

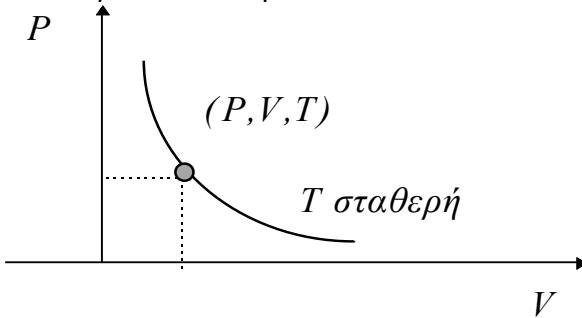
ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ



πίεση P
όγκος V
θερμοκρασία T
πυκνότητα d

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ . ΠΩΣ ΠΑΡΙΣΤΑΝΟΥΜΕ ΜΙΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

Πίεση P , πυκνότητα d , και θερμοκρασία T , έχουν την ίδια τιμή σε όλη την έκταση που καταλαμβάνει το αέριο.



$$P = f(V, T)$$

$$PV = nRT$$

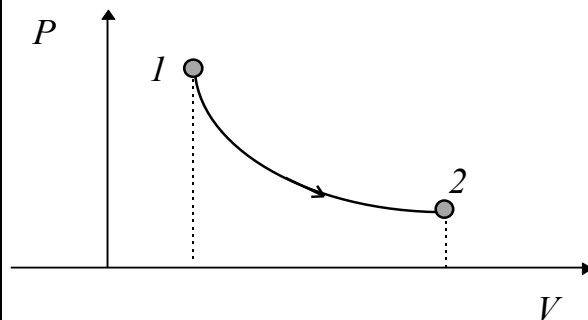
$$PV = \frac{m}{(MB)} RT$$

$$PV = \frac{dV}{(MB)} RT$$

$$d = \frac{P(MB)}{RT}$$

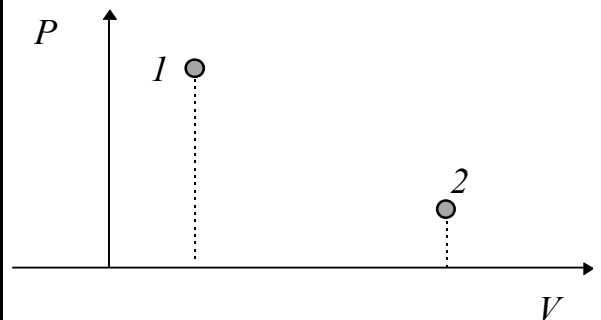
ΕΙΔΗ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ

ΑΝΤΙΣΤΡΕΠΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ



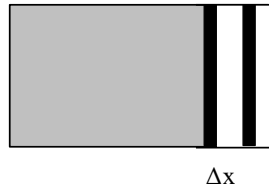
Έχουμε διαδοχικές καταστάσεις ισορροπίας. Με μια αντίστροφη διαδικασία σύστημα και περιβάλλον επιστρέφουν στην αρχική κατάσταση.

ΜΗ ΑΝΤΙΣΤΡΕΠΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ



Το σύστημα μεταβαίνει από την αρχική στην τελική κατάσταση, χωρίς να περνά από ενδιάμεσες καταστάσεις ισορροπίας. Δεν μπορούμε να επιστρέψουμε στην αρχική κατάσταση το σύστημα και το περιβάλλον.

ΠΩΣ ΓΙΝΕΤΑΙ Ο ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΟΝΩΣΗ Η ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΕΡΙΟΥ

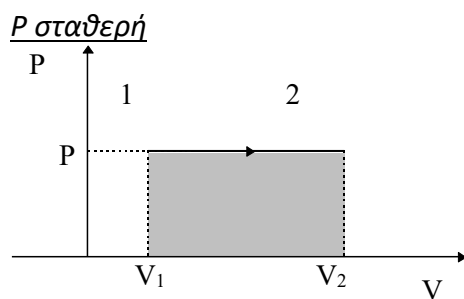


$$\Delta W = F \Delta x$$

$$P = \frac{F}{S} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta W = PS \Delta x \quad \Delta W = P \Delta V$$

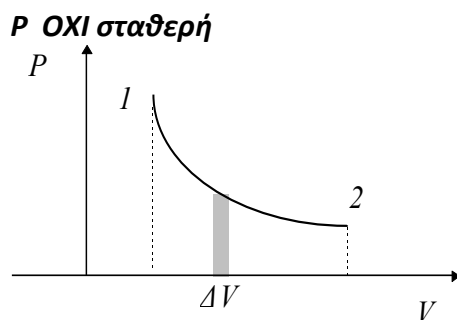
αν $\Delta V > 0$ έχουμε εκτόνωση $\Delta W > 0$ το σύστημα προσφέρει στο περιβάλλον έργο
 αν $\Delta V < 0$ έχουμε συμπίεση $\Delta W < 0$ το περιβάλλον προσφέρει στο σύστημα έργο

Α' ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ



$$W_{12} = P \Delta V = P(V_2 - V_1)$$

Β' ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ



$$\Delta W = P \Delta V$$

$$W = \sum \Delta W$$

$$W_{12} = \sum P \Delta V (\text{εμβαδον})$$

ΠΡΟΣΟΧΗ εκτόνωση $W > 0$
 συμπίεση $W < 0$

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

$$U = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} m_i u_i^2 + \sum -G \frac{m_i m_j}{r_{ij}}$$

Εσωτερική ενέργεια είναι η ολική ενέργεια των δομικών λίθων του συστήματος (Κινητική και δυναμική)

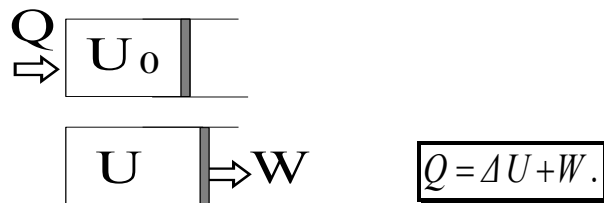
① Αν έχουμε αραιό αέριο η εσωτερική ενέργεια εξαρτάται από τη θερμοκρασία και τη μάζα $U=U(m,T)$ αν η μάζα είναι σταθερή $U(T)$

② Η μεταβολή ΔU_{12} είναι ανεξάρτητη από το δρόμο εξαρτάται μόνο από την αρχική, τελική κατάσταση

Σε κυκλική μεταβολή $\Delta U=0$

ΠΡΩΤΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΝΟΜΟΣ

Είναι εφαρμογή της διατήρησης της ενέργειας



ΔU μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας

W : έργο (οργανωμένη μορφή $\Delta W = F \Delta S$)

Q : Θερμότητα (ανοργάνωτη μορφή, δεν υπολογίζεται όπως το έργο)

$+W$ όταν το προσφέρει το σύστημα στο περιβάλλον

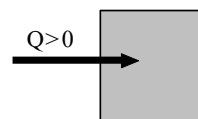
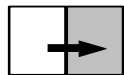
$+Q$ όταν την προσφέρουμε στο σύστημα από το περιβάλλον.

ΠΡΟΣΟΧΗ

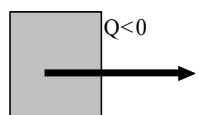


Άλλο θερμότητα άλλο θερμοκρασία

Η θερμότητα μεταφέρεται αυθόρμητα από τα σώματα υψηλής θερμοκρασίας προς τα σώματα χαμηλότερης θερμοκρασίας μέχρι τα σώματα να αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία



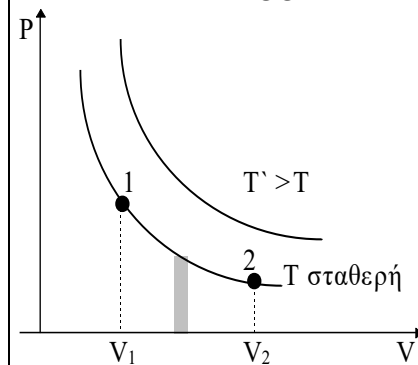
Όταν προσφέρουμε θερμότητα στο σύστημα έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας του



Όταν το σύστημα αποβάλλει θερμότητα έχουμε μείωση της θερμοκρασίας του.

ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ

ΙΣΟΘΕΡΜΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ



Τ σταθερή

$PV = \text{σταθερό}$

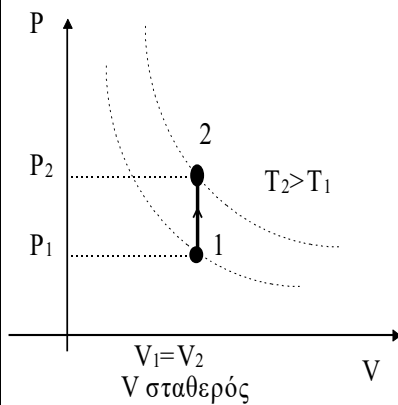
$P_1V_1 = P_2V_2$

$\Delta U = 0$

$Q = W$

$W_{12} = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$

ΙΣΟΧΩΡΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ



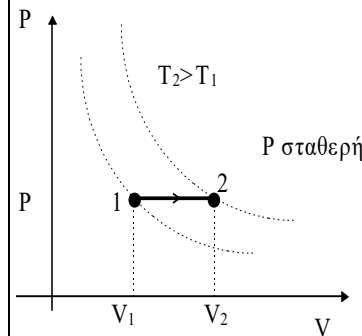
V σταθερό

$\frac{P}{T} = \text{σταθερό}$

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

$Q = \Delta U$

ΙΣΟΒΑΡΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗ



P σταθερή

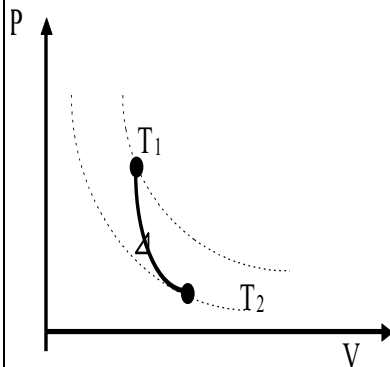
$\frac{V}{T} = \text{σταθερό}$

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

$Q = \Delta U + W$

$W_{12} = P(V_2 - V_1)$

ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ



$Q = 0$

$\frac{PV}{T} = \text{σταθερό}$

$PV^\gamma = \text{σταθερό}$

$P_1V_1^\gamma = P_2V_2^\gamma$

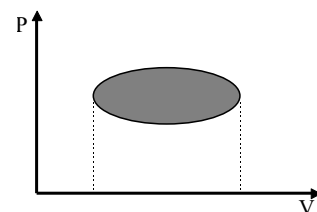
$T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$

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

$\Delta U = -W$

$W_{12} = \frac{P_2V_2 - P_1V_1}{1 - \gamma}$

ΚΥΚΛΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ



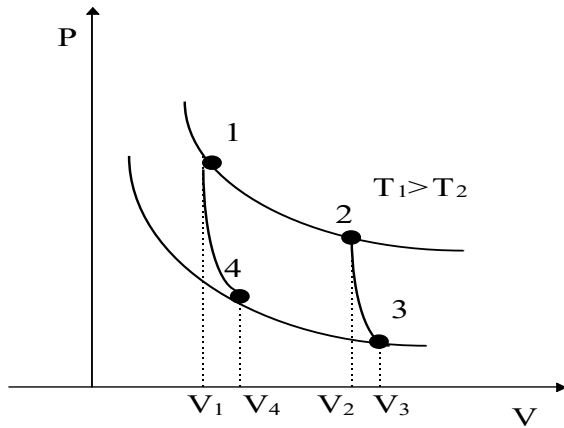
$Q = W$

$W = \pm \text{εμβαδον}$

$\vec{+}$

$\vec{-}$

ΚΥΚΛΟΣ CARNOT



$1 \rightarrow 2$ ισόθερμη εκτόνωση
 $2 \rightarrow 3$ αδιαβατική εκτόνωση
 $3 \rightarrow 4$ ισόθερμη συμπίεση
 $4 \rightarrow 1$ αδιαβατική συμπίεση

$$a = \frac{W}{Q_1}$$

$$\Delta U = 0$$

$$Q_1 + Q_2 = W$$

$$Q_2 < 0 \dots \alpha \text{ ρα } Q = -|Q_2|$$

$$a = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1} < 1$$

$$1 \rightarrow 2 \text{ ισόθερμη εκτόνωση} \quad P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$2 \rightarrow 3 \text{ αδιαβατική εκτόνωση} \quad P_2 V_2^\gamma = P_3 V_3^\gamma$$

$$3 \rightarrow 4 \text{ ισόθερμη συμπίεση} \quad P_3 V_3 = P_4 V_4$$

$$4 \rightarrow 1 \text{ αδιαβατική συμπίεση} \quad P_4 V_4^\gamma = P_1 V_1^\gamma$$

πολλαπλασιάζουμε κατά μέλη και έχουμε

$$P_1 P_2 P_3 P_4 V_1 V_2^\gamma V_3^\gamma V_4^\gamma = P_2 P_3 P_4 P_1 V_2 V_3^\gamma V_4 V_1 \Leftrightarrow$$

$$V_1 V_2^\gamma V_3^\gamma V_4^\gamma = V_2 V_3^\gamma V_4 V_1 \Leftrightarrow$$

$$\frac{V_2^\gamma V_4^\gamma}{V_2 V_4} = \frac{V_1^\gamma V_3^\gamma}{V_1 V_3} \Leftrightarrow$$

$$(V_2 V_4)^{\gamma-1} = (V_1 V_3)^{\gamma-1} \Leftrightarrow$$

$$\boxed{\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}}$$

$$a = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1} = 1 + \frac{Q_2}{Q_1} = 1 + \frac{W_2}{W_1} = 1 - \frac{nRT_2 \ln \frac{V_3}{V_4}}{nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\boxed{a = 1 - \frac{T_2}{T_1}}$$

απόδοση