

*ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ  
ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ Ι*

# ΤHERMODYNAMICS

*ΠΑΤΡΑ 20/11/2023*

## ΑΣΚΗΣΗ 1

1 mole ιδανικού αερίου για το οποίο  $c_p = 33.44 \frac{J}{mol \cdot K}$  και  $c_v = 25.12 \frac{J}{mol \cdot K}$  εκτονώνεται **αδιαβατικά** από μια αρχική κατάσταση 340K και 500kPa σε μια τελική με **διπλάσιο όγκο**. Υπολογίστε την τελική θερμοκρασία του αερίου, το παραγόμενο έργο και τη μεταβολή της εντροπίας για:

- A) **Αντιστρεπτή** εκτόνωση
- B) Ελεύθερη εκτόνωση στο κενό

## ΑΣΚΗΣΗ 1

### A) Αντιστρεπτή εκτόνωση

$$\text{Αντιστρεπτή διεργασία} \longrightarrow P_{\text{εξ}} = P$$

$$\text{Αδιαβατική εκτόνωση} \longrightarrow Q = 0$$

Αδιαβατική Διεργασία

$$\text{Από τον 1}^\circ \text{ νόμο της Θερμοδυναμικής ισχύει: } dU = \cancel{\delta Q} + \delta W \Rightarrow nc_v dT = -\frac{nRT}{V} dV$$

$$\Rightarrow \frac{dT}{T} = -\frac{R}{c_v} \frac{dV}{V} \Rightarrow \int \frac{dT}{T} = -\frac{R}{c_v} \int \frac{dV}{V} \Rightarrow \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{-\frac{R}{c_v}} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{2V_1}{V_1}\right)^{-\frac{R}{c_v}} \Rightarrow$$

$$T_2 = T_1 * 2^{-\frac{R}{c_v}} \Rightarrow T_2 = 340\text{K} * 2^{-0.33} \Rightarrow T_2 = 270.3\text{K} \cong 270\text{K}$$

$$\Delta U = nc_v \Delta T = 1\text{mol} * 25.12 \frac{\text{J}}{\text{mol} * \text{K}} * (-69.7\text{K}) \Rightarrow \Delta U = -1751\text{J} \quad W = \Delta U = -1751\text{J}$$

Για αντιστρεπτή & αδιαβατική διεργασία :

$$\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} = 0$$

## ΑΣΚΗΣΗ 1

1 mole ιδανικού αερίου για το οποίο  $c_p = 33.44 \frac{J}{mol \cdot K}$  και  $c_v = 25.12 \frac{J}{mol \cdot K}$  εκτονώνεται αδιαβατικά από μια αρχική κατάσταση 340K και 500kPa σε μια τελική με διπλάσιο όγκο. Υπολογίστε την τελική θερμοκρασία του αερίου, το παραγόμενο έργο και τη μεταβολή της εντροπίας για:

A) Αντιστρεπτή εκτόνωση

B) Ελεύθερη εκτόνωση στο κενό

## ΑΣΚΗΣΗ 1

### B) Ελεύθερη εκτόνωση στο κενό

Ελεύθερη εκτόνωση στο κενό

$$\longrightarrow P_{εξ} = 0 \longrightarrow$$

$$W = \int P_{εξ} dV = 0$$

Αδιαβατική εκτόνωση

$$\longrightarrow Q = 0$$

Από τον 1<sup>ο</sup> νόμο της Θερμοδυναμικής ισχύει:

$$dU = \delta Q + \delta W = 0$$

$$dU = nc_v dT \Rightarrow 0 = 1 \text{ mol} * 33.4 \frac{\text{J}}{\text{mol} * \text{K}} * dT \Rightarrow dT = 0 \Rightarrow T_{\tau\epsilon\lambda} = 340\text{K}$$

$$\text{Για ιδανικό αέριο: } \Delta S = nc_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + nR \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = nc_p \ln\left(\frac{340\text{K}}{340\text{K}}\right) + nR \ln\left(\frac{2V_1}{V_1}\right) \Rightarrow \Delta S = 5.76 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

## ΑΣΚΗΣΗ 2

1 mole ιδανικού αερίου για το οποίο  $c_p = 20.88 \frac{J}{mol \cdot K}$  και  $c_v = 12.56 \frac{J}{mol \cdot K}$  εκτονώνεται **αδιαβατικά και αντιστρεπτά** από πίεση 300kPa σε πίεση 100kPa. Αν  $T_{αρχ} = 590K$  προσδιορίστε τις  $T_{τελ}$ ,  $\Delta U$ ,  $\Delta H$ ,  $W$ .

## ΑΣΚΗΣΗ 2

Αδιαβατική Διεργασία:  $Q = 0$

Αντιστρεπτή &  
Αδιαβατική Διεργασία:

$$\Delta S = 0$$

$$P_{εξ} = P$$

Από τον 1<sup>ο</sup> νόμο της Θερμοδυναμικής ισχύει:  $dU = \delta Q + \delta W \Rightarrow \Delta U = \int \delta W$

Για ιδανικό αέριο με  $\Delta S = 0 \Rightarrow nc_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - nR \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 0 \Rightarrow nc_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = nR \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \Rightarrow \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = \frac{R}{c_p} \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{R}{c_p}}$

$$\Rightarrow T_2 = T_1 \left(\frac{100kPa}{300kPa}\right)^{\frac{R}{c_p}} = 590K * \left(\frac{1}{3}\right)^{0.398} \Rightarrow T_2 = 381K$$

$$\Delta U = nc_v \Delta T = 1mol * 12.56 \frac{J}{mol * K} * (-209K) \Rightarrow \Delta U = -2625J$$

$$W = \Delta U = -2625J$$

$$\Delta H = nc_p \Delta T = 1mol * 20.88 \frac{J}{mol * K} * (-209K) \Rightarrow \Delta H = -4364J$$

### ΑΣΚΗΣΗ 3

1 mole ιδανικού αερίου είναι μέρος ενός απομονωμένου συστήματος και υφίσταται ισόθερμη και αντιστρεπτή εκτόνωση στους 100K από 10atm σε 1atm. Να υπολογιστούν οι θερμοδυναμικές ποσότητες  $W$ ,  $Q$ ,  $\Delta U$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta S$ ,  $\Delta A$  και  $\Delta G$  για το ιδανικό αέριο και για το απομονωμένο σύστημα.



### ΑΣΚΗΣΗ 3

Απομονωμένο  
σύστημα:

$$\left. \begin{array}{l} Q = 0 \\ W = 0 \end{array} \right\}$$

Από τον 1<sup>ο</sup> νόμο της Θερμοδυναμικής ισχύει:  $\Delta U = Q + W \Rightarrow \Delta U = 0$

Για ιδανικό αέριο:  $\Delta H = n c_p \Delta T \Rightarrow \Delta H = 0$

Αντιστρεπτή & Αδιαβατική Διεργασία:  $\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} = (T = \text{σταθ}) = \frac{Q}{T} = 0 \Rightarrow \Delta S = 0$

$$\Delta A = \Delta U - \Delta(TS) = \Delta H - T\Delta S - S\Delta T \Rightarrow \Delta A = 0$$

$$\Delta G = \Delta H - \Delta(TS) = \Delta H - T\Delta S - S\Delta T \Rightarrow \Delta G = 0$$

### ΑΣΚΗΣΗ 3

Για το ιδανικό αέριο:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta T = 0 \\ T = 100\text{K} \end{array} \right\} \text{αρα} \quad \begin{array}{l} \Delta U = 0 \\ \Delta H = 0 \end{array}$$

Από τον 1<sup>ο</sup> νόμο της Θερμοδυναμικής ισχύει:  $dU = \delta Q + \delta W \Rightarrow \delta W = -\delta Q$

$$W = -\int P_{\varepsilon\xi} dV = -\int P dV \Rightarrow W = -\int \frac{nRT}{V} dV \Rightarrow W = -nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = -nRT \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = -1914\text{J}$$

$$\text{Αντιστρεπτή Διεργασία: } \Delta S = nc_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - nR \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = (T = \text{σταθ}) = -nR \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 19.14\text{J}$$

$$\Delta A = \Delta U - \Delta(TS) = \Delta U - T\Delta S - S\Delta T \Rightarrow \Delta A = -T\Delta S = -1914\text{J}$$

$$\Delta G = \Delta H - \Delta(TS) = \Delta H - T\Delta S - S\Delta T \Rightarrow \Delta G = -T\Delta S = -1914\text{J}$$