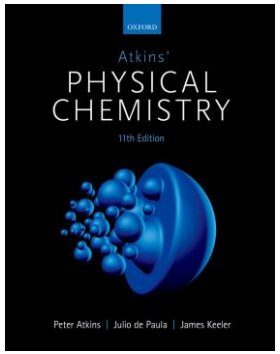
UNIVERSITY Of MUSTANSIRIYAH | COLLAGE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF CHEMISTRY

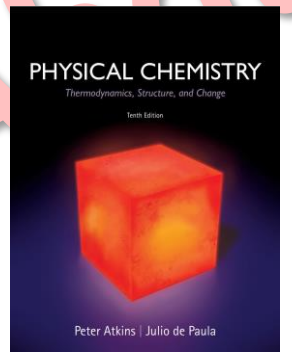
# Physical Chemistry for 2nd Year UGS

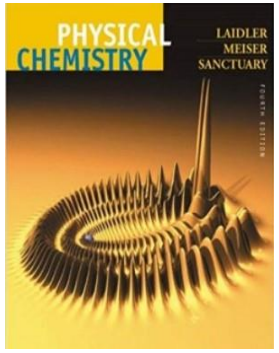
## Chapter-2 Thermodynamic (Adiabatic process)

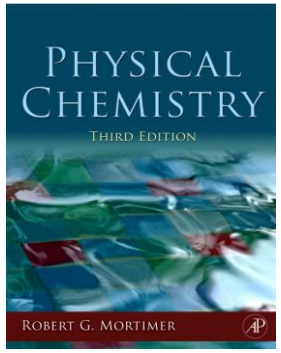
**By Dr Abduljabbar I. R. Rushdi**

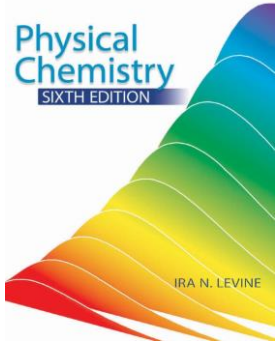
Abduljabbar I. R. Rushdi

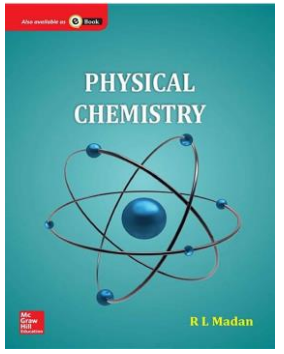


# Links of how to get the lecture as a pdf file

- From academic profile:
- https://uomustansiriyah.edu.iq/e-learn/profile.php?id=3689

- From google classroom:
- https://classroom.google.com/c/NjI2NDA3NzkzMDRa

- From telegram:
- https://t.me/DrAbduljabbarIRRushdi

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi

# 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 وعليه 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.

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi

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:

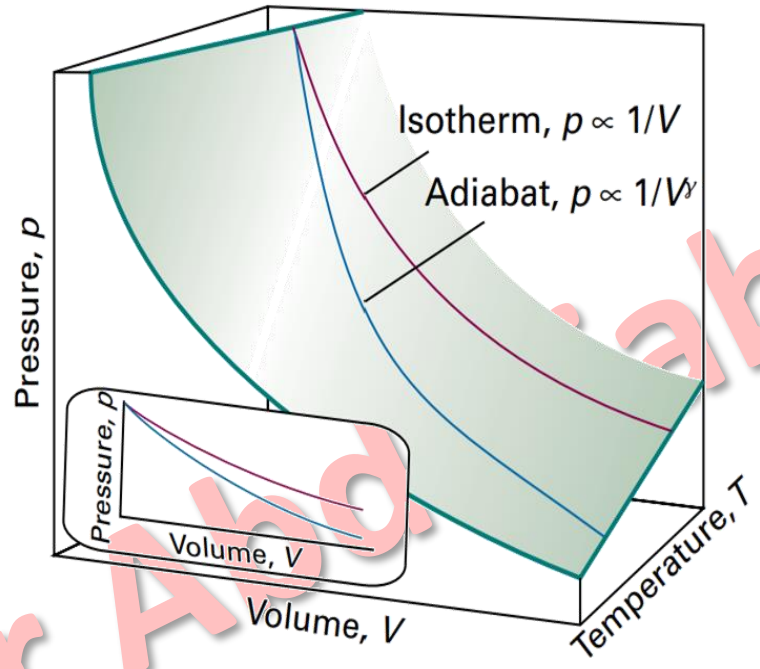



*Figure 2-8: An adiabat depicts the variation of pressure with volume when a gas expands adiabatically and, in this case, reversibly. Note that the pressure declines more steeply for an adiabat than it does for an isotherm because in an adiabatic change the temperature falls.*

Dr Abd. Sabbar I. R. Rushdi

# 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.

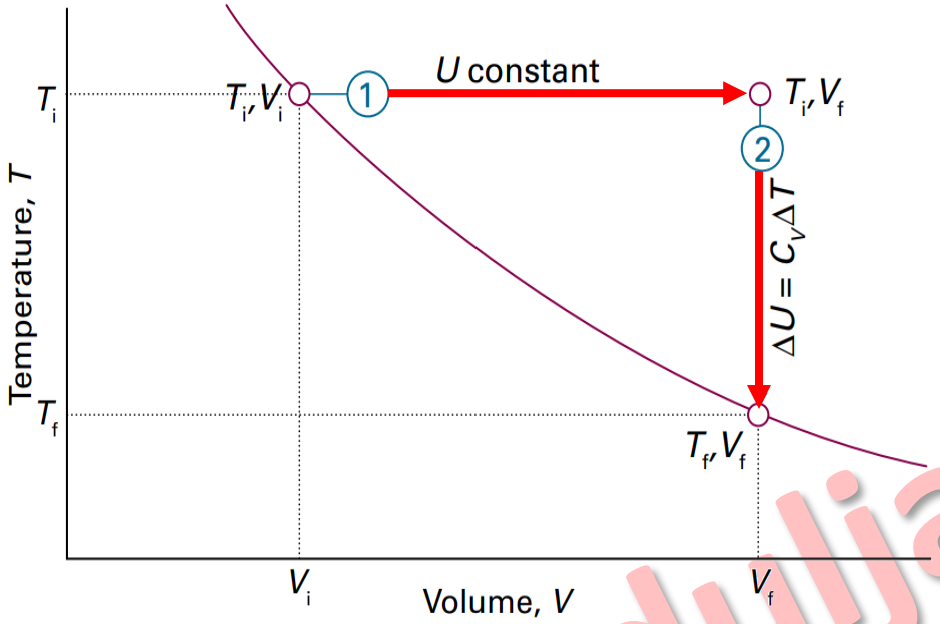



*Figure 2-9: Shows the change of temperature and volume in adiabatic process must be done within two steps.*

**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:

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

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi

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

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

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

**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 (ΔU = 0) بسبب ثبوت درجة الحرارة أي (ΔT = 0).**

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi

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

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

$$\Delta U = 700\ kJ \qquad (2\text{-}43)$$

*(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.

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi

**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.

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

(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)

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

Dr Abdulijabbar I. R. Rushdi

**Homework:** **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 the change in the internal energy of the gas.**

- All homework should be sent to google classroom:
- https://classroom.google.com/c/NjI2NDA3NzkzMDRa

Dr Abduljabbar I. R. Rushdi