المحاضرة رقم (2)

الثرموداينمك في هندسة التصنيع الغذائي THERMODYNAMICS

الثرموداينمك هو فرع من العلم الذي يدرس تبادل الطاقة بين مكونات النظام او بين النظام وما يحيط به. ويدرس النظام في حالة التوازن.

النظام *system* : هو اي مادة محددة بجدران ، والجدار اما ان يكون حقيقي او خيالي imaginary ويعتمد فقط على جزء من العملية تحت الدراسة ، وان اي شيء خارج حدود الجدار هو المحيط الخارجي *surroundings* .

ان خواص النظام تحدد حالته والخواص قد تكون خارجية *extrinsic* مثلا قابل للقياس measurable او تكون جوهرية او حقيقية intrinsic مثلا لا المظاهر الخارجية للقياس من تلك الخاصية موجودة no measurable external manifestations of that property exist الغيرات في الخواص الجوهرية قد تكون مقاسة خلال التغير في الطاقة المقترنة مع التغير.

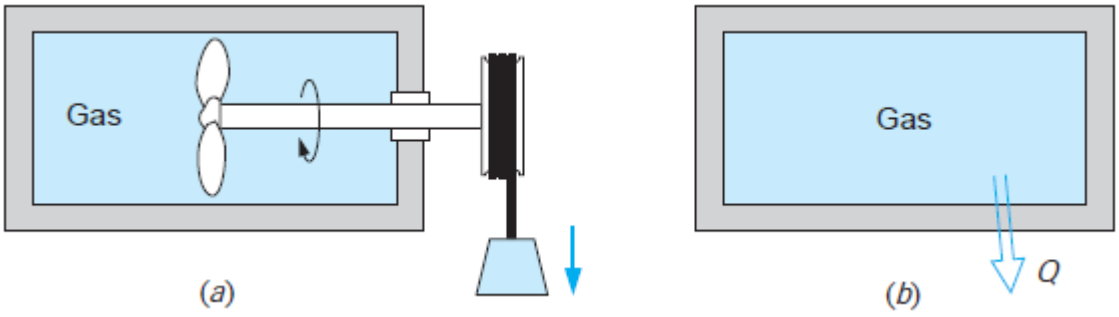
التوازن *Equilibrium*

هو من المتطلبات الاساسية في الانتقال الثرموديناميكي ، عندما تصل المنظومة الى الظروف التي عندها تبقى الخصائص ثابتة فانها وصلت الى حالة التوازن. ان الثروديناميك يتنبأ فقط بالخصائص النهائية عند التوازن.

الطاقة مرتبطة بالتحولات الثرموديناميكية ويعبر عنها بالحرارة **heat (Q)**. الطاقة تعبر النظام من خلال حدوده نتيجة للاختلافات في درجة الحرارة والشغل **work (W)** . الطاقة مرتبطة بقوة الازاحة. المصطلح الطاقة الداخلية internal energy **(E)** يستعمل لتعريف خاصية الجوهر intrinsic property وهذه غير مرتبطة بالشغل والحرارة. الطاقة الداخلية لايمكن قياسها ولكن التغير في الطاقة الداخلية يمكن ان يقاس.

عشوائية الخاصية الجوهرية ntrinsic property *entropy* **(S)** وهي مسيطر عليها بواسطة النظام وتقيس الاضطراب disorder الي تخرج خلال النظام.

القانون الاول والثاني للثرموداينمك يعتمد علسى العلاقة بين المتغيرات الثرموديناميكية اعلاه. وينص القانون الاول للثرموداينمك The *first law of thermodymanics* ((ان الطاقة لاتفنى ولاتستحدث ولكن يمكن تحويلها من صورة الى اخرى))



اذا δW و δQ هي كميات صغيرة من الطاقة الحرارية والشغل وتعبر حدود النظام ويرافقه اختلاف بالتغير بالطاقة الداخلية للنظام هو:

$$dE = \delta Q - \delta W$$

$$\Delta E = Q - W$$

المعادلتان اعلاه تمثلان القانون الاول للثرموداينمك وهو قانون حفظ الطاقة. الرمز δ يسمى del يستخدم للشغل W و الطاقة Q ويشير الى الاختلاف المحدد finite difference .

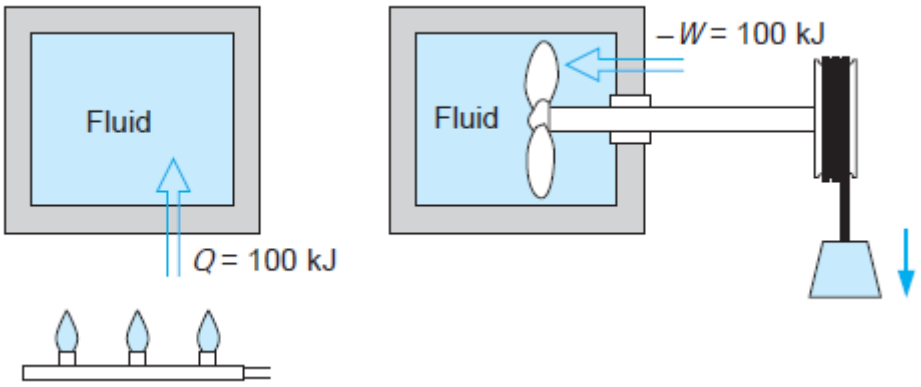
العشوائية او الانتروبي لايمكن قياسه ولكن يقاس التغير في الانتروبي ويعرف بانه نسبة الطاقة المعكوسة reversible energy (Q_{rev}) **العابرة حدود النظام ودرجة الحرارة المطلقة** absolute temperature .

$$dS = \frac{\delta Q_{rev}}{T}; \quad \Delta S = \frac{Q_{rev}}{T}$$

القانون الثاني للثرموداينمك The *second law of thermodymanics*

وهو مهم لاختبار توجيه نقل الطاقة او تحويلها وينص على ((لايمكن لاي عملية ان كون نتيجتها الوحيدة ازالة الحرارة من النظام عند درجة حرارة واحدة بل متص ايضا كمية مساوية من الحرارة بواسطة النظام عند درجة الحرارة العالية . ولايمكن لاي عملية ان تكون نيجتها الوحيدة استخلاص الحرارة من النظام بل تؤدي قيمة مكافئة من الشغل ايضا)).

يساعد هذا القانون على وصف السبب في تدفق الحرارة دائما من منطقة حارة الى منطقة باردة . وكذلك لوصف السبب في انه عندما يوضع غازان في كان فانهما سيختلطان مع بعض وكذلك لايمكن فصلهما في الوقت نفسه بعد الاختلاط. وكذلك لوصف السبب في عدم امكانية انشاء الة تشغيل باستمرار عند تحول بالحرارة من مولد احادي بحيث تنتج الكمية نفسها من الشغل.



التغير في الانتروبي للعمليات المعكوسة يساوي صفر.

المتغير الاخر للطاقة الداخلية هو الانثالبي enthalpy (H)

$$H = E + PV$$

In differential form:

$$dH = dE + PdV + VdP$$

Because $PdV = \delta W$; $dE + \delta W = \delta Q$ and:

$$dH = \delta Q + VdP$$

For a constant pressure process, $dP = 0$ and:

$$\delta Q = dH; \delta H = Q$$

A specific heat at constant pressure may be defined as follows:

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

and as:

$$\Delta H = C_p dT$$

المعادلات اعلاه تشير الى ان الانثالبي هو المحتوى الحراري.

في حالة ثبوت الحجم فان الشغل يساوي صفر.

$$dE = \delta Q; \quad \Delta E = Q$$

A specific heat at constant volume may be defined as follows:

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

and as:

$$\Delta E = C_v dT$$

العلاقة بين C_P و C_V للغازات The Relationship Between Cp and Cv for Gases

العلاقة بين C_P و C_V للغازات تم اشتقاقها وكما يلي :

$$dE = \delta Q - \delta W$$

نعوض $W = PdV$ في المعادلة اعلاه ينتج:

$$dE = dQ - PdV$$

Taking the derivative with respect to temperature:

$$\frac{dE}{dT} = \left.\frac{dQ}{dT}\right|_p - P\frac{dV}{dT}$$

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

$$C_V \frac{dE}{dT}$$

من معادلة الغاز المثالي لمول واحد من الغازات $PV = RT$ ان $\frac{dV}{dT}$ عند ضغط ثابت هي $\frac{R}{P}$ وبالتعويض في المعادلة اعلاه فان:

$$C_v = C_p - R$$

A useful property in calculating P-V-T and other thermodynamic variables involved in expansion and compression of a gas is the specific heat ratio, C_p/C_v, designated by the symbol Q. The ratio C_p/R is

العلاقات بين P-V-T للغازات المثالية في العمليات الثرموديناميكية P-V-T Relationships for Ideal Gases in Thermodynamic Processes

العملية الاديباتيكية *Adiabatic processes* هي العملية التي عندها لاتضاف ولاتطرح حرارة من المنظومة لذلك فان$\delta Q = 0$ حيث:

$$V = RT/P, \text{ و } dH = V\,dP.$$

$$dH = C_p dT,$$

$$C_p dT = RT\left(\frac{dP}{P}\right)$$

$$\ln\left[\frac{P-2}{P_1}\right] = \frac{\gamma}{\gamma-1}\ln\left[\frac{T_2}{T_1}\right]$$

$$\frac{C_p}{R}\int_{T_1}^{T_2}\frac{dT}{T} = \int_{P_1}^{P_2}\frac{dP}{P}$$

بالتكامل وبالتعويض

$$\frac{C_p}{R} = \frac{\gamma}{\gamma-1}$$

في العمليات الاديباتيكية $P_1 = nRT_1/V_1$ و $P_2 = nRT_2/V_2$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left[\frac{T_2}{T_1}\right]^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

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

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

في العمليت الحرارية المتجانسة Isothermal processes ان درجة الحرارة تبقى ثابتة و

$$P_1\,V_1 = P_2\,V_2.$$

وفي العملية ذات الضغط المتجانس *Isobaric processes* يكون الضغط ثابت فان: $V_1/T_1 = V_2/T_2$.

اما في العملية ذات الحجم المتجانس *Isocratic processes* يكون الحجم ثابت $P_1/T_1 = P_2/T_2$

التغير في الخواص الثرموديناميكية الشغل والحرارة المقترنة مع العمليات الثرموديناميكية

Changes in Thermodynamic Properties,Work, and Heat Associated with Thermodynamic Processes

Adiabatic:

$$\Delta Q = 0;\ \Delta S = 0;\ \Delta E = W = \int P dV;\ \Delta H = \int V\, dP$$

Isothermal:

$$Q = W = \int P\, dV;\ \Delta S = \frac{Q}{T};\ \Delta E = 0;\ \Delta H = O$$

Isobaric:

$$Q = \int C_p dT = \Delta H;\ \Delta S = \int C_p \frac{dT}{T};\ W = P\Delta V;\ \Delta E = Q - W$$

Isocratic:

$$Q = \Delta E = \int C_v dT;\ \Delta S = \int C_v \frac{dT}{T};\ W = 0;\ \Delta E = Q$$

التغير في الشغل والمحتوى الحراري على التمدد او النضغاط الاديباتيكي

Work and Enthalpy Change on Adiabatic Expansion or Compression of an Ideal Gas

الشغل والانثالبي تعد مهمة لتحديد القدرة الداخلة للضاغط . الانضغاط الاديباتيكي يحصل خلال التبريد في دورة التبريد. ففي حالة التمدد او الانضغاط الاديباتيكي :

$$W = \int P dV;\ \Delta H = \int V\, dP$$

عند اعادة ترتيب المعادلة التالية:

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

وتعويض P و V لـ P2 و V2 . والحل لـ V هو:

$$V = [(P_1)^{\frac{1}{\gamma}} V_1](P)^{\frac{-1}{\gamma}}$$

Differentiating with respect to P:

$$dV = \frac{-1}{\gamma}[(P_1)^{\frac{1}{\gamma}} V_1][P]^{\frac{-1}{\gamma-1}}$$

Substituting dV in the expression for work and integrating:

$$W = \int_{P_1}^{P_2} -\frac{1}{\gamma}[(P_1)^{\frac{1}{\gamma}} V_1][P]^{\frac{-1}{\gamma-1+1}}$$

The integral is

$$-\frac{1}{\frac{1}{\gamma}+1}[[P_2]^{\frac{1}{\gamma}+1} - [P_1]^{\frac{1}{\gamma}+1}]$$

$$= -\frac{(P_1)^{\frac{1}{\gamma}} V_1}{\gamma} \int_{P_1}^{P_2} (P)^{\frac{-1}{\gamma}} dP$$

$$\Delta H = V_1 \int_{P_1}^{P_2} \left[\frac{P_1}{P}\right]^{\frac{1}{\gamma}} dP$$

التغير بالشغل والانثالبي على التمدد او الانضغاط الحراري المتجانس للغاز المثالي.

Work and Enthalpy Change on Isothermal Expansion or Compression of an Ideal Gas

$$\Delta H = \left[\frac{\gamma}{\gamma - 1}\right](P_1 V_1)\left[\left[\frac{P_2}{P_1}\right]^{\frac{(\gamma-1)}{\gamma}} - 1\right]$$

عندما يوضع الغاز المثالي في عملية حرارية متجانسة:

$$Q = W = \int P\,dV \text{ and } \Delta H = \int P\,dV + \int V\,dP$$

Because T is constant, $P = nRT/V$ and $dP = -(nRTV^{-2})\,dV$

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

$$Q = nRT \ln\left[\frac{V_2}{V_1}\right]$$

$$\Delta H = W + \int_{V_1}^{V_2} -\left[nRT\frac{dV}{V}\right]$$