

Περί Έρχου - Ενέργειας - Ισχύος

A. η Ενέργεια

A. Ζαητή

Σύμφωνα με την επικρατούσα άποψη ο συνδυασμός Ενέργειας και Ύλης αποτελεί το Σύνολον.

Την έννοια της Ύλης είναι εύκολο να τη συλλάβουμε, επειδή η ύλη έχει μάλα κατέχει χώρο και πολλές φορές μπορούμε να τη δούμε να τη μυρίσουμε και να την αισθανθούμε.

Αντίθετα, η Ενέργεια είναι μία αφηρημένη και πολύπλοκη επιστημονική έννοια και είναι μάλλον δύσκολο να δώσουμε έναν ορισμό που να την περιγράφει αυριβώς.

Διαχρονικά, από τα πρώτα χρόνια της βιομηχανικής επανάστασης μέχρι και σήμερα, οι προσπάθειες να οριστεί με αυριβεία η ενέργεια συνεχίζονται με αποτέλεσμα, κατά καιρούς, να προκύψουν διάφοροι ορισμοί. Σήμερα στις τρεις πρώτες βαθμίδες της εκπαίδευσης [Δημοτικό, Γυμνάσιο και Λύκειο] στην ενέργεια αποδίδεται ο ορισμός:

Ένέργεια είναι η ικανότητα ενός υλικού σώματος να προκαλεί μεταβολές στον εαυτό του ή στο περιβάλλον του.

Πέρα όμως από τον ορισμό της ενέργειας, πεντε βασικά χαρακτηριστικά της συνιστούν τον "πυρήνα" του περιεχομένου της.

Ως χαρακτηριστικά της ενέργειας αναγνωρίζονται: η μετατροπή, η μεταφορά, η αποθήκευση, η υποβάθμιση και η διατήρηση.

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό, αυτό που σ' ένα σώμα χαρακτηρίζεται ως ενέργεια αναφέρεται στην ικανότητα του σώματος να προκαλεί μεταβολές. Προκειμένου δε να επισημάνουμε ποιός είναι σε κάθε περίπτωση ο πα-

ράχοντας που δίνει στο σώμα αυτή την καχύποπτα ή ποιά είναι η προέλευσή του, χρησιμοποιούμε μπροστά από τη λέξη ενέργεια συσκευασμένους επιθετικούς προσδιορισμούς. Π.χ, λέμε ότι ένα σώμα έχει: Κινητική ενέργεια, Δυναμική ενέργεια, θερμική ενέργεια κ.τ.λ.

Για να επισημάνουμε δε ότι ο παράχοντας που δίνει τη δυνατότητα σ' ένα σώμα, που λέμε ότι έχει ενέργεια, να προαλεί μεταβολές, δεν είναι πάντοτε ο ίδιος ή ότι δεν έχει την ίδια προέλευση λέμε ότι "στη φύση υπάρχουν πολλές μορφές ενέργειας".

Γενικά, η ύπαρξη της ενέργειας εκδηλώνεται κατά τη διάρκεια των διαφόρων μεταβολών.

Με βάση δε τις μεταβολές που παρατηρούμε γίνεται και η διάκριση της ενέργειας σε διάφορες μορφές. Διαπιστώνεται όμως ότι όλες οι μορφές ενέργειας που μπορούμε να διακρίνουμε στο Σύμπαν που ζούμε ανάγονται τελικά σε δύο μορφές: την Κινητική και τη Δυναμική.

Η Κινητική και η Δυναμική αποτελούν τις δύο θεμελιώδεις μορφές ενέργειας.

Γενικά, Κινητική ενέργεια έχει ένα σώμα ή ένα υλικό σύστημα εφόσον η δυνατότητα (ικανότητα) του σώματος ή του συστήματος να προαλεί μεταβολές οφείλεται στο ότι στο σώμα ή στο σύστημα παρατηρείται το φαινόμενο της κίνησης.

Όσον αφορά τη Δυναμική ενέργεια στις δύο πρώτες βαθμίδες της εκπαίδευσης (Δημοτικό - Γυμνάσιο) ως "Δυναμική ενέργεια χαρακτηρίζεται η αποθηκευμένη ενέργεια που έχει ένα σώμα εξαιτίας της θέσης ή της κατάστασης στην οποία βρίσκεται."

Στην τρίτη βαθμίδα της εκπαίδευσης όμως, (στο Λύκειο) ξεσαθαρίζεται ότι η έννοια της Δυναμικής ενέργειας αφορά συστήματα σωμάτων και ότι μόνον κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις μπορεί να αναφέρεται - καταχρηστικά -

και σε σώματα. Συγκεκριμένα λέμε ότι "Δυναμική ενέργεια έχει ένα σύστημα σωμάτων τα οποία αλληλεπιδρούν με δυνάμεις διατηρητικές (βαρυτικές - ηλεκτρικές - ελαστικής παραμόρφωσης)".

Αν και για το "τι είναι Ενέργεια" δεν υπάρχει μέχρι σήμερα, ένας ορισμός καθολικά αποδεκτός εκείνο που δίνεται από όλους αποδεκτό είναι ότι κατά τη διάρκεια των διαφόρων μεταβολών η ενέργεια μπορεί να μεταφέρεται από ένα σώμα σ' ένα άλλο ή να μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη.

Επίσης δίνεται αποδεκτό από όλους ότι η ενέργεια στη φύση αποθηκεύεται στα διάφορα διαφόρα υλικά συστήματα [τις αποθήκες ενέργειας τις ονομάζουμε "πηχές ενέργειας"] και ότι κατά τη διάρκεια των διαφόρων μεταβολών η ενέργεια υποβαθμίζεται.

Υποβαθμίζεται δε σημαίνει ότι κατά την χρήση της από τον άνθρωπο - και όχι μόνο - μετατρέπεται διαρκώς σε μορφές που δεν μπορούμε πλέον να τις αξιοποιήσουμε, να τις μετατρέψουμε δηλαδή μέσω μιας μηχανής - συσκευής σε μια άλλη ευκολόχρηστη (χρήσιμη) μορφή της με τελική κατάληξη, πάντα, την αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος· δηλαδή τελικά αυξάνεται η θερμική ενέργεια του αέρα η οποία δεν μπορεί πλέον να μετασχηματιστεί σε κάποια χρήσιμη μορφή ενέργειας [μορφή ενέργειας την οποία θα μπορούσαμε να αξιοποιήσουμε είτε άμεσα είτε προκειμένου να πάρουμε ωφέλιμο μηχανικό έργο].

Σε σχέση με άλλες μορφές ενέργειας, π.χ, τη ηλεκτρική, η θερμική θεωρείται ενέργεια κατώτερη, λιγότερο χρήσιμη· ενέργεια υποβαθμισμένη, λιγότερο πολύτιμη. Αυτό σημαίνει ότι μας δίνει ωφέλιμο έργο λιγότερο από μία ποσοτικά ισοδύναμη ποσότητα, ηλεκτρικής ενέργειας.

[Γενικά, η χρησιμότητα μιας μορφής ενέργειας βαθμολογείται σύμφωνα με το ποσό του έργου που μπορούμε να πάρουμε από αυτή].

Υπάρχει, τέλος, ένα θεώρημα ή αν θέλετε ένας νόμος [μία Αρχή] που δίνει, χωρίς καμία εξαίρεση, όλα τα φαινόμενα που είναι γνωστά μέχρι σήμερα. Ο νόμος αυτός ονομάζεται Διατήρηση της Ενέργειας και αναφέρει ότι υπάρχει μια ορισμένη ποσότητα, την οποία καλούμε ενέργεια και η οποία διατηρείται στις πολύηλικες μεταβολές που γίνονται στη φύση.

Πιο συγκεκριμένα η αρχή αυτή αναφέρει ότι κατά τη διάρκεια των διαφόρων μεταβολών:

"Η ενέργεια δεν παράχεται από το μηδέν και ποτέ δεν εξαφανίζεται (καταστρέφεται - χάνεται)."

Μπορεί να μεταφέρεται από ένα σώμα σ' ένα άλλο ή να μετατρέπεται από μία μορφή σε άλλη.

Κατά τη μεταφορά όμως ή κατά τις μετατροπές η συνολική ποσότητα της ενέργειας διατηρείται σταθερή."

A.Δ.Ε : Εαρχ = Ετελ

Την ενέργεια μπορούμε να την ταξινομήσουμε σε δύο βασικές κατηγορίες.

- α. αποθηκευμένη - κατεχόμενη - ενέργεια.
- β. ενέργεια σε μεταβατική κατάσταση - μεταφερόμενη.

Η αποθηκευμένη διακρίνεται κυρίως σε Δυναμική, Κινητική, Εσωτερική, Χημική και Πυρηνική.

Η ενέργεια σε μεταβατική κατάσταση διακρίνεται σε Θερμότητα και ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Για ένα σώμα ή σύστημα σωμάτων μπορούμε να πούμε ότι έχει, π.χ., Κινητική ή Δυναμική ενέργεια, αλλά δεν μπορούμε να πούμε ότι έχει Θερμότητα ή ακτινοβολία. Μπορούμε να πούμε όμως ότι η ενέργεια μεταφέρεται από ένα σώμα σ' ένα άλλο με τη μορφή Θερμότητας ή με τη μορφή ακτινοβολίας.

Κλείνοντας αυτή τη σύντομη αναφορά στην έννοια της ενέργειας θα πρέπει να τονίσουμε ότι: "αν και στη φυσική σήμερα δεν έχουμε χνώση του τι είναι η Ενέργεια" (Feynman), μέσα από τη συζήτηση και τη μελέτη θεμάτων, όπως καύσιμα, μορφές ενέργειας, μετατροπές ενέργειας κ.τ.λ, μπορούμε να εξοικειωθούμε με την αφηρημένη έννοια της ενέργειας και να οδηγηθούμε σε όλο και βαθύτερη κατανόησή της.

Β. το Έργο

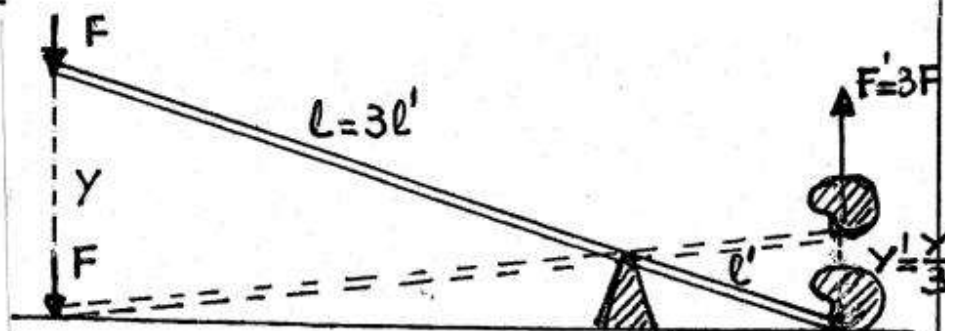
Οι επιστήμονες ανέκαθεν αναρωτιόνταν με ποιόν τρόπο θα μπορούσαν να υπολογίσουν την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα ε' ένα άλλο ή που μετατρέπεται από μία μορφή σε άλλη κατά τη διάρκεια των διαφόρων μεταβολών.

Απάντηση στον προβληματισμό αυτό δόθηκε με την εισαγωγή της έννοιας - μέγεθος ΕΡΓΟ.

Συνήθως, όταν συμβαίνει μεταφορά ή μετατροπή ενέργειας, εμφανίζεται δύναμη που μετακινεί το σημείο εφαρμογής της κατά τη διεύθυνσή της. Εξαιρέση έχουμε στην περίπτωση που ενέργεια μεταφέρεται, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας (θερμότητα) ή με ακτινοβολία.

Η εμπειρία του μοχλού

Από την εμπειρία του μοχλού που είναι πανάρχαια, χνωρίζουμε ότι ενώ με ένα μοχλό μπορούμε να σωθίσουμε την τιμή μιας δύ-



ναμης, όσο κερδίζουμε σε δύναμη το κάνουμε σε μετατόπιση. Μπορούμε με άλλα λόγια, προκειμένου να σηκώσουμε μία βαριά πέτρα, να σηκώσουμε μία

δύναμη στο ένα άκρο του μοχλού και στο άλλο να
3πλασιασει η τιμή της δύναμης και να ανυψωθεί
η πέτρα, αλλά η ανύψωση την οποία θα πετύχουμε
θα είναι 3 φορές μικρότερη από τη μετατόπιση που
εμείςπραχματοποιήσαμε ασκώντας δύναμη στο έ-
να άκρο. Από αυτό, αλλά και από πολλά άλλα παρα-
δείγματα το γενικευμένο συμπέρασμα είναι ότι:

Με μία μηχανή μπορούμε να μεγαλώσουμε μια
δύναμη, αλλά καμία μηχανή δεν μπορεί να μας με-
γαλώσει το χινόμενο "Δύναμη x Μετατόπιση".

Η εμπειρία των καυσίμων

Για να ανυψώσουμε ένα βαρύ αντικείμενο με
βενζινοχερανό μπορούμε, μετά από σχετικές μετρήσεις,
να διαπιστώσουμε εμπειρικά ότι, η ποσότητα του καυ-
σίμου που θα χρειαστεί να ξοδέψουμε είναι ανάλογη
μόνο με το χινόμενο. " Βάρος του αντικειμένου επί το
ύψος στο οποίο το ανεβάσαμε." Αν λάβουμε υπόψιν
δε ότι η δύναμη F που ασκεί ο χερανός για την ανύ-
ψωση του αντικειμένου, με σταθερή ταχύτητα, έχει μέ-
τρο ίσο με το βάρος του αντικειμένου, το γενικευμένο
συμπέρασμα είναι ότι:

το χινόμενο "Δύναμη x Μετατόπιση" είναι ανά-
λογο με την ποσότητα του καυσίμου που ξοδεύτηκε
για να υπάρξει το χινόμενο.

Από την εμπειρία λοιπόν αλλά και από πάρα
πολλές πειραματικές διαπιστώσεις προκύπτει ότι το να
πολλαπλασιάσουμε το μέτρο της ασκούμενης δύνα-
μης δ' ένα αντικείμενο επί την μετατόπιση του αντι-
κειμένου κατά την κατεύθυνση της δύναμης είναι
έναν απλός τρόπος για να υπολογίσουμε την ποσό-
τητα ενός πολύ ενδιαφέροντος "κρίσι" το οποίο με-
ταβιβάζεται από αυτό που ασκεί τη δύναμη στο αντικεί-
μενο. Και αυτό το "κρίσι", που όπως διαπιστώνεται προ-
βίδει στο αντικείμενο την ικανότητα (δυνατότητα)
πρόκλησης μεταβολών, αποτελεί τη μεταβιβαζόμε-
νη ενέργεια.

Συμπέρασμα: το χινόμενο "Δύναμη x Μετα-
τόπιση" μετρά ποσότητα μεταβιβαζόμενης ενέργειας
και λέγεται ΈΡΓΟ της Δύναμης.

Στη χλώσσα της **ΦΥΣΙΚΗΣ**, όταν σ' ένα σώμα ασκείται δύναμη και αυτό έχει σαν συνέπεια τη μεταφορά ή τη μετατροπή ενέργειας λέμε ότι:

1. η δύναμη εκτελεί έργο.
2. η ενέργεια μεταφέρεται ή μετατρέπεται μέσω έργου ή μέσω του έργου της ασκούμενης δύναμης.
3. Υπό την προϋπόθεση ότι η δύναμη είναι σταθερή και το σώμα στο οποίο ασκείται μετατοπίζεται κατά τη διεύθυνσή της το έργο ορίζεται ως (ή έργο ονομάζεται) το χινόμενο του μέτρου της δύναμης επί τη μετατόπιση του σώματος.

Επομένως $W = F \cdot x$.

Το έργο μετρά ποσότητα ενέργειας και κατά συνέπεια η μονάδα μέτρησης του έργου, στο **S.I.**, είναι αυτή της ενέργειας, δηλαδή το **1 Joule (J)**.

Το **ΕΡΓΟ** που εκτελεί μία δύναμη μπορεί να είναι θετικό, αρνητικό ή μηδέν.

1. Θετικό είναι όταν η δύναμη και η μετατόπιση έχουν την ίδια κατεύθυνση ($\vec{F} \uparrow \uparrow \vec{x}$),
2. Αρνητικό είναι όταν η δύναμη και η μετατόπιση έχουν αντίθετες κατευθύνσεις ($\vec{F} \uparrow \downarrow \vec{x}$),
3. Μηδέν είναι όταν η δύναμη και η μετατόπιση έχουν κάθετες διευθύνσεις ($\vec{F} \perp \vec{x}$).

I. Όταν η δύναμη Δεν Είναι Διατηρητική και το έργο της είναι:

Α. ΘΕΤΙΚΟ, σημαίνει ότι ενέργεια μεταφέρεται, μέσω του έργου της δύναμης, **ΣΤΟ** σώμα.

Β. ΑΡΝΗΤΙΚΟ, σημαίνει ότι ενέργεια μεταφέρεται, μέσω του έργου της δύναμης, **ΑΠΟ** το σώμα.

Χ. ΜΗΔΕΝ, σημαίνει ότι δε συμβαίνει μεταφορά ενέργειας.

Στην πρώτη περίπτωση η ενέργεια μεταφέρεται στο σώμα από το αντικείμενο που ασκεί τη δύναμη ενώ στη δεύτερη περίπτωση από το σώμα στο αντικείμενο. Και στις δύο περιπτώσεις όμως η ενέργεια που μεταφέρεται ισούται με το έργο της δύναμης. Δηλαδή, για την ενέργεια του σώματος και στις δύο περι-

τώγεις λούει ότλ: $\Delta E = W_F$.

II. Όταν η δύναμη είναι Διατηρητική και το έργο της είναι:

A. ΘΕΤΙΚΟ, σημαίνει ότι η δυναμική ενέργεια του σώματος - συστήματος μετατρέπεται σε κινητική, δηλαδή μειώνεται η δυναμική και αυξάνεται ισοποσά η κινητική ($\Delta K = -\Delta U$).

B. ΑΡΝΗΤΙΚΟ, σημαίνει ότι ενέργεια άλλης μορφής μετατρέπεται σε δυναμική ($\Delta U = -\Delta E$).

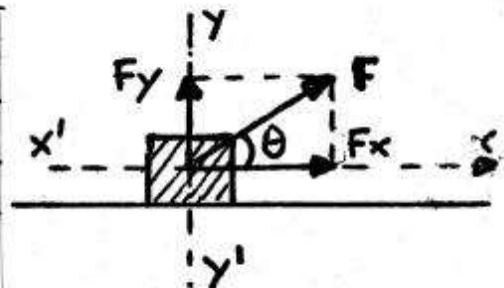
X. ΜΗΔΕΝ, σημαίνει ότι σε συμβαίνει μετατροπή ενέργειας.

Τόσο στην πρώτη όσο και στη δεύτερη περίπτωση η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας του συστήματος - σώματος είναι αντίθετη προς το έργο της δύναμης. Δηλαδή, $\Delta U = -W_F$.

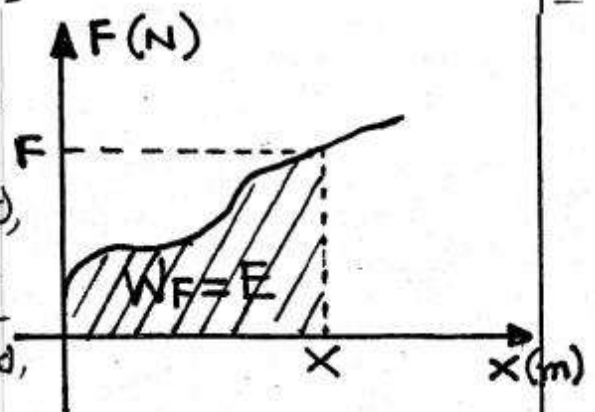
Παρατηρήσεις

1. Στην περίπτωση που η δύναμη είναι σταθερή αλλά σχηματίζει γωνία θ με τη μετατόπιση έργο εκτελεί μόνο η συνιστώσα της δύναμης που είναι παράλληλη προς τη μετατόπιση. Έτσι, όπως προκύπτει και από το σχήμα, λούει ότλ: $W_F = W_{Fx} + W_{Fy} = F_x \cdot x + 0 \rightarrow$

$$\boxed{W_F = F \cdot x \cdot \cos \theta}$$



2. Στην περίπτωση που το μέτρο της δύναμης F δεν είναι σταθερό, αλλά μεταβάλλεται σε σχέση με τη μετατόπιση (εξαρτάται από τη μετατόπιση), δηλαδή $F = f(x)$, το έργο της δύναμης είναι αριθμητικά ίσο με το εμβαδό της επιφάνειας, στο διάγραμμα της $F = f(x)$, ανάμεσα στη γραμμή του διαγράμματος και στον άξονα της μετατόπισης. Αν δε η επιφάνεια αυτή ή τμήμα της βρίσκεται κάτω από τον



άξονα της μετατόπισης το έργο που αντιστοιχεί στην εν λόγω επιφάνεια - τμήμα είναι αρνητικό.

3. Αξιζει να επισημάνουμε ότι:

α. Το έργο δεν είναι μορφή ενέργειας. Το έργο απλά μετράει την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο ή την ενέργεια ενός σώματος που μετατρέπεται από μία μορφή σε άλλη, εφόσον βέβαια στο σώμα αυτό ασκείται δύναμη που εκτελεί έργο, χωρίς αυτό (το έργο) να είναι ενέργεια.

β. Πολλές φορές λέχεται ότι το έργο μιας δύναμης αποτελεί ποσότητα μεταβιβαζόμενης ενέργειας ή ότι είναι μεταβιβαζόμενη ενέργεια.

Και στις δύο περιπτώσεις εννοούμε ότι το έργο της δύναμης μετρά (μετράται) με την ενέργεια που μεταβιβάζεται (μεταφέρεται).

γ. Το μηχανικό έργο - το έργο μίας δύναμης αποτελεί τρόπο - μηχανισμό μεταφοράς - μετατροπής ενέργειας. Άλλος τρόπος - μηχανισμός μεταφοράς ενέργειας είναι, π.χ. το ηλεκτρικό ρεύμα. Σε κάθε τρόπο - μηχανισμό μεταφοράς - μετατροπής ενέργειας υπάρχει ένα υλικό σώμα που είναι και ο φορέας της ενέργειας που μεταφέρεται - μετατρέπεται.

Εξαιρεση έχουμε στη μεταφορά ενέργειας με ακτινοβολία.

δ. Η έννοια του έργου όπως την ορίσαμε δεν έχει καμία σχέση με τη λέξη έργο όπως αυτή χρησιμοποιείται στην καθημερινή ζωή όπου μπορεί να σημαίνει πνευματική ή βωματική ερχασία ή και κάποια δραστηριότητα όπως π.χ. "έργο τέχνης", "το έργο της κατασκευής ενός κτιρίου", "είναι δύσκολο έργο να μάθει κανείς φυσική" κ.τ.λ.

4. Στο ερώτημα, "τι συμβαίνει στην ενέργεια ενός σώματος στο οποίο ασκείται δύναμη που εκτελεί έργο" η απάντηση είναι:

Η ενέργεια του σώματος είτε μεταβάλλεται (αυξάνεται ή μειώνεται ως αποτέλεσμα μεταφοράς) ει-

τε μετατρέπεται από μία μορφή σε άλλη. Σε κάθε περίπτωση δε το ποσό της μεταβολής ή της μετατροπής (ΔE) ισούται με το έργο της ασκούμενης δύναμης", δηλαδή $\Delta E = W_F$.

5. Διατηρητικές ή Συντηρητικές λέγονται, γενικά, οι δυνάμεις που το έργο τους κατά μήκος μιας κλειστής διαδρομής είναι μηδέν και κατά συνέπεια διατηρούν - συντηρούν την ενέργεια του σώματος - συστήματος στο οποίο δρουν.

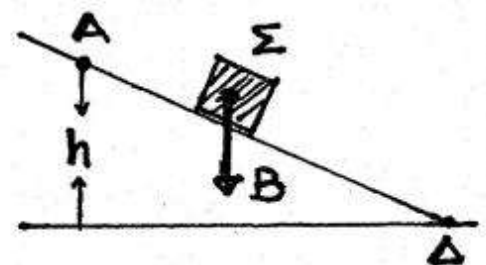
Στο μικρόκοσμο όλες οι δυνάμεις είναι διατηρητικές ενώ στο μακρόκοσμο διατηρητικές είναι μόνο οι βαρυτικές, οι ηλεκτρικές και οι δυνάμεις ελαστικής παραμόρφωσης (όπως π.χ. οι δυνάμεις που ασκούνται από παραμορφωμένα ελατήρια σε σώματα με τα οποία αλληλεπιδρούν).

Όσον αφορά το έργο των συντηρητικών δυνάμεων θα πρέπει να τονίσουμε ότι δεν εξαρτάται από την τροχιά που ακολουθεί το σώμα στο οποίο ασκούνται αλλά μόνο από την αρχική και την τελική θέση του σώματος. Πιο συγκεκριμένα:

"το έργο μιας συντηρητικής δύναμης εξαρτάται τόσο από το μέτρο της δύναμης όσο και από την απόσταση αρχικής, τελικής θέσης του σώματος στο οποίο ασκούνται κατά μήκος όμως της διεύθυνσης που δρά η συντηρητική δύναμη."

Π.χ. το έργο του βάρους B κατά τη μετακίνηση του σώματος Σ από τη θέση A στη θέση Δ είναι $W_B = B \cdot h = mgh$.

Α. Ζαφειράκης



η Κινητική Ενέργεια

Η κινητική ενέργεια υπάρχει, εξ ορισμού, εφόσον και μόνον εφόσον υπάρχει κίνηση. Η κινητική ενέργεια δε, ενός σώματος (υλικού σημείου) μάζας, m , που κινείται με ταχύτητα, v , είναι ίση με $K = \frac{1}{2} m v^2$.

Είναι δυνατόν ένα σώμα να έχει κινητική ενέργεια χωρίς να αλληλεπιδρά με άλλα σώματα. Η κίνησή του θα είναι ευθύγραμμη και ομαλή και η κινητική του ενέργεια σταθερή.

Η κινητική ενέργεια ενός σώματος μεταβάλλεται, εφόσον το σώμα αλληλεπιδρά με άλλα σώματα και ταυτόχρονα εκτελείται έργο από τη συνισταμένη των ασκούμενων δυνάμεων.

Σύμφωνα με το Θεώρημα Έργου-Ενέργειας ή Θεώρημα Μεταβολής της Κινητικής Ενέργειας (Θ.Μ.Κ.Ε).

"η μεταβολή της κινητικής ενέργειας ενός σώματος είναι ίση με το αλγεβρικό άθροισμα των έργων των ασκούμενων δυνάμεων ή ισοδύναμα με το έργο της συνισταμένης δύναμης". Δηλαδή,

$$\Delta K(1-2) = \sum W_F(1-2) = W_{\Sigma F}(1-2)$$

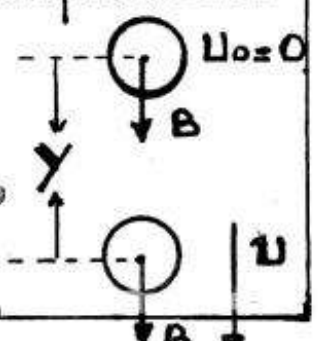
ΘΕΜΑ 1º

Να αποδείξετε ότι κατά την ελεύθερη πτώση ενός σώματος το έργο του βάρους ισούται με τη μεταβολή της κινητικής του ενέργειας.

Απόδειξη

Κατά την πτώση του σώματος λούει ότι: $v = gt$ (1), $y = \frac{1}{2} gt^2$ (2), $W_B = B \cdot y = mgy$ (3).

Από τις (2) και (3) $\rightarrow W_B = mg \frac{1}{2} gt^2$



οπότε $W_B = \frac{1}{2} m g^2 t^2 \xrightarrow{(1)} W_B = \frac{1}{2} m v^2 (4).$

Για τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας του σώματος λοχύνει ότι:

$$\Delta K = K - K_0 = K - 0 = K \rightarrow \Delta K = \frac{1}{2} m v^2 (5).$$

Απο τις (4) και (5) $\rightarrow \boxed{\Delta K = W_B}$

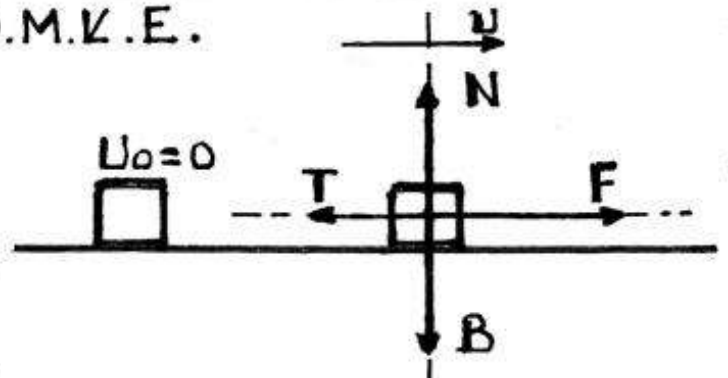
ΘΕΜΑ 2^ο

Σε ένα σώμα μάζας m που ηρεμεί σε οριζόντιο επίπεδο ασκείται οριζόντια δύναμη $F \Delta T_{\text{ορ}}$.

Να αποδείξετε ότι κατά την κίνηση του σώματος λοχύνει το Θ.Μ.Κ.Ε.

Απόδειξη

Στο σώμα κατά τη διάρκεια της κίνησης του ασκούνται οι δυνάμεις B, N, F και T .



Η κίνηση του σώματος είναι Ε.Θ. Επίτ με $v_0 = 0$
 Είναι $\sum F_y = N - B = 0 \rightarrow N = B,$
 $\sum F_x = F - T = m a.$

Όταν το σώμα έχει διανύσει απόσταση x είναι
 $v = a t, x = \frac{1}{2} a t^2,$ και $\sum W_F = W_F - W_T \rightarrow$
 $\sum W_F = F \cdot x - T \cdot x = (F - T) x = m a \frac{1}{2} a t^2 \rightarrow$
 $\sum W_F = \frac{1}{2} m a^2 t^2 \rightarrow \sum W_F = \frac{1}{2} m v^2 (1).$

Είναι επίσης $\Delta K = K - K_0 = K - 0 = K \rightarrow$
 $\Delta K = \frac{1}{2} m v^2 (2).$

Απο τις (1) και (2) $\rightarrow \boxed{\Delta K = \sum W_F}$

A. Ζαφειρίδης

η Δυναμική Ενέργεια

Η δυναμική ενέργεια ενός συστήματος σωμάτων υπάρχει, εξ ορισμού, εφόσον τα σώματα αλληλεπιδρούν με δυνάμεις διατηρητικές.

Η δυναμική ενέργεια αποτελεί ιδιότητα τῆς συστήματος και αν τα σώματα βρεθούν σε άπειρη απόσταση μεταξύ τους, δηλαδή σε απόσταση στην οποία οι δυνάμεις αλληλεπίδρασης είναι πρακτικά μη ανιχνεύσιμες η δυναμική ενέργεια τῆς συστήματος μηδενίζεται.

Δηλαδή, το σύστημα των σωμάτων που αλληλεπιδρούν αποθηκεύει ενέργεια ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα σώματα του συστήματος.

Σε κάθε περίπτωση αυτή η ενέργεια είναι ίση με το έργο των εξωτερικών δυνάμεων που πρέπει να σκεθθούν ώστε τα σώματα, εφόσον αρχικά είναι ακίνητα και σε τέτοια απόσταση ώστε να μην αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (άπειρη απόσταση), να έρθουν, με σταθερή ταχύτητα, στις θέσεις που κατέχουν στη διάταξη του συστήματος.

Είναι δυνατόν ένα σύστημα να έχει δυναμική ενέργεια, είτε υπάρχει είτε δεν υπάρχει κίνηση στο σύστημα. Η δυναμική ενέργεια μεταβάλλεται μόνο εφόσον εκτελείται έργο από τις διατηρητικές δυνάμεις αλληλεπίδρασης [εφόσον εκτελείται έργο από τις δυνάμεις αλληλεπίδρασης θα έχουμε αλλαγή στις θέσεις των σωμάτων μεταξύ τους, άρα αλλαγή και στη διάταξη του συστήματος]. Η μεταβολή της δε είναι αντίθετη πρὸς το έργο των δυνάμεων αυτών.

$$\text{Δηλαδή, } \boxed{\Delta U = -W_{F(\alpha\lambda)}}$$

Η δυναμική ενέργεια, όπως είπαμε, είναι ιδιότητα του συστήματος των σωμάτων που αλληλεπιδρούν με δυνάμεις διατηρητικές. Εφόσον όμως τα σώματα του συστήματος είναι δύο και κατά την

αλληλεπίδρασή τους το ένα από τα δύο σώματα παραμένει ακίνητο θεωρούμε, καταχρηστικά, ότι η δυναμική ενέργεια του συστήματος ανήκει στο άλλο σώμα. Δηλαδή, αποδίδουμε τη δυναμική ενέργεια του συστήματος στο άλλο σώμα (αυτό που κινείται ή μπορεί να κινηθεί λόγω της αλληλεπίδρασης του με το σώμα που παραμένει ακίνητο) και λέμε ότι το σώμα αυτό έχει, στη θέση που βρίσκεται, δυναμική ενέργεια U .

Στην περίπτωση αυτή, αν το σώμα αυτό μετακινηθεί από μια θέση A σε μια θέση B , η δυναμική του ενέργεια θα μεταβληθεί κατά ΔU ενώ ταυτόχρονα η δύναμη αλληλεπίδρασης εκτελεί έργο $W_{αλ}$.

Η σχέση που συνδέει τη μεταβολή της δυναμικής ενέργειας του σώματος αυτού με το έργο της δύναμης αλληλεπίδρασης είναι:

$$\boxed{\Delta U(A \rightarrow B) = -W_{αλ}(A \rightarrow B)}, \text{ οπότε}$$

$$U_B - U_A = -W_{αλ}(A \rightarrow B) \leftrightarrow U_A - U_B = W_{αλ}(A \rightarrow B).$$

Επομένως, αν $U_B = 0$ θα είναι $U_A = W_{αλ}(A \rightarrow B)$

Δηλαδή, η δυναμική ενέργεια του σώματος αυτού σε μια θέση A ως προς μια θέση B στην οποία θεωρούμε, αυθαίρετα, ότι η δυναμική του ενέργεια είναι μηδέν, ισοδύναμο με το έργο της δύναμης αλληλεπίδρασης κατά τη μετακίνηση του σώματος από τη θέση A στη θέση B .

η Διατήρηση της Μηχανικής Ενέργειας.

Από όσα αναφέρθηκαν για την κινητική και τη δυναμική ενέργεια προκύπτει ότι η μεταβολή τόσο της μίας όσο και της άλλης μορφής ενέργειας συνδέεται με κάποιο έργο. Το ερώτημα που τίθεται είναι αν, σ' ένα σύστημα σωμάτων, οι μεταβολές της μίας μορφής ενέργειας επηρεάζουν τις μεταβολές της άλλης μορφής.

Για να φτάσουμε σε κάποια απάντηση ακολουθούμε τους παρακάτω απλούς συλλογισμούς.

Ξεκινάμε από τις εξισώσεις $\Delta K = \Sigma W_F$
και $\Delta U = -W_F(a\lambda)$.

Αν, δ' ένα σύστημα σωμάτων, $\Sigma W_F = W_F(a\lambda)$ θα εί-
ναι και $\Delta K = -\Delta U$, πράγμα που σημαίνει ότι αν
το ολικό έργο που εκτελείται στο σύστημα είναι
μόνο το έργο των εσωτερικών \otimes δυνάμεων αλληλε-
πίδρασης κάθε αύξηση της κινητικής ενέργειας των
σωμάτων του συστήματος θα συνοδεύεται από ισο-
ποση ελάττωση της δυναμικής ενέργειας και αντί-
στροφα.

\otimes διατηρητικών
Δηλαδή, μέσω του έργου των διατηρητικών δυ-
νάμεων η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινη-
τική και αντίστροφα. Αν όμως $\Delta K = -\Delta U \rightarrow$

$$K_2 - K_1 = -(U_2 - U_1) \leftrightarrow K_2 - K_1 = -U_2 + U_1 \leftrightarrow$$

$$\boxed{K_2 + U_2 = K_1 + U_1}$$

Επομένως, στα συστήματα στα οποία οι εσωτε-
ρικές δυνάμεις - οι δυνάμεις αλληλεπίδρασης είναι δια-
τηρητικές και κατά τη διάρκεια των ποικίλων με-
ταβολών στο σύστημα εκτελείται έργο μόνο από
τις διατηρητικές δυνάμεις που εκφράζουν την εσωτε-
ρική αλληλεπίδραση το άθροισμα $K+U$, δηλαδή το
άθροισμα της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας
του συστήματος διατηρείται σταθερό.

Το άθροισμα αυτό ονομάζεται Μηχανική Ενέρ-
χεια του συστήματος και το συμπέρασμα στο οποίο
καταλήξαμε αποτελεί την Αρχή Διατήρησης της
Μηχανικής Ενέργειας (Α.Δ.Μ.Ε).

Στην περίπτωση που τα σώματα που αλληλεπίδ-
ρουν με δυνάμεις διατηρητικές είναι δύο και το ένα
παραμένει ακίνητο κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρα-
σης αποδίδουμε - καταχρηστικά - τη δυναμική, ήρα
και τη μηχανική ενέργεια στο άλλο σώμα.

Δηλαδή, μπορούμε να πούμε ότι αν δ' ένα σώμα
ασκούνται μόνο δυνάμεις διατηρητικές η μηχανι-
κή ενέργεια του σώματος διατηρείται σταθερή.

Η διατύπωση αυτή αποτελεί την Αρχή Διατήρη-

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (Α.Δ.Μ.Ε.).

Π.χ. ε' ένα σώμα (θεωρούμενο ως υλικό σημείο) που βρίσκεται σε μια θέση A σε ύψος h , ασκείται από τη Γη η δύναμη του βάρους, B , που είναι δύναμη διατηρητική, ενώ ταυτόχρονα το σώμα ασκεί στη Γη δύναμη του ίδιου μέτρου [3^{ος} νόμος].

Κατά την αλληλεπίδραση αυτή όμως η Γη παραμένει ακίνητη. Έτσι, μπορούμε να πούμε — καταχρηστικά — ότι το σώμα έχει στη θέση A δυναμική ενέργεια, U_A , σε σχέση με τη Γη, όπου αυθαίρετα θεωρούμε ότι αν βρεθεί το σώμα θα έχει δυναμική ενέργεια μηδέν.

Θα είναι, $U_A = W_B = B \cdot h = mgh$, όπου W_B το έργο του βάρους κατά τη μετακίνηση του σώματος από τη θέση A στην επιφάνεια της Γης.

Άρα, $U_A = mgh$

Αν τώρα, κατά την πτώση του σώματος αγνοήσουμε την αντίσταση του αέρα, η μόνη "ερχόμενη" δύναμη είναι το βάρος, B , που είναι δύναμη διατηρητική. Έτσι, καθώς το σώμα πέφτει η κινητική του ενέργεια αυξάνει ενώ η δυναμική του ενέργεια ισοποσοφά μειώνεται. Το άθροισμά τους όμως, διατηρείται σταθερό (Α.Δ.Μ.Ε.).

Ζητήση

η Ισχύς

Στις καθημερινές μας δραστηριότητες χρησιμοποιούμε, μέσω της λειτουργίας μηχανών-εργαλείων, διάφορες μορφές ενέργειας όπως ηλεκτρική, χημική κ.ά. Π.χ, χρησιμοποιούμε ηλεκτρική ενέργεια για να θέσουμε σε κίνηση τον αέρα μέσω ενός ανεμοστήρα, για να ανυψώσουμε βάρη με έναν ανελκυστήρα κ.ά. Χρησιμοποιούμε επίσης τη χημική ενέργεια των καυσίμων για να κινηθούν τα αυτοκίνητα, τα αεροπλάνα κ.τ.λ.

Οι μηχανές-εργαλεία είναι διατάξεις που είτε παράχουν έργο καταναλώνοντας ενέργεια είτε μετατρέπουν μια μορφή ενέργειας σε ενέργεια άλλης μορφής.

Η επιστήμη μίλησε πολύ καθυστερημένα για τις μηχανές και μόλις το 19^ο αιώνα χνώματευσε, χρησιμοποιώντας τη χλωσά της ενέργειας, ότι είναι αδύνατον να κατασκευαστεί μία μηχανή που να μας δίνει ενέργεια περισσότερη απ'όση, στον ίδιο χρόνο της παρέχουμε. Ένα μέγεθος δε, που μπορεί να βαθμολογήσει τις δυνατότητες μιας μηχανής, όσον αφορά την ποσότητα ενέργειας που παρέχει ή του έργου που παράγει σε ορισμένο χρόνο, κατά τη λειτουργία της, είναι η Ισχύς.

Όπως είναι χνώστο ο ορισμός του έργου, δεν μας λέει τίποτα για το χρόνο στη διάρκεια του οποίου παράχεται το έργο. Το ίδιο ποσό έργου παράχεται όταν μεταφέρουμε ένα φορτίο από μία σκάλα είτε την ανεβαίνουμε αργά είτε τρέχοντας.

Κουραζόμαστε όμως περισσότερο, αν ανέβουμε τη σκάλα τρέχοντας σε λίγα λεπτά παρά αν την ανεβερπατώντας σε πολύ περισσότερο. Ο λόγος είναι ότι ο οργανισμός μας χρειάζεται να καταναλώσει, επομένως και να "παράγει", μεγάλη ποσότητα ενέργειας σε λίγο χρόνο.

Οι μηχανές των περισσότερων αυτοκινήτων, π.χ, θα προσφέρουν το έργο που χρειάζεται για

να ανέβει το αυτοκίνητο στην κορυφή ενός απότομ^ο λόφου. Αλλά διαφορετικές μηχανές θα κάνουν το ίδιο πράγμα - την παραχώρη του απαραίτητου έργου - σε διαφορετικούς χρόνους. Επομένως αν ο χρόνος προκειμένου να έχουμε το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα, το ανέβασμα δηλαδή στην κορυφή, έχει ιδιαίτερη σημασία, θα πρέπει το αυτοκίνητο να έχει μηχανή που να μπορεί να παράξει το απαιτούμενο έργο σε μικρότερο χρόνο, αν θέλουμε να φτάσουμε στην κορυφή πιο άρρηστορα.

Το κριτήριο αυτό στη αξιολόγηση της φυσικής αποδίδεται με τη φράση "η μηχανή να έχει μεγαλύτερη ισχύ", ενώ στην καθημιλουμένη με τη φράση "το αυτοκίνητο να έχει μεγάλη μηχανή".

Όπως προκύπτει και από τα παραπάνω, ο χρόνος στη διάρκεια του οποίου παράχεται μια ποσότητα έργου από μια μηχανή, έχει ιδιαίτερη σημασία στις διάφορες εφαρμογές διότι αυτό έχει άμεση σχέση με το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα από τη λειτουργία της μηχανής.

Απ' όσα αναφέρθηκαν μέχρι τώρα προκύπτει αβίαστα γιατί η ισχύς μιας μηχανής - συσκευής ορίζεται ως το πηλίκο της ενέργειας που καταναλώνει ή παράγει η μηχανή - συσκευή προς τον αντίστοιχο χρόνο.

Εφόσον όμως η ενέργεια που καταναλώνει ή παράγει μια μηχανή - συσκευή σε ορισμένο χρόνο μπορεί να μετρηθεί με κάποιο έργο είναι δυνατόν να ορίσουμε την ισχύ και ως το πηλίκο αυτού του έργου προς τον αντίστοιχο χρόνο.

$$\text{Επομένως, } \left[P = \frac{E}{t} = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad \text{ή} \quad P = \frac{W}{t} = \frac{\Delta W}{\Delta t} \right].$$

Ο ορισμός αυτός ισχύει εφόσον η ενέργεια παράχεται - καταναλώνεται με σταθερό ρυθμό, οπότε το πηλίκο $\Delta E / \Delta t$ έχει τη ίδια τιμή σε οποιοδήποτε χρονικό διάστημα Δt . Εάν όμως δε συμβαίνει αυτό, το πηλίκο $\Delta E / \Delta t$ χαρακτηρίζεται ως μέση ισχύς της μηχανής - συσκευής.

Στην περίπτωση αυτή αν η ΔE αφορά ένα εξαι-

ρετικά μικρό χρονικό διάστημα, Δt , το ηηλίκο $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$ χαρακτηρίζεται ως σιχμιαία ιοχύς και χράφουμε ότι $P = \frac{dE}{dt}$. Αντίστοιχα χράφουμε ότι $P = \frac{dW}{dt}$.

Τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω χια την έννοια - μέγεθος ιοχύς, χενικά ιοχύουν και σε κάθε σύστημα που παρέχει ενέργεια, όπως, π.χ, είναι το σύστημα της κεντρικής θέρμανσης ενός κτιρίου, το οποίο παρέχει ενέργεια με τη μορφή θερμότητας, ή ο Ήλιος ο οποίος παρέχει ενέργεια (θερμότητα και φώς) με ακτινοβολία.

Η ιοχύς συμβολίζεται με το χράμμα, P , αρχικό της ααχλικής λέξης power και όπως προκύπτει από τη σχέση ορισμού της η μονάδα μέτρησης της στο S.I είναι το 1 J/s . Η μονάδα αυτή ονομάζεται **Βατ (Watt)** και συμβολίζεται με το χράμμα W , δηλαδή $1W = 1 \text{ J/s}$.

Στην πράξη όμως συνηθίζεται να μετρούν την ισχύ των μηχανών σε ίππους ιοχύς και του ηλεκτρικού ρεύματος (όχι μόνο) σε κιλιοβάτ (KW), μεγαβάτ (MW) χιχαβάτ (GW) κ.ο.κ.

Είναι $1KW = 10^3W$, $1MW = 10^6W$, $1GW = 10^9W$.

Για τη μέτρηση της ιοχύς σε ίππους ιοχύς χρησιμοποιείται ο ααχλικός ίππος ιοχύς, (HP), οααλλικός ίππος ιοχύς (CV), όπως και ο χερμανικός ίππος ιοχύς (PS).

Ισχύει ότι: $1HP = 745.7W \approx 3/4 KW$.

$1CV = 1PS = 736W$.

Έξ ορισμού η ιοχύς εκφράζει το ρυθμό με τον οποίο παρέχεται ενέργεια σε μια μηχανή - συσκευή ή αποδίδεται ενέργεια από μια μηχανή - συσκευή (και χενικότερα από ένα σύστημα παροχής ενέργειας) κατά τη λειτουργία της, εκφράζει δηλαδή, την ποσότητα ενέργειας που προσφέρεται στη μηχανή - συσκευή ή αποδίδεται από τη μηχανή - συσκευή στη μονάδα του χρόνου (στο κάθε δευτερόλεπτο) κατά τη λειτουργία της.

Σημείωση. Συνήθως, ως μηχανές χαρακτηρίζονται διατάξεις - συστήματα τα οποία παράχουν έρ-

χο καταναλώνοντας κάποια μορφή ενέργειας, π.χ ένας χερανός, ενώ ως συσκευές χαρακτηρίζονται διατάξεις - συστήματα τα οποία μετατρέπουν μία μορφή ενέργειας σε άλλη, π.χ μια ηλεκτρική κουζίνα.

Την ισχύ (την ενέργεια σε κάθε δευτερόλεπτο) που αποδίδει μια μηχανή - συσκευή τη χαρακτηρίζουμε ωφέλιμη ισχύ ($P_{\omega\phi}$) ενώ την ισχύ με την οποία τροφοδοτείται (καταναλώνει) κατά τη λειτουργία της, τη χαρακτηρίζουμε δαπανώμενη (καταναλωμένη) ισχύ ($P_{\delta\alpha\eta}$).

Ο λόγος $\alpha = P_{\omega\phi} / P_{\delta\alpha\eta}$ ονομάζεται ευντελεστής απόδοσης της μηχανής και είναι ένας καθαρός αριθμός, πάντοτε μικρότερος από τη μονάδα, ο οποίος εκφράζει την ποιότητα της μηχανής από την άποψη της εκμετάλλευσης της προσφέρόμενης (δαπανώμενης) ενέργειας.

Ως απόδοση στα εκατό ($A\%$) μιας μηχανής - συσκευής χαρακτηρίζεται το χιλιόμοιο

$$A\% = (\alpha \cdot 100)\%$$

Παρατήρηση

Από τη σχέση ορισμού της ισχύος, $P = \Delta E / \Delta t$, προκύπτει ότι $\Delta E = P \cdot \Delta t$ (1).

Επομένως, αν στη σχέση (1) θέσουμε όπου:

α. $P = 1W$ και $\Delta t = 1h$ προκύπτει ως μονάδα μέτρησης της ενέργειας η βατώρα (Wh), οπότε

$$1Wh = 1W \cdot 1h = 1J/s \cdot 3600s \rightarrow \underline{1Wh = 3600J}$$

β. $P = 1KW$ και $\Delta t = 1h$ προκύπτει ως μονάδα μέτρησης της ενέργειας η κιλοβατώρα (KWh) ή ωριακή χιλοβατώρα ($Q \times B$), οπότε

$$1KWh = 1KW \cdot 1h = 1000J/s \cdot 3600s \rightarrow \underline{1KWh = 36 \cdot 10^5 J}$$

γ. Ομοίως προκύπτει ότι $1MWh = 36 \cdot 10^8 J$,

$$\underline{1GWh = 36 \cdot 10^{11} J}$$

AZeta