▸ Subject : هيزجع نكمل شابتر one بشكل آخر

Thermodynamic and Energy

Thermo (Heat) — Dynamic (power)

→ The science of the energy

Energy : The ability to cause change

ده اسمك قالوا تعني معناته في طاقة.

→ System and Control Volumes

* System : is a region in space chosen for study (النظام اللي بتدرسه)

المحيط

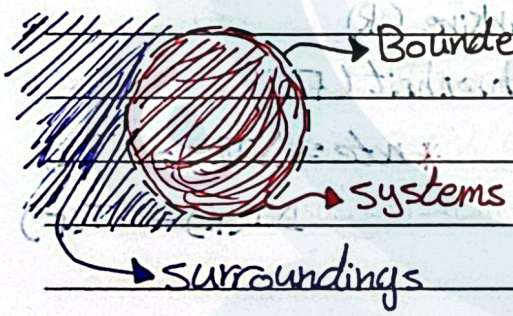
* Surroundings : the mass or region out side the system (اللي بره النظام)

الحدود

* Boundary : The real or imaginary surface that separates the system from its surroundings

surrounding, system, ده فاصل بين

* Contact surface



System

open — Closed

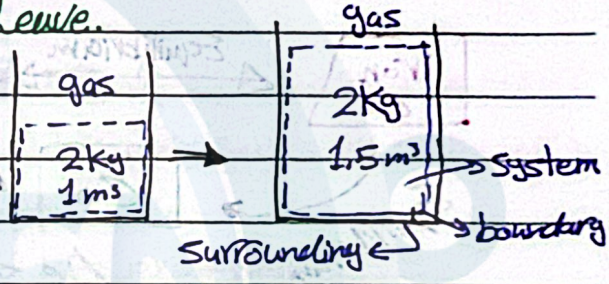
* Closed system (Control mass)

→ Consists of a fixed amount of mass, and no mass can cross it's boundary.

→ No mass can enter or leave.

→ Energy in the form of heat, or work can cross the boundary

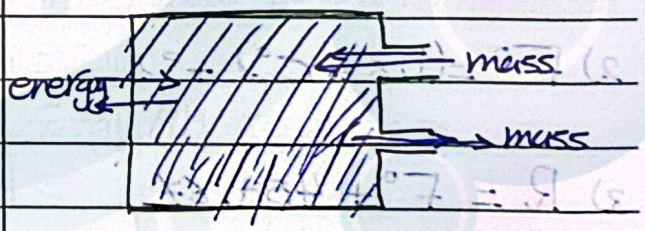
→ The Volume can enter and leave.



* open system (Control Volume)

→ Both mass and energy can cross the boundary.

→ Constant Volume



Scanned with CamScanner

Subject : / /

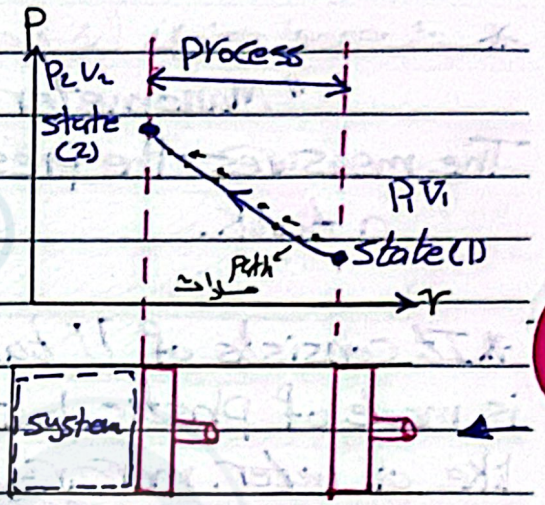
⇒ Propeties of a system
* خصائص النظام التي نريد دراسة

Property

Intensive
Independent of the mass, such as:-
1. temperature
2. pressure
3. density

Extensive
dependent on size of the object
يعتمد على حجم الكم

	Extensive	1/2 m	1/2 m
T		1/2 V	1/2 V
P	Intensive	T	T
ρ	كل خواص	ρ	ρ
V m	قسمناه النص	P	P



⇒ Cycle: a cycle if it returns to its intial state and the end of the process.
دورة بالنقطة من state1 وكمل state2 وهكذا
عندي Process ومنها لـ 3 state وهكذا ...
⇐ بالآخر يرجع بنقطة من state1

State, Process and Path
الحالة العملية العملي

→ State: a set of properties that completely describes the condition
مجموعة من الخصائص التي تصف بشكل كامل الحالة

→ Process: any change of the system undergoes from one equilibrium state to another
اي تغير يحدث على النظام من حالة حوازن الى أخرى

→ Path: the series of system state which the system passes
سلسلة الحالات التي يمر بها النظام اثناء عملية ما.

عملية التدفق المستقر
→ Steady flow process
steady: No change of time
Uniform: no change with location in aspecific region
steady flow process: a process which fluide flows through a control Volume steadily
fluid properties can change from point to point but at any fixed point they remain the same during the entire process

▸ Subject : CH2:- Forms of Energy - اشكال الطاقة

Forms of Energy

Macroscopic (يعتمد على الجسم كامل وكواعله الخارجية)	microscopic (يعتمد على الجزيئات الداخلية)

A system prossess with outside reference such as: Kintetic and Potential Energy

→ Kintetic Energy (KE) :- The energy that a system prossesses as a result of it's motion relative to same reference frams.

- $KE = \frac{1}{2} mV^2$ Unit $J = kg\,(m/s)^2$ - $\frac{KE}{m} = ke = \frac{V^2}{2}$ Unit J/kg

→ Potential Energy (PE): The Energy that a system prossess as a result of it's elevation in a gravitational field (الجسم قريب يعد عن سطح الارض)

$PE = mgz$ Unit J or KJ (الكمية) — is expressed as

$pe = gz$ Unit KJ/kg (نكل)

*microscopic : The molecular structure of a system and the degree of the molecular activity, and they are independant of outside reference

- الطاقة الداخلية - نشاط الجزيئات

Internal Energy (U)

Kintic Energy (KE) + Potential Energy

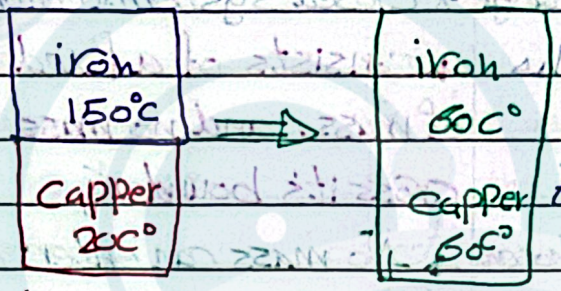
molecules

Scanned with CamScanner

▸ Subject : .....

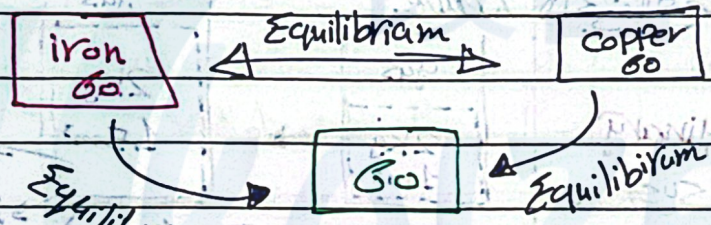
Zeroth Law of thermodynamics :-

⇒ Thermal Equilibrium :- When heat transform stops thermal Equilibrium is reached (لما سخونة الاتنين تتساوى حرارتهم)



*heat is transferred from the body at higher temperature to the one at lower temperature

*Zeroth law of thermodynamics :-
if two bodies are in thermal equilibrium with a third body, then all therms in equilibrium with each other



* دلوقتي لما يكون عندي معدنين في حالة الاتزان مع معدن تالت بتكون الحرارة المعدن متزنة مع بعضها ...
وعشان يحصل ده يكون the same temperature الي Contact

Temperature :- Temperature Scales :- جيرسو-
- celsiuse, C°
- Kelvin (K)
- Rankine (R)
- Fahrenheit (F°)

1) K = C° + 273.15

2) F° = (1.8 * C°) + 32

3) R = F° + 459.67

4) R = (1.8 * K)

* note :- ΔT(c) = ΔT(k)
ΔT(R) = ΔT(F°)

Scanned with CamScanner

▸ Subject : .....

mechanical energy هي طاقة مرتبطة بـ
1) الحركة 2) الارتفاع 3) الضغط

→ *form of energy that can be converted into mechanical work.

* ME = KE + PE الطاقة الحركية وطاقة الوضع من أشكال الطاقة الميكانيكية.

* application → pump (المضخات): transfer mechanical energy to the fluid by pressur تنقل الطاقة الميكانيكية إلى السائل عن طريق تزويد الضغط
* في المضخة نضيف طاقة ميكانيكية للسائل عن طريق ارتفاع الضغط

→ turbine: extracts mechanical energy from fluid
لاستخراج الطاقة من الموائع المتحركة في السائل نحول من الأول طاقة ميكانيكية

مثال: الناعورة



*pressure of a flowing fluid is associated with it's mechanical energy.

* في علاقة بين الضغط والطاقة، ليش في طاقة بسبب الضغط؟؟ لأن الضغط: يدفع السائل ليتحرك في نفس الشغل لكل وحدة حجم

$W = F \times d$

Units:

$Pa = [N/m^2]$ force and area

$= \left[\frac{N}{m^2} \cdot \frac{m}{m}\right]$ → على هيك، كان الأول البسط لوحدة الطاقة ونوعت علامة الضغط بالطاقة

$\left[\frac{N.m}{m^3}\right] = \left[\frac{J}{m^3}\right]$ energy by the Unit of Volume
الشغل لكل وحدة حجم

Remark
$W = F \times d$
$J = N.m$

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

⇒ The total energy of a system (E), consists of the kintic, potential, and internal energy

$$\{E = KE + PE + U\}$$

* $E = \frac{1}{2} m V^2 + mgz + U$ (KJ)

* $e = ke + pe + u \Rightarrow = \frac{V^2}{2} + gz + u$ (KJ/Kg)

⇒ For stationary system $\Delta E = \Delta U$ (a closed loop is assumed)

* في نظام مغلق وفي حالة دخول أو خروج مادة فإن الطاقة (كلية) الطاقة داخلة جوا النظام.

* بمعادلة في حالة دخول أو خروج ولا طاقة حركية أو وضع. $\Delta E = \Delta U$

⇒ For open system * في مادة تدخل وتطلع زي أنبوب في أو هواء

* هوى واحد يعني لين عن الطاقة الداخلية. هاد لازم نحسب معدل تدفق الكتلة

* mass flow rate ($\dot{m}$) : The amount of mass that pass through a cross section per time $\{\dot{m} = \frac{dm}{dt}\}$

معدل تدفق الكتلة = كمية الكتلة اللي تمر خلال زمن معين.



$A_c = \frac{\pi D^2}{4}$ مساحة الدائرة

* اشتقاق المعادلة :-

$\rho = \frac{m}{V}$

$m = \rho V$ نشتق بالنسبة للزمن

$\dot{m} = \rho \dot{V}$

$\dot{m} = \rho (A_c V_{avg})$

التدفق الحجمي $\{\dot{V} = \frac{dV}{dt}\}$

لشو هو معدل التدفق الحجمي؟

السرعة * مساحة المقطع $\dot{V} =$

$\{\dot{V} = A_c \times V_{avg}\}$

* الخلاصة مهمة :-

← نظام مغلق ← ما في تدفق كتلة

← نظام مفتوح ← في تدفق كتلة

* معدل التدفق الكتلي :-

$\dot{m} = \rho A_c V_{avg}$

* $\dot{m} = \frac{dm}{dt} = \frac{Kg}{s}$, $e = \frac{KJ}{Kg}$

$E = m \times e$

$\dot{E} = \dot{m} \times e$ Unit → $\dot{E} = \frac{Kg}{s} \cdot \frac{KJ}{Kg} = \frac{KJ}{s}$ (KW)

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

example :- a site evaluated for a wind farm is evaluated to have steady winds at speed of 8.5 m/s, determine.

a) energy per unit of mass

b) // from 10 kg air

c) energy rate for a flow rate (1154 kg/s)

ans :-

a) $e = ke = \frac{1}{2} V^2 = \frac{1}{2} (8.5)^2 = 36.1$ KJ/Kg

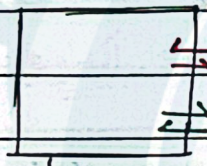
$pe = 0$ $V = 0$

b) $E = m \times e = (10)(36.1) = 361$ J

c) $\dot{E} = \dot{m} e = (1154)(36.1) = 41.7$ KW

Energy transferred by heat

((الطاقة بتنتقل بطريقتين))



⊛ Energy can cross the boundary of a closed system in two forms heat or work

heat :- ⟵ ----- ⟵

: form of energy that transformed from a given temperature to the system or surroundings ((طاقة تنتقل بسبب فرق درجة الحرارة))

* الأجسام المختلفة بدرجة الحرارة تسعى للوصول إلى thermal equilibrium لما جسمين يصيروا بنفس درجة الحرارة تتوقف الحرارة عن الانتقال

note :-

a body never contains heat, heat is just transfered

⊛ الجسم لا تخزن الحرارة، لكن فقط يتبادلها مع المحيط، الجسم تخزن طاقة داخلية

but :- the contain energy, heat just transfered

الجسم يحتوي (heat)، الجسم تحتوي طاقة داخلية (Inernel Energy)

الحرارة (heat) فقط طريقة انتقال الطاقة، يعني الحرارة تتحرك بين الأجسام لكنها لا تخزن بداخل الأجسام.

وصلت ؟؟

Scanned with CamScanner

▸ Subject : ..... / /

* لبدي الطاقة لكل وحدة كتلة *

→ To made it in the Unit of mass we devid on density

pressure ← $\frac{P}{\rho}$ = $\left[\frac{N}{m^2} \cdot \frac{m^3}{kg}\right] = \left[\frac{J}{kg}\right]$ ← density

$P = \frac{N}{m^2}$ force / area

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

↑ بنقلب عشان معتدة

≈ note : pressure is not a form of energy, but a pressure force acting on a fluid through a distance produces Flow Energy.

← يعني الضغط لحاله مش طاقة لكن : إذا الضغط أثر على السائل وتحرك لمسافة بيعمل الشغل ، وبيعبر طاقة تدفق (Flow energy)

* $(PV) = V = \frac{1}{\rho} = \frac{P}{\rho}$

« معادلة الطاقة الميكانيكية »

→ flow energy in units of mass

$e_{mech} = \frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz$ Unit [KJ/kg]

* In rate form $\dot{E}_{mech} = \dot{m} e_{mech}$

$= \dot{m}\left[\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz\right]$ ← The mass flow rate of the fluid

[KJ/s = KW]

* In form of Change mechanical energy (التغير بالطاقة الميكانيكية)

$\Delta \dot{E}_{mech} = \dot{m}\left[\frac{(P_2 - P_1)}{\rho} + \frac{(V_2 - V_1)^2}{2} + gz\right]$

- ملاحظات -

① P_1 لو الضاغط طاقة

② P/ρ هي طاقة ضغط لكل وحدة كتلة

③ كل حدود المعادلة لازم تكون بوحدة $\left[\frac{J}{kg}\right]$

Scanned with CamScanner

▸ Subject : ..... / /

→ Energy transfered by Work

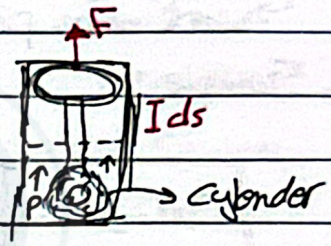
→ energy interaction that is not caused by temperature difference is Work ← الشغل

إذا انتقلت الطاقة ليس بسبب الحرارة يكون اسمها شغل

* force acting through a distance الشغل: قوة تؤثر خلال مسافة.

$W = F \times d \longrightarrow \delta W = F\,dL$

قوة الكباس — مسافة الإزاحة



* Work by displacement of a piston work

→ expansion a fluid in the cylender

① the work is positive ② Work by system done

② output work

مبدأ عمل عندك غاز داخل الأسطوانة وفيها مكبس

لما الغاز يتمدد، يدفع المكبس للأعلى، المكبس يتحرك مسافة صغيرة ds هاي الحركة يعني النظام عمل (شغل)

→ $\delta W = F\,dL$ ← path هنا ds مش

هيك يعني تعتمد على الكمية في تغيير function

---

1 $\delta W = F \cdot ds$ remark $P = \frac{F}{A} \rightarrow F = PA$

لـ الإزاحة الصغيرة

تحويل القوة إلى ضغط

2 $\delta W = F \cdot ds = P \cdot A\,ds = P\,dV$ ∴ $\delta W = P\,dV$

A: المساحة مع الحجم — ds

$P[m^2][m] = P[m^3]$

3 الشغل الكلي

$W_b = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV = P(V_2 - V_1)$ * W_b : work by boundary

at a constant pressure

عندما يتمدد الغاز ويدفع المكبس

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

⊛ When heat is added in the system then is not stored as form of heat, But as form ((Potential or Kinetic Energy))

← لما نضيف حرارة للنظام، الطاقة ما بتضل اسمها heat داخل النظام بل تتحول إلى طاقة حركية أو طاقة وضع.

لأنه طيب؟ عنا قلنا الحرارة ما بتخزن بس بتنتقل عنه ← لأنه بس زي آخر وما تخزن

⊛ the amount of heat transfered between stat 1 and stat 2 is Q_{12} (KJ)

القوانين :-

$q = \frac{Q}{m}$ (KJ/kg) Heat transfer per unit mass.

$Q = \dot{Q} \cdot \Delta t$ (kg) Amount of heat transfer when heat transfer rate is constant

$\dot{Q}$ ← معدل انتقال الحرارة

↳ the Unit [KW]

$Q = \int_{t_1}^{t_2} \dot{Q}\, dt$ (kg) Amount of heat transfer when heat transfer rate change with time

$\dot{Q}$ ← معدل انتقال الحرارة بالنسبة للزمن

Example :-

$Q = 30$ kg
$m = 2$ kg
$\Delta t = 5$s

30 KJ heat

[1] $Q = \int_{t_1}^{t_2} \dot{Q}\, dt = \dot{Q}\Delta t$ ∴ at a constant rate

then : $\frac{Q}{\Delta t} = \frac{\dot{Q}\Delta t}{\Delta t}$ $\dot{Q} = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{30}{5} = 6$ KW

[2] $q = \frac{Q}{m} = \frac{30}{2} = 15$ KJ/Kg

Scanned with CamScanner

Subject : .....

4 الشغل بين حالتين

→ the amount of work done during a process between state 1 and 2 W_{12} (KJ)

الشغل النوعي :-

$w = \frac{W}{m}$ [KJ/kg] ← work done per unit mass

Power = $\dot{W}$ Unit (KW) ← معدل الشغل مع الزمن

Example :-

W = 30 KJ
m = 2 kg
Δt = 5 s

30 KJ work

$w = \frac{W}{m} = \frac{30}{2} = 15$ KJ/kg

$power = \dot{W} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{30}{5} = 6$ KW

((Spring Work)) شغل النابض

الشغل المتغير

القوة التي يولدها النابض :-

* $F = kx$ (KN)

k → ثابت النابض (KN/m)

x → مقدار الانضغاط أو الاستطالة

$W = \int F \, dx$

$W = \int kx \, dx$

$W = k \int x \, dx$

$W = k \left(\frac{x^2}{2}\right)$

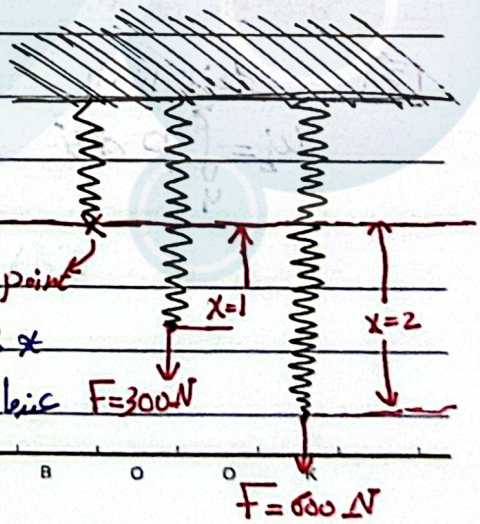
$W = \frac{1}{2} k x^2$

* $W_{sp} = \frac{1}{2} k (x_2^2 - x_1^2)$ (KJ)

[the inital and the final displacements]

→ We find distance of spring from the [resting point] not the Wall

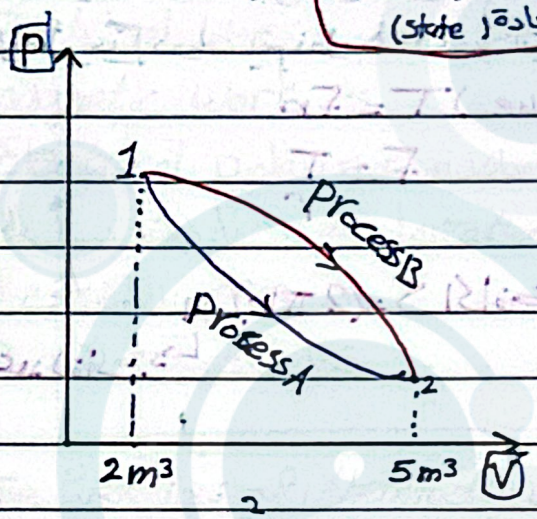
* نجد استطالة الزنبرك (x) من البداية عند النقطة الـ "resting point" والتي عندما يكون الزنبرك في حالة ارتخاء بدون تأثير قوة عليه ...



Scanned with CamScanner

▸ Subject : .....

note ← Slide (15) , ← (P,V,T) تعتمد فقط على حالة المادة (state) ، الحرارة والشغل تعتمد على المسار



→ total Volume change (ΔV) during a process between state 1 and 2

$$\Delta V = V_2 - V_1$$

* بغض النظر عن المسار الذي يربط النقطة B or A

$\Delta V = 5 - 2 = 3\ m^3$

→ The integral of δW is not $(W_2 - W_1)$

* Work is not a property and System do not possess work at a state

كلمة work يوجد الصلة بـ العنى

$$\int_1^2 \delta W = W_{12}$$

$$* \delta W = F.d = pAd = pV \rightarrow W_{12} = \int_{V_1}^{V_2} p\,dV \quad W_A \neq W_B$$

Type of work :- ① Electrical work ② mechanical work

① Electrical work :- in an electrical field. electrons moving under the effect of electromotive forces „doing work"

* $W_e = N \times V$ Electrical work (J)
  - N ← number of charge
  - V ← Volt
* $P = \frac{W_e}{t} = VI$ Electrical Power (W)
  - I ← current
* $W_{e12} = \int_{t_1}^{t_2} P\,dt = \int_{t_1}^{t_2} VI\,dt$ (KJ)

② mechanical work = Force * distance

* $W_m = F * S$
* $W = \int_1^2 F\,ds$

Scanned with CamScanner

Subject : / /

[Nonmechanical form of work] أنواع شغل ليست ميكانيكية

1) Electrical Work: $W = \int V\,dq$

2) magnetic Work

3) Electrical polarization Work * العمل المؤداة داخل المجال الكهربائي

المجال الكهربائي يجعل الشحنات داخل المادة تصف (polarization)، الشغل يعتمد بـ على:

① قوة المجال الكهربائي

② مقدار الاستقطاب في المادة

---

* تم مبدأ بين ب CH5 * The first law of thermodynamics

energy can be neither created nor destroyed during a process it can only change forms. * الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ولكن تتحول من شكل إلى آخر. إتزان الطاقة

Energy Balance: "the net change (increase or decrease) in the total energy of the system during a process is equal to the difference between the total energy entering and the total energy leaving the system"

$$\Delta E_{system} = E_{in} - E_{out} = E_{final} - E_{initial}$$

إحتمال الطاقة في النظام المغلق

⇒ forms of energy in Closed system ⇒ $\Delta E = \Delta KE + \Delta PE + \Delta U$

[CH:5 بشرح تفصيلي أكثر] * النظام لا يتحرك

Remember * Stationary System → $\Delta PE = 0$, $\Delta KE = 0$

⇒ Ein and Eout: وقت انتقال الطاقة So $\boxed{\Delta E = \Delta U}$

1) Heat transfer انتقال الحرارة $Q_{in} = +Q = E_{in}$, $Q_{out} = -Q = E_{out}$

CH:5

2) work transfer انتقال الشغل $W_{in} = -W(\text{on the system}) = E_{in}$

إذا النظام عمل شغل للخارج ! $W_{out} = +W(\text{on the system}) = E_{out}$

CH:6

3) mass flow انتقال الكتلة يحدث عندما مادة تدخل أو تخرج من نظام

(Note) → only in the open system

ملاحظات:

* النقطة الثالثة فقط في الأنظمة المفتوحة.

تفنى عند بذل (work done on the system*) عمل على نظام مسدود، يعني لما نضغط الغاز بنكون عملنا شغل على النظام

NOTEBOOK

Scanned with CamScanner

Subject : / /

(Shaft Work) :

* يستقل الشغل عبر عمود دوار عندما يورد عزم ميكانيكي بسبب قوة أو عزم دوران يتم نقل طاقة ميكانيكية هذه الطاقة تسمى

$W = Fs$

$(Torque)\ T = Fr$

$F = \frac{T}{r}$

$W_{sh} = \left(\frac{T}{r}\right)(2\pi r)\, n$

$S = (2\pi r)\, n$ المسافة

n ← عدد لفات

$W_{sh} = 2T\pi n \ (KJ)$

$\dot{W}_{sh} = 2T\pi \dot{n} \ (KW)$

[Work Done on Elastic Solid Bars] شغل القضيب المرن

$W = \int F\, dx$ $\quad \sigma = \frac{F}{A}$ $\quad$ So $F = A\sigma$

$W_{elastic} = \int_1^2 \sigma_n A\, dx \ (KJ)$

F ← القوة المؤثرة على القضيب

x ← مقدار الاستطالة

A ← مساحة المقطع * القضيب المطاطي لا ينسبه

σ_n ← الإجهاد (stress) يعني في علم المقاومة

[Work Associated with Stretching of a Liquid Film] شغل الشد السطحي في السوائل

$W_{surface} = \int_1^2 \sigma_s\, dA$

σ_s ← Surface tension الشد السطحي

A ← مساحة السطح يستخدم عندما نزيد مساحة سطح السائل.

[Work done to raise or accelerate a body]

① عندما يرفع الجسم ← الشغل يتحول إلى طاقة وضع

Potential Energy : $PE = mgh$ بسبب الارتفاع

مثلاً: لما ترفع الكتاب القوة اللي لازم ترفعها تقريباً $F = mg$ وعلى مسافة اللي رفعت فيها (h)

So $W = mgh$

$W = PE$

② عندما يتحرك الجسم السرعة الخطية تتحول ← شغل لتسريع الجسم

$W = KE \leftarrow W = \frac{1}{2}mv^2$ (KE) اي طاقة حركية

Scanned with CamScanner

Subject : / /

∴ energy balance for closed system

$$\Delta E_{system} = E_{in} - E_{out} = (Q_{in} - Q_{out}) + (W_{in} - W_{out})$$

$\Delta E = Q - W$ $\quad Q \rightarrow$ الحرارة المنتقلة في نظام

$W \rightarrow$ الشغل البري بين النظام

∴ energy balance for open system

$$\Delta E_{system} = E_{in} - E_{out} = (Q_{in} - Q_{out}) + (W_{in} - W_{out}) + (E_{mass\ in} - E_{mass\ out})$$

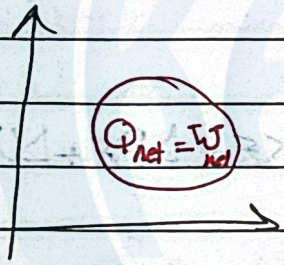
* بنرجع نذكر الفكرة :- انه الطاقة لا تختفي ولا تُخلق من العدم بل تدخل أو تخرج من نظام

* دخلت حرارة ← تزيد الطاقة ∴ خرج شغل ← تقل الطاقة

∴ Rate form

$$\frac{dE_{system}}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} = \dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = (\dot{Q}_{in} - \dot{Q}_{out}) + (\dot{W}_{in} - \dot{W}_{out})$$

⇒ for a cycle :-



$$\Delta E_{system} = E_{in} - E_{out} = Zero$$

$$\boxed{W = Q}$$

* لدينا النظام يعود لحالته نفس الحالة

∴ عند انتهاء الدورة ⇒ $W_{net} = Q_{net}$

Scanned with CamScanner

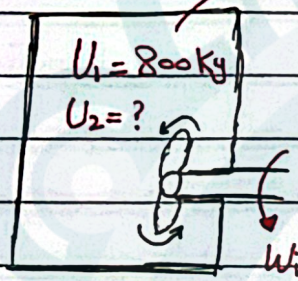
▸ Subject : / /

Example :- خزان صلب يحتوي على سائل ساخن ويتم تبريده بواسطة مروحة

A rigid tank contains a hot fluid that is cooled while being stirred by a paddle wheel. initially the internal energy is 800 KJ, during the cooling process, that system losses 500 KJ of heat while the paddle wheel done 100 KJ of energy on the fluid

* determine the internal energy "final" U_2 = ??
* neglect the energy stored in the paddle.

(Padelle) المروحة ← يحتوي خزان على ←



$\Delta PE = \Delta KE = 0$

$\Delta E = \Delta U$ *assume stationary system*

$E_{in} - E_{out} = U_{in} - U_{out} = (Q_{in} - Q_{out}) + (W_{in} - W_{out})$

final initial

$U_2 - 800 = (0 - 500) + (100 - 0)$

$U_2 = 800 - 500 + 100$

$U_2 = 300 + 100 = 400$ KJ

Q_{in} ←

Ex(2) : 10 KJ heat is transferred to a piston-cylinder system at 10 MPa as a result the system expanded by (0.5)L, determine the total energy change

عندما النظام يتمدد، الشغل يكون للخارج، فعندنا شغل (Wout)

P → KJ

① MPa → KJ * 10^{+3}

$P = 10^1 \times 10^{+3} = 10^4$ KPa

② تحويل الحجم

$1L = 10^{-3}\ m^3$

$0.5\ L = 0.5 \times 10^{-3}\ m^3$

$= 5 \times 10^{-4}\ m^3$

$W_{out} = P * V$

$W_{out} = (10^4) * 5 \times 10^{-4} = 5$ KJ

KPa · m^3 = KJ

$\Delta E = (Q_{in} - Q_{out}) + (W_{in} - W_{out})$

$\Delta E = (10) + (-5) = \boxed{5\ KJ}$

* expanded تمدد Wout → +(Ve)

*Compression ضغط Win → -(Ve)

Scanned with CamScanner

▸ Subject : Chapter 3, «اهم نقاطي» / /

* CH3. properties of pure substances

* **pure substance:** a substance that has a homogeneous (متجانسة) and invariable chemical composition مادة من نفس العناصر والتركيب الكيميائي

⇒ Example of pure substance

- liquid water
- liquid water + water vapor (mixture)
- liquid water + ice (mixture)

كلهم يعتبروا pur substance لانهم من نفس المادة

Note

A mixture of liquid and gaseous water is a pure substance. but a mixture of liquid and goseous air is not pure substance

Nitrogen, oxygen ← ... mixture ليش هاي ... ؟

gas ... وهيك فتركيبها ثابت

⇒ pure substance phases :-

- liquid
- solid
- gas

* Substance phases depend on temperture and pressure

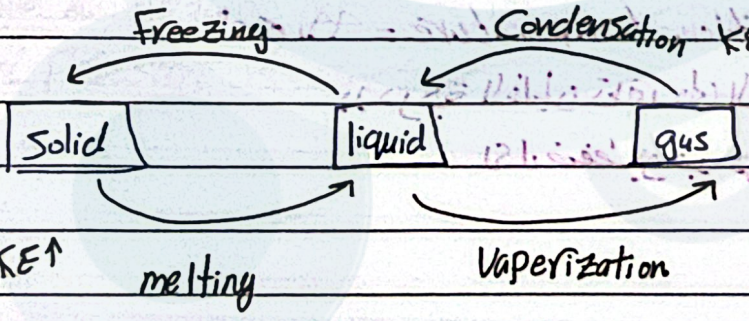
الحالة تعتمد على درجة الحرارة T والضغط P

* phase may differ within the principal phase

ممكن نفس المادة اخذ اكثر من تركيب كيميائي بنفس الحالة مثل :-

الكربون ← graphite
diamond ←

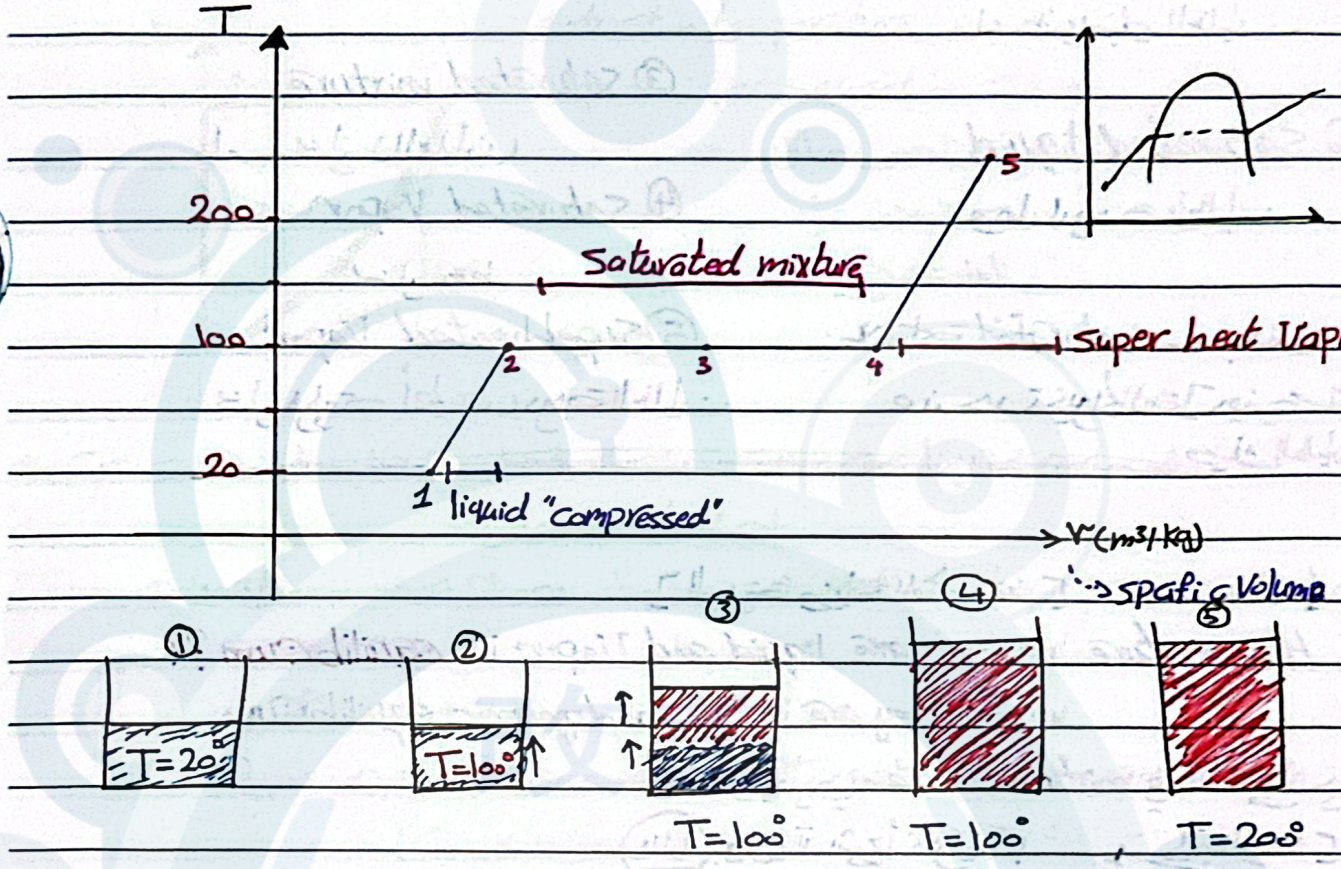
كلها صلب لكن تركيب مختلف



Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

Phase change process of pur substance: "constant pressure"



① في الحالة الأولى المياه في الحالة السائلة في درجة حرارة متوسطة liquid Comperessed

② نرفع درجة الحرارة إلى 100° ويبدأ الماء بالغليان ومع الوقت يزداد الحجم (يرتفع المكبس) نتيجة تحول الماء من سائل إلى غاز

③ في المراحل 2→4، 2→4 يكون ما داخل الوعاء خليط من البخار والماء السائل وتعرف هذه المرحلة بـ Satarated mixture

④ عند النقطة 4 يكون قد تحول الماء بالكامل إلى غاز

⑤ وعند رفع درجة الحرارة أكثر ندخل في مرحلة الـ Super heat Vaper

Note:

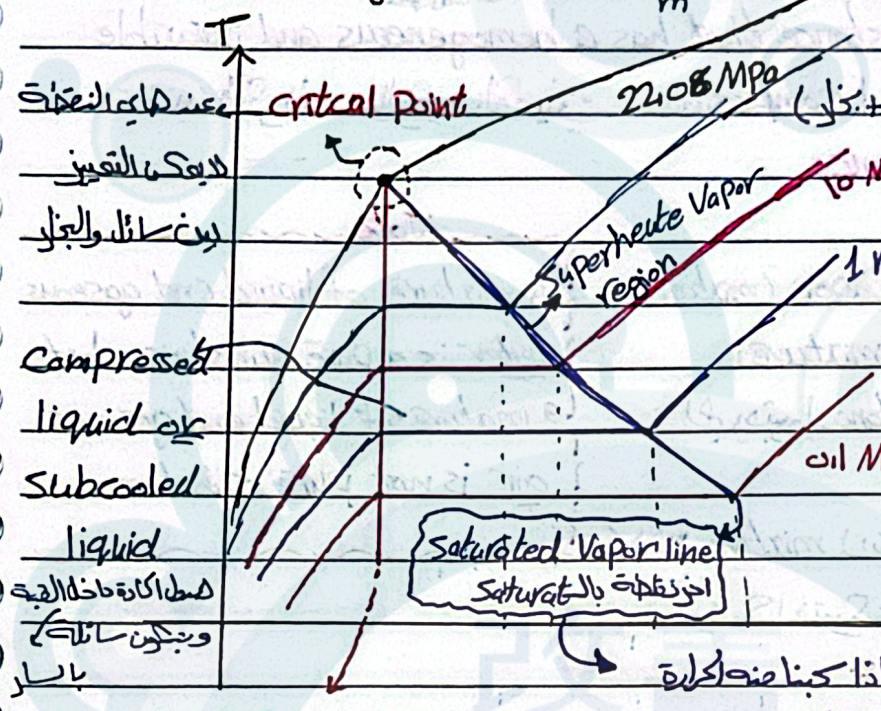
* While temperature increases Volume, increases, Teemprature ↑, V ↑ and Pressure is constent

Scanned with CamScanner

Subject :

properties of Phase-Change processes

the (T.V) diagram → $v = \frac{V}{m} = m^3/kg$,



طبعاً الشكل في بيئة هذا الشكل يعني "Saturation Dome"

داخل هذه القبة يكون العادة خليط (سائل + بخار) ← saturated mixture

عند هاي النقطة لا يمكن التمييز بين سائل والبخار

* مع ازدياد الضغط ترتفع درجة الغليان وتقل الـ saturated mixture Phase

* $P_{cr} = 22.06$ MPa

* $T_{cr} = 373.95\,C^\circ$

* العادة نعرف بخار بالكامل بالكبر إذا كبنا عند الحرارة (بودناه) سيبدأ يتكثف نسميه Saturated Vapor

saturated liquid line: الخط اللي بجمع النقاط اللي يبدأ عندها الـ Saturation، العادة سائل لأنه جاهز للغليان، وهو بداية الغليان.

PVT terminology

* Saturation temperature: temperature at a specific pressure (saturation pressure)

* Saturation temperature درجة الحرارة اللي يبدأ عندها الغليان عند ضغط معين

* Saturation pressure الضغط اللي يحدث عنده التبخر عند درجة حرارة معينة

// Example

Water at 99.6 C° → Satartion pressure = 0.1 MPa

Water at 0.1 MPa → Satartion temperature = 99.6 C°

((درجة الغليان تعتمد على الضغط))

لكل ضغط يوجد درجة غليان معينة.

Scanned with CamScanner

Subject : / /

* اعادة * مراحل تسخين الماء :-

① Compressed liquid:
ماء عادي قبل الغليان

② Saturated liquid
وصل لدرجة الغليان

③ Saturated mixture
ماء + بخار (الغليان)

④ Saturated Vapor
بخار فقط ,

⑤ Superheated Vapor
بخار درجة حرارته أعلى من درجة الغليان.

* Saturated بمعنى :
عند حد تغير الحالة في سائل على وشك الغليان حالياً

note
الحرارة وزيادة الضغط فقط

In the mixture region, are liquid and Vapor in equilibrium ??
*yes. they are in thermodynamic equilibrium
السائل والبخار في منطقة الـ mixture في حالة إتزان حراري

هالوا بيدرسوا تشيز أكو لقدام (معلوف)

2) Quality → mixture كم نسبة البخار الموجودة في

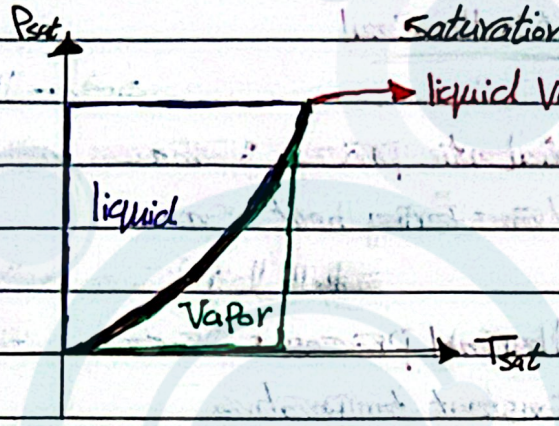
$x = \frac{m_{vapor}}{m_{total}}$ → كتلة البخار
الكتلة الكلية (سائل + بخار)

→ x قيم حالات : ① $x = 0$, So that is ((Saturated liquid))
② $x = 1$, ((Saturated Vapor))
③ $0 < X < 1$, ((saturated mixture))

3) In Saturated mixture region, temperature and pressure are dependent properties.

▸ Subject : / /

* liquid Vapor Saturation curve : relation between Saturation pressure and saturation temperature



liquid Vapor Saturation Curve

* فوق العنق سائل
* تحت العنق غاز
* العلاقة طردية

* Critical Point : the point where the saturated liquid and saturated vapor become identical

① في حالة الـ saturation mixture Phase لا توجد لدينا critical behavior

② لكل مادة critical point خاصة بها

for each substance :-

Pcr : Critical pressure ⋮ = 22.06 MPa

Tcr : Critical temperature ⋮ = 373.95 c°

Vcr : Critical specific volume ⋮ = 0.00315 m³/kg

* الأرقام تختلف حسب المادة
أي مكتوب لحالة (water)

③ الكائنات المائية والسائلة مستحيل يتواجدوا سوا بـ critical behavior بإما سائل أو غاز

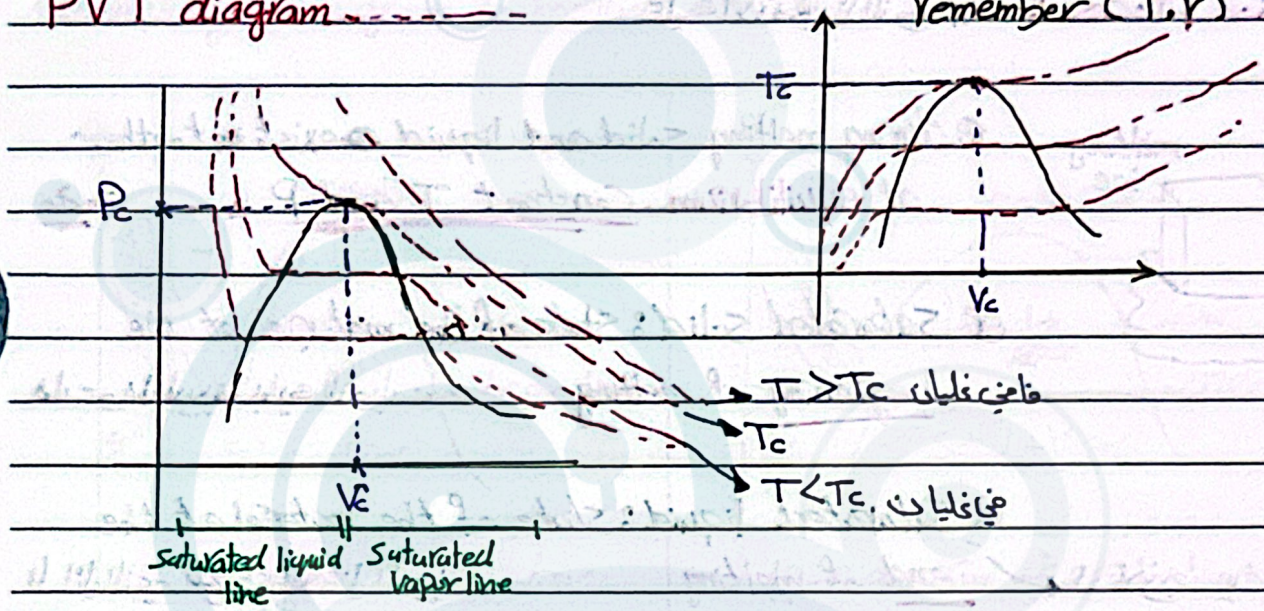
④ الحالة عند saturated pressure ← T > Tsat superheat Vapor

T < Tsat compressed بـ ← Vapor «subcooled»

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

PVT diagram



Terminology review :-

- **Saturation temperature (T_{set}):** the temperature at which the phase change takes place. It's function of pressure. هي درجة الحرارة التي تحدث عندها تغير الحالة درجة حرارة التشبع تعتمد على الضغط أي $T_{set} = f(P)$ كل ضغط له درجة غليان وقلته
- **Saturation pressure (P_{set}):** the pressure at which phase change takes place. It's function of temperature. $P_{set} = f(T)$
- **Saturated liquid:** liquid that is about to vaporize ⇒ at the first of Vaporization سائل قريب جدًا من الغليان أي وصل درجة الغليان لكنه لم يبدأ التبخر بعد
- **Saturated Vapor:** Vapor that is about to condense ⇒ at the end of Vaporization. بخار قريب من التكثف، أي لو نقص حرارة قليلًا سيتحول الى سائل
- **latent heat of Vaporization:** the amount of energy absorbed during Vaporization
  * Which is equal to energy released while condensation

State (1) Saturated liquid —heat→ State (2) Saturated Vapor

هي كمية الحرارة اللازمة لتحويل السائل الى بخار، الطاقة التي يحتاجها التبخر = الطاقة التي يحتاجها التكثف

- **latent heat of fusion:** the amount of heat absorbed during melting
  * equal the energy released by freezing

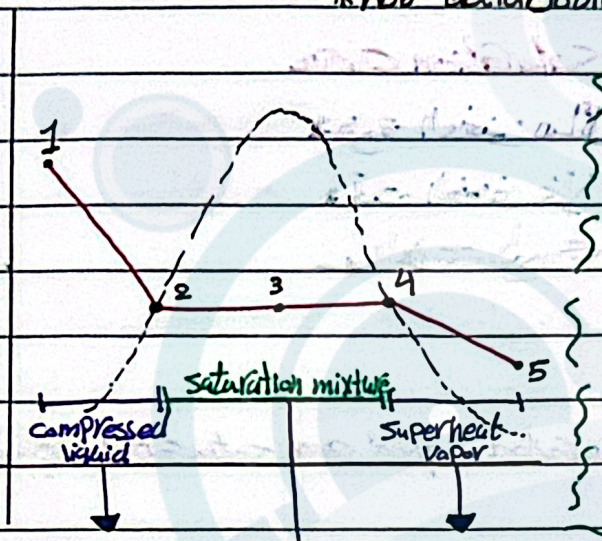
هي كمية الحرارة اللازمة لتحويل الصلب الى سائل
الطاقة التي يمتصها الذوبان = الطاقة التي يطلقها التجمد

Scanned with CamScanner

Subject : ..... / /

The (P.v) diagram "constant temperature"

*not adiabatic but isotheremal



adiabatic process : Process with out transferring heat or mass

عملية لا يحدث فيها إنتقال الحرارة

isothermal process : process with constant temperature

ممكن يوجد إنتقال الحرارة لكن الحرارة نفسها لا تتغير

سائل لم يصل لمرحلة الغليان

بخار حرارته أعلى من درجة الغليان

liquid+Vapor

* ذهني رسمات (T.V) لكن الفرق بين كل حالة والثانية أنه عم نقلل الضغط وبذلك بشتغل الغليان مع درجة حرارة ثابتة.

* الكفء الأكبر في الراحة :- بقاء درجة الحرارة الثابتة (isotherm)

* عند الـ temperature : critical

P > Psat compressed liquid

P < Psat superheat liquid

لأن الضغط العالي يمنع البخار

لأن الضغط قليل فيسمح للمادة أن تكون بخار

* الفكرة الفيزيائية :- حتى يصبح السائل بخار نحتاج :- ① حرارة عالية ② ضغط منخفض

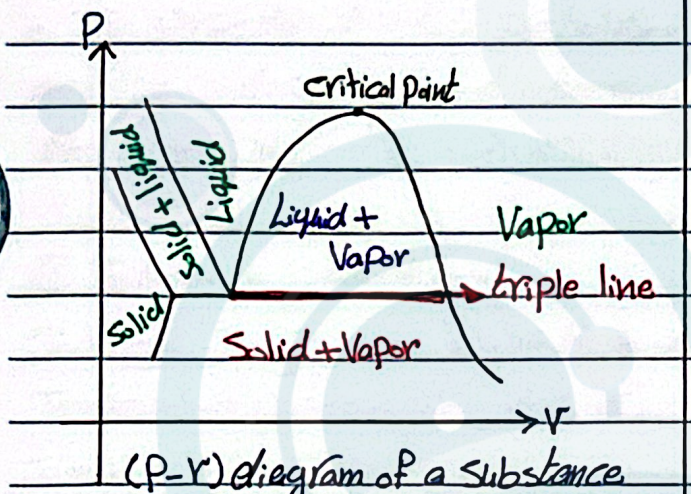
* Superheat Vapor ← زيادة الحرارة، تقليل الضغط

SIGMA NOTEBOOK

Scanned with CamScanner

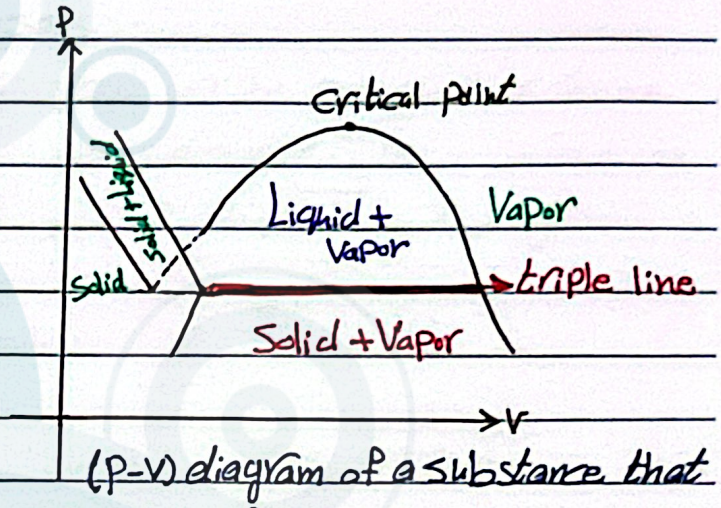
▸ Subject : ..... / /

Extending the diagrams to include the Solid Phase



(P-V) diagram of a substance that contracts on freezing

[لمعظم المواد تتجمد ← تتجمد وهي بتنكمش]



(P-V) diagram of a substance that expands on freezing

[لمعظم المواد تتجمد ← تتجمد وهي بتنكمش مثل: Water]

* المواد العادية لما تتجمد بتنكمش بس الماء لما يتجمد بيكبر (الثلج يقعد).

* Triple Line :- يمثل الخط الذي يشمل جميع الحالات حالات المادة (Solid, Liquid + gas) معًا

* العلم انهم كلهم بيكونوا في حالة توازن equilibrium

* قيمة P, T في for water كل ice triple Point

$P_{tp} = 0.61\ kPa$

$T_{tp} = 0.01\ C^\circ$

عند هاي النقطة بالضبط المادة تكون صلب + سائل + بخار بنفس الوقت

* Unusual behaviours *

during melting most substances specific volume increases

Except water, the specific volume become smaller

* Sublimation التسامي *

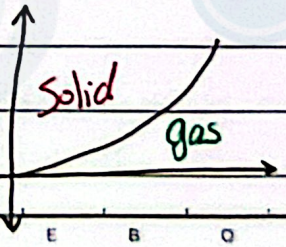
→ When heating under low pressure we called that the sublimation

Solid → gas

Without passing into liquid phase

لما نسخن مادة تحت ضغط منخفض نسمي عملية التسامي



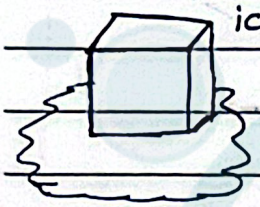


Such as: Dry Ice هو ثاني أكسيد الكربون الصلب

أو ما يتركوه ما بينوب بيطلع غاز مباشرة (دخان)

Subject : / /

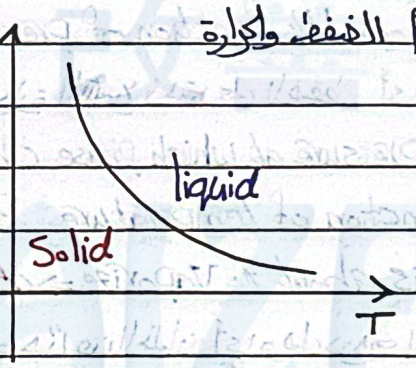
Fusion Process :- عملية الانصهار او الذوبان



⊛ during melting solid and liquid exist together at equilibrium. Constant T and P ← ثابتة

⊛ Saturated Solid : State of the material at the beginning of melting حالة المادة عند بداية الذوبان

⊛ Saturated liquid : State of the material at the end of melting ← لا تتواجد بين هذه الحالة وبين الموجودة بـ Vaporization



⊛ علاقة عكسية بين الضغط والحرارة $P \propto \frac{1}{T}$ في الـ melting

Scanned with CamScanner

Subject : / /

* المواد اللي كتير متغيرات وكل بتأثر على بعض فنحتاج معادلات كتير عشان نحسب واحدة بس لذلك لجأنا إلى الجداول ← هي عبارة عن حلول لمعادلات معقدة بتعبر عن الخواص

→ property tables

→ The Priciple of state postulation says :-

any two independent and intensive property will be enough to determine the other properties. في أي خاصيتين intensive و independent سيعتمد باقي خواص المادة

في الحالة الواحد دراستها ← الوقت بيهم :-

① Intensive properties :-

ما يعتمد على كمية المادة ، يعني لو كبرت أو صغرت النظام

قيمتها ما بتغير مثل : Temperature, pressure

Specific Volum, Density (ρ)

② Extensive properties :-

بتعتمد على قيمة المادة ، لما زادت الكمية القيمة بتزيد

مثل : Volume, mass, Total Energy

③ Independent properties :-

عشان أحدد الحالة العادة بدي خاصيتين ما بعتمدوا على

↳ Pressure + Temperature

or

↳ Pressure + Specific Volume

بدون مثل :

note :- إذا كنت في Saturation region بكون

(T و P) مرتبطين ببعض يعني لو قلت P = 100 kPa هون عنى على طول ثابتة يعني صار

100 kPa الحرارة = 100°C ، إذا واحدة بتحدد الثانية T = ??

تلقائيًا مش independent

* Note for enthalpy :-

→ U, P, V are state function then h, is state function also

state function لأنها ←

* يعني بتعتمد على البداية والنهاية

ولا بتعتمد على المسار « Path »

→ Enthalpy property - Compination property

: ← the combination of internel energy and flow energy

U : internal energy

الطاقة داخل المادة نفسها

P.V : flow energy

الطاقة اللازمة لدفع المادة داخل / خارج النظام

$H = U + PV$ ← $h = u + pv$

: ← 'enthalpy' the per Unit of mass : ← Unit is KJ/kg

Unit is KJ

التحويل بين h ← H نضرب بالكتلة

Scanned with CamScanner

Subject : ..... / /

→ Tables that would be used :-

1. A-4, dependent on T_{sat} (for saturated mixture region)
   يعتمد على الـ Temperature والمعطى هو الـ saturated حالة الـ
2. A-5, dependent on P_{sat} (for saturated mixture region)
   حالة الـ saturated والمعطى هو الـ Pressure الحاجة فقط
3. A-6, superheated Vapor "water"
4. A-7, compressed liquid "water"

→ Saturated liquid and saturated Vapor

thermodynamics tabls contain جداول محتويات
- 1. Temperature
- 2. pressure
- 3. Volume
- 4. enthalpy
- 5. internal energy
- 6. entropy

table A-4 and A-5 the same idea

But A-4 the properties are organised according to temperature

A-5 " " " " " " pressure

Scanned with CamScanner

▸ Subject : ..... / /

* توضيح الترتيب في الجدول *

① temperature , ② peressure , ③ Volume , ④ internal energy , ⑤ enthalpy , ⑥ entropy

temperature ← أول عامود درجات الحرارة بالترتيب
peressure ← تاني عامود يمثل الضغط في حالة التشبع
Volume ← Specific Volume الـ ... فيما يتبع Vf , Vg
internal energy ← internal energy for ... uf , ug , ufg
enthalpy ← enthalpy في الحالات ... hf , hg , hfg
entropy ← entropy for ... sf , sg , sfg

* توضيح *

Saturation liquid ← حالة تكون الـ ... ← Xf
Saturation Vapor ← " " ← Xg
Xg , Xf الفرق بين ... Xg − Xf = Xfg ← Xfg

Example

// A rigid tank contains 50 kg. of saturated water at 90°. determin :-
① Pressure
② Volume

⊛ نظرات نخدها من السؤال :-
① الحجم ثابت ← rigid tank
② saturated water
← يعني اعمل جدول A-5 or A-4
③ اعطاك الحرارة دالب الضغط
← يعني جدول [A-4]

Solution :-

① $P = P_{sat}|_{t=90} = 70.183 \text{ Kpa}$

② ما بتقدر تطلع الـ Volume من الجدول لكن بتطلع الـ Specific Volume liquid (Vf)

$V_f|_{t=90} = 0.001036$

ونفي بها بالكتلة

$V = m.v = (50)(0.001036)$

$\Rightarrow V = 0.0518 \text{ m}^3$

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

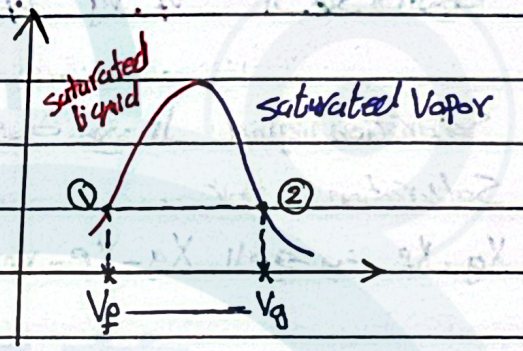
Example(2) :- a mass of 200g of saturated liquid is totally vaporized at a constant pressure of 100 Kpa, determin:-

① the Volume change

② the amount of energy added to the water

A-5 ... constant pressure * يعني بضل ماسك ... يعني بضل

Saturated Vapor ... Saturated liquid ... totally Vaporized *



① find Volume change so find sperific from 1 → 2

Volume for water at P=100kpa for V_f and V_g

$V_f|_{P=100} = 0.001043$ $V_g|_{P=100} = 1.6941$ $200g \rightarrow 200 \times 10^{-3} kg$

$= 0.2 kg$

$\Delta V = m \cdot \Delta r = (0.2) \cdot (1.6941 - 0.001043) = 0.3386\ m^3$

$E = m(h_{gf})$

② the needed energy to vaporize at a constant pressure is enthalpy

then form the table $h_{gf}|_{P=100\ set} = 2257.5\ KJ/kg$

$H = (0.2)(2257.5) = 451.5\ KJ$ mass ... H ... *

=

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

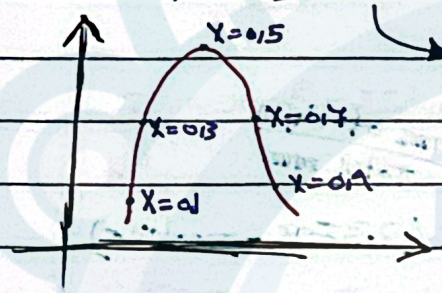
▸ Saturated liquid-Vapor mixture

∴ remember

> State Postulate : state of a simple system which is specific with two independent and intensive properties

* يعني لازم لنزين نظام معين بس خاصيتين مالهم دخل ببعض ولا لازم دخل بالكتلة.
لذلك الضغط والحرارة يعتبروا خاصيتين وحدة بدون عن نستدل على واحد من الآخر
ولكل بقا؟؟ خاصية تسمى الـ "X" quality

$$\therefore X = \frac{m_{vapor}}{m_{total}} \quad , \quad m_{tot} = m_{liquid} + m_{vapor} = m_f + m_g$$



* نسبة البخار الكتلة الكلية لتقدير الـ Phase في الـ mixture

* Saturated Vapor , $X = 1$
Saturated liquid , $X = 0$
mixture , Vapor and liquid , $0 < X < 1$

* كيف نوجد بناهم ؟؟ ← معادلات حتى الـ quality :-

$$V_T = V_f + X V_{fg}$$
$$U_T = U_f + X U_{fg}$$
$$h_T = h_f + X h_{fg}$$

mixture could be represented as → liquid / gas

then $V_T = V_f + V_g =$

$$m_T v_T = m_f v_f + m_g v_g$$
$$m_T = m_f + m_g$$
$$= V_f (m_T - m_g) + m_g V_g$$

$X = \frac{m_g}{m_T} \rightarrow m_g = X m_T \cdot m_T = \frac{m_g}{X}$

m_T ÷ كل شي

$$\frac{V_T}{m_T} = V_f \left(\frac{m_T}{m_T} - \frac{m_g}{m_T} \right) + \frac{m_g}{m_T} V_g$$

$$V_f = V_f (1 - X) + X V_g$$
$$V_{fg} = V_g - V_f$$
$$V_T = (V_f - X V_f + X V_g) + V_f$$
$$\therefore V_T = V_f + X V_{fg}$$

Scanned with CamScanner

Subject : / /

Example : A rigid tank contains 10 kg. of water at 90 c°. if 8 kg of water is in the liquid and 2 kg is gas. then find:-
① Pressure ② Volume of the tank

A-4

[1] $P = P_{sat}\Big|_{t=90} = 70.183\ kPa$

[2] $V_T = V_{vap} + V_{liq} = V_g \cdot m + V_f \cdot m$ at $t = 90c°$ ← from the table A-4

$= (2.3593)(2) + (0.001036)(8) = 4.727$

$V_T = m_T \cdot V_T =$

$(10)(4.727) = 47.27\ m^3$

another method طريقة ثانية

$V = V_f + x V_{fg}$ ← x = mass of Vapor / total mass

$= (0.001036) + \left(\frac{2}{10}\right)(2.3593 - 0.001036)$

$= 0.4728$

note: في Example(2) عندي enthalpy معي بستخدم ؟ internal energy

* بستخدم h إذا:-
① Constant pressure
② flow system [مثل التوربين والضاغط]
③ Phase change في [عند ضغط ثابت]

* Saturated liquid ⟹ saturated Vapor

* حالة mixture + Properties ← في Constant Pressure يعني عملية تبخير عند

$h_{fg} = h_g - h_f$ [latent heat of Vaporization ← هذا الفرق حرارة]

④ عند [Vaporization / boiling]

* عند التبخير الشغل داخل تعدد نتجير الطاقة:

$E = m\Delta u$ بدل $E = m\Delta h$

SIGMA NOTEBOOK

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

How do I Know if the substance in the saturation region or not??

1- By Keywords

- saturated mixture
- saturated liquid / Vapor
- When the last molecule Vaporize → Saturated Vapor
- " " " " " Condense → " " liquid
- Water has been heated till it started to Vaporize → Saturated mixture (بدأ بالغليان)

2- (P & T.) given

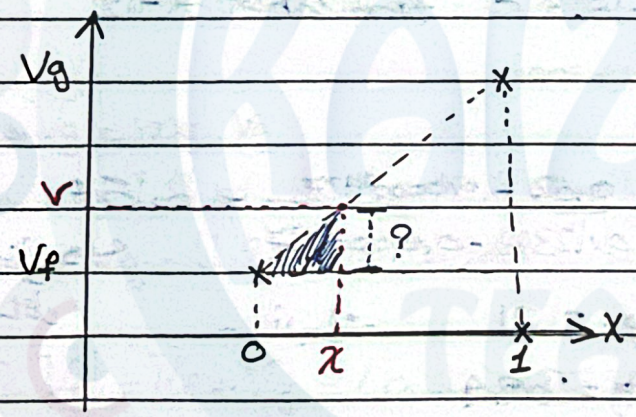
- $P = P_{sat}$, $T = T_{sat}$ ---> then the mixture in saturated

3- specific Volume

- $V_f < V < V_g$ ----> saturated mixture

another sense of the quality

[زيادة فقط]



$$\frac{V - V_f}{V_g - V_f} = \frac{x - 0}{1 - 0} = X$$

$$\therefore V = V_f + X(V_g - V_f)$$

Scanned with CamScanner

Subject : Example

Constant Volume

/// an 80-L vessel contains 4kg of refrigerant-134a (R-134a) at a pressure 160kPa determine :-

a) the temperature

b) the quality

c) the enthalpy

d) the Volume occupied by the Volume phase

حجم البخار

* We will Use table A-12, because we are Using another substance, rather then water, which is (R-134a)

* First: Check the phase of the mixture (أولاً نفحص بأي حالة)

$$v = \frac{V}{m} = \frac{0.08}{4}\ \frac{m^3}{kg} = 0.02\ m^3/kg$$

↳ بنقارنها مع جدول التشبع عند $P = 160$

$v_f = 0.0007437$

$v_g = 0.12348$

$v_f < v < v_g$ so → mixture ∴ [saturated mixture] Phase.

Solutions:- ① $T = T_{sat}$

↳ $T|_{P=160kPa} = -15.6\ C^\circ$ from table A-12

② $x = ??$ $\quad v = v_f + (v_g - v_f)x$

$$x = \frac{v - v_f}{v_g - v_f} = \frac{0.02 - 0.0007437}{0.12348 - 0.0007437} = 0.157$$

↳ بخار 15.7٪

سائل 84.3٪

③ $h = ??$ $\quad h = h_f + x(h_{fg})$ $\quad h_f = 31.21$ من الجدول

$h = 31.21 + (0.157 * 209.9)$ $\quad h_{fg} = 209.9$

$h = 64.2\ kJ/kg$

④ حجم البخار ← V_g $\quad V_g = m_g v_g$ $\quad m_g = x \cdot m = (0.157)(4) = 0.628\ kg$

$v_g = 0.12348$

$V_g = (0.628)(0.12348) = 0.0775\ m^3$

(1000 لتر) $m^3 \rightarrow L$ من

(1000 لتر) $L \rightarrow m^3$ من

$[1\ m^3 = 1000\ L]$ $\quad L \leftarrow m^3$ تحويل من

$0.0775 * 1000 = 77.5\ L$

Scanned with CamScanner

▸ Subject : Example

/// a Vessel with a Volume of ($0.4\ m^3$) contains (2kg) of liquid water and water Vapor (in equilibrium) pressure (0.6 MPa). find:-

(equilibrium → mixture) يعني الوا الاخوت انها كالة

1. Temperature
2. Volume and mass of liquid phase
3. " " " " Vapor phase

Solution:-

① $T = T_{sat}\big|_{P=600KPa}$ → $T = 158.83\ C^\circ$

note → in water table A-5

the Unit P → Kpa

So → 1 MPa = 1000 Kpa

$0.6 * 1000 = 600 KPa$

② $V_p = m_f . v_f$ → table ⑤ $V_f = 0.001101$

$m_f = (1 - x) m_T$

$x = \frac{V - V_f}{V_g - V_f}$ → $V = \frac{V}{m} = \frac{0.4}{2} = 0.2\ m^3$

$x = \frac{0.2 - 0.001101}{0.31560 - 0.001101} = 0.632$

* $m_f = (1 - 0.632)(2)$

$m_f = 0.735\ kg$

* $V_f = m_f . v_f$

$(0.735)(0.001101) = 8.12 m^3 \rightarrow 0.812\ L$

*لو طلب تحولها من m^3 ← L بنضرب بـ 1000

③ $V_g = m_g . v_g$

$m_g = x m \rightarrow (0.632)(2) = 1.264\ Kg$

$V_g = (1.264)(0.31560) = 0.399\ m^3 \rightarrow 399\ L$

④ $V_T = V_f + V_g = (0.812) + (399) = 399.812\ L$

Scanned with CamScanner

▸ Subject : .....

Remark المعادلات

	mass	Volume
① $v = \frac{V}{m}$	④ $m_g = x \cdot m$	⑥ $V = m.v$
② $x = \frac{m_g}{m_T}$	⑤ $m_f = (1-x)m$	⑦ $V_g = m_g v_g$
③ $m_T = m_f + m_g$		⑧ $V_f = m_f v_f$

* $V = v_f + x(v_g - v_f)$

* $h = h_f + x(h_g - h_f)$ ← $h = h_f + x h_{fg}$

* $u = u_f + x(u_g - u_f)$

* اهم اشي بين اجي اعرف نوع الحالة باستخدم ← $v = \frac{V}{m}$

وبعدها بقارن بين v_g و v_f

$v_f < v < v_g$

*note $v_f < v_g$ [ج: اذا اكانت اصغر]

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

* How to determine the state substance ??

* كيف اعرف الحالة (state) بالمقارنة :-

⊛ For given "P" and "T"

for superheated data we use table [A-6] and for compressed [A-7]

→ Saturation temp عند الضغط المعطى

$P = P_{sat}$, Saturation region.

$P > P_{sat}$, compressed liquid.

$P < P_{sat}$, superheat Vapor

→ T_{sat} الحرارة المعطاة عند

⊛ for a given "v, P"

$T = T_{sat}$, Saturation region.

$T > T_{sat}$, superheat Vapor

$T < T_{sat}$, Subcooled liquid

$v_f < v < v_g$ → Saturated mixture

$v > v_g$ → Superheat Vapor

$v < v_f$ → Compressed liquid ⊛ → $h > h_g$ superheat Vapor

→ $h_f > h$, Compressed liquid

Example : determine the substance state of all the following

a) $T = 120\,^\circ C$, $P = 150\,kPa$

$T_{set}|_{P=150kPa} = 111\,^\circ C$ → $T > T_{set}$ Superheat Vapor

b) $P = 0.3\,MPa$, $v = 400\,cm^3/g \rightarrow v = 400 \times (10^{-2})^3\,m^3/g \rightarrow 4 \times 10^{-3}$ (g = kg)

$v_f = 0.001$ من الجدول $v = 0.4\,m^3/kg$ $400 \times 10^{-6} \div 10^{-3} = 400 \times 10^{-3}$

$v_g = 0.605$ $0.001 < 0.4 < 0.605$ → mixture saturated $400 \times 10^{-3} \div 10^{-3} = 0.4$

c) $T = 160\,C^\circ$, $v = 400\,cm^3/g$

$v_g|_{T=160} = 0.1$ $v = 0.4\,m^3/kg$

$v > v_g$ → Superheat Vapor

d) $T = 110\,C^\circ$, $P = 200\,kPa$ → $T_{set}|_{P=200} = 120\,C^\circ$ $T_{set} > T$

Compressed liquid

E) $T = 300\,C^\circ$, $v = 10\,cm^3/g$

$v_f = 0.001$ $v = 0.01\,m^3/kg$

$v > v_f$ mixture

Scanned with CamScanner

▸ Subject : ..... / /

Note In the absence of compressed liquid data, a general approximation is followed by treating compressed liquid as saturated liquid at given temperature

في حالة نقص المعلومات عن الـ compressed liquid نعتبر درجة الحرارة المعطاة هي الـ Saturation temp ونبحث بجدول [A-4]

Example

determin the internal energy for compressed liquid at 80°c and 5 MPa

by 1) Compressed liquid

2) saturated mixture

3) find the error between 1&2

P = 5 MPa → 1 MPa = 1000 KPa

P = 5000 KPa

* كيف بدي اعرف اذا ضغط المادة compressed liquid أو لا ؟

* نقارن الضغط المعطى مع ضغط التشبع عند نفس الحرارة

A-4 → $P_{sat}|_{t=8}$ = 47.39 KPa

5000 > 47.39

P > P_{sat}

Soi Compressed liquide

Solution :-

1) $u|_{\substack{P=5MPa \\ t=80}}$ = 333.82 KJ/Kg from table A-4

2) $u|_{t=80}$ = 334.97 From table A-4

3) error :- $\frac{334.97 - 333.82}{333.82}$ = 0.34%

→ 0.34% < 1% ✓

مقبول ...

error = $\frac{\text{exp Value} - \text{true Value}}{\text{true Value}}$

SIGMA NOTEBOOK

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

* Interpolation * ⇒ لما القيمة متى موجودة بالجدول نجيبها بين قيمتين

Example: determine Specific Volume of T=120°

T	v
50	14,867
100	17,196
150	19,513

* القانون :

$$\frac{120-100}{150-100} = \frac{x-17,196}{19,513-17,196}$$

$x = 18,12$

↳ Range لذا تكون قيمتها بين

19 , 17

/// determin of the water p=0.5MPa and h_g = 2890.1 KJ/kg

at P=0.5MPa saturated Vapor = 2748.1 KJ/kg

then h > hg , so it is superheat Vapor ??

given ↳

h > hg ⇒ superheat Vapor

P = 0.5 MPa

h = 2890.1

hg = 2748.1

T = ?

T	h
200	2855,8
250	2961

∴ h = 2890.1

① قارنت h و hg وعرفت انها superheat، وجدت بالجدول والمتناقضة وبعدين متى الـ interpolation

$$\frac{T-200}{250-200} = \frac{2890-2855,8}{2961-2855,8} = \frac{T-200}{50} = \frac{34,2}{105,2} \approx 0,325$$

$T-200 = (0,325)(50)$

$T-200 = 16,25$

$T = 216,25\ C°$

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

(Eos) + ideal gas

Eos, equation of state :

P, T and v, are related to each other, then it could be expressed in a function الحرارة + الضغط + الحجم النوعي مرتبطين ببعض بمتغير

نكتبهم بمعادلة

The simplest Eos is ideal gas equation of state.

⊛ Pretty accurate at low density (low pressure and high temperature)

وين بتزبط هاي المعادلة؟ لما الهواء يكون ضغط قليل وحرارة عالية

⊛ low density gas in regular conditions

كل ما قلت الكثافة في الظروف العادية:

air, nitrogen, oxiggen, hydrogen, helium, Argon

⊛ dense gases should not be treated as ideal

إذا الضغط عالي ما بينفع القانون

$$PV = RT$$

- P: absolute pressure
- T: " " temperature * the Unit "K" بالكلفن
- R: gas constant

⊛ $R = \frac{R_u}{M}$ الكتلة المولية

M: molecular mass

⊛ Varies from material to another

⊛ $R_u = 8.31447$ Constant for all gases

$PV = RT$

$\Rightarrow PV = mRT$

$PV = m\frac{R_u}{M}T$

$\Rightarrow PV = nR_uT$

$\frac{V}{n} = \frac{RT}{P}$

$\propto$ mass = mole number × molar mass

* For any two states:

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

$\propto PV = mRT$ إذا الكتلة ثابتة

$mR = nR_u = P$

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

$PV = RT$ * $v = \frac{V}{m}$

$\Rightarrow P\frac{V}{m} = RT$

$\boxed{Pv = mRT}$

$PV = m \cdot \frac{Ru}{M} T$ * $\frac{\text{mass}}{\text{molar mass}} = \text{mole number}$

$\boxed{PV = nRuT}$

* for any two states * Unit for pressur is "Pa"

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ * Unit for temperature is "K"

- إذا الحجم ثابت ← $\frac{P}{T}$
- إذا الحرارة ثابتة ← PV
- إذا الضغط ثابت ← $\frac{V}{T}$

Example :- the gage pressure for a car tire is 210 kpa befor the trip and 220 kpa after the trip, the atmospheric pressure is 95 kpa, assuming the Volume remains constant and the temperature befor the trip is 25°c, determine the temperature of the trip after :-

$P_1 = 210$ kPa

$P_2 = 220$ kPa

$P_{atm} = 95$ kPa

$t_1 = 25$ °c

$t_2 = ??$

① * نحول الضغط المقاس إلى مطلق absolute

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

befor ← $P_{abs} = 210 + 95 = 305$ kPa

after ← $P_{abs} = 220 + 95 = 315$ kPa

$\boxed{P_1 = 305 \text{ kPa} \quad P_2 = 315 \text{ kPa}}$

② نحول الحرارة كالتالي :-

$K = C° + 273.15$

$K = 25 + 273.15 = \boxed{298.15 K°}$

Sol :- Constant Volume

$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \rightarrow T_2 = \frac{P_2T_1}{P_1}$

* نحول لـ C°

$T_2 = \frac{315 * 298}{305} = 307.77 K° \rightarrow C° = K° - 273.15$ $\boxed{34.77 C°}$

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

* Compressibility factor

* بقيس قرب الغاز من انه يكون غاز مثالي

--> denoted by "Z"

$$Z = \frac{PV}{RT} \quad , \quad V_{ideal} = \frac{RT}{P}$$

[A-15]

* اذا كان ideal gas $Z = 1$ ①

real gas $Z \neq 1$ ②

$Z > 1$ تنافر عالي بين الجزيئات

$Z < 1$ تجاذب بين الجزيئات

* Principle of corresponding state

→ experimentally, it was found that (Z)s. for different gases are similar at the same reduced (temperature and pressure)

الغازات المختلفة تتصرف نفس التصرف إذا كان عندهم نفس [Pr, Tr]

Reduced temperature $T_r = \frac{T}{T_{cr}}$ ← T: gas temp, T_{cr}: critical temp

Reduced pressure $P_r = \frac{P}{P_{cr}}$ ← P: gas pressure, P_{cr}: critical pressure

* [table A-15] يسمى Z

"Compressibility chart" * عشان نطلع [Z]

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

Example :- Constant Volume

Water Vapor at 60 MPa and 690 C°, is contained in a rigid tank.

determine :- ① specific volume from table

② " " " from ideal gas law

③ find Z, and the error in Volved using ideal gas equation

P = 60 MPa

T = 690 C°

① v from the table Use [A-6] * Superheat

T	v
650	0.005591
700	0.006265

T=690 → ?? → P=60, T=690

$\frac{690-650}{700-650} = \frac{v-0.005591}{0.006265-0.005591}$ water

$\frac{4}{5} = \frac{v-0.005591}{0.000674}$ ⇒ $v = 0.000613$

② $v_{ideal} = \frac{RT}{P}$ → $K = C^\circ + 273$

$K = 690 + 273 = 963\ K^\circ$

$R = \frac{R_u}{M} = \frac{8.314}{18} = 0.4615$ كيلوجرام

$P = 60 * \frac{10^3}{10^{-3}} = 60 \times 10^3$

$P = 60000$

$v = \frac{(0.4615)*(963)}{60000}$

$v = 0.00741$

③ $Z = \frac{PV}{RT}$ or $Z = \frac{v_{actual}}{v_{ideal}} = \frac{0.000612}{0.00741} \approx 0.83$ → Ideal الغازات $Z < 1$

or

$T_r = \frac{T}{T_{cr}} = \frac{963}{647} \approx 1.5$

$P_r = \frac{P}{P_{cr}} = \frac{60}{22.06} \approx 2.7$

* $T_r = 1.5$ then from chart

* $P_r = 2.7$ [A-15]

$Z \approx 0.8$ الخط الأفقي P_r والعامودي T_r لنقطة

3-Part 2 :- $error = \frac{|v_{actual} - v_{ideal}|}{v_{ideal}} =$

$= \frac{0.000613 - 0.00741}{0.00741} \approx 0.17 \approx 17\%$

خطأ كبير جدا 20% تقريبا

SIGMA NOTEBOOK

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

* Chapter 5. : energy analysis of closed systems.

Moving Boundary work

Work caused by displacement of e piston

الشغل الناتج عن الإزاحة في الـ "piston" نتيجة التغيرات في الـ fluid من انكماش أو اتساع

* مثلاً: لزيادة إزاحة الـ fluid يؤدي إلى زيادة ds وبذلك يتسبب بزيادة F



* Remark :-

$$\delta W = F.ds = P.A.ds = P.dV$$

$$*F = PA* \qquad *Ads = dV*$$

Remember

P should be function of Volume $P = f(V)$

$$W_b = \int_{V_1}^{V_2} P.dV$$

① if W_b is (+)Ve then $W_b = W_{b(out)}$

Work done by the System on Surrounding

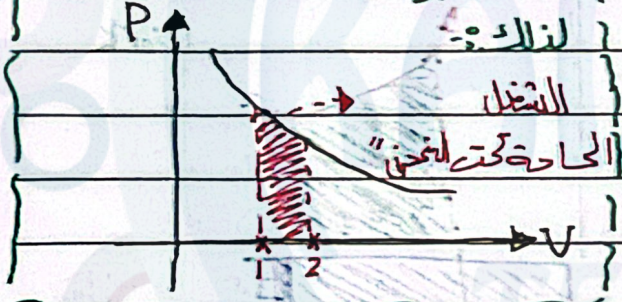
② if W_b is (-)Ve the $W_b = W_{b(in)}$

Work done on the system by the surrounding

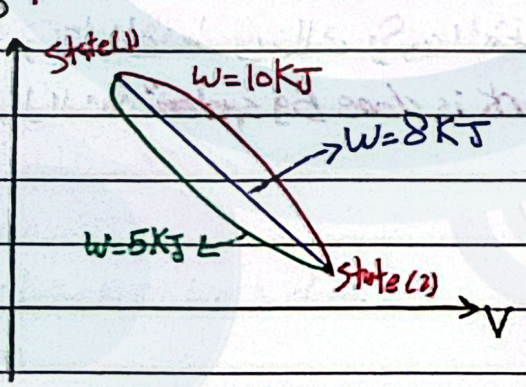
Remember (2)

التكامل كبارمتر المساحة تحت المنحنى

لذلك :- الشغل "المساحة تحت المنحنى"



* Work is e phath function * حيث يعتمد على العملي اللي بيوفيه الجسم الإنتقال من حالة إلى أخرى

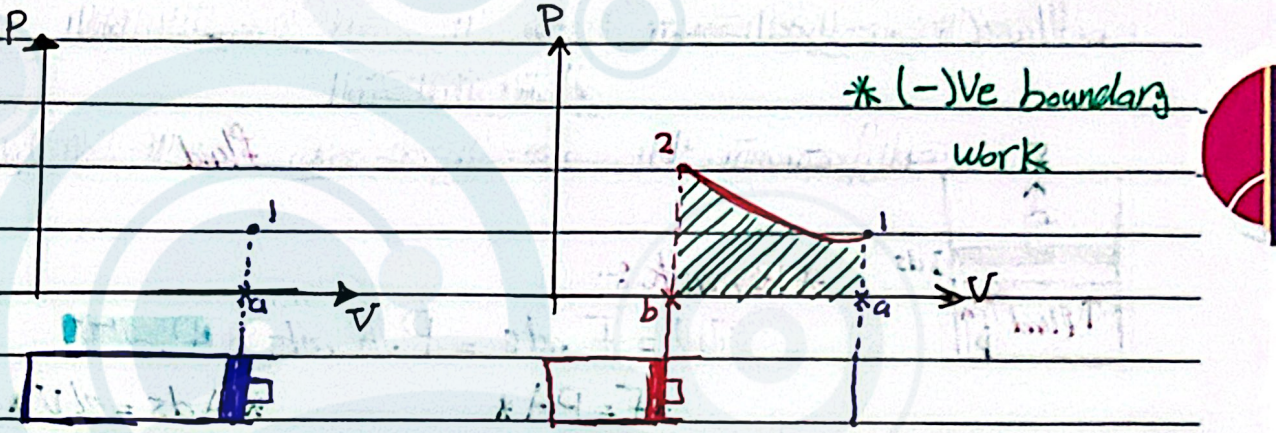


⇐ تباين القيم بسبب اختلاف المساحة تحت المنحنى بين كل "path"

▸ Subject : ..... / /

*Graphical representation of Comperesion and exPansion processes

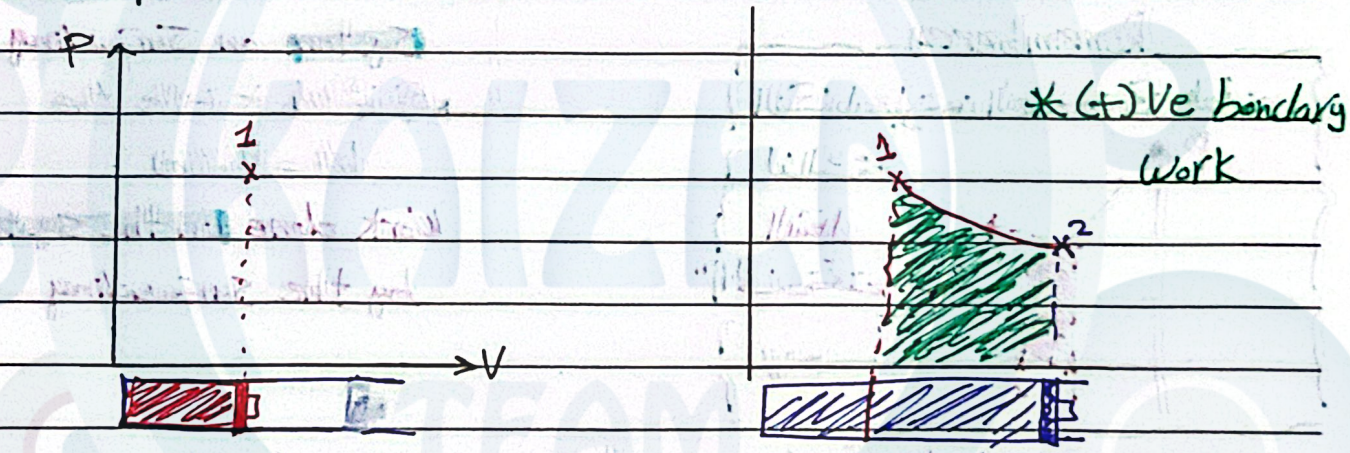
1. Comperesion (الانضغاط)



* (-)Ve boundary work

⊛ حيث الحجم ، ويزداد الضغط وبذلك يكون الشغل سالب القيمة اي ان الشغل بذل على النظام "Work is done on the system."

2. exPansion (تمدد)



* (+)Ve bondary work

⊛ الحجم يزداد ، وحيث الضغط وبذلك يكون الشغل موجب اي ان النظام هو الذي بذل الشغل "Work is done by system"

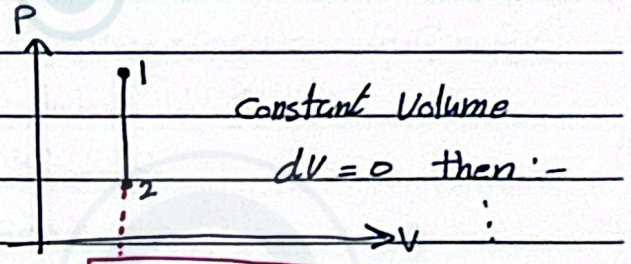
Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

→ Constant Volume

Example :- a rigid tank contains air at a 500 kpa and 150°C, then as a result of heat transfer to the surroundings, pressure and temperature inside the tank become 400 kpa with 65°C, determine the boundary work of the process :- [isochoric (isometric) proces

500 kPa	⟹	400 kPa
150 c°		65 c°
x m³		x m³
stat 1		stat 2



Constant Volume

$dV = 0$ then :-

$W = \int P dV = \text{zero}$

$V_1 = V_2$ → * No boundary work *

Example(2): A frictionless piston cylinder device contains 10 kg of water vapor at 400 kpa, and 160 C°, heat is transfered to the steam unit the temperature reaches 200c°. If the piston is not attached to a shaft and its mass is constant, Determine work done by the the system during the process :- [isobaric process]

m = 10 kg	→	m = 10 kg
P = 400 kp		P = 400 kp
T = 160		T = 200c°
stat(1)		stat(2)

Stat(1) and (2) are superheated

$T|_{\text{in stat(1),(2)}} > T_{sat}|_{P=400}$

Sol :-

$$W = \int_1^2 P dV = P \int_1^2 dV = P(V_2 - V_1)$$

→ Constant pressure process

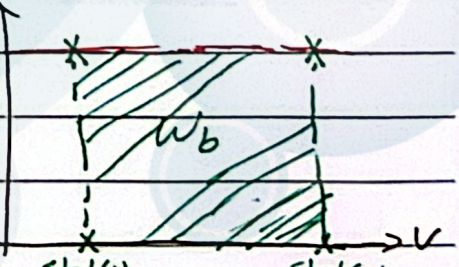
$V = mv$

$$W = m \cdot P (v_2 - v_1)$$

$$W = (10)(400)[0.53 - 0.48]$$

$$W = 203.08 \text{ KJ}$$

↳ Work is positive, then work done by the system.



table[A-6]

Scanned with CamScanner

▶ Subject : / /

Thermodynamic Processes

isobaric processes	isothermal Process	isochoric (isometric)	Polytropic
Constant pressure	Constant temperature	Constant specific Volume	relation :-
$P_1 = P_2$	$T_1 = T_2$	$v_1 = v_2$	$P_1 V_1^n = P_2 V_2^n$

* isochoric (isometric) ← في تجربة الحالة الأولى
no boundary $v_1 = v_2$ قبل وبعد التجربة
$W_b = zero$

* isobaric ← في تجربة الحالة الثانية ، $W_b = P \int dV \rightarrow W_b = P \Delta V$

* Polytropic processes :- $PV^n = Constant$

$PV^n = C$ ①

So: $W_b = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-n}$ OR

$n \neq 1$

$PV = mRT$ :: ideal gas ← في حالة الـ (*)

$W_b = \frac{mR(T_2 - T_1)}{1-n}$

$\rightarrow P_V = C \rightarrow P = \frac{C}{V}$

$W_b = \int P dV = \int \frac{C}{V} dV$ isothermal process ← لو (n) تساوي (1) في حالة "Constant temperature"

$W_b = C \int \frac{1}{V} dV$

②

$W_b = C \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ * isothermal polytropic

$n = 1$

$W_b = PV \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ * ideal gas ← في حالة الـ

Scanned with CamScanner

▸ Subject : ..... / /

Example :- A Piston-cylinder device initially contains (0.4 m^3) of air at (100 kPa) and (80 C°). The air now is compressed to (0.1 m^3) in such a way temperature remains constant, determine :-

Work done by the system

⇒ ideal gas + Constant temperature ⇒ isothermal Polytropic

$n = 1$

$W_b = C \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ → ① $= P_1 V_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

حسب السؤال نختار الحل المناسب

$V_2 = 0.1\ m^3$ $P = 100\ kPa$

$V_1 = 0.4\ m^3$

→ ② $= P_2 V_2 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

→ ③ $= mRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

→ ④ $= P_1 V_1 * \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$

① $W_b = P_1 V_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

$W_b = (100)(0.4)\left(\frac{0.1}{0.4}\right)$

→ $W_b = -55.5\ KJ$

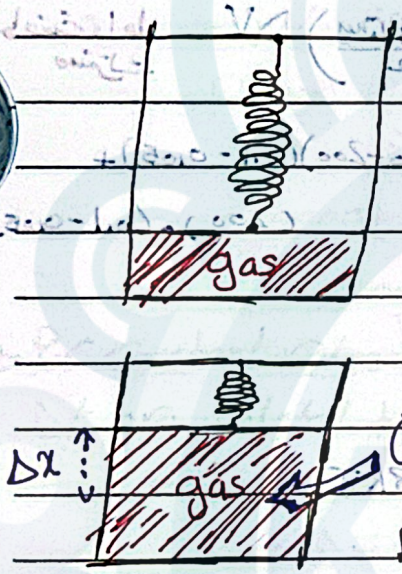
or $W_b = 55.5\ KJ$ done on system

↳ $W_{in} = -(ve)$

Scanned with CamScanner

▸ Subject : Example

// A Piston cylinder device contains 0.05 m^3 of gas initially at 200 kpa at this state a linear spring that has a spring constant of 150 KN/m is touching the piston but exerting no force on it. Now heat is transfered to the gas, causing the piston to rise and to compress the spring until the volume doubles, if the cross sectional area of the piston is (0.25 m^2), determine :- (A) the final pressure
(B) the total work done by the gas
(C) the fraction of the work



$V_1 = 0.05\ m^3$ $P_1 = 200 kpa$ $K = 150\ kN/m$

$V_2 = 2V_1 = 0.1\ m^3$ $P_2 = ??$ $A = 0.25\ m^2$

* عندي زنبرك موجود بـ piston وفي وقت الواحد أدهن ذا بيزيد اي ضغط .. ثم يتم إضافة حرارة إلى ان يتم ازدياد الحجم إلى الضعف

(A) $P_2 = P_{spring} + P_1$

Final pressure ← ... → initial pressure

$P_2 = F/A + P_1 =$

$P_2 = \frac{K\Delta X}{A} + P_1$

$P_2 = \frac{K[\Delta V/A]}{A} + P_1$

$P_2 = \frac{K\Delta V}{A^2} + P_1$

$P_2 = \frac{150[0.1 - 0.05]}{(0.25)^2} + 200 = 320\ kPa$

* Remark *

$F = KX$ (KN)

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

$F = PA$

$KX = PA \rightarrow KX = F$

$V = A \times X$

$\Delta V = A\Delta X$

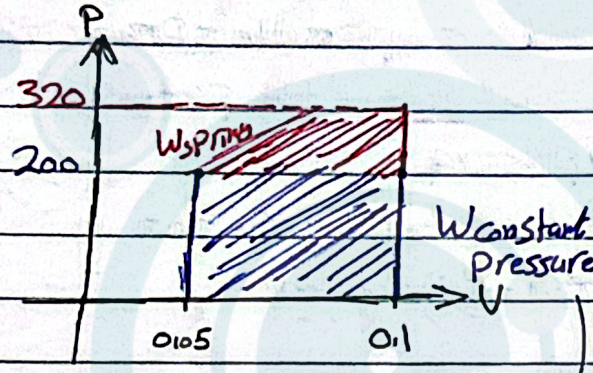
$\Delta X = \frac{\Delta V}{A}$

Scanned with CamScanner

Subject :

(B) Total Work :- "With a spring. Pressure increases gradually from P_1 to P_2"

→ P_2 and ΔV in linear relation



$W_b = W_{b\ spring} + W_{b\ constant\ Pressure}$

$W_b = \frac{1}{2} P_{spring} \Delta V + P_1 \Delta V$

$W = \left(P_1 + \frac{P_{spring}}{2}\right) \Delta V$ لو خدت عامل مشترك

كل ما الضغط ثابت لنا لازم نشوف ما التحرك

ضغط ثابت ← مستطيل

ضغط يزيد خطيًا ← مثلث

Trapezoid = شبه منحرف

$W_b = \frac{1}{2}(320-200)(0.1-0.05) + (200)(0.1-0.05)$

$W_b = 13\ KJ$

لو بدك تستخدم قانون / $W_b = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot \Delta V$

حاط بنتبه المخرج

$\frac{200+320}{2} * (0.1-0.05) = 13KJ$

(C) Fraction of Work :- نسبة الشغل الناتج عن النابض

$W_{spring} = \frac{1}{2} P_{sp} \Delta V$ ← $\frac{1}{2}(320-200)(0.1-0.05) = 3\ KJ$ حاط كمان

$\Rightarrow Fraction = \frac{W_{spring}}{W_{total}} = \frac{3}{13} \approx 0.23 = 23\%$

الفكرة :- اذا في (spring) ① :- الضغط يزداد خطيًا مع الحجم

② الشغل = مساحة trapezoid

③ بتحتوم استعمال $W = \left(\frac{P_1+P_2}{2}\right) \Delta V$

▸ Subject : / /

Energy Balance for Closed system :-

* It was shown that the energy balance for any system undergoing any kind of process can be expressed as :-

$$E_{in} - E_{out} = \Delta E_{system}$$ Unit is [KJ]

net energy transfer → (heat, work) Closed system → (heat, work, mass) open system

change of (intecal, kinetic, potential energy)

∴ or in rate form

Power $\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = dE/dt$ Unit is [KW]

the same of previous equation but in rate of time

▷ For constant rates, the total quantities during a time interval Δt are related to the quantities per time as :-

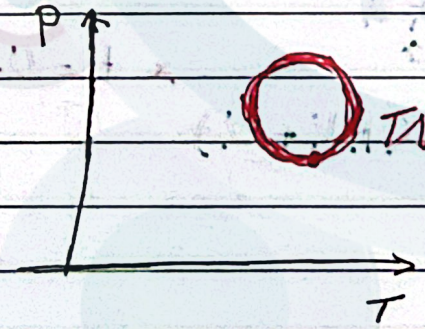
▸ $Q = \dot{Q}\Delta t$ ▸ $W = \dot{W}\Delta t$

▸ $\Delta E = (dE/dt)\Delta t$

* the energy balance equation per unit of mass

$$E_{in} - E_{out} = \Delta E_{system}$$ [KJ/Kg]

▷ For a closed system Undergoing a cycle Which the initial and final states are identical :-



$\sum W_{net} = Q_{net}$

* Q and W are Path function (process) يعتمد على المسار من خلال الآلة الكيميائية والفيزيائية

* $\Delta E = E_2 - E_1 = Zero$

Scanned with CamScanner

▸ Subject / /

+Q : heat transfered into the system (heat input)
+W : Work done by the system (work out put)

⇒ the general energy balance equation

$$\Delta E = Q_{net,in} - W_{net,out}$$

$$Q_{net,in} = Q_{in} - Q_{out} \qquad W_{net,out} = W_{out} - W_{in}$$

Ex: a Piston Cylinder device Contains (25g) of saturated water Vapor that is maintained at a constant pressure of (300kPa). A resistance heater with in the cylinder is turned on and passes current of (0.2 A) for (5 min) from a (120 V) source, at the same time a heat loss of (3.7 KJ). So:- (A) show that W_b and U can be combined into one term ΔH for a constant pressure
(B) determine the final temperature

(A) بدنا نثبت انها انثالبي اي $\Delta H = U + PV$ "enthalpy" بنعرف انه ΔE

Sol:- $E_{in} - E_{out} = \Delta E_{system}$ → 1st law of thermodynamics

$Q - W = \Delta E$ → Stationary system.

$\Delta E = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE$

$(Q - W) \leftarrow \Delta E = \Delta U$

* $W = W_{other} + W_b$ *

$Q - W_{other} - W_b = U_2 - U_1$ * $W_b = P(V_2 - V_1)$ for a constant pressure

$Q - W_{other} = U_2 - U_1 + W_b \rightarrow W_b = P_2V_2 - P_1V_1$

$Q - W_{other} = U_2 - U_1 + P_2V_2 - P_1V_1$

* $H = U + PV$

$Q - W_{other} = (P_2V_2 + U_2) - (P_1V_1 + U_1)$

$Q - W_{other} = \Delta H$

$\Delta E = \Delta H$

Scanned with CamScanner

▸ Subject : .....

(B) the final temperature :

* Constant pressure → $P_1 = P_2$ من خلال قيم نظرية نوجد درجة الحرارة

$I = 0.2\ A$; $Q - W_{other} = \Delta H$

$T_i = 5\ min \rightarrow T = 5 \times 60 = 300$

$V = 120\ V$

$m = 25\ g \rightarrow 25 \times 10^{-3}$ * Q_{loss} فقد حرارة → (-)

$Q = -3.7\ KJ$

* W_E = الشغل المبذول على النظام → (-)

مثل فكرة السخان الكهربائي (يعطي طاقة للنظام فيكون $W_{in} = -W_E$)

Sol:- $Q - W_E = \Delta H$ $\quad W_E = IVt$

* إشارة الشغل المبذول $-3.7 - (-7.2) =$ $W_E = (0.2)(120)(300) = 7200\ J$

تحويل $(0.025)(h_2 - h_1)$ g → S. Vapor $\quad 7.2\ KJ$

* إثبات الإشارات * $h_1 \big|_{P=300\ kPa} = 2724.9$

$-3.7 + 7.2 = 0.025\,(h_2 - 2724.9)$

$h_2 = 2864.9\ KJ/Kg$

* $P_2 = P_1 = 300\ kPa$

* $h_2 = 2864.9\ KJ/Kg$ * $h_2 > h_g$ * So superheated from the table A-6

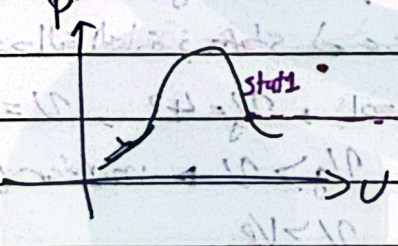
T	h_g
150	2761.2
?? →	
200	2865.9

$\frac{x - 150}{200 - 150} = \frac{2864.9 - 2761.2}{2865.9 - 2761.2}$

$\frac{x - 150}{50} \rightarrow 0.99 \rightarrow x - 150 = 49.522$

$x = 199.5$

* $\boxed{T_2 = 199.5\ °C}$



Scanned with CamScanner

▸ Subject : (المادة)

→ Constant Volume مفهوم خفيف

// A rigid tank is divided into [two equal parts] by a partition. Initially one side of the tank contains 5kg of water at 200 kpa and 25 C° and the other side is evacuated. The partition is now removed (حذفنا الحاجز) and the water expands (يتمدد الماء) into the entire tank, The water is allowed to exchange heat Until temperature reaches 25C° again. determine:-

ⓐ Volume tank
ⓑ the final pressure
ⓒ heat transfer for the system

m = 5kg
P = 200 kPa
T₁ = 25 C°

m = 5kg | P = 200KP | T₁ = 25 C° | فراغ

① نحدد حالة المادة:-

$T_{set}|_{200} = 120$

A-5 ↙ P=

Tset > T ⇒ then the stat (1) is Compressed liquid

m = 5kg
T₂ = 25 C°

V ← from the table A-4

$v|_{T=25} = v_f = 0.001$

حساب Volume ∴ $V = mv$

$V = (5) * (0.001) = 0.005\ m^3$

ملاحظة: الخزان مقسم نصفين بين حذفنا الحاجز الحجم تضاعف

$2V = 2 * (0.005) = 0.01\ m^3$

ⓑ P_f = ??

$v_2 = \frac{V_{tank}}{m} = \frac{0.01}{5} = 0.002$ stat2 الـ (V) بدي

↳ stat(2) [table A-4]

$v_f < v < v_g$ * مقارنة *

$P_f = P_{set}|_{T=25C°} = 3.17\ KPa$

لحتى نحدد حالة المادة بـ stat2 لـ عند $T = 25$

$v_f = 0.001$, $v_g = 43$, $v = 0.02$

$v_g > v$ ← mixture (liquid + gas)

$v > v_f$

ⓒ $\Delta U + \Delta KE + \Delta PE = Q_{in} - W_{out}$ $W = 0$

$Q_{in} = \Delta U \rightarrow Q_{in} = m(u_2 - u_1)$

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

ⓒ $\Delta U + \Delta KE + \Delta PE = Q_{in} - W_{out}$

Volume is Constant

$\therefore Q_{in} = \Delta U = m(U_2 - U_1)$

⇒ stat(1) :- $U_1 = U_f \big|_{T=25} = 104.83 \ KJ/Kg$

Comp. liquid $U_2 = U_f + X U_{fg}$ (1) حيث X حسب.

⇒ stat(2) :- $U_2 = U_f + X U_{fg} \rightarrow X = \frac{U_2 - U_f}{U_f - U_g} = \frac{0.002 - 0.001}{43.34 - 0.001}$

$X = 0.000002$

$U_2 = U_f + X U_{fg}$

$U_2 = (104.83) + 0.000002$ ← (2304.3) table A-4 من

$U_2 = 104.88 \ KJ/kg$

$Q_{in} = m(U_2 - U_1) = 5(104.88 - 104.83)$

$= 0.25 \ KJ$ * The direction of heat is in to the system *

Specific heat الحرارة النوعية

* Specific heat (C) : The energy required to increase the temperature of a Unit mass of a substance by one degree

الطاقة اللازمة لرفع درجة الحرارة 1Kg من مادة معينة درجة واحدة

⇒ In thermo we are interested in two kinds of specific heat

① at a Constant Volume ← ((انواع الحرارة النوعية))

(C_v)

② at a Constant pressure ←

(C_p)

Scanned with CamScanner

▸ Subject

① a specific heat at a constant Volume (C_v) "الحجم ثابت"

$\Delta E_{system} = Q - W$

$\Delta U + \Delta KE + \Delta PE = Q - W$

$\delta Q - \delta W = du$

$\delta Q = du$

$du = C_v \cdot dT$

$$C_v = \frac{du}{dt}$$

* Satioray systeym $\Delta KE = \Delta P = 0$

Constant Volume $W_b = 0$

$\delta W = P\,dV$

$\delta W =$ zero

* $Q = mc\Delta T$

② Specific heat at a constant Pressure (C_p) "الضغط ثابت"

$e_{in} - e_{out} = \Delta e_{system}$

$\delta q_{in} - \delta q_{out} = P\,dV = du$

W_b: because Volume is not constant

* $h = U + PV$

$dh = du + P\,dV$

$\delta q_{in} - \delta q_{out} = du + P\,dv$

$C_p\,dT = dh$

$$C_p = \frac{dh}{dt}$$

note :- C_v and C_p are state function

means they depend only on the state of the substance not on how it got there (the process)

Unit the specific heat is :-

→ KJ/Kg.K° or

→ KJ/Kg.C°

→ The same

note :- Sometimes specific heats are given at a molar basis ($\bar{C}_p$, $\bar{C}_v$) and the Units will be :

KJ/K°mole.K or KJ/C°mole.k

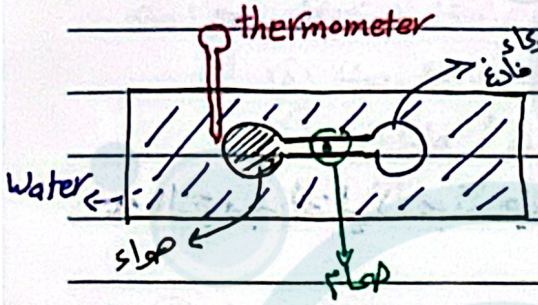
Table A-22 ← Table A-17 →

molar mass → h

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

U, H, Cv and Cp of ideal gas :-



← العالم جول قام بتجربة اخذ منها بعض القوانين

▷ expirement :-

1- Brought all components into thermoequilibrium
جميع المحتويات بحالة اتزان حراري بنفس درجة الحرارة

2- opened the valve so ideal gas expanded
فتح الصمام والهواء انتقل الفراغ

▷ findings :-

No change in thermometer readings ⟹ Conclusion :-
ما اختلفت درجة الحرارة

(U) and (H) of ideal gases are only function of temperature

$\therefore U = U(t)$ and $h = h(t)$

$$C_v = \frac{du}{dt} \qquad C_p = \frac{dh}{dt}$$

$$du = C_v(T)\,dt \qquad dh = C_p(T)\,dt$$

$$du = U_2 - U_1 = C_v(T)\,dt \qquad dh = h_2 - h_1 = C_p(T)\,dt$$

$$\Delta U = C_v(T)\,dt \qquad \Delta H = C_p(T)\,dt$$

note :-

① قيم (C_v ، C_p) لبعض ideal gas عند درجات حرارة معينة في A-2b

② لحساب التكامل $C_v(T)$ و $C_p(T)$ يجب أن يكونوا دوال في T كما في A-2c

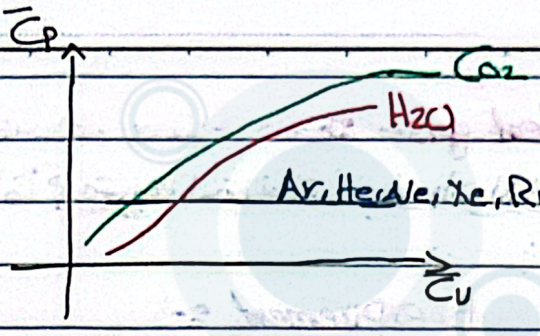
③ من (A-17) ← (A-25) اخذ درجة الحرارة الابتدائية صفر واوجد قيم C_v ، C_p بناءً عليها

④ (C_p) ثابتة للغازات النبيلة (Ar, He, Ne - -)

⑤ للغازات المعقدة (C_p) تزداد بشكل smoothly مع ازدياد درجة الحرارة لذلك يمكن استخدام التقريب الخطي linear approximation لقيم T المنخفضة

Scanned with CamScanner

▸ Subject :



⑤ تكملة ..

Assuming linear relationship with T (C_v, C_p) *: التقريب الخطي لإيجاد قيم

$$C_{v_{avg}} = \frac{C_v(T_1) + C_v(T_2)}{2}$$

$$C_{p_{avg}} = \frac{C_p(T_1) + C_p(T_2)}{2}$$

$$T_{avg} = \frac{T_2 + T_1}{2}$$

Specific heat relation with ideal gases :-

$h = U + PV$

* $PV = RT$ for ideal gases *

* $dh = C_p \cdot dt$, $du = C_v dt$ *

$dh = dU + pdV = du + d(RT) = du + Rdt$

$C_p dt = C_v dt + R dt$

$\Rightarrow C_p = C_v + R$

$\Rightarrow R = C_p - C_v$ (KJ/Kg.K)

$\Rightarrow R_u = \bar{C}_p - \bar{C}_v$ (KJ/Kmol.K)

* $K = \frac{C_p}{C_v}$ $\Leftrightarrow$ specific heat ratio ---: $K = 1.66$ for monatomic gases

* $C_p > C_v$ $K = 1.4$ for diatomic gases باقي الغازات

Scanned with CamScanner

Subject :

Ex: air at 300 K° and 200 Kpa is heated in constant pressure to 600 K determin the change in internal energy by :-

Ⓐ the table (A-17) "air"

Ⓑ table (A-2c) by the function

Ⓒ table (A-2b) by the average value

Ⓐ from table (A-17)

$u_1|_{T=300\,K^\circ} = 214.07\ KJ/kg \quad u_2|_{T=600K^\circ} = 434.78\ KJ/kg$

$\Delta U = U_2 - U_1 = (434.78) - (214.07) = 220.71\ KJ/kg$

Ⓑ from table (A-2C) ("air")

$\bar{C}_p = 28.11 + 0.00196\,T + 0.4802\times10^{-5}T^2 - 1.965\times10^{-10}T^3$

$\bar{C}_v = \bar{c}p - R_u \quad \Delta U = \int C_v\,dt$

$\Delta U = \int_{300}^{600} (28.11 + 0.00196 + 0.4802\times10^{-3} - 1.965\times10^{-10})$

$\Delta U = 6447\ KJ/Kmol.k$ (molar)

$\Delta U = \frac{6447}{28.97} = 222.5\ KJ/kg$ (mass ("air") A-1)

Ⓒ from table (A-2b) - by (avg)

$T_{avg} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{300+600}{2} = 450\ K^\circ$

$C_{v\,avg}|_{T=450K^\circ} = 0.733$

$\Delta U = C_v \Delta t \Rightarrow \Delta U = 0.733(600-300)$

$0.733 \times 300 = 219.9\ KJ$

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

→ Constant Volume

ex:- an iselated rigid tank, initully contains (0.7) kg of hellum at (27) C° and (350) kPa, A paddle wheel with a powers of (0.015) kw is operated within the tank for (30) min determine:-

ⓐ final temperature

ⓑ final pressure ▷ helium at the given condition could be assumed as an ideal gas

$m = 0.7\ kg$

$T_1 = 27\ C^\circ \rightarrow 300\ k^\circ$ * $k^\circ = C^\circ + 273$

$P_1 = 350\ kPa$

$\dot{W}$ (power) $= 0.015\ KW$ * $W = \dot{W} * t$

الزمن $30\ min \rightarrow 30 \times 60 = 1800\ s$

$W = 0.015 * 1800 = 27\ kJ$

$W_{in} = -27\ KJ$ (سالب)

note

Type of Work:-

① Boundary الشغل الناتج عن تمدد/انضغاط

$W = \int P\,dV$

Constant Volume $dV = 0$

$W = 0$

② W_{other} الشغل الناتج عن أي طريقة أخرى

paddle wheel ← مروحة داخل الخزان

الشغل هايكون بسبب الحجم بل بسبب جهاز عكس الخلط

why? paddle wheel

$\Delta U + \Delta PE + \Delta KE = Q_{in} - W_{out}$

$\Delta U = -W_{out}$

$W = -\Delta U$

$W = -m C_v (T_2 - T_1)$

$27 = -(0.7)\ C_v\ (T_2 - 300)$

$C_v|_{T=300K^\circ} = 3.1156$ from [A-2A]

$27 = -(0.7)(3.1156)(T_2 - 300)$

$T_2 = 312.38\ K^\circ$

$K^\circ = C^\circ + 273$

$C^\circ = K^\circ - 273$

$C^\circ = 312.38 - 273 = \boxed{39.4\ C^\circ}$

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

② final pressure for ideal gas :-

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow P_2 = \frac{P_1T_2}{T_1}$$

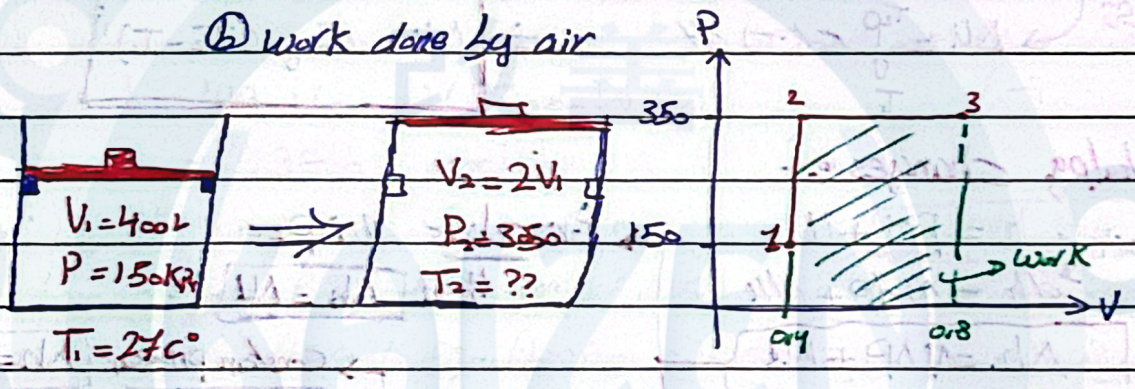
$V_1 = V_2 = \text{Constant}$

$$P_2 = \frac{(350)(39.4+273)}{300}$$

$P_2 = 364.4\ kPa$

ex:- a piston cylinder device initially contains air at (150 kPa) and (27°C) at this state, the piston is resting, the drawing, and the enclosed volume is (400L). The mass of piston is such that (350kPa) is required to move it. The air is heated Until the volume has doupled determine :- ⓐ final temperture ⓒ the total heat added

ⓑ work done by air



$P_1 = 150\ kPa$

$V_1 \rightarrow 400L \rightarrow 0.4m^3$

$T_1 \rightarrow 27C° \rightarrow 27+273 = 300K°$

$V_2 \rightarrow 0.4 \times 2 = 0.8\ m^3$

* الجهاز طلب منك أن يصل إلى 350kPa فيرتفع الـ piston ويتغير الحجم ويتضاعف

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

① $T_2 = \frac{(350)(0.8)(300)}{(0.4)(150)} = 1400K°$

② Work → area under curve :-

$(0.8-0.4)(350-150) = 140\ kJ$

③ $Q - W = \Delta U \rightarrow \Delta U = m(u_2 - u_1)$ → from the table $u_2|_{T=1400} = 1113.57$

$PV = RT$

$$\frac{PV}{m} = RT \rightarrow m = \frac{P_1V_1}{RT} = \frac{(150)(0.4)}{(300)(0.287)} = 0.697kg$$

$u_1|_{T=300} = 214.07$

$\rightarrow Q = (0.697)(1113.57 - 214.07) + 140 = 767\ kJ.$

SIGMA NOTEBOOK

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

غير قابلة للانضغاط

→ incompressible substance: a substance with constant specific volume and density ماده حجمها النوعي (v) وكثافتها (ρ) ما بتتغير حتى لو تغير الضغط مثل: السوائل والمواد الصلبة

⇒ "ذهل تأثير الضغط على الحجم"

حيث حتى لو زادت الضغط الحجم شوي بس ما بيتغير (عكس الغاز)

So:- $C_p = C_v = C$ for liquids and solids

& Internal energy, enthalpy and specific heat for solid and liquid :-

• Internal energy changes :

→ remember 'c' specific heat is a function of temperature

$du = C_v dT = C(T)\,dt$

بالتكامل $\Delta u = \int_{T_1}^{T_2} C(T)\,dt \Rightarrow \Delta u = C_{avg}(T_2 - T_1)$

• Enthalpy changes :-

$h = pv + u$

$dh = v\,dp + du$

$\Delta h = v\Delta p + \Delta u$

→ for solids $v\Delta p = 0$ ∴ then $\Delta h = \Delta u$

→ for liquids
- → Constan pressur $\Delta h = \Delta u$
- → Constant temperature $\Delta h = v\Delta p$

▸ Subject : .....

// determine the enthalpy of liquid water at 100C° and 15 MPa

by :- (A) Compressed liquid tables

(B) approximation to sat-liquid

(C) by the correction factor

(A) $h = 430.39$ KJ/kg - table [A-7]

(B) $h = h_f|_{t=100C^\circ} = 419$ KJ/kg error $= \frac{|419 - 430|}{430.39} = 2.6\%$

(C) $h|_{\substack{P=15 \\ T=100}} = h_f|_{T=100C} + v(P - P_{sat})|_{T=100C^\circ}$

$\hookrightarrow h = h_f + v(P - P_{sat})$ at $T = 100C^\circ$

$T = 100C^\circ$ i.e table من A-4

$h = 419 + (0.001)(15000 - 101.42)$

$h = 434.07$ KJ/kg

A 50kg of iron block at 80C is dropped into isolated tank than contains 0.5m³ of liquid water at (25) C° find :- the temperature when we reach thermal equilibrium

* تفسير السؤال :- عطينا حديدة سخنة داخل isolated tank & ماء بارد ، كم درجة الحرارة اللي بيوصل عندها الماء والحديد ؟

الفكرة من التوازن اللي بيوصل انه :- الحديد حرارته عالية بيروح يبرد

الماء بارد بيروح يسخن ← The same temperature (T_f)

خزان معزول لا الحرارة تدخل ولا تطلع أو تنزل

$Q = 0$, $W = 0$

$\Delta E = Q - W = 0$ ← $U + KE + PE$ (ما في حركة الحديد بين الخط ما في ارتفاع)

$\Delta E = \Delta U$

$\Delta U_{system} = 0$ System = (water + iron)

$\Delta U_{sy} = \Delta U_{water} + U_{iron} = 0$

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

$\Delta U_{water} + \Delta U_{iron} = zero$

$\Delta U = C \Delta T$

$m_w C_w (T_2 - T_1) + m_i C_i (T_2 - T_i) = 0$

note: الماء حرارته ترتفع (+) الحديد حرارته تنخفض (-)

$m_w C_w (T_2 - 25) + m_i C_i (T_2 - 80) = 0$

$m_{water} = \frac{V}{v} = \frac{0.5}{0.001} = 500 kg$

$v = \frac{V}{m}$

$v|_{T=25} = 0.001$

$C_{water} = 4.18$

$C_{iron} = 0.45$ → table (A-3)

then :- $(500)(4.18)(T_2 - 25) + (50)(0.45)(T_2 - 80) = 0$

$T_2 = 25.2°C$

Done Ch 1.5

Q = 0 معزول

W = 0 ماف شغل

KE, PE = 0 ماف حركة

ΔU التغير هو الباقي

$mc\Delta T$ → مواد غير قابلة للانضغاط

التغير في V = 0 لانه ماعندي الكتلة

▸ Subject : * Problems *

→ A Piston cylinder device (0.6 kg) of steam at (200 C°) and (0.5 MPa), steam is cooled at constant pressure Until [one-half of the mass] condenses. ① find final (T) ② ΔV ?

* m = 0.6 kg steam → Super heat

$T_1 = 200\ C°$

$P = 0.5\ MPa = 500\ kPa$

* State(1) → Super heated * State(2) → saturated Vapor + sat. liquid (mixtur)

$T_2 = T_{sat}\big|_{P=500} = 151.83\ C°$ (A-5)

② ΔV ?? For stat(1) :-

$V\big|_{P=0.5MPa,\ t=200C°} = 0.42503\ m^3/Kg$ Super heat [A-6]

$V_1 = V * m = (0.42503)(0.6) = 0.255018$

For state(2) → V = ?? (mixture)

$V = V_f + X V_{fg}$

$V_f\big|_{P=500} = 0.001093$

$V_g\big|_{P=500} = 0.37483$

يعطاك x = 0.5 ← one half of the mass

$V = (0.001093) + (0.5)$

$V = 0.188$

$V = V * m$

$0.188 * 0.6 = 0.1128$

$\Delta V = (0.1128) - (0.255018) = -0.142218$

Coded السالب لانه

SIGMA NOTEBOOK

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

* A rigid tank (1.8 m^3) contains steams at (220 c°) ; one thired of the Volume in the liquid phases and the rest is in the Vapor form

Find :- (A) pressure

(B) quality of the mixture $V_1 = 1.8\ m^3$

(C) density of " " $T = 220\ c°$

* ثلث الحجم سائل وثلثين بخار

$$V_f = \frac{1}{3} V_1 = \frac{1}{3}(1.8) = 0.6\ m^3$$

$$V_g = \frac{2}{3} V_1 = \frac{2}{3}(1.8) = 1.2\ m^3$$

① P=?? (عندما بخار + سائل عند نفس الحرارة (الحالة المشبعة)

- Saturated mixture -

$$P = P_{sat}\Big|_{t=220c°} = 2320\ kPa \quad [A-4]$$

② x=?? $x = \frac{m_g}{m_f + m_g}$ حيث الحجم الكلي (V) وكتلة m

* $m_g = \frac{V_g}{v_g} = \frac{1.2}{0.08609} = 13.94$ ← $v_f|_{t=220c°} = 0.001190$, $v_g|_{t=220c°} = 0.08609$

* $m_f = \frac{V_f}{v_f} = \frac{0.6}{0.001190} = 504.2$

$x = \frac{504.2}{504.2 + 13.94} = 0.0269$

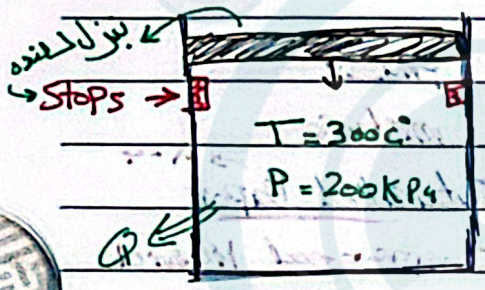
③ ρ =? $\rho = \frac{1}{V}$ or

$$\rho = \frac{m_{total}}{V} = \frac{504.2 + 13.94}{1.8} = 288.8\ kg/m^3$$

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

* Water initially at (200kPa) and (300 C°) is contained in a piston cylinder device with stops allowed to cool at a constant pressure Unit it exists on saturated Vapor and the piston rests on the stops, then water continues to cool Unit the pressure is (100kPa) on the T-v diagram @ Sketch



$P_1 = 200\,kPa$

$T_1 = 300\,C°$

* ابردكن Constant (P)
* كدما Piston يوصل لـ stops
* بكمل تبريد لكن الحجم ثابت
* كدما الضغط يصير 100kPa

$P_2 = 100\,kPa$

∴ State(1) :- بنحدد الحالة

$P = 200\,kPa$, $T = 300\,C°$

بما أن T_{sat} | $T = 120 < 300$ ∴ Superheated Vapor

$P < P_{set}$ | $P = 200$

$T > T_{sat}$ |

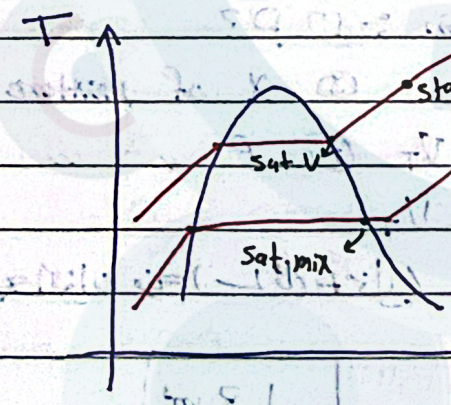
State(2) :- (Stops) عند ال

(mixture region) الحجم ثابت، وبتكون داخل

$P_{set} = 200\,kPa$ $v_g = 0.1885$

State(3) :-

$P = 100\,kPa$, $v_{g_1} = v_{g_2} = 0.1885$. Constan Voulm ثبت stops



(b) Find ΔU :-

$U_1|_{P=200} = 2808.8\ kJ/kg$ ← superheated (A-6)

$U_2|_{P=100} =$ ← saturated (A-5)

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

Chapter (4) :- Suggested problems :-

3 4-7) is it possible to have water vapor at (-10°C.)?

yes, at a specific pressure we can have water vapor "sublimation" من خلال عملية التسامي

4-20 Compleute the following table :-

T(C°)	P(KPa)	U(KJ/kg)	Phase?
143.61	400	1450	mixture
220°	2319	2601.3 → Ug	Saturated Vapor → A-4
190	2500	865.15 → Uf	Compressed liquid
466.21 (A-6)	4000	3040	Superheated Vapor

① P at 400 → Uf = ... (A-4) → Ug = ... وبقارنة مع

ثانية ... mix ... = 1450 (A-5) ... Pset ... P

③ P|t=190 = 1255 < 2500 liquid

④ Uf, Ug | P=4000 = ?

U > Ug ∴ وبقارنة

Superheated

مثال (21) :- A (1.8 m³) rigid tank contains steum at (220°C), one thired of the volume is in the liquid phase and the rest is in the Vapor form :- ① P?

② x of mixture

③ ρ " "

V = 1.8 m³ thired liquid → $V_f = \frac{1}{3} V_T$

T = 220°C rest Vapor → $V_g = \frac{2}{3} V_T$

T=220 ... Pset ... فالضغط ... (أكبر من) ... أكبر من

① P = Pset.|t=220 = 2320 KPa

1.8 m³ total (V)

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

② $x = ??$ ∴ $V_f = \frac{1}{3} \cdot V_T \rightarrow \frac{1}{3}(1.8) = \frac{1.8}{3}\ m^3 = 0.6\ m^3$

$V_g = \frac{2}{3} V_T \rightarrow \frac{2}{3}(1.8) = 1.2\ m^3$

$x = \frac{m_g}{m_g + m_f}$ (A-4) ∴ جدول الحالة المشبعة $v_g = \frac{V_g}{m_g}$, $v_f = \frac{V_f}{m_f}$

$v_g = 0.10869$, $m_g = \frac{1.2}{0.10869} = 13.94\ kg$

$v_f = 0.001190$, $m_f = 1504.2\ kg$

$x = \frac{13.94}{13.94 + 504.2} = 0.0269$

③ $\rho = ??$ $\rho = \frac{1}{v}$, $v = v_f + x v_{fg}$

$v = 0.001191 + (0.0269)(0.10869 - 0.001191)$

$v = 0.0034774\ m^3/kg$

$\rho = \frac{1}{0.0034774}$

$\rho = 287.8\ kg/m^3$

∝ Water is boiled with poorly fitting, a specific location heat transfered (2KW), (1.19 kg) in (30 min), 75% of electricity by the heater transfered into heat, determine the atmospheric pressure (Sat. Pressure) & the amount of heat transferal:-

$Q = \dot{E} \cdot t = (0.75)(30 \times 60) \times (2) = 2700\ KJ$

$h = \frac{Q}{m} = \frac{2700}{1.19} = 2269\ KJ/kg$

$h_{fg} = 2269 \rightarrow P|_{h_{fg}=2269} = 85.4\ KPa$ A-5

Scanned with CamScanner

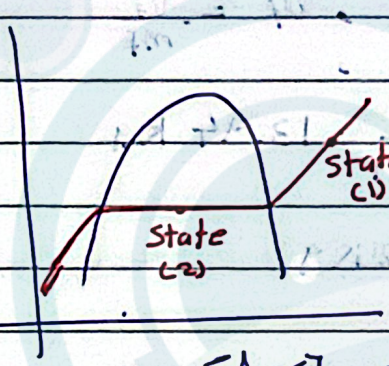
▸ Subject :

A piston-cylinder (0.6 kg) of steam at (200 C°) and (0.5 MPa) steam is cooled until one-half of mass condenses :-

* find $T_2 = ?$ $m = 0.6$ kg

* ΔV ? $T_1 = 200\,C°$ $P_1 = 0.5$ MPa

State (1) → ① (Superheated)



State (2) → mixture .. because we have vapor and liquid together then :-

① $T_2 = T_{sat}\big|_{P=0.5\,MPa} = 151.83\,C°$

[A-6] state (1) :

$= 500$ KPa (A-5)

② ΔV → $v_1 = 0.42503$ من الجدول

$v_2 = v_f + x\, v_{fg}$ * $x = 0.5$ * one-half mass

$v_2 = (0.001093) + 0.5\,(0.37483 - 0.001093)$ [A-5]

$v_2 = 0.188\ m^3/kg$

$\Delta V = m(v_2 - v_1) = 0.6\,(0.188 - 0.4250)$

$\Delta V = -0.14222\ m^3$

السالب يعني أنه انضغط

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

* A Piston-cylinder (50L) of liquid water at (40°C) and (200kPa) heat is transferd to the water at a constant pressure.

"Until the entir water Vaporized" → يعني لين تبخر الماء وقفنا تعطيني Sat. Vapor

① mass of water — V = 50L

② T_2 — $T_1 = 40°C$

③ Δh — $P_1 = 200\ kPa = P_2$ "constant"

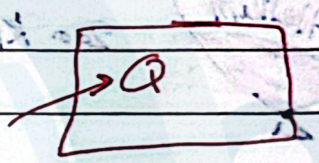
④ T.V diagram

① Compressed liquid :-

(A-4) : $v_f = 0.001008$, $h_f = 167.53\ kJ/kg$ ($t = 40$, $P = 200$)

$m_f = \frac{V}{v_f} = \frac{0.05}{0.001008}$, $50L \rightarrow \div 1000\ m^3$, $= 0.05\ m^3$

$m_f = 49.61\ kg$ ✓



② State (2) → (Sat.) Vapor (لأنه وصلوني لحالة البخار).

(A-5). $P_2 = 200$, $T_2 = ?$

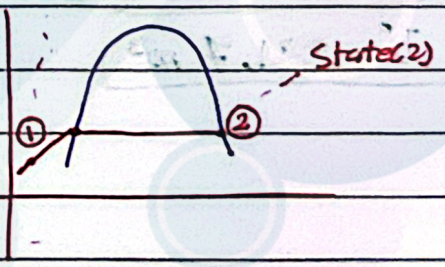
$T_{sat}|_{P=200} = 120.21°C$

③ $\Delta H = m(h_2 - h_1)$

?? → $h_2|_{P=200} = 2706.3$

$\Delta H = 49.61(2706.3 - 167.53)$

$\therefore \Delta H = 125950\ kJ$



4-65 :- What conditions is the real gas?

* hight temperature and low pressure *

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

4-66 :- What is different between (R_u), (R)? How are the relation?

R_u → gas constant, same for all gases

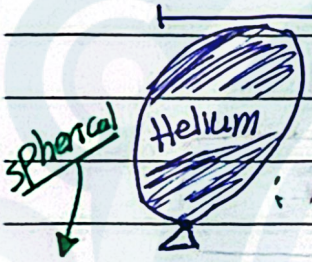
R → specific gas constant, unique for each gas

$$R = \frac{R_u}{M}$$

M → molecular (molar mass)

~~* Propane and methane are commonly used for heating in winter~~ ~~places~~ * (ثلج = Si) *

* A spherical ballon with a diameter of (9m) is filled with helium at (27°C) and (200kPa), find mole number and helium mass :-



27 C°

200 KPa

$PV = RT$

$\frac{PV}{m} = RT$

$R = \frac{R_u}{m}$

$v = \frac{V}{m}$

$PV = \frac{m}{M} R_u T$

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

So $\Rightarrow PV = N R_u T$

$V = \frac{4}{3}(r^3)\pi$

$N = \frac{PV}{R_u T} = \frac{(200)(381.7)}{(8.314)(27+273)}$

dim → 9m

$V = \frac{4}{3}\left(\frac{9}{2}\right)^3 \cdot \pi$ $r \rightarrow \frac{9}{2}$ نصف القطر

$N = 30,61$

$V = 381.7\ m^3$

$m = M * N$ M → [A-1] (الوزن الذري)

$m = (4)(30,61)$

$m = 123\ Kg$ ✱

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

* A rigid tank whose Volume is unknown is devided into two parts. The other side is evacuated and heat has twice the size of the first part. The partition is removed and gas expands to fill the whole tank, heat then applied to the gas to have the same pressure as initial. determine :- first temperature :- $T_1 = 927C°$

$T_1 = 927C$

$V_1 = X$	$V_2 = 2X$
$P = P_{in}$	$P = ?$

(First part)

(V unknown) → بس بحكيلي بالسؤال انه جم الجزء الثاني ضعفي الجزء الأول

$\Downarrow$

$T_2 = ?$

$V_3 = 3X$, $P = P_{in}$

تم رفع الكاجز وإضافة حرارة ليعود الضغط مساويًا للضغط الأول

* Closed system *

$m_1 = m_2 \rightarrow \frac{PV}{m} = RT$ ⟹ $m = \frac{PV}{RT}$

$\frac{P_{in} V_1}{R T_1} = \frac{P_{in} V_2}{R T_2} \rightarrow$

$V_1 = X$

$V_3 = 3X$

$\frac{X}{T_1} = \frac{3X}{T_2} \rightarrow T_2 = 3 T_1$

$T_2 = 3(927 + 273)$

* $T_2 = 3600 K°$

* $T_2 = 3327 C°$

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

* determine the specific Volume of superheated water Vapor at (3.5 MPa) and (450 c°)

① ided gas
② generalized compressibility chart
③ the steam table → superheated (A-6)
④ error in the first two cases

P = 3.5 MPa
T = 450 °C

V → for ided gas :-

$PV = RT \rightarrow V = \frac{RT}{P}$ but → P = 3500 KPa

→ T = 450 + 273 = 723 K°

R → [A-1] for water

$V = \frac{(0.4615)(723)}{3500}$

① V = 0.09533 m³/kg

② $P_R = \frac{P}{P_{cr}} = \frac{3.5}{22.06} = 0.159$ P_{cr} and T_{cr} → [A-1] (water)

$T_R = \frac{T}{T_{cr}} = \frac{723}{641.7} = 1.12$

Z = ?? → P_R = 0.159 table [A-15]
→ T_R = 1.12 Z ≈ 0.9

$V = Z * V_{ideal} = V = (0.9)(0.09533) = 0.08581$

③ [A-6]

$V|_{P=3.5, T=450} = 0.09198\ m^3/kg$

errors :-

ⓐ $\frac{0.09533 - 0.09198}{0.09198} * 100 = 3.7\%$

ⓑ $\frac{0.09161 - 0.09198}{0.09198} * 100 = 0.4\%$

end

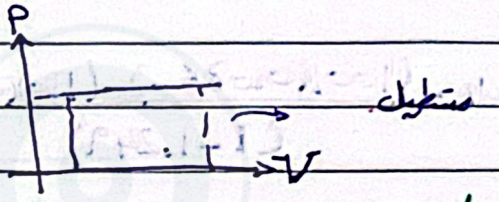
Scanned with CamScanner

▸ Subject : * Problems CH:5 :-

* → An ideal gas of a given expend to fixed final Volume first at constant pressure and constant temperture, for which case is the work done greater ??

* غاز مثالي يتمدد لحجم نهائي ثابت أولاً عند ضغط ثابت ومرة عند درجة حرارة ثابتة، بأي الحالتين الشغل المبذول أكبر ؟

→ The Area under the process curve, and the boundary work done is greater in the constant pressure.



* → Nitrogen inital state (300 K), (150 kPa), (0.2 m^3) is compressed slowly in isothermal process to a final pressure (800 kPa), find W_b = ??

↳ $T_1 = T_2 = 300 K$

$P_1 = 150 kPa \quad P_2 = 800 kPa \quad V = 0.2 m^3$

* isothermal + ideal gas → $W_b = \int P\,dV = P_1 V_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

$W_b = P_1 V_1 \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$ ← ماعندي (V_2)، باستخدام القانون العكسي

$W_b = (150)(0.2)\ln\left(\frac{150}{800}\right) = -50.2 KJ$

↳ (Work input) ; Compressed

* → Piston cylinder elevice initially (0.07 m^3) of nitrogen at (130 kPa) and (120.8 °C); nitrogen is now expanded polytropically to a state (100 kPa), (100 °C), W_b = ?

↳ $P_1 V_1^n = P_2 V_2^n$

$V_1 = 0.07 m^3$

$P_1 = 130 \quad P_2 = 100$

$T_1 = 120.8 \quad T_2 = 100$

W_b = ? → (V_2) مجهول بدي

$P_1 V_1 = m R T$

$m = \frac{P_1 V_1}{RT} = \frac{(130)(0.07)}{(0.2968)(120.8+273)}$

R for nitrogen [A-2] = 0.2968

* $m = 0.07802 KJ$

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

$V_2 = \frac{mRT}{P_2} \Rightarrow \frac{(0.07862)(0.2968)(100+273)}{100}$

$\boxed{V_2 = 0.108637\ m^3}$

$W_b = \frac{P_2V_2 - P_1V_1}{1-n}$ → $P_1V_1^n = P_2V_2^n$

$(130)(0.107)^n = (100)(0.108637)^n$

$\frac{(130)(0.107)^n}{130} = \frac{(100)(0.108637)^n}{130}$

$W_b = \frac{(100)(0.1086..) - (130)(0.107)}{(1-1.249)}$

$\ln\left(\frac{0.107}{0.108637}\right)^n = \ln\left(\frac{100}{130}\right)$

$\boxed{W_b = 1.86\ KJ}$

$n(-0.210) = -0.2623$

$\boxed{n = 1.249}$

→ A Piston cylinder initially (0.5 Kg) of steam at (1.0 MPa), (400°C) the location of stops corresponds (40) persent of the initally Volume. Now the steam is Cooled, Find: Work Compression if the final state is (a) 1.0 MP, 250 c°, (b) 500 kPa, and find T_2 in part (b) :-

($m = 0.6$ Kg) (A-6) (superheated)

$P_1 = 1.0\ MP$, $T_1 = 400\ c°$ → $V_1 = 0.30661$

$P_2 = 1.0\ MP$, $T_2 = 250\ c°$ → $V_2 = 0.23275$

∝ P → constant

$W_b = mP(V_2 - V_1)$

$W_b = (0.6)(1000)(0.232... - 0.3...)$

$\boxed{W_b = 44.3\ kJ}$ (A)

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

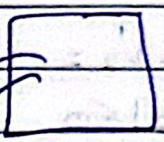
(b) → $W_b = ?$ → $T_2 = ?$ * $V_2 = 0.4 V_1$ $P = 500\ KPa$

$W_b = mP(V_2 - V_1)$

$W_b = (0.6)(500)(0.4 V_1 - V_1)$

$W_b = -55.18$

(Saturated) (A-5) → (Cooled)



$T_2 \rightarrow P_2 = 500$

$T_2 \Big|_{P=500} = 151.8\ ^\circ C$

* → (1kg) of water, initially (40 °C), quality (10 percent), a spring loaded piston cylinder device. This device is now heated Until the pressure (800 KPa), (250 °C). find (W_{Total}) ?

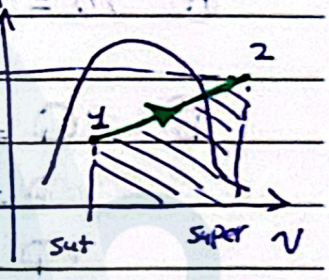
$m = 1\ kg$

$W_T = W_{spring} + W_b$ $T_1 = 90^\circ C$ $P_1 = ?$

(A-4) $T_2 = 250$ $P_2 = 800$

$P_1 \rightarrow$ 70.183 $x = 0.1$

$t = 90$



$V_1 = V_f + x V_{fg} \rightarrow V_1 = (0.001036) + (0.1)(2.3593 - 0.001036)$

$V_1 = 0.23685\ m^3/kg$

state (2) :-

$T_2 = 250$ $P_2 = 800$ (A-6) superheated

$V_2 = 0.29321\ kg/m^3$

$W_{total} = \left(\frac{P_1 + P_2}{2}\right) m (V_2 - V_1)$

$W_T = \frac{70.183 + 800}{2} (1)(0.29321) - (0.23685)$

$W_T = 24.52$

SIGMA NOTEBOOK

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

→ ($0.5 m^3$) rigid tank, (134a-R), initially (160 kPa) and (40%) quality. Heat is now transferred the refrigerant Unit the pressure (700kPa), Find:- (A) mass

(B) amount of heat transferred

$V_1 = V_2 = 0.5 m^3$ [A-11] + [A-13]

$P_1 = 160$ $x = 0.4$ $v_1 = v_f + x_1 v_{fg}$

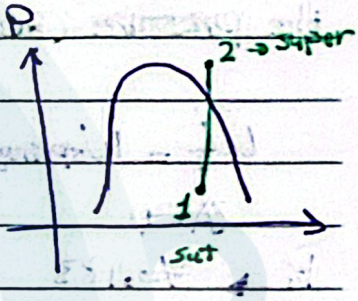
$P_2 = 700$ $m = ??$ $v_1 = 0.00104 + 0.4 \times 0.2687$

$v_1 = 0.10498 \ m^3/kg$

$P_2 = 700$, $u_2 = 377.23$ $u_1 = u_f + x_1 u_{fg}$

$v_2 = 0.5$ $u_1 = 107.19$

(A) $m = \frac{V_1}{v_1} = \frac{0.5}{0.10498} = 10.03 \ kg$



(B) $Q = \Delta U$

$Q = m(u_2 - u_1)$

$Q = (10.03)(377.23 - 107.19)$

$Q = 2708 \ kJ$

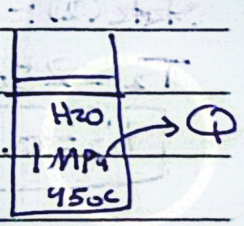
→ Piston, initially (1MP), (450°C), ($2.5 m^3$). Steam is allowed to cooled at constant pressure. (A) mass (B) T_2 (C) Q_{out}

$P_1 = P_2 = 1 MP$

$T_1 = 450°C$

$V = 2.5 \ m^3$

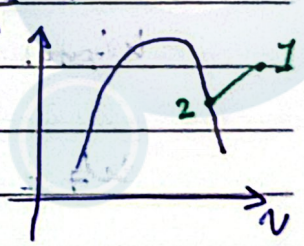
(A-6) $v_1 \big|_{P=1MP} = 0.33045$



(A) $m = \frac{V}{v_1} = \frac{2.5}{0.33045} = 7.565 \ kg$

(Sat. Vapor)

(B) $T_2 \rightarrow T_{sat} \big|_{P=1MP} = 179.9°C$



Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

* Constant pressure → (U) (h) ثابتة

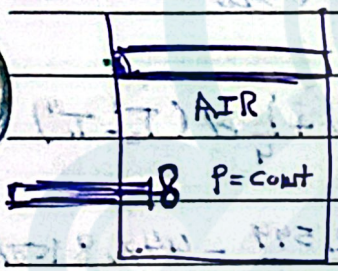
i → ① $Q_{out} = m \Delta h$

$Q_{out} = m(h_2 - h_1)$ $h_2 \rightarrow$ Sat. Vapor $|_{P=1MPa} = 2777.1$

$Q_{out} = (7.1685)(h_2 - h_1)$ $h_1 \rightarrow$ superheat $|_{P=1MPa} = 3371.3$

$Q = -4495\ KJ$

↳ Cooled ; Q_{out} [-ve]



→ (100L) of air at (400 kpa), (25 C°), A Paddle Wheel (15 KJ) of work is done on the air, $T_2 = ?$

$V = 100L \rightarrow 0.1\ m^3$

$P = 400\ kpa$

$T_1 = 25\ C°$ ② $W_{pd} = 15\ KJ$

$T_2 = ?$

$W_{pd} - W_b = \Delta U$ → Constant pressure

$W_{pd} - W_b = m(h_2 - h_1)$ (air → ideal gas)

[A-17] ↳ $m = \frac{P_1 V}{R T_1} = \frac{(400)(0.1)}{(0.287)(25+273)} = 0.468\ KJ$

$h_1|_{t=25} = 298.18\ KJ/kg$ ↳ K°

$15 = (0.468)(h_2 - 298.18)$

$h_2 = 330.23$

$W_{pd} = m(h_2 - h_1) = m C_p (T_2 - T_1)$ $C_p = 1.005$ for air

$15 = (0.468)(T_2 - 25)$ [A-2]

$T_2 = 56.9\ C°$

SIGMA NOTEBOOK

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

→ Find (Δh) of nitrogen, heated (600 to 1000 K°)

A) Using sepecific heat as a function of temperature (A-2c)

B) c_p (avg) (A-2b) at $t = 800 K°$

C) c_p (A-2a) $T_1 = 600$ $T_2 = 1000$

(A-2c) :- $\bar{C}_p = a + bT + cT^2 + dT^3$

$a = 28.90$ $b = -0.1571 \times 10^{-2}$ $c = 0.8081 \times 10^{-5}$ $d = -2.873 \times 10^{-9}$

$$\Delta \bar{h} = \int_1^2 \bar{C}_p(T)\,dt = \int_1^2 [a + bT + cT^2 + dT^3]\,dt$$

$$\Delta \bar{h} = a(T_2 - T_1) + \frac{1}{2}b(T_2^2 - T_1^2) + \frac{1}{3}c(T_2^3 - T_1^3) + \frac{1}{4}d(T_2^4 - T_1^4)$$

$\Delta \bar{h} = 12,544$ kJ/kmol →

→ $\Delta h = \frac{\Delta \bar{h}}{M} = \frac{12,544}{28,013} = 447.8$ kJ/kg

(A-2b)

B) $c_{p\,avg} = c_p\big|_{t=800} = 1.121$ kJ/kg.K°

$\Delta h = c_{p\,avg}(T_2 - T_1) = (1.121)(1000 - 600)$

$= 448.4$

(A-2a) at $t = 300$

C) $c_{p\,avg} = c_p\big|_{t=300} = 1.039$

$\Delta h = c_{p\,avg}(T_2 - T_1) = 1.039(1000 - 600)$

$= 415.6$

14/4/2026 12:21 AM

SIGMA NOTEBOOK

Scanned with CamScanner

▸ Subject : CH: 6

Energy analysis of Control Volumes

* measure of flow حساب التدفق
  → amount of material flowing through a cross sectional per unit time.
  تدفق كمية من المادة خلال فترة زمنية معينة
  → mass flow rate التدفق الكتلي ← كم كيلوجرام مادة يدخل أو يخرج كل ثانية
  $\dot{m}$ = (Kg/s) or (Kg/h)
  → molar flow rate التدفق المولي
  $\dot{n}$ = (mole/s) or (mole/h)
  → Volumetric flow rate التدفق الحجمي
  $\dot{V}$ = (m^3/s).

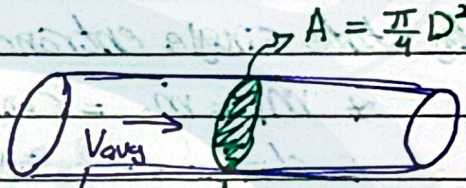
* Mathematical Relations :-

① mass flow rate ($\dot{m}$)

$\dot{m} = V A_c \rho$ (Kg/s)

V: Velocity ρ: density

Ac: Cross sectional area (m^2)



→ average Velocity متوسط السرعة

$V_{avg} = \frac{1}{A_c} \int V \, dA$. Definition of average Velocity.

② Volumetric flow rate ($\dot{V}$)

$\dot{V} = A_c . V$ (m^3/s)

V: Velocity . Ac: cross-area

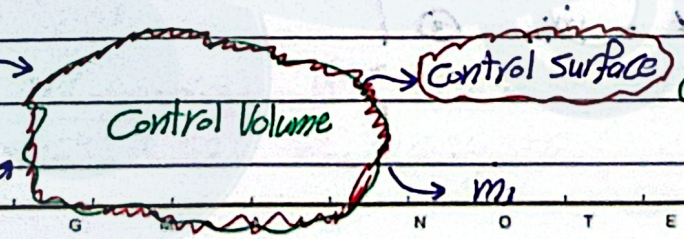
* The Volume flow rate is the Volume of fluid flowing through a cross section per unit time

* mass balance of open system (لا يستخدم عندما نطبق قانون حفظ الكتلة/الطاقة)

→ Control Volume : region of space identified for analysis of open system
حيز من الفراغ يستخدم لدراسة نظام مفتوح .

→ Control surface : surface that seperates Control Volume from its surroundings السطح الفاصل بين (Control Volume) والمحيط الخارجي

Example :-



* يدخل الجسم تدفق كتلي ($\dot{m}_1$, $\dot{m}_2$)
* وخرج ($\dot{m}_3$)

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

* mass balance : net rate of mass flow into C.V = rate of mass change within the C.V

معدل تغير الكتلة في CV ← $\frac{dm_{cv}}{dt} + \sum \dot{m}_{out} - \sum \dot{m}_{in} = 0$

$\dot{m}_{out}$ ← التدفق الخارج ، $\dot{m}_{in}$ ← التدفق الداخل

* الاشتقاق القوانين

mass balance $\frac{dm_{cv}}{dt} + \sum \dot{m}_{out} - \sum \dot{m}_{in} = 0$

$\dot{m}$ = mass flow rate = $\rho V A_c$ ⇒ $\frac{dm_{cv}}{dt} + \sum_{out} \rho VA - \sum_{in} \rho VA = 0$

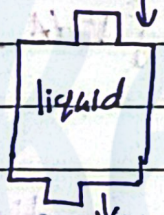
* for steady state single entrance and single exit

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

* $\frac{dm_{cv}}{dt} = 0$ ← لا تتغير في الكتلة

* for incompressible fluid ($\rho_1 = \rho_2$ = Constant)

← موائع غير قابلة للانضغاط مثل السوائل



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

$\rho V A_1 = \rho V A_2$

$V A_1 = V A_2$

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

$\sum \dot{V}_{in} = \sum \dot{V}_{out}$

المعادلات لحد هسا:

① $\dot{V} = V.A$ ← Velocity

② $\dot{m} = \rho V A = \frac{VA}{v}$ ← specific Volume

$\dot{V} = AV$

$\dot{m} = \rho VA$ → $\dot{m} = V\rho = \frac{V}{v}$

:: (mass balance) = شرح

① $\dot{m}_{out} < \dot{m}_{in}$ ، الكتلة بالنظام تزداد

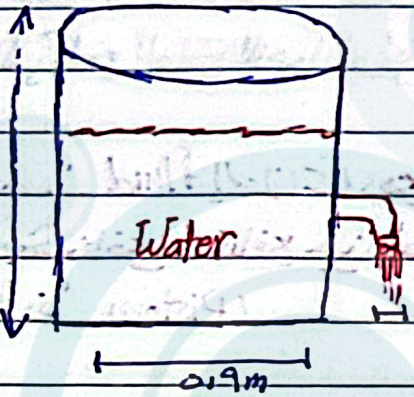
② $\dot{m}_{out} > \dot{m}_{in}$ ، الكتلة بالنظام تقل

③ Steady state ← $\dot{m}_{out} = \dot{m}_{in}$

Scanned with CamScanner

Subject: Example from the Book

Ex(6-2). Water from the tank ((note ← (من تعلن الكوام بس تعلن الفكرة



* $h_i = 1.2m$
* $D_{tank} = 0.9m$
* $D_{jet} = 1.3cm \rightarrow 0.013m$
* $V_{avg} = (2gh)^{1/2} = \sqrt{2gh}$

.Determin how long it tankes for the water lellel to (0.6m) from the bottom :-

1) $\dot{m}_{in} - \dot{m}_{out} = \frac{dm_{c.v}}{dt}$

ذي ماكنتي عاد ← ماعاد أو دخول

2) $\frac{dm_{c.v}}{dt} \rightarrow m_{c.v} = \rho V = \rho A_{tank} h$

$\therefore V = Ah$

$\frac{dm_{cv}}{dt} = \frac{d}{dt}(\rho A_{tank} h) \rightarrow$ متغير $= 0 \rightarrow \rho A_{tank} \frac{dh}{dt}$

↳ constan ← الخزان ما يتغير

3) $-\dot{m}_{out} = \rho V A_{jet}$

← يرجع للمعادلة (1) ويعوض (2) و (3) :-

$-\dot{m}_{out} = \frac{dm_{c.v}}{dt}$

$\rho_1 = \rho_2 = constant$

$-\rho V A_{jet} = \rho A_{tank} \frac{dh}{dt}$

* $A_{tank} = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4}(0.9)^2 = 0.636m^2$

* $A_{jet} = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4}(0.013)^2 = 1.327 \times 10^{-4} m^2$ (constant)

$V = \sqrt{2gh}$ ← السرعة الخارجة

$dt = \frac{A_{tank}\, dh}{-A_{jet} V} = \frac{A_{tank}\, dh}{-A_{jet}\sqrt{2gh}}$ ← موضع التكامل

$t = \frac{A_{tank}}{-A_{jet}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2g}} \int_{h_i=1.2}^{h=0.6} \frac{dh}{\sqrt{h}} \rightarrow \int h^{-1/2} dh = \frac{h^{1/2}}{1/2} = 2\sqrt{h}$

$t = \frac{0.636}{-1.327 \times 10^{-4}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2 \times 9.8}} \cdot (-0.64)$

$= 2(\sqrt{0.6} - \sqrt{1.2})$

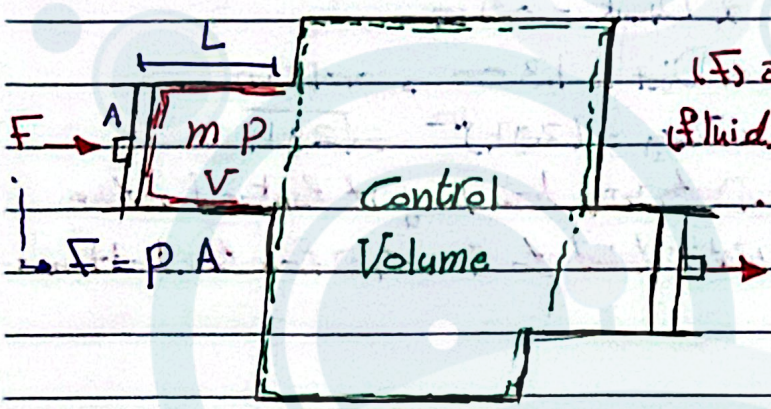
$t = \frac{(0.636)(+0.64)}{+1.327 \times 10^{-4} \cdot 4.42} = 693.975(s)$ $= 2(0.775 - 1.095) = -0.64$

$min = \frac{693.975}{60} = 11.6$ min

Scanned with CamScanner

⇒ Flow work and the energy of a flowing fluid

⊛ Flow work is the work required to push fluid into or out of a control volume الشغل اللازم لدفع المائع للدخول أو الخروج من النظام



← تدفع الـ fluid إلى (C.V) فيبذل قوة (F) لذلك يمكننا اختزالها تأثير جزيئات (fluid) كأنها (Piston)

∴ the control Volume work :-

$W = F.L$

$W = (PA)L$ ∝ $F = PA$

$W = PV$ [KJ] ∝ $V = AL$

∴ Per Unit mass

$W = P\frac{V}{m} \rightarrow W = Pv$ [KJ/kg] ← لأنّ حاصل القارورة ملكة P لذلك نقسمها

(Enthalpy) $h = u + Pv$

Note :- ⇒ W. is the energy that fluid contains

⇒ W for input and output is the same متساوية لأنك تدفع

⇒ ∝ Flow work = flow energy = Convective energy $W = PV$ الطاقة

= Transport energy (لأنها تنقل الطاقة)

Flow energy زي ما نقصد الشغل

⇒ Total energy of a flowing fluid :-

Flow energy (W)

Non flowing fluid → $e = u + \frac{V^2}{2} + gz$ ($W = 0$)

Flowing fluid → $\theta = \underbrace{Pv + u}_{= h} + \frac{V^2}{2} + gz$ ← KE ← PE

u → internal energy PE → potential energy

KE → Kinetic energy θ → total energy

∝ $\theta = h + \frac{V^2}{2} + gz$ ∝

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

∴ total energy for a mass $E_{mass} = m\theta = m\left(h + \frac{V^2}{2} + gz\right)$ [KJ]

∴ Rate of energy for a mass $\dot{E}_{mass} = \dot{m}\theta = \dot{m}\left(h + \frac{V^2}{2} + gz\right)$ $\left[\frac{KJ}{s}\right]$ or [KW].

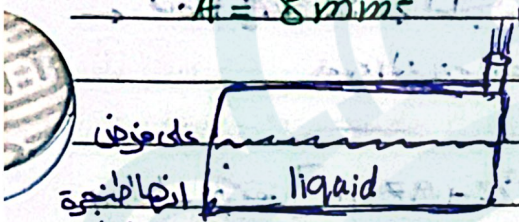
Example (6-3) Energy Transport by mass :- (pressure cooker)

V = 4 L

P = 150 kPa → Determine :- ⓐ The mass flow rate and exit velocity.

V_f = 0.6 L in 40 min ⓑ the total and flow energy (per Unit of mass)

A = 8 mm² ⓒ the rate at which energy leaves



بخار
الماء المتبخر
سائل

L → m³

① mass flow rate :- $\dot{m} = \frac{m}{\Delta t}$ → $m = \frac{V}{v_f}$ (بالتركيبة) (الثاني) $= \frac{1.6 L / 1000}{0.001053}$ $= 0.57$ kg

$\dot{m} = \frac{m}{\Delta t} = \frac{0.57}{40 \times 60} = 2.37 \times 10^{-4}$ kg/s → $\dot{m} = \rho A V$ $\left(\rho = \frac{1}{v}\right)$

* هذا الكلام ده

the exit Velocity :- $V_{exist} = \frac{\dot{m}}{\rho A} = \frac{\dot{m} v_g}{A} = \frac{(2.3 \times 10^{-4})(1.1594)}{8 \times 10^{-6}}$ (المعلم)

$= 34.4$ m/s

② Flow energy = $W = PV$ $[h = u + Pv]$

$w = h - u = h_g - u_g = 2693.1 - 2512.2 = 173.9$ KJ/kg

total energy :- $\theta = h + PE + KE$ (PE = 0)

$\theta = h$ → $\theta = h_g|_{P=150 KPa} = 2693.1$ KJ/kg

③ $\dot{E} = \dot{m}\theta = (2.37 \times 10^{-4})(2693.1) = 0.638$ KJ/s $= 0.638$ KW

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

Energy analysis of steady flow systems

* بنطبق قانون الديناميكا الحرارية الأول على Control Volume

[Rate of Change of internal energy with C.V] = [net energy transported by the flowing stream] + heat - Work

* الطرف الأيسر (U) اللي بنتعامل مع نظام ΔKE=ΔPE=0 لذلك (Stationary)

← الطاقة لا تُفنى ولا تُخلق، فقط تتحول

← لما يكون الطاقة داخل وخارج النظام بشكل ثابت مع الزمن ← steady flow

(مش الزمن ما بتغير كمقدار عن نقطة معينة زي الموجة، الضغط ...)

$$\frac{dm_{cv}}{dt} = \left[\sum_{in}(PV+U+V^2/2+gz)\dot{m} - \sum_{out}(PV+U+V^2/2+gz)\dot{m}\right] + \dot{Q}_{in} - \dot{W}_{out}$$

* $PV+U=H$ * $\Delta KE=PE=0$ so ←

$$\frac{dm_{cv}}{dt} + \sum_{out} h\dot{m} - \sum_{in} h\dot{m} = \dot{Q}_{in} - \dot{W}_{out}$$

* $\frac{dm_{cv}}{dt} = 0$ for steady flow, no change in mass and no change in conditions within C.V

$$\Rightarrow \sum_{out}(h+V^2/2+gz)\dot{m} - \sum_{in}(h+V^2/2+gz)\dot{m} = \dot{Q}_{in} - \dot{W}_{out}$$

m: Constant
U = Constant

Unit is KJ/s ← طب ليش ما بنتعامل مع PE, KE من فوق؟ لأنه عادي يكون الفرق قليل حتى لو النظام steady state. بس بالعادة بنتعامل معهم

note ← القانون تطبيق لقانون (($E_{in} = E_{out}$))

* Single entrance and exit to C.V :

* يعني الـ fluid يدخل من مكان واحد ويخرج من مكان واحد

$$\dot{m}_{in} = \dot{m}_{out}$$

$$\Delta h + \frac{\Delta V^2}{2} + g\Delta z = q - w$$

Unit [KJ/kg]

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

▷ Terms appearing in the balance equation · الحدود في المعادلة

① Rate of heat transfer معدل نقل الحرارة

$\dot{Q}$ → rate of heat transfer into the Control Volume

$-\dot{Q}$ → When the system loosing heat

$\dot{Q}=0$ → When the system well "insulated"

② Power القدرة

⊛ في حالة الـ Steady flow الـ Volume بكون ثابت في C.V system. وبذلك "no work boundary"

$W_{boundary} = \int p\, dV$

⊛ "الشغل" الحبتدخل الاكتله والي النظام حكينا عنه انه بساوي (PV) وبشتغل كأنه مكبس افتراضي immaginary piston وبكون موجود بالمعادله داخل الـ enthalpy

$h = PV + U$

⊛ باقي اشكال الشغل

work shaft

electric work

⊛ غير ذلك $W=0$

③ enthalpy

$\Delta h = h_2 - h_1$

for ideal gas $\Delta h = C_{P\,avg}(T_2 - T_1)$

④ Kinatic energy

⊛ يتم تجاهلها في حالة السوائل المنخفضة لكن في حالة السوائل المرتفعة تصبح ضرورية

$\Delta KE = \frac{(V_2^2 - V_1^2)}{2} = \frac{\Delta V^2}{2}$

⑤ Potential energy

$\Delta PE = g(Z_2 - Z_1)$

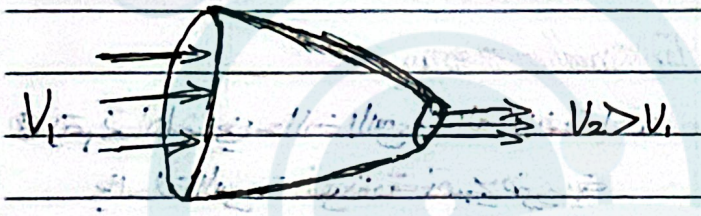
Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

⇒ Type of engineering steady flow devices :-

Nozzles and Diffusers ادوات تستخدم التحكم في حركة التدفق

Nozzles



※ increase Velocity
※ decrease pressure

diffusers



※ decrease Velocity
※ increase pressure

note :- ① $\dot{Q} = \dot{W} = 0$ ② $\Delta KE \neq 0$ (التغير)

$\Delta PE = 0$

Example (6-4). Deceleration of Air in a Diffuser :-

Air at (10°C) and (80kPa) enters the diffuser of a jet engine steadily with a Velocity of (200 m/s). the area (0.4m²). determine :-

ⓐ the air leaves the diffuser ⓑ the mass flow rate

with a small Velocity compared to the in let ⓑ the temperature of the air that leaving the diffuser (T_2)

→ V_2 = zero

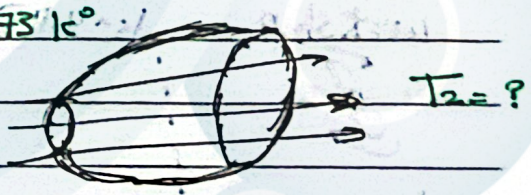
→ air. ideal gas

$T_1 = 10°C \rightarrow 10 + 273\ K°$

$A_1 = 0.4\ m^2$

$P_1 = 80\ kPa$

$V_1 = 200$ m/s



ⓐ $PV = RT$

$v = \frac{RT_1}{P} = \frac{(0.287)(283)}{80}$

$v = 1.015\ m^3/kg$ (Specific Volume)

Scanned with CamScanner

Subject : / /

→ mass flow rate :- $\dot{m} = \rho \cdot V A \Rightarrow \dot{m} = \frac{VA}{v}$ (V: Speed)

↳ $\rho = \frac{1}{v}$

$\dot{m} = \frac{(200)(0.4)}{1.015} = 78.8 \text{ kg/s}$

(b) $T_2 = ??$

$\Delta h + \frac{\Delta V^2}{2} + \cancel{\Delta PE} = \cancel{\dot{Q}_{in}} - \cancel{\dot{W}_{out}}$

$\Delta h = -\frac{\Delta V^2}{2}$ $\quad h_2 - h_1 = -\frac{\Delta V^2}{2}$, $h_2 = h_1 - \frac{\Delta V^2}{2}$

T	h
280	280.13
285	285.14

$T = 283$ ← table (A-17) ← $h = ??$

$h_2 = h_1 \big|_{T=283} = 283.14 - \frac{\Delta V^2}{2}$

$h_2 = 283.14 - \frac{(0 - 200^2)}{2} \cdot \frac{1}{1000}$ ← تحويل لـ KJ/kg

$\frac{283 - 280}{285 - 280} = \frac{h - 280.13}{285.14 - 280.13}$

$\frac{3}{5} = \frac{h - 280.13}{5.01}$ $\quad 15.03 = 5h - 1400.65$

$h = 283.136 \text{ KJ/kg}$

* $h_2 = 283.14 + \frac{200^2}{2} \cdot \frac{1}{1000} = 303.14 \text{ KJ/kg}$

من (A-17)

T	h
300	300.19
305	305.22

$\frac{T - 300}{305 - 300} = \frac{303.14 - 300.19}{305.22 - 300.19}$

$T_2 = 303 \text{ K}^\circ$

$T_2 = 303 - 273 = 30^\circ\text{C}$

(Note) Energy Equation في اغلب قوانين

* نقسم السرعة $\frac{V^2}{2}$ على 1000 اذا كانت القيم الاخرى في المعادلة معطاة (KJ) بـ

SIGMA NOTEBOOK

Scanned with CamScanner

Subject :

// Steam at (1.8 MPa) and (400 C) steadily enters a nozzle whose inlet area is (0.02 m^2), mass flow rate is (5 kg/s), steam leaves nozzle with (1.4 MPa) with a Velocity of (275 m/s). heat losses from the nozzle (2.8 KJ/kg). determine :- @ inlet Velocity

ⓑ exit temperature



$P = 1.4\ MPa$, $A = 0.02\ m^2$, $Q = 2.8$

$T_1 = 400\ C^\circ$, $\dot{m} = 5\ kg/s$, $V_2 = 275\ m/s$

الخروج حالة البخار

$T_{sat}|_{P=1.4} = 336 < 400$ superheated , the (A-6) $\rightarrow h_1 = 3251.6\ KJ/kg$, $v_1 = 0.116849\ m^3/kg$

@ $\dot{m} = VAρ \rightarrow \dot{m} = \frac{VA}{v}$ ... القانون $\rightarrow V = \frac{\dot{m} v}{A} = \frac{5 * 0.116849}{0.02}$

ⓑ $T_2 = ?$

$\Delta h + \frac{\Delta V^2}{2} + g\Delta z = Q_{in} - W_{out}$, $V_1 = 421\ m/s$

$h_2 = h_1 + \frac{\Delta V^2}{2} = -Q_{in}$ ← heat losses

$h_2 = h_1 - Q_{in} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} \rightarrow 3251.6 - 2.8 + \frac{(275)^2 - (421)^2}{2}$

$h_2 = 3211.9\ KJ/kg$

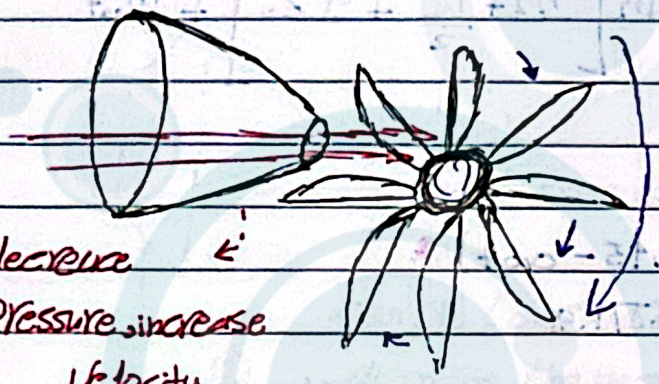
$T_2|_{h_2 = 3211.9,\ P=1.4} = 378.6\ C^\circ$ from (A-6)

Scanned with CamScanner

Subject : / /

Turbine (expander)

expansion of a gas through a nozzle تدفق الغاز خلال الـ (nozzle) لتوليد طاقة



decrease Pressure, increase Velocity

Turbine: جهاز يحول من nozzle الى عبور ما بتهوي الغاز وجدها يقوم بلف الـ blades لتوليد الطاقة، لما تتحرك الـ blades تروح بتعيق عني ← W_{out} (shaft work)

* Turbine: for water "steam"
* expander: for gas

→ No Velocity change $\Delta KE = \Delta PE = 0$

→ $Q = 0$

* for steady state flow process :-

$$\dot{W}_{out} = \dot{m}\Delta h = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

Example :- The power output from an turbine (5MW), and the inlet and exit conditions are indicated in the drawing determine :- ⓐ Compare magnitudes $\Delta h, \Delta KE, \Delta PE$

ⓑ Work done by Unit mass

ⓒ mass flow rate

$P_1 = 2MPa$, $T_1 = 400 c^\circ$, $V_1 = 50 m/s$, $Z_1 = 10m$

$Q = 0$

$\rightarrow W_s$

$P_2 = 15$

$X_2 = 0.9$

$V_2 = 180 m/s$

$Z_2 = 6m$

ⓐ $\Delta h \rightarrow h_1 \rightarrow$ super heated

then $h_1 \Big|_{\substack{T=400 \\ P_1=2MP}} = 3248.4 KJ/Kg$

$h_2 \rightarrow$ saturated liq - Vapor

$h_2 = h_f + x h_{fg}$

$h_2 = 2361.01 KJ/Kg$

$\therefore \Delta h = -887.39 KJ/Kg$

لاحظنا انو $\Delta PE, \Delta KE$ بوخذ الوحدة الكاملة

$$\Delta KE = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} = \frac{180^2 - 50^2}{2} = 14.95$$

$$\Delta PE = g(Z_2 - Z_1) = 9.8(10 - 6)$$

$\Delta PE = 0.04 KJ/Kg$

→ $|\Delta h|$ Value is much bigger, then ΔKE and ΔPE

Scanned with CamScanner

▸ Subject

ⓑ energy balance by steady state :-

$$\Sigma in = \Sigma out$$

$$\dot{m}\left[h_1 + \frac{V_1^2}{2} + g z_1\right] = \dot{m}\left[h_2 + \frac{V_2^2}{2} + g z_2\right] + \dot{W}_{out}$$

$$-\dot{W}_{out} = \Delta h + \Delta KE + \Delta PE$$

$$\dot{W}_{out} = -(-887.39 + 14.95 - 0.04)$$

$$\dot{W}_{out} = 872.48 \ KJ/kg$$

ⓒ mass flow rate :- $\dot{m} = \frac{\dot{W}}{w} = \frac{5000}{872.48} = 5.78 \ KJ/s$

→ Compression process :- عملية يتم فيها ضغط المائع (يعمل ضغطه) وينتج شغل

* Expansion → is a device in which a fluid expands and produces work

* Compression → pressure augmentation and work required

ضغط الغازات عن طريق استهلاك الطاقة (الضغط)

→ Example :- pump → for water , compressors → for gases ,

* Vacuum pump بنفخ الهواء ، blower بفرغ الهواء

→ Application :- Transport of fluide , fluidization of particulation solids ,

تسييل الأغذية الصناعية ، في بلف الغازات ، نقل الموائع

* a compression by rotating blades الضغط يتم بواسطة (blades) بشكل دوارة

* operating in reverse direction or cylinder with reaprocating piston

* أو باستخدام : اسطوانة فيها مكبس يتحرك للأمام والخلف مثل: الموجود في السيارات لضغط الوقود وحرقه

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

Energy balance :- $\dot{W}_{in} = \dot{m}\Delta h = \dot{m}(h_2 - h_1)$ — لنوع من الشغل مثل نوع طاقة الحائع

$\Delta PE = 0 \quad Q = 0$

$\Delta KE = 0$



← Work ($\dot{W}_s$)

Work shaft from rotating blades.

Example (6-6). Compressing Air :-

→ determine the necessary power input to the compresson

المعطيات :- $P_1 = 100\,kP$, $t_1 = 280\,K°$, $P_2 = 600\,kPa$, $t_2 = 400\,k°$

Solution :- $\dot{m} = 0.02\,kg/s$, heat loss of $Q = 16\,KJ/Kg$.

$\dot{E}_{in} = \dot{E}_{out}$

$\dot{W}_{in} + \dot{m}h_1 = \dot{Q}_{out} + \dot{m}h_2$

$\dot{W}_{in} = \dot{Q}_{out} + \dot{m}(h_2 - h_1)$

$= (0.02)(16) + (0.02)(400.98 - 280.13)$

$= 2.74\,KW$.

$h_1|_{t_1 = 280k} = 280.13\,KJ/kg$

$h_2|_{t_2 = 400k} = 400.98\,KJ/kg$ → from (A-17).

net → (heat loss) لما خطولك اشي كـ Q- بما انه

لا تنسى انك بنا الطاقة بتشكل مختلف لا هل :-

(1) Heat out OR لهيك استخدم دائماً حالة $\dot{W} = \dot{m}\Delta h + \dot{Q}$

(2) Heat (in) (added) :- $\dot{W} = \dot{m}\Delta h + \dot{Q}_{out}$ OR $\dot{W} = \dot{m}\Delta h + \dot{Q}_{in}$

Throttling process ... عملية يتم بها تقليل الضغط فجأة بسبب ((إعاقة التدفق))

When the flow is restricted تضييق المجرى .

Example : orifice , Partially closed Valve , porouse plug .

فتحة صغيرة ← صمام ← مادة مسامية

* (decreased of pressure) * كلهم بعملوا نفس شغل

SIGMA NOTEBOOK

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

* Throttling process :-

- ⊛ ΔE change in Kinetic and Potential energy
- ⊛ ΔE shaft work لا يوجد شغل دوراني او غيره
- ⊛ the main result of this process is pressure drop الهدف الضغط
- ⊛ adiabatic process $Q=0$ $P_1 > P_2$

▷ So energy balance :-

$\Delta h = 0$ $h_{in} = h_{out}$ Constant enthalpy process ← مهم

* for ideal gas → $T_1 = T_2$ بالغاز المثالي ما بتغير الحرارة
* for real gas → temperature drops $T_1 > T_2$

Example :-

Ⓐ Throttling of steam 1 ⋈ 2 $P_1 = 100$ kPa

$P_2 = 101.325$ kPa (atm)

① $h_1|_{P=100, t=300} = 3051.6$ KJ/kg $T_1 = 300\,C°$

$T_2 = ??$

$h_2 = h_1$ مقارنة لحتى نتعرف حالة المادة :-

↳ So → $T_2|_{h=3051.6, P_2=101.325\,kPa} = 288.5\,C°$ $t_{sat}|_{P=100} = 179.9\,C°$

$T_1 > T_{sat}$

ببدك تسبرهلي حالة المبرد 3

So superheated (A-6)

Ⓑ Throttling of wet steam ⋈ $P_1 = 1000$ kPa $P_2 = 101.325$

$x = 0.96$

Sol → at the inlet due do quality the state is sat-mixture take from table (A-5) we get (h_f, h_{fg}) and then $h_1 = h_2 = h_f + x h_{fg}$

$= (762.51) + (0.96)(2014.6) =$

$h = 2697$ KJ/kg

$P_2 = 101.325$ A-5

↳ $h_f = 419$ $h_g = 2676$

التي من ?? $> h_2$

then cheak $h_g|_{P=101.325}$

∴ No, then :-

$h > h_g$ So superheated (A-6)

$T_2|_{P=101.325} = 110.5\,C°$

اختصارات للتذكير → $h_f < h < h_g$ mix

$h > h_g$ → super , $h < h_f$ liquid

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

// Throttling of Sat-liquid — $P_1 = 1000$ kPa, $P_2 = 101.325$ kPa

* Find (x) of exit :-

$h_1 = h_2 = h_f|_{P=1000} = 762.5$ KJ/kg → Sat. liquid

جدرها يتعرض جزء منه نتيجة انخفاض الضغط وصار mix

$h_2 = h_f + x h_{fg}|_{P=101.325} \rightarrow 762.5 = 419 - x(762.5)$

$x = 0.152$

* example from the book (6-8)

→ Refrigerator as saturated liquid at (0.8) MPa; Pressure at throtted (0.12 MPa), find quality (x) of the refrigetator at the final state and temperature drop :-

* Refrigerat R-134a → saturated liq عند الدخول يكون

$P_1 = 0.8$ MPa $P_2 = 0.12$ MPa

اكمل الجدول ← (x_2) عند الخروج و (ΔT) مقدار انخفاض الحرارة

(Throtted) التخنق

$(h_1 = h_2)$ → ① Saturated liquid $x_1 = 0$ So → $h_1 = h_f|_{P_1 = 0.8}$

$h_1 = h_f \approx 95.9$ KJ/kg (A-12)

→ $h_1 = h_2 = 95.9$ KJ/kg . $T_1|_{P=0.8} = 31.31\ C^\circ$

$h_f|_{P_2 = 0.12\ MPa} = 22.5$

$h_{fg}|_{P_2 = 0.12\ MPa} = 214.5$

$h = h_f + x h_{fg} \rightarrow 95.9 = 22.5 + x(214.5)$ $x = 0.34$

$T_2|_{P=0.12} = -22.32\ C^\circ$

$\Delta T = (-22.32 - 31.31) = -53.63\ C^\circ$

Scanned with CamScanner

▸ Subject

Mixing Chamber ← * جهاز يتم فيه خلط أكثر من (Streams) مع بعض
مثل :- الدش (ماء بارد وساخن)

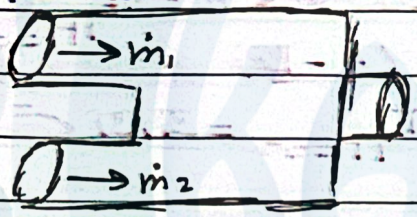
المبادئ اللي بشتغل عليها

Conservation energy ←→ Conservation of mass
"mass balance"

$\sum_{in} \dot{m}h = \sum_{out} \dot{m}h$ $\qquad \sum \dot{m}_{in} = \sum \dot{m}_{out}$

(6-9) مثال الكتاب * دفين منزه ⊛ $Q=0$ ..insulated
بين الأوقام مختلفة ⊛ $W=0$ .. No work involved
↑ ⊛ KE & PE are ignored ..

//Consider an ordinary shower where hot water at (60 C°) is mixed with cold water at (10C°). If it is desired that a steady stream of warm water at (45C°) be supplied, determine :-
mass flow rates of hot water to cold water when P=150 kPa
↳ $\dot{m}_1/\dot{m}_2$ بدي النسبة بين



Solution :- $\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3$ ← (تركيز عزيزي) $(\dot{m}_3 = \dot{m}_1 + \dot{m}_2)$
$\dot{m}_1 h + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3$

$y = \frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_2}$ * نقسم على ($\dot{m}_2$) ونزرعن

$yh_1 + h_2 = h_3 + yh_3$ ← $yh_1 + h_2 = (1+y)h_3$

$yh_1 - yh_3 = h_3 - h_2$

$h_1|_{60} = 251,18$ $\qquad h_2|_{10} = 42,022$

$y = \frac{h_3 - h_2}{h_1 - h_3} = \frac{188,44 - 42,022}{251,18 - 42,022}$ $\qquad h_3|_{45} = 188,44$ from (A-4)

$= 2,33$ (لما في عندي بخار) ← Compressed liquid

SIGMA NOTEBOOK

Scanned with CamScanner

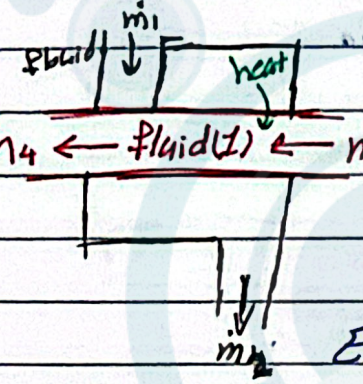
▸ Subject : / /

▷ Heat exchanger ... (المبادل الحراري) → Example :- [Boiler]

↳ device where two moving fluids are exchanging heat without mixing

(تبادل الحرارة بين مائعين بدون ما يختلطوا)

→ Simple forms :- tube and shell



① mass balance

$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \qquad \dot{m}_3 = \dot{m}_4$

② $W = 0 \qquad \Delta KE = \Delta PE = 0$

Example (6-10). Cooling of Refrigerant-134a (water)

→ Refrigerant-134a is a cooled by water in a Condenser

[evaporator اما تسخين condenser تبريد بدون] ←

input

* $\dot{m} = 6\ Kg/min$
* $P_1 = 1\ Mpa \quad T_1 = 70°C$

out

$T_2 = 35°C$, $P_2 = 300\ KPa$

Input

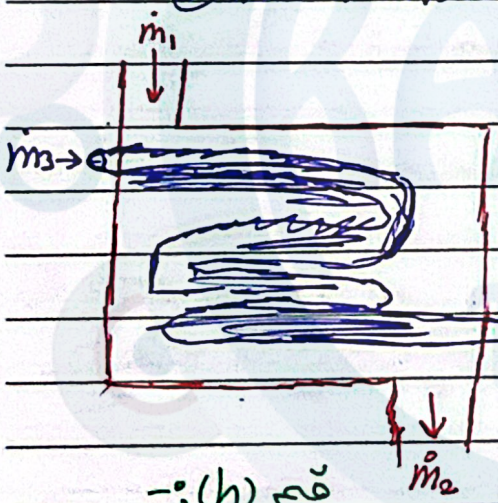
$T_3 = 15°C$

$T_4 = 25°C$

output

→ find :- ⓐ mass flow rate of water

ⓑ heat transfered from (Ref-134a) to water



▷ mass balance :- $\dot{m}_{in} = \dot{m}_{out}$

$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \dot{m}_{water}$

$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_{R-134a}$

▷ energy balance :- $\dot{E}_{in} = \dot{E}_{out}$

$h_1\dot{m}_1 + h_3\dot{m}_3 = h_2\dot{m}_2 + h_4\dot{m}_4$

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

$\dot{m}_w = \dfrac{\dot{m}_R(h_4 + h_3)}{h_1 + h_2} = 29.1\ KJ/min$

من (h) جدول

$h_1 = h_{f|} = 62.98\ KJ/Kg$, $h_{2|_{25°}} = 104.83$

↑ compressed liquid

$h_3 = 303.85$ superheated

$h_4 = |_{T=25} = 100.87$

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

(b) the Volume of interest is only water then :-

Water is the Control Volume

$$\dot{Q}_{in} + \dot{m}_w h_1 = \dot{m}_w h_2$$

$$\dot{Q}_{in} = \dot{m}_w (h_2 - h_1) = 1218 \text{ KJ/min}$$

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

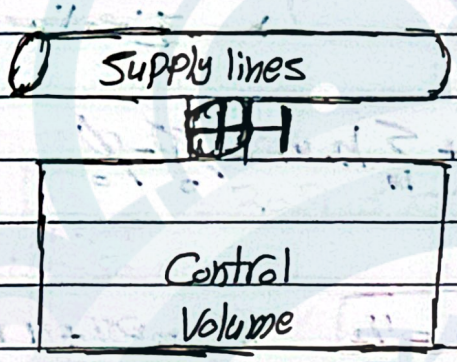
▷ Energy Analysis of Unsteady flow processes :-

* كل الأمثلة اللي كانت قبل كده "Steady" ، طب ما الفرق بينهم ؟ أنا سبقلك بس وكمل بايز :-

* Steady flow → no change within control volume $\frac{dm}{dt} = \frac{dm_{cv}}{dt} = 0$ ثابت مع الزمن

* Unsteady flow → change " " " يتغير مع الزمن $\frac{dm}{dt} \neq 0 \neq \frac{dm_{cv}}{dt}$

↳ example : Charging of a rigid tank from supply lines تعبئة خزان فارغ أو حتى تفريغه



◁ عند فتح الحنفية تبدأ التعبئة وبذلك تزداد الكتلة مع الوقت

* معادلات النظام *

① energy balance

$$\frac{dm_{cv}u_{cv}}{dt} + \sum_{out}\left(h + \frac{V^2}{2} + gz\right)\dot{m} - \sum_{in}\left(h + \frac{V^2}{2} + gz\right)\dot{m} = \dot{Q} - \dot{W}$$

$$* \int \frac{dm_{cv}}{dt}\,dt = m_2u_2 - m_1u_1 \quad * \int \dot{m}\,dt = m \quad * \int \dot{Q}\,dt = Q \quad \int \dot{W}\,dt = W$$

$$\therefore \text{Then } (m_2u_2 - m_1u_1) + \sum_{out} h(m) - \sum_{in} h(m) = Q - W$$

* ignoring KE and PE

* $Q = Q_{net} = Q_{in} - Q_{out}$

* $W = W_{net} = W_{in} - W_{out}$

② mass balance

$$\frac{dm_{cv}}{dt} + \sum_{out}\dot{m} - \sum_{in}\dot{m} = 0$$

▷ Note :-

* Steady flow : fixed in space, size and shape

* Unsteady flow : " " " " ; but might change boundaries

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

▷ Note :-

Unsteady flow by Uniform flow

* Properties of fluid at the inlet and outlet do not change (نفس القيم عند الدخول والخروج)
* may in Valve electrical, shaft, boundary work all at once (ثابتة بس في تغير داخلي) (unsteady)

* الفرق بين steady و unsteady
steady ← شيء مدخل وخرج
unsteady ← يا مدخل يا خرج (واحد بس)

⊛ energy balance (ماعدا خرجات)

$$(m_2u_2 - \cancel{m_1u_1}^{0}) + \sum_{out} h_o m_o + \sum_{in} h_i m_i = \cancel{Q}^{0} - \cancel{W}^{0}$$

∴ then $m_2u_2 - h_i m_i = 0$

$\cancel{m_2}u_2 = h_i \cancel{m_2} \rightarrow \boxed{h_i = u_2}$ * $h = PV + u$ *

$Pv_i + u_i = u_2$ * $PV = RT$ *

$\therefore RT_i + u_i = u_2$

$RT_i = u_2 - u_i$

* $u_2 - u_i = C_v(T_2 - T_i)$ *

$C_v\left(\frac{T_2}{T_i} - \frac{T_i}{T_i}\right) = R\frac{T_i}{T_i}$

$C_v\left(\frac{T_2}{T_i} - 1\right) = R$

$\frac{T_2}{T_i} = \frac{R}{C_v} + 1 = \gamma$

∴ $\boxed{T_2 = 2T_i}$

وهي الأعلى

⊛ mass balance :-

$m_{in} - m_{out} = m_2 - \cancel{m_1}^{0} = \Delta m$

$\boxed{m_{in} = m_2}$

Scanned with CamScanner

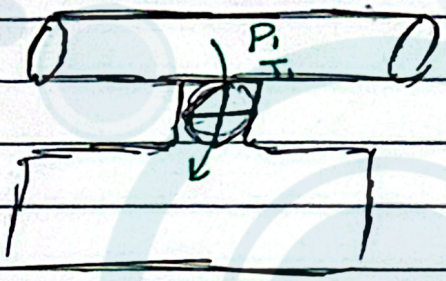
▸ Subject : / /

Example (6-12). Charging of a Rigid tank by steam :-

$P_1 = 1 MPa$ $P_2 = 1 MPa$ *(Rigid tank insulated)

$T_1 = 300°C$ $T_2 = ??$ - الحجم ثابت ومعزول

$Q = 0$ $m_i = 0$



* كيف عرفنا انه Unsteady ؟ الخزان كان فاضي، دخلت كتلة، الكتلة تغيرت.

* mass balance :-

$\Delta m = m_{in} - m_{out} = m_2 - m_1$

$m_{in} = m_2$

Solution :- * energy balance :-

$h_i \big|_{\substack{P_i = 1MP \\ T = 300C°}} = 3051,6 \, KJ/kg$ $h_i = u_2$

→ Use ($h_i = u_2$), find (h_i) then use (u_2) to find T_2 from Table

- (نحدد الحالة لحتى اوجد ثابت جدول):

$T_{set} \big|_{P=1MPa} = 180 C° < 300 C°$

Superheated (A-6)

$h_i = u_2 = 3051,6 \, KJ/kg$

$T_2 \big|_{\substack{u_2 = 3051,6 \\ P = 1MPa}} = 456,1 C°$

Scanned with CamScanner

Subject : / /

CH7 :- The Second law of thermodynamic :-

* السؤال الذي يطرح نفسه ليش القانون الأول مش كافي؟ ليش احتجنا قانون ثاني؟!

△ القانون الأول ينص على انه Heat = Work ويكن فعليًا

* heat and work not equivalent in all ways *

* حيث سهل انه نحول الشغل ← حرارة، بس صعب نحول الحرارة ← شغل بالكامل

△ ممكن مثل عكسيًا. مثل Hot cup of coffee cools: كوب قهوة ساخن طبيعي يبرد

But: cannot get hotter in a cooler room بس مثل كوب بالغرفة بتسخن؟

△ القانون الأول لا يحدد الاتجاه، بتفرق معك إذا العملية ممكنة أو لا بس بحافظ على الطاقة

بس بالقانون الثاني بكون باتجاه واحد فقط.

مثال ثاني: Passing current → Produces heat تمرير التيار بولد حرارة

applying heat → does not produces current إذا حطينا حرارة ما بولد تيار

▷ Conclusion الخلاصة

1. Processes proceed in a certain direction and not in the reverse direction

العمليات الحرارية اتجاه ولا يمكن عكسه one way

2. first law cannot determine in the process can take place

القانون الأول ما بحدد إذا العملية اصلًا ممكنة.

▷ Thermal heat reservoir

* A hypothetical body with a large thermal energy capacity, that can supply or absorb heat without temperature change

جسم افتراضي يمكنه امتصاص أو تصدير حرارة بكميات معينة دون أن تتغير درجة حرارته.

يكون لها سعة حرارية ضخمة جدًا، بحيث أن مقدار الطاقة الحرارية اللازم لرفع درجة حرارتها درجة واحدة تكون كبيرة جدًا

examples :-

→ Rivers النهر، oceans المحيط، atmosphere الهواء الجوي (الطبيعية)

→ industrial furnaces الأفران الصناعية (الصناعية)

types :-

→ supplies energy → Source مصدر حرارة

→ absorbs energy → Sink مصرف الحرارة

▸ Subject : ..... / /

▷ Heat engine

Q: A device that produces work from heat in a cyclic process

جهاز يحول الحرارة إلى شغل ويشتغل على شكل دورة.

→ Cyclic process = set of process that first state = final state

Q engine differ from one to another but share the following properties

1. receive heat from a high temperature source (solar energy, oil furnace, nuclear reactor, etc)..

يأخذ الحرارة من مصدر عالي الحرارة مثل الشمس، الوقود، مفاعل نووي

2. convert part of heat into work (usually shaft work)

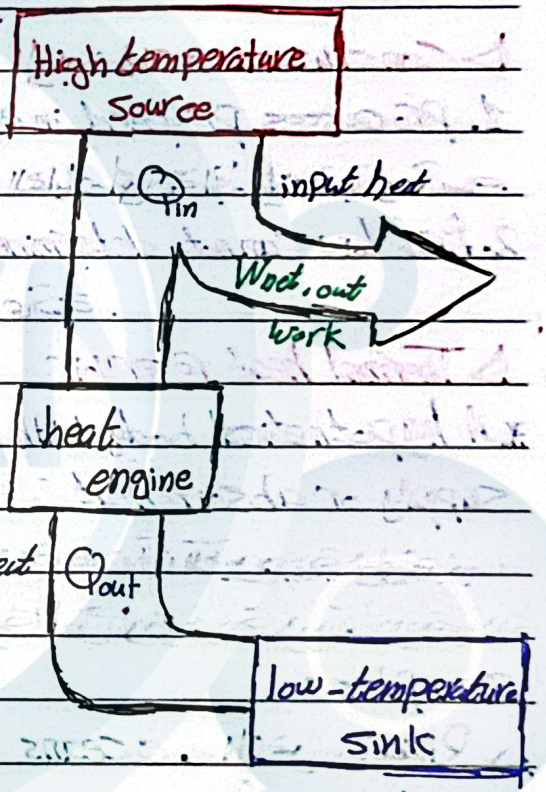
يحول جزء من الحرارة إلى شغل.

3. reject the remaining waste heat into low temperature (atmosphere, rivers, etc)..

يرمي الباقي كحرارة مرتفعة لمكان بارد

4. they operate on a cycle

يشتغل بشكل دورة يرجع لنقطة البداية



▷ Working fluid (fluid circulated)

heat transfers from one unit to another

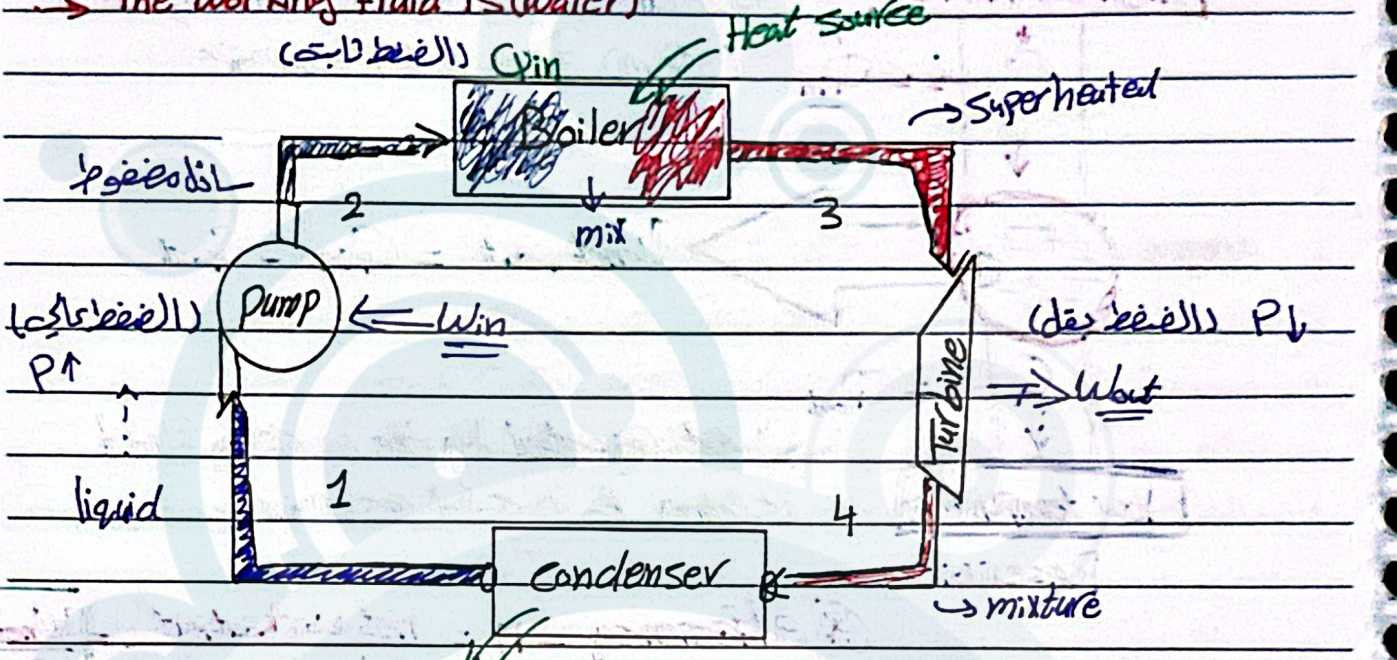
ماديّ ينقل الحرارة بين أجزاء المحرك.

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

Steam power plant (is an example of heat engines)

→ The working fluid is (water)



* Bioler & Condenser are heat exchange

Bioler → يحول السائل لبخار

Condenser → من بخار يرجعه سائل

(1→2) :- Compression of liquid by a Pump (Win)

(2-3) :- Heat addition in a - boiler (Qin)

(3-4) : The steam do a work in the side the turbine (Work out) → Shaft work

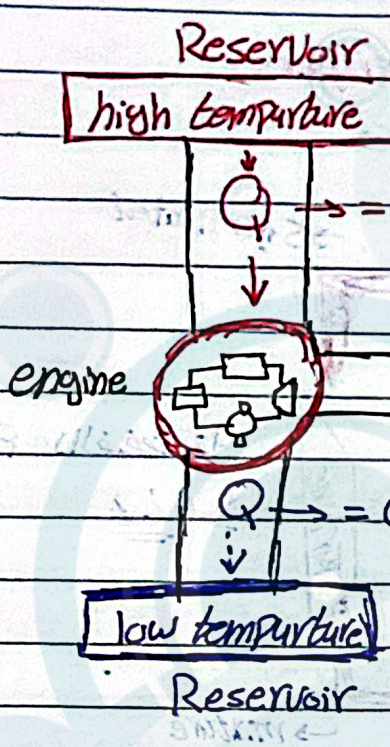
(4-1) : Heat is rejected by a Condser

Thermal efficiency الكفاءة الحرارية

- Absorbtion of heat at high temperature (Qin) → في حرارة داخلية من مصدر ساخن
- Rejection " " " low temperature (Qout) → في حرارة خارجة لمصدر بارد
- production of work in the turbine (Wnet (out))
- required work from the pump (normally very small) (Win)

Scanned with CamScanner

▸ Subject :



→ heat absorbed by the working fluid (steam), from hot reservoir

→ heat rejected by the working fluid (steam), to a cold reservoir

(*) effeciency $= \eta = \frac{\text{net work output}}{\text{heat input}} = \frac{W_{net}}{Q_{in}}$

$$\frac{W_{net}}{Q_{in}} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} = \boxed{1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}}}$$

-note-

* η depends on the degree of reversibility, higher reversibility higher effeciency (كلما زادت الكفاءة كلما كان النظام قادرًا على العمل بشكل أفضل)

* Remark *

▷ Q_{in} and Q_{out} are Positive Value

▷ $Q_{out} = 0$, then effeciency is 100%. but that is impossible (مستحيل تكون الكفاءة 100٪)

▷ maximum effeciency when system is (reversible)

→ (اعلى كفاءة لما يكون النظام مثالي (Carnot

→ * No friction
* no temperature differance
* slow progess

▸ Subject : / /

→ Example (7-1)

$\dot{Q}_{in} = 80\ MW$; $\dot{Q}_{out} = 50\ MW$, $W_{net} = ?$, $\eta = ?$

Solution:- $W_{net} = \dot{Q}_{in} - \dot{Q}_{out} = 80 - 50 = 30\ MW$

$\eta = \frac{W_{net}}{\dot{Q}_{in}} = \frac{30}{80} = 0.375 = 37.5\%$

▷ The second Law of thermodynamic : "Kelvin-Plank statement"

∴ It is impossible for any device that operates on a cycle to recieve heat from a single reservoir and produce a net of work

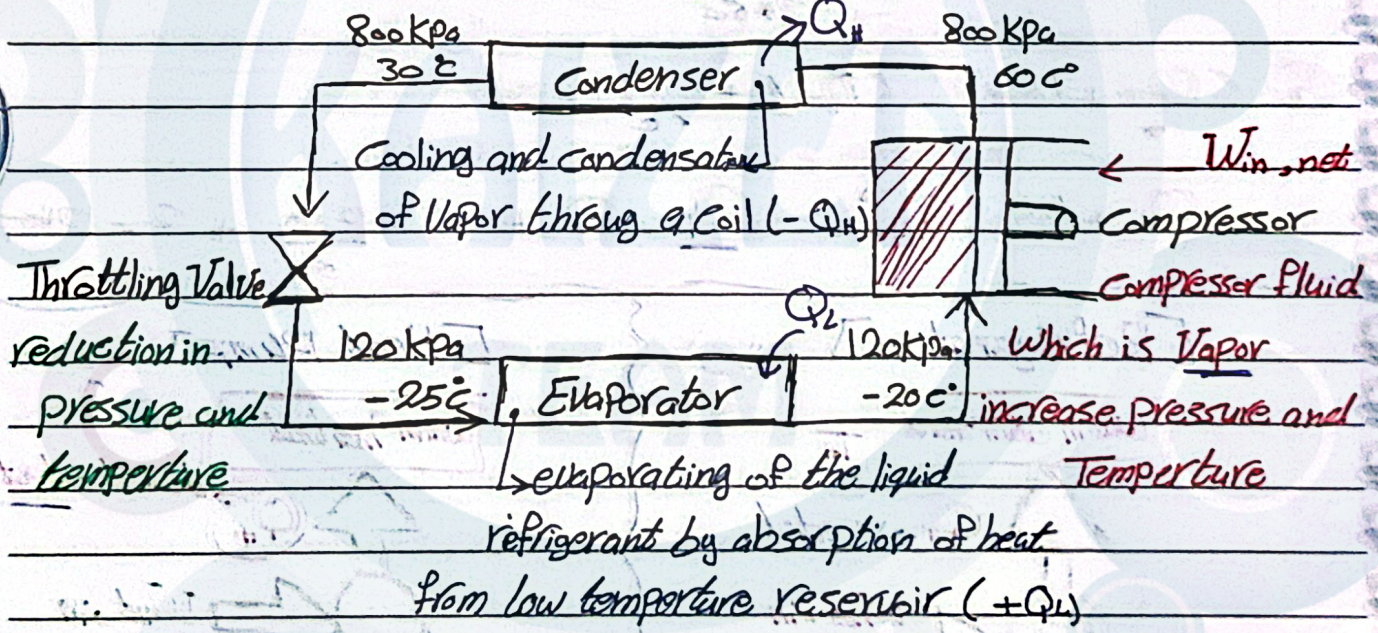
يستقبل جهاز يوند حرارة من مصدر واحد فقط ويحولها كلها لشغل ، وهو مستحيل الاستفادة تكون 100% من الطاقة الحرارية تتحول لشغل جزء من الحرارة يتحول لشغل وجزء يضيع (Q_{out})

$Q_{out} \neq 0$, $\eta \neq 1$

▷ Refrigerator and Heat pump :- الثلاجة مضخة الحرارة

Refrigerator → device that transfer heat from low-temperature to high-temperature (التبريد) (عكس اتجاه engine)

↳ working fluid Used in refrigeration cycle (R-134a)



▸ Subject :

▷ Coefficient of performance

* Used to express the effeciency of the refrigerator تدل على الكفاءة
* denoted by COP_R (R تدل على refrigerator)

$$COP_R = \frac{\text{desired output}}{\text{required input}} = \frac{Q_L}{W_{in}} \rightarrow W_{in} = Q_H - Q_L$$

$$\frac{Q_L}{W_{in}} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} = \frac{1}{\frac{Q_H}{Q_L} - 1}$$

$Q_L > W_{in}$, $COP_R > 1$

higher COP_R , higher effeciency

EX (7-3) :-

$T = 4°C$, $Q_L = 360\ KJ/min$, $W_{in} = 2KW$, ⓐ COP_R

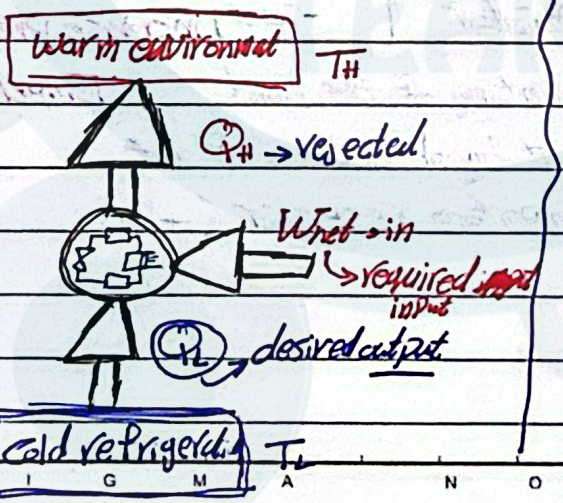
ⓐ $COP_R = \frac{Q_L}{W_{in}} = \frac{360}{2} =$ (min → s) ⓑ rate of heat rejected

$\frac{360}{2*60} = 3$

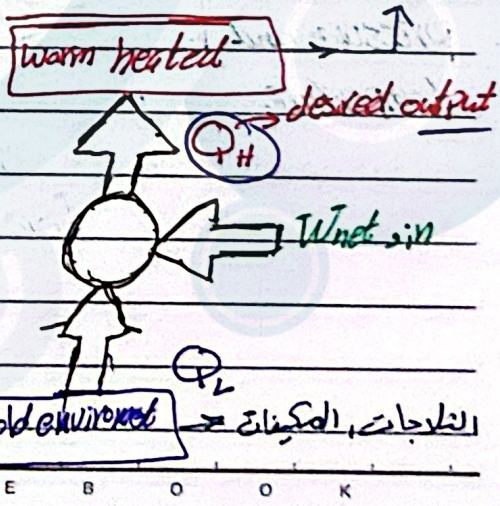
ⓑ $(Q_{in} + W_{in}) - (Q_{out} + W_{out}) = 0$ ($W_{out} = 0$)

$Q_L + W_{in} - Q_H = 0$ $Q_H = Q_L + W = \frac{360}{60} + 2 = 12\ KJ/s$

[Refrigeration] تبريد



[Heat Pump] تدفئة



Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

△ Heat pump: → transfer heat from low temperture to high temperture.

* تشبه تكوين الـ refrigerator الاختلاف أنها تعمل على refrigeration تعمل على (cold environment) أما الـ heat pump عن (worm heated place)

△ $COP_{HP} = \frac{Q_H}{W_{in}} = \frac{Q_H}{Q_H - Q_L} = \frac{1}{1 - \frac{Q_L}{Q_H}}$

$* COP_{HP} = COP_R + 1 *$

(Ex: 7-4) :-

* heat lose rate from house = heat rate gaind to the house = $\dot{Q}_H$ = 80000 KJ/h

* $COP_{HP} = 2.5$

① $W_{in} = ??$ → $COP_{HP} = \frac{\dot{Q}_H}{W_{in}} = 2.5 = \frac{80000}{W_{in}} = 32000$ KJ/h

② Rate heat absorbed :- $Q_L = W_{in} - Q_H = 80000 - 32000 = 48000$ KJ/h

$Q_{in} + W_{in} = (Q_{out} + W_{out})$

$Q_L + W_{in} - Q_{out} = 0$

$[Q_L = Q_{out} - W_{in}]$

△ The second law of thermo : "clausius statement"

ينص على انه مستحيل نقل الحرارة من منخفض إلى مرتفع بدون بذل شغل

* الـ (clausius statemet) مكافئة لـ (Kelvin plank statemet)

* Kelvin-plank ← → * engine *

* Clausius ← → * refrigerator and heat pump *

△ Reversible & Irreversible

* Reversible process : an ideal process which once takes place can be reversed and with no change in either the system or the surrounding.

هي حالة مثالية يمكن قلب أي عملية بدون تغيير النظام أو المحيط مثل بذل جهد خارجي أو غيره ... (بالحياة العملية ما عنا هيك شي ما تتخس)

Scanned with CamScanner

▸ Subject :

▷ Irreversibilites (الموانع)

1. ① Friction
   ② Heat transfer
   ③ Fast process

كل ما كانت Irreversibilites اقل ← كل ما زادت كفاءة العملية.

▷ Reversibility المثالية

1. ① Internally
   ② Externally

* Internally :- No friction, slow process, hot transfer is allowed.
* Externally :- Heat transfer is very low, there is friction, the process in not slow → (بشكل بسيط)

* Totally reverible = Extenally + Internally

▷ Carnot Cycle → (Totally reverible) دورة مثالية خالية من الموانع ← بالكلفن

* Carnot effecency :- $\frac{Q_H}{Q_L} = \frac{T_H}{T_L}$

1. → ① engine :-

$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \rightarrow 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

* ided effeciency when $\eta = 1$, when $T_H \rightarrow \infty$, or, $T_L \rightarrow -273^\circ C$
  - and that is impossible -
* real effeciency Value < 1 always

* بالعادة تكون القيم : $T_L \approx 300^\circ K$, cold reservoir (rivers, lakes, atmosphere)
  $T_H \approx 600^\circ K$, hot reservoir (furnaces, combustors, nuclear reactors)

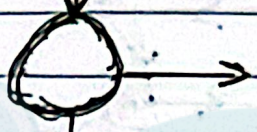
∴ then $\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300}{600} = 1 - 0.5 = 0.5 = 50\%$

* القيم اكيد ممكن تختلف حسب السؤال *

Scanned with CamScanner

▸ Subject : / /

h TR $T_H = 1000°K$



L TR $T_L = 300°K$

(7-5)

* Carnot reversible *

engine لإنها أن تعمل بكفاءة كاملة يمكن لها

engine يكون بأي كفاءة أقل من (0.7) عادي بس

(Irreversible)

$$\eta = 1 - \frac{300}{1000} = 1 - 0.3 = 0.7 = 70\%$$

Example :- a Carnot engine recives (500KJ) of heat per cycle from hight temp reservoir at 652°c and heat to low temp sink 30°c

determine :- ① effeciency ② heat rejected الحرارة المطرودة (Q_L)

$T_H = 652°C \rightarrow 652+273 = 925°K$

$T_L = 30°C \rightarrow 30+273 = 303°K$

$Q_H = 500\ KJ$

① $\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{303}{925} = 0.6724$

② $\frac{Q_L}{Q_H} = \frac{T_L}{T_H} \rightarrow Q_L = Q_H * \frac{T_L}{T_H} = 500 * \frac{303}{925}$

$= 163.8\ KJ$

② Carnot refregirator and heat pump :- Ex:- the refrigerator that space at 2°c While operating in a room temp 25°c, $COP_R = 13.5$ is this claim reasonable ?

* $COP_R = \frac{1}{\frac{Q_H}{Q_L} - 1} = \frac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1}$

* $COP_{HP} = \frac{1}{1 - \frac{Q_L}{Q_H}} = \frac{1}{1 - \frac{T_L}{T_H}}$

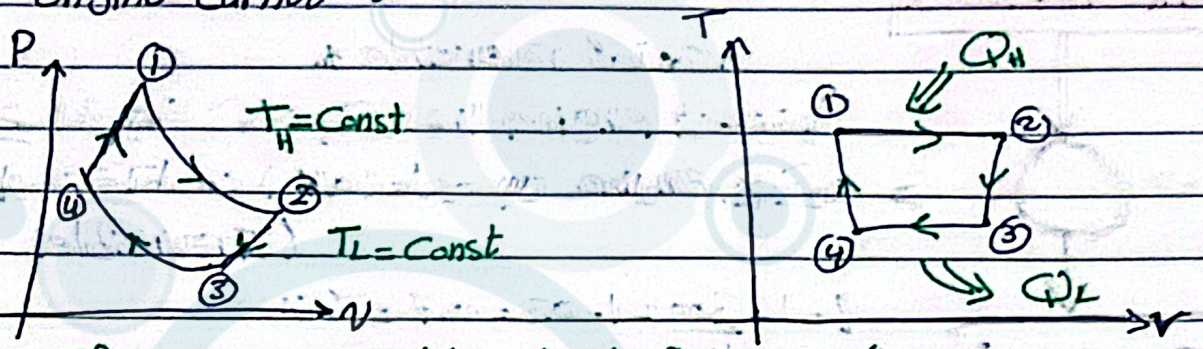
$COP_R = \frac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1} = \frac{1}{\left(\frac{25+273}{2+273}\right) - 1} = 12$

* $12 < 13.5$, the the claim is not reasonble because it is higher then carnot effeciency.

Scanned with CamScanner

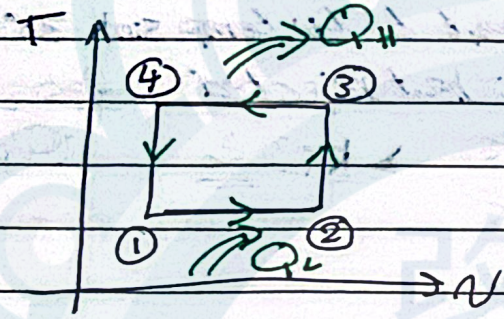
Subject :

Engine Carnot :-



→ If increses (T_H) (temp heat of source) the (η) increses.

Carnot refrigerator, heat pump



end Ch:4