

لُطْفًا لَا تَنْسُوا وَالِدِي
"عَادِلٌ غَمِيمٌ"
مِنْ دَعَوَاتِكُمْ بِالرَّحْمَةِ
وَالْمَغْفِرَةِ وَالْقَبُولِ
أَسْأَلُ اللَّهَ لِي وَلَكُمْ التَّوْفِيقَ

ديناميكا حرارية

- الديناميكا الحرارية (Thermodynamic): تنقيح لعلوم الطاقة.
- درجة الحرارة: مقياس لكمية الحرارة في المادة تقاس بالكلفن، سيلسوس
... حسب النظام.

- الحرارة: مقياس الى سرعة أو سخونة المادة وهي طاقة وتُقاس بالجول.
الديناميكا الحرارية بها 4 قوانين:

1- الصفري: ينص على أن: إذا كان هناك نظامان (A و B) كلٌّ منهما في حالة توازن حراري مع النظام (C) فإن النظامين (A و B) يكونان في حالة توازن حراري مع بعضهما.

2- الأول: ينص على أن: الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم وإنما تحول من شكل الى شكل آخر «دفع الطاقة».

3- الثاني: لا يمكن تحويل كل الحرارة الى شغل.

4- الثالث: يستحيل أن يبقى النظام العزلي اطلاقاً من خلال عدم حدوث هذه العمليات



- النظام: حيث قيد الدراسة بالمادة مقياس بالمادة العازلة والحدود.

- المحيط: وهو الذي خارج النظام.

- المادة العازلة: هي المادة التي تؤثر خواصها بتبادل الطاقة بين النظام والمحيط.

ملاحظة: الخترين النظام والحيط بعد حدود مثل: الأرضية، السقف، الخواطر
وقد تكون المسود حقيقة أو تخيلية، شائعة أو متحركة.
نفسه بمحركة «نقدر بعدد ما ونضبطها في الشرفقة»

تعريفها	الوحدة الأساسية
كمية المادة	[1] المول «mol»
الطول	[2] المتر «m»
الزمن	[3] الثانية «s»
شدة الإضاءة	[4] كانديلا
شدة التيار	[5] أمبير
درجة الحرارة	[6] كلفن «K»
الكتلة	[7] الكيلوجرام «kg»

الكمية لها قانون

[1] كمية E

[2] نوعيتها $e = E / \text{mass}$

[3] معدل اسباب $\dot{E} = E / \text{time}$

٢ أنواع الأنظمة:

- 1- النظام المغلق: هو النظام الذي يسمح بتبادل الطاقة مع المحيط ولا يسمح بتبادل الكتلة أي لا يوجد تبادل للمادة العالمة مثل: قاعة مغلقة مسطحة عليها حارة، يسمى هذا النظام بالنظام الكتلتي التحكمية (control mass) أي $mass = const$ أي الكتلة الثابتة «close system».
- 2- النظام المفتوح: هو النظام الذي يسمح بتبادل الطاقة والكتلة مع المحيط أي يسمح بتبادل المادة العالمة والكتلة مثل: قاعة مفتوحة مسطحة عليها حارة، يسمى هذا النظام بنظام الحجم التحكمي (control volume) أي $volume = const$ أي الحجم ثابت «open system».
- 3- النظام المعزول: هو النظام الذي لا يسمح بتبادل الطاقة والكتلة مع المحيط أي لا يوجد تبادل للمادة العالمة والطاقة مثل: ترمس حراري ملحوظة: لا يمكن الحصول على النظام المعزول عملياً لأن: لا يوجد مادة موصلة لها الحرارة صفر، إنما المادة العالمة يمنع منها الترمس الحراري ذات موصلة ضئيلة وليست صفر لصعوبة تبريد بعد مرور فترة «Isolated system».

الخواص الترموديناميكية:

- 1- درجة الحرارة وهي مقياس لكمية الحرارة الموجودة في النظام وفقاً للنظام الدولي تنقسم المقاييس إلى: سيلسيوس $^{\circ}C$ - كلفن K . وفقاً للنظام الفرنسي: صهرهايت - رانكن $R = F + 460$, $K = C + 273$.

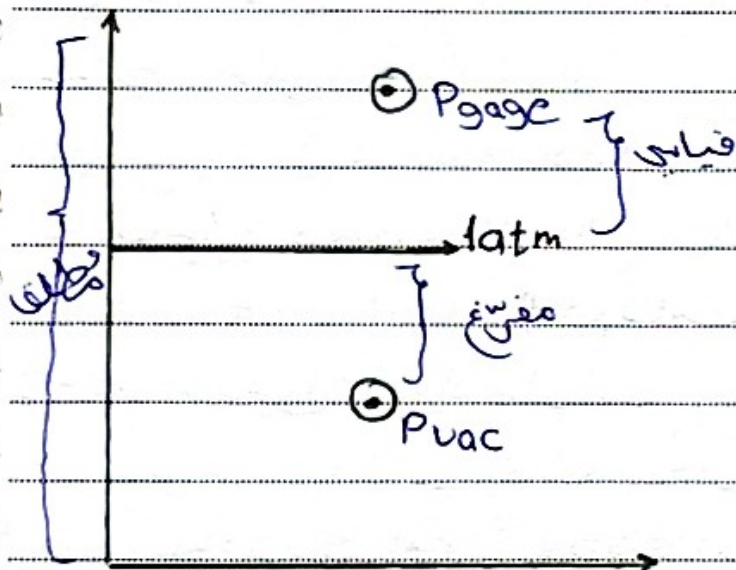
2- الضغط: هي القوة العمودية المسطحة على وحدة المساحة.

$$p = \frac{F}{A} = \frac{N}{m^2} = Pa$$

وحداته: - mm.Hg - par - atm

$$1 atm = 101.3 kPa, 1 bar = 100 kPa$$

ملحوظة: كلما زاد الارتفاع عن مستوى سطح البحر قل الضغط وذلك لأن طول عمود الزئبق قل.



* مقاييس الضغط:

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{gage} *$$

قياسي + جوي = مطلق كلي

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{vac}$$

مفرغ + جوي = مطلق

- عند حساب الضغط دائماً (الضغط المحسوب + الضغط الجوي)

أي الضغط القياسي + الضغط الجوي = ضغط كلي أو مطلق.

- مفر آجهزة الضغط هو الضغط جوي.

- الضغط السالب مثل: شبكات المياه المضغوطة ويسمى ضغط التفريغ.

- ضغط النظام هو الضغط المطلق.

- لو قال: ضغط النظام (150 kPa) كمثال وسبكت إذاً ضغط كلي.

لو قال: ضغطي قراءة (150 kPa) كمثال والمنظومة إذاً ضغط 3 atm.

كمثال إذاً الخزم نجمع ونجيب الضغط المطلق.

3- الكثافة: (Density)

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{kg}{m^3}$$

4- الحجم النوعي: (Specific value)

$$v = \frac{V}{m} = \frac{m^3}{kg}$$

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

* الخواص التركيبية والامتدادية:

- الخواص التركيبية: لا تعتمد على سعة النظام أو سعة المنظومة بمعنى أن: الخاصية لا تتأثر لو أخذنا نصف القاعة كمظومة أو كلها، مثل: الكثافة، درجة الحرارة، الضغط، الحجم النوعي.
- الخواص الامتدادية: تعتمد على سعة النظام أو سعة المنظومة بمعنى أن: الخاصية تتأثر لو أخذنا نصف القاعة كمظومة أو كلها، مثل: الحجم، الكثافة.

* تعريفات هامة:

- الحالة (State): مجموعة من الخواص تصف النظام في لحظة معينة.
- الإجراء (process): تغيير النظام من حالة إلى حالة أي أنتقال النظام من حالة ابتدائية إلى حالة نهائية.
- الدورة cycle: مجموعة من الإجراءات تقوم بها المنظومة وتعود إلى حالتها الابتدائية (التي هي نفسها الابتدائية).

معدل انسياب الكتلة: (mass flow rate): « في النظام المفتوح فقط »

$$\dot{m} = \rho A c$$

حيث: A : المساحة العرضية في اتجاه الجريان

c : سرعة المصولة أو الخروج

ρ : ضغط المصولة أو الخروج

$$\dot{m}_1 = \rho_1 A_1 c_1, \quad \dot{m}_2 = \rho_2 A_2 c_2$$

افتراض انسياب مستقر « للتصديق » (Steady Flow) $\dot{m}_1 = \dot{m}_2$

$$\dot{m} = \rho_1 (A_1 c_1) = \rho_2 (A_2 c_2)$$

معدل انسياب الحجم: $\dot{V} = A c$ (Volume Flow rate)

$$\dot{m} = \rho_1 \dot{V}_1 = \rho_2 \dot{V}_2$$

★ أنواع الطاقة:

[1] طاقة استاتيكية (مختزنة): « هي الطاقة المخزنة في النظام

أي تحملها المادة المتحركة في جزيئاتها »

أنواعها:

[1] التغير في طاقة الحركة (K.E): « في النظام المفتوح »

$$[1] K.E = \frac{1}{2} m (c_2^2 - c_1^2) \Rightarrow \text{J, KJ}$$

$$[2] \Delta K.E = \frac{1}{2} m (c_2^2 - c_1^2) \Rightarrow \text{J/sec}$$

$$[3] \Delta k.e = \frac{1}{2} m (c_2^2 - c_1^2) \Rightarrow \text{J/Kg}$$

[9] التغير في طاقة الوضع ($P \cdot E$):

$$[1] \Delta P.E = mg(z_2 - z_1) \Rightarrow J$$

$$[2] \Delta P.E = \dot{m} g (z_2 - z_1) \Rightarrow J/sec$$

$$[3] \Delta p.e = g (z_2 - z_1) \Rightarrow J/Kg$$

ملحوظة: z مسوية من المستوى أو الارتفاع الذي حددناه.

[3] طاقة الانسياب ($\Delta F \cdot E$):

$$[1] \Delta F \cdot E = P_2 V_2 - P_1 V_1 \Rightarrow J$$

$$[2] \Delta F \cdot E = P_2 \dot{V}_2 - P_1 \dot{V}_1 \Rightarrow J/sec$$

$$[3] \Delta p.e = P_2 V_2 - P_1 V_1$$

هي الطاقة المتدفقة عند دخول وخروج الكتلة.
طاقة تدفق الكتلة على الدخول والخروج.

[4] الطاقة الداخلية (TU):

$$\Delta TU = m (u_2 - u_1) = U_2 - U_1$$

$$\Delta u = c_v \Delta T$$

تعتبر من طاقة الخزانات، أي مجموعة لطاقات تحملها خزانات أي مادة.
الاعتزالية، دورانية، انتقالية.

(وَلَيْ غُلِبَتْ لُظْفُهُ خَوْفِي)

Subject: ... مشرق غم

5] طاقة الانشائي (H) :

هي مجموع طاقتي الانشاي والداخلية .

$$1] H = F \cdot E + T$$

$$2] H = p \cdot V + T$$

$$3] h = p \cdot v + u$$

$$4] \Delta H = H_2 - H_1 = m(h_2 - h_1)$$

(بقدر ما تقتضي مثال ما تمني)

1 [أ] طاقة ديناميكية: $\leftarrow$ حرارة Q $\leftarrow$ شغل T

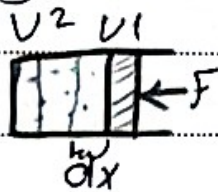
وهي الطاقة السابقة لحصول النظام

1 [ب] الحرارة (Q): هي الطاقة التي تعبر حدود النظام نتيجة للفرق في درجات الحرارة بين المحيط والنظام (بالجول) $\leftarrow$ خارج النظام $\leftarrow$ داخل النظام

1 [ج] الشغل (T): عندما يكون انتقال الطاقة بين النظام والمحيط ليس بسبب فرق درجة الحرارة فإن الطاقة الديناميكية في هذه الحالة في صورة شغل

1 [د] شغل الإزاحة: « شغل تغيير الحجم » displacement work:

(في النظام المغلق) الذي تكون فيه الحروف متحركة (المكبس) أو الشقلة



$$dw_{dis} = F dx$$

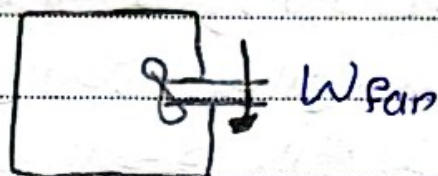
$$dw_{dis} = p A dx \Rightarrow \int_{dis} dw = \int_{V1}^{V2} p dV$$

$$TW_{dis} = \int_{V1}^{V2} p dV$$

2 [أ] الشغل الكهربائي « electrical work » : به القدرة

$$TJ_{elec} = V I \Delta t \Rightarrow J = A \cdot V \cdot s$$

[3] تشغيل المروحة « Fan work » : كمية شغل Q أي لا تحسب



ملاحظة:

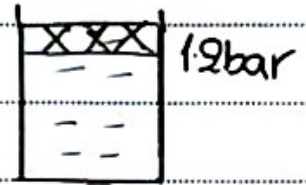
شغل الإنزاحة $Q_{displacement}$ داخل النظام أو خارج منه حسب الاتجاه
 الشغل الكهربائي وشغل المروحة دائماً داخل النظام « سالب »
 شغل داخل النظام الشغل المبذول من المحيط على النظام « انضغاطي شغل »

أنواع المادة العاملة :

(1)

★ المادة النقية :

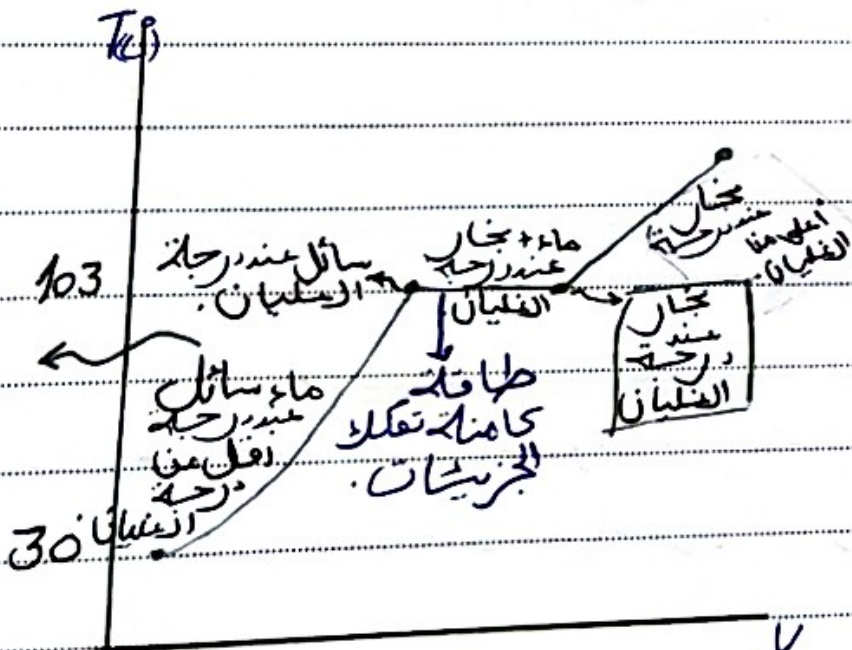
- متوفرة في الطور المطلوب ، يمكن نقلها مباشرة سائبة غازية .
- البحث عن خواصها تستخدم جداول .
- مادة متجانسة وثابتة في تركيبها الكيميائي وهما تتغير طورها .
- أشهرها الماء ومائع التبريد (R_{245a}) مثل المائع كيميائي H_2O وهما تغير حالته .
- يقصد بهما نسبة أنهما متوزعان بانتظام مثل الماء في الخزان أو الإمداد .



(2) ناتج من ضغط جوي

+ 0.2 ضغط المكبس على السائل

$$P_{total} = P_{atm} + P_{مكبس}$$



الغليان يحدث عند 103 بدلاً

من 100°C لأن الماء يغلي عند 100°C

عند ضغط جوي لكن هنا

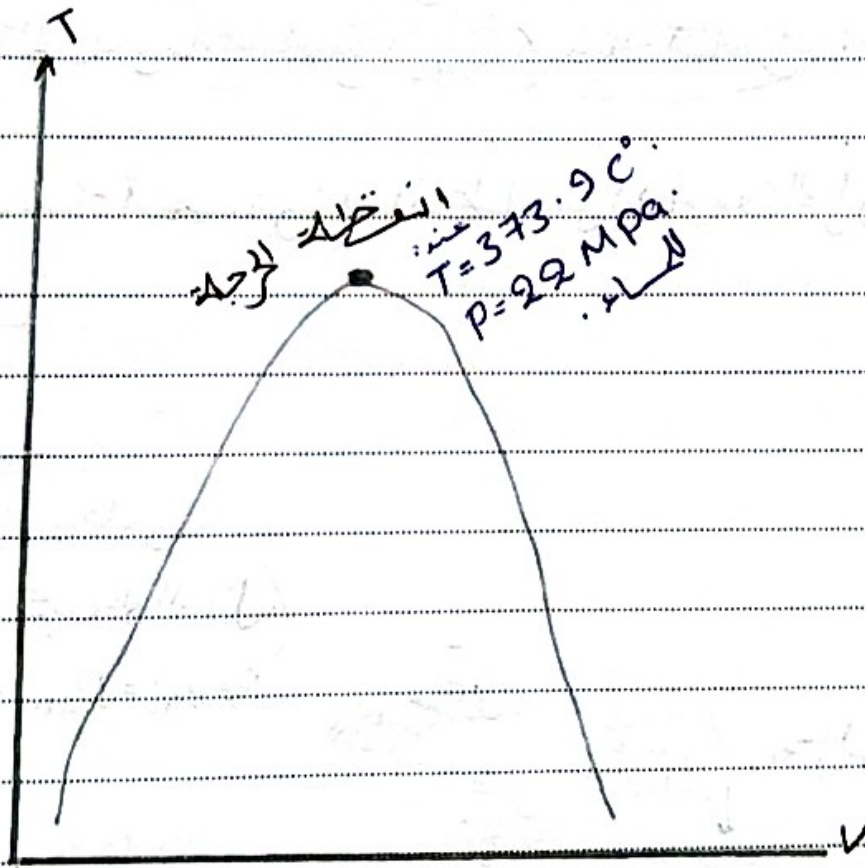
الضغط زاد عن الضغط الجوي

بالتالي زادت درجة الحرارة

(يسمى هذا المنحنى بخط ثبوت الضغط)

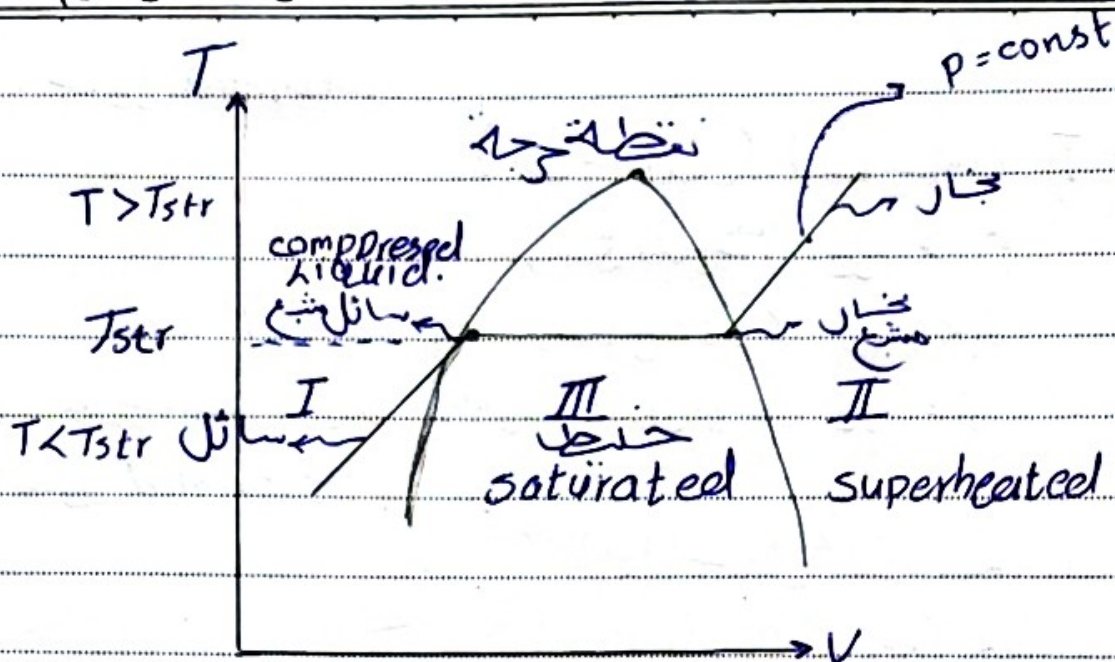
- الضغط ثابت مع ان الحجم زاد وبالتالي ارتفع المكس وقل طول عمود الهواء وبالتالي انفق هذا ان يقل الضغط الجوي ولكن هذا الارتفاع بسيط جدًا مقارنة بطول عمود الهواء وبالتالي لا يؤثر تأثيرًا كبيرًا.

★ درجة الغليان تبقى بدرجة التشبع.



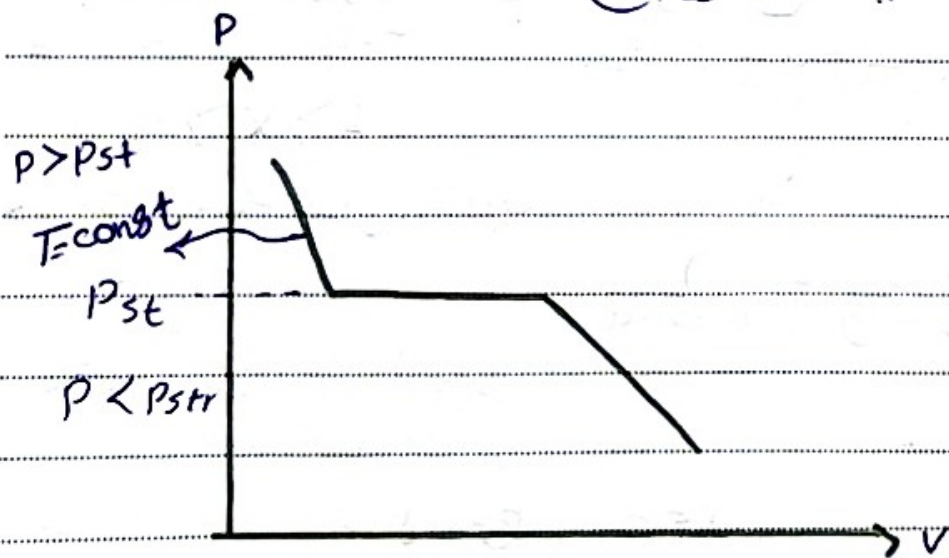
★ النقطة الحرجة تحدث عند زيادة درجة الحرارة والضغط فيتحول منها المادة السائلة من سائلة إلى غازية دون المرور بمرحلة الحرارة الكامنة.

Subject: مبادئ ميكانيكا الموائع



• تحديد الحالات:

يتم تحديد الحالة خاصيتين مستقلتين «المادة النقية»
 يتم تحديد حالة المادة النقية من جدول التبخر (saturated)



الحال (1): جدول saturated

① (اول الجدول) (ثابتة) T $P > P_{st}$ (سائل مضغوط) $P < P_{st}$ (بخار محض) $P = P_{st}$ (سائل مضغوط أو بخار محض أو خليط)

الحال (2): جدول saturated

② (اول الجدول) (ثابتة) P $T < T_{str}$ (سائل مضغوط) $T > T_{str}$ (بخار محض) $T = T_{str}$ (سائل مضغوط أو بخار محض أو خليط)❖ كس الخفاف: (x) عند درجة حرارة التبغ:يحدده عند $T = T_{str}$ or $P = P_{str}$ حالة المادة (خليط، سائل، بخار)

$$1 > x > 0$$

❖ يبتعد عن نسبة البخار في الخليط.

$$x = \frac{m_g}{m_f + m_g} = \frac{m_g}{m_{total}}$$

حيث: m_g كتلة البخار m_f كتلة السائلعندما: $x = 0$ (سائل مضغوط) $x = 1$ (بخار محض) $1 > x > 0$ (خليط)

Subject: مبادئ عمليات الفصل

عندما $p = p_{sat}$ or $T = T_{sat}$

* من جدول التبخير:

- إذا كانت $x = 0$ «سائل مشبع» نأخذ (v_f, u_f, h_f) من جدول التبخير.
- إذا كانت $x = 1$ «بخار مشبع» نأخذ (v_g, u_g, h_g) من جدول التبخير.
- إذا كانت $1 > x > 0$ «خليط» نحسب (v_g, u_g, h_g) ونقرر.

$$y = x y_g + (1-x) y_f$$

$$\therefore y = x y_g + y_f - x y_f$$

$$\therefore y = y_f + x (y_g - y_f)$$

$$\therefore y = y_f + x y_{fg}$$

$$y_{fg} = y_g - y_f \text{ حيث}$$

ملاحظة:

عندما $y < y_f$ (سائل مشبع)

$y = y_f$ (سائل مشبع)

$y_f < y < y_g$ (خليط)

$y = y_g$ (بخار مشبع)

$y > y_g$ (بخار مشبع)

مثال:

أوجد الطاقة الداخلية لـ 3 كيلوجرام من الماء عند ضغط 8000 kPa ودرجة حرارة 300 °C

الحل:

$$3 \text{ kg H}_2\text{O} \quad U = ?$$

$$@ 8000 \text{ kPa} \text{ و } 300^\circ\text{C}$$

من جدول التشبع @ 8000 kPa

$$* \quad T_{\text{sat}} @ 8000 \text{ kPa} = 295.01^\circ\text{C}$$

$$T > T_{\text{sat}} @ 8000 \text{ kPa} \rightarrow \text{بخار محض}$$

$$* \quad @ 300^\circ\text{C} \text{ من أ.و.}$$

$$P_{\text{sat}} = 8587.9 \text{ kPa}$$

$$P < P_{\text{sat}} @ 300^\circ\text{C} \rightarrow \text{بخار محض}$$

* من جدول البخار المحض عند

$$P = 8 \text{ MPa} \text{ و } 8000 \text{ kPa}$$

$$u = 2592.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$U = u \times m = 7776.9 \text{ kJ}$$

Subject:.....

مثال:

أوجد الإنشائي لمائع تبريد R134-A عند درجة حرارة -10°C وطاقتها داخلية $P \quad U = 150 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$

من أجل التبريد لـ R134-A عند -10°C
حالة مائع $u_p < u < u_g$

$$h = h_f + x h_{fg}$$

$$u = u_f + x u_{fg}$$

$$x = \frac{u - u_f}{u_{fg}} = 0.59$$

$$h = 160.06 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

مثال:

أوجد حجم 5 kg مع مائع التبريد عند ضغط 650 kpa وطاقتها داخلية $P \quad u = 243.2 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$

$$@ 650 \text{ kpa}$$

$$u = u_g @ 650 \text{ kpa} \Rightarrow \text{مائع}$$

$$u = u_g @ 650 \text{ kpa} = 0.031646 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V = u * m = 0.15823 \text{ m}^3$$

مثال:

أوجد الإنشائي للماء عند ضغط 100 bar ودرجة حرارة 220°C ؟

$$p = 100 \times 100 = 10000 \text{ Kpa}$$

$$T_{\text{str}} @ 10000 \text{ Kpa} = 311^\circ\text{C}$$

$$T < T_{\text{str}} @ 10000 \text{ Kpa} \Rightarrow \text{سائل مضغوط}$$

* من جدول السائل المضغوط

$$* \text{ I } p = 10 \text{ Mpa} \text{ عند } T = 220^\circ\text{C}$$

$$h = 945 \text{ KJ/Kg}$$

مثال:

أوجد درجة حرارة ماء سائل متوسع حجمه $(0.00119) \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$

$$T = 220^\circ\text{C}$$

الاستكمال الداخلي:

مثلاً لو قال اوجد الطاقة الداخلية لـ $P, 320^\circ C, 1 \text{ bar}$

$$@ 1000 \text{ kPa } T > T_{\text{sat}}$$

(بخار متفصل)

(استكمال داخلي):

T	u
300	2793.7
320	u
350	2875.7

$$\frac{320 - 300}{350 - 300} = \frac{u - 2793.7}{2875.7 - u}$$

$$u = 2826.5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

مثال:

اوجد الحجم لمائع التبريد R134a عند ضغط 620 kPa ودرجة حرارة

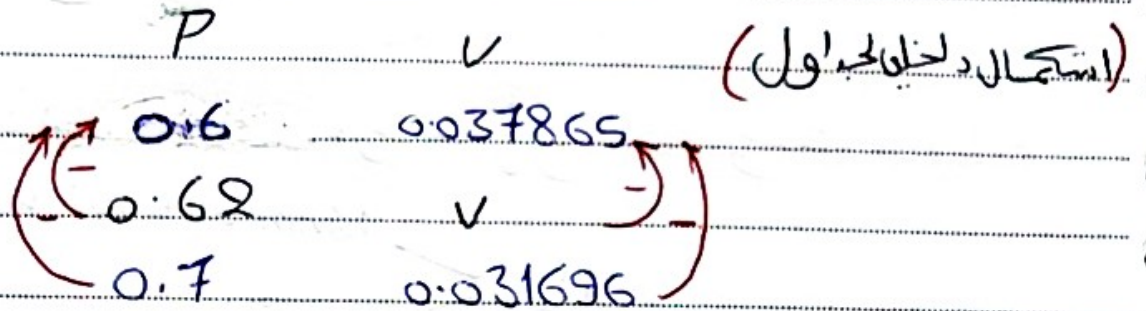
 $P, 40^\circ C$

$$@ T \Rightarrow P_{\text{sat}} = 1017.1 \text{ kPa}$$

$$P < P_{\text{sat}} @ 40^\circ C \rightarrow \text{(بخار متفصل)}$$

0.62 MPa

40°C ، 620 kPa عند دخول الخزان



$$\frac{0.62 - 0.6}{0.7 - 0.6} = \frac{V - 0.037865}{0.031696 - 0.037865}$$

$$V = 0.0366312 \frac{m^3}{kg}$$

(بمقدار الموقونة تسيل العوزة)

Subject:.....

$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa}$$

* أشكال القيمة المتوسطة:

مثال:

أوجد الطاقة الداخلية لخلية الماء عند درجة حرارة 550°C وضغط 16 bar

$$16 \text{ bar} = 1600 \text{ kPa}$$

$$\text{H}_2\text{O} \leftarrow 550^\circ\text{C}$$

بحسب الحالات:

pressure table

$$\begin{array}{cc} P & T_{st} \\ 1500 & 198 \end{array}$$

$$1600 \text{ } 198 < T_{st} < 205$$

$$1750 \text{ } 205$$

(الحالات بخار محض)

من الجدول نجد $T_{st} = 500$ ، $T = 600$ عند 1.6 MPa
نحصل على القيمة المتوسطة

$$u = \frac{u_{@500^\circ} + u_{@600^\circ}}{2}$$

$$u = \frac{3120.1 + 3293.9}{2} = 3207 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

* مثال:

أوجد حجم مائع التبريد R134a عند 220 kPa و 20°C

$$R_{134a} \begin{cases} 220 \text{ kPa} \\ 20^\circ \text{C} \end{cases} \quad \text{جناح مائع}$$

$$V = \frac{V_{@0.2 \text{ MPa}} + V_{@0.24 \text{ MPa}}}{2}$$

$$V = \frac{0.11418 + 0.09423}{2} = 0.104 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$* (y_{fg} = y_g - y_f)$$

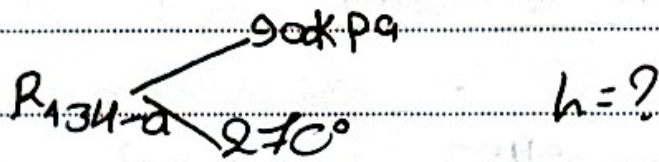
Subject:.....

★ خواص السائل المضغوط لـ R_{134-a} والباء عند ضغط أقل من 5 MPa :

★ تتعامل معاملة السائل المشبع عند درجة الحرارة البسيطة للظلام.

مثال :

أوجد الإنشائي لـ R_{134-a} عند ضغط 90 kPa ودرجة حرارة 27°C



$$@ p \sim T_{\text{sat}} = 35.51^\circ \text{C}$$

$$T < T_{\text{sat}} \Rightarrow (\text{سائل مضغوط})$$

$$v = v_f @ T$$

$$u = u_f @ T$$

$$h = h_f @ T$$

$$h = h_f @ 27^\circ \text{C}$$

$$h = \frac{h @ 26^\circ + h @ 28^\circ}{2}$$

$$h = \frac{87.83 + 90.69}{2} = 89.26 \text{ kJ/kg}$$

★ مثال:

خزان حجمه 80L يحتوي على 4kg من مادة التبريد R134a عند ضغط 160kPa
أوجد درجة الحرارة، الإنشائي، حجم الطور السائل، حجم الطور الغازي

$$\begin{aligned} m &= 4 \text{ kg} \\ R &= 134 - a \\ p &= 160 \text{ kPa} \\ V &= 80 \text{ L} \end{aligned}$$

$$T = ? , H = ? , v_f = ? , v_g = ?$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$$

$$V = 80 \text{ L} = 0.08 \text{ m}^3$$

$$v = \frac{V}{m} = 0.02 \text{ m}^3/\text{kg}$$

(من جدول التبريد عند 160kPa)

$$a) \quad p \sim v_f < v < v_g \quad (\text{خط مشبع})$$

$$T = T_{sat}@p = -15.6^\circ\text{C}$$

$$h = h_f + x h_{fg}$$

$$v = v_f + x v_{fg}$$

$$x = \frac{v - v_f}{v_{fg}} = \frac{v - v_f}{v_g - v_f} = \frac{0.02 - 0.0007437}{(0.12348 - 0.0007437)}$$

$$x = 0.157$$

$$h = 64.142 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$H = m \times h = 256.65 \text{ kJ}$$

حجم الطور السائل:

$$m_f \times v_f$$

حجم الطور الغازي:

$$m_g \times v_g$$

Subject:.....

$$x = \frac{m_g}{m_T} \rightarrow m_g = x m_T = 0.628 \text{ kg.}$$

$$m_p = m_T - m_g \Rightarrow m_p = 4 - 0.628 = 3.372 \text{ kg}$$

$$V_p = m_p \times v_f$$

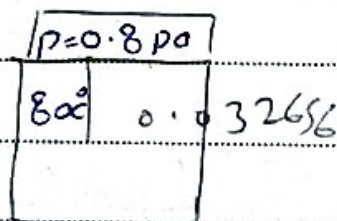
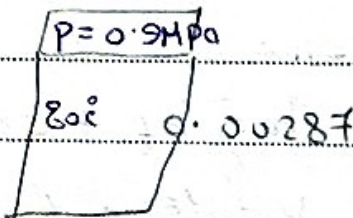
$$V_p = 3.372 \times \quad = 2.507 \times 10^3 \text{ m}^3.$$

$$V_g = m_g \times v_g$$

$$V_g = 0.628 \times \quad = 0.077 \text{ m}^3.$$

$$V_g + V_p = V$$

$$2.507 \times 10^3 + 0.077 = 0.08 \text{ m}^3.$$



5

V	P	h
0.032656	0.8	316.97
0.03	P	h
0.02863	0.9	315.63

نوع المادة	وصف المواد	الانثالبي $\frac{kJ}{kg}$	الكتلة النوعية $\frac{kg}{m^3}$	الضغط KPa	درجة الحرارة °C
H ₂ O	بخار رطب	2715	0.016849	10556	315
H ₂ O	سائل مضغوط	636.67	1.026×10^{-3}	7500	150
H ₂ O	سائل رطب	1462	3.001499	11284	320
R134-a	سائل مضغوط	12.65	0.0007203	100	-30
R134-a	بخار رطب	316.09	0.03	0.86599×10^3	80
R134-a	خليط رطب	$\left. \begin{matrix} 14 < x < 116 \\ 22 < x < 116 \\ 22 < x < 116 \end{matrix} \right\}$	$v = v_f + v_{fg}$ 0.	70	-33.84

(2)

* الغاز المثالي: (Ideal gas)

مادة تختفظ بالطور الغازي تحت أي ظرف للنظومة.

$$PV = \hat{R} n T$$

النظرية الميكانيكية الكميائية

حيث: (1) $\hat{R}$ الثابت العام للغازات(2) T درجة الحرارة بالكلفن

$$8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} = \hat{R} \quad (3)$$

(4) الحجم

(5) ضغط

لتحويل الصورة دينا ميكانيكية من غير من كمية المادة n إلى مولات بدلالة

$$n = \frac{m}{M}$$

الكتلة

$$PV = m \hat{R} T$$

حيث: $\hat{R} = \frac{R}{M}$ (ثابت الغاز)
 (حويلاً)
 * $PV = mRT$ *
 * $PV = mRT$ *
 * $PV = mRT$ *

$$* PV = RT *$$

$$* P = \rho RT *$$

$$* P_1 V_1 = m R T_1 *$$

$$* P_2 V_2 = m R T_2 *$$

* الطاقة الداخلية U :

$$du \propto dT$$

$$du = c_v dT$$

$$\Delta u = c_v \Delta T$$

$$\Delta U = m c_v \Delta T$$

حيث: c_v حرارة نوعية عند حجم ثابت.

* طاقة الانشائي h :

$$dh \propto dT$$

$$dh = c_p dT$$

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

$$\Delta H = m c_p \Delta T$$

حيث: c_p حرارة نوعية عند ضغط ثابت.

* الحرارة النوعية في الحالة الغازية تتعامل معاملة الغاز المثالي عند الضغوط المنخفضة ودرجة الحرارة العالية.

(الرجاء التمثال بالرجاء)

معامل الانضغاطية γ :

يُعتبر عن حياد الغاز عن الغاز المثالي "حياد أو سلوك".

$$pV = \gamma RT$$

عندما: $\gamma = 1$ فيسلك الغاز سلوك الغاز المثالي.

γ قريبة من 1 يقترب سلوك الغاز من سلوك الغاز المثالي.

γ تبعد عن 1 يقترب سلوك الغاز من سلوك الغاز الحقيقي.

$$\star R = C_p - C_v \star$$

$$K = \frac{C_p}{C_v} \text{ نسبة الحرارة النوعية}$$

القانون الأول للديناميك الحرارية :
(1st law of thermodynamic.)

الطاقة لا تفنى ولا تخلق من العدم بل تتحول من شكل إلى آخر.

$$Q_{1-2} - W_{1-2} = \Delta E_{1-2}$$

التغير في جميع الطاقات

$$\Delta K.E, \Delta P.E, \Delta U, \Delta F.E$$

الحاصل وجودها في النظام

كل من صفر ΔU في النظام المغلق :

$$Q_{1-2} - W_{1-2} = \Delta U_{1-2}$$

لنأخذ كل من صفر ΔU ؟ $\Delta F.E$ صفر لأنها الطاقة المسؤولة عن دخول وخروج m .

$\Delta K.E$ صفر لأنه لا يوجد تبادل للكتلة في النظام المغلق ، بسبب عدم وجود دسيت

دخول ويسمى خروج للكتلة من المنظومة . $\Delta P.E$ صفر لأنه لا يوجد اختلاف في ارتفاع دخول وخروج m .

$$Q_{1-2} - W_{1-2} = \Delta U_{1-2}$$

نقطة $m(u_2 - u_1)$ $m c_v \Delta T$

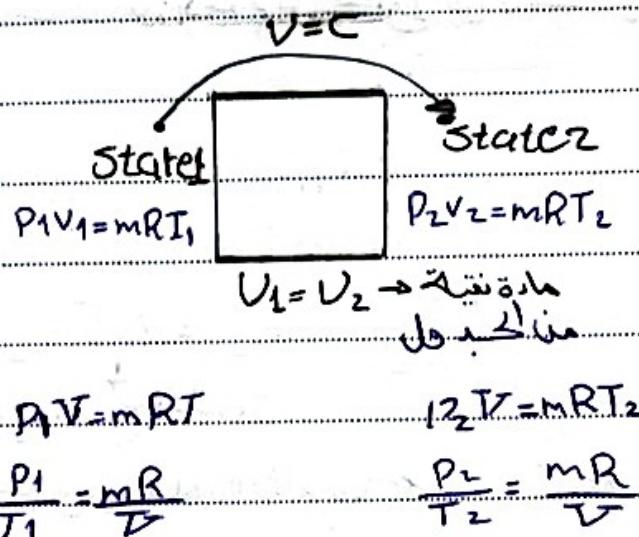
مكتبة Q_{1-2} W_{1-2} ΔU_{1-2}

مفقودة Q_{1-2} W_{1-2} ΔU_{1-2}

$W_{1-2} = \int_{V_1}^{V_2} p \, dV$ $I \, V \, dt$

★ أنواع الإجراءات في النظام المغلق :

1- إجراءات الحجم (أيزو كورك) :



$$\therefore \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow \text{غاز مثالي}$$

- شكل الإنجاز في الإجراءات ثابت الحجم :

$$W_d = \int_{V_1}^{V_2} p dv = 0 \quad (\text{لعدم وجود } \Delta V)$$

$$Q_{1-2} - \cancel{W_{1-2}} = \Delta U$$

$$\therefore Q_{1-2} = \Delta U \rightarrow \begin{matrix} \text{مادة نقية} \\ m(u_2 - u_1) \\ \text{غاز مثالي} \\ mC_v \Delta T \end{matrix}$$

كمية الحرارة المتقلة في الإجراءات ثابت الحجم يساوي التغير في الطاقة الداخلية

2- إجراء شون الضغط (إيزوبارك) :

$$p = c$$



$p_1 = p_2 \rightarrow$ مادة نقيّة
من المحلول

$$pV_1 = nRT_1$$

$$pV_2 = nRT_2$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{nR}{p}$$

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{nR}{p}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow$$

غاز مثالي

شغل الإزاحة في الإجراء ثابت الضغط

$$Wd = \int_{V_1}^{V_2} p dV = p(V_2 - V_1)$$

$$Wd = mp(V_2 - V_1)$$

حجم
نوعي

منطقيًا في النظام المغلق

لا يوجد أنساب لكن

$$Q_{1-2} = p(T_2 - T_1) + \Delta U$$

رياضيًا تصح

$$Q_{1-2} = \Delta H \rightarrow m(h_2 - h_1)$$

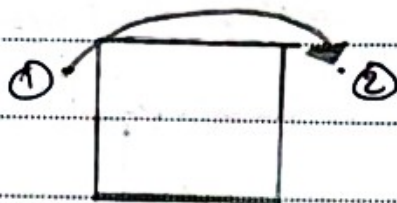
مادة نقيّة
غاز مثالي

كمية الحرارة المنتقلة في الإجراء ثابت الضغط يساوي التغير في طاقة

الأنشالي

2- إجراء شون الضغط (إيزوبارك):

$$P = c$$



$P_1 = P_2 \rightarrow$ مادة نقيية
من المحلول

$$P V_1 = R m T_1$$

$$P V_2 = R m T_2$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{m R}{P}$$

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{m R}{P}$$

$$\left(\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \right) \rightarrow \text{غاز مثالي}$$

مثال الإزاحة في الإجراء ثابت الضغط:

$$W_d = \int_{V_1}^{V_2} P dV = P (V_2 - V_1) \quad \text{حجم قوي}$$

$$W_d = m P (V_2 - V_1) \quad \text{حجم نوعي}$$

منطقيًا في النظام المغلق

$$Q_{1-2} = P (V_2 - V_1) + \Delta U$$

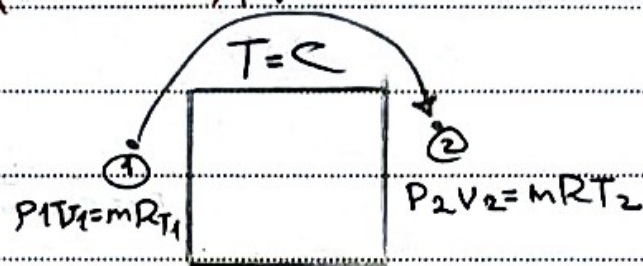
$$Q_{1-2} = \Delta H \quad \begin{matrix} \text{مادة نقيية } m(h_2 - h_1) \\ \text{غاز مثالي } m C_p \Delta T \end{matrix}$$

رياضيًا تصح (لا يوجد أنشايان لكن)

كمية الحرارة المنقولة في الإجراء ثابت الضغط يساوي التغير في طاقة الانشاي

Subject:.....

4- اجراء مبسوط درجة الحرارة (أيزوثيرمال):
(عند أي نقطة) $pV = c$



مادة نقيية $T_1 = T_2$

$$p_1 V_1 = mRT$$

$$p_2 V_2 = mRT$$

غاز مثالي $p_1 V_1 = p_2 V_2$

- شغل الإزاحة في الاجراء ثابت درجة الحرارة:

$$Wd = \int_{V_1}^{V_2} p dv \quad \text{حيث } pV = c \Rightarrow p = \frac{c}{V}$$

$$Wd = \int_{V_1}^{V_2} \frac{c}{V} dV$$

$$Wd = c \ln \frac{V_2}{V_1} \quad \text{غاز مثالي}$$

$$Wd = p_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \quad \text{or} \quad Wd = p_2 V_2 \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\text{or } Wd = mRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$Q = W + \Delta U \rightarrow m c_v \Delta T$$

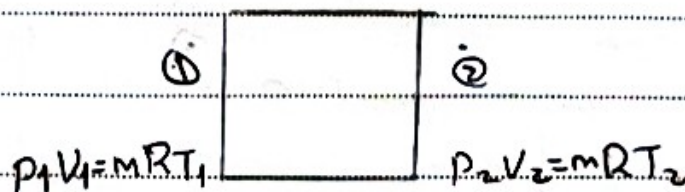
$$\therefore Q = W$$

كمية الحرارة المتقاة في الاجراء ثابت درجة الحرارة يساوي الشغل المبذول

4- الإجراء البوليتروبي: (العام) في المثال

$$P_1 V_1^n = P_2 V_2^n \quad \text{حيث } P V^n = C$$

الضغط ودرجة الحرارة والضغط متغيران



$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$P_1 V_1^n = P_2 V_2^n$$

$$\frac{m R T_1}{V_1} \cdot V_1^n = \frac{m R T_2}{V_2} \cdot V_2^n \quad \boxed{T_1 V_1^{n-1} = T_2 V_2^{n-1}}$$

$$Wd = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \int \frac{C}{V^n} dV = C \int V^{-n} dV$$

$$Wd = C \frac{V^{1-n}}{1-n} \Big|_{V_1}^{V_2}$$

$$P_2 V_2^n \quad P_1 V_1^n$$

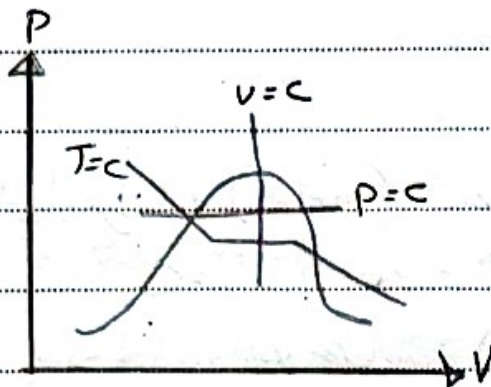
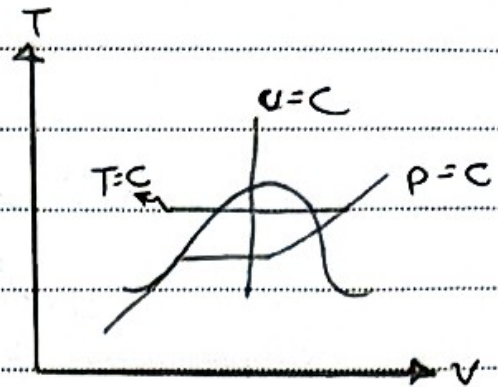
$$Wd = \frac{C}{1-n} [V_2^{1-n} - V_1^{1-n}]$$

$$Wd = \frac{1}{1-n} P_2 V_2^n V_2^{1-n} - P_1 V_1 V_1^{1-n}$$

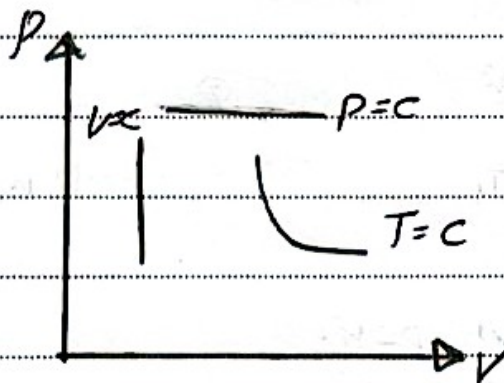
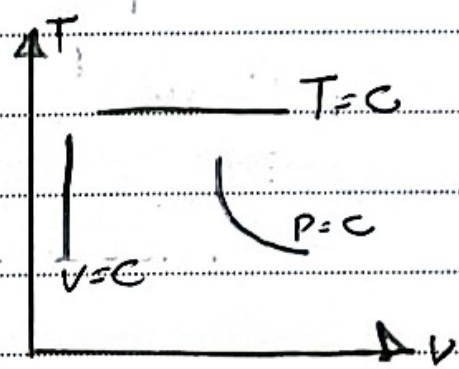
$$Wd = \frac{P_2 V_2}{1-n} - \frac{P_1 V_1}{1-n} = \frac{m R (T_2 - T_1)}{1-n}$$

$$Q = Wd + \Delta U \sim m c_v \Delta T$$

Subject:.....



المادة النقية



الغاز المثالي

★ تفضل الاجراء على مخطط PV ، TV .

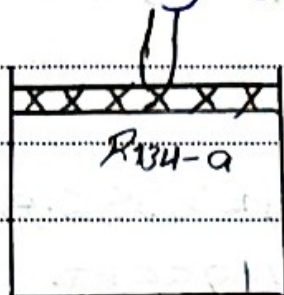
★ ملحوظة:

قيمة n في الاجراء البولي تروبي ؛ اذا كانت $n=0$ فيان الاجراء ثابت الضغط .

$n=1$ فيان الاجراء ثابت درجة الحرارة ، $n=\infty$ فيان الاجراء ثابت الحجم .

مثال:

حجارت مكبس واطواني يحتوي 300L سائل مائع ملئ مائع التبريد R134a المكبس حركته حيث يحافظ على الضغط عند 900 kPa. سحبه المائع حتى ارتفعت درجة حرارته الى 70°C . أوجد الشغل المبذول خلال الاجراء وكمية الحرارة المنتقلة ووضع الاجراء على مخطط P-v, T-v النظام منسق المادة نقيلة، جداول.



State I

State II

$$V_1 = 300\text{L} = 0.3\text{m}^3$$

$$p_2 = p_1$$

$$p_1 = 900\text{ kPa}$$

$$T_2 = 70^{\circ}\text{C}$$

$$x = 0$$

$$p = \text{C}$$

$$Q_{1-2} - W = \Delta U = m(u_2 - u_1)$$

$$W = m p (v_2 - v_1)$$

State I $\rightarrow$ سائل مائع @ 900 kPa.

$$v_1 = v_f @ 900\text{ kPa} = 0.000858\text{ m}^3/\text{kg}$$

$$u_1 = u_f @ 900\text{ kPa} = 100.83\text{ kJ/kg}$$

$$m = \frac{V_1}{v_1} = \frac{0.3}{0.000858} = 349.65\text{ kg}$$

State II $\rightarrow$ ② p_2 & T_2

② $900 \text{ kPa} \rightarrow T_{\text{sat}} = 35.51^\circ\text{C}$.

$T_2 > T_{\text{sat}} @ 900 \text{ kPa} \rightarrow$ خارج السطح

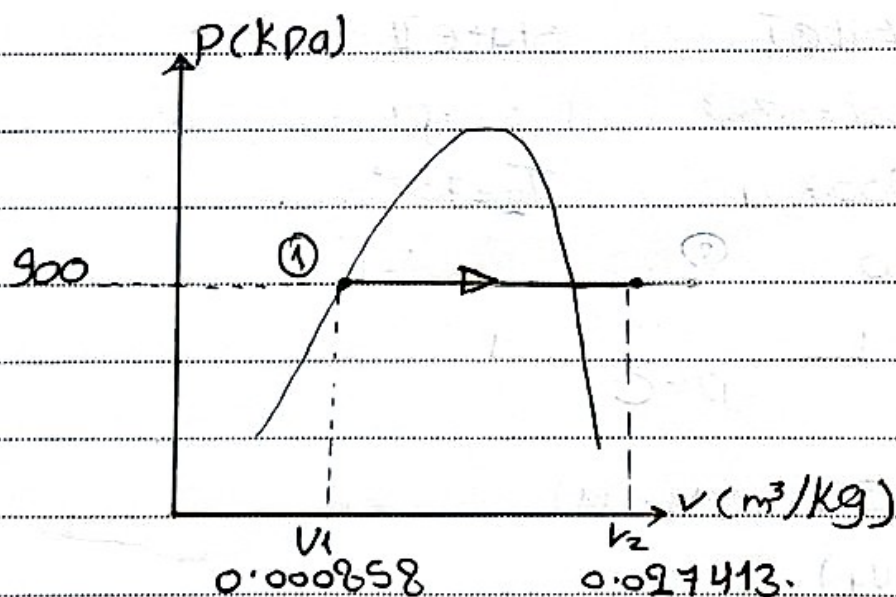
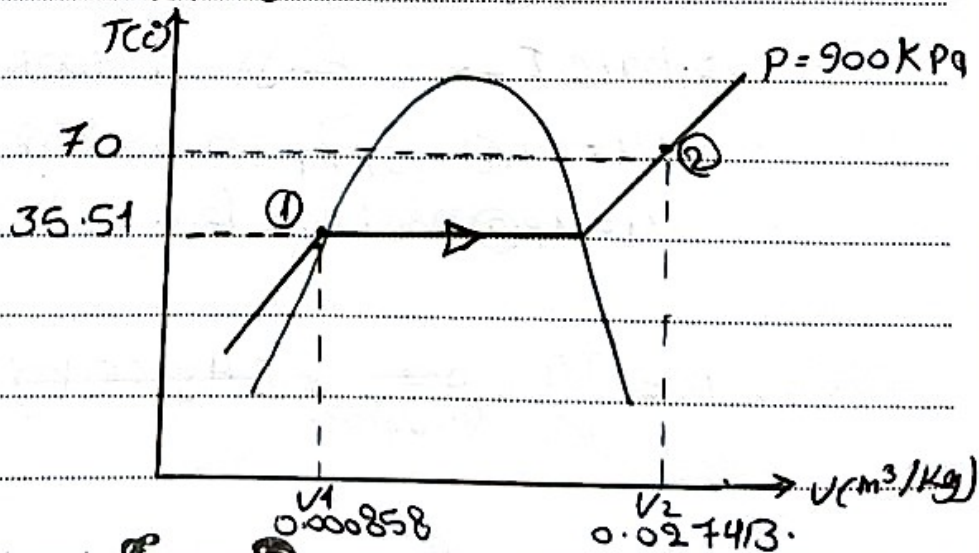
من حركه البخار الى الماء R_{134} عند 0.94 Pa & 70°C

$v_2 = 0.027413 \text{ m}^3/\text{kg}$

$u_2 = 280.72 \text{ kJ/kg}$

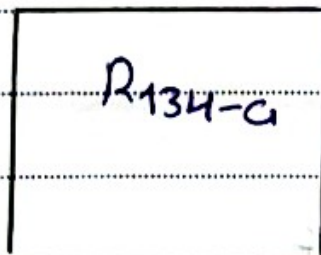
$W_d = 349.65 \times 900 (u_2 - u_1) = 8356.5 \text{ kJ}$

$Q_2 = W_d + m(u_2 - u_1) = 71255 \text{ kJ}$



مثال:

خزان صلب يحتوي على $\left(\frac{1}{2} \text{ m}^3\right)$ من سائل التبريد R134a عند 160 kPa وكس
جفاف $x = 0.3$ انتقلت حرارة للسائل حتى وصل ضغطه إلى 700 kPa
أوجد كمية الحرارة المنتقلة ووضح الجهد على مخطط $P-v$



المادة الثابتة، النظام مغلق.

State I

State II

$$V = 0.5 \text{ m}^3$$

$$V_1 = V_2$$

$$P_1 = 160 \text{ kPa}$$

$$P_2 = 700 \text{ kPa}$$

$$x = 0.3$$

$$\dot{m} \cdot \dot{u} = \dot{Q}$$

$$Q = W + \Delta U$$

$$Q = m(u_2 - u_1)$$

State I @ 160 kPa خط مشع

$$V_1 = V_f + x V_{fg} =$$

$$u_1 = u_f + x u_{fg} = 88.171 \text{ kJ/kg}$$

$$m = \frac{V_1}{v_1} = 13.31 \text{ kg}$$

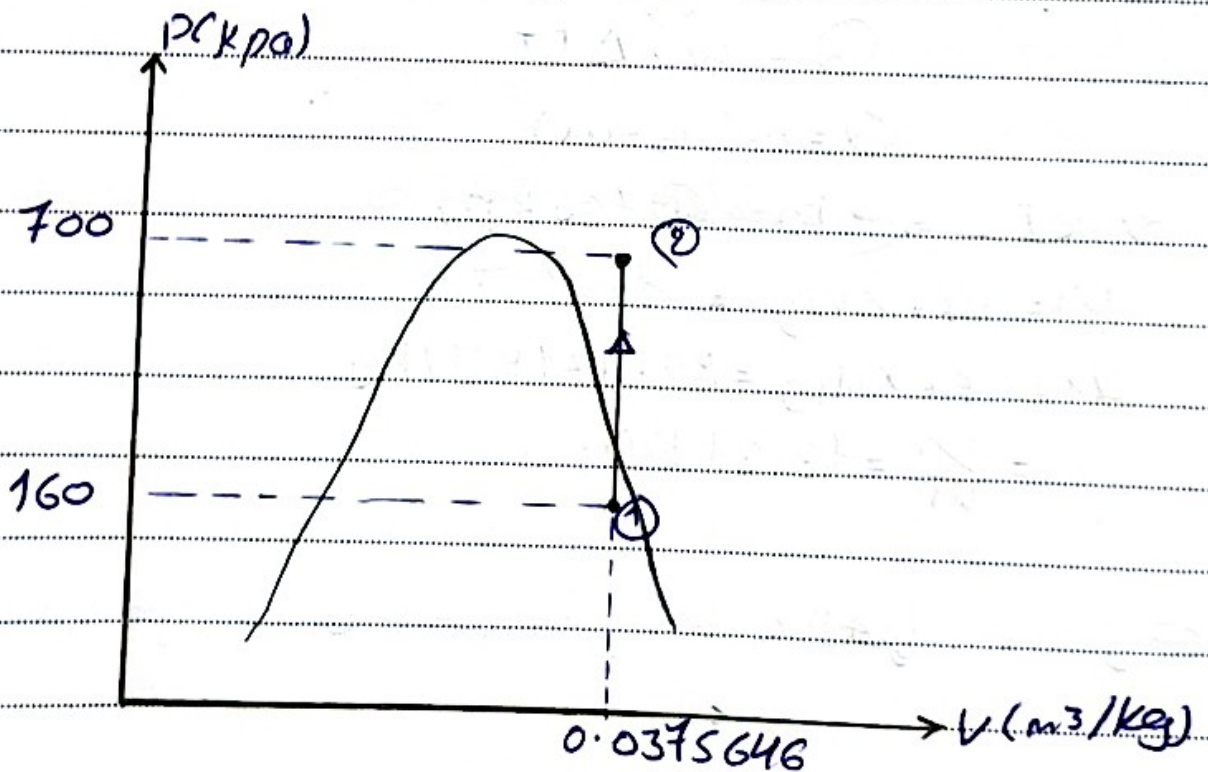
* لو الماء لم يملأ الخزان فبان حجم يتغير للماء الخزان عنه تحولات
الغاز

State II @ p_2 & v_2 @ 700 kPa ~ $v_2 > v_g$ @ 700 kPa → بخار رطوبتمن جدول البخار الرطب عند 0.7 Mpa و v_2 (استكمال)

v	u
0.0375646	u_2
0.036373	282.84
0.037829	291.8

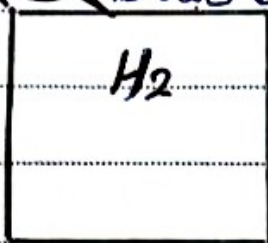
$$u_2 = 290.18 \text{ KJ/Kg.}$$

$$Q = 2688.73 \text{ KJ.}$$



* مثال:

خزان مملوء بحجمه (3 m^3) يحتوي هيدروجين عند 250 kPa ،
 300°C يبرد الغاز حتى انخفضت درجة حرارته إلى 20°C أو حتى
 الضغط النهائي في الخزان وكمية الحرارة المنقولة Q يتم وضع
 الاجراء على مخططي TP و QTV (اعتبر الحرارة النوعية ثابتة من غاز متساوي
 درجة حرارة الخزان).



state I

state II

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

$$T_2 = 20^\circ \text{C}$$

$$P_1 = 250 \text{ kPa}$$

$$V_2 = V_1$$

$$T_1 = 300^\circ \text{C}$$

$$V = C$$

$$Q = \Delta U = m c_v \Delta T$$

$$M = \frac{P_1 V_1}{R T_1} = \frac{250 \times 3}{4.124 \times 573} = 0.317 \text{ kg}$$

$$C_{v \text{ at } 300 \text{ K}} = 10.183 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

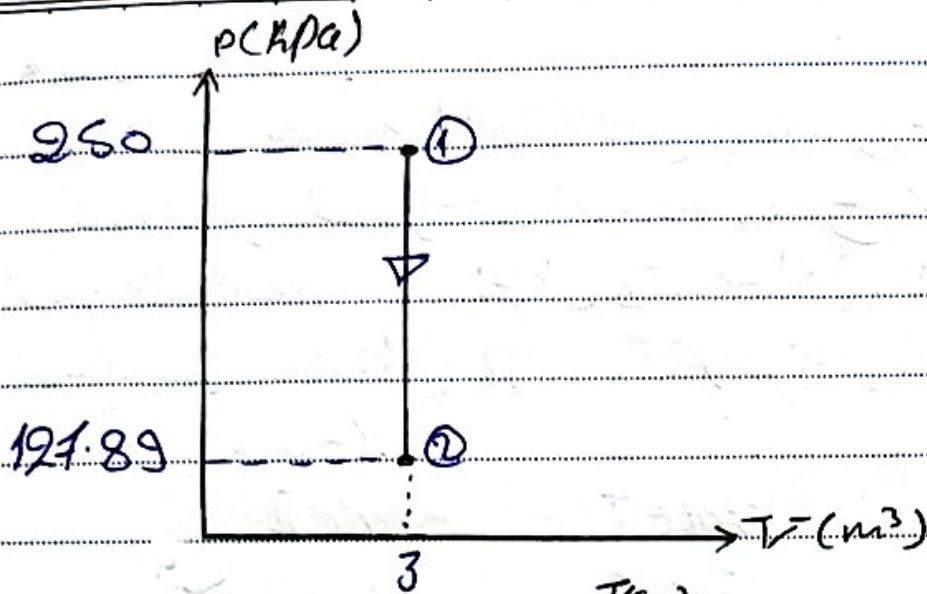
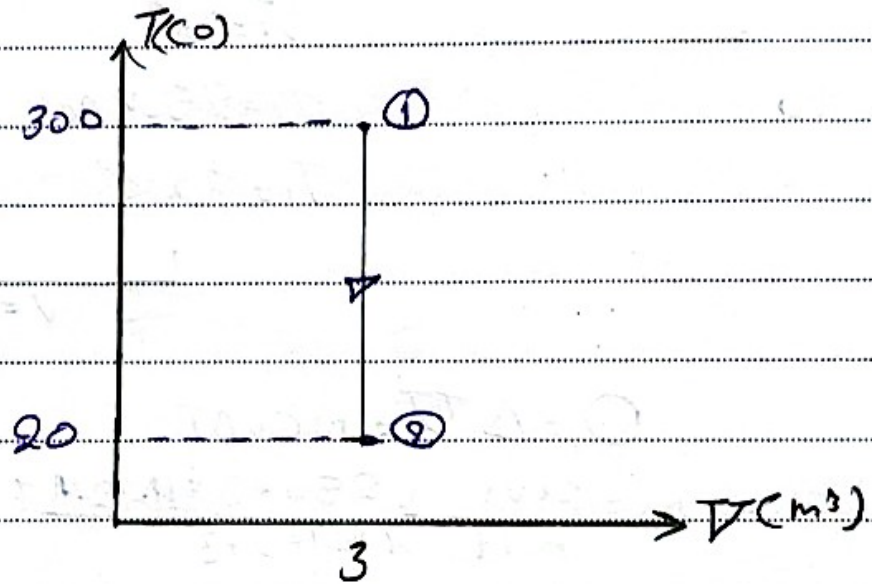
$$\therefore Q = -923.84 \text{ kJ}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{250}{P_2} = \frac{300 + 273}{20 + 273} \Rightarrow P_2 = 127.83 \text{ kPa}$$

$$P_2 = \frac{M R T_2}{V_2} = \frac{0.317 \times 4.124 \times (20 + 273)}{3} = 124.68 \text{ kPa}$$

Subject:.....



تلمح فجر الأجر بين
ظلام التكليف.

مثال:

جهاز مكبس اسطوانة يحتوي على 0.7 m^3 من النيتروجين عند ضغط 130 kPa ، 120°C ، بعد النيتروجين يولي ترويضاً إلى ضغط 100 kPa ، إذا كانت قيمة $\frac{1}{2}$ العدد البوليتروبي مساوي لنسبة الحرارة النوعية للغاز، وحركة الحرارة المتقلة خلال الإجراء وضوح الإجراء على مخطط $P-TV$



Stat I

State II

$$T_1 = 120^\circ\text{C}$$

$$P_2 = 100 \text{ kPa}$$

$$Q_{1-2} = ?$$

$$P_1 = 130 \text{ kPa}$$

$$n = K$$

$$TV = ?$$

$$V_1 = 0.7 \text{ m}^3$$

$$PV^n = C$$

$$K = \frac{C_P}{C_V}, \quad R = C_P - C_V$$

$$Q - W = U \sim m c_v \Delta T$$

$$Q = W + m c_v \Delta T$$

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

إيجاد W :

$$n = 1.4 \text{ من الجدول}$$

$$V_2 = 7 \times \left(\frac{130}{100}\right)^{\frac{1}{1.4}} = 0.84 \text{ m}^3$$

$$W = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-n} = 16.5 \text{ KJ}$$

Subject:.....

المعادن: m

$$p_1 V_1 = m R T_1 \Rightarrow m = \frac{p_1 V_1}{R T_1} = \frac{130 \times 0.7}{0.2968 \times (120 + 273)} = 0.78 \text{ kg}$$

المعادن: T₂

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = 364.5 \text{ K}$$

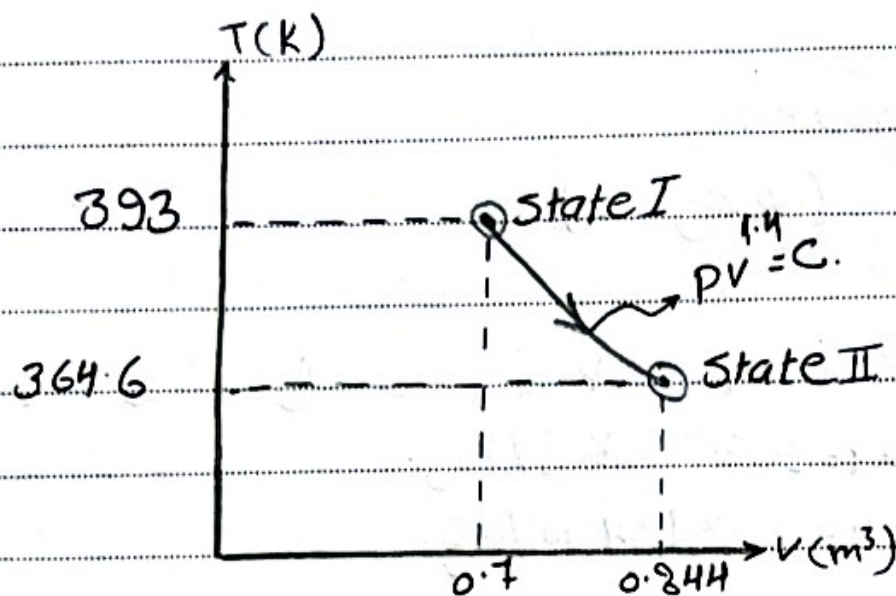
$$C_{v @ T_{arr}} \text{ و } T_{arr} = \frac{364.5 \times (120 + 273)}{2} = 378.8 \text{ K}$$

* نحن نحتاج حرارة نوعية بثبات الحجم لأنها عند درجة حرارة الغرفة أو درجة حرارة معينة. ولما حددش بيتم عند درجة حرارة الغرفة.

T	C
350	0.74
378.8	C _v
400	0.747

$$C_{v @ T_{arr}} = 0.7457$$

$$Q = 16.5 + 0.78 \times 0.7457 \times (364.6 - 393) = -0.0187 \text{ KJ}$$



مثال:

جهاز مكبس اسطوانة يحتوي على (5 kg) من مائع التبريد R134-a عند 800 kPa و 70°C. يُبرد المائع عند ضغط ثابت حتى وصلت درجة حرارته إلى 15°C، أوجد كمية الحرارة المنتقلة خلال الإجراء ووضح الإجراء على مخططي P-T و P-v.



State I	State II
$P_1 = 800 \text{ kPa}$	$P_2 = P_1 = 800 \text{ kPa}$
$T_1 = 70^\circ \text{C}$	$T_2 = 15^\circ \text{C}$
$\underbrace{\hspace{10em}}_{P = C}$	

$$Q = P \Delta V + \Delta U \quad \sim m(u_2 - u_1)$$

$$Q = \Delta H \quad \text{الإنتالبي} = m(h_2 - h_1).$$

Subject:.....

State I:

$$@ T \sim P_{sat} = 2118.2 \text{ KPa}$$

$$P < P_{sat} @ T \approx (\text{بخار مشبع})$$

من جدول البخار الحفص لـ R134a عند 0.8 MPa و 70°C :

$$h_1 = 306.88 \text{ KJ/Kg.}$$

$$v_1 = 0.03134 \text{ m}^3/\text{Kg.}$$

State II:

$$@ P \sim T_{sat} = 31.31^\circ\text{C}$$

$$T < T_{sat} @ P \approx \text{سائل مشبع}$$

لا يوجد جدول سائل مشبع لهذا الضغط لهذا السائل المشبع عند درجة الحرارة وليس الضغط.

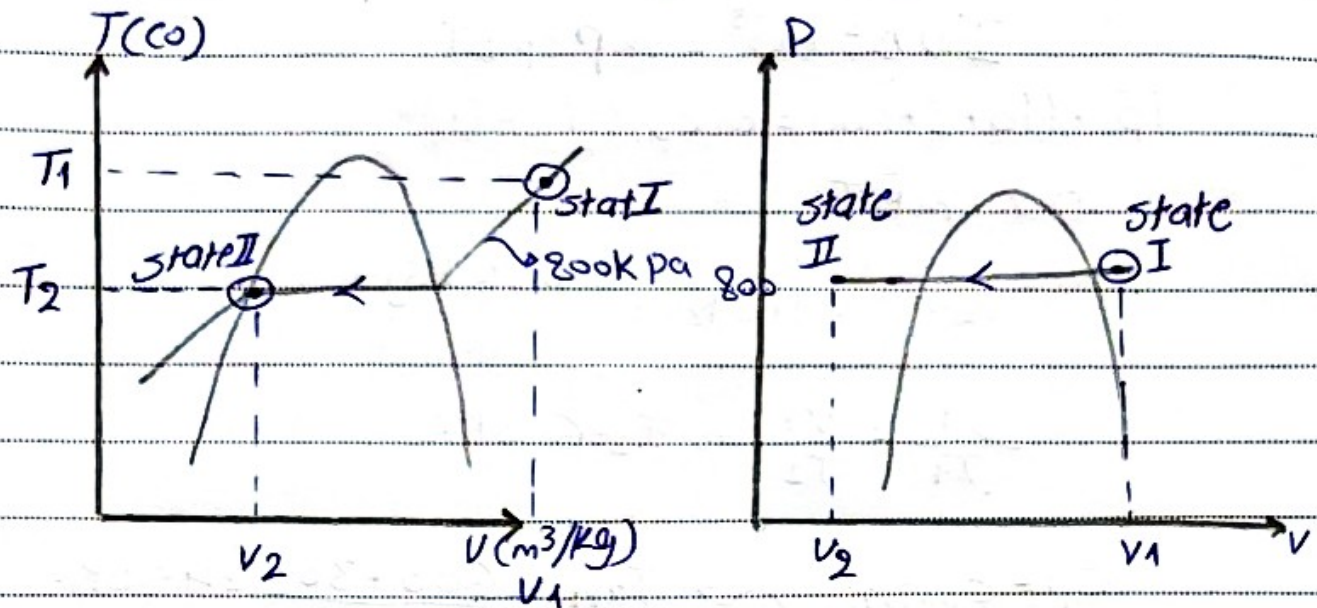
$$h_2 = h_f @ 15^\circ\text{C}$$

$$v_2 = v_f @ 15^\circ\text{C}$$

$$h_2 = \frac{h_f @ 14 + h_f @ 16}{2} = 72.34 \text{ KJ/Kg.}$$

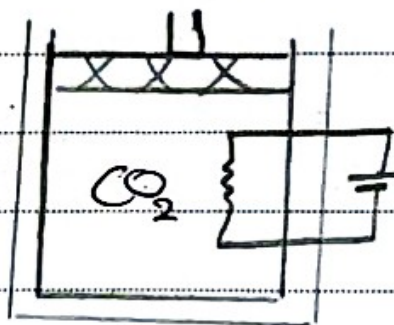
$$v_2 = \frac{v_f @ 14 + v_f @ 16}{2} = 0.0008043 \text{ m}^3/\text{Kg.}$$

$$Q_{1-2} = 5 \times (72.34 - 306.88) = -1172.7 \text{ kJ}$$



مثال:

مظومة مكبس اسطوانة مغزولة تحتوي على 300L من غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 عند 27°C ، 200 kPa ، وضعت دها مقاومة كهربائية متصلة بمصدر جهد 110V لمدة 10 دقائق لتسخين المظومة عند ضغط ثابت حتى تضاعف الحجم، أوجه التيار الكهربائي المار في المقاومة؟



$$\begin{array}{ll} \text{stat I} & \text{stat II} \\ p_1 = 200 \text{ kPa} & p_1 = p_2 = 200 \text{ kPa} \\ T_1 = 27^\circ\text{C} & v_2 = 2v_1 = 0.6 \text{ m}^3 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \Delta t = 600 \text{ sec} \\ V = 110 \text{ V} \\ \Delta t = 97 \end{array}$$

$$v_1 = 300 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

P=C

$$\begin{aligned} Q - W &= \Delta U \Rightarrow \Delta U = -W \\ \Delta U &= -(-V I \Delta t + p \Delta v) \\ W_{elc} &= \Delta H \end{aligned}$$

$10^{-3} \text{ J} \rightarrow \text{kJ}$

Subject:

$$W_{elc} = \Delta H =$$

$$I V \Delta t \times 10^{-3} = m c_p \Delta T$$

$$10^{-3} \times 110 \times I \times 600 = m c_p (T_2 - T_1)$$

$$p v = m R T$$

$$m = \frac{200 \times 0.3}{(27 + 273) \times 0.1889} = 1.06 \text{ Kg.}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = 600 \text{ K.}$$

$$C_p = C_p @ T_{avr} \leadsto T_{avr} = \frac{600 + 300}{2} = 450 \text{ K.}$$

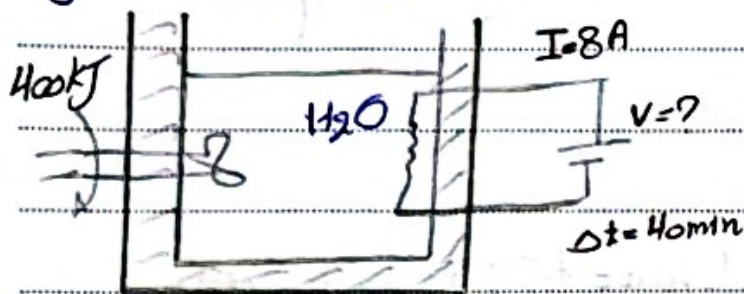
$$C_p @ 450 = 0.978 \text{ KJ/K.}$$

$$I = \frac{1.06 \times 0.978 (600 - 300)}{110 \times 600 \times 10^{-3}} = 4.71 \text{ Amp.}$$

تلميح: خسر الأجرى حين
ظلام التكلفة.

مثال:

منظومة مكبس واسطوانة مبرودة تحتوي 5L من ماء سائل مشبع عند ضغط 175 Kpa. من أجل إجراء تجربة في المنظومة مرحلة تقوم بتحريك الماء، كما وصلت مقاومة كهربائية بالمنظومة بتيار بهائيا شدته 8A لمدة 40min، إذا تم تبريد نصف السائل خلال إجراء ثابت الضغط وشغل مرحلة قدره 400J، أوجد جهد المصدر الكهربائي ووضع الإجراء على مخطط P-V.



مادة نقية جازل

State I : State II

$$x = 0$$

$$x = \frac{1}{2} \text{ سائل جازل}$$

$$P_1 = 175 \text{ Kpa}$$

$$P_2 = P_1 = 175 \text{ Kpa}$$

$$V_1 = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$P = C$$

$$Q = 0 \text{ «مغزول»}$$

$$Q_{1-2} - W = \Delta U$$

$$-W = \Delta U$$

$$-(W_d - W_{elec} - W_{pam}) = \Delta U$$

$$-(p \Delta V - VI \Delta t - 400) = \Delta U$$

$$10^{-3} * V I \Delta t + 400 = \Delta H \sim m(h_2 - h_1)$$

State I:

ساكن @ 175 Kpa.

$$v_1 = v_f @ 175 \text{ Kpa} = 0.001057 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

$$h_1 = h_f @ 175 \text{ Kpa} = 487.01 \text{ KJ/Kg}$$

$$m = \frac{V}{v} = \frac{5 \times 10^{-3}}{0.001057} = 4.73 \text{ kg}.$$

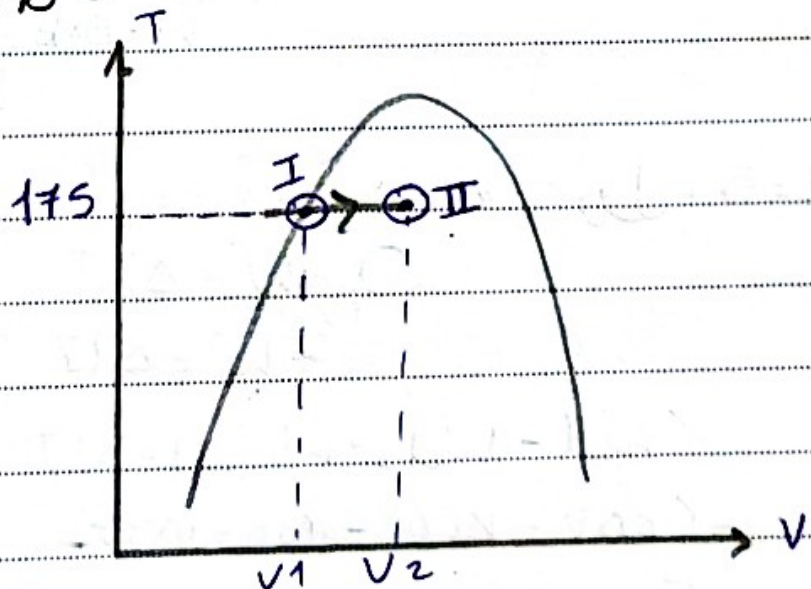
Stat II:

حرك @ 175 Kpa

$$h_2 = h_f + x h_{fg} = 487.01 + \frac{1}{2} h_{fg} = 1593.56 \text{ KJ/Kg}.$$

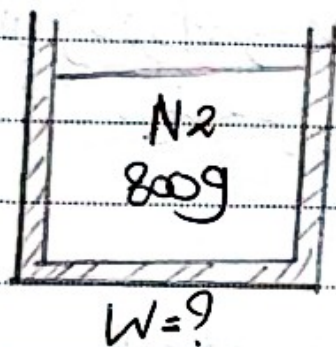
$$v_2 = v_f + x v_{fg} =$$

$$V = \frac{m(h_2 - h_1) - W_{Pgn}}{I \cdot \Delta t \times 10^{-3}} = 251.77 \text{ Volt}.$$



* مثال:

منظومة مكبس وبطوانة تحتوي على 800g من النيتروجين عند 100 kPa و 27°C. ضغط النيتروجين ينخفض خلال إجراء بولي تروبي حسب العلاقة $pV^{1.3} = C$ حتى قل حجمه إلى النصف، أوجد الشغل المبذول خلال الإجراء P أو حـ الضغط النهائي للظام P.



State I

$$p_1 = 100 \text{ kPa}$$

$$T_1 = 27 + 273 =$$

State II

$$V_2 = \frac{1}{2} V_1$$

$$pV^{1.3} = C$$

$$W = W_d = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{1 - n} = \frac{n R (T_2 - T_1)}{1 - n}$$

$$(2) \quad p_1 V_1^{1.3} = p_2 V_2^{1.3}$$

$$p_2 = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{1.3} p_1 = \left(\frac{V_1}{0.5 V_1} \right)^{1.3} * p_1 = 246.22 \text{ kPa}$$

$$(1) \quad T_1 V_1^{n-1} = T_2 V_2^{n-1}$$

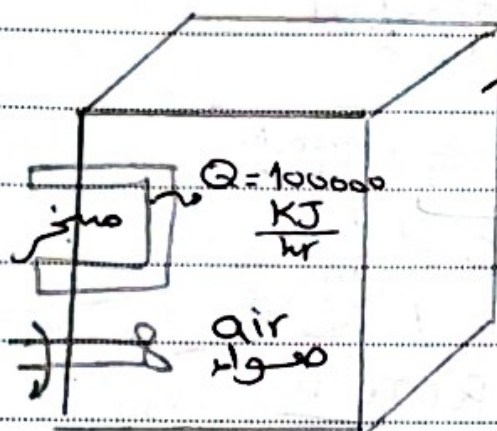
$$T_2 = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{n-1} T_1 = \left(\frac{V_1}{0.5 V_1} \right)^{1.3-1} * 300 = 369.34 \text{ K}$$

$$W = \frac{0.8 \times 10^{-3} * 0.2968 (369.34 - 300)}{1 - 1.3} = -54.88 \text{ kJ}$$

⊖ لأن الحجم قلَّ بالتالي شغل الإزاحة للاخلال ⊖

غرفة أبعادها $(7 \times 5 \times 4) \text{ m}$ يوجد بها جهاز تسخين ينقل حرارة للغرفة بمعدل 10000 kJ/hr كما توجد بالغرفة مروحة تقوم بتحريك الهواء، قدرتها 100 watt تفقد الغرفة حرارة مقدارها 5000 kJ/hr إذا كانت درجة الحرارة الابتدائية للغرفة 10°C والضغط 100 kPa أوجد الزمن اللازم لرفع درجة حرارة الغرفة إلى 20°C افترض أن الحرارة النوعية ثابتة عند درجة حرارة الغرفة $^\circ \text{C}$

$(5 \times 7 \times 4) \text{ m}$



$$Q = 5000 \frac{\text{kJ}}{\text{hr}}$$

State I

$$P_1 = 100 \text{ kPa}$$

$$T_1 = 10^\circ \text{C}$$

State II

$$T_2 = 20^\circ \text{C}$$

$$V = C$$

لأن غرفة
حجمها ثابت

$$W_{fan} = 100 \frac{\text{J}}{\text{sec}}$$

$$Q_{t2} - W = \Delta U$$

$$[10000 - 5000] \frac{\text{kJ}}{\text{hr}} + 100 \frac{\text{J}}{\text{sec}} = \frac{m c_v \Delta T}{\Delta t} \frac{\text{kJ}}{\text{sec}}$$

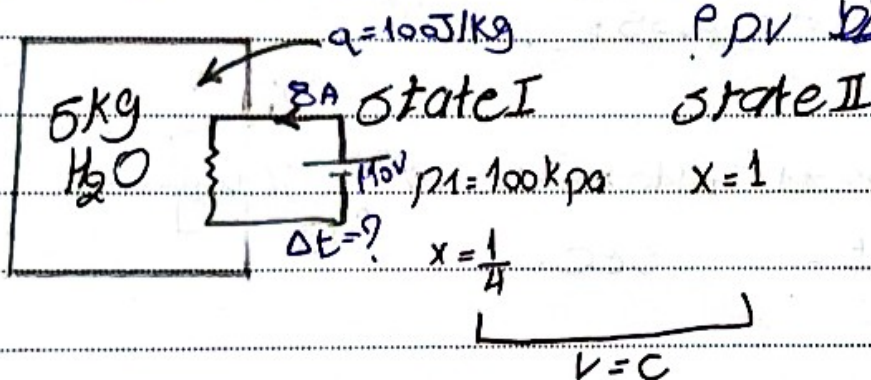
$$\frac{5000 \text{ kJ}}{3600 \text{ sec}} + 100 \times 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{sec}} = \frac{m c_v \Delta T}{\Delta t} \frac{\text{kJ}}{\text{sec}}$$

$$m = \frac{P_1 V_1}{R T_1} = \frac{100 \times (4 \times 5 \times 7)}{0.287 \times 283} = 172.36 \text{ kg}$$

$$\Delta t = \frac{mcv\Delta T}{1.48} = \text{sec}$$

* مثال:

خزان صلب يحتوي 5kg خليط متبع من الماء عند ضغط 100kpa
 3/4 الكتلة في صورة سائلة و 1/4 في صورة بخار. مقاومة كهربائية في الخزان
 متصلة بمصدر جهد 110V يسيء خلال 8A. إذا كانت الحرارة
 المنتقلة للنظام 100J/Kg أوجد الزمن اللازم لتبخير كل السائل في الخزان
 ووضح الإجراء على مخطط P-v



$$Q_{1-2} - W = \Delta U$$

$$m \cdot q - (-W_{elc}) = m(u_2 - u_1)$$

State I: → خليط متبع @ 100kpa.

$$v_1 = v_f + x v_{fg} = 0.4243 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

$$u = u_f + x u_{fg} = 939.45 \text{ KJ/kg}.$$

Subject:.....

Stat II : $\rightarrow$ جاز مشغ $\odot v_2 = u_1$

$$v_2 = v_1$$

$$u_2 = u_g @ u_g = 0.4243 = 2556.3 \text{ KJ/Kg}$$

$$\begin{array}{cc} v_g & u_g \\ 0.446 & 2554.4 \end{array}$$

$$\begin{array}{cc} 0.4243 & u_2 \end{array}$$

$$\begin{array}{cc} 0.39248 & 2559.1 \end{array}$$

$$u_2 = 25576.3 \text{ KJ/Kg.}$$

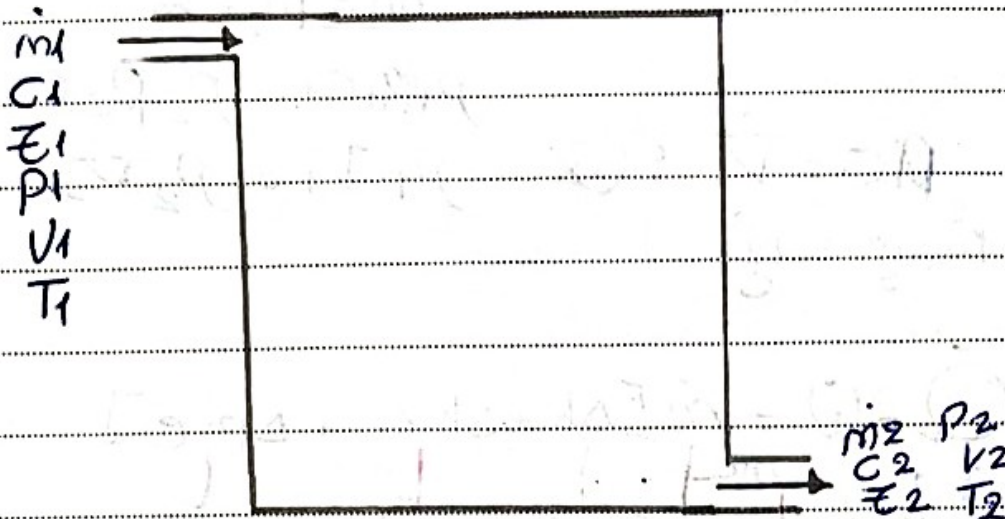
$$5 \times 100 \times 10^3 + (10 \times 8 \times \Delta t) \times 10^3 = 5(u_2 - u_1)$$

$$\Delta t = \text{see.}$$

ملاحظة:

خارجي ثم قال لتجز كل السائل $\rightarrow$ بخار مشغ
خليجي ثم قال لتكثيف كل السائل $\rightarrow$ سائل مشغ

★ القانون الأول في النظام المفتوح:



سريان مستمر $\dot{m} = \dot{m}_1 = \dot{m}_2$

$\text{Watt} = \frac{\text{KJ}}{\text{sec}}$

★ $Q - W = \Delta E_{\text{system}}$

★ $\dot{Q} - \dot{W} = \Delta \dot{E}_{\text{system}}$

★ $\Delta \dot{E}_{\text{system}} = \Delta \dot{K} \cdot E + \Delta \dot{p} \cdot E + \Delta \dot{F} \cdot E + \Delta U$

★ $\dot{Q} - \dot{W} = \dot{\Delta H} + \Delta \dot{K} \cdot E + \Delta \dot{p} \cdot E$

★ $\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} [\Delta h + \Delta k.e + \Delta p.e]$

$10^3 \times J$

$\dot{m} = \rho A C$

غاز مثالي مادة نقية

$\frac{1}{V}$

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

$\dot{Q}: pV = mRT$

حسب بيان مستقر

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}$$

$$\rho_1 \rho_1 c_1 = \rho_2 \rho_2 c_2$$

$$\rho_1 \dot{V}_1 = \rho_2 \dot{V}_2$$

$$AC = \dot{V} : \text{OX}$$

$$\dot{m} \frac{m}{s} = \frac{m^3}{C}$$

$$\therefore \dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} [\Delta h + \Delta k \cdot e + \Delta p \cdot e]$$

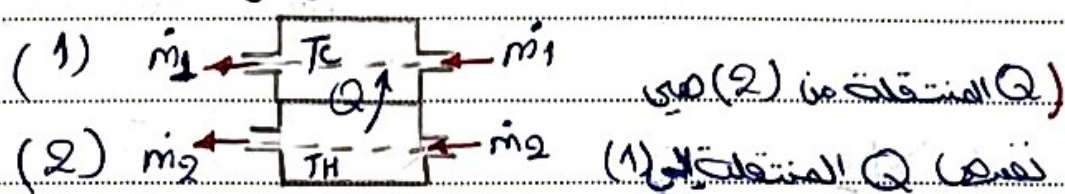
$$\begin{aligned} \text{(مادة نقيلة)} \quad \frac{1}{\rho} = \rho & \quad \text{PAC} \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ \text{(غاز مثالي)} \quad \frac{P}{RT} = \rho & \quad (h_2 - h_1) c_p \Delta T \quad \frac{c_2 - c_1}{2} \quad g(z_2 - z_1) \end{aligned}$$

Q لو استهلكها الآلة - لو عطيها الآلة +

* الآلات الموجودة في النظام المفتوح :

① آلات تبادل الحرارة :

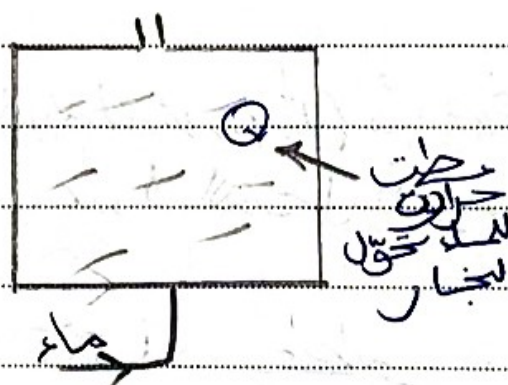
مبادل حراري



عندما يكون لا حيل مغزول

- Q انتقلت نتيجة الفرق في درجات الحرارة بين (1) و (2)

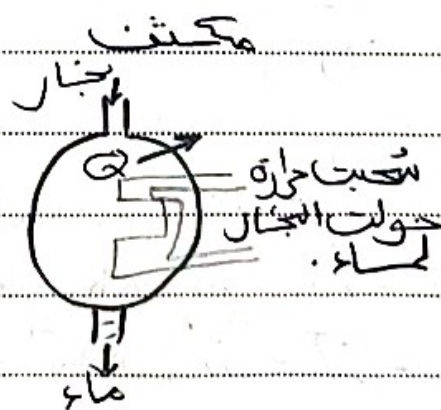
غلاية « Boiler » (آلة تبادل الحرارة)

بملا الآلة $W=0$ لأن

« لا ولعنا هذا ولا ولعنا شيء »

أي أن : المكثف والغلاية

لا تحتوي على قدر كبير من الطاقة

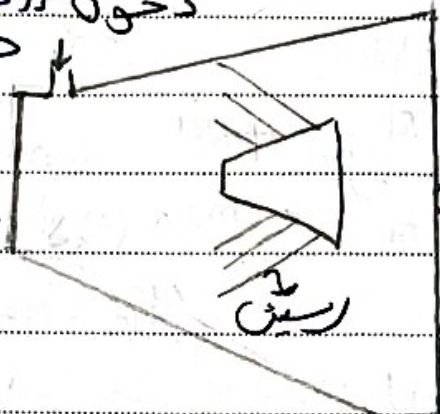


لماذا ذكرنا H أو C ؟ ههنا طاقتي الوضع والحركة لأن الانثالبي كبير جدا ، لذا يهمل

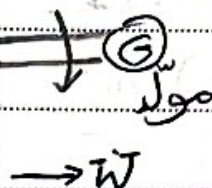
② آلات تبادل القدرة (الشغل):

دخول بخار محمص
طاقة عالية

$$h_1 > h_2$$



③ التوربين (Turbine):
وظيفة التوربين يولد طاقة



الخروج "بخار" منخفضة

• يدخل البخار للتوربين بطاقة عالية (T, p, v) ثم يصطدم في الريش فيتحرك المحور فيولد شغل يذهب هذا الشغل للمولد.

• شغل التوربين شغل استفاد W أي يعطيني شغل شغل
بمعطيه إذا +.

• نفترض أن التوربين آديباتي «مغزل»

④ لأن التوربين مغزل

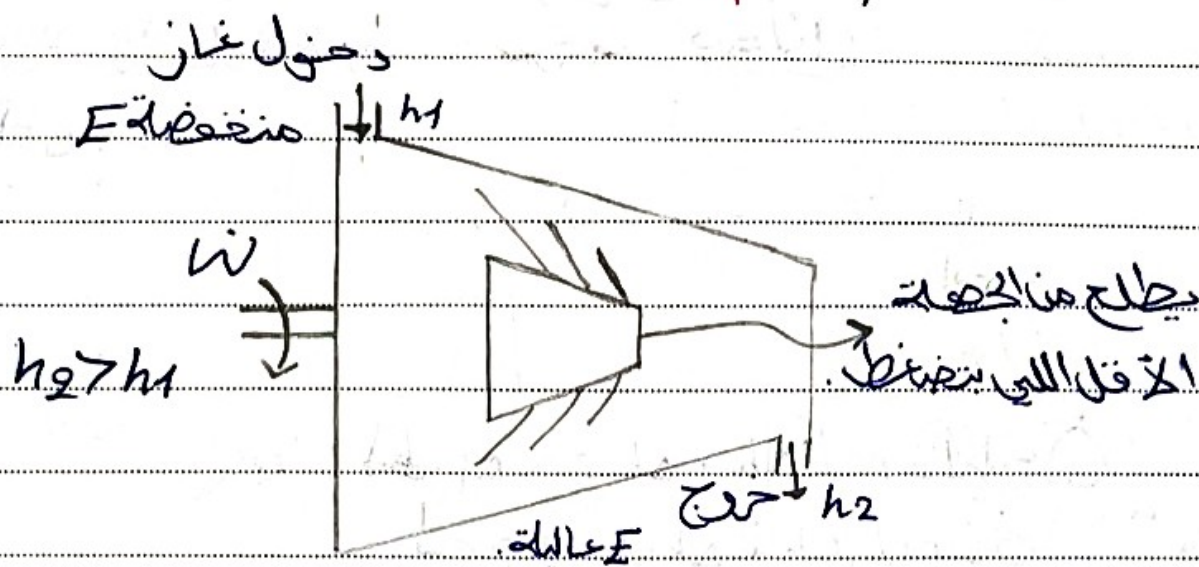
$$-W = m [\Delta h + \Delta k.e + \Delta p.e]$$

$$-W = m [\Delta h] = m [h_2 - h_1] \Rightarrow (h_1 > h_2)$$

$$\therefore W = m [h_1 - h_2]$$

• وهذا منطقي لأن التوربين ينتج شغل +.

ج المضغط (compresser):



★ يتحرك المضغط قدرة لأن نشغلوا فيها عشان تضغط الهواء الجوي ونعطيهما، بس عطاوها وظيفة لا يولد شغل.

$$\begin{aligned}
 \text{معادلات} \\
 \text{انسانتي منزل} \quad \text{①} - \dot{W} &= \dot{m} [\cancel{\Delta h} + \cancel{\Delta K.E} + \cancel{\Delta P.E}] \\
 -\dot{W} &= \dot{m}^{\oplus} [h_2 - h_1] \\
 \dot{W} &= -\dot{m} [h_2 - h_1]
 \end{aligned}$$

شغل المضغط سال

③ آلات بدون انتقال حرارة وشغل :
مثل القنوات والمجاري ← $\dot{W}=0$

④ أنبوب



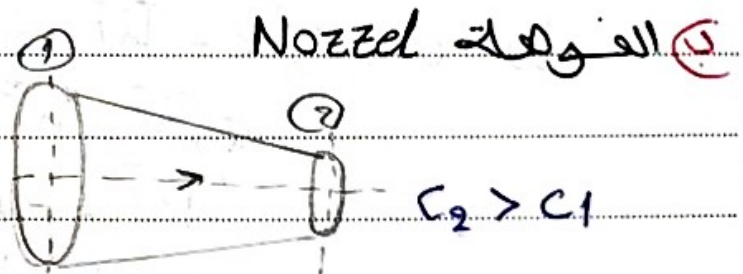
$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} [\Delta h + \Delta k.e + \Delta p.e]$$

قيمة $\dot{m}$ $0 = \dot{m} [\Delta h + \Delta k.e + \Delta p.e]$

$$0 = \Delta h + \Delta k.e + \Delta p.e$$

$\Delta p.v$ ΔT "فرق درجة الحرارة"

معادلة بيرنولي $\Delta p.v + \Delta k.e + \Delta p.e = 0 \Rightarrow$



أديباتي $\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} [\Delta h + \Delta k.e + \Delta p.e]$

$$0 = \dot{m} [\Delta h + \Delta k.e + \Delta p.e]$$

$$\Delta h + \Delta k.e + \Delta p.e = 0$$

نفس المستوى

$\Delta p.v$ $(\frac{c_2^2 - c_1^2}{2})$

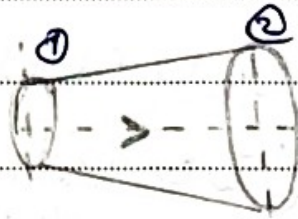
$\Delta T = 0$ $\Delta p.v + \Delta k.e = 0$

* إذا الضغط قل

Subject:.....

/ /

ج. النش diffuser :



$$C_2 < C_1$$
$$P_2 > P_1$$

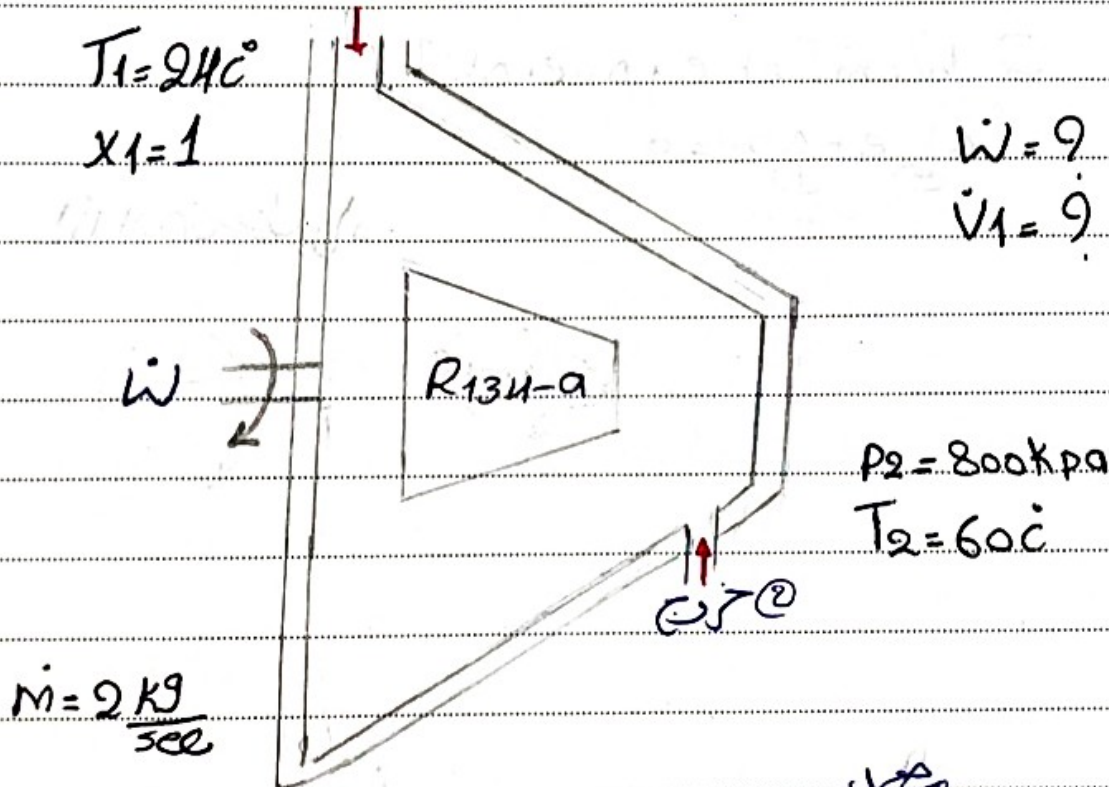
~~$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} [\Delta k \cdot e + \Delta p \cdot e + \Delta h]$$~~

$$\Delta k \cdot e + \Delta p \cdot v = 0$$

لأن الضغط زاد

مثالاً:

يدخل مائع تبريد R_{134-a} نظاماً أدياباتي كجاس مشع عند درجة حرارة $-24^{\circ}C$ ويغادر مضغوط $800kpa$ ودرجة حرارة $60^{\circ}C$ بمعدل تدفق $2kg/sec$. احسب قدرة الضاغط ومعدل التصريف عند منطقة الدخول.



$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} [\dot{Q}h + \dot{Q}k \cdot e + \dot{Q}p \cdot e]$$

$$-\dot{W} = \dot{m} [h_2 - h_1]$$

الدخول ①:

$$h_1 = 235.92 \frac{kJ}{kg}$$

$$v_1 = 0.17395 \frac{m^3}{kg}$$

الفرج 2:

$$T > T_{str} \text{ - بخارجهم}$$

$$\therefore h_2 = 296.81 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

$$-W = 2[296.81 - 235.92]$$

$$W = -121.78 \frac{\text{KJ}}{\text{sec}} \text{ (K Watt)}$$

$$\dot{V}_1 = \dot{m} V_1 = 2 * 0.17395$$

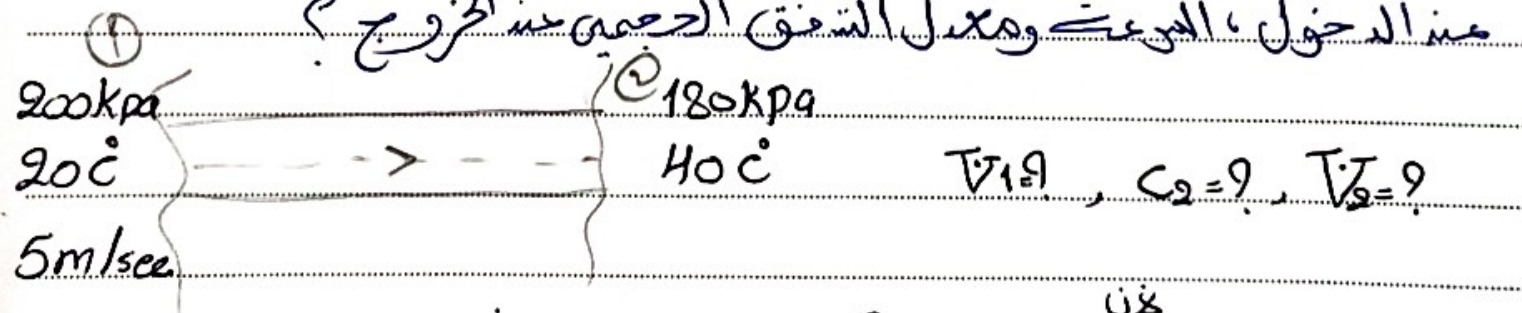
$$\dot{V}_1 = 0.3479 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}}$$

مثال ✓

هواء يتدفق باسفل خلال أنبوب بقطر 28cm عند 200kpa ، 20°C ،

5m/sec ويخرج عند 180kpa ، 40°C احس معدل التدفق الحجمي للهواء

عند الدخول ، السرعة ومعدل التدفق الحجمي عند الخروج ؟



$$\dot{m} = \rho A C_1 \Rightarrow \dot{m} = \frac{P_1}{R T_1} A_1 C_1 \xrightarrow{\text{من}} P = \frac{P}{R T} \text{ غاز مثالي}$$

$$\dot{m} = \frac{200}{0.287 * (20 + 273)} * \frac{\pi}{4} (0.28)^2 * 5 = 0.732 \frac{\text{kg}}{\text{sec}}$$

$$\dot{V}_1 = A_1 C_1 = \frac{\pi}{4} (0.28)^2 * 5 = 0.308 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}}$$

Subject:.....

$$\dot{m} = \rho_2 \dot{V}_2$$
$$0.732 = \frac{180}{0.2 * (40 + 273)} * \dot{V}_2$$

$$\dot{V}_2 = 0.365 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}}$$

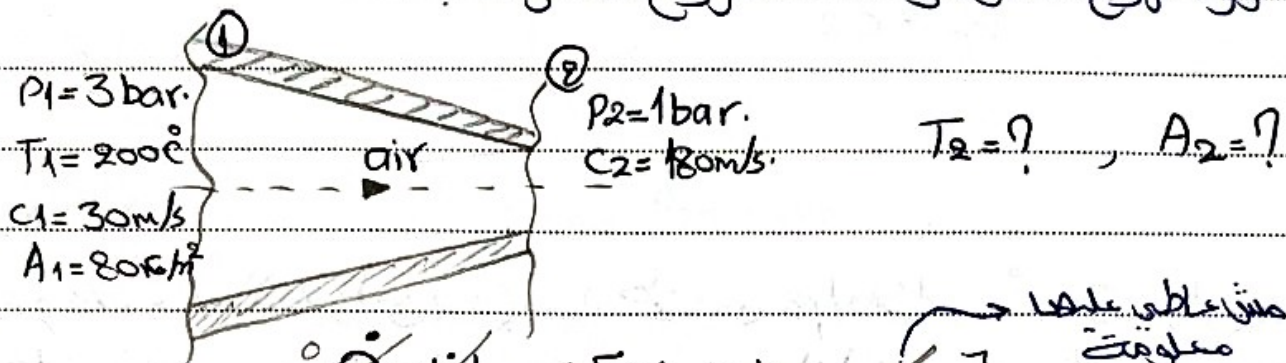
$$\dot{V}_2 = A C_2$$

$$C_2 = \frac{\dot{V}_2}{A} = \frac{0.365}{\frac{3.14 * 0.28^2}{4}} = 5.93 \text{ m/sec.}$$

Subject:.....

مثال: ✓

يدخل هواء الى فتحة أدياباتيكية باستقرار عند 3 bar ، 200°C و 30 m/s
ويغادر عند 1 bar ، 180 m/s ، إذا كانت مساحة الدخول للفتحة 80 cm² أوجد
درجة حرارة خروج الهواء ومساحة الخروج من الفتحة ؟



$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} [\Delta h + \Delta k.e + \Delta p.e]$$

$$0 = \dot{m} [\Delta h + \Delta k.e]$$

$$\Delta h + \Delta k.e = 0$$

$$c_p(T_2 - T_1) + \frac{C_2^2 - C_1^2}{2} = 0$$

c_p : نأخذها عند درجة حرارة الغرفة لأننا أصدر درجات الحرارة مجهولة

$$1.005(T_2 - 473) = - \frac{(180^2 - 30^2)}{2} \times 10^{-3} \text{ J/kg}$$

$$T_2 = 457.32 \text{ K}$$

$$\dot{m} = \frac{P}{RT_1} * A_1 * C_1$$

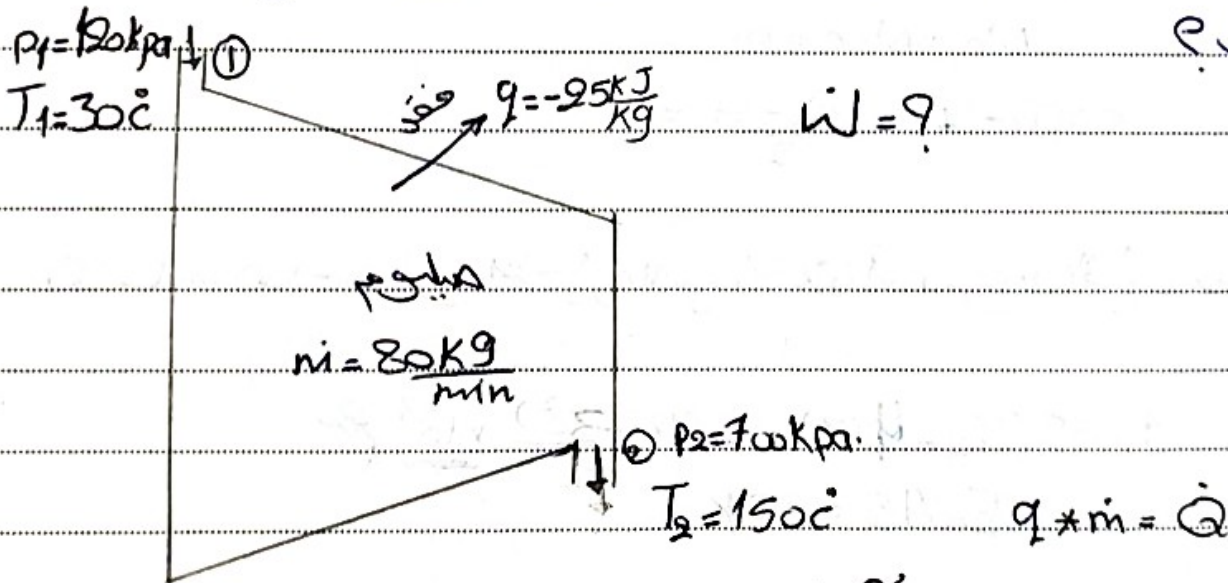
$$\dot{m} = \frac{300}{0.287 * 473} * 80 * 10^{-4} * 30 = 0.53 \frac{\text{Kg}}{\text{sec}}$$

$$\dot{m} = \frac{P_2 A_2 C_2}{RT_2} = \frac{P_2}{RT_2} \times A_2 \times C_2$$

$$A_2 = \frac{\dot{m} \times RT_2}{P_2 \times C_2} = 3.8 \times 10^3 \text{ m}^2 = 38 \text{ cm}^2.$$

مثال: ✓

يضغط غاز الصوديوم في مضخة من 120 kPa، 30°C إلى 700 kPa، 150°C خلال عملية الضغط. كان فقد الحرارة من المضخة $\frac{25 \text{ kJ}}{\text{kg}}$ إذا كان معدل تدفق الكتلة هو 80 kg/min وحرارة التبريد المطلوبة للمضخة؟



$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} [\Delta h + \Delta k.e + \Delta p.e]$$

$$-q \times \dot{m} - \dot{W} = \dot{m} c_p (T_2 - T_1)$$

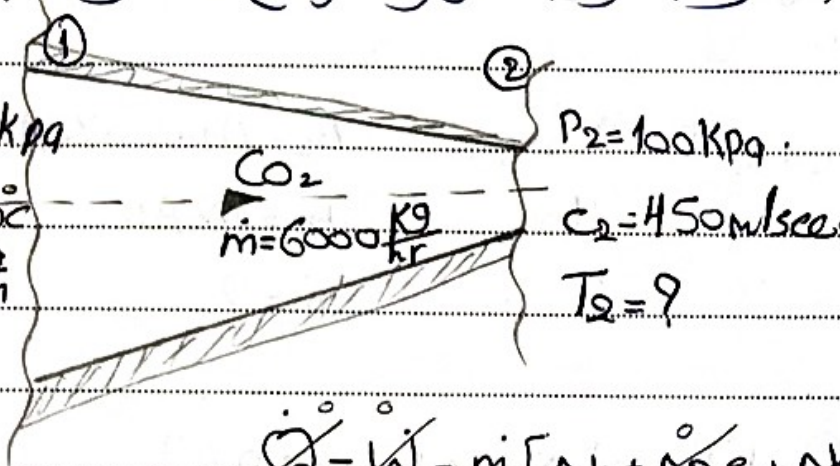
$$-25 \times \frac{80}{60} - \frac{80}{60} \times 5.1926 \times 120 = \dot{W}$$

$$\dot{W} = -864.15 \text{ Kwatt.}$$

Subject:.....

مثال:

غاز ثاني أكسيد الكربون يدخل فوهة ثرستاتية بمعدل $6000 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$ عند 1 MPa ، 50°C ويتحرك عند 100 KPa ، 450 m/sec ، إذا كانت مساحة الدخول 40 cm^2 أوجد درجة حرارة المخرج من الفوهة.



$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} [\Delta h + \Delta p_e + \Delta k_e]$$

$$\Delta h + \Delta p_e = 0$$

$$c_p(T_2 - T_1) + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2000} = 0$$

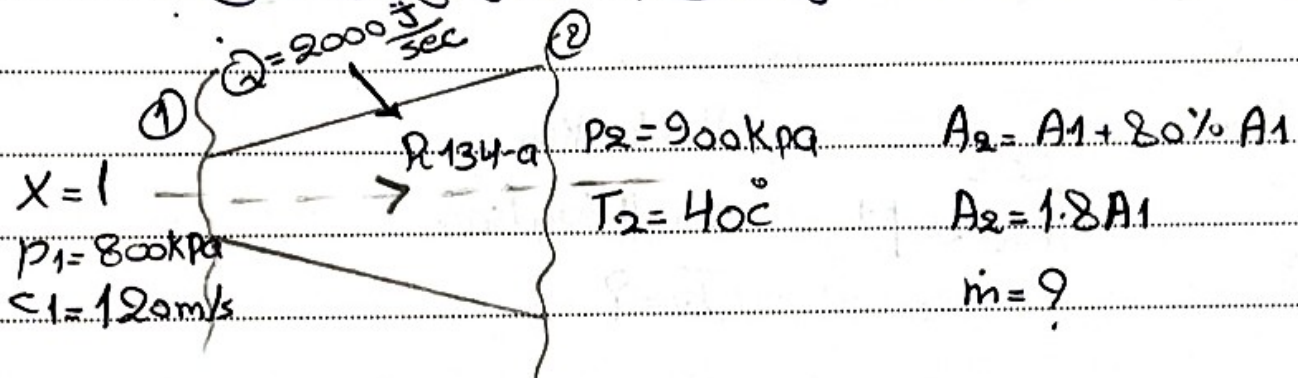
$$\dot{m} = \rho_1 A_1 c_1$$

$$\dot{m} = \frac{P_1}{RT_1} * A_1 * c_1 \Rightarrow c_1 = \frac{\dot{m} RT_1}{P_1 A_1} = \frac{2542}{60.84} \text{ m/sec}$$

$$T_2 = \frac{c_1^2 - c_2^2}{2000 * c_p} + (500 + 273) = \frac{655.5 \text{ K}}{203.7}$$

مثال:

يدخل مانع التبريد R-134-a لناسخ كجنا مشع بسرعته 120 m/s وضغط 800 kPa ويتغادر عند 900 kPa و 40°C المشع يكسب حرارة 2000 watt عند مروره بالناسخ، إذا كانت مساحة المخرج أكبر بـ 80% مساحة الدخول، احس معدل تسريان المائع؟



$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} [\Delta h + \Delta k.e + \Delta p.e]$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \left[(h_2 - h_1) + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2000} \right]$$

$$p_1 A_1 c_1 = p_2 A_2 c_2 (1.8)$$

$$p_1 c_1 = 1.8 p_2 c_2$$

$$c_2 = \frac{p_1 c_1}{p_2 (1.8)} = \frac{\frac{1}{v_1} \times c_1}{\frac{1}{v_2} \times 1.8} = \frac{c_1 v_2}{1.8 v_1}$$

الدخول (1) ← بحجم مشع @ 800 kPa

$$v_1 = v_g @ p = 0.025621 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$h_1 = h_g @ p = 267.29 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Subject:.....

الخروج @ T_2 و P_2 ← U_2

$$U_2 = 0.093375 \frac{m^3}{kg}$$

$$h_2 = 274.17 \frac{kJ}{kg}$$

$$C_2 = \frac{C_1 U_2}{1.8 U_1} = 60.8 \text{ m/sec}$$

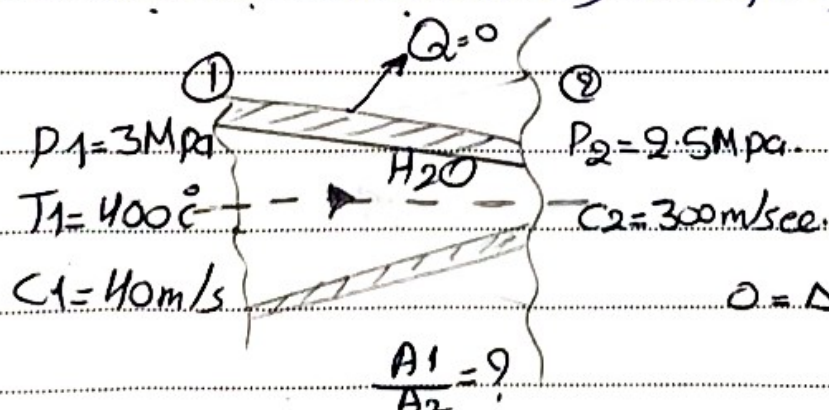
$$\dot{Q} = \dot{m} \left[(h_2 - h_1) + \frac{C_2^2 - C_1^2}{2000} \right]$$

$$2000 \times 10^{-3} = \dot{m} \left[(274.17 - 267.29) + \frac{60.8^2 - 120^2}{2000} \right]$$

$$\dot{m} = 1.31 \frac{kg}{sec}$$

مثال:

بخار عند 3 MPa، 400°C يدخل فوهة أديباتيكية باستمرار
بسرعة 40 m/s ويخارج عند 2.5 MPa، 300 m/s احسب مساحة
الدخول والمساحة الخارج.



$$0 = \Delta h + \frac{C_2^2 - C_1^2}{2000}$$

$$P_1 A_1 C_1 = P_2 A_2 C_2$$

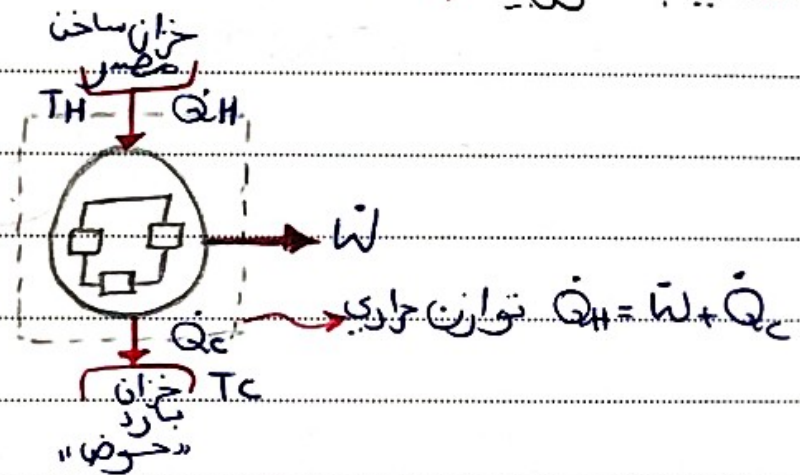
$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{P_2 C_2}{P_1 C_1} = \frac{V_1 C_2}{V_2 C_1}$$

مكتبة

القانون الثاني للديناميكا الحرارية : 2nd Law of thermodynamic

★ **الجزان الحراري** : هو جيزنهما أعطته حرارة أو سحبته منه لا تتأثر درجة حرارته
مثلا : حديد مصصون موضع فني حجر .

★ 1- **المحرك الحراري** : (heat engine) آلة تعمل ضمن دورة تستقبل حرارة وتنتج شغل . **يشبه القوسين** .



★ **مبدأ أوزن كلفن بلاك** : ما المستحيل أن تكون لنا آلة تعمل ضمن دورة وتنتج شغل أن تتبادل الحرارة مع خزان حراري واحد فقط .

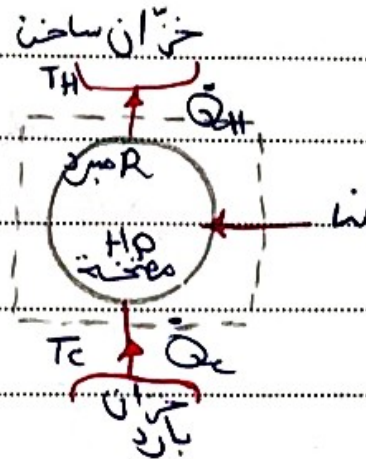
• **كفاءة المحرك الحراري** η_{th} : (ايتا)

$$\eta_{th} = \frac{W}{Q_H} = \frac{\text{المستفاد}}{\text{المدفوع}}$$

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

2- المبرد والاضخة الحرارية: (الآلات الحرارية العكوسة):

"يشبه المكيف، عاكس، والمضخة، والتلاجة".



$$\dot{Q}_H = \dot{W} + \dot{Q}_c$$

نص كلون بوسا: عند التشغيل، فإن تنتقل الحرارة من تلقاء نفسها من خزان بارد إلى خزان ساخن.

كفاءة المبرد والاضخة (معامل الأداء للآلة): COP :

$$COP_R = \frac{\text{مستفيد}}{\text{مدفوع}} = \frac{Q_c}{W}$$

$$COP_{HP} = \frac{\text{مستفيد}}{\text{مدفوع}} = \frac{Q_H}{W}$$

★ الإجراء الانعكاسي : هو الإجراء الذي إذا تمّ ومُدار إلى نقطة البداية لا يترك أثراً على النظام والحيث.

- كل الإجراءات الحقيقية لا انعكاسية.
- من المستحيل أن يكون الإجراء الحقيقي انعكاسي.

★ أسباب الانعكاسية في الإجراءات:

- 1- الامتكان الميكانيكي.
 - 2- الخسائر.
 - 3- القدرة الحركية.
 - 4- انتقال الحرارة الحركية بين جسمين مختلفين في درجة الحرارة.
- من الصعب تحويل الشغل إلى حرارة.
 - من الصعب تحويل الحرارة إلى شغل.

مثال:

محطة طاقة بخارية قدرتها 600 MW تتربو بواسطة نهر قريب
إذا كانت الكفاءة الحرارية للمحطة 40% أو جـ. معدل الحرارة المنتقلة
إلى ماء النهر م.

محطة كهرباء تعني توربين يعني محرك.

$$\eta_{th} = \frac{\text{المستفاد}}{\text{المدفوع}} = \frac{W}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H}$$

$$W = 600 \text{ MW}$$

$$\eta_{th} = 0.4$$

$$0.4 = \frac{600 \times 10^6}{Q_H}$$

$$Q_C = ?$$

$$\therefore Q_H = 1500 \text{ MW}$$

$$Q_C = 1500 - 600 = 900 \text{ MW}$$

في الحقيقة المعدل المنتقل إلى النهر أقل من 900 MW لأن هناك فقد يحدث
في الأنابيب.

مخطة بخارية تستقبل حرارة من فرن بمعدل 280 GJ/hr ، الحرارة المبددة
 الى المحيط من البخار الساخن خلال المرانيب أو مكونات المحطة مقدار
 8 GJ/hr ، إذا كانت الحرارة المصروفة لساكنة التبريد 145 GJ/hr ، أوجد الفرق
 الناتجة والكفاءة الحرارية في المحطة؟ بوحدة MWatt .

$$Q_H = 280 \text{ GJ/hr.}$$

$$Q_C = 8 + 145 = 153 \text{ GJ/hr.}$$

$$W = 280 - 153 = 127 \text{ GJ/hr.}$$

$$\text{MW} = \frac{\text{MJ}}{\text{sec}}$$

$$\frac{127 \times 10^3 \text{ MJ}}{3600 \text{ sec}} = 35.3 \text{ MW}$$

Subject:.....

مثال:

ثلاجة يعمل أداها 1.5 تبرد أو تزيل حرارة من الحيز المبرد بمعدل 60 KJ/min ، أوجد القدرة الكهربائية التي تستهلكها الثلاجة، ومعدل الحرارة المنتقلة إلى الهواء المحيط؟

$$\text{COP} = 1.5$$

$$\dot{Q}_c = 60 \text{ KJ/min}$$

$$\dot{W} = ?$$

$$\dot{Q}_H = ?$$

$$\text{COP}_R = \frac{\dot{Q}_c}{\dot{W}} \Rightarrow \dot{W} = \frac{60}{1.5} = 40 \text{ KJ/min}$$

$$\dot{Q}_H = \dot{W} + \dot{Q}_c = 40 + 60 = 100 \text{ KJ/min}$$

مثال:

صكف الهواء يبرد حرارة من منزل بمعدل 750 KJ/min ويستهلك قدرة مقدارها 6 KW أوجد معدل الأداء للكيف ومعدل الحرارة المنتقلة إلى المحيط الخارجي؟

$$\dot{Q}_c = 750 \text{ KJ/min} = \frac{750}{60} =$$

$$\dot{W} = 6 \text{ KW} = 6 \text{ KJ/sec.}$$

$$\text{COP} = ? \rightarrow 2.08$$

$$\dot{Q}_H = ? \rightarrow 18.5 \text{ KW}$$

Subject:.....

الضخخة والحرارة
الميكانيكية Q_c

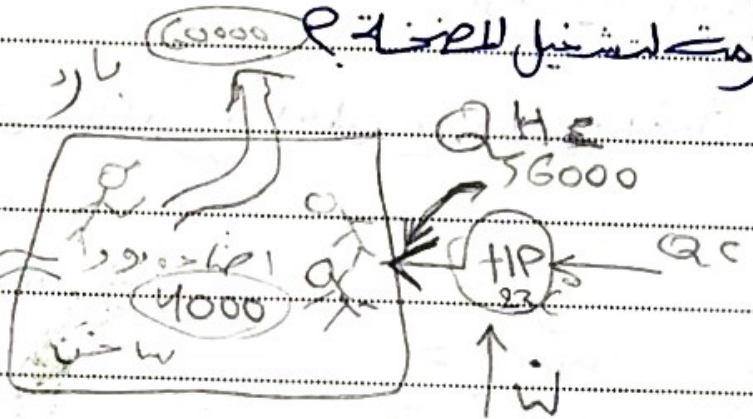
مثال:

مضخة حرارية تستخدم للحفاظ على درجة حرارة منزل عند 23°C .
المنزل يفقد حرارة إلى الهواء الخارجي من خلال النوافذ والمواسير بمعدل 56000 kJ/hr .
بينما الطاقة المتولدة داخل المنزل من الأشخاص والإضاءة والأجهزة المختلفة
تقدر بـ 4000 kJ/hr ، إذا كان معامل الأداء للمضخة 2.5 أو نسبة الطاقة
اللازمة لتشغيل المضخة P .

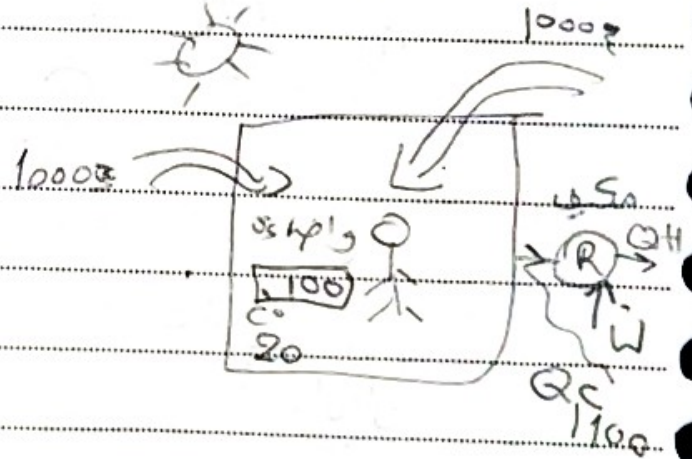
$$\text{COP} = 2.5$$

$$Q_H = 56000 \text{ kJ/hr}$$

$$Q_c$$



$$W = 22400 \text{ kJ/hr}$$



دورة كارنوت (Carnot cycle):

الغرض منها تحديد حصة كفاءة أي آلة . مرحلة أو منطقتية ..

تؤثر على كفاءة أي آلة :

1) أي آلة لكي تقوم بوظيفة فعالة .. أن تفقد حرارة .

2) إلاجراء غير انعكاسي ← تفقد حرارة .

افتراض كارنوت أن :

إجراءاته انعكاسية لكي يتقن كفاءة الدورة أعلى من كفاءة الآلة الاختيرة

التي تحصل على دورة كارنوت :

درجة حرارة المصدر «خزان ساخن» ..

درجة حرارة للوسط «خزان بارد» ..

الإجراءات المستخدمة في الدورة :

1) الإجراء 1-2 :

إجراء متدد أيزوثيرمي انعكاسي .

«إضافة حرارة» ..

2) الإجراء 2-3 :

إجراء متدد أديباتي انعكاسي .

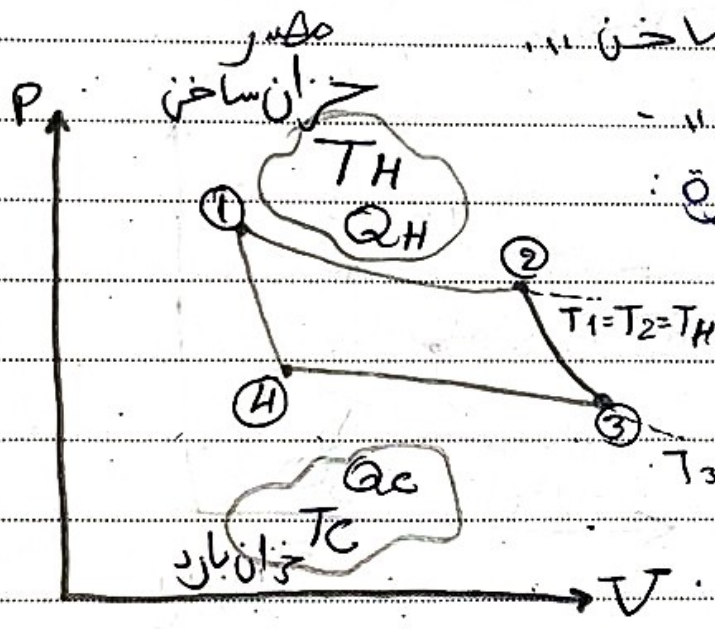
3) الإجراء 3-4 :

إجراء انضغاط أيزوثيرمي انعكاسي .

«طرد حرارة» ..

4) الإجراء 4-1 :

إجراء انضغاط أديباتي انعكاسي .



الجزء الأول:

$$Q_{1-2} = Q_H = W = mRT_H \ln \frac{V_2}{V_1}$$

الجزء الثاني:

$$Q_{2-3} = 0$$

الجزء الثالث:

$$Q_{3-4} = Q_C = W = mRT_C \ln \frac{V_4}{V_3}$$

الجزء الرابع:

$$Q_{4-1} = 0$$

★ الجزء الأدبياتي:

$pV^K = C$ نفس الجزء البوليتروبي غير ان الأس هنا هو

ثابت الاعيان (K) بدلا من الأس البوليتروبي (n)

عندما $T=C$:

$$\eta = 1 - \frac{Q_C}{Q_H} = 1 - \frac{mRT_C \ln \frac{V_4}{V_3}}{mRT_H \ln \frac{V_2}{V_1}}$$

$$T_2 V_2^{K-1} = T_3 V_3^{K-1}$$

$$T_4 V_4^{K-1} = T_1 V_1^{K-1}$$

$$T_H V_2^{K-1} = T_C V_3^{K-1}$$

$$T_C V_4^{K-1} = T_H V_1^{K-1}$$

$$\therefore \frac{T_H}{T_C} = \left(\frac{V_3}{V_2} \right)^{K-1}$$

$$\frac{T_H}{T_C} = \left(\frac{V_4}{V_1} \right)^{K-1}$$

$$\therefore \frac{V_3}{V_2} = \frac{V_4}{V_1}$$

$$\therefore \eta = 1 - \frac{mRT_C \ln \frac{V_3}{V_4}}{mRT_H \ln \frac{V_2}{V_1}}$$

لأن $V_4 > V_3$ و $V_2 > V_1$
 $\ln \frac{V_3}{V_4} = -\ln \frac{V_4}{V_3}$
 $\ln \frac{V_2}{V_1} = \ln \frac{V_1}{V_2}$

★ بخلاف الحدود المشاهدة:

$$\therefore \eta_{\text{car new}} = 1 - \frac{T_c}{T_H}$$

حيث: T بالكلفن

$$\therefore \frac{Q_H}{Q_C} = \frac{T_H}{T_C}$$

$$\boxed{T_c = Q_c} \\ \boxed{T_H = Q_H}$$

هذا قالوا إن:

$$T_H = Q_H$$

★ أقصى كفاءة لأي آلة هي كفاءة كارنوت لأنها إجراء انعكاسي.

★ الآلة الحرارية (المحرك الحراري):

$$\eta_{\text{car}} = 1 - \frac{T_c}{T_H}$$

أقصى كفاءة

★ المبرد (R):

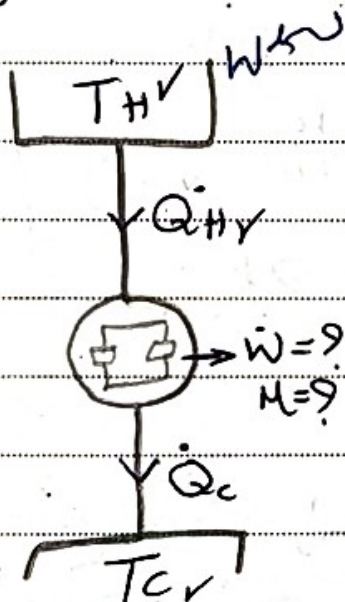
$$\text{COP}_{\text{car new}} = \frac{Q_c}{W} = \frac{Q_c}{Q_H - Q_c} = \frac{T_c}{T_H - T_c}$$

★ المضخة الحرارية (H.P.):

$$\text{COP}_{\text{max | H.P. |}} = \frac{Q_H}{W} = \frac{Q_H}{Q_H - Q_c} = \frac{T_H}{T_H - T_c}$$

احسب أقل قدرة يستهلكها المبرد يعني أن كفاءته أقل ما يمكن .
 أما المضخة الحرارية احسب أقصى شغل تنتجها الآلة .

مثال: محرك حراري يعمل على دورة كارنوت بين مصدر درجة حرارته 750°C و حوض درجته حرارته 25°C ، إذا تم تزويد المحرك بكمية من الحرارة بمعدل 800 kJ/min أو جدد الكفاءة الحرارية والقدرة الناتجة من المحرك الحراري ؟ Q_H W Q_C



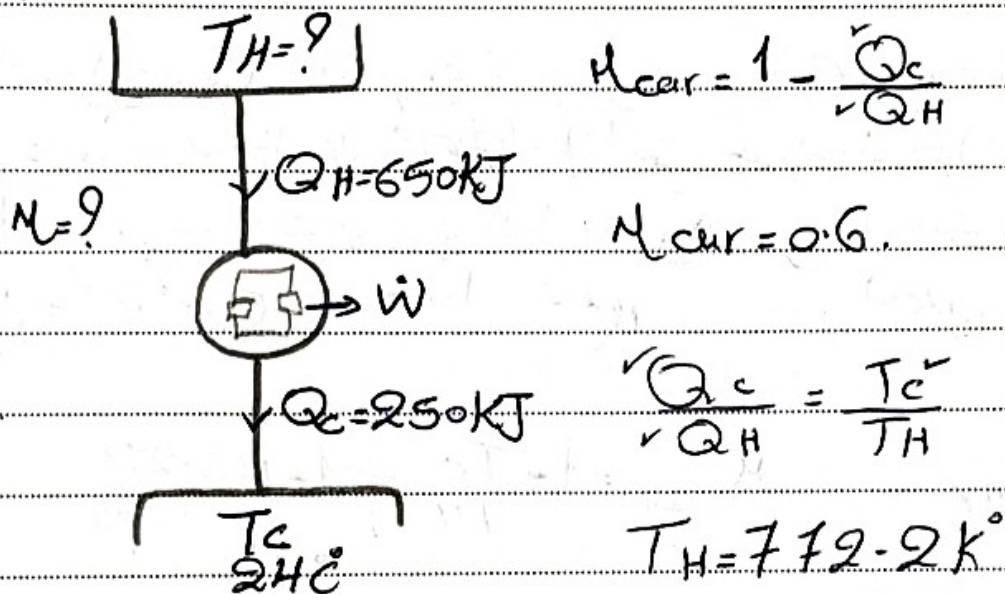
$$\eta_{\text{car}} = 1 - \frac{T_C}{T_H} \Rightarrow 1 - \frac{25 + 273}{750 + 273}$$

$$\therefore \eta_{\text{car}} = 0.71 = 71\%$$

$$W = Q_H - Q_C$$

$$\text{or } W = \eta Q_H = 0.71 \times \frac{800}{60} = 9.47\text{ kW}$$

مثال: محرك كارنوت يستقبل حرارة 650 KJ من مصدر غير معروف درجة حرارته، ويخبر 250 KJ إلى حوض درجة حرارته 24°C أو حوض درجة حرارة المصدر والكفاءة الحرارية للمحرك الحراري؟



$$\eta_{\text{car}} = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$$

$$\eta_{\text{car}} = 0.6$$

$$\frac{Q_C}{Q_H} = \frac{T_C}{T_H}$$

$$T_H = 772.2\text{ K}^\circ$$

مثال: ادعوى مخترع آلة حرارية أنها تستهلك طاقة حرارية بمقدار 800 KJ من مصدر حراري درجة حرارته 400 K° وتنتج شغل بمقدار 250 KJ بينما تظهر حرارة إلى حوض درجة حرارته 300 K هل هذا الادعاء مقبول؟ واذكر السبب؟

$$\eta_{\text{act}} = \frac{W}{Q_H} = 0.31$$

$$\eta_{\text{car}} = 1 - \frac{T_C}{T_H} = 0.25$$

$$\eta_{\text{act}} > \eta_{\text{car}}$$

نتيجة

مثال:
ثلاجة تعمل على دورة كارنوت في غرفة درجة حرارتها 25°C عندما تشتغل الثلاجة تستهلك 500 W إذا كان معامل الأداء للثلاجة 4.5 أوجد الحرارة المأخوذة من الحيز المبرد ودرجة حرارة الحيز المبرد؟

T_H W Q_C T_C

$$\text{COP}_{\text{car}} = \frac{Q_C}{W} = \frac{T_C}{T_H - T_C}$$

$$4.5 = \frac{Q_C}{500} \Rightarrow Q_C = 2250 \text{ watt}$$

$$4.5 = \frac{T_C}{(25 + 273) - T_C}$$

$$T_C = 243.82 \text{ K}$$

$$T_C = -29^\circ\text{C}$$

مثال:
مضخة حرارية تستخدم للحفاظ على درجة منزل عند 24°C في حاديام الشتاء، عندما كانت درجة حرارة الهواء في الخارج (-5°C) كان البيت يفقد حرارة بمعدل $80000 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{hr}}\right)$ أوجد أقل فترة مطلوبة لتشغيل المضخة؟

T_C T_H Q_H W

$$\text{COP} = \frac{Q_H}{Q_H - Q_C} = \frac{T_H}{T_H - T_C} = 10.24$$

$$\text{COP} = \frac{Q_H}{W} \Rightarrow W = \frac{Q_H}{\text{COP}} = 2.17 \text{ Wat}$$

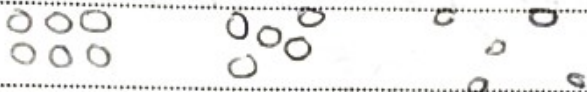
(بدخلها المضخة)

أكمي تعويض

المفقود من

المبنى

★ الأنثروبي (Entropy) : "S"
هي مقياس للعشوائية أو عدم النظام داخل المنظومة.



غازية سائلة صلبة

$$S_{\text{gas}} > S_{\text{liq}} > S_{\text{solid}}$$

★ عند إضافة حرارة للنظام تزداد الأنثروبي
★ عند نزع حرارة من النظام تقل الأنثروبي

★ عندما ΔS موجبة ← الأنثروبي زادت $S_2 > S_1$
★ عندما ΔS سالبة ← الأنثروبي قلت $S_2 < S_1$

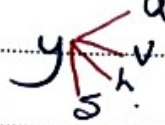
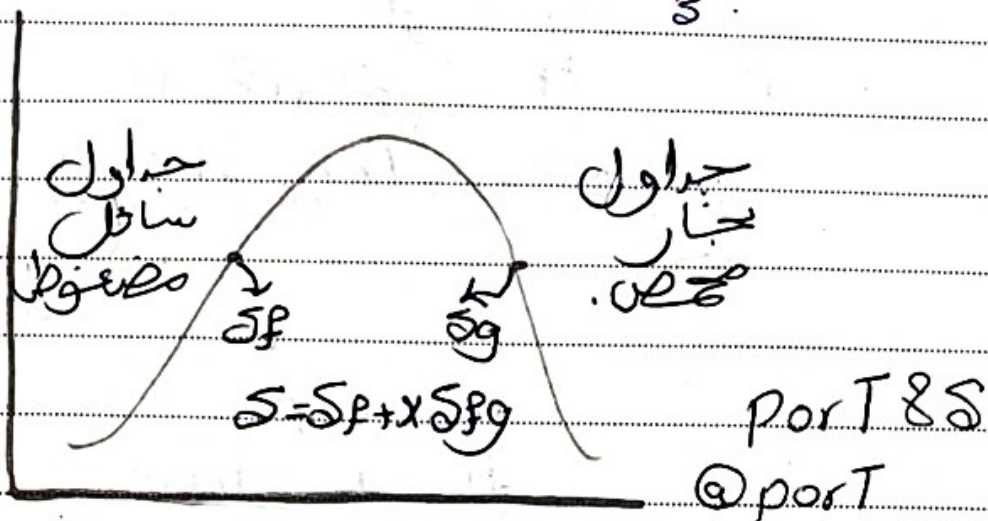
- حساب الأنثروبي في الإجراء الإنعكاسي ثابت درجة الحرارة:

$$\Delta S = \frac{q}{T} \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot \text{K}} \right) \xrightarrow{\text{الجنول}} \text{بالكلفن}$$

$$\Delta S = \frac{m \cdot q}{T} = \frac{Q}{T} \left(\frac{\text{KJ}}{\text{K}} \right)$$

★ أي هي كمية الحرارة المنتقلة للنظام عند درجة حرارة معينة.

★ الأنثروبي للحالة النقية:



$S < S_f$ سائل مشبع

$S = S_f$ سائل مشبع

$S_f < S < S_g$ خليط مشبع

$S = S_g$ بخار مشبع

$S > S_g$ بخار مشبع

★ الأنثروبي للبخار المثالي:

العلاقة الأولى:

$$Q - W = \Delta U$$

$$q - w = \Delta u$$

$$dq - dw = du$$

$$dq - p dv = du$$

$$dq = du + p dv$$

$$T ds = du + p dv \rightarrow \textcircled{1}$$

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

$$du = c_v dT$$

$$\therefore \int ds = \int \frac{c_v dT}{T} + \int \frac{R}{v} dv$$

$$\Delta S = c_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{v_2}{v_1} \quad (1)$$

العلاقة الثانية:

$$h = u + pv$$

$$dh = du + d(pv)$$

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

$$dh = T ds + v dp$$

$$T ds = dh - v dp$$

$$ds = \frac{dh}{T} - \frac{v dp}{T}$$

$$dh = c_p dT$$

$$\int ds = \int \frac{c_p dT}{T} - \int \frac{R}{p} dp$$

$$\Delta S = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (1)$$

$$\Delta S = m \Delta s$$

الإجراء الأيزوثيرمي:

$$S = \text{const}$$

$$S_1 = S_2$$

$$\Delta S = 0$$

- أقصى قدرة ينتجها التوربين
- أقل قدرة يستهلكها المضاط

أيزوثيرمي + كفاءة انعكاسية
 $Q = 0$
 $S_1 = S_2$
 لأن: $\Delta S = \frac{Q}{T}$

نتيجة:

حتى لو أعطاني Q بقيت في السؤال وقال أقصى قدرة للتوربين، أقل قدرة يستهلكها المضاط بخلاف $Q = 0$ عند هذا المطلوب.

مثال الجراحة في الإجراء الأيزوثيرمال للمادة النقية:

$$Q - W = \Delta U$$

$$\Delta U = m(S_2 - S_1)T_{\text{kelvin}}$$

$$W_d = Q - \Delta U$$

$$W_d = \Delta U = \Delta U$$

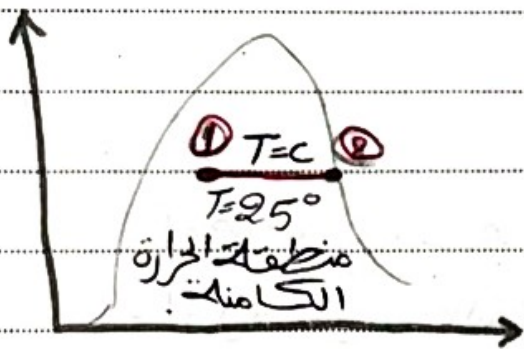
$$W_d = m(S_2 - S_1)T - m(u_2 - u_1)$$

ما بالنسبة لقانون $\int p dv$ نستطيع استخدامه لأن $T = C$ ولأننا نستخدم القانون العام لأن المادة مادة نقية وليس عنان مثالي.

مثال: مقدارها 750 kJ من
جهاز مكبس أو اسطوانة يحتوي على خليط ماء عند 25°C ، انتقلت
حرارة الماء خلال إجراء ثابت الضغط نتج عنها تبخر السائل
أوجد التغير في الانثروبي خلال هذه العملية؟

ثابتة درجة الحرارة: $S = \frac{Q}{T} = \frac{750}{25+273}$

$S = 2.5 \frac{\text{KJ}}{\text{K}}$



لكي تكون الآلة أيزومترية لابد أن تكون أديابتيه.

مثال:

خزان صلب يحتوي على $\frac{1}{2} \text{ m}^3$ من مائع التبريد R_{134a} عند ضغط 360 kPa وكمر جفاف (0.3) انتقلت حرارة للمائع حتى ارتفع ضغطه إلى 700 kPa أوجد التغير في الانثروبي خلال الإجراء؟

State I

$V_1 = \frac{1}{2} \text{ m}^3$

$P_1 = 360$

$x = 0.3$ خليط

State II

$P_2 = 700 \text{ kPa}$

$V_2 = V_1$

$V_1 = V_2$

الحجم الكلي والحجم النثروبي ثابتان

Subject:.....

State I:

$$V = 0.007841 + 0.3(0.056738 - 0.007841)$$

$$V_1 = 0.01757027 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$s = 0.23270 + 0.3(0.69566)$$

$$s_1 = 0.441398 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$m = \frac{V}{V_1} = 28.45 \text{ kg}$$

State II:

ص بين ص و ص
(خط مشج)

$$0.5 = V_f + X V_{fg}$$

$$X = 0.59$$

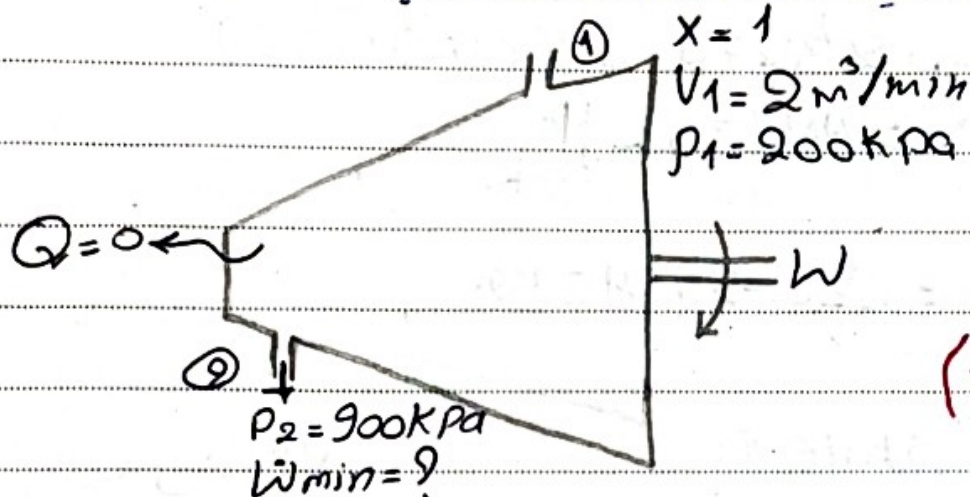
$$s_2 = s_f + X s_{fg} = 0.67705 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\Delta s = m(s_2 - s_1) = 6.7 \frac{\text{KJ}}{\text{K}}$$

غير ضروري بقواها.

مثال:

يدخل مانع تبريد إلى ضاغط أديباتي في حالة بخار مشبع بمعدل $2 \text{ m}^3/\text{min}$ وضغط 200 kPa ويخرج بضغط 900 kPa .
أوجد أقل قدرة يستهلكها الضاغط.



(نظام مفتوح)

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} [\Delta h] \quad \begin{matrix} \text{k.e} \\ \text{p.e} \end{matrix}$$

$$-\dot{W} = \dot{m} [h_2 - h_1] \quad \text{(لم يذكرهم)}$$

بخار مشبع @ 200 kPa

$$v_1 = v_g @ p_1 = 0.099867$$

$$h_1 = h @ p_1 = 244.46$$

$$s_1 = s @ p_1 = 0.93773$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{V}}{v} = \frac{\dot{V}}{v} = \frac{2/60}{0.099867} = 0.334 \text{ kg/sec}$$

الخروج:

$$s_2 = s_1 = 0.93773$$

$$p_2 = 900.$$

محارمة

s	h
0.9327	274.17
0.93773	x
0.966	284.77

$$x = h_2 = 275.77$$

$$-\dot{W} = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

$$\dot{W}_{\min} = -10.46 \text{ Kwatt.}$$

مثال:

حزان حجم 1.5 m^3 يحتوي على 3 kg من CO_2 عند 100 kPa ، يتم تشغيل مروحة وضعت به حتى ارتفع ضغطها إلى 150 kPa أو حتى التغير في الأنتروبي خلال العملية. افترض أن الحرارة النوعية ثابتة.

$$m = 3 \text{ kg.}$$

State I:

$$V_1 = 1.5 \text{ m}^3$$

$$P_1 = 100 \text{ kPa.}$$

State II:

$$P_2 = 150 \text{ kPa.}$$

$$V_2 = V_1$$

$$\Delta S = 0$$

$$P_1 V_1 = m R T_1$$

$$100(1.5) = 3(0.1889) T_1$$

$$T_1 = 264.69 \text{ K}$$

$$\text{or } \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$P_2 V_2 = m R T_2$$

$$150(1.5) = 3(0.1889) T_2$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{150}{100} = 1.5$$

$$T_2 = 397.03 \text{ K.}$$

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

$$C_v = 0.657$$

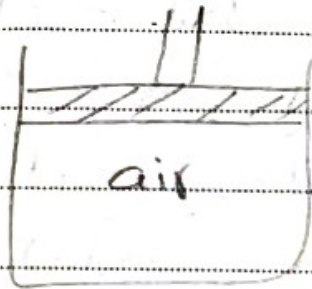
$$\Delta S = 0.657 \ln(1.5)$$

$$\Delta S = 0.27 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K.}}$$

$$\Delta S = m \Delta s = 0.81 \frac{\text{kJ}}{\text{K.}}$$

* مثال :

يحتفظ هواء في منظومة مكبس واسطوانة من 90 Kpa، 20°C إلى 400 Kpa خلال إجراء ثابت درجة الحرارة، أوجد التغير في الانتروبي والمشتغل المبذول خلال الإجراء؟
 $\Delta S = ?$ $W = ?$



state I

$$p_1 = 90 \text{ Kpa}$$

$$T_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$293 \text{ K} \leftarrow$$

state II

$$T_2 = T_1 = 293 \text{ K}$$

$$p_2 = 400 \text{ Kpa}$$

$$\Delta S = c_p \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{p_2}{p_1} \quad c_p R = 0.287$$

$$\Delta S = 0.428 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$T = C \leftarrow W_d = c \ln \frac{v_2}{v_1} = W_d = RT \ln \frac{v_2}{v_1} \quad \uparrow -\Delta S$$

$$W = \Delta S \times T = -125.404 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$$

$$q - w = \Delta u \quad \leftarrow \Delta S = \frac{q}{T} \quad \text{حل ثان} = \frac{q}{T} \quad \text{حيث } T = 293 \text{ K}$$

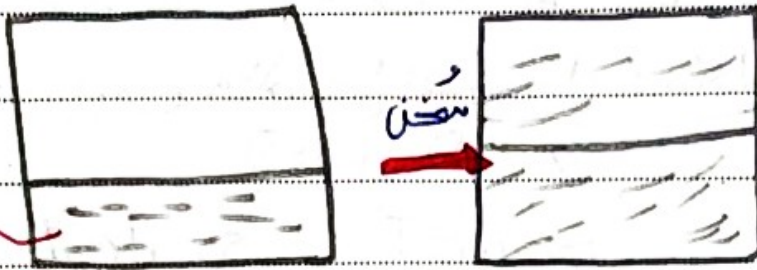
$$q = w = \Delta S, T = 293 \text{ K}$$

$$T = C \quad \text{حل ثالث: } p_1 v_1 = p_2 v_2$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{p_1}{p_2} \quad \text{ونكمل الحل}$$

ملاحظة:

المادة الثقيلة:



ماء لا يأخذ
الحجم كامل
للخران

مُخَنّ إذا
أصبح خليط
يأخذ الحجم كامل

لأن أصبح يحتوي على غاز
والغاز منتشر

الغاز المثالي:

- يأخذ حجم الخزان بالكامل دائماً لأنه غاز ومنتشر.

تم المنهج

بعون الله وفضله

نفع الله بكم وفتح عليكم ،

لا تحرموا والدي
“عادل أحمد غميم”

من دعوة بظهر الغيب
بالرحمة والمغفرة.