

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5° ΕΝΕΡΓΕΙΑ

## 5.1 Έργο και ενέργεια

Στην καθημερινή μας ζωή πολύ συχνά αναφερόμαστε στην έννοια της ενέργειας. Γνωρίζουμε για παράδειγμα ότι για να κινηθεί ένα αυτοκίνητο θα πρέπει να έχει ενέργεια την οποία του την παρέχουν τα καύσιμα του. Το κινητό μας τηλέφωνο για να λειτουργεί θα πρέπει να έχει ενέργεια και για το λόγο αυτό το φορτίζουμε τακτικά. Το ίδιο και ο φορητός μας υπολογιστής, μόλις τελειώσουν τα αποθέματα της ενέργειας που του παρέχει η μπαταρία του θα πρέπει να τον συνδέσουμε με την παροχή του ηλεκτρικού ρεύματος για να συνεχίσει να λειτουργεί. Ακόμα όμως και εμείς για να μπορέσουμε να ανταπεξέλθουμε ικανοποιητικά στις καθημερινές μας δραστηριότητες χρειαζόμαστε ενέργεια την οποία την παίρνουμε από τις τροφές. Όλοι μας λίγο ή πολύ είμαστε εξοικειωμένοι με την έννοια της ενέργειας, καταλαβαίνουμε τι είναι και ποια είναι η σημασία της για τη ζωή μας αλλά αν μας ζητήσει κάποιος να δώσουμε έναν ορισμό για το τι είναι η ενέργεια αυτό είναι πάρα πολύ δύσκολο. Είναι αρκετά περίπλοκο να δώσει κάποιος έναν ορισμό για την ενέργεια αλλά ίσως και να μην χρειάζεται τελικά γιατί αυτό που μας ενδιαφέρει είναι το πώς σχετίζεται η ενέργεια με τα φυσικά φαινόμενα και όχι το τι είναι ακριβώς.

### *1. Τι είναι η ενέργεια;*

Αν και όπως είπαμε είναι δύσκολο να ορίσουμε την ενέργεια, μπορούμε εύκολα να πούμε πότε ένα σώμα έχει ενέργεια.

**Ένα σώμα έχει ενέργεια όταν μπορεί να προκαλέσει μια μεταβολή στον εαυτό του ή στο περιβάλλον του.**

**Η ενέργεια δεν δημιουργείται ούτε καταστρέφεται, απλώς μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο ή μετατρέπεται από μια μορφή σε μια άλλη.**

Συνεπώς η συνολική ενέργεια στο σύμπαν παραμένει σταθερή.

### *2. Η έννοια του έργου δύναμης;*

Για να μελετήσουμε τις μετατροπές ενέργειας από τη μια μορφή στην άλλη αλλά και το ποσό της ενέργειας που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο χρησιμοποιούμε στη Φυσική την έννοια του **έργου δύναμης**. Τι εκφράζει το έργο μιας δύναμης;

**Το έργο μιας δύναμης εκφράζει την ενέργεια που λόγω της δύναμης μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο ή μετατρέπεται από μια μορφή σε μία άλλη.**

Το έργο αναφέρεται πάντοτε σε μία δύναμη και μας δίνει τη δυνατότητα να προσδιορίσουμε τι μεταβολές στην ενέργεια ενός σώματος μπορεί να προκαλέσει μια δύναμη.

### *3. Πότε μια δύναμη μπορεί να παράγει έργο;*

Μια δύναμη μπορεί να παράγει έργο όταν ασκείται σε ένα σώμα το οποίο μετακινείται.

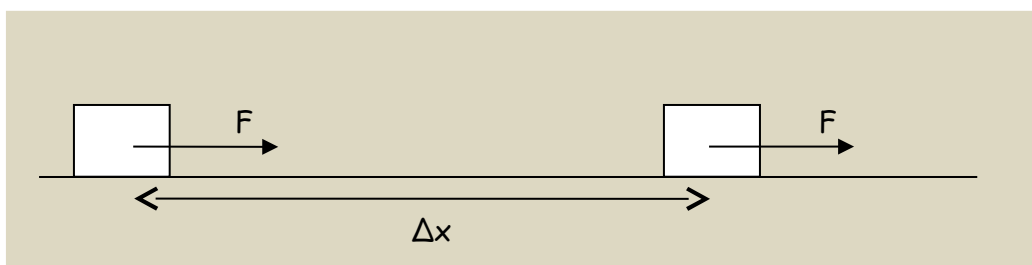
Το έργο μιας σταθερής δύναμης που μετακινεί ένα σώμα κατά την κατεύθυνση της ορίζεται ως το γινόμενο του μέτρου της δύναμης επί τη μετατόπιση του σώματος δηλαδή:

$$\text{έργο δύναμης} = \text{δύναμη} \times \text{μετατόπιση}$$
$$W = F \cdot x$$

Το έργο είναι μονόμετρο μέγεθος και μονάδα του έργου είναι το 1 Joule το οποίο είναι και η μονάδα μέτρησης της ενέργειας. Το 1 Joule προκύπτει από τη μαθηματική σχέση ορισμού γαι το έργο  $W = F \cdot x$  και ισούται με  $1\text{J}=1\text{N}\cdot\text{m}$

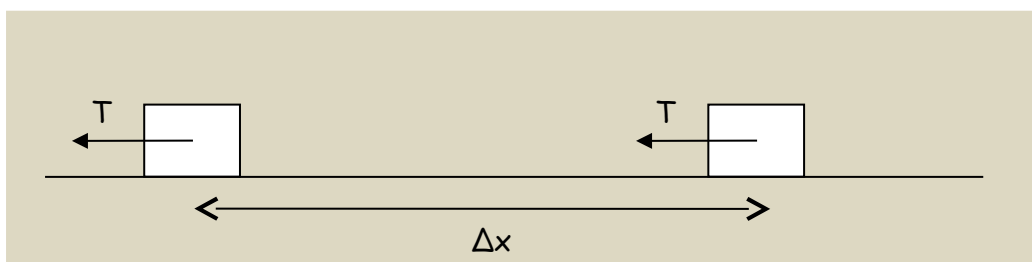
### α) Θετικό έργο

Μια δύναμη λέμε ότι παράγει θετικό έργο όταν η δύναμη έχει την ίδια κατεύθυνση με τη μετατόπιση του σώματος όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί. Όταν μια δύναμη παράγει θετικό έργο πάνω σε ένα σώμα αυτό σημαίνει ότι η δύναμη προσφέρει ενέργεια στο σώμα.



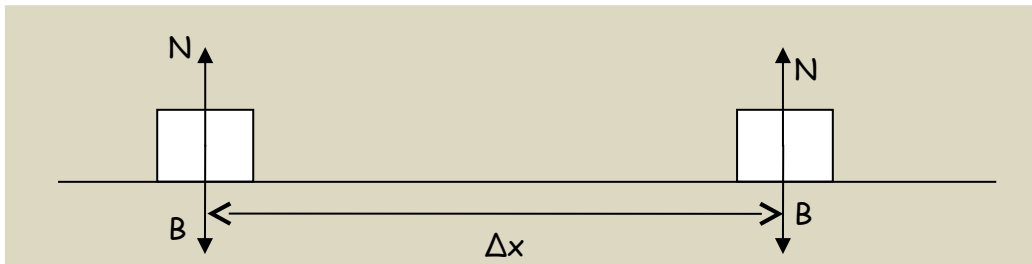
### β) Αρνητικό έργο

Μια δύναμη λέμε ότι παράγει αρνητικό έργο όταν η δύναμη έχει την αντίθετη κατεύθυνση με τη μετατόπιση του σώματος όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί. Όταν μια δύναμη παράγει αρνητικό έργο πάνω σε ένα σώμα αυτό σημαίνει ότι η δύναμη αφαιρεί ενέργεια από το σώμα.



### γ) Μηδενικό έργο

Μια δύναμη λέμε ότι παράγει μηδενικό έργο όταν η δύναμη είναι συνεχώς κάθετη στη μετατόπιση του σώματος όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί. Όταν μια δύναμη παράγει μηδενικό έργο πάνω σε ένα σώμα αυτό σημαίνει ότι η δύναμη ούτε προσφέρει ούτε αφαιρεί ενέργεια από το σώμα.



Στο παραπάνω σχήμα το βάρος  $W$  και η κάθετη αντίδραση από το δάπεδο  $N$  είναι δύο δυνάμεις συνεχώς κάθετες στη μετατόπιση του σώματος οπότε το έργο τους επί του σώματος είναι μηδέν.

#### 4. Ασκήσεις

1. Δώστε παραδείγματα όπου να φαίνεται ότι το έργο του βάρους ενός σώματος είναι θετικό, αρνητικό και μηδέν.

2. Σώμα μάζας  $m=5\text{kg}$  ηρεμεί σε οριζόντιο επίπεδο. Στο σώμα αρχίζει να ασκείται κάποια στιγμή σταθερή οριζόντια δύναμη  $F=100\text{N}$ . Αν η δύναμη της τριβής μεταξύ σώματος και επιπέδου είναι  $T=40\text{N}$ , και το σώμα μετατοπίζεται κατά  $\Delta x=20\text{m}$  να βρείτε:

- Το έργο της δύναμης  $F$
- Το έργο της τριβής  $T$
- τα έργα του βάρους και της κάθετης αντίδρασης

3. Να υπολογιστεί πόσο είναι το έργο όταν:

- δύναμη  $6\text{N}$  μετατοπίζει κατά  $2\text{m}$  ένα σώμα κατά την κατεύθυνση της
- δύναμη  $12\text{N}$  μετατοπίζει κατά  $0,1\text{m}$  και ένα σώμα κατά την κατεύθυνση της

4. Σώμα μάζας  $m=5\text{kg}$  ηρεμεί πάνω σε οριζόντιο επίπεδο. Στο σώμα αρχίζει να ασκείται κάποια στιγμή οριζόντια δύναμη  $F=20\text{N}$ . Αν η δύναμη της τριβής είναι  $T=5\text{N}$ , και το σώμα μετατοπίζεται κατά  $\Delta x=5\text{m}$  κατά την κατεύθυνση της δύναμης  $F$  να βρείτε:

- Το έργο της δύναμης  $F$
- Το έργο της τριβής  $T$
- τα έργα του βάρους και της κάθετης αντίδρασης

5. Ένας αθλητής της άρσης βαρών ανυψώνει την μπάρα που έχει βάρος  $2000\text{N}$  από το έδαφος σε ύψος  $2\text{m}$ . Πόσο έργο παράγαγε ο αθλητής; Πόσο είναι το έργο του βάρους της μπάρας;

#### 5.2 Δυναμική- κινητική ενέργεια

##### Δύο βασικές μορφές ενέργειας

Η ενέργεια εμφανίζεται με πολλές μορφές. Στην παράγραφο αυτή θα μελετήσουμε δύο πολύ σημαντικές μορφές ενέργειας την **κινητική** και την **δυναμική** ενέργεια.

## 1. Πότε ένα σώμα έχει κινητική ενέργεια;

Όταν ένα σώμα κινείται έχει ενέργεια. Την ενέργεια που έχει ένα σώμα επειδή κινείται την ονομάζουμε **κινητική ενέργεια** και την συμβολίζουμε με  $E_K$  και δίνεται από τη σχέση:

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2$$

Η κινητική ενέργεια ενός σώματος εξαρτάται από τη μάζα και την ταχύτητα του σώματος. Πιο συγκεκριμένα είναι ανάλογη με τη μάζα του σώματος και ανάλογη με το τετράγωνο της ταχύτητας του σώματος όπως φαίνεται και από τον τύπο της.

## 2. Πότε ένα σώμα έχει βαρυτική δυναμική ενέργεια;

Ας θεωρήσουμε ότι ένα σώμα βρίσκεται ακίνητο στο έδαφος απομονωμένο από άλλα σώματα π.χ. ένα βιβλίο στο πάτωμα. Το σώμα στην κατάσταση αυτή δεν είναι δυνατόν να προκαλέσει άμεσα κάποια μεταβολή στον εαυτό του ή στο περιβάλλον και δεν έχει κινητική ενέργεια. Αν τώρα ασκήσουμε κατάλληλη κατακόρυφη δύναμη μπορούμε να το ανυψώσουμε σε κάποιο ύψος ή εφόσον η δύναμη που ασκούμε είναι ικανή να υπερνικήσει το βάρος του σώματος. Αν στη συνέχεια αφήσουμε το σώμα ελεύθερο από αυτό το ύψος να πέσει, αυτό θα κινηθεί προς με ολόένα και μεγαλύτερη ταχύτητα προς το έδαφος. Κατά συνέπεια το σώμα αποκτά κινητική ενέργεια, που τη βρήκε όμως την ενέργεια αυτή εφόσον αρχικά δεν είχε καθόλου κινητική ενέργεια; Η απάντηση είναι ότι η ενέργεια αυτή μεταφέρθηκε στο σώμα μέσω του έργου της δύναμης που ασκήθηκε στο σώμα και το ανύψωσε. Είπαμε ότι το έργο μιας δύναμης μπορεί να εκφράσει η μεταφορά ενέργειας από ένα σώμα σε ένα άλλο ή τη μετατροπή της ενέργειας από μια μορφή σε μια άλλη. Στην περίπτωση αυτή μεταφέρεται ενέργεια από εμάς μέσω της ανυψωτικής δύναμης στο σώμα και αποθηκεύεται σε αυτό με τη μορφή **βαρυτικής δυναμικής ενέργειας** όπως λέγεται. Η **δυναμική ενέργεια που έχει το σώμα στο ύψος είναι η ενέργεια που στη συνέχεια όταν αφήσουμε να πέσει το σώμα να πέσει μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια μέσω του έργου του βάρους του σώματος.**

Πότε όμως θα λέμε ότι ένα σώμα έχει δυναμική ενέργεια;

Γενικά, ένα σώμα που έχει βάρος και βρίσκεται σε ύψος  $h$  από κάποιο οριζόντιο επίπεδο, λόγω της θέσης του, λέμε ότι έχει δυναμική ενέργεια ίση με:

$$U = mgh$$

όπου  $U$  είναι η δυναμική ενέργεια του σώματος,  $m$  η μάζα του σώματος,  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας και  $h$  το ύψος στο οποίο βρίσκεται το σώμα σε σχέση με ένα επίπεδο στο οποίο θεωρούμε ότι η δυναμική ενέργεια είναι μηδέν ( $U=0$ ). Ως επίπεδο δυναμικής ενέργειας μηδέν μπορούμε να επιλέξουμε οποιοδήποτε οριζόντιο επίπεδο επιθυμούμε. Συνήθως όμως είναι προτιμότερο να επιλέγουμε ως επίπεδο δυναμικής ενέργειας μηδέν το οριζόντιο επίπεδο το οποίο αντιστοιχεί στο χαμηλότερο επίπεδο από το οποίο διέρχεται το σώμα κατά την κίνηση του.

### 3. Ποια είναι τα κυριότερα χαρακτηριστικά της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας;

- Η βαρυτική δυναμική ενέργεια που έχει ένα σώμα σε κάποιο ύψος ισούται με το έργο της δύναμης που το ανύψωσε.

$$U = W_F$$

- Η βαρυτική δυναμική ενέργεια που έχει ένα σώμα σε κάποιο ύψος είναι ανεξάρτητη από τη διαδρομή που ακολούθησε για να βρεθεί στο ύψος αυτό και εξαρτάται μόνο από την υψομετρική διαφορά ανάμεσα στην αρχική και την τελική θέση.
- Η βαρυτική δυναμική ενέργεια μπορεί να μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του σώματος (ισχύει και το αντίστροφο) μέσω του έργου του βάρους του σώματος.

### 4. Τι γνωρίζετε για την ελαστική δυναμική ενέργεια;

Εκτός από την βαρυτική δυναμική ενέργεια που αποθηκεύεται σε ένα σώμα όταν το ανυψώνουμε υπερνικώντας την δύναμη του βάρους του, υπάρχουν και άλλα είδη



Εικόνα 5.15.  
Το έργο της δύναμης που τεντώνει τα λασίχα της σφεντόνας ισούται με τη δυναμική ενέργεια που αυτά αποκτούν.

Φυσική  
και Αθλητισμός



Εικόνα 5.16.  
Η αθλήτρια έχει δυναμική ενέργεια, επειδή βρίσκεται σε κάποιο ύψος από το έδαφος. Το καντάρι έχει δυναμική ενέργεια, επειδή είναι παραμορφωμένο.

δυναμικής ενέργειας όπως π.χ. η **ελαστική δυναμική ενέργεια που σχετίζεται με τις ελαστικές παραμορφώσεις των σωμάτων**. Ένα σώμα λέμε ότι έχει παραμορφωθεί ελαστικά, εφόσον το σώμα επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση όταν παύει να επιδρά πάνω του η δύναμη που το παραμορφώνει (π.χ. ένα σφουγγάρι). Έτσι όταν ασκούμε μία δύναμη για να τεντώσουμε και κατά συνέπεια να **παραμορφώσουμε ελαστικά τη χορδή ενός τόξου**, τότε **δαπανάμε ενέργεια η οποία μέσω του έργου της δύναμης που ασκούμε στη χορδή αποθηκεύεται στην χορδή με τη μορφή ελαστικής δυναμικής ενέργειας**. Η δυναμική ενέργεια που έχει ένα σώμα είτε είναι βαρυτική δυναμική είτε ελαστική δυναμική, μπορεί να μετασχηματιστεί σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας ή να μεταφερθεί σε κάποιο άλλο σώμα με άλλη μορφή.

## 5. Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά της δυναμικής ενέργειας; Από τι εξαρτάται;
2. Μπορεί ένα σώμα να έχει άλλης μορφής δυναμική ενέργεια εκτός από βαρυτική δυναμική ενέργεια; Αν ναι ποια τα χαρακτηριστικά της;
3. Πότε λέμε ότι ένα σώμα έχει κινητική ενέργεια; Ποιος είναι ο μαθηματικός τύπος υπολογισμού της κινητικής ενέργειας; Από τι εξαρτάται;
4. Να υπολογίσετε την κινητική ενέργεια ενός δρομέα όταν τρέχει α) με ταχύτητα  $u = 10 \frac{m}{s}$  και β) όταν βαδίζει με ταχύτητα  $u = 5 \frac{Km}{h}$ . Δίνεται ότι η μάζα του δρομέα είναι  $m = 70kg$ .
5. Ένα βιβλίο με μάζα  $4kg$  ανυψώνεται από το πάτωμα σ' ένα ράφι που βρίσκεται σε ύψος  $h = 2m$  από το πάτωμα. Πόση είναι η βαρυτική δυναμική ενέργεια του βιβλίου σε σχέση α) με το έδαφος, β) Σε σχέση με το κεφάλι ενός παιδιού που έχει ύψος  $h = 1,60m$ ;
6. Η Μαρία ανεβάζει ένα βιβλίο με μάζα  $1,2kg$  από το τραπέζι, που βρίσκεται  $75cm$  πάνω από το πάτωμα, σ' ένα ράφι που βρίσκεται σε ύψος  $2,25m$  πάνω από το πάτωμα. Ποια είναι η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας του βιβλίου;

### 5.3 Η μηχανική ενέργεια και η διατήρησή της

#### 1. Τι ονομάζεται μηχανική ενέργεια ενός σώματος;

Το άθροισμα της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας ενός σώματος ορίζεται ως μηχανική ενέργεια του σώματος  $E_M$  :

$$E_M = E_K + U$$

Η μηχανική ενέργεια σχετίζεται με την κίνηση ενός σώματος και τις αλλαγές στη θέση του καθώς και τη δυνατότητα του σώματος να προκαλέσει μεταβολές στην κατάσταση άλλων σωμάτων.

#### 2. Αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας

Μια από τις πιο σημαντικές αρχές της Φυσικής είναι η αρχή της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας, η οποία διατυπώνεται ως εξής:

**Όταν σε ένα σώμα ή σύστημα επιδρούν μόνο βαρυτικές, ηλεκτρικές ή δυνάμεις ελαστικής παραμόρφωσης, η μηχανική του ενέργεια διατηρείται σταθερή.**

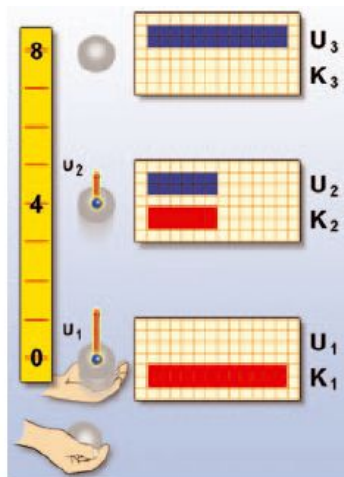
Η αρχή διατήρησης της μηχανικής ενέργειας μας επιτρέπει να μελετάμε ενεργειακά διάφορα φαινόμενα ακόμη και αρκετά περίπλοκες κινήσεις. Όσον αφορά τη Φυσική της Β Γυμνασίου που έχουμε μελετήσει μόνο τη βαρυτική, δύναμη θα μπορούσαμε να απλοποιήσουμε τη έκφραση της αρχής ώστε να μπορούμε να κατανοούμε καλύτερα τότε μπορούμε να τη χρησιμοποιούμε στις ασκήσεις. Έτσι μια απλοποιημένη διατύπωση της αρχής διατήρησης της μηχανικής ενέργειας είναι αυτή που ακολουθεί:

**Όταν ένα σώμα κινείται χωρίς τριβές και αντιστάσεις, μόνο με την επίδραση του βάρους του, τότε η μηχανική του ενέργεια διατηρείται σταθερή.**

Τη χρησιμότητα της παραπάνω πρότασης θα την αντιληφθούμε κυρίως κατά την επίλυση των προβλημάτων του σχολικού βιβλίου.

#### 3. Πως μετατρέπεται η βαρυτική δυναμική ενέργεια σε κινητική και αντίστροφα;

Ας θεωρήσουμε την περίπτωση που εκτοξεύουμε ένα σώμα κατακόρυφα προς τα



πάνω με κάποια ταχύτητα. Αρχικά λοιπόν το σώμα έχει μονάχα κινητική ενέργεια, στη συνέχεια όμως καθώς ανεβαίνει η ταχύτητα του ελαττώνεται και συνεπώς μειώνεται η κινητική του ενέργεια ενώ παράλληλα αυξάνεται το ύψος του σώματος από το σημείο εκτόξευσης (π.χ. το έδαφος) και άρα αυξάνεται και η δυναμική ενέργεια του σώματος. Όταν το σώμα φθάσει στο ανώτερο σημείο η ταχύτητα του στιγμιαία μηδενίζεται και άρα δεν έχει κινητική

Εικόνα 5.19.

Καθώς η μπάλα ανεβαίνει, η κινητική της ενέργεια μειώνεται και η δυναμική της αυξάνεται. Όταν η μπάλα κατεβαίνει, η κινητική της ενέργεια αυξάνεται και η δυναμική της ενέργεια μειώνεται.

ενέργεια ενώ ταυτόχρονα η δυναμική του ενέργεια παίρνει τη μέγιστη της τιμή αφού το σώμα φτάνει στο μέγιστο ύψος.

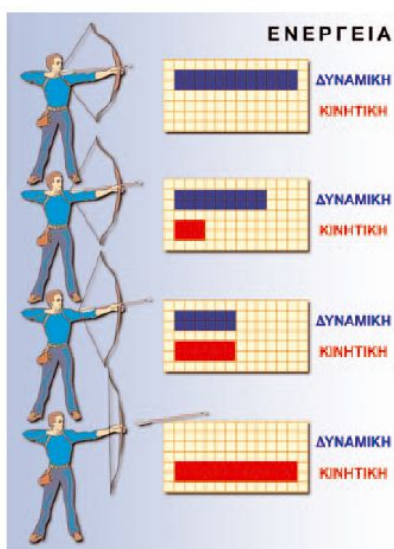
Στη συνέχεια το σώμα αρχίζει να πέφτει κατακόρυφα προς τα κάτω και η δυναμική του ενέργεια ελαττώνεται καθώς χάνει ύψος, ενώ η κινητική ενέργεια του σώματος αυξάνεται. Στο τέλος όταν το σώμα φτάνει στο έδαφος, έχει μόνο κινητική ενέργεια και η δυναμική του ενέργεια είναι μηδέν και πάλι. Αν θεωρήσουμε ότι το σώμα κινείται μόνο με την επίδραση του βάρους του η μηχανική του ενέργεια παραμένει σταθερή δηλαδή σε κάθε σημείο από το οποίο διέρχεται το σώμα κατά την κίνηση του ισχύει ότι το άθροισμα της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας του σώματος παραμένει σταθερό.

$$E_{\text{μηχ}} = K + U = \text{σταθερο}$$

Όπως θα δούμε και στις ασκήσεις αποδεικνύεται ότι η αρχική κινητική ενέργεια που είχε το σώμα όταν εκτοξεύθηκε είναι ίση με την τιμή της δυναμικής ενέργειας που αποκτά το σώμα το μέγιστο ύψος στο οποίο φτάνει τελικά. Επίσης αποδεικνύεται ότι το σώμα φτάνει ξανά στο έδαφος με την ίδια ταχύτητα και άρα κινητική ενέργεια με την οποία είχε εκτοξευθεί αρχικά. **Δηλαδή αυτό που συμβαίνει είναι η σταδιακή μετατροπή της αρχικής κινητικής ενέργειας του σώματος εξολοκλήρου σε δυναμική κατά την άνοδο και η μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε εξολοκλήρου σε κινητική κατά την κάθοδο του σώματος.** Η μετατροπή της βαρυτική δυναμικής ενέργειας σε κινητική σώματος και το αντίστροφο γίνεται όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενη παράγραφο μέσω του έργου του βάρους του σώματος.

#### 4. Πως μετατρέπεται η ελαστική δυναμική ενέργεια σε κινητική και αντίστροφα;

Ας θεωρήσουμε την τεντωμένη χορδή ενός τόξου, όπως έχουμε πει και αλλού στην



χορδή έχει αποθηκευτεί ελαστική δυναμική ενέργεια λόγω παραμόρφωσης η οποία ισούται με το έργο της δύναμης που άσκησε ο τοξότης για να τεντώσει τη χορδή. Αν στη συνέχεια ο τοξότης αφήσει ελεύθερη τη χορδή να κινηθεί σταδιακά η ελαστική δυναμική ενέργεια της χορδής μετατρέπεται σε κινητική της χορδής και στη συνέχεια του βέλους. Από τη διατήρηση της μηχανικής ενέργειας (αφού στη χορδή μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ασκούνται μόνο δυνάμεις ελαστικής παραμόρφωσης) συμπεραίνουμε ότι η ελαστική δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια της χορδής και στη συνέχεια σε κινητική ενέργεια του βέλους.

Εικόνα 5.21.

Διαδοχικά στιγμιότυπα κατά την εκτόξευση του βέλους από το τόξο. Καθώς μειώνεται η παραμόρφωση της χορδής, μειώνεται η δυναμική της ενέργεια. Η ταχύτητα του βέλους αυξάνεται. Η δυναμική ενέργεια της χορδής μετατρέπεται σε κινητική του βέλους. Σε κάθε στιγμή το άθροισμα κινητικής και δυναμικής ενέργειας είναι σταθερό. Η μηχανική ενέργεια του συστήματος «χορδή-βέλος» διατηρείται.



## 5. Ερωτήσεις - Ασκήσεις

1. Σώμα ρίχνεται κατακόρυφα προς τα πάνω με ταχύτητα  $v=10\text{m/s}$ . Σε ποιο ύψος αποκτά τη μέγιστη δυναμική του ενέργεια; Αντίσταση αέρα αμελητέα και  $g=10\text{m/s}^2$ .

2. Ένας τοξότης τεντώνει τη χορδή του τόξου του και στη συνέχεια την αφήνει απελευθερώνοντας έτσι το βέλος. Τι είδους ενέργεια απέκτησε η χορδή όταν την τέντωσε ο τοξότης; Ποιος προσέφερε αυτήν την ενέργεια στη χορδή; Τι μετατροπές ενέργειας συμβαίνουν όταν ο τοξότης αφήνει τη χορδή ελεύθερη; Τι ισχύει για τη μηχανική ενέργεια στην περίπτωση αυτή;

3. Ένα σώμα μάζας  $m = 0,5\text{Kg}$  αφήνεται να πέσει ελεύθερα από ύψος  $h = 1,8\text{m}$ . Πόσο είναι το μέτρο της ταχύτητας του σώματος όταν φτάνει στο έδαφος; Δίνεται  $g = 10\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ; Αν η μάζα του σώματος ήταν  $m = 1000\text{Kg}$  το αποτέλεσμα θα ήταν διαφορετικό; Τι συμπεράσματα βγάξετε;

4. Αν γνωρίζεις ότι η τεντωμένη χορδή ενός τόξου έχει δυναμική ενέργεια  $50\text{J}$ , μπορείς να προβλέψεις πόση κινητική ενέργεια θα έχει το βέλος όταν εκτοξεύεται από το τόξο; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

5. Ένα σώμα μάζας βρίσκεται σε ύψος  $h = 90\text{m}$  και έχει δυναμική ενέργεια  $U = 900\text{J}$ . Το σώμα αφήνεται πέσει ελεύθερα. Να βρείτε:

α) τη μάζα του σώματος

β) Την δυναμική και την κινητική ενέργεια όταν το σώμα βρίσκεται σε ύψος  $h = 30\text{m}$

γ) Την δυναμική και την κινητική ενέργεια όταν το σώμα φτάνει στο έδαφος

δ) Την ταχύτητα με την οποία φτάνει στο έδαφος

Η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι  $g = 10\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

6. Να συμπληρώσετε τον πίνακα για ένα σώμα που πέφτει ελεύθερα από κάποιο ύψος:

$E_{\text{μηχ}}$	$E_{\text{κ}}$	$U$
	0	3200 J
	800 J	
		1200 J
	2900 J	
		100 J
	3200 J	

Αν το σώμα αφέθηκε από ύψος  $h = 80\text{m}$  να βρείτε:

i) Τη μάζα του

ii) Την ταχύτητα με την οποία φτάνει στο έδαφος

Η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι  $g = 10\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

## 5.4 Μορφές και μετατροπές της ενέργειας

Η ενέργεια εμφανίζεται στη φύση σε πολλές διαφορετικές μορφές. Συχνά στην καθημερινή μας ζωή έχουμε ακούσει για ηλιακή ενέργεια, ηλεκτρική, αιολική, χημική, πυρηνική, θερμική κτλ. Στις παραγράφους που ακολουθούν θα αναφερθούμε στις διαφορετικές μορφές ενέργειας και στις μετατροπές της ενέργειας από τη μια μορφή σε μια άλλη.

### 1. Ποια είναι η προέλευση της ενέργειας που έχει ο άνθρωπος;

Η ενέργεια εμφανίζεται στη φύση σε πολλές διαφορετικές μορφές. Όλοι οι έμβιοι οργανισμοί καθώς και οι τροφές περιέχουν ενέργεια αποθηκευμένη στα μόρια διάφορων χημικών ενώσεων π.χ. της γλυκόζης. Η ενέργεια αυτή οφείλεται στις δυνάμεις που ασκούνται ανάμεσα στα άτομα που σχηματίζουν τα μόρια των χημικών ενώσεων είναι δηλαδή δυναμική ενέργεια την οποία ονομάζουμε **χημική ενέργεια**. Ο άνθρωπος λοιπόν με τις τροφές παίρνει χημική ενέργεια την οποία κατά ένα μέρος την αποθηκεύει και κατά ένα άλλο την εκμεταλλεύεται με την καύση των τροφών και έτσι μεταφέρεται στους μύες και στον εγκέφαλο ώστε να μπορεί να κινείται και να σκέφτεται.

### 2. Αναφέρετε παραδείγματα μετατροπής ενέργειας από μια μορφή σε άλλη;

**Αυτοκίνητο:** Στο αυτοκίνητο η **χημική ενέργεια** των καυσίμων, μετατρέπεται σε **θερμική ενέργεια** των καυσαερίων και στη συνέχεια σε **κινητική ενέργεια** του αυτοκινήτου.

**Θερμοηλεκτρικά εργοστάσια:** Στα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια η χημική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο καύσιμο υλικό (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) με την καύση μετατρέπεται σε **θερμική ενέργεια** και τελικά σε **ηλεκτρική ενέργεια**.

**Ηλεκτρικός λαμπτήρας:** Στον ηλεκτρικό λαμπτήρα η ηλεκτρική ενέργεια που απορροφά ο λαμπτήρας μετατρέπεται σε **φωτεινή ενέργεια** και σε **θερμική ενέργεια**.

### 3. Ποιες είναι οι θεμελιώδεις μορφές ενέργειας;

Παραπάνω αναφερθήκαμε στις διαφορετικές μορφές ενέργειας που υπάρχουν στη φύση και στις μετατροπές της ενέργειας από μια μορφή σε μια άλλη. Μιλήσαμε για ηλιακή ενέργεια, ηλεκτρική, αιολική, χημική, πυρηνική, θερμική κτλ. Φαίνεται δηλαδή να υπάρχει μια ποικιλία μορφών ενέργειας στη φύση. Η ενέργεια με τις διάφορες μορφές της περιέχεται και εκπορεύεται από την ύλη. Η ύλη όπως γνωρίζουμε αποτελείται από άτομα, μόρια, ηλεκτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια τα οποία βρίσκονται σε κίνηση και άρα έχουν κινητική ενέργεια και αλληλεπιδρούν (ασκούν δυνάμεις) μεταξύ τους και επομένως έχουν δυναμική ενέργεια. Έτσι με μια πιο προσεκτική σε βάθος ανάλυση, παρατηρούμε ότι όλες οι μορφές ενέργειας ανάγονται τελικά σε **δύο θεμελιώδεις μορφές ενέργειας την κινητική και τη δυναμική**. Για παράδειγμα η θερμική ενέργεια είναι κινητική ενέργεια που οφείλεται στην κίνηση των μορίων και

όπως έχει ήδη αναφερθεί η χημική ενέργεια οφείλεται ουσιαστικά στην κινητική και στην δυναμική ενέργεια των ατόμων και των μορίων των χημικών ουσιών.

## 5.5 Διατήρηση της ενέργειας

### 1. Τι γνωρίζετε για τη διατήρηση της ενέργειας;

Αν σπρώξουμε μια κούνια αυτή θα αρχίσει να κινείται και να κάνει ταλάντωση άρα αποκτά κινητική ενέργεια. Από πού προήλθε η ενέργεια που απέκτησε η κούνια; Προφανώς από εμάς που την ωθήσαμε και έτσι ένα μέρος της χημικής μας ενέργειας μετατράπηκε σε κινητική της κούνιας. Μετά από μερικές αιωρήσεις η κούνια θα ακινητοποιηθεί. Τι απέγινε η ενέργεια που είχε η κούνια; Χάθηκε; Η απάντηση είναι πως όχι όπως έχουμε πει και στην αρχή του κεφαλαίου η **ενέργεια δεν δημιουργείται ούτε καταστρέφεται, απλώς μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο ή μετατρέπεται από μια μορφή σε μια άλλη**. Η κινητική ενέργεια της κούνιας λόγω τριβών μεταξύ των μηχανικών της μερών και της αντίστασης του αέρα τελικά μετατράπηκε σε θερμική ενέργεια της κούνιας και του περιβάλλοντος. Μπορείτε να αναφέρετε και άλλα παραδείγματα διατήρησης της ενέργειας;

## 5.6 Πηγές ενέργειας

### 1. Αναφέρετε μερικές πηγές ενέργειας που υπάρχουν στη φύση;

**Ο Ήλιος:** Η κύρια πηγή ενέργειας του πλανήτη μας είναι ο Ήλιος ο οποίος στέλνει συνεχώς ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ηλιακή ενέργεια) στη Γη. Η ενέργεια του Ήλιου προέρχεται από πυρηνικές αντιδράσεις στο εσωτερικό του.

**Η Βιομάζα:** Η βιομάζα αποτελεί (το ξύλο, το ξυλοκάρβουνο και τα φυτικά υπολείμματα) μια πηγή ενέργειας που οφείλεται στην φωτοσύνθεση των φυτών.

**Πυρηνική ενέργεια:** Η ενέργεια που απελευθερώνεται από τη διάσπαση των πυρήνων. Πρόκειται για πολύ σημαντική πηγή ενέργειας αλλά και αρκετά καταστρεπτική όταν χρησιμοποιείται για πολεμικούς σκοπούς.

**Πετρέλαιο-Φυσικό αέριο:** Αποτελεί μια από τις βασικότερες πηγές ενέργειας για την ανθρωπότητα σήμερα, η οποία κατασπαταλάται ως καύσιμο για να καλύψει τις ανάγκες μας για μετακίνηση με οχήματα, πλοία και αεροπλάνα αλλά και για την λειτουργία των μεγάλων εργοστασίων και βιομηχανιών. Αποτελεί **μη ανανεώσιμη πηγή** ενέργειας κάτι που σημαίνει ότι τα αποθέματα κάποτε θα εξαντληθούν και για αυτό θα πρέπει να είμαστε πάρα πολύ προσεκτική στη χρήση του μιας και το πετρέλαιο αποτελεί εξαιρετική πρώτη ύλη για την παρασκευή και την σύνθεση νέων υλικών.

**Αιολική ενέργεια:** Η ενέργεια του ανέμου

**Υδραυλική ενέργεια:** Η ενέργεια που μας παρέχει το νερό με την κίνηση του και την αξιοποιούμε στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια

**Γεωθερμική ενέργεια:** πρόκειται για τη θερμική ενέργεια των υπόγειων πετρωμάτων και των υπόγειων νερών. Αξιοποιείται τόσο για τη θέρμανση κτιρίων όσο και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Σκεφτείτε ποιες από τις παραπάνω πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες δηλαδή είναι πρακτικά ανεξάντλητες;

## 5.7 Απόδοση μιας μηχανής

### 1. Πως ορίζεται η απόδοση μιας μηχανής;

Οι μηχανές που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή είναι συσκευές που μετατρέπουν μια μορφή ενέργειας σε κάποια άλλη μορφή που είναι χρήσιμη για εμάς. Κατά τη μετατροπή της ενέργειας από μια μορφή σε μια άλλη ενώ η συνολική ενέργεια διατηρείται, η **χρήσιμη (ωφέλιμη) ενέργεια η οποία αξιοποιείται για τις δραστηριότητες μας είναι πάντοτε μικρότερη της ενέργειας που προσφέρεται αρχικά στη μηχανή για να λειτουργήσει. Πάντοτε κατά τη λειτουργία μιας μηχανής ένα μέρος της ενέργειας χάνεται με τη μορφή θερμικής ενέργειας με αποτέλεσμα να θερμαίνεται η τόσο η μηχανή όσο και το περιβάλλον. Συνήθως μάλιστα το μεγαλύτερο μέρος της προσφερόμενης ενέργειας χάνεται ενώ η ωφέλιμη ενέργεια είναι πολύ μικρό ποσοστό της προσφερόμενης. Για παράδειγμα σε ένα λαμπτήρα πυράκτωσης το 95% της προσφερόμενης ενέργειας γίνεται θερμική και μόλις το 5% μετατρέπεται σε ωφέλιμη φωτεινή ενέργεια. Για το λόγο αυτό είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε την **απόδοση** μιας μηχανής που μας δείχνει κατά πόσο η προσφερόμενη ενέργεια γίνεται ωφέλιμη. Η απόδοση μιας μηχανής ορίζεται ως:**

$$\eta = \frac{E_{\omega\phi\acute{\epsilon}\lambda\iota\mu\eta}}{E_{\pi\rho\sigma\phi\epsilon\rho\acute{o}\mu\epsilon\nu\eta}}$$

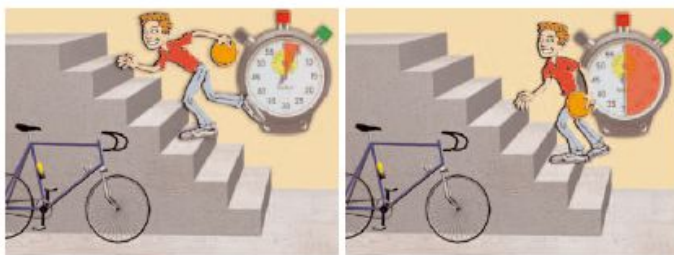
Το  $\eta$  ονομάζεται και συντελεστής απόδοσης και είναι πάντα μικρότερος της μονάδας αφού πάντοτε ο παρανομαστής είναι μεγαλύτερος από τον αριθμητή όπως προαναφέρθηκε. Συχνά ο συντελεστής απόδοσης  $\eta$  πολλαπλασιάζεται με 100% και εκφράζεται ως ποσοστό % το οποίο φυσικά είναι πάντοτε μικρότερο του 100%.

### 2. Ασκήσεις

1. Ποιες βασικές ενεργειακές μεταβολές συμβαίνουν α) σε ένα αυτοκίνητο; β) σε ένα θερμοηλεκτρικό εργοστάσιο; γ) Σε ένα τρόλει;
2. Γράψτε έξι τουλάχιστον μορφές ενέργειας.
3. Τι μορφές ενέργειας έχει ένα μήλο:  
α) όταν βρίσκεται στο κλαδί της μηλιάς  
β) καθώς πέφτει από την μηλιά  
γ) ως τρόφιμο μόνο

## 5.8 Ισχύς

Πολλές φορές δεν μας ενδιαφέρει τόσο πολύ το πόσο έργο μπορεί να παράγει μια μηχανή όσο το πόσο γρήγορα μπορεί να την παράγει. Επίσης πολύ συχνά δεν μας ενδιαφέρει μόνο το πόση ενέργεια καταναλώνεται σε μία δραστηριότητα αλλά μας ενδιαφέρει και το πόσο γρήγορα καταναλώνεται αυτή η ενέργεια. Για παράδειγμα ας θεωρήσουμε ότι κάποιος ανεβαίνει μια σκάλα. Για να ανέβει τα σκαλιά αργά με σταθερή ταχύτητα, θα πρέπει να ασκεί μια δύναμη η οποία εξουδετερώνει συνεχώς το βάρος του και τελικά η ενέργεια που δαπανά είναι ίση με τη μεταβολή της δυναμικής του ενέργειας. Αφού ο άνθρωπος, όταν έχει πια ανέβει τα σκαλιά, θα βρεθεί σε μεγαλύτερο υψόμετρο, θα έχει αυξηθεί η δυναμική του ενέργεια. Η αύξηση της δυναμικής του ενέργειας είναι αριθμητικά ίση με το έργο της δύναμης που ανύψωσε το σώμα στο σημείο αυτό και άρα  $W_F = \Delta U = mgh$ . Επομένως για δεδομένο υψόμετρο  $h$  και μάζα  $m$  του σώματος η ενέργεια που καταναλώνουμε για να ανεβούμε στο ύψος  $h$  είναι συγκεκριμένη και ίση με  $W_F = mgh$ . Διαπιστώνουμε όμως ότι όταν ανεβούμε τα σκαλιά **πιο γρήγορα** και βρεθούμε στο ίδιο ύψος τότε **θα κουραστούμε περισσότερο σε σχέση με όταν ανεβούμε αργά τα σκαλιά**.



† Εικόνα 5.36.

Στην πρώτη εικόνα ανεβαίνεις τη σκάλα σε χρόνο 5 s (τρέχοντας), ενώ στη δεύτερη σε χρόνο 30 s (περπατώντας). Και στις δύο περιπτώσεις η δύναμη που ασκείς είναι ίση με το βάρος σου (κινείσαι με σταθερή ταχύτητα). Εφόσον ανεβαίνεις στο ίδιο ύψος, ισχύει για το έργο της δύναμης:  $W = w \cdot h$ . Επομένως συμπεραίνουμε ότι σε όσο μικρότερο χρονικό διάστημα παράγουμε κάποιο έργο, τόσο περισσότερο κουραζόμαστε.

Είναι φανερό ότι στην προκειμένη περίπτωση, δηλαδή για το πόσο θα κουραστούμε, δεν παίζει ρόλο μόνο το πόση ενέργεια καταναλώνουμε αλλά και το πόσο γρήγορα καταναλώνουμε αυτό το ποσό ενέργειας.

### 1. Πως ορίζεται η ισχύς μιας μηχανής:

Το φυσικό μέγεθος που συνδέει το παραγόμενο έργο από μία δύναμη με το χρόνο στον οποίο παράγεται το έργο αυτό ονομάζεται **ισχύς** και ορίζεται ως εξής:

$$\text{Ισχύς} = \frac{\text{Έργο}}{\text{χρονικό διάστημα}} = \frac{\text{Ποσότητα ενέργειας που μετασχηματίζεται}}{\text{χρονικό διάστημα}}$$

ή με τη χρήση συμβόλων

$$P = \frac{W}{t} = \frac{E}{t}$$

Η ισχύς μιας μηχανής είναι τόσο μεγαλύτερη όσο περισσότερο έργο παράγει ή περισσότερη ενέργεια μετασχηματίζει σε ορισμένο χρονικό διάστημα. Ισοδύναμα μπορούμε να πούμε ότι η ισχύς είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μικρότερο χρονικό

διάστημα απαιτείται για να παραχθεί μια ορισμένη ποσότητα έργου ή να μετασχηματιστεί ορισμένη ποσότητα ενέργειας.

Η ισχύς είναι μονόμετρο μέγεθος και μονάδα της ισχύος στο S.I. είναι το Watt όπου

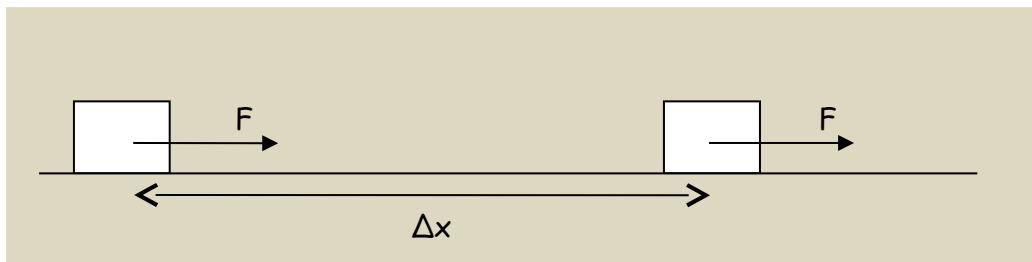
$$1W = 1 \frac{J}{s}$$

Επειδή το W είναι σχετικά μικρή μονάδα ενέργειας πολύ συχνά χρησιμοποιούνται και τα πολλαπλάσια του:

$$1kW = 10^3W = 1000W$$
$$1MW = 10^6W = 1000000W$$

## 2. Πως μπορεί να γραφεί η ισχύς που προσφέρεται σε ένα σώμα το οποίο κινείται με σταθερή ταχύτητα;

Έστω ένα σώμα το οποίο μετατοπίζεται προς τα δεξιά υπό την επίδραση μεταξύ άλλων και μιας σταθερής δύναμης F και έστω ότι το σώμα κινείται ευθύγραμμα και ομαλά.



Τότε για το σώμα ισχύει  $\Delta x = u \cdot \Delta t$  ενώ για το έργο το οποίο προσφέρει η δύναμη στο σώμα ισχύει  $W_F = F \Delta x$ . Οπότε για την ισχύ που προσφέρεται στο σώμα από την δύναμη F μπορούμε να γράψουμε:

$$P = \frac{W_F}{t} = \frac{F \cdot \Delta x}{\Delta t} = \frac{F \cdot u \cdot \Delta t}{\Delta t}$$

από όπου τελικά προκύπτει

$$P = F \cdot u$$

## 3. Ασκήσεις

1. Η ισχύς μιας μηχανής είναι  $P=2kW$ . Να υπολογίσετε σε J το έργο που παράγει η μηχανή αυτή αν λειτουργήσει για  $t=15min$ .

2. Μια μηχανή A παράγει έργο  $w_1=48000J$  σε  $t_1=0,4min$  ενώ μια μηχανή B παράγει έργο  $w_2=43,2kJ$  σε  $t_2=36s$ . Ποια είναι ισχυρότερη;

3. Ένα σώμα κινείται σε οριζόντιο επίπεδο υπό την επίδραση της δύναμης  $F=30N$  με σταθερή ταχύτητα  $u=10m/s$ .

α) Πόση είναι η τριβή;

β) Σε  $t=5s$  πόση απόσταση θα έχει διανύσει;

γ) Ποιο είναι το έργο και ποια η ισχύς της δύναμης F;