

2-6-3-2 Relation between  $C_p$  and  $C_v$  (Derivation)

$$q_v = C_v \Delta T = \Delta U \text{ (at constant volume)} \quad (2-23)$$

$$q_p = C_p \Delta T = \Delta H \text{ (at constant pressure)} \quad (2-33)$$

من المعادلتين (2-23) و (2-33) أي السعة الحرارية تحت حجم ثابت ( $C_v$ ) أو تحت ضغط ثابت ( $C_p$ ) يمكن الاستنتاج أن قيمة  $C_p > C_v$  والسبب في ذلك يعود إلى أن السعة الحرارية تحت ضغط ثابت يحصل عندها شغل تمدد والذي لا يحصل في حالة السعة الحرارية تحت حجم ثابت، حيث تستخدم جميع الطاقة المنتقلة فقط إلى رفع درجة حرارة الغاز (النظام) من خلال  $\Delta T$  ولذلك عندما لا تتغير درجة حرارة النظام تصبح قيمة  $\Delta U = \text{zero}$ . بالمقابل فإن السعة الحرارية تحت ضغط ثابت يحصل عندها شغل تمدد عند انتقال الطاقة على شكل حرارة بالإضافة إلى خزن الحرارة في النظام، بذلك عند الرجوع إلى المعادلة (2-25) والتعويض عن قيمة  $p\Delta V$  بما يساويها من القانون الأول للغازات نحصل على:

$$\Delta H = \Delta U + (p\Delta V = \Delta RT) \quad (2-27)$$

وبما إن قيمة  $R$  ثابتة عليه تصبح خارج رمز التغيير  $\Delta$  وتكون المعادلة بالشكل (2-34)

$$\Delta H = \Delta U + R\Delta T \text{ (Charles's law)} \quad (2-34)$$

وبالتعويض عن  $\Delta U$  بما يعادلها من المعادلة (2-23) و  $\Delta H$  من المعادلة (2-33) نحصل على المعادلة التالية:

$$C_p \Delta T = C_v \Delta T + R\Delta T \quad (2-35)$$

وبعد حذف  $\Delta T$  من كلا الطرفين نحصل على المعادلة (2-36):

$$C_p = C_v + R \quad (2-36)$$

وبعد إعادة ترتيب المعادلة أعلاه نحصل على المعادلة (العلاقة) التالية:

$$C_p - C_v = R, \text{ for one mole of ideal gas} \quad (2-37)$$

$$C_p - C_v = nR, \text{ for no. of moles of ideal gas} \quad (2-37)$$

إن المعادلة (2-37) تثبت أن عملية طرح  $C_v$  من  $C_p$  تساوي  $R$  وتثبت ما ذكر أعلاه وهو أن  $C_v$  أقل من  $C_p$ .

وبما إنَّ  $C_p$  أكبر من  $C_v$  ، فهذا يعني أنَّ عملية خزن الطاقة المنتقلة على شكل حرارة تحت ضغطٍ ثابت أعلى منه تحت حجمٍ ثابت.

المعادلة (2-37) تستخدم للتعبير عن العلاقة بين السعتين الحراريتين للغاز الأحادي الذرة (Mono atomic gas) وكذلك تثبت أنَّ الفرق بينهما يساوي الثابت العام للغازات ( $R$ )، وفقاً لذلك وحسب تعريف الطاقة الداخلية للغاز الأحادي الذرة وبثبوت الحجم فإنَّ:

$$q_v = C_v \Delta T = \Delta U \quad (2-23)$$

OR

$$\Delta U = C_v = \frac{q_v}{n\Delta T} = \frac{3}{2} nR\Delta T \quad (2-38)$$

$$\Delta U = q_v = C_v = \frac{3}{2} R \quad (2-39)$$

أما السعة الحرارية وتحت ضغطٍ ثابت حيث يوجد شغل تمدد فإنَّ المعادلة (2-6) تصبح بالشكل التالي

$$\Delta U = q_p (nC_p\Delta T) - p\Delta V (nR\Delta T) \quad (2-6)$$

$$q_p (nC_p\Delta T) = \Delta U + p\Delta V (nR\Delta T) \text{ Rearranging the equation}$$

من المعادلة (2-38) نعوض عن  $\Delta U$  بما يساويها في المعادلة (2-6) المعادة الترتيب فنحصل على التالي:

$$nC_p\Delta T = \frac{3}{2} nR\Delta T + nR\Delta T \quad (2-40)$$

وبقسمة طرفي المعادلة على  $n\Delta T$  نحصل على التالي:

$$C_p = \frac{3}{2} R + R \quad (2-40)$$

وبالجمع نحصل على المعادلة (2-41):

$$C_p = \frac{5}{2} R \text{ where this is prove that } C_p > C_v \quad (2-41)$$

من المعادلة (2-39) يمكن معرفة قيمة  $C_v$  ومن المعادلة (2-41) يمكن معرفة قيمة  $C_p$  من دون ذكرها في السؤال.

$$C_v = \frac{3}{2} R = \frac{3}{2} \times 8.314 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1} = 12.471 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$C_p = \frac{5}{2} R = \frac{5}{2} \times 8.314 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1} = 20.785 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$C_p - C_v = R, (20.785 - 12.471) \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

أما النسبة بين  $C_p$  و  $C_v$  فتعطى من خلال المعادلة التالية:

$$\frac{C_p}{C_v} = \gamma = \frac{20.785 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}}{12.471 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}} = 1.67 \quad (2-42)$$

أنَّ الرمز كما  $\gamma$  هنا يمثل النسبة بين السعتين الحراريتين والتي سيتم توضيح استخدامها في العمليات الأديباتيكية التالية.

**Example:** Estimate the molar heat capacity of nitrogen.

**Solution:** Because the  $\text{N}_2$  gas here is di atomic so:

$$C_v = \frac{5}{2} R = \frac{5}{2} 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 20.785 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

**Homework 1:** Calculate the molar heat capacity of helium gas (helium mono atomic gas and it is ideal gas).

### 2-6-4 Adiabatic process

العملية الأديباتيكية تعني أنّ النظام في هذه العملية يكون معزولاً عن الأنظمة الترموديناميكية الأخرى وعن محيطه ولا يحصل أي نوع من التبادل بينهما مثل المادة والطاقة ويسمح بانتقال الطاقة الى المحيط على شكل شغل فقط. وبما أنّ النظام المعزول لا يسمح بتبادل الطاقة (الحرارة) مع المحيط بالتالي فإنّ  $dq = 0$  و عليه فإنّ السعة الحرارية تكون مساوية الى صفر وعند التعويض عن قيمة  $q$  بالقانون الأول للترمودينمك يصبح كالتالي:

$$\Delta U = q + w, \Delta U = 0 + w \quad (2-6)$$

$$\Delta U = w \quad (2-43)$$

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

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

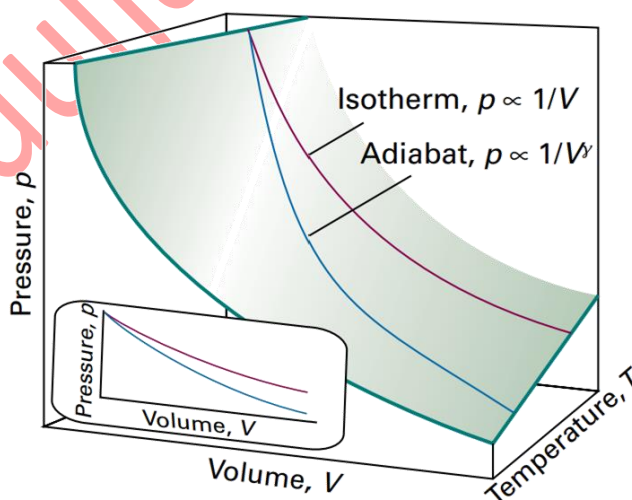


Figure 2-8: An adiabat depicts the variation of pressure with volume when a gas expands adiabatically and, in this case, reversibly. Note that the pressure declines more steeply for an adiabat than it does for an isotherm because in an adiabatic change the tempera.

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

الشكل (2-9) يوضح تأثير تغير درجة الحرارة والحجم في العملية الأديباتيكية، 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  $(\Delta U = 0)$  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 للنظام وبثبوت الحجم. عليه فإنَّ  $(\Delta U \neq 0)$  بسبب التغير في درجة الحرارة وبالتالي فإنَّ مجموع التغير في الطاقة الداخلية يمثل مجموع التغيرات الحاصلة في الخطوتين الأولى والثانية وهي ممثلة كالآتي:

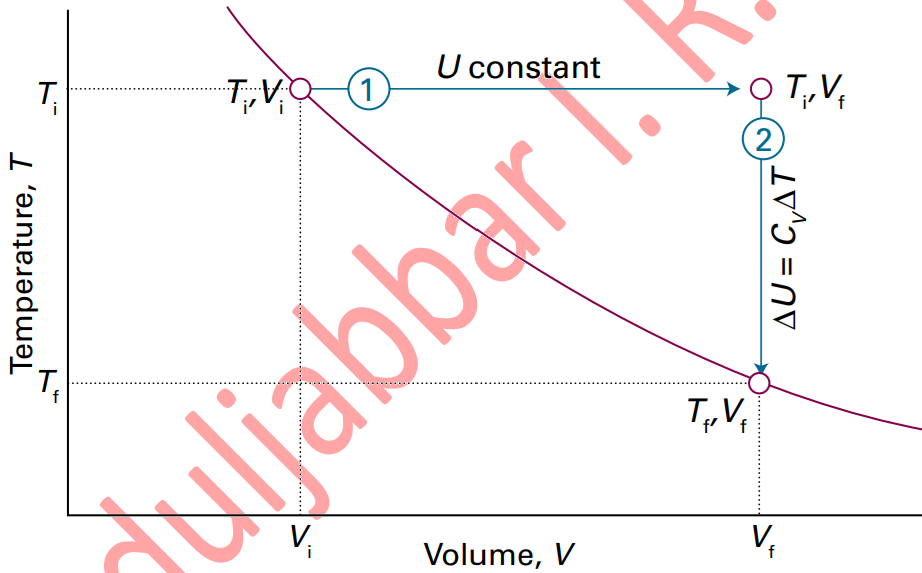


Figure 2-9: To achieve a change of state from one temperature and volume to another temperature and volume, treat the overall change as composed of two steps.

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

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

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

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

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

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

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

**Example 1:** 700 J 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:**  $q = 700 \text{ kJ}$ , (done on ideal gas = compression).

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

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

$$\Delta U = 700 \text{ J} \quad (2-43)$$

(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:**  $n = 4 \text{ mol}$ ,  $T_1 = 500 \text{ K}$ ,  $T_2 = 300 \text{ K}$ .

$$(C_v = \frac{3}{2}R), 1.5 \times 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 12.47 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

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

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

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

$$\Delta U = -9.98 \text{ kJ}$$

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

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

#### 2-6-4-1-1 Deriving the relation between temperature and volume in a reversible

##### adiabatic expansion

شغل التمدد للعملية العكسية الأديباتيكية يعطى من خلال المعادلة التالية:

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

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

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

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

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

وبما إنَّ المعادلة أعلاه تخص التغير بالحجم للغاز المثالي وبثبوت الضغط يمكن أن نعبر عن الضغط من خلال القانون العام للغازات ثم نعوض عن الضغط في المعادلة (2-46).

$$p = \frac{nRT}{V}$$

$$C_v dT = -\frac{nRTdV}{V} \quad (2-47)$$

$$\frac{C_v dT}{T} = -\frac{nRdV}{V} \quad (2-48)$$

وبأخذ التفاضل لطرفي المعادلة للتغيرات الطفيفة في الحجم ودرجة الحرارة في العملية العكسية نحصل على:

$$C_v \int_{T_i}^{T_f} \frac{dT}{T} = -nR \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V} \quad (2-49)$$

وبأخذ التكامل لطرفي المعادلة نحصل على المعادلة (2-50)

$$C_v \ln \frac{T_f}{T_i} = -nR \ln \frac{V_f}{V_i} \quad (2-50)$$

وبإعادة ترتيب المعادلة (2-50) نحصل على

$$\frac{C_v}{n} \ln \frac{T_f}{T_i} = -R \ln \frac{V_f}{V_i} \quad (2-51)$$

وللتخلص من الإشارة السالبة يمكن إجراء التبديل بين البسط والمقام بالنسبة للحجم وبالتالي تصبح المعادلة بالشكل

$$\frac{C_v}{nR} \ln \frac{T_f}{T_i} = \ln \frac{V_i}{V_f} \quad (2-52)$$

هنا  $C_v$  تمثل السعة الحرارية تحت حجم ثابت وعند تقسيمها على عدد المولات  $n$  تعطي السعة الحرارية المولارية تحت حجم ثابت وبذلك فإن خواص السعة الحرارية تحت حجم ثابت تتحول من خواص شمولية الى مركزة بعد تقسيمها على عدد المولات  $n$  لماذا؟ HW 2

$$\frac{C_v}{n} = C_{v,m} \text{ and } \frac{C_{v,m}}{R} \quad (2-53)$$

وبأخذ الدالة الأسية للمعادلة (2-51) وكذلك التعويض عن قيمة  $C_v/n$  نحصل على

$$\left(\frac{T_f}{T_i}\right)^c = \left(\frac{V_i}{V_f}\right), \text{ for number of moles for perfect gas} \quad (2-54)$$

المعادلة (2-54) تمثل العلاقة بين التغير بالحجم ودرجة الحرارة لعملية التمدد العكسية الأديباتيكية ولعدد من المولات للغاز المثالي.

$$V_i T_i^c = V_f T_f^c, \text{ where } VT^c = \text{constant (Why?), HW 3} \quad (2-55)$$

$$T_f = T_i \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\frac{1}{c}}, \text{ rearranging of the above equation} \quad (2-56)$$

**Example:** Consider the adiabatic, reversible expansion of 0.020 mole Ar, initially at 25 °C, from 0.50 dm<sup>3</sup> to 1.00 dm<sup>3</sup>. The molar heat capacity of argon at constant volume is 12.47 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>, so  $c = 1.501$ .



**Solution:**  $n = 0.020 \text{ mol}$ ,  $T_i = 25 \text{ }^\circ\text{C} + 273 = 298 \text{ K}$ ,  $V_i = 0.50 \text{ dm}^3$ ,  $V_f = 1.00 \text{ dm}^3$

$$C_{v,m} = 12.47 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}, \text{ and } c = 1.501.$$

$$T_f = T_i \left( \frac{V_i}{V_f} \right)^{\frac{1}{c}}, \text{ rearranging of the above equation} \quad (2-56)$$

$$T_f = (298 \text{ K}) \left( \frac{0.50 \text{ dm}^3}{1.00 \text{ dm}^3} \right)^{\frac{1}{1.501}} = 188 \text{ K}$$

وبعد الحصول على درجة الحرارة، نحسب قيمة  $(\Delta T)$  والتي هي  $(\Delta T = -110 \text{ K})$  ثم نعوضها بالمعادلة التالية

$$w_{ad} = nC_{v,m}\Delta T \quad (2-45)$$

$$w_{ad} = (0.200 \text{ mol})(12.47 \text{ J K}^{-1}\text{mol}^{-1})(-110 \text{ K})$$

$$w_{ad} = -27.4 \text{ J}$$

ماذا نلاحظ من المثال أعلاه؟

1- الإنخفاض في درجة حرارة النظام ( $T_i = 298 \text{ K}$  &  $T_f = 188 \text{ K}$ ) والذي يتوافق مع شغل تمدد.

2- أن التغير بدرجة الحرارة لا يعتمد على كمية الغاز على العكس من شغل التمدد.

#### 2-6-4-1-2 Deriving the relation between pressure and volume for a reversible

adiabatic expansion

$$\left( \frac{T_f}{T_i} \right) = \left( \frac{V_i}{V_f} \right)^{\frac{1}{c}}, \text{ after rearranging of equation (2 - 54)}$$

باستخدام معادلة الغاز المثالي وبالتعبير عن الحالة الابتدائية والنهائية للغاز يمكن التعويض عن درجتي الحرارة من

خلال معادلة الغاز المثالي ومن ثم تعويضها بالمعادلة رقم (2-52)

$$\frac{T_f}{T_i} = \frac{p_f V_f}{p_i V_i}, \text{ from ideal gas equation (Chapeter 1)}$$

$$C_{v,m} \ln \frac{p_f V_f}{p_i V_i} = -R \ln \frac{V_f}{V_i} \quad (2-57)$$

$$C_{v,m} \ln \frac{p_f}{p_i} + C_{v,m} \ln \frac{V_f}{V_i} = -R \ln \frac{V_f}{V_i} \quad (2-58)$$

$$C_{v,m} \ln \frac{p_f}{p_i} = -R \ln \frac{V_f}{V_i} - C_{v,m} \ln \frac{V_f}{V_i} \quad (2-59)$$

$$C_{v,m} \ln \frac{p_f}{p_i} = -R \ln \frac{V_f}{V_i} - C_{v,m} \ln \frac{V_f}{V_i} \quad (2-60)$$

$$C_{v,m} \ln \frac{p_f}{p_i} = - (R + C_{v,m}) \ln \frac{V_f}{V_i} \quad (2-61)$$

نعوض عن قيمة R من خلال المعادلة (2-37)

$$C_{p,m} - C_{v,m} = R, \text{ for no. of moles of ideal gas} \quad (2-37)$$

ومن ثم تعويضها بالمعادلة (2-61) فنحصل على

$$C_{v,m} \ln \frac{p_f}{p_i} = - C_{p,m} \ln \frac{V_f}{V_i}, \text{ because } C_{p,m} - C_{v,m} + C_{v,m} = C_{p,m} \quad (2-61)$$

وبأخذ الدالة الأسية للمعادلة (2-61) و كذلك إجراء التبديل بين البسط والمقام بالنسبة للحجم للتخلص من

الإشارة السالبة نحصل على

$$\left( \frac{p_f}{p_i} \right) = \left( \frac{V_i}{V_f} \right)^{\frac{C_{p,m}}{C_{v,m}}} \quad (2-62)$$

إنَّ النسبة  $C_{p,m}/C_{v,m} = \gamma > 1$  (heat capacity ratio) تسمى كما وهي ذات قيمة أكبر من واحد و عندما

نعوضها بالمعادلة (2-62) تكون كالآتي

$$\left( \frac{p_f}{p_i} \right) = \left( \frac{V_i}{V_f} \right)^\gamma, \text{ or } \frac{p_i}{p_f} \left( \frac{V_i}{V_f} \right)^\gamma = 1 \quad (2-63)$$

$$p_f V_f^\gamma = p_i V_i^\gamma, \text{ where } pV^\gamma = \text{constant (Why?), HW 4} \quad (2-64)$$

تمثل المعادلة (2-64) التغير في الضغط والحجم لعملية التمدد العكسية الأديباتيكية ولعدد من المولات للغاز

المثالي.

**Example:** When a sample of argon (for which  $\gamma = 5/3$ ) at 100 kPa expands reversibly and adiabatically to twice its initial volume. What is the final pressure will be?

**Solution:**  $p_i = 100 \text{ kPa}$ ,  $\gamma = 5/3$  and  $V_f$  is bigger twice than  $V_i$ .

$$p_f = p_i \left( \frac{V_i}{V_f} \right)^\gamma, \text{ rearranging of the above equation} \quad (2-64)$$

$$p_f = (100 \text{ kPa}) \left( \frac{1}{2} \right)^{\frac{5}{3}} = 31 \text{ kPa}$$

نلاحظ من المثال أعلاه أن قيمة الضغط المستخرجة هي 31 kPa والمفروض أن تكون قيمته مساوية إلى 50 kPa لأنَّ الحجم قد تضاعف مرتين عليه فإنَّ الضغط سوف يقل بمرتين. والسبب في ذلك يعود إلى إنَّ شغل التمدد في العملية الأديباتيكية يعمل على حفظ الضغط أكثر من العملية الأزوثرمية كونه معزول عن المحيط حيث إنَّ الطاقة القادمة من المحيط في العملية الأزوثرمية تحافظ على حرارة النظام وبالتالي يحصل حفظ أقل للطاقة من العملية الأديباتيكية.

### 2-6-4-1-3 Deriving the relation between temperature and pressure in a reversible

adiabatic expansion

$$\frac{C_v}{n} \ln \frac{T_f}{T_i} = -R \ln \frac{V_f}{V_i} \quad (2-51)$$

باستخدام معادلة الغاز المثالي وبالتعبير عن الحالة الإبتدائية والنهائية للغاز يمكن التعويض عن الحجم من خلال معادلة المثالي ومن ثم تعويضها بالمعادلة رقم (2-51)

$$\frac{V_f}{V_i} = \frac{p_i T_f}{p_f T_i}, \text{ from ideal gas equation (Chapeter 1)}$$

$$C_{v,m} \ln \frac{T_f}{T_i} = -R \ln \frac{p_i T_f}{p_f T_i} \quad (2-65)$$

$$C_{v,m} \ln \frac{T_f}{T_i} = -R \ln \frac{p_i}{p_f} - R \ln \frac{T_f}{T_i} \quad (2-66)$$

$$C_{v,m} \ln \frac{T_f}{T_i} + R \ln \frac{T_f}{T_i} = -R \ln \frac{p_i}{p_f} \quad (2-67)$$

بإعادة ترتيب المعادلة (2-67) وكذلك معالجة الإشارة السالبة نحصل على

$$(C_{v,m} + R) \ln \frac{T_f}{T_i} = R \ln \frac{p_f}{p_i} \quad (2-68)$$

$$C_{p,m} \ln \frac{T_f}{T_i} = R \ln \frac{p_f}{p_i}, \text{ because } C_{p,m} = C_{v,m} + R \quad (2-69)$$

$$\left(\frac{T_f}{T_i}\right)^{C_{p,m}} = \left(\frac{p_f}{p_i}\right)^R, \text{ rearranging the equation} \quad (2-70)$$

$$\left(\frac{T_f}{T_i}\right)^{\frac{C_{p,m}}{R}} = \frac{p_f}{p_i}, \text{ rearranging the equation} \quad (2-71)$$

وبالتعويض عن قيمة  $(C_{p,m}/R = \alpha)$  في المعادلة (2-71)

$$p_i T_f^\alpha = p_f T_i^\alpha, \text{ where } pT^\alpha = \text{constant (Why?), HW 5} \quad (2-72)$$

**Homework 6:** Suppose that 1.00 mole of an ideal monoatomic gas at 1 bar is adiabatically and reversibly compressed starting at 25.0 °C from 0.1000 m<sup>3</sup> to 0.010 m<sup>3</sup>. Calculate q, w, ΔU and ΔH.