

الفصل الاول

Fundamental Concept
of thermodynamics

المفاهيم الأساسية لديناميك

الحرارة

السؤال الأول : مفاهيم أساسية من الترموديناميك

علم الترموديناميك : علم يهتم بتحويلات الطاقة من نوع إلى آخر
ولهذه تحويل البركبية من الطاقة الحرارية
الناجمة من احتراق الوقود إلى المواد الكيميائية إلى بقية
الطاقات الأخرى (عملية احتراق البنزين يغير طاقة حرارية
والفر من حرارة تحويل الطاقة لتغير في الطاقة الحرارية
في السيارات -

لذلك الترموديناميك مهم جداً :

١٢ التفاعلات الكيميائية

- ١/ التنبؤ بحدوث التفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية
- ٢/ سبب حدوث الطاقة في التفاعلات الكيميائية
- ٣/ يفسر بعض العمليات التلقائية والافتراس الفيزيائية
- ٤/ الترموديناميك لا يهتم بعامل الزمن

تعريف مهم من الترموديناميك :

١. الكيان (النظام) (System) :

أي جزء من الكون له حدود معلومة ويخضع للرصد والدراسة
قد تكون مادة النظام بطور واحد أو أكثر أو قد يحتوي النظام
على أكثر من مادة وأكثر من طور .

٢/ كيان حقيقي (Real System) :

هو أي كيان طبيعي يستعمل في التجربة أو للدراسة العملية الأخرى
فإن أي كمية من المادة (صلبة ، سائلة ، غازية) يقع عليها اهتمامنا
نقرن بالكيان الحقيقي مثل الكرة الأرضية وعلاوة على ذلك يعتبر كيان
حقيقي [المادة المستندة في التجربة ويمرر على قياسات] مثل
السائل في وعاء ، البخار المحصور في أسطوانة مغلقة - الخ

١/ الكيان المثالي (Ideal system):

أي كيان نظري نتعامل معه بالقلم والورق لفرضه سهيل المسائل
الزمن والبيئة . ان مثل هذا الكيان غير موجود في الطبيعة بل يذكر
في الكتب والمفاتيح مثل الغاز المثالي .

٢/ حدود الكيان (boundary system):

هو الغلاف الذي يحتوي الكيان وينفصله عن محيطه الخارجي حدود
الكيان قد تكون حقيقية أو وهمية فالسطح الداخلي لقنية الغاز
مثل حدود حقيقية للغاز المضغوط اما الحدود التي تظهرها ارتخاها
تحت كتلة من الدخان المتحرك في بحر تغير حدود وهمية .
ليس من الضروري ان يكون للكيان حدود ثابتة في الشكل والحجم قد يتعد
ارتفعه ارتشوه اذا تغيرت بعض خواصه مثل الضغط المطلق
او درجة الحرارة .

المحيط (Surrounding):

كل ما يقع خارج حدود الكيان من مادة وضياء وله تأثير مباشر
على سلوك الكيان ويتبادل معه الطاقة .

الكون (Universe):

هو مجموع الكيان والمحيط معاً .

الكيان او النظام ينقسم الى ثلاثة انواع :

١/ الكيان المفتوح (Open system):

هو الكيان الذي يسمح بتبادل الطاقة والكتلة مع المحيط أي
[تكون كتلته في حالة دائمة] وهذا الكيان من أكثر الكيانات
شجوعاً مثل الماء في الغلاية يسخن الطاقة الحرارية وتفقده جزء
من كتلته من خلال البخار

3

ب / الكيان المغلق (Closed system) :
 هو الكيان الذي تبقى كتلته ثابتة دائماً. إن مثل هذا الكيان
 له حدود لا تسمح باجتناب الكتلة بل يتبادل الشغل والحرارة ما
 بين الكيان وحيطه مثل الزبد الموجود في المحرر.

ج / الكيان المعزول (Isolated system) :
 الكيان الذي يبقى مجموع طاقته ثابتاً دائماً. إن الكيان الذي
 له حدود عازلة لا تسمح بتبادل الطاقة بأي شكل من الأشكال.
 أي كيان معزول عزله حيطه عن الكون.

أنواع عزل النظام :

د / الجدار الأديباتيكي (Adiabatic wall) :
 هو الجدار الذي لا يسمح بعبور الحرارة خلاله أي لا يسمح
 بعبور أو خروج الحرارة من العنصر، الخشب، البديهة.

هـ / الجدار الدياترمي (Diathermic wall) :
 الجدار الذي يسمح بعبور الحرارة خلاله ومثل هذا الجدار تكون
 درجته حرارة عام جابنيك واحدة دائماً مثل الصناعات المعدنية
 أو الألواح المصنوعة من النحاس.

أنواع التوازن الحراري (Types of thermal equilibrium)

١. التوازن الحراري :

يعتبر النظام متوازناً حرارياً عندما تكون كافة اجزائه
 في درجة حرارة واحدة ومن ثم فإنه لا يحدث تبادل حراري
 بين مكوناته.

٢. التوازن الترمودينامي :

يعتبر به توازن النظام حرارياً أو ميكانيكياً أو كيميائياً.

خواص النظام (Properties of system):

إن خواص الكيان تعتمد على حالة الكيان فقط ولا تعتمد على خواص الكيان ولا على العملية التي وصل بواسطتها إلى هذه الحالة
مثلاً: درجات الحرارة التي يمكن قياسها في خواص الكيان مثل الكتلة الحجم، الضغط، درجة الحرارة، الخ.

أنواع الخواص :-

أ/ خواص المركزة (Intensive properties):

وهي الخواص التي لا تعتمد على حجم الكيان مثل، درجة الحرارة، الكثافة، الضغط، الشد السطحي، اللزوجة، الخ.

ب/ خواص الشاملة (Extensive properties):

وهي الخواص التي تعتمد اعتماداً مباشراً على كتلة الكيان مثل
الطاقة، الوزن، الحجم، الطاقة الداخلية، الشحنة، الإنتروبي.

ج/ خواص المستقلة (Independent properties):

وهي مهمة لتعيين حالة النظام من الضغط ودرجة الحرارة.

ملاحظة: يمكن تحويل الخاصية الشاملة إلى خاصية مركزة
عندما نقوم بقسمة الخاصية الشاملة للكيان على كتلته
أو عدد المولات فيه وندعم النسبة بين قيمه الخاصية الشاملة
إلى كتلة الكيان بالقيمة النوعية لهذه الخاصية ونرمز للخاصية
الشاملة بحرف كبير أما القيمة النوعية لتلك الخاصية بحرف
صغير

$$u = \frac{U}{m}$$

الطاقة الداخلية النوعية: u

الطاقة الداخلية الكلية: U

كتلة الكيان: m

5

$$V_m = \frac{V}{n}$$

V : حجم الكيان

n : عدد مولات الكيان

V_m : الحجم المولي الذي يشغله مول واحد

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

m : وزن المادة

M : الوزن الجزيئي

n : عدد المولات

$$V_m = \frac{V}{\frac{m}{M}} = M \cdot \frac{V}{m} \quad \rho = \frac{m}{V}$$

$$= M \times \left(\frac{1}{\rho} \right) \quad \text{حجم مولي كل}$$

نعم، القول أن الحجم المولي المول = الحجم المولي المولي
الوزن الجزيئي

المول: كمية المادة التي لها كتلة مادية عددية ووزن الجزيئي.

5 / الخصائص المتاعقة (Dependent properties) :
الخصائص التي يمكن تحديد قيمتها من خلال الخصائص المستقلة
مثل لزوج مياها، الضغط، درجة الحرارة، الكثافة، الخ.
الخصائص المتاعقة كالكمية، مثل عدد الجزيئات، الخ.

6 : العملية الترموديناميكية (Thermodynamic Process) :
أي تغير في الخواص الترموديناميكية للكيان وحيد تغير
في (P, T, V) وتسمى بالعمليات الترموديناميكية

١. العملية الايزوثرمية (Isothermal Process) :
وهي العملية التي يكون على تغير ولكن تحت درجة حرارة ثابتة
يجب ان تكون غلاف الكيان موصل جيد للحرارة بحيث يسمح
لزوج الحرارة او دهنه عند معدل زياره او نقصان في درجة
الحرارة ، ان العمليات التي تتم ببطء تقبل عمليات ايزوثرمية
وتكون التغير في درجة الحرارة صفر $(dT=0)$

٢. العملية الاديباتيكية (Adiabatic Process) :
هي العملية التي يتغير خلالها كمية الحرارة ثابتة في الكيان
وتكون النظام محاط بجدار عازل يمنع تسرب الحرارة وتكون
التغير في كمية الحرارة صفر $(dq=0)$

٣. العملية الايزوباريكية (Isobaric Process) :
وهي العملية التي تتم عند ثبوت الضغط وانه افضل في جميع
العمليات التي تتم في انبساطه فتكون عرضة للضغط
اكبر (ثابت) وتكون التغير في الضغط صفر $(dp=0)$

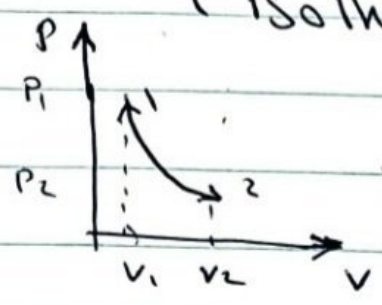
٤. العملية الايزوكلوريكية (Isochoric Process) :
وهي العملية التي تحدث ثبوت الحجم وهي العمليات التي تتم
حده حدث مثل نقل او محدد وبذلك تكون التغير في الحجم صفر
 $(dV=0)$

ونلاحظ تقاطع العمليات الاربعه اعلاه
في ص ١ ص ٨

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = Q = nC_v dT$$

④ عملية متساوية الحرارة (Isothermal)



$$T = C$$

$$W = \int P dV$$

$$= \int \frac{nRT}{V} dV$$

$$= nRT \int \frac{dV}{V}$$

$$= nRT (\ln V)_{V_1}^{V_2}$$

$$W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

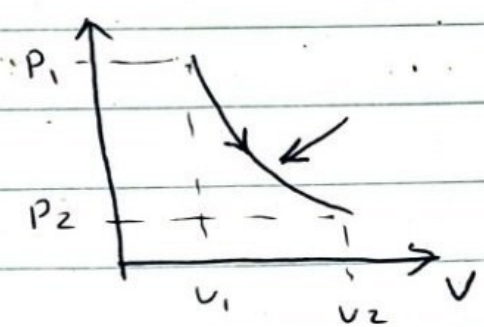
لأن درجة الحرارة ثابتة $\Delta U = \text{Zero}$

فان الطاقة الداخلية لا تتغير ولا تتغير

$$Q = W = PV \ln \frac{P_1}{P_2}$$

⑤ عملية متساوية الحرارة (Adiabatic)

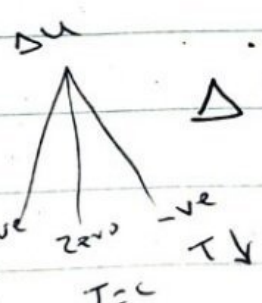
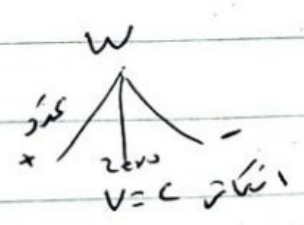
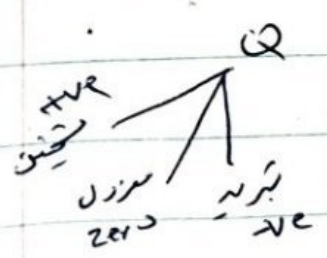
$$Q = 0$$



$$W = \int P dV$$

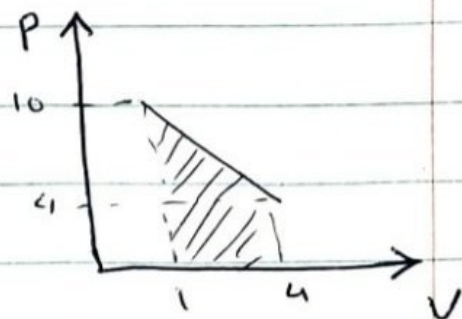
$$= \int \frac{nRT}{V} dV$$

$$= nR \int \frac{T}{V} dV$$

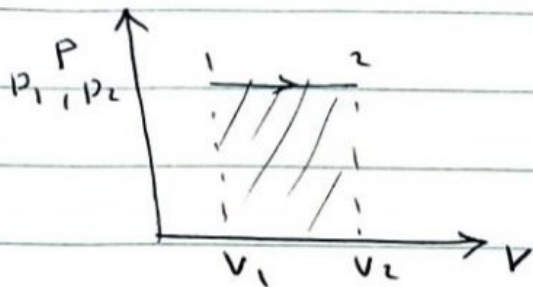


$$\Delta U = -W$$

مفاتيح التكامل هو، المساحة تحت المنحنى
(diagram)



② عملية تتم بتوسيع ضغط (isobaric) :



$$\begin{aligned} w &= \int P dv \\ &= P \int dv \\ &= P (v)_{v_1}^{v_2} \end{aligned}$$

درجة الحرارة
تتغير مع الحجم

$$\frac{v_1}{T_1} = \frac{v_2}{T_2}$$

$$w = P(v_2 - v_1)$$

$$Q = m C_p (T_2 - T_1)$$

(J/kg.k) الحرارة النوعية تحت ضغط ثابت

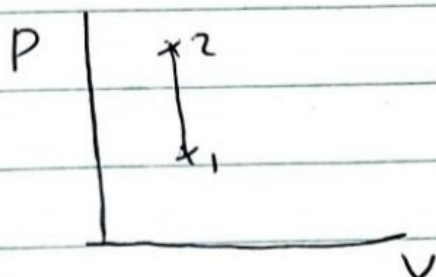
$$Q = n C_p (T_2 - T_1)$$

الحرارة النوعية الجزيئية تحت ضغط ثابت J/kmole.k

$$\Delta U = Q - w$$

$$= n c_p dT - p dv$$

③ عملية تتم بتوسيع الحجم (isometric) :



$$\begin{aligned} w &= \int p dv \quad dv=0 \\ w &= 0 \end{aligned}$$

$$Q = m c_v (T_2 - T_1)$$

الحرارة النوعية تحت ضغط ثابت
J/kg.k

$$Q = n C_v (T_2 - T_1)$$

الحرارة النوعية الجزيئية تحت ضغط ثابت
J/kmole.k

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

$$v_1 = v_2$$

٥. العملية الدورية : هي تلك العملية التي يجرى بها نظام بعد من التغيرات (العمليات) ثم يعود اجزاء الى حالته الابتدائية مرة اخرى تحت هذه دورة كاملة وعندما يمر النظام بعدة دورات (تكرر العملية) تسمى العملية دورية وهي عادة عبارة عن انجاز شغل ارضية. في هذه العملية يكون $dH=0$ في التغير في الانتالبي ياري منه $dU=0$ كذلك التغير في الطاقة الداخلية ياري منه $(Internal Combustion engine)$ ومن امثلة فئات الازدواج الداخلي

٦. العملية اللاعكسية (Irreversible Process) : هي العملية التي تحدث باتجاه واحد ولا يمكن عكسها دون ترك تغيرات دائمة على المحيط وهي عمليات تحدث تلقائياً داخل نظام ليس في حالة اتزان ترموديناميكي كالتقال، كمرارة من مكان حار الى بارد ولا يمكن عكس العملية.

٧. العملية لعكسية (Reversible Process) : هي العملية التي يمكن بعد اتمام انجازها اعادة الكيان الى نفس الشروط التي كان عليها قبل العملية دون ترك اي اثر على المحيط او هي العملية التي يمكن عكسها عند الطلب باحداث تغيرات متناهية في الصغر في درجة الحرارة والضغط في الحقيقة لا يوجد اي طبيعة ظاهرة او عملية عكسية تماماً ومن شروط العملية العكسية

١ ان تتم العملية ببطء شديد (ب) ان لا تكون هناك بشرة في الطاقة (ج) عدم اختلاف ضغط ودرجة حرارة اللسان مع درجة حرارة وضغط المحيط ومن الامثلة على ذلك حث بعض النواع المستحاث وتبريد

القانون العام للغازات

$$PV = nRT$$

P: ضغط الغاز

V: حجم الغاز

T: درجة حرارة الغاز

تزداد الطاقة الداخلية (تتغير موجب) والضغط جميع ولكن بالأساس (تتغير سالب)

درجة الحرارة ثابتة طاقة داخلية ثابتة (التغير صفر)

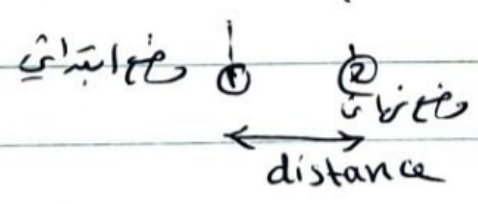
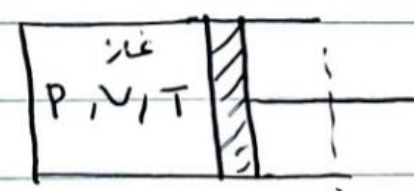
n: عدد المولات

R: الثابت العام للغازات

$$n = \frac{m}{M} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الوزن الجزيئي}}$$

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

كيفية حساب الشغل



$$W = \text{Force} \times \text{distance}$$

$$= \int F \cdot dx$$

where $p = \frac{F}{A}$
 ولكن الضغط يتغير ليس هو
 نسبة البداية والنهاية
 لذلك نكتب مساحة
 dx

$$= \int p \cdot A \cdot dx$$

$$W = \int p \cdot dV$$

$$\therefore W = p \int dV$$

إذا كان الضغط ثابت

المساحة تحت المحطة

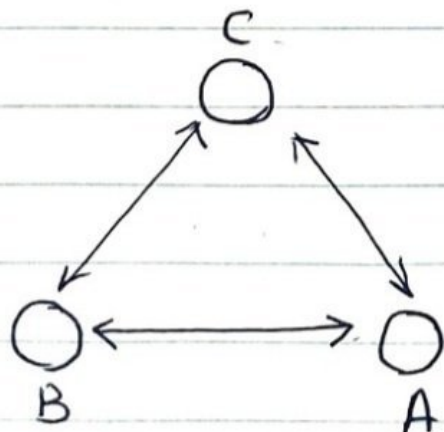
الطاقة (Energy) :
تعرف الطاقة على انزى القدره على انجام شغل وتكمن
على

١/٤ الطاقة المخزونة (Stored energy) :
تكون الطاقة المخزونة على عدة اشكال منها
الطاقة الكهربائية ، الكيميائية ، الداخلية ، الميكانيكية (الطاقة
الحركية) - - الخ

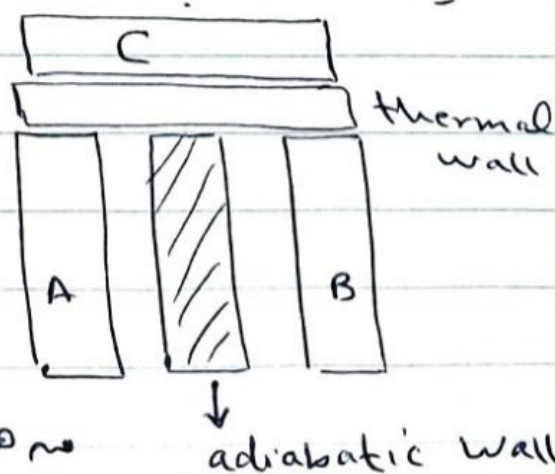
١/٥ الطاقة العابرة (Transit energy) :
ان الطاقة العابرة تكون على شكل نقطة حرارة او شغل .
ان الطاقة التي تدخل الكيان او تخرج منه تكون اما على شكل
حرارة او شغل حيلاني .

تكن نسبة الطاقة العابرة (الحرارة والشغل) بالمطر ففهمنا
يهطل المطر على البحر ، يتحول هذا المطر الى ماء امطار في البحر
ولا يبقى بعد ذلك مطر فالماء له من البحر نسبة الطاقة المخزونة
فيها المطر (الحرارة والشغل) نسبة الطاقة العابرة .

القانون الصغرى : Zeroth Law of thermodynamic
عندما يتوازن حراريا جسمان كل على انفراد مع جسم ثالث
فان الجسمان يكونان في حالة توازن حراري مع بعضهما البعض .
هذا القانون يحدد شرط تساوي درجات الحرارة ولكنه لا يحدد
رغمها مقدار درجة الحرارة



من هنا جاءت فكرة الترمومتر



If object A & B are separately in thermal equilibrium with a third object C, then A & B are in thermal equilibrium with each other

الحرارة ودرجة الحرارة :

درجة الحرارة تقاس بتدريج طلفن ، سيليزي ، فهرنهايت / مقياس كثرة الجسم
بينما الحرارة يقاس بالجول

ثلاثة اوعية على ماء ودرجة الحرارة 20°C

فالوعاء الذي فيه ماء أكثر هو الوعاء ذو كمية الحرارة العالية

الكمية الحرارة تزداد بزيادة كمية المادة مع ثبوت درجة الحرارة

تقاس درجات الحرارة باستخدام الترمومتر الذي يحتوي على السيليزي
أو التكون المليون

الزئبق يحتوي على ميزان حرارة هذه الجزيئات تكون بحالة حركة

الطاقة الحركية لهذه الجزيئات تزداد بارتفاع درجة الحرارة

حين يرتفع عمود الزئبق وعلامة تقيف بانخفاض درجة الحرارة

عند مقارنة كوب من ماء حار مع كوب من الماء البارد مع سائل اطيروه

نلاحظ المقارنة واضحة

macroscopic def الجاهز تقدر الحرارة بتساوي $high$ الى low

Flow of heat حيد

ملقحة 0.5°C واليد 37°C تتصلبه 0.5°C

البليج بالسكن مقدار كونه الماء

microscopic def الجوهري مع قدرته الجزيئات للنظام (الحرارة التفرقة للفرات
مقياس للطاقة الداخلية للنظام (الطاقة الحركية التي تملكها

جزيئات النظام)

الترمومتر : جهاز يستخدم لقياس درجة حرارة النظام
 الأساس العلمي لقياس درجة الحرارة، الجهد من خاصية فيزيائية
 تتغير مع درجة الحرارة

(١) حجم السوائل تتأثر بدرجة الحرارة تتغير وتنكس

(٢) الطول (٣) الضغط (٤) المقاومة (electric resistance)

Bio Meter يستخدم لقياس درجة حرارة الشئ ودرجة حرارة

البراكين أو افران صهر صاوه بالاعتماد على اللون الطيفية

(pyrometer)

Temp. is measured with thermometer that
 may calibrated to a variety of temp. scales.

	تقفة على الماء	تقفة حجم الماء
Celsius	100°	0°
Fahrenheit	180°	32
Kalvin	373.15 K	273.15 K

(١) celsius (١7٠١-١7٤٤) عالم سويدي

Centigrad مسمى من صفر الى ١٠٠ ليكن درجة مئوية

(٢) Fahrenheit (١686-١736) عالم ألماني

مسمى من 32 الى 212

$$F = \frac{9}{5} C + 32$$

(٣) Kelvin (١824-١9٠7) عالم اسكتلندي

لا يصفى على اي مادة

273.15 K نقطة الماء

-273.15 نقطة الصفر المطلق

$$T \text{ in } ^\circ C = T \text{ in } (K) - 273.15$$

4
 273.15°C النقطة الثلاثية للماء (الهز المطلق)
 16°C
 triple point of water (المادى متواجده)
 بكالاته الثلاثه

Ex: جول ٥٠ فهرنهايت سيليزيه
 وطقه

$$T_c = \frac{5}{9} (T_F - 32) = 5/9 (50 - 32) = 10^{\circ}\text{C}$$

$$T = T_c + 273.15 = 10 + 273.15 = 283\text{ K}$$

Ex1 $25^{\circ}\text{C} \rightarrow 80^{\circ}\text{C}$ change in temp, K, F

$$\Delta T = \Delta T_c = 80 - 25 = 55^{\circ}\text{C} = 55\text{ K}$$

$$\Delta T_F = \frac{9}{5} \Delta T_c = \frac{9}{5} (55^{\circ}\text{C}) = 99^{\circ}\text{F}$$

الصفت الجوى :

وزنه عمود زئبق ارتفاعه 760 mm زئبق و سطح
 صفت 1 mm² بوجود جاذبيه ارضيه $g = 9.81$

مدفقه :

ان المبدأ العام لعل هذه المحارير
 هو واحد فاني عادة لى اي خاصيه
 مع هذه الكواحد المحارير على اعتمادها
 كأساس في بناء ونسج المحارير العلميه

النوع المحارير :

- (١) المحارير السائله
- (٢) الفازنيك
- (٣) محارير المقادير الكهربائيه
- (٤) محارير المزدوج الحراري
- (٥) المحارير المعدنيه
- (٦) محارير صفت البخار
- (٧) الاشعاع
- (٨) المحارير الفضائيه

الفصل الثاني

Equation of state

معادلات الحالة

مصادرات الحالة

من أجل تعيين حالة الكيان تعييناً تاماً يجب معرفة جميع الخواص التي يمتلكها الكيان والخاصية تعرف بانها أي كمية بقية على حالة الكيان فقط ولا يصحدها ما من الكيان أو طريقة وصوله لتلك الحالة .
في هذا الفصل سنركز على مصادرات الحالة للمواد النقية لندرس تحتاج إلى أقل عدد من الخواص المستقلة لتعيين حالتها بالمقارنة مع المواد الاخرى وعلى افتراض عدد هذه الخواص إلى ثلاث خواص فقط هي الحجم النوعي ، الضغط ، درجة الحرارة فإذا عطينا خاصيتين من هذه الخواص الثلاثة فإن الخاصية الاخرى تتعين تماماً نتيجة واحدة محددة وبذلك نتحدد حالة الكيان
ان دراسة مصادرات الحالة يكون للمواد النقية في طورها البخاري فقط وهذا يشمل كل ما سنبينه غاراً أو بخاراً عالياً الضغط .

مصادرة الحالة هي علاقة رياضية كيان المتغيرات لثرموديناميكية
(P, V, T)

الفاز المثالي : هو غاز نظري افتراضي وهو دالة بسيطة
دراستنا في الثرموديناميك وكذلك لتقريب بسيط لسلوك
الغازات الحقيقية والتي تكون كت ضغط واهل (حالة تداخل)
ان الفاز المثالي لا وجود له في الحقيقة وهو الذي تنطبق عليه
قوانين الغازات دائماً (كت أي ضغط ودرجة حرارة)

شروط الفاز المثالي :

1. أي عينة من الفاز تحتوي على عدد كبير من الجزيئات .
2. جزيئات الفاز تكون كروية الشكل ومرنة وتتحرك بشكل عشوائي .
3. صعوبة الحجم وتتصادم الجزيئات مع بعضها البعض ومع جدران الوعاء الذي يحتويه ويعتبر اصطداماً مرناً تماماً .

١٠٧. الجزيئات متصلة تماماً بعضها عن البعض الآخر وليس هناك أي شكل من أشكال التفاعل فيما بينها أي ليس هناك قوى متبادلة بين الجزيئات ما عدا تلك التي تحدث في أثناء الاصدام المباشر.

٤. تحرك الجزيئات بحركيات عشوائية في جميع الاتجاهات.
٥. متوسط الطاقة الحركية للجزيئات تحمل درجة حرارتها.
٦. كثافة الاصدام أعلى بكثير من الزمرة بين الاصدام وأخر.

الفاز المثالي يتبع القوانين التالية

① قانون بويل Boyle's Law :
تتناسب الحجم الذي تشغله كمية معينة من الفاز تناسباً عكسياً مع ضغط الفاز عند درجة حرارة ثابتة.

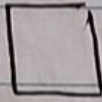
$$P \propto \frac{1}{V}$$

$$PV = K$$

كما قام بويل على توصيف الفاز

بين حجم الفاز وكثافته
والضغط والسرعة الحركية

مكبس ضغط
الفاز ذو
ان يتحرك
الكتلة



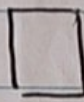
$$P_1 = 100 \text{ kPa}$$

$$V_1 = 1 \text{ L}$$



$$P_2 = 50$$

$$V_2 = 2 \text{ L}$$

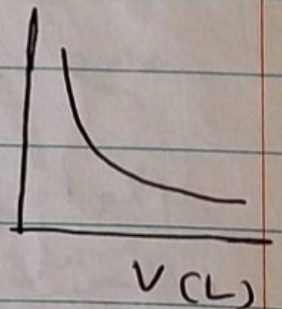


$$P_3 = 200 \text{ kPa}$$

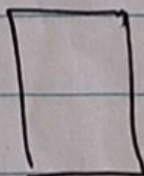
$$V_3 = 0.5 \text{ L}$$

عدد الجولات ثابت
درجة الحرارة
لا تتغير

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_3 V_3 = \text{const}$$

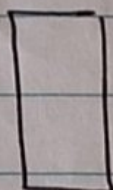


100 kPa



$$V_1 = 1 \text{ L}$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$



تسخين

$$V_2 = 2 \text{ L}$$

$$T_2 = 600 \text{ K}$$

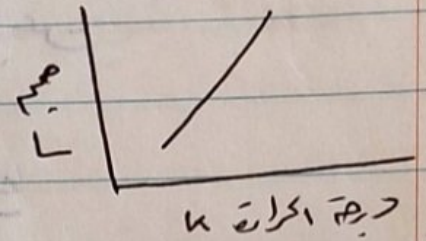
② قانون شارل

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{const}$$

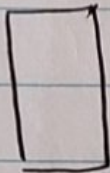
قانون شارل: الحجم يتناسب طردياً مع درجة الحرارة المطلقة

$$V \propto T$$

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

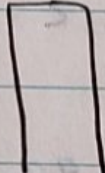


الحجم ثابت
عدد المولات
ثابت لأن
الغاز داخل
مكبس لا يتغير



$$P_1 = 100$$

$$T_1 = 300$$



نقطة

$$P_2 = 200$$

$$T_2 = 600$$

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

$$P \propto T$$

$$\frac{P}{T} = k$$

قانون حاي لوساك:

إذا ضغطت كمية من الغاز
في وعاء مغلق ذي حجم

ثابت فإن ضغط الغاز

تناسب طردياً مع
درجة الحرارة

قوانين الغازات

القانون بويل

$$P \propto \frac{1}{V}$$

$$\frac{P}{V} = k$$

$$\frac{P}{T} = k$$

المتغير

$$P, V$$

$$V, T$$

$$P, T$$

الثابت

$$n, T$$

$$n, P$$

$$n, V$$

القانون

بويل

شارل

حاي لوساك

عند جوت عدد المولات
نلاحظ التغيرات

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

المجموع

القوانين

المتكافئة ← القانون العام للغازات

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

عند جوت درجة الحرارة

وهذا مع البقاء

الظروف الفيزيائية مع درجة الحرارة المطلقة

$$25 + 273 K = T$$

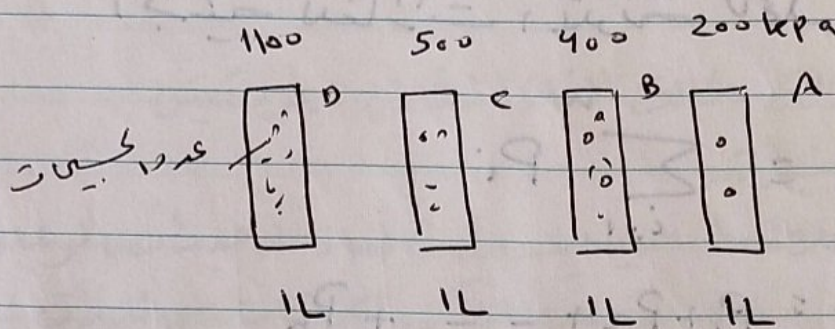
$$P = 101.3 \text{ kPa}$$

الضغط الكلي لمخلوط غازات يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات المكونة للمخلوط

18

قانون دالتون :

إن درج الحرارة مرتبطة بالطاقة الحركية لجميع جسيمات الغازات وعليه يكون متوسط الطاقة الحركية متساوية لجميع الغازات



جميع الغازات: كل واحد يأخذ حجم لا يتغير بالعدد

الغازات يسكن فراغات وعند المزج يأخذ حجم كانت لولده

الضغط الكلي يساوي مجموع الضغوط الجزئية

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + P_n + \dots + P_n$$

$$P_{total} = \sum_{i=1}^n P_i$$

حيث P_i : الضغط الجزئي لكل غاز في المخلوط

قانون أفوكادرو :

الحجم الجزيئي للغازات عند نفس درج الحرارة والضغط

متساوي عند عدد متساوي من الجسيمات (الجزيئات)

$$\frac{V}{n} = k \quad \text{عدد أفوكادرو} = 6.02 \times 10^{23}$$

عند الضغط والحرارة المتساويين يشغل مول واحد

من أي غاز حجما قدره 22.4 L وتسمى بالحجم المولي

أحسب الحجم بالتر الذي يشغله 0.202 mol من غاز ما عند

الظروف القياسية للضغط ودرجة الحرارة

$$1 \text{ mole} = 22.4 \text{ L}$$

$$0.202 = n$$

$$V = 4.52 \text{ L}$$

$$n = \frac{N_u}{N_a}$$

حيث N_u : عدد الجزيئات
 N_a : عدد أفوكادرو

قانون جول : الطاقة الداخلية للغاز المثالي تعتمد فقط على درجة الحرارة للغاز

$$u = f(T)$$

يمكن تكوين معادلة الحالة للغاز المثالي بطريقتين
(أ) الطريقة النظرية

نقوم بحساب الضغط الذي يولده الغاز على جدران الوعاء الذي يحتويه ، ان التصادم المتكرر للجزيئات مع الجدران والغطاسي ينتج عنه تغير في زخم الجزيئات وصليفا للقانون الثاني لنيوتن في الحركة فان معدل تغير الزخم يساوي ضغط الغاز

$$P = \frac{1}{3} m \left(\frac{N}{V} \right) \overline{v^2} \quad \text{--- (1)}$$

حيث ان

m : كتلة الجزيء الواحد

N : عدد الجزيئات في الوعاء

V : الحجم

$\overline{v^2}$: متوسط مربع سرعة الجزيئات

P : الضغط

$$PV = \frac{1}{3} m N \overline{v^2} \quad \text{--- (2)}$$

$$= \frac{2}{3} N \left(\frac{1}{2} m \overline{v^2} \right) \quad \text{--- (3)}$$

حيث ان $\left(\frac{1}{2} m \overline{v^2} \right)$ تمثل متوسط الطاقة الحركية

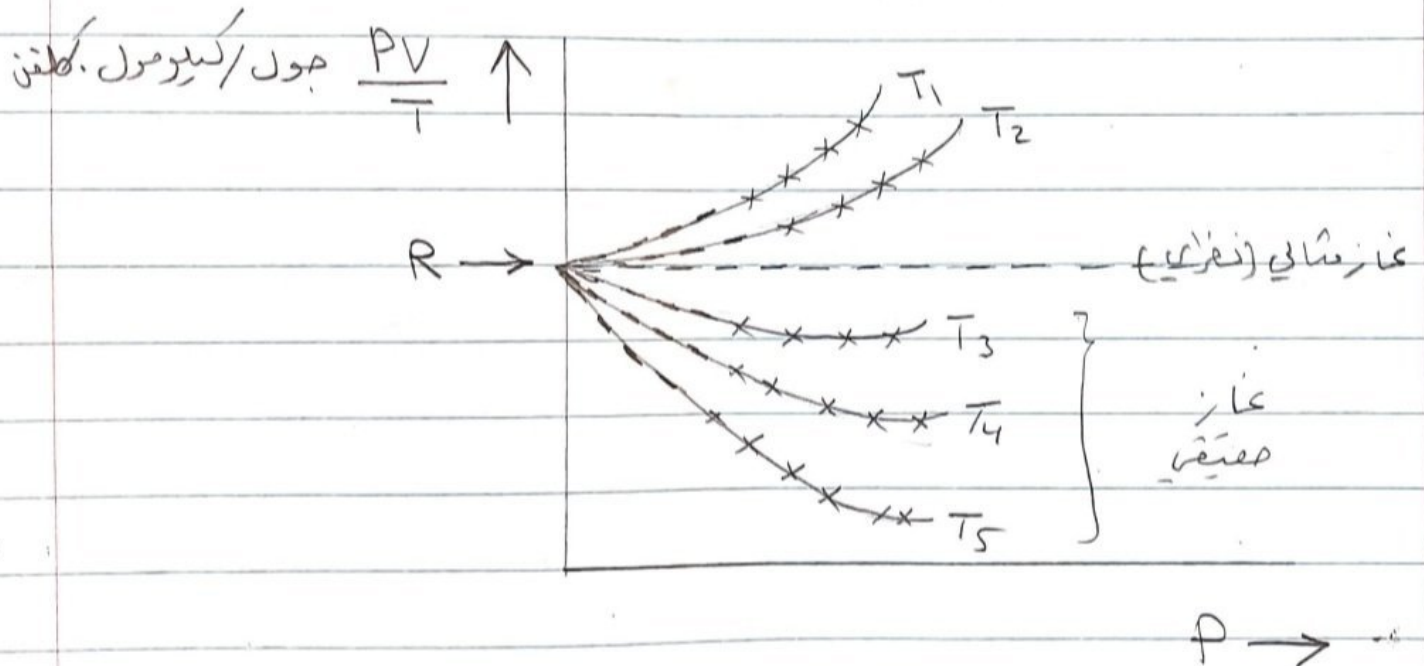
للجزيء الواحد

ان متوسط الطاقة الحركية للجزيئات تتناسب طرديا مع درجة الحرارة المطلقة للغاز

$$\frac{1}{2} m \overline{v^2} \propto T$$

الطريقة التجريبية :

نفرض ان لدينا مول واحد من اي غاز حقيقي ، نجري مع هذا الغاز سلسلة من التجارب ، في كل تجربة نقيس على مجموعة من القياسات لكل من الضغط والحجم النوعي لكل من درجة حرارة معينة ، ولكن (T_1) ونكتب في كل قياس مقدار النسبة $(\frac{PV}{T})$ ونرسم العلاقة البيانية بين قيمة هذه النسبة على المحور الصادي وقيمة الضغط (P) على المحور السيني فنحصل على المنحني (T_1) الممثل في الشكل رقم (1). نقيس نفس الإجراءات تحت درجة حرارة مختلفة ولكن (T_2) فنحصل على المنحني (T_2) ونسب الطريقة على كل من المنحنيات T_3, T_4, T_5 - الخ

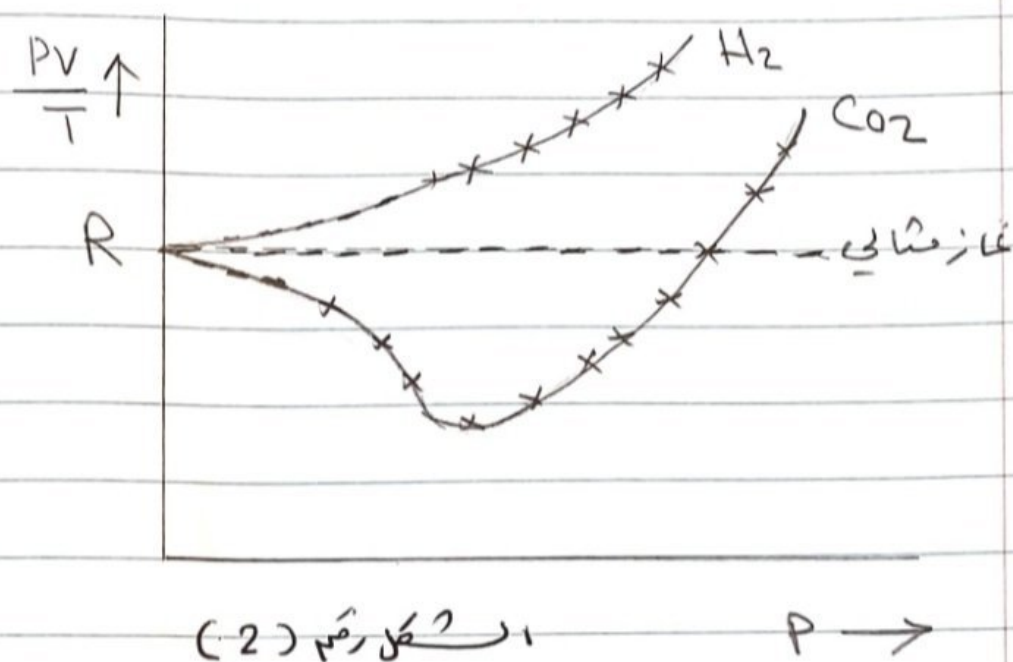


الشكل رقم (1)

يبين منحنيات في درجات حرارة ثابتة
لدينا غاز حقيقي.

لقد لاحظنا بالتجربة ان الغازات الحقيقية عند درجة حرارة لفرقة لا تقصير نفس المنحنيات تماماً بل هناك بعض الاختلاف في التقاطع وفي حالة غاز اطيير من قيمة نسبة $(\frac{PV}{T})$ تزداد تدريجياً بازدياد الضغط اما في حالة غاز ثاني أكسيد الكاربون

فإن قيمة النسبة $\left(\frac{PV}{T}\right)$ تقل أولاً بزيادة الضغط حتى
تقل تزايدية هبطي ثم تزداد معينا بعد ذلك باسقاط
الزيادة في الضغط كما في الشكل (2).



- ان الخصائص المميزة لهذه المنحنيات هي (يمكن (1) / (2) هي
1. القيم تأخذ منحنيات بسيطة مستمرة مما كانت سرية الغاز.
 2. كلما انخفض الضغط تتقارب المنحنيات الى ان تلتقي في نقطة واحدة.
 3. النقطة التي تلتقي بها المنحنيات هي ثابت الغاز (R).

$$R = \lim_{P \rightarrow 0} \frac{PV}{T}$$

هذه العلاقة تكون صحيحة فقط عند تكون الغازات الحقيقية تحت ضغط واهم هذا

وعليه عند الحساب ان نقرنها بوجود غاز مثالي تكون قيمة النسبة $\frac{PV}{T}$ مساوية لـ R في جميع الظروف من ضغط ودرجة الحرارة

$$PV = RT$$

ان معادلة الغاز المثالي

نُمكن تمثيل معادلات الغاز المثالي بالنموذج لإعقار المقطع في
 الشكل (١١) (١٢) حيث يقع هذا الخط المحوري العمودي
 عند القيمة (R) وذلك ان قيمة النسبة $(\frac{PV}{T})$
 للغاز المثالي دائما واحدة مهما كان الضغط ودرجة الحرارة.
 الشكل (١١) (١٢) للضغط ان الغازات الحقيقية
 تختلف عن سلوك الغاز المثالي بمقدار يعتمد على ضغط الغاز
 ودرجة الحرارة فكلما قل الضغط وارتفعت درجة الحرارة قل
 مقدار الانحراف.

معادلة الحالة للغاز الحقيقي :-

ان الغازات كلما زاد الضغط انخفضت درجة حرارتها
 البعد عن الغاز المثالي. ان ابطأ السلوك لغاز مثل
 هذه المعادلات هو تحويل معادلة الحالة للغاز المثالي بحيث تأخذ
 بالاعتبار الخصائص التي تميز الغاز الحقيقي عن الغاز المثالي
 كما ان تم اقتراح آلان (٥٦) معادلة للحالة. ثم اشتقاق
 بعض نظريات وتمثيل بعض التجارب ولكن ليس هناك معادلة
 واحدة تتفق مع كل الكائنات المذكورة في الغازات الحقيقية.

ان آلان المعادلات ذبوعاً ديسوعاً هي معادلة فان دير والز
 للغاز الحقيقي وكان ذلك في عام ١٨٧٢ حيث قام هذا العالم
 باول محاولة لتعديل معادلة الغاز المثالي لتمثيل سلوك الغازات
 الحقيقية. عند اشتقاق معادلة الغاز المثالي اعتبر ان حجم
 الجزيئات صفرًا وان الجزيئات مستقلة عن بعضها تماماً
 وانه ليس هناك اي تفاعل بين اي نوع كان بين الجزيئات
 ولكن في الواقع الغازات الحقيقية كت هذوف مناسبة من
 ضغط ودرجة حرارة على تحويل (١) سواشي وهذا يدل على وجود
 خاصية التماسك بين الجزيئات ويدل على ان الجزيئات تنجذب
 لبعضها بعضاً محدوداً. ان هذه الكائنات لا تتفق مع السلوك

المثالي للغاز وعليه فان الغازات الحقيقية لا تتبع المعادلة
 $PV = RT$ الا تحت شروط خاصة وهذا يفرى الى عاملين

(١). توضع قوى التجاذب بين الجزيئات لا يمكن اهمالها عنه ما يكون
 الجزيئات متقاربة من بعضها البعض تحت الضغط العالي.

(٢). الجزيئات الغاز الحقيقية حجم فعال لا يمكن اهماله دائما خاصة
 عندما يكون الغاز تحت ضغط عالي ويصبح الحجم صغيرا بقدره
 حجم الجزيئات يصبح محسوسا.

حيث يصبح المعادلة :

$$(P + \Delta P)(V - \Delta V) = RT$$

حيث ΔV : مقدار التجميع من الحجم الناتج من الجزيئات للغاز
 ننظر الى اعتبار

ΔP : مقدار التجميع في الضغط الناتج من قوى التجاذب بين
 جزيئات الغاز.

المثالي للغاز وعليه فان الغازات الحقيقية لا تتبع المعادلة
 $PV = RT$ الا تحت شروط خاصة وهذا يعني اننا يمكن
 (١) توحيد قوى التجاذب بين الجزيئات لاعتدالها عند ما تكون
 الجزيئات متقاربة من بعضها البعض تحت الضغط العالي.
 (٢) لجزيئات الغاز الحقيقي حجم فعلي لا يمكن اهماله دائماً خاصة
 عند ما يكون الغاز تحت ضغط عالي ويصبح الحجم صغيراً مقارنة
 بحجم الجزيئات يصبح محسوساً
 حيث يصبح المعادلة :

$$(P + \Delta P)(V - \Delta V) = RT$$

حيث ΔV : مقدار التصحيح في الحجم الناتج من أخذ حجم جزيئات الغاز
 بنظر الاعتبار
 ΔP : مقدار التصحيح في الضغط الناتج من قوى التجاذب بين
 جزيئات الغاز.

تصحح الضغط (ΔP) :

تعاني جزيئات الغاز في الوسط الغازي من تجاذب من جميع الجهات
 بشكل متساوي فتكون محصلة قوة التجاذب صفر.
 اما الجزيئات القريبة من الجدران تعاني من تجاذب غير متساوي
 حيث يسحبها هذا التجاذب كوالد داخل مما يعمل من الضغط
 المسطوح على الجدران .

ان الضغط الفعلي على الجدران اقل من الضغط المثالي
 (الضغط اذا لم يكن هناك تجاذب بين الجزيئات)

لذلك للضغط المثالي يجب تصحيح الضغط الفعلي (P)
 بـ إضافة المقدار (ΔP) .

ان مقدار التصحيح يعتمد على عاملين ① عدد الجزيئات في الوعاء
 ② عدد جزيئات الجزيئات على وحدة المساحة الداخلي للوعاء من
 وحدة الزمن وهذا يعتمد على كثافة الغاز .

$$\Delta P \propto \rho^2$$

where $\rho = \frac{m}{V} = \frac{\text{mass}}{\text{volume}}$

$$V^2 = \frac{1}{\rho} \quad \text{جميع تيارات الجوى}$$

$$\Delta P \propto \frac{1}{V^2}$$

$$\therefore \Delta P = a \times \frac{1}{V^2} = \frac{a}{V^2}$$

حيث أن a : ثابت يعتمد على طبيعة الغاز

ضغط الهواء = الضغط الداخلي = الضغط الخارجي

$$\text{الضغط الداخلي} = P + \Delta P$$

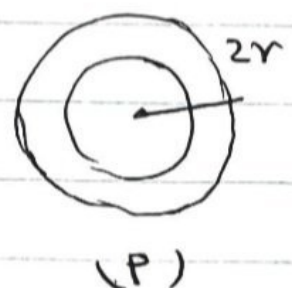
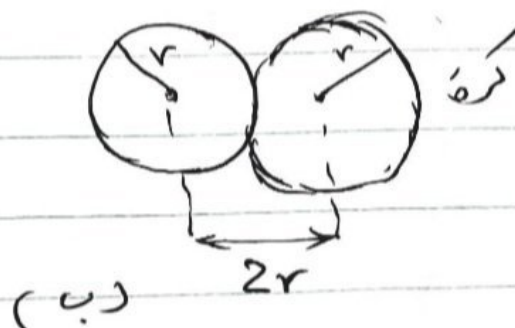
$$= P + \frac{a}{V^2}$$

جميع تيارات الجوى

جميع الحجم ΔV :

كل ذرة من الغاز المتساوي فيزيات الغاز ليس لها حجم عدل إطلاق
ولهذا فإن الحجم المتوفر لكل الجزيئات هو كل حجم الوعاء الذي يحتوي
ذلك الغاز بينما فيزيات الغاز الكيفية لها حجم محدد وعليه
فإن الحجم المتوفر لكل مثل هذه الجزيئات هو أقل من حجم الوعاء
مقدار الجزيء الذي يشغله الجزيئات نفسها

إن الجزيء الكيفية عبارة عن كرة نصف قطرها (r) فإن حجم
الجزيء الواحد هو $\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)$ نفس لحظة التصادم بين
جزيئين تكون المسافة الفاعلة بين مراكزها $(2r)$



في لحظة التصادم سيتم ازالة الجزيئين الكثرين الاخر من الكرة
هذه حجم كروي نصف قطره (2r) وهذا الحجم يدعى حجم
كرة التأثير ويرمز له (S). ان نصف قطر كرة التأثير يساوي
قطر الجزيء الواحد.

حجم الجزيء الواحد $X = \frac{4}{3} \pi r^3$

$S = \frac{4}{3} \pi (2r)^3 = 8 \times \frac{4}{3} \pi r^3$

$S = 8X$ حجم كرة التأثير

لو اعتبرنا حجم الوعاء (V) مكان من البداية متفرغ تماماً
وسمحنا بدخول الجزيئات الواحدة بعد الاخرى فان:

الحجم المستور للجزيء الاول = V

== الثاني = V - S

== الثالث = V - 2S

== الرابع = V - 3S

الحجم المستور للجزيء (N) = V - (N-1)S

وبذلك يكون عدد الحجم المستور لكل جزيء يساوي

$$\frac{V + (V-S) + (V-2S) + [V-(N-1)S]}{N} = \frac{\text{مجموع الحجم صلي}}{\text{عدد الجزيئات}}$$

$$= \frac{NV}{N} - \frac{S}{N} [1+2+3 + \dots + (N-1)]$$

$$= V - \frac{S}{N} \left(\frac{(N-1)N}{2} \right)$$

$$= V - \frac{SN}{2} + \frac{S}{2}$$

ولما كان عدد الجزيئات (N) كبير جداً، فنُهمل $\frac{S}{2}$ فيكون معدل الحجم المتوفر لكل جزيء

$$\text{الحجم المتوفر لكل جزيء} = V - \frac{NS}{2}$$

$$S = 8X$$

فمعدل الحجم المتوفر لكل جزيء $V - \Delta V = V - 4NX$ حيث أن $4NX = \Delta V$ وهذا يمثل مقدار التصغير من الحجم الذي يغطي مقدار الحجم N المتوفر لحركة الجزيئات والذي يساوي أربع أضع احتمال الحجم الظاهر للجزيئات

إذا استبدلنا (V) الحجم النوعي بدلالة الحجم الظاهر (V) لمول واحد من الغاز

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

لكون

بالمساحة

$$\frac{V - \Delta V}{n} = v - \frac{4NX}{n}$$

(N)

$$\text{معدداً موكادرو} \quad \frac{N}{n} = N_a$$

$$= v - 4N_a X$$

$$V - \Delta V = v - b$$

حيث (b) يمثل مقدار التصغير الحجم الذي يساوي أربع أضع احتمال الحجم الظاهر للجزيئات في مول واحد

$$\left(p + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = RT$$

معادلة فان دير والز / الغاز الحقيقي

الطريقة العامة لإيجاد التوازن الحراري :

إن التوازن الحراري هو درجة الحرارة التي لها نفس الضغط والحجم عند النقطة الحرجية

معدل تغير الضغط بالنسبة للحجم $\frac{dp}{dv}$ يساوي صفر وهذه النقطة تدعى نقطة الانطفاف

درجة الحرارة الحرجية : هي درجة الحرارة التي لا يمكن تمييز الحالة الغازية من الحالة السائلة

هناك شروطان يعينان النقطة الحرجية

$$\frac{dp}{dv} = 0 \quad \text{الشروط الأول}$$

$$\frac{d^2p}{dv^2} = 0 \quad \text{الشروط الثاني}$$

معادلة فان دير والز

$$\left(P + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = RT$$

معادلة
فان دير والز

$$P = \frac{RT}{v - b} - \frac{a}{v^2}$$

معدل تغير الضغط

بالنسبة للحجم $\frac{dp}{dv} = 0$ على المعادلة أعلاه

$$\frac{dp}{dv} = - \frac{RT}{(v - b)^2} + \frac{2a}{v^3}$$

$$T = T_c$$

$$v = v_c$$

وعند النقطة الحرجية $\frac{dp}{dv} = 0$

$$\therefore - \frac{RT_c}{(V_c - b)^2} + \frac{2a}{V_c^3} = 0$$

$$\boxed{\frac{2a}{V_c^3} = \frac{RT_c}{(V_c - b)^2}} \quad \text{--- (1)}$$

وبتطبيق الشرط الثاني نفاصل معادلة فان دير فال بدلالة (V)

$$\frac{d^2p}{dV^2} = \frac{2RT}{(V-b)^3} - \frac{6a}{V^4}$$

عند النقطة الحرجة $\frac{d^2p}{dV^2} = 0$

$T = T_c$
 $V = V_c$

$$\therefore \boxed{\frac{2RT_c}{(V_c - b)^3} = \frac{6a}{V_c^4}} \quad \text{--- (2)}$$

وبتطبيق المعادلة رقم (1) على المعادلة رقم (2)

$$\frac{V_c}{3} = \frac{V_c - b}{2}$$

وبالتعويض في معادلة رقم (1) فيكون

$$\boxed{V_c = 3b} \quad \times$$

ونعوض

$$\frac{2a}{27b^3} = \frac{RT_c}{4b^2}$$

$$\boxed{T_c = \frac{8a}{27Rb}} \quad \times$$

ويعرفين T_c , V_c في معادلة فان دير والز
الخاصة بالضغط فقط

$$P_c = \frac{R \times 8a}{27Rb(2b)} - \frac{a}{9b^2} = \frac{4a}{27b^2} - \frac{a}{9b^2}$$

$$\therefore P_c = \frac{a}{27b^2}$$

المادة	درجة انحراف الحرج	الضغط الحرج (جو)
هليوم	-268	2.26
هيدروجين	-240	12.8
نيتروجين	-146	33.5
هواء	-140	39.0
أوكسجين	-118	50.0
ثاني أكسيد الكربون	31	73.0
الماء	374	218.0

المعامل الحرج critical coefficient -

ان يثبت بين $\frac{RT_c}{P_c V_c}$ يعرف بالمعامل الحرج للغاز

والمعامل الحرج للغاز يتبع معادلة اكانة لكان در والز يمكن
حسابه بدلالة قيم الحرج لـ (P_c, V_c, T_c) .

القيمة لمعونة المعامل الحرج هو $2.67 = \frac{8}{3}$

نمن معادلة شان دير والز لحالة ثنائية أكسيد الكربون (CO_2)
 احسب الضغط لهذا الغاز عند درجة الحرارة المئوية عند ما يكون الحجم
 0.56 L/mole على فرض ان المعادلة تصح لهذا الغاز مقارنة
 مع الضغط المعتبر لمعادلة الغاز المثالي ثم اوجد الضغط
 الداخلي للغاز (ΔP) ؟

$$b = 42.8 \text{ cm}^3/\text{mole}$$

$$a = 0.364 \text{ N} \cdot \text{m}^4/\text{mole}$$

$$1 \text{ atm} = 1.01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

$$\therefore P = \frac{RT}{V - b} - \frac{a}{V^2}$$

$$= \frac{8.314 \times (0 + 273)}{0.56 \times 10^{-3} - 42.8 \times 10^{-6}} - \frac{0.364}{(0.56 \times 10^{-3})^2}$$

$$P = 3.22 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$PV = RT \quad \text{الغاز المثالي}$$

$$P = \frac{8.314 \times (0 + 273)}{0.56 \times 10^{-3}} = 4.05 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\Delta P = \frac{a}{V^2} = \frac{0.364}{(0.56 \times 10^{-3})^2} = 1.161 \text{ N/m}^2$$

الضغط الداخلي

المفصل الثالث

خواص المواد النقية

Properties of Pure
Substance

✓

خواص المواد النقية properties of pure substance

المادة : كل ماله كتلة وحجم (يُفصل حين الفراغ)
 اما المادة النقية تعرف بانها اي مادة متجانسة لها نفس
 التركيب الكيميائي وفي جميع الاطوار سواء كانت المادة في
 الحالة الصلبة او السائلة او الغازية فمثلا الماء السائل
 او هليط الماء وبخاره او هليط البقع والماء والتبخار كلاهما مواد نقية
 طالما كانت جميع الاطوار ذات نفس التركيب الكيميائي.
 على العموم المواد النقية تتواجد في الطبيعة بنسب اطوار
 وذلك تبعا لدرجة حرارة تركب والضغط المطبق عليه.
 هذه الاطوار هي الطور الصلب، الطور السائل، والطور البخاري
 وهذه الاطوار الثلاثة يمكن تغييرها على صورتها النظرية
 الحركية للمادة التي ندرسها ان

- ١٢ المادة مؤلفة من عدد كبير من الجزيئات .
- ١٣ الجزيئات في حالة حركة عشوائية وسريعة وحرة .
- ١٤ وهو قوى تجاذب متبادلة بين هذه الجزيئات .

ان كثرية المادة النقية تتطلب شرطين اساسيين هما
 اولا : (التركيب الكيميائي) وهو ان يكون تركيبها الكيميائي ثابت
 في جميع الاطوار

ثانيا : (التركيب الفيزيائي) وهو ان تتجزأ او يتجزأ على
 تركب واحد فقط من الشغل وهو الشغل الميكانيكي وهو
 الشغل من حائل ضرب الضغط في مقدار التغير في الحجم (Pdv)
 الهواء الجوي ليس مادة نقية لان هنالك هواء واحد فقط
 يتعلق بهذه النقية (الضغط) والهواء النقي يكون في هواء النقي
 اما اذا تم برده هليط من الغاز وتكثف احد مركباته دون الاخرى
 فيفقد هينز صفة النقاوة لاختلاف تركيبها الكيميائي وتباين

اهوار المادة النقية Phases of pure substance :

المادة النقية توجد في احدى الحالات التالية

١/ الحالة الصلبة لثابتة .

٢/ الحالة السائلة لثابتة .

٣/ الحالة البخارية لثابتة .

٤/ حالة توازن بين الحالة البخارية والسائلة .

٥/ حالة توازن بين الحالة الصلبة والسائلة .

٦/ حالة توازن بين الحالة الصلبة والبخارية .

وفيما يلي سنقدم شرحاً بسيطاً للحالات بثلاث المادتين

عاء هور النظرية الحركية للمادة .

٤) الحالة الصلبة (solid state) :

في هذه الحالة تكون المسافات الفاصلة بين الجزيئات صغيرة

وعليه تكون قوى التجاذب بين الجزيئات كبيرة لذلك فان

للجسم الصلب حجم محدد وشكل ثابت . ان سخين الجسم الصلب

يعني اعطاء طاقة اهتزازية للجزيئات وهذا يثير الجزيئات

في الاهتزاز حول متوسط موقعي وتتبع بعد بعض الوقت لبعض اكثر

ومنه ذلك ينتج التمدد الجسم الصلب . وكما استمرينا في عملية

السخين فان هذه الاهتزازات الجزيئات يزداد الى الحد الذي يجعل

هذه الجزيئات حرة تقريبا وتترك متوسط موقعي . وعندما تصبح

الطاقة الحرارية للجزيئات اكبر من الطاقة الكامنة الناتجة من

قوى التجاذب فيما بين الجزيئات عندها تصبح الجزيئات حرة متحركة

ان كمية الحرارة المزودة للصلب والتي تكافئ مقدار الشغل اللازم

لغسل الجزيئات عن بعضها منه قوى التجاذب فيما بين الجزيئات

الحرارة الكامنة للانصهار الجسم الصلب

(د) الحالة السائلة (Liquid state) : تكون المسافات الباعثة بين الجزيئات أكبر مما هي عليه في الحالة الصلبة ، الجزيئات غير صلبة في موضع ثابت بل تتحرك بحرية ضمن حجم سائل . لذلك حجمها وكتلتها ليس له شكل محدد .

إن حجم السائل يكون ثابتاً عند درجة حرارة معينة وذلك المسافات بين الجزيئات تكون كبيرة نسبياً مقارنة مع الحالة الصلبة وعليه فإن الجزيئات تقاوم قوة تجاذب الجزيئات مع بعضها البعض في موضعها السائل وذلك لأن السائل في كل الزمان الذي يحويه . إن الجزيئات في حالة حركة عشوائية مستمرة وتصادم مع بعضها البعض نتيجة ذلك قد يتغير طاقته الحركية أو لا يتغير . إن مقدار الشغل اللازم لفصل الجزيئات بعيداً عن بعضها بعضاً مقدار الحرارة الكامنة للتبخير . من نقطة انصهار تكون الحرارة المزودة للسائل مستخدمة فقط لفصل الجزيئات بعيداً عن بعضها بعضاً من قوى التجاذب المتبادلة بينها وعليه لا ترتفع درجة حرارة السائل عند تحويل السائل إلى الحالة الغازية .

(هـ) الحالة الغازية (Gases State) : تكون المسافات الباعثة بين الجزيئات أكبر بكثير مما هو عليه الحال في السوائل والمواد الصلبة الغازية حرمة الحركة في كل الفضاء المتوفر لها وعليه ليس للغاز حجم أو شكل إذا زاد حجم الفضاء الذي يشغله الغاز فإن جزيئات الغاز تنتشر بانتظام في كل أرجاء الحجم الكبير . هذا يدل على أن جزيئات الغاز تمتلك حركة عشوائية سريعة مستمرة وأن قوى التجاذب بين الجزيئات مهمولة لضعفها وهذه الجزيئات تتحرك بحسب قوانين مستقيمة وعالية هذه الحركة هو تصادم الجزيئات مع بعضها البعض ومع جدران الوعاء الذي يحويها وعموماً تكون حركة الجزيئات في أي غاز هو العامل السائد أكثر من قوة التجاذب بين الجزيئات

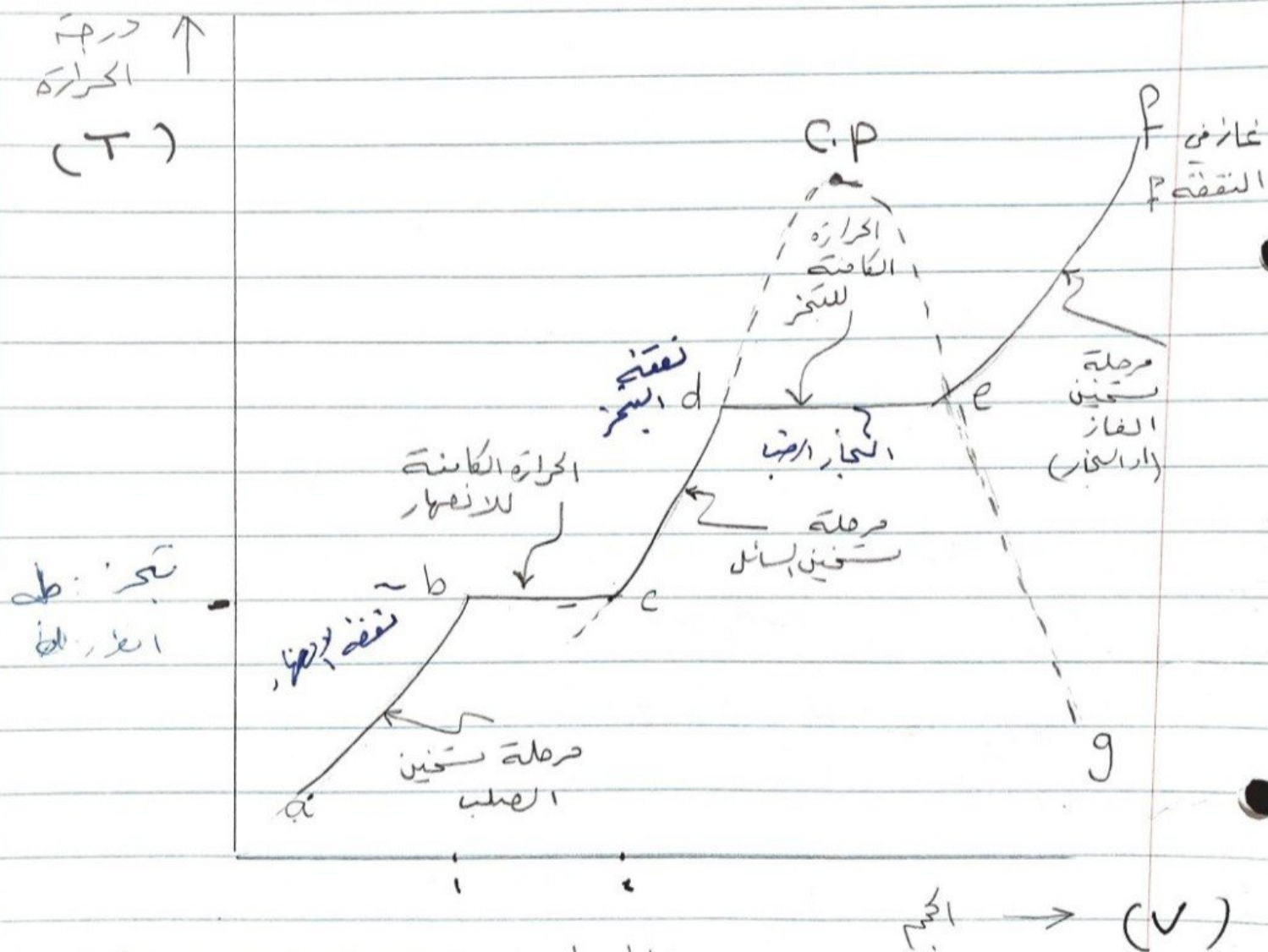
ما هي الفروق العنصرية بين حالات المادة الثلاثة ؟

(٩) الحالة الجامدة (الصلبة) : لها شكل ثابت حيث ان الجزيئات لا تنتقل من مكان الى مكان وتلك هذه الجزيئات تكون متقاربة بصفة كبيرة بعضها وان الكثافة في المواد الصلبة عالية لان الفراغات صغيرة جداً بين هذه الجزيئات .

(١٠) الحالة السائلة : تأخذ السوائل شكل الوعاء التي توضع فيه والجزيئات في السوائل غير ثابتة . ان السوائل صلبة فقط لان الجزيئات لا تتقارب من بعضها البعض نتج عن الضغط . ان السوائل عالية الكثافة الى حد ما ليس هناك مسافات كبيرة بين الجزيئات .

(١١) الحالة الغازية : ليس للغازات شكل محدد ولكن الغازات تملأ أي فراغ متاح لان الجزيئات تتحرك بسرعة في كل الاتجاهات . تمتص فقط الغاز بسهولة وبجزيئات الغازات مسافات كبيرة فيما بينها لذلك فانها سهل ان تتقارب الجزيئات الغاز . ان كثافة الغازات منخفضة جداً وهناك مسافات كبيرة بين الجزيئات .

متابعة تغير حالة المادة مع درجة الحرارة تحت ضغط ثابت
كتلة معينة من مادة لها حجم (V) ودرجة حرارتها (T) مع ثبوت الضغط



محفظہ نور اللادۃ (ماہانہ اللادۃ عنہ نسخہ)

نت صنف ثابت

المحتوى (abcdef) يوضع كيفية تغير الحجم (v) مع درجة الحرارة

(T) عند سخن المادة ابتداء من الصف المثلث الذي

فرض انه $\text{مَقْبُولٌ مِنَ النِّقْطَةِ (a)}$ عَلَى كَوْنِهِ مَقْبُولًا أَيْ

عَارِضُ السَّقَّةِ (P).

عند النقطة (a) تكون المادة بحالة صلبة ودرجة الحرارة t_1 لمرحلة المطلق. عند السخن بحدوث الحجم وترتفع درجة الحرارة حتى الوصول الى نقطة الانصهار والتي عندها تبدأ المادة بمرحلة التحول الى سائل والمختل $a \rightarrow b$ على مرحلة السخن تبدأ من نقطة (a) وهي نقطة انصهار المطلق الى النقطة (b) التي تبدأ التحول في السائل. وباستمرار السخن تمتص المادة كمية إضافية من الحرارة ويزداد حجمها وتزداد درجة حرارتها ثابتة الى ان تتحول طلياً الى سائل ان الحظ الاقصر $b \rightarrow c$ على عملية التحول من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة دون تغير في درجة الحرارة. [كمية الحرارة اللازمة لتحويل المادة من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة دون تغير في درجة الحرارة هي الحرارة الكامنة للانصهار] وعليه فان النقطة (c) تمثل تحول المادة طلياً الى سائل وبمباشرة يستخين تحت ضغط ثابت بحدوث السائل وترتفع درجة الحرارة حتى الوصول الى نقطة (d) حيث يتباعد الجزيئات وتنظم في روابط الجاذب بينية وتأخذ المادة بالتبخر ويمثل المختل (d - c) مرحلة سخن السائل الى النقطة البخر (d). وباستمرار السخن يتبخر السائل وتبقى درجة حرارته ثابتة الى ان تتحول طلياً الى الحالة الغازية والحظ الاقصر (d - e) يمثل عملية تحول المادة من الحالة السائلة الى الحالة الغازية تحت درجة حرارة ثابتة. [وتسمى كمية الحرارة اللازمة لتحويل المادة بأكملها من الحالة السائلة الى الحالة الغازية دون ان تتغير درجة حرارتها بالحرارة الكامنة للتبخير] وتصل النقطة (e) نهاية عملية التبخر وتحويل المادة بأكملها الى الحالة الغازية. تستمر المادة عند اي نقطة من نقاط الحظ الاقصر (de) بالتبخر الرطب حيث يتألف من غاز يحتوي على قطرات صغيرة من السائل فيه. عند طهي المادة الى النقطة (e) يصبح البخار جافاً تماماً ويستمر عندئذ في تاربع درجات وبعدها يستخين البخار اكبث تحت ضغط ثابت ترتفع درجة حرارته ويزداد حجمه

ويُسمى المفعلي (ef) عملية تسخين البخار وتسخن هذه العملية التجميد (superheating) ويسخن البخار عند ضغط البخار المحصر فيه فلذلك الحالة الفازية ويضع لتوايين الفازات .
 * ان المفعلي (abcdef) يمثل حالة المادة خلال تسخين تحت ضغط ثابت .

عند إعادة نفس العملية وتذكرت منحنى تحتلفق ثابتة سيذكر ان النقطتين (e, d) تتحرك كل منهما على منحنى معين على الخط المنقط وتتكرر النقطتان في نقطة واحدة (c, p) التي تقع على منحنى المفعلي المنقط وتذكر هذه النقطة بالنقطة الحرجية ويلاحظ ان الحالة الاقضية لهذه المفعلي المنقط رأينا تمثل الحرارة الكامنة للتبخير تحت ضغط معين تقل كلما انخفضنا من النقطة الحرجية وعند النقطة الحرجية يصبح الحرارة الكامنة للتبخير صفراً وتكون تلك النقطة تحول المادة مباشرة من الحالة السائلة الى الحالة الفازية وانه ان تمر بالحالة البخارية ان تحول الخط الافقي (b-c) والذي يمثل الحرارة الكامنة للانصهار تتغير ايضاً تبعاً للضغط على المادة وفي حالة فائض يصبح حول الخط صفراً عندما تحول المادة مباشرة من الحالة الصلبة الى الحالة الفازية دون ان تمر بالحالة السائلة وهذا يدعى بالسامية Sublimation . ان النقطة الحرجية تعرف بأنها النقطة التي تتطاعم فيها حواها الحاليتين السائلة والفازية .

الفار والبخار:

ان الكالين الفازية، البخارية للمادة تحتل مرحلتين متباينتين
 لخاصة واحدة مفرقة. ان هاتين الكالينتين فيهما حد غير متكافئ به
 درجة حرارة خاصة تحت (الدرجة الحرجية). ان المادة تكون
 في اكلالة الفازية فوق الدرجة الحرجية وتكون المادة في اكلالة البخارية
 تحت الدرجة الحرجية. ولعلنا نصلب الفازية بتدريج اقل عليه فقط
 منها كان مقدار ذلك الصنف كثيرا بينما تحت اكلالة الفازية بتدريج
 الصنف لذلك لا اكلالة اي غاز يجب ان لا يتبريد في درجة حرارة
 اقل من الدرجة الحرجية وهذا يعني تحويله من اكلالة الفازية الى
 اكلالة البخارية وعندئذ سبيل الصنف مناسب ليحول البخار
 الى سائل. ان درجة اكلالة الحرجية لا هي غاز الى درجة التي
 لا تكون فوق تحويل الفاز الى سائل منها كان الصنف الصافي
 عليه ولا ملة :-

المادة	درجة الحرجية الحرجية °C
ماء	374
CO ₂	31
CO ₂	-119
H ₂	-240

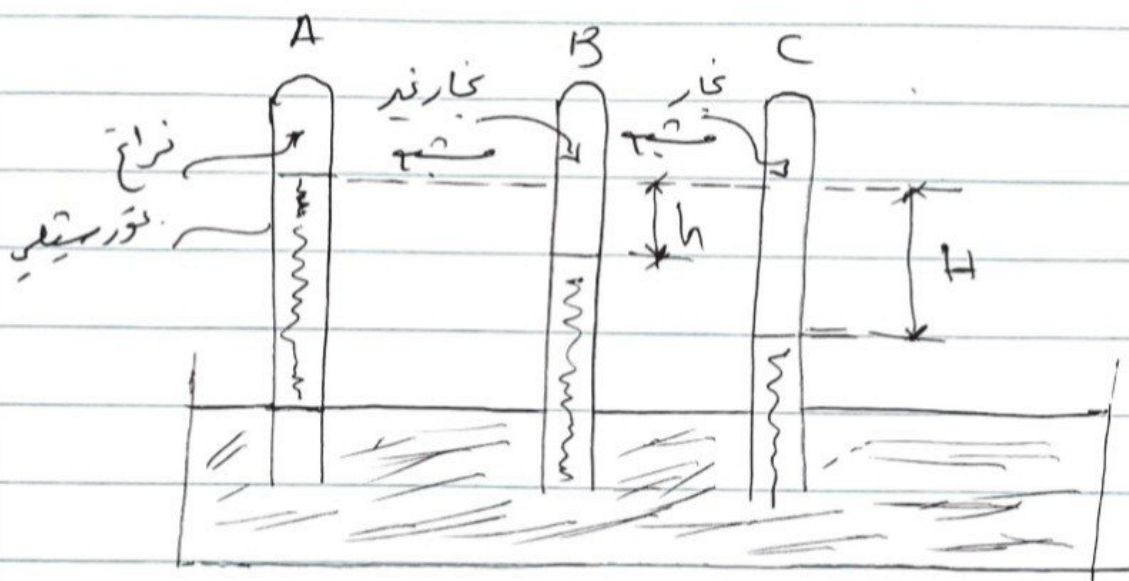
هوام البخارة، سيكون البخار فوق سطح ابي سائل تحت
 انطلاقة جزئيات السائل عندما تمتلك تلك الجزئيات
 طاقة حركية كافية تحررها من قوى التجاذب التي تتركها.
 ان الجزئيات التي تترك سطح السائل تتفكك في فوطة.
 وبهذا جزئيات البخار تستقل من هذا الحيز الى ابي سائل
 ويحل عدد الجزئيات الخارجة خارج السائل كبر من عدد الجزئيات
 العائدة اليه اما ان يتبع الحيز بخار السائل ويحل في
 حالة الاكتران عندما يتجاوز عدد الجزئيات الداخلة مع عدد
 الجزئيات الخارجة ويبقى الصنف ينشأ عن جزئيات السائل الحيز خروجه
 صنف البخار

الاجزء المئبة وعيد المئبة :-

للمهول عام فكرة رافعت عن الاجزء المئبة وعيد المئبة ولنفية

لغنيك جزي المئبة، التالتي :

خذ مائة انابيب زجاجية متماثلة وعدودة من احدى طرفيها واملأها بالزئبق ثم اقلب وضع نهايات المئبة في وعاء فيه زئبق. ان مستوى الزئبق في طلاء الانابيب مهيبة الى نفس الارتفاع والفرغ فوق سطح الزئبق داخل الانبوبة يدعى فراغ تورسييلي. كما في الشكل ادناه

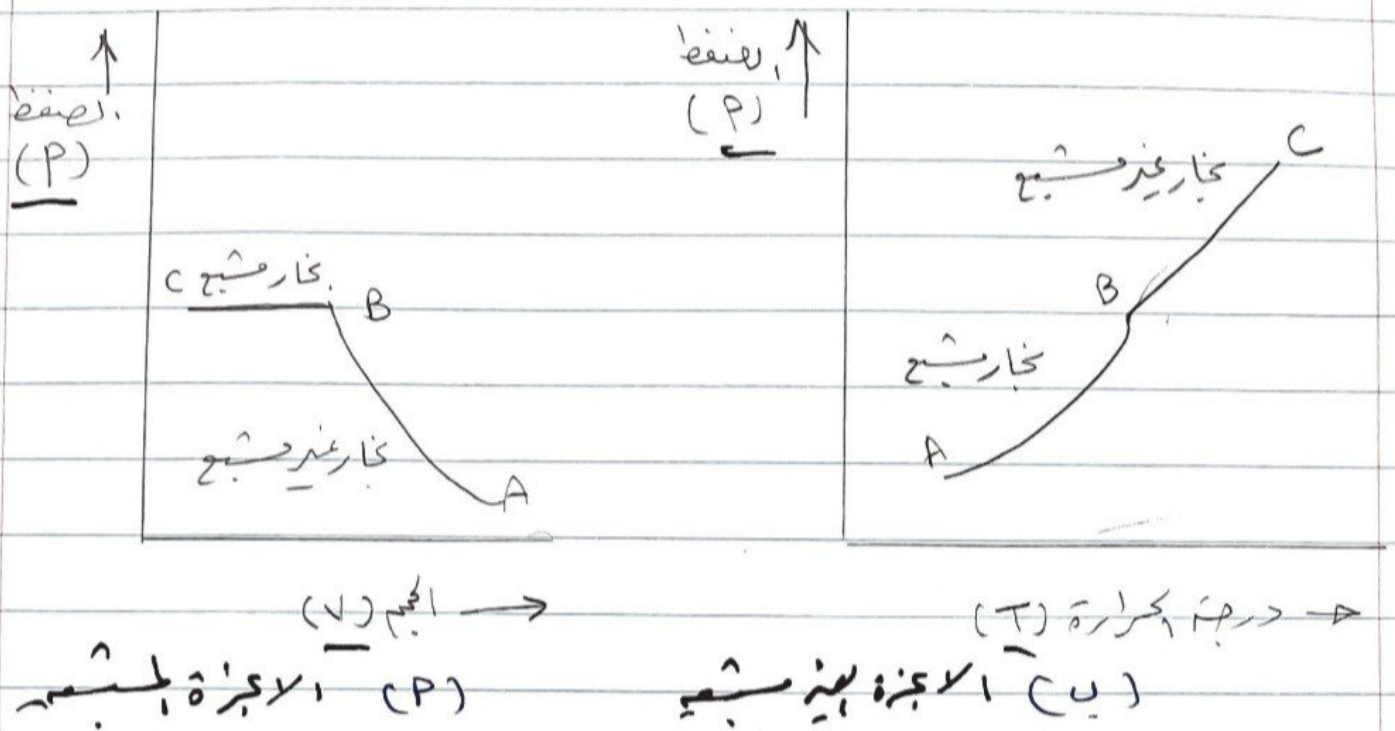


بواسطة قطارة خاصية ادخل قليلا من السائل المراد ايجاد ضغط بخاره المسح : يتجزأ السائل في الفراغ ويضغط البخار الناتج على سطح الزئبق في الانبوبة ويهبط مستوى سطح الزئبق بمقدار (h) كما بين في الانبوبة (B) في الشكل اعلاه. في هذه الحالة يحتوي الفراغ فوق سطح الزئبق على بخار السائل فقط ولا يوجد سائل على سطح الزئبق. هذا البخار غير مشبع والضغط الذي يولده يتناسب مع (h) . وبإدخال قطرات من السائل حتى تغطي القطرة الاخرى دون بخر ويصبح الحيز فوق سطح الزئبق ممتلئا ببخار ويكون مقدار الضغط في هؤل عمود الزئبق في الانبوبة ساديا لضغط البخار المشبع وساديا (H) كما بين في الانبوبة (C) في الشكل اعلاه. وهذا يمثل ضغط البخار المشبع للسائل في درجة الحرارة

ويمكن قياس ضغط البخار المصحح درجات حرارة مختلفة وذلك
 بوضع الأنبوبة (C) في حمام مائي له درجة حرارة ثابتة .
 يتوقف ضغط البخار المصحح على درجة الحرارة فيزداد ارتفاعا حتى
 يصبح هذا الضغط مساويا للضغط الجوي عند ما يقل درجة حرارة
 السائل نقطة الغليان .

إن نقطة الغليان ترتفع إذا ازداد الضغط المسلط على السائل
 وعليه يزداد ضغط البخار المصحح إذا ارتفعت درجة حرارة الغليان
 نتيجة ارتفاع مقدار الضغط الواقع على السائل .

العلاقات
ان لا يمكن المضيقة لا تتبع قوانين الغازات
عند المضيقة كوضع لقانون الغازات .



ان يمكن اعداد (P) (V) يوضحان الرسوم البيانية بين
(P-V) و (P-T) على التوالي للدرجة المضيقة لا يمكن المضيقة

في الشكل (P) يبين المنحنى AB انه عند ازدياد الضغط على
الحجم (V) من A ← B الغاز غير مضغوط ويخضع قانون بويل
عند النقطة (B) تكون الغاز مضغوط وسيط احسن ضغط
واذا قل الحجم فان الضغط يبقى ثابت والخط من B ← C
يثل عملية التغير في الضغط من الغاز المضغوط الى
ومما يلى نقطة على الخط (BC) تكون الغاز مضغوط والخط حالة
توازن

في الشكل (B) يبين انه عند ازدياد الضغط بالسرعة درجة الغاز
المضغوط فان ضغط الغاز يزداد ايضا والمنحنى A ← B يثل
سلوك الغاز المضغوط. وبه نقطة (B) اذا ازدياد درجة
الحرارة يصبح الغاز غير مضغوط وضغطه يزداد مع درجة حرارته

وكون ضغط البخار في المجمع متناسباً طردياً مع درجته حرارته
المطلقة كما هو مبين في كخط البياني B ← C .
وعلاوة على ذلك ان كل بخار لها معينات : المصنوع ، العلم ، الذي
يسير اليه ، الحالة ، الغازية ، المادة ، في درجته حرارة التماسك ، درجة
الحرارة ، والمصنوع الاخر الذي يسير اليه ، الغاز المتوازن مع الحالة
السائلة في البخار المجمع .

- ان للبخار المجمع خواصاً كيميائية بالائتي :
- أ) ضغط البخار المجمع يعتمد على طبيعة المادة .
 - ب) ضغط البخار المجمع لا يمسأل يعتمد على درجته حرارته يزداد
بارتفاعه ويقل بانخفاضه .
 - ج) ضغط البخار المجمع لا يعتمد على حجم البخار الذي يشغله البخار .
 - د) ضغط البخار المجمع لا يمسأل لا يعتمد على وجود البخرة اخرى
مختلفة اذا لم يكن بينها تفاعل كيميائي .
 - هـ) الضغط الكلي الذي تسببه البخرة الحوارد المختلفة يساوي
مجموع الضغوط الجزئية لابخرة الحوارد المختلفة

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

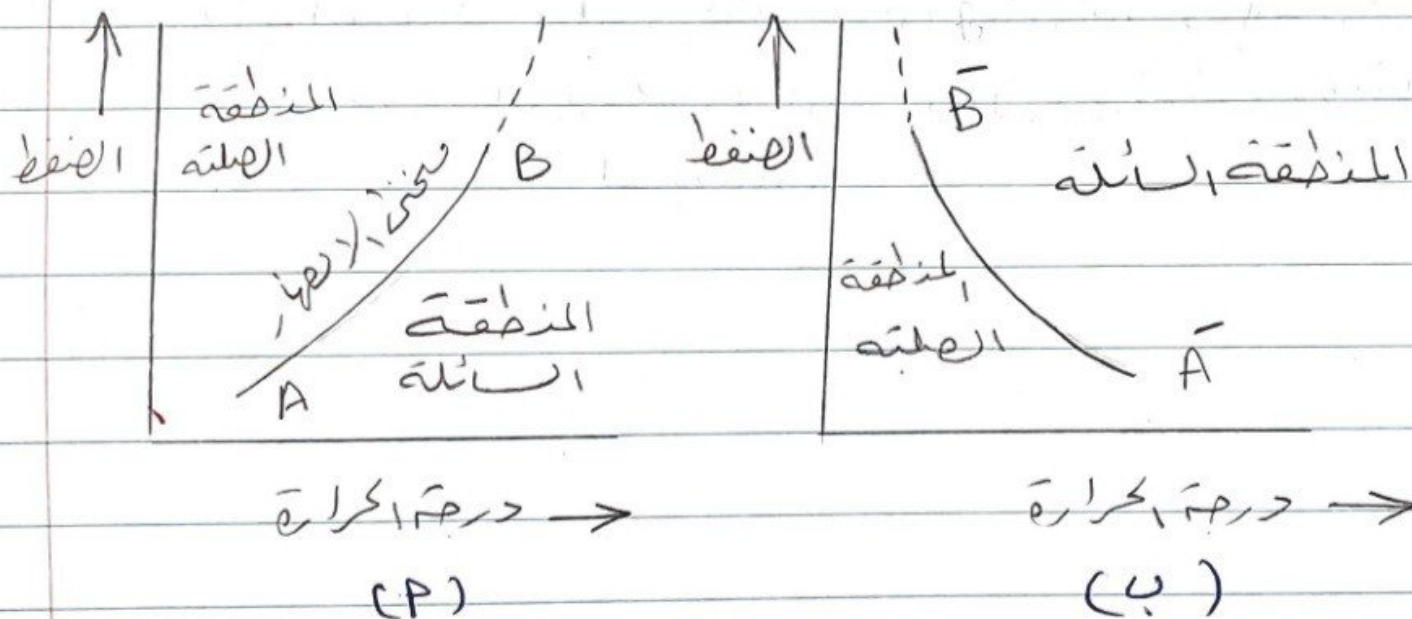
سلوك المواد النقية (Behaviour of pure sub.)

ان المواد النقية في الطبيعة لا تسلك جميعاً نفس السلوك
عندما يتحول من حالة الى اخرى ولا يصح ذلك من مادة صلبة
عندما تتحول الى مادة صلبة (انظر المثال) .

ان هذه العملية تتم عند نقطة الانصهار . ان نقطة الانصهار
للمواد الصلبة تعتمد على مقدار الضغط المسلط على المادة الصلبة
بحرماً عندما تسفر عن رفع نقطة الانصهار ، كما ان زيادة الضغط كما هو مبين
في مثنى الانحطاط الموضح في الشكل (٤) ان هذه المصنوع تنصل
المذففة السائلة عن المذففة الصلبة والمصنوع نفسه ينصل

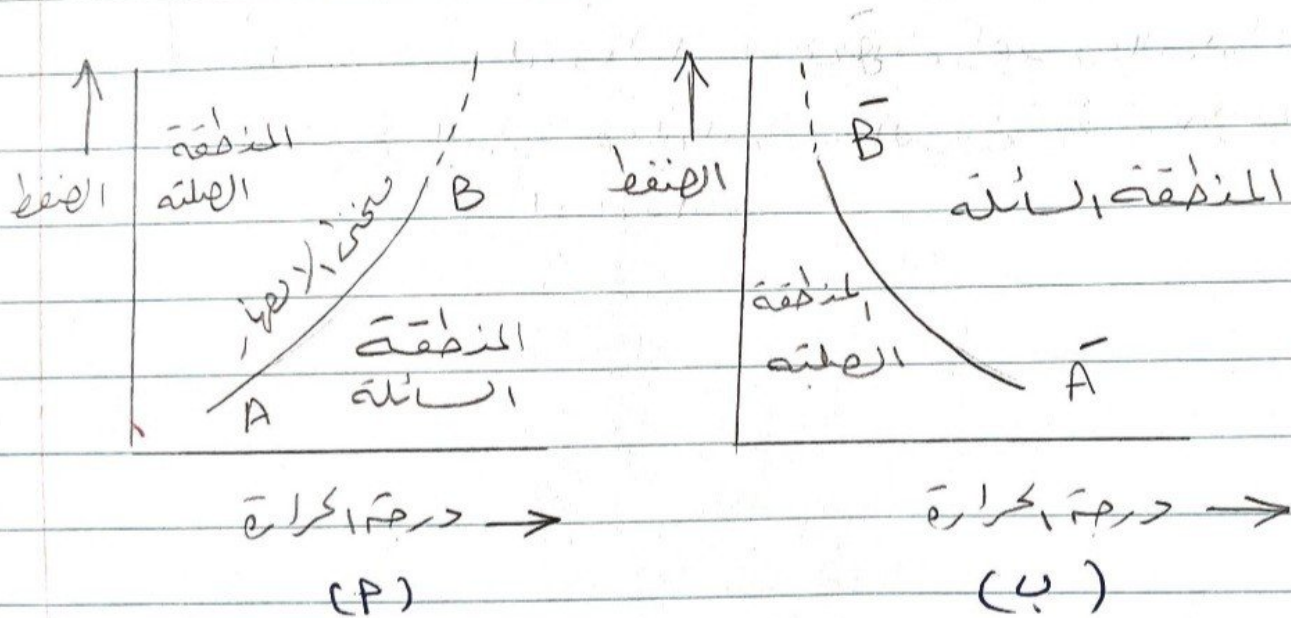
نقاط الارتزان بين المائتين والصلبة والسائلة والغازية للمواد النقية
 في الضغط من هذا النوع أي ترتفع نقطة انصهارها كلما ازداد
 الضغط الواقع عليها. ان المواد التي يتقلص حجمها عند انصهارها
 كما هو الحال بالماء لا تجلي هذا فان نقطة الانصهار تقل كلما
 ازداد الضغط المطبق عليها كما في الشكل (ب)
 ان صغيرات الانصهار AB ، $\bar{A}\bar{B}$ ليسا محدوق بل مستمر
 نحو الاعلى كما ازداد الضغط.

ولما كانت غالبية المواد النقية توضع للمقارنة المائتين
 الشكل (٢) لذلك سترسم في شكل هذه المواد فقط

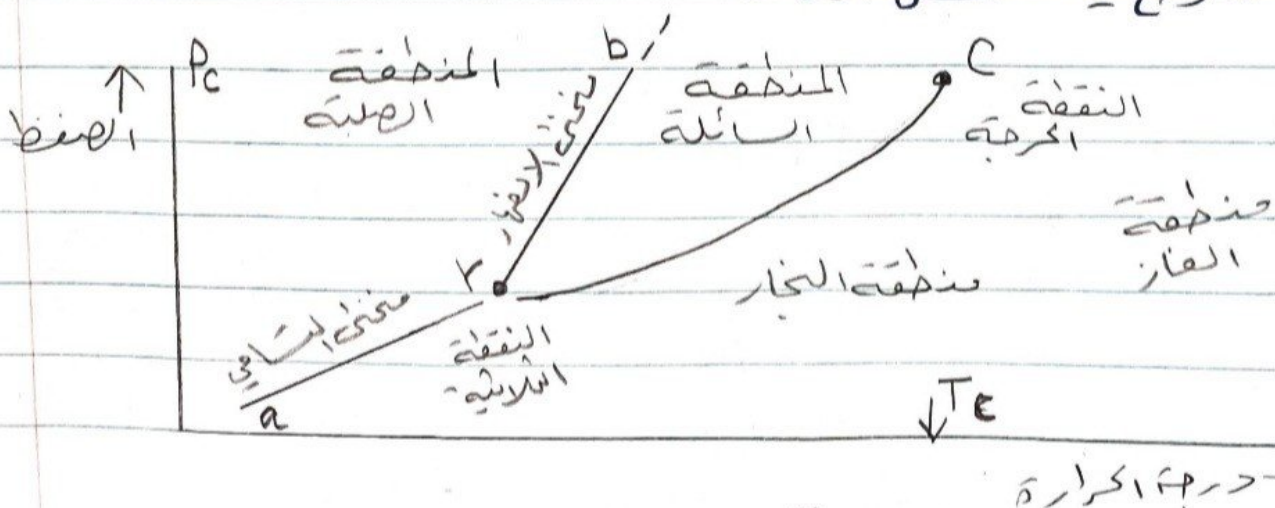


نقاط الانتران بين الحالتين، ولبسته ولباسه، واغلب المواد، لبسته
 "لبسته" من هذا النوع اي مرتفع لبسته انفسا، كما انذار
 الضغط الواقع على. ان المواد التي تنقلها بحركتها تنفس
 كما هو الحال باللبسة للجلبه، فلابسات لبسته انفسا، تنقل كما
 انذار الضغط على كمالها، ولبسته
 ان حبيبات الضغط، AB ، $\bar{A}\bar{B}$ لبسة محدودة بل لبسة
 كوالا على كما انذار، ولبسته.

ولما كانت غالبية المواد، لبسته كوضع لللبسة، لبسة
 الشكل (٢) لبسة لبسته، لبسة لبسة، كوالا، كوالا



النقطة الثلاثية للمادة (Triple point of substance)
 يمكن تمثيل الحالات الثلاث للمادة على المخطط (P-T)
 الموضح، الشكل ادناه



في شكل ضئيل ثلاث مخفيات تمثل المحارات الطهسية
للتقاط التي تتواجد في المادة بجاليين نأ أن واحد تحت منقوط
و درجات حرارة مختلفة وهذه المخفيات هي
٩ / معنى الانفجار أو الانفجار (٧-٦) :-

ان نقطة الانفجار ترتفع كلما ازداد الضغط الواقع على المادة
وهذا المعنى يفصل بين المنطقة الصلبة والمنطقة السائلة
وعند تقاطع هذه المخفية توجد المادة بجاليين الصلبة والسائلة
في آن واحد ولهذا يدعى هذا المخفي بـ "نوازن الكالين"
الصلبة والسائلة ويكون ميل هذا الخط موجباً لدرجة حرارة
النقطة في الطبيعة ولكن ميله يصبح سالباً لبعض المواد
الشاذة والتي اسهرها الماء ولقد وجد عملياً ان هذا
الخط مستمر الى الاعلى دون توقف

١٠ / معنى السامي (٧-٥) :-

السامي يعني تحول المادة من الحالة الصلبة الى الحالة البخارية
دون المرور بالحالة السائلة. ان زيادة الضغط ترفع نقطة
السامي وهذا المعنى يمثل الخط الذي يفصل المنطقة
البخارية عن المنطقة الصلبة. ان هذا المعنى يمثل منقطع
منقطع ثنائي الصلح درجة الحرارة ويلاحظ ان مدى درجات
الحرارة التي يصل عندها السامي محدود بدرجة حرارة
التأينة للنقطة (a) ونشير عند درجة الحرارة المتأينة
لنقطة (v)

١١ / معنى البخر (الغليان) (٧-٤) :-

ان نقطة الغليان ترتفع كلما ازداد الضغط المسلط على المادة
ان المعنى (٧-٤) يمثل الخط الذي يفصل بين المنطقة السائلة
والمنطقة البخارية والتقاط الوامق على هذه الخط يعني مناطق
تواجد الكالين السائلة والبخارية في آن واحد وبشكل متوازن

ان ضغط البخار المتوازن مع السائل في أي درجة حرارة ضغط
كأ السائل في تلك الدرجة لذلك فالمختن (c-v) يمثل مخطط
ضغط بخار السائل في درجة الحرارة.

لا يخطأ ان مختن البخار (c-v) يمثل عن نقطة (c) التي
تدعى النقطة الحرجة ويقابل هذه النقطة الحرجة درجة
حرارة الحرجة (T_c) و الضغط الحرج (P_c). ان القيم الحرجة
(T_c, P_c) تمثل اعل ضغط ودرجة حرارة يتواجد عندهما السائل
والبخار معاً في حالة توازن. وبهذه النقطة الحرجة لا يمكن التمييز
بين الحالة السائلة والحالة البخارية لان المادة تتحول كلياً
في حالة واحدة وهي الحالة الغازية.

من المهم ان نلاحظ ان الخواص الثلاثة مختن لا يتغير
ومختن السائل ومختن البخار يلتقيان في نقطة واحدة (v)
وهذه النقطة تدعى النقطة الثلاثية للمادة لانها تمثل نقطة
التقاء الحالات الثلاثة للمادة فبذلك هذه النقطة فقط
تتواجد المادة بجميع الحالات الثلاثة الصلبه والسائلة والغازية
معاً في آن واحد وبما ان توازن شبع مستمر ونقول توازن
شبع مستمر لانه لا يتغير الا بغيره فالتغير ممكن
سواء في غايه الضغط مع ضغط ودرجة الحرارة، ويقابل
النقطة الثلاثية (v) ضغط النقطة الثلاثية (P_v)
ودرجة حرارة النقطة الثلاثية (T_v).

معادلة كلايرون (Clapeyron equation) :
(1799-1864)

هذه صيغة لويس كاول مور في مستقر ايمالتورين مور
لا فز من كاول ابلانج (مور صلب) الى غاز (مور سائل)
وكان ذلك في عام 1849م وبالاعتماد على مخطط الضغط
دو درجة الحرارة $P-T$

$$\frac{dp}{dT} = \frac{L}{T \Delta u}$$

where dp/dT انحدار خط التماس للمماس
لمنحن مخطط الضغط ودرجة
الحرارة عند اي نقطة

الحرارة النوعية الكامنة
الكافية

الحرارة النوعية : L

درجة الحرارة : T

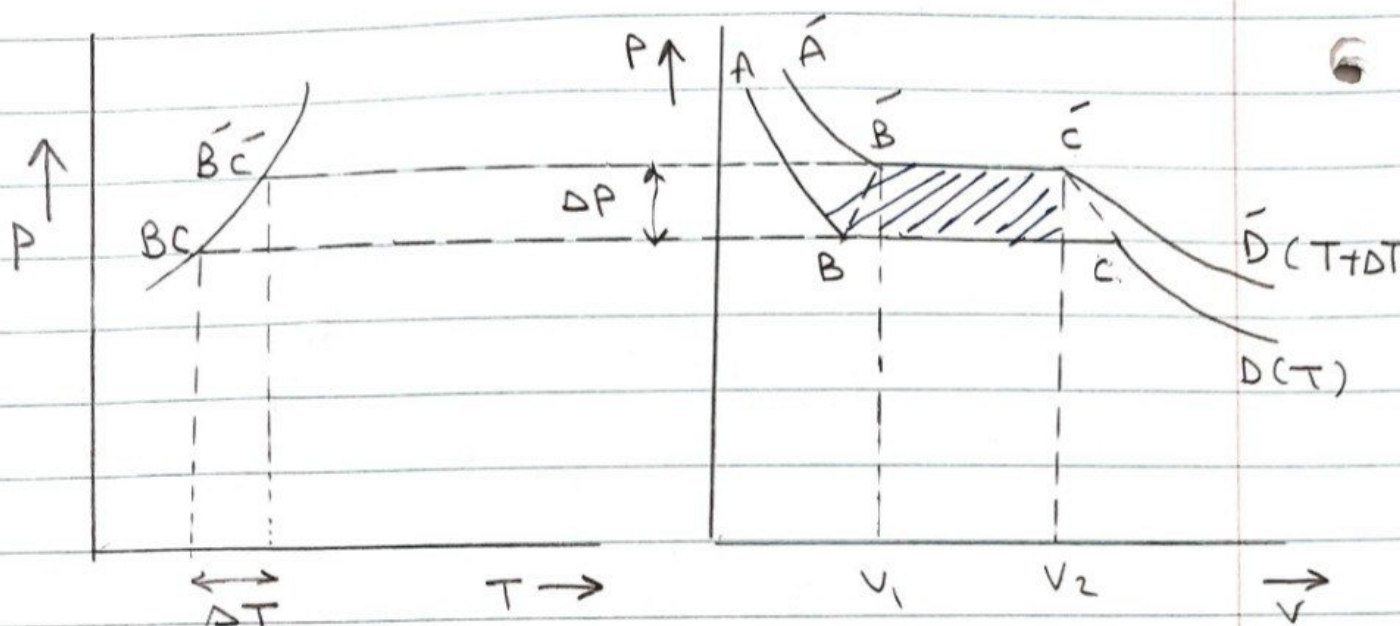
الحجم النوعي : Δu

تغير الضغط

الشرح لمفصل لهذه المعادلة :

ان معادلة كلايرون تعبر عن العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة
عند ما تكون المادة البغية مؤلفة من طورين في حالة اتزان
كأن يكون الطورين (صلب - سائل) او (سائل - بخار)
او (صلب - بخار) وهناك عدة طرق لاستنتاج معادلة
كلايرون منسقين هنا بالطريقة التالية لاستنتاج
معادلة كلايرون :

نفسها وهو سائل وبخار في حالة اتزان تحت ضغط ودرجة
حرارة ويمكن تمثيل ذلك بالمخطط الآتي (ABCD)
والتي هي الشكل لاحقاً .



إذا ازداد الضغط المطلق على $(P + \Delta P)$ فإن درجة الحرارة التي يحدث عندها التوازن بين السائل والبخار تكون $(T + \Delta T)$ يمكن تمثيل ذلك بالمختلئ الأيزوثيرمي $(A'B'C'D')$ المميز لنفس الشكل AB و $A'B'$ تمثلان إطور السائل للمادة وعليه عند النقطة $(B, \bar{B})$ تكون المادة في الحالة السائلة تماماً. من $B \leftarrow C$ أرض $\bar{B} \leftarrow \bar{C}$ تكون المادة في حالة كوى منه حالة السيولة (الحالة البخارية) والعكس بالعكس. عند النقطة C أرض $\bar{C}$ تكون المادة في الحالة البخارية تماماً من $C \leftarrow D$ أرض $\bar{C} \leftarrow \bar{D}$ تكون المادة في الحالة البخارية مثل B مع $\bar{B}$ و C مع $\bar{C}$ بالخطوط المنقطة ونذلك تكون لدينا دورة كاملة هي $(B\bar{C}CB\bar{B})$ وهذه الدورة مشابهة لدورة كارنو والتي نشأت مع نقاش في فصل لاحق وأي عادة يكرس على دورة كارنو تتبع المعادلة التالية،

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad (1)$$

حيث أن Q_2 كمية الحرارة التي تنتقل المادة في درجة حرارة T_2 و Q_1 كمية الحرارة التي تنتقل المادة في درجة حرارة T_1

تفرض ان حجم المادة المنتجة هو V_1 ودرجة حرارة $(T + \Delta T)$ وعند النقطة C تحول البخار ويكون حجم V_2 فاذا فرضنا ان كتلة المادة المنتجة عند النقطة B هي واحد كيلوجرام وان كمية الحرارة التي تمتصها تساوي Q_2 وهنا $Q_2 = (L + \Delta L)$ حيث ان $(L + \Delta L)$ تمثل الحرارة الكامنة للسائل في درجة حرارة $(T + \Delta T)$. فاذا انخفض الضغط عند النقطة C بالمقدار dp فان البخار سيبرد ويهبط درجة حرارته ودرجة الحرارة عند النقطة C تصبح T وعند هذا الضغط ودرجة الحرارة يبدأ البخار بالتكاثف ويتحول الى سائل وعند النقطة B يكون مقدار الحرارة المفقودة $Q_1 = L$ حيث (L) هي الحرارة الكامنة في درجة حرارة T وبنسبة الضغط على قدرتها اعادة المادة الى حالتها الاصليه عند النقطة B والدورة $B \rightarrow C \rightarrow B$ هي دورة عكسية اي تميز ابرارها عكس الاتجاه ايضا. وبالتعويض في المعادلة (1)

$$\frac{L + dL}{L} = \frac{T + dT}{T}$$

$$\frac{L}{L} + \frac{dL}{L} = \frac{T}{T} + \frac{dT}{T}$$

$$\therefore \frac{dL}{L} = \frac{dT}{T} \quad \text{--- (2)}$$

ان المساحة المظللة في الشكل

$$B \rightarrow C \rightarrow B = dp(V_2 - V_1)$$

وهذه المساحة تساوي مقدار الشغل المبذور

$$dL = Q_2 - Q_1$$

ان مقدار الصافي للحرارة الدافلية للكتل يتحول طلياً الى شكل
سبب عدم تغير الطاقة الدافلية بعد اتمام الدورة

$$dL = dp (V_2 - V_1)$$

لغرض المعادلة (2)

$$\frac{dp(V_2 - V_1)}{L} = \frac{dT}{T}$$

وبالترتيب

$$\boxed{\frac{dp}{dT} = \frac{L}{T(V_2 - V_1)}}$$

هذه المعادلة تدعى معادلة كلايرون الكافية للحرارة
ونحن ان هذه المعادلة قد استقر العالم الفيزيائي كلايرون
الا ان كثيراً من الكتب تشر ان هذه معادلة
كلايرون - كلايرون وهذه المعادلة تطبق على تغير
في طور المادة سواء كان انصهاراً أو تجمداً أو تسامياً أو صلباً
تغير في الشكل البلوري للمادة

تطبيقات معادلة كلايرون :

* 1) تأثير تغير الضغط على نقطة الانصهار (أو الانجماد) :

عندما يتحول المادة من الحالة الصلبة الى الحالة

السائلة فان الحجم يتغير :

① اذا كان $(V_2 > V_1)$ فان الميل $\frac{dp}{dT}$ يكون

مقدار موجب وهذا يعني ان معدل تغير الضغط

هو سالب لدرجة الحرارة هو موجب ومن اجل هذه الحالات

فان نقطة الانصهار للمادة ترتفع كلما ازداد الضغط الواقع

عليها والعكس بالعكس .

② اذا كان $(V_2 < V_1)$ فان الميل $\frac{dp}{dT}$ يكون مقدار

سالب وفي هذه الحالة فان نقطة الانصهار للمادة تنخفض

كلما ازداد الضغط الواقع على السائل بالقلب .

ان نقطة انغراس القلب تقل عند سيزداد الضغط ايمان القلب
 فيدر في درجة السيليزي عند يكون واقع تحت ضغط
 جوي يعادل 76 سم زئبق اما اذا كان الضغط اكر من الضغط
 الجوي فان نقطة الانغراس تكون اقل من درجة السيليزي

x (ن) تأثير تغير الضغط على نقطة انغراس (البخار) :
 عند تحول كتلة معينة من سائل الى بخار فان حجم البخار
 V_2 يكون دائما اكر من حجم السائل المقابل V_1
 اي $V_2 > V_1$ لذلك فان السائل يكون $\frac{dp}{dT}$ يكون
 موجب دائما .

لهذا يعني ان اي زيادة في الضغط السطحي لمادة
 يؤدي الى ارتفاع نقطة انغراس السائل وبالعكس السائل
 يقل في درجة حرارة اقل عند تخفيف الضغط الواقع عليه
 فمثلا في حالة الماء فنقطة انغراسه تزداد مع زيادة
 الضغط وبالعكس بالعكس . فالماء يغلي في درجة
 100 سيليزي رطوبت جوي 76 سم زئبق .

في المختبر في يغلي الماء في درجة حرارة اقل من 100 سيليزي
 لان الضغط الجوي داخل المختبر قد يكون اقل من 76 سم
 زئبق وفي قدور الضغط يغلي السائل في درجة حرارة
 اقل لان الضغط داخل القدور اقل من الضغط الجوي

مثال (١): احسب مقدار الانخفاض في نقطة انغراس الجليد
 الناتج من زيادة الضغط الواقع على مقدار ضغط هوي
 واحد عندما تكون الحرارة الكامنة للانغراس الجليدي تساوي
 ٨٠ سعرة لكل غرام والاهجام النوعية لوحد كيلوغرام من الجليد
 والماء من درجتي الصفر سيلزيوس هي
 $1.091 \times 10^{-3} \text{ م}^3$ $1 \times 10^{-3} \text{ م}^3$ على التوالي.

$L = 80 \text{ سعرة/غرام}$ سعة
 $= 80 \times 4.2 \text{ جول/غرام}$ جول
 $= 80 \times 4.2 \times 10^3 \text{ جول/كغم}$ جول/كغم
الحرارة الكامنة
للاذغراس الجليدي

$$T = 0^\circ \text{C} = 273 \text{ K}$$

$$V_1 = 1.091 \times 10^{-3} \text{ م}^3$$

$$V_2 = 1 \times 10^{-3} \text{ م}^3$$

$$dp = 10^5 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ جو}$$

الضغط، الضغط

$$\therefore \frac{dp}{dT} = \frac{L}{T(V_2 - V_1)}$$

$$dT = \frac{dp \times T \times (V_2 - V_1)}{L}$$

$$= \frac{10^5 \times 273 \times (1.091 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-3})}{80 \times 4.2 \times 10^3}$$

$$dT = -0.0074 \text{ K}$$

وعليه فان مقدار الانخفاض في نقطة انغراس الجليد عندما يزداد
 الضغط عليه بمقدار واحد هو ٠.٠٠٧٤ كلفن

مثال - ج -

أ) حساب مقدار الضغط اللازم لزيادة سرعة جريان كوكبة كوكبية
نقطة انقراضه من 1 كيلومتر في الثانية واحدة؟

$$\frac{dp}{dT} = \frac{L}{T(V_2 - V_1)}$$

$$V_1 = 1 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$V_2 = 1.091 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

الضغط الجوي 10 شوتن/م²
جو

$$\frac{dp}{dT} = \frac{L}{T \Delta V}$$

$$\Delta V = 0.091 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$dp = dT \frac{L}{T \Delta V}$$

$$T = 273 \text{ K}$$

$$dT = -1$$

$$= 1 \times \frac{80 \times 4.2 \times 10^3}{273 \times 0.091 \times 10^{-3}}$$

$$= 135.25 \times 10^5 \text{ شوتن/م}^2$$

$$= 135.25 \times 10^5 \text{ شوتن/م}^2$$

$$= 135.25 \text{ جو}$$

$$P_{\text{الضغط اللازم}} = 135.25 + 1 = 136.25 \text{ جو}$$

مثال - ب - أ) حساب وقت انقراض نفاث طائر في درجة حرارة

120 °C على بابه مقدار التغير في الحجم النوعي عندما يتحول إلى

من الماء إلى بخار ليادة 1.676 م³ ودرجة الحرارة

للنار 540 درجة/غم وان الحرارة الميكانيكية للحرارة

4.2 ج/°C

الفصل الرابع

القانون الأول في

الشرم والافلاس

القانون الأول في الترموديناميكس (The first law of thermodynamics)

يعبر القانون الأول في الترموديناميكس هو صيغة خاصة من قانون حفظ الطاقة العام.

إن قانون حفظ الطاقة العام قد تطور عبر عصور طويلة إلى أن اكتسب صيغته الحالية كقانون هويزنبرغ مهم قرأتين الفيزياء رئيسية على أن (الطاقة لا تفنى ولا تكتسب ولكن يمكن تحويلها من شكل إلى آخر). هذا القانون يتناول كل أشكال الطاقة في الطبيعة، الطاقة المخزنة بكل أشكالها والطاقة العابرة بين كل أشكالها الكونية. والسؤال الذي يثار هو: هل يمكن أن يكون هناك شكل من أشكال الطاقة لا يخضع لهذا القانون؟ (أي كيان صمد) ثابت دائماً.

طاقة ميكانيكية انتقالية مرتبطة بسرعة كيميائية
دسؤولته عند درجات الحرارة.

الطاقة الداخلية (U)

طاقة ميكانيكية دورانية تعتمد على دوران الذرات
في الجزيئات.

طاقة اهتزازية تعتمد على اهتزاز الذرات.
طاقة كاسية للذرات ثابتة في وضع هذه الجزيئات
بالنسبة إلى بعضها البعض.

طاقات نووية والكروية هي تركيبة الذرات
والجزيئات.

تظهر الطاقة الداخلية على شكل

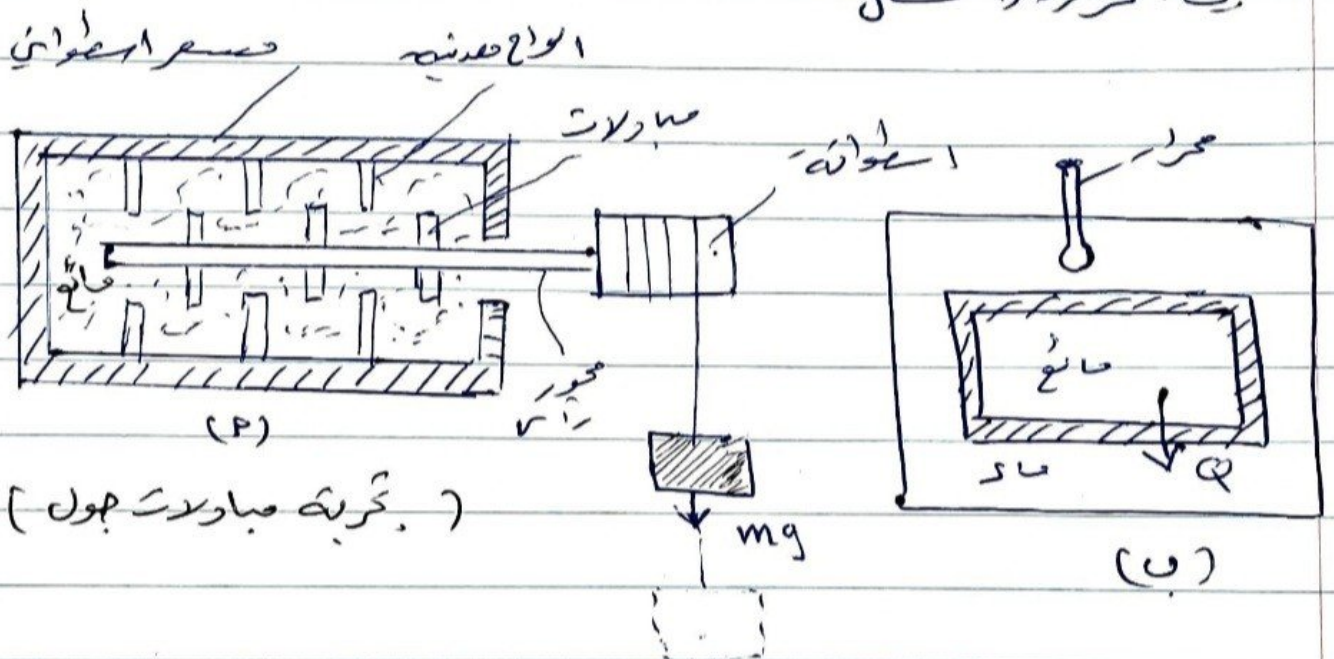
(1) زيادة درجة حرارة الكيان.

(2) تغير حالة الكيان.

(3) زيادة المسافة الفاصلة بين الجزيئات (تمدد).

ان لقانون الدول في الزمورانيكس هو صيغة خاصته من قانون حفظ الطاقة، العام لانه يتعامل بكل خاص مع الطاقة لطايرة اي الطاقة التي تنتقل عبر حدود الآليات مثل الحرارة والشغل هناك تجارب كثيرة جداً اهتمت الى ذلك أدت الى اقرار القانون الدول ولعل اهم تلك التجارب هي تجارب هول.

تجارب هول: قام العالم هيرس بريكوت هول (١٨١٨ - ١٨٨٩) بين عامي ١٨٤٢ و ١٨٤٨ ببناء التجارب لاياد لعلته الكمية بين الحرارة والشغل.



وهي اهم التجارب التي أدت الى اقرار لقانون دول في الزمورانيك حيث استخدم هول في تجربته الجهاز الموضح بالشكل اعلاه

يتركب الجهاز من معدن اهراني مثبت في رانه الواع معدنية يتحرك فيها بحرية تجوئة من المبادلات تتحمل محور رأس مثبت في نهايته اهرانه ملغون في سائل مبرد مغطى على بكرتين ويتحرك من كل طرف ثقل وزنه (mg) ويوضح ما يلي الممر وتقاس درجة حرارته بواسطة ترمومتر خاص. اذا ترك السائل في قطن مسافة $(L \text{ cm})$ دار المحور الرأس داخل الممر

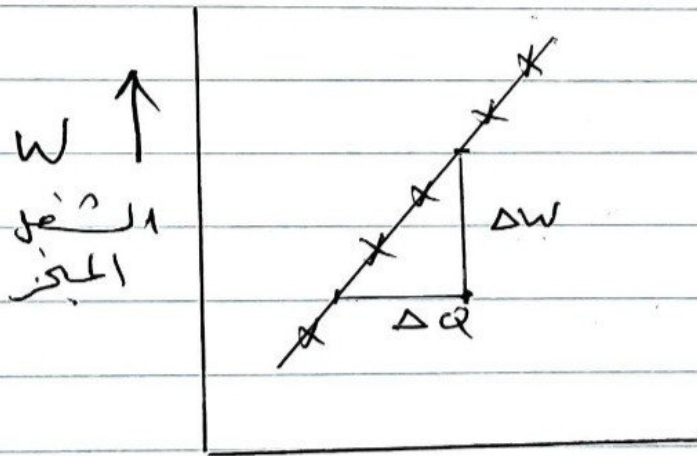
حركات المبادلات التي تحدث في الماء بين الأنواع الثابتة والحرية
المحررة. فيحول بذلك الشغل الميكانيكي إلى طاقة حرارية
بسبب الاحتكاك الحادث بين حبيبات الماء المختلفة
وتتكرر رفع الأثقال وتترك لحظة تتركز حول هذه تحويل كميات
مختلفة من الطاقة الميكانيكية وذلك من حساب كميات
الحركة التي يتسببها الماء وحركاته نتيجة ذلك
وجد أن العلاقة خطية بين الشغل الميكانيكي (W) وكمية
الحركة المتولدة (Q)

$$W \propto Q$$

$$W = JQ$$

حيث أن (J) هو مقدار ثابت عبارة عنه ميل الخط المستقيم
الذي يربط العلاقة بين (W, Q) وقد ساء العالم حول
المكافئ الميكانيكي للحركة كما وجد أن قيمته ثابتة
4.18 جول/درجة

4.2



$$J = \frac{\Delta W}{\Delta Q}$$

→ كمية الحرارة المتولدة

$$\text{①} \quad \delta W = J \delta Q$$

أن المعادلة رقم (1) تعني أن تكامل الشغل خلال الدورة
الكاملة (أي الشغل الصافي للدورة) يتناسب مع تكامل
الحركة للدورة (أي الحركة الصافية للدورة)
وهذه المعادلة تدفعنا أن الشغل والحركة كميتان

ميكانيكيات دافئاً ويمكن التعبير عنها بنفس الجهود
أما سعة أو طول

المعادلة رقم (1) يمثل تماثل طول وهو يعبر رياضياً
للقانون الأول للترموديناميك بالنسبة للكيان مغلق
نهر خلال دورة واحدة أو أكثر.

القانون الأول للترموديناميك :-
قانون هول (المعادلة رقم 1-1) يعطي علاقة الكمية بين الشغل
والحرارة عندما يتنم كل من الشغل المتبدل على الكيان لتوليد
الحرارة أو العكس بالعكس والعلاقة بسيطة بين الحرارة والشغل
في مثل هذه الحالة هي :

$$W = JQ \quad (2)$$

إذا فرضنا أن كمية الحرارة المجهزة للكيان خلال أي عملية هي (Q)
والشغل الخارج المجهز (W) وإذا كانت (U₁) تمثل طاقة
الكيان الداخلية عند ابتداء العملية و (U₂) تمثل الطاقة عند
انتهاء العملية فإن العلاقة الرياضية بين هذه الكميات هي

$$Q = W + (U_2 - U_1) \quad (3)$$

هذه المعادلة تمثل القانون الأول للترموديناميك وكل الكميات
في هذه المعادلة تقاس بجهود الطاقة (الجول أو السعرة)
أن المقدار (U₂ - U₁) يمثل الزيادة في الطاقة الداخلية للكيان
ويمكن كتابة العلاقة (3) للعمليات شبه الساكنة وأي عمليات
التي يكون فيها تغير الحالة صغيراً ويتم بتأثير البطء دون أن
يصاحبها ضاغط في الطاقة أي عندما يصغر الكيان كمية صغيرة من
الحرارة dQ ويغير كمية صغيرة من الشغل δW، أي كل تلك

$$\delta Q = \delta W + \delta U \quad (4)$$

هذه المعادلة تمثل الصيغة التفاضلية للترموديناميك. إن كل
من المعادلتين (3, 4) تنص على أن الفرق بين كمية الحرارة

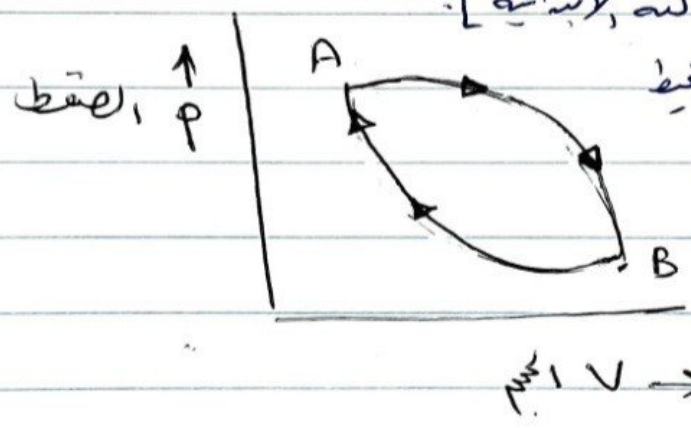
المضافة الى الكيان ومقدار الشغل المنتقل من الكيان الى الوسط المحيط بباري مقدار الزيادة في الطاقة الداخلية للكيان اي ان صافى الطاقة العابرة بين الكيان ومحيطه (عند شغل حرارة وشغل) بباري مقدار التغير في الطاقة الداخلية للكيان من ذلك نستنتج ان للقانون الاول للترموديناميك صيغتان الاول وفي الصيغة المتحركة بالمعادلة رقم (2) والثانية هي صيغة عامة قمتلة بالمعادلة رقم (4)

لتطبيقات القانون الاول للترموديناميك

① بالنسبة لكيان مغلق يمر بدورة كاملة :
عندما يمر الكيان المغلق بدورة كاملة فان المجموع الجبري للطاقة الحرارية المنتقلة الى الكيان من الوسط الخارجي عبر عذرت الكيان يتساوى صافى الشغل الجبري للشغل المنتقل من الكيان الى الوسط المحيط اي :

$$\sum Q = \sum W \quad \text{حيث } \Delta U = 0$$

حيث ΔU لبيان مغلق بباري هنز [اذا مر الكيان بدورة كاملة وعاد بعد انقضاء العملية الى نفس حالته (لا يتغير)].



ان مجموع الشغل المنتقل الى الوسط المحيط يتساوى صافى الشغل الجبري لزيادة الحرارة المتأخوذة من هذا الوسط فاما المعادلة اعلاه

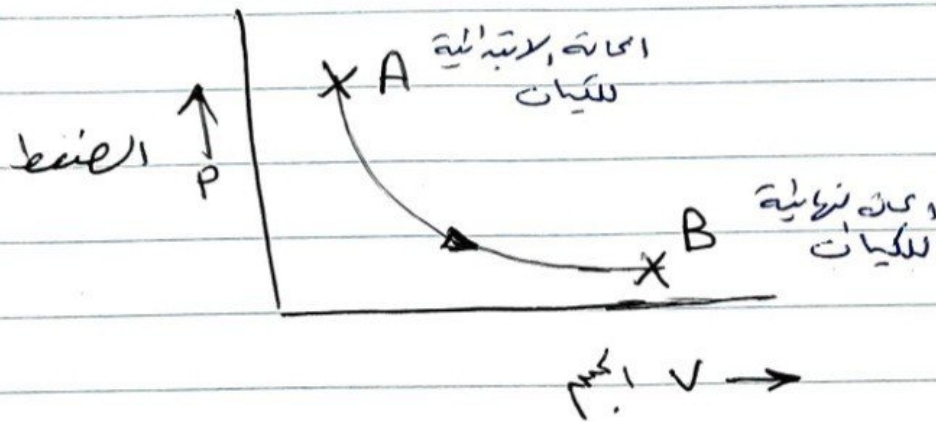
② بالنسبة الى كيان مغلق تتغير حالته :

عندما يمر الكيان خلال عملية هي جزء من دورة فان الزيادة في الطاقة الداخلية للكيان بباري كمية الحرارة المضافة للكيان من المحيط متساوية مع مقدار الشغل المنتقل من الكيان الى المحيط اي ان

$$U_2 - U_1 = Q - W$$

أو عبارة أخرى:

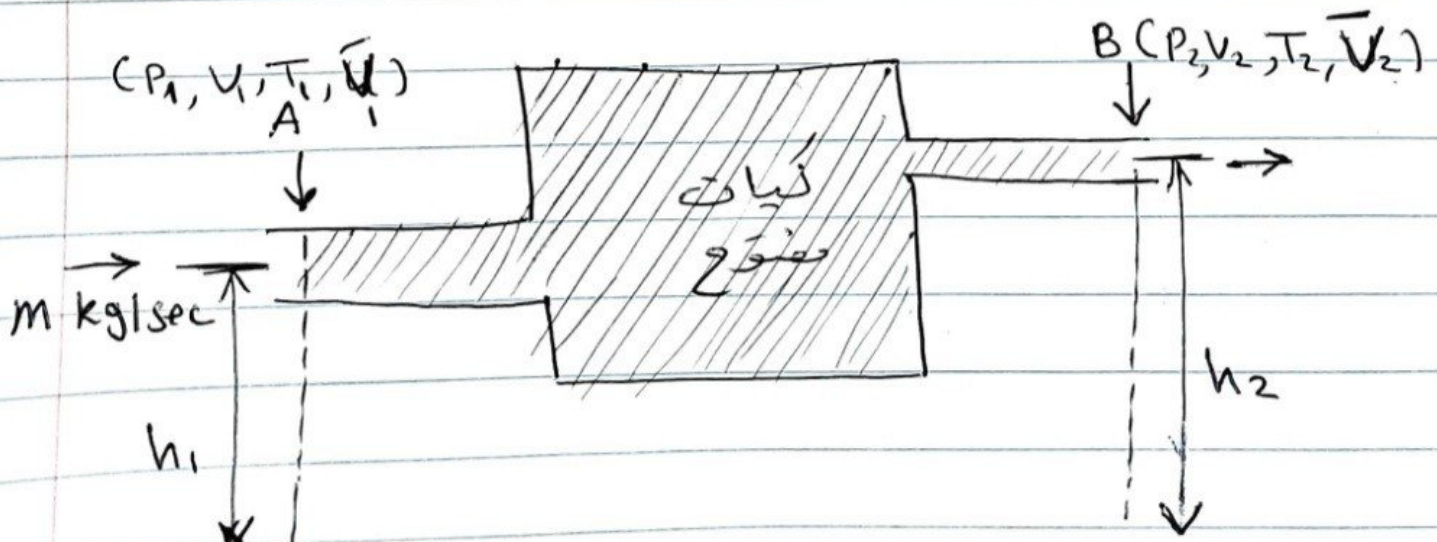
أن الزيادة في الطاقة الداخلية للكيان = كمية الحرارة المضافة
إلى الكيان - مقدار الشغل المنتقل من الكيان إلى المحيط



(ب) بالنسبة للكيان مفتوح تتغير حالته :-

لرفضنا مما سبق أن الطاقة يمكنها عبور حدود الكيان
المغلق على شكل حرارة وشغل.

لكن بالنسبة للكيان المفتوح هناك جانب عبور الحرارة
والشغل عبر المادة الداخلة والمادة الخارجة حدود الكيان تحمل
معها كمية معينة من الطاقة (داخل الكيان وعلى ذلك
طاقة الكيان تتأثر بالحرارة والشغل الداخلة التي يغير حدودها
لذلك يجب الأخذ بنظر الاعتبار مقدار الزيادة في طاقة الكيان
الناتجة عن عبور المادة حدود الكيان وعندئذ يمكننا تحديد
القانون الأول للكيان المفتوح



نفرض ان المائع ضمن هذا الكيان يتدفق بانتظام حيث يدخل عنه المدخل (A) بمعدل (m) كتلة في الثانية ويخرج من (B) بنفس المعدل. ان شروط المائع عند المدخل (A) هي P_1, V_1, T_1 حيث P_1 يمثل ضغط المائع، و V_1 هو حجم المائع الداخل في الثانية الواحدة و T_1 درجة حرارة المائع الداخل و $\bar{V}_1$ هي سرعة دخول المائع. اما شروط المائع عند مخرجه من (B) فهي $P_2, V_2, T_2, \bar{V}_2$. ان الطاقة التي تبعد حدود الكيان المفتوح حول الكيان الواحدة تشمل على

- (a) الطاقة الداخلية : الدافلة U_1 و الخارجية U_2
- (b) الطاقة الحركية : الدافلة $\frac{1}{2} m \bar{V}_1^2$ و الخارجة $\frac{1}{2} m \bar{V}_2^2$
- (c) الطاقة الكامنة : الدافلة mgh_1 و الخارجة mgh_2 حيث ان h_1, h_2 يمثل ارتفاع المائع
- (d) طاقة الانسياب : الطاقة الناتجة بسبب هريان المائع

ان الصل الانسيابي اللازم لدفع كيلوغرام واحد من المائع في الثانية الواحدة الى داخل الكيان يسوي $(P_1 V_1)$ والصل الانسيابي اللازم لرفع كيلوغرام واحد من المائع في الثانية الواحدة الى المحيط الخارجي $(P_2 V_2)$ وعليه فان مقدار التغير في الطاقة الانسيابية لكل كتلة $(P_2 V_2 - P_1 V_1)$

اذا جهزنا الكيان المفتوح بكمية من الحرارة مقدارها Q وكان الصل الذي يؤديه الكيان على طول المحيط الخارجي هو W فعند تطبيق قانون حفظ الطاقة عندما يتدفق المائع خلال الكيان المفتوح بمعدل (m) كتلة/ثانية

$$Q + mgh_1 + \frac{m \bar{V}_1^2}{2} + P_1 V_1 + U_1 = W + mgh_2 + \frac{m \bar{V}_2^2}{2} + P_2 V_2 + U_2 \quad (5)$$

لهذه المعادلة تمثل القانون الأول للترموديناميك بالسبب للكيان
مفتوح وهذا أكثر شمولاً من المعادلات السابقة لأننا نطبق
على جميع العمليات الترموديناميكية وعليه فهذه المعادلة تدعى
بالمعادلة العامة للطاقة. وبما أن القانون الثاني كان
محدوداً بنصف هذه الطاقة (الكل والجزء). يمكن
اختزال المعادلة (5) إلى معادلة خاصة وذلك بتطبيق
على عملية سائبة حيث لا يوجد هريان للمائع ولا يحدث
تغير في طاقة الكيان الديناميكية والكامنة فيصبح

$$Q = W + (U_2 - U_1)$$

لهذه المعادلة هي نفس المعادلة الناتجة من تطبيق القانون
الأول على كيان مغلق عندما يتم حيزه من لدونة أي لا يتغير
عملية دورة كاملة.

أما إذا اكمل الكيان عملية دورية كاملة فلا تتغير الطاقة
الداخلية للكيان وذلك تختزل المعادلة السابقة إلى
قانون جول.

نتائج القانون الأول للترموديناميك

١) العمليات المكبسية -

نأخذ كيان بسيط والمقصود بالكيان البسيط هو ذلك
الكيان الذي يمكن تحديده حالته بدلالة الكتلة والضغط
ودرجة الحرارة والجسم فإذا أعطى الكيان كمية معينة من
الحرارة مقدارها δQ ومرفعل عملية سببية سائبة فان مقدار
الشغل (W) الذي ينتجه الكيان على المحيط يساوي
مقدار حجمه هو $p\delta V$ وعند تطبيق القانون الأول
يصل هذه العملية الفلكسية فيصبح

$$\delta Q = du + p\delta V$$

$$\delta Q - W = \Delta u$$

$$Q = \Delta u + p(V_2 - V_1) \quad \text{أو}$$

٦٥ (٨) العمليات الكفئية (الاديباتية) :
 لا يمكن للحرارة ان تدخل الكيان او تخرج منه $\delta Q = 0$
 ولذلك ناه القانون الاول يصبح كما يلي

$$0 = \delta U + \delta W$$

$$\delta W = -\delta U$$

اي ان الشغل الذي يبغزه الكيان يساوي مقدار التغير
 في طاقته الداخلية اي ان الشغل الخارج يكون على حساب
 الطاقة الداخلية للكيان.

(٩) العمليات الثابتة الحجم :-

اذا تم تزويد الكيان بكمية صغيرة من الحرارة تحت حجم ثابت
 فان مقدار الشغل المبجى يكون صفراً لان مقدار التغير في
 الحجم هو صفراً ($dv=0$) لذلك تحت حجم ثابت يكون القانون
 الاول كالآتي

$$\delta Q = du$$

$$Q = \Delta u$$

اي ان كمية الحرارة الداخلة للكيان ادا كانت منه تحت حجم ثابت
 تساوي مقدار التغير في الطاقة الداخلية للكيان.

(١٠) العملية الايزوثرمية (العمليات التي تتم تحت درجة

$$dT = 0 \quad (\text{حرارة ثابتة})$$

$$dU = 0$$

تكون القانون الاول

$$\delta Q = \delta W$$

بما ان dT مقياس درجة الحرارة والتي هي علاقة
 على زيادة الطاقة الداخلية

عندما $dT=0 \rightarrow$ الزيادة في الطاقة الداخلية

$$dv = 0$$

الانثالبي: (تغيرات الحرارة تحت ضغط ثابت)
 تعرف الانثالبي بانزى مجموع الطاقة الداخلية (U)
 او حاصل ضرب الضغط في الحجم وهذا التعريف ليس له
 صبرهم فيزيائي محدود بل اكتسب مدلوله لانها لا سببا
 رياضية جته

$$H = U + (PV) \quad \text{--- (1)}$$

نفرض ان لدينا كيان بسيط قد امتصا اربع كية من
 الحرارة مقدارها (Q) تحت ضغط ثابت فيكون كتابته
 القانون الاول في المودالتيك عنه جوت اللفظ
 وتغير الحجم بالكل الكلي

$$Q = \Delta U + W \quad \text{--- (2)}$$

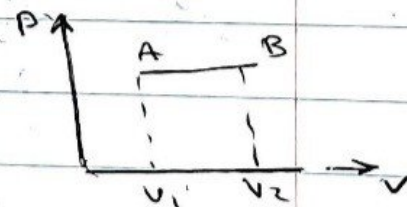
$$Q = (U_2 - U_1) + P(V_2 - V_1)$$

$$Q = (U_2 + PV_2) - (U_1 + PV_1) \quad \text{--- (3)}$$

بفرض (1) في (3)

$$Q = H_2 - H_1 \quad \text{--- (4)}$$

$$Q = \Delta H$$



وعلمنا ان الكيان الذي كتبه (m) قد تغيرت
 حالته من (صلب - غاز) اذ سئل ان بخار ارجل
 ان سائل فانه عنده كمية من الحرارة تساوي الحرارة
 المحولية (الكامنة) (L) والبيان كادي

$$L = \frac{Q}{m} \quad \checkmark$$

$$Q = mL \quad \text{--- (5)}$$

بفرض (5) في (4) نيج

$$mL = H_2 - H_1$$

$$L = \frac{H_2}{m} - \frac{H_1}{m} \quad \text{where } h = \frac{H}{m}$$

$$L = h_2 - h_1 \text{ --- (5)}$$

$$L = \Delta h$$

الحرارة الكامنة للتغير الذائب لتوي

جربة حول (الحد الحر للصار) :-

في عام ١٨٤٥ اظهر د. هول تجربة على الحد الحر للصار
الحر للصار هبط في محلوله لوجبات هود حول ميزانية هادسية
بين الكريكات وتلفها التجربة بما يلي :

يتألف جهاز هول من اسطوانتين (٢، ١ ب) وصوعتين من نحاس
وتصلان باجنوبة تقطري ص ٣٠٠ مم في الشكل المبين لاحقاً.
توضع الاسطوانتان في حمام مائي موزون عن المحيط الخارجي
ويمكن قياس درجة حرارة الماء بدقة بواسطة حرارماس
يوجد في الاسطوانة (٢) هواء جاف مضغوط تحت ضغط
(22) ضغط هوائي بين الاسطوانة (ب) مفرغ تماماً.
عند فتح الصمام ينزع الهواء من (٢) الى (ب) حتى يتساوى
الضغط بين الاسطوانتين فانه بذلك يتحدد عدداً هوائياً يجر
خلاله شغل ميكانيكياً على حساب الطاقة الداخلية وذلك
تقل درجة حرارته.

لاحظاً حول هذه العملية حدوث انخفاض طفيف جداً في درجة
حرارة الهواء المبقي في الاسطوانة (٢) بينا سجل ارتفاعاً
طفيفاً جداً في درجة حرارة الهواء الذي ملا الاسطوانة (ب)
ان الانخفاض النسبي في درجة حرارة الهواء في الاسطوانة (٢)
يدل على وجود القوى الجزيئية الكاذبة بين جزيئات الهواء
وبعد مرور فترة زمنية لاحظاً حول كاديا درجة الحرارة مما
(٢)، (ب) بسبب انتقال الحرارة بينهما بواسطة الماء
المحيط بهما. وهذا أيضاً أن درجة حرارة الماء قبل وبعد فتح الصمام
ساوية أيضاً.

مما يدل على ان النقصان في درجة حرارة الهواء هنا (P) يساوي الزيادة في درجة حرارة الهواء هنا (B). ان عدم تغير حرارة الماء يعني ان الهواء لم يفقد اربكبا حرارة اذ ان كمية الحرارة (Q) المنتقلة عبر حدود الهواء المحصور تساوي صفر.

لقد لاحظنا ان الدفعة الاولى للهواء المنذوع بعد فتح الصمام مستمرة لا يتغير ضغطا خارجيا بسبب تمدده في الفراغ اما الهواء المنذوع بعد ذلك لفاتي موصول لساوي الضغط الايستوانتين فانه يتجزئ ضغطا على الهواء الذي تدفق قبله اي انه يتجزئ ضغطا داخليا بمعنى ان جزءا من الهواء يتجزئ ضغطا على الجزء الاخر منه وبذلك فان الشغل الخارج (W) الذي يتجزئه الهواء ككل اثناء تمدده يساوي صفر وبهذا يتحقق القانون الاول للديناميك

$$W = 0 \quad Q = 0$$

$$Q - W = \Delta U$$

$$\therefore \Delta U = 0 \quad U_2 - U_1 = 0$$

$$\therefore U_2 = U_1$$

نتبع من ذلك

ان الطاقة الداخلية ليست دالة للضغط والحجم بمان درجة حرارة الهواء هي الخاصية الوحيدة التي لم تتغير لذا يمكن الاستنتاج ان الطاقة الداخلية للغاز بعد فقط عند درجة الحرارة. ومن البعبير رياضيا

$$U = F(T)$$

نلاحظ من تجربه جول هذه الاية

اذا كان الغاز في الاستوانة (P)

في غارا حاليها فعند تكون موصلا بحذوب سلك الجزيئات صفر وعليه حينئذ يتغير هذا الغاز عددا هرا فان الجزيئات تتباعد عن بعضها دون ان تؤثر على اي قوة وبذلك

ليكون الشغل المبذور خلال التمدد الحر للغاز المثالي صفراً.
 (ج) غازاً حقيقياً يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار قدر التجاوب
 المتبادلة بين الجزيئات وعليه فإن التمدد الحر للغاز المثالي
 يتبع عن بعضه وتزداد بتدريج للتغلب على القوى الجزيئية
 الجاذبية وهذا الشغل يتم مساوية

$$W = \int_{v_1}^{v_2} \Delta P \, dv$$

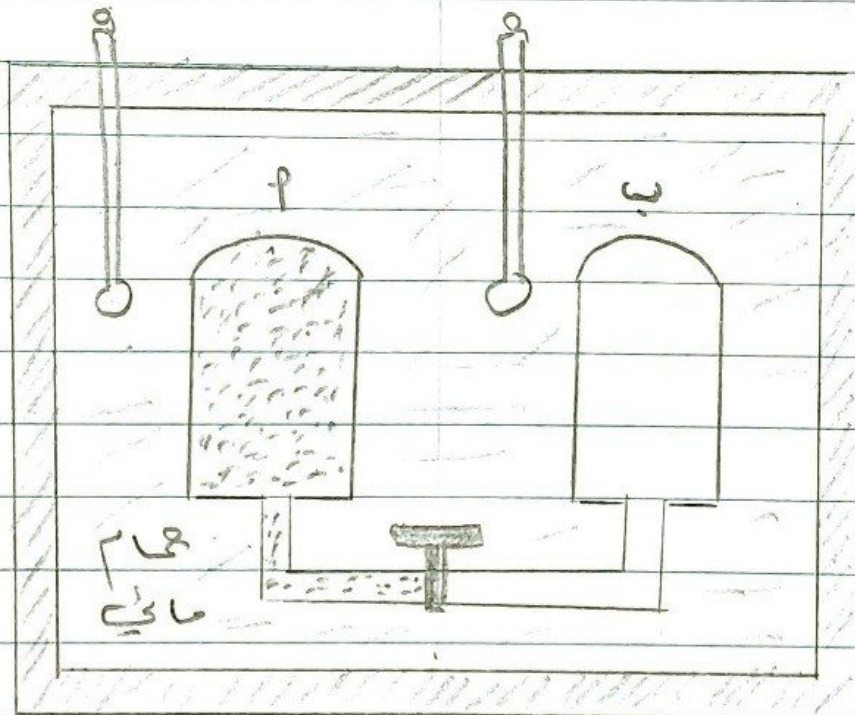
حيث v_1 و v_2 هما حجوم الغاز عند طرفي الحجم v_1 و v_2 الحجم
 where $\Delta P = \frac{a}{v^2}$

$$\therefore W = \int_{v_1}^{v_2} \frac{a}{v^2} \, dv = \left[\frac{a}{v_1} - \frac{a}{v_2} \right]$$

حيث (a) مقدار ثابت $\swarrow$ الشغل الداخلي للغاز الحقيقي
 وهذا الشغل يتم على حساب الطاقة الداخلية

حرارة (1)

حرارة (2)



التمدد الحر للغاز

عملية الحد بالحق (تجربة حول - كلفن) ؟
 يتألف الجاز من ابطوانة مفرودة حرارياً غاز ويغلق من
 طرفين مكبان (A, B) مرا الحركة يوجد بينهما حاجز مائي
 (P) (ارضا تحليله حقوق صفة هاء) مثبتة في منتصف
 الابطوانة كما في الشكل لاحقاً

عند ما يدفع المكبس (A) ويترك نحو الحاجز المائي فان الغاز
 من الجهة اليسرى من الحاجز يتكسر ويصبح ضغطه (P₁) وقت
 تأثر هذا الضغط بمرور جزيئات الغاز من خلال الحاجز وتغير
 الى الجهة اليمنى وهذه الجزيئات بدورها تدفع المكبس (B) حيث
 يصبح الضغط في الجهة اليمنى من المكبس (P₂) وعادة يكون
 $P_1 > P_2$ بلتر ولو هذا هو طائفة وجرم اكرار ان
 $T_1 > T_2$ بمقدار يتناسب مع الفرق بين ضغطي الغاز على جانبي
 الحاجز (تناسباً طردياً) ولما كان الغاز مفرود عزلاً حرارياً
 اي ان عملية الحق تتم دون حدوث تبادل حراري (عملية اديباتية)
 لذلك (Q = 0) وبذلك يتحقق القانون الاول

*

$$\begin{aligned} \text{الشغل الميكانيكي (W)} &= P_2 V_2 - P_1 V_1 \\ Q &= U_2 - U_1 + W \\ 0 &= U_2 - U_1 + P_2 V_2 - P_1 V_1 \\ U_2 + P_2 V_2 &= U_1 + P_1 V_1 \\ H_2 &= H_1 \end{aligned}$$

* هذه المعادلة تسمى ان الكالين الاربعة لية والبرانية
 للغاز في عملية الحق لربانفس الانشائي
 ونجد ان الإشارة هنا ان معامل حول - كلفن والذي يعرف
 بأنه ثابت جيمز الغاز ويحمل هذا التغير بجرم اكرار
 على جانبي الحاجز اي مقدار التغير في الضغط في
 الانشائي.

$$\mu_{jk} = \left(\frac{\Delta T}{\Delta p} \right)_H$$

(P) إذا كانت قيمة المعامل موجبة فهذا يعني حدوث تبريد عند التمدد $(T_2 < T_1)$
 (v) كانت قيمة المعامل سالبة فهذا يعني حدوث تسخين عند التمدد $(T_2 > T_1)$

وقد استنتج حول كلغة ان هنالك درجة حرارة تدعى درجة حرارة التحول والتي تعرف بأنها تلك الدرجة التي لا يحدث عندها تبريد أو تسخين للغاز من خلال مروره بالحاجز المسامي (عدم حدوث تغير في درجة الغاز المار بهذه الحاجز المسامي)

ملاحظة: إذا أجريت هذه التجربة في درجة حرارة أقل من درجة حرارة التحول فيحدث تبريد أما إذا أجريت هذه التجربة في درجة حرارة أعلى من درجة حرارة التحول فيحدث تسخيناً.

عند مرور غاز غير قابل للضغط في أنبوب هناك شروط حالات وبالأخص على المعادلة $(H_1 = H_2)$

$$U_2 + P_2 V_2 = U_1 + P_1 V_1$$

الحالة الأولى: إذا كانت $P_1 V_1 = P_2 V_2$

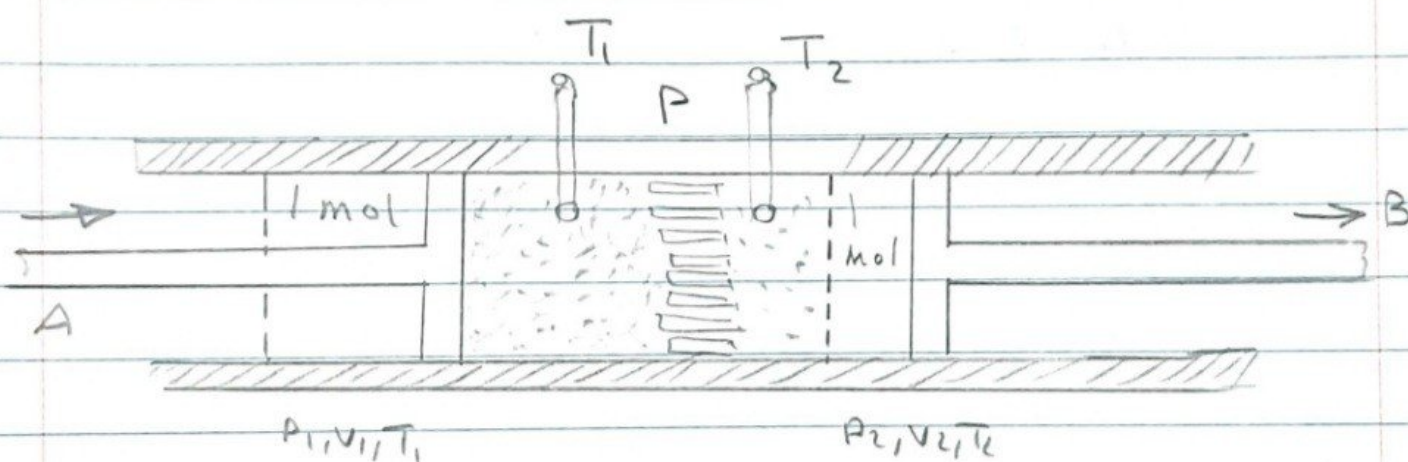
هذا يعني ان هذا الغاز مثالي لا يحدث له تغير في الطاقة الداخلية أي لا يحدث تبريد أو تسخين ويكون $\mu_{jk} = 0$ وهذا لأنه لا توجد قوى جاذبية بين جزيئاته. $\Delta T = 0$

الحالة الثانية: $P_1 V_1 > P_2 V_2$ فان قيمة U_1 تكون أكبر من U_2 وهذا يعني ازدياد الطاقة الداخلية للغاز وبالتالي حدوث تسخين للغاز وبالتالي هذه الحالة ان قيمة μ_{jk} تكون سالبة.

$$T_2 > T_1$$

الحالة الثالثة: $P_1 V_1 < P_2 V_2$ فان في U_1 أكبر من في U_2 وهذا يدل على نقصان الطاقة الداخلية للغاز بعد عبوره الحاجز المسامي خاصة ان على حدود بئر في للغاز دية من هذه الحالة تكون في K أكبر من K_2 .

لستند ثمانية حول - كلغة - السجلات الكهربائية المنزلية
صيت يصفها غاز الفريون بواسطة مفتاح كهربائية (عامل واحد)
ثم يترك ليبرد فجأة من هذا فجأة صلبة فيخفف درجة حرارة
الغاز ثم يجمع الغاز ويضغط ثانية داخل انابيب خاصة
كسيلة برفنت البترية في السدنة رتيلار هذه العملية
تخفف درجة الحرارة داخل السدنة -



جَربَہ - ہول - طعن

المدد الحر والمدد بالحنوا:

- [illegible]

السعة الحرارية :

كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة ذلك الجزيء
درجة حرارة واحدة

$$C = \frac{\text{كمية الحرارة التي يمتصها الجزيء}}{\text{مقدار الارتفاع في درجة الحرارة}} =$$

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

$$C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{\delta Q}{dT} \quad \text{--- (1)}$$

ان السعة $\frac{\delta Q}{dT}$ لا يمكن وصفها بانها مشتقة Q بالنسبة
لـ dT لان Q ليس خاصية للجزيء
ولا تعبر دالة لدرجة الحرارة T فقط فالمتغير
 δQ مثل كمية صغيرة من الحرارة داخله الجزيء
 dT مقدار التغير في T عند دخول الحرارة.
ويمكن اعتبار كمية الحرارة دالة لـ T لانه يمكن ان
لكل الجزيء للوجود في حالة التوازن عند سعة
لذلك فان Q تقاوم تغير T وعليه فان السعة
الحرارية لاي كيان تعتمد على المسار ايضا وهناك طرائق
من المسارات للوجود في الحالة التوازنية.

انواع السعة الحرارية :-

(أ) السعة الحرارية عند ضغط ثابت

$$C_p = \left(\frac{\delta Q}{dT} \right)_p \quad \text{--- (2)}$$

$$Q = \Delta H \Big|_p$$

$$\delta Q = dH \quad \text{--- (3)}$$

بالقوة (2)

$$C_p = \left(\frac{dH}{dT} \right)_p \quad \text{--- (4)}$$

$$\boxed{dH = C_p dT}$$

السرعة الحرارية عند حجم ثابت

$$C_v = \left(\frac{\delta Q}{dT} \right)_v$$

من القانون الأول عند حجم ثابت

$$\delta Q = dU$$

$$C_v = \left(\frac{dU}{dT} \right)_v$$

$$\boxed{dU = C_v dT}$$

18
0.2
2.3

= تكون قيمة C_p أكبر من C_v وذلك لأن السعة الحرارية عند حجم ثابت (C_v) تتأثر بكمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الغاز درجة واحدة عندما يسخن هذا الغاز عند حجم ثابت فيزداد سعة لذلك فنقطه إلا أنه

لا يتغير مقدار المحيط لبقوت حجمه لئلا تتغير الحرارة
 حيث ضغط ثابت ثابت يكون كمية الحرارة اللازمة لرفع
 درجة حرارة الغاز درجة حراريته واحدة عند تسخين هذا الغاز
 حيث ضغط ثابت فيزداد تبعاً لذلك حجمه مما يؤدي إلى
 أنجاز شغل ميكانيكي على المحيط. أي أن الغاز في هذه الحالة
 يحتاج إلى حرارة لرفع درجة حراريته ودرجة حراريته واحدة
 بالإضافة إلى طاقة حراريته لحدود حدود ولكن يبقى
 ضغطه ثابت وذلك لأن $C_p > C_v$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

حيث γ لا يعتمد على عدد درجات الحرية للواحد
 ففي، لغاز أحادي الذرة $\gamma = 1.66$
 ثنائي الذرة $\gamma = 1.4$
 ثلاثي الذرة $\gamma = 1.35$

ويمكن إيجاد قيمة (γ) بالبرق، لكاليه

- ① طريقة كلينت وديزورفيز Clement & Desormes
 ② طريقة بارتكينون Partington
 ③ طريقة ريكهاردت Ruckhardt
 ④ الطريقة الصوتية

معرفة: C_p : السعة الحرارية النوعية المولية تحت ضغط ثابت
 C_v : السعة الحرارية النوعية المولية تحت ضغط ثابت
 $C_p - C_v = R$

طريقة / يجرى ، في عام ١٩٢٩ م ريجارد جهاز لويدي في لا
تأخذ وعاء كبير ويحيط به الهواء ، الغاز ويمر من خلال سد
هذا الوعاء اثبتت زجاجية منتظمة المقطع ، موضع داخل اثبتت
كرة كتلتها (m) ومحيطها بطابق المحيط ، داخل اثبتت
نقل الكرة عمل المكبس . عند ما تكون الكرة في حالة توازن
حيط بيكي ، النقطة (A) فان ضغط الهواء المحصور داخل الوعاء
(P)

$$P = P_0 + \frac{mg}{A}$$

حيث P_0 : ضغط جوي

A : مساحة المقطع العرضي للثابت الزجاجية

نأذا ازاحت الكرة قليلا عن نقطة التوازن مبانة (y) نحو
الاسفل فان الكرة ستضع لقوة معيدة محاذل اعادتها لوضع
التوازن ونتيجة الاستقرار فان الكرة ستتحرك صاعدة
ونازلة بحركة توافقية بسيطة . فإذا فرضنا ان التغير من
حجم الغاز عند ازاحة الكرة مسافة (y) يساوي (dv)
والتغير في ضغط الغاز الذي يصاحب هذه العملية هو (dp) فان

$$y : \text{الازاحة} \quad A : \text{مساحة} \quad dv = yA \quad \text{تغير الحجم}$$

$$dp = \frac{F}{A} \quad \text{تغير الضغط}$$

F : القوة الميكانيكية التي محاذل اعاد الكرة عن نقطة التوازن

من المرموزات تعتبر عمليات التضاغط والتخلخل عملية
اديباتية لانها تحدث بسرعة مما لا يسمح للجزيئات
فقدان او اكتساب حرارة . ولذلك تعتبر الحركة الاهتزازية
التوافقية هنا (مكبس) عملية اديباتية . وطبقا على
القانون الثاني

$$pV^\gamma = \text{ثابت} \quad (3)$$

تفاضل هذه المعادلة

$$\gamma p V^{\gamma-1} dv + V^\gamma dp = 0$$

$$\gamma p dv + v dp = 0 \quad \text{--- (4)}$$

بقوس، المعادلة (1) (2) (3) المعادلة (4)

$$\gamma p \gamma A + v \frac{F}{A} = 0$$

$$F = - \frac{\gamma p A^2}{v} y \quad \text{--- (5)}$$

$$F = m \frac{d^2 y}{dt^2} \quad \text{--- (6) لدينا قانون نيوتن الثاني}$$

بحسب المعادلة (5)، المعادلة (6)

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{\gamma p A^2}{v_m} y = 0 \quad \text{--- (7)}$$

لهذه المعادلة تمثل الحركة التوافقية البسيطة وهي تمثل المعادلة العامة للحركة التوافقية البسيطة

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = - \omega^2 y \quad \text{--- (8)}$$

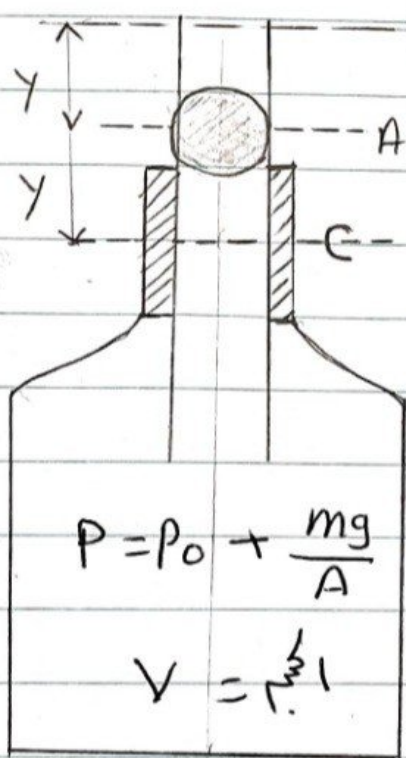
حيث $\omega = \frac{2\pi}{T}$: تردد زاوي : T : زمن الدورة، لعلاقة
مماثلة، المعادتين (7) (8)

$$\frac{\gamma p A^2}{v_m} y = \omega^2 y$$

$$\frac{\gamma p A^2}{v_m} y = \frac{4\pi^2}{T^2} y$$

$$\gamma = \frac{4\pi^2 V_m}{PA^2 T^2}$$

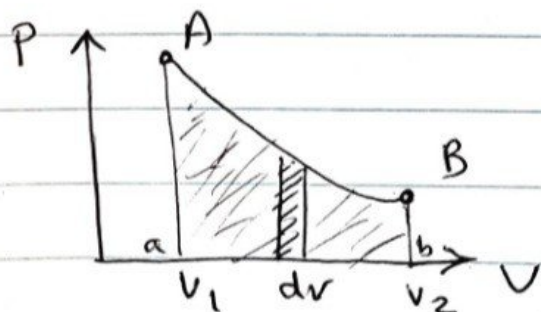
لما كانت الكميات V ، m ، P ، A معلومة و T يمكن
 حساب γ من ذلك فكل ما يجب فعله
 هذه الطريقة ليست دقيقة تماماً بسبب وجود القوة
 الاحتكاكية أثناء تذبذب الكرة ولذلك لا يمكن تعيين زمن
 الدورة الواحد بدقة.



الشغل المبذور خلال عمليات مختلفة :

① الشغل في العملية الأيزوثرمية :

عندما يتغير غاز من V_1 إلى V_2 خلال عملية الأيزوثرمية
 فإنه يتغير شغلا بقدر يساوي المظلة تحت المنحنى كما في



الشغل المبذور

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dv \quad \text{--- (1)}$$

المساحة ABab

$$PV = RT$$

والمول واحد لدينا

$$P = \frac{RT}{V} \quad \text{--- (2)}$$

وبالتعويض في (1)

$$W = \int_{V_1}^{V_2} \frac{RT}{V} dV$$

$$W = RT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad \text{--- (3) } \times$$

وبما ان A, B تقعان على نفس المحنى الايزوثيرمي وبذلك

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

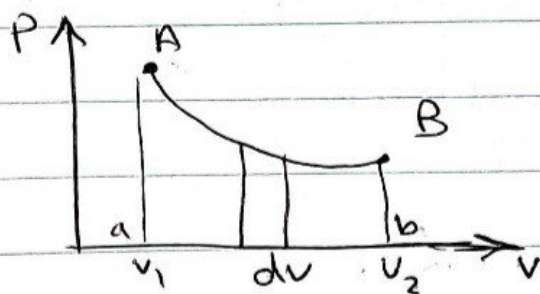
وبالتعويض في المعادلة (3)

$$W = RT \ln \frac{P_1}{P_2} \quad \times$$

في هذه العملية يكون مقدار التغير في الطاقة الداخلية صفراً
لأن درجة الحرارة ثابتة لذلك فإن الحركة المنتقلة ساري
مقدار الشغل المبذول

(4) شغل في العملية الاديباتيكية (الآقية):

عندما يتغير غاز من V_1 الى V_2 على عملية اديباتيكية
فانه يتغير ضغطه يتغير بالمسافة المغطاة تحت المحنى ليس
في شغل اذنه وسارياً



$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV \quad \text{--- (1)}$$

في العملية اديباتيكية

$$PV^\gamma = K$$

$$P = \frac{K}{V^\gamma} \quad \text{--- (2)}$$

$$W = k \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^\gamma}$$

وبالتعويض (1)

$$W = \frac{k}{\gamma-1} \left[V_2^{\frac{1}{\gamma-1}} - V_1^{\frac{1}{\gamma-1}} \right] \quad \text{--- (3)}$$

وبما كانتا نقطتا A, B تقعان نفس الخطين الاورثو بارابوليين

بالتعويض
المعادلة اضافة

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma = k$$

$$W = \frac{1}{\gamma-1} \left[\frac{k}{V_2^{\gamma-1}} - \frac{k}{V_1^{\gamma-1}} \right]$$

$$W = \frac{1}{\gamma-1} \left[\frac{P_2 V_2^\gamma}{V_2^{\gamma-1}} - \frac{P_1 V_1^\gamma}{V_1^{\gamma-1}} \right]$$

$$W = \frac{P_2 V_2^\gamma \cdot V_2^{1-\gamma} - P_1 V_1^\gamma \cdot V_1^{1-\gamma}}{1-\gamma}$$

$$W = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-\gamma}$$

$$W = \frac{1}{1-\gamma} [P_2 V_2 - P_1 V_1]$$

المعادلة
الرئيسيةوعلى اعتبار ان T_1, T_2 تمثلان درجتا الحرارة في A, B
ونكتب في كتابة المعادلة لولوام

$$P_1 V_1 = R T_1$$

$$P_2 V_2 = R T_2$$

وبالعقوبة الحارة الرئية

$$W = \frac{R}{1-\gamma} [T_2 - T_1]$$

في هذه الحالة $\Delta Q = 0$ وبذلك $W = \Delta U$ ونحن نعرف
عنه ΔU بدلالة (W) في المعادتين الحارة والرئية

(أ) الشغل عند ضغط ثابت

$$W = \int p dw$$

(ب) الشغل عند حجم ثابت

$$W = 0$$

سواءً في: قوانين الطاقة الداخلية

$$C_v = \left(\frac{dQ}{dT} \right)_v$$

$$C_v = \left(\frac{du}{dT} \right)_v$$

$$du = C_v dT$$

$$du = m C_v dT$$

C_v : السعة الحرارية المولية
بحجم ثابت

$$\Delta u = \frac{3}{2} n R \Delta T$$

$$\text{where } n = \frac{N}{N_a}$$

$$\Delta u = \frac{3}{2} N \frac{R}{N_a} \Delta T$$

$$\text{where } \frac{R}{N_a} = k$$

بوتزن

$$\Delta u = \frac{3}{2} N K \Delta T$$

= غاز احادي ذرة

عند الحارة
ع، الحارة
 $du = C_v dT$
نتبع

$$\Delta u = \frac{5}{2} N K \Delta T$$

غاز ثنائي ذرة

$$C_v = \frac{3}{2} N K \text{ احادي}$$

$$C_v = \frac{5}{2} N K \text{ ثنائي}$$

$$C_v = \frac{3}{2} Nk \quad \text{احادي، لذرة}$$

$$C_v = \frac{5}{2} Nk \quad \text{ثنائي، لذرة}$$

احصلة:

مثال حجم غرام واحد من الماء عند الضغط الجوي (1 cm^3) ونسبة لفيان الماء تحول الى بخار جف (167 Hcm³) فما هو تغير في الطاقة الداخلية عند ان الماء يتبخر الى 2256.25 J/gm عند التحول الى بخار عند الضغط الجوي.

$$Q = m \cdot L$$

$$= 1 \times 2256.25 = 2256.25 \text{ Joule}$$

$$Q - W = \Delta u$$

$$\Delta u = Q - W$$

$$= Q - P \Delta V$$

$$= Q - P(V_2 - V_1) \quad (1671 - 1) \times 10^6 = 1670 \times 10^6$$

$$\Delta u = 2256.25 - 1 \times 10^5 [1671 - 1] \times 10^6$$

$$\Delta u = 2089.25 \text{ Joule.}$$

$$2256.25 - 167$$

$$= 2089.25$$

مثال كمية من الهواء كانت تحت ضغط 10^5 N/m^2 (1 bar)

ودرجة حرارة (300 K) كتبت هذه الكمية بعملية كظية

(اوسباتيكية) الى $\frac{1}{16}$ من حجم الاصل في اصب درجة

اكرارة والضغط عند نهاية العملية بالمثل المعبر اذا كانت

$$V_2 = \frac{1}{16} V_1 \quad \gamma = 1.4$$

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

في العملية الاوسباتيكية

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma$$

$$P_2 = 10^5 \left(\frac{V_1}{\frac{1}{16} V_1} \right)^{1.4}$$

$$P_2 = 1.5 (16)^{1.4} = \checkmark \quad \text{N/m}^2$$

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

$$T_2 = 300 \left(\frac{V_1}{\frac{1}{16} V_1} \right)^{1.4-1}$$

$$Q = n C_p \Delta T$$

mol. J / kg.K

$$T_2 = 300 (16)^{0.4} = \checkmark \quad \text{K}$$

$$W = \frac{R}{1-\gamma} [T_2 - T_1] \quad \text{Joule}$$

سؤال احس كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة (2 mole) من غاز اطيوم من 20°C الى 50°C في
 @ عملية ثابتة الضغط @ عملية ثابتة الحجم

$$C_p = 1.5R$$

$$C_v = 2.4R$$

① $C_p = \left(\frac{dQ}{dT} \right)_p$ لول واحد

$$Q = n C_p \Delta T$$

$$\text{mol. J / kg.K}$$

$$Q = 2 \times 1.5 \times 8.314 [(50+273) - (20+273)]$$

$$Q = 1240 \text{ J}$$

② $C_v = \left(\frac{dQ}{dT} \right)_v$

$$Q = n C_v \Delta T$$

$$= 2 \times 2.4 \times 8.314 \times [(50+273) - (20+273)]$$

$$Q = 748 \text{ J}$$

مثال: كمية من غاز هجيه (0.12 m^3) عند درجة حرارة 20°C وضغط جوي واحد. ضغط الغاز بعليه كمية من ماء هجيه (0.024 m^3) احسب الشغل اذا علمت ان $C_v = 0.718 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ $C_p = 1.005 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$

Sol:

من بعليه الاندرياسية $PV^\gamma = c$

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \quad /$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{1.005}{0.718} = 1.4$$

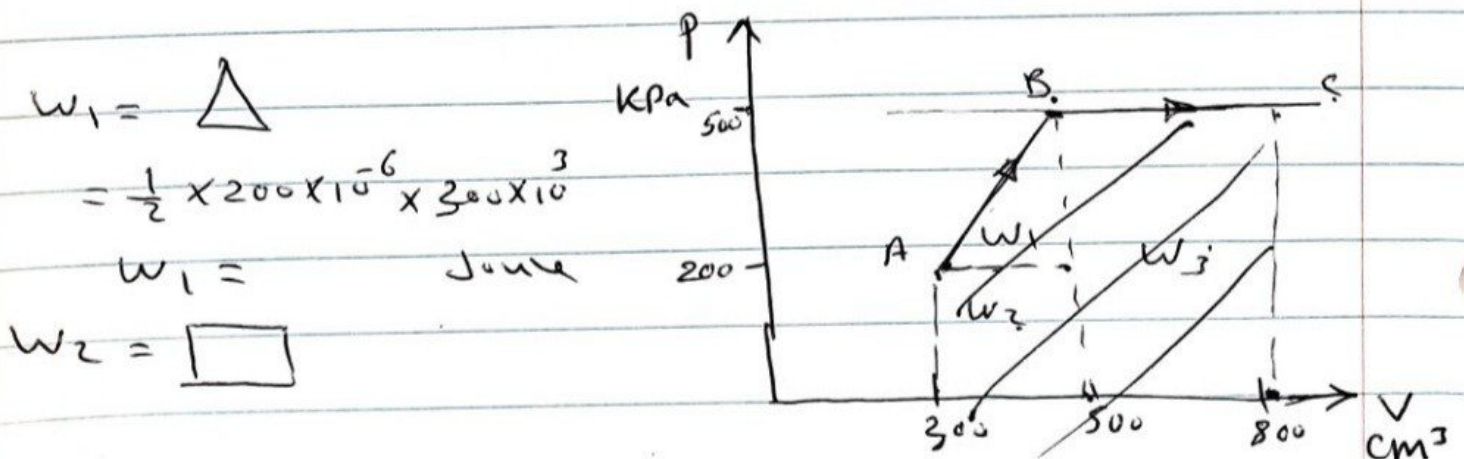
$$P_2 = 1.0135 \left(0.024 \right)^{1.4}$$

$$P_2 = \quad \text{N/m}^2$$

$$W = \frac{1}{1-\gamma} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$W = \quad \text{J}$$

امسب الشغل المبذول لنقل ماء من A الى B وبنفس الكمية



$$W_2 = 200 \times 10^3 \times 200 \times 10^{-6}$$

$$W_2 = \text{Joule}$$

$$W_3 = \boxed{}$$

$$= 300 \times 10^6 \times 500 \times 10^3$$

$$W = \text{Joule}$$

$$W_{\text{Total}} = W_1 + W_2 + W_3$$

مثال في الشكل التالي غاز 2 mole سعة الغاز لا يكون انتقل من A ← B
والا C احس الشغل المجرى ثم مقدار التغير في الطاقة الداخلية
وتلك الطاقة الحرارية المعطاة.

$$1 \text{ liter} = 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$W_1 = \frac{1}{2} \times 50 \times 10^3 \times 0.25 \times 10^5$$

$$W_1 = 625 \text{ J}$$

$$W_2 = 50 \times 10^3 \times 0.5 \times 10^5$$

$$= 2500 \text{ J}$$

$$W_T = W_1 + W_2$$

$$= 625 + 2500 = 3125 \text{ Joule.}$$

$$P_1 V_1 = n R T_1$$

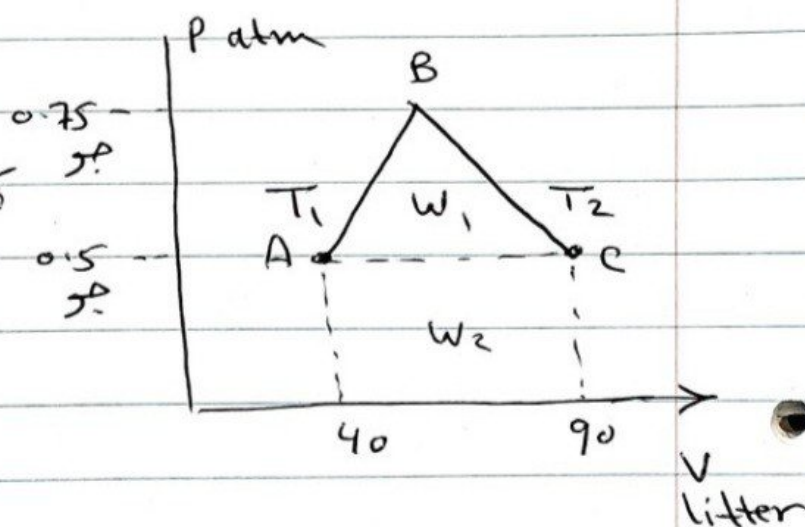
$$0.5 \times 10^5 \times 40 \times 10^{-3} = 2 \times 8.314 \times T_1$$

$$T_1 = 120 \text{ K}$$

$$P_2 V_2 = n R T_2$$

$$0.5 \times 10^5 \times 90 \times 10^{-3} = 2 \times 8.314 \times T_2$$

$$T_2 = 270 \text{ K}$$



$$\Delta u = \frac{3}{2} n R \Delta T \quad \text{diagonal}$$

$$\Delta u = 1.5 \times 2 \times 8.314 \times (270 - 120)$$

$$\Delta u = \quad \quad \quad J$$

$$\Delta Q = \Delta u + w$$

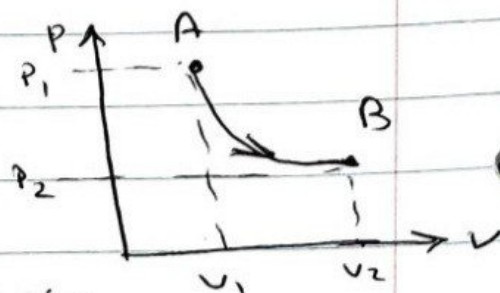
$$\Delta Q = \quad + 3125 = \quad \text{Joule}$$

قال: يخضع كمية من (N_2) كتلتها (1 gm) لعمليات شبه ساكنة متعاقبة
 من المصوالة ذات طبعيس كالآتي ① تمدد الغاز تمدد اديباتيكي
 يتضاعف عرضه حجم الغاز ② عملية ثابت الضغط يعود فيه الغاز
 الحجم لقيمه ③ انضغاط ثابت الحجم يعود به للنظام ا) حالته
 الاربعة ائية ١٠ ا ب ج د ا هـ ا. اذا علمت

$$P_1 = 5 \text{ atm} \quad T_1 = 150^\circ \text{C} \quad \gamma = 1.4 \quad C_v = 741.1 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$$

$$C_p = 1038.3 \text{ J/kg}\cdot\text{K} \quad M_{N_2} = 28$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1}{28} = 0.035 \text{ mole}$$



في الموقع (A) لا يجرى عمل، الغاز اديا عملية وصوتت
 ضغطا واضحا تقريبا فيكون معاملته معاملته الغاز المثالي

$$P_1 V_1 = n R T_1$$

$$5 \times 10^5 V_1 = 0.035 \times 8.314 \times (150 + 273)$$

$$V_1 = 2.48 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

عملية اديباتيكية

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma$$

$$P_2 = 5 \times 10^5 \left(\frac{V_1}{2V_1} \right)^{1.4} = 1.92 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$V_2 = 2V_1 = 2 \times 2.48 \times 10^{-4} = 4.96 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_1 = \frac{1}{1-\gamma} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$W_1 = \frac{1}{1-1.4} (1.92 \times 10^5 \times 4.96 \times 10^{-4} - 5 \times 10^5 \times 2.48 \times 10^{-4})$$

$$W_1 = 76.012 \text{ J}$$

$$W_2 = p dv$$

$$= p_2 (V_2 - V_1)$$

$$W_2 = 1.92 \times 10^5 (2.96 \times 10^{-4} - 4.9 \times 10^{-4})$$

$$W_2 = 47.66 \text{ J}$$

$$W_3 = 0 \quad \text{لأنه لا يتغير الحجم}$$

$$W_T = W_1 + W_2 + W_3$$

$$W_T = \quad \text{Joule.}$$

نظريات رياضية مفيدة

مقدمة :

عندما تتغير حالة البكائن من حالة توازن إلى حالة توازن أخرى فإن عددًا من خواص البكائن تتغير وعدد الخواص التي تتغير بقدرها على حدٍ متعادل البكائن وتركيبها.

لو أخذنا غاز مثالي فإن تغير حالته يرافقه تغير في ثلاث خواص هي الضغط / الحجم / درجة الحرارة ويمكن أن نربطها بمعادلة الحالة

$$F(P, V, T) = 0 \quad \text{--- (1) ---}$$

حيث يمكن حل هذه المعادلة كالاتي

فنجد على ايمبارميته (V) بدلالة (P, T) ويكون الحل

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

حيث (V) تعتمد على متغيري (P, T) في آن واحد

اما بمتبة (P) فنرى ان (P) تعتمد على متبة (T) ارباعا

اي ان (P, T) متغيرين مستقلين اي اننا نحتاج الى اثنين

اختياريا بمتبة (P, T) على انفراد

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

كذلك نجد ان نكتب

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

المشتقات الجزئية :

يمكن تعريف المشتقة الجزئية لـ (V) بمتبة لـ (P) كما يلي

$$\left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T = \lim_{dP \rightarrow 0} \frac{F(P+dP, T) - F(P, T)}{dP}$$

معدل تغير (V) بمتبة لـ (P) بثبات (T)

على انه تغير (V) بمتبة لـ (P)

بكل هذا ، نجد ان (T) ثابتة

لذلك المشتقة الجزئية لـ (V) بالنسبة (T) كما يلي

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{F(P, T + \Delta T) - F(P, T)}{\Delta T}$$

معدل تغير (V) بالنسبة (T) بجوهر (P)

$$dV = \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \cdot dT + \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \cdot dP$$

ان هذه المعادلات مفيدة جداً في حل المسائل الترموديناميكية التي تتضمن تغير لخواص خواص اشياء في مسلكة

متطابقات مفيدة :

من المعادلات رقم (1) يمكن اشتقاق متطابقات مفيدة وذلك من خلال حل هذه المعادلات فكمية (V, P) كحل على

$$V = F_1(P, T) \quad \text{--- (2)}$$

من المعادلات رقم (2) كحل على

$$dV = \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \cdot dP + \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \cdot dT \quad \text{--- (3)}$$

والحل الآخر هو لـ P

$$P = F_2(V, T) \quad \text{--- (4)}$$

من المعادلات رقم (4) كحل على

$$dP = \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_T \cdot dV + \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V \cdot dT \quad \text{--- (5)}$$

بموضع المعادلة (3) في المعادلة (5)

$$dP = \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_T \cdot \left[\left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \cdot dP + \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \cdot dT \right] + \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V \cdot dT \quad \text{--- (6)}$$

نرتب هذه المعادلات رقم (٤) لسحب

$$\left[1 - \left(\frac{\partial p}{\partial v} \right)_T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P \right] dp = \left[\left(\frac{\partial p}{\partial v} \right)_T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P dT + \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v \right] dv \quad (7)$$

كنا نبحث عن (P, T) مستقلة بعضهما البعض
احدهما لا يعتمد على الآخر والعكس صحيح ان نفرض
 $dp \neq 0$ $dT = 0$ صلب المعادلة (7)

$$1 - \left(\frac{\partial p}{\partial v} \right)_T \left(\frac{\partial v}{\partial p} \right)_T = 0 \quad (8)$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial v} \right)_T = 1 / \left(\frac{\partial v}{\partial p} \right)_T \quad (9)$$

وبمثل نتائج نفس $dp = 0$ $dT \neq 0$
من معادلة المعادلة (7)

$$\left(\frac{\partial p}{\partial v} \right)_T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P + \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v = 0 \quad (10)$$

وباستخدام هذه المعادلة رقم (9) نحصل على

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v = \frac{1}{\left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)_v} \quad (11)$$

بفرض المعادلة (10) نحصل على المعادلة (11)

$$\left(\frac{\partial p}{\partial v} \right)_T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P \left(\frac{\partial T}{\partial p} \right)_v = -1 \quad (12)$$

ان هذه المتطابقات مبنية كثيراً على حل المسائل وفي اشتقاق
المعادلات بين المتغيرات

دالة الحالة :

هي تلك الخاصية التي تعتمد على حالة النظام (نظام) فقط ولا تعتمد على المسار أو الطريقة التي وصل بها النظام إلى تلك الحالة وذلك لأن ذلك الصنف / الحجم / درجة الحرارة ويكون تفاضلياً تاماً.

حروط دالة الحالة :

أ) تكامل دالة الحالة لدورة كاملة يساوي صفر.

$$\oint x dx = 0$$

حيث أن (x) تمثل أي دالة حالة (مثلاً الحجم).

ب) نطبق الشرط الرياضي أدناه في بعض الكوئام والمتغيرين هذا إذا كانت دوال للحالة أم لا.

$$\left(\frac{\partial M}{\partial T} \right)_P = \left(\frac{\partial N}{\partial P} \right)_T \quad \text{الشرط الرياضي}$$

حيث تم الكوئام مع هذا الشرط مع حلول الاستقامة يتأري مع المعادلة رقم (3)

$$dv = \left(\frac{\partial v}{\partial p} \right)_T \cdot dp + \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P \cdot dT$$

ربما كتابة هذه المعادلة بالشكل التالي

$$Dv = M dp + N dT \quad \text{--- (12)}$$

$$M = \left(\frac{\partial v}{\partial p} \right)_T \quad \text{--- (13)} \quad N = \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P \quad \text{--- (14)}$$

مع المعادلة رقم (14)

$$\left(\frac{\partial M}{\partial T} \right)_P = \frac{\partial^2 V}{\partial T \partial P} \quad \text{--- (16)}$$

معادلة (15) مقلوبة

$$\left(\frac{\partial N}{\partial P} \right)_T = \frac{\partial^2 V}{\partial P \partial T} \quad \text{--- (17)}$$

معادلتين (16) و (17)

$$\left(\frac{\partial M}{\partial T} \right)_P = \left(\frac{\partial N}{\partial P} \right)_T \quad \text{شرط رياضي}$$

هذه المعادلة تمثل الشرط اللازم لكي يكون التفاضل dv تام
وهذا يعني ان المتغير (V) هو دالة حالة وليس دالة مسار
أي ان (V) بقية مع حالة اليكان فقط

مثال لدينا غاز مثالي برهنا ان حجمه هو دالة لحالة الغاز اي ان
تفاضل الحجم (dv) تفاضل تام

معادلة الغاز المثالي لمول واحد

$$PV = RT$$

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

$$M = \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$$

$$M = \left(\frac{\partial \frac{RT}{P}}{\partial P} \right)_T = - \frac{RT}{P^2}$$

$$\left(\frac{\partial M}{\partial T} \right)_P = \frac{-R}{P^2} \quad \text{--- (18)}$$

$$N = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_P = \frac{R}{P}$$

$$\left(\frac{\partial N}{\partial P} \right)_T = - \frac{R}{P^2} \quad \text{--- (2)}$$

من المعادتين (1,2) نستنتج

$$\left(\frac{\partial M}{\partial T} \right)_P = \left(\frac{\partial N}{\partial P} \right)_T = - \frac{R}{P^2}$$

وهذه المعادلات تتفق مع شرط الاتزان الذي يكون dU تفاضلياً
وبالتالي فان (U) دالة للحالة.

دالة المسار: هي تلك الخاصية التي لا يعتمد على دالة
النقطة فقط بل على المسار، أي عملية التغير
وهي على شكل $\int$ تلك الحالة تدعى بدوال المسار
كأن تكون الشغل، الحرارة، وتكون تفاضلياً غير تام

$$\oint dW \neq 0$$

$$\oint PdV \neq 0$$

7

المقدونية: تغير حجم النظام برفع درجته حرارته عند ثبوت الضغط

$$\beta = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad \text{ثبوت الضغط}$$

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

مثال: اوجد β للغاز المثالي

$$PV = RT \longrightarrow V = \frac{RT}{P}$$

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

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

$$\beta = \frac{1}{V} \frac{R}{P} = \frac{R}{VP}$$

$$\text{where } T = \frac{PV}{R}$$

مثال:
الغاز المثالي

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

المقدونية: تغير حجم النظام بتغير الضغط عند ثبوت درجة الحرارة

$$K = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta P}$$

$$K = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$$

8

مثال: اوجد (K) للغاز المثالي

$$PV = RT$$

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

$$\frac{\partial V}{\partial P} = -\frac{RT}{P^2}$$

$$K = \left(\frac{-1}{V} \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$$

$$-K = \frac{1}{V} \frac{-RT}{P^2}$$

$$-K = -\frac{RT}{V} \frac{1}{P^2}$$

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

$$-K = -\frac{1}{P}$$

النتيجة
التي
نصل اليها

$$\boxed{K = \frac{1}{P}}$$

9
 ١/ اجابته ان (P) لعاز حقيقي يسبق معادله فان دروال (P) دالة دالة

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V-b) = RT$$

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

صودو
 التغير
 في

$$dP = \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T dV + \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V dT$$

$$M = \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T$$

$$M = \frac{-RT}{(V-b)^2} + \frac{2a}{V^3}$$

$$N = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \quad N = \frac{R}{V-b}$$

$$\left(\frac{\partial M}{\partial T}\right)_V = \frac{-R}{(V-b)^2} \quad \text{--- (a)}$$

$$\left(\frac{\partial N}{\partial V}\right)_T = \frac{-R}{(V-b)^2} \quad \text{--- (b)}$$

به مقارنة المعادلتين اعلاه نلاحظ انهما متساويان
 انهما باصنافه، ونسبة يكون دالة اكله

$$\left(\frac{\partial M}{\partial T}\right)_V = \left(\frac{\partial N}{\partial V}\right)_T$$

انها هي
 باصنافه

صالحه خاصه لوار دنا (ي) β (قفا) v^2
 $a=b=0$

$$\beta = \frac{Rv^2}{pV^3 - a(v) + 2(a)(0)}$$

$$\beta = \frac{Rv^2}{pV^3}$$

$$\beta = \frac{R}{pV}$$

$$pV = RT$$

$$\frac{1}{T} = \frac{R}{pV}$$

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

إذا كانت المعادلة لفاز ما دأوي $\frac{1}{T}$ و $\frac{1}{P}$ مصادفة لهما $\frac{1}{P}$ من مصادفة اكله لهما $\frac{1}{T}$

$$\beta = \frac{1}{T} \quad \kappa = -\frac{1}{P}$$

مصادفة تغير $dv = \left(\frac{\partial v}{\partial P} \right)_T dP + \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P dT$

بالتعويض $\frac{dv}{v} = \underbrace{\left(\frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial P} \right)_T \right)}_{-\kappa} dP + \underbrace{\left(\frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_P \right)}_{\beta} dT$

$$\frac{dv}{v} = -\kappa \cdot dP + \beta \cdot dT$$

$\kappa = -\frac{1}{P} \quad \beta = \frac{1}{T}$ مصادفة لهما $\frac{1}{T}$

$$\frac{dv}{v} = -\frac{dP}{P} + \frac{dT}{T}$$

$$\ln v = -\ln P + \ln T + \ln C$$

$$\ln v + \ln P - \ln T = \ln C$$

$$\ln \frac{PV}{T} = \ln C$$

$$\frac{PV}{T} = C$$

$$PV = TC$$

مصادفة لهما $\frac{1}{T}$

$$C = R$$

جد معادلة الحالة للذئاليين (H) بدلالة المتغيرات (P, V, T)
ثم اثبت ان (H) للغاز المثالي معادلة له درجة الحرارة (T)

معقوانين ماكسويل للحالات
الاربعة
 $dH = Tds + vdp$ — ①
ثبتت (T) وبالنسبة على dp

$$\left(\frac{dH}{dp}\right)_T = T \left(\frac{ds}{dp}\right)_T + v \quad \text{--- ②}$$

مع المعادلة رقم (4) ماكسويل

$$\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P = - \left(\frac{\partial s}{\partial P}\right)_T \quad \text{--- ③}$$

وبتطبيق المعادلة رقم (3) في المعادلة رقم (2)

$$\left(\frac{dH}{dp}\right)_T = -T \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P + v \quad \text{--- ④}$$

لغاز المثالي

$$PV = RT$$

$$\frac{\partial v}{\partial T} = \frac{R}{P} \quad \text{--- ⑤}$$

وبالتعويض في المعادلة (4)

$$\left(\frac{dH}{dp}\right)_T = -T \frac{R}{P} + v \quad \text{--- ⑥}$$

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

وبالتعويض
في معادلة (6)

$$\left(\frac{dH}{dp}\right)_T = -v + v = 0$$

نلاحظ ان تغير (H) مع (P) يثبت (T) كان ناتجة صفر
وبذلك نلاحظ ان (H) على (T) لان تغيرها يارب
صفر يثبت (T)

حيث معادلة الحالة (U) بدلالة المتغيرات (P, V, T) ثم اثبات ان
(U) للغاز المثالي صودالة لدرجة الحرارة

$$du = Tds - pdv \quad \text{--- (1)}$$

بالتقسيم على (dv) يثبت (T)

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

$$\left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T = T \left(\frac{\partial s}{\partial v} \right)_T - p \quad \text{--- (2)}$$

$$\left(\frac{\partial s}{\partial v} \right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v \quad \text{مما يكونه (3) وبالقول في (2)}$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T = T \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v - p \quad \text{--- (3)}$$

$$pV = RT$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v = \frac{R}{v} \quad \text{وبالقول في (3)}$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T = T \frac{R}{v} - p \quad \text{--- (4)}$$

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

$$\textcircled{1} \quad du = T ds - p dv \quad \text{--- (1)}$$

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

$$\textcircled{2} \quad dH = T ds + v dp \quad \text{--- (2)}$$

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

$$\textcircled{3} \quad dF = -S dT - p dv$$

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

$$\textcircled{4} \quad dG = -S dT + v dp$$

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

المجلد السادس

القانون الثاني

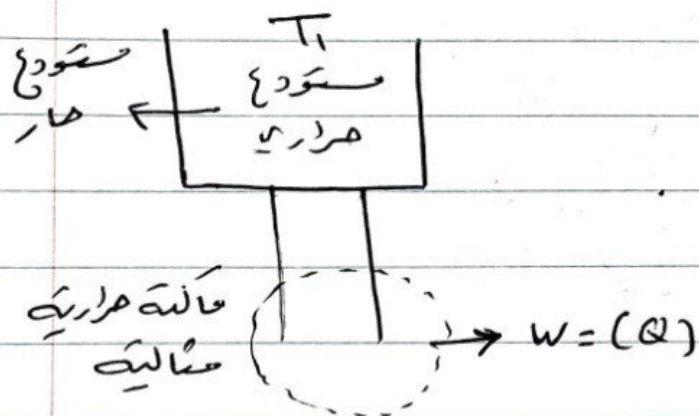
في الترمودايناميك

القانون الثاني للترموديناميك

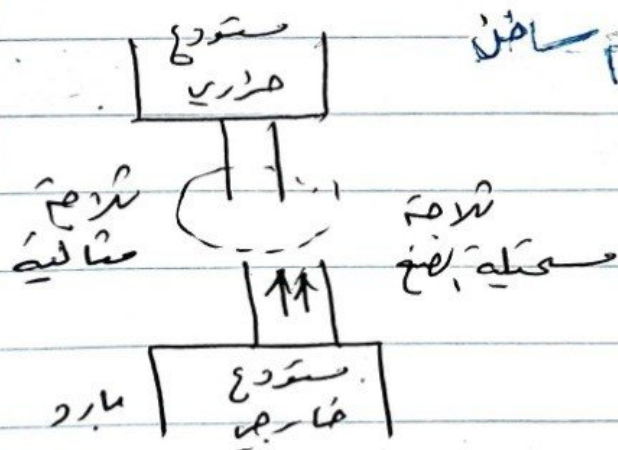
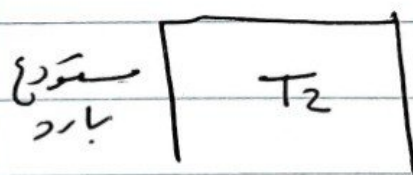
هناك صيغ عديدة للقانون الثاني سنتناول صيغتين :-
 1/ صيغة كلن - بلانك :- وتنص على

(من المستحيل إيجاد عملية ناجحة لوحيد هو امتصاص حرارة من
 صندوق حراري واحد بصورة مستمرة وتحويلها بالكامل إلى
 شغل ميكانيكي مفيد .

نقوم الماكينة الحرارية باستلام الحرارة (Q) وتجزئ مقداراً
 طاقوياً منه الشغل (W) ، ان عايناه القانون الثاني هو
 استحالة صنع مثل هذه الماكينة بمعنى آخر لا يستطيع اي
 ماكينة حرارية تحويل الحرارة إلى شغل بدون بعض التأثيرات
 الاخرى على المحيط .



2/ صيغة كلاسيوس : وتنص على
 (لا يمكن حدوث عملية تكون نتيجتها
 الوحيدة نقل حرارة من صندوق
 حراري حرارته منخفضة إلى آخر
 حراري حرارته مرتفعة وهذا الخلل
 يسمى التلويح (المفارقة الحرارية
 Heat Pump) اي ان هذه الصيغة
 تقول بأنه لا يمكن صنع تلويح
 نقل ذاتياً لنقل الحرارة بصورة
 مستمرة من جسم بارد إلى جسم ساخن
 ولا تولد تأثيرات خارجية



وإن الحقيقة أن الصيغتين متكافئتين من حيث المعنى وإن نقض أحدهما يؤدي إلى نقض الآخرى وإن كل منهما تتلفها الآخرى .
حيث أن القانون الثاني لا يرمو دانيك يؤدي إلى القول بجميع الحرارة لا شغل منه وهو ما يناقض منه جميع المعائن .

المالئة الحرارية :

وهي نظام حراري يعمل بشكل مستمر بحيث يضاف إليه حرارة ويستخرج منه شغل (تحول الحرارة إلى شغل أو من الممكن أن تكون الحرارة بآلية الشغل $Q_H \neq W$ لأنه لو كان كذلك لكانت المالئة مثالية .

نفرض أن لدينا مالئة حرارية تقوم باستلام حرارة (Q) وتبخر مقداراً من الشغل (W) أي أن $W = Q$.
لنلاحظ أن بناء مالئة من هذه النوعية ممكن ولذا الحقيقة أن المالئة تعمل بين مستودعين أحدهما ساخن والآخر بارد وتقوم المالئة باستلام حرارة (Q_H) من المستوع الخار وتلفظ جزءاً منها كحرارة (Q_C) إلى المستوع البارد وتبخر شغلاً مقداره $(W = Q_H - Q_C)$

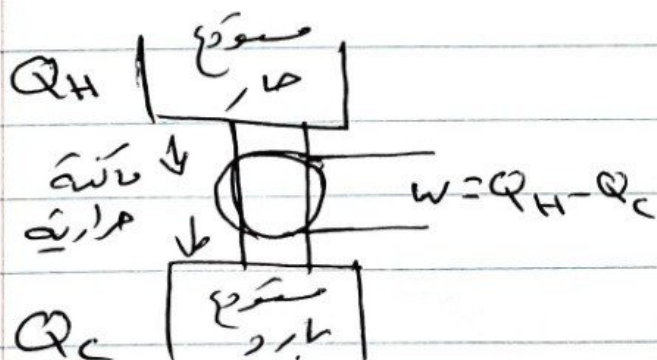
كفاءة المالئة الحرارية : efficiency η
هي النسبة بين الشغل الناتج إلى الحرارة المجهزة

$$\eta = \frac{\text{الشغل الناتج}}{\text{الحرارة المجهزة}}$$

$$\eta = \frac{W}{Q_H}$$

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

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



المخففة الحرارية : مثل التبريد

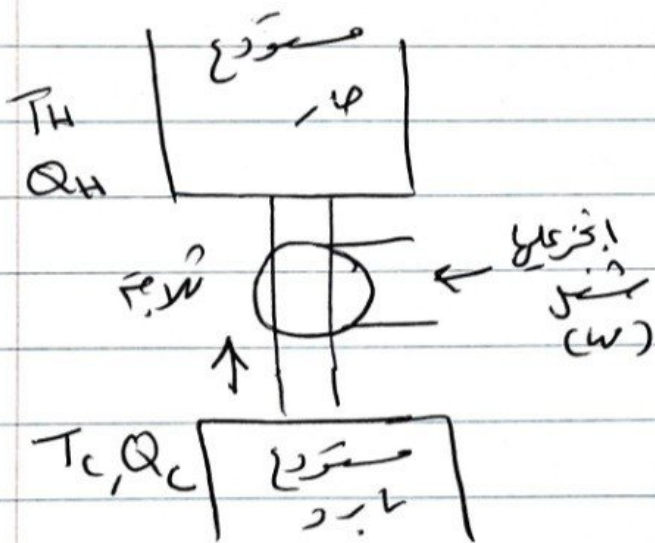
نظام مركب يعمل ضمن دورة وينقل حرارة من صندوق حراري ذي درجة حرارة منخفضة (1) صندوق آخر ذي درجة حرارة أعلى . لكي يتم ذلك فالمخففة الحرارية تأخذ طاقة خارجية على شكل شغل ميكانيكي .

نمذجة استخدام المخففة الحرارية كالتالي

1 جهاز تبريد (تبريد) :

صندوق العزل الاسمي من هو نقل حرارة من صندوق ذي درجة حرارة منخفضة (1) المحيط الخارجي الذي يكون عادة بدرجة حرارة أعلى .

بدل الطاقة يعبر عنه من اطار مخففة بمعامل اداء (معامل الجاز)



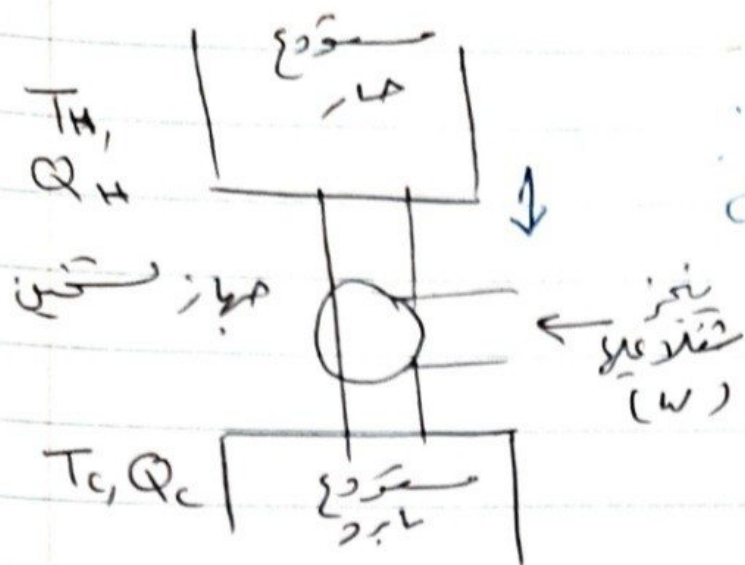
$$C_{oper} = \frac{Q_c}{W}$$

$$= \frac{Q_c}{Q_H - Q_c}$$

$$C_{oper} = \frac{1}{\frac{Q_H}{Q_c} - 1}$$

نتيج انه كلما كان الفرق بين Q_H و Q_C قليل كلما كان معامل الاداء كبير .

2 / جهاز تسخين : يكون العزل الاسمي من هو نقل حرارة من صندوق ذي درجة حرارة عالية الى صندوق ذي درجة حرارة منخفضة .



$$C_{oper} = \frac{Q_H}{W}$$

Coefficient of Performance = $\frac{Q_H}{Q_H - Q_C}$

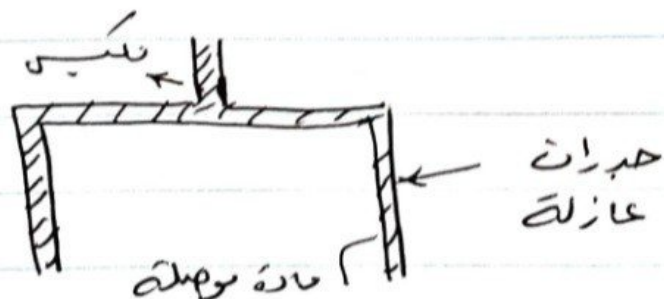
$$C_{oper} = \frac{1}{1 - \frac{Q_C}{Q_H}}$$

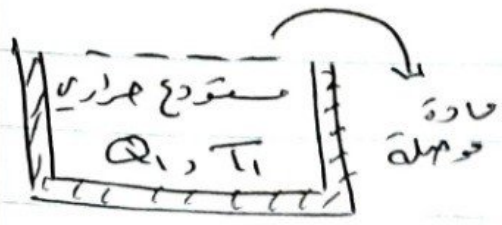
دورة كارنو (Carnot cycle) :-

١. لقد تصور كارنوت بحيث يفرض ان هناك آلة مثالية مثالية عالية من كل عيوب الآلة الحقيقية من خلال افتراضين :
 ١. افتراض ان المادة المثقلة تقبل من دورة مغلقة داخل اسطوانة الآلة .
 ٢. لا يحرم التزويد بالمادة المثقلة عند نهاية كل دورة .
 ٣. من المتوقع بالنسبة للمادة المثقلة ان تتكلم بدرجة من مصدر خارجي وعندئذ تمر بعمليات مثالية .
 ٤. تعود في كل الاحوال الآلة الى حالتها الاولى .

مكونات آلة كارنو :-

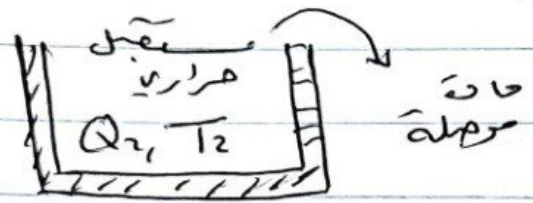
١. اسطوانة ذات جدران غير موصلة (عازل مثالي) وذات قعر متصل بحيث تكون الاسطوانة مغلقة بمكبس عازل مثالي رديم الاهدكالك والمادة المثقلة هي غاز مثالي يمر بدورة كاملة .



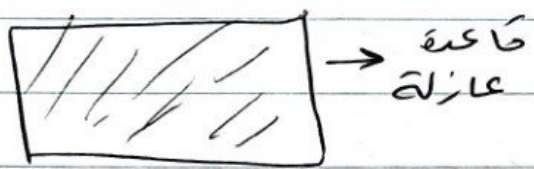


١. المصدر الحراري : جسم محفوظ عند درجة حرارة ثابتة (T_1, K) وهو سعة حرارية لا نهائية بحيث يزداد المائنة بكمية دون ان تتغير درجة حرارته تكون هيران لهذا المصدر عازلة دقة المصدر مادة موهله صالتيه .

٢. المستقبل الحراري : جسم بارد محال للمصدر الا انه ابرد حيث تكون درجة حرارته (T_2, K) يتوجب ان يكون له سعة حرارية لا نهائية بحيث تكون ثابتة وتكون هيران عازلة دقة موهله .



٣. عازلة عازلة حرارياً وتتم كعازلة توضع على الامتوانة



تمثيل دورة كارنو على مخطط $(P-v)$ [التيقة عمل دورة كارنو] :
 هي دورة كارنو تجري على افاذ اربع عمليات عكسية وكالاتي :

① اثناء حرارة لعملية عكسية آفروترسية (محدد)

المسار $1 \rightarrow 2$ بتأ الدورة خلال تماس الفاز مع المصدر الحراري بحيث يؤدي الى تمدد الفاز ذي الحجم V_1 والضغط P_1 الى الحجم V_2 والضغط P_2 وبذلك يتجز الفاز شغلا على كلبس المائنة بكمية حرارة وتكون الى شغل [وقد هذا الشغل ياري W_{12}]

حرارة متساوية الى اتيان قدما Q_2 واعتبار شغل (W_{12}) هو مقدار كيان

④ عملية عكسية كظمية (أديباتيكية) تجري خلال انجاز شغل بواسطة الكيان المسار $3 \rightarrow 2$ ، عند بلوغ الحجم V_2 الضغط P_2 يتبع الاستطوانة عن المستوع الحراري فتتحدد الفاز بمقدار انضاضها من V_2 الى V_3 ويكون تمدداً كظمياً بحيث تقل فيه الطاقة الداخلية وبالتالي درجة الحرارة من T_1 الى T_2 ويخرج الفاز شغلاً على حساب الطاقة الداخلية مقدار W_{23}

لا يوجد استيعاب حرارة الكيان ونيز شغل بواسطة الكيان (W)

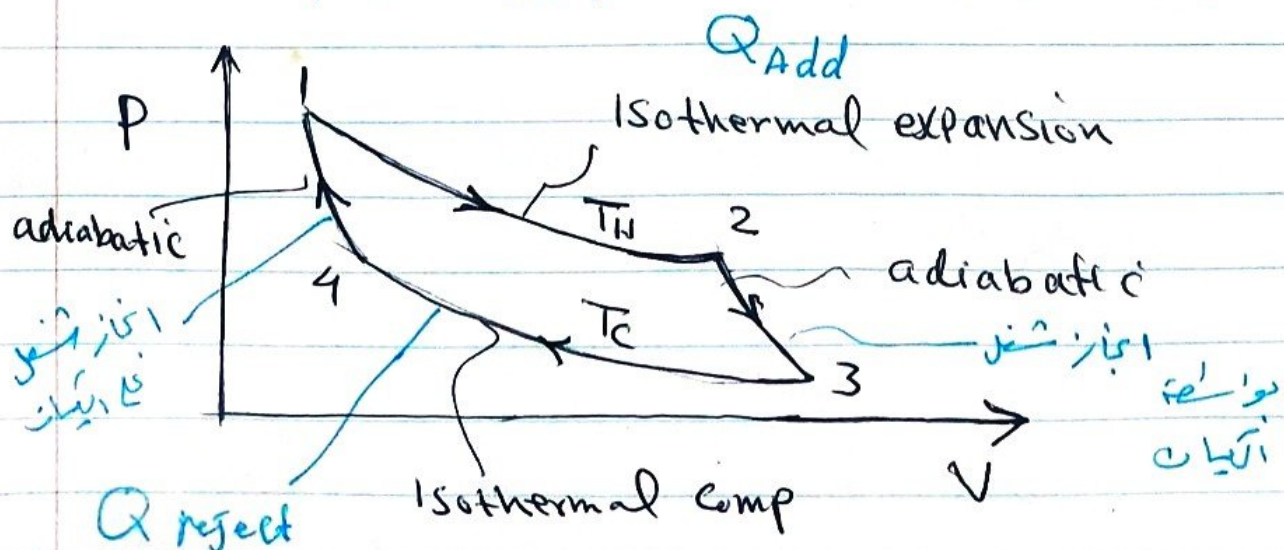
⑤ عملية عكسية كظمية تتركب من كظف فيه اكرارة (انضغاطاً) المسار $4 \rightarrow 3$ عندما ترتفع درجة الحرارة T_2 نوقف المكبس ونرفع الاستطوانة ببطء مع المستعمل الحراري ونبدأ بدفع المكبس داخل الاستطوانة اي نضغط الفاز ونزيد كذلك حول المائنة الشغل الى حرارة ونتركها الى المستعمل ذات درجة الحرارة الواطئة مقدار الشغل W_{34}

استيعاب حرارة مقدار (Q_1) في الكيان 1 خارجاً وانجاز شغل بواسطة الكيان W_1

⑥ عملية عكسية كظمية تجري خلال انجاز شغل على الكيان المسار $1 \rightarrow 4$ عندما يبلغ الفاز الحجم V_4 الضغط P_4 يتبع الاستطوانة عن المستعمل ونترك المكبس الفاز بعملية كظمية حتى يعود الى حجمه وبنقطة الاولى P_1, V_1 ونزيد نخرج شغل على الكيان مقدار W_{41}

$$W_T = W_{12} + W_{23} + W_{34} + W_{41}$$

لا يوجد استيعاب لحرارة من شغل الخارج من الكيان (W)



حساب كفاءة ماكينة كارنو :-

لايجاد كفاءة ماكينة كارنو نحتاج لحساب الحرارة (Q_1) التي تمتصها
الماكينة من الخزان الحار ($1 \rightarrow 2$) وحساب
(Q_2) الحرارة التي تتسرب من الماكينة الى الخزان البارد ($3 \rightarrow 4$)

" في المسار $1 \rightarrow 2$ عملية ايزوثرمية / درجة الحرارة ثابتة

$$Q_1 = \Delta W + \Delta U \quad \Delta U = 0 \quad \text{التفاوت الاول}$$

$$Q_1 = W_{12} = nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \quad \text{--- (1) \quad شغل في عملية ايزوثرمية}$$

$$Q_2 = W_{34} = -nRT_2 \ln \frac{V_4}{V_3} \quad \text{--- (2) \quad في المسار } 3 \rightarrow 4$$

لانه يتغير الشغل على التناقص

نقسم (2) على (1) نضع

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{nRT_2 \ln V_3/V_4}{nRT_1 \ln V_2/V_1} \quad \text{--- (3)}$$

المسار $2 \rightarrow 3$ عملية كظمية

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_3}{V_2} \right)^{\gamma-1} \quad \text{--- (4)}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_4}{V_1} \right)^{\gamma-1} \quad \text{--- (5) \quad في المسار } 4 \rightarrow 1$$

من المعادتين (4) و (5)

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

$$\frac{V_3}{V_4} = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{--- (6)}$$

نعوض (6) في (3)

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad \text{--- (7)}$$

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

OR

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

مثال: ماكينة تعمل بعملية عكسية (مآينة لارنوت) تعمل بين درجتين
 (300°C, 80°C) * احس نسبة الحرارة الممتصة من الخزان الى
 الشغل المبذول

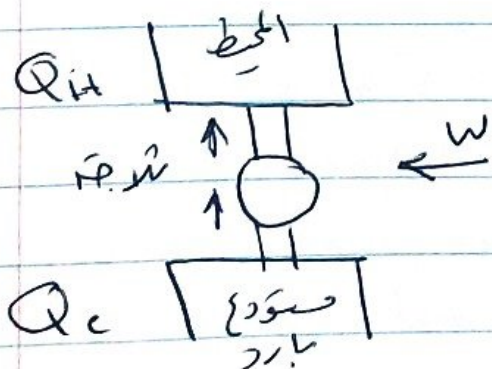
$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{OR } \eta = 1 - \frac{T_c}{T_H} = 1 - \frac{80 + 273}{300 + 273} = 0.16$$

$$\eta = \frac{W}{Q_H} \quad \frac{1}{\eta} = \frac{Q_H}{W} = \frac{1}{0.16}$$

$$\frac{Q_H}{W} = 6.25$$

مثال: محرك كارنو تستعمل بين مستودعين داخل شهرم 0°C
 والمحيط 25°C فإذا كانت كمية الحرارة الداخلة للمحرك
 8×10^6 ج لكل 24 ساعة ويبدأ ان تلفظ الشرح كمية من الحرارة
 لحفظها على برودة الشهرم احس الشغل المنطائيد المحرك بوجهة احوال



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

$$Q_H = 8 \times 10^6 \times \frac{25 + 273}{273} = 0.9 \times 10^6 \text{ J}$$

$$W = Q_c - Q_H = 8 \times 10^6 - 0.9 \times 10^6$$

$$\frac{27}{100} \therefore 7.1 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\text{watt} = \frac{\text{Jou}}{\text{sec}}$$

$$\frac{\text{الشغل المبذول}}{\text{الوقت}} = \frac{7.1 \times 10^6}{24 \times 3600} = 82 \text{ watt}.$$

* مثال: ثلثه كارنو تخضع لتوايين كارنو اذ كانا عند درجتين مختلفتين
تقل من هزائين عند درجتين 5°C ، 100°C اذا كان المحرك
اكراته $Q_c = 1000 \text{ J}$ ودرجتين اكراته الواطئة
نكم من اكراته تلفظ عند المخزن عند درجتين اكراته العاليه
رماه كفاءة الاداء. $C_{oper} = ?$ $Q_H = ?$

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

$$\frac{Q_H}{1000} = \frac{373}{273}$$

$$Q_H = 1366.3 \text{ J}$$

$$C_{oper} = \frac{Q_c}{W}$$

الطاقة المبذولة للشغل

$$W = Q_H - Q_c$$

$$C_{oper} = \frac{1000}{1366.3 - 1000} = 2.7$$

* مثال: ثلثه ثلثه كارنو مخزن عند درجتين مختلفتين 100°C
وتلفظ اكراته المخزن عند 5°C فاذا كانت الطاقة
تتقل هزائين فقط 100 J من المخزن لساكن احب
الشغل المبذول اكراته المبذولة ثم الكفاءة.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad , \quad \frac{Q_H}{Q_C} = \frac{T_H}{T_C}$$

$$\frac{100}{Q_2} = \frac{100+273}{0+273}$$

$$Q_2 = 73 \text{ كج كبريتة ج}$$

$$\begin{aligned} W &= Q_1 - Q_2 \\ &= Q_H - Q_C \\ &= 100 - 73 = 27 \text{ جول} \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{W}{Q_H} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{273}{373} = 0.27 = 27\%$$

٥ مثال : نفتح مرجل فأكنته حاريتيه عنه درجه حراره 500° وتفرغ
الأكنته أكبريه الحفظه لأكوعه درجه حراره 20°
احسب الكفاءة .

$$\eta = \frac{\text{الشغل الناتج}}{\text{كمية اكبرية المجهز}} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$$

$$\eta = 1 - \frac{20+273}{500+273} = 0.62 = 62\%$$

مثال: ماكينة كارنو تعمل بين مستودعين عند الدرجتين التاليتين
 (300K / 600K) إذا كانت الماكينة تستلم مقدار 1200 Cal
 من المصدر، كل دورة الحب كمية الحرارة التي تلفظ
 الماكينة إلى المستعمل الكارنو كل دورة ثم أجب كفاءة
 الماكينة، الشغل المنجز كل دورة.

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1} \rightarrow Q_2 = Q_1 \frac{T_2}{T_1}$$

$$Q_2 = 1200 \frac{300}{600} \rightarrow Q_2 = 600 \text{ Cal}$$

$$W = 1200 - 600 \rightarrow 600 \text{ Cal}$$

$$W = 600 \times 4.2 = \text{Joules}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300}{600} = 50\%$$

مثال: ماكينة كارنو الشغل الذي يبذل عند ضغطه حراريته لنقل
 حرارة قدرها 1000 J داخل الفرن. إذا كان درجة حرارة
 الفرن 40°C ودرجة حرارة الخارج 0°C اشرح ان الماكينة
 تعمل بأعلى اداء.

$$C_{\text{Carnot}} = \frac{T_H}{T_H - T_C} \quad \text{مؤثر كفاءة}$$

$$= \frac{40 + 273}{40 + 273 - 0 + 273} = 7.825$$

$$C_{\text{Carnot}} = \frac{Q_H}{W} \rightarrow W = \frac{Q_H}{C_{\text{Carnot}}}$$

$$W = \frac{1000}{7.825} \rightarrow W = 127.8 \text{ Joules}$$

مثال: حالة تعمل بعملية عكسية (مآبنة كارنوت)
تعمل بين درجتين حراريتين (300°C و 80°C)
احسب نسبة الحرارة المستحصلة من الكثران الى الشغل
المبخر ؟

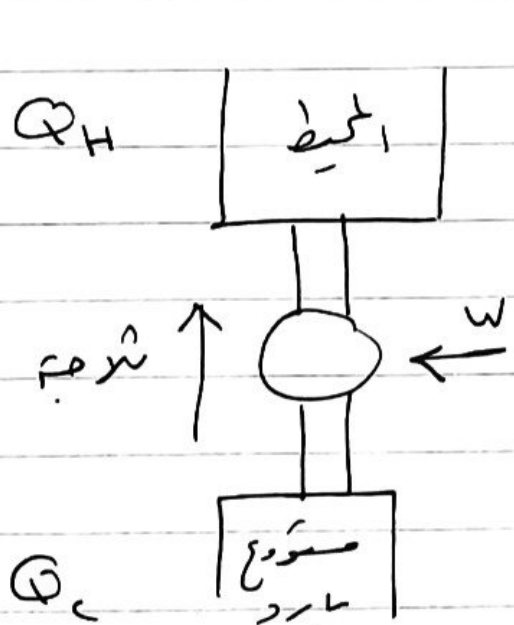
$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_c}{T_H}$$

$$\eta = 1 - \frac{80 + 273}{300 + 273} = 0.16$$

$$\eta = \frac{W}{Q_H}$$

$$0.16 = \frac{W}{Q_H} \quad \therefore \frac{Q_H}{W} = \frac{1}{0.16} = 6.25$$

مثال: ثلاجة كارنوت تستعمل بين مستودعين داخل ثلاجة
(0°C) والمحيط (25°C) فإذا كانت كمية الحرارة الداخلة
للتلاجة ($8 \times 10^6 \text{ J}$) كل (24) ساعة واسترجم
يجب ان تلفظ كمية من الحرارة للحفاظ على برودة
احسب الشغل المبذول المبخر بوحدة الواط



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

$$\frac{8 \times 10^6}{Q_c} = \frac{25 + 273}{273}$$

$$Q_c = \frac{8 \times 10^6}{1.09} = 7.3 \times 10^6 \text{ J}$$

$$W = Q_H - Q_c = 8 \times 10^6 - 7.3 \times 10^6 = 0.7 \times 10^6 \text{ J}$$

$$الشغل = \frac{0.7 \times 10^6}{24 \times 3600} = 8.1 \text{ J}$$

القدرة = الشغل / الزمن

حافظ دورة كارنوت

تتكون دورة كارنوت من أربع عمليات تتكيف بالقلية
(Reversible processes)

١. اضافة حرارة لعملية على انزوتروبية $Q_1 \text{ add}$
٢. عملية على كظمية تجري خلال انجاز عمل
بواسطة الكيان

٣. عملية على انزوتروبية تلفظ في الكسرة $Q_2 \text{ reject}$
٤. عملية على كظمية تجري خلال انجاز عمل
على الكيان

ملاحظة: حالة الشغل تكون صلبة، مثله، مثله
سواء ارمادة برفضا عليه

الشرط الاول: ان تجري العمليات الاربعة بشكل متعاقب
وبالتالي يحصل الكيان ليرجع الى حالته الاولى

الكيان هو عديم حالة الشغل

بما ان الكيان اكل عملية دورية فلا يرمه تغير
في الطاقة الداخلية $\Delta u = 0$ فان قانون الاول

$$Q - W = 0 \quad \text{تكون كاللاي}$$

$$W = Q_2 - Q_1$$

$$\eta = \frac{W}{Q_2} = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = 1 - \frac{Q_1}{Q_2}$$

الممثل السابع

الدستور (الدستور الحراري)

الفصل السابع

الانتروبي (القصور الحراري)

الانتروبي : هي خاصية من خواص المادة وهي دالة حالة
تعتمد على الحالة الابتدائية والنائية للكتل ولا تعتمد على

المسار

where dQ التغير في كمية الحرارة
درج الحرارة : T

$$\int \frac{dQ}{T} = \Delta S$$

الانتروبي

or $ds = \frac{dQ}{T}$

حساب الانتروبي في العمليات العكسية :-

(٢) تغير الانتروبي في العمليات العكسية :-

نفسه وهو عملية عكسية ترموديناميكية والمطلوب حساب
التغير للانتروبي في الحالات الدنيا :

(١) عملية عكسية كظنية (إديباتيكية) :

في هذه العملية $dQ = 0$ ولذلك فإن $ds = 0$
الانتروبي في العمليات الكظنية ثابتة ويدعى
(الانتروبي لثابت)

الانتروبي لثابت $\Delta S = S_2 - S_1 = 0 \Rightarrow S_1 = S_2$

(٣) عملية عكسية ايزوثرمية :

في العملية ايزوثرمية فان درج الحرارة ثابتة

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int \frac{1}{T} dQ$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \frac{Q}{T}$$

كمية الحرارة
المتضمنة
درج حرارة الكتل

2

$$Q = W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad \text{من الدورات}$$

$$\frac{Q}{T} = nR \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\therefore \Delta S = nR \ln \frac{V_2}{V_1}$$

⑤ عملية تغيير في هور المادة: (درجة حرارة وضغط ثابت)
 عند لوكان لدينا نظام بسيط نضع هذا النظام في تماس
 مع مستودع حراري، درجة حرارته اعلى من درجة حرارة النظام
 يحدث تغير في الطور وان كمية الحرارة المنقصة من قبل النظام
 تساوي الحرارة الكائنة كتغير الهور اي ان $Q = mL$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \frac{mL}{T} \quad \text{الحرارة الكامنة للتحول}$$

⑥ عملية عكسية كت حجم ثابت:

$$C_v = \frac{dQ}{dT} \Rightarrow dQ = C_v dT$$

$$\therefore \Delta S = S_2 - S_1 = \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_v dT}{T}$$

$$\therefore S_2 - S_1 = \Delta S = C_v \ln \frac{T_2}{T_1} \quad \text{لواحد كغم}$$

اذا كان لدينا وزن اكبر مضيف (m) للطاقون
 ار واحد جول

$$\Delta S = m C_v \ln \frac{T_2}{T_1}$$

⑦ عملية عكسية كت ضغط ثابت

$$C_p = \frac{dQ}{dT} \Rightarrow dQ = C_p dT$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_{T_1}^{T_2} C_p \frac{dT}{T}$$

$$\therefore C_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$

3

(ب) حساب الإنتروبي لغاز مثالي

عملية يتم فيها تغير الحجم وتغير درجة الحرارة
 دالغاز المثالي في العاكسون الاول

$$dQ = du + dw \quad \text{--- (1)}$$

$$dQ = n C_v dT + p dv \quad \text{--- (2)}$$

$$pV = nRT \quad p = \frac{nRT}{V} \quad \text{--- (3)}$$

تحتوي: $dQ = n C_v dT + nRT \frac{dv}{V} \quad \text{--- (4)}$

$$\frac{dQ}{T} = n C_v \frac{dT}{T} + nR \frac{dv}{V}$$

$$\Delta S = \frac{dQ}{T} = n C_v \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} + nR \int_{V_1}^{V_2} \frac{dv}{V}$$

$$\boxed{\Delta S = n C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + nR \ln \frac{V_2}{V_1}}$$

من جهة أخرى: عملية يتم فيها تغير الضغط ودرجة الحرارة
 دالغاز المثالي

$$\Delta S = n C_p \ln \frac{T_2}{T_1} + nR \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = m c_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Delta S = m c_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$

دقيق m = كتلة
 n = عدد

مثال ١: حساب التغير في الإنتروبي لو امد كغم من الماء ($m = \text{kg}$) عنيا
 من $T_1 = 200 \text{ K}$ عند درجة حرارة $T_2 = 400 \text{ K}$

$$c_p (\text{ماء}) = 2.09 \times 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

$$c_p (\text{سب}) = 4.18 \times 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

$$c_p (\text{غاز}) = 2.006 \times 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

$$L_{12} (100^\circ) = 3.34 \times 10^5 \text{ J/kg}$$

$$L_{23} (100^\circ) = 22.6 \times 10^5 \text{ J/kg}$$

١) اكل: حساب التغير في الإنتروبي من 200 K إلى 273 K تكون الزيادة في الإنتروبي

$$\Delta S_1 = \int \frac{dQ}{T} = m c_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$= 1 \times 2.09 \times 10^3 \times \frac{273}{200}$$

$$= 651 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

٢) الزيادة في الإنتروبي عند انصهار الثلج

$$S_2 - S_1 = \frac{m L}{T} = \frac{1 \times 3.34 \times 10^5}{273} = 1230 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

٣) الزيادة في الإنتروبي في الماء (سب) عند انصهار الثلج

$$373 \text{ K} \leftarrow 273 \text{ K}$$

$$s_2 - s_1 = m c_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\therefore 1 \times 4.18 \times 10^3 \ln \frac{373}{273} = 1310 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

② مکتون ایستاده در استرادی عند تبخیر المار بی درجه حرارت 373 K

$$s_2 - s_1 = \frac{mL}{T} = \frac{1 \times 22.6 \times 10^5}{373}$$

$$= 6060 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

③ عند تسخیر البخار ای درجه حرارت 400 K مکتون ایستاده
بی استرادی

$$s_2 - s_1 = m c_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Delta S_{\text{air}} = 1 \times 2.09 \times 10^3 \times \frac{400}{373}$$

$$= 146 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

استرادی مکتون البخار تبخیر کرد در مکتون

$$\Delta S_{\text{Total}} = 1310 + 6060 + 146 - 1230$$

$$= 5640 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

تسخیر شده

استنتاجات من * , *
 ١. تغير من الحجم مع بقاء درجة الحرارة :

$$\Delta S = nR \ln \frac{V_2}{V_1}$$

٢. تغير درجة الحرارة مع بقاء الحجم :

$$\Delta S = nC_v \ln \frac{T_2}{T_1}$$

٣. تغير الضغط مع بقاء درجة الحرارة :

$$\Delta S = nR \ln \frac{P_2}{P_1}$$

٤. تغير درجة الحرارة مع بقاء الضغط :

$$\Delta S = nC_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$



عبداً الزيادة في الانتروبي :

نعين عبداً الزيادة في الانتروبي على التغير الذي يحصل من
 انتروبي لنظام (System) والمحيط (Surround) معاً. سنقول
 ① كمية من الحرارة (dQ) من المحيط عند درجة حرارة (T_0)
 إلى النظام عند درجة حرارة (T) فليخاف التغير في
 الانتروبي يكون سادياً

$$\Delta S_{\text{System}} \geq \frac{dQ}{T} \quad \text{--- (1)}$$

$$\Delta S_{\text{surround}} \geq -\frac{dQ}{T_0}$$

استارة الب لول محيط فقط حرارة

١. التغير الطارىء الانتروبي

$$dS_{\text{sys}} + dS_{\text{sur}} \geq \left(\frac{dQ}{T} - \frac{dQ}{T_0} \right)$$

$$dS_{\text{sys}} + dS_{\text{sur}} \geq dQ \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)$$

$$\therefore dS_{\text{sys}} + dS_{\text{sur}} \geq 0$$

نعين لنأخذ موجب لأن $T > T_0$

هذا المعادلة تطلق على عبداً الزيادة في الانتروبي ومنهم

6
تطبيقاتك هو أهداف الوصول في مكان سيارات

⑤ اما اذا انتقلت الحرارة من النظام اي المحيط
إشارة سالبة لانه يفقد الحرارة

$$dS_{sys} \geq - \frac{dQ}{T}$$

$$dS_{sur} \geq \frac{dQ}{T_0}$$

الكل = $dS_{sys} + dS_{sur} \geq -\frac{dQ}{T} + \frac{dQ}{T_0}$

$$dS_{sys} + dS_{sur} \geq dQ \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right)$$

تكون موجبة (+) $dS_{sys} + dS_{sur} \geq 0$

لان $T_0 > T$

متبع بانه في كل العمليات في الكون يصبح في زيادة في الإنتروبي
لان مجموع dS_{sys} و dS_{sur} تكون موجبة

مثال: نظام يحتوي على مستودعين، المستودع الاول عند درجة حرارة (400K) وضع برفق بكماس حراري مع مستودع حراري آخر درجة حرارته (300K) انتقلت حرارة مقدارها عشرة واطة اي المستودع البارد ما هو مقدار التغير في إنتروبي الحرارة ؟

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T}$$

$$= S_2 - S_1 = \frac{Q}{T_2} - \frac{Q}{T_1}$$

$$= \frac{1}{300} - \frac{1}{400} = 8.3 \times 10^{-4} \text{ Cal/K}$$

مثال : حدد التغير في الإنتروبي عند ما نحول (20 gm) من الجليد عند درجة حرارة (0°C) إلى ماء في نفس الدرجة على فرض أن الحرارة الكامنة للانصهار (80 cal/gm) .

$$\Delta S = \frac{mL}{T} = \frac{20 \times 10^{-3} \times 80 \times 4.2 \times 10^3}{273} = \quad \text{J/K}$$

مثال : حول واحد من غاز مثالي يتغير عكسياً في استطاعة مرزوقة بمكبس حجم ابتدائي 10^3 cm^3 إلى حجم نهائي $2 \times 10^3 \text{ cm}^3$ على أن الغاز كان تحت درجة حرارة ثابتة حسب مقدار التغير في الإنتروبي ؟

$$\Delta S = NR \ln \frac{V_2}{V_1} = 1 \times 8.314 \times \ln \frac{2 \times 10^3}{1 \times 10^3} = \quad \text{J/K}$$

مثال : حدد التغير في الإنتروبي الكاربي عند غليان (5 gm) من الماء عند ضغط (74.24) (mmHg) على أن نقطة غليان الفليان تحت هذا الضغط (125°C) والحرارة الكامنة للبخار 518.7 cal/gm

$$\Delta S = \frac{mL}{T} = \frac{5 \times 518.7}{125 + 273} = \quad \text{cal/K}$$

مثال : كمية من الماء كتلتها (10 gm) عند درجة حرارة (20°C) تحولت إلى جليد عند درجة حرارة (-10°C) تحت الضغط الجوي حسب التغير في الإنتروبي .
والل $L = 80^\circ \text{C}$ جليد $C_p = 0.5 \text{ cal/gm} \cdot \text{K}$
والل $L = 540^\circ \text{C}$ ماء $C_p = 0.48$
والل $L = 20^\circ \text{C}$ ماء $C_p = 1$

$$\Delta S_1 = m C_p \ln \frac{T_2}{T_1} = 10 \times 1 \times \ln \frac{273}{293}$$

$$\Delta S_2 = + \quad \text{cal/K}$$

② $0^\circ\text{C} \leftarrow 0^\circ\text{C}$ cal/K

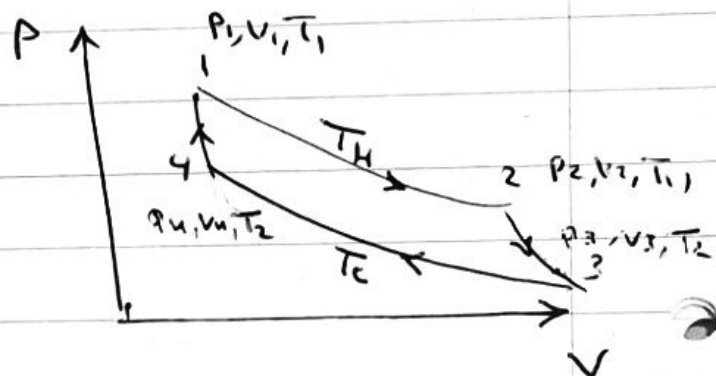
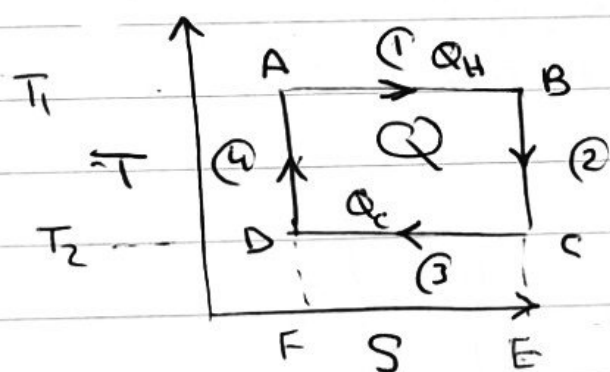
$$\Delta S_2 = \frac{mL}{T} = + \frac{10 \times 80}{273} =$$

③ $0^\circ\text{C} \leftarrow -10^\circ\text{C}$ cal/K

$$\Delta S_3 = M c_p \ln \frac{T_2}{T_1} = 10 \times 0.5 \times \ln \frac{263}{273}$$

$$\Delta S_{\text{Total}} = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 = + \text{cal/K}$$

مخطط الانتروديني - درجة الحرارة (مخطط T-S)
يوضح المخطط اثناء العلاقة بين الانتروديني ودرجة الحرارة
في دورة كارنو



وتحتل المنطقه المحصورة تحت المنحنى T-S بين الحالتين
الابتدائية والنائية بالسرمان الحراري وتسمى الحرارة Q (والمنطقه)

$$dS = \oint \frac{dQ}{T} \quad dQ = \oint T dS$$

$$Q_1 = Q_2 = \oint T dS$$

$$W = Q_H - Q_C$$

$$W = ABEF - DCEF$$

$$W = T_1(S_2 - S_1) - T_2(S_2 - S_1)$$

$$W = (S_2 - S_1)(T_1 - T_2)$$

$$\eta = \frac{W}{Q_H} = \frac{(S_2 - S_1)(T_1 - T_2)}{T_1(S_2 - S_1)}$$

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

سؤال ١ : استحق الكفاءة لمآلة كارنو لا يتأثر على المحطات T-S
توضع نظام لدورة (a b c d a) كما في الشكل الذي يمثل مفتاح

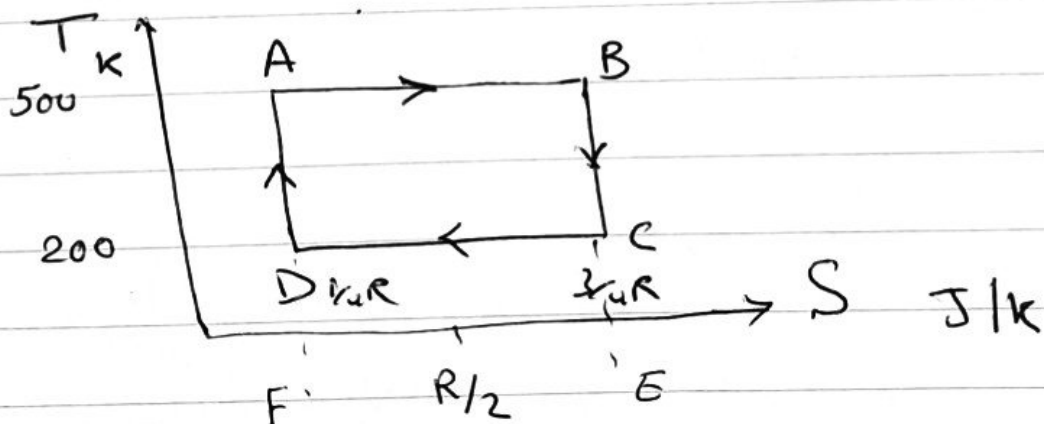
T-S

١/ هل تعمل الدورة (a b c d a) كمحرك حراري أم ثلاجة ؟

٢/ احس سرعات الحرارة (تغير كمية الحرارة) في كل عملية .

٣/ احس كفاءة الآلة بالرسم ثم امسح ؟

٤/ حاسر معدل الاولاد اذا علمت ان هذه الدورة تعكس
طبيعي اي (ثلاجة) .



الحل :

(P) يمثل النظام الحرارة في العملية AB عند درجة حرارة

$$T_H = 500 \text{ K}$$

وسيح حرارة في العملية CD عند درجة حرارة

$T_C = 200 \text{ K}$
في الدورة تعمل كمحرك حراري (مآلة حرارية) .

٢) جارات العمليات BC و AD هي اديباتية لذلك فان

$$\Delta Q_{AD} = \Delta Q_{BC} = 0$$

$$\Delta Q_{AB} = T_H \Delta S = T_H (S_B - S_A) = 500 \left(\frac{3}{4}R - \frac{1}{4}R \right) = 250R$$

$$\Delta Q_{CD} = T_C \Delta S = T_C (S_D - S_C) = 200 \left(\frac{1}{4}R - \frac{3}{4}R \right) = -100R$$

٢) من اجل $\eta = \frac{\text{العمل الناتج}}{\text{الحرارة الداخلة}} = \frac{W}{Q_H}$

$$\eta = \frac{\Delta S \times \Delta T}{\Delta S \times T_H} = \frac{\Delta S \frac{300}{500}}{\Delta S \times T_H} = 0.6$$

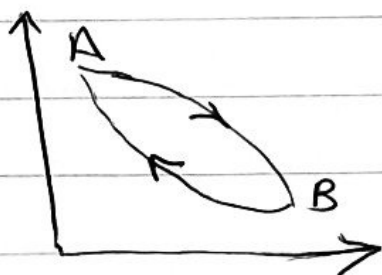
$$\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H} = 1 - \frac{200}{500} = 0.6 \quad \text{حسابياً}$$

٣) $C_{oper} = \frac{CDEF}{ABCD}$

$$C_{oper} = \frac{Q_C}{W} = \frac{Q_C}{Q_H - Q_C}$$

$$OR \quad C_{oper} = \frac{T_C}{T_H - T_C} = \frac{200}{500 - 200} = 0.667$$

نظرية كلاسيوس :
تتضمن نظرية كلاسيوس على الشكل $\frac{dq}{T}$ حول اي
منحنى مغلق ياروي صفر في العمليات الفلكية اما العمليات
اللا عكسية $\int \frac{dq}{T}$ ابد من الصفر. وبين ان الانترنوي
لا يعيد على الصفر



$$\Delta S = \oint \frac{dq}{T} = 0$$

$$= \int_A^B \frac{dq}{T} + \int_B^A \frac{dq}{T} = 0$$