

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Ενέργεια και Μορφές Ενέργειας

Η ενέργεια αποτελεί ένα σημαντικό τμήμα των περισσότερων όψεων της καθημερινής ζωής. Η ποιότητα της ζωής, ακόμη και αυτή η ίδια η ύπαρξή της, εξαρτάται από τη διαθέσιμη ενέργεια.

Μορφές Ενέργειας:

- Θερμική
- Μηχανική
- Κινητική
- Δυναμική
- Ηλεκτρική
- Μαγνητική
- Χημική
- Πυρηνική

Το σύνολο των ενεργειακών μορφών ενός συστήματος ονομάζεται **ολική ενέργεια E**.

Η θερμοδυναμική ασχολείται μόνο με τις μεταβολές της ολικής ενέργειας => Η ολική ενέργεια ενός συστήματος μπορεί να θεωρηθεί ίση με το μηδέν ($E=0$), σε κάποιο κατάλληλο σημείο αναφοράς.

Η μεταβολή στην ολική ενέργεια δεν εξαρτάται από το σημείο αναφοράς

Ολική ενέργεια E ανά μονάδα μάζας

$$e = \frac{E}{m} \quad [kJ / kg]$$

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Ενέργεια και Μορφές Ενέργειας

Στη θερμοδυναμική διακρίνουμε τις διάφορες μορφές ενέργειας που αποτελούν την ολική ενέργεια ενός συστήματος, σε δύο ομάδες:

Μακροσκοπικές μορφές ενέργειας:

Εκείνες που χαρακτηρίζουν ένα σύστημα ως σύνολο, σε σχέση με κάποιο εξωτερικό πλαίσιο αναφοράς (π.χ. κινητική και δυναμική ενέργεια).

Το σύνολο των μακροσκοπικών μορφών ενέργειας ονομάζεται **εξωτερική ενέργεια**.

Μικροσκοπικές μορφές ενέργειας:

Εκείνες που σχετίζονται με τη μοριακή δομή ενός συστήματος, καθώς και με το βαθμό της μοριακής δραστηριότητας και είναι ανεξάρτητες από τα εξωτερικά πλαίσια αναφοράς.

Το άθροισμα όλων των μικροσκοπικών μορφών ενέργειας ονομάζεται **εσωτερική ενέργεια, U**.

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μακροσκοπική Ενέργεια (Εξωτερική)

Σχετίζεται με την κίνηση και με την επενέργεια εξωτερικών επιδράσεων, όπως η βαρύτητα, ο μαγνητισμός, ο ηλεκτρισμός και η επιφανειακή τάση.

Εδώ θα ασχοληθούμε κυρίως με την κινητική ενέργεια (επίδραση κίνησης) και τη δυναμική ενέργεια (επίδραση ύψους του κέντρου βάρους του συστήματος)!

Κινητική ενέργεια, $E_{κιν}$: η ενέργεια την οποία κατέχει ένα σύστημα, ως αποτέλεσμα της κίνησης του σχετικά με κάποιο πλαίσιο αναφοράς.

$$E_{κιν} = m \cdot \frac{v^2}{2} \quad [kJ]$$

ή ανά μονάδα μάζας:

$$e_{κιν} = \frac{E_{κιν}}{m} = \frac{v^2}{2} \quad [kJ / kg]$$

Όπου v είναι η ταχύτητα του συστήματος ως προς κάποιο σταθερό σύστημα αναφοράς.

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μακροσκοπική Ενέργεια (Εξωτερική)

Η κινητική ενέργεια ενός περιστρεφόμενου στερεού σώματος δίνεται από τη σχέση:

$$E_{κιν} = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 \quad [kJ]$$

Όπου I είναι η ροπή αδράνειας του σώματος και ω η γωνιακή ταχύτητα.

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μακροσκοπική Ενέργεια (Εξωτερική)

Δυναμική ενέργεια, $E_{\delta\upsilon\nu}$: η ενέργεια που κατέχει ένα σύστημα ως αποτέλεσμα της υψομετρικής του θέσης εντός ενός βαρυτικού πεδίου.

$$E_{\delta\upsilon\nu} = m \cdot g \cdot z \quad [kJ]$$

ή ανά μονάδα μάζας:

$$e_{\delta\upsilon\nu} = \frac{E_{\delta\upsilon\nu}}{m} = g \cdot z \quad [kJ/kg]$$

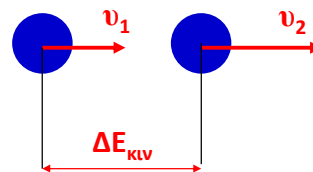
Όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

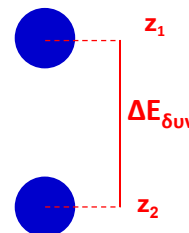
Μακροσκοπική Ενέργεια (Εξωτερική)

Η αριθμητική τιμή της μεταβολής τόσο της (Α) μεταφορικής κινητικής ενέργειας όσο και της (Β) βαρυτικής δυναμικής ενέργειας εξαρτάται μόνο από τις οριακές καταστάσεις 1 και 2 του συστήματος:

$$(A) \Delta E_{\kappa\iota\nu} = E_{\kappa\iota\nu,2} - E_{\kappa\iota\nu,1} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (u_2^2 - u_1^2) = \Delta \left(\frac{m \cdot u^2}{2} \right)$$



$$(B) \Delta E_{\delta\upsilon\nu} = E_{\delta\upsilon\nu,2} - E_{\delta\upsilon\nu,1} = m \cdot g \cdot (z_2 - z_1) = \Delta(m \cdot g \cdot z)$$



Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μακροσκοπική Ενέργεια (Εξωτερική)

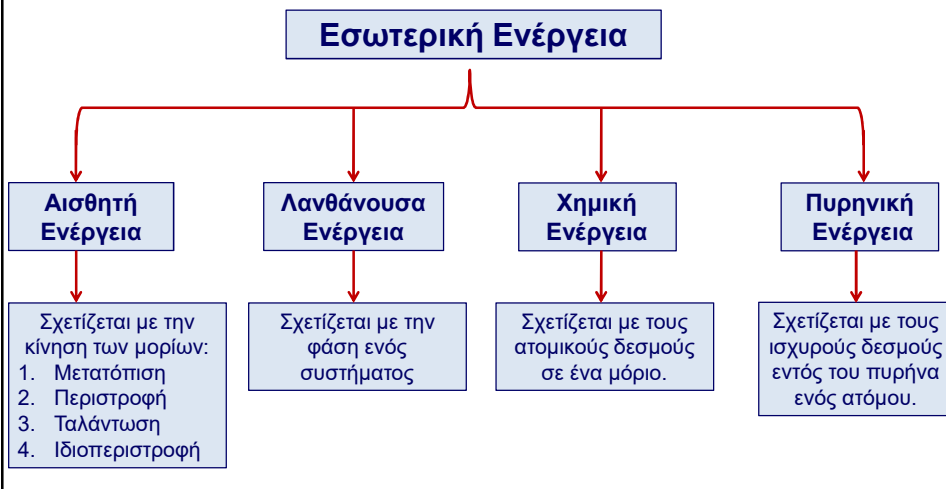
Οι τιμές τόσο της κινητικής, $E_{\text{κιν}}$, όσο και της δυναμικής $E_{\text{δυν}}$, ενέργειας:

- Είναι ανεξάρτητες από τη φύση του συστήματος (συνεπώς, πρόκειται για μηχανικές ιδιότητες).
- Εξαρτώνται από την έκταση του συστήματος (συνεπώς, πρόκειται για εκτατικές ιδιότητες).
- Καθορίζονται σε σχέση με ένα επιλεγμένο σύστημα αναφοράς.
 - i. Η $E_{\text{κιν}}$ θεωρείται ότι είναι μηδέν, όταν η σχετική ταχύτητα του συστήματος ως προς τη Γη είναι μηδέν.
 - ii. Η $E_{\text{δυν}}$ θεωρείται ότι είναι μηδέν, όταν το σύστημα είναι σε κάποιο καθορισμένο ύψος αναφοράς (π.χ. στην επιφάνεια της θάλασσας).

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μικροσκοπική Ενέργεια (Εσωτερική)

Η εσωτερική ενέργεια ορίζεται ως το άθροισμα όλων των μικροσκοπικών μορφών της ενέργειας ενός συστήματος. Σχετίζεται με τη μοριακή δομή και το βαθμό της μοριακής δραστηριότητας.

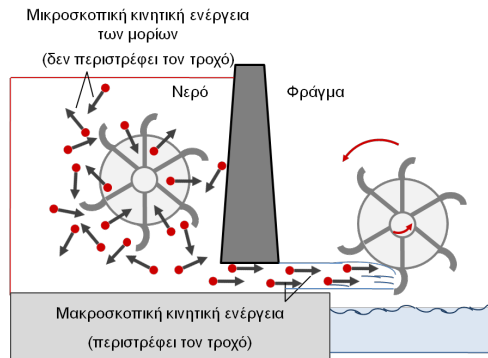


Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μακροσκοπική και Μικροσκοπική Ενέργεια

Απαιτείται διαχωρισμός ανάμεσα στη μακροσκοπική κινητική ενέργεια ενός αντικειμένου ως συνόλου και στις μικροσκοπικές κινητικές ενέργειες των μορίων του που συνιστούν την αισθητή εσωτερική ενέργεια ενός αντικειμένου.

- Η κινητική ενέργεια ενός αντικειμένου είναι μια οργανωμένη μορφή ενέργειας, η οποία σχετίζεται με τη πειθαρχημένη κίνηση όλων των μορίων προς μία κατεύθυνση σε μία ευθύγραμμη διαδρομή ή γύρω από έναν άξονα.
- Οι κινητικές ενέργειες των μορίων είναι εξ ολοκλήρου τυχαίες και πλήρως αποδιοργανωμένες.

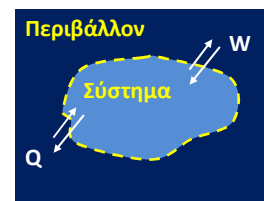


Η οργανωμένη μορφή ενέργειας είναι πολυτιμότερη της ενέργειας σε άτακτη μορφή και μια σημαντική περιοχή εφαρμογής της θερμοδυναμικής είναι **η μετατροπή των μη οργανωμένων μορφών ενέργειας (θερμότητα) σε οργανωμένες (έργο).**

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μεταφορά ενέργειας

Η ενέργεια μπορεί να διαπερνά το όριο ενός συστήματος σε δυο διαφορετικές μορφές: **Θερμότητα** και **Έργο**.



Η διάκριση μεταξύ των δύο αυτών μορφών ενέργειας είναι σημαντική και η κατανόησή τους απαραίτητη ώστε να διαμορφώσουμε ένα ισχυρό υπόβαθρο για την ανάπτυξη των νόμων της θερμοδυναμικής.

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μεταφορά Ενέργειας μέσω θερμότητας

Η θερμότητα ορίζεται ως η μορφή της ενέργειας που μεταφέρεται μεταξύ δύο συστημάτων (ή ενός συστήματος και του περιβάλλοντος του) λόγω μιας διαφοράς θερμοκρασίας. Μονάδες θερμότητας: kJ

Δεν μπορεί να υπάρξει μεταφορά θερμότητας μεταξύ δύο συστημάτων, εάν αυτά βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία.

Μια διεργασία κατά τη διάρκεια της οποίας δεν υπάρχει μεταφορά θερμότητας ονομάζεται αδιαβατική διεργασία (προέρχεται από τη λέξη αδιάβατος = αδιαπέραστος):

- Το σύστημα είναι επαρκώς μονωμένο.
- Το σύστημα και το περιβάλλον του βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία.

Αδιαβατική διεργασία **X** ισόθερμη διεργασία

Ακόμα και αν δεν υπάρχει μεταφορά θερμότητας κατά τη διάρκεια μιας αδιαβατικής διεργασίας, το ενεργειακό περιεχόμενο και επομένως η θερμοκρασία ενός συστήματος μπορούν να μεταβληθούν μέσω έργου.

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

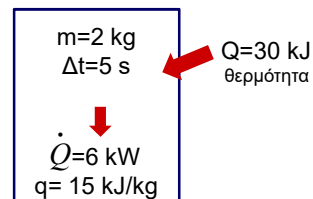
Μεταφορά Ενέργειας μέσω θερμότητας

Το ποσό θερμότητας που μεταφέρεται κατά τη διάρκεια μιας διεργασίας μεταξύ δύο καταστάσεων συμβολίζεται ως Q . Μονάδες θερμότητας: kJ

Η μεταφορά θερμότητας ανά μονάδα μάζας για ένα σύστημα συμβολίζεται ως q :

$$q = \frac{Q}{m} \quad [\text{kJ} / \text{kg}]$$

Το ποσό θερμότητας που μεταφέρεται ανά μονάδα χρόνου ονομάζεται ρυθμός μεταφοράς θερμότητας, $\dot{Q}$. Μονάδες ρυθμού μεταφοράς θερμότητας: kJ / s ή kW .



Σχέσεις μεταξύ των ποσοτήτων q , Q και $\dot{Q}$

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μεταφορά ενέργειας μέσω θερμότητας

Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω τριών μηχανισμών:

1. **Αγωγή:** Η μεταφορά ενέργειας από τα πιο ενεργητικά σωματίδια μιας ουσίας προς τα γειτονικά, λιγότερο ενεργητικά σωματίδια, ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ των σωματιδίων.
2. **Συναγωγή:** Η μεταφορά ενέργειας μεταξύ μιας στερεάς επιφάνειας και του γειτνιάζοντος ρευστού που βρίσκεται σε κίνηση και εμπεριέχει τις συνδυασμένες επιδράσεις της αγωγής και της κίνησης του ρευστού.
3. **Ακτινοβολία:** Η μεταφορά ενέργειας που οφείλεται στην εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (ή φωτονίων).

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μεταφορά ενέργειας μέσω έργου

Το έργο, όπως η θερμότητα, αποτελεί μια ενεργειακή αλληλεπίδραση μεταξύ ενός συστήματος και του περιβάλλοντος του. Εάν η ενέργεια που διαπερνά το όριο ενός κλειστού συστήματος δεν είναι θερμότητα, πρέπει να είναι έργο.

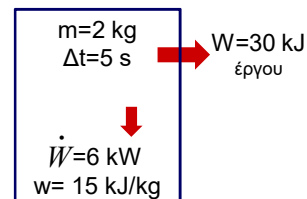
Το έργο αποτελεί μία μεταφορά ενέργειας που σχετίζεται με κάποια δύναμη η οποία ενεργεί από απόσταση (π.χ. ένα ανυψούμενο έμβολο, μια περιστρεφόμενη ράβδος ή ένα ηλεκτροφόρο καλώδιο που διαπερνά το όριο ενός συστήματος).

Το έργο που επιτελείται κατά τη διάρκεια μιας διεργασίας μεταξύ δύο καταστάσεων συμβολίζεται ως W . Μονάδες έργου: kJ

Το έργο που επιτελείται ανά μονάδα μάζας ενός συστήματος συμβολίζεται ως w :

$$w = \frac{W}{m} \quad [\text{kJ} / \text{kg}]$$

Το έργο που επιτελείται ανά μονάδα χρόνου ονομάζεται ισχύς και συμβολίζεται με $\dot{W}$.
Μονάδα μέτρησης της ισχύος: kJ/s ή kW .



Σχέσεις μεταξύ των ποσοτήτων w , W και $\dot{W}$

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Παραδείγματα:

- 2.1 Μια ηλεκτρική θερμάστρα ισχύος 2kW που βρίσκεται σε ένα δωμάτιο, τίθεται σε λειτουργία και λειτουργεί για 50 min. Η ποσότητα ενέργειας που μεταφέρεται στο δωμάτιο από τη θερμάστρα είναι:
(α) 2kJ, (β) 100 kJ, (γ) 3000 kJ, (δ) 6000 kJ, (ε) 12000kJ

Λύση:

Η ισχύς εκφράζει το έργο που επιτελείται ανά μονάδα χρόνου.

Συνεπώς, $2KW = W/t \Rightarrow 2kJ/s = W/50min \cdot 60s \Rightarrow W = 6000kJ$.

Άρα η σωστή απάντηση είναι η (δ)

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μορφές έργου

Μηχανικές μορφές έργου:

- Έργο περιστροφής άξονα
- Έργο ελατηρίου
- Παραγόμενο έργο σε ελαστικές στερεές ράβδους
- Έργο διάτασης υγρού υμενίου
- Έργο για ανύψωση ή επιτάχυνση ενός σώματος

Μη μηχανικές μορφές έργου:

- Ηλεκτρικό έργο
- Μαγνητικό έργο
- Έργο ηλεκτρικής πόλωσης

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μορφές έργου

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι παραγωγής έργου, καθένας από τους οποίους σχετίζεται με κάποια δύναμη που δρα από απόσταση.

Στη βασική μηχανική, το έργο που παράγεται από μία σταθερή δύναμη F σε ένα σώμα που μετατοπίζεται κατά απόσταση s και κατά τη διεύθυνση της δύναμης, δίνεται από τη σχέση:

$$W = F \cdot s$$

Εάν η δύναμη F δεν παραμένει σταθερή, τότε το έργο που παράγεται υπολογίζεται αθροίζοντας (δηλ. ολοκληρώνοντας) τα διαφορικά ποσά έργου $\delta W = F \cdot ds$:

$$W = \int_1^2 F \cdot ds$$

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μορφές έργου

Έργο περιστροφής άξονα

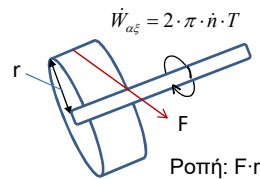
Το έργο που μεταφέρεται με την περιστροφή ενός άξονα.

$$W_{\alpha\xi} = F \cdot s$$

$$T = F \cdot r \Rightarrow F = \frac{T}{r}$$

$$s = (2\pi r) \cdot n$$

$$W_{\alpha\xi} = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot T \quad [kJ]$$



Όπου : F: η δύναμη που δρα μέσω ενός βραχίονα ακτίνας r αναπτύσσοντας μία ροπή T
s: η απόσταση από την οποία δρα η δύναμη

T: η ροπή που εφαρμόζεται στην άτρακτο

r: η ακτίνα περιστροφής

n: ο αριθμός των περιστροφών

Το παραγόμενο αξονικό έργο ανά μονάδα χρόνου εκφράζει την ισχύ που μεταδίδεται μέσω του άξονα :

$$\dot{W}_{\alpha\xi} = 2 \cdot \pi \cdot \dot{n} \cdot T \quad [kJ]$$

Όπου $\dot{n}$ ο αριθμός των περιστροφών ανά μονάδα χρόνου

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μορφές έργου

Έργο ελατηρίου

Το έργο που παράγεται κατά τη μεταβολή του μήκους ενός ελατηρίου, υπό την επίδραση μιας δύναμης F .

$$\delta W_{\varepsilon\lambda} = F \cdot dx$$

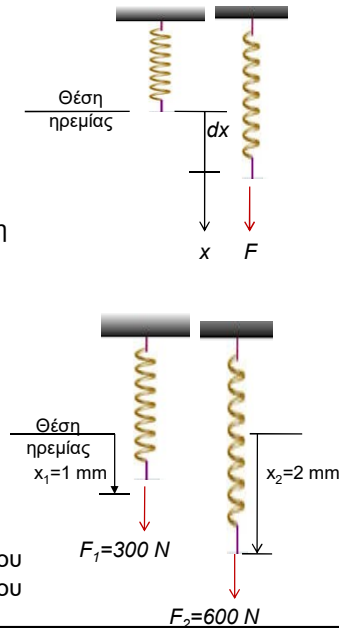
Για γραμμικά ελατήρια, η μετατόπιση x είναι ανάλογη της εφαρμοζόμενης δύναμης:

$$F = k \cdot x \quad [kN]$$

Όπου k η σταθερά του ελατηρίου (kN/m)

$$W_{\varepsilon\lambda} = \int_{x_1}^{x_2} k \cdot x \cdot dx \Rightarrow W_{\varepsilon\lambda} = \frac{1}{2} \cdot k \cdot (x_2^2 - x_1^2) \quad [kJ]$$

όπου x_1 και x_2 η αρχική και η τελική μετατόπιση του ελατηρίου μετρούμενες από την αρχική θέση ηρεμίας του ελατηρίου.



Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μορφές έργου

Παραγόμενο έργο σε ελαστικές στερεές ράβδους

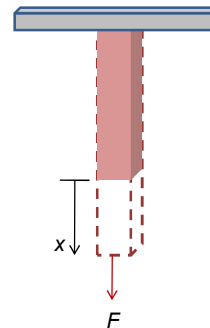
Το έργο που παράγεται κατά τη επιμήκυνση ή τη συστολή μιας ελαστικής στερεάς ράβδου, υπό την επίδραση μιας δύναμης F .

$$W_{\varepsilon\lambda\alpha\sigma\tau} = \int_1^2 F \cdot dx = \int_1^2 \sigma_n \cdot A \cdot dx \quad [kJ]$$

Όπου $\sigma_n = F/A$ η κάθετη μηχανική καταπόνηση (kN/m²)

A το εμβαδό διατομής της ράβδου

Μονάδες πίεσης



Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μορφές έργου

Έργο διάτασης υγρού υμενίου (ή έργο επιφανειακής τάσης)

Το έργο που σχετίζεται με τη διάταση ενός υγρού υμενίου.

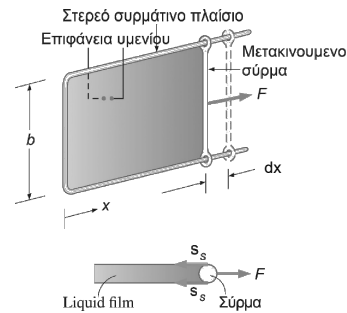
$$W_s = \int_1^2 \sigma_s \cdot dA \quad [kJ]$$

Όπου $\sigma_s = F/2b$ η δύναμη επιφανειακής τάσης ανά μονάδα μήκους (N/m)

F η δύναμη που εφαρμόζεται στο κινούμενο σύρμα ως αποτέλεσμα της επιφανειακής τάσης

$dA = 2b \cdot dx$ η μεταβολή του εμβαδού της επιφάνειας του υμενίου

Ο παράγοντας 2 οφείλεται στο γεγονός ότι το υμένιο εμφανίζει δύο επιφάνειες διεπαφής με τον αέρα



Διάταση ενός υγρού υμενίου χρησιμοποιώντας ένα κινούμενο σύρμα

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μορφές έργου

Έργο που δαπανάζεται για την ανύψωση ενός σώματος

Το έργο που απαιτείται για την ανύψωση ενός σώματος ισούται με τη μεταβολή στη δυναμική ενέργεια του σώματος.

$$\delta W = F \cdot dz = m \cdot g \cdot dz$$

Όπου: m η μάζα του συστήματος

g η επιτάχυνση της βαρύτητας

dz η κατακόρυφη απόσταση που διανύθηκε

$$W_{\text{βαρ}} = W_{1-2} = \int_1^2 m \cdot g \cdot dz = m \cdot g \cdot (z_2 - z_1)$$



Το $W_{\text{βαρ}}$ εξαρτάται μόνο από την τελική και αρχική κατάσταση (ανεξάρτητο της διαδρομής).

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μορφές έργου

Έργο που δαπανάται για την επιτάχυνση ενός σώματος

Το έργο που απαιτείται για την επιτάχυνση ενός σώματος ισούται με τη μεταβολή στη κινητική ενέργεια του σώματος.

$$\delta W_a = F \cdot ds = m \cdot a \cdot ds$$

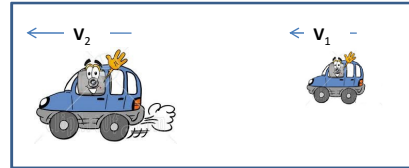
Όπου : m η μάζα του συστήματος

$a = dv/dt$ η επιτάχυνση του συστήματος

$ds = v \cdot dt$ η απόσταση που διανύθηκε

v η ταχύτητα του συστήματος

$$W_a = W_{1-2} = \int_1^2 m \cdot a \cdot ds = \int_1^2 \left(m \frac{dv}{dt} \right) (v \cdot dt) = m \int_1^2 v dv \Rightarrow W_a = \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2)$$



Το W_a εξαρτάται μόνο από την τελική και αρχική κατάσταση (ανεξάρτητο της διαδρομής).

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μορφές έργου

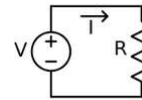
Ηλεκτρικό έργο

Το έργο που απαιτείται για να κινηθεί ένα μικρό ποσό ηλεκτρικού φορτίου N , διαμέσου μιας διαφοράς δυναμικού V σε ένα ηλεκτρικό πεδίο.

$$\delta W_{\eta\lambda} = V \cdot dN$$

Όπου : V η διαφορά δυναμικού (τάση) [Volt]

N το φορτίο [Coulomb]



Διαίρεση με dt δίνει ηλεκτρική ισχύ:

$$\dot{W}_{\eta\lambda} = \frac{\delta W_{\eta\lambda}}{dt} = V \frac{dN}{dt} = V \cdot I$$

Όπου : I η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (το πλήθος των ηλεκτρικών φορτίων που ρέουν στη μονάδα του χρόνου [Ampere]).

$$W_{\eta\lambda} = W_{1-2} = \int_1^2 V \cdot dN \Rightarrow W_{\eta\lambda} = \int_1^2 V \cdot I \cdot dt$$

Το ηλεκτρικό έργο που παράγεται κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος dt

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μορφές έργου

Παραδείγματα

- 2.2. Ένας γερανός Α χρειάζεται 20 δευτερόλεπτα για την ανύψωση βάρους 100kg σε ύψος 20m ενώ ο γερανός Β χρειάζεται 15 δευτερόλεπτα για την ίδια ακριβώς εργασία. Το έργο που παράγει ο γερανός Α W_A σε σύγκριση με το έργο που παράγει ο γερανός Β, W_B είναι:

(α) $W_A < W_B$

(β) $W_A > W_B$

(γ) $W_A = W_B$

Απάντηση:

Το αν ο γερανός Α ανυψώνει αργότερα το βάρος απ' ό,τι ο Β έχει να κάνει με την ισχύ του γερανού και όχι με το έργο που εκτελεί.

Το έργο είναι το ίδιο και ίσο με:

$$W_A = mg\Delta z = 100 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ (m/s}^2\text{)} \cdot 20 \text{ m} = 19600 \text{ J} = 19,6 \text{ kJ}$$

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μορφές έργου

Παραδείγματα

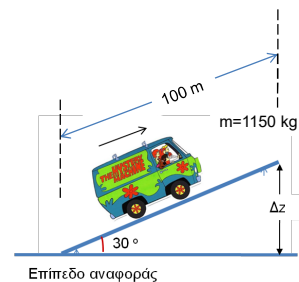
- 2.3. Να υπολογιστεί η ισχύς που απαιτείται για την επιτάχυνση ενός αυτοκινήτου μάζας 900 kg από την πλήρη ηρεμία σε ταχύτητα 80 km/h σε 10 δευτερόλεπτα, όταν κινείται σε επίπεδο δρόμο.

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μορφές έργου

Παραδείγματα

- 2.4. Να υπολογίσετε την ισχύ που απαιτείται ώστε ένα αυτοκίνητο μάζας 1150 kg να διανύσει μια απόσταση 100 m σε ανηφορική διαδρομή κλίσης 30° (ως προς το οριζόντιο επίπεδο) σε 12 s, στις εξής περιπτώσεις:
- (α) με σταθερή ταχύτητα
 - (β) από την ακινησία σε μια τελική ταχύτητα 30 m/s
 - (γ) από μία αρχική ταχύτητα 35 m/s σε μια τελική ταχύτητα 5 m/s.
- Να θεωρήσετε τη τριβή και την αντίσταση του αέρα αμελητέα.



Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Τυπική σύμβαση προσήμου

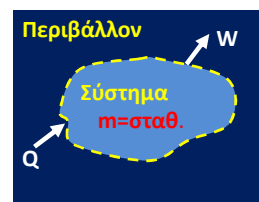
Η μεταφορά θερμότητας προς ένα σύστημα και το έργο που παράγεται από ένα σύστημα είναι θετικά.

Η μεταφορά θερμότητας από ένα σύστημα προς το περιβάλλον του και το έργο που επιτελείται σε ένα σύστημα είναι αρνητικά.

Εναλλακτικά προτείνεται η χρήση δεικτών, *in* και *out* (π.χ., W_{in} : έργο εισόδου και Q_{out} : απώλεια θερμότητας).

$$Q_{in} > 0, W_{out} > 0$$

$$Q_{out} < 0, W_{in} < 0$$



Σημείωση: Η θερμότητα και το έργο αποτελούν *μηχανισμούς μεταφοράς ενέργειας* μεταξύ ενός συστήματος και του περιβάλλοντος του, και όχι ιδιότητες του συστήματος.

Ομοιότητες έργου - θερμότητας:

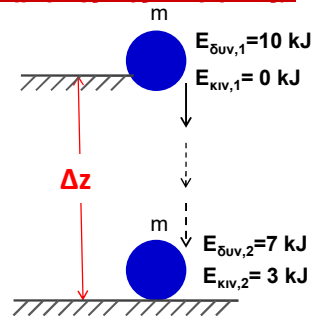
- Είναι (συν)οριακά φαινόμενα.
- Σχετίζονται με μια διεργασία και όχι με μία κατάσταση.
- Τα συστήματα κατέχουν ενέργεια, αλλά όχι θερμότητα ή έργο.

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής (αρχή διατήρησης της ενέργειας)

Η ενέργεια δε μπορεί ούτε να δημιουργηθεί, ούτε να καταστραφεί, κατά τη διάρκεια μιας διεργασίας. Η ενέργεια μπορεί μόνο να αλλάξει μορφές.

Για όλες τις αδιαβατικές διεργασίες (οι οποίες δεν εμπεριέχουν κάποια μεταφορά θερμότητας) ανάμεσα σε δυο καθορισμένες καταστάσεις ενός κλειστού συστήματος, το τελικό παραγόμενο έργο είναι το ίδιο, ανεξάρτητα από τη φύση του κλειστού συστήματος και τις λεπτομέρειες της διεργασίας.



Η μεταβολή της ολικής ενέργειας ισούται με το τελικό παραγόμενο έργο.

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής- Ισοζύγιο Ενέργειας

Η τελική μεταβολή (αύξηση ή μείωση) της ολικής ενέργειας ενός συστήματος κατά τη διάρκεια μιας διεργασίας ισούται με τη διαφορά μεταξύ της συνολικής εισερχόμενης ενέργειας στο σύστημα και της συνολικής εξερχόμενης ενέργειας από το σύστημα κατά τη διάρκεια αυτής της διεργασίας.

$$\left(\begin{array}{c} \text{Ολική ενέργεια} \\ \text{εισερχόμενη} \\ \text{στο σύστημα} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Ολική ενέργεια} \\ \text{εξερχόμενη} \\ \text{από το σύστημα} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Συνολική μεταβολή} \\ \text{της ενέργειας} \\ \text{του συστήματος} \end{array} \right)$$

$$E_{in} - E_{out} = \Delta E_{system}$$

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής- Ενεργειακή μεταβολή συστήματος

$$\left(\begin{array}{c} \text{Ενεργειακή} \\ \text{μεταβολή} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Ενέργεια στην} \\ \text{τελική κατάσταση} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Ενέργεια στην} \\ \text{αρχική κατάσταση} \end{array} \right)$$

$$\Delta E_{\text{system}} = E_{\text{final}} - E_{\text{initial}} = E_2 - E_1$$

Σημείωση: Η ενέργεια είναι μια θερμοδυναμική ιδιότητα και η τιμή μιας ιδιότητας δεν μεταβάλλεται παρά μόνον εάν μεταβληθεί η κατάσταση του συστήματος => $\Delta E_{\text{syst}}=0$ εάν η κατάσταση του συστήματος δεν μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της διεργασίας!

Απουσία ηλεκτρικών, μαγνητικών και επιφανειακής τάσης επιδράσεων (απλά συμπίεστά συστήματα):

$$\Delta E = \Delta U + \Delta E_{\text{κιν}} + \Delta E_{\text{δυν}}$$

όπου: $\Delta U = m(u_2 - u_1), \Delta E_{\text{κιν}} = \frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2), \Delta E_{\text{δυν}} = mg(z_2 - z_1)$

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής- Ενεργειακή μεταβολή συστήματος

$$\Delta E = \Delta U + \Delta E_{\text{κιν}} + \Delta E_{\text{δυν}}$$

όπου: $\Delta U = m(u_2 - u_1), \Delta E_{\text{κιν}} = \frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2), \Delta E_{\text{δυν}} = mg(z_2 - z_1)$

➤ Όταν η αρχική και τελική κατάσταση ενός συστήματος είναι καθορισμένες οι τιμές των u_1 και u_2 μπορούν να προσδιοριστούν από Πίνακες ιδιοτήτων ή μέσω θερμοδυναμικών σχέσεων.

➤ Για σταθεροποιημένα συστήματα ισχύει $\Delta E_{\text{κιν}} = \Delta E_{\text{δυν}} = 0$:

$$\Delta E = \Delta U$$

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Μηχανισμοί Μεταφοράς Ενέργειας, E_{in} και E_{out} :

- Η ενέργεια μπορεί να μεταφέρεται από και προς ένα σύστημα με τρεις μορφές: *Θερμότητα, Έργο και Ροή Μάζας*.
- Η καθαρή μεταφορά μιας ποσότητας ισούται με τη διαφορά μεταξύ των ποσοτήτων που μεταφέρονται από και προς το σύστημα.



$$E_{in} - E_{out} = (Q_{in} - Q_{out}) + (W_{in} - W_{out}) + (E_{mass,in} - E_{mass,out}) = \Delta E_{system} \quad [kJ]$$

Συνολική μεταφορά
ενέργειας μέσω θερμότητας,
έργου, ροής μάζας

Μεταβολή εσωτερικής,
κινητικής, δυναμικής κ.λ.π.
ενέργειας

ή στη μορφή ρυθμού μεταβολής: $\dot{E}_{in} - \dot{E}_{out} = dE_{system}/dt \quad [kW]$

ή ανά μονάδα μάζας: $e_{in} - e_{out} = \Delta e_{system} \quad [kJ/kg]$

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Παραδείγματα:

- 2.5 Ένας ανεμιστήρας, που όταν λειτουργεί καταναλώνει 20 W ηλεκτρικής ισχύος, φέρεται να μπορεί να επιτύχει απορροφή αέρα ενός δωματίου με ρυθμό 1.0 kg/s και με ταχύτητα 8 m/s. Σωστό ή λάθος;

Ανάλυση

Ένας ανεμιστήρας φέρεται ότι αυξάνει την ταχύτητα του αέρα σε μια καθορισμένη τιμή, καταναλώνοντας ηλεκτρική ισχύ με ένα καθορισμένο ρυθμό. Θέλουμε να διερευνήσουμε την ορθότητα αυτού του ισχυρισμού.

Εμπλεκόμενες ενεργειακές μετατροπές:

- Μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανικό έργο άξονα.
- Μετατροπή μηχανικού έργου άξονα σε κινητική ενέργεια.

Όγκος ελέγχου: ανεμιστήρας-κινητήρας

Θεωρούμε ότι δεν έχουμε απώλειες θερμότητας

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Παραδείγματα:

- 2.7 Μία αίθουσα διδασκαλίας η οποία περιέχει συνήθως 40 άτομα πρόκειται να κλιματιστεί με χρήση κλιματιστικών μονάδων, κάθε μία από τις οποίες έχει ικανότητα ψύξης 5kW. Ένα άτομο σε ακινησία εκλύει θερμότητα με έναν ρυθμό 360 kJ/h. Στην αίθουσα υπάρχουν 10 λαμπτήρες, καθένας με ονομαστική ισχύ 100 W. Ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας στην αίθουσα διαμέσου των τοιχωμάτων και των παραθύρων εκτιμάται να είναι 15000 kJ/h. Εάν ο αέρας της αίθουσας πρόκειται να διατηρείται σε μια σταθερή θερμοκρασία 21 °C, να προσδιορίσετε το πλήθος των κλιματιστικών μονάδων που απαιτούνται.

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Συντελεστές απόδοσης ενεργειακών μετατροπών

Η αποδοτικότητα ή απόδοση δείχνει πόσο καλά επιτυγχάνεται μια μετατροπή ενέργειας ή μια διεργασία μεταφοράς:

$$\text{Απόδοση} = \frac{\text{Επιθυμητή έξοδος}}{\text{Απαιτούμενη είσοδος}}$$

Παραδείγματα:

(α) Η απόδοση ενός ηλεκτρικού θερμοσίφωνα:

$$\text{Απόδοση} = \frac{\text{Ενέργεια που αποδίδεται στο οικιακό περιβάλλον με τη μορφή ζεστού νερού}}{\text{Ενέργεια με την οποία τροφοδοτείται ο θερμοσίφωνας}}$$

(β) Η απόδοση ενός ηλεκτρικού λαμπτήρα:

$$\text{Απόδοση} = \frac{\text{Ενέργεια που μετατρέπεται σε φως}}{\text{Ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται}}$$

(γ) Η απόδοση μιας μαγειρικής συσκευής:

$$\text{Απόδοση} = \frac{\text{Ωφέλιμη ενέργεια που μεταφέρεται στη τροφή}}{\text{Ενέργεια που καταναλώνεται από τη συσκευή}}$$

Ενέργεια και Μεταφορά Ενέργειας

Συντελεστές απόδοσης ενεργειακών μετατροπών

Η απόδοση μιας διάταξης η οποία περιλαμβάνει την καύση ενός καυσίμου στηρίζεται στη **θερμογόνο δύναμη (θερμαντική αξία) του καυσίμου**, που είναι το ποσό της θερμότητας που απελευθερώνεται κατά τη πλήρη καύση μιας μοναδιαίας ποσότητας καυσίμου σε θερμοκρασία δωματίου.

Συντελεστής (βαθμός) απόδοσης κάυσης:

$$\eta_{\text{κάυσης}} = \frac{\text{Ποσό θερμότητας που απελευθερώνεται κατά την καύση}}{\text{Θερμαντική αξία καυσίμου}}$$

