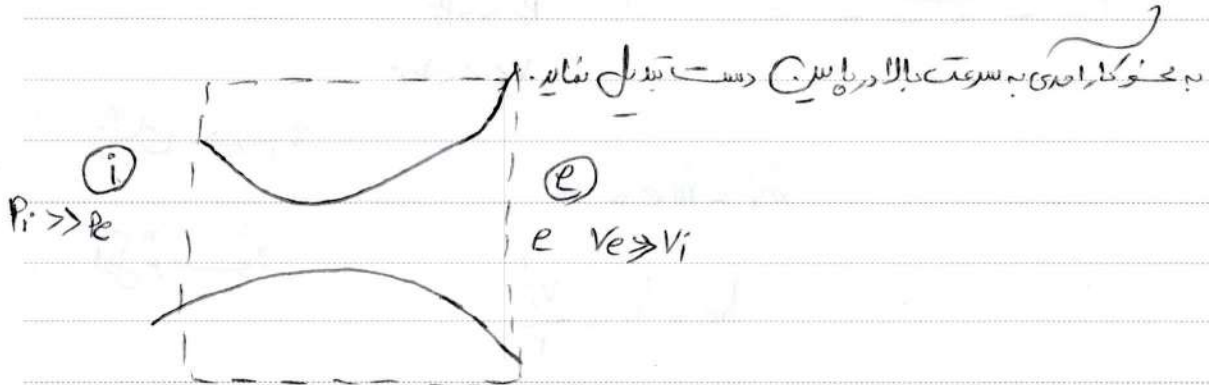


خازن دینامومتر
شکلواره

شکلواره: عکس برای است در شکل هندسی آن مدوری طراحی شده به فشار بالا جابجاست خود را



$$\dot{m}_e = 0 \quad \dot{Q}_e = 0$$

- انرژی پتانسیل قابل اغماض
- انرژی جنبشی در ورود قابل اغماض می باشد.

بقای جرم:

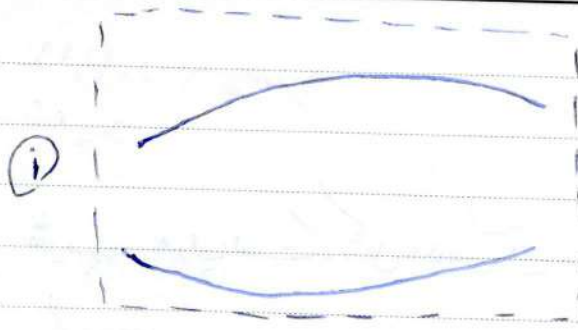
$$\dot{m}_e = \dot{m}_i = \dot{m}$$

اول ترمو:

$$\frac{ve^2}{2} = h_i - h_e$$

دینامومتر ← دینامومتر برای است در شکل هندسی آن مدوری طراحی شده که

سرعت بالا جابجاست را به محو کار آمدی به فشار بالا در باسین دست تبدیل نماید.



فرضیات مانند نازل است فقط انرژی جنبشی
 در ورودی قابل اغماض نیست

$$P_e \gg P_i$$

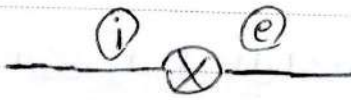
$$V_e \ll V_i$$

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

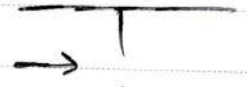
بقای جرم:

$$h_e = h_i + \frac{V_i^2}{2}$$

اول تر:



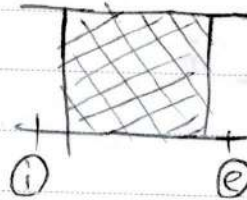
نشی شکل انبساطی



اورینت

ادوات اختتامی:

$$P_e \neq P_i$$



موانع اختتامی و کاهش فشار اختتامی

$$\dot{W}_e = 0$$

فرضیات:

$$\dot{Q}_e \approx 0$$

انرژی انرژیک و بیاضیل ناممکن است

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

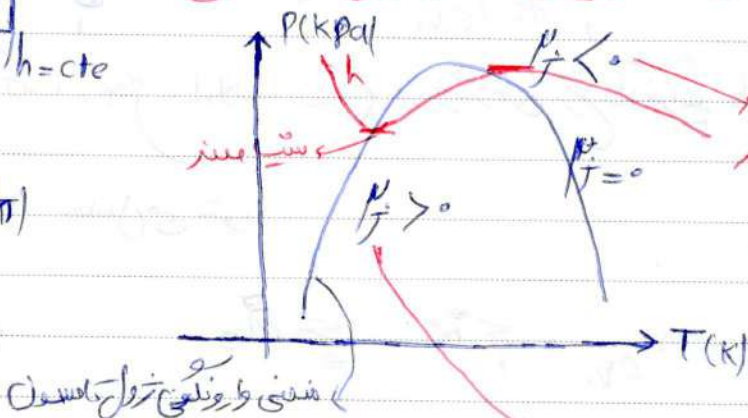
تجارت حریم:

اول ترمو:

$$h_i = h_e$$

$$\mu_j = \left. \frac{\delta T}{\delta P} \right|_{h=cte}$$

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



معرفی یک خاصیت ترمودینامیکی به نام اثر جول - تامسون:

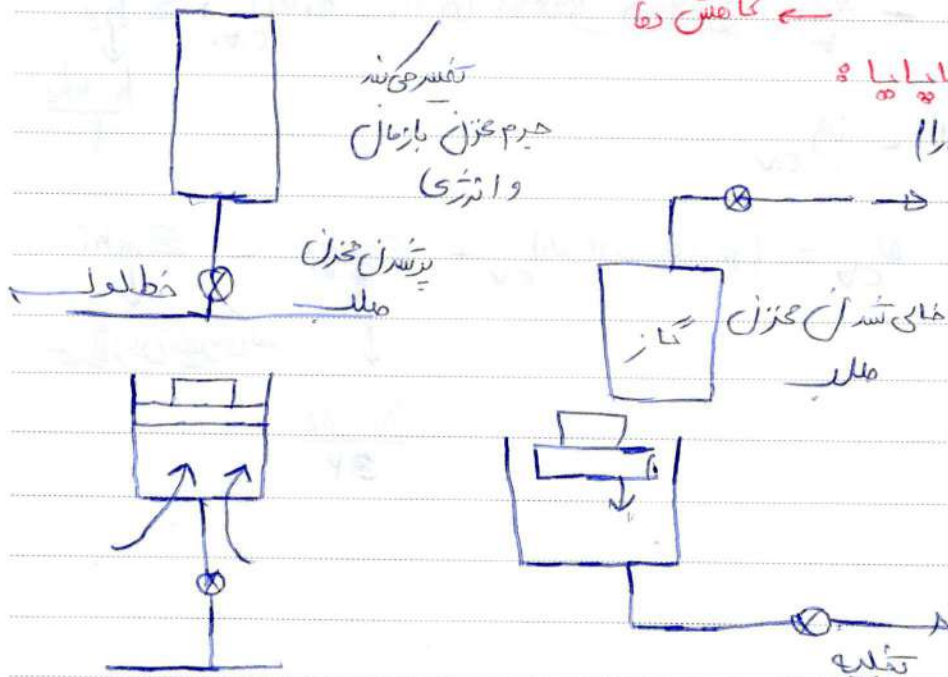
شیب منفی

کاهش فشار
↓
افزایش دما

با افزایش دما کاهش فشار
← کاهش دما

در ابتدا شرایط خرابی است
انرژی

تفسیر کنیم
حریم خزن با زمان
و انرژی



$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{c.v.} = \sum_i \dot{m}_i - \sum_e \dot{m}_e$$

نمایان می شود:

اول تر می شود

$$\dot{Q}_{c.v.} - \dot{W}_{c.v.} = \left. \frac{dU}{dt} \right|_{c.v.} + \sum_e \dot{m}_e h_e - \sum_i \dot{m}_i h_i$$

با این فرض که در حالت پایدار در بازه زمانی رخ داده فرایند را به هم وصل می کنند

و حاصل می شوند

$$(m_2 - m_1)_{c.v.} = \sum_i \dot{m}_i - \sum_e \dot{m}_e$$

نتیجه می شود:

$$\dot{Q}_{c.v.} - \dot{W}_{c.v.} = (m_2 u_2 - m_1 u_1)_{c.v.} + \sum_e \dot{m}_e h_e - \sum_i \dot{m}_i h_i$$

اول تر می شود
↓
h₁ + h₂

$$\dot{Q}_{c.v.} - \dot{W}_{c.v.} = (m_2 u_2 - m_1 u_1)_{c.v.} + \sum_e \dot{m}_e h_e - \sum_i \dot{m}_i h_i$$

معمولاً زمان تغییر می کند

$$\frac{h_1 + h_2}{2}$$

هو جادما و قشتر ۱۰۰۰۰ C و ۱ MPa و اديک توربین اديا بایسک شده و جادما و قشتر

۴۰۰۰ C و ۱۰۰۰ kPa: آن ظرفی شود با غرض ترما و شده - C_p کا، C_p و C_p و C_p

ب. ماسب $\frac{kg}{kg}$

۵۰۰ ۱۴ ۴۰۰ ۱۳ ۹۰۰ ۱۲ ۴۰۰ ۱۱

$$W_e = m(h_p - h_f) = m C_p \Delta T = m C_p (T_1 - T_2) =$$

\downarrow 1×10^4 \downarrow 400
 با فرض بازگام

$$W_e = C_p (T_p - T_0) = 1 \times (1000 - 400) = 600 \frac{KJ}{kg}$$

سؤال ۵ - ۹۴

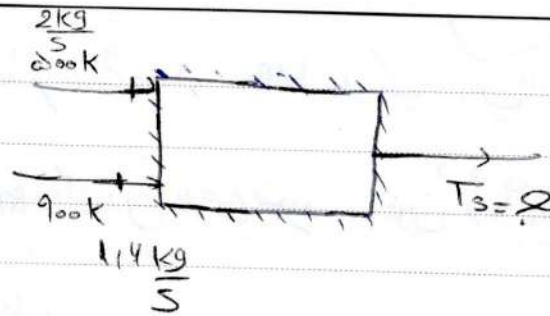
یک جریان هوا با اسی جرم $\frac{2kg}{s}$ در دما $300K$ به یک هوا بلیتری با اسی جرم

$\frac{1.4kg}{s}$ در دما $900K$ در شرایط $SSSF$ در یک محفظه به صورت اديا بایسک

مخلوطه و از عبور نسومی خارج می شود چنانچه هوای بازگامیل در ضمن شود دما هوای

نسومی در طبقه کلدین مقدار است؟

۵۹۱ ۱۴ ۷۴۲,۵۱۳ ۱۱۲,۵ ۱۲ ۴۷۱ ۱۱



محفظه را همگن كنند و نقطه كنش و مقواش بقا را به ان اعمال مي كنيم :

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3 \quad \text{بقا جرم}$$

$$\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3 \quad \text{ادل ترسو}$$

$$\rightarrow \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) h_3 \Rightarrow \dot{m}_1 (h_1 - h_3) = \dot{m}_2 (h_3 - h_2)$$

$$\rightarrow \dot{m}_1 \times c_p \times \Delta T = \dot{m}_2 \times c_p \times \Delta T$$

$$\Rightarrow \dot{m}_1 (T_1 - T_3) = \dot{m}_2 (T_3 - T_2)$$

$$\Rightarrow T_3 = \frac{\dot{m}_1 T_1 + \dot{m}_2 T_2}{\dot{m}_1 + \dot{m}_2} \quad \text{اسه } \frac{T_1}{T_2}$$

$$\text{اگر } \dot{m}_1 = \dot{m}_2 \Rightarrow T_3 = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

$$\dot{m}_1 > \dot{m}_2 \Rightarrow T_3 < 400$$

$$T_3 = \frac{2 \times 200 + 1.4 \times 400}{3.4} = \frac{2480}{3.4}$$

$$= 729.4$$

بررسی ترمودینامیک در صورتیکه نیاز به بررسی ترمودینامیک است و در هنگام استفاده از قانون اول ترمودینامیک در صورتیکه نیاز

کامل می توان به جای h نوشت $c_p T$ و به جای e نوشت $c_v T$

$$\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3$$

$$\rightarrow \dot{m}_1 c_p T_1 + \dot{m}_2 c_p T_2 = \dot{m}_3 c_p T_3 \Rightarrow \begin{cases} T_1 \checkmark \\ T_2 \checkmark \\ T_3 \checkmark \end{cases}$$

دماها متناسباً بر حسب کلوین هستند.
پیش از آنکه مخزن به صورت اریاتیک (مخزنی به قبلاً خالی بوده است) و مخزن عایقی به بطور کامل تخلیه شده در معرض هوای محیط در دما 50°C و فشار 100 kPa قرار می گیرد

سپس روی مخزن خراب است و هوا به آرامی وارد مخزن می شود دما هوا در مخزن در لحظه ای که

مشارکت آن به 100 kPa می رسد تقریباً برابر است با:

۱۱ 50°C ۱۲ 7°C ۱۳ 14°C ۱۴ 14°C میگردانم

پیش از آنکه مخزنی به قبلاً خالی بوده

مخزن به صورت اریاتیک می شود و بررسی می شود. مخزن می تواند اریاتیک بررسی شود. به خط لوله وصل باشد یا از هوا اطراف وارد شود.

مخزن وسیله مهم کنترل برقی و مکانیکی است از آن اعمال می کنیم:

$$(\dot{m}_2 - \dot{m}_1) c_v = \dot{m}_1 - \dot{m}_2 \rightarrow m_2 = m_1$$

$$Q_{c.v} - W_{c.v} = (m_p u_p - m_i u_i)_{c.v} + m_e h_e + m_i h_i$$

$$m_p u_p = m_i h_i \Rightarrow \boxed{u_p = h_i}$$

مخزن کفشی نه بصورت
ادبیاتیک برسی نشود

$$\frac{C_{p0}}{C_{v0}} = 1.4 \quad \rightarrow \quad C_{p0} T_i = C_{v0} T_p$$

$$\rightarrow T_p = \frac{C_{p0}}{C_{v0}} T_i \rightarrow T_2 = 1.4 (50 + 273.15)$$

$$\rightarrow T_2 (^{\circ}\text{C}) = 1.4 (50 + 273) - 273$$

$$= 1.4 \times 50 + 0.4 \times 273 = 179^{\circ}\text{C}$$

شرایط پایا بقید ← چون جرم داخل محفظه کنترل با زمان تغییر می کند.

تخلیه هم دما • (تخلیه یک مخزن به صورت هم دما)

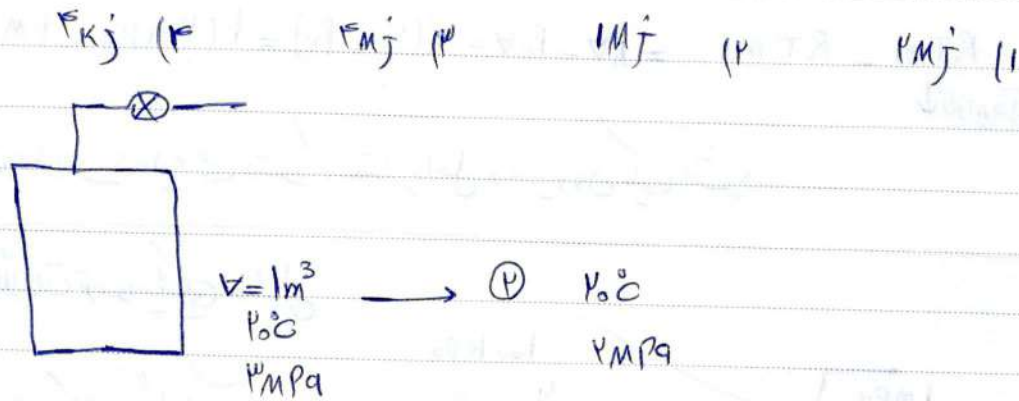
مخزنی حاوی یک گاز ایده آل در دما 20°C و فشار 3 MPa است و حجم مخزن 3 m^3 است

شیر بالای مخزن خراب است به همین دلیل گاز ایده آل به آرامی از بالای مخزن تخلیه می شود

به دلیل آرام بودن فرایند و تبادل حرارت با محیط 20°C دمای گاز ایده آل داخل مخزن ثابت می ماند

شرایط متوالی متوقف می شود که فشار گاز داخل مخزن به 2 MPa برسد

انتقال حرارت در این فرایند برابر با کدام یک از مقادیر زیر است؟ **P4PCO 8**



محزن و سیربلائی آن به عنوان حجم کنترل در نظر گرفته می شود.

$$(m_2 - m_1) C_v = m_1 - m_2 \rightarrow m_2 = m_1 - m_2$$

$$\text{اول} = Q_{cv} - W_{cv} = (m_2 u_2 - m_1 u_1) C_v + m_2 h_2 - m_1 h_1$$

تالی وجود ندارد تالی وجود ندارد

$$\Rightarrow Q_{cv} = (m_2 u_2 - m_1 u_1) + (m_1 - m_2) h_e$$

دما یکجوری دارد هم تالی، انبساطی تراکمی ← کا، مکانیکی، انرژی سیستم

دانشجویی دهد از سینه بیستون - عجم

$$T_1 = T_2 = T_e = \text{دما ثابت}$$

$$h_e = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

$$Q_{cv} = m_2 C_v T - m_1 C_v T + (m_1 - m_2) C_p T$$

$$T C_v (m_2 - m_1) + (m_1 - m_2) C_p T$$

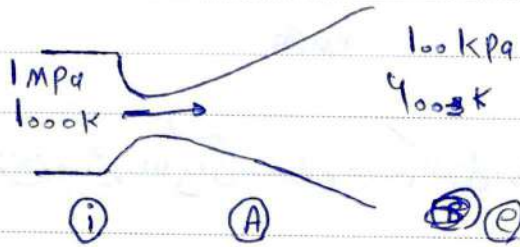
$$(m_1 - m_2) T (C_p - C_v) = (m_1 - m_2) R T$$

$$RTm_1 - RTm_2 = P_1V - P_2V = V(P_1 - P_2) = 1(3MPa - 2MPa) = 1MJ$$

↓ ناژده آل

مخزن گازهای مایع می شود که فشار داخل و بیرون یکی شود.

مثال ۱ اطلاعات ترمودینامیکی در نازل

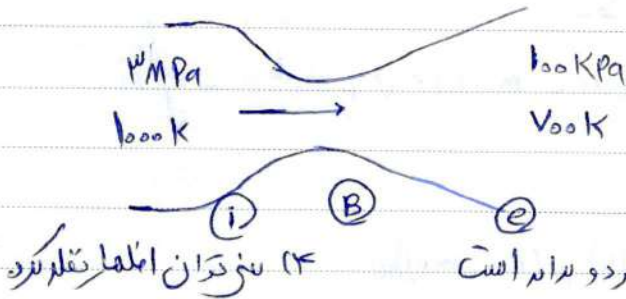


A و B که در هر دو یک نوع ناژده آل

به کار گرفته شده است در شکل به نمایش

در آورده شده سرعت خروجی

در کدام مسیر بیشتر است؟



۱۲ در هر دو برابر است ۱۳ در هر دو برابر است ۱۴ بیشترین اطلاعات نقل کرد

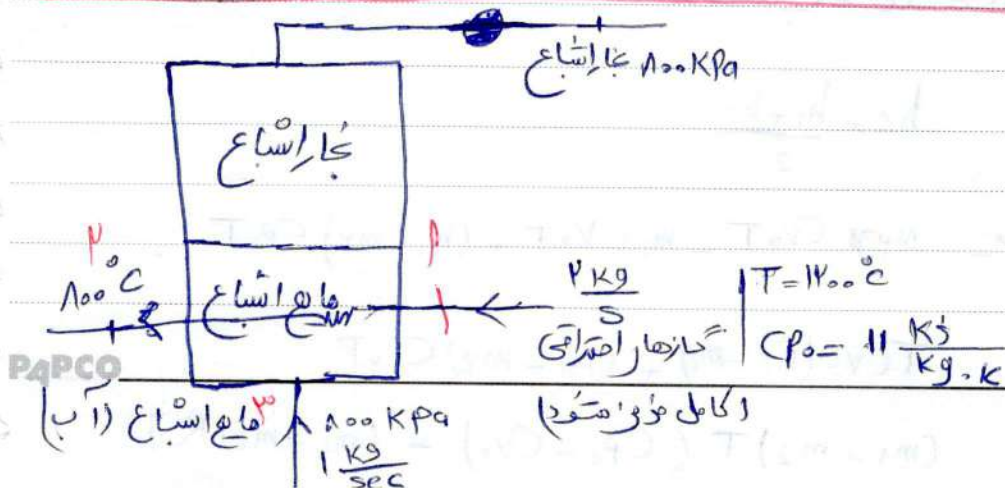
A ۱۱

قانون اول برای نازل است:

$$\frac{V_e^2}{2} = C_p (T_i - T_e) \rightarrow \text{در نازل A بیشتر است}$$

مثال ۲ B کارآمد نیست زیرا اکثر تبدیل به انرژی جنبشی تبدیل کرده است.

مثال ۲



P4PCO

اطلاعات نشان داده شده در شکل مربوط به یک بویلر

$$h_{fg} \Big|_{100 \text{ kPa}} = 2048 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

ساده است با توجه به این اطلاعات تقسین کنید پایداری آب مایع نشان داده شده سطح

مایع در داخل مخزن بویلر را

۱۱ در حال جلا آمدن است ۱۲ در حال پاشیدن است - ۱۳ ثابت است

۱۳ اطمینان نظر نمی توان کرد

پایداری به سطح مایع در داخل مخزن ثابت ندم داد و ایند استیم یعنی شرایط پایا است

همگامی به سطح آب مایع داخل مخزن ثابت معاند شرایط پایا است در شرایط پایا

قانون برای بویلر:

$$\dot{m}_g (h_1 - h_2) = \dot{m}_w (h_4 - h_3)$$

ناز ایزو آل

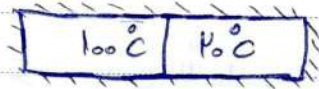
$$\rightarrow \dot{m}_{w,SS} = \frac{\dot{m}_g (h_1 - h_2)}{h_4 - h_3} = \frac{\dot{m}_g c_{p0} (T_1 - T_2)}{h_{fg}} = \frac{2 \times 1 \times 100}{2048}$$

$$\Rightarrow \dot{m}_{w,SS} = \frac{100}{2048} = 0.049 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

بویلر بدمگرا می شده است

در اینجا تقاس غیر مستقیم است

قانون دوم ترمودینامیک



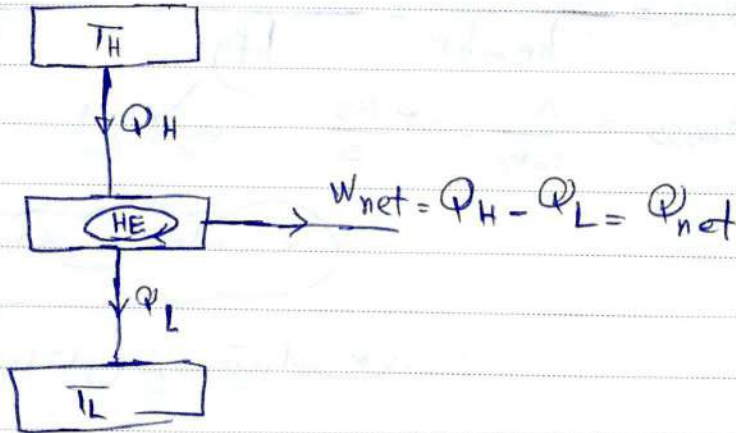
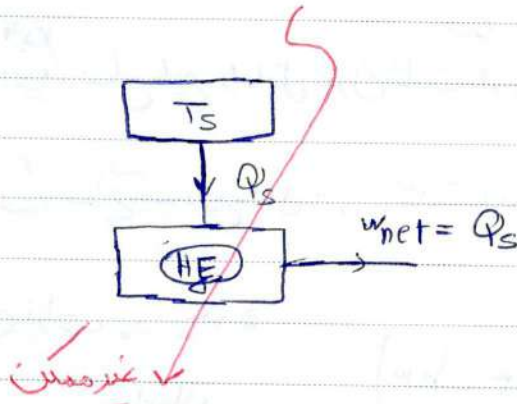
قانون اول : $U_2 = U_1$

دوینان قانون دوم ترمودینامیک

بیان کوبی بلانک : غیر ممکن است بتوان دستگاهی ساخت که در یک سیکل ترمودینامیکی

عمل کند تنها با یک منبع حرارتی تبادل حرارت نماید و تنها تعامل دیرش با بیروانش که خالص

سند چنانست



$$\eta_{th} = \frac{w_{net}}{Q_H} = \frac{Q_{net}}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H}$$

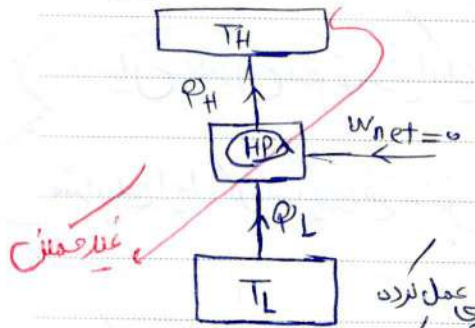
راندمان حرارتی

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

راندمان ۰ تا ۱۰۰ درصد نیست

بیان کلازیولس: غیر ممکن است بتوان دستگاهی ساخت که در یک سیکل ترمودینامیکی

عمل کند و حرارت را از یک منبع با دمای (T_L) دریافت کرده و آن را عیناً بدون هیچ گونه دریافت



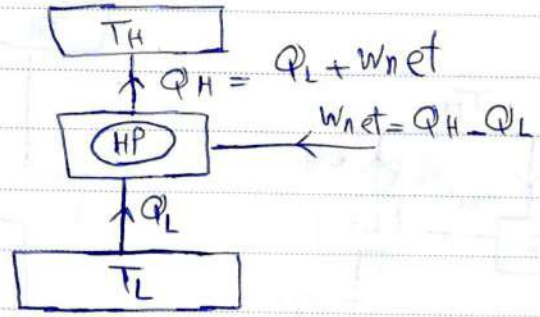
کاری از این سیکل به منبع دما بالا منتقل نماید.

غیر ممکن

در یک سیکل ترمودینامیکی عمل کرده

یعنی خالصی به یک حرارتی است.

به یک حرارتی با دمای (T_L) و سبب است که با دریافت کار مکانیکی حرارت را از محل سرد



به محل گرم منتقل می کند

ضریب عملکرد $\beta = \frac{Q_L}{w_{net}}$ سرد کننده

$$\beta' - \beta = \frac{Q_H - Q_L}{w_{net}} = 1$$

گرمایشی $\beta' = \frac{Q_H}{w_{net}}$

کمتر از مقدار β' می باشد

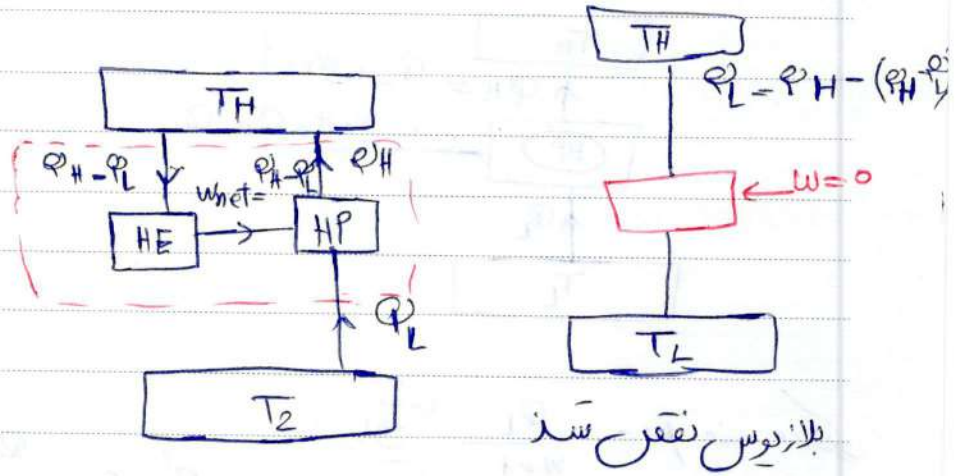
فرض عملگر دینپ حرارتی خاص بیان کلاژیوس جیانتی است

انتقال حرارت خاص با بار خاص نیاسل هم از نقلر علامت و هم از نقلر مقدار

لیب حرارتی | کار خاص -
انتقال حرارت -

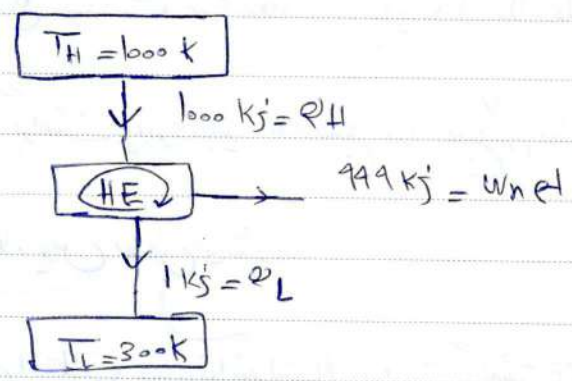
دو بیان قانون دوم ترمودینامیک معادل هم دینرندیم عبارت دینر این یکی نقلر شود می توان
سند اینی ایجاد کرد که اینی نقلر نقلر شود

فرض کنیم موتور حرارتی خاص بیان کلاژیوس پلانک موجود است



پلاژیوس نقلر سند

اگر یک موتور حرارتی یعنی تواند و اندهان ۵۰ درصد است با شد بالاترین
واندهائی می تواند یا تبادل حرارتی یا اوسیع حرارتی داشته باشد حقد است



دانش را از زمان بالغا اوجمنیم فرمول می نشود:

تخصیه اول کار خود: راندمان حرارتی موتور حرارتی برلست پذیرگی به بین دو منبع جا

دماها متفاوت کاری کند از راندمان حرارتی هر موتور برلست پذیرگی به بین همین دو منبع کاری کند بیشتر است.

تقریباً فرایند برلست پذیرگی: حرالند برلست پذیرگی فرایند است به بین از انجام آن بتوان سیستم را به حالت اولیه باز برداند بدون آنکه تأثیر خاصی (در رفت و برلست) در سیستم داشته شود.

عوامل برلست پذیرگی:

۱- اصطکاک (بسیار اصطکاک کار را به گرما تبدیل می کند بنابراین باید دستگاه باشد که کار را به تمام

گرما تبدیل کند اما این دستگاه وجود ندارد زیرا اگر وجود داشت قانون کلوین پلانک نقض

۲- انتقال حرارت در اختلاف دمای قابل ملاحظه

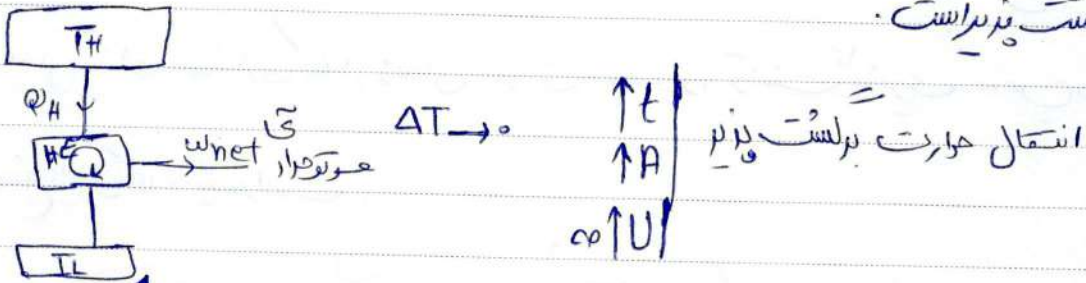
زیرا برای برلست پذیری باید دما از منبع سرد به منبع گرم منتقل شود بدون اینکه کاری انجام شود

که بیان کلازیوس نقض می شود

با کاهش اختلاف دما در فرآیند انتقال حرارت برلست پذیری کم تر و کم تر می شود در جهت سردی

اختلاف دما نزدیک به صفر برلست پذیری قابل اعماض بوده و می توان گفت انتقال حرارت

برلست پذیری است

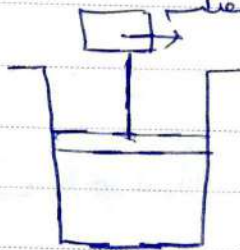


هو انتقال حرارتی از طریق موتور حرارتی که انتقال حرارت برلست پذیری است زیرا

می توان کار گرفته شده از موتور را به یک سیب حرارتی داد

انبساط

۳- انبساط غیر تقارنی و اختلاف فشار قابل ملاحظه



حالت حری انبساط تقارلی بی مؤاندر برلشت پذیر است

یعنی در مقابل انبساط کار تحويل پیرامون برهد.

۳- مخلوط دو ماده غلیظ جستن

۴- والنس نسبیاتی تسویع

امضای من

مقصد دوم کار دوه تمامی موتورهای برلشت پذیریه بین دو منبع حراری T_H و T_C کاری کنند

(یا در دما T_H حرارت جذب کرده و در دما T_C حرارت دفع می کنند) رانده ان حراری تلسای دارند

نتیجه: رانده ان حراری موتور برلشت پذیریه در دما T_H حرارت جذب نموده

و در دما T_C حرارت دفع می کنند کاری تنها از T_H است

برای چنین موتورهایی:

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

فشار این را در زمان حواشی برای دین صوتوهای جابجایی

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

داده می شود.

سوال کارنو: یک مدل ترمودینامیکی ساده برای موتور حواشی برلشت پذیر است که در

دما (T_H) حرارت دریافت نموده و در دما T_L (دما) حرارت از دست می دهد.

فشارها سوال کارنو عبارتند از:

۱- از منبع دما (T_H)

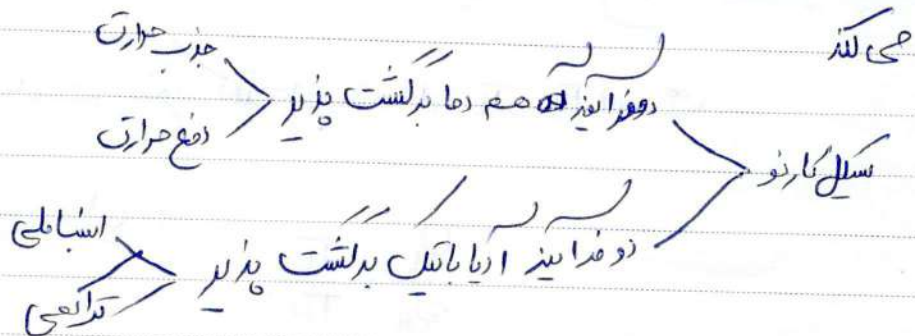
۲- فشار جذب حرارت هم دما برلشت پذیر در دما T_H

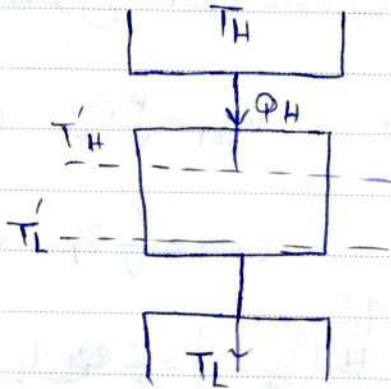
۳- فشار آزاد یا باین برلشت پذیر انبساطی نه طی آن دما سیستم از T_H به T_L کاهش پیدا می کند

(چون سیستم کار انجام می دهد)

۴- فشار دفع حرارت هم دما برلشت پذیر به منبع دما T_L در دما T_L

۵- فشار آزاد یا باین برلشت پذیر تراکی نه طی آن دما سیستم از T_H به T_L افزایش پیدا





$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

تقدیر ~~موتور~~ کارنو را می توان برای بسپ حرارتی به کار برد (و این همان به ضریب عملکرد تبدیل می شود)
موتور حرارتی به بسپ حرارتی

قصه ~~موتور~~ کارنو را به ~~موتور~~ برای بسپ حرارتی به کار برد
 T_L ← دمای در آن حرارت جذب می کنیم

T_H ← دمای در آن حرارت دفع می کنیم

$$\beta_{RHP} = \frac{T_L}{T_H - T_L} \quad \beta' = \frac{T_H}{T_H - T_L}$$

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

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

مثال) یک موتور استاندارد هوایی کارنو بس دما $T_L = 300K$ و $T_H = 1000K$ کار می کند

کدام گزینه درست است؟

$$P_H = \frac{1}{3} P_L \quad ۱۳$$

$$P_H = \frac{1}{10} P_L \quad ۱۲$$

$$P_H = \frac{1}{5} P_L \quad ۱۱$$

$$P_H = \frac{1}{\sqrt{}} P_L \quad ۱۴$$

در خصوص کدام ترین درست است؟

$$w_{net} = \frac{V}{\mu} Q_L \quad (3)$$

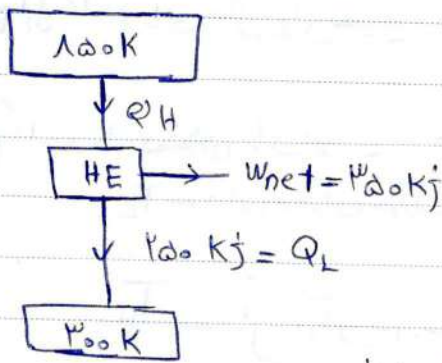
$$w_{net} = P_L \quad (2)$$

$$w_{net} = \frac{\mu}{V} Q_L \quad (1)$$

$$w_{net} = \frac{4}{V} P_L \quad (4)$$

$$w_{net} = q_H - q_L = q_H \left(\frac{q_H}{q_L} - 1 \right) = q_L \left(\frac{1}{\mu} - 1 \right) = \frac{V}{\mu} q_L$$

چگونه به سیل نشان داده شده در سیل



می توان گفت؟

۱) سیل بر پشت بندید ۲) سیل بر پشت ناندید

۳) قانون اول نقض شده ۴) قانون دوم نقض شده

صورتی به غیر ۹۰۰ برابر Q_H بر د قانون اول نقض می شود ← بیون

Q_H لا انت قانون اول نقض نمی شود

$$\eta_{th} = \frac{w_{net}}{Q_H} = \frac{350}{900} = \frac{V}{12}$$

$$\eta_{th, RHE} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = \frac{T_H - T_L}{T_H} = \frac{150 - 300}{150} = \frac{550}{150} = \frac{11}{15}$$

برای برآورد خازن برآورد ضریب عملکرد دریا

یک موتور سردابی که بر اساس چرخش کاربندگی می‌تواند درای دانفان حرارتی ۲۰ درصد است
 از زمان دفع و جذب حرارت تغییراتی ندارد و این موتور بر اساس چرخش می‌تواند کار کند
 ضریب عملکرد برودتی آن برابر است با ۵

۱ | ۴ ۴ | ۳ ۴ | ۲ ۲ | ۱

$$\eta_{th} = \frac{w_{net}}{Q_H} = 0.2$$

$$\beta' = \frac{Q_H}{w_{net}} = 5$$

$$\beta = \beta' - 1 = 4$$

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

به دلیل برآورد خازن برآورد ضریب عملکرد دریا می‌توان نوشت

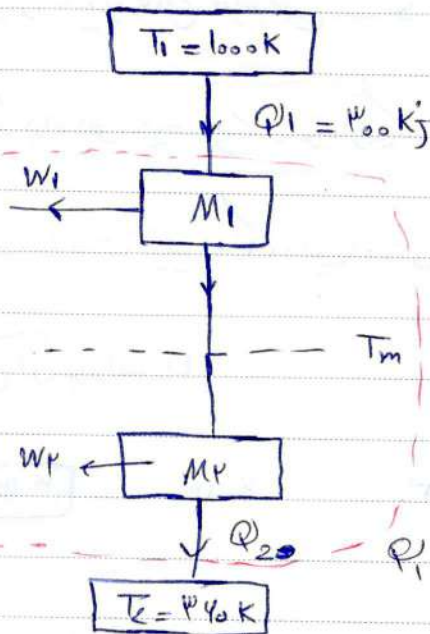
$$\beta' = \frac{Q_H}{w_{net}}$$

سؤال درستی است یا نه؟
 سؤال درستی است یا نه؟
 سؤال درستی است یا نه؟

سؤال درستی است یا نه؟
 سؤال درستی است یا نه؟
 سؤال درستی است یا نه؟

برودتی است

۱۱ برآورد خازن ۴
 ۲۲ کوپلتر از ۴
 ۱۳ اسرار ۴
 ۱۴ یعنی توان پاسگذار



مثال ۱
برگشت پذیر
دو موتور به صورت همبشاری
(cascade) بین درمیغ

$T_p = 340 K$ و $T_1 = 1000 K$

مطابق شکل کار می کند هر دو از همان

حرارتی یکسانی دارند اگر $Q_1 = 300 kJ$

باشد Q_2 مقدار است؟

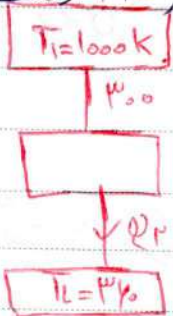
۱۴ $300 kJ$

۱۳ $100 kJ$

۱۲ $150 kJ$

۱۱ $108 kJ$

خرا نبرد برگشت پذیر است ← اما در ۱۰۰۰ در ۱۰۰۰ در ۳۴۰ از دست می دهد



$$\frac{Q_H}{Q_L} = \frac{T_H}{T_L} \rightarrow Q_2 = Q_1 \times \frac{T_L}{T_H}$$

$$= 300 \times \frac{340}{1000} = 108 kJ \checkmark$$

مثال ۱ در سوال قبلی دما میانی (T_m) مطابق کدام تب از برین ها زیاده است؟

۱۴ $900 K$

۱۳ $800 K$

۱۲ $480 K$

۱۱ $400 K$

$$\eta_I = \eta_{II} \rightarrow 1 - \frac{T_m}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_m}$$

$$\frac{T_m}{T_1} = \frac{T_2}{T_m} \Rightarrow T_m = \sqrt{T_1 T_2} = \sqrt{1000 \times 400} = 632.46 \text{ K}$$

رانظان حرارتی موتورها و کارشامل خرد است

$$\eta_{th,1} = \eta_{th,2} = 1 - \frac{400}{1000} = 0.6$$

$$W_{net} = 300 - 108 = 192 \text{ KJ}$$

راندان حرارتی موتور Cascade (عامل مندرج) - (رانظان حرارتی موتور اول) + رانظان حرارتی موتور دوم

موتور بارنو در نقطه بلندی درونی بین T_h و T_c دو نقطه بین T_c و T_a و موتور سوم

بین T_h, T_c کاری کند و اصل رانظان حرارتی بین این سه موتور مطابق کدام ترین است

است

$$\eta_3 = \eta_1 + \eta_2 + \eta_1 \eta_2 \quad 13 \quad \eta_3 = \eta_1 + \eta_2 \quad 12 \quad \eta_3 = \eta_1 \times \eta_2 \quad 11$$

$$\eta_3 = \eta_1 + \eta_2 - \eta_1 \eta_2 \quad 14$$

رانظان موتور III با رانظان مجموعی آن که داخل نقطه بین T_c و T_a باشد باید یکی باشد.

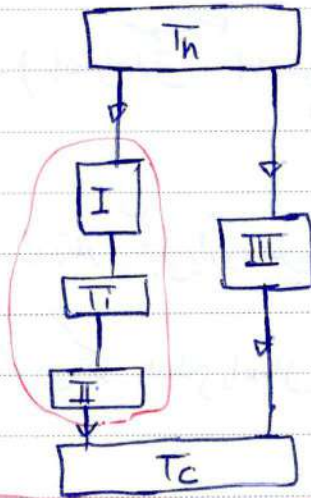
چون برکت پذیر هستند - قسمت دوم کار

$$\eta_{III} = 1 - \frac{T_c}{T_H} \quad \eta_{II} = 1 - \frac{T_c}{T_I} \quad \eta_I = 1 - \frac{T_I}{T_H}$$

$$\downarrow$$

$$\frac{T_c}{T_H} = 1 - \eta_{III} \quad \frac{T_c}{T_I} = 1 - \eta_{II} \quad \eta \frac{T_I}{T_H} = 1 - \eta_I$$

$$\frac{T_c}{T_H} = \frac{T_c}{T_I} \times \frac{T_I}{T_H} \rightarrow 1 - \eta_{III} = (1 - \eta_{II})(1 - \eta_I)$$



از پمپ حرارتی برای گرم کردن خانه‌ای در زمستان استفاده می‌شود. اگر بخواهیم اتاق در 20°C

نگه داریم در حالی که دمای محیط 10°C است و تبادل حرارت اتاق با محیط 25 kW باشد

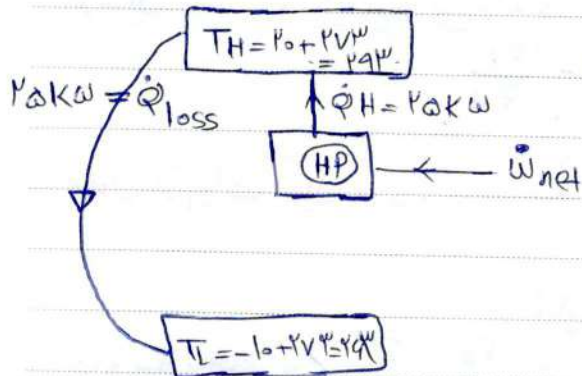
حداقل توان مصرفی پمپ حرارتی برابر است با:

$$2185\text{ kW } 12$$

$$154\text{ kW } 13$$

$$132\text{ kW } 14$$

$$104\text{ kW } 11$$



$\beta' = \frac{Q_H}{W_{net}} \Rightarrow W_{net} = \frac{Q_H}{\beta'}$
 چون هدف β' کم کردن است β' باید بزرگتر باشد \rightarrow HP باید بزرگتر باشد \rightarrow کمترین زمان است \rightarrow کمترین مصرف انرژی است.

$$\beta'_{max} = \frac{T_H}{T_H - T_L} \rightarrow W_{net, min} = Q_H \times \frac{T_H - T_L}{T_H}$$

$$= 25 \times \frac{293 - 263}{293} = 25 \times \frac{30}{293} = 2.54 \text{ kW}$$

توجه \rightarrow

همان روش ترمودینامیک برای سیال های ترمودینامیکی در یک دما ثابت
 میزنند و در دمای دیگر دما ثابت دفع می کنند

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

T_H و T_L : دما سیال کاری در شرایطها
 میزنند و دفع می کنند

$$\oint \frac{\delta Q}{T} = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} + \int_2^3 \frac{\delta Q}{T} + \int_3^4 \frac{\delta Q}{T} + \int_4^1 \frac{\delta Q}{T} = 0$$

در سیکل برگشت پذیر درونی باشد:

$$\frac{Q_L}{Q_H} > \frac{T_L}{T_H} \quad \eta_{th} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

ماتریس دوم برای سیکل های غیرانرژی پذیر و دفع حرارت آن ها تک دما یا هم دماست:

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0 \quad \text{ناپذیری کلاسیک}$$

$$\oint \frac{\delta Q}{T} = \frac{Q_H}{T_H} - \frac{Q_L}{T_L} \leq 0$$

هم دما جذب حرارت در سیکل برگشت پذیر درونی $\oint \frac{\delta Q}{T} = 0$ و متی سیکل برگشت پذیر باشد در سیکل برگشت پذیر درونی $\oint \frac{\delta Q}{T} < 0$

$$\int \frac{\delta Q}{T} < 0 \quad \text{و متی سیکل برگشت پذیر باشد درونی}$$

$$\frac{Q_H}{T_H} - \frac{Q_L}{T_L} < 0 \rightarrow$$

ماتریس دوم برای فرایندها هم دماست:

فرایند برگشت پذیر درونی:

برای سیکل برگشت پذیر درونی:

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

اگر ظرف دلیلی:

$$\oint dZ = 0$$

از Z بی خاصیت ترمودینامیکی باشد

$$\oint \frac{\delta w}{p} = 0 \quad \text{یا} \quad \oint \frac{\delta w}{p} = 0$$

$$\oint (مرخصیت / تغییر) = 0 \quad \text{ترمودینامیکی}$$

بنا بر این $\frac{\delta Q}{T}$ را می توان تکلیف خاصیت ترمودینامیکی در تکرار فرمت خاصیتی که

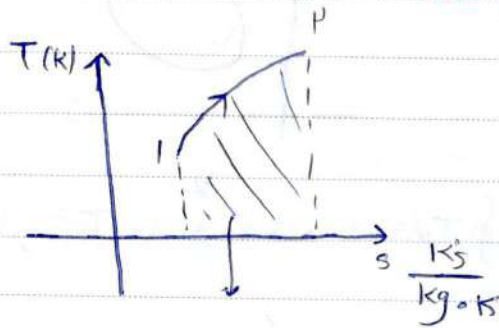
انتروپی (S) نامیده می شود

$$\left. \frac{\delta Q}{T} \right|_{\text{int. rev}} = ds$$

$$\Rightarrow \delta Q = T ds \quad \text{فرایند برگشت پذیر درونی}$$

$$S \text{ انتروپی محضی} = \frac{S}{m} = \frac{Ks}{kg \cdot K}$$

دیاگرام T-S



$$\int_1^2 T ds = q_p$$

برای فرایند برگشت پذیر $\Delta S > 0 \Leftrightarrow q_p > 0$ اگر در فرایند برگشت پذیر

$$\Delta S < 0 \Leftrightarrow q_p < 0$$

فرایند برگشت پذیر $\Delta S = 0 \Leftrightarrow q_p = 0$

موانعی است که در طول آن فرایند برگشت پذیر ایجاد می شود

در فرایند برگشت پذیر

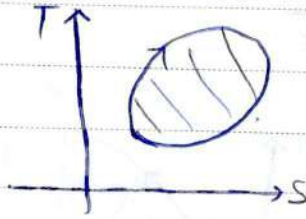
علامت انتقال حرارت در فرایند برگشت پذیر درونی می توان از اول انتروپی محضی

$\Delta S > 0 \rightarrow$ انتقال حرارت \oplus

انتقال حرارت \ominus ثابت $\Delta S = 0$

$\Delta S < 0 \rightarrow$ \ominus //

$$\oint T ds = \int \delta Q = Q_{net} = W_{net}$$



$$\oint T ds = Q_{net} = W_{net}$$

در سیکل برگشت پذیر درونی در نمودار T-s ساعتگرد باشد $\oint T ds > 0$ و شبیه برای

$W_{net} = Q_{net} < 0$ سیکل یک موتور حرارتی است که به طور خالص حرارت دریافت

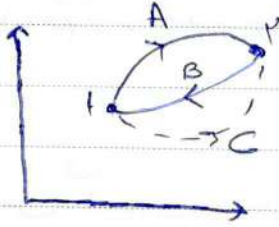
کرده و کار مثبت تولید می کند

یا ساعتگرد باشد //

$$W_{net} = Q_{net} < 0 \rightarrow$$

سیکل یک یک حرارتی است که به طور خالص کار دریافت کرده و حرارت دفع می کند.

ماتور دوم برای یک فرایند برگشت پذیر درونی



سیکل AB برلست نذیر درونی

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

$$\int_1^2 \left. \frac{\delta Q}{T} \right|_A + \int_2^1 \left. \frac{\delta Q}{T} \right|_B = 0$$

برای سیکل برلست نذیر درونی:

$$\oint \frac{\delta Q}{T} < 0 \rightarrow \int_1^2 \left. \frac{\delta Q}{T} \right|_A + \int_2^1 \left. \frac{\delta Q}{T} \right|_C < 0$$

هرگزین را بعلین قبلی را در - ضرب نموده و به در طرف نذیر بری با اضافه می کنیم

$$\int_2^1 \left. \frac{\delta Q}{T} \right|_C < \int_2^1 \left. \frac{\delta Q}{T} \right|_B$$

~~این سیکل برلست نذیر درونی است~~

برای سیکل نذیر برلست درونی:

$$\int \frac{\delta Q}{T} < \Delta S$$

$$\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} + S_g \geq 0$$

ما
انتروپی تولیدی (ناشی از برلست نذیر درونی)
است و هیچگاه نمی تواند منفی باشد.

$$S_g = \begin{cases} S_g > 0 & \text{برلست نذیر} \\ S_g = 0 & \text{برلست نذیر} \\ S_g < 0 & \text{غیر ممکن} \end{cases}$$

ΔS می تواند مثبت و منفی یا

صفر باشد

$$\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} + S_g$$

$$dS = \int \frac{\delta Q}{T} + \delta S_g$$

$$\frac{dS}{dt} = \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{S}_g$$

بین مانرن نوم ترمودینامیک برای فرایندهای ترمودینامیکی است

$\Delta S_{net} = 0$ → فرایندهای برگشت پذیر درونی

املا افزایش آنتروپی برای یک سیستم عریب ایزول شده آنتروپی کل همیشه ناه

می تواند کاهش یابد

سیستم عریب ایزول: مجموع از سیستم های با هم تبادل حرارت را در بر می دارد



سیستم ایزول شده است

۱ و ۲

سیستم Sub system

$\Delta S_{net} \geq 0 \rightarrow \Delta S_1 + \Delta S_2 + \dots + \Delta S_n \geq 0$
آنتروپی کل سیستم

گسترده و جمع پذیر درونی اجزای سیستم است

کاربرد برای فرایندهایی که سیستم بابت منبع تبادل حرارت می کند و دما منبع برای ما مشخص است

مثال: اگر دمایی نیاز در حال اشیاء در حالی که درجه حرارتش نیز کاهش می یابد حرارت داده

شود آن ناه ΔS

۴ تا معلوم

۱۳ بر تعریف

۱۲ معنی است

۱ هست است

$$\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} + Sg \rightarrow \text{در حال افزایش است} \rightarrow \Delta S > 0$$

همیشه + است
همیشه + است

مثال یک موتور برآشت پذیر حرارت به میزان Q در دما T_A دریافت می کند و همین مقدار حرارت را

در دما T_B

باز می دهد. این موتور در دما T_C حرارت دفع می کند

این سیکل برابر است با: (کار خالص برابر با است)

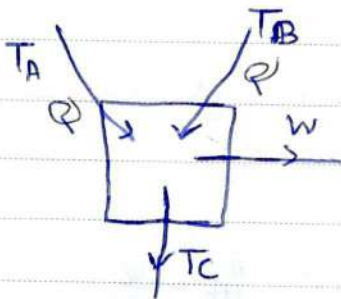
$$1 - \frac{T_C}{T_A} - \frac{T_C}{T_B} \quad 12 \quad 1 - \frac{T_C}{T_A T_B} \quad 11$$

سیکل برآشت پذیر که بین حرارت در دو دما و دفع حرارت در یک دما است

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

$$1 - \frac{T_C}{T_A} - \frac{T_C}{T_B} \quad 12$$

$$1 - \frac{T_C}{T_A} - \frac{T_C}{T_B} \quad 13$$



تعریف راندمان:

$$\eta_{th} = \frac{W}{Q_1}$$

طبق قانون اول:

$$W_{net} = Q_{net}$$

$$W = Q_1 - Q_2$$

سعیاً
حرکتون دوم نما اولاً تا سیری نداد

$$\eta = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$$

چون میزان برلست پذیر درونی است:

$$\oint \frac{\delta Q}{T} = 0 \Rightarrow \frac{Q}{T_A} + \frac{Q}{T_B} - \frac{Q_C}{T_C} = 0$$

برای بقیه مترانیز Q است اگر حرارت بود صحرش باشد باید دما رسانی که با آن ها

تبادل حرارت می کرد راجی داد.

$$\Rightarrow Q_C = Q \left(\frac{T_C}{T_A} + \frac{T_C}{T_B} \right) \Rightarrow \frac{Q_C}{Q} = T_C \left(\frac{1}{T_A} + \frac{1}{T_B} \right)$$

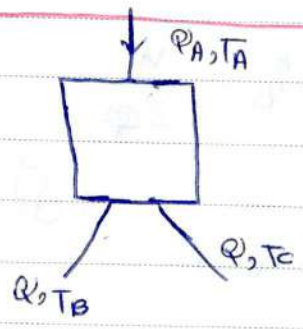
$$= 1 - \frac{T_C}{T} \left(\frac{1}{T_A} + \frac{1}{T_B} \right)$$

این برلست پذیر در هم بود همی می شده
مثال: پلی نیترالیز برلست پذیر در یک دری نی سیستم سب صورت می گیرد سیستم زکاه کار انجام داده

و حرارت جذب شده توسط سیستم زکاه است نفساً انرژی سیستم:

۱) مستر است
۲) منفی
۳) مثبت
۴) با اطلاعات موجود نمی توان پاسخ داد

نکته: فقط با استعمال حرارت نگاه می کنیم



انظان $\eta_{th} = \frac{W}{Q_A}$

$$\frac{Q_A - Q_C}{Q_A} = 1 - \frac{Q_C}{Q_A}$$

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

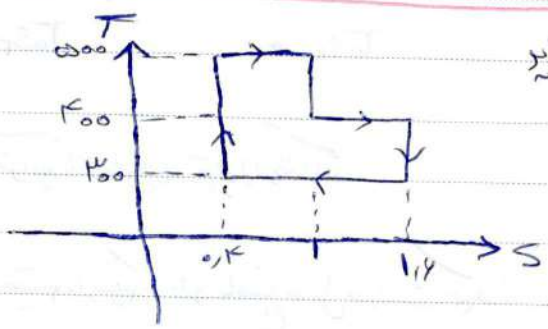
در فرآیندی Q_{net} ورودی و W_{net} بود لزوماً آن فرآیند سیل نیست

فرآیندی است که در آن $\Delta U = 0$ است

۳۱

$$\frac{Q_A}{T_A} - \frac{Q}{T_B} - \frac{Q}{T_C} = 0 \Rightarrow \frac{Q_A}{T_A} = Q \left(\frac{1}{T_B} + \frac{1}{T_C} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{Q}{Q_A} = T_A \times \left(\frac{1}{T_B} + \frac{1}{T_C} \right) \Rightarrow \dots$$



مثال: با زمان حرارتی سیل برلست پذیر

رابطه است در دو

سوئور حرارتی است چون ساعت در است

در Q_{300} جذب می کند و در Q_{400} حرارت دفع می کند

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_H} = \frac{(500-300)(1-0.4) + (400-300)(1.4-1)}{500(1-0.4) + 400(1.4-1)} = \frac{300}{900} = 33.33\%$$

مثال: هر طول یک فرآیند انتروپی ثابت مانده است. این فرآیند:

۱) تماماً آدیاباتیک و برلست پذیر است
۲) لزوماً آدیاباتیک و برلست پذیر نیست
درست روی فرم ای دقیق تر داریم

۳) هم در ما و برلست پذیر است
۴) هیچکدام

$$ds = \frac{\delta Q}{T} + \delta g$$

هری لغت در فرآیند برلست پذیر
انتروپی ثابت بدانند معماً پای
آدیاباتیک باشد

$$s_2 - s_1 = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} + \delta g$$

$$\frac{ds}{dt} = \frac{Q}{T} + \delta g$$

موضوع: مباحث حرارتی - ۱
 تاریخ: ...

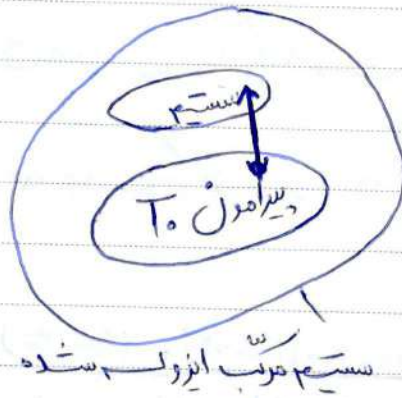
مثال: یک سیستم مایع با ظرفیت گرمایی C_p در دما T_0 مقدار حرارت در یافت می‌گردد که از آن S_1 و S_2 به ترتیب استروپی

تولید و نفاذ می‌شود. مقدار انتقال حرارت برای این فرآیند برابر است با:

$$T_0(S_1 - S_2) \quad T_0(S_2 - S_1) \quad T_0 S_1 \quad T_0 S_2$$

این فرآیند باید جانین دوم را از صفا کند

هوسسیم داریم که دارد با منبع تبادل حرارت می‌کنند به سرعت اصل افزایش استروپی می‌دهیم.



$$\Delta S_{net} = \Delta S_{system} + \Delta S_{surr} \geq 0$$

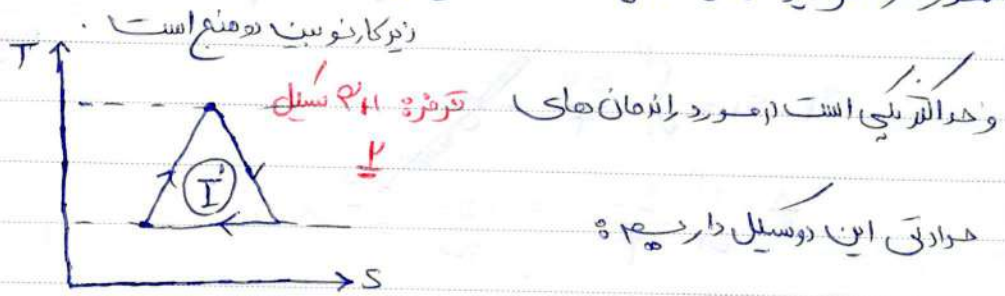
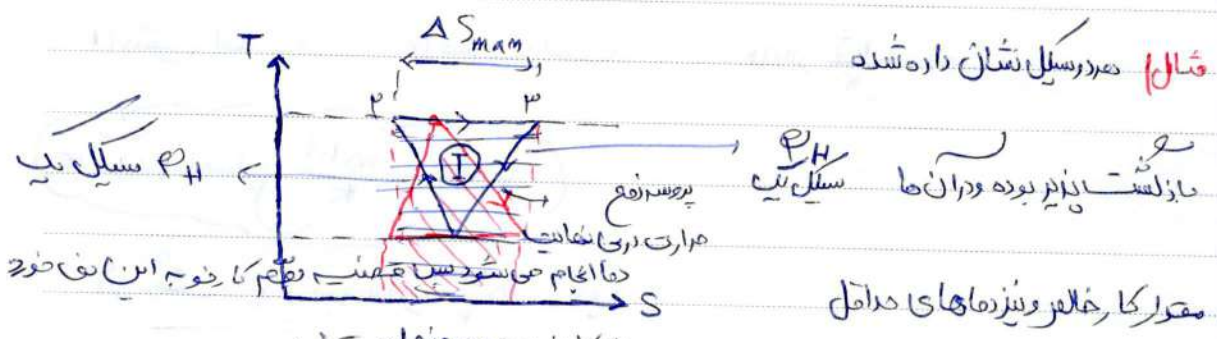
برای یک منبع حرارتی گرادیان دما همیشه نداریم ← منبع پر است و زیر است

$$\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} + S_g \Rightarrow \Delta S = \frac{Q}{T}$$

جانین دوم برای
 یک منبع حرارتی

$$s_2 - s_1 + \frac{(-Q_{sys})}{T_0} > 0 \rightarrow Q_{sys} < T_0 (s_2 - s_1)$$

بیشترین مقدار $Q_{sys} = T_0 (s_2 - s_1)$ می باشد.



$\eta_1 > \eta_2$ $\eta_1 = \eta_2$

کار خالص صفر برابر است

$w_{net} = \text{مساحت مثلث} = \frac{1}{2} (T_{max} - T_{min}) \times \Delta S_{max}$

$\eta_1 < \eta_2$

T_{min} و T_{max} در هر دو برابر است

از جنبه w_{net} و T_{min} و T_{max} برای هر دو یکی است پس ΔS_{max} نیز برای

هر دو یکی است.

چون سیلین! حرارتی تغییر کرده پس از دماهای کمتر دارد.

نبردوی ← اصطلاحات و استعمال حرارتی
 درونی ← داخل محفظه سیستم

مثال: سیستمی با انرژی درونی ۱۵۰ kJ از حالت دردمای ۳۰۰ K به حالتی دیگر دردمای ۵۰۰ K می‌رسد. اگر

دوی آن انجام می‌شود تغییر انتروپی (ΔS) سیستم:

۱) منفی است ۲) مثبت است ۳) برابر $\frac{KJ}{K}$ است ۴) $\frac{KJ}{K}$ است

۱۴) بزرگتر یا مساوی $\frac{KJ}{K}$ است.

اگر برشت پذیر بود برابر $\frac{KJ}{K}$ بود.

$$S_p - S_1 = \int_1^p \frac{\delta Q}{T} + \cancel{sg}$$

$$\Delta S = \int_1^p \frac{\delta Q}{T} = \frac{150}{300} = 0.5$$

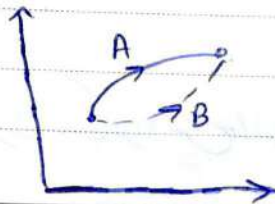
برشت فایزیدو

برشت پذیر $sg = 0$

برشت درونی و سیکن $\oint \frac{\delta Q}{T} = 0$

آنتروپی: $S_p = KJ$

دایره تغییر انتروپی بین دو حالت بر مبادیها و مسافتی را معین می‌کند (ان دو حالت)



درجه انتروپی
 خواص ترمودینامیکی است

تغییر انتروپی بین دو حالت به مسیر پیچیده شده بستگی ندارد.

از آنجایی که تغییر انتروپی بین دو حالت به فرآیند وابسته نیست پس در حالت بستگی ندارد از این خواص نیز برآید
در حالت کلی مجموع سلنتر - پیستون رخ داده است
پذیر برای پوست آردن نیاید عبارت عمومی برای تغییر انتروپی بین دو حالت استفاده می شود.

قانون اول برای جنبش خراتی و $dU = \delta Q - \delta W$: قانون اول

قانون دوم $\delta Q = Tds$

از طرفی چون مؤثر بر بست پذیر در ترتیب شبه تعادلی است داریم:

$$\delta W = PdV$$

$$Tds - PdV = dU$$

$$Tds = dU + PdV$$

داده اساسی اینتر

این رابطه هرگز نباید با الف کرا استفاده پذیر استخراج شود، ولیکن محدود به این فرآیندها

نشان

داده
داده دین لیتر:

$$U = H - Pv$$

$$dU = dH - PdV - VdP$$

$$Tds = dH - VdP$$

$$\begin{cases} du = C_{v0} dT \\ dh = C_{p0} dT \\ pV = RT \end{cases} \quad \leftarrow \text{حالت های ایدهال}$$

$$Tds = dh - vdp \Rightarrow Tds = C_{p0} dT - \frac{RT}{P} dP$$

$$\rightarrow ds = C_{p0} \frac{dT}{T} - R \frac{dP}{P}$$

جایگزین کنی و با مشتق حالت =

$$s_2 - s_1 = C_{p0} \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

داده های دیگر تغییر استروپی =

$$Tds = du + p dv$$

$$\downarrow \quad \downarrow$$

$$C_{v0} dT \quad \frac{RT}{v}$$

$$\rightarrow s_2 - s_1 = C_{v0} \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1}$$

هم معترض

برای جامدات و مایعات تراکم ثابت است

$$(v \approx c) \quad du = dh = c dT$$

$$Tds = du + p dv$$

تراکم ثابت

$$Tds = c dT$$

$$ds = c \frac{dT}{T} \rightarrow s_2 - s_1 = c \ln \frac{T_2}{T_1}$$

خواص رفتار مستقل از حجم دارند هر انبساط نوع فزاینده می شود

شرایط پسا و اولیه

دانهایی بین دما و فشار در یک مترانید اینسترونیک از جمله شرایط $S=C$

$$S_2 - S_1 \stackrel{Set 0}{=} = C_{p0} \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{R}{C_{p0}}} \quad (S=C)$$

تغییرات دما و فشار در یک مترانید ثابت همسوی باشند

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad k = \frac{C_{p0}}{C_{v0}}$$

دما و حجم مخصوص در حالت یک آنتروپیک می باشد دارند (در شرایط خاص اولیه و نه برای

شرایط ثابت

$$S_2 - S_1 = C_{v0} \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} \stackrel{Set 0}{=} 0$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{1-k}$$

تغییرات دما و حجم مخصوص در یک مسیر آنتروپیک ثابت ناممکن هستند

برای گازها رتبه ای: $C_{p0} = \frac{k}{k-1} R$ برای گازها رتبه ای: $C_{v0} = \frac{1}{k-1} R$

$$C_{p0} = \frac{5}{2} R$$

$$C_{v0} = \frac{3}{2} R$$

$$k = \frac{5}{3} = 1.67$$

$$C_{v0} = \frac{5}{2} R$$

$$k = \frac{5}{3} = 1.67$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

پانزوی نامز ایده آل

$$T_1 = T_2$$

دایره بین فشارها و حجم مخصوصی که در حالت ترمودینامیکی نه انتروپی برابر دارند.

$$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{1-k}$$

دایره پلی تروپیک که توان پلی تروپیک k است

یک مسیرو انتروپیک یک مسیرو پلی تروپیک است با $n = k$

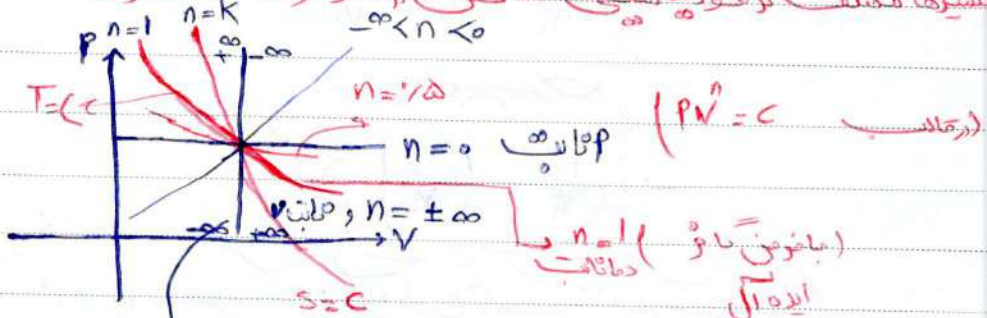
$$P V^k = Cte$$

(خلاق ایده آل
نسبت C_p)

$$P = C V^{-k}$$

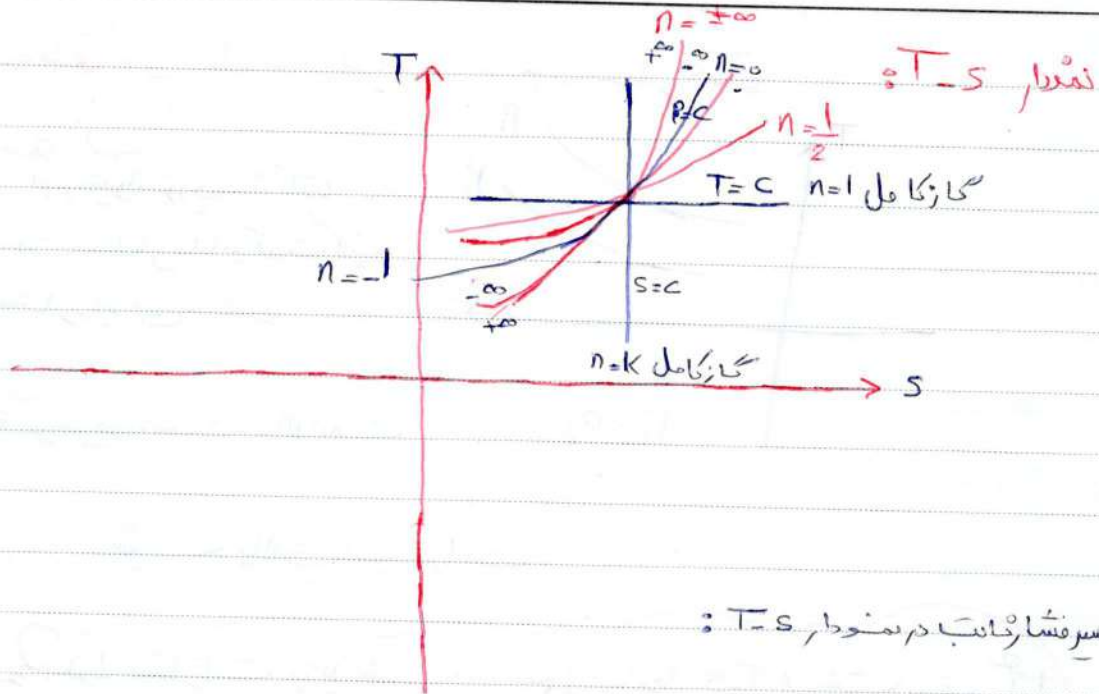
دایره پلی تروپیک مسیرو

مسیرها مختلف ترمودینامیکی مشابهت برینوارها $T-S$ و $P-V$



$n = 0$ پلی تروپیک می افتد.

$n = \pm \infty$ انبساطی کامل ← با افزایش ناگهانی کامل
 $n = 1$ همبندی ← با افزایش ناگهانی



مسیر فشار ثابت در نمودار T-s:

با استفاده از رابطه کینز داریم:

$$C_p = \left. \frac{dh}{dT} \right|_p$$

$$Tds = dh - vdp$$

$$\rightarrow Tds \Big|_p = C_p dT \Big|_p \Rightarrow \left. \frac{dT}{ds} \right|_p = \frac{T}{C_p} > 0$$

(+) دما نسبت به k

نسبت مسیر فشار ثابت ← نسبت (+)

تغییر نسبت جالادارد.

مسیر همبندی در نمودار T-s

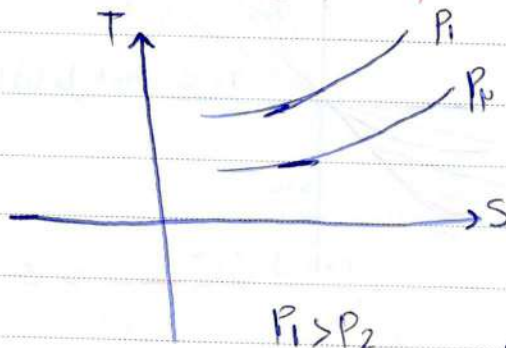
$$C_v = \left. \frac{du}{dT} \right|_v$$

$$Tds = du + pdv$$

رابطه کینز

$$\left. \frac{dT}{ds} \right|_v = \frac{T}{C_v} > 0$$

خطوط فشار ثابت نسبت به هم در نمودار T-S



از هم مسواستروپی کمات
به نسبت دماهای بالاتر حرکت کنیم
فشار زیاد می شود

تقریر دوم نسبت به اول است

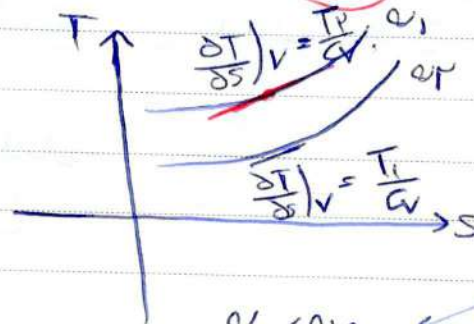
نسبت بالای بیشتر است

خطوط فشار ثابت بالا نسبت به هم (در نمودار T-S) نسبت به هم و آنرا

مستند

$$\left. \frac{\partial T}{\partial S} \right|_{P=cte} = \frac{T}{Cp}$$

خطوط ترمی خطوط همدم همدم در نمودار T-S



از هم سبک در یک مسیر ثابت
با هم در یک مسیر همدم
فشار است

$$Q_1 < Q_2$$

خطوط همدم همدم با هم و آنرا با نسبت به هم و آنرا

مرفوع در Cv ثابت

مثال) گاز یابره ای در دما T_1 و فشار P_1 و حجم V_1 در یک است ظرف غلاف شکل قرار دارد و حجم V_2

نصف حجم کل ظرف است حال اگر فشار جداگانه خود به خود یا به

شود و گاز منبسط شده تمام ظرف را خرد کند تغییرات انرژی داخلی و تغییرات انتروپی بر واحد جرم

در طی فرآیند انبساط ایزو ترمپ به ترتیب پیدا است.

$$\Delta S = R \ln 2 \quad \text{و} \quad \Delta U = 0 \quad ۱۲$$

$$\Delta S = C_p \ln 2 \quad \text{و} \quad \Delta U = 0 \quad ۱۱$$

$$\Delta S = C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln 2, \quad \Delta U = \frac{-P_1 V}{\gamma} \quad ۱۴$$

$$\Delta S = R \ln 2, \quad \Delta U = \frac{-P_1 V}{\gamma} \quad ۱۳$$

فرآیند انبساط آزاد: $\Phi = \Delta U$ قانون اول

$$\rightarrow \Delta U = 0$$

لکه در این فرآیند انرژی درونی شوند

فرآیند ایزو ترمپ است: $\Delta S = S_g > 0$ مانند دما

فرآیند ایزو ترمپ است: $\Delta S < 0$ دمای سرد

دما در این فرآیند ثابت است زیرا $\Delta U = 0$ است.

$$\Delta S = C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$T_2 = T_1 \quad (U_2 = U_1) \quad \frac{C_p}{C_v} = \frac{P_2}{P_1} = \gamma$$

$$\Delta S = R \ln 2 \rightarrow \text{تغییر}$$

مثال ۱: تغییرات انتالپی با نسبت پلی با فرایند ایزنتروپیک تا زمانی که صورت اقدام یک از روابط زیر

است

$$\frac{K}{K-1} P_1 V_1 \left(1 - \frac{P_2}{P_1}\right) \quad (۱) \quad \frac{K}{K-1} P_1 V_1$$

$$\frac{K}{K-1} P_1 V_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right] \quad (۲) \quad \frac{K}{K-1} P_1 V_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \quad (۳)$$

$$h_2 - h_1 = C_{p0} \times (T_2 - T_1) = C_{p0} T_1 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1\right)$$

$$S_2 = S_1 \Rightarrow C_{p0} T_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right]$$

$$P_1 V_1 = R T_1 \quad C_{p0} = \frac{K R}{K-1} \quad \rightarrow \quad \text{نرخه}$$

$$C_{p0} - C_{v0} = R \quad \frac{C_{p0}}{C_{v0}} = K \Rightarrow C_{p0} = K C_{v0}$$

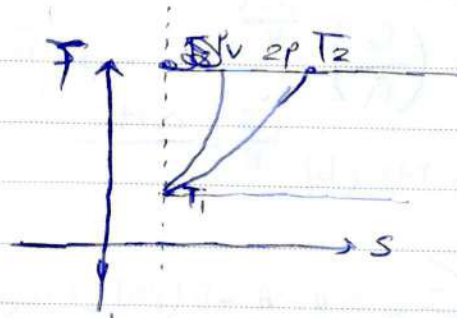
$$K C_{v0} - C_{v0} = R \Rightarrow C_{v0} = \frac{R}{K-1} \quad \text{و} \quad C_{p0} = \frac{K R}{K-1}$$

مثال ۲: گاز ایده‌آل با فشار و دمای اولی و T_1 در دو فرایند متفاوت تا همان T_2 گرم می‌شود

موانع ۱: فشار ثابت و فرایند هم‌دم تا ثابت است. اندوژی نهایی تا (S_2) که حاصل فرایند بیست است

- ۱) در انتهای فرایند هم‌دم تا
- ۲) در انتهای فشار ثابت
- ۳) در هر دو فرایند برابر است

K_F



ترتیب ۲ ← در انتهای فشار ثابت انرژی بیشتری به سیستم داده

مثلاً گاز هلیوم از سطحی ۱۰۰ kPa و دما ۲۵°C به سرعت ادیاباتیک تا فشار ۱ mPa متراکم

می شود کمترین دما ممکن برای هلیوم بعد از تراکم به این فشار تقریباً چند درجه

قانون دوم: $\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} + \delta W$

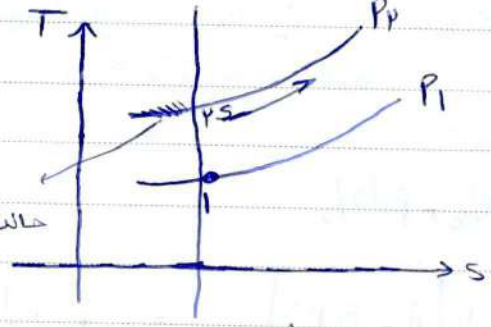
ساختی بردار است

$\Delta S > 0$



$P_1, T_1 \rightarrow P_2$

شواهد تراکم ادیاباتیک



قانون دوم: انرژی افزایش

می یابد

حالت ترمودینامیکی ناممکن است در نگاه قانون

دوم

افزایش فشار باعث ادیاباتیک

کمترین دما ممکن برای حالت نهایی حاصل می شود که $S_2 = S_1$

علاوه بر ادیاباتیک بودن باید برلست نیز مهم باشد

$$\frac{T_{2s}}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \rightarrow T_{2s} = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}$$

$$= 291 (1.0)^{\frac{0.8}{1.4}} = 291$$

معادله انرژی درونی یک ماده تحت شرایط خاصی با رابطه $u = A + B(Pv)$ داده می شود. در رابطه فوق A و

B ثابت و P و v به ترتیب فشار و حجم مخصوص ماده می باشند. اگر یک فرایند برگشت پذیر آدیاباتیکی

با رابطه $Pv^n = \text{const}$ داده شده باشد n برابر است با و

$$\frac{B-1}{B} \quad 1^2 \quad \frac{B}{B+1} \quad 1^3 \quad \frac{B+1}{B} \quad 1^4 \quad \frac{B}{B-1} \quad 1^1$$

$$T ds = du + p dv$$

$$s = c \Rightarrow ds = 0$$

فرایند آدیاباتیکی برگشت پذیر
مراستمی است به در آن ثابت ماده
است.

$$0 = du/s + p dv/s$$

از طرف دیگر با توجه به رابطه داده شده:

$$du/s = d[A + B Pv]_s = 0 + p dv/s + B v dp/s$$

$$0 = B p dv/s + B v dp/s + p dv/s$$

$$0 = (B+1) p dv/s + B v dp/s$$

$$0 = (B+1) \frac{dv}{v} / s + B \frac{dp}{p} / s$$

طرفین بر Pv تقسیم شده

$$(B+1) \frac{d^q}{v} = -B \ln p + C$$

$$(B+1) \ln v = -B \ln p + C$$

$$\ln v^{B+1} = -\ln p^B + C$$

$$\ln \left(v^{B+1} p^B \right) = C$$

$$v^{B+1} p^B = C'$$

$$p v^{\frac{B+1}{B}} = C''$$

$$q - w = \Delta u$$

راه دوم:
قانون اول

$$- \frac{p_2 v_2 - p_1 v_1}{n-1} = B \Delta (p v) \\ = B (p_2 v_2 - p_1 v_1)$$

$$\frac{1}{n-1} = B \rightarrow n-1 = \frac{1}{B}$$

$$n = 1 + \frac{1}{B} \rightarrow n = \frac{B+1}{B}$$

مثال) فرآیند تراکم برآشت پذیر نازی نامی در داخل یک مجموعی سیلندر سیستون به

صورت مشارکتی با در نظر بلبرده مقدار انتقال حرارت ماکدام یک از در نیهای

دیوراده می شود

$$q = \frac{R}{(1-K)^2} (T_2 - T_1) \quad ۱۲$$

$$q = \frac{KR}{P(1-K)} (T_2 - T_1) \quad ۱۱$$

$$q = \frac{R}{K-1} (T_2 - T_1) \quad ۱۵$$

$$q = \frac{KR}{K-1} (T_2 - T_1) \quad ۱۳ \checkmark$$

غیر متساوی

$$q = h_2 - h_1 = Q_{p_0} (T_2 - T_1)$$

تساوی

$$Q_{p_0} - C_{V_0} = R \quad \Rightarrow \quad Q_{p_0} = \frac{KR}{K-1}$$

$$K = \frac{Q_{p_0}}{C_{V_0}}$$

$$C_{V_0} = \frac{R}{K-1}$$

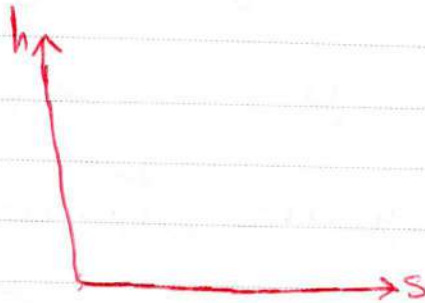
مثال) چرا خطوط فشار ثابت در نمودار $h-s$ در تمام اشباع مستقیم اند؟

۱) زیر اشباع $\frac{hf_g}{Sfg}$ تابع فشار است -

۲) با زیاد شدن فشار، Sfg کم می شود

۳) با زیاد شدن فشار، hf_g کم می شود

۴) $\frac{hf_g}{Sfg}$ تابع فشار بوده و در هر فشاری مقدارش ثابت است.



حل:

$$T ds = dh - v dp \quad \text{مشارکت}$$

$$T ds|_p = dh|_p$$

$$\left(\frac{dh}{ds}\right)_p = T$$

در مایع اشباع وقتی فشار ثابت باشد دما هم ثابت است

تیب همافس بر مبنای فشار ثابت در نمودار $h-s$ برابر با دما در آن حالت است

از آنجایی که در مایع اشباع در طی تب مسیر فشار ثابت دما تغییر نمی کند پس این تیب در مایع اشباع

همواره ثابت است

$$\int_f^g T ds|_p = \int_f^g dh|_p \Rightarrow T s_{fg}|_p = h_{fg}$$

$$\left(\frac{dh}{ds}\right)_p = T = \left(\frac{h_{fg}}{s_{fg}}\right) \Rightarrow T = \frac{h_{fg}}{s_{fg}}$$

مثال ۱: در مایع اشباع در طی تب مسیر فشار ثابت دما تغییر نمی کند پس این تیب در مایع اشباع

در داخل کمپوسر سلیندر بیستونی افزایش بی درجی که خرابی در آن می تواند رخ دهد

تایم لایه لایه به صورت $Q_{onSt} = P_{cr} \cdot \text{تفاسف}$ دار در صورتی که $k = \frac{Q_{cr}}{A \cdot \Delta T}$ باشد

در خصوص این خرابی که در آن دما تغییر نمی کند در است

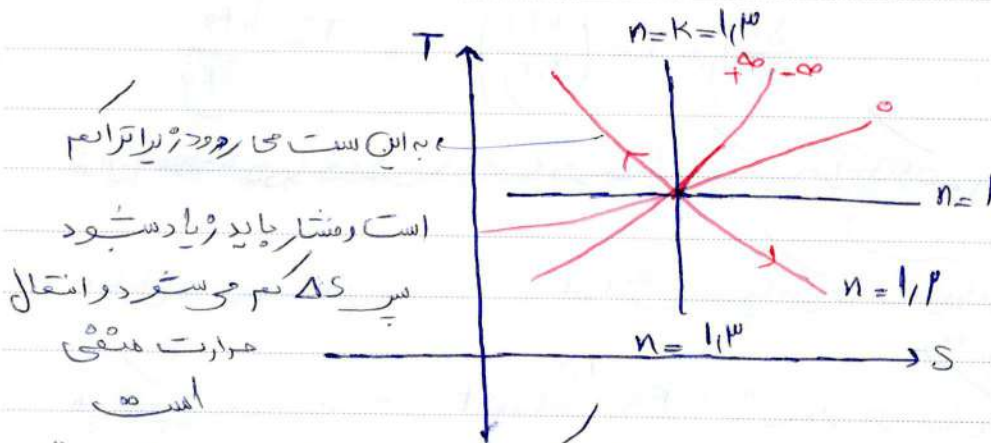
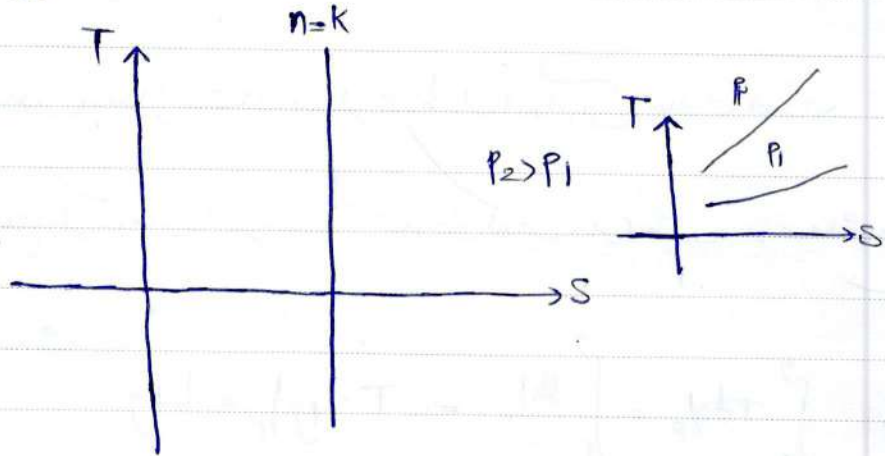
۱) انتقال حرارت در این خرابی صفر است ۲) انتقال حرارت + است

۴ اطلاعات نقلی نمی توان کرد.

۳ انتقال حرارت داین ضرایب مثبتی است

موانعهای پلی تروپیک ← سبب تقارن و برآشت پذیر درونی هستند.

تروپیک اردمی شود چون اگر $Q=0$ و با رابطه پلی تروپیک به صورت زیر بود
 $PV^{\gamma} = \text{const}$



۴ به این نسبت می رود زیرا تراکم

است و فشار باید زیاد شود

سپس ΔS کم می شود و انتقال

حرارت منفی

است

کیا موتور هوایی با رانندگی حرارتی ۴ درصد معادلت شکل بین درمیغ حرارتی با دماها $300K$ و $400K$

کمی که با توجه به اطلاعات داده شده لازم تر می باشد مخصوص تغییر اندر وی موتور در است

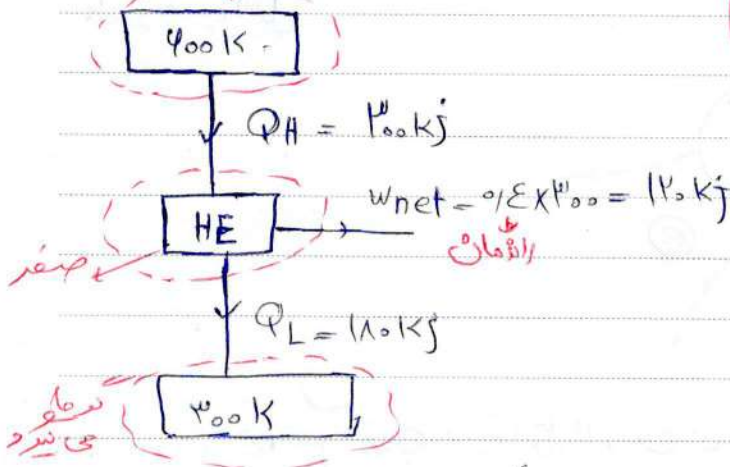
۱۳ $\frac{1K}{K}$ از -

۱۲ $\frac{1.4K}{K}$

۱۱ $\frac{1K}{K}$ از

است ؟

حرارت از دست می دهد



نکته: موتور سیل است
تولید انرژی حاصل سیل
صفر است

تفسیر انرژی مجموع: درست است ولی در سوال شده بوده تفسیر انرژی کل مجموع

چقدر است کدام نزدیک درست بود

$$\Delta S_{\text{isolated system}} = \Delta S_{400\text{K}} + \Delta S_{300\text{K}} + \Delta S_{HE}$$

$$= -\frac{Q_H}{T_H} + \frac{Q_L}{T_H} = \frac{-300}{400} + \frac{180}{300} = -\frac{3}{4} + \frac{3}{5} = -\frac{1}{20} \frac{\text{KJ}}{\text{K}}$$

ΔS حاصل مجموع مثبت است پس یک جوابی بر اینست
ماندیری دارد

عمل افزایش انرژی

ماتریس دوم ترمودینامیک برای همه کنترل

تفسیر ترمی ماتریس دوم برای سیستم:

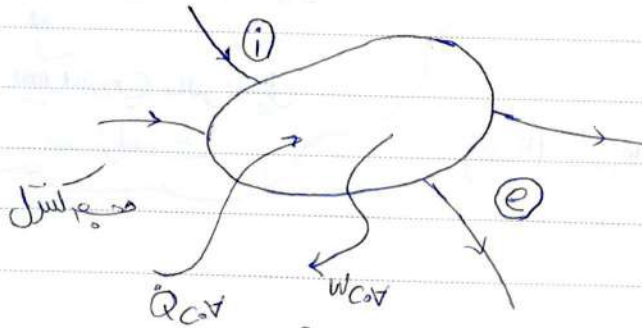
$$\frac{ds}{dt} \Big|_{\text{system}} = \frac{Q}{T} + \dot{S}_g$$

صفر

استخراج از رابطه زیر است

$$ds = \frac{\delta Q}{T} + \delta S_g$$

برای یک حجم کنترل



جهت ورود انرژی همگن کنترل را افزایش می دهد و جهت خروجی انرژی را کاهش می دهد.

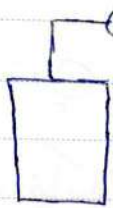
$$\left. \frac{ds}{dt} \right|_{cv} = \sum_i \dot{m}_i s_i - \sum_e \dot{m}_e s_e + \sum_{cs} \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{S}_g$$

↓ انرژی
↓ همگن
↓ همگن
↓ سطح کنترل
↓ قانون دوم ترمودینامیک

برای یک حجم کنترل

اعمال قانون دوم بر شرایط خاص همگن کنترل:

شرایط خالی شدن مخزن به صورت آدیاباتیک:



عملیات با سرعت زیاد ← آدیاباتیک

می توان نشان داد که انرژی مخصوص داخل مخزن در طول شرایط آدیاباتیکی ماند

$$s = \text{ثابت}$$

انتروپی (k) مناسب با چرم، تمایز شده ناهش پیدامی شده.

خرابندی شامهن SSSF ادیاپاتیک :

نیپ، توربین، کمپرسور، دیفیوزر و شیر انبساط : $\sum \frac{\dot{Q}_i}{T_i} = 0$ ادیاپاتیک

$$\left. \frac{ds}{dt} \right|_{c.v} = 0$$

$$\Rightarrow m (s_e - s_i) = \dot{S}_g \geq 0 \Rightarrow s_e \geq s_i$$

انتروپی مخصوص

البته در صورت شیر انبساط انتروپی خروبی هیچ تغییری نمی تواند بداید انتروپی مخصوص در ورودی باشد.

چون در شیر انبساط همواره انتروپی می باشد افزایش یابد.

برای توربین، کمپرسور، نیپ و دیفیوزر می توان حالت $s_e = s_i$ را داشت.

مثال : توربین ادیاپاتیک برگشت پذیر.

گاز ایده آل با دما و فشار T_0 و P_0 وارد یک توربین ادیاپاتیک شده و به صورت برگشت پذیر کار می کند.

P_0 انبساط پیدامی شده با فرض دمای ویژه ثابت P_0 و نسبت برطرف ویژه $k = \frac{C_p}{C_v}$

کدام رابطه را مخصوص توربین را به درستی ارائه می کند.

$$i) iW_e = \frac{K}{K-1} (T_i - T_e)$$

$$✓ ii) iW_e = QP_o T_i \left[\left(\frac{P_i}{P_e} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right]$$

$$iii) iW_e = \frac{P_i}{K-1} \left[\left(\frac{P_i}{P_e} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right]$$

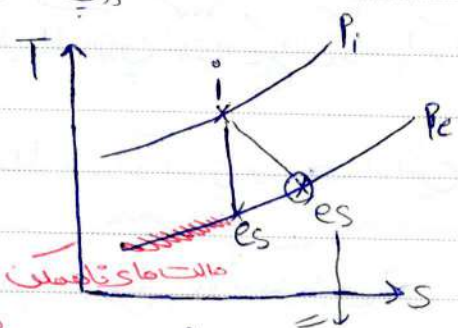
$$iv) iW_e = \frac{P_e}{K-1} \left[\left(\frac{P_i}{P_e} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right]$$

طبق قانون اول :

$$iW_e = h_i - h_e = QP_o (T_i - T_e) = QP_o T_i \left(\frac{T_i}{T_e} - 1 \right)$$

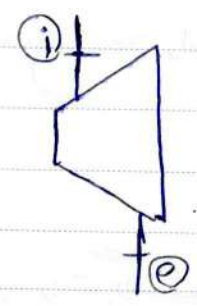
قانون دوم : $S_e = S_i$
انرژی محفوظ

$$\frac{T_e}{T_i} = \left(\frac{P_e}{P_i} \right)^{\frac{K-1}{K}}$$



زیاده توربین فشار کاهش پیدا می کند.

وجود برلست تاثیر نری
مالت های قابل زیرا قانون دوم
توم با دقت می کنند



ذیر باعث می شوند
بسیار برلست تاثیر نری با کاهش توان تولیدی انرژی خروجی از
توربین می شود. ΔP به عبارت دیگر برای ورودی

کی توربین ادیاپاتیک به ازای شرایط ورودی مشخص و فشار خروجی مشخص، بالاترین

کار ممکن (یا کمترین دما خروجی ممکن) در صورتی برلست می آید که فواید اجزا تولیدی

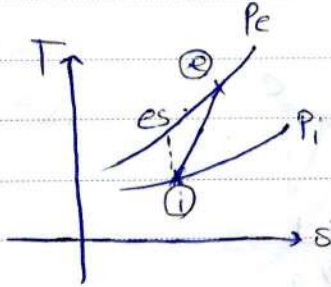
شده کاملاً برلست - بزرگ باشد

$$\eta_{s,t} = \frac{W_a}{W_s}$$

کارگوری توربین ادیاپاتیک
کارگوری توربین ایزتروپیک
مقایسه

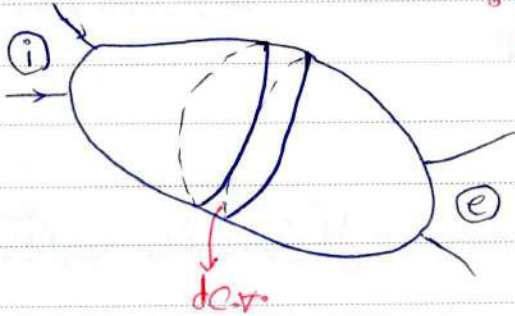
راندمان ایزتروپیک توربین:

اهمان شرایع وروم و همان نسبت
مشار



راندمان ایزتروپیک ایزتروپیک:

$$\eta_{s,c} = \frac{W_s}{W_a}$$



قانون دوم برای شرایع SSSF و می شود \dot{S}_g :

$$\frac{ds}{dt}|_{cv} = \sum_i m_i s_i - \sum_e m_e s_e + \sum \frac{Q_j}{T_j} + \dot{S}_g$$

قانون اول برای انان در کم گوری شکل:

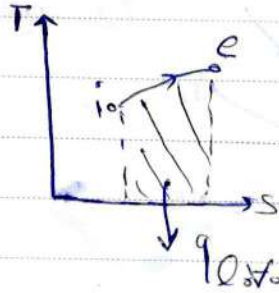
$$s_g - s_w = dh + \frac{dv^2}{\gamma} + dg_z$$

قانون دوم:

$$\frac{\delta q_{c.v.}}{T} = ds \Rightarrow \delta q_{c.v.} = T ds$$

چون موجب است
می توان ما را ثابت
در نظر گرفت

$$\Rightarrow q_{c.v.} = \int_{i}^{e} T ds$$



متناهی است چنانچه بر است
بزرگ درونی باشد.

رابطه لیبر:

با استفاده از رابطه لیبر:

$$T ds = dh - v dp$$

$$\delta q = dh - v dp$$

با چنانچه در رابطه قانون اول داریم:

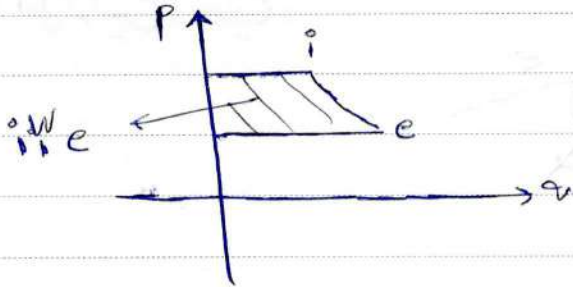
$$\delta w = -v dp - d\left(\frac{v^2}{2}\right) - d(gz)$$

با صرف نظر کردن از اثرات انرژی جنبشی و پتانسیل و استقلال دیری از رابطه

$$w_e = - \int_{i}^{e} v dp$$

فوق در دسترس هیچ کنترل داریم:

نتایج رابطه‌ی حقوق:



۲) برای یک پمپ $Q = C$ و در نتیجه $iW_e = Q \Delta P = Q (P_i - P_e) < 0$

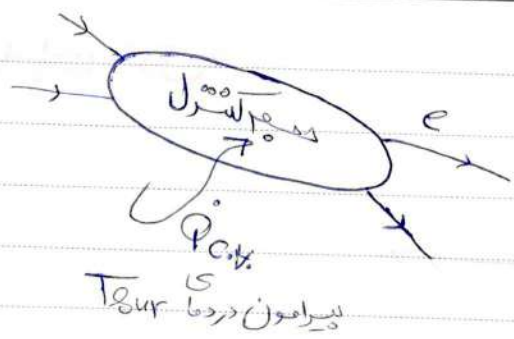
۳) از مسیر ترمودینامیکی تغییر حالت سیال در داخل حجم کنترل مطابق چارچوب ملی ترمودینامیک باشد $n < 0$ باشد $n = 0$ باشد $n > 0$ باشد

$$iW_e = \frac{P_e V_e - P_i V_i}{1-n} \times n$$

$(n \neq 1)$
برای $n = 1$
 $iW_e = P_i V_i \ln \frac{V_e}{V_i}$

۴- برای دستگاهی که $W_e = 0$ تبدیل می‌شود $P = C$
بویلر
کندانسور

عمل افزایش آنتروپی:



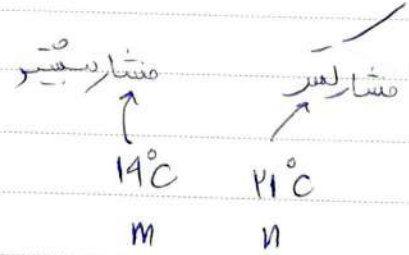
وقتی سببی داریم که در تبادل حرارت می‌کنند

$$\frac{ds}{dt}|_{cv} + \frac{ds}{dt}|_{Surr} \geq 0$$

$$\frac{ds}{dt}|_{Surr} = \sum_e m_e s_e - \sum_i m_i s_i - \frac{Q_{cv}}{T_{Surr}}$$

مثال: مایع متراکم وارد فنر بلبرین از یک سیرانسیما عبور می‌کند. دمای سیرانسیما $19^\circ C$ و دمای بلبرین $11^\circ C$ اندازه گیری شده است. در عرض سیرانسیما تغییر فاز صورت نمی‌گیرد. جهت جریان تعیین کنید.

✓ ۱۱ از ۱۹ به ۲۱ ۱۲ از ۲۱ به ۱۹ ۱۳ از هر دو سمت امکان پذیر است



۱۳ امکان فنر نمی‌توان کرد.

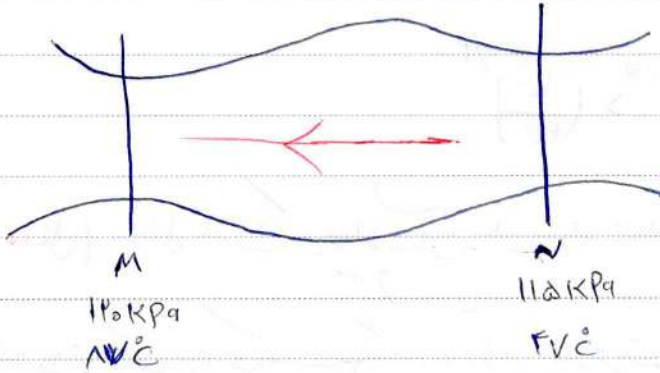
جهت جریان به سمتی است که آنتروپی زیاد نشود

$$s_n - s_m = c \ln \frac{T_n}{T_m} = c \ln \frac{21 + 273}{19 + 273} > 0 \Rightarrow \text{آنتروپی n از m بیشتر است}$$

← جهت جریان از ۲۱ به ۱۹ است

مهب جریان از m به n است $P_m > P_n$

در شرایطی که فشارها مساوی باشد



شماره شرایط باز ایزوال در

در مقطع M و در عبور از یک مثال

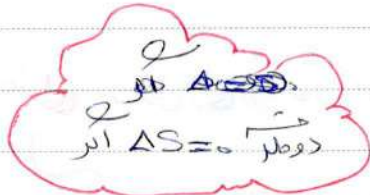
در شرایط $(Q=0)$ در شرایط
SSSF در شکل به نمایش در آورده شده
است. $(\rho = 1.5 \frac{kg}{m^3})$

$$R = 0.3 \frac{kg}{kg \cdot K}$$

کدام کمترین درست است

اجرای آن می تواند دو طرفه باشد ۳ اجرای آن از m به n است

اجرای آن از n به m است



اجرای آن وجود ندارد

مهب به سمتی است که افت دما بیشتر است

$$S_m - S_n = c_p \ln \frac{T_m}{T_n} - R \ln \frac{P_m}{P_n}$$

$$= \ln \left(\frac{T_m}{T_n} \right)^{c_p} - \ln \left(\frac{P_m}{P_n} \right)^R = \ln \left(\frac{\left(\frac{T_m}{T_n} \right)^{c_p}}{\left(\frac{P_m}{P_n} \right)^R} \right) > 0$$

عدد بزرگتر از ۱ است $\frac{T_m}{T_n} > 1 \rightarrow \left(\frac{T_m}{T_n} \right)^{c_p} > 1$

P4PCO

$\frac{P_m}{P_n} < 1 \rightarrow \left(\frac{P_m}{P_n} \right)^R < 1$

$S_m > S_n$

$$\frac{T_M}{T_N} = \frac{87 + 273}{47 + 273} = \frac{340}{320} \approx \frac{9}{8}$$

$$\frac{P_M}{P_N} = \frac{120}{115} = \frac{24}{23}$$

$$\frac{24}{23} < \frac{9}{8} \quad \left(\frac{9}{8}\right)^{1.5} > \left(\frac{24}{23}\right)^{0.3}$$

مثال ۱ در داخل محفظه هیدرویی این اتاق چگالت است. گاز آرگون قرار دارد. سیر

محزن را کمی باز می‌کنیم تا گاز به آرامی خارج شود پس از آنکه نصف گاز خارج شد سیر

را می‌بندیم در این صورت استروی کل گاز داخل محزن و

۱) ثابت می‌ماند ۲) نصف می‌شود ۳) کم می‌شود و مقدار کاهش

به فشار اولیه گاز سبلی دارد ۴) کم می‌شود و مقدار کاهش به فشاری سبلی دارد

مثال ۲ در سؤال قبلی (در صورتی که مخزن گاز تا نصف شدن فشار ادامه پیدا کند) در انتها

میرسانید در داخل محزن با کدام رابطه داده می‌شود؟

$$1) T_1 \times 1.3$$

$$2) T_1 \times \left(2\right)^{\frac{1.3}{1.3}}$$

برای گاز آرگون $k=1.3$ در نظر بگیرید

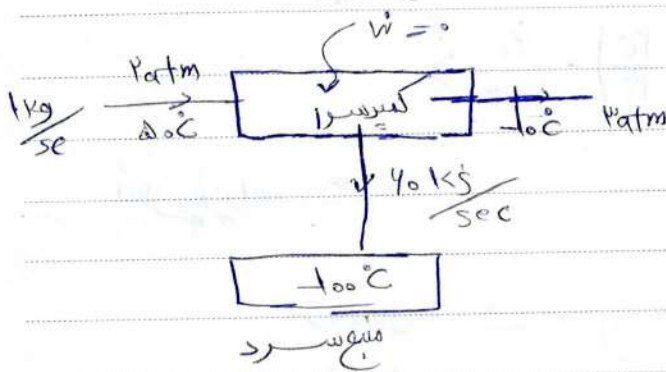
$$3) \frac{T_1}{1.3}$$

$$4) T_1 \times 2^{\frac{1.3}{1.3}}$$

تئوری مخصوص حالتی مانده

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad \delta_2 = \delta_1$$

$$\rightarrow T_2 = T_1 \times \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} = T_1 \times \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{0.3}{1.3}} = T_1 \times 0.77$$



مثال در شکل کمپرسوری نشان داده

شده است به مخلوطی از دو سیسیدرین

و عموماً سیسیدرین را از فشار ۲ اتمسفر

به فشار ۱ اتمسفر فشرده می کنند برای این مخلوط $R = 0.2 \frac{kJ}{kg \cdot K}$ و $R_p = 1 \frac{kJ}{kg \cdot K}$

لایحه بالتریب به اطلاعات داده شده یا وجود چنین کمپرسوری امکان پذیر است؟

۱) امکان پذیر نیست زیرا قانون اول نقض شده ۲) امکان پذیر نیست زیرا قانون دوم نقض شده

۳) هر دو قانون نقض شده ۴) تماماً امکان پذیر است

در چه کنترل: کمپرسور

قانون اول SSSF

$$\dot{Q} = \dot{m} (h_e - h_i)$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \times R_p \times (T_e - T_i)$$

حالتون اول نقض شد ✓
 $-40 = 1 \times 1 \times (-10 - 50) \rightarrow -40 = -40$
 لایحه بالتریب از راه داده

قانون دوم

اصل افزایش آنتروپی می باشد برقرار باشد

$$\frac{ds}{dt} + \frac{ds}{dt} \Big|_{\text{Surr}} \geq 0$$

SSSF

$$\dot{m}(s_e - s_i) - \frac{\dot{Q}}{T_{\text{Surr}}} \geq 0$$

$$\dot{m} \left(R \ln \frac{T_e}{T_i} - R \ln \frac{P_e}{P_i} \right) - \frac{\dot{Q}}{T_{\text{Surr}}} \geq 0$$

امکان پذیر است

در تمام زمان ها دمای ورودی و خروجی برابر است

مثال: نیتروگن در صورت ادیاباتیکی و برگشت پذیر مواد از دما و فشار ۲۰°C و ۱۰۰ kPa به ۱۰۰°C و ۱ MPa

فشارده می کند. نیتروگن در دمای ۱۰۰°C و فشار ۱۰۰ kPa به دما و فشار ۱۰۰°C و ۱ MPa

۱ MPa فشارده می کند کار مصرفی در تمام نیتروگن کمتر است (هوایا: شامل است)

۱) در حدود نیتروگن، یکسان است

۲) نیتروگن و ادیاباتیکی کار کمتر است چون

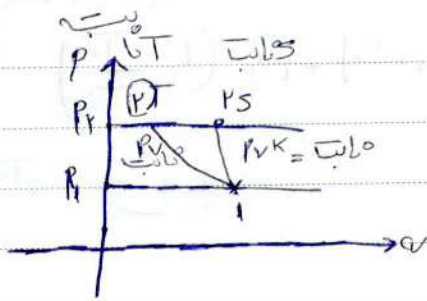
۳) در نیتروگن هم کار کمتر است

۴) نیتروگن و ادیاباتیکی کمتر است چون در نیتروگن

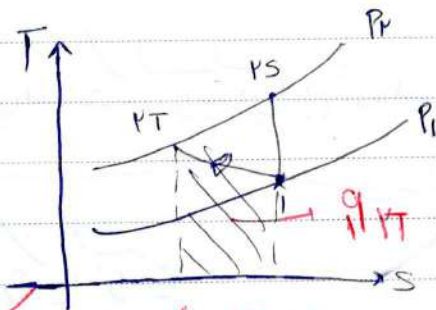
دعم دما انتقال حرارت وجود دارد

پدای مقاسیه P-v ← نمودار

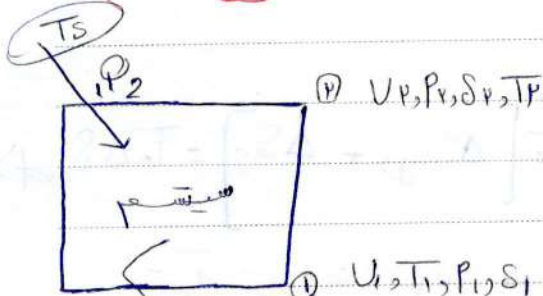
یوار مقاسیه انتقال حرارت ← نمودار T-s



کار و شتاب کمتر است



کار و برآیند پذیر، برآیند شتاب پذیری و قابلیت کاردهی (السرژی) Exergy



کار و برآیند پذیر لغتی است و برامش آن

کار و مصرفی یا تولیدی یک فرایند واقعی مورد ارزیابی قرار می گیرد

۱۳۲

کار و برآیند پذیر برای یک فرایند مقدار کار تولیدی یا مصرفی بر آن می توانند و بین هموار

در حالت ابتدایی و انتهای فرایند واقعی است با فرض اینکه تمام عوامل برآیند پذیر

در دسترس است

$$\frac{KJ}{s} = Kw \cdot h \cdot \Delta f$$

$$W_p^{rev} = (U_1 - U_2) - T_0 (S_1 - S_2) + Q_p \left(1 - \frac{T_0}{T_s}\right)$$

T_s : دمای محیطی است که سیستم از طریق فرآیند واقعی با آن تبادل حرارت کرده است.

T_0 : دمای محیطی است که فرآیند در آن انجام شده است.

برگشت خازیری بی فرآیند

$$I_p = W_p^{rev} - W_p = \left[(U_1 - U_2) - T_0 (S_1 - S_2) + Q_p \left(1 - \frac{T_0}{T_s}\right) \right] - [Q_p - (U_2 - U_1)]$$

$$I_p = T_0 \left[(S_2 - S_1) - \frac{Q_p}{T_s} \right] = T_0 \left[\Delta S_{sys} + \Delta S_s \right] = T_0 \Delta S_{net} > 0$$

تغییر انتروپی سیستم از رویه شده

برگشت خازیری هیچ پایه معنی تواند معنی باشد.

کار واقعی فرآیند > کار برگشت بی فرآیند

کار + $W_{rev} > W$

کار - از مقدار کمتر W_{rev}