

## ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

### Ισόθερμη αντιστρεπτή μεταβολή (T = σταθ.)

ΚΕΙΑ

$$p_A V_A = nRT$$

$$p_B V_B = nRT$$

Νόμος

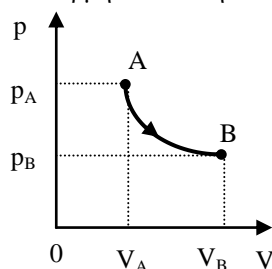
$$p_A V_A = p_B V_B$$

Θερμότητα

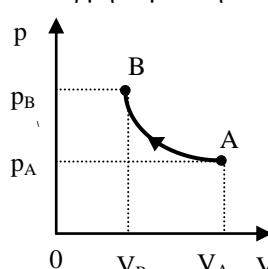
$$Q_{A-B} = nRT \ln \frac{V_B}{V_A} \text{ ή}$$

$$Q_{A-B} = p_A V_A \ln \frac{V_B}{V_A}$$

Ισόθερμη εκτόνωση



Ισόθερμη συμπίεση



Μεταβολή εσωτερικής ενέργειας

$$\Delta U_{A-B} = 0$$

$$Q_{A-B} > 0$$

$$\Delta U_{A-B} = 0$$

$$W_{A-B} > 0$$

$$Q_{A-B} < 0$$

$$\Delta U_{A-B} = 0$$

$$W_{A-B} < 0$$

Α!Θ.Ν.

$$Q_{A-B} = W_{A-B}$$

Έργο

$$W_{A-B} = nRT \ln \frac{V_B}{V_A} = p_A V_A \ln \frac{V_B}{V_A} = p_A V_A \ln \frac{p_A}{p_B}$$

### Ισόχωρη αντιστρεπτή μεταβολή (V=σταθ.)

ΚΕΙΑ

$$p_A V = nRT_A$$

$$p_B V = nRT_B$$

Νόμος

$$\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B}$$

Θερμότητα

$$Q_{A-B} = (3/2)nR\Delta T \text{ ή}$$

$$Q_{A-B} = (3/2)V\Delta p$$

Μεταβολή εσωτερικής ενέργειας

$$\Delta U_{A-B} = (3/2)nR(T_B - T_A)$$

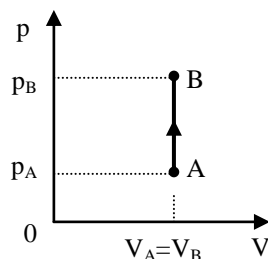
Έργο

$$W_{A-B} = 0$$

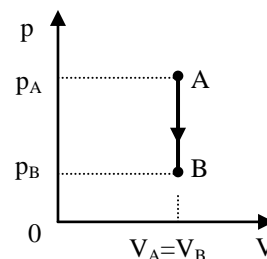
Α!Θ.Ν.

$$Q_{A-B} = \Delta U_{A-B} = (3/2)nR(T_B - T_A) \text{ ή } Q_{A-B} = (3/2)V(p_B - p_A)$$

Ισόχωρη θέρμανση



Ισόχωρη ψύξη



$$Q_{A-B} > 0$$

$$\Delta U_{A-B} > 0$$

$$W_{A-B} = 0$$

$$Q_{A-B} < 0$$

$$\Delta U_{A-B} < 0$$

$$W_{A-B} = 0$$

### Ισοβαρής αντιστρεπτή μεταβολή (P = σταθ.)

ΚΕΙΑ

$$pV_A = nRT_A$$

$$pV_B = nRT_B$$

Νόμος

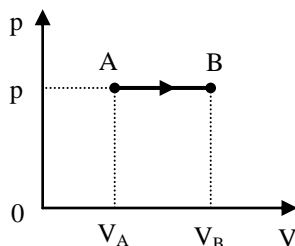
$$V_A/T_A = V_B/T_B$$

Θερμότητα

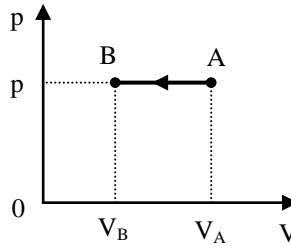
$$Q_{A-B} = (5/2) nR \Delta T \text{ ή}$$

$$Q_{A-B} = (5/2) p \Delta V$$

Ισοβαρής εκτόνωση θέρμανση



Ισοβαρής συμπίεση ψύξη



Μεταβολή εσωτερικής ενέργειας

$$\Delta U_{A-B} = (3/2) nR (T_B - T_A)$$

$$Q_{A-B} > 0$$

$$\Delta U_{A-B} > 0$$

$$W_{A-B} > 0$$

$$Q_{A-B} < 0$$

$$\Delta U_{A-B} < 0$$

$$W_{A-B} < 0$$

Έργο

$$W_{A-B} = p (V_B - V_A) \text{ ή}$$

$$W_{A-B} = nR(T_B - T_A)$$

Α!Θ.Ν.

$$Q_{A-B} = \Delta U_{A-B} + W_{A-B} = (3/2)nR(T_B - T_A) + nR(T_B - T_A) = (5/2)nR(T_B - T_A) \text{ ή}$$

$$Q_{A-B} = (5/2)p(V_B - V_A)$$

Για ιδανικό μονοατομικό αέριο  $C_V = 3R/2$   $C_p = 5R/2$  και  $\gamma = 5/3$

### Αδιαβατική αντιστρεπτή μεταβολή (Q<sub>A-B</sub> = 0)

ΚΕΙΑ

$$p_A V_A = nRT_A$$

$$p_B V_B = nRT_B$$

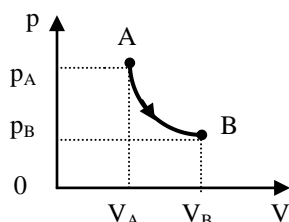
Νόμος

$$p_A V_A^\gamma = p_B V_B^\gamma$$

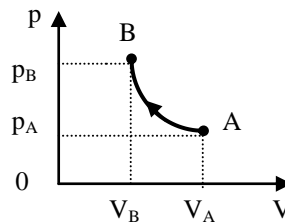
Θερμότητα

$$Q_{A-B} = 0$$

Αδιαβατική εκτόνωση ψύξη



Αδιαβατική συμπίεση θέρμανση



Μεταβολή εσωτερικής ενέργειας

$$\Delta U_{A-B} = (3/2) nR (T_B - T_A)$$

$$Q_{A-B} = 0$$

$$\Delta U_{A-B} < 0$$

$$W_{A-B} > 0$$

$$Q_{A-B} = 0$$

$$\Delta U_{A-B} > 0$$

$$W_{A-B} < 0$$

Έργο

$$W_{A-B} = - (3/2) nR (T_B - T_A)$$

Α!Θ.Ν.

$$W_{A-B} = - \Delta U_{A-B}$$

Το έργο υπολογίζεται και από τη σχέση:  $W_{A-B} = \frac{p_B V_B - p_A V_A}{1 - \gamma}$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και τον συνδυαστικό Νόμο:  $\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B}$  αν έχω δύο αγνώστους.

Επίσης ισχύουν οι σχέσεις:  $T_A V_A^{(\gamma-1)} = T_B V_B^{(\gamma-1)}$   $T_A^\gamma p_A^{(1-\gamma)} = T_B^\gamma p_B^{(1-\gamma)}$  (με απόδειξη)

ΚΥΚΛΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ	$\Delta U_{ολ} = 0$ επομένως	$Q_{ολ} = W_{ολ}$
ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ	Συνολικό έργο	$W = Q_h -  Q_c $
	Συντελεστής απόδοσης	$e = \frac{W}{Q_h} = 1 - \frac{ Q_c }{Q_h}$
ΜΗΧΑΝΗ CARNOT	Σχέση θερμοτήτων ισοθέρμων	$\frac{ Q_c }{Q_h} = \frac{T_c}{T_h}$
	Συντελεστής απόδοσης Carnot	$e = 1 - \frac{T_c}{T_h}$