T}$$

۱- سیستم بسته: دما ثابت است در هر نقطه

$$\frac{d}{dt} \left(\int_{V_{c.v}} \rho V_{c.v} \right) = 0 \leftarrow s_{c.v} = \text{cte} \quad \text{۲- حجم کنترل و SS.SF}$$

در SS.SF همه چیز نسبت به زمان ثابت است

$$0 + \sum \dot{m}_e s_e - \sum \dot{m}_i s_i \geq \int_{A_{c.v}} \frac{\dot{q}_{c.v}}{T} dA_{c.v}$$

در اینجا $\dot{q}_{c.v}$ نسبت به زمان ثابت است ولی نسبت به مکان متفاوت است

$$\int_{A_{c.v}} S.P. V_R \cos \alpha dA_{c.v} = \sum \dot{m}_e s_e - \sum \dot{m}_i s_i$$

۳-۵۵۵۴، آدیاباتیک: چند جریانی:

$$\sum \dot{m}_e s_e \geq \sum \dot{m}_i s_i$$

$$\dot{m}_e = \dot{m}_i = \dot{m} \Rightarrow s_e \geq s_i$$

تک جریانی:

$$s_e = s_i$$

تک جریانی در ورسیل:

۴- حالت usuf

$$s_{c.v} = (ms)_{c.v}$$

$$\int s \rho dV_{c.v} = s \int \rho dV_{c.v} = ms$$

$$\boxed{\frac{d}{dt} (ms)_{c.v} + \sum \dot{m}_e s_e - \sum \dot{m}_i s_i \geq \dot{Q}_{c.v} / T} \quad \text{در لحظه} +$$

ظاهر این رابطه با رابطه $s ds$ یکی است اما باطن آنها متفاوت است چون در

اینجا $\dot{m}$ ها در هر لحظه می تواند تغییر کند

در اینجا + تابع مکان نیست و از انتگرال بیرون می آید

در اینجا m ، s و T و $\dot{m}$ ها لحظه به لحظه تغییر می کنند و ما تابع آنها با زمان

نداریم پس در dt ضرب می کنیم و انتگرال می گیریم

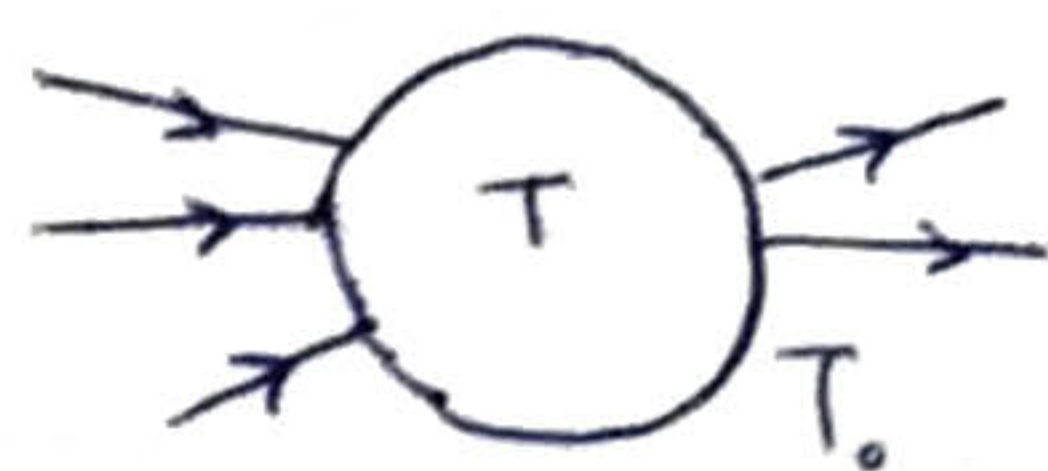
$$\boxed{[(m_e s_e) - (m_i s_i)]_{c.v} + \sum m_e s_e - \sum m_i s_i \geq \int_0^+ \frac{\dot{Q}_{c.v}}{T} dt}$$

$$m_e = \int_0^+ \dot{m}_e dt, \quad m_i = \int_0^+ \dot{m}_i dt$$

هم $\dot{Q}_{c.v}$ و هم T تابع زمان می باشد

اثر عایق باشد $\dot{Q}_{c.v} = 0$ می باشد

اثبات اصل افزایش آنتروپی برای حجم کنترل (در لحظه‌ای +)



$$\frac{ds_{net}}{dt} = \frac{ds_{c.v.}}{dt} + \frac{ds_{sur}}{dt} \geq 0$$

$$\frac{ds_{c.v.}}{dt} = \frac{d}{dt} \int_{V_{c.v.}} s \rho dV_{c.v.}$$

$$\frac{ds_{sur}}{dt} = \int_{A_{c.v.}} s \rho V_R \cos \alpha dA_{c.v.} + \int_{A_{c.v.}} \frac{-\dot{q}_{c.v.} dA_{c.v.}}{T_0}$$

$$\frac{ds_{net}}{dt} = \frac{d}{dt} \int_{V_{c.v.}} s \rho dV_{c.v.} + \int_{A_{c.v.}} s \rho V_R \cos \alpha dA_{c.v.} + \int \frac{-\dot{q}_{c.v.} dA_{c.v.}}{T_0}$$

$$\frac{ds_{net}}{dt} \geq \int \frac{\dot{q}_{c.v.} dA_{c.v.}}{T} + \int \frac{-\dot{q}_{c.v.} dA_{c.v.}}{T_0}$$

$$\frac{ds_{net}}{dt} \geq \int_{A_{c.v.}} \frac{\dot{q}_{c.v.} (T_0 - T)}{T T_0} dA_{c.v.}$$

$$\frac{ds_{net}}{dt} \geq 0$$

$$\Delta s_{net} = \Delta s_{c.v.} + \Delta s_{sur} \geq 0$$

مسئله اول:

محکم کنترل تک جریانی و $ss F$ و تحول آریا بایک در سبیل مطلوب است

$$(P_i, T_i) \rightarrow (P_e, S_e = S_i)$$

محاسبه کار؟

$$q + h_i + \frac{V_i^2}{2g_c} + \frac{Z_i g}{g_c} = w + h_e + \frac{V_e^2}{2g_c} + \frac{Z_e g}{g_c}$$

آریا بایک $q = 0$

$$w = (h_i - h_e) + \frac{V_i^2 - V_e^2}{2g_c} + \frac{g(Z_i - Z_e)}{g_c}$$

$$w = -(h_e - h_i) + \frac{V_i^2 - V_e^2}{2g_c} + \frac{g(Z_i - Z_e)}{g_c}$$

راه اول: راه جدا اول ترمودینامیکی h_i و h_e معلوم می شوند و جاگذاری می کنیم. w معلوم می شودراه دوم: این است که $(h_e - h_i)$ را پیدا کنیم

$$dh = Tds + vdp$$

$$ds = 0 \Rightarrow dh = vdp \Rightarrow h_e - h_i = \int_i^e v dp$$

$$w = - \int_i^e v dp + \frac{V_i^2 - V_e^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} (Z_i - Z_e)$$

مساله دوم

محکم کنترل تدریجی، $SSS F$ ؛ ایند ترمال در سیل

$$(T_i, P_i) \xrightarrow{T=cte} (P_e, T_e=T_i)$$

راه اول

$$q + h_i + \frac{V_i^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} Z_i = w + h_e + \frac{V_e^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} Z_e$$

$$\dot{m}_e s_e - \dot{m}_i s_i \geq \int \frac{\dot{q}_{c.v} dA_{c.v}}{T}$$

$$\dot{m}_e = \dot{m}_i = \dot{m}$$

$$\dot{m} (s_e - s_i) = \frac{\dot{Q}_{c.v}}{T}$$

$$T(s_e - s_i) = \frac{\dot{Q}_{c.v}}{\dot{m}} = q \quad \text{میل سیم بسته}$$

$$T(s_e - s_i) + h_i + \frac{V_i^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} Z_i = w + h_e + \frac{V_e^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} Z_e$$

راه دوم

$$w = q - (h_e - h_i) + \frac{V_i^2 - V_e^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} (Z_i - Z_e)$$

$$\Delta h = T ds + v dp$$

$$h_e - h_i = T(s_e - s_i) + \int_i^e v dp$$

$$h_e - h_i = q + \int_i^e v dp$$

$$w = - \int_i^e v dp + \frac{v_i^2 - v_e^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} (z_i - z_e)$$

ظاهرشان یکی اما باطنشان متفاوت است مثالی اول نمودار $P-v$ در

که ثابت می باشد اما در مثال دوم نمودار $P-v$ در T ثابت می باشد

هر تحری را می توان به دو تحول آدیاباتیک و ایزوترمال و ایزوپرسور تبدیل

کرد

رابطه ای با η برای تحول و ایزوپرسور صادق است

راندمان توربین: یک تحول خیالی می باشد داریم تحول خیالی برای توربین تحول

آدیاباتیک و ایزوپرسور بین شرایط ورودی و خروجی می باشد

$$\eta = \frac{w_{act}}{w_{s,cte}}$$

$$(T_i, P_i) \xrightarrow{s,cte} (P_e, s_e = s_i)$$

w_{act} ؟ طور تجربی ؟ دست می آید

Subject:

ص ۳۲

Year: ۹۳ Month: ۱۲ Date: ۱۱ ()

از قانون اول هم برای تحول خیالی وضع به تصرف واقعی می توان استفاده کرد و با نوشتن

قانون اول برای h_e و w_{act} ؟ دست می آید و در نتیجه T واقعی بدست

می آید

نازل باشیوره $\eta_{\text{باشیوره}} = \frac{\frac{1}{2} V_{act}^2}{\frac{1}{2} V_{s=cte}^2}$

$$q + h_i + \frac{V_i^2}{2g_c} = w + h_e + \frac{V_e^2}{2g_c}$$

در نازل $q = 0$ و $w = 0$

$$h_i + \frac{V_i^2}{2g_c} = h_e + \frac{V_e^2}{2g_c} \rightarrow V_e = \text{بست می آید}$$

V_{act} را در رابطه‌ی بالا قرار می‌دهیم و h_{act} بست می‌آید

اگر راندمان را دانسته باشیم چون راندمان از تحول آدیا بایک در رسیل بست

آمده است تحول را آدیا بایک در رسیل در نظر می‌گیریم

چون پمپ در حالت خیالی کار کمتر مصرف می‌کنیم پس صورت و خرج η

عوض می‌شوند $\eta_{\text{پمپ}} = \frac{W_{s=cte}}{W_{act}}$

این رابطه برای آدیا بایک در رسیل $\eta_{s=cte} = \frac{W_{s=cte}}{W_{act}}$ کمپرسور

کار مصرفی پمپ کم و تغییر دمای آن کم اما کمپرسورها کار مصرفی شل زیاد

در نتیجه تغییر دمای آن‌ها بیشتر است

آدیا بایک در رسیل هابین حالت واقعی در رسیل و فشار خروجی است

$$\eta_{T,cte} = \frac{W_{T=cte}}{W_{act}}$$

بازده کمپرسور برای ایندوترمال رورسیل

کری بیستم تمرینات ترمودینامیک ۲

فصل هشتم:

قدیم: ۱۵۸ -

جدید: ۲۰۰ -

فصل نهم:

قدیم: ۲۳ - ۲۷ - ۴۱

جدید: ۱۸ - ۲۲ - ۴۵

تکالیف تکمیلی:

حجم کنترل تک جریان $SSS F$ رورسیل (که این رابطه مقدار ان کمپرسور است)

$$W = - \int_i^e \gamma dp$$

$$W = \frac{-(P_e - P_{in})}{\rho} = \frac{-\Delta P}{\rho}$$

ولی برای پمپ داریم

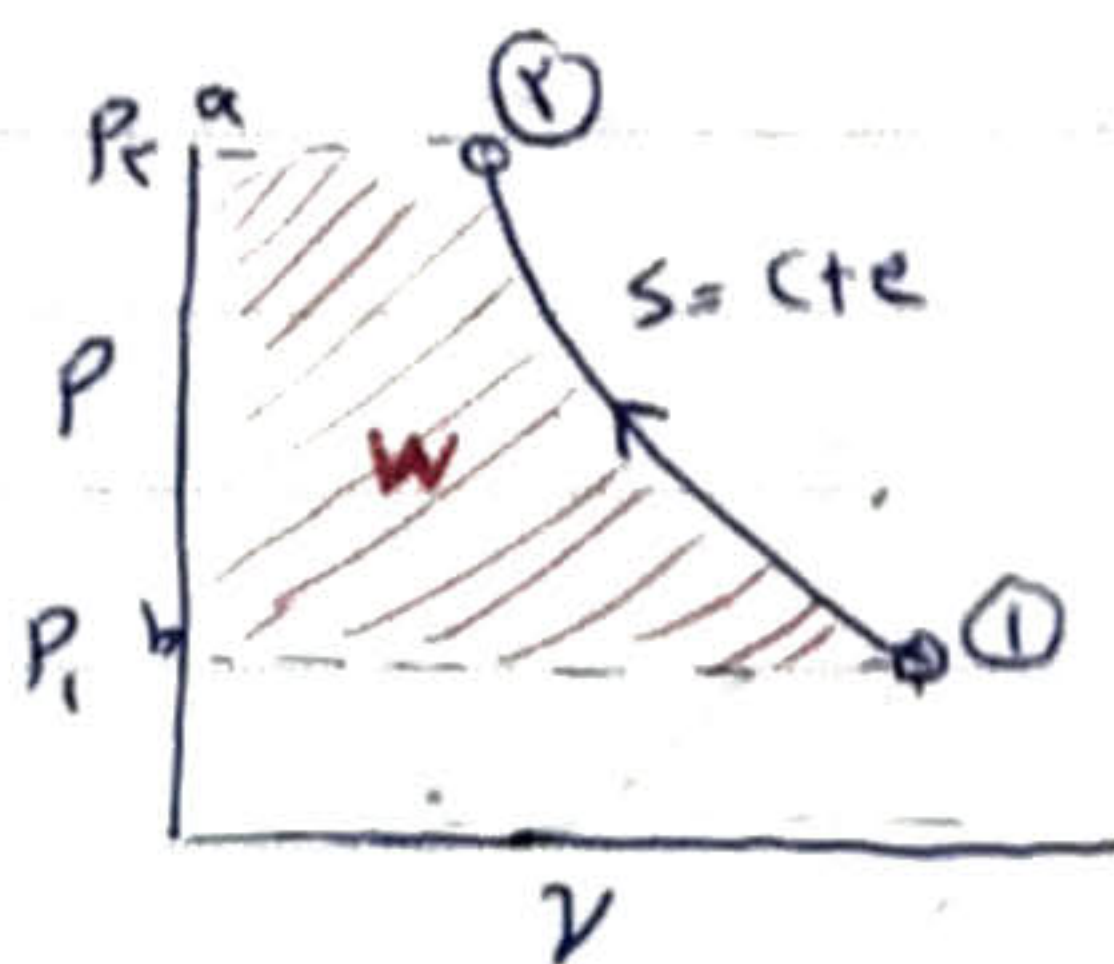
چون ρ سیال زیاد است پس W کمتر است و به همین دلیل در نیروگاه با جای

کمپرسور از پمپ و کند انشور استفاده می کنیم

برای کمپرسور داریم : (سطح زیر منحنی γ بر حسب P)

$$W = - \int_1^2 \gamma dp$$

$$W_{s=cte} = A_{\text{isab}}$$



چون γ ثابت است در هر نقطه P را می خوانیم و چون γ را هم داریم خواص از جدول

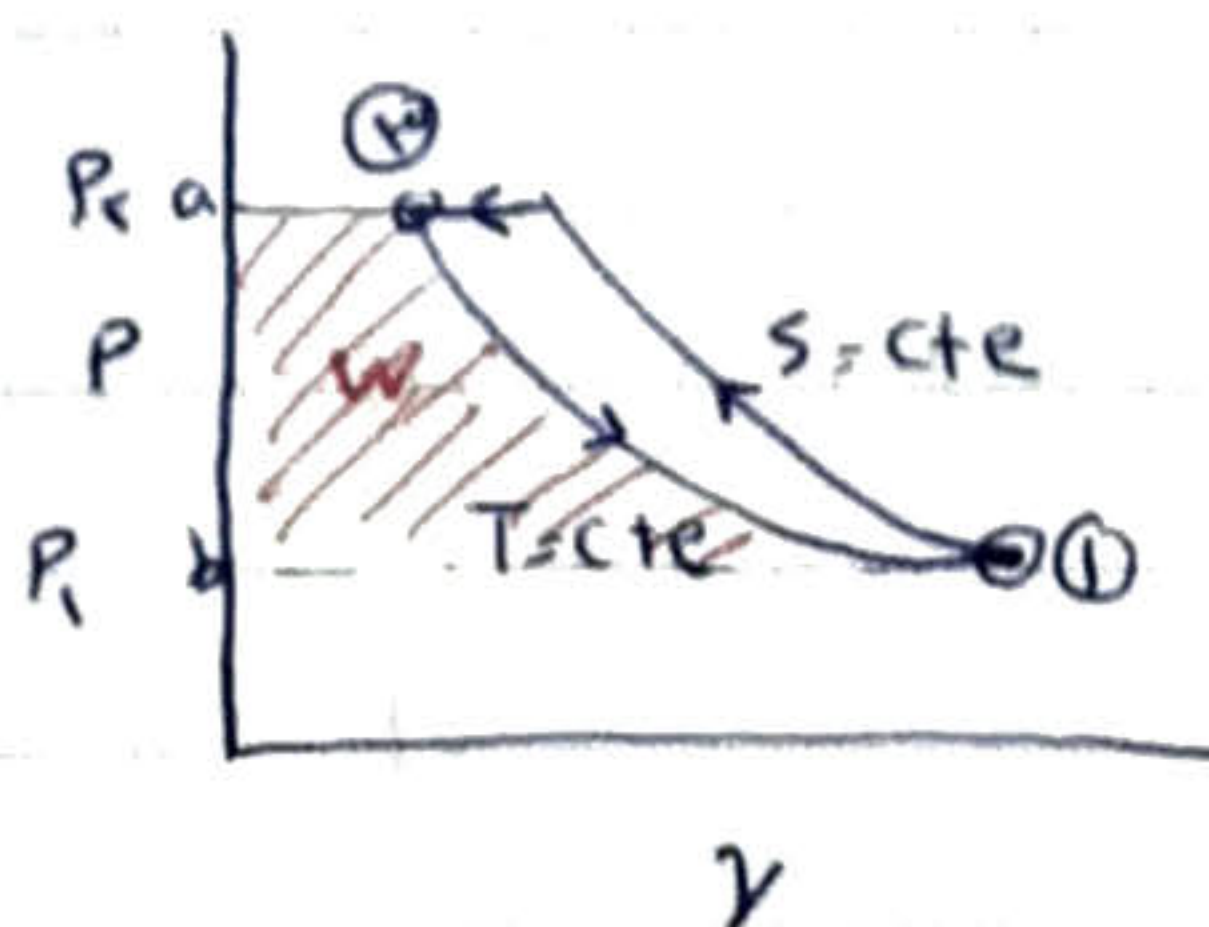
T و γ بدست می آید (از روی جدول)

اگر جدول داشته باشیم از جدول γ را می خوانیم و P را هم کرده و از آن

استفاده می کنیم

برای این و ترمال در سبیل هم به همین صورت است

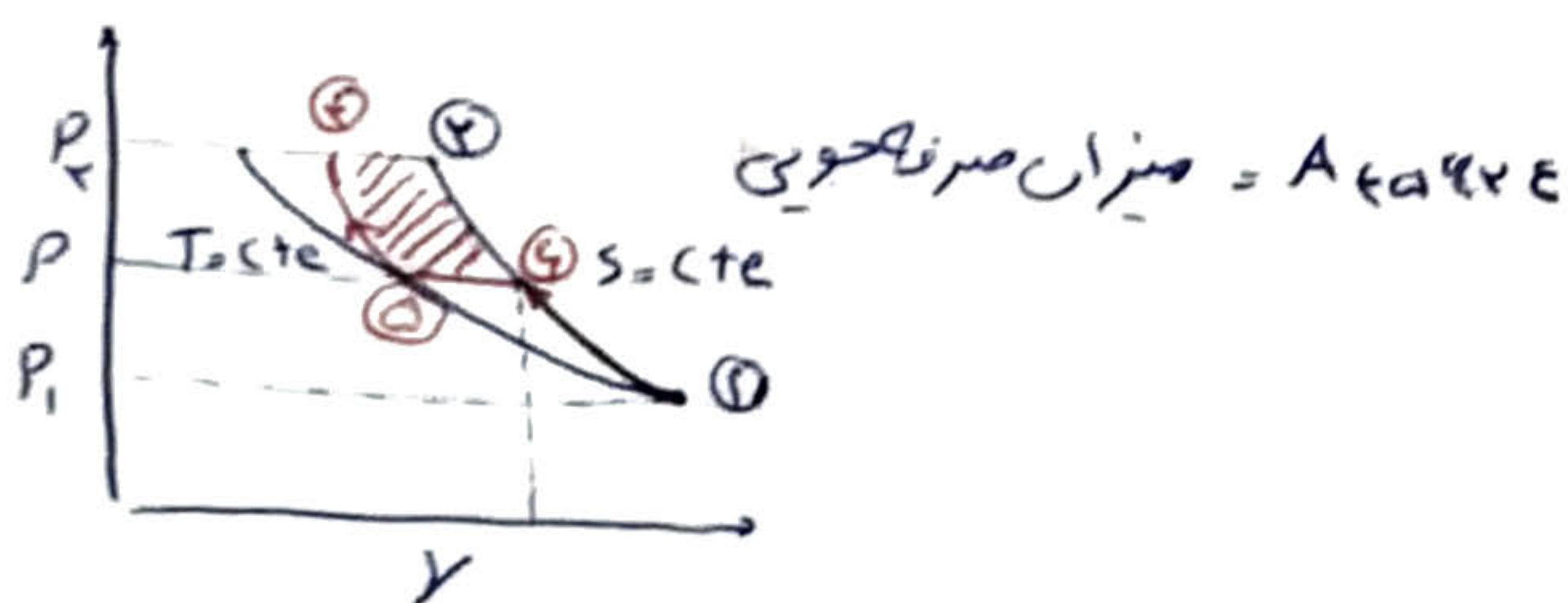
$$W_{T=cte} = A_{\text{isab}}$$



$$W_{T=cte} < W_{s=cte}$$

صرفه جویی در بار اگر به صورت این و ترمال کار کنیم

اما در صنعت نمی توان کمپرسور ایزوترمال داشت باقیم جوت عمل نیست
برای صرفه جویی در بار از شیوه ی گام ۲ گام استفاده می کنیم بدین صورت که از
در کمپرسور یک مبدل حرارتی در بین آنها استفاده می کنیم (میان سردکن)



معنی ما از معادلات حالت رسم می شود

برای مثال اگر $P_1 = 1 \text{ atm}$ و $P_2 = 100 \text{ atm}$ باشد بهترین فشار میانی برای کمپرسور اول

$$(6) \quad P = 10 \text{ atm} \text{ می شود}$$

یکی از شیوه های اثبات هندسی است که این صورت که هر جا که سطح مقطع

$$\text{Max. } A_{2-1} \text{ باشد بهترین فشار میانی است}$$

یکی هم که روشی خبری که صورت زیر است: (گاز کامل)

$$q + h_1 = w + h_2$$

کمپرسور به صورت آدیاباتیک در رسید

$$w = -(h_2 - h_1) \Rightarrow w = -cp(T_2 - T_1)$$

$$C_p = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}, \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v}, \quad C_v = \frac{R}{\gamma - 1}, \quad C_p - C_v = R$$

$$W = - \frac{\gamma R}{\gamma - 1} (T_r - T_i)$$

$$W = - \frac{\gamma R T_i}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{T_r}{T_i} - 1 \right) \right]$$

$$W = - \frac{\gamma R T_i}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{P_r}{P_i} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right]$$

کار کمپرسور با صورت آریا باشد و در سیل
محاسبه کامل

$$W_1 = - \frac{\gamma R T_i}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{P_r}{P_i} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right], \quad T_0 = T_i$$

کمپرسور ۱

$$W_r = - \frac{\gamma R T_i}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{P_r}{P} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} - 1 \right]$$

کمپرسور ۲

$$W^+ = W_1 + W_r$$

$$\frac{dW^+}{dP} = 0 \Rightarrow P^* = P_i P_r \Rightarrow \frac{P}{P_i} = \frac{P_r}{P} \Rightarrow W_1 = W_r$$

همان طور که مشاهده می شود فشار میانی واسطه ای هندسی P_i و P_r می باشد

و هم در کمپرسور یک اندازه کار انجام می دهند

در مثال دیگر اگر ۳ کمپرسور داشته باشیم داریم:

$$W_1 = W_r = W_r \Rightarrow \frac{P'}{P_i} = \frac{P''}{P'} = \frac{P_r}{P''} = k$$

$$\frac{P'}{P_i} \times \frac{P''}{P'} \times \frac{P_r}{P''} = k^3 \Rightarrow \frac{P_r}{P_i} = k^3$$

P_i و P_r را داریم و k بدست می آید

چند نکته

آدمایاتیک، روریل برای سیلندر و پیستون (گاز کامل)

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p dV = -\Delta U = -C_V \Delta T = \frac{-R}{\gamma-1} (T_2 - T_1) = \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{\gamma-1}$$

برای کمپرسور (جریان SSF) (گاز کامل)

$$W = - \int_1^2 V dp = -\Delta H = -C_P \Delta T = \frac{-\gamma R}{\gamma-1} (T_2 - T_1) = \frac{-\gamma (P_1 V_1 - P_2 V_2)}{\gamma-1}$$

$$\gamma \int_{V_1}^{V_2} p dV = - \int_1^2 V dp$$

$$pV^\gamma = \text{const} \Rightarrow V^\gamma dp + \gamma V^{\gamma-1} (dV)p = 0$$

$$\frac{dV}{V} \xrightarrow{\div V^{1-\gamma}} -V dp + \gamma p dV = 0 \Rightarrow \gamma p dV = -V dp \Rightarrow - \int_{P_1}^{P_2} V dp = \gamma \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

تغییر انیروترمال، روریل برای سیلندر و پیستون (گاز کامل)

$$Q - W = \Delta U = 0 \Rightarrow Q = W = \int_{V_1}^{V_2} p dV = RT \ln \frac{V_2}{V_1} = RT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

برای کمپرسور، SSF (گاز کامل)

$$Q = W = - \int_1^2 V dp = - \int_{P_1}^{P_2} \frac{RT}{P} dp = RT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

$$pd = RT = \text{cte}$$

$$pdv + vdp = 0 \Rightarrow pdv = -vdp \Rightarrow \int_{v_i}^{v_r} pdv = - \int_{p_i}^{p_r} vdp$$

W سیلندر و پیستون کاراکل می باشد در حالی که W در کمپرسور و W یا کار محوری

می باشد و کار ورودی و خروجی W: ۱-۱ W: ۱-۱ می باشد و با هم خنثی می شود

$$Q = T(s_r - s_i)$$

$$\Delta s = \int_{T_i}^{T_r} c_p \frac{dT}{T} = -R \ln \frac{p_r}{p_i}$$

$$T_r = T_i \Rightarrow \Delta s = -R \ln \frac{p_r}{p_i}$$

نسخه ششم اسمیت

چگونه می توانیم جدول ترمودینامیکی را تنظیم کنیم؟ از طریق روابط بین خواص ترمودینامیکی

$$V = V(T, p)$$

از معادلات حالت تجربی استفاده می کنیم

$$H = H(T, p, V)$$

...

$$S = S(T, p) \Rightarrow S = S(T, p, V)$$

$$du = Tds - pdv \rightarrow H = u + pv \rightarrow dH = du + pdv + vdp$$

$$\rightarrow dH = Tds + vdp$$

$$A = U - TS$$

انرژی آزاد هلمهولتز یا تابع کار

اگر؟ سیستم انرژی و ترمال، در سبیل گرمادهی A ، و اگر انرژی و بار، در سبیل گرمادهی H ؟

$$\delta Q - \delta W = du$$

دست می آید

$$\delta Q_{rev} = Tds$$

$$\text{انرژی و ترمال} = \delta Q_{rev} = d(TS)$$

$$-\delta W = du = d(TS)$$

$$-\delta W = d(U - TS) \Rightarrow -\delta W = dA \Rightarrow -W = \Delta A, A = U - TS$$

$$dA = du - Tds - sdT$$

$$dA = Tds - pdv - Tds - sdT$$

$$dA = -sdT - pdv \quad (3)$$

رابطه سوم از ۱۶، رابطه

$$G = H - TS = A + pV$$

انرژی آزاد گیبس

اگر؟ سیستم باز؟ صورت انرژی و ترمال، در سبیل گرمادهی G ؟ دست می آید

$$dG = dH - Tds - sdT$$

$$dG = -s dT + v dp \quad (7)$$

رابطه چهارم از ۱۶، رابطه

منفرد از آنهایی آزاد هم همان انرژی آزاد گیبس است

$$f = f(n, y)$$

$$df = \left(\frac{\partial f}{\partial n} \right)_y dn + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)_n dy$$

$$\partial f = M dn + N dy$$

$$M = \left(\frac{\partial f}{\partial n} \right)_y = M(n, y)$$

$$N = \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)_n = N(n, y)$$

$$T = \left(\frac{\partial u}{\partial s} \right)_v = \left(\frac{\partial H}{\partial s} \right)_p \quad (8)$$

$$-p = \left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_s = \left(\frac{\partial A}{\partial v} \right)_T \quad (9)$$

$$v = \left(\frac{\partial H}{\partial p} \right)_s = \left(\frac{\partial G}{\partial p} \right)_T \quad (10)$$

$$-s = \left(\frac{\partial A}{\partial T} \right)_v = \left(\frac{\partial G}{\partial T} \right)_p \quad (11)$$

$$\left(\frac{\partial M}{\partial y} \right)_n = \left(\frac{\partial N}{\partial n} \right)_y \quad (12)$$

Subject :

PHY

Year 9th Month 12 Date 18

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y \partial x} = \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \quad (1)$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S = \left(-\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V \quad (11)$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_P \quad (12)$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \quad (13)$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = \left(-\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \quad (14)$$

$$Z = Z(n, y)$$

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial n}\right)_y \left(\frac{\partial n}{\partial y}\right)_Z \left(\frac{\partial y}{\partial Z}\right)_n = -1$$

$$dZ = \left(\frac{\partial Z}{\partial n}\right)_y dn + \left(\frac{\partial Z}{\partial y}\right)_n dy$$

ایست

$$n = n(y, Z)$$

$$dn = \left(\frac{\partial n}{\partial y}\right)_Z dy + \left(\frac{\partial n}{\partial Z}\right)_y dZ$$

$$dZ = \left(\frac{\partial Z}{\partial n}\right)_y \left[\left(\frac{\partial n}{\partial y}\right)_Z dy + \left(\frac{\partial n}{\partial Z}\right)_y dZ \right] + \left(\frac{\partial Z}{\partial y}\right)_n dy$$

$$dZ = \left(\frac{\partial Z}{\partial n}\right)_y \left(\frac{\partial n}{\partial y}\right)_Z dy + \left(\frac{\partial Z}{\partial n}\right)_y \left(\frac{\partial n}{\partial Z}\right)_y dZ + \left(\frac{\partial Z}{\partial y}\right)_n dy$$

$$dZ = \left(\frac{\partial Z}{\partial n}\right)_y \left(\frac{\partial n}{\partial y}\right)_Z dy + 1 + \left(\frac{\partial Z}{\partial y}\right)_n dy$$

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial n}\right)_y \left(\frac{\partial n}{\partial y}\right)_Z + \left(\frac{\partial Z}{\partial y}\right)_n = 0$$

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial n}\right)_y \left(\frac{\partial n}{\partial y}\right)_Z = -\left(\frac{\partial Z}{\partial y}\right)_n$$

$$\boxed{\left(\frac{\partial Z}{\partial n}\right)_y \left(\frac{\partial n}{\partial y}\right)_Z \left(\frac{\partial y}{\partial Z}\right)_n = -1}$$

در اینجا برای تنظیم حوا اول ترمودینامیکی از رابطه ۱۲ و ۱۳ استفاده می‌کنیم

$$\textcircled{1} dH = T ds + v dp$$

$$\textcircled{2} \left(\frac{\partial s}{\partial p}\right)_T = -\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p$$

$$V = V(T, P)$$

$$H = H(T, P) \Rightarrow dH = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T dP$$

$$\left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_P = C_P$$

$$\textcircled{1} \Rightarrow \left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T = T \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T + V$$

$$\textcircled{2} \Rightarrow \left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T = V - T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$$

$$dH = C_P dT + \left[V - T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \right] dP$$

$$S = S(T, P)$$

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

$$\textcircled{1} \Rightarrow \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_P = T \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P \Rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P = \frac{C_P}{T}$$

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

$$dS = \frac{C_P}{T} dT + \left[- \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \right] dP$$

C_P معلوم نیست پس صورت مسئله را پاک کرده در یک صورت گام به گام در دمای ثابت

در نظر می گیریم تا به مرحله بعدی برسیم

محاسبه H و S گاز نایل (H و S برای گاز نایل H' و S' در مجموع)
 مرحله اول

$$pV' = RT$$

$$\left(\frac{\partial H'}{\partial p} \right)_T = 0$$

$$\left(\frac{\partial V'}{\partial T} \right)_p = \frac{R}{p}$$

$$\left(\frac{\partial H'}{\partial p} \right)_T = V' - \frac{RT}{p} = V' - V' = 0$$

$$dH' = C_p' dT$$

$$C_p^0 = C_p' = A + B + CT^2 + DT^{-2}$$

$$H' - H'_0 = \int_{T_0}^T C_p' dT$$

دما به مرجع T_0

$$H' = H'_0 + \int_{T_0}^T C_p' dT$$

$$H' = H'(T)$$

$$ds' = \frac{C_p'}{T} dT + \left[-\frac{R}{p} \right] dp$$

دما به مرجع T_0 و فشار به مرجع p_0

$$S' - S'_0 = \int_{T_0}^T \frac{C_p'}{T} dT - R \ln \frac{p}{p_0}$$

$$S' = S'_0 + \int_{T_0}^T \frac{C_p'}{T} dT - R \ln \frac{p}{p_0}$$

سرمه ششم ترم ریاضات ترم در دنیا ملک ۲

فصل ششم و ن و این

قدیم: ۲۳ - ۲۵ - ۴۴ - ۵۸ - ۹۹ - ۱۱۶ - ۱۲۹ - ۱۳۱

جدید: ۳۳ - ۲۷ - ۴۴ - ۴۱ - ۱۲۶ - ۱۴۹ - ۱۷۱ - ۱۶۷

فصل ششم اسمیت

سوال ۱ و ۲

معلقه درم تا، واقعی یا بخار داغ

$$\Delta H' = H' - H = f(T, P, V)$$

$$\Delta S' = S' - S = g(T, P, V)$$

$$H = H' - \Delta H'$$

$$S = S' - \Delta S'$$

$$\left[\frac{\partial (\Delta H')}{\partial P} \right]_T = \left(\frac{\partial H'}{\partial P} \right)_T - \left(\frac{\partial H}{\partial P} \right)_T$$

$$\left[\frac{\partial (\Delta S')}{\partial P} \right]_T = \left(\frac{\partial S'}{\partial P} \right)_T - \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T$$

Subject:

EVO

Year 9th Month 1st Date 20

$$T = \text{cte} \quad d(\Delta H') = \left[T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P - V \right] dP$$

$$d(\Delta S') = \left[\left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P - \frac{R}{P} \right] dP$$

$$\Delta H' = \int_0^P \left[T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P - V \right] dP$$

$$\Delta S' = \int_0^P \left[\left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P - \frac{R}{P} \right] dP$$

$$\lim_{P \rightarrow 0} (\Delta H')_{T=0} = (\Delta H')^*$$

$$\lim_{P \rightarrow 0} (\Delta S')_{T=0} = (\Delta S')^*$$

$$H' = H'_0 + \int_{T_0}^T c_p \Delta T$$

مرحله اول: گاز کامل

$$S' = S'_0 + \int_{T_0}^T c_p \frac{dT}{T} - R \ln \frac{P}{P_0}$$

مرحله دوم: گاز واقعی یا بخار ران

$$-H^R = \Delta H' = H' - H$$

$$-S^R = \Delta S' = S' - S$$

$$H = H' - \Delta H'$$

$$S = S' - \Delta S'$$

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

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

$$\Delta H = \int_0^P \left[T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P - V \right] dP$$

$$\Delta S = \int_0^P \left[\left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P - \frac{R}{P} \right] dP$$

$$(\Delta H')^* = \lim_{P \rightarrow 0} \Delta H' = 0$$

$$(\Delta S')^* = \lim_{P \rightarrow 0} (\Delta S') = 0$$

$$\Delta M' = M' - M$$

residual property

$$(\Delta M')^* = \lim_{P \rightarrow 0} (\Delta M') = 0, \text{ if } M \neq V$$

حجم مخصوص (V) تنها استثنایی است که شرایط بالا برای آن صادق نیست

$$\lim_{P \rightarrow 0} \alpha = (\Delta V')^* = \lim_{P \rightarrow 0} \Delta V \neq 0 \text{ فقط در یک حالت یا در یک دمای خاص می تواند صفر باشد}$$

$$V' = \frac{RT}{P} \quad \text{گاز ایده آل}$$

$$V = \frac{ZRT}{P} \quad \text{گاز واقعی}$$

$$\alpha = \Delta V' = \frac{RT}{P} - V$$

$$P\alpha = P\Delta V' = RT - PV$$

$$\lim_{P \rightarrow 0} (P\alpha) = 0 \not\Rightarrow \lim_{P \rightarrow 0} \alpha = 0$$

$$(PV)^* = \lim_{P \rightarrow 0} (PV) = RT = a$$

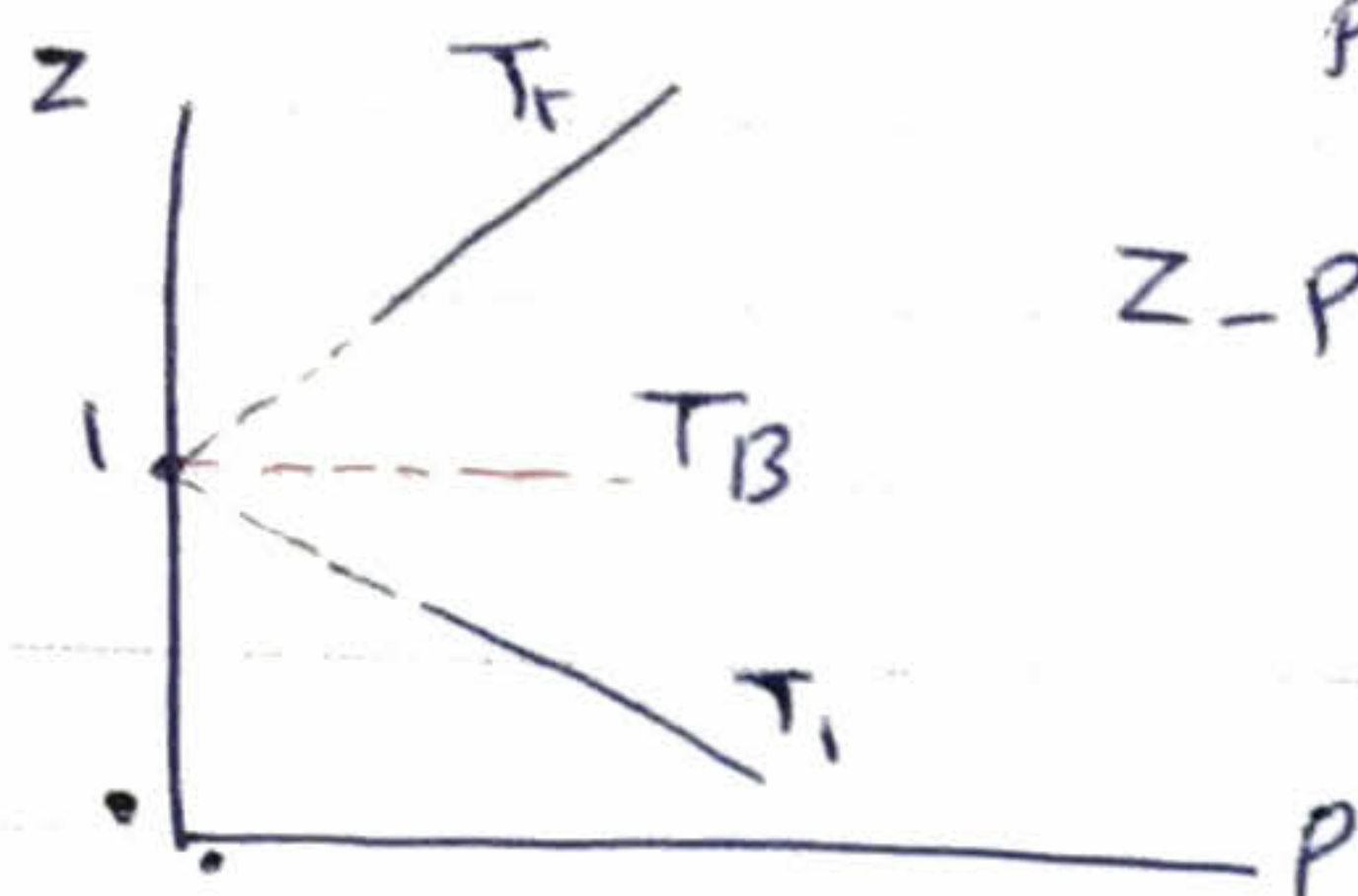
$$\alpha = \Delta V' = \frac{RT}{P} - \frac{ZRT}{P}$$

$$\alpha = \Delta V' = -RT \left(\frac{Z-1}{P} \right)$$

$$Z = 1 + B'P + C'P^2 + \dots$$

$$\frac{Z-1}{P} = B' + C'P + \dots$$

پس نتیجه می گیریم $pV = RT$ نه؟ معنای $V = \frac{RT}{P}$ شدن نیست



دمای بویل دمای است که شیب نمودار آن در دستگاه Z-P

صفر باشد

$$\lim_{P \rightarrow 0} \left(\frac{\partial Z}{\partial P} \right) = 0 \Rightarrow T_B = ?$$

دمای بویل

دمای بویل و ضریب ویرال مرتبه دوم یکی می شود

$$Z = 1 + B'P + C'P^2 + \dots$$

$$\frac{\partial Z}{\partial P} = B' + 2C'P + \dots$$

$$\lim_{P \rightarrow 0} \left(\frac{\partial Z}{\partial P} \right) = B'$$

$$B' = 0 \iff B = 0 \iff \lim_{P \rightarrow 0} \left(\frac{\partial Z}{\partial P} \right) = 0$$

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2} \Rightarrow T_B = ?$$

تست

$$\frac{\partial Z}{\partial P} = \frac{(\partial Z / \partial V)}{(\partial P / \partial V)}$$

$$T_B = \frac{a}{bR}$$

$$T_{RB} = \frac{T_B}{T_C} \approx 1, d$$

تک مقدار تقریبی است

$$\frac{BP_C}{RT_C} = B^0 + w B^1$$

روش های مختلف محاسبه مقادیر $\Delta H'$ و $\Delta S'$ برای یک گاز واقعی یا بخار راغ در یک

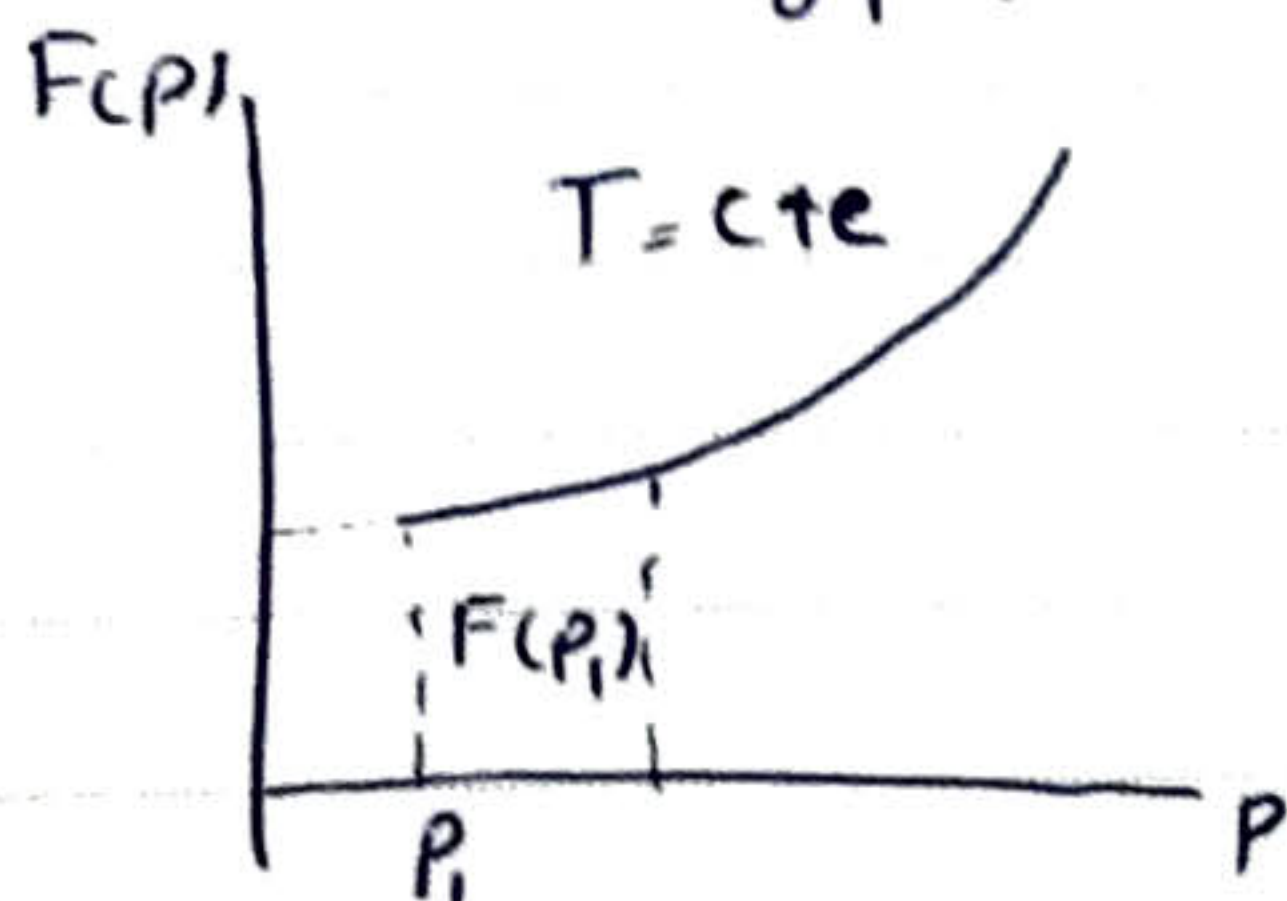
P, T معین:

روش اول: جدول حجم مبنی

	T_1	T_2	T	T_3	T_4
$P = P_1$	V_{11}	V_{12}	V_1	V_{13}	V_{14}
P_2	V_{21}	V_{22}	V_2	V_{23}	V_{24}
$\vdots$					
$P = P_n$	V_{n1}	V_{n2}	V_n	V_{n3}	V_{n4}

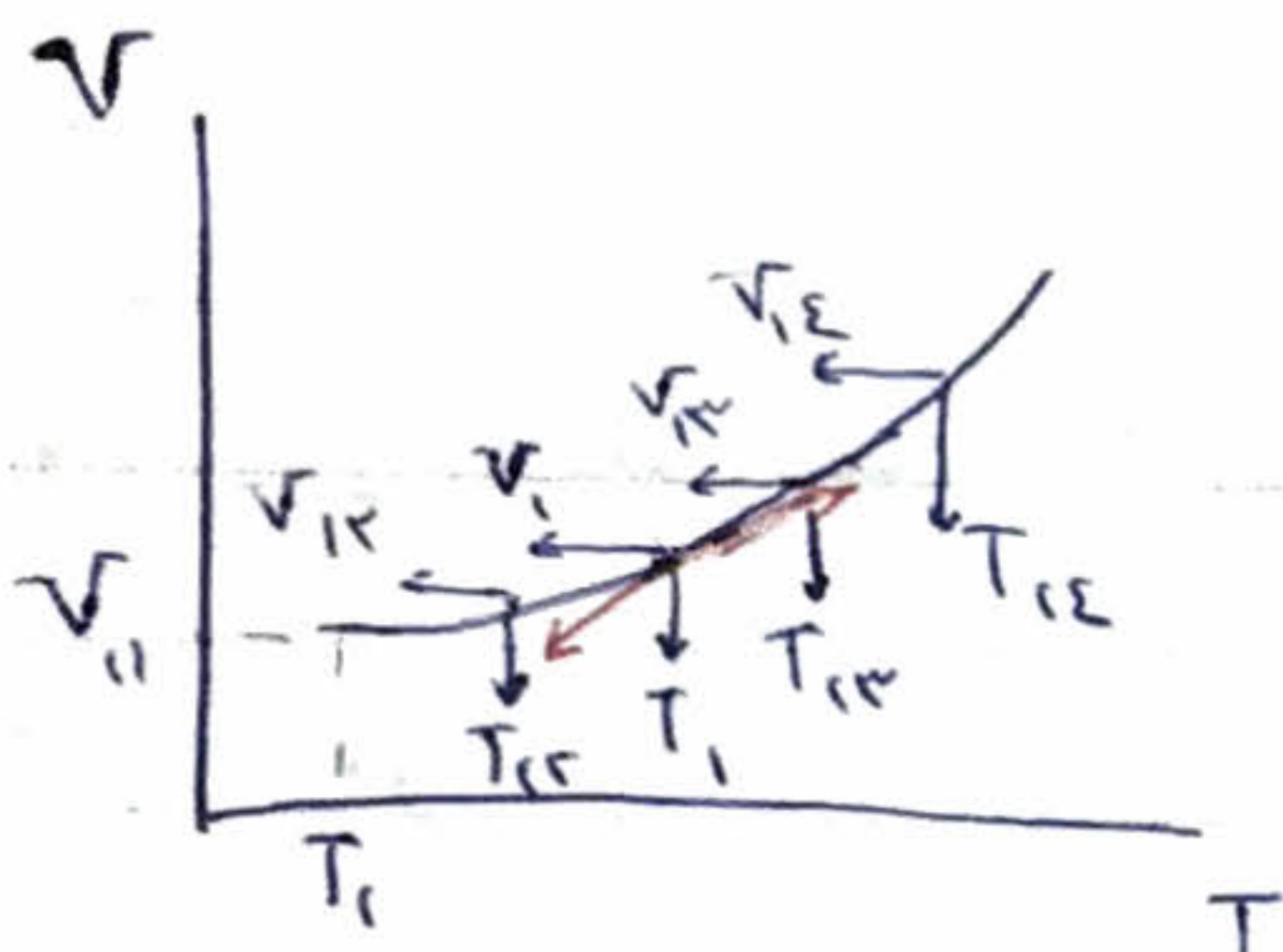
$$\Delta H' = \int_0^P F(p) dp$$

$$F(p) = T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p - V$$



Subject: ΔT
 Year: 95 Month: 1 Date: 17

$$F(P_1) = T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_{P_1} - V_1$$



$(\frac{\partial V}{\partial T})_{P_1}$ - شیب مماس

$$\Delta H' = \int_0^P \left[T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P - V \right] dP$$

$$\Delta S' = \int_0^P \left[\left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P - \frac{R}{P} \right] dP$$

در روش حجمی در فشارهای پایین با اعداد بزرگ سر و کار داریم و $V \rightarrow \infty$ و در روشی دیگر $\frac{\partial V}{\partial T} \rightarrow \infty$

$$\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$$

ص ۵۳

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = \beta V$$

$$\lim_{P \rightarrow 0} \beta = \frac{1}{T}$$

برای رفع این مشکل از تعبیر تابع استفاده می‌کنیم و از حجم باقی مانده با residual vol.

$$\Delta V' = V' - V \rightarrow \Delta V' = \frac{RT}{P} - V$$

استفاده می‌کنیم

$$(\Delta V')^* = \lim_{P \rightarrow 0} \Delta V' = \beta$$

$$\left(\frac{\partial V'}{\partial T} \right)_P = \frac{R}{P} - \left[\frac{\partial (\Delta V')}{\partial T} \right]_P$$

$$\Delta H' = \int_0^P (\Delta V') dP - T \int_0^P \left[\frac{\partial (\Delta V')}{\partial T} \right]_P dP$$

$$\Delta S' = - \int_0^P \left[\frac{\partial (\Delta V')}{\partial T} \right]_P dP$$

روش دوم: روش استفاده از یک معادله حالت خاص مثل معادله وان در والس یا ردیش کوانگ

یا معادلات حالت تجربی

روش سوم: روش عمومی پتندر

از Z و V تغییر تابع می دهیم

$$Z = \frac{PV}{RT} \rightarrow V = \frac{ZRT}{P}$$

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = \frac{R}{P} \left(Z + T \left(\frac{\partial Z}{\partial T}\right)_P\right)$$

$$\Delta H' = \int_0^P \left[\frac{RTZ}{P} + \frac{RT^2}{P} \left(\frac{\partial Z}{\partial T}\right)_P - \frac{RTZ}{P} \right] dp$$

$$\Delta H' = RT^2 \int_0^P \left(\frac{\partial Z}{\partial T}\right)_P \frac{dp}{P}$$

$$\Delta S' = R \int_0^P \left[Z + \left(\frac{\partial Z}{\partial T}\right)_P - 1 \right] \frac{dp}{P}$$

$$B \text{ ضربه} \rightarrow T_c, P_c, V_c, Z_c, w$$

$$T_A = \frac{T}{T_c}, P_A = \frac{P}{P_c}$$

حالت اول نقطه نقطه $\rightarrow$ شکل II - ۲

Subject: دانش

Year: 94 Month: 1 Date: 19 ()

دانش: $Z = 1 + \beta' P$

$$Z = 1 + \frac{BP}{RT}$$

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial T}\right)_P = \frac{P}{R} \times \left(\frac{1}{T} \frac{dB}{dT} - \frac{B}{T^2}\right)$$

$$\Delta H' = RT^2 \int_0^P \frac{P}{R} \left(\frac{1}{T} \frac{\partial B}{\partial T} - \frac{B}{T^2}\right) \frac{dP}{P}$$

$$\frac{\Delta H'}{RT} = \frac{P}{R} \left(\frac{\partial B}{\partial T} - \frac{B}{T}\right)$$

$$Z = 1 + \frac{BP_c}{RT_c} \cdot \frac{P_R}{T_R}$$

$$\frac{BP_c}{RT_c} = B^0 + w B^1$$

$$B^0 = B^0(T_R), B^1 = B^1(T_R)$$

$$B = \frac{RT_c}{P_c} (B^0 + w B^1)$$

$$\frac{dB}{dT} = \frac{RT_c}{P_c} \left(\frac{dB^0}{dT} + w \frac{dB^1}{dT}\right)$$

$$\frac{\Delta H'}{RT} = \frac{R}{R} \times \frac{RT_c}{P_c} \left[\left(\frac{dB^0}{dT} + w \frac{dB^1}{dT}\right) - \left(\frac{B^0}{T} + w \frac{B^1}{T}\right)\right]$$

$$\frac{\Delta H'}{RT} = P_R \left[\left(\frac{dB^0}{dT_R} - \frac{B^0}{T_R}\right) + w \left(\frac{dB^1}{dT_R} - \frac{B^1}{T_R}\right)\right]$$

$$\frac{\Delta S'}{R} = P_R \left[\left(\frac{dB^0}{dT_R}\right) + w \left(\frac{dB^1}{dT_R}\right)\right]$$

$$B^{\circ} = 10.18 - \frac{1422}{T_R^{1.4}}$$

$$B' = 1129 - \frac{1172}{T_R^{1.2}}$$

$$\frac{dB^{\circ}}{dT_R} = \frac{1422}{T_R^{2.4}}$$

$$\frac{dB'}{dT_R} = \frac{1172}{T_R^{2.2}}$$

سری هفتم تمرینات ترمودینامیک

فصل ششم اسمیت: ۹، ۲۹، ۴۱، ۴۲

حالت دوم: نقطه در منطقه پایین شکل ۱۱-۳

$$Z = Z^{\circ} + wZ' \rightarrow Z'(T_R, P_R)$$

$\downarrow$
 $Z'(T_R, P_R)$

$$\Delta H' = R T_c^{\circ} T_R^{\circ} \int_0^{P_R} \frac{1}{T_c} \times \left(\frac{\partial Z}{\partial T_R} \right)_{P_R} \frac{dP_R}{P_R}$$

$$\frac{\Delta H'}{R T_c} = T_R^{\circ} \int_0^{P_R} \left(\frac{\partial Z}{\partial T_R} \right)_{P_R} \cdot \frac{dP_R}{P_R}$$

$$\frac{\Delta H'}{R T_c} = T_R^{\circ} \int_0^{P_R} \left(\frac{\partial Z^{\circ}}{\partial T_R} \right)_{P_R} \cdot \frac{dP_R}{P_R} + w T_R^{\circ} \int_0^{P_R} \left(\frac{\partial Z'}{\partial T_R} \right)_{P_R} \cdot \frac{dP_R}{P_R}$$

$$\frac{\Delta S'}{R} = \int_0^{P_R} \left[Z + T_R \left(\frac{\partial Z}{\partial T_R} \right)_{P_R} - 1 \right] \frac{dP_R}{P_R}$$

$$\frac{\Delta S'}{R} = \int_0^{P_R} \left[Z^{\circ} - 1 + T_R \left(\frac{\partial Z^{\circ}}{\partial T_R} \right)_{P_R} \right] \frac{dP_R}{P_R} +$$

$$w \int_0^{P_R} \left[Z' + T_R \left(\frac{\partial Z'}{\partial T_R} \right)_{P_R} \right] \frac{dP_R}{P_R}$$

Subject: ΔV

Year: 9th Month: 1 Date: 19

$$\frac{\Delta H'}{RT_c} = \left(\frac{\Delta H'}{RT_c} \right)^0 + w \left(\frac{\Delta H'}{RT_c} \right)^1$$

$\downarrow$ $\downarrow$
مثال 5-6 مثال 4-6

$$\frac{\Delta S'}{R} = \left(\frac{\Delta S'}{R} \right)^0 + w \left(\frac{\Delta S'}{R} \right)^1$$

$\downarrow$ $\downarrow$
مثال 7-6 مثال 1-6

1-

بخار، استای خشک $H = H' - \Delta H' \quad P = P^{Sat}$
 $S = S' - \Delta S'$ بخار داغ h_g, s_g
 $\xrightarrow[\Delta S']{\Delta H'} H', S' \rightarrow$ تا؛ واقعی یا تا؛ کامل

بخار داغ با استای ۱۰۰ درصد که فشار استای عین متناظر با دمای استای باشد

بخار استای خشک می‌شوند

مایع استای h_{fg}, s_{fg} در نتیجه
 با کیفیت صفر

تغییر فاز به صورت انتر و ترمال، انتر دیا، و در سیل صورت می‌گیرد و حجم مایع افزایش

می‌یابد $\Delta Q = dH = T ds = d(Ts)$

تغییر فاز مصداق تساوی قانون اول و قانون دوم می‌باشد

$Q = \Delta H = \Delta(Ts)$

$h_{fg} = h_g - h_f$

تبعیه: $Q = h_{fg} = Ts_{fg}$

$\longrightarrow h_f = h_g - h_{fg}$

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

$s_f = s_g - s_{fg}$

فرمول ریدل $\Rightarrow \frac{\Delta H_n}{T_n} = \frac{2.17 (\ln P_c - 1)}{19.3 - T_{Rn}}$

$T_n [=]^\circ K$ نقطه جوش نرمال $T_{Rn} = \frac{T_n}{T_c}$

$$P_c [=] \text{atm}$$

$$\Delta H_n [=] \frac{\text{cal}}{\text{gmol}}$$

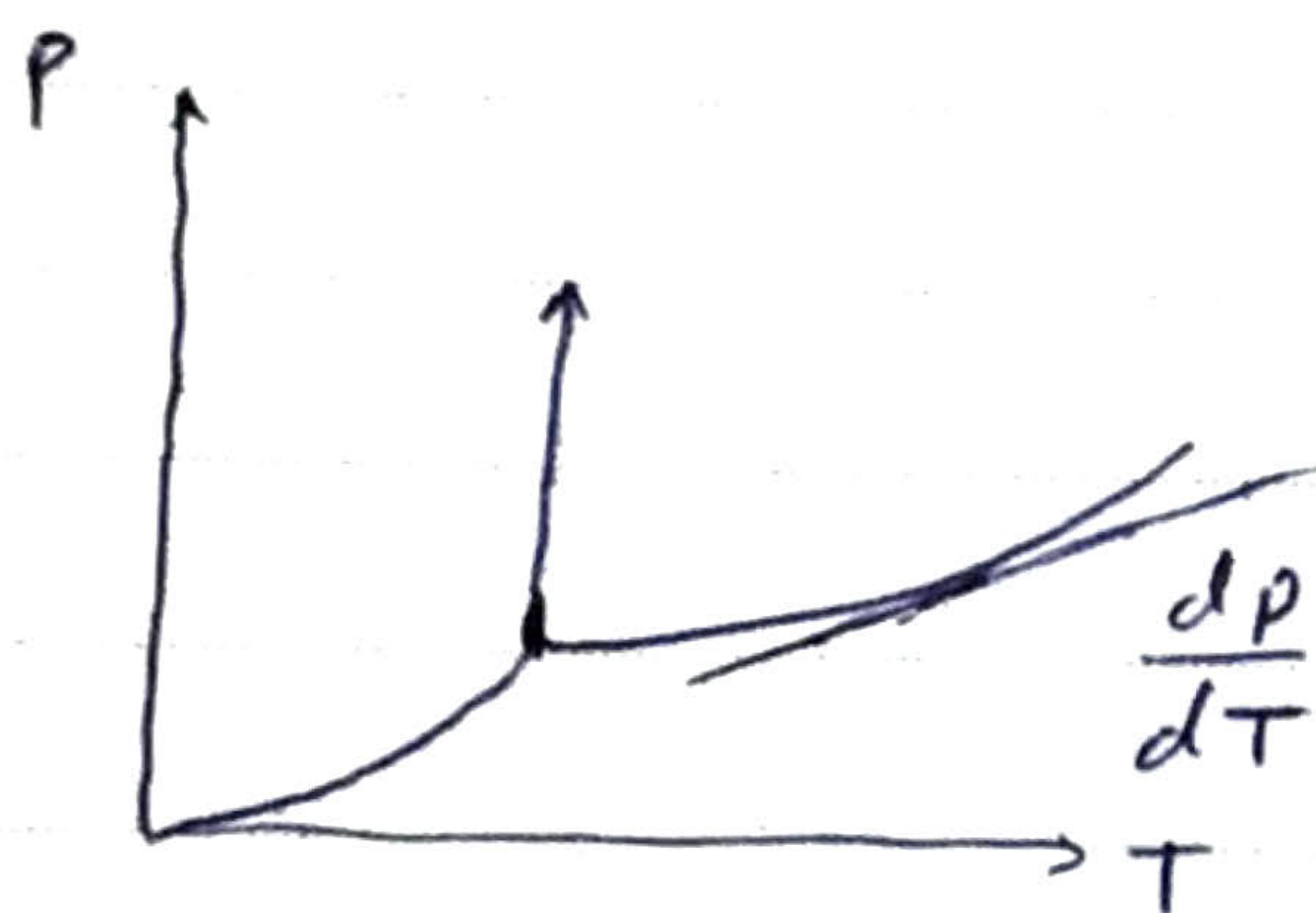
گرمای نهان تبخیر در T_n

فرمول دانسون $\frac{\Delta H_r}{\Delta H_i} = \left(\frac{1 - T_{Rr}}{1 - T_{Ri}} \right)^{1.28}$

$$T_{Ri} = \frac{T_i}{T_c} \quad T_{Rr} = \frac{T_r}{T_c}$$

معادله کلاپیرون $\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H}{T \Delta V} \propto \frac{1}{T^{\alpha/\beta}}$

شیب نمودار در نمودار فازها



$$G = \Delta H^{\alpha\beta} = T \Delta S^{\alpha\beta}$$

$$H^{\beta} - H^{\alpha} = T(S^{\beta} - S^{\alpha})$$

$$H^{\beta} - TS^{\beta} = H^{\alpha} - TS^{\alpha}$$

$$G^{\beta} = G^{\alpha}$$

$$dG^{\beta} = dG^{\alpha}$$

در تغییر فاز انرژی آزاد گیبس تغییر نمی کند و

همچنین خواص ترمودینامیکی مشتق شده

از انرژی آزاد گیبس نیز تغییر نخواهد کرد.

$$dG = -SdT + Vdp$$

این معادله کلی است

$$-S^{\alpha}dT + V^{\alpha}dp = -S^{\beta}dT + V^{\beta}dp$$

$$(V^{\alpha} - V^{\beta})dp = (S^{\beta} - S^{\alpha})dT$$

$$\frac{dp}{dT} = \frac{S^{\beta} - S^{\alpha}}{V^{\beta} - V^{\alpha}} = \frac{H^{\beta} - H^{\alpha}}{T(V^{\beta} - V^{\alpha})} \Rightarrow \frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H^{\alpha\beta}}{T\Delta V^{\alpha\beta}}$$

این معادله فقط برای تبخیر صادق است

معادله کلی تر است:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{h_{fg}}{TV_{fg}}$$

وقتی از دماهای بحرانی دور می شویم نامساوی رو بر و صادق است

$V_g \gg V_f$ ؛ فرض اول

$$V_{fg} = V_g$$

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

فاز بخار را کامل است

$$\frac{dp}{dT} = \frac{h_{fg}}{T \times \frac{RT}{P}} = \frac{Ph_{fg}}{RT^2}$$

$$\frac{dP/P}{dT/T^2} = \frac{h_{fg}}{R}$$

$$\frac{d \ln P}{d(1/T)} = \frac{h_{fg}}{R}$$

$$\frac{d \ln P^{sat}}{d\left(\frac{1}{T}\right)} = -\frac{h_{fg}}{R}$$

فرض سوم: $h_{fg} = cte$

یعنی رابطه‌ی $\ln P^{sat}$ و $\frac{1}{T}$ خطی است. فرض کاملاً غلط $\frac{d \ln P^{sat}}{d\left(\frac{1}{T}\right)} = cte$

نتیجه درست است اما از مقدمه‌ی غلط درست $\ln P^{sat} = A - \frac{B}{T}$ نتیجه

آمده اما نمی‌توان مقدمات را درست فرض کرد.

از یک مقدمه یا استدلال غلط می‌توان به نتیجه درست یا غلط رسید

اگر استدلال درست باشد حتماً نتیجه درست است اما مقدمه غلط دارای نتیجه یا درست

یا غلط می‌باشد

$$\ln p^{\text{sat}} = A - \frac{B}{T}$$

$$\textcircled{1} \begin{cases} T = T_n \\ p^{\text{sat}} = 1 \text{ atm} \end{cases}$$

$$\textcircled{2} \begin{cases} T = T_c \\ p^{\text{sat}} = P_c \end{cases}$$

$$\ln p^{\text{sat}} = A - \frac{B}{T+C}$$

معادله آنتوان

$$\ln p^{\text{sat}} = A - \frac{B}{T+C} + DT + E \ln T$$

هرچه پارامترها بیشتر مدلهای معمولاً دقیق تر می شوند

می خواهیم h و u مایع کمپرس را بدست آوریم:

$$\left(\frac{\partial H}{\partial p} \right)_T = V - T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p = V(1 - \beta T)$$

$$\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$$

برای مایعات می توان β را در یک مقدار متوسط ثابت فرض کرد

$$T = \text{cte} \Rightarrow dH = [V(1 - \beta T)] dp$$

$$H - h_f = \int_{p_{\text{sat}}}^P V(1 - \beta T) dp$$

$$\beta T \ll 1$$

U_{جو}

$$H \approx h_f + V_{avg} (P - P^{sat})$$

$$V_{avg} (P - P^{sat}) \ll h_f \quad \text{مقدار بسیار کوچک}$$

$$h \approx h_f$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = - \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = -\beta V$$

برای S داری

$$T = \text{cte} \Rightarrow dS = -\beta V dP$$

$$S - S_f = - \int_{P^{sat}}^P \beta V dP$$

$$S = S_f - \int_{P^{sat}}^P \beta V dP$$

$$S \approx S_f - \beta V_{avg} (P - P^{sat})$$

$$S \approx S_f$$

U_{جو}

$$A = H - PV$$

$$G = H - TS$$

Subject:

۹۴

Year. ۹۴ Month. ۱ Date. ۲۷ ()

$$\left(\frac{\partial u}{\partial p}\right)_T = \left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T - v - p\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial p}\right)_T = -T\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p - p\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T, \quad k = -\frac{1}{v}\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial p}\right)_T = -\beta T v + k v p = v(kp - \beta T)$$

$$\beta = \frac{1}{T}$$

کتاب

$$k = \frac{1}{p}$$

$$H = H(T)$$

فقط

$$\left(\frac{\partial H}{\partial p}\right)_T = 0$$

$$u = u(T)$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial p}\right)_T = 0$$

$$S = S(T, p)$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T = -\frac{R}{p}$$

$$\frac{1}{v} = \rho = \text{cte}$$

$$\beta = 0$$

$$k = 0$$

سیال تراکم ناپذیر

$$\left(\frac{\partial u}{\partial p}\right)_T = 0, \quad u = u(T) \text{ فقط}$$

Subject:

۴۵ ص

Year ۹۴

Month ۱

Date ۲۴ ()

$$\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -V \quad \text{L} \quad S = S(T)$$

$$\left(\frac{\partial H}{\partial P}\right)_T = V \quad , \quad H = H(T, P)$$

$$\textcircled{1} - w_s = \Delta H + \frac{V_2^r - V_1^r}{\gamma g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c}$$

$$T = \text{cte}, \quad Q = 0, \quad w_s = 0$$

$$(H_2 - H_1) + \frac{V_2^r - V_1^r}{\gamma g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c} = 0$$

$$\Delta H = \Delta u + \Delta(PV)$$

$$\Delta H = \frac{\Delta P}{\rho}$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \frac{V_2^r - V_1^r}{\gamma g_c} + \frac{g(Z_2 - Z_1)}{g_c} = 0$$

$$\frac{P}{\rho} + \frac{V^r}{\gamma g_c} + \frac{gZ}{g_c} = \text{cte}$$

$$\frac{dP}{\rho} + \frac{V dV}{g_c} + \frac{g dZ}{g_c} = 0$$

$$\Delta P = \rho g h$$

از این معادله موارد زیر استفاده شد:

نمودار ایستاده

$$\textcircled{1} du = Tds - pdv$$

$$H = U + PV$$

$$\textcircled{2} dH = Tds + Vdp$$

$$A = U - TS$$

$$\textcircled{3} dA = -sdT - pdv$$

$$G = H - TS$$

$$\textcircled{4} dG = -sdT + Vdp$$

یک مول یا یک واحد جرم سیستم بسته یا باز همگن

مخلوط ترکیب ثابت (حالت عام ماده‌ی متالین)

$$n = \sum n_i$$

n مول مخلوط شامل n_i مول از سازندهای مختلف

اگر n_i ها نسبت به زمان ثابت باشند و آن مخلوط با ترکیب ثابت می‌تواند

اما در جریان‌ها زمان‌های حضور را به مکان می‌دهد

اگر n_i ثابت باشد n ثابت است اما ثابت بودن n به معنی ثابت بودن n_i نیست

مخلوطی که حداقل یک n_i در آن ثابت باشد را مخلوط با ترکیب متغیر

می گویند

برای n مول مخلوط یا n واحد جرم مخلوط $d(nu) = Td(ns) - Pd(nv)$

با ترکیب ثابت سیستم باز ممکن یا بسته $d(nH) = Td(ns) + nVdp$

$d(nA) = - (ns)dT - Pd(nv)$

$d(nG) = - (ns)dT + (nv)dP$

$nu = u(ns, nv)$ n مول مخلوط با ترکیب ثابت سیستم بسته یا

$nH = H(ns, p)$ باز ممکن

$nA = A(T, nv)$

$nG = G(T, p)$

n مخلوط با ترکیب متغیر سیستم باز ممکن یا بسته

$nu = u(ns, nv, n_i) \Rightarrow d(nu) = \left[\frac{\partial (nu)}{\partial (ns)} \right]_{nv, n_i} d(ns) + \left[\frac{\partial (nu)}{\partial (nv)} \right]_{ns, n_i} d(nv) + \sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial (nu)}{\partial n_i} \right]_{nv, ns, n_j} dn_i$

$d(nu) = Td(ns) - Pd(nv) + \sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial (nu)}{\partial n_i} \right]_{nv, ns, n_j} dn_i$

پتانسیل شیمیایی n_i ام سازند

کذا هو، است که این رابطه، رابطه اصلی ترمودینامیک گوییم (برای

n مول مخلوط تا ترکیب متغیر سیستم باز همگن یا بسته)

چون این رابطه نقطه‌ای است ترکیب متغیر ثابت $n_H = n_U + p(n_V)$

آن یکی است اما اگر تحول رخ دهد دیگر ترکیب $d(n_H) = d(n_U) + p d(n_V) + (n_V) dp$

متغیر ثابت با هم یکی نخواهد بود

$$d(n_H) = T d(n_S) - p d(n_V) + \sum_{i=1}^N \mu_i dn_i + p d(n_V) + n_V dp$$

$$d(n_H) = T d(n_S) + (n_V dp) + \sum_{i=1}^N \mu_i dn_i, \quad \mu_i = \left[\frac{\partial (n_H)}{\partial n_i} \right]_{n_S, p, n_j}$$

$$d(n_A) = -(n_S) dT - p d(n_V) + \sum_{i=1}^N \mu_i dn_i, \quad \mu_i = \left[\frac{\partial (n_A)}{\partial n_i} \right]_{T, n_V, n_j}$$

$$d(n_G) = -(n_S) dT + (n_V) dp + \sum_{i=1}^N \mu_i dn_i, \quad \mu_i = \left[\frac{\partial (n_G)}{\partial n_i} \right]_{T, p, n_j}$$

۱- اگر در سیستم باز در مرز انتقال حریم داشته باشیم و واکنش نداشته باشیم ترکیب مخلوط

تغییر می‌کند ۲- ترکیب با واکنش در سیستم بسته (اکتور batch) ۳- ترکیب با واکنش

در سیستم باز (اکتور جریان) - موارد بالا مصادیق روابط با ترکیب متغیر می‌باشد

Subject:

۹۹۰۰

Year. ۹۴ Month. ۱ Date. ۳۱ ()

$$d(nG) = -(nS)dT + (nV)dp + \sum \mu_i dn_i$$

$$\mu_i = \left[\frac{\partial (nG)}{\partial n_i} \right]_{T, P, n_j} = \bar{G}_i$$

$$\left(\frac{\partial \mu_i}{\partial T} \right)_{P, n_j} = - \left[\frac{\partial (nS)}{\partial n_i} \right]_{T, P, n_j} = -\bar{S}_i$$

$$\left(\frac{\partial \mu_i}{\partial P} \right)_{T, n_j} = \left[\frac{\partial (nV)}{\partial n_i} \right]_{T, P, n_j} = \bar{V}_i$$

با مقایسه قسمت راست داریم،

$$\bar{M}_i = \left[\frac{\partial (nM)}{\partial n_i} \right]_{T, P, n_j}$$

خاصیت مولی جنبشی سازندهای اتم درون

مخلوط

تفاوت واقعی یا بجای
 داغ

$$H = H' + \int_{T_0}^T c_p dT - \Delta H' = H(T, P)$$

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT - [(\Delta H')_2 - (\Delta H')_1]$$

$$\Delta H = H_2 - H_1$$

$$SSSF \Rightarrow Q - W_s = \Delta H + \Delta E_k + \Delta E_p$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{M}_i &= \left[\frac{\partial (nG)}{\partial n_i} \right]_{T, P, n_j} = + \bar{G}_i \\ \left[\frac{\partial \mu_i}{\partial T} \right]_{P, n_j} &= - \left[\frac{\partial (nS)}{\partial n_i} \right]_{T, P, n_j} = - \bar{S}_i \\ \left[\frac{\partial \mu_i}{\partial P} \right]_{T, n_j} &= \left[\frac{\partial (nV)}{\partial n_i} \right]_{T, P, n_j} = \bar{V}_i \end{aligned} \right\} \Rightarrow \bar{M}_i = \left[\frac{\partial (nM)}{\partial n_i} \right]_{P, T, n_j}$$

$$\left[\frac{\partial (nT)}{\partial n_i} \right]_{T, P, n_j} = T$$

T ثابت است، پس درون آید

$$n = n_i + n_j$$

$$\frac{\partial n}{\partial n_i} = \frac{\partial n_i}{\partial n_i} + 0 = 1$$

M از V, H, S, G, U یعنی خاصیت M به اصول مخلوط در P, T

M_i مثل T_i, U_i, S_i, G_i, H_i ... یعنی خاصیت M برای یک مول ماده i

خالص می باشد در P, T مخلوط

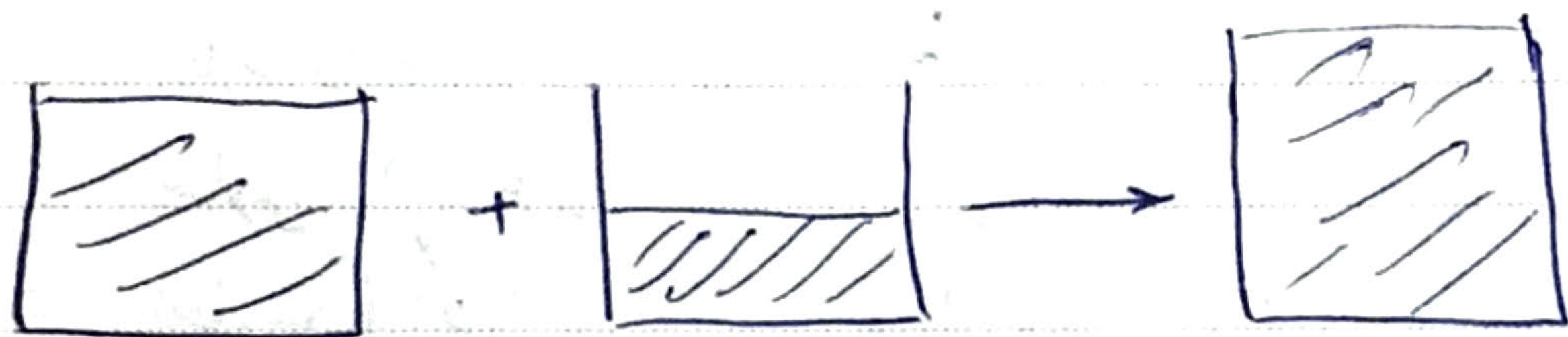
حجم امول ماده خالص با حجم امول مخلوط یکسان نیست. اگر این شرایط را بسط

دفعه H و U ... هم به این صورت می باشد

$\bar{M}_i$ مثل $\bar{T}_i, \bar{U}_i, \bar{S}_i, \bar{G}_i, \bar{H}_i$... یعنی خاصیت M برای یک مول ماده

اُم (در حالت خالص) بلکه در مخلوط در P, T

مثال:



ظرف اول
شامل ۳ مول سازند اول
 P, T, d

ظرف دوم
شامل ۲ مول سازند
دوم در P, T

$۳V =$ حجم ظرف اول

حجم مجموع با جمع اسعجام برابر نیست

$۲V =$ حجم ظرف دوم

$\bar{V}$ از طریق $\bar{V}$ قابل اندازه گیری می باشد

$۵V =$ حجم ظرف سوم

but $\Delta V \neq ۲V + ۳V$ so $\Delta V = ۲\bar{V}_2 + ۳\bar{V}_1$

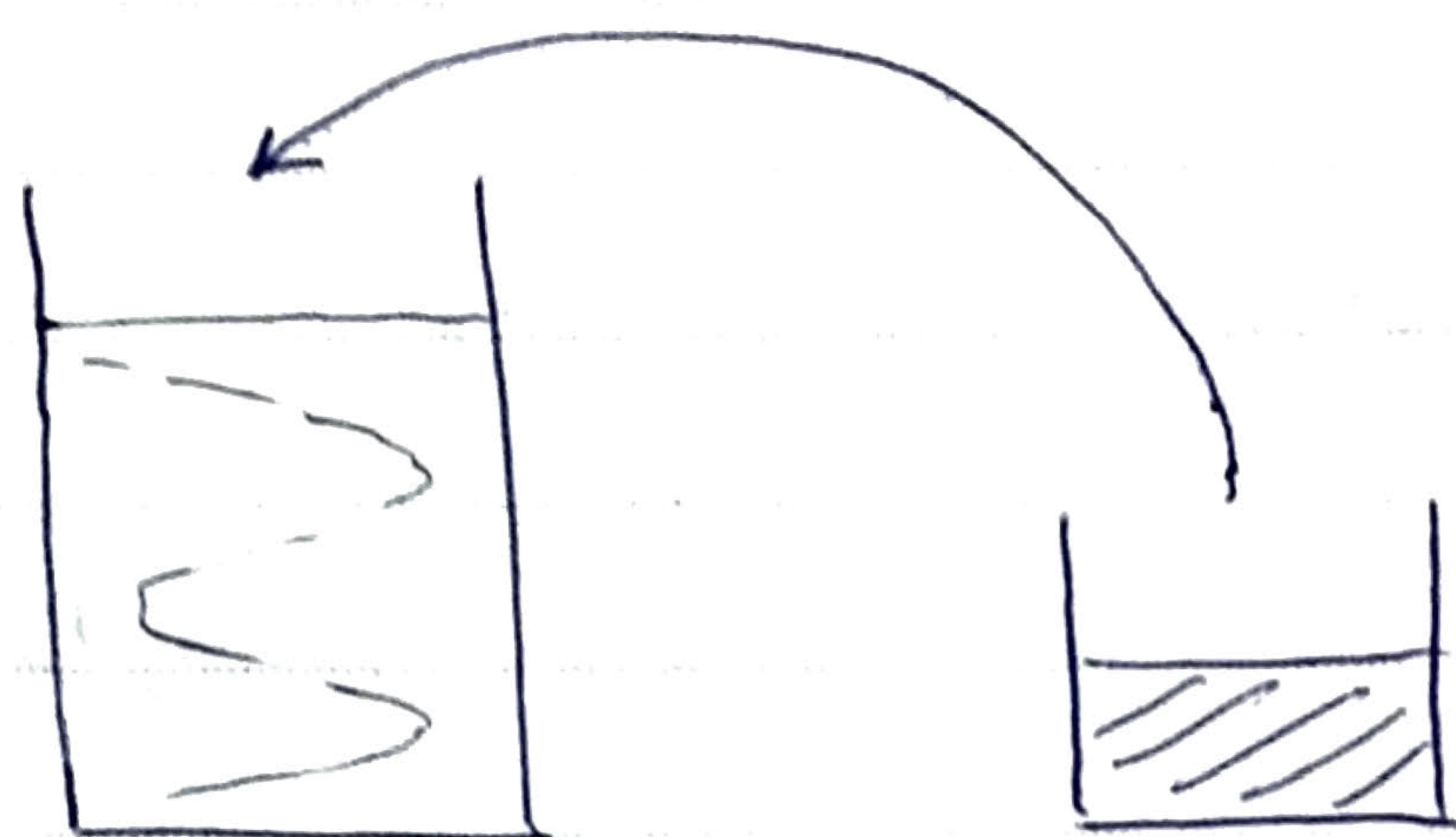
$$\bar{V}_1 \neq V_1, \quad \bar{V}_2 \neq V_2$$

اگر مساوی باشد یک فرض خیالی خواهد بود. آل است که آل محلول ایده آل می گویند

$$\bar{M}_i = \left[\frac{\partial (nM)}{\partial n_i} \right]_{T, P, n_j}$$

$$\bar{V}_i = \left[\frac{\partial (nV)}{\partial n_i} \right]$$

اثبات



ظرف بزرگ

حاوی n مول

مخلوط در T و P

ظرف کوچک

حاوی Δn_i مول

سازند از آل؟ حالت

خالص در T و P

$$\Delta(nV) = \text{افزایش حجم}$$

ظرف بزرگ

با ریختن ظرف کوچک در ظرف بزرگ داریم

$$\Rightarrow \Delta(nV) \neq V_i \Delta n_i$$

حجم مجموع برابر
جمع احصاء نیست

$$V_i \Delta n_i = \text{حجمی از سازند از آل که}$$

در ظرف بزرگ ریختیم

در ادامه آزمایش ظرف را کوچک و کوچکتر می کنیم تا یک قطره شود پس داریم

افزایش حجم ظرف بزرگ $d(nV)$

$V_i dn_i$ میزان حجم اضافه شده به ظرف بزرگ

؟ طریق اُمتا برابر نیست چون با یکدیگر حرکت می‌کنند

ظرف کوچک تا تغییر سازندهای دیگر بیشتر می‌شود و بالعکس

$$d(nV) = \bar{V}_i dn_i$$

$$\bar{V}_i = \frac{d(nV)}{dn_i} \Rightarrow \bar{V}_i = \left[\frac{d(nV)}{dn_i} \right]_{T, P, n_j}$$

$$nM \neq \sum n_i M_i$$

$$nM = \sum n_i \bar{M}_i$$

$$nV \neq \sum n_i V_i$$

$$nV = \sum n_i \bar{V}_i$$

$$nG \neq \sum n_i G_i$$

$$nG = \sum n_i \bar{G}_i$$

$$n_i = \frac{n_i}{n} \Rightarrow M = \sum n_i \bar{M}_i$$