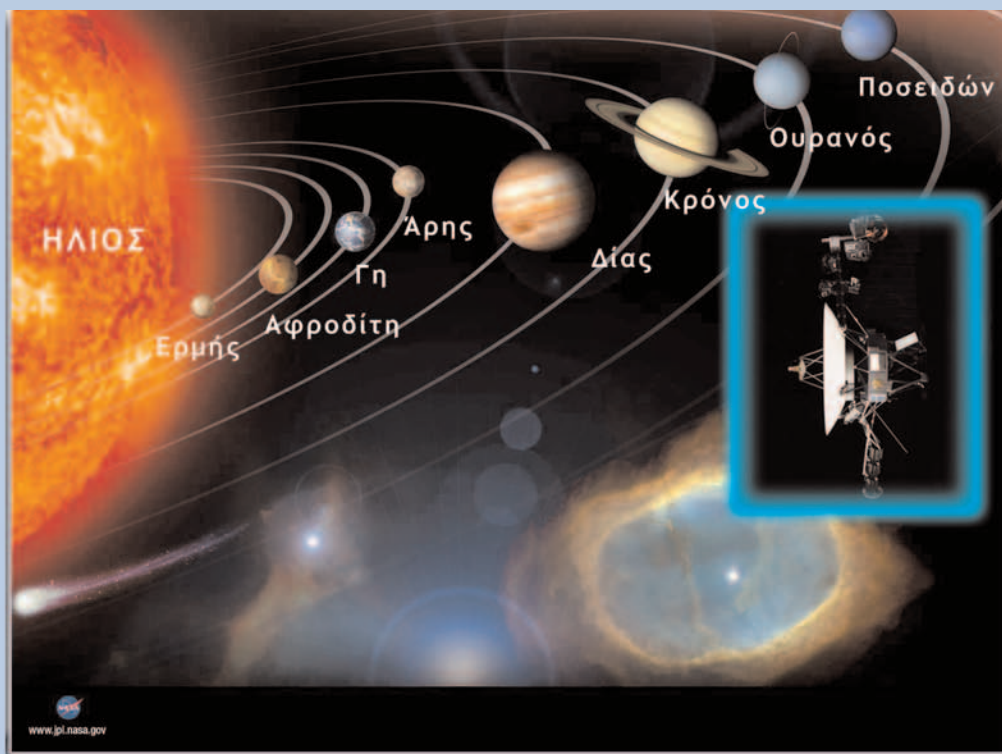


## Μια μικρή ιστορία ...

### *Βόγιατζερ, οι μικροί ταξιδιώτες του διαστήματος*

Το 1977 εκτοξεύθηκαν από τις Η.Π.Α. δύο διαστημόπλοια με το όνομα Βόγιατζερ (Voyager) με σκοπό να συγκεντρώσουν πληροφορίες για τους εξωτερικούς πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος. Σήμερα και τα δυο Βόγιατζερ συνεχίζουν το ταξίδι τους έξω από το ηλιακό μας σύστημα και μας στέλνουν πληροφορίες για τον κόσμο έξω από αυτό. Στα διαστημόπλοια υπάρχει ηχογραφημένο μήνυμα σε 55 διαφορετικές γλώσσες μεταξύ των οποίων και τα αρχαία Ελληνικά, καθώς και διάφοροι ήχοι από τη γη προκειμένου να αξιοποιηθούν για την αναγνώρισή μας από τυχόν εξωγήινα, νοήμονα όντα. Η πραγματοποίηση ενός τέτοιου ταξιδιού απαιτούσε τεράστια ποσά ενέργειας. Κάθε διαστημόπλοιο, που ζύγισε 815 kg, χρειάστηκε στην εκτόξευσή του 700.000 kg καύσιμα. Η χημική ενέργεια αυτών των καυσίμων μετατράπηκε σε θερμική. Η ενέργεια για τη λειτουργία των οργάνων προήλθε από τη διαδοχική μετατροπή πυρηνικής σε θερμική και τελικά σε ηλεκτρική ενέργεια. Συμπληρωματικά χρησιμοποιήθηκε και η ενέργεια ακτινοβολίας από τον ήλιο.



Σε αυτό το κεφάλαιο θα μάθουμε για τις διάφορες μορφές ενέργειας, τη μετατροπή της ενέργειας από μια μορφή σε άλλη καθώς και για τη διατήρηση της ενέργειας.

# ΕΝΕΡΓΕΙΑ

## Φυσική και Ιστορία



Εικόνα 5.1.

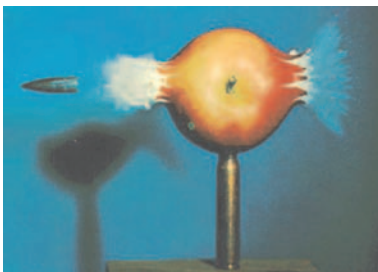
«Πυρ το αείζων» Φωτιά η αιώνια: Αιτία διαρκούς αλλαγής.  
ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ

## Φυσική και Περιβάλλον



Εικόνα 5.2.  
Κουβέιτ.

Πετρελαϊκός σταθμός που καίγεται κατά τη διάρκεια του πολέμου του Περσικού Κόλπου. Η χρησιμοποίηση ενέργειας είναι απαραίτητη για τη λειτουργία της ανθρώπινης κοινωνίας. Όμως σε πολλές περιπτώσεις, μπορεί να προκαλέσει οικολογικές καταστροφές.



Εικόνα 5.3.

Διαφορετικά στιγμιότυπα από την κίνηση ενός βλήματος καθώς διαπερνά ένα μίγλο. Αρχικά κινείται με ταχύτητα 800 m/s. Έχει ενέργεια. Προκαλεί μεταβολές.

## ΕΝΕΡΓΕΙΑ: ΜΙΑ ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι αναζήτησαν τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται ο κόσμος και προσπάθησαν να ερμηνεύσουν τις μεταβολές που συμβαίνουν στη φύση. Ο Αριστοτέλης πίστευε ότι ο κόσμος συγκροτείται από τέσσερα στοιχεία, τη φωτιά, το νερό, τη γη και τον αέρα. Από αυτά το «πυρ», δηλαδή η φωτιά, συμβόλιζε τις συνεχείς αλλαγές που βλέπουμε γύρω μας. Ο Ηράκλειτος θεωρούσε ότι μόνο το πυρ είναι το πρωταρχικό στοιχείο από το οποίο γεννιούνται όλα τα όντα και σε αυτό επανέρχονται. Το πυρ δε χάνεται, αλλά παίρνει κάθε τόσο διαφορετικές μορφές και περνάει από διάφορες καταστάσεις. Όλα τα υπόλοιπα αλλάζουν: «τα πάντα ρει». Έτσι, για πρώτη φορά στην ιστορία εμφανίζεται η αντίληψη της διατήρησης ενός μεγέθους (πυρ) το οποίο μπορεί να αλλάζει μορφές, αλλά τελικά διατηρείται (εικόνα 5.1).

Η παραπάνω άποψη του Ηράκλειτου επανήλθε στο προσκήνιο τον 17ο αιώνα με την εισαγωγή μιας καινούργιας για την εποχή αυτή έννοιας: της ενέργειας. Ο όρος χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τον **Γαλιλαίο**, χωρίς όμως επιστημονικό ορισμό. Η ρίζα της λέξης είναι αρχαιοελληνική από το εν (μέσα) και έργο, δηλαδή σημαίνει την εσωτερική ικανότητα κάποιου να παράγει έργο. Μόλις όμως πριν από 200 περίπου χρόνια η έννοια απέκτησε επιστημονικό περιεχόμενο. Οι φυσικοί αξιοποιώντας την έννοια της ενέργειας κατάφεραν να περιγράψουν με ενιαίο τρόπο φαινόμενα, όπως τα κινητικά, τα θερμικά, τα ηλεκτρικά, τα φωτεινά, τα ηχητικά και τα χημικά, τα οποία ως τότε αντιμετωπιζόνταν ως ανεξάρτητα μεταξύ τους.

Στις αρχές του εικοστού αιώνα, η έννοια της ενέργειας αποτέλεσε τη βάση για να διατυπωθούν δύο από τις σύγχρονες φυσικές θεωρίες: η θεωρία της σχετικότητας και η κβαντική θεωρία και εξελίχθηκε σε κεντρική ενοποιητική έννοια της γλώσσας που χρησιμοποιούν οι φυσικοί για να περιγράψουν τα φαινόμενα που μελετά η επιστήμη της φυσικής. Επιπλέον, η ενέργεια είναι η έννοια που συνδέει τη φυσική με τις άλλες φυσικές επιστήμες και την Τεχνολογία.

Σήμερα όλοι είμαστε εξοικειωμένοι με την έννοια της ενέργειας (εικόνα 5.2). Ενέργεια με τη μορφή της ακτινοβολίας έρχεται στη γη από τον ήλιο, περιέχεται στις τροφές που τρώμε και διατηρεί τη ζωή. Παρόλο που η ενέργεια είναι η πιο διαδεδομένη έννοια στις φυσικές επιστήμες, ο ορισμός της είναι ιδιαίτερα δύσκολος. *Πώς θα προσεγγίσουμε την έννοια της ενέργειας;*

Ο δρομέας όταν τρέχει, έχει ενέργεια. Ο άλτης όταν πηδά, έχει επίσης ενέργεια. Μια γλάστρα που πέφτει από ένα μπαλκόνι έχει

αρκετή ενέργεια και βουλιάζει την οροφή ενός αυτοκινήτου. Οι άνθρωποι, τα ζώα, τα φυτά, τα διάφορα αντικείμενα έχουν ενέργεια. Ωστόσο, παρατηρούμε τα αποτελέσματα της ενέργειας μόνο όταν εκδηλώνεται ένα φαινόμενο, μια μεταβολή. Λέμε ότι όταν η **ενέργεια** μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο ή μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη, **προκαλεί μεταβολές** (εικόνα 5.3).

Γενικότερα, η **ενέργεια εμφανίζεται με διάφορες μορφές, μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη, αλλά κατά τις μετατροπές της η συνολική ενέργεια διατηρείται**. Ο υπολογισμός της ενέργειας που μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη ή μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο διευκολύνεται σε μερικές περιπτώσεις με την εισαγωγή ενός νέου φυσικού μεγέθους: του **έργου**.

## 5.1 Έργο και Ενέργεια

Η λέξη έργο χρησιμοποιείται στην καθημερινή ζωή με διαφορετική σημασία από αυτήν με την οποία τη χρησιμοποιούμε στη φυσική. Για παράδειγμα, οι περισσότεροι λένε ότι η κατασκευή της γέφυρας Ρίου-Αντιρρίου ήταν ένα δύσκολο έργο.

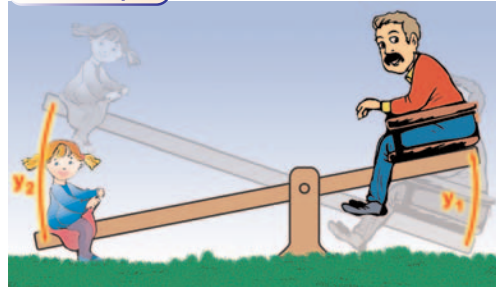
Η πρώτη αντίληψη για την έννοια του έργου φαίνεται ότι προέρχεται από τους αρχαίους Έλληνες. Δημιουργήθηκε ως αποτέλεσμα της προσπάθειάς τους να ερμηνεύσουν πώς είναι δυνατόν να ανυψωθεί ένα βαρύ αντικείμενο ασκώντας μικρή δύναμη με τη βοήθεια ενός μοχλού (εικόνα 5.4). Στις αρχές του 17ου αιώνα ο Γαλιλαίος συνέλαβε τον ουσιαστικό χαρακτήρα της έννοιας. Παρατηρώντας τον τρόπο που τοποθετούσαν πασσάλους στο έδαφος, διαπίστωσε ότι το αποτέλεσμα ήταν συνδυασμός του βάρους του σφυριού που χρησιμοποιούσαν και του ύψους από το οποίο έπεφτε (εικόνα 5.5). Η δύναμη (βάρος) και η μετατόπιση (ύψος) φαίνεται να συνδέονται με κάποιο τρόπο. Το 1829 ο Γάλλος φυσικός Κοριόλις αποκάλυψε το γινόμενο της δύναμης με τη μετατόπιση, **έργο**.

Σήμερα, με την έννοια του έργου περιγράφουμε τη μεταφορά ή τη μετατροπή της ενέργειας κατά τη δράση μιας δύναμης. Για παράδειγμα, όταν τακτοποιείς τη βιβλιοθήκη σου και ανεβάζεις τα βιβλία από το χαμηλότερο ράφι της στο υψηλότερο, θα κουραστείς. Τα βιβλία, μέσω της δύναμης που τους ασκείς, αποκτούν ενέργεια. Από τον οργανισμό σου μεταφέρεται ενέργεια στα βιβλία και για να την αναπληρώσεις, θα χρειαστεί να φας. Χρησιμοποιούμε το φυσικό μέγεθος έργο για να εκφράσουμε την ποσότητα ενέργειας που μεταφέρεται από εσένα στα βιβλία.

### Έργο δύναμης

Όταν ανυψώνεται οποιοδήποτε σώμα, ασκείται σ' αυτό μια δύναμη τουλάχιστον ίση με το βάρος του. Λέμε ότι η δύναμη παράγει έργο πάνω στο σώμα. Στην εικόνα 5.6 ο αθλητής ανυψώνει την μπάρα ασκώντας σ' αυτή δύναμη. Όσο η μπάρα ανεβαίνει, η δύναμη παράγει έργο πάνω της. Όταν ο αθλητής κρατάει ακίνητη την μπάρα, η δύναμη δεν παράγει έργο.

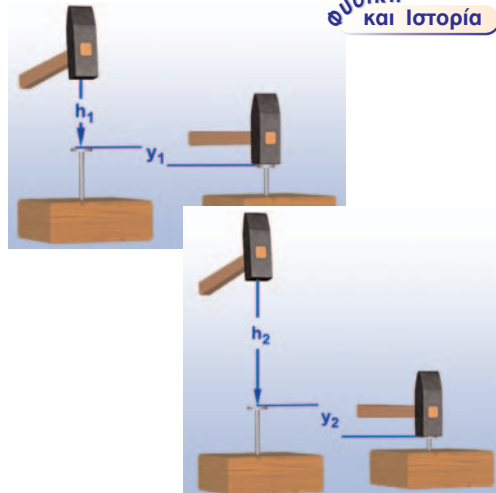
### Φυσική και Ιστορία



Εικόνα 5.4.

Το κοριτσάκι της εικόνας ανυψώνει εύκολα τον πατέρα του. Όσο πιο κοντά βρίσκεται ο πατέρας στον άξονα περιστροφής, τόσο μικρότερη είναι δύναμη που ασκεί το κοριτσάκι. Η ιδέα να συνδεθεί η δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα με τη μετατόπιση αποδίδεται στον Αρχιμήδη (3ος π.Χ. αιώνας) και στον Ήρωνα τον Αλεξανδρέα (1ος μ.Χ. αιώνας).

### Φυσική και Ιστορία



Εικόνα 5.5.

Όσο ψηλότερα σηκώνει το χέρι του ο εργάτης και όσο βαρύτερο είναι το σφυρί, τόσο βαθύτερα το καρφί εισχωρεί στο πάτωμα. Αυτή η παρατήρηση οδήγησε τον Γαλιλαίο να συνδέσει τη δύναμη με τη μετατόπιση.



Εικόνα 5.6.

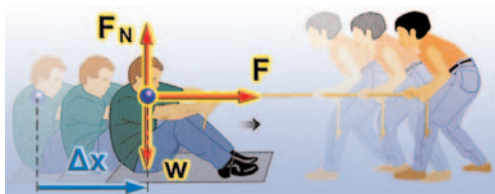
Ο αθλητής ασκεί δύναμη ( $F$ ) στην μπάρα που προκαλεί την ανύψωσή της σε ύψος  $h$ . Λέμε ότι η  $F$  παράγει έργο στην μπάρα. Ενέργεια μεταφέρεται από τον αθλητή στην μπάρα. Ο αθλητής κουράζεται.





Εικόνα 5.7.

Το έργο μιας δύναμης μπορεί να είναι θετικό ή αρνητικό. (α) Το άλογο ασκεί δύναμη στο κάρο. Το κάρο μετατοπίζεται. Η δύναμη και η μετατόπιση έχουν την ίδια κατεύθυνση. Η δύναμη παράγει θετικό έργο. (β) Η τσουλήθρα ασκεί δύναμη στο παιδί, την τριβή, που αντιστέκεται στην κίνησή του. Η τριβή και η μετατόπιση είναι αντίθετες. Το έργο της τριβής είναι αρνητικό.



Εικόνα 5.8.

Το αγόρι που κάθετα στο μεταξωτό χαλάκι μετατοπίζεται πάνω στο πάτωμα κατά  $\Delta x$  από μια οριζόντια δύναμη  $F$  που ασκείται από το κορίτσι. Η δύναμη του βάρους  $w$  και η  $F_N$  είναι κατακόρυφες και επομένως κάθετες στη μετατόπιση. Δεν παράγουν έργο ή το έργο τους είναι ίσο με το 0. Η δύναμη  $F$  που ασκεί το κορίτσι είναι παράλληλη στη μετατόπιση και παράγει έργο.

### Από τι εξαρτάται το έργο μιας δύναμης;

Όσο βαρύτερο είναι ένα σώμα το οποίο ανυψώνεις, τόσο περισσότερο κουράζεσαι, διότι παράγεις μεγαλύτερο έργο. Δηλαδή, το έργο εξαρτάται από τη δύναμη που ασκείται στο σώμα. Επιπλέον, η δραστηριότητα γίνεται πιο κουραστική, αν το σώμα πρέπει να ανυψωθεί σε μεγαλύτερο ύψος. Άρα, το έργο εξαρτάται και από τη μετατόπιση του σώματος.

Γενικά, μια δύναμη που ασκείται σ' ένα σώμα μπορεί να παράγει έργο ( $W$ ) πάνω σ' αυτό όταν το σώμα μετακινείται. Στην απλούστερη περίπτωση, όπου η δύναμη είναι σταθερή και το σώμα μετακινείται κατά τη διεύθυνσή της, το έργο ορίζεται ως το γινόμενο της δύναμης επί τη μετατόπιση του σώματος.

Δηλαδή:

$$\text{Έργο} = \text{Δύναμη} \times \text{Μετατόπιση}$$

ή συμβολικά:

$$W = F \cdot \Delta x \quad (5.1)$$

### Μονάδες έργου

Το έργο είναι παράγωγο μέγεθος και επομένως η μονάδα του προκύπτει από τον ορισμό του. Από τη σχέση 5.1 βλέπουμε ότι η μονάδα του έργου είναι η μονάδα της δύναμης επί τη μονάδα του μήκους. Στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.), η δύναμη μετριέται σε N (Newton) και η μετατόπιση σε μέτρα (m), οπότε το έργο μετριέται σε N.m. Η μονάδα αυτή ονομάζεται Joule (Τζάουλ) ή συντετμημένα J προς τιμή του Άγγλου φυσικού Τζέιμς Πρέσκοτ Τζάουλ ( $J = \text{Joule}$ ).

Είναι λοιπόν:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

και τα πολλαπλάσιά του,  $1 \text{ kJ} = 10^3 \text{ J}$  και  $1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J}$ .

Άρα: **Έργο 1 Joule παράγει δύναμη 1 N που ασκείται σε σώμα το οποίο μετατοπίζεται κατά 1 m, κατά την κατεύθυνση της δύναμης.**

Για ένα μήλο που πέφτει από ύψος 1 m, το έργο του βάρους του είναι μερικά J, ο αρσιβαρίστας παράγει έργο μερικά kJ, ενώ το έργο για το σταμάτημα ενός φορτωμένου φορτηγού που κινείται με 100 km/h είναι μερικά MJ.

### Περιπτώσεις έργου

Το έργο μπορεί να είναι θετικό, αρνητικό ή μηδέν. Είναι θετικό όταν η δύναμη έχει την ίδια κατεύθυνση με τη μετατόπιση του σώματος. Δηλαδή, όταν η δύναμη προκαλεί την κίνηση, όπως συμβαίνει με τη δύναμη που ασκεί το άλογο στην εικόνα 5.7.α.

Είναι αρνητικό όταν η δύναμη έχει αντίθετη κατεύθυνση από τη μετατόπιση του σώματος. Δηλαδή, όταν η δύναμη αντιτίθεται στην κίνηση, όπως συμβαίνει με τη δύναμη της τριβής στην εικόνα 5.7.β.

Είναι μηδέν όταν η διεύθυνση της δύναμης είναι κάθετη στη διεύθυνση της μετατόπισης. Για παράδειγμα, για μια οριζόντια

κίνηση το έργο του βάρους  $w$  ή της δύναμης στήριξης  $F_N$  ισούται με το μηδέν (εικόνα 5.8). Η δύναμη  $F$  παράγει έργο, ενώ οι  $F_N$  και  $w$ , όχι.

### Υπολογισμός έργου σταθερής δύναμης

#### A. Δύναμη παράλληλη με τη μετατόπιση

Ένα μήλο πέφτει στο έδαφος από ύψος  $h$ . Πόσο έργο παράγει το βάρος πάνω στο μήλο;

Επειδή το μήλο κινείται σε κατακόρυφη διεύθυνση, δύναμη και μετατόπιση έχουν την ίδια κατεύθυνση, οπότε προκύπτει:

$$W_w = w \cdot \Delta x, \quad W_w = w \cdot h$$

Όταν ένας αριβαρίστας ανυψώνει μια μπάρα βάρους  $w$  σε ύψος  $h$ , ασκεί συνολική δύναμη ( $F$ ) σε αυτή αντίθετη με το βάρος της ( $F=w$ ).

Πόσο είναι το έργο του βάρους της μπάρας κατά την ανύψωσή της και πόσο το έργο της δύναμης  $F$  που ασκεί ο αθλητής στην μπάρα;

Το βάρος ( $w$ ) της μπάρας και η μετατόπισή της έχουν αντίθετες κατευθύνσεις (εικόνα 5.9). Επομένως, το έργο του βάρους της μπάρας είναι αρνητικό:

$$W_w = -w \cdot h$$

Αντίθετα, η δύναμη  $F$  που ασκεί ο αριβαρίστας στην μπάρα και η μετατόπισή της έχουν την ίδια κατεύθυνση (εικόνα 5.9). Επομένως, το έργο της  $F$  είναι θετικό:

$$W_F = F \cdot h$$

#### B. Δύναμη πλάγια σε σχέση με τη μετατόπιση

Σύρουμε μια βαλίτσα πάνω σε οριζόντιο έδαφος (εικόνα 5.10). Πόσο έργο παράγει η δύναμη που ασκούμε στη βαλίτσα;

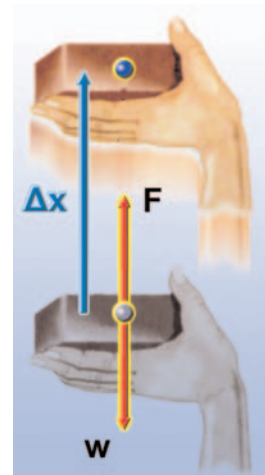
Αναλύουμε τη δύναμη σε δύο συνιστώσες ( $F_1$  και  $F_2$ ): Η  $F_1$  είναι παράλληλη και η  $F_2$  κάθετη προς τη μετατόπιση. Το έργο της συνιστώσας που είναι κάθετη στη μετατόπιση είναι πάντοτε ίσο με μηδέν. Επομένως, το έργο της δύναμης ( $F$ ) ισούται με το γινόμενο της παράλληλης συνιστώσας ( $F_1$ ) επί τη μετατόπιση:

$$W_F = W_{F_1} = F_1 \cdot \Delta x$$

Πόσο έργο παράγεται από το βάρος του παιδιού, όταν αυτό κατεβαίνει την τσουλήθρα (εικόνα 5.7);

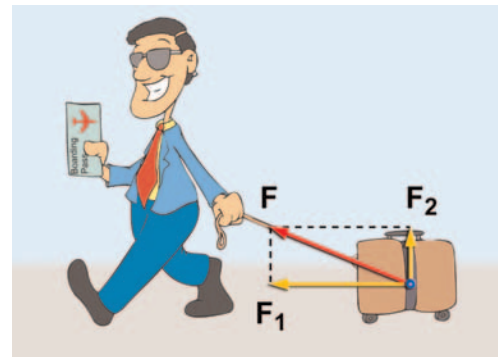
Η τσουλήθρα είναι ένα επίπεδο πλάγια ως προς το οριζόντιο έδαφος. Κάθε τέτοιο επίπεδο ονομάζεται κεκλιμένο ή πλάγιο επίπεδο.

Το βάρος του παιδιού που κινείται στο κεκλιμένο επίπεδο έχει κατεύθυνση πλάγια σε σχέση με τη μετατόπιση του παιδιού (εικόνα 5.11). Έτσι, για να υπολογίσουμε το έργο του βάρους του, πρέπει να το αναλύσουμε σε δύο συνιστώσες: μια κάθετη στο κεκλιμένο επίπεδο ( $w_1$ ) και μια παράλληλη σε αυτό ( $w_2$ ). Οπότε,



Εικόνα 5.9.

Ανεβάζουμε πολύ αργά με το χέρι μας το τούβλο κατά ύψος  $h$ . Η δύναμη  $F$  είναι ελάχιστη μεγαλύτερη από το βάρος και έχει την ίδια κατεύθυνση με τη μετατόπιση. Το έργο της είναι θετικό:  $W = F \cdot \Delta x = F \cdot h$ . Η φορά του βάρους και της μετατόπισης είναι αντίθετες. Το έργο του βάρους είναι αρνητικό:  $W_F = -w \cdot \Delta x = -w \cdot h$ .



Εικόνα 5.10.

Η δύναμη  $F$  αναλύεται στην  $F_1$  και την  $F_2$ . Η  $F_2$  δεν παράγει έργο, γιατί είναι κάθετη στη μετατόπιση. Η  $F_1$  είναι παράλληλη στη μετατόπιση και παράγει έργο.



Εικόνα 5.11.

Το βάρος αναλύεται σε δύο συνιστώσες, την  $w_1$  και  $w_2$ . Η  $w_1$  είναι κάθετη στη μετατόπιση και δεν παράγει έργο. Η  $w_2$  είναι παράλληλη και παράγει έργο.

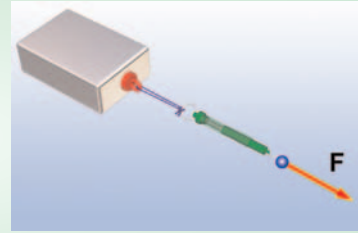
σύμφωνα με τα προηγούμενα, το έργο ( $W_w$ ) του βάρους του παιδιού προκύπτει:

$$W_w = W_{w_2} = w_2 \cdot \Delta x$$

### Δραστηριότητα

#### Έργο δύναμης

- ▶ Να συνδέσεις με τη βοήθεια ενός νήματος ένα δυναμόμετρο με κιβώτιο μάζας 1 kg.
- ▶ Τράβηξε το κιβώτιο ώστε να κινείται με σταθερή ταχύτητα πάνω στο θρανίο σου, κρατώντας το νήμα παράλληλο προς το θρανίο.
- ▶ Ποια είναι η ένδειξη του δυναμομέτρου;
- ▶ Γιατί πρέπει να ασκείς δύναμη στο κιβώτιο ώστε να κινείται με σταθερή ταχύτητα;
- ▶ Υπολόγισε το έργο αυτής της δύναμης, όταν μετατοπίζεις το κιβώτιο από τη μία άκρη του θρανίου σου στην άλλη.



### Παράδειγμα 5.1

Ένας αθλητής της άρσης βαρών ανυψώνει την μπάρα που έχει βάρος 2.000 N από το έδαφος σε ύψος 2 m. Πόσο έργο παρήγαγε ο αθλητής;

#### Δεδομένα

$$W = 2.000 \text{ N}$$

$$\Delta x = 2 \text{ m}$$

#### Ζητούμενα

$$W_w \text{ (έργο)}$$

#### Βασική εξίσωση

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

#### Λύση

**Βήμα 1:** Σχεδιάζουμε τις δυνάμεις που ασκούνται στην μπάρα:

α) Από απόσταση το βάρος  $w$ , β) από επαφή η δύναμη  $F$  που ασκεί ο αθλητής.

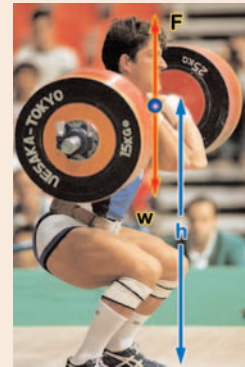
**Βήμα 2:** Υπολογίζουμε τη δύναμη που ασκεί ο αθλητής στην μπάρα.

Για να ανυψώσει την μπάρα, ο αθλητής θα πρέπει να ασκήσει δύναμη  $F$  τουλάχιστον ίση με το βάρος τους.

**Βήμα 3:** Εφαρμόζουμε τη βασική εξίσωση:

Η δύναμη  $F$  και η μετατόπιση  $\Delta x$  έχουν ίδιες κατευθύνσεις. Άρα

$$W = F \cdot \Delta x, \text{ ή } W = 2.000 \text{ N} \cdot 2 \text{ m}, \text{ ή } W = 4.000 \text{ J}$$



### Φυσική και Μαθηματικά

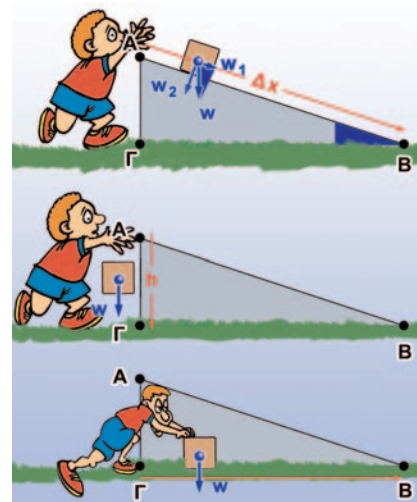
Το έργο του βάρους δεν εξαρτάται από τη μετατόπιση παρά μόνο από τη διαφορά ύψους μεταξύ αρχικής και τελικής θέσης.

Άφησε ένα σώμα να πέσει κατά μήκος ενός κεκλιμένου επιπέδου (AB). Υπολόγισε το έργο του βάρους.

Άφησε το σώμα να πέσει κατακόρυφα από το A στο Γ και στη συνέχεια σπρώξε το πάνω στο οριζόντιο επίπεδο από το Γ έως το B. Υπολόγισε τώρα το έργο του βάρους.

**Απόδειξε ότι:**  $w_1/AG = w/AB$  ή  $w_1 \cdot \Delta x = w \cdot h$ , ή  $W_{w_1} = W_w$  δηλαδή ότι το έργο του βάρους είναι το ίδιο είτε το σώμα ακολουθεί το δρόμο AB είτε κινείται κατακόρυφα από το A στο Γ, οπότε το έργο είναι  $W_w = w \cdot h$  και στη συνέχεια κινείται οριζόντια μέχρι το B, οπότε το έργο του βάρους είναι μηδέν.

Παρατήρησε τα δυο γραμμοσκιασμένα τρίγωνα του σχήματος. Παρατήρησε ότι έχουν ίσες γωνίες. Θυμήσου από τα μαθηματικά σου τον ορισμό του ημιτόνου γωνίας.





## 5.2 Δυναμική-κινητική ενέργεια Δύο βασικές μορφές ενέργειας

Η ενέργεια εμφανίζεται με πολλές μορφές. Στη συνέχεια θα μελετήσουμε τις δύο από τις συνηθέστερες μορφές της ενέργειας, τη **δυναμική** και την **κινητική**.

### Δυναμική ενέργεια

Ανυψώνεις τον κύλινδρο που παριστάνεται στην εικόνα 5.12 με σταθερή ταχύτητα ασκώντας σ' αυτό δύναμη αντίθετη του βάρους του. Όσο μεγαλύτερο είναι το βάρος του κυλίνδρου και όσο μεγαλύτερο το ύψος στο οποίο τον ανυψώνεις, τόσο περισσότερο θα συσπειρώσει το ελατήριο κατά την πτώση του. Αυτό σημαίνει ότι τόσο περισσότερη ενέργεια έχει μεταφερθεί στον κύλινδρο (εικόνα 5.12).

### Δυναμική ενέργεια και βάρος

Πόσο είναι το έργο της δύναμης που ανυψώνει τον κύλινδρο; Η δύναμη με την οποία ανυψώνεις τον κύλινδρο είναι ακριβώς ίση με το βάρος του ( $w$ ), οπότε το έργο της ( $W$ ) είναι ίσο με το γινόμενο της δύναμης, δηλαδή του βάρους του κυλίνδρου, επί το ύψος ( $h$ ), στο οποίο ανυψώνεται (εικόνα 5.13). Λέμε ότι το σώμα που ανυψώθηκε έχει αποκτήσει **βαρυτική δυναμική ενέργεια** ( $U_{\text{δυναμική}}$ ). **Η βαρυτική δυναμική ενέργεια του σώματος είναι ίση με το έργο της δύναμης που το ανύψωσε.** Δηλαδή:

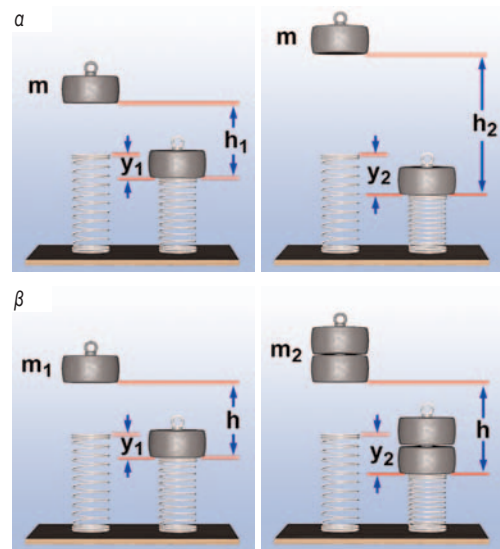
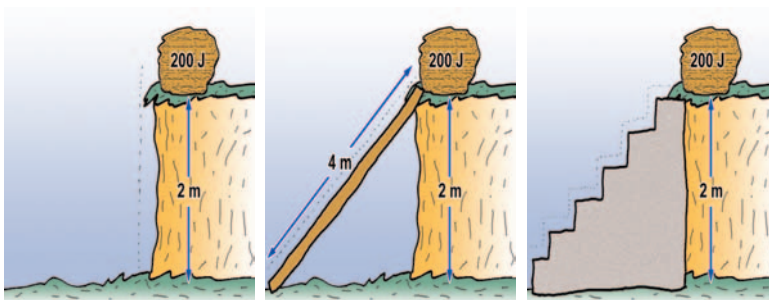
$$U = W = w \cdot h$$

Γενικά, ένα σώμα που έχει βάρος  $w$  και βρίσκεται σε ύψος  $h$  από κάποιο οριζόντιο επίπεδο έχει βαρυτική δυναμική ενέργεια (εικόνες 5.12, 5.13):

$$U_{\text{δυναμική}} = w \cdot h = m \cdot g \cdot h \quad (5.2)$$

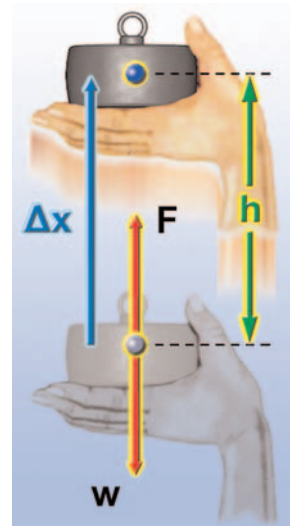
Στην παραπάνω έκφραση η βαρυτική δυναμική ενέργεια είναι ανάλογη του ύψους. Από πού μετράμε όμως το ύψος; Συνήθως μετράμε το ύψος από μια οριζόντια επιφάνεια, όπως της θάλασσας, του δρόμου ή του δαπέδου, που κάθε φορά διαλέγουμε εμείς. Η βαρυτική δυναμική ενέργεια αναφέρεται σε μια επιφάνεια από την οποία μετράμε το ύψος και στην οποία θεωρούμε ότι έχει την τιμή μηδέν.

Επίσης, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η **βαρυτική δυναμική ενέργεια που έχει ένα σώμα σε κάποιο ύψος είναι ανεξάρτητη από το δρόμο που ακολούθησε για να βρεθεί σ' αυτό το ύψος** (εικόνα 5.14).



Εικόνα 5.12.

Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η βαρυτική δυναμική ενέργεια σώματος. (α) Το σώμα μάζας  $m$ , όταν βρίσκεται σε μεγαλύτερο ύψος, προκαλεί μεγαλύτερη παραμόρφωση. (β) Σώμα διπλάσιας μάζας προκαλεί στο ελατήριο μεγαλύτερη παραμόρφωση.



Εικόνα 5.13.

Η δύναμη  $F$  που ασκεί το χέρι στον κύλινδρο είναι ίση με το βάρος του κυλίνδρου  $w$ :  $F = w$ . Το έργο της δύναμης  $F$  είναι ίσο με  $W_F = F \cdot \Delta x$  ή  $W_F = w \cdot \Delta x$  ή  $W_F = w \cdot h$ .

Εικόνα 5.14.

Ανεβάζουμε μια πέτρα βάρους  $100 \text{ N}$  σε ύψος  $2 \text{ m}$  με τρεις τρόπους: (α) ασκώντας κατακόρυφη δύναμη  $100 \text{ N}$ , (β) σπρώχνοντάς τη με δύναμη  $50 \text{ N}$  σε ένα κεκλιμένο επίπεδο μήκους  $4 \text{ m}$  και (γ) ανεβάζοντάς τη διαδοχικά σε 4 σκαλοπάτια ύψους  $0,5 \text{ m}$  το καθένα. Και στις τρεις περιπτώσεις το έργο του βάρους είναι το ίδιο. Η πέτρα απέκτησε βαρυτική δυναμική ενέργεια σε σχέση με το έδαφος  $200 \text{ J}$ .

## ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



Εικόνα 5.15.

Το έργο της δύναμης που τεντώνει τα λάστιχα 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 κοντάρι έχει δυναμική ενέργεια, επειδή είναι παραμορφωμένο.

Ένα μήλο με μάζα 0,1 kg έχει βάρος περίπου 1 N. Όταν βρίσκεται σε ύψος 1 m από την επιφάνεια της γης, έχει βαρυτική δυναμική ενέργεια ίση με  $1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ J}$ . Το ίδιο μήλο, αν βρεθεί στο ίδιο ύψος πάνω από την επιφάνεια της σελήνης, έχει μικρότερη δυναμική ενέργεια γιατί έχει μικρότερο βάρος.

**Δυναμική ενέργεια και δυνάμεις**

Ένας πλανήτης που περιφέρεται γύρω από τον ήλιο έχει βαρυτική δυναμική ενέργεια λόγω της βαρυτικής ελκτικής δύναμης που ασκεί ο ήλιος στον πλανήτη. Αλλά και ένα ηλεκτρόνιο που περιφέρεται γύρω από τον πυρήνα ενός ατόμου έχει ηλεκτρική δυναμική ενέργεια λόγω της ελκτικής ηλεκτρικής δύναμης που του ασκεί ο πυρήνας.

Δυναμική ενέργεια έχει επίσης μια τεντωμένη χορδή, ένα συμπιεσμένο ελατήριο ή μια παραμορφωμένη μπάλα. Σ' όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, η παραμόρφωση είναι ελαστική, δηλαδή τα σώματα επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση όταν πάψει να ασκείται η δύναμη που τα παραμόρφωσε. Κάθε σώμα που έχει υποστεί ελαστική παραμόρφωση, έχει δυναμική ενέργεια, που εξαρτάται από το μέγεθος της παραμόρφωσής του. **Η δυναμική ενέργεια καθενός από τα σώματα αυτά ισούται με το έργο της δύναμης που τους ασκήθηκε για να τα παραμορφώσει** (εικόνες 5.15, 5.16).

**Από τι εξαρτάται η δυναμική ενέργεια**

Η δυναμική ενέργεια που έχει ένα σώμα μπορεί να μετασχηματιστεί σε άλλη μορφή ενέργειας ή να μεταφερθεί σε κάποιο άλλο σώμα με άλλη μορφή.

Γενικά, αν σ' ένα σώμα ασκείται δύναμη, το σώμα έχει δυναμική ενέργεια που εξαρτάται από το μέγεθος της δύναμης, τη θέση ή την κατάσταση (παραμόρφωση) του σώματος και δεν εξαρτάται από τη διαδρομή (τροχιά) που ακολούθησε το σώμα για να φθάσει σε αυτή τη θέση ή την κατάσταση (εικόνα 5.16).

**Παράδειγμα 5.2**

Κατά την πραγματοποίηση μιας ελεύθερης βολής στην καλαθοσφαίριση, η μπάλα ανεβαίνει σε ύψος 3 m από το έδαφος του γηπέδου. Αν γνωρίζεις ότι η μάζα της μπάλας είναι 0,8 kg, να υπολογίσεις:

- Τη βαρυτική δυναμική ενέργεια που αποκτά σε σχέση (α) με το έδαφος και (β) με το κεφάλι της παίκτριας της οποίας το ύψος είναι 1,90 m.
- Τη μεταβολή της δυναμικής ενέργειας της μπάλας, αν γνωρίζεις ότι όταν η μπάλα φεύγει από τα χέρια της παίκτριας, βρίσκεται σε ύψος 2,5 m από το έδαφος (α) σε σχέση με το έδαφος και (β) σε σχέση με το κεφάλι της παίκτριας.

Δίνεται η επιτάχυνση της βαρύτητας  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

**Δεδομένα**

$m = 0,8 \text{ kg}$   
Ύψη:  $h_1 = 3 \text{ m}$ ,  $h_2 = 1,9 \text{ m}$   
 $h_3 = 2,5 \text{ m}$

**Ζητούμενα**

- Βαρυτική δυναμική ενέργεια
- Μεταβολή της δυναμικής ενέργειας

**Βασική εξίσωση**

$$U_g = w \cdot h$$



## Λύση

i. **Βήμα 1:** Υπολογισμός των υψών από τα επίπεδα αναφοράς: (α)  $h_\alpha = h_1 = 3 \text{ m}$  (β)  $h_\beta = h_1 - h_2$  ή  $h_\beta = 1,1 \text{ m}$

**Βήμα 2:** Εφαρμογή της βασικής σχέσης

**Επίπεδο αναφοράς το έδαφος**

$$U_{\delta_\alpha} = m \cdot g \cdot h_\alpha \quad \text{ή}$$

$$U_{\delta_\alpha} = (0,8 \text{ kg}) \cdot \left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \cdot (3 \text{ m}) \quad \text{ή}$$

$$U_{\delta_\alpha} = (8 \text{ N}) \cdot (3 \text{ m}) \quad \text{ή}$$

$$U_{\delta_\alpha} = 24 \text{ J}$$

**Επίπεδο αναφοράς το κεφάλι της παίκτριας**

$$U_{\delta_\beta} = m \cdot g \cdot h_\beta \quad \text{ή}$$

$$U_{\delta_\beta} = (0,8 \text{ kg}) \cdot \left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \cdot (1,1 \text{ m}) \quad \text{ή}$$

$$U_{\delta_\beta} = (8 \text{ N}) \cdot (1,1 \text{ m}) \quad \text{ή}$$

$$U_{\delta_\beta} = 8,8 \text{ J}$$

ii. α. Μεταβολή της δυναμικής ενέργειας σε σχέση με το έδαφος:  $\Delta U = U_T - U_A$

$$U_A = m \cdot g \cdot h_3 = 0,8 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2,5 \text{ m} = 20 \text{ J}, \Delta U = 24 \text{ J} - 20 \text{ J} \quad \text{ή} \quad \Delta U = 4 \text{ J}$$

β. Μεταβολή της δυναμικής ενέργειας σε σχέση με το κεφάλι της παίκτριας:  $\Delta U' = U_T' - U_A'$

$$U_A' = m \cdot g \cdot (h_3 - h_2) = 0,8 \text{ Kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,6 \text{ m} = 4,8 \text{ J}, \Delta U' = 8,8 \text{ J} - 4,8 \text{ J} \quad \text{ή} \quad \Delta U' = 4 \text{ J}$$

**Μια σημαντική παρατήρηση:** Η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας δεν εξαρτάται από την επιφάνεια σε σχέση με την οποία μετράς τη δυναμική ενέργεια.

### Κινητική ενέργεια

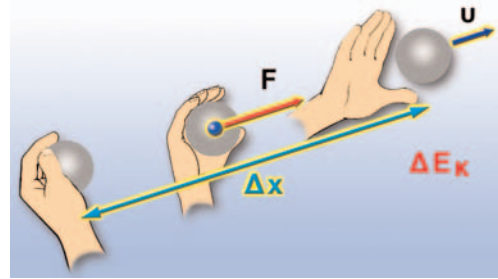
Παρακολουθώντας έναν αγώνα σφαιροβολίας παρατηρείς ότι το χέρι του αθλητή κρατώντας τη σφαίρα διαγράφει μια τροχιά (εικόνα 5.17). Κατά τη ρίψη το χέρι του αθλητή ασκεί δύναμη, η οποία παράγει έργο πάνω στη σφαίρα. Όταν η σφαίρα αποκτήσει κάποια ταχύτητα, ο αθλητής ανοίγει το χέρι του και η σφαίρα εκτοξεύεται. Στη συνέχεια, διαγράφει μια καμπύλη τροχιά και προσγειώνεται στο έδαφος. Στο σημείο προσγείωσης προκαλεί παραμόρφωση στο έδαφος. Η κινούμενη σφαίρα έχει ενέργεια. Γενικά, κάθε σώμα το οποίο κινείται έχει μια μορφή ενέργειας η οποία ονομάζεται **κινητική ενέργεια**.

**Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η κινητική ενέργεια;**

Στο προηγούμενο παράδειγμα, όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα της σφαίρας, τόσο μεγαλύτερη είναι και η λακκούβα που ανοίγει στο έδαφος. Ας μελετήσουμε άλλο ένα παράδειγμα μεταβολής που προκαλείται εξ αιτίας της κινητικής ενέργειας. Με ένα σφυρί κτυπάς ένα καρφί. Όταν το σφυρί συναντά το καρφί, έχει κάποια ταχύτητα. Το σφυρί σταματά και το καρφί διεισδύει στον ξύλινο τοίχο.

Από τι εξαρτάται το πόσο θα διεισδύσει το καρφί στον τοίχο;

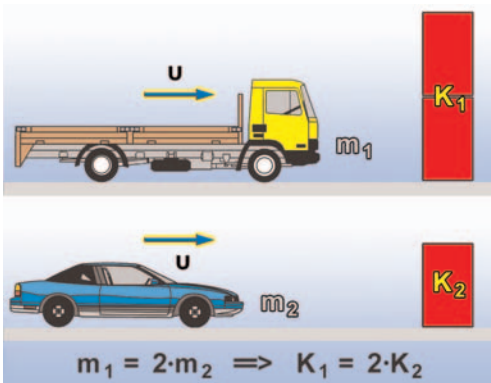
- Από την ταχύτητα του σφυριού. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του σφυριού, τόσο μεγαλύτερη είναι και η διείσδυση του καρφιού.
- Από τη μάζα του σφυριού. Ένα σφυρί μεγαλύτερης μάζας, που κινείται με την ίδια ταχύτητα, θα προκαλέσει μεγαλύτερη διείσδυση του καρφιού στον ξύλινο τοίχο.



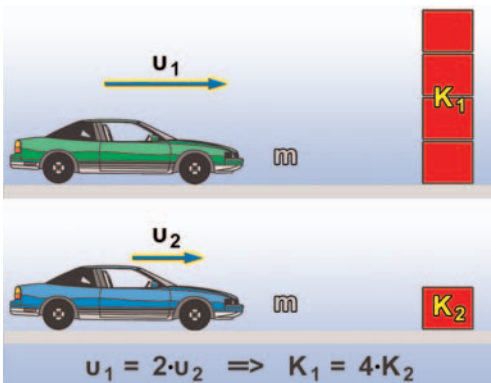
Εικόνα 5.17.

Ο σφαιροβόλος ασκεί δύναμη στη σφαίρα. Η δύναμη αυτή παράγει έργο. Η σφαίρα που κινείται έχει κινητική ενέργεια. Η κινητική ενέργεια της σφαίρας είναι ίση με το έργο της δύναμης που άσκησε ο σφαιροβόλος.

ΦΥΣΙΚΗ Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



Όταν η ταχύτητα είναι σταθερή, σε διπλάσια μάζα αντιστοιχεί διπλάσια κινητική ενέργεια.



Όταν η μάζα είναι σταθερή, σε διπλάσια ταχύτητα αντιστοιχεί τετραπλάσια κινητική ενέργεια.

Εικόνα 5.18.

Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η κινητική ενέργεια.

Η κινητική ενέργεια εξαρτάται από τη μάζα και την ταχύτητα του κινούμενου σώματος.

Κάθε σώμα αποκτά κινητική ενέργεια ( $E_K$ ) μέσω του έργου που παράγεται από τη δράση της δύναμης που το θέτει σε κίνηση από την ηρεμία (εικόνα 5.17). Το έργο αυτό ισούται με το γινόμενο της δύναμης επί τη μετατόπιση του σώματος στο χρονικό διάστημα που ασκείται η δύναμη:

$$E_K = F \cdot \Delta x$$

Μπορεί να αποδειχθεί ότι σε κάθε περίπτωση η κινητική ενέργεια που αποκτά το σώμα είναι:

$$E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

όπου  $m$  η μάζα του σώματος και  $v$  η ταχύτητά του.

Η κινητική ενέργεια ενός σώματος είναι ανάλογη της μάζας του (εικόνα 5.18). Έτσι, μια σφαίρα σφαιροβολίας που έχει μάζα 7,26 kg, έχει περισσότερη κινητική ενέργεια από μια μπάλα ποδοσφαίρου, που έχει μάζα 1 kg και κινείται με την ίδια ταχύτητα.

Επίσης, η κινητική ενέργεια είναι ανάλογη με το τετράγωνο της ταχύτητας. Ένα αυτοκίνητο που κινείται με 100 km/h, έχει τετραπλάσια κινητική ενέργεια συγκριτικά με εκείνη που έχει, όταν κινείται με 50 km/h (εικόνα 5.18). Συνεπώς, το έργο της δύναμης τριβής που σταματά το αυτοκίνητο κατά το φρενάρισμα είναι τετραπλάσιο. Άρα, απαιτείται τετραπλάσια μετατόπιση (απόσταση) μέχρι να σταματήσει το αυτοκίνητο.

Μονάδα κινητικής ενέργειας, όπως και κάθε μορφής ενέργειας, είναι το joule.

**Παράδειγμα 5.3**

Να υπολογίσεις την κινητική ενέργεια ενός δρομέα όταν (α) τρέχει με ταχύτητα  $10 \frac{m}{s}$  και (β) βαδίζει με ταχύτητα  $4,32 \frac{km}{h}$ . Δίνεται ότι η μάζα του δρομέα είναι 70 kg.

Δεδομένα	Ζητούμενα	Βασική εξίσωση
$m = 70 \text{ kg}$	Κινητική ενέργεια: $E_K$	$E_K = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
Ταχύτητα: $v_1 = 10 \frac{m}{s}$ , $v_2 = 4,32 \frac{km}{h} = \frac{4.320 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} = 1,2 \frac{m}{s}$		

Λύση

$$E_{K_1} = \frac{1}{2} \cdot 70 \text{ kg} \cdot \left(10 \frac{m}{s}\right)^2 \quad \text{ή}$$

$$E_{K_1} = 3.500 \text{ J}$$

$$E_{K_2} = \frac{1}{2} \cdot 70 \text{ kg} \cdot \left(1,2 \frac{m}{s}\right)^2 \quad \text{ή}$$

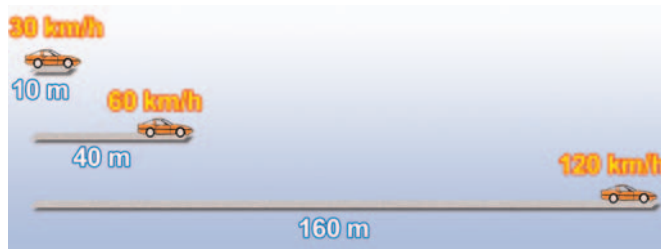
$$E_{K_2} = 50,4 \text{ J}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.

Αντικείμενο	Χαρακτηριστικά		Τιμές κινητικής ενέργειας σε J
	Μάζα	Ταχύτητα/μετατόπιση	
Πλοίο	91.000 ton,	30 κόμβοι	$9,4 \cdot 10^9$
Δορυφόρος	100 Kg,	$7,8 \frac{\text{km}}{\text{s}}$	$3 \cdot 10^9$
Νταλικά	5.700 Kg,	$100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$	$2,2 \cdot 10^6$
Ιδιωτικό αυτοκίνητο	750 Kg,	$100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$	$2,9 \cdot 10^5$
Μικρό νόμισμα	2 g,	από ύψος 5 m	0,1
Αγριομέλισσα	2 g ,	$2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$4 \cdot 10^{-3}$
Σαλιγκάρι	5 g ,	$0,05 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$6,3 \cdot 10^{-6}$

### Φυσική και καθημερινή ζωή και Βιολογία

Τυπική απόσταση που απαιτείται για το σταμάτημα αυτοκινήτων που κινούνται με διάφορες ταχύτητες. Σημειώστε ότι οι αποστάσεις θα είναι ακόμα μεγαλύτερες, αν ληφθεί υπόψη ο **χρόνος αντίδρασης** του οδηγού. Οι οδηγοί και μελλοντικοί οδηγοί θα πρέπει να είναι ενημερωμένοι ώστε να αποφύγουν δυσάρεστες εκπλήξεις.



Τι ονομάζουμε χρόνο αντίδρασης;

Με ποιο τρόπο μεταφέρονται τα εξωτερικά ερεθίσματα στον ανθρώπινο εγκέφαλο;

Πώς τα ερεθίσματα που φθάνουν στον εγκέφαλο γίνονται αντιληπτά από αυτόν;

Μπορείς να αιτιολογήσεις γιατί μεσολαβεί ένα ορισμένο χρονικό διάστημα από τη στιγμή που ένας άνθρωπος αντιλαμβάνεται ένα ερέθισμα μέχρι να απαντήσει σ' αυτό;

Αναζήτησε πληροφορίες για το χρόνο αντίδρασης ενός φυσιολογικού ανθρώπου και για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται αυτός.

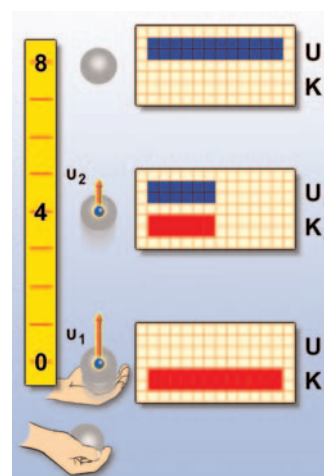
Μπορείς να αιτιολογήσεις τώρα γιατί οι οδηγοί δεν πρέπει να καταναλώνουν έστω και ελάχιστη ποσότητα αλκοολούχων ποτών;

### 5.3 Η μηχανική ενέργεια και η διατήρησή της

Όταν εκτοξεύεις κατακόρυφα προς τα πάνω μια μπάλα, τη στιγμή που η μπάλα φεύγει από το χέρι σου, έχει κινητική ενέργεια. Καθώς ανεβαίνει, μειώνεται η ταχύτητά της, συνεπώς και η κινητική της ενέργεια. Ταυτόχρονα, όμως, αυξάνεται το ύψος της μπάλας από το σημείο εκτόξευσης (ή από το έδαφος) και επομένως αυξάνεται η βαρυτική δυναμική της ενέργεια (εικόνα 5.19). Κατά την ανοδική κίνηση της μπάλας, η κινητική της ενέργεια μετατρέπεται σε δυναμική.

Όταν η μπάλα φθάσει στο ανώτερο σημείο της τροχιάς, η ταχύτητά της μηδενίζεται στιγμιαία, συνεπώς η μπάλα δεν έχει κινητική ενέργεια. Η δυναμική της ενέργεια όμως είναι μέγιστη. Όλη η κινητική ενέργεια της μπάλας μετατράπηκε σε δυναμική.

Κατά την καθοδική κίνηση της μπάλας η ταχύτητά της αυξάνεται, επομένως και η κινητική της ενέργεια. Ταυτόχρονα και το ύψος από το σημείο εκτόξευσης μειώνεται, συνεπώς και η δυναμική



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.





νικής ενέργειας του συστήματος χορδής-βέλους συμπεραίνουμε ότι η κινητική ενέργεια του βέλους, όταν εγκαταλείπει το τόξο, είναι ίση με την αρχική δυναμική ενέργεια της τεντωμένης χορδής.

#### Παράδειγμα 5.4

Από ύψος 1,8 m αφήνουμε να πέσει ελεύθερα μια πέτρα, που έχει μάζα 0,5 Kg. Πόσο είναι το μέτρο της ταχύτητας με την οποία η πέτρα φτάνει στο έδαφος; Δίνεται  $g = 10 \frac{m}{s^2}$ .

Θεώρησε ότι η αντίσταση του αέρα είναι πολύ μικρή και μην τη λάβεις υπόψη σου.

#### Δεδομένα

Ύψος:  $h = 1,8 \text{ m}$

#### Βασικοί ορισμοί

$$E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$U_\delta = m \cdot g \cdot h$$

Θεώρημα διατήρησης μηχανικής ενέργειας:

$$E_{\text{μηχανική τελική}} = E_{\text{μηχανική αρχική}}$$

#### Ζητούμενα

Η ταχύτητα της πέτρας, όταν φτάσει στο έδαφος:  $u$

#### Λύση

**Βήμα 1:** Υπολογισμός της μηχανικής ενέργειας της πέτρας στις δυο θέσεις:

*α. Αρχική θέση:* Τη στιγμή που αφήνουμε την πέτρα, η ταχύτητά της είναι μηδέν:  $u_a = 0$ .

Επομένως, και η κινητική της ενέργεια είναι μηδέν:  $E_{K_{\text{ιν,α}}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_a^2 = 0$

Η αρχική δυναμική ενέργεια της πέτρας, στο ύψος  $h$ , είναι:  $U_{\delta_{\text{υν,α}}} = w \cdot h$  ή  $U_{\delta_{\text{υν,α}}} = m \cdot g \cdot h$ ,

Η αρχική δυναμική ενέργεια της πέτρας στο ύψος  $h$  είναι:  $U_{\text{μηχανική αρχική}} = E_{K_{\text{ιν,α}}} + U_{\delta_{\text{υν,α}}}$  ή

$$E_{\text{μηχανική αρχ.}} = m \cdot g \cdot h \quad (1)$$

*β. Τελική θέση:* Η κινητική ενέργεια ( $E_{K_{\text{ιν,τ}}}$ ) της πέτρας τη στιγμή που φτάνει στο έδαφος είναι:  $E_{K_{\text{ιν,τ}}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_\tau^2$

Η τελική δυναμική ενέργεια ( $U_{\delta_{\text{υν,τ}}}$ ) της πέτρας τη στιγμή που φτάνει στο έδαφος είναι ίση με μηδέν, γιατί βρίσκεται σε μηδενικό ύψος απ' αυτό:  $U_{\delta_{\text{υν,τ}}} = 0 \text{ J}$ .

Επομένως, η τελική μηχανική ενέργεια της πέτρας, όταν φτάνει στο έδαφος είναι:

$$E_{\text{μηχανική τελική}} = E_{K_{\text{ιν,τα}}} + U_{\delta_{\text{υν,τα}}}$$

$$E_{\text{μηχανική τελική}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_\tau^2 \quad (2)$$

**Βήμα 2:** Εφαρμογή της βασικής σχέσης. Από τη διατήρηση της μηχανικής ενέργειας ισχύει:

$$E_{\text{μηχανική τελική}} = E_{\text{μηχανική αρχική}} \quad \text{ή από (1) και (2)} \quad m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_\tau^2 \quad \text{ή} \quad g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot v_\tau^2 \quad \text{ή} \quad v_\tau^2 = 2 \cdot g \cdot h \quad \text{ή}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad \text{ή} \quad v = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 1,8 \text{ m}} \quad \text{ή} \quad v = 6 \frac{m}{s}$$

**Μια σημαντική παρατήρηση:** Παρατήρησε ότι η τελική ταχύτητα που φθάνει η πέτρα στο έδαφος δεν εξαρτάται από τη μάζα της. Δηλαδή, αν αφήσουμε από το ίδιο ύψος ένα μικρό πετραδάκι και μια μεγάλη πέτρα, θα φθάσουν στο έδαφος με την ίδια ταχύτητα, εφόσον δε λάβουμε υπόψη την αντίσταση του αέρα.

Ο Αριστοτέλης υποστήριζε ότι η μεγάλη πέτρα θα φθάσει στο έδαφος με μεγαλύτερη ταχύτητα. Το πείραμα όμως απέδειξε ότι ο **Αριστοτέλης έκανε λάθος!!!**

Φυσική  
και Αθλητισμός

Εικόνα 5.22.

## Ενέργεια και αθλητισμός

Ο άλτης ασκεί δύναμη στο κοντάρι και το λυγίζει. Το έργο της δύναμης που ασκεί ο άλτης εκφράζει την ενέργεια του άλτη που μεταφέρεται στο κοντάρι και μετατρέπεται σε δυναμική (το κοντάρι παραμορφώνεται).

## 5.4 Μορφές και μετατροπές ενέργειας

Πώς μπορούμε να μεταβάλουμε τη μηχανική ενέργεια ενός σώματος;

Είδαμε ότι η μεταβολή της κινητικής ή δυναμικής ενέργειας ενός σώματος μπορεί να εκφραστεί μέσω του έργου των δυνάμεων, που ασκούνται σε αυτό. Ένας ποδοσφαιριστής ασκεί δύναμη στην μπάλα καθώς την κλοτσάει. Το έργο αυτής της δύναμης εκφράζει την ενέργεια που μεταφέρεται από τον ποδοσφαιριστή στη μπάλα, η οποία μετατρέπεται σε κινητική (η μπάλα κινείται). Ο αριβαρίστας ασκεί δύναμη στη μπάρα που ανυψώνει. Το έργο αυτής της δύναμης εκφράζει την ενέργεια που μεταφέρεται από τον αριβαρίστα στη μπάρα, η οποία μετατρέπεται σε δυναμική (η μπάρα ανεβαίνει σε κάποιο ύψος). Παρόμοια, ο άλτης μεταφέρει ενέργεια στο κοντάρι που λυγίζει, η οποία μετατρέπεται σε δυναμική (το κοντάρι παραμορφώνεται, εικόνα 5.22).

Ποια είναι η προέλευση της ενέργειας που μεταφέρεται στα παραδείγματα που περιγράψαμε παραπάνω;

Οι έμβιοι οργανισμοί καθώς και οι τροφές περικλείουν ενέργεια η οποία είναι αποθηκευμένη στα μόρια ορισμένων χημικών ενώσεων, όπως για παράδειγμα της γλυκόζης. Η ενέργεια αυτή οφείλεται στις δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ των ατόμων που σχηματίζουν τα μόρια των χημικών ενώσεων είναι δηλαδή δυναμική ενέργεια, η οποία ονομάζεται **χημική ενέργεια** (εικόνα 5.23). Ο οργανισμός των αθλητών ή γενικότερα του ανθρώπου προσλαμβάνει ενέργεια από τις τροφές. Με την «καύση» της γλυκόζης, η αποθηκευμένη χημική ενέργεια μεταφέρεται στους μυς, μετατρέπεται σε κινητική και έτσι προκαλείται η κίνηση των μυών.

Στα καύσιμα όπως το πετρέλαιο, τη βενζίνη, το φυσικό αέριο κ.ά. υπάρχει αποθηκευμένη **χημική ενέργεια**. Στα αυτοκίνητα η χημική ενέργεια των καυσίμων μετατρέπεται αρχικά σε **θερμική** των καυσαερίων και στη συνέχεια σε **κινητική** ενέργεια του οχήματος.

Στα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια η **χημική ενέργεια** που είναι αποθηκευμένη στο καύσιμο υλικό (άνθρακα, πετρέλαιο ή φυσικό αέριο) μετατρέπεται σε **θερμική** και τελικά σε **ηλεκτρική**. Η μετατροπή αυτή πραγματοποιείται με καύση των χημικών ενώσεων. Στα τρόλεϊ όμως και στα ηλεκτρικά τρένα η **ηλεκτρική** ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική των οχημάτων.

Σε έναν ηλεκτρικό λαμπτήρα τον οποίο έχουμε συνδέσει με μια μπαταρία η χημική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στην μπαταρία μετατρέπεται αρχικά σε ηλεκτρική και στη συνέχεια σε θερμική και **φωτεινή** στο λαμπάκι.

## Θεμελιώδεις μορφές ενέργειας

Στα προηγούμενα παραδείγματα είδαμε ότι είναι δυνατόν να περιγράψουμε τις μεταβολές που παρατηρούμε γύρω μας χρησιμοποιώντας την έννοια της ενέργειας, τη μεταφορά και τις μετατροπές της. Διακρίνουμε ποικίλες μορφές ενέργειας, όπως: μηχαν-



Εικόνα 5.23.

## Ενέργεια και τροφές

Η ενέργεια που παίρνουμε από τις τροφές προέρχεται από τη δυναμική ενέργεια των ατόμων που σχηματίζουν τα μόριά τους.



νική, θερμική, ηλεκτρική, χημική, πυρηνική, ηχητική, φωτεινή, ακτινοβολίας ανάλογα με τις μεταβολές που παρατηρούμε γύρω μας.

Γνωρίζουμε ότι η ύλη αποτελείται από μικροσκοπικά σωματίδια όπως τα μόρια, τα άτομα, τους πυρήνες και τα ηλεκτρόνια. Σε κάθε σώμα αυτά βρίσκονται σε διαρκή αλληλεπίδραση ασκώντας δυνάμεις το ένα στο άλλο, δηλαδή έχουν δυναμική ενέργεια. Επιπλέον, θα γνωρίσουμε ότι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά αυτών των σωματιδίων είναι ότι βρίσκονται σε διαρκή κίνηση, δηλαδή έχουν κινητική ενέργεια. Βλέπουμε ότι η **κινητική και η δυναμική ενέργεια** αποτελούν τις **θεμελιώδεις μορφές ενέργειας στο μικρόκοσμο**. Όλες οι μορφές ενέργειας που μπορούμε να διακρίνουμε στον κόσμο που ζούμε ανάγονται τελικά σε αυτές τις δύο. Για παράδειγμα, η θερμική ενέργεια είναι κινητική ενέργεια που συνδέεται με την άτακτη κίνηση των μορίων ή των ατόμων της ύλης. Η ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος είναι κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων. Η χημική ενέργεια είναι δυναμική ενέργεια που σχετίζεται με τις δυνάμεις μεταξύ των μορίων ή των ατόμων (εικόνα 5.24). Η πυρηνική ενέργεια είναι η δυναμική ενέργεια που οφείλεται στις δυνάμεις μεταξύ των συστατικών του πυρήνα του ατόμου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2.

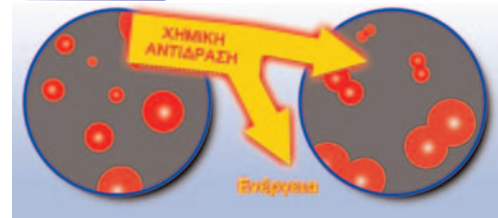
#### Η ΚΛΙΜΑΚΑ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΗ ΦΥΣΗ

Φυσικό φαινόμενο	Τιμές ενέργειας σε J κατά προσέγγιση
Δημιουργία του σύμπαντος	$10^{68}$
Έκρηξη super nova	$10^{44}$
Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία	$10^{34}$
Περιστροφή της γης γύρω από τον ήλιο	$10^{33}$
Ηλιακή ενέργεια που φθάνει στη γη ανά έτος	$10^{25}$
Έκρηξη ηφαιστείου (Κρακατόα)	$10^{19}$
Βίαιος σεισμός (8 Richter)	$10^{18}$
Έκρηξη της ατομικής βόμβας στη Χιροσίμα	$10^{14}$
Ενέργεια που καταναλώνεται από πύραυλο για αποστολή στη σελήνη	$10^{11}$
Αστραπή	$10^{10}$
Άνθρωπος που τρέχει για μια ώρα	$10^6$
Σπίρτο που καίγεται	$10^3$
Θανατηφόρα δόση ακτινοβολίας X	$10^3$
Ενέργεια του ήχου σε μια disco ανά δευτερόλεπτο (117 dB)	$10^{-4}$
Σχάση ενός πυρήνα ουρανίου	$10^{-11}$
Ηλεκτρόνιο σε άτομο	$10^{-18}$
Κινητική ενέργεια ενός μορίου αερίου σε θερμοκρασία δωματίου	$10^{-21}$

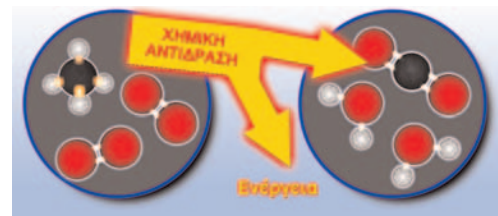
### Μετατροπές ενέργειας

Ένα από τα σπουδαιότερα επιτεύγματα του ανθρώπινου πολιτισμού είναι η ανακάλυψη διεργασιών ή φαινομένων στα οποία πραγματοποιούνται συγκεκριμένες μετατροπές ενέργειας. Επιπλέον η εφεύρεση συσκευών-μηχανών με τη βοήθεια των οποίων οι μετατροπές αυτές πραγματοποιούνται με ελεγχόμενο τρόπο έδωσε σε κάθε περίπτωση τεράστια ώθηση στην εξέλιξη του τεχνολογικού πολιτισμού μας (εικόνα 5.25). Με αυτό τον τρόπο

### Φυσική και Χημεία



Όταν μεταξύ δύο ατόμων ασκούνται ελκτικές δυνάμεις, τότε για να απομακρυνθούν, απαιτείται ενέργεια ή όπως διαφορετικά λέμε, για να σπάσουμε ένα χημικό δεσμό, απαιτείται ενέργεια. Αυτή είναι η δυναμική ενέργεια των ατόμων στο μόριο ή αλλιώς η ενέργεια του χημικού δεσμού. Αντίθετα, όταν τα άτομα πλησιάζουν, δηλαδή όταν δημιουργείται ο χημικός δεσμός, αυτή η ενέργεια απελευθερώνεται.



Κατά τη διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης, οι δεσμοί μεταξύ των ατόμων σπάζουν και επαναδημιουργούνται. Αν η ενέργεια που απαιτείται για το σπάσιμο των αρχικών δεσμών είναι μικρότερη αυτής που ελευθερώνεται από τη δημιουργία των νέων δεσμών, τότε κατά τη χημική αντίδραση απελευθερώνεται ενέργεια. Αντίθετα, αν η ενέργεια που απαιτείται για το σπάσιμο των αρχικών δεσμών είναι μεγαλύτερη αυτής που ελευθερώνεται από τη δημιουργία των νέων δεσμών, τότε κατά τη χημική αντίδραση δεσμεύεται/αποθηκεύεται ενέργεια.

Εικόνα 5.24.

Χημικές αντιδράσεις και ενέργεια.



Εικόνα 5.25.

Οι μηχανές μετατρέπουν μια μορφή ενέργειας σε άλλη.

ο άνθρωπος κατάφερε να τιθασεύσει μεγάλο αριθμό φυσικών και χημικών φαινομένων και να χρησιμοποιήσει προς όφελός του τις μετατροπές ενέργειας που τα συνοδεύουν.

Ας σκεφθούμε μερικά παραδείγματα μηχανών από τη καθημερινή μας ζωή: ο κινητήρας του αυτοκινήτου μετατρέπει τη χημική των καυσίμων αρχικά σε θερμική και στη συνέχεια σε κινητική, ο λαμπτήρας την ηλεκτρική σε φωτεινή, ο λύχνος του υγραερίου τη χημική σε θερμική, ο ηλεκτρικός ανεμιστήρας την ηλεκτρική σε κινητική κ.ά. (πίνακας 5.3). Γενικότερα, μπορούμε να περιγράψουμε σχεδόν κάθε μεταβολή που εκδηλώνεται στη φύση ή στο εργαστήριο αναλύοντάς τη σε μετασχηματισμούς της ενέργειας από μια μορφή σε άλλη. Κατ' αρχήν κάθε μορφή ενέργειας είναι δυνατόν να μετατραπεί σ' οποιαδήποτε άλλη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3.

Αρχική μορφή ενέργειας	Διαδικασία-Σώμα-Μηχανή	Τελική
<b>ΜΗΧΑΝΙΚΗ</b>	Μοχλός	Μηχανική
	Αντλία θερμότητας	Θερμική
	Δυναμογεννήτρια	Ηλεκτρική
<b>ΘΕΡΜΙΚΗ</b>	Ατμομηχανή	Μηχανική
	Φούρνος	Θερμική
	Θερμοζεύγος	Ηλεκτρική
	Πυρόλυση	Χημική
	Λαμπτήρας πυράκτωσης	Ακτινοβολία
<b>ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ</b>	Ηλεκτρικός κινητήρας	Μηχανική
	Ψηστήρα	Θερμική
	Μετασχηματιστής	Ηλεκτρική
	Ηλεκτρόλυση	Χημική
	Λαμπτήρας φθορισμού	Ακτινοβολία
<b>ΧΗΜΙΚΗ</b>	Μυς	Μηχανική
	Καύσιμα	Θερμική
	Μπαταρία	Ηλεκτρική
	Χημική αντίδραση	Χημική
	Χημική φωταύγεια	Ακτινοβολία
<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ</b>	Ραδιόμετρο	Μηχανική
	Ηλιακός θερμοσίφωνα	Θερμική
	Φωτοκύτταρο	Ηλεκτρική
	Φωτογραφία	Χημική
	Λείζερ	Ακτινοβολία
	Φωτοσύνθεση	Χημική
<b>ΠΥΡΗΝΙΚΗ</b>	Ατομική βόμβα	Μηχανική-Θερμική
	Πυρηνικός αντιδραστήρας	Θερμική
	Ραδιόμετρο	Ακτινοβολία
	Ήλιος	Ακτινοβολία

## 5.5 Διατήρηση της ενέργειας

Σπρώχνεις μια κούνια και αρχίζει να κινείται. Η κούνια αποκτά μηχανική ενέργεια. Χημική ενέργεια του σώματός σου μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια της κούνιας. Αν αφήσεις την κούνια να κινηθεί ελεύθερα, μετά από λίγο σταματά (εικόνα 5.26).

*Τι έγινε η μηχανική της ενέργεια;*

Η μηχανική ενέργεια της κούνιας δεν εξαφανίστηκε. Μέσω του έργου των δυνάμεων τριβής του αέρα με την κούνια, μετατράπηκε σε θερμική ενέργεια του αέρα. Αν μπορούσαμε να μετρήσουμε κάθε μορφή ενέργειας με ακρίβεια, θα βρίσκαμε ότι η χημική ενέργεια που μεταφέρθηκε από το σώμα σου στην κούνια, η αρχική μηχανική ενέργεια της κούνιας και η θερμική ενέργεια που μεταφέρθηκε στον αέρα είναι ίσες (εικόνα 5.26).

Το ίδιο συμβαίνει και κατά το ξεκίνημα ή το σταμάτημα ενός αυτοκινήτου. Κατά την εκκίνηση η χημική ενέργεια των καυσίμων μετασχηματίζεται σε κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου και σε θερμική του αέρα που μεταφέρεται σ' αυτόν μέσω των καυσαερίων και του νερού του ψυγείου του αυτοκινήτου. Το άθροισμα της κινητικής ενέργειας του αυτοκινήτου και της θερμικής που μεταφέρθηκε στον αέρα και το νερό του ψυγείου είναι ίσο με τη χημική ενέργεια των καυσίμων (εικόνα 5.27).

Όταν το αυτοκίνητο σταματά, η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική, που διαχέεται στο περιβάλλον, μέσω του έργου των δυνάμεων τριβής που ασκούνται στο αυτοκίνητο. Γενικά, η ύπαρξη της ενέργειας εκδηλώνεται, όταν αυτή μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη.

Η μελέτη των διάφορων μορφών ενέργειας και των μετασχηματισμών της από μια μορφή σε άλλη οδήγησε σε μια από τις γενικότερες αρχές της φυσικής, την αρχή διατήρησης της ενέργειας:

**Η ενέργεια ποτέ δεν παράγεται από το μηδέν και ποτέ δεν εξαφανίζεται. Μπορεί να μετατρέπεται από τη μια μορφή στην άλλη, ή να μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο.**

Είτε πρόκειται για μελέτη ενός πολύπλοκου συστήματος σωμάτων όπως ένας γαλαξίας, είτε ενός απλού όπως μια κούνια, υπάρχει πάντοτε ένα μέγεθος που διατηρείται σταθερό: η ενέργεια. Η ενέργεια είναι δυνατόν να μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο ή να μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη, όμως η συνολική της ποσότητα διατηρείται σταθερή.

## 5.6 Πηγές ενέργειας

Όλη η ανθρώπινη δραστηριότητα, μυϊκή και εγκεφαλική αλλά και η χρήση των ηλεκτρικών συσκευών, η βιομηχανία και οι μεταφορές βασίζονται στις μετατροπές διάφορων μορφών ενέργειας. *Ποια είναι όμως η προέλευση αυτής της ενέργειας;*

### Φυσική και Χημεία και Βιολογία



Εικόνα 5.26.

Καθώς σπρώχνεις την κούνια, χημική ενέργεια από το σώμα σου μεταφέρεται σ' αυτή και μετατρέπεται σε κινητική.

Μπορείς να σκεφτείς ποια είναι η αρχική προέλευση αυτής της ενέργειας; Με τη βοήθεια του πίνακα 5.3 απεικόνισε σχηματικά την αλυσίδα των διαδικασιών και των αντίστοιχων μετατροπών ενέργειας.



Εικόνα 5.27.

Σ' ένα συνηθισμένο αυτοκίνητο περίπου το 30% της χημικής ενέργειας που μετατρέπεται κατά την καύση της βενζίνης μετασχηματίζεται σε χρήσιμη μηχανική ενέργεια (κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου).





Εικόνα 5.28.

Η χημική ενέργεια των τροφών και των καυσίμων προέρχεται από τον ήλιο.

### Ο ήλιος: πρωταρχική πηγή ενέργειας

Κύρια πηγή ενέργειας για τον πλανήτη μας είναι ο **ήλιος**. Στο εσωτερικό του ήλιου πραγματοποιούνται πυρηνικές αντιδράσεις με τις οποίες πυρηνική ενέργεια μετατρέπεται τελικά σε ενέργεια ακτινοβολίας. Ένα μικρό μέρος της ηλιακής ενέργειας φθάνει στη γη. Ο ήλιος θεωρείται σταθερή και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας με κριτήριο τη διάρκεια της παρουσίας του ανθρώπου στη γη.

Η **βιομάζα** (το ξύλο, το ξυλοκάρβουνο, τα φυτικά υπολείμματα) είναι μια πηγή ενέργειας που οφείλεται στη φωτοσύνθεση των φυτών. Με τη φωτοσύνθεση, η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε χημική η οποία αποθηκεύεται στα φυτά (εικόνα 5.28).

Στην ηλιακή ενέργεια οφείλονται επίσης ο **κύκλος του νερού** που οδηγεί να γεμίζουν οι τεχνητές λίμνες των φραγμάτων, ο **άνεμος** που κινεί τους αεροστρόβιλους, τα **θαλάσσια κύματα** κτλ. (εικόνα 5.29).

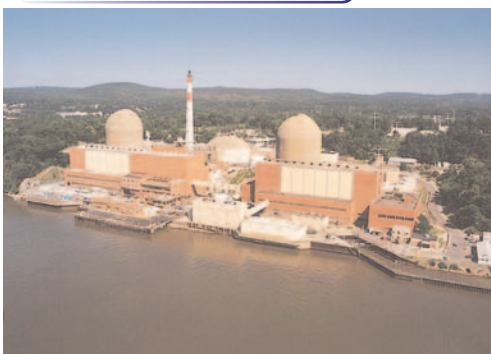


Εικόνα 5.29. ▶

#### Ο κύκλος του νερού και η ηλιακή ενέργεια.

1. Οι ωκεανοί απορροφούν την ενέργεια ακτινοβολίας από τον ήλιο, μέρος της οποίας μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια. Η ηλιακή ενέργεια ακτινοβολίας παρέχει την απαραίτητη θερμότητα για να εξατμιστεί το νερό και να παραχθούν υδρατμοί. Οι υδρατμοί μεταφέρονται στην ατμόσφαιρα όπου σχηματίζονται τα σύννεφα.
2. Το νερό βρίσκεται σε κάποιο ύψος, οπότε έχει βαρυτική δυναμική ενέργεια.
3. Στη συνέχεια πέφτει στο έδαφος με μορφή βροχής ή χιονιού.
4. Το νερό ρέει από τα υψηλότερα σημεία της ξηράς προς τη θάλασσα σχηματίζοντας ποταμούς, οπότε η βαρυτική δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική.

### Φυσική και Κοινωνία και Οικονομία



Εικόνα 5.30.

Στους πυρηνικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται πυρηνικά καύσιμα.

Σε ποιες Ευρωπαϊκές χώρες υπάρχουν πυρηνικοί σταθμοί και σε ποιο ποσοστό συμμετέχουν στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε χώρα;

### Συμβατικές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

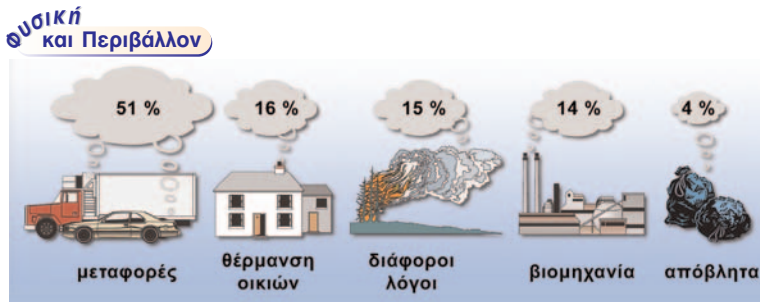
Η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στα ορυκτά καύσιμα, στον άνθρακα, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο οφείλεται στον ήλιο. Αυτά τα καύσιμα προήλθαν από φυτά και υδρόβιους οργανισμούς τα οποία βρέθηκαν στο εσωτερικό της γης σε κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης και μετασχηματίστηκαν σε διάστημα περίπου 30 εκατομμυρίων ετών. Συνεπώς, δεν ανανεώνονται κατά την περίοδο ύπαρξης του ανθρώπου στη γη και αναμένεται να εξαντληθούν σε μερικές δεκαετίες.

Το ουράνιο και το θόριο λέγονται **πυρηνικά καύσιμα**, γιατί χρησιμοποιούνται στους πυρηνικούς αντιδραστήρες με τελικό σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (εικόνα 5.30). Η ύπαρξή τους χρονολογείται από την εποχή δημιουργίας της γης πριν από περίπου 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια. Συνεπώς, τα αποθέματά τους δεν ανανεώνονται και μάλλον θα εξαντληθούν μέσα στον 21ο αιώνα.

Σήμερα το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που χρησιμοποιούμε παγκόσμια προέρχεται από ορυκτά καύσιμα (γαιάνθρακες, πετρέλαιο και φυσικό αέριο) και ουράνιο. Οι συμβατικές όμως αυτές πηγές ενέργειας παρουσιάζουν σοβαρά προβλήματα:

Πρώτο τα αποθέματά τους θα εξαντληθούν και δεύτερο η χρήση τους συμβάλλει στη ρύπανση και την καταστροφή του περιβάλλοντος (εικόνα 5.31).

Για τους παραπάνω λόγους, η σύγχρονη κοινωνία προσπαθεί να αξιοποιήσει τις λεγόμενες **ανανεώσιμες** πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή ενέργεια, που θεωρούνται ανεξάντλητες. Σ' αυτές περιλαμβάνονται διάφορες πηγές που προέρχονται από την ηλιακή ενέργεια, οι **παλίρροιες**, η **γεωθερμική** ενέργεια και η ενέργεια από το **υδρογόνο**.



◀ **Εικόνα 5.31.**

#### Ατμοσφαιρική ρύπανση

Η χρήση των ορυκτών καυσίμων έχει ως αποτέλεσμα την **αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα** στην ατμόσφαιρα. Στη διπλανή εικόνα φαίνονται τα ποσοστά εκπομπής του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από διάφορες δραστηριότητες.

Συγκέντρωσε πληροφορίες για τις επιπτώσεις στο κλίμα του πλανήτη μας από την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

### Μερικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

#### Άμεση αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας

Ένα μικρό ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που φθάνει στη γη μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για τη θέρμανση του χώρου κτιρίων ή του νερού (ηλιακός θερμοσίφωνας) ή για τη μετατροπή της σε ηλεκτρική μέσω των φωτοβολταϊκών κυττάρων. Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα κατασκευάστηκαν αρχικά για να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες των δορυφόρων. Η χρήση τους όμως διαδόθηκε ευρύτερα, όπως για παράδειγμα στη λειτουργία των υπολογιστών τσέπης.

#### Αιολική ενέργεια

Από την αρχαιότητα οι άνθρωποι αξιοποίησαν την κινητική ενέργεια του ανέμου (αιολική ενέργεια) στις μετακινήσεις τους με ιστιοφόρα και στο άλεσμα των δημητριακών με ανεμόμυλους. Οι ανεμόμυλοι μαζί με τους νερόμυλους συγκαταλέγονται στις πρώτες μηχανές που αντικατέστησαν τους μυς των ζώων και του ανθρώπου ως πηγές ενέργειας.

Σήμερα ειδικοί ανεμόμυλοι ή αλλιώς ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Φυσικά οι ανεμογεννήτριες εγκαθίστανται σε περιοχές όπου πνέουν ισχυροί άνεμοι, όπως για παράδειγμα τα νησιά του Αιγαίου (εικόνα 5.32).

#### Υδραυλική ενέργεια

Το 10% περίπου της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα προέρχεται από τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Το νερό της τεχνητής λίμνης έχει δυναμική ενέργεια, η οποία μετασχηματίζεται σε κινητική καθώς αυτό πέφτει και τελικά μετασχηματίζεται σε ηλεκτρική στη στροβιλογεννήτρια (εικόνα 5.33).



**Εικόνα 5.32.**

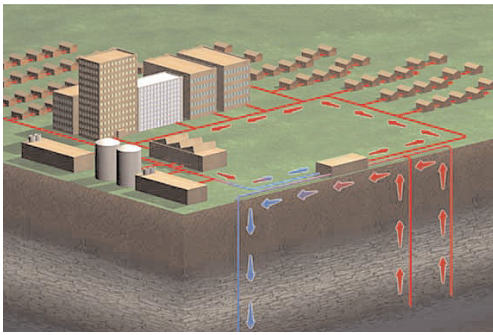
Αιολικό πάρκο στην Κρήτη. Στις ανεμογεννήτριες η αιολική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική.



**Εικόνα 5.33.**

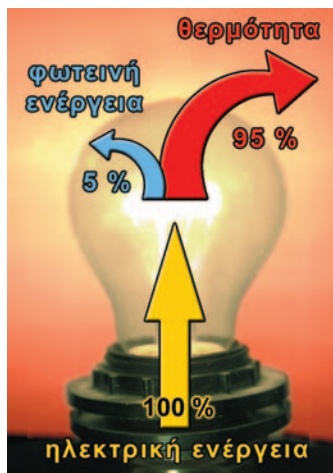
Στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια η βαρυτική δυναμική ενέργεια του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρική.

## ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



Εικόνα 5.34.

Χρήση γεωθερμικής ενέργειας



Εικόνα 5.35.

Η ωφέλιμη ενέργεια (φωτεινή) είναι μεγαλύτερη στο λαμπτήρα φθορισμού απ' ό,τι στο λαμπτήρα πυράκτωσης.

## 5.7 Απόδοση μιας μηχανής

Σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας όταν μια μηχανή μετατρέπει μια μορφή ενέργειας σε μια άλλη η ολική ενέργεια διατηρείται. *Τι εννοεί η ΔΕΗ όταν συνιστά να αντικαταστήσουμε τους λαμπτήρες πυράκτωσης με λαμπτήρες φθορισμού για να πετύχουμε εξοικονόμηση ενέργειας;*

Κατά τη μετατροπή της ενέργειας από τη μια μορφή σε άλλη, ενώ η συνολική ενέργεια διατηρείται, η χρήσιμη (ωφέλιμη) είναι πάντοτε μικρότερη της ενέργειας που προσφέρεται αρχικά. Όπως είδαμε παραπάνω, μια μηχανή ή συσκευή μετατρέπει ενέργεια από μια μορφή σε άλλη (εικόνα 5.33). Η προσφερόμενη ενέργεια είναι πάντοτε ίση με το άθροισμα της χρήσιμης ενέργειας και της ενέργειας που διασκορπίζεται με τη μορφή θερμικής ενέργειας. Σ' ένα λαμπτήρα πυράκτωσης μόνο το 5% της ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται σε χρήσιμη φωτεινή ενέργεια, ενώ το υπόλοιπο 95% απλώς θερμαίνει τον αέρα του δωματίου (εικόνα 5.35). Η απόδοση μιας μηχανής ορίζεται ως το πηλίκο της χρήσιμης προς την προσφερόμενη ενέργεια. Χρησιμοποιώντας μαθηματικά σύμβολα μπορούμε να γράψουμε:

$$n = \frac{E_{\text{χρήσιμη}}}{E_{\text{προσφερόμενη}}}$$

Συνήθως, η απόδοση εκφράζεται ως ποσοστό % και είναι πάντοτε μικρότερη ή το πολύ ίση με 100% (πίνακας 5.4).

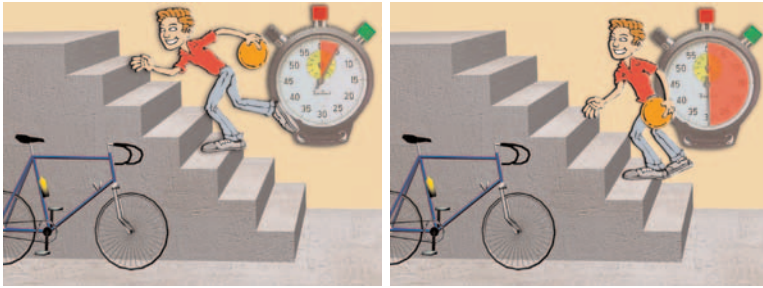
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4.

ΜΕΡΙΚΕΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ	
Μηχανή	Απόδοση
ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ	10–47%
ΠΥΡΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ	30%
ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΣ	85%
ΜΗΧΑΝΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ	20–30%
ΗΛΙΑΚΟ ΚΥΤΤΑΡΟ	25%
ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ ΠΥΡΑΚΤΩΣΗΣ	5%
ΛΑΜΠΤΗΡΑΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ	20%
ΜΥΕΣ	20–25%
ΠΟΔΗΛΑΤΟ	90%



## 5.8 Ισχύς

Το έργο που παράγεται όταν ανεβαίνεις μια σκάλα τρέχοντας με σταθερή ταχύτητα σε μερικά δευτερόλεπτα είναι το ίδιο με αυτό που παράγεται όταν ανεβαίνεις την ίδια σκάλα σε μερικά λεπτά περπατώντας με σταθερή επίσης ταχύτητα (εικόνα 5.36). Αναρωτήθηκες ποτέ γιατί κουράζεσαι πολύ περισσότερο στην πρώτη περίπτωση;



◀ **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.

### Έργο και χρόνος

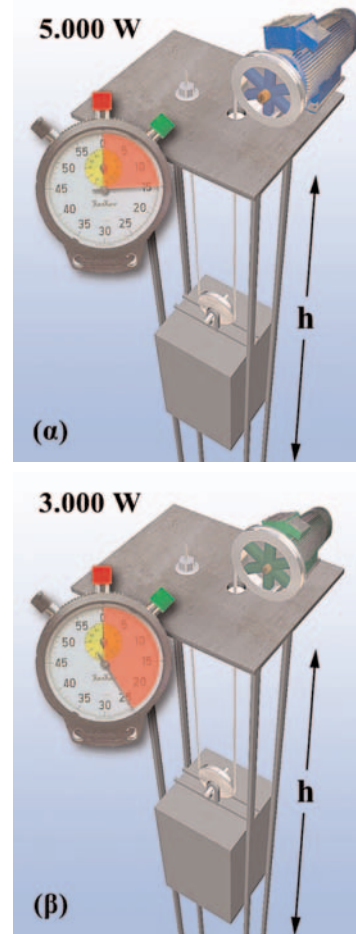
Για να απαντήσουμε στο παραπάνω ερώτημα, θα πρέπει να συνδέσουμε το έργο που παράγεται από μια δύναμη ή την ποσότητα μιας μορφής ενέργειας που μετατρέπεται σε άλλη μορφή, με το χρόνο που απαιτείται για την παραγωγή του έργου ή τη μετατροπή μιας μορφής ενέργειας σε άλλη. Το φυσικό μέγεθος που συνδέει το παραγόμενο έργο ή την ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας με τον αντίστοιχο χρόνο ονομάζεται **ισχύς**. Η ισχύς είναι ένα μέγεθος που δείχνει πόσο γρήγορα παράγεται κάποιο έργο ή μετασχηματίζεται κάποια μορφή ενέργειας και ορίζεται ως το πηλίκο του έργου ( $W$ ) που παράγεται ή της ενέργειας ( $E$ ) που μετασχηματίζεται δια του αντίστοιχου χρονικού διαστήματος.

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

ή με τη χρήση συμβόλων

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

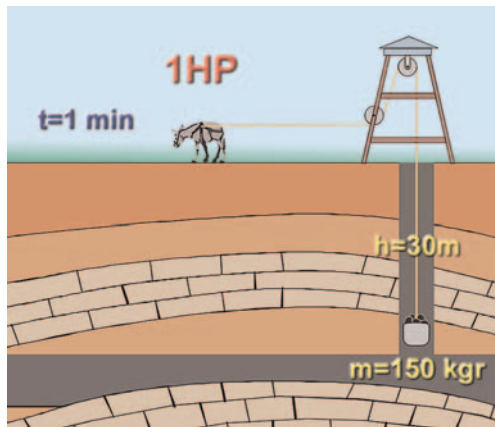
Η ισχύς μιας συσκευής ή μιας μηχανής είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο περισσότερο έργο παράγει ή περισσότερη ενέργεια μετασχηματίζει σε ορισμένο χρονικό διάστημα. Ή, ισοδύναμα, η ισχύς είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μικρότερο χρονικό διάστημα απαιτείται για να παραχθεί ορισμένη ποσότητα έργου, ή να μετασχηματιστεί ορισμένη ποσότητα ενέργειας (εικόνα 5.37). Για παράδειγμα, δύο αυτοκίνητα ίδιου βάρους ανεβαίνουν στην κορυφή ενός λόφου με σταθερή ταχύτητα. Το έργο που παράγουν οι δύο μηχανές είναι ίδιο. Η μηχανή όμως με τη μεγαλύτερη ισχύ (συνήθως μεγαλύτερου κυβισμού) θα οδηγήσει το αυτοκίνητο στην κορυφή σε μικρότερο χρονικό διάστημα.



**Εικόνα 5.37.**

Οι δύο κινητήρες ανεβάζουν το θάλαμο του ανεκκυστήρα κατά το ίδιο ύψος ( $h$ ) και παράγουν το ίδιο έργο. Ο κινητήρας με τη μεγαλύτερη ισχύ τον ανεβάζει σε μικρότερο χρονικό διάστημα.



Φυσική  
και Ιστορία

Εικόνα 5.38.

**Ορισμός του HP από τον Βατ (Watt)**

Η ιδέα για τη χρησιμοποίηση της ισχύος που αποδίδει ένα άλογο για τον ορισμό της μονάδας μέτρησης της ισχύος υπήρχε πριν ακόμη ο J. Watt την κάνει συγκεκριμένη (1783). Ο Watt διαπίστωσε ότι ένα άλογο μπορούσε να ανυψώνει ένα σώμα βάρους 667 N περίπου κινούμενο για επαρκές χρονικό διάστημα με σταθερή ταχύτητα 4,026 km/h περίπου. Την ισχύ αυτή την αποκάλεσε 1 ίππο (HP) (HorsePower). Η μονάδα αυτή της ισχύος χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα.

Κατασκευάστε ένα φωτογραφικό άλμπουμ με μέσα μεταφοράς και καταγράψτε την ισχύ του κινητήρα τους σε HP και σε W.

Κατά την καύση ενός λίτρου βενζίνης, ορισμένη ποσότητα χημικής ενέργειας μετατρέπεται σε θερμική. Το λίτρο της βενζίνης όμως καίγεται σε μισή ώρα σε ένα επιβατηγό αυτοκίνητο και μόνο σε 1,5 δευτερόλεπτο σ' ένα αεροπλάνο Μπόινγκ 747. Έτσι, η μηχανή του αεροπλάνου αναπτύσσει ισχύ 1.200 φορές μεγαλύτερη από εκείνη του αυτοκινήτου.

**Ισχύς και κίνηση**

Το άλογο που παριστάνεται στην εικόνα 5.38 ανεβάζει τον κουβά με σταθερή ταχύτητα  $υ$  ασκώντας σ' αυτόν, μέσω του νήματος, σταθερή δύναμη  $F$  κατά την κατεύθυνση της κίνησης. Σε χρόνο  $\Delta t$  ο κουβάς μετατοπίζεται κατά  $\Delta x$ :

$$\Delta x = υ \cdot \Delta t$$

και το έργο που παράγεται από τη δύναμη  $F$  είναι:

$$W = F \cdot \Delta x.$$

Τότε, για την ισχύ που προσφέρεται στο κινούμενο σώμα (κουβά) προκύπτει:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot \Delta x}{\Delta t} = F \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t} = F \cdot υ$$

Δηλαδή, η ισχύς που προσφέρεται από μια δύναμη  $F$  σ' ένα σώμα που κινείται με ταχύτητα  $υ$  είναι ανάλογη του μέτρου της δύναμης και της ταχύτητας που κινείται το σώμα.

**Μονάδες ισχύος**

Σύμφωνα με τον ορισμό της ισχύος, μονάδα της είναι το Τζάουλ ανά δευτερόλεπτο. Η μονάδα αυτή ονομάζεται Watt (βατ) προς τιμή του Σκοτσέζου Τζέιμς Βατ (James Watt) που βελτίωσε την ατμομηχανή τον 18ο αιώνα.

$$\text{Συμβολικά: } 1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}}$$

Μια μηχανή έχει ισχύ 1W, όταν παράγει έργο 1 J σε χρόνο 1 s. Το W είναι σχετικά μικρή μονάδα ισχύος και γι' αυτό συχνά χρησιμοποιούνται τα πολλαπλάσιά του:

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W} = 10^3 \text{ W} \text{ και } 1 \text{ MW} = 1.000.000 \text{ W} = 10^6 \text{ W}$$

Ειδικά για τις μηχανές των αυτοκινήτων έχει διατηρηθεί ως μονάδα ισχύος ο ίππος (1 HP) που είναι ίσος με 3/4 kW, οπότε μια μηχανή 134 ίππων έχει ισχύ 100 kW (εικόνα 5.38).

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕΡΙΚΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ, ΜΗΧΑΝΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ					
Βιολογικά συστήματα	Ισχύς	Μηχανές	Ισχύς	Ηλεκτρικές Συσκευές	Ισχύς
Έντομο που πετάει	0,001 W	Ρολόι χειρός	0,001 W	Ξυριστική μηχανή	10 W
Καρδιά ανθρώπου	3 W	Μηχανή αυτοκινήτου	10–200 KW	Λαμπτήρας	100 W
Άνθρωπος ακίνητος	17 W	Τρένο	1.000–8.000 KW	Ψυγείο	150 W
Άνθρωπος που εργάζεται	100 W	Μπρίνγκ	21.000 KW	Θερμοσίφωνα	1.000–4.000 W
Άνθρωπος που περπατάει	750 W	Σταθμός Ηλεκτρικής ενέργειας στην Πτολεμαΐδα	320 MW	Κουζίνα	5.000–8.000 W
Δρομέας	1.700 W	Πυρηνικός αντιδραστήρας	900 MW	Πλυντήριο	35.000 W
Δελφίνι που κολυμπάει	210 W	Πύραυλος	1.000 MW	Έγχρωμη τηλεόραση	500 W
Άλογο που καλπάζει	1.000 W				

**Παράδειγμα 5.5**

Ένας ηλεκτρικός κινητήρας ανυψώνει με σταθερή ταχύτητα ένα κιβώτιο που έχει βάρος 5.000 N σε ύψος 10 m σε χρόνο 10 s. Πόση είναι η ισχύς του κινητήρα;

**Δεδομένα**

$w=5.000 \text{ N}$ ,  $\Delta x=10 \text{ m}$   
 $t=10 \text{ s}$

**Ζητούμενα**

P (ισχύς)

**Βασικές εξισώσεις**

$$W=F \cdot \Delta x, \quad P = \frac{W}{t}$$

**Λύση**

**Βήμα 1:** Σχεδιασμός των δυνάμεων που ασκούνται στο κιβώτιο:

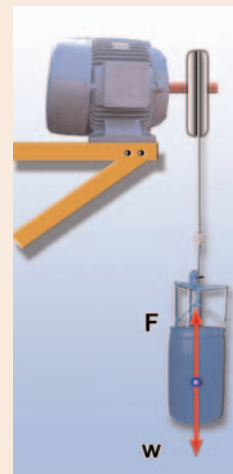
(α) Από απόσταση: Το βάρος  $w$ , (β) από επαφή: η δύναμη από τον κινητήρα (μέσω του μεταλλικού σκοινιού):  $F$

**Βήμα 2:** Υπολογισμός της  $F$ .

Επειδή το κιβώτιο κινείται με σταθερή ταχύτητα από τον Α νόμο του Νεύτωνα:  $F_{ολη}=0$ , δηλαδή  $F-w=0$   $F=w$

**Βήμα 3:** Εφαρμόζουμε τις βασικές εξισώσεις:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot \Delta x}{\Delta t} = \frac{5.000 \text{ N} \cdot 10 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 5.000 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 5.000 \text{ W} = 5 \text{ kW}$$

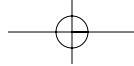
**Ερωτήσεις****ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

► Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:

**Έργο και Ενέργεια**

1. Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:

Μια δύναμη που ασκείται σ' ένα σώμα μπορεί να παράγει έργο πάνω σ' αυτό όταν το σώμα .....  
Στην απλούστερη περίπτωση, όπου η δύναμη είναι σταθερή και το σώμα μετακινείται κατά τη .....  
της, το έργο ορίζεται ως το ..... της δύναμης επί τη ..... του σώματος ή συμβολικά: ..... Το έργο είναι ..... μέγεθος δηλαδή έχει μόνο μέτρο. Η μονάδα του έργου στο SI σύστημα είναι το ..... Το έργο μιας δύναμης εκφράζει τη ..... ενέργειας από ένα σώμα σε ένα άλλο ή τη ..... της από μια μορφή σε άλλη.



## ΦΥΣΙΚΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

2. Στις προτάσεις που ακολουθούν να κυκλώσεις το γράμμα που αντιστοιχεί στην ορθή απάντηση.  
Η μονάδα του έργου στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων είναι: α) 1 J, β) 1 N, γ) 1 kg, δ)  $1 \frac{N}{m}$ , ε)  $1 \frac{N}{m^2}$ .

**Δυναμική-Κινητική ενέργεια – Δύο βασικές μορφές ενέργειας**

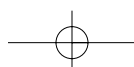
3. Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:
- Ένα σώμα που έχει ..... w και βρίσκεται σε ..... h από κάποιο οριζόντιο επίπεδο έχει ..... ενέργεια. Η βαρυτική δυναμική ενέργεια αναφέρεται σε ..... από την οποία μετράμε το ..... και στην οποία θεωρούμε ότι έχει την τιμή ..... Η βαρυτική δυναμική ενέργεια που έχει ένα σώμα σε κάποιο ύψος είναι ..... από το δρόμο που ακολούθησε για να βρεθεί σ' αυτό το ύψος.
  - Κάθε σώμα που έχει υποστεί ελαστική παραμόρφωση, έχει ..... ενέργεια, η οποία ισούται με το ..... της δύναμης που του ασκήθηκε για να το παραμορφώσει και ..... από τον τρόπο που παραμορφώθηκε.
4. Στις προτάσεις που ακολουθούν να κυκλώσεις το γράμμα που αντιστοιχεί στην ορθή απάντηση.
- Ένας πύραυλος που κινείται με ορισμένη ταχύτητα στο διάστημα, ενεργοποιεί τις μηχανές του και διπλασιάζει την ταχύτητά του, ενώ ταυτόχρονα αποβάλλει την άδεια δεξαμενή καυσίμων μειώνοντας τη μάζα του στη μισή. Η κινητική του ενέργεια: (α) δε μεταβάλλεται, (β) οκταπλασιάζεται, (γ) τετραπλασιάζεται, (δ) διπλασιάζεται, (ε) τίποτε από τα παραπάνω.
  - Ένα βέλος εκτοξεύεται από το έδαφος με τη βοήθεια ενός τόξου και αφού ανέβει μέχρι ένα ορισμένο ύψος, στη συνέχεια προσπίπτει ξανά στο έδαφος. Η διαδικασία από τη στιγμή που το βέλος αρχίζει να κινείται με τη βοήθεια του τόξου μπορεί να περιγραφεί με την ακόλουθη σειρά ενεργειακών μετασχηματισμών: (α) κινητική ενέργεια-βαρυτική δυναμική ενέργεια-έργο, (β) έργο-κινητική ενέργεια-ελαστική δυναμική ενέργεια-κινητική ενέργεια, γ) έργο-δυναμική ενέργεια λόγω παραμόρφωσης-κινητική ενέργεια-βαρυτική δυναμική ενέργεια-κινητική ενέργεια, δ) ελαστική δυναμική ενέργεια-βαρυτική δυναμική ενέργεια-κινητική ενέργεια, ε) τίποτε από τα παραπάνω.

**Η μηχανική ενέργεια και η διατήρησή της**

5. Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:
- Το άθροισμα της ..... (U) και της ..... ενέργειας (K) ενός ..... ή ..... κάθε χρονική στιγμή ονομάζεται ..... ενέργεια του ..... ή του ..... Ένα σώμα αποκτά κινητική και δυναμική ενέργεια μέσω του ..... των δυνάμεων που ενεργούν σ' αυτό. Όταν σ' ένα σώμα ή σύστημα σωμάτων επιδρούν μόνο ....., ..... ή δυνάμεις ..... παραμόρφωσης, η μηχανική του ενέργεια διατηρείται σταθερή.
6. Στις προτάσεις που ακολουθούν να κυκλώσεις το γράμμα που αντιστοιχεί στην ορθή απάντηση.  
Μια σφαίρα κινείται κατά μήκος μιας σχεδόν κυκλικής κατακόρυφης σιδηροτροχιάς χωρίς τριβές εκκινώντας από το ανώτερο σημείο της τροχιάς. Η κινητική της ενέργεια, η δυναμική της ενέργεια σε σχέση με το έδαφος και η μηχανική της ενέργεια: (α) αυξάνεται, αυξάνεται, αυξάνεται, (β) μειώνεται, μειώνεται, μειώνεται, (γ) αυξάνεται, μειώνεται, μειώνεται, (δ) αυξάνεται, μειώνεται, παραμένει η ίδια, (ε) τίποτε από τα παραπάνω.

**Μορφές και μετατροπές ενέργειας – Διατήρηση της ενέργειας – Πηγές ενέργειας**

7. Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:
- Υπάρχουν διάφορες μορφές ..... που όμως στο μικρόκοσμο ανάγονται σε δύο θεμελιώδεις. Αυτές είναι η ..... ενέργεια και η ..... ενέργεια. Η ενέργεια ποτέ δεν ..... από το μηδέν και ποτέ δεν ..... Μπορεί να ..... από τη μια μορφή στην άλλη, ή να ..... από ένα σώμα σε άλλο.



**Απόδοση μιας μηχανικής – Ισχύς**

8. Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:

Κατά τη ..... της ενέργειας από τη μια μορφή σε άλλη, ενώ η συνολική ενέργεια ....., η χρήσιμη (ωφέλιμη) είναι πάντοτε ..... της ενέργειας που ..... αρχικά. Η απόδοση μιας μηχανής ορίζεται ως το πηλίκο της ..... προς την ..... ενέργεια. Χρησιμοποιώντας μαθηματικά σύμβολα μπορούμε να γράψουμε:  $n = \dots\dots\dots$

Το μέγεθος που δείχνει πόσο γρήγορα παράγεται ένα έργο ή μετασχηματίζεται κάποια μορφή ενέργειας ονομάζεται .....

9. Στις προτάσεις που ακολουθούν να κυκλώσεις το γράμμα που αντιστοιχεί στην ορθή απάντηση.

Η μονάδα ισχύος στο διεθνές σύστημα είναι: (α) N, (β) J, (γ)  $J \cdot m$ , (δ) W, (ε)  $\frac{N}{s}$ .

► **Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις για τις ερωτήσεις που ακολουθούν. Έργο και Ενέργεια**

- Ένας παγοδρόμος κινείται με σταθερή ταχύτητα χωρίς τριβές πάνω στην οριζόντια επιφάνεια της πίστας. Να σχεδιάσεις τις δυνάμεις που ασκούνται στον παγοδρόμο. Πόσο έργο παράγεται από τη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στον παγοδρόμο;
- Να συγκρίνεις τα έργα που παράγει η δύναμη την οποία ασκεί ένας αρσιβαρίστας καθώς ανυψώνει την μπάρα με σταθερή ταχύτητα όταν το βάρος της είναι: (α) 1.100 N και την ανυψώνει σε ύψος 1 m, (β) 2.200 N και την ανυψώνει σε ύψος 1 m, (γ) 1.100 N και την ανυψώνει σε ύψος 2 m, (δ) 2.200 N και την ανυψώνει σε ύψος 2 m.
- Το έργο της δύναμης που ένας αστροναύτης ασκεί σε πέτρα με μάζα 1,5 kg καθώς την ανυψώνει με σταθερή ταχύτητα σε ύψος 2 m είναι το ίδιο στη γη και τη σελήνη; Εξήγησε.
- Χρυσός κανόνας της Μηχανικής. Με δεδομένη τη διατήρηση της ενέργειας να συγκρίνεις τα έργα των δυνάμεων που ασκούνται στο μικρό και στο μεγάλο έμβολο μιας υδραυλικής αντλίας ή ενός υδραυλικού πιεστηρίου (εικόνα 4.19), καθώς επίσης και τις αντίστοιχες μετατοπίσεις τους. *Τι συμπεραίνεις;*

**Δυναμική-Κινητική ενέργεια – Δύο βασικές μορφές ενέργειας**

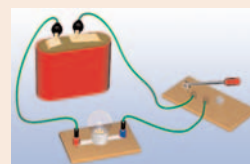
- Μια μοτοσυκλέτα που κινείται, από απροσεξία του οδηγού, πέφτει πάνω σε σταματημένο αυτοκίνητο. Από ποιους παράγοντες νομίζεις ότι εξαρτάται το μέγεθος της παραμόρφωσης που θα υποστεί το αυτοκίνητο;
- Μια κούνια αιωρείται. Σε ποια θέση η κούνια έχει μεγαλύτερη δυναμική ενέργεια; Σε ποια θέση έχει μεγαλύτερη ταχύτητα; Γιατί τελικά η κούνια σταματά;

**Η μηχανική ενέργεια και η διατήρησή της**

- Να περιγράψεις τις ενεργειακές μεταβολές που συμβαίνουν όταν: (α) Ρίχνεις μια μπάλα προς τα πάνω, από τη στιγμή που η μπάλα φεύγει από το χέρι σου μέχρι τη στιγμή που επιστέφει ξανά στο χέρι σου. (β) Τεντώνεις τη χορδή ενός τόξου και το βέλος εκτοξεύεται, από τη στιγμή που αρχίζει και τεντώνεται η χορδή μέχρι τη στιγμή που το βέλος φεύγει από το τόξο. (γ) Ένας αθλητής πραγματοποιεί άλμα επί κοντώ. Τι ισχύει για τη μηχανική ενέργεια σε κάθε περίπτωση;
- Αν γνωρίζεις ότι η τεντωμένη χορδή ενός τόξου έχει δυναμική ενέργεια 50 J, μπορείς να προβλέψεις πόση κινητική ενέργεια θα έχει το βέλος όταν εκτοξεύεται από το τόξο; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

**Μορφές και μετατροπές ενέργειας – Διατήρηση της ενέργειας – Πηγές ενέργειας**

- Στο κύκλωμα της διπλανής εικόνας έχουμε συνδέσει με μια μπαταρία ένα λαμπάκι. Ποιες μετατροπές ενέργειας θα συμβούν όταν κλείσουμε το διακόπτη: (α) στην μπαταρία, (β) στο λαμπάκι;
- Δύο μαθητές του νηπιαγωγείου έχουν δύο αυτοκινητάκια. Το ένα είναι κουρδιστό, ενώ το άλλο λειτουργεί με μπαταρίες. Ποια μορφή ενέργειας είναι αρχικά αποθηκευμένη στα αυτοκινητάκια; Ποια μορφή ενέργειας έχουν όταν κινούνται; Τι γίνεται αυτή η ενέργεια όταν τα αυτοκινητάκια σταματήσουν;





11. Άφησε από το ίδιο ύψος ένα μπαλάκι του πινγκ-πονγκ και μια σφαίρα από πλαστελίνη. Τι θα συμβεί όταν φθάσουν στο πάτωμα; Διατηρείται η ενέργεια και στις δύο περιπτώσεις; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.
12. Από πού προέρχεται η κινητική ενέργεια ενός αθλητή που τρέχει με  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ; Ενός αυτοκινήτου που τρέχει με την ίδια ταχύτητα;
13. Να περιγράψεις τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν σ' ένα αυτοκίνητο από τη στιγμή που τίθεται η μηχανή του σε λειτουργία μέχρι να σταματήσει αυτό.
14. Τα γήινα πετρώματα συμπιέζονται όπως τα ελατήρια. Στη διάρκεια ενός σεισμού απελευθερώνονται τεράστια ποσά ενέργειας που προκαλούν μεγάλες καταστροφές. Πού ήταν αποθηκευμένη αυτή η ενέργεια πριν από την εκδήλωση του σεισμού;

#### Απόδοση μιας μηχανικής – Ισχύς

15. Μια μηχανή Α έχει μεγαλύτερη ισχύ από μια μηχανή Β. (α) Ποια από τις δύο παράγει περισσότερο έργο στον ίδιο χρόνο; (β) Αν παράγουν το ίδιο έργο, ποια χρειάζεται μικρότερο χρόνο για να το παράγει;
16. Ένας λαμπτήρας με ισχύ 100 W φωτοβολεί για 10 λεπτά και εκπέμπει φωτεινή ενέργεια 12.000 J. Πόση ηλεκτρική ενέργεια απαιτείται για τη λειτουργία του λαμπτήρα; Τι συμβαίνει με τη διατήρηση της ενέργειας;
17. Βρες την ισχύ του οικογενειακού σας αυτοκινήτου (προσοχή, μη συγχέεις αυτή την ισχύ με τον αριθμό των φορολογησίων ίππων του αυτοκινήτου). Να χρησιμοποιήσεις τον σχετικό πίνακα, που υπάρχει στο βιβλίο, με τις τιμές της ισχύος, για να απαντήσεις στο παρακάτω ερώτημα: Πόσα άλογα πρέπει να ζέσουμε μαζί σε μια άμαξα ώστε η συνολική ισχύς του αυτοκινήτου να είναι ίση με την ισχύ της μηχανής του αυτοκινήτου;

## Ασκήσεις

## ασκήσεις

Στις παρακάτω ασκήσεις θεώρησε ότι  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

#### Έργο και Ενέργεια

1. Το πάτωμα του τέταρτου ορόφου ενός σπιτιού βρίσκεται σε ύψος 12 m από το έδαφος. Θέλουμε να ανεβάσουμε σε αυτόν με τη βοήθεια γερανού ένα ψυγείο μάζας 150 kg. Να υπολογίσεις το έργο της δύναμης που ασκεί το σκονί του γερανού στο ψυγείο, όταν το ανεβάζει με σταθερή ταχύτητα στον τρίτο όροφο.
2. Ένας ορειβάτης, όταν ανεβαίνει ένα βράχο ύψους 4 m, παράγει έργο 2800 J. Από τα παραπάνω δεδομένα μπορείς να υπολογίσεις τη μάζα του ορειβάτη;
3. Ο πρωταθλητής άρσης βαρών Πύρρος Δήμας ανυψώνει 250 kg σε ύψος 2,3 m. Πόσο έργο παράγει η δύναμη που ο Δήμας ασκεί στην μπάρα όταν: (α) την ανυψώνει με σταθερή ταχύτητα, (β) την κρατάει πάνω από το κεφάλι του, (γ) την κατεβάζει στο έδαφος με σταθερή ταχύτητα;

#### Δυναμική-Κινητική ενέργεια – Δύο βασικές μορφές ενέργειας

4. Ένα βιβλίο με μάζα 2 kg ανυψώνεται από το πάτωμα σ' ένα ράφι που βρίσκεται σε ύψος 2 m από το πάτωμα. Πόση είναι η βαρυτική δυναμική ενέργεια του βιβλίου; (α) Σε σχέση με το πάτωμα. (β) Σε σχέση με το κεφάλι ενός παιδιού που έχει ύψος 1,60 m;
5. Ένα αυτοκίνητο έχει μάζα 1000 Kg. Να βρεθεί η κινητική του ενέργεια όταν κινείται με ταχύτητα: α)  $72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ , β)  $144 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ .
6. Το παγκόσμιο ρεκόρ κολύμβησης στα 50 m αντιστοιχεί σε μια μέση ταχύτητα για τον κολυμβητή  $2,29 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Να υπολογίσεις την κινητική ενέργεια του κολυμβητή, αν γνωρίζεις ότι η μάζα του είναι 75 kg.
7. Η Μαρία ανεβάζει ένα βιβλίο με μάζα 1,2 kg από το τραπέζι, που βρίσκεται 75 cm πάνω από το πάτωμα, σ' ένα ράφι που βρίσκεται σε ύψος 2,25 m πάνω από το πάτωμα. Ποια είναι η μεταβολή της βαρυτικής δυναμικής ενέργειας του βιβλίου;

#### Η μηχανική ενέργεια και η διατήρησή της

8. Να υπολογίσεις τη μηχανική ενέργεια ενός αεροπλάνου Μπόινγκ 737 βάρους  $2,22 \cdot 10^6 \text{ N}$  το οποίο πετάει σε ύψος 10 km με ταχύτητα  $800 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

9. Μια μαϊμού που έχει μάζα 30 kg πιάνεται από την άκρη μια περικοκλάδας που έχει μήκος 20 m και «πηδάει» από το κλαδί ενός δένδρου στο έδαφος. Αν το κλαδί βρίσκεται σε ύψος 4 m από το έδαφος, (α) Με πόση ταχύτητα κινείται η μαϊμού όταν φθάνει στο έδαφος; (β) Αν πίσω ακριβώς από την μαϊμού πηδάει το μικρό της με μάζα 5 kg, μπορείς να προβλέψεις με πόση ταχύτητα θα φθάσει στο έδαφος; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου. (γ) Αν η περικοκλάδα είναι κατακόρυφη, νομίζεις ότι το αποτέλεσμα θα είναι διαφορετικό;
10. Ένας σκιέρ που έχει μάζα 70 kg ξεκινάει από την ηρεμία στην κορυφή ενός λόφου, που βρίσκεται σε ύψος 45 m πάνω από μια κοιλάδα. Αν αγνοήσουμε τις τριβές: (α) Με πόση ταχύτητα φθάνει ο σκιέρ στην κοιλάδα; (β) Αν στη συνέχεια, με την ταχύτητα που απέκτησε, αρχίσει να ανεβαίνει σ' ένα ψηλότερο λόφο, σε ποιο ύψος θα φθάσει;
11. Ένας βράχος μάζας 20 kg βρίσκεται στην άκρη ενός γκρεμού βάθους 100 m. Στο βάθος του γκρεμού κυλάει ένα ποταμάκι. (α) Πόση είναι η βαρυτική δυναμική ενέργεια του βράχου σε σχέση με το ποτάμι; (β) Ο βράχος πέφτει από τον γκρεμό. Πόση είναι η κινητική του ενέργεια όταν φθάνει στην επιφάνεια του ποταμού;

#### Μορφές και μετατροπές ενέργειας – Διατήρηση της ενέργειας – Πηγές ενέργειας

12. Έργο κατά το φρενάρισμα του αυτοκινήτου. Ένα αυτοκίνητο μάζας 900 kg κινείται με ταχύτητα  $20 \frac{m}{s}$ . Ξαφνικά ο οδηγός πατάει φρένο και το αυτοκίνητο ολισθαίνει. Μεταξύ των τροχών του αυτοκινήτου και του οδοστρώματος αναπτύσσεται δύναμη τριβής, το μέτρο της οποίας ισούται με 9.000 N: (α) Να υπολογίσεις την κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου πριν από το φρενάρισμα. (β) Σε ποια μορφή ενέργειας μετατρέπεται η κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου; Το έργο ποιας δύναμης εκφράζει αυτή τη μετατροπή; (γ) Πόσο θα ολισθήσει το αυτοκίνητο μέχρι να σταματήσει;
13. Ένα αυτοκίνητο με μάζα 700 Kg κινείται με ταχύτητα  $30 \frac{m}{s}$ . Ξαφνικά το αυτοκίνητο πέφτει πάνω σ' μια κολόνα ηλεκτροφωτισμού. Η κολόνα παραμένει ακίνητη και το αυτοκίνητο σταματάει. (α) Υπολόγισε την κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου πριν τη σύγκρουση. Περιγράψε τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης. (β) Πόσο έργο παράχθηκε από τη δύναμη που ασκεί η κολόνα στο αυτοκίνητο; (γ) Αν δεχθούμε ότι κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης η κολόνα ασκεί στο αυτοκίνητο σταθερή δύναμη και το μπροστινό μέρος του αυτοκινήτου μετατοπίστηκε (βούλιαξε) κατά 40 cm, να υπολογίσεις το μέτρο της.

#### Απόδοση μιας μηχανικής – Ισχύς

14. Κατά τη διάρκεια ενός μαθήματος γυμναστικής ένας μαθητής μάζας 60 kg αναρριχάται σε μια κατακόρυφο δοκό μήκους 3 m σε 4 s. Πόση είναι η μέση ισχύς του μαθητή στη διάρκεια της άσκησης;
15. Ένας ηλεκτρικός κινητήρας ασκεί δύναμη 100.000 N σ' έναν ανελκυστήρα και τον ανυψώνει κατά 15 m σε 30 s. Πόση είναι η ισχύς του κινητήρα; Εάν ο ανελκυστήρας ανέβαινε σε 20 s, θα άλλαζε το έργο; Θα άλλαζε η ισχύς του κινητήρα; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.
16. Ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα  $30 \frac{m}{s}$  σε οριζόντιο δρόμο. Στο αυτοκίνητο ασκείται από τον αέρα μια δύναμη αντίθετη με την κίνησή του 3.000 N. (α) Ποιες δυνάμεις ασκούνται στο αυτοκίνητο κατά την οριζόντια διεύθυνση; (β) Πόση είναι η μετατόπιση του αυτοκινήτου σε χρόνο 20 s; (γ) Πόση ενέργεια προσφέρει η μηχανή του αυτοκινήτου σε χρόνο 20 s; (δ) Πόση ισχύ αναπτύσσει η μηχανή του αυτοκινήτου, όταν κινείται με αυτή την ταχύτητα;
17. Σ' έναν υδροηλεκτρικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πέφτουν από το φράγμα 30.000 τόνοι νερού ανά λεπτό. Το ύψος του φράγματος από τις ηλεκτρογεννήτριες είναι 15 m. Η συνολική απόδοση του σταθμού είναι 60%. Να υπολογίσεις: (α) Τη βαρυτική δυναμική ενέργεια της ποσότητας του νερού που πέφτει σε ένα λεπτό. (β) Την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται σε ένα λεπτό. (γ) Την ηλεκτρική ισχύ του σταθμού.



### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- ❑ Η ενέργεια εμφανίζεται με διάφορες μορφές, μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη, αλλά κατά τις μετατροπές της η συνολική ενέργεια διατηρείται.
- ❑ Μια δύναμη που ασκείται σ' ένα σώμα μπορεί να παράγει έργο ( $W$ ) πάνω σ' αυτό όταν το σώμα μετακινείται κατά τη διεύθυνση της δύναμης. Το έργο σταθερής δύναμης ορίζεται ως το γινόμενο του μέτρου της δύναμης επί τη μετατόπιση του σώματος. Έργο = Δύναμη x Μετατόπιση, ή συμβολικά:  $W=F \cdot \Delta x$
- ❑ Το έργο εκφράζει τη μεταβολή της ενέργειας ενός σώματος ή τη μετατροπή της από μια μορφή σε άλλη.
- ❑ Ένα σώμα που έχει βάρος  $w$  και βρίσκεται σε ύψος  $h$  από κάποιο οριζόντιο επίπεδο έχει βαρυτική δυναμική ενέργεια, η οποία εξαρτάται από το βάρος του σώματος και από το ύψος και είναι ανεξάρτητη από το δρόμο που ακολούθησε για να βρεθεί σ' αυτό το ύψος
- ❑ Κάθε σώμα που έχει υποστεί ελαστική παραμόρφωση, έχει δυναμική ενέργεια, που εξαρτάται από το μέγεθος της παραμόρφωσής του και ισούται με το έργο της δύναμης που του ασκήθηκε για να το παραμορφώσει.
- ❑ Ένα σώμα έχει δυναμική ενέργεια αν σε αυτό ασκείται δύναμη (βαρυτική, ηλεκτρική, ελαστικής παραμόρφωσης). Η δυναμική ενέργεια εξαρτάται από το μέγεθος της δύναμης, τη θέση ή την κατάσταση (παραμόρφωση) του σώματος και δεν εξαρτάται από το δρόμο που ακολούθησε το σώμα για να φθάσει σε αυτή τη θέση ή την κατάσταση.
- ❑ Κινητική ενέργεια είναι η ενέργεια που έχει ένα σώμα εξαιτίας της κίνησής του. Η κινητική ενέργεια εξαρτάται από τη μάζα και την ταχύτητα του κινούμενου σώματος.
- ❑ Το άθροισμα δυναμικής και κινητικής ενέργειας ενός σώματος ονομάζεται μηχανική ενέργεια.
- ❑ Όταν σ' ένα σώμα επιδρούν βαρυτικές, ηλεκτρικές ή δυνάμεις ελαστικής παραμόρφωσης, η μηχανική του ενέργεια διατηρείται σταθερή.
- ❑ Υπάρχουν ποικίλες μορφές ενέργειας, όπως μηχανική, ηχητική, θερμική, ηλεκτρική, χημική, πυρηνική, ακτινοβολία. Όλες αυτές οι μορφές ενέργειας ανάγονται, στο μικροσκοπικό επίπεδο, σε δύο θεμελιώδεις μορφές: κινητική και δυναμική.
- ❑ Η απόδοση μιας μηχανής ορίζεται ως το πηλίκο της χρήσιμης προς την προσφερόμενη ενέργεια. Συνήθως, η απόδοση εκφράζεται ως ποσοστό % και είναι πάντοτε μικρότερη ή το πολύ ίση με 100%.
- ❑ Ισχύς είναι το μέγεθος που δείχνει πόσο γρήγορα παράγεται κάποιο έργο ή μετασχηματίζεται κάποια μορφή ενέργειας σε κάποια άλλη. Η ισχύς ορίζεται ως το πηλίκο του έργου ή της ενέργειας δια του αντίστοιχου χρόνου.

### ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Ενέργεια	Δυναμική ενέργεια	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
Έργο	Μηχανική ενέργεια	Απόδοση
Κινητική ενέργεια	Συμβατικές μορφές ενέργειας	Ισχύς