

**ΦΥΣΙΚΗ**

**Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ**

**4ος τόμος**

**Γ' Κ.Π.Σ. / ΕΠΕΑΕΚ II / Ενέργεια 2.2.1 /  
Κατηγορία Πράξεων 2.2.1.α:**

**«Αναμόρφωση των προγραμμάτων  
σπουδών και συγγραφή νέων  
εκπαιδευτικών πακέτων»**

**ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ**

**Δημήτριος Γ. Βλάχος**

**Ομότιμος Καθηγητής του Α.Π.Θ**

***Πρόεδρος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου***

**Πράξη με τίτλο: «Συγγραφή νέων  
βιβλίων και παραγωγή υποστηρικτικού  
εκπαιδευτικού υλικού με βάση το  
ΔΕΠΠΣ και τα ΑΠΣ για το Γυμνάσιο»**

**Επιστημονικός Υπεύθυνος Έργου**

**Αντώνιος Σ. Μπομπέτσης**

***Σύμβουλος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου***

**Αναπληρωτής Επιστημ. Υπεύθ. Έργου**

**Γεώργιος Κ. Παληός**

***Σύμβουλος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου***

**Ιγνάτιος Ε. Χατζηευστρατίου**

***Μόνιμος Πάρεδρος του Παιδαγ. Ινστιτ.***

**Έργο συγχρηματοδοτούμενο 75% από  
το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και  
25% από εθνικούς πόρους.**

## ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

Νικόλαος Αντωνίου, Καθηγητής  
Πανεπιστημίου Αθηνών  
Παναγιώτης Δημητριάδης, Φυσικός  
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης  
Κων/νος Καμπούρης, Φυσικός  
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης  
Κων/νος Παπαμιχάλης, Φυσικός  
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης  
Λαμπρινή Παπασιμπα, Φυσικός  
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης

## ΚΡΙΤΕΣ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΕΣ

Αντώνιος Αντωνίου, Φυσικός  
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης  
Κωνσταντίνος Στεφανίδης,  
Σχολικός Σύμβουλος  
Αικατερίνη Πομόνη - Μανατάκη,  
Αναπλ. καθηγήτρια Πανεπιστημίου  
Πατρών (Τμήμα Φυσικής)

**ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ**

**Θεόφιλος Χατζητσομπάνης,  
Μηχανικός ΕΜΠ, Εκπαιδευτικός**

**ΦΙΛΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ**

**Μαρία Αλιφεροπούλου, Φιλολόγος**

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ**

**ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΠΟΕΡΓΟΥ**

**ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΓΓΡΑΦΗ**

**Γεώργιος Κ. Παληός,  
Σύμβουλος του Π.Ι.**

**ΕΞΩΦΥΛΛΟ**

**Ιωάννης Γουρζής, Ζωγράφος**

**ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ**

**ΑΦΟΙ Ν. ΠΑΠΠΑ & ΣΙΑ Α.Ε.Β.Ε.,  
Ανώνυμος Εκδοτ. & Εκτυπ. Εταιρεία**

**ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΓΙΑ  
ΜΑΘΗΤΕΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΡΑΣΗ**

**Ομάδα Εργασίας  
Αποφ. 16158/6-11-06 και  
75142/Γ6/11-7-07 ΥΠΕΠΘ**

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ,  
ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ  
ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ**

**Νικόλαος Αντωνίου  
Παναγιώτης Δημητριάδης  
Κωνσταντίνος Καμπούρης  
Κωνσταντίνος Παπαμιχάλης  
Λαμπρινή Παπατσίμπα**

**ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ:**

**Ελληνικά Γράμματα**

**ΦΥΣΙΚΗ**

**Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ**

**Τόμος 4<sup>ος</sup>**



## 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.

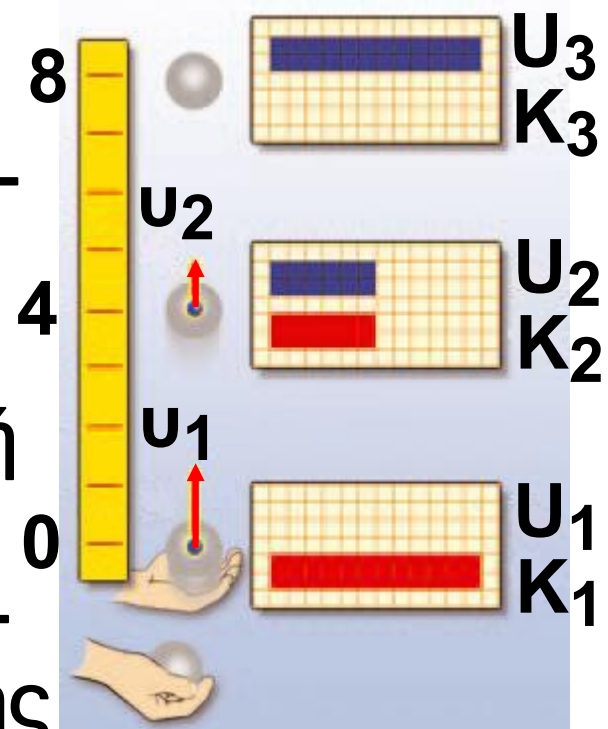
Όταν η μπάλα φθάσει στο ανώτερο σημείο της τροχιάς, η ταχύτητά της μηδενίζεται στιγμιαία, συνεπώς η μπάλα δεν έχει κινητική ενέργεια. Η δυναμική της ενέργεια όμως είναι

μέγιστη. Όλη η κινητική ενέργεια της μπάλας μετατράπηκε σε δυναμική.

***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.



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 ενέργεια μειώνεται. Κατά την καθοδική κίνη-

ση της μπάλας η δυναμική ενέργειά της μετατρέπεται σε κινητική.

### ***Έργο και μηχανική ενέργεια***

Με ποιο τρόπο γίνεται η μετατροπή της κινητικής ενέργειας της μπάλας σε δυναμική και αντίστροφα;

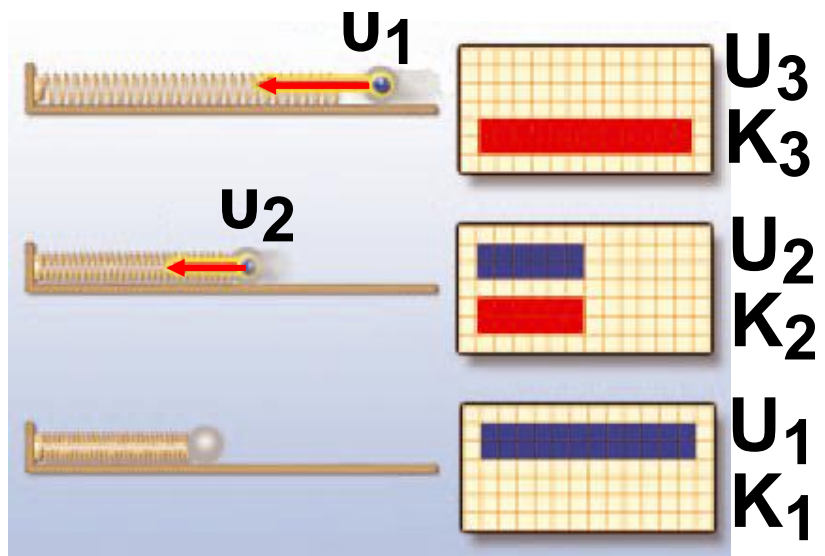
Κατά την κίνηση της μπάλας, η δύναμη του βάρους που ασκείται από τη γη στην μπάλα παράγει έργο. Η μετατροπή της ενέργειας της μπάλας από κινητική σε δυναμική (ή αντίστροφα) γίνεται μέσω του έργου του βάρους της μπάλας.

Παρόμοια, στην εικόνα 5.20, όταν η σφαίρα έρχεται σε επαφή με το ελατήριο, η κινητική της ενέργεια μετατρέπεται σε δυναμική ενέργεια του ελατηρίου. Η μετατροπή αυτή συμβαίνει μέσω του έργου των

δυνάμεων που ασκούνται ανάμεσα στο ελατήριο και το σώμα.

**Εικόνα 5.20.**

(α) Η μπάλα έρχεται σε επαφή με το ελατήριο. Η μπάλα έχει



κινητική ενέργεια. (β) Το ελατήριο συσπειρώνεται. Η παραμόρφωσή του αυξάνεται. Η ταχύτητα της μπάλας μειώνεται. Η κινητική της ενέργεια μειώνεται. (γ) Η μπάλα σταματά. Η κινητική της ενέργεια μηδενίζεται. Το ελατήριο αποκτά τη μέγιστη παραμόρφωση. Η δυναμική του ενέργεια γίνεται μέγιστη. Σε κάθε περίπτωση, το άθροισμα της κινητικής και της δυναμικής ενέργειας είναι το ίδιο.

Επομένως, η κινητική και δυναμική ενέργεια ενός ή δύο σωμάτων, για παράδειγμα ελατηρίου-σφαίρας που αλληλεπιδρούν (σύστημα σωμάτων), μπορούν να μετατρέπονται η μια στην άλλη. Από την άλλη μεριά, ένα σώμα μπορεί να έχει και κινητική και δυναμική ενέργεια. Η κινητική ενέργεια του σώματος μπορεί να μετατρέπεται σε δυναμική ή αντίστροφα. Ένα σώμα αποκτά κινητική ή δυναμική ενέργεια μέσω του έργου των δυνάμεων που ενεργούν σ' αυτό. Το άθροισμα της δυναμικής ( $U$ ) και της κινητικής ενέργειας ( $K$ ) ενός σώματος ή συστήματος κάθε χρονική στιγμή ονομάζεται μηχανική ενέργεια του σώματος ή του συστήματος ( $E_{\text{μηχανική}}$ ):

$$E_{\text{μηχανική}} = U + E_K$$

## ***Διατήρηση της μηχανικής ενέργειας***

**Κατά την κατακόρυφη κίνηση της μπάλας (εικόνα 5.19), η δυναμική και η κινητική της ενέργεια μεταβάλλονται: Η δυναμική μετατρέπεται σε κινητική και αντίστροφα.**

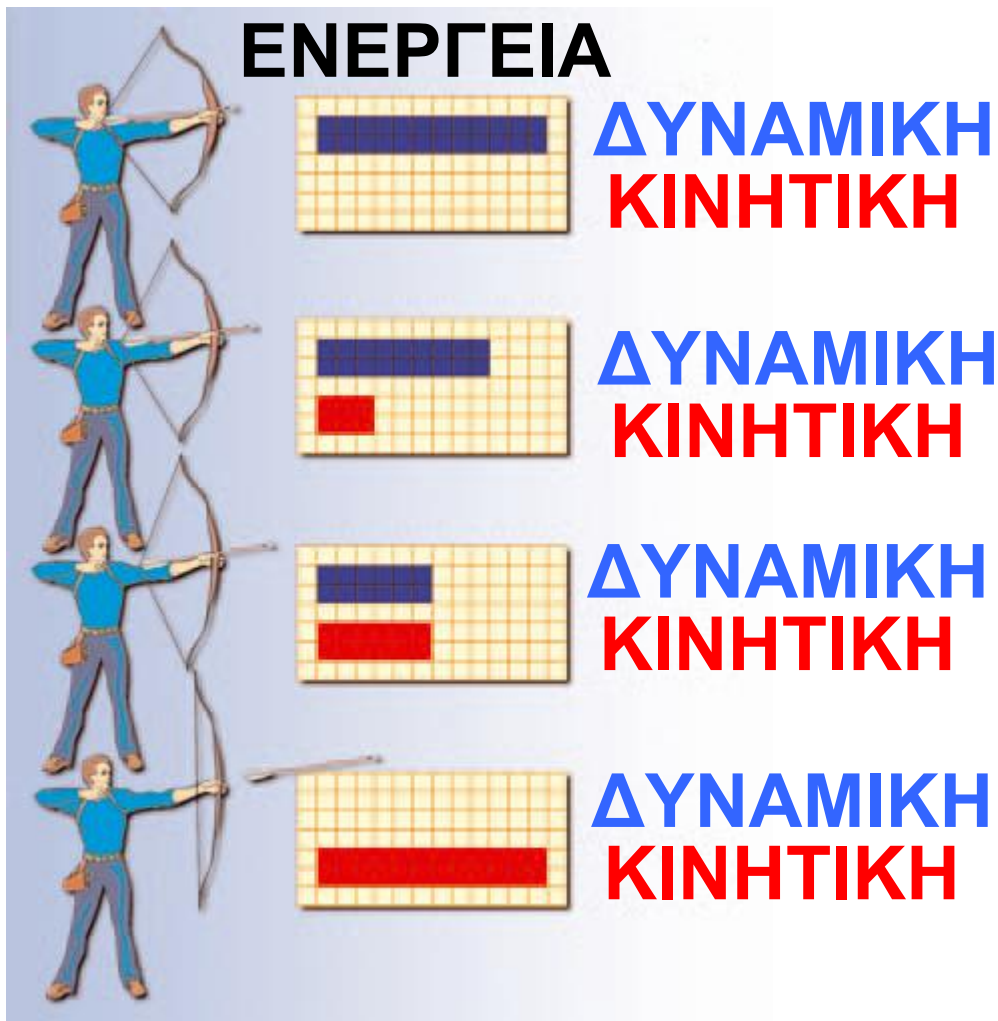
***Η μηχανική ενέργεια της μπάλας μεταβάλλεται κατά την κίνησή της;***

**Προκύπτει ότι σε κάθε θέση της μπάλας η μηχανική ενέργεια έχει την ίδια, σταθερή, τιμή. Γενικότερα, ισχύει το θεώρημα διατήρησης της μηχανικής ενέργειας που διατυπώνεται ως εξής:**

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

## ***Μετατροπές ενέργειας και διατήρηση της μηχανικής ενέργειας***

Ένας τοξότης για να εκτοξεύσει ένα βέλος, αρχικά τεντώνει τη χορδή του τόξου. Το τόξο αποκτά δυναμική ενέργεια η οποία προέρχεται από τη χημική ενέργεια του τοξότη. Όταν ο τοξότης αφήσει ελεύθερη την τεντωμένη χορδή, η δυναμική ενέργεια της χορδής μεταφέρεται στο βέλος και μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του βέλους (εικόνα 5.21). Από τη διατήρηση της μηχανικής 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.



***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.

### ***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  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

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

<b>Δεδομένα</b>	Ύψος: $h = 1,8 \text{ m}$
<b>Βασικοί ορισμοί</b>	$E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ $U_g = m \cdot g \cdot h$ <p>Θεώρημα διατήρησης μηχανικής ενέργειας</p> $E_{\text{μηχανική τελική}} =$ $= E_{\text{μηχανική αρχική}}$
<b>Ζητούμενα</b>	Η ταχύτητα της πέτρας όταν φτάσει στο έδαφος: $v$

## Λύση

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

**α. Αρχική θέση:** Τη στιγμή που αφήνουμε την πέτρα, η ταχύτητα της είναι μηδέν:  $v_{\alpha} = 0$ .

Επομένως, και η κινητική της ενέργεια είναι μηδέν:

$$E_{\text{κιν}, \alpha} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot u_{\alpha}^2 = 0$$

Η αρχική δυναμική ενέργεια της πέτρας, στο ύψος  $h$ , είναι:

$$U_{\text{δυν}, \alpha} = w \cdot h \quad \text{ή} \quad U_{\text{δυν}, \alpha} = m \cdot g \cdot h,$$

Η αρχική μηχανική ενέργεια της πέτρας στο ύψος  $h$  είναι:

$$E_{\text{μηχανική αρχική}} = E_{\text{κιν}, \alpha} + U_{\text{δυν}, \alpha} \quad \text{ή}$$

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

**β. Τελική θέση:** Η κινητική ενέργεια ( $E_{\text{κιν}, \tau}$ ) της πέτρας τη στιγμή που φτάνει στο έδαφος είναι:

$$E_{\text{κιν}, \tau} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot u_{\tau}^2$$

Η τελική δυναμική ενέργεια ( $U_{\text{δυν}, \tau}$ ) της πέτρας τη στιγμή που φτάνει στο έδαφος είναι ίση με μηδέν, γιατί

βρίσκεται σε μηδενικό ύψος απ'

αυτό:  $U_{\delta u v} = 0 \text{ J}$ .

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

$$E_{\text{μηχανική τελική}} = E_{\text{Κιν, τ}} + U_{\delta u v, \tau}$$

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

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

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

$$\text{ή από (1) και (2) } m \cdot g \cdot h =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot m \cdot u_{\tau}^2 \quad \text{ή} \quad g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot u_{\tau}^2 \quad \text{ή}$$

$$u_{\tau}^2 = 2 \cdot g \cdot h \quad \text{ή} \quad u = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad \text{ή}$$

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

**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!!!

## **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 αρσιβαρίστας ασκεί δύναμη στη μπάρα που ανυψώνει. Το έργο αυτής της δύναμης εκφράζει την ενέργεια που μεταφέρεται από τον αρσιβαρίστα στη μπάλα, 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).

***Εικόνα 5.22.  
Ενέργεια και αθλη-  
τισμός***



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).

***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 ενώ-

σεων, 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 καυ-

σαερίων και στη συνέχεια σε **ΚΙΝΗΤΙΚΗ** ενέργεια του οχήματος.

Ενέργεια

**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.



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 τρέι όμως και στα ηλεκτρικά τρένα η ηλεκτρι-

**κή 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: μηχανική, θερμική, ηλεκτρική, χημική, πυρηνική, ηχητική, φωτεινή, ακτινοβολίας**

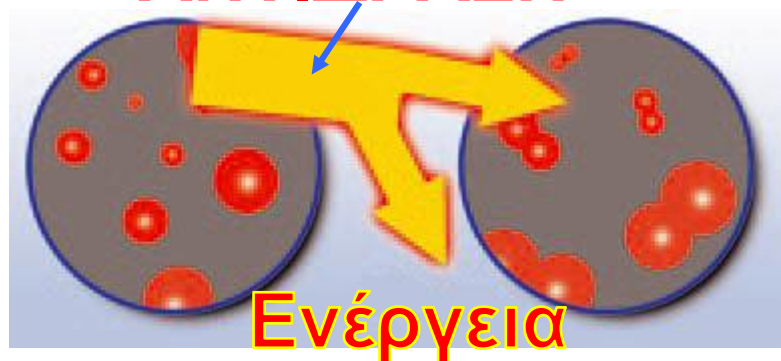
**ανάλογα με τις μεταβολές που παρατηρούμε γύρω μας.**

**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.

## ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ

***Εικόνα 5.24.  
Χημικές αντι-  
δράσεις και  
ενέργεια.***



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.

## 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	$10^{33}$

## ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2.

### Η ΚΛΙΜΑΚΑ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΗ ΦΥΣΗ

<b>Φυσικό φαινόμενο</b>	<b>Τιμές ενέρ- γειας σε J κατά προσέγγιση</b>
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 κατανα- λώνεται από πύραυλο για αποστολή στη σελήνη	$10^{11}$
Αστραπή	$10^{10}$

## ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2.

### Η ΚΛΙΜΑΚΑ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΗ ΦΥΣΗ

Φυσικό φαινόμενο	Τιμές ενέργειας σε J κατά προσέγγιση
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 ο άνθρωπος κατάφερε να τιθασεύσει μεγάλο αριθμό φυσικών και χημικών φαινομένων και να χρησιμοποιήσει προς όφελος του τις μετατροπές ενέργειας που τα συνοδεύουν.

Ας σκεφθούμε μερικά παραδείγματα μηχανών από τη καθημερινή

***Εικόνα 5.25.***  
Οι μηχανές μετατρέπουν μια μορφή ενέργειας σε άλλη.



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.

1. Αρχική μορφή ενέργειας
2. Διαδικασία-Σώμα-Μηχανή
3. Τελική

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3.		
1	2	3
<b>ΜΗΧΑΝΙΚΗ</b>	Μοχλός	Μηχανική
	Αντλία θερμότητας	Θερμική
	Δυναμογεννήτρια	Ηλεκτρική
<b>ΘΕΡΜΙΚΗ</b>	Ατμομηχανή	Μηχανική
	Φούρνος	Θερμική
	Θερμοζεύγος	Ηλεκτρική
	Πυρόλυση	Χημική
	Λαμπτήρας πυράκτωσης	Ακτινοβολία

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3**

1	2	3
<b>ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ</b>	Ηλεκτρικός κινητήρας	Μηχανική
	Ψησιέρα	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 θερμοσίφωνας	Θερμική
	Φωτοκύτταρο	Ηλεκτρική
	Φωτογραφία	Χημική
	Λείζερ	Ακτινοβολία
	Φωτοσύνθεση	Χημική

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3**

1	2	3
<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 σώματος 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;*

## ***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.

Η μηχανική ενέργεια της κούνιας δεν εξαφανίσθηκε. 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 μετα-

**φέρθηκε 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).**

**Θερμική ενέργεια  
στην εξάτμιση  
(35%)**

**Μηχανική  
ενέργεια  
κινητήρα  
(30%)**

**Χημική  
ενέργεια  
καυσίμου  
(100%)**



**Θερμική ενέργεια  
στο σύστημα ψύξης  
(35%)**

### ***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).

Όταν το αυτοκίνητο σταματά, η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική, που διαχέεται στο περιβάλλον, μέσω του έργου των δυνά-

**μεων 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 διατηρεί-**

ται 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;

***Ο ήλιος: πρωταρχική πηγή ενέργειας***

Κύρια πηγή ενέργειας για τον πλανήτη μας είναι ο ήλιος. Στο εσωτερικό του ήλιου πραγματο-

ποιούνται 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.

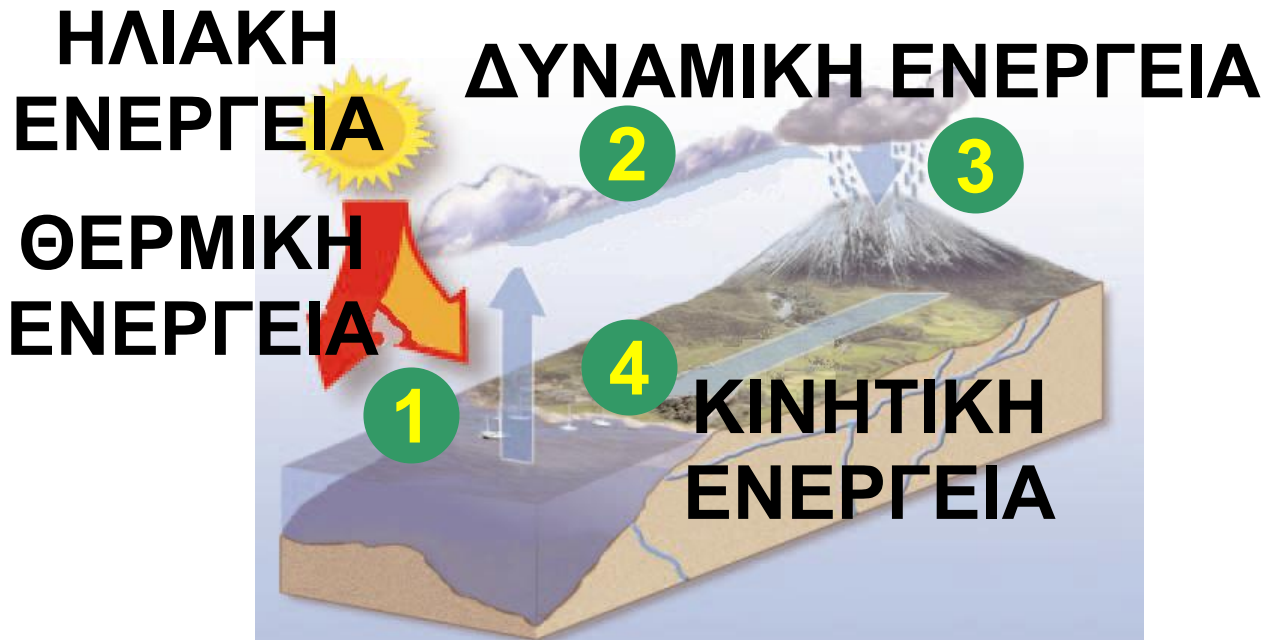
### ***Εικόνα 5.28.***

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



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).



***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 ατμό-

σφαιρα 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.

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).

## ***Συμβατικές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας***

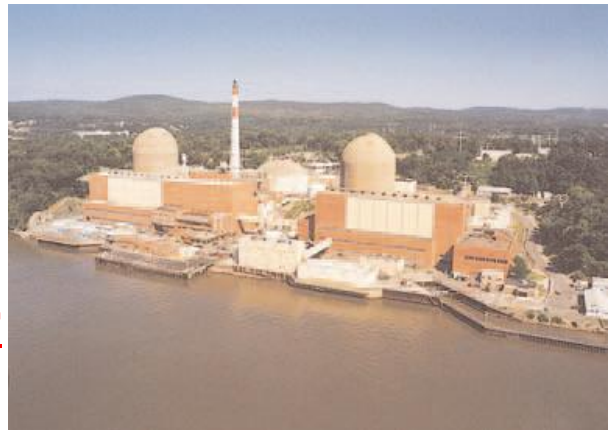
Η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στα ορυκτά καύσιμα, στον άνθρακα, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο οφείλεται στον ήλιο. Αυτά τα καύσιμα προήλθαν από φυτά και υδρόβιους οργανισμούς τα οποία βρέθηκαν στο εσωτερικό της γης σε κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης και μετασχηματίστηκαν σε διάστημα 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.

### ***Εικόνα 5.30.***

Στους πυρηνικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας<sup>1</sup> χρησιμοποιούνται πυρηνικά καύσιμα.



**1.**

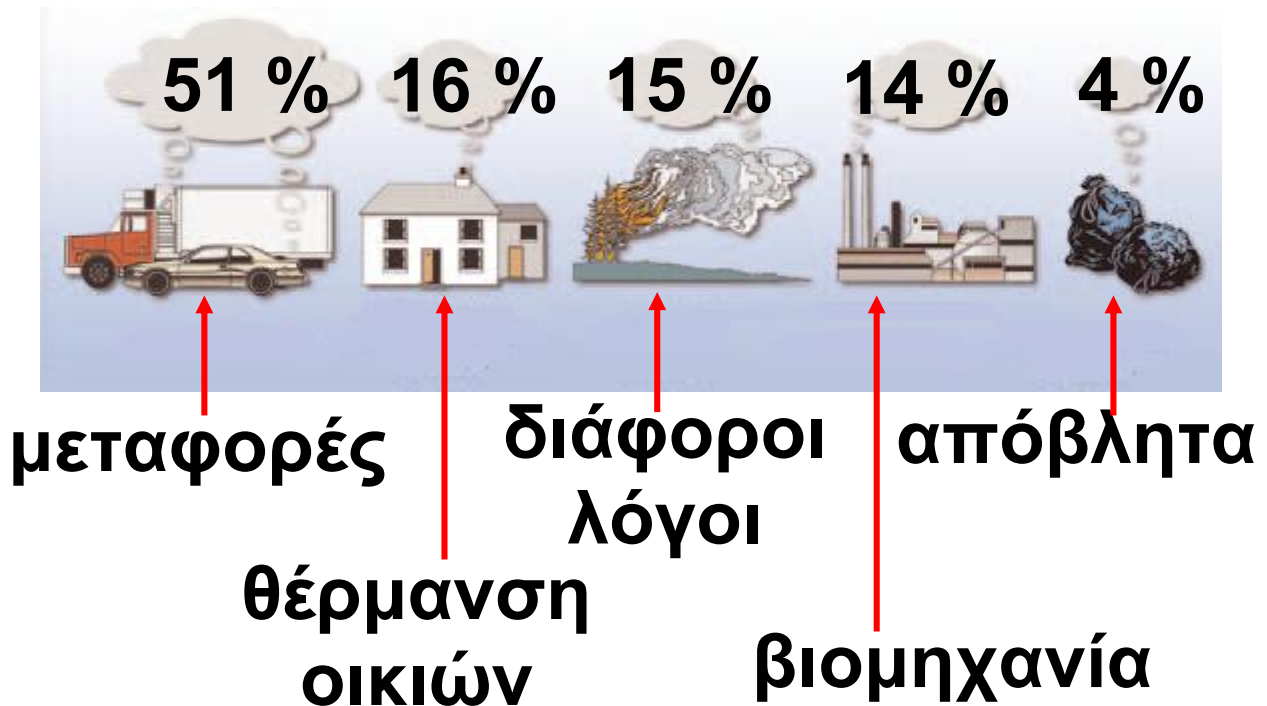
Σε ποιες Ευρωπαϊκές χώρες υπάρχουν πυρηνικοί σταθμοί και σε ποιο ποσοστό συμμετέχουν στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε χώρα;

**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<sup>1</sup> στην ατμόσφαιρα. Στη παραπάνω εικόνα φαίνονται τα ποσοστά εκπομπής του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από διάφορες δραστηριότητες.

1.

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 θερμοσίφωνα) 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 παρά-

δειγμα τα νησιά του Αιγαίου (εικόνα 5.32).

### ***Εικόνα 5.32.***

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



### ***Υδραυλική ενέργεια***

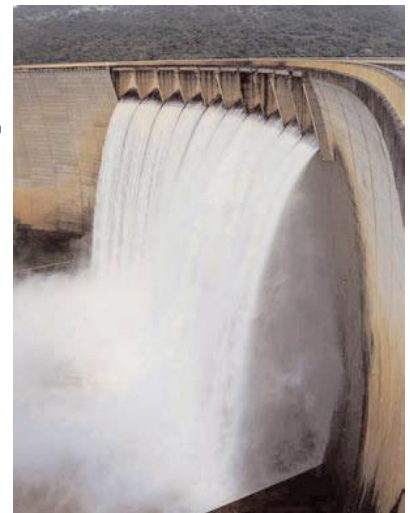
Το 10% περίπου της ηλεκτρικής ενέργεια στην Ελλάδα προέρχεται από τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Το νερό της τεχνητής λίμνης έχει δυναμική ενέργεια, η οποία μετασχηματίζεται σε κινητική καθώς αυτό πέφτει και τελικά μετασχηματίζεται σε ηλεκτρική στη στροβιλογεννήτρια (εικόνα 5.33).

Εκτός της δυναμικής ενέργειας των υδατοταμιευτήρων, υπάρχουν

και άλλες μορφές υδραυλικής ενέργειας. Το νερό των θαλασσών, εξαιτίας των κυμάτων που δημιουργούνται από τους ανέμους, των ρευμάτων και των παλιρροιών, βρίσκεται σε διαρκή κίνηση. Έχουν προταθεί διάφορες διαδικασίες αξιοποίησης αυτής της δυναμικής ή της κινητικής ενέργειας, ειδικά σε περιοχές όπου τα παραπάνω φαινόμενα είναι ιδιαίτερα έντονα.

### ***Εικόνα 5.33.***

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



### ***Γεωθερμική ενέργεια***

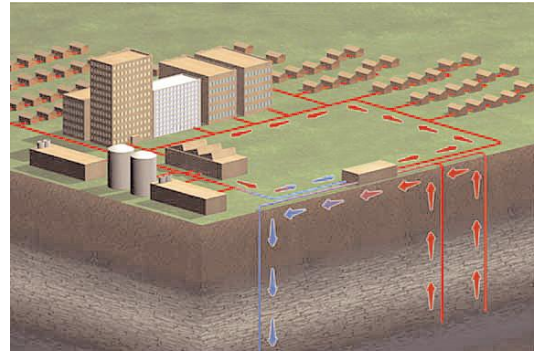
Η γεωθερμική ενέργεια σχετίζεται με τη θερμική ενέργεια των υπόγει-

ων πετρωμάτων ή των υπόγειων νερών. Προκειμένου να τη μετασχηματίσουμε σε άλλες μορφές, αξιοποιούμε τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα υπόγεια πετρώματα ή νερά και στην επιφάνεια της γης. Τα υπόγεια υλικά που έχουν υψηλότερες θερμοκρασίες είναι πηγές θερμικής ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε άμεσα είτε να μετασχηματιστεί σε ηλεκτρική ενέργεια.

Γεωθερμική ενέργεια υπάρχει προφανώς παντού, αλλά η χρησιμότητά της είναι οικονομικά συμφέρουσα μόνο όταν υπάρχουν φυσικές δεξαμενές θερμού νερού ή ατμού πολύ κοντά στην επιφάνεια, όπως στις Θερμοπύλες ή στη Μήλο. Στην Ισλανδία η γεωθερμική ενέργεια (θερμό νερό) χρησιμοποιείται τόσο για θέρμανση κτιρίων

όσο και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (εικόνα 5.34).

***Εικόνα 5.34.***  
Χρήση γεωθερμικής ενέργειας



## 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:**

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

**Εικόνα 5.35.**

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



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

## ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4.

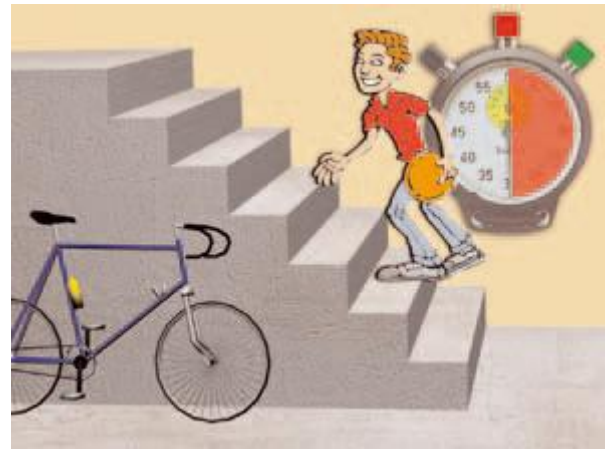
### ΜΕΡΙΚΕΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ

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

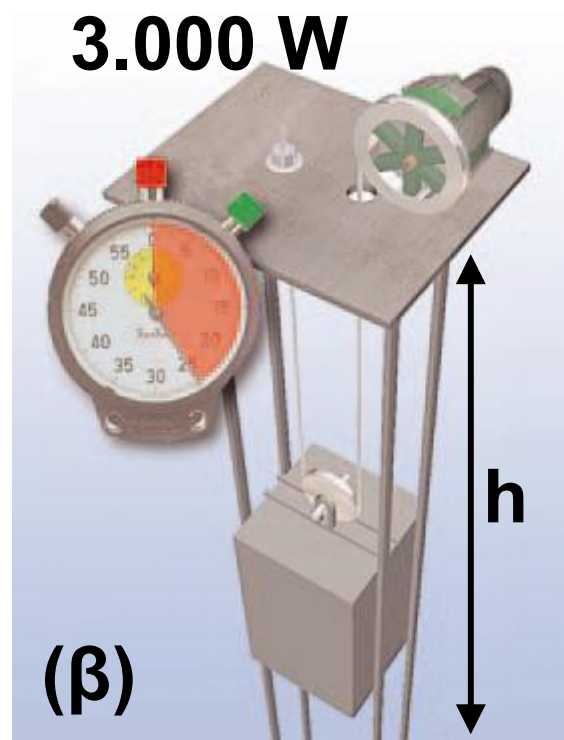
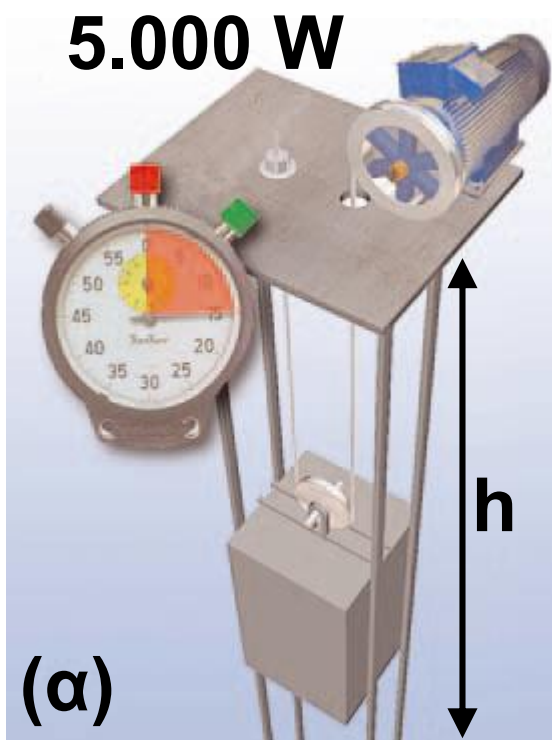
$$P = \frac{W}{t} = \frac{E}{t}$$

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.**

**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 αεροπλά-  
νου αναπτύσσει ισχύ 1.200 φορές  
μεγαλύτερη από εκείνη του αυτο-  
κινήτου.



***Εικόνα 5.37.***

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

## ***Ισχύς και κίνηση***

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

$$\Delta x = u \cdot \Delta t$$

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

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

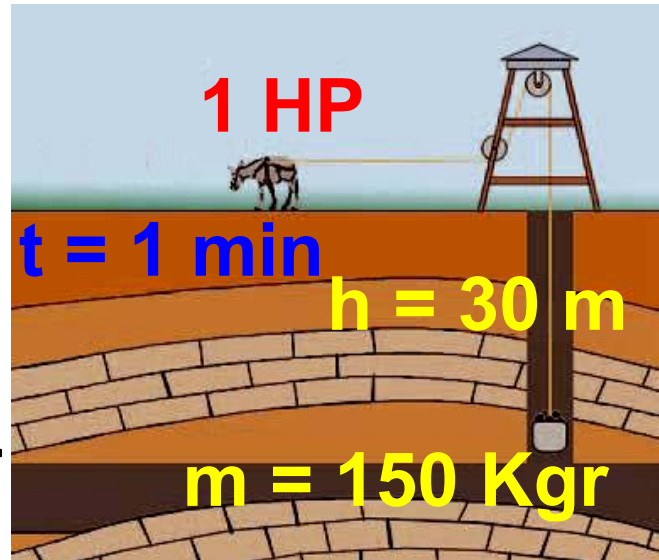
Τότε, για την ισχύ που προσφέρεται στο κινούμενο σώμα (κουβά) προκύπτει:

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

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

και της ταχύτητας που κινείται το σώμα.

***Εικόνα 5.38.***  
***Ορισμός του HP***  
***από τον Bat***  
***(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<sup>1</sup>.

1.

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

### ***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 Τζέημς 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 kW = 1000 W =  $10^3$  W και**

**1 MW = 1.000.000 W =  $10^6$  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 5.5.**

**ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΙΣΧΥΟΣ  
ΜΕΡΙΚΩΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ, ΜΗΧΑΝΩΝ ΚΑΙ  
ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ**

## ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5.

<b>Βιολογικά συστήματα</b>	<b>Ισχύς</b>
Έντομο που πετάει	0,001 W
Καρδιά ανθρώπου	3 W
Άνθρωπος ακίνητος	17 W
Άνθρωπος που εργάζεται	100 W
Άνθρωπος που περπατάει	750 W
Δρομέας	1.700 W
Δελφίνι που κολυμπάει	210 W
Άλογο που καλπάζει	1.000 W
Έντομο που πετάει	0,001 W

## ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5.

<b>Μηχανές</b>	<b>Ισχύς</b>
Ρολόι χειρός	0,001 W
Μηχανή αυτοκινήτου	10-200 KW
Τρένο	1.000-8.000 KW
Μπόινγκ	21.000 KW
Σταθμός Ηλεκτρικής ενέργειας στην Πτολεμαΐδα	320 MW
Πυρηνικός αντιδραστήρας	900 MW
Πύραυλος	1.000 MW
<b>Ηλεκτρικές Συσκευές</b>	<b>Ισχύς</b>
Ξυριστική μηχανή	10 W
Λαμπτήρας	100 W
Ψυγείο	150 W
Θερμοσίφωνα	1.000-4.000 W
Κουζίνα	5.000-8.000 W
Πλυντήριο	35.000 W
Έγχρωμη τηλεόραση	500 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;

<b>Δεδομένα</b>	$w = 5000 \text{ N},$ $\Delta x = 10 \text{ m}$ $t = 10 \text{ s}$
<b>Ζητούμενα</b>	P (ισχύς)
<b>Βασικές εξισώσεις</b>	$W = F \cdot \Delta x,$ $P = \frac{W}{t}$

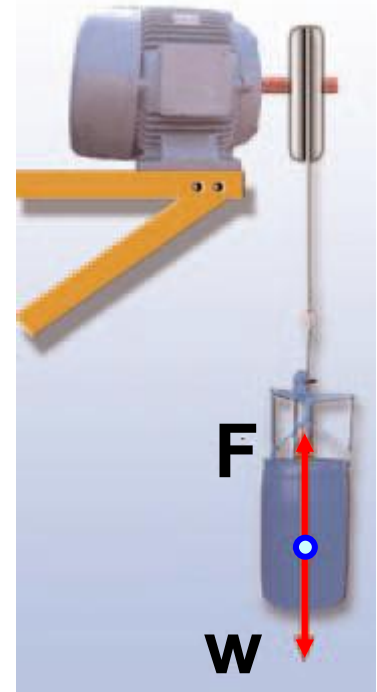
### Λύση

**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:

$$F_{ολ} = 0, \text{ δηλαδή}$$
$$F - w = 0 \quad F = w$$



**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**

**ερωτήσεις**

► 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.

**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)  $1 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ , ε)  $1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$

## 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:

i. 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.

ii. Κάθε σώμα που έχει υποστεί ελα-  
στική 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.

i. 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.**

**ii. 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 δυνα-**

μική 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 εκκι-  
νώντας 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 μικρό-  
κοσμο ανάγονται σε δύο θεμελιώ-  
δεις. 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:  $\eta = \dots\dots\dots$

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 · m, (δ) W, (ε)  $\frac{N}{s}$ .

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

## Έργο και Ενέργεια

1. 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;

2. 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.

**3.** 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.

**4.** 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**

**5.** Μια μοτοσικλέτα 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;

**6.** 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**

**7.** Να περιγράψεις τις ενεργειακές μεταβολές που συμβαίνουν όταν:

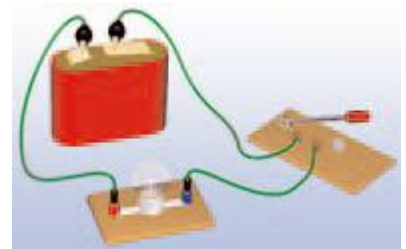
(α) Ρίχνεις μια μπάλα προς τα πάνω, από τη στιγμή που η μπάλα φεύγει από το χέρι σου μέχρι τη στιγμή που επιστέφει ξανά στο χέρι σου. (β) Τεντώνεις τη χορδή ενός τόξου και το βέλος εκτοξεύεται, από τη στιγμή που αρχίζει και τεντώνεται η χορδή μέχρι τη στιγμή που το βέλος φεύγει από το τόξο. (γ) Ένας αθλητής πραγματοποιεί άλμα επί κοντώ.

Τι ισχύει για τη μηχανική ενέργεια σε κάθε περίπτωση;

**8.** 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

**9.** 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;



**10.** 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.** Απο πού προέρχεται η κινητική ενέργεια ενός αθλητή που τρέχει με  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ; Ενος 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 A έχει μεγαλύτερη ισχύ από μια μηχανή B. (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 φορολογήσιμων 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 ζέψουμε 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

τη 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 σκοινί 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  $2,22 \cdot 10^6$  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  $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

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  $30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Ξαφνικά το αυτοκίνητο πέφτει πάνω σ' μια κολόνα ηλεκτροφωτισμού. Η κολόνα παραμένει ακίνητη και το αυτοκί-

νητο σταματάει. (α) Υπολόγισε την κινητική ενέργεια του αυτοκινήτου πριν τη σύγκρουση. Περίγραψε 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 μετατοπίσθηκε (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 κατάκόρυφο δοκό μήκους 3 m σε 4 s. Πόση είναι η μέση ισχύς



του μαθητή στη διάρκεια της άσκησης;

**15.** Ένας ηλεκτρικός κινητήρας ασκεί δύναμη  $100.000 \text{ N}$  σ' έναν ανελκυστήρα και τον ανυψώνει κατά  $15 \text{ m}$  σε  $30 \text{ s}$ . Πόση είναι η ισχύς του κινητήρα; Εάν ο ανελκυστήρας ανέβαινε σε  $20 \text{ s}$ , θα άλλαζε το έργο; Θα άλλαζε η ισχύς του κινητήρα; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.

**16.** Ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα  $30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  σε οριζόντιο δρόμο. Στο αυτοκίνητο ασκείται από τον αέρα μια δύναμη αντίθετη με την κίνησή του  $3.000 \text{ N}$ . (α) Ποιες δυνάμεις ασκούνται στο αυτοκίνητο κατά την οριζόντια διεύθυνση; (β) Πόση είναι η μετα-

τόπιση του αυτοκινήτου σε χρόνο  $20\text{ s}$ ; (γ) Πόση ενέργεια προσφέρει η μηχανή του αυτοκινήτου σε χρόνο  $20\text{ s}$ ; (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  $15\text{ m}$ . 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  $\times$  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**

ακολουθήσει 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, ακτινοβολίας. 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 | Ανα-  
νεώσιμες πηγές Ενέργειας | Έργο |  
Μηχανική Ενέργεια | Απόδοση |  
Κινητική Ενέργεια | Συμβατικές  
μορφές Ενέργειας | Ισχύς**

# ΕΝΟΤΗΤΑ 2

## ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

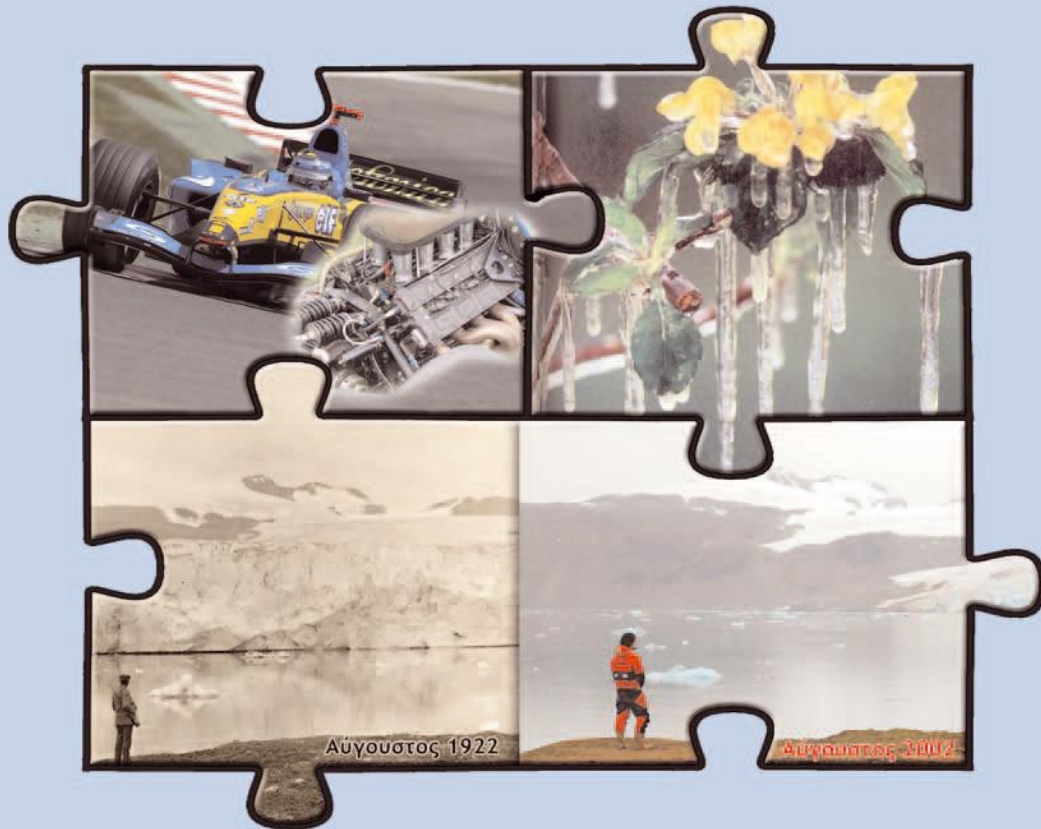
Κεφάλαιο 6 : ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Κεφάλαιο 7 : ΑΛΛΑΓΕΣ

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Κεφάλαιο 8 : ΔΙΑΔΟΣΗ

ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ



Από την εποχή που ο άνθρωπος αντιλήφθηκε ότι η θερμότητα συνδέεται με την κίνηση και κατασκεύασε την πρώτη ατμομηχανή μέχρι

σήμερα έχουν περάσει περισσότερα από 200 χρόνια. Στο χρονικό διάστημα που έχει μεσολαβήσει, ο άνθρωπος κατανόησε καλύτερα τα θερμικά φαινόμενα καθώς και έννοιες που συνδέονται με αυτά. Κατάσκευασε μηχανές εσωτερικής καύσης όπως πετρελαιοκινητήρες, βενζινοκινητήρες και ατμοστρόβιλους. Κατά τη λειτουργία τους μεταφέρεται θερμότητα στο περιβάλλον ενώ ταυτόχρονα αποβάλλονται κατάλοιπα της καύσης. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξάνεται και η ισορροπία των οικοσυστημάτων διαταράσσεται. Μελετώντας αυτή την ενότητα θα μάθεις: τη διαφορά της θερμότητας από τη θερμοκρασία, τι είναι θερμική ενέργεια, πώς γίνεται η αλλαγή στις καταστάσεις της ύλης, πώς διατηρείται η ζωή στις παγωμένες λίμνες,

**πώς δημιουργούνται τα θαλάσσια ρεύματα και οι άνεμοι καθώς και πώς μεταφέρεται θερμότητα από τον ήλιο στη γη.**

## **μια μικρή ιστορία...**

**Το 2005 ο Ισπανός οδηγός αγώνων ταχύτητας Φερνάντο Αλόνσο (Fernando Alonso) κέρδισε το παγκόσμιο πρωτάθλημα στους αγώνες αυτοκινήτου Formula I. Αυτό σημαίνει ότι είναι και ο καλύτερος οδηγός στον κόσμο;**

**Στους αγώνες ταχύτητας της formula I δε συναγωνίζονται μόνον οι οδηγοί, αλλά και οι μηχανικοί κατασκευής αυτοκινήτων για το ποιος θα κατασκευάσει τη μηχανή με τη μεγαλύτερη απόδοση.**

**Μηχανές σαν αυτές που κινούν τα αυτοκίνητα της formula 1 ονομάζονται μηχανές εσωτερικής καύσης.**



**Στο κεφάλαιο αυτό:**

**Θα προσεγγίσεις τις έννοιες της θερμοκρασίας, της θερμότητας και της θερμικής ενέργειας. Θα μάθεις ότι η θερμότητα είναι μια μορφή μεταφερόμενης ενέργειας, η οποία μπορεί να μετατρέπεται σε άλλες**

**μορφές καθώς και να μεταφέρεται από ένα σώμα σε άλλο. Θα γνωρίσεις φαινόμενα που συνδέονται με τη μεταφορά θερμότητας και θα προσπαθήσεις να τα ερμηνεύσεις καταφεύγοντας στη μικροσκοπική δομή της ύλης.**

**Η ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ  
Ο ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΣ**

Για τον πρωτόγονο άνθρωπο ο ήλιος και η φωτιά που άναβε τυχαία από τους κεραυνούς ήταν η μοναδική πηγή θερμότητας. Παρατηρούσε τις μεταβολές στην ατμόσφαιρα και προσπαθούσε να προφυλαχτεί από το κρύο και τη ζέστη. Αργότερα έμαθε να ανάβει φωτιά κτυπώντας δυο πέτρες ή τρίβοντας δυο ξύλα μεταξύ τους (εικόνα 6.1). Οι αρχαίοι Έλληνες θεωρούσαν τη φωτιά ως ένα από τα τέσσερα βασικά στοιχεία μαζί με τη γη, το νερό και τον αέρα: πίστευαν ότι κάθε σώμα αποτελείται από συνδυασμούς αυτών των τεσσάρων στοιχείων (εικόνα 6.2).

## ***Εικόνα 6.1.***

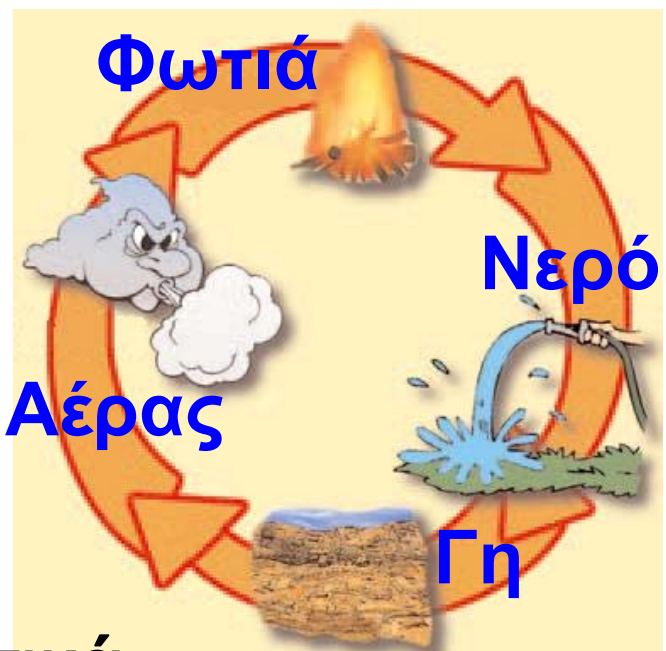
### ***Η φωτιά των θεών***

Σύμφωνα με την αρχαία ελληνική μυθολογία, ο Προμηθέας κατάφερε να κλέψει τη φωτιά των θεών και να τη χαρίσει στους θνητούς. Κρύφτηκε πίσω από ένα σύννεφο και άναψε τη δάδα τρίβοντας την στους τροχούς του άρματος του Φαέθοντα. Για την ενέργεια του αυτή, τιμωρήθηκε σκληρά από το θεό Δία.



## ***Εικόνα 6.2.***

Ο Έλληνας φιλόσοφος Αριστοτέλης θεωρούσε τη φωτιά μαζί με τη γη, το νερό και τον αέρα ως θεμελιώδη συστατικά κάθε σώματος.



**Πολλές δραστηριότητες της καθημερινής ζωής του ανθρώπου, όπως η θέρμανση και το μαγείρεμα, στηρίζονται στη χρήση της, θερμότητας. Η μεταλλουργία και η κεραμική ήταν για πολλούς αιώνες οι σημαντικότεροι τομείς στους οποίους ο άνθρωπος χρησιμοποίησε τη θερμότητα. Πολύ αργότερα, αντιλήφθηκε ότι η θερμότητα συνδέεται με την κίνηση και τον 18ο αιώνα κατασκεύασε την πρώτη ατμομηχανή (εικόνα 6.3). Η ατμομηχανή είναι μια μηχανή που μετασχηματίζει τη θερμότητα σε μηχανικό έργο. Η θερμότητα προκύπτει από τα καύσιμα που καίγονται και χρησιμοποιείται για να μετασχηματίσει το νερό σε ατμό, ο οποίος χρησιμοποιείται για να κινήσει τροχούς ή μοχλούς. Από τότε, πολλές εργασίες έπαψαν να γίνονται χειρωνακτικά ή με τη βοή-**

**θεια ζώων και αναπτύχθηκαν οι πρώτες βιομηχανίες.**

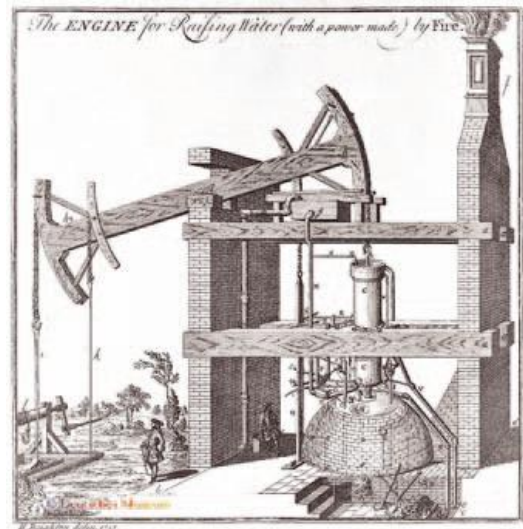
**Με την εκτεταμένη χρήση των μηχανών στην παραγωγή αγαθών, ξεκινά η βιομηχανική επανάσταση. Τον 19ο αιώνα κατασκευάστηκαν οι κινητήρες εσωτερικής καύσης, δηλαδή, ο πετρελαιοκινητήρας και ο βενζινοκινητήρας. Ακολούθησαν τα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια και, τις τελευταίες δεκαετίες του 20ού αιώνα, οι πυρηνικοί αντιδραστήρες μετατροπής ενέργειας.**

**Ωστόσο, αν και οι μηχανές συνεισέφεραν στη βελτίωση του τρόπου ζωής του ανθρώπου, η χρήση τους προκάλεσε και σημαντικά προβλήματα. Κατά τη λειτουργία των μηχανών αποβάλλονται καυσαέρια ή δημιουργούνται ραδιενεργά κατάλοιπα τα οποία μολύνουν το περιβάλλον. Επίσης, κατά τη λειτουργία**

των θερμικών μηχανών μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα και θερμότητα. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξάνεται και η ισορροπία των οικοσυστημάτων διαταράσσεται. Η χρησιμοποίηση των θερμικών μηχανών χωρίς τη λήψη των κατάλληλων μέτρων δημιουργεί οικολογικά προβλήματα στον πλανήτη μας.

### ***Εικόνα 6.3.***

Η πρώτη ατμομηχανή που κατασκευάστηκε από τον Τόμας Νιούκομεν και το βοηθό του Τζον Κάλυ το



1712 στη Αγγλία. Χρησιμοποιήθηκε για την άντληση νερού. Η μηχανή αυτή τροποποιήθηκε και βελτιώθηκε αργότερα από τον Βατ (1765) και αποτέλεσε τον πρόδρομο των σύγχρονων ατμομηχανών.

**Η γνώση που έχουμε αποκτήσει σχετικά με τα θερμικά φαινόμενα δεν έχει μόνο πρακτική αξία. Σήμερα, η ακριβής μέτρηση της θερμοκρασίας του σύμπαντος μας παρέχει ενδείξεις για τον τρόπο της δημιουργίας του και για την εξέλιξή του. Επίσης, μπορούμε να κατανοήσουμε πώς οι θερμικές μεταβολές συμβάλλουν στη διατήρηση της ζωής μέσα στο κύτταρο.**

**Τι είναι η θερμοκρασία και τι η θερμότητα; Πώς εξηγείται ότι όταν τοποθετήσουμε ένα μπουκάλι γεμάτο με νερό στην κατάψυξη του ψυγείου αυτό θα σπάσει; Γιατί όταν χιονίζει και κάνει πολύ κρύο ρίχνουμε αλάτι στους δρόμους; Γιατί τα βρεγμένα ρούχα στεγνώνουν πιο γρήγορα όταν φυσάει; Πώς λειτουργεί η μηχανή του αυτοκινήτου, τα κλιματιστικά μηχανήματα και το**

**ηλεκτρικό ψυγείο; Πώς λειτουργεί το καλοριφέρ; Γιατί όταν κάνει κρύο φορούμε μάλλινα ρούχα; Γιατί οι κατσαρόλες έχουν ξύλινες χειρολαβές; Ολοκληρώνοντας τη μελέτη αυτού του κεφαλαίου θα είμαστε σε θέση να απαντήσουμε στα παραπάνω ερωτήματα.**

## **6.1 Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας**

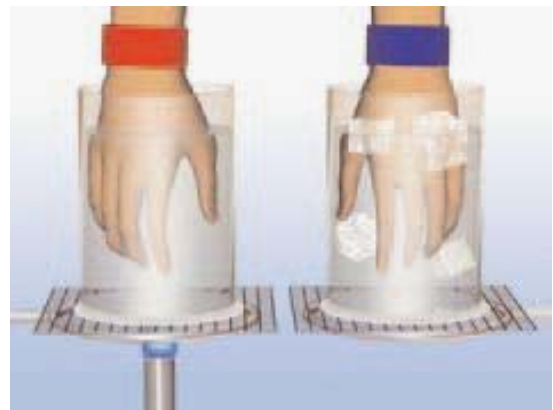
**Πολλές φορές είναι χρήσιμο στην καθημερινή μας ζωή να γνωρίζουμε πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα. Για παράδειγμα, κάθε φορά που θέλουμε να βγούμε από το σπίτι μας πρέπει να γνωρίζουμε πόσο ζεστό ή κρύο είναι το περιβάλλον για να ντυθούμε κατάλληλα. Όταν ήσουν μικρός, κάθε φορά που φαινόσουν άκεφος, πιθανόν να**

θυμάσαι τη μητέρα σου να βάζει το χέρι της στο μέτωπο σου για να αισθανθεί πόσο ζεστό είναι ώστε να διαπιστώσει αν είσαι άρρωστος. Στην καθημερινή ζωή συχνά συνδέουμε την έννοια της θερμοκρασίας με το πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα. *Είναι δυνατόν με τις αισθήσεις μας να εκτιμήσουμε τη θερμοκρασία ενός σώματος;*

### ***Εικόνα 6.4.***

***Δοκίμασε τις αισθήσεις σου.***

Βυθίζουμε το δεξί χέρι σε ζεστό νερό και το αριστερό σε παγωμένο. Κατόπιν, με τα δύο χέρια κρατάμε ένα φλιτζάνι χλιαρό γάλα. Η αίσθηση σε κάθε χέρι είναι διαφορετική.



Όταν ακουμπάς με το χέρι σου το μεταλλικό πόμολο της ξύλινης πόρτας, το πόμολο σου φαίνεται πιο κρύο από την πόρτα. Έχουν όμως διαφορετική θερμοκρασία; Οι αισθήσεις μας πολλές φορές μας παραπλανούν (εικόνα 6.4).

**Εικόνα 6.5.**  
Μέσα σε ζε-



στο και σε παγωμένο νερό βυθίζουμε από ένα θερμομέτρο. Κατόπιν, βυθίζουμε τα θερμομέτρα μέσα σε ένα φλιτζάνι χλιαρό τσάι. Μέσα στο τσάι η ένδειξη των θερμομέτρων είναι η ίδια. Με το θερμομέτρο μετράμε αντικειμενικά τη θερμοκρασία ενός σώματος.

Για να μετρήσουμε με αντικειμενικό τρόπο τη θερμοκρασία ενός σώματος, χρησιμοποιούμε τα θερμόμετρα (εικόνα 6.5).

***Εικόνα 6.6.***  
***Μέτρηση σωστά τη θερμοκρασία.***

Το θερμόμετρο πρέπει να είναι σε επαφή μόνο με το σώμα που θερμομετρούμε μέχρι να σταθεροποιηθεί η ένδειξή του.



Η θερμοκρασία του σώματος προσδιορίζεται από την ένδειξη του θερμομέτρου, το οποίο πρέπει να βρίσκεται σε επαφή με αυτό (εικόνα 6.6). Η λειτουργία των θερμομέτρων βασίζεται στη μεταβολή των ιδιοτήτων ορισμένων υλικών όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία τους (εικόνα 6.7). Για παράδειγμα, στο υδραρ-

γυρικό θερμόμετρο όταν η θερμοκρασία αυξάνεται, το μήκος της στήλης του υδραργύρου μεγαλώνει. Τα θερμόμετρα υπάρχουν σε διάφορους τύπους και μεγέθη.

### ***Εικόνα 6.7.***

### ***Το θερμοσκόπιο του Γαλιλαίου.***

(Δεν ονομάζεται θερμόμετρο, γιατί η κλίμακα που χρησιμοποιούσε είναι αυθαίρετη). Η σφαίρα που υπάρχει στην κορυφή είναι ο αισθητήρας. Καθώς θερμαίνεται ή ψύχεται, ο αέρας που περιέχεται σε αυτήν και το σωλήνα διαστέλλεται ή συστέλλεται και η επιφάνεια του υγρού κατεβαίνει ή ανεβαίνει αντίστοιχα.



## ***Η κλίμακα Κελσίου***

Ο Γαλιλαίος το 1592 κατασκεύασε το θερμοσκόπιο, το πρώτο όργανο με το οποίο μπορούσε να εκτιμήσει τη θερμοκρασία ενός σώματος (εικόνα 6.7). Για να γίνει το θερμοσκόπιο θερμόμετρο, πρέπει να βαθμονομηθεί, δηλαδή να εφοδιαστεί με μια κλίμακα μέτρησης. Υπάρχουν διάφορες κλίμακες μέτρησης της θερμοκρασίας. Αυτή που έχει καθιερωθεί στην Ευρώπη και χρησιμοποιείται τόσο στη επιστήμη όσο και στην καθημερινή ζωή και τη βιομηχανία είναι η εκατονταβάθμια ή κλίμακα Κελσίου. Για τη δημιουργία της κλίμακας ο Σουηδός Κέλσιος χρησιμοποίησε δυο σταθερές θερμοκρασίες. Βύθισε το υδραργυρικό θερμοσκόπιο του σε πάγο που λιώνει. Αντιστοίχισε αυτή τη θερμοκρασία στο μηδέν της κλί-

μακας Κελσίου. Στη συνέχεια βύθισε το θερμοσκόπιο σε καθαρό νερό που βράζει. Αντιστοίχισε αυτή τη θερμοκρασία στο 100. Χωρίζοντας το διάστημα μεταξύ των δύο αυτών αριθμών σε 100 ίσα τμήματα προέκυψε η κλίμακα. Σ' αυτή την κλίμακα καθένα από τα τμήματα αντιστοιχεί σε μεταβολή θερμοκρασίας κατά ένα βαθμό Κελσίου ( $1^{\circ}\text{C}$ ). Όταν η ένδειξη του θερμομέτρου είναι 30, λέμε ότι η θερμοκρασία του σώματος είναι  $30^{\circ}\text{C}$ . Ο Κέλσιος επέκτεινε την κλίμακά του για θερμοκρασίες μεγαλύτερες από  $100^{\circ}\text{C}$  και για μικρότερες από  $0^{\circ}\text{C}$ . Οι τελευταίες εκφράζονται με αρνητικούς αριθμούς.

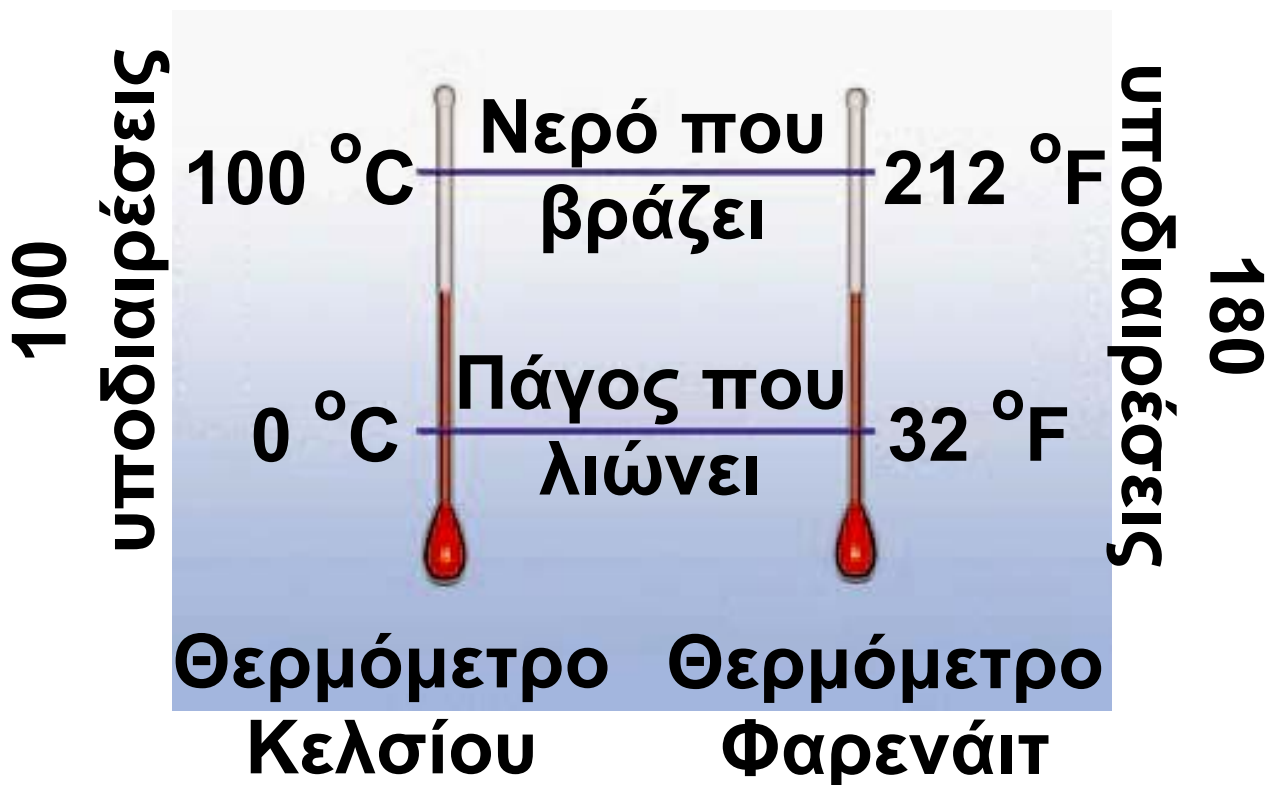
### ***Η κλίμακα Φαρενάιτ***

Το 1717 ο Γερμανός φυσικός και κατασκευαστής οργάνων Φαρενάιτ,

επειδή δεν ήθελε να χρησιμοποιεί αρνητικές θερμοκρασίες, όρισε ως 0 τη χαμηλότερη θερμοκρασία που είχε πετύχει στο εργαστήριο του: τη θερμοκρασία ενός μείγματος ίσων ποσοτήτων από πάγο, νερό και θαλασσινό αλάτι. Τη θερμοκρασία του υγιούς ανθρώπινου σώματος την όρισε ως το 96 της κλίμακας και χώρισε το διάστημα μεταξύ των δυο αυτών αριθμών σε 96 ίσα τμήματα. Με βάση αυτές τις υποδιαιρέσεις, η κλίμακα μπορεί να επεκταθεί σε υψηλότερες ή χαμηλότερες θερμοκρασίες. Έτσι, η θερμοκρασία στην οποία λιώνει ο πάγος είναι 32 βαθμοί Φαρενάιτ ( $^{\circ}\text{F}$ ) και αυτή στην οποία βράζει το καθαρό νερό 212  $^{\circ}\text{F}$ . Για να μετατρέψουμε τους βαθμούς της κλίμακας Κελσίου σε βαθμούς κλίμακας Φαρενάιτ, χρησιμοποιούμε τη σχέση (εικόνα 6.8):

$$T_F = 32^\circ + 1,8 \cdot T_C$$

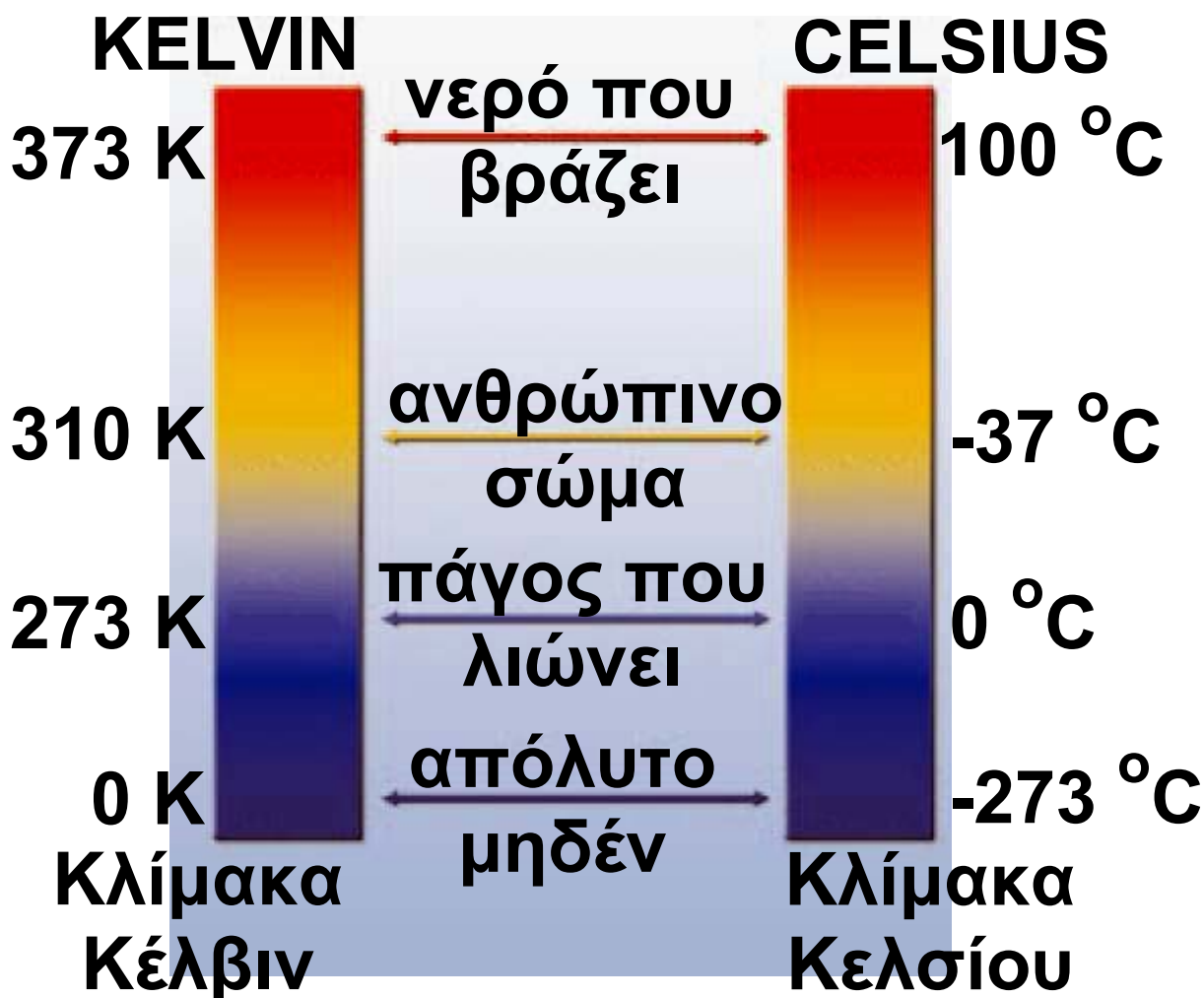
όπου  $T_F$  η θερμοκρασία σε βαθμούς Φαρενάιτ και  $T_C$  η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου.



### ***Εικόνα 6.8.***

Αντιστοιχία μεταξύ της κλίμακας Κελσίου και της κλίμακας Φαρενάιτ. Η μεταβολή κατά  $1^\circ\text{C}$  ισοδυναμεί κατά  $180/100^\circ\text{F}$  ή  $9/5^\circ\text{F}$  ή  $1,8^\circ\text{F}$ .

Η κλίμακα Φαρενάιτ χρησιμοποιείται και σήμερα στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.



### ***Εικόνα 6.9.***

Αντιστοιχία μεταξύ της κλίμακας Κελσίου και της κλίμακας Κέλβιν:  
θερμοκρασία σε βαθμούς Κέλβιν =  
= θερμοκρασία σε βαθμούς  
Κελσίου + 273

## ***Η απόλυτη κλίμακα θερμοκρασιών - κλίμακα Κέλβιν***

Στην κλίμακα Κέλσιου όπως και στη Φαρενάιτ οι θερμοκρασίες αναφοράς 0 και 100 ορίζονται αυθαίρετα. Υπάρχει άραγε κλίμακα που να μη βασίζεται σε κάποιο αυθαίρετο σημείο αναφοράς; Τα πειράματα έδειξαν ότι κανένα υλικό δεν μπορεί να ψυχθεί σε θερμοκρασία μικρότερη από  $-273^{\circ}\text{C}$ . Έτσι, οι επιστήμονες αντιστοίχισαν το μηδέν μιας νέας κλίμακας θερμοκρασιών στους  $-273^{\circ}\text{C}$ . Το μηδέν αυτής της κλίμακας ονομάζεται απόλυτο μηδέν και η κλίμακα αυτή ονομάζεται απόλυτη κλίμακα ή κλίμακα Κέλβιν. Η κλίμακα Κέλβιν έχει μόνο θετικές τιμές.

Οι επιστήμονες μετρούν τη θερμοκρασία χρησιμοποιώντας την κλίμακα Κέλβιν. Ο "βαθμός" της

είναι το Κέλβιν και συμβολίζεται με Κ. Μεταβολή θερμοκρασίας κατά ένα Κέλβιν είναι ίση με μεταβολή θερμοκρασίας κατά ένα βαθμό Κελσίου.

Για να μετατρέψουμε τους βαθμούς Κελσίου ( $T_C$ ) σε βαθμούς Κέλβιν ( $T_K$ ), χρησιμοποιούμε την αριθμητική σχέση (εικόνα 6.9):

$$T_K = T_C + 273$$

Έτσι, η θερμοκρασία που λιώνει ο πάγος είναι 273 Κ και η θερμοκρασία που βράζει το νερό 373 Κ. Στη γη η μικρότερη θερμοκρασία αέρα που έχει παρατηρηθεί είναι 184 Κ (-89 °C) και η μεγαλύτερη 332 Κ (59 °C). Στο σύμπαν το εύρος των θερμοκρασιών είναι τεράστιο (πίνακας 6.1). Θερμοκρασίες που αγγίζουν το απόλυτο μηδέν, υπάρχουν στα πέρατα του διαστήματος και

**επιτυγχάνονται με τεχνητά μέσα  
στα γήινα επιστημονικά εργαστή-  
ρια. Θερμοκρασίες 20.000.000 K  
υπάρχουν στο εσωτερικό των  
αστέρων, όπως στον Ήλιο.**

## ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1.

### Ο ΚΟΣΜΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΤΟΥ

	K	°C	Είδος θερμότητας
Απόλυτο μηδέν	0	-273,15	
Χαμηλότερη θερμοκρασία που έχει επιτευχθεί στο εργαστήριο	$10^{-9}$		Ηλεκτρικής αντίστασης
Ενδογαλαξιακός χώρος	3	-270	Θεωρητικά
Βρασμός του υγρού ηλίου	4,2	-269	Θερμόμετρο αερίου
Στερεοποίηση του διοξειδίου του άνθρακα (ξηρός πάγος)	195	-78	Θερμόμετρο οινόπνεύματος

**Ο ΚΟΣΜΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΓΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΤΟΥ**

Είδος θέρμησης	°C	K	
Υδαρρυπικό	0	273,15	Ο πάγος λιώνει / Το νερό στερεοποιείται
Υδαρρυπικό	37	310	Ανθρώπινο σώμα
Υδαρρυπικό	100	373,15	Βρασμός του νερού
Θερμότητα ηλεκτρικής ενέργειας	1,064	1,337	Ο χυμός λιώνει
Πυρόλητρο - Θερμότητα ατμοποίησης	2,200	2,500	Φλόγα

## Ο ΚΟΣΜΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΤΟΥ

	K	°C	Είδος θερμότητας
Κέντρο της γης	16,000	15,700	Θεωρητικά
Κέντρο του ήλιου	$10^7$	$10^7$	Θεωρητικά
Αστέρες νετρονίων	$10^9$	$10^9$	Θεωρητικά

**Ποια είναι η θερμοκρασία των άστρων; Πώς βρήκαμε ότι η θερμοκρασία στην επιφάνεια του Ήλιου είναι 6000 K; Ποια είναι και πώς εξελίχθηκε η θερμοκρασία του σύμπαντος;**

## **ΠΥΡΟΜΕΤΡΟ**



**Γνωρίζουμε ότι όλα τα σώματα που έχουν θερμοκρασία μεγαλύτερη από το απόλυτο μηδέν εκπέμπουν ενέργεια με τη μορφή ακτινοβολίας. Τα χαρακτηριστικά αυτής της ακτινοβολίας συσχετίζονται με τη θερμοκρασία του σώματος που την εκπέμπει. Έτσι, για παράδειγμα, όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του μεταλλικού νήματος ενός λαμπτήρα πυράκτωσης, το χρώμα του νήματος αλλάζει από κόκκινο σε κίτρινο και τέλος σε λευκό. Επομένως,**

καταγράφοντας με ειδικά όργανα (πυρόμετρα-θερμόμετρα ακτινοβολίας) την ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα σώμα είναι δυνατόν να προσδιορίσουμε τη θερμοκρασία του.

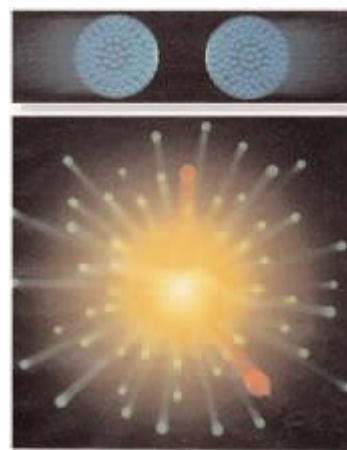
### **Η θερμοκρασία των άστρων**

Καταγράφοντας με ειδικά όργανα την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον Ήλιο και τα άστρα βρίσκουμε τη θερμοκρασία της επιφάνειάς τους.

**Η θερμοκρασία του σύμπαντος:  
τότε και τώρα...**

### **Η ΜΙΚΡΗ - ΜΕΓΑΛΗ ΕΚΡΗΞΗ**

Σύμφωνα με την επικρατέστερη επιστημονική θεωρία για τη δημιουργία του Κόσμου, το σύμπαν δημιουργήθηκε



**περίπου πριν από 14 δισεκατομμύρια χρόνια από μία μεγάλη έκρηξη, γνωστή ως Big-Bang. Αμέσως μετά την έκρηξη, η θερμοκρασία του σύμπαντος ήταν τρισεκατομμύρια βαθμοί Κελσίου και η ύλη του ήταν δισεκατομμύρια φορές πιο πυκνή από τη συνηθισμένη.**

## **ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗΣ ΒΑΡΙΩΝ ΙΟΝΤΩΝ**



**Από τότε το σύμπαν διαστέλλεται και η θερμοκρασία του ελαττώνεται συνεχώς. Σήμερα μπορούμε να ανιχνεύσουμε με κατάλληλες συσκευές υπολείμματα της μεγάλης έκρηξης. Στα αρχικά στάδια της εξέλιξης του σύμπαντος ένα μέρος της ενέργειάς του μετασχηματίστηκε σε ακτινοβολία, που υπάρχει μέχρι σήμερα. Η ακτινοβολία αυτή**

ανιχνεύεται με κατάλληλες συσκευές και βρέθηκε ότι αντιστοιχεί στην ακτινοβολία ενός σώματος που έχει θερμοκρασία 3 K (-270 °C) περίπου, έτσι λέμε ότι η θερμοκρασία του σύμπαντος σήμερα είναι 3 K. Στο εργαστήριο προσπαθούμε να δημιουργήσουμε συνθήκες ανάλογες με αυτές που επικρατούσαν τις πρώτες στιγμές μετά τη Μεγάλη Έκρηξη. Γι' αυτό το σκοπό, μελετάμε το αποτέλεσμα της σύγκρουσης μεταξύ σωματιδίων (βαριά ιόντα) στα οποία έχουμε προσδώσει πολύ μεγάλη ταχύτητα.

Επειδή η σύγκρουση είναι πολύ σφοδρή, πιστεύουμε ότι δημιουργείται ύλη πολύ πιο πυκνή από τη συνηθισμένη και ότι η θερμοκρασία της αγγίζει την αρχική θερμοκρασία του σύμπαντος.

## 6.2 Θερμότητα: Μια μορφή ενέργειας

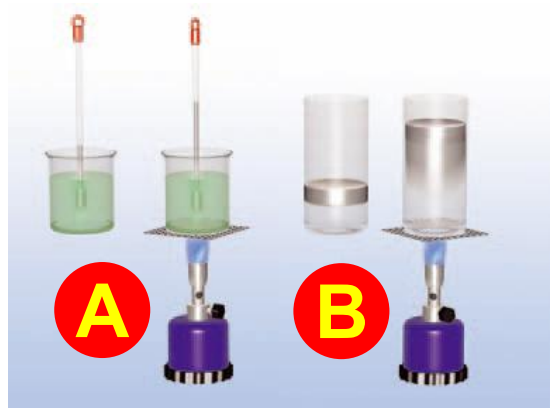
Αν τοποθετήσουμε ένα δοχείο με νερό πάνω σε μια θερμαντική εστία, παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία του αυξάνεται (εικόνα 6.10α). Αν πάνω στην ίδια εστία τοποθετήσουμε ένα δοχείο που περιέχει αέρα και η μια βάση του κλείνεται με έμβολο, τότε παρατηρούμε ότι το έμβολο κινείται (εικόνα 6.10β).

*Μπορούμε να περιγράψουμε με ενιαίο τρόπο τις δυο παραπάνω μεταβολές;*

Ας το επιχειρήσουμε, αξιοποιώντας την έννοια της ενέργειας. Κατά τη θέρμανση του δοχείου με το νερό λέμε ότι ενέργεια μεταφέρεται από τη φλόγα στο νερό και η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται. Κατά τη θέρμανση του δοχείου με τον αέρα,

ενέργεια μεταφέρεται από τη φλόγα στον αέρα, το έμβολο κινείται και επομένως αποκτά κινητική ενέργεια.

**Εικόνα 6.10.**  
**Η ενέργεια μεταφέρεται.**



(α) Όταν θερμαίνουμε το νερό, η θερμοκρασία του αυξάνεται. (β) Όταν θερμαίνουμε τον αέρα του δοχείου, το έμβολο μετακινείται.

**Θερμότητα ονομάζουμε την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ δυο σωμάτων. Η θερμότητα μεταφέρεται από το σώμα μεγαλύτερης προς το σώμα μικρότερης θερμοκρασίας.**

***Εικόνα 6.11.***  
***Θερμότητα από***  
***άχρηστα υλικά***



Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε φαινομενικά άχρηστα υλικά ως "πηγή" θερμότητας. Μπορούμε να κατασκευάσουμε "κούτσουρα" από χαρτιά εφημερίδας, περιοδικών κτλ. Η καύση κάθε τέτοιου κούτσουρου είναι μια φτηνή "πηγή" θερμότητας για το σπίτι.

Με την έννοια της θερμότητας μπορούμε να περιγράψουμε μεταβολές που συμβαίνουν όταν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας έρθουν σε επαφή μεταξύ τους. Στο παράδειγμά μας μεταφέρεται θερμότητα από τη φλόγα, που έχει υψηλότερη θερμοκρασία, προς το

νερό ή τον αέρα, που έχουν χαμηλότερη.

Συχνά, στην καθημερινή χρήση της έννοιας της θερμότητας θεωρούμε ότι στα υλικά σώματα αποθηκεύεται θερμότητα. Η άποψη αυτή βρίσκεται σε αντίθεση με την επιστημονική: Η ύλη έχει ενέργεια σε διαφορετικές μορφές, αλλά δεν έχει θερμότητα. Η θερμότητα είναι ενέργεια που μεταφέρεται λόγω διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ δυο σωμάτων. Μόλις όμως μεταφερθεί, παύει να ονομάζεται θερμότητα. Θυμηθείτε και την αντίστοιχη έννοια του έργου που συναντήσαμε σε προηγούμενα κεφάλαια: Τα σώματα έχουν κινητική ή δυναμική ενέργεια, δεν περικλείουν όμως έργο. Το έργο εκφράζει τη μηχανική ενέργεια που μεταφέρεται από ή

προς ένα σώμα ή τη μετατροπή της από τη μια μορφή στην άλλη.

### ***Εικόνα 6.12.***

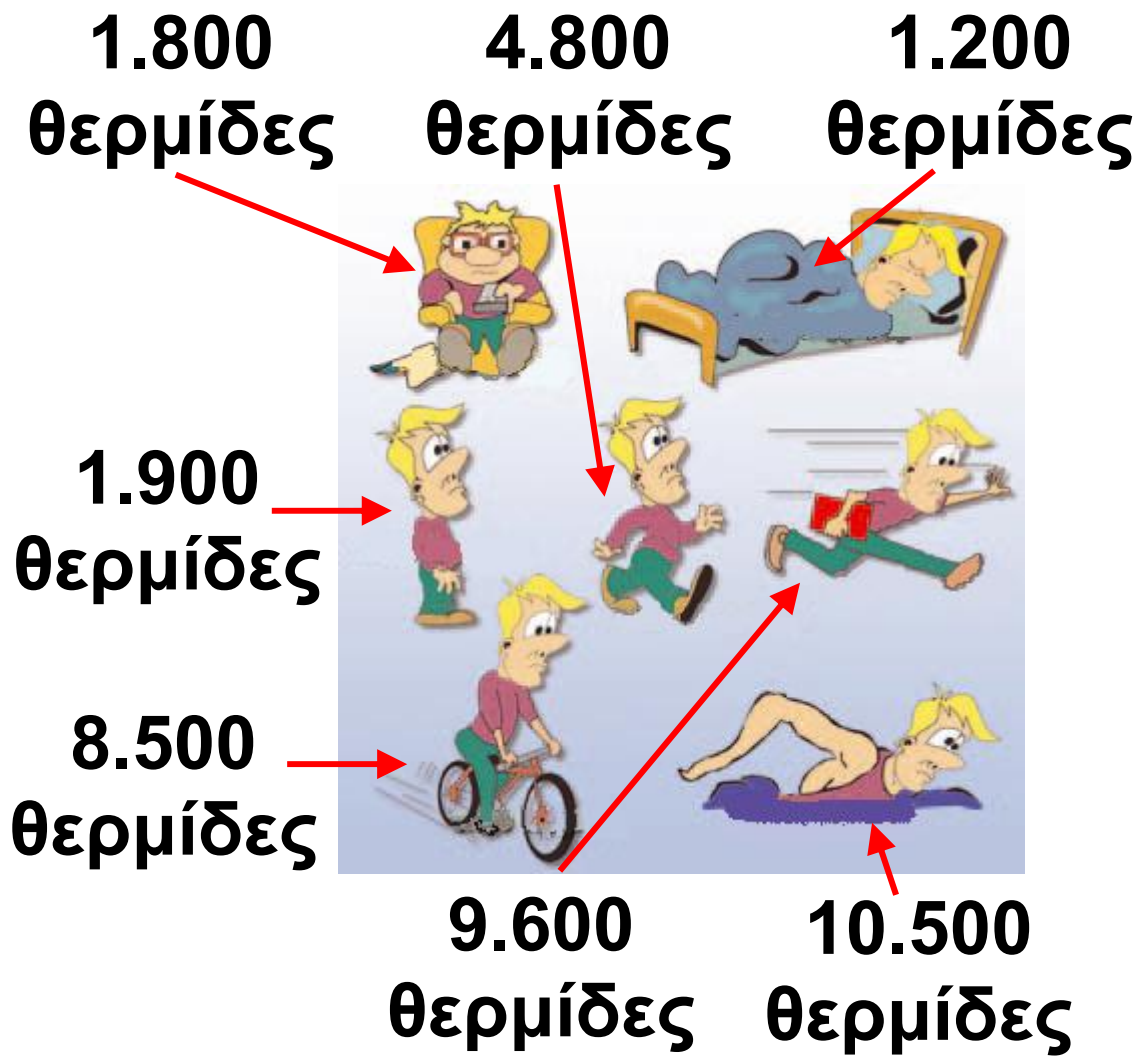
Η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται (α) τόσο κατά τη μεταφορά θερμότητας σε αυτό (β) όσο και κατά την περιστροφή του αναδευτήρα.



Πολλές θερμικές μεταβολές, όπως η μεταβολή της θερμοκρασίας, η θερμική διαστολή, η τήξη, ο βρασμός κτλ. οφείλονται στη μεταφορά θερμότητας. Υπάρχουν, όμως, αντίστοιχες μεταβολές οι οποίες δεν οφείλονται σε μεταφορά θερμότητας. Η θερμοκρασία του νερού σ' ένα δοχείο είναι δυνατόν να αυξηθεί λόγω της περιστροφής του αναδευτήρα ενός μίξερ. Συγχρόνως αυξά-

νεται και η θερμοκρασία του αναδευτήρα (εικόνα 6.12β). Σε αυτό το πείραμα δεν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του αναδευτήρα και του νερού, δε μεταφέρεται θερμότητα από το ένα στο άλλο. Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλείται από την περιστροφή του αναδευτήρα.

Η θερμότητα είναι μια μορφή ενέργειας. Έτσι, η μονάδα μέτρησης της στο Διεθνές σύστημα μονάδων (SI) είναι το 1 joule (1 j). Πολλές φορές στην καθημερινή μας ζωή χρησιμοποιείται ως μονάδα ενέργειας για τη θερμότητα και το 1 calorie (1 cal). Η σχέση του 1 Joule με το 1 cal είναι:  $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ j}$ .



Η ενέργεια που ξοδεύεται στη διάρκεια μιας ώρας ανθρώπινης δραστηριότητας. Η ενέργεια αυτή προέρχεται από τις τροφές. Όταν προσλαμβάνουμε περισσότερη τροφή απ' όση χρειάζεται ο οργανισμός μας, τότε προκαλείται παχυσαρκία.

## ***Θερμική ισορροπία***

Λέμε ότι δυο σώματα βρίσκονται σε θερμική επαφή όταν είναι δυνατόν να μεταφερθεί θερμότητα από το ένα σώμα στο άλλο. Για παράδειγμα, βυθίζουμε ένα μεταλλικό κύλινδρο ο οποίος βρίσκεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος σε καυτό νερό (εικόνα 6.13). Το δοχείο μέσα στο οποίο περιέχεται το νερό έχει θερμικά μονωμένα τοιχώματα, δηλαδή τοιχώματα που δεν επιτρέπουν τη μεταφορά θερμότητας προς το περιβάλλον. Ο κύλινδρος και το νερό βρίσκονται σε θερμική επαφή. Θερμότητα μεταφέρεται από το σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας (νερό) προς το σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας (μέταλλο). Η θερμοκρασία του νερού μειώνεται και του μετάλλου αυξάνεται. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, η

**θερμοκρασία του μετάλλου γίνεται ίδια με τη θερμοκρασία του νερού. Η μεταφορά θερμότητας σταματάει. Λέμε τότε ότι το μέταλλο βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με το νερό. Εφαρμογή της θερμικής ισορροπίας έχουμε στη μέτρηση της θερμοκρασίας ενός σώματος.**

**Για να τη μετρήσουμε σωστά, πρέπει το θερμόμετρο να βρίσκεται σε θερμική επαφή με το σώμα μέχρι να σταθεροποιηθεί η ένδειξή του. Το θερμόμετρο δείχνει τη θερμοκρασία του σώματος όταν βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με αυτό.**

### **Δραστηριότητα**

**Μπορείς να μετρήσεις με ένα κοινό θερμόμετρο τη θερμοκρασία μιας σταγόνας νερού;**

## 6.3 Πως μετράμε τη θερμοκρασία

*Από τι εξαρτάται το ποσό της θερμότητας που απαιτείται για τη μεταβολή της θερμοκρασίας ενός σώματος;*

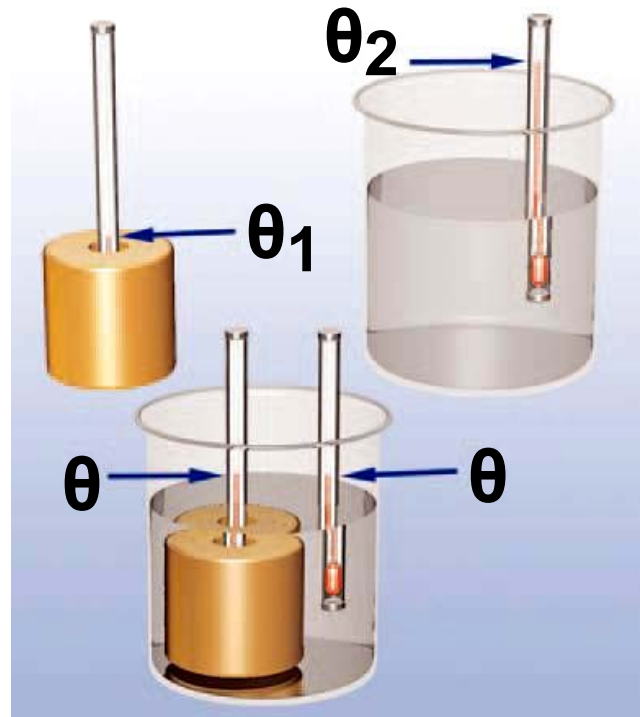
Από την πείρα μας γνωρίζουμε ότι χρησιμοποιώντας την ίδια εστία θέρμανσης χρειάζεται περισσότερος χρόνος για να βράσει το νερό σ' ένα γεμάτο μπρίκι απ' ό,τι το νερό σε ένα μισοάδειο. Επίσης, όταν έχουμε ίσες ποσότητες κρύου και χλιαρού νερού που τις θερμαίνουμε με την ίδια εστία, το κρύο νερό χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να ζεσταθεί. Και όταν θερμαίνουμε στην ίδια εστία ίσες ποσότητες νερού και γάλατος, το γάλα ζεσταίνεται γρηγορότερα.

Πώς θα χρησιμοποιήσουμε αυτές τις παρατηρήσεις για να καταλήξου-

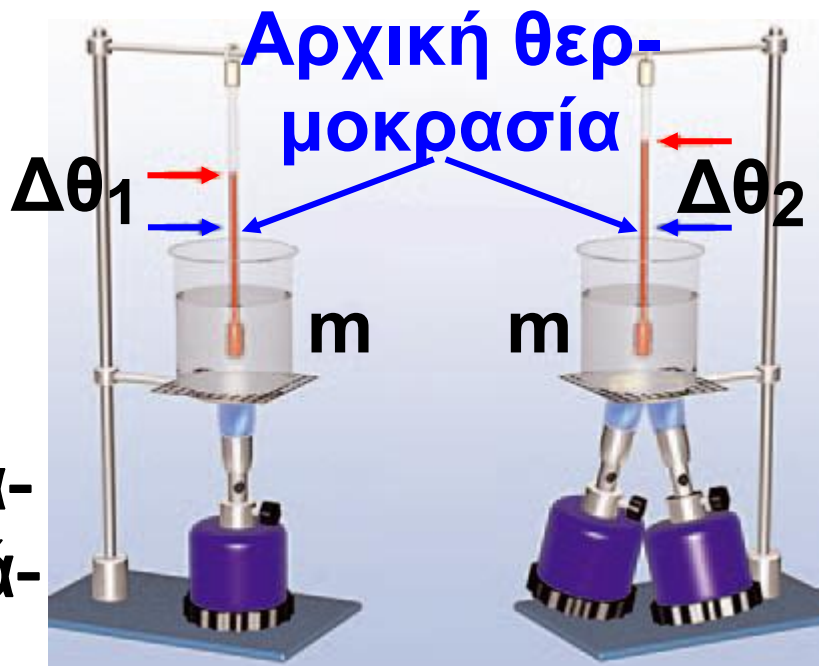
με σε γενικά συμπεράσματα; Καταφεύγουμε σε μια σειρά από πειράματα (εικόνες: 6.14, 6.15, 6.16).

### ***Εικόνα 6.13.***

Το μέταλλο και το νερό είναι σε θερμική επαφή. Θερμότητα μεταφέρεται από το νερό στο μέταλλο. Η θερμοκρασία του μετάλλου αυξάνεται και του νερού μειώνεται, μέχρις ότου επέλθει θερμική ισορροπία.



Στο πρώτο πείραμα εξετάζουμε πώς σχετίζεται η θερμότητα που μεταφέρεται σε ορισμένη μάζα νερού, με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του (εικόνα 6.14).



**Εικόνα 6.14.**

Με τους δύο λύχνους μεταφέρεται διπλάσια ποσότητα

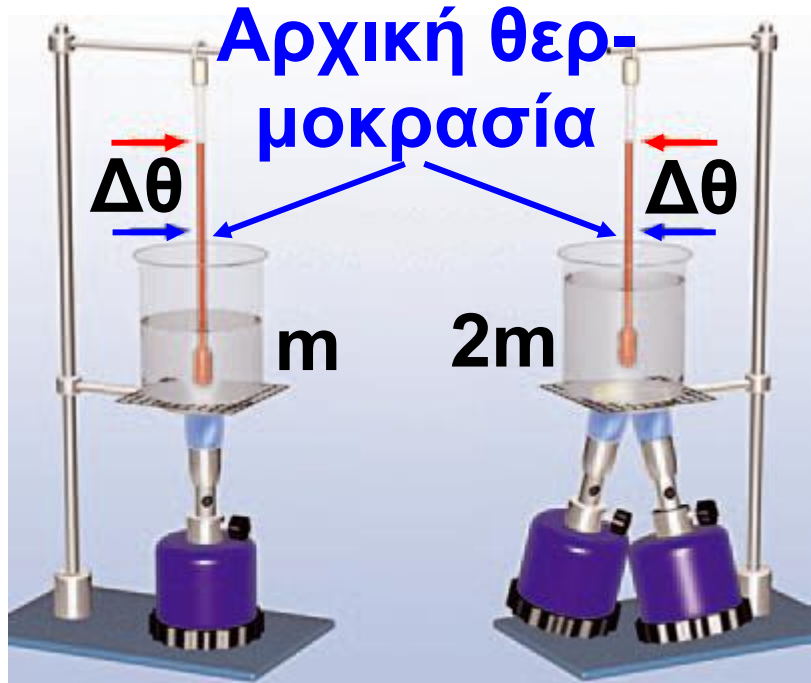
θερμότητας από ό,τι με τον ένα στο ίδιο χρονικό διάστημα. Θερμαίνουμε ίσες μάζες νερού (1 kg) με ένα και με δύο ίδιους λύχνους για ίδιο χρονικό διάστημα. Παρατηρούμε ότι όταν μεταφέρεται διπλάσια ποσότητα θερμότητας η μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού είναι διπλάσια.

Στο δεύτερο πείραμα εξετάζουμε ποια είναι η σχέση των ποσοτήτων της θερμότητας που απαιτούνται για να μεταβληθεί η θερμοκρασία κατά ορισμένους βαθμούς (π.χ.

30 °C) διαφορετικών μαζών νερού (εικόνα 6.15).

**Εικόνα 6.15.**

Για να επιτύχουμε την ίδια μεταβολή θερμοκρασίας σε διπλάσια μάζα νε-



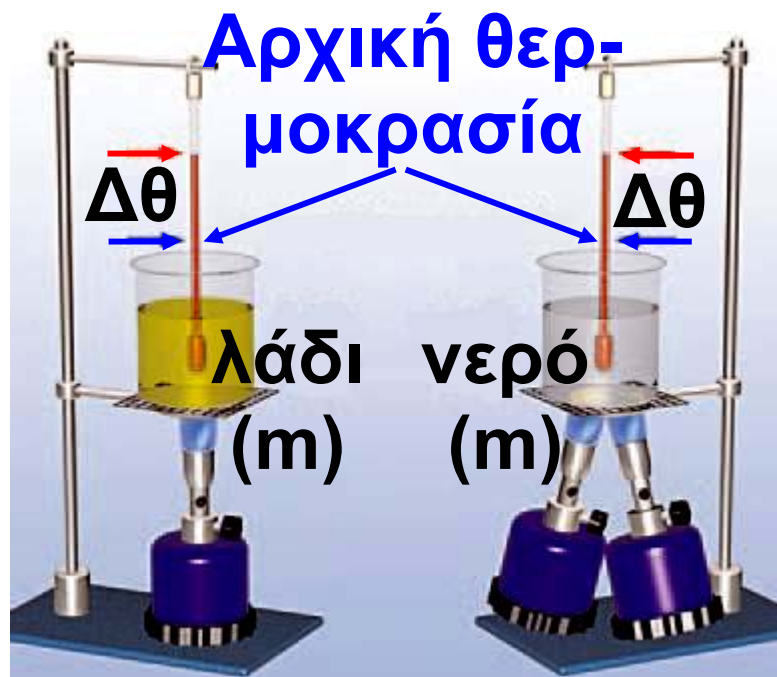
ρού στον ίδιο χρόνο, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε δύο λύχνους. Πρέπει δηλαδή να μεταφέρουμε σ' αυτό διπλάσια ποσότητα θερμότητας.

Στο τρίτο πείραμα θερμαίνουμε ίσες μάζες νερού και λαδιού και συγκρίνουμε τις ποσότητες θερμότητας που απαιτούνται, ώστε να έχουμε την ίδια μεταβολή της θερμοκρασίας τους (εικόνα 6.16).

Γενικεύουμε τα αποτελέσματα των πειραμάτων και καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

**Εικόνα 6.16.**

Για να επιτύχουμε την ίδια μεταβολή θερμοκρασίας σε ίσες μάζες νερού και λαδιού, πρέπει να μεταφέρουμε στο νερό πολύ μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας απ' ό,τι στο λάδι.



α. Η μεταβολή της θερμοκρασίας ενός σώματος είναι ανάλογη της ποσότητας της θερμότητας που μεταφέρεται προς ή από αυτό (εικόνα 6.14). Έτσι, για διπλάσια αύξηση της θερμοκρασίας, απαιτείται η με-

**ταφορά προς το σώμα διπλάσιας ποσότητας θερμότητας κτλ. Παρόμοια, για διπλάσια μείωση της θερμοκρασίας, απαιτείται να μεταφερθεί από το σώμα διπλάσια ποσότητα θερμότητας.**

**β. Η ποσότητα της θερμότητας που απαιτείται για συγκεκριμένη μεταβολή της θερμοκρασίας ενός σώματος, είναι ανάλογη της μάζας του. Για παράδειγμα, για να αυξηθεί κατά  $30^{\circ}\text{C}$  η θερμοκρασία  $2\text{ kg}$  νερού, απαιτείται διπλάσια ποσότητα θερμότητας απ' ό,τι για την ίδια αύξηση θερμοκρασίας  $1\text{ kg}$  (εικόνα 6.15).**

**γ. Η ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για συγκεκριμένη μεταβολή της θερμοκρασίας δυο σωμάτων ίδιας μάζας, εξαρτάται από το είδος του υλικού των σωμάτων.**

Για παράδειγμα, για να μεταβληθεί κατά  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  η θερμοκρασία ίσων μαζών λαδιού και νερού, χρειάζεται να μεταφερθεί στο λάδι περίπου η μισή ποσότητα θερμότητας απ' ό,τι στο νερό (εικόνα 6.16). Τα γενικά αυτά τα συμπεράσματα εκφράζονται στη γλώσσα των μαθηματικών με τη σχέση:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \quad (6.1)$$

όπου με  $Q$  συμβολίζουμε την ποσότητα της θερμότητας που μεταφέρεται από ή προς σώμα που έχει μάζα  $m$ , με  $\Delta\theta$  συμβολίζουμε τη μεταβολή της θερμοκρασίας του σώματος, ενώ η ποσότητα  $c$  είναι μια σταθερά, που εξαρτάται από το υλικό του σώματος και ονομάζεται ειδική θερμότητα. Η σχέση (6.1) είναι γνωστή και ως «νόμος της θερμιδομετρίας».

## ***Ειδική θερμότητα***

**Αναρωτηθήκατε ποτέ γιατί ορισμένα φαγητά παραμένουν ζεστά για περισσότερο χρόνο από κάποια άλλα (εικόνα 6.17); Για παράδειγμα, η γέμιση μιας ζεστής μηλόπιτας μπορεί να σας κάψει τη γλώσσα, ενώ το ζυμάρι της όχι.**

**Από το τρίτο πείραμα της προηγούμενης παραγράφου διαπιστώσαμε ότι: Για συγκεκριμένη μεταβολή της θερμοκρασίας δύο σωμάτων ίσων μαζών, που αποτελούνται από διαφορετικά υλικά (π.χ. λάδι-νερό), απαιτείται να μεταφέρουμε σ' αυτά διαφορετικές ποσότητες θερμότητας.**

**Γενικά, η ποσότητα της θερμότητας που χρειάζεται για να μεταβληθεί η θερμοκρασία 1 kg κάποιου υλικού κατά 1 °C ονομάζεται ειδική θερμότητα. Συμβολίζεται με  $c$  και**

χαρακτηρίζει το κάθε υλικό. Από την εξίσωση (6.1) μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η μονάδα της ειδικής θερμότητας είναι το:

$$\frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

***Εικόνα 6.17.***

Μπορείς να ακουμπήσεις το αλουμινένιο σκεύος του φαγητού λίγα λεπτά αφότου το βγάλεις από το φούρνο. Όμως πρόσεξε: το φαγητό που περιέχει είναι ακόμη καυτό. Μπορείς να το εξηγήσεις;



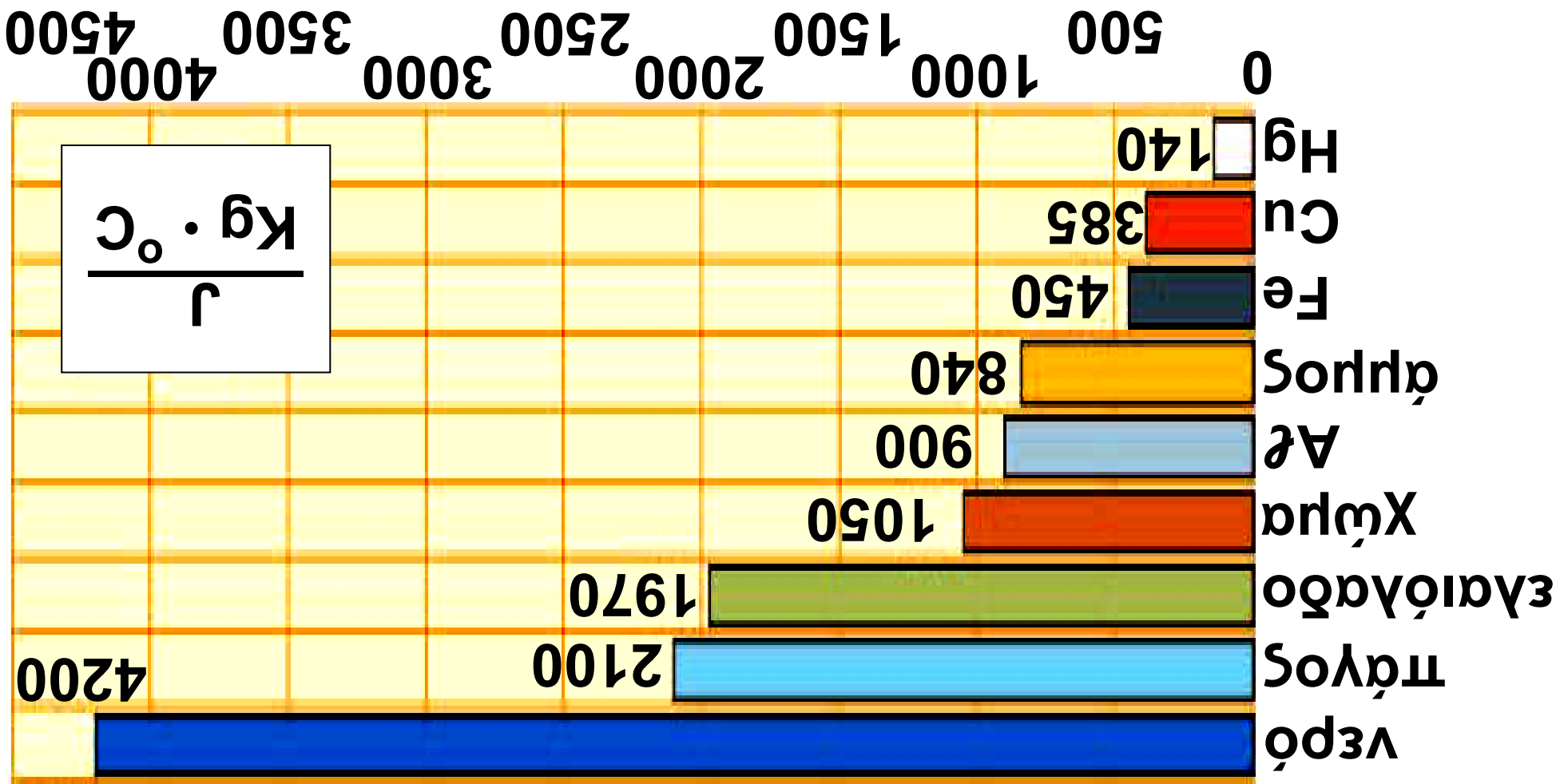
Έτσι, για να μεταβληθεί η θερμοκρασία 1 kg νερού κατά 1 °C, χρειάζεται θερμότητα 4200 J. Λέμε ότι η ειδική θερμότητα του νερού είναι

$$c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} \quad (\text{διάγραμμα 6.1}).$$

148 / 125

Ειδικές θερμότητες ορισμένων υλικών

### Διάγραμμα 6.1.



Στο παράδειγμά μας η γέμιση της μηλόπιτας έχει μεγαλύτερη ειδική θερμότητα από το ζυμάρι. Αν και αποβάλλουν στον ίδιο χρόνο περίπου την ίδια ποσότητα θερμότητας, η θερμοκρασία της γέμισης μειώνεται λιγότερο από τη θερμοκρασία της ζύμης.

### ***Παράδειγμα 6.1***

Τοποθετούμε ένα δοχείο με 2 kg νερό στο μάτι της ηλεκτρικής κουζίνας. Η θερμοκρασία του νερού ανεβαίνει από τους 20 °C στους 25 °C. Να υπολογίσεις τη θερμότητα που μεταφέρεται από το μάτι στο νερό. Για την ειδική θερμότητα του νερού, να συμβουλευτείς το διάγραμμα 6.1.



<b>Δεδομένα</b>	Αρχική θερμοκρασία: $\theta_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ Τελική θερμοκρασία: $\theta_2 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ Μάζα νερού: $m = 2 \text{ Kg}$ Ειδική θερμότητα του νερού: $\frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$ $c = 4.200 \text{ Kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$
<b>Ζητούμενα</b>	Ποσότητα θερμότητας: $Q$
<b>Βασική εξίσωση</b>	$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$

## Λύση

Υπολογισμός της μεταβολής της

θερμοκρασίας:  $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$  ή

$\Delta\theta = 25 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C}$  ή  $\Delta\theta = 5 \text{ }^\circ\text{C}$

Υπολογισμός θερμότητας που

$$\begin{aligned} \text{απορροφάται: } Q &= m \cdot c \cdot \Delta\theta = \\ &= 2 \text{ κ} \cancel{\text{g}} \cdot 4.200 \frac{\text{J}}{\text{κ} \cancel{\text{g}} \cdot \cancel{\text{°C}}} \cdot 5 \cancel{\text{°C}} = \\ &= 4.200 \text{ J} \end{aligned}$$

Η ειδική θερμότητα του νερού είναι μεγαλύτερη από ό,τι είναι στα συνηθισμένα υλικά. Αυτό



σημαίνει ότι το νερό μεταφέρει προς το περιβάλλον ή απορροφά από το περιβάλλον μεγαλύτερο ποσό θερμότητας από ένα συνηθισμένο υλικό για την ίδια μεταβολή θερμοκρασίας. Δηλαδή το νερό έχει τη δυνατότητα της μεταφοράς ή της απαγωγής μεγάλων ποσών θερμότητας. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται στα συστήματα κεντρικής θέρ-

**μανσης και στα συστήματα ψύξης του κινητήρα των αυτοκινήτων.**

**Η ξηρά έχει τέσσερις φορές περίπου μικρότερη ειδική θερμότητα από το νερό. Την ημέρα η θερμοκρασία της ξηράς αυξάνεται γρηγορότερα από της θάλασσας.**

**Τη νύχτα η θερμοκρασία της ξηράς ελαττώνεται γρηγορότερα από της θάλασσας. Έτσι, το καλοκαίρι την ημέρα το νερό της θάλασσας είναι δροσερό σε σχέση με τη ζεστή άμμο, ενώ τη νύχτα είναι συχνά πιο ζεστό από αυτή. Στη μεγάλη ειδική θερμότητα του νερού οφείλεται, επίσης, το γεγονός ότι το χειμώνα οι παραθαλάσσιες περιοχές έχουν υψηλότερες θερμοκρασίες από τις ηπειρωτικές. Στις περιοχές που βρίσκονται κοντά στη θάλασσα το κλίμα είναι περισσότερο ήπιο,**

**παρατηρούνται μικρότερες διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού, από όσο στις περιοχές που βρίσκονται στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος μακριά από τη θάλασσα, παρόλο που δέχονται την ίδια ποσότητα θερμότητας.**

# Περιεχόμενα 4ου τόμου

## ΕΝΟΤΗΤΑ 1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ

### Κεφάλαιο 5. Ενέργεια (συνέχεια από τον 3ο τόμο)

5.3. Η μηχανική ενέργεια και η διατήρησή της .....	7
5.4. Μορφές και μετατροπές ενέργειας .....	19
5.5. Διατήρηση της ενέργειας.....	35
5.6. Πηγές ενέργειας.....	40
5.7. Απόδοση μιας μηχανής.....	53
5.8. Ισχύς.....	56

## ΕΝΟΤΗΤΑ 2 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

### Κεφάλαιο 6. Θερμότητα

6.1. Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας .....	110
--	-----

<b>6.2. Θερμότητα: Μια μορφή ενέργειας .....</b>	<b>130</b>
<b>6.3. Πως μετράμε τη θερμότητα .</b>	<b>139</b>

**Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').**

**Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.**