

Κοινά χαρακτηριστικά έργου και θερμότητας.

1. Και τα δύο είναι μεταβατικά φαινόμενα, δηλαδή υπάρχουν μόνο κατά την διάρκεια της μεταβολής.
2. Τα θερμοδυναμικά συστήματα δεν διαθέτουν τα ίδια ούτε θερμότητα ούτε έργο.
3. Και τα δύο εμφανίζονται στα όρια του συστήματος και για όσο χρόνο διαρκεί η μεταβολή.
4. Και τα δύο αντιπροσωπεύουν ενέργεια που περνά μέσα από τα όρια του συστήματος.
5. Και τα δύο είναι μη τέλεια διαφορικά και η τιμή τους εξαρτάται από την διαδρομή της θερμοδυναμικής διεργασίας.
6. Αφού η τιμή τους εξαρτάται από την διαδρομή, δεν είναι καταστατικά μεγέθη, δεν μπορούν δηλαδή να περιγράψουν μία κατάσταση.

Διατυπώστε γενική μορφή 1ου Θερμοδυναμικού Νόμου για ροή σε ανοικτά συστήματα. Αναλύστε κάθε όρο.

Ο Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος για **ανοικτά συστήματα** διατυπώνεται ως:

$$\frac{dE_{OA}}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \oint_E h_i d\dot{m} = \dot{Q} - \dot{W} + \oint_E \left(h + \frac{1}{2}c^2 + gZ\right) d\dot{m}$$

- Ο όρος στο αριστερό σκέλος εκφράζει τον **στιγμιαίο ρυθμό μεταβολής της συνολικής ενέργειας** του εργαζόμενου μέσου εντός του όγκου ελέγχου.
- Ο πρώτος όρος στο δεξί σκέλος είναι η **εισερχόμενη θερμική ισχύς** στον όγκο ελέγχου, μέσα από τα όρια της επιφάνειας ελέγχου.
- Ο δεύτερος όρος στο δεξί σκέλος είναι η **εξερχόμενη μηχανική ισχύς** από τον όγκο ελέγχου, μέσα από τα όρια της επιφάνειας ελέγχου.
- Ο τελευταίος όρος στο δεξί σκέλος είναι η **εισερχόμενη ροή της ολικής ενθαλπίας** από τα όρια της επιφάνειας ελέγχου.

Το παραπάνω κλειστό επιφανειακό ολοκλήρωμα μπορεί να γραφεί και υπό μορφή αθροίσματος, αν έχουμε διακριτές περιοχές απ' όπου εισέρχεται ή εξέρχεται μάζα. Στις περιοχές αυτές μπορούμε να θεωρήσουμε ομοιόμορφη ροή ή να πάρουμε τις μέσες τιμές των μεγεθών της ροής. Αυτές οι περιοχές εισόδου και εξόδου είναι συνήθως αγωγοί εισόδου και εξόδου του ρευστού. Για την περίπτωση αυτή η προηγούμενη σχέση γίνεται:

$$\frac{dE_{OA}}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \sum h_{t,in} \dot{m}_{in} - \sum h_{t,out} \dot{m}_{out}$$

Στην προηγούμενη σχέση έχουν ομαδοποιηθεί οι περιοχές εισόδου και οι περιοχές εξόδου του ρευστού, εντός των δύο αθροισμάτων.

Δείξε πως τροποποιείται για την περίπτωση μόνιμης ροής, μόνιμης κατάστασης λειτουργίας για μία μόνο είσοδο μάζας και μία μόνο έξοδο μάζας.

Στη συνέχεια θα εξεταστεί η ειδική περίπτωση της **κατάστασης μόνιμης λειτουργίας – μόνιμης ροής**. Οι υποθέσεις που συνθέτουν την ειδική περίπτωση παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- Δεν υπάρχει σχετική κίνηση του όγκου ελέγχου ως προς το σύστημα αναφοράς.
- Δεν υπάρχει χρονική μεταβολή της κατάστασης του πεδίου ροής.
- Δε μεταβάλλεται η θερμοδυναμική κατάσταση σε κάθε σημείο του όγκου ελέγχου με το χρόνο.

Η πρώτη υπόθεση επιβάλλει οι ταχύτητες ως προς το σύστημα αναφοράς να είναι οι ίδιες και ως προς τον όγκο ελέγχου (και να μην εμφανίζονται όροι παραγωγής έργου λόγω της επιτάχυνσης του όγκου αναφοράς).

Η τρίτη υπόθεση επιβάλλει το διαφορικό ως προς το χρόνο στο πρώτο σκέλος της παραπάνω εξίσωσης να γίνεται μηδέν. Η δεύτερη υπόθεση επιβάλλει όλες οι συναρτήσεις που περιγράφουν το πεδίο ροής να είναι ανεξάρτητες του χρόνου.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν και την εξίσωση της συνέχειας για μόνιμο πεδίο ροής:

$$\dot{m}_{in} = \dot{m}_{out}$$

η εξίσωση της Ενέργειας (Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος) γίνεται:

$$\dot{Q} + \sum h_{t,in} \dot{m}_{in} = \sum h_{t,out} \dot{m}_{in} + \dot{W}$$

ενώ για τη συνήθη περίπτωση που **η μάζα εισέρχεται από μία θέση και εξέρχεται από άλλη θέση** (περιπτώσεις συμπιεστών στροβιλομηχανών, ατμοστροβίλων) γίνεται:

$$\dot{Q} + h_{t,in} \dot{m}_{in} = h_{t,out} \dot{m}_{in} + \dot{W}$$

Στην προηγούμενη εξίσωση θεωρήσαμε μία μέση τιμή για την ολική ενθαλπία ανά μονάδα μάζας τόσο στην είσοδο όσο και στην έξοδο του συστήματος. **Διαιρώντας με τη ροή μάζας** που εισέρχεται (ή που εξέρχεται – αφού είναι ίσες) έχουμε:

$$\frac{\dot{Q}}{\dot{m}_{in}} + h_{t,in} = h_{t,out} + \frac{\dot{W}}{\dot{m}_{out}}$$

Όμως εξ ορισμού ισχύει:

$$q = \frac{\dot{Q}}{\dot{m}_{in}}$$

και

$$w = \frac{\dot{W}}{\dot{m}_{out}}$$

και η σχέση γίνεται:

$$q + h_{t,in} = h_{t,out} + w$$

ή

$$q + h_{in} + c^2_{in}/2 + gZ_{in} = h_{out} + c^2_{out}/2 + gZ_{out} + w$$

Στην ειδική περίπτωση που **δεν έχουμε σημαντική υψομετρική διαφορά** μεταξύ εισόδου και εξόδου, ή οι δυνάμεις βαρύτητας είναι πολύ μικρές σε σχέση με τις υπόλοιπες (όπως συμβαίνει στα αέρια που έχουν πολύ μικρή πυκνότητα δηλαδή πολύ μεγάλο ειδικό όγκο), η προηγούμενη σχέση γίνεται:

$$q + h_{in} + c^2_{in}/2 = h_{out} + c^2_{out}/2 + w$$

Στην ειδική περίπτωση που **επιπλέον η ταχύτητα της ροής στην είσοδο είναι ίδια με αυτή στην έξοδο**, η προηγούμενη σχέση απλοποιείται ακόμη περισσότερο και γίνεται:

$$q + h_{in} = h_{out} + w$$

Μορφή που παίρνει για άεργη και αδιαβατική ροή.

Για **άεργη ροή**, ο Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος (μόνιμη κατάσταση λειτουργίας – μόνιμη ροή – μοναδική είσοδος & μοναδική έξοδος) γίνεται:

$$q + h_{t,in} = h_{t,out}$$

Εάν επιπλέον είναι και **αδιαβατική η ροή**, γίνεται:

$$h_{t,in} = h_{t,out}$$

ή

$$h_{in} + c^2_{in}/2 + gZ_{in} = h_{out} + c^2_{out}/2 + gZ_{out}$$

Στην ειδική περίπτωση που **δεν έχουμε σημαντική υψομετρική διαφορά** μεταξύ εισόδου και εξόδου, ή οι δυνάμεις βαρύτητας είναι πολύ μικρές σε σχέση με τις υπόλοιπες (όπως συμβαίνει στα αέρια που έχουν πολύ μικρή πυκνότητα δηλαδή πολύ μεγάλο ειδικό όγκο), η προηγούμενη σχέση γίνεται:

$$h_{in} + c^2_{in}/2 = h_{out} + c^2_{out}/2$$

Στην ειδική περίπτωση που **επιπλέον η ταχύτητα της ροής στην είσοδο είναι ίδια με αυτή στην έξοδο**, η προηγούμενη σχέση απλοποιείται ακόμη περισσότερο και γίνεται:

$$h_{in} = h_{out}$$

Θερμοδοχείο Θερμική Μηχανή Ψυκτική Μηχανή Θερμικό Βαθμό Αποδόσεως

Ονομάζουμε **θερμοδοχείο** ένα σώμα το οποίο έχει ικανότητα να προσλαμβάνει ή να αποβάλλει επ'άπειρον ποσά θερμότητας χωρίς να μεταβάλλεται η θερμοκρασία του.

Ονομάζουμε **θερμοκινητήρα** ή **θερμική μηχανή** οποιοδήποτε σύστημα το οποίο, κατά τη διάρκεια μιας κυκλικής διεργασίας, απορροφά θερμότητα παράγοντας έργο (θετικό έργο, θετική θερμότητα).

Ονομάζουμε **ψυκτήρα** ή **ψυκτική μηχανή** ή αντλία θερμότητας οποιοδήποτε σύστημα το οποίο, κατά τη διάρκεια μιας κυκλικής διεργασίας, απορροφά έργο αντλώντας θερμότητα από ψυχοδοχείο και αποβάλλοντας θερμότητα σε θερμοδοχείο (αρνητικό έργο, αρνητική καθαρή θερμότητα).

Στην περίπτωση της θερμικής μηχανής ορίζουμε το **θερμικό βαθμό απόδοσης** $\eta_{\text{θερμ.}}$ ως το λόγο του έργου W που παράγει το σύστημα προς τη θερμότητα που δίδεται στο θερμοδοχείο Q_H .
Δηλαδή:

$$\eta_{\text{θερμ.}} = W / Q_H = (Q_H - Q_L) / Q_H = 1 - (Q_L / Q_H)$$

Όπως φαίνεται καθαρά, ο θερμικός βαθμός απόδοσης είναι πάντα μικρότερος της μονάδας.

Δύο διατυπώσεις 2ου Θερμοδυναμικού Νόμου.

Διατύπωση Kelvin – Planck:

Είναι αδύνατο να κατασκευαστεί θερμική μηχανή η οποία, κατά τη διάρκεια πλήρους κυκλικής διεργασίας, να έχει ως μοναδικό αποτέλεσμα την άντληση θερμότητας από μοναδικό θερμοδοχείο και την παραγωγή ισόποσου μηχανικού έργου, χωρίς δηλαδή την απόρριψη μέρους της θερμότητας σε ψυχοδοχείο.

Διατύπωση Clausius:

Είναι αδύνατο να κατασκευαστεί ψυκτική μηχανή η οποία, κατά τη διάρκεια πλήρους κυκλικής διεργασίας, να έχει ως μοναδικό αποτέλεσμα την αφαίρεση θερμότητας από ψυχοδοχείο και την αποβολή ισόποσης θερμότητας σε θερμοδοχείο, χωρίς δηλαδή την πρόσδοση στο σύστημα έργου.

Κεφ 1 – Εισαγωγή

Θερμοδυναμικό σύστημα

- Είναι υλικό τμήμα του σύμπαντος το οποίο μπορεί να εξετάσει χωριστά από το περιβάλλον.
- Αυτός ο μεμονομένος χώρος λέγεται όγκος ελέγχου.
- Ο όγκος ελέγχου μπορεί να επιτρέπει συναλλαγή μάζας, θερμότητας ή έργου.
- Ο όγκος ελέγχου μπορεί να έχει σταθερό σχήμα ή κινούμενα όρια.

Είδη θερμοδυναμικών συστημάτων

1.Κλειστό

Καμία συναλλαγή μάζας με το περιβάλλον. Μπορεί να ΜΗΝ έχει σταθερό όγκο ελέγχου.

2.Ανοικτό

Επιτρέπεται συναλλαγή μάζας με το περιβάλλον.

3.Μηχανικώς κλειστό

Δεν πραγματοποιείται συναλλαγή έργου.

4.Αδιαβατικό

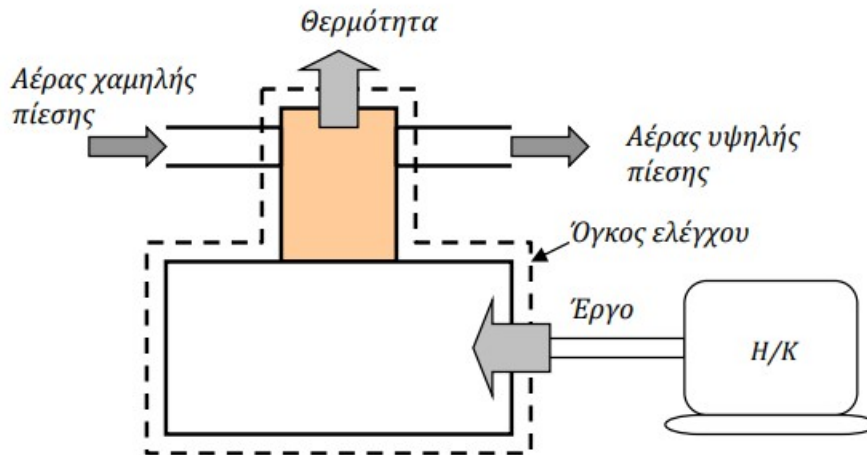
Δεν πραγματοποιείται συναλλαγή θερμότητας.

5.Μονωμένο

Δεν πραγματοποιείται συναλλαγή μάζας, έργου και θερμότητας.

Αεροσυμπιεστής

Ανοικτό σύστημα με σταθερό όγκο ελέγχου.



Μικροσκοπική θεώρηση

Εξέταση συμπεριφοράς συστήματος σε επίπεδο ατόμων και μορίων.

Μακροσκοπική θεώρηση

Εξέταση κατά μέσο όρο συμπεριφορά ενός μεγάλου αριθμού σωματιδίων όπως το αντιλαμβανόμαστε με την παρατήρηση ή τις μετρήσεις μας.

Καταστατικά μεγέθη

- Περιγράφουν την κατάσταση του υλικού (νερό, πάγος, ατμός).
- Όταν αλλάζει κατάσταση αλλάζουν και αυτά.
- Είναι ανεξάρτητα από τον τρόπο που προήλθε αυτή η κατάσταση.

1. Εντατικά μεγέθη

ΔΕΝ εξαρτάται από μέγεθος υλικού. (πίεση, θερμοκρασία, πυκνότητα)

2. Εκτατικά μεγέθη

Εξαρτάται από μέγεθος υλικού. (μάζα, όγκος)

Ειδικά = Εκτατικά / μάζα πχ Ειδικός Όγκος : $v = V / m$

Γραμμομοριακός όγκος: $\underline{v}$

Θερμοδυναμική ισορροπία

- Όταν είναι ταυτόχρονα σε θερμική, μηχανική και χημική ισορροπία.

-Θερμική ισορροπία: Παντού ίδια θερμοκρασία.

-Μηχανική ισορροπία: Όταν δεν υπάρχει καμία τάση για μεταβολή της πίεσης.

-Χημική ισορροπία: Όταν όλες οι δυνατές αντιδράσεις έχουν περατωθεί.

Θερμοδυναμική μεταβολή

Αλληλουχία των καταστάσεων που λαμβάνει το σύστημα.

Οιωνεί στατική μεταβολή

Όταν απομακρύνεται αργά θέση ισορροπίας. Βολεύει να θεωρώ ότι πάω σε διαδοχικές θέσεις ισορροπίας.

Θερμοδυναμικός κύκλος

Είναι θερμοδυναμική μεταβολή η οποία μετά από ενδιάμεσες καταστάσεις καταλήγει στην αρχική κατάσταση,

Ενέργεια – Μικροσκοπικά

Σε ένα μικροσκοπικό κλειστό σύστημα με αέρα:

-Δυναμική Ενέργεια: Σχετίζεται με δυνάμεις μεταξύ των μορίων.

-Κινητική Ενέργεια: Σχετίζεται με μεταφορική κίνηση των μορίων.

-Ενδομοριακή Ενέργεια: Σχετίζεται με μοριακή και ατομική δομή των μορίων.

Θερμοκρασία

Το σώμα νιώθει ροή θερμότητας.

Μηδενικός Θερμοδυναμικός Νόμος

- Δύο σώματα έχουν ίδια θερμοκρασία όταν ερχόμενα σε επαφή δεν παρατηρείται καμία μεταβολή σε μετρήσιμες μεταβλητές τους.

- Δύο συστήματα τα οποία βρίσκονται σε θερμική ισορροπία με τρίτο σύστημα, βρίσκονται σε θερμική ισορροπία και μεταξύ τους.

$$K = ^\circ C + 273,15$$

Κεφ 2 – Αέρια και Ατμοί

Αέριο

Όταν η καθαρή ουσία που βρίσκεται σε αέρια φάση, αλλά απέχει αισθητά από υγρή φάση.

Ατμός

Εξάτμιση υγρής φάσης και έχουμε συνύπαρξη των δύο φάσεων.

Ξηρός κεκορεσμένος ατμός

Ατμός σε κατάσταση πλήρους εξάτμισης, δηλαδή δεν υπάρχει καθόλου υγρή φάση ούτε σταγονίδια.

Υπέρθερμος

Συνεχίζεται η πρόσδοση θερμότητας σε ξηρό κεκορεσμένο ατμό, κατά προσέγγιση συμπεριφέρεται ως αέριο.

Καταστατική εξίσωση τέλειων αερίων

ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

$$p^*V = n^*R^*T$$

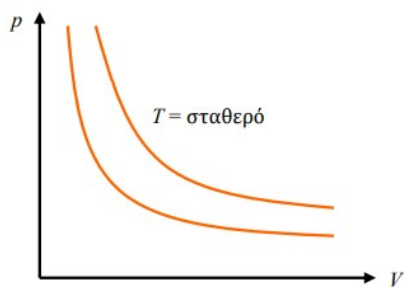
$$p^*V = m^*R^*T$$

$$\frac{p_1^*V_1}{T_1} = \frac{p_2^*V_2}{T_2}$$

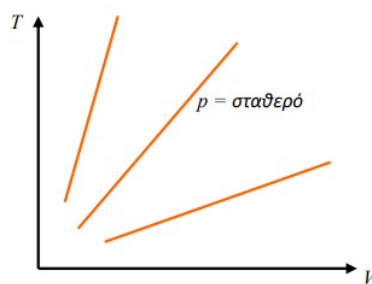
Τέλειο αέριο

$$p \cdot v = R \cdot T$$

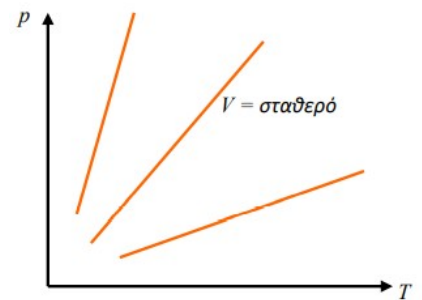
Ισοθερμοκρασιακή



Ισόβαρη

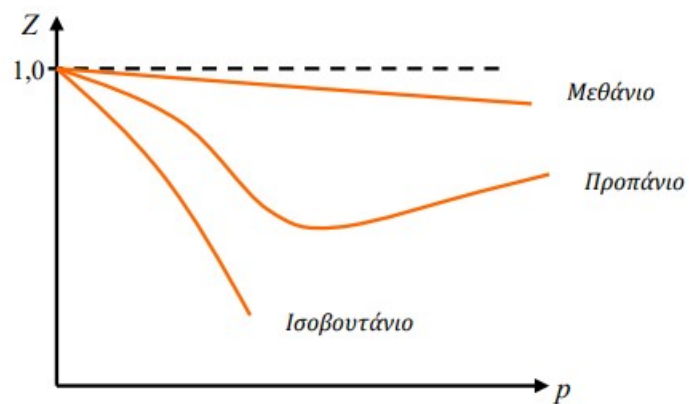


Ισόογκη



Βαθμός Συμπιεστότητας (z)

$$z = (p \cdot v) / (R \cdot T) \quad \text{για τέλειο αέριο } z = 1$$



Κεφ 3 – Έργο και Θερμότητα

Έργο(W)

$$W = \int F dx$$

Ένα θερμοδυναμικό σύστημα παράγει έργο εαν η μοναδική αλληλεπίδραση με το περιβάλλον του είναι η ανύψωση ενός βάρους.

$$W = \begin{cases} > 0 \text{ αποδίδεται από σύστημα στο περιβάλλον} \\ < 0 \text{ αποδίδεται από περιβάλλον στο σύστημα} \end{cases}$$

Σε κλειστό θερμοδυναμικό σύστημα

$${}_1W_2 = \int_1^2 \delta W = W_2 - W_1 = \int_1^2 p dV = p^*(V_2 - V_1)$$

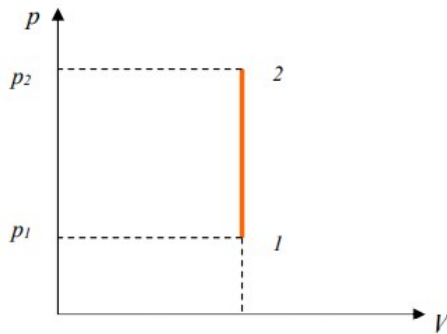
Ισχύς($\dot{W}$)

Ρυθμός παραγωγής έργου, άρα πρώτη παράγωγος έργου.

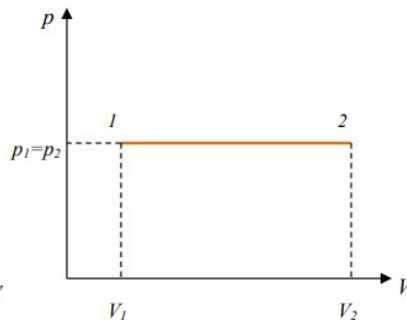
$$\dot{W} = \frac{dW}{dt}$$

Ειδικές περιπτώσεις μεταβολών σε κλειστό σύστημα

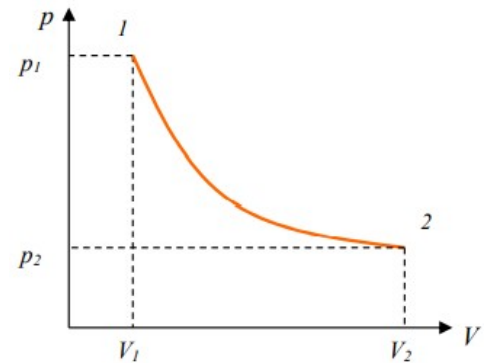
Ισόχωρη



Ισόθλιπτη



Ισοθερμοκρασιακή



Θερμότητα(Q)

Είναι μορφή ενέργειας που μεταδίδεται μέσα από το όριο ενός θερμοδυναμικού συστήματος συγκεκριμένης θερμοκρασίας προς ένα άλλο σύστημα ή στο περιβάλλον που βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία λόγω ακριβώς αυτής της διαφοράς θερμοκρασίας των δύο συστημάτων.

$$1 \text{ cal} = 4,183 \text{ J}$$

$$1 \text{ Btu} = 1.055,056 \text{ J}$$

$$Q = \begin{cases} > 0 & \text{δίδεται στο σύστημα} \\ < 0 & \text{αποβάλλεται στο περιβάλλον} \end{cases}$$

Κοινά Έργου – Θερμότητας

- 1) Και τα δύο είναι μεταβατικά, υπάρχουν μόνο κατά την διάρκεια της μεταβολής.
- 2) Τα θερμοδυναμικά συστήματα δεν διαθέτουν τα ίδια ούτε θερμότητα ούτε έργο
- 3) Και τα δύο εμφανίζονται μόνο στα όρια του συστήματος και για όσο χρόνο διαρκεί η μεταβολή.
- 4) Και τα δύο αντιπροσωπεύουν ενέργεια που περνά μέσα από τα όρια του συστήματος.
- 5) Και τα δύο είναι μη τέλεια διαφορικά και η τιμή τους εξαρτάται από τη διαδρομή της θερμοδυναμικής διεργασίας.
- 6) Αφού η τιμή τους εξαρτάται από τη διαδρομή δεν μπορούν να είναι καταστατικά μεγέθη, δηλαδή να περιγράφουν μία κατάσταση.

Κεφ 4 – Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος

1ος → Για κυκλικές μεταβολές κλειστών συστημάτων

Κατά την κυκλική διεργασία κλειστού συστήματος, το συνολικό έργο που προσδίδεται στο σύστημα ισούται με το συνολικό ποσό θερμότητας που αποδίδεται από το σύστημα στο περιβάλλον.

$$\oint \delta Q = \oint \delta W$$

Ενέργεια (E)

Ενέργεια που περιέχει η μάζα του συστήματος.

$$E = U + E_{\Delta} + E_K$$

$$\delta Q = dE + \delta W$$

$${}_1Q_2 = E_2 - E_1 + {}_1W_2$$

$$\dot{Q} = \frac{dE}{dt} + \dot{W}$$

1ος → Βάση τελευταίας εξίσωσης

Η θερμότητα που προσδίδεται σε κλειστό σύστημα κατά τη διάρκεια τυχαίας μεταβολής ισούται με το έργο που παράγει το σύστημα συν την αύξηση της ενέργειας του συστήματος.

Αρχή διατήρησης ενέργειας

Όταν ένα κλειστό σύστημα εκτελεί μία τυχαία μεταβολή και ενέργεια εισέρχεται ή εξέρχεται από τα όρια του συστήματος υπό μορφή έργου ή θερμότητας. Η συνολική μεταβολή της ενέργειας του συστήματος (εσωτ. + δυν. + κιν.) ισούται με την συνολική ενέργεια που περνά από τα όρια του συστήματος.

Ενθαλπία(H)

$$H = U + p \cdot V$$

Ειδική θερμοχωρητικότητα(c)

Ποσότητα θερμότητας ανά μονάδα μάζας που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος κατά ένα βαθμό.

$$c = \frac{1}{m} * \frac{\delta Q}{dT}$$

Ισόχωρη μεταβολή

$$c_v = \frac{1}{m} * \left(\frac{\delta Q}{dT} \right)_v \quad \delta Q = dU$$

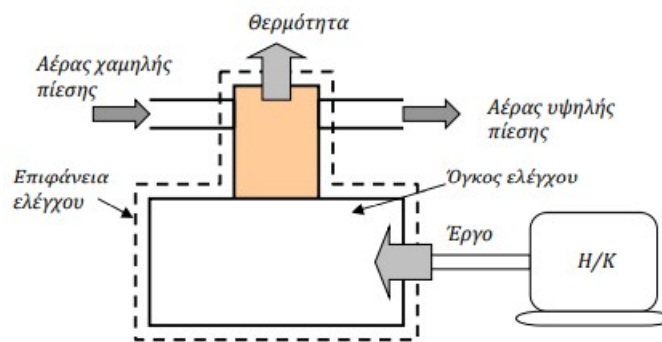
Ισόθλιπτη μεταβολή

$$c_p = \frac{1}{m} * \left(\frac{\delta Q}{dT} \right)_p \quad \delta Q = dH$$

1ος → Για ανοικτά συστήματα

Όγκος ελέγχου

Ορίζεται από μία κλειστή νοητή επιφάνεια.



Εξίσωση συνέχειας

Ο ρυθμός μεταβολής της μάζας εντός του όγκου ελέγχου ισούται με το καθαρό ποσό της μάζας που περνάει από την επιφάνεια ελέγχου στη μονάδα του χρόνου (παροχή μάζας).

$$\frac{dm}{dt}_{\text{Όγκος Αναφοράς}} = \dot{m}_{\text{inside}} - \dot{m}_{\text{outside}}$$

Μόνιμο πεδίο ροής

$$\dot{m} = \frac{dm}{dt}_{\text{Όγκος Αναφοράς}} = 0 \rightarrow \dot{m}_{\text{inside}} = \dot{m}_{\text{outside}}$$

Γενικά ισχύει

$$\dot{m} = \oint_E \rho \cdot c_n \cdot dE$$

$$\rho = \frac{1}{v} = \frac{m}{V}$$

$$\frac{dE_{OA}}{dt} = \dot{Q} - \dot{W}$$

$$\dot{W}_{pump} = \oint_E p \cdot c_n \cdot dE = \oint_E p \cdot v \cdot \rho \cdot c_n \cdot dE = \oint_E p \cdot v \cdot d\dot{m} \quad (+) \Rightarrow$$
$$\oint_E e \cdot d\dot{m} = \oint_E \left(u + \frac{c^2}{2} + g \cdot Z \right) \cdot d\dot{m}$$

$$\Rightarrow \underbrace{u + \frac{c^2}{2}} + \underbrace{g \cdot Z + p \cdot v} = (u + p \cdot v) + \frac{c^2}{2} + g \cdot Z = \underbrace{h + \frac{c^2}{2} + g \cdot Z}_{h_t}$$

$$\Rightarrow \frac{dE_{OA}}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \oint h_t \cdot d\dot{m} = \dot{Q} - \dot{W} + \oint \left(h + \frac{c^2}{2} + g \cdot Z \right) \cdot d\dot{m}$$

$$\frac{dE_{OA}}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \sum (h_{t,in} \cdot \dot{m}_{in}) - \sum (h_{t,out} \cdot \dot{m}_{out})$$

Κεφ 5 – Δεύτερος Θερμοδυναμικός Νόμος

Εργαζόμενο μέσο

Σώμα που εκτελεί θερμοδυναμική διεργασία.

Θερμοδοχείο

Ένα σώμα το οποίο έχει ικανότητα να προσλαμβάνει ή να αποβάλλει επ'απείρου ποσά θερμότητας χωρίς να μεταβάλλεται η θερμοκρασία του.

Θερμοκινητήρας / Θερμική Μηχανή

Το σύστημα το οποίο κατά τη διάρκεια μιας κυκλικής διεργασίας, απορροφά θερμότητα παράγοντας έργο. ($W > 0$, $Q > 0$)

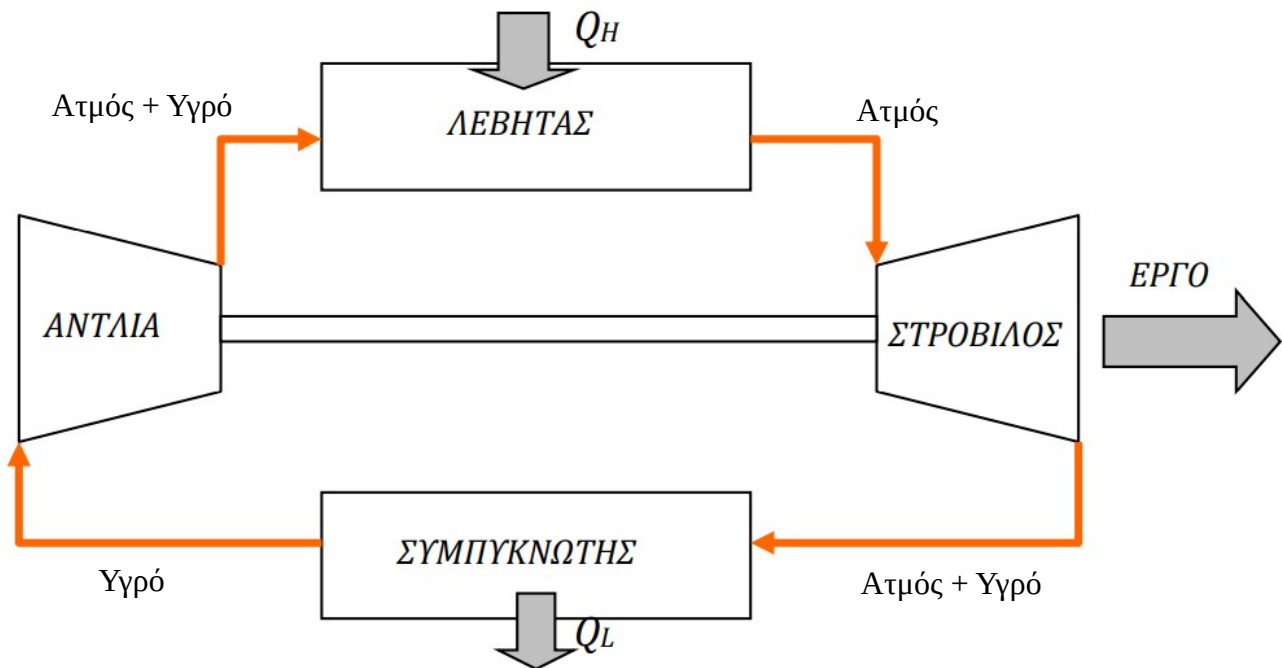
Ψυκτήρας / Ψυκτική Μηχανή / Αντλία Θερμότητας

Το σύστημα το οποίο κατά τη διάρκεια μιας κυκλικής διεργασίας. Απορροφά έργο αντλώντας θερμότητα από ψυχροδοχείο και αποβάλλοντας θερμότητα σε θερμοδοχείο ($W < 0$, $Q < 0$)

Αντιστρεπτή διεργασία

Οι διεργασίες στις οποίες η πορεία μπορεί να αντιστραφεί, ώστε τόσο το σύστημα όσο και το περιβάλλον να επιστρέψουν στην αρχική τους κατάσταση, χωρίς δηλαδή να απομείνει κανένα ενεργειακό υπόλειμμα μεταξύ τους.

ΑΣΚΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΡΓΟΥ ΜΕ ΑΤΜΟ



Λέβητας: Δέχεται $Q_H \rightarrow$ **κορεσμένος ατμός**

Στρόβιλος: Παίρνει ατμό και παράγει έργο $p \downarrow \rightarrow$ **υγρός ατμός**

Συμπυκνωτής: Αποβάλλει $Q_L \rightarrow T \downarrow \rightarrow$ **κορεσμένο υγρό**

Αντλία: $p \uparrow \rightarrow$ **υγρός ατμός**

Θερμικός Βαθμός Απόδοσης

$$\eta_{\text{θερμ}} = W / Q_H \quad , \quad W = Q_H - Q_L$$

Ψυκτικός Βαθμός Απόδοσης

$$\eta_{\text{ψυκτ}} = Q_L / W \quad , \quad W = Q_H - Q_L$$

Κεφ 6 – Εντροπία

Εντροπία

Είναι καταστατικό μέγεθος.

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_{\text{ANT}} = \frac{1}{T_H} \int_1^2 \delta Q = \frac{Q_2}{T_H}$$

Παραγωγή εντροπίας

$$dS = \frac{\delta Q}{T} + \delta S_{\text{παραγωγής}}$$

$$\delta S_{\text{παραγωγής}} \left\{ \begin{array}{ll} > 0 & \text{μη – αντιστρεπτές διεργασίες} \\ = 0 & \text{αντιστρεπτές διεργασίες} \end{array} \right\} S_{\text{MH-Avt}} > S_{\text{Avt}}$$

Ιδιότητες

1) Η μείωση της εντροπίας ενός συστήματος γίνεται μόνο με αφαίρεση θερμότητας.

2) Η αύξηση της εντροπίας ενός συστήματος γίνεται μόνο με πρόσδοση θερμότητας.

3) Σε μία αδιαβατική διεργασία η εντροπία δεν μπορεί να μειωθεί ή θα παραμείνει σταθερή (αντιστρεπτή) ή θα αυξηθεί (μη-αντιστρεπτή).

4) Το έργο σε μη-αντιστρεπτή διεργασία είναι πάντα μικρότερο αλγεβρικά από το αντίστοιχο της αντιστρεπτής.

Κεφ 7 – 2ος Ανοικτά Συστήματα

Βήματα

1) Σε κλειστό σύστημα ισχύει

$$\frac{dS_{O.E.}}{dt} = \sum \frac{Q}{T} + \dot{S}_{\Pi AP}$$

2) Προσθήκη όρων που αφορούν στη ροή εντροπίας από επιφάνεια αναφοράς

$$\frac{dS_{O.E.}}{dt} = \sum \dot{m}_{in} s_{in} - \sum \dot{m}_{out} s_{out} + \sum \frac{\dot{Q}_{O.E.}}{T} + \dot{S}_{\Pi AP}$$

3) $S_{\text{παραγωγής}} > 0$

$$\frac{dS_{O.E.}}{dt} \geq \sum \dot{m}_{in} s_{in} - \sum \dot{m}_{out} s_{out} + \sum \frac{\dot{Q}_{O.E.}}{T}$$

$$\frac{dS_{O.E.}}{dt} \begin{cases} > \dots & \text{μη-αντιστρεπτές διεργασίες} \\ = \dots & \text{αντιστρεπτές διεργασίες} \end{cases}$$

Διεργασία μόνιμης κατάστασης – μόνιμης ροής

Βήματα

1) Μόνιμη Ροή

$$\frac{dS_{O.E.}}{dt} = 0 \quad \sum \dot{m}_{out} s_{out} - \sum \dot{m}_{in} s_{in} = \sum \frac{\dot{Q}_{O.E.}}{T} + \dot{S}_{\Pi AP}$$

2) Αρχή Διατήρησης Μάζας

$$\dot{m}(s_{out} - s_{in}) = \sum \frac{\dot{Q}_{O.E.}}{T} + \dot{S}_{\Pi AP}$$

3) Αδιαβατική

$$s_{out} \geq s_{in}$$

Κεφ 10 – Θερμοδυναμική δύο φάσεων

Τήξη: Στερεό $\rightarrow$ Υγρό

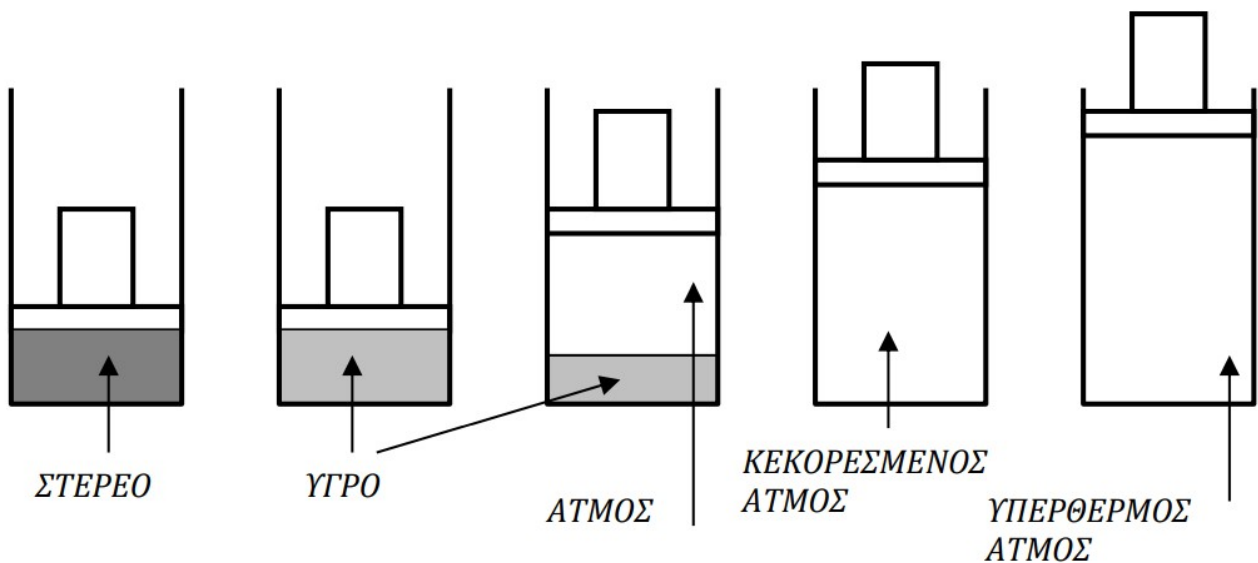
Πήξη: Υγρό $\rightarrow$ Στερεό

Εξάτμιση / Ατμοποίηση: Υγρό $\rightarrow$ Αέριο

Υγροποίηση / Συμπύκνωση: Αέριο $\rightarrow$ Υγρό

Εξάχνωση: Στερεό $\rightarrow$ Αέριο

Στερεοποίηση: Αέριο $\rightarrow$ Στερεό

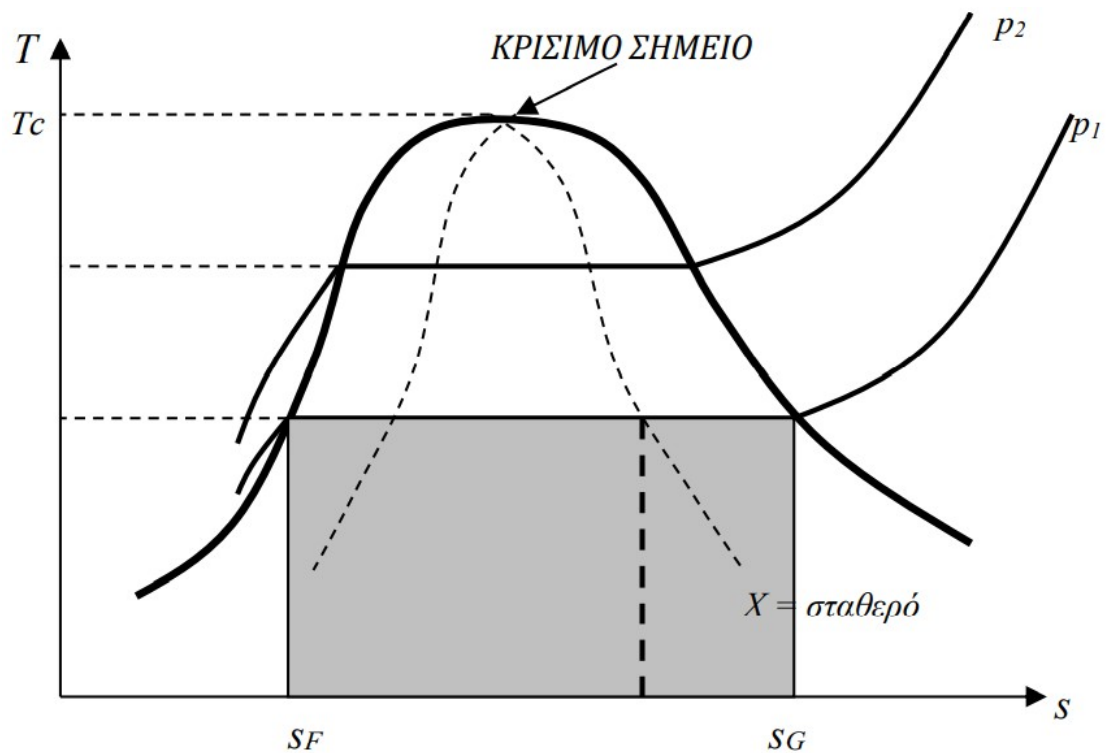


Ξηρό κεκορεσμένο ατμό

Τη στιγμή που η τελευταία σταγόνα υγρής φάσης μετασχηματίζεται σε αέριο (ατμό).

Υπέρθερμος

Με επιπλέον πρόσδοση θερμότητας ο ατμός παύει να είναι κεκορεσμένος και γίνεται υπέρθερμος.



Ξηρότητα / Ποιότητα Ατμού

$$x = \frac{m_{\text{ατμού}}}{m_{\text{μείγματος}}} \quad \begin{cases} x = 0 \rightarrow F \text{ κεκορεσμένο υγρό} \\ x = 1 \rightarrow G \text{ κεκορεσμένος ατμός} \end{cases}$$

$$S = S_F + S_G \rightarrow m \cdot s = m_F \cdot s_F + m_G \cdot s_G \rightarrow s = m_F \cdot s_F / m + m_G \cdot s_G / m \rightarrow$$

$$s = (1-x) \cdot s_F + x \cdot s_G$$

$$h = (1-x) \cdot h_F + x \cdot h_G$$

$$u = (1-x) \cdot u_F + x \cdot u_G$$

$$v = (1-x) \cdot v_F + x \cdot v_G$$

$$x = \frac{s - s_F}{s_G - s_F}$$

Κύκλος Carnot

Είναι ο κύκλος με το **μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης** που μπορεί να λειτουργήσει μεταξύ των δύο θερμοδοχείων σταθερών θερμοκρασιών. Ο βαθμός απόδοσης εξαρτάται από θερμοκρασίες των δύο θερμοδοχείων.

Βαθμός Απόδ. (ΜΗ Αντιστρ.Μηχ.) > Βαθμός Απόδ. (Αντιστρ. Μηχ.)