2-6-4 Adiabatic process

العملية الأديباتيكة تعني أنَّ النظام في هذه العملية يكون معزولاً عن الأنظمة الثرموديناميكية الأخرى وعن محيطه ولا يحصل أي نوع من التبادل بينهما مثل المادة والطاقة ويسمح بانتقال الطاقة الى المحيط على شكل شغل فقط. وبما أنَّ النظام المعزول لا يسمح بتبادل الطاقة (الحرارة) مع المحيط بالتالي فإنَّ đq = 0 و عليه فإنَّ السعة الحرارية تكون مساوية الى صفر و عند التعويض عن قيمة q بالقانون الأول للثرموداينمك يصبح كالتالي:

$$\Delta U = q + w, \Delta U = 0 + w \qquad (2\text{-}6)$$

$$\Delta U = w \qquad (2\text{-}43)$$

من المعادلة (2-43) نستنتج أنَّ التغير بالطاقة الداخلية للنظام يعود نتجية للشغل المنجز فقط وليس له أية علاقة بالحرارة لانَّ قيمتها مساوية الى صفر. وبذلك فإنَّ تمدد الغاز في العملية الأديباتيكية يحصل نتيجة التغير في الطاقة الداخلية لجزيئات الغاز نفسها أي عندما يحصل تمدد للغاز فإنَّ الطاقة المطلوبة لإجراء التمدد تمتص من قبل الطاقة الحركية لجزئات الغاز عليه تقل معدل سرعة جزيئات الغاز وبالتالي يحصل أنخفاض في درجة حرارة النظام، وعلى العكس عند تقلص الغاز حيث يحصل أرتفاع في درجة حررة النظام.

إذن تمدد الغاز أو تقلصه يحصل على حساب الطاقة الداخلية للنظام ونتيجة لذلك فإنَّ الشغل المنجز في العملية الأديباتيكية يكون أقل من الشغل المنجز في العملية الآيزوثرمية ($w_{ad} < w_{iso}$) حيث يحصل شغل التمدد في العملية الآزوثرمية نتيجةً لامتصاص الحرارة من قبل المحيط وليس من قبل الطاقة الداخلية للجزيئات كما في الأديباتيكية. و الشكل (2-8) يوضح الفرق في الشغل بين هاتين العمليتين:

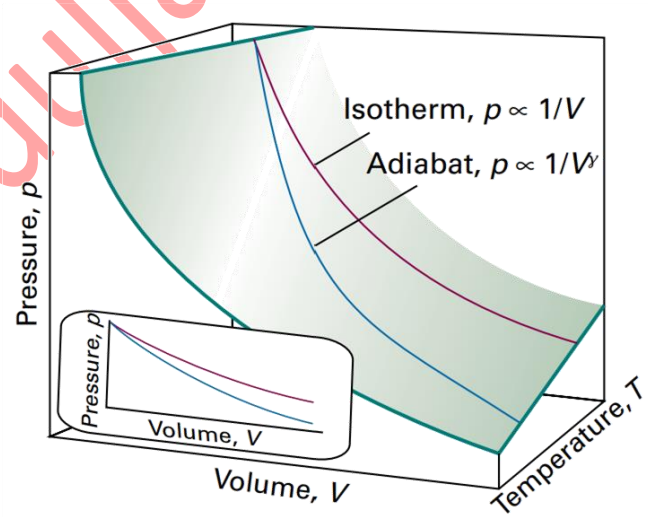

Figure 2-8: An adiabat depicts the variation of pressure with volume when a gas expands adiabatically and, in this case, reversibly. Note that the pressure declines more steeply for an adiabat than it does for an isotherm because in an adiabatic change the temperature falls.

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi

2-6-4-1 The work done of the adiabatic process

الشكل (2-9) يوضح تأثير تغير درجة الحرارة والحجم في العملية الأديباتيكة،حيث إنَّ هذا التأثير يحصل في خطوتين.

الخطوة الأولى: عند التحرك من رقم (1) إلى (2) أي من اليسار إلى اليمين، سوف يزداد الحجم نتيجةً لشغل التمدد الحاصل للنظام (الغاز المثالي) ولكن بثبوت درجة الحرارة. وبما إنَّ الطاقة الداخلية هي دالة لدرجة الحرارة والحجم، ***[U = f (T, V)]*** عليه فإنَّ **(ΔU = 0)** بسبب عدم التغير في درجة الحرارة.

الخطوة الثانية: عند التحرك من الأعلى إلى الأسفل عند النقطة رقم (2) فقط، حيث يحصل انخفاض (تغير) في درجة الحرارة النظام وبثبوت الحجم. عليه فإنَّ **(ΔU ≠ 0)** بسبب التغير في درجة الحرارة وبالتالي فإنَّ مجموع التغير في الطاقة الداخلية يمثل مجموع التغيرات الحاصلة في الخطوتين الأولى والثانية وهي ممثلة كالآتي:

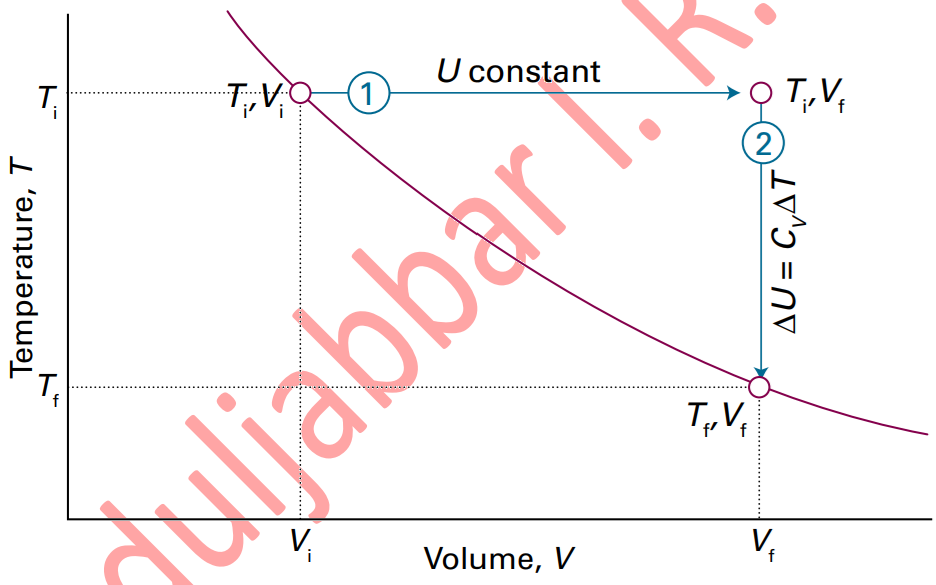

Figure 2-9: To achieve a change of state from one temperature and volume to another temperature and volume, treat the overall change as composed of two steps.

$$\Delta U_{total} = \Delta U_1 + \Delta U_2 \qquad \textbf{(2-44)}$$

$$\Delta U_{total} = (C_v \Delta T)_1 + (C_v \Delta T)_2 = 0 + (C_v \Delta T)_2$$

Because $\Delta U = 0 + w_{ad}, q = 0\ (adiabatic)$

$$\Delta U = w_{ad} \qquad \textbf{(2-43)}$$

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi

نعوض الشغل من المعادلة (2-43) في المعادلة (2-44) فتصبح كالآتي:

$$w_{ad} = C_v \Delta T \qquad \textbf{(2-45)}$$

المعادلة (2-45) تبين أنَّ شغل التمدد للغاز المثالي في العملية الأديباتيكية يعتمد على التغير في درجة الحرارة، أما في العملية الآيزوثرمية فإنَّ التغير في الطاقة الداخلية يعتمد على التغير في درجة الحرارة عليه فإنَّ ($\Delta U = 0$) بسبب ثبوت درجة الحرارة أي ($\Delta T = 0$).

Example 1: 700 kJ of work was done on ideal gas in a perfectly insulated container. (a) How much heat energy was transferred? (b) What is the change in the internal energy of the system? (c) Will the temperature increase or decrease during this process?

Solution: w_{ad} **= 700 kJ, (done on ideal gas = compression).**

(a) $q = 0, because\ the\ system\ is\ insulated\ (aduabatic)$

(b) $\Delta U = w_{ad}, for\ the\ compression\ of\ the\ gas$ **(2-43)**

$\Delta U = 700\ kJ$ **(2-43)**

(c) **The temperature is increased because the process is compression**

هنا تكون قيمة درجة الحرارة موجبة ($\Delta T > 0$ or $T_f > T_i$) لأن انضغاط الغاز يعمل على رفع درجة حرارته.

Example 2: The temperature of 4 moles of Ne gas decreased from 500 K to 300 K during an adiabatic process. (a) How much heat energy was transferred? (b) Calculate the change in the internal energy of the gas. (c) How much work was performed during this process?

Solution: **n = 4 mol,** T_1 **= 500 K,** T_2 **= 300 K.**

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi

$Cv = \frac{3}{2}R), 1.5\ x\ 8.314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1} = 12.47\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$

(a) $q = 0, because\ the\ process\ is\ adiabatic$

(b) $\Delta U = n\ C_v \Delta T, C_v\ for\ a\ monatomic\ gas\ is\ 12.47 J\ mol^{-1} K^{-1}$

$$\Delta U = (4\ \cancel{mol})\ (12.47\ J\ \cancel{mol^{-1} K^{-1}})(300-500)\ \cancel{K}$$

$$\Delta U = -9.98\ kJ$$

(c) $\Delta U = -w_{ad}\ or\ w_{ad} = -\Delta U$ **(2-43)**

$$w_{ad} = -(-9.98\ kJ) = 9.98\ kJ$$

Homework 1: **Nitrogen gas expands adiabatically from 0.02 m^3 at 20 x 10^5 Pa to 0.08 m^3 at 2 x 10^5 Pa. (a) How much work was performed by this gas? (b) Calculate ΔU.**

2-6-4-1-1 Deriving the relation between temperature and volume for a reversible adiabatic expansion (perfect gas)

شغل التمدد للعملية العكسية الأديباتيكية يعطى من خلال المعادلة التالية:

$$dU = -w_{ad} = -pdV\ (infinitesimal\ changes) \quad \textbf{(2-43)}$$

وكذلك فإنَّ التعريف الثاني لتغير الطاقة الداخلية في العملية الأديباتيكية هو من خلال المعادلة التالية:

$$dU = C_v dT\ (infinitesimal\ changes) \quad \textbf{(2-44)}$$

وعند التعويض عن التغير بالطاقة الداخلية في كلا المعادلتين نحصل على المعادلة (2-46):

$$C_v dT = -pdV \quad \textbf{(2-46)}$$

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi