

# ΦΥΣΙΚΗ

Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

2ος τόμος

## ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

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

## ΚΡΙΤΕΣ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΕΣ

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

## ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ

Θεόφιλος Χατζητσομπάνης, Μηχανικός ΕΜΠ, Εκπ/κός

## 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 Εκδοτική &  
Εκτυπωτική 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 Παπατσιμπα**

**ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ:**

**Ελληνικά Γράμματα**

**ΦΥΣΙΚΗ**

**Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ**

**Τόμος 2ος**

**Γ' Κ.Π.Σ. / ΕΠΕΑΕΚ ΙΙ / Ενέργεια 2.2.1 / Κατηγορία  
Πράξεων 2.2.1.α: «Αναμόρφωση των προγραμμάτων  
σπουδών και συγγραφή νέων εκπαιδευτικών πακέτων»**

**ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ**

**Δημήτριος Βλάχος**

**Ομότιμος Καθηγητής του Α.Π.Θ**

*Πρόεδρος του Παιδαγωγικού 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 Παιδαγωγικού Ινστιτούτου*

**Αναπληρωτές Επιστημονικοί Υπεύθυνοι Έργου**

**Γεώργιος Κ. Παληός**

*Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου*

**Ιγνάτιος Ε. Χατζηευστρατίου**

*Μόνιμος Πάρεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου*

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

## 4.2 Υδροστατική Πίεση

### Πού οφείλεται η υδροστατική πίεση;

Η υδροστατική πίεση οφείλεται στη βαρύτητα.

Ένα υγρό που βρίσκεται μέσα σε δοχείο λόγω του βάρους του πιέζει τον πυθμένα του δοχείου. Πόση είναι αυτή η υδροστατική πίεση; Εφόσον το υγρό ισορροπεί, η δύναμη που ασκεί στον πυθμένα του δοχείου ισούται με το βάρος του. Επομένως, η πίεση σύμφωνα με τον ορισμό της (σχέση 4.1)\* είναι ίση με το πηλίκο του βάρους του υγρού προς το εμβαδόν του πυθμένα

$p = \frac{W}{A}$ . Αν είχαμε τη δυνατότητα να μεταφέρουμε ένα

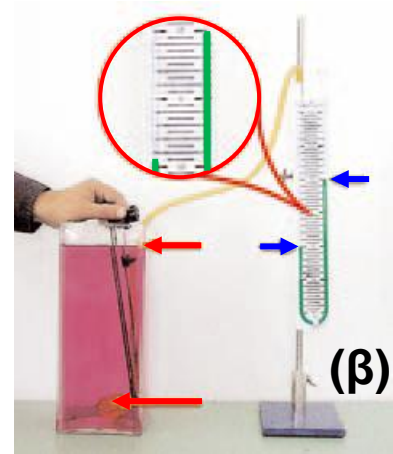
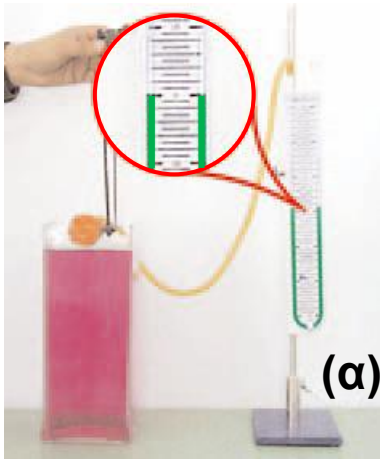
κλειστό δοχείο γεμάτο με νερό από την επιφάνεια της γης στην επιφάνεια της σελήνης, θα διαπιστώναμε ότι η υδροστατική πίεση στον πυθμένα του έχει τιμή περίπου 6 φορές μικρότερη από την τιμή της στην επιφάνεια της γης. Αυτό συμβαίνει γιατί το βάρος του νερού στη σελήνη είναι 6 φορές μικρότερο από το βάρος του στη γη.

### Μέτρηση υδροστατικής πίεσης

Τα όργανα με τα οποία μετράμε την υδροστατική πίεση ονομάζονται **μανόμετρα**. Ένας τύπος μανομέτρου, όπως αυτό που χρησιμοποιούμε στο εργαστήριο φυσικής, εικονίζεται στην εικόνα 4.7. Με το μανόμετρο μετράμε την πίεση που ασκείται στην επιφάνεια μιας ελαστικής μεμβράνης, την οποία βυθίζουμε μέσα στο υγρό. Ο σωλήνας τύπου U περιέχει υδράργυρο ή κάποιο άλλο υγρό, συνήθως λάδι. Η διαφορά ύψους του υγρού στα δύο σκέλη του σωλήνα είναι ανάλογη της υδροστατικής πίεσης.

---

\* $p = \frac{F_k}{A}$  όπου  $F_k$  είναι το μέτρο της ολικής δύναμης που ασκείται κάθετα σε επιφάνεια εμβαδού  $A$ .



### Εικόνα 4.7. Πώς μετράμε την υδροστατική πίεση.

(α) Όταν η ελαστική μεμβράνη βρίσκεται εκτός του υγρού, τότε το υγρό στα δυο σκέλη του σωλήνα βρίσκεται στο ίδιο ύψος. Στη μεμβράνη δεν ασκείται πίεση.

(β) Όταν η μεμβράνη τοποθετηθεί στο υγρό, τότε το υγρό που βρίσκεται στο σκέλος που συνδέεται με τη μεμβράνη βρίσκεται σε μικρότερο ύψος. Στη μεμβράνη ασκείται πίεση. Η διαφορά στάθμης του υγρού που βρίσκεται στο σωλήνα «μετρά» την υδροστατική πίεση στη μεμβράνη.

### Νόμος της υδροστατικής

Είδαμε ότι η υδροστατική πίεση οφείλεται στη βαρύτητα. Στη φυσική όμως, εκτός από τις αιτίες των φαινομένων, μας ενδιαφέρουν και οι σχέσεις που συνδέουν τα φυσικά μεγέθη. Με ποια άλλα φυσικά μεγέθη σχετίζεται η υδροστατική πίεση και με ποιο τρόπο συνδέεται με αυτά;

Για να απαντήσουμε στα παραπάνω ερωτήματα, θα χρησιμοποιήσουμε την εμπειρία μας και θα καταφύγουμε στο πείραμα.

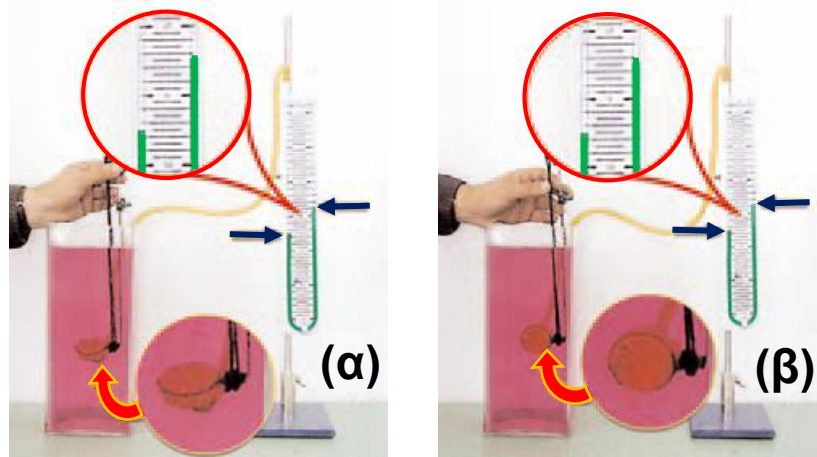
## Υδροστατική πίεση και προσανατολισμός

Η υδροστατική πίεση εξαρτάται από τον προσανατολισμό της επιφάνειας που είναι βυθισμένη στο υγρό;

Βυθίζουμε τη μεμβράνη σε ορισμένο βάθος και μεταβάλλουμε τον προσανατολισμό της, για παράδειγμα, από οριζόντια (εικόνα 4.8α) την περιστρέφουμε ώστε να γίνει κατακόρυφη (εικόνα 4.8β). Παρατηρούμε ότι η ένδειξη του μανομέτρου δε μεταβάλλεται. Συμπεραίνουμε ότι η πίεση είναι ανεξάρτητη του προσανατολισμού της επιφάνειας της μεμβράνης. Τα υγρά ασκούν πίεση προς κάθε κατεύθυνση.

### Εικόνα 4.8.

Η επιφάνεια βρίσκεται σε βάθος  $h$  και είναι:  
(α) οριζόντια,  
(β) κατακόρυφη.

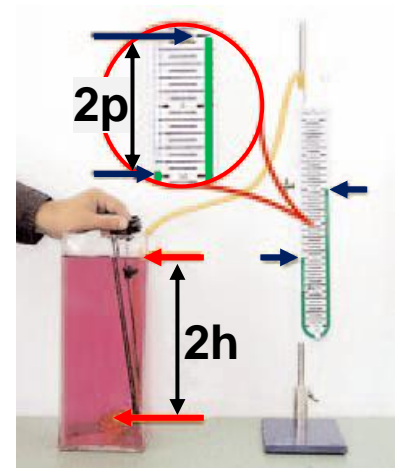
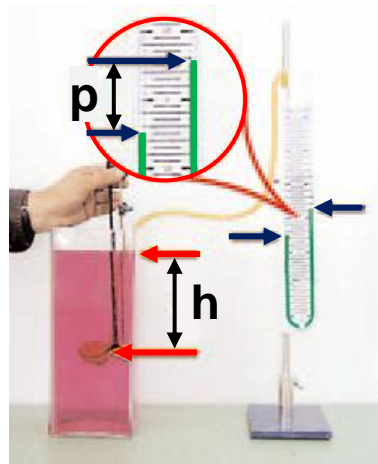


## Υδροστατική πίεση και βάθος

Πολλές φορές, όταν κολυμπάς στην πισίνα του κολυμβητηρίου ή στην θάλασσα, σου αρέσει να κάνεις βουτιές. Διαπιστώνεις ότι όσο πιο βαθιά βουτάς, τόσο μεγαλύτερη πίεση αισθάνεσαι στ' αυτιά σου. Υποθέτεις ότι η πίεση αυξάνεται με το βάθος του υγρού. Πώς εξαρτάται η πίεση από το βάθος; Για να ελέγξεις την υπόθεσή σου και να απαντήσεις στο ερώτημά σου, καταφεύγεις στο πείραμα. Βυθίζεις στο υγρό τη μεμβράνη του μανομέτρου σε διάφορα βάθη και μετράς την αντίστοιχη πίεση (εικόνα 4.9).

Διαπιστώνεις ότι η υδροστατική πίεση αυξάνεται ανάλογα με το βάθος.

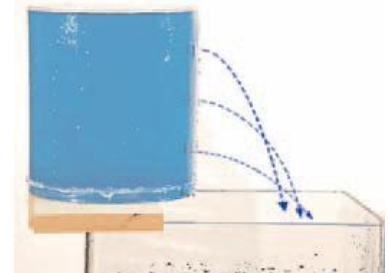
**Εικόνα 4.9.**  
 Σε διπλάσιο βάθος  
 έχουμε διπλάσια  
 υδροστατική πίεση.



### Δραστηριότητα.

#### Υδάτινες τροχιές

- ▶ Γέμισε με νερό ένα πλαστικό δοχείο.
- ▶ Τοποθέτησε το δοχείο πάνω στο θρανίο σου, ώστε ο πυθμένας του να βρίσκεται σε ύψος από την επιφάνειά του ίσο με το ύψος του δοχείου.
- ▶ Με μια καρφίτσα άνοιξε τρύπες σε διάφορα σημεία του δοχείου που βρίσκονται πάνω από το μισό του ύψους του.



Παρατήρησε την απόσταση στην οποία εκτοξεύονται οι πίδακες του νερού πάνω στην επιφάνεια του θρανίου.

Τι διαπιστώνεις;

Προσπάθησε να ερμηνεύσεις τις διαπιστώσεις σου.

#### Υδροστατική πίεση και είδος υγρού

Σε δυο διαφορετικά υγρά στο ίδιο βάθος η υδροστατική πίεση είναι η ίδια ή διαφορετική;

Παίρνουμε δυο δοχεία, ένα με καθαρό οινόπνευμα

που έχει πυκνότητα  $\rho_{οιν} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  και το άλλο με

αλατόνερο πυκνότητας  $\rho_{αλατ} = 1.600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . Μετράμε την

υδροστατική πίεση στο ίδιο βάθος και στα δύο υγρά.

Διαπιστώνουμε ότι στο αλατόνερο η πίεση είναι διπλάσια. Από παρόμοια πειράματα, εξάγουμε το συμπέρασμα ότι η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη με την πυκνότητα του υγρού.

Συνοψίζοντας τα συμπεράσματά μας καταλήγουμε ότι η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη:

1. του βάθους από την επιφάνεια του υγρού
2. της πυκνότητας του υγρού
3. της επιτάχυνσης της βαρύτητας.

Τα παραπάνω συμπεράσματα εκφράζονται στη γλώσσα των μαθηματικών από τη σχέση:

$$p = \rho \cdot g \cdot h \text{ (νόμος της υδροστατικής πίεσης)}$$

όπου:  $p$  η υδροστατική πίεση σε  $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ ,

$\rho$  η πυκνότητα του υγρού σε  $\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ ,

$g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας σε  $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  και

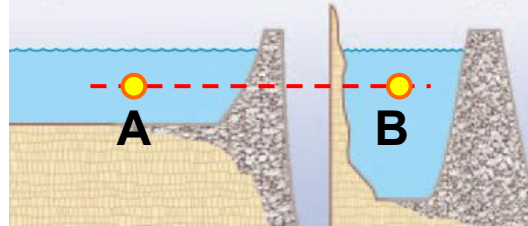
$h$  το βάθος από την επιφάνεια σε  $\text{m}$ .

Αξίζει να σημειωθεί ότι η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου ή τον όγκο του υγρού. Στα σημεία A και B που φαίνονται στην εικόνα 4.10 η πίεση του νερού είναι ίδια, διότι βρίσκονται στο ίδιο βάθος, παρότι ο όγκος του νερού στην αβαθή λίμνη είναι πολύ μεγαλύτερος απ' ό,τι στη βαθιά λίμνη.

Αισθανόμαστε την ίδια πίεση όταν κάνουμε μια βουτιά και το κεφάλι μας βυθιστεί κατά ένα μέτρο είτε σε μια μικρή πισίνα με θαλασσινό νερό, είτε στη μέση του πελάγους.

## Φυσική και Τεχνολογία

Μεγάλη και αβαθής λίμνη      Μικρή και βαθιά λίμνη



**Εικόνα 4.10.**

Το φράγμα στο οποίο ασκείται μεγαλύτερη πίεση είναι εκείνο στο οποίο η λίμνη έχει μεγαλύτερο βάθος και όχι εκείνο που η λίμνη έχει μεγαλύτερο όγκο νερού. Άρα στη βάση αυτού του φράγματος ασκείται από το νερό μεγαλύτερη δύναμη. Συνεπώς το φράγμα αυτό κατασκευάζεται με μεγαλύτερο πάχος.

### Βαρύτητα και υδροστατική πίεση

- ▶ Τοποθέτησε σε βάθος  $h$  τη μεμβράνη του μανομέτρου, όπως στη διπλανή εικόνα.
- ▶ Θεώρησε έναν κύλινδρο πάνω από τη μεμβράνη ο οποίος να έχει ως βάση την επιφάνειά της.
- ▶ Υπόθεσε ότι η υδροστατική πίεση στη μεμβράνη οφείλεται στο βάρος του νερού που περιέχεται στον κύλινδρο.
- ▶ Με βάση τον ορισμό της πίεσης, υπολόγισε την υδροστατική πίεση  $p$  στη μεμβράνη.
- ▶ Να αποδείξεις ότι η έκφραση που βρίσκεις συμπίπτει με αυτή που προκύπτει από το νόμο της υδροστατικής.



## Εφαρμογές της υδροστατικής πίεσης

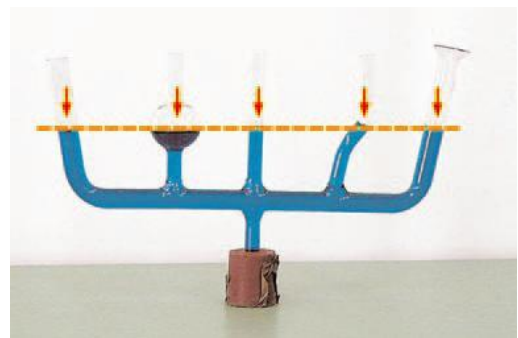
### Συγκοινωνούντα δοχεία

Γεμίζουμε με υγρό μια σειρά από δοχεία διαφορετικού σχήματος τα οποία συγκοινωνούν μέσω ενός σωλήνα (εικόνα 4.11). Παρατηρούμε ότι σε όλα τα δοχεία η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο.

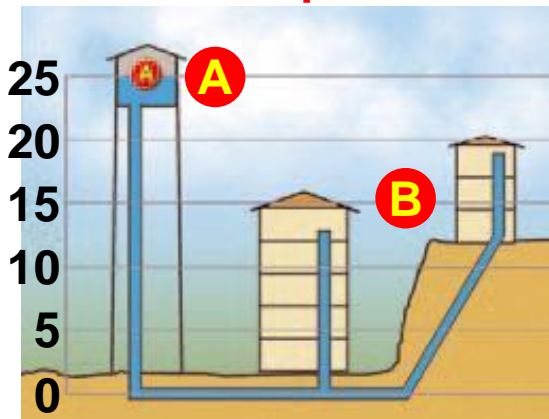
Πώς μπορούμε να ερμηνεύσουμε την παραπάνω παρατήρηση; Το υγρό που βρίσκεται στον κοινό οριζόντιο σωλήνα ισορροπεί. Για να συμβαίνει αυτό, θα πρέπει σε όλα τα σημεία του να επικρατεί η ίδια πίεση. Αν σε κάποιο σημείο η πίεση ήταν διαφορετική, τότε θα ασκούσαν επιπλέον δύναμη που θα προκαλούσε την κίνηση του υγρού. Από το νόμο της υδροστατικής προκύπτει ότι αν σε κάποιο από τα δοχεία η στάθμη του υγρού ήταν σε μεγαλύτερο ύψος, η πίεση στο αντίστοιχο σημείο του κοινού σωλήνα θα ήταν μεγαλύτερη. Έτσι λοιπόν συμπεραίνουμε ότι δύο σημεία ενός υγρού που ισορροπεί έχουν την ίδια πίεση όταν βρίσκονται στο ίδιο βάθος δηλ. στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Αυτό συμβαίνει ακόμη και όταν το υγρό βρίσκεται σε διαφορετικά, αλλά συγκοινωνούντα δοχεία. Η αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων έχει πολλές εφαρμογές όπως στην κατασκευή των δεξαμενών ύδρευσης των πόλεων. Οι δεξαμενές κατασκευάζονται στα ψηλότερα σημεία έτσι ώστε το νερό να μπορεί να φθάσει και στους ψηλότερους ορόφους των σπιτιών χωρίς να χρειάζεται αντλία (εικόνα 4.12).

#### Εικόνα 4.11.

Στα συγκοινωνούντα δοχεία η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού που ισορροπεί βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο.

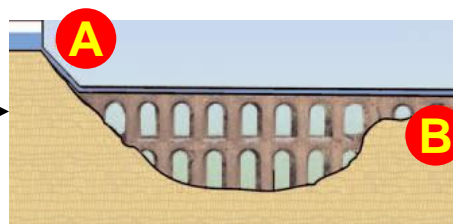


## Ακόνισσε το μυαλό σου



Η δεξαμενή του νερού και οι σωλήνες του δικτύου αποτελούν συγκοινωνούντα δοχεία. Μπορείς να εξηγήσεις το λόγο για τον οποίο οι δεξαμενές νερού κατασκευάζονται στα ψηλότερα σημεία των πόλεων;

Εικόνα 4.12. Υδραγωγεία: οι δρόμοι των νερών.



Στην εικόνα φαίνεται ένα **Ρωμαϊκό υδραγωγείο**. Το υδραγωγείο κατασκευάστηκε για να μεταφέρει νερό από την κορυφή A σε μια πόλη σε χαμηλότερο υψόμετρο B. Μπορείς να σκεφτείς μια βασική αρχή της φυσικής που δε λήφθηκε υπόψη στην κατασκευή του; Πώς κατασκεύαζαν οι Ρωμαίοι τα υδραγωγεία τους; Να το συγκρίνεις με ένα σύγχρονο.

- Κατασκεύασε ένα φωτογραφικό άλμπουμ με τα ιστορικά υδραγωγεία που υπάρχουν στη χώρα μας. Κατάταξε τα με χρονολογική σειρά.
- Γράψε λίγα λόγια για την ιστορία καθενός από αυτά.

## Αρτεσιανά φρέατα (πηγάδια)

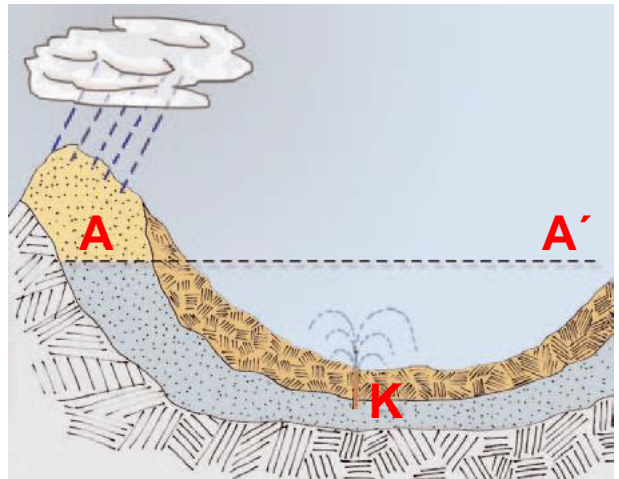
## Φυσική και Γεωλογία, και καθημερινή ζωή

Σε αυτά τα πηγάδια το νερό αναβλύζει δημιουργώντας πίδακα. Γιατί συμβαίνει αυτό; Πώς μπορούμε να το εξηγήσουμε; Όταν η μορφολογία του υπεδάφους είναι κατάλληλη, μεταξύ δυο υδατοστεγών πετρωμάτων είναι δυνατόν να δημιουργηθεί μια υπόγεια δεξαμενή νερού, όπως παριστάνεται στο διπλανό σχήμα. Αν ανοίξουμε

στην περιοχή Κ ένα πηγάδι, που το βάθος του να φθάνει μέχρι την υπόγεια δεξαμενή, τότε η δεξαμενή και το πηγάδι αποτελούν συγκοινωνούντα δοχεία.

Η ελεύθερη επιφάνεια του νερού και στα δυο πρέπει να βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο.

Σύμφωνα με την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων, το νερό αναπηδά στο πηγάδι για να φθάσει στην ελεύθερη επιφάνεια ΑΑ'. Με αυτό τον τρόπο σχηματίζεται ένας πίδακας. Βέβαια, λόγω τριβών με τον ατμοσφαιρικό αέρα, ο πίδακας δε φθάνει μέχρι το ύψος της επιφάνειας ΑΑ'.



**Ποιος ήταν ο Πασκάλ; Πότε και πού έζησε;  
Ποιο ήταν το έργο του;**

### Φυσική και Ιστορία

#### Το υδροστατικό παράδοξο

Τον 17ο αιώνα ο **Πασκάλ (Pascal)**

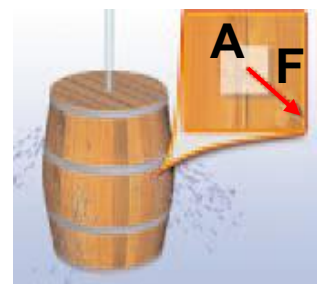
πραγματοποίησε ένα πείραμα που έκανε μεγάλη εντύπωση και αναφέρεται συχνά ως παράδοξο της υδροστατικής. Πήρε

ένα κλειστό βαρέλι που περιείχε

1000 kg νερού και άνοιξε στην πάνω επιφάνεια μια μικρή τρύπα. Στην τρύπα προσάρμοσε ένα λεπτό κατακόρυφο σωλήνα που είχε ύψος μερικά μέτρα.

Προσθέτοντας μια μικρή ποσότητα νερού, ο σωλήνας γέμισε μέχρι την κορυφή. Τότε με μεγάλη έκπληξη είδε τα τοιχώματα του βαρελιού να ανοίγουν και το νερό να χύνεται έξω.

Πώς συνέβη αυτό;



Ας θεωρήσουμε μια μικρή επιφάνεια εμβαδού  $A = 1 \text{ cm}^2$  του πλευρικού τοιχώματος του βαρελιού που βρίσκεται σε απόσταση  $h = 0,5 \text{ m}$  από το πάνω μέρος του βαρελιού. Πριν από την τοποθέτηση του νερού στο σωλήνα, η πίεση του νερού στο τοίχωμα ήταν:

$$p = \rho \cdot g \cdot h = 10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,5 \text{ m} = 5.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ και η}$$

$$\text{δύναμη σ' αυτό } F = p \cdot A = 5.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 0,5 \text{ N.}$$

Όταν ο σωλήνας, μήκους  $9,5 \text{ m}$ , γεμίσει με νερό, η πίεση γίνεται:

$$p' = \rho \cdot g \cdot h' = 10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 9,5 \text{ m} = 100.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\text{και η δύναμη } F' = p' \cdot A = 100.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 10 \text{ N}$$

δηλαδή, είκοσι φορές μεγαλύτερη. Γι' αυτό άνοιξε το τοίχωμα.

### Σύνδεση με τα μαθηματικά (ανάλογα ποσά)

Να υπολογίσεις τα πηλίκα:  $\frac{h}{h'}$ ,  $\frac{p}{p'}$  και να τα συγκρίνεις.

Ποια ποσά ονομάζονται ανάλογα; Τι είδους ποσά είναι το βάθος και η υδροστατική πίεση; Θυμήσου και άλλα φυσικά μεγέθη που είναι ανάλογα.

### 4.3 Ατμοσφαιρική Πίεση

Πίνεις το χυμό που περιέχεται στο χάρτινο κουτί. Όταν πίνεις την πορτοκαλάδα ή τραβάς τον αέρα από το κουτί, παρατηρείς ότι το κουτί τσαλακώνεται (εικόνα 4.13). Πού οφείλεται η δύναμη που συνθλίβει το κουτί; Πού οφείλεται η δύναμη που συγκρατεί μια βεντούζα κολλημένη στον τοίχο (εικόνα 4.13);

#### Εικόνα 4.13.

Καθώς ρουφάς τον αέρα από το κουτί, αυτό συνθλίβεται. Η βεντούζα παραμένει κολλημένη στον τοίχο.



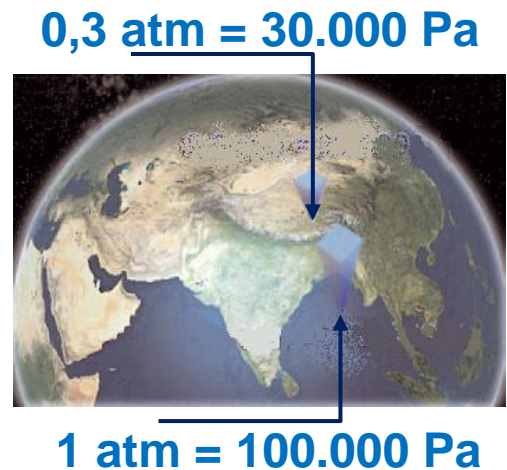
Η γη περιβάλλεται από ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα αποτελείται από ένα μείγμα αερίων που ονομάζεται ατμοσφαιρικός αέρας. Ο αέρας είναι διαφανής. Έχει μάζα και από τη γη ασκείται σε αυτόν η δύναμη του βάρους. Επομένως, όπως συμβαίνει με όλα τα ρευστά σώματα, ασκεί πίεση σε κάθε επιφάνεια που βρίσκεται μέσα σ' αυτόν. Η πίεση αυτή ονομάζεται ατμοσφαιρική πίεση. Όπως ακριβώς η υδροστατική πίεση μιας κατακόρυφης στήλης νερού οφείλεται στο βάρος της, έτσι και η ατμοσφαιρική πίεση οφείλεται στο βάρος του αέρα (εικόνα 4.14).

Πόση είναι και από τι εξαρτάται η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης;

Η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης εξαρτάται από το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας (εικόνα 4.14). Τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας πιέζουν, λόγω του βάρους τους, τα κατώτερα με αποτέλεσμα η τιμή της πίεσης να είναι μεγαλύτερη στην επιφάνεια της θάλασσας. Η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια της θάλασσας ονομάζεται πίεση μιας ατμόσφαιρας (1 atm).

#### Εικόνα 4.14.

Η ατμοσφαιρική πίεση ελαττώνεται με το ύψος, οπότε στην κορυφή του Έβερεστ είναι πολύ μικρότερη (περίπου το 1/3) απ' ό,τι στην επιφάνεια της θάλασσας (Ινδικός).



#### Μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης

Η ατμοσφαιρική πίεση μετρήθηκε για πρώτη φορά το 1643 από το μαθητή του Γαλιλαίου, το φυσικό Εβανγκελίστα Τορικέλι (εικόνα 4.15).

#### Εικόνα 4.15.

Εβανγκελίστα Τορικέλι (Evangelista Torricelli) (1608-1647). Σχεδιάγραμμα της συσκευής που χρησιμοποίησε για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης.



Ο Τορικέλι χρησιμοποίησε ένα γυάλινο σωλήνα μήκους ενός μέτρου τον οποίο γέμισε με υδράργυρο. Στη συνέχεια τον αντέστρεψε μέσα σε μια μικρή λεκάνη, η οποία επίσης περιείχε υδράργυρο (εικόνα 4.15). Ο Τορικέλι παρατήρησε ότι το ύψος της στήλης του υδραργύρου μέσα στο σωλήνα έφθασε περίπου στα 76 cm.

Πώς μπορούμε να εξηγήσουμε το γεγονός ότι στο σωλήνα παρέμεινε υδράργυρος ύψους 76 cm; Ποια δύναμη συγκρατεί τον υδράργυρο σε αυτό το ύψος;

Το υγρό μέσα στο σωλήνα και τη λεκάνη ισορροπεί (εικόνα 4.16), άρα σύμφωνα με την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων θα ισχύει:

$$p_A = p_B \quad (4.2)$$

διότι τα B, A είναι σημεία του ίδιου υγρού και βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Η πίεση στο A ισούται με την ατμοσφαιρική πίεση:

$$P_A = P_{atm} \quad (4.3)$$

Επομένως, η στήλη του υδραργύρου συγκρατείται από τη δύναμη που ασκείται, λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης, στην ελεύθερη επιφάνεια του υδραργύρου της λεκάνης (εικόνα 4.16). Μέσα στο σωλήνα πάνω από τη στήλη του υδραργύρου δημιουργήθηκε κενό. Η πίεση στην επιφάνεια της στήλης είναι ίση με το μηδέν και συνεπώς η πίεση στο B ισούται με την υδροστατική πίεση της στήλης του υδραργύρου:

$$P_B = P_{υδρ} \quad (4.4).$$

Συγκρίνοντας τις σχέσεις (4.2), (4.3) και (4.4) συμπεραίνουμε ότι η ατμοσφαιρική πίεση είναι ίση με την πίεση που ασκεί στη βάση της στήλης υδραργύρου ύψους  $h$ . Όταν  $h=76$  cm ή 760 mm, λέμε ότι η ατμοσφαιρική πίεση ισούται με 760 mm Hg. Την υδροστατική πίεση που ασκεί στήλη υδραργύρου ύψους 1mm την ονομάζουμε 1 Torr προς τιμή του Τορικέλι. Επομένως μπορούμε να πούμε ότι η ατμοσφαιρική πίεση είναι 760 Torr. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης ονομάζονται **βαρόμετρα**. Το πρώτο βαρόμετρο κατασκευάστηκε από τον Τορικέλι.

**Εικόνα 4.16.**

Το πείραμα του Τορικέλι ή ατμοσφαιρική πίεση και δυνάμεις  
Ο υδράργυρος στο σωλήνα ισορροπεί.  
Στον υδράργυρο ασκούνται  
δύο δυνάμεις:

- το βάρος του  $w$  και
- η δύναμη  $F$  από τον υδράργυρο του δοχείου:  $F = p_B \cdot A$ ,

όπου  $p_B$  η υδροστατική πίεση στη βάση της στήλης του υδραργύρου και  $A$  το εμβαδόν της βάσης του σωλήνα. Εφαρμόζοντας τη συνθήκη ισορροπίας για τον υδράργυρο της στήλης έχουμε:

$$w = F \quad \text{ή} \quad m \cdot g = p_{\text{atm}} \cdot A \quad \text{ή} \quad \rho \cdot V \cdot g = p_{\text{atm}} \cdot A \quad \text{ή} \\ \rho \cdot (A \cdot h) \cdot g = p_{\text{atm}} \cdot A \quad \text{ή} \quad \rho \cdot h \cdot g = P_{\text{atm}}.$$

**Πώς υπολογίζουμε την ατμοσφαιρική πίεση;**

Η ατμοσφαιρική πίεση ισούται με την υδροστατική πίεση της στήλης του υδραργύρου. Έτσι, για να την υπολογίσουμε, εφαρμόζουμε το νόμο της υδροστατικής πίεσης. Γνωρίζοντας ότι ο υδράργυρος έχει πυκνότητα

$$\rho = 13.600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{και η επιτάχυνση της βαρύτητας (g)}$$

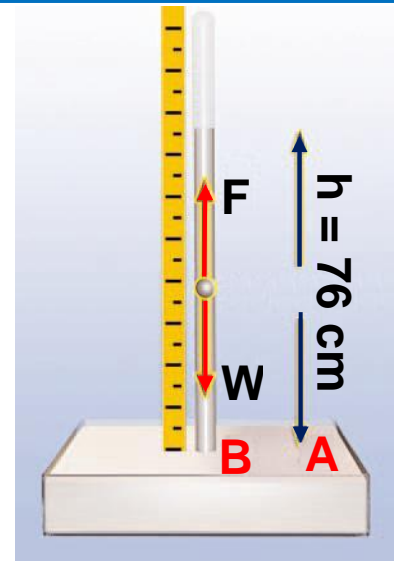
έχει τιμή  $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ , μπορούμε να υπολογίσουμε την

ατμοσφαιρική πίεση σε  $p_a$ .

Ωστε

$$p_{\text{atm}} = p_{\text{υδρ}} = \rho \cdot g \cdot h \quad \text{ή}$$

$$p_{\text{atm}} = 13.600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,76 \text{ m} \quad \text{ή}$$



$$p_{\text{atm}} = 101,293 \text{ Pa} \quad \text{ή}$$

περίπου  $100.000 \text{ Pa}$ . Η πίεση αυτή ονομάζεται πίεση μιας ατμόσφαιρας ( $1 \text{ atm}$ ):  $1 \text{ atm} = 100.000 \text{ Pa}$ .

## Δυνάμεις λόγω ατμοσφαιρικής πίεσης

Όταν πίνεις το φρουτοχυμό σου με το καλαμάκι, έχεις αναρωτηθεί ποια δύναμη σπρώχνει το χυμό και τον ανεβάζει μέχρι το στόμα σου; Θυμήσου το πείραμα του Τορικέλι που είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο. Ποια δύναμη συγκρατούσε τη στήλη του υδραργύρου; Για να φθάσει η πορτοκαλάδα στο στόμα σου, ρουφάς τον αέρα που υπάρχει μέσα στο καλαμάκι. Έτσι η πίεση πάνω από την επιφάνεια του χυμού μέσα στο καλαμάκι είναι μικρότερη από την πίεση που επικρατεί στη βάση του και η οποία είναι ίση με την ατμοσφαιρική. Η δύναμη που ασκείται λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης ανεβάζει το χυμό στο στόμα σου. Στη σελήνη, όπου δεν υπάρχει αέρας, οι αστροναύτες δε θα μπορούσαν να πιουν με το καλαμάκι την πορτοκαλάδα τους.

### Δραστηριότητα. Ακόνισε το μυαλό σου



#### Ο αέρας ασκεί δυνάμεις

▶ Ρούφηξε νερό με ένα καλαμάκι και κλείσε το άλλο στόμιό του με το δάκτυλο σου.

▶ Κράτα το καλαμάκι κατακόρυφα, με το ανοικτό στόμιο προς τα κάτω.

Πέφτει το νερό από το καλαμάκι;

Ποια δύναμη το συγκρατεί;

Μπορείς να εκτιμήσεις το μέτρο αυτής της δύναμης;

Άφησε το στόμιο ελεύθερο.



- ▶ Τι παρατηρείς; Εξήγησε.
- ▶ Μπορείς τώρα να ερμηνεύσεις πώς πίνεις την πορτοκαλάδα με το καλαμάκι;
- ▶ Μπορείς να βρεις τις ομοιότητες της παραπάνω δραστηριότητας με το πείραμα του Τορικέλι;

Πόσο μεγάλες είναι οι δυνάμεις που ασκούνται λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης; Αν η επιφάνεια που έχει το στόμιο στο καλαμάκι είναι περίπου  $0,2 \text{ cm}^2$ , τότε η δύναμη που ασκείται λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι περίπου 2 N. Αντίστοιχα στη επιφάνεια του κουτιού της πορτοκαλάδας, η οποία έχει εμβαδόν περίπου  $50 \text{ cm}^2$ , είναι 500 N. Αυτές οι δυνάμεις συνθλίβουν το κουτί του χυμού και συγκρατούν τη βεντούζα στον τοίχο (εικόνα 4.13). Για παράδειγμα, η δύναμη που ασκείται σε μια επιφάνεια εμβαδού  $1 \text{ m}^2$  είναι 100.000 N. Αντίστοιχη δύναμη ασκείται και στο ανθρώπινο σώμα που έχει εμβαδόν μεταξύ ενός και δύο τετραγωνικών μέτρων. Η δύναμη αυτή θα μας συνέθλιβε, αν η πίεση στο εσωτερικό του σώματος μας δεν ήταν ίση με την ατμοσφαιρική. Έτσι, η ολική δύναμη που ασκείται στο σώμα μας λόγω της εσωτερικής και της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι μηδέν. Γι' αυτό το λόγο δεν αισθανόμαστε συνήθως την επίδραση της ατμοσφαιρικής πίεσης. Όταν όμως ανέβουμε σε σχετικά μεγάλο ύψος, λόγω της μείωσης της ατμοσφαιρικής πίεσης, αισθανόμαστε πόνο στα αυτιά μας.

## Τα ημισφαίρια του Μαγδεμβούργου

Το 1654 ο Όττο φον Γκέρικε (Otto von Guericke), δήμαρχος του Μαγδεμβούργου της Γερμανίας και εφευρέτης της αντλίας κενού, πραγματοποίησε ένα από τα πιο φημισμένα πειράματα με το οποίο απέδειξε την ύπαρξη της ατμοσφαιρικής πίεσης.



Τοποθέτησε δυο κοίλα ημισφαίρια από χαλκό έτσι ώστε να σχηματίζουν σφαίρα διαμέτρου 0.5 m. Με τη βοήθεια ενός δερμάτινου δακτυλίου ποτισμένου με λάδι και κεριά έκανε την ένωσή τους αεροστεγή. Με μια αντλία κενού αφαίρεσε τον αέρα από τη σφαίρα. Στη συνέχεια δύο ομάδες των 8 αλόγων η καθεμία δεν μπόρεσαν να αποχωρίσουν τα δύο ημισφαίρια.

Αυτό οφειλόταν στην **τεράστια δύναμη**<sup>1</sup> που εξασκείται στην εξωτερική επιφάνεια των ημισφαιρίων εξ αιτίας της ατμοσφαιρικής πίεσης, ενώ στο εσωτερικό τους η πίεση ήταν πολύ πιο μικρή, αφού ο αέρας είχε σχεδόν αφαιρεθεί.

**Αν η πίεση στο εσωτερικό των ημισφαιρίων είναι 0,1 atm, πόση δύναμη πρέπει να ασκηθεί στα ημισφαίρια για να αποχωριστούν;**

**Να έχεις υπόψη σου ότι η συνολική δύναμη που ασκείται από τον αέρα στη σφαίρα αποδεικνύεται ότι ισούται με τη δύναμη που ασκείται σε μια κυκλική επιφάνεια ίδιας ακτίνας.**

## Το μεταλλικό βαρόμετρο: Πόσο ψηλά πετάμε

**Η ατμοσφαιρική πίεση  
συνθλίβει το δοχείο.**

Πάρε ένα δοχείο από  
ψευδάργυρο (τσιγκινο) και βάλε  
στο εσωτερικό του λίγο νερό.

Τοποθέτησέ το πάνω σε μια εστία θέρμανσης, έχοντας  
το καπάκι του ανοικτό. Το νερό αρχίζει να βράζει και οι  
ατμοί που παράγονται, καθώς κινούνται προς τα πάνω,  
συμπαρασύρουν και ένα μέρος από τον ατμοσφαιρικό  
αέρα που υπήρχε στο εσωτερικό του. Μόλις εξαερωθεί  
όλη η ποσότητα του νερού, απομάκρυνε το δοχείο από  
την εστία θέρμανσης, αφού κλείσεις πολύ καλά το  
καπάκι του. Βάλε το δοχείο κάτω από τη βρύση, οπότε  
ψύχεται απότομα. Το δοχείο συνθλίβεται.

Ποια δύναμη προκαλεί τη σύνθλιψη του δοχείου;

Η πίεση που επικρατεί στο εσωτερικό του δοχείου είναι  
μικρότερη από αυτή στο εξωτερικό.

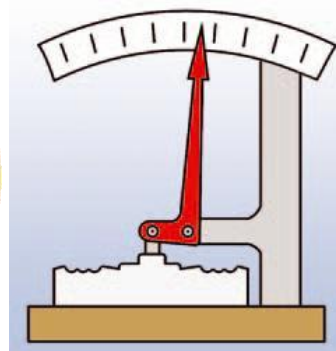
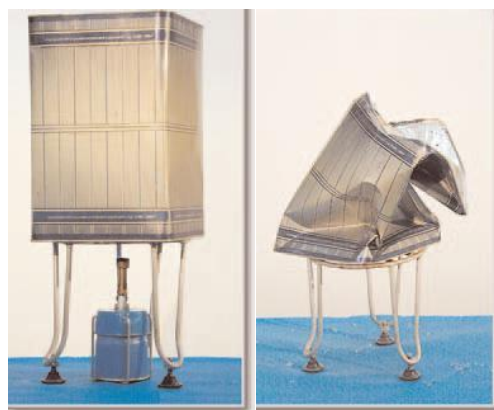
Αυτή η διαφορά της πίεσης προκαλεί και τη σύνθλιψή  
του. Το παραπάνω φαινόμενο μπορούμε να το  
αξιοποιήσουμε στη μέτρηση διαφορών της  
ατμοσφαιρικής πίεσης.

## **Το μεταλλικό βαρόμετρο**

Το μεταλλικό βαρόμετρο  
είναι όργανο με το οποίο  
μετράμε διαφορές  
της ατμοσφαιρικής πίεσης.

Στη διπλανή εικόνα φαίνεται ένα μεταλλικό βαρόμετρο  
και μια σχηματική αναπαράσταση του εσωτερικού του.

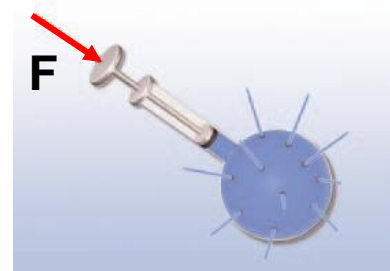
Μπορείς να βρεις τις αντιστοιχίες με το δοχείο και να  
σκεφτείς την αρχή λειτουργίας του;



Μάθαμε ότι η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται όσο αυξάνεται το ύψος από την επιφάνεια της γης. Με κατάλληλα βαθμολογημένο λοιπόν μεταλλικό βαρόμετρο μπορούμε να μετράμε το ύψος. Τέτοια όργανα ονομάζονται **υψομετρικά βαρόμετρα** και υπάρχουν σε όλα τα αεροσκάφη.

#### 4.4 Μετάδοση των Πίεσεων στα ρευστά – Αρχή του Πασκάλ

Όταν χρειάζεται να αντικαταστήσουμε το σκασμένο λάστιχο ενός αυτοκινήτου, πρέπει να το ανυψώσουμε. Θα έχεις ίσως παρατηρήσει ότι για το κάνουμε χρησιμοποιούμε κατάλληλες αντλίες (εικόνα 4.18). Σε ποια αρχή της φυσικής στηρίζεται η λειτουργία μιας τέτοιας αντλίας;



Εικόνα 4.17. Η σύριγγα του Πασκάλ

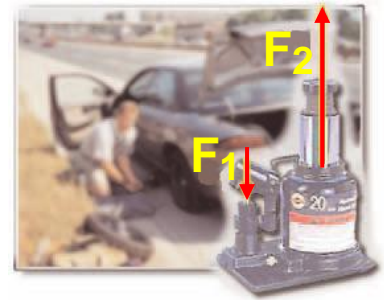
#### Αρχή του Πασκάλ

Αν με το έμβολο που κλείνει ερμητικά τη φιάλη (εικόνα 4.17) πιέσουμε την επιφάνεια του υγρού, παρατηρούμε ότι το υγρό εκτοξεύεται με την ίδια ταχύτητα από όλες τις τρύπες. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί μια ένδειξη ότι η πίεση που ασκήσαμε στο υγρό μεταδόθηκε σε όλα τα σημεία του αναλλοίωτη. Το ίδιο συμβαίνει με την αντλία του γρύλου που χρησιμοποιούμε για να ανυψώνουμε τα αυτοκίνητα: η πίεση που ασκούμε με το ένα έμβολο στο υγρό της αντλίας ( $p_1$ ) (εικόνα 4.18) μεταδίδεται αναλλοίωτη στο μεγάλο έμβολο, δηλαδή:

$$p_2 = p_1$$

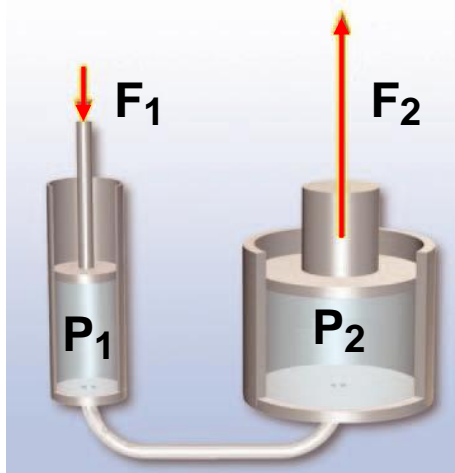
### Εικόνα 4.18.

Ασκώντας μικρή δύναμη στο ένα έμβολο της αντλίας καταφέρνουμε να υπερνικήσουμε τη δύναμη του βάρους που ασκείται στο αυτοκίνητο και να το ανυψώσουμε με το άλλο έμβολο.



**Γενικά: κάθε μεταβολή της πίεσης σε οποιοδήποτε σημείο ενός περιορισμένου ρευστού που είναι ακίνητο, προκαλεί ίση μεταβολή της πίεσης σε όλα τα σημεία του.**

Αυτή η πρόταση είναι γνωστή ως αρχή του Πασκάλ, από το όνομα του Γάλλου φυσικού Μπλαιζ Πασκάλ (Blaise Pascal) (1623-1662), που τη διατύπωσε για πρώτη φορά.



### Εικόνα 4.19.

#### Αρχή του Pascal

Αρχή λειτουργίας υδραυλικού πιεστηρίου.

Η εικόνα 4.19 δείχνει τον τρόπο λειτουργίας μιας υδραυλικής αντλίας. Η δύναμη  $F_1$  ασκείται στο έμβολο, που έχει εμβαδόν  $A_1$ . Έτσι στο υγρό της αντλίας (συνήθως λάδι) ασκείται, εκτός της ατμοσφαιρικής,

πρόσθετη πίεση:  $p_1 = \frac{W}{A}$  .

Επομένως, σύμφωνα με την αρχή του Πασκάλ, το υγρό ασκεί στο έμβολο που έχει εμβαδόν  $A_2$  πίεση  $p_2$  ίση με την  $p_1$ . Το υγρό ασκεί στο έμβολο δύναμη  $F_2$ :

$$p_2 = p_1, \quad \frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1}, \quad F_2 = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1.$$

Αν το εμβαδόν του εμβόλου  $A_2$  είναι διπλάσιο από το εμβαδόν του  $A_1$ , η δύναμη που ασκείται στο αυτοκίνητο είναι διπλάσια της δύναμης που ασκούμε με το χέρι μας (εικόνα 4.18). Γενικά, η  $F_2$  είναι τόσες φορές μεγαλύτερη από την  $F_1$  όσες φορές είναι μεγαλύτερο το εμβαδόν του  $A_2$  από το  $A_1$ . Σημειώστε τη διαφορά μεταξύ πίεσης και δύναμης. Σε μια υδραυλική αντλία ή πιεστήριο η πίεση διατηρείται σταθερή, ενώ η δύναμη πολλαπλασιάζεται (εικόνα 4.19).

### Δραστηριότητα

#### Μετάδοση πιέσεων

- Σύνδεσε μια μικρή και μια μεγάλη σύριγγα με έναν πλαστικό σωλήνα γεμάτο με νερό.
- Πίεσε με το ένα χέρι το έμβολο της μικρής σύριγγας και με το άλλο το έμβολο της μεγάλης. Προσπάθησε να ισοροπήσεις τα δύο έμβολα.

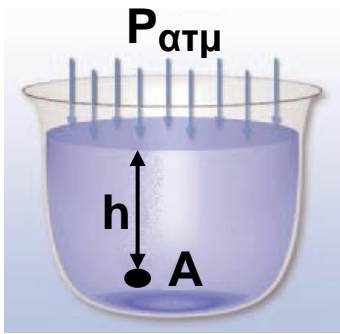


Ασκείς ίδιες ή διαφορετικές δυνάμεις; Τι συμπεραίνεις;

#### Πίεση σε υγρό

Στην επιφάνεια ενός υγρού ασκείται η ατμοσφαιρική πίεση. Σύμφωνα με την αρχή του Πασκάλ, η πίεση αυτή μεταδίδεται σε όλα τα σημεία του υγρού. Εξ άλλου, σε κάθε σημείο του υγρού υπάρχει υδροστατική πίεση. Επομένως, η συνολική πίεση σε οποιοδήποτε σημείο του υγρού, που βρίσκεται σε βάθος  $h$  από την ελεύθερη επιφάνειά του, είναι ίση με το άθροισμα της ατμοσφαιρικής και της υδροστατικής πίεσης (εικόνα 4.20). Συνεπώς θα δίνεται από τη σχέση:

$$p_{ολική} = p_{ατμοσφαιρική} + \rho \cdot g \cdot h$$



**Εικόνα 4.20.**

Η πίεση στο A είναι:

$$p_A = p_{\text{ατμοσφαιρική}} + \rho \cdot g \cdot h$$

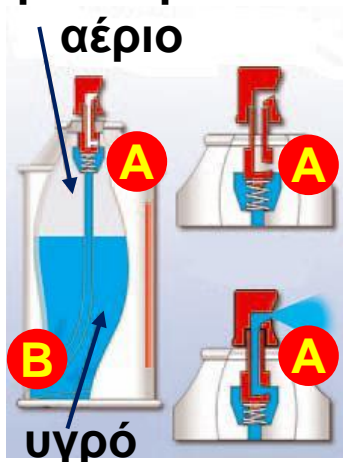
## Φυσική και καθημερινή ζωή, Χημεία και Περιβάλλον

**Ποια είναι η σύσταση του προωθητικού αερίου;  
Ποιες είναι οι επιπτώσεις στο περιβάλλον από τη  
χρήση των αεροζόλ;  
Τι γνωρίζεις για την τρύπα του όζοντος;**

Τα αεροζόλ περιέχουν ένα αέριο σε υψηλή πίεση που ονομάζεται **προωθητικό** (γκρι χρώμα στο σχήμα).

Ο σωλήνας μέσα από τον οποίο προωθείται το υγρό στο επάνω μέρος, μέσω μιας βαλβίδας, επικοινωνεί με τον ατμοσφαιρικό αέρα (σημείο A) και στο κάτω μέρος βρίσκεται σε επαφή με το υγρό (σημείο B). Όταν η βαλβίδα είναι κλειστή, η πίεση στο A είναι πολύ μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής:  $p_A = p_{\text{αερίου}}$ . Η πίεση στο B είναι:  $p_B = p_{\text{αερίου}} + \rho \cdot g \cdot h$ .

προωθητικό



βαλβίδα  
κλειστή

βαλβίδα  
ανοικτή

Όταν η βαλβίδα ανοίγει, η πίεση στο A γίνεται ίση με την ατμοσφαιρική, ενώ στο B δε μεταβάλλεται. Η διαφορά πίεσης μεταξύ A και B εξαναγκάζει το υγρό να ανέβει στο σωλήνα και να εκτοξευθεί με τη μορφή σταγονιδίων στην ατμόσφαιρα.

## Μετρώντας την πίεση του αίματος

Προσέξτε πώς φουσκώνουν οι φλέβες στους καρπούς των χεριών σας, όταν τα κρατάτε όσο πιο χαμηλά μπορείτε, για παράδειγμα, όταν κάνετε κάμψεις ή «κατακόρυφο». Αυτό το γεγονός είναι συνέπεια του νόμου της υδροστατικής.

Το αίμα φεύγει από την καρδιά με ορισμένη πίεση. Στα χαμηλότερα σημεία του σώματος (μεγαλύτερο βάθος) η πίεση είναι μεγαλύτερη. Γι' αυτό μετριέται στο ανώτερο μέρος του χεριού μας, που βρίσκεται σχεδόν στο ίδιο ύψος με την καρδιά.



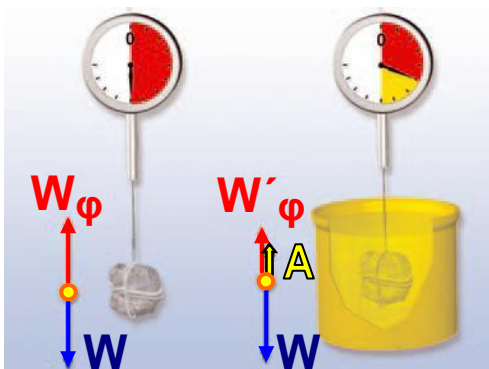
### 4.5 Άνωση - Αρχή του Αρχιμήδη

Έχεις αναρωτηθεί ποια δύναμη διατηρεί το σώμα σου στην επιφάνεια της θάλασσας όταν κολυμπάς; Ποια δύναμη κρατά τα πλοία στη επιφάνεια της θάλασσας, της λίμνης ή των ποταμών όταν ταξιδεύουν; Ποια δύναμη σπρώχνει προς τα πάνω το μπαλόني που κρατάει το κοριτσάκι που παριστάνεται στην εικόνα 4.21; Είναι η ίδια δύναμη που σε εμποδίζει να βυθίσεις ένα μπαλόني στο νερό. Κάθε υγρό ασκεί δύναμη στα σώματα που βυθίζονται σε αυτό. Η δύναμη αυτή ονομάζεται **άνωση**. Άνωση ασκείται και στα σώματα που βρίσκονται μέσα στον αέρα (εικόνα 4.21).



**Εικόνα 4.21.**  
Η άνωση σπρώχνει το μπαλόني προς τα επάνω.

Είναι πιο εύκολο να σηκώσεις μια πέτρα όταν αυτή είναι βυθισμένη μέσα στο νερό απ' ό,τι όταν βρίσκεται έξω από αυτό. Σχηματίζεις την εντύπωση ότι το βάρος της πέτρας ελαττώνεται όταν τη βυθίζεις στο νερό. Αν την κρεμάσεις από ένα δυναμόμετρο, η ένδειξη του δυναμομέτρου όταν η πέτρα είναι μέσα στο νερό είναι μικρότερη από την ένδειξη όταν η πέτρα είναι στον αέρα (εικόνα 4.22). Το βάρος της πέτρας, δηλαδή η βαρυτική δύναμη που η γη ασκεί στην πέτρα, είναι η ίδια είτε η πέτρα βρίσκεται μέσα στο νερό είτε βρίσκεται στον αέρα. Γιατί το δυναμόμετρο δείχνει μικρότερη ένδειξη όταν η πέτρα είναι κρεμασμένη μέσα στο νερό;



#### Εικόνα 4.22.

Η άνωση έχει κατακόρυφη διεύθυνση και φορά προς τα πάνω. Το μέτρο της είναι ίσο με:  $A = W - W_{\phi}$ , όπου  $W$  είναι το βάρος της πέτρας και  $W_{\phi}$  η δύναμη που ασκεί το δυναμόμετρο στο σώμα (η ένδειξη του δυναμομέτρου), όταν η πέτρα είναι βυθισμένη στο νερό.

Το νερό ασκεί στην πέτρα μια δύναμη που την ονομάσαμε άνωση:  $A$ . Η ένδειξη του δυναμομέτρου,  $W_{\phi}$ , είναι ίση με το μέτρο της δύναμης που ασκεί το δυναμόμετρο στην πέτρα. Η πέτρα ισορροπεί. Έτσι, όταν βρίσκεται στον αέρα, ισχύει:

$$W_{\phi} = W,$$

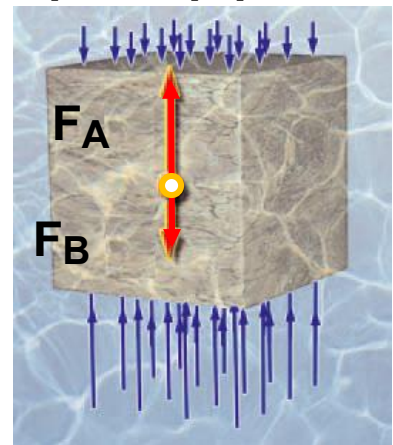
ενώ όταν είναι βυθισμένη στο νερό:

$$W'_{\phi} + A = W, \text{ δηλαδή } W'_{\phi} = W - A.$$

Επομένως, η δύναμη που ασκεί το δυναμόμετρο στην πέτρα προκύπτει ως η συνισταμένη του βάρους της πέτρας ( $W$ ), που έχει φορά προς τα κάτω και της άνωσης  $A$ , που έχει φορά προς τα επάνω (εικόνα 4.22).

**Πού οφείλεται η άνωση;**

Για να απαντήσουμε στο ερώτημα, θεωρούμε έναν κύβο βυθισμένο σε υγρό (εικόνα 4.23). Το υγρό ασκεί δύναμη στον κύβο η οποία οφείλεται στην υδροστατική πίεση. Έτσι, στην κάτω επιφάνεια του κύβου εμβαδού  $A$  ασκείται δύναμη  $F_A = \rho_A \cdot A$  και στην επάνω  $F_B = \rho_B \cdot A$ . Σύμφωνα με το νόμο της υδροστατικής, στην κάτω επιφάνεια του κύβου επικρατεί μεγαλύτερη πίεση απ' ό,τι στην επάνω, δηλαδή  $\rho_A > \rho_B$  και επομένως  $F_A > F_B$ . Η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκείται από το υγρό στον κύβο λόγω της υδροστατικής πίεσης έχει κατακόρυφη διεύθυνση και φορά προς τα πάνω. Η συνισταμένη αυτή δύναμη είναι η άνωση (εικόνα 4.23).



**Εικόνα 4.23.**

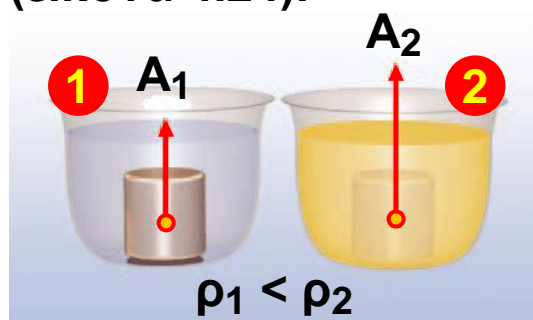
Οι μεγαλύτερες πιέσεις που ασκούνται στην κάτω επιφάνεια της πέτρας προκαλούν την προς τα πάνω δύναμη της άνωσης.

**Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η άνωση;**

Παίρνουμε δύο κομμάτια πλαστελίνης ίδιου βάρους. Στο ένα δίνουμε το σχήμα κύβου και στο άλλο σφαίρας και τα βυθίζουμε πλήρως στο ίδιο υγρό στο ίδιο βάθος. Μετράμε την άνωση στα δυο σώματα. Παρατηρούμε ότι είναι ίδια. Αντικαθιστούμε τη σφαίρα από πλαστελίνη με μεταλλική ίδιας ακτίνας και μετράμε τις δύο ανώσεις. Παρατηρούμε ότι είναι ίδιες.

Συμπεραίνουμε ότι η άνωση δεν εξαρτάται από το σχήμα και το βάρος του σώματος που βυθίζεται. Βυθίζουμε το ένα από τα δύο σώματα σε μεγαλύτερο βάθος και παρατηρούμε ότι η άνωση δε μεταβάλλεται. Συμπεραίνουμε ότι, εφόσον το σώμα είναι ολόκληρο βυθισμένο στο υγρό, η άνωση είναι ανεξάρτητη του βάθους στο οποίο βρίσκεται.

Αν βυθίσουμε πλήρως τα δυο κομμάτια πλαστελίνης σε δύο υγρά με διαφορετικές πυκνότητες, διαπιστώνουμε ότι το υγρό με τη μεγαλύτερη πυκνότητα ασκεί στην πλαστελίνη μεγαλύτερη άνωση (εικόνα 4.24).



**Εικόνα 4.24.**

Το υγρό με τη μεγαλύτερη πυκνότητα ασκεί στο ίδιο σώμα μεγαλύτερη άνωση.

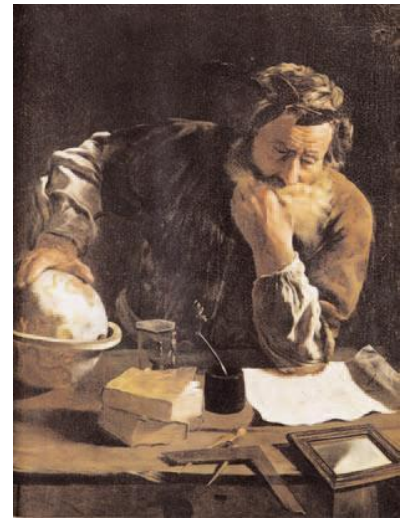
Έχεις αναρωτηθεί γιατί επιπλέουμε πιο εύκολα στη θάλασσα απ' ό,τι σε μια λίμνη ή πισίνα (με «γλυκό» νερό); Μπορείς να απαντήσεις στο παραπάνω ερώτημα, αν γνωρίζεις ότι το αλατόνερο (νερό της θάλασσας) έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το καθαρό νερό (νερό της λίμνης).

Βυθίζουμε πλήρως στο ίδιο υγρό δύο κύβους, έναν αλουμινένιο και ένα σιδερένιο ίδιου βάρους. Ο κύβος από αλουμίνιο έχει μεγαλύτερο όγκο. Διαπιστώνουμε ότι η άνωση που ασκείται στο σιδερένιο κύβο είναι μικρότερη, από αυτή που ασκείται στον αλουμινένιο. Βυθίζουμε σταδιακά τον έναν από τους κύβους στο υγρό. Παρατηρούμε ότι όσο περισσότερο μέρος του όγκου ενός σώματος βυθίζουμε μέσα στο υγρό, τόσο αυξάνεται η άνωση που ασκείται στο σώμα.

## Εικόνα 4.25.

### Αρχιμήδης (287-212 π.Χ.)

Από τους επιφανέστερους σοφούς της αρχαιότητας. Μαθηματικός, αστρονόμος, φυσικός, μηχανικός. Θεωρείται ο μεγαλύτερος εφευρέτης της εποχής του.



Αναζήτησε από τη βιβλιογραφία ποιο πρόβλημα προσπαθούσε να επιλύσει ο Αρχιμήδης όταν διατύπωσε τον νόμο της άνωσης. Αναζήτησε ακόμα την προέλευση της φράσης «Εύρηκα» και γράψε μια μικρή ιστορία που να αναφέρεται σε αυτό το γεγονός.

Πώς θα μπορούσαμε να γενικεύσουμε τις παραπάνω παρατηρήσεις και να τις συνοψίσουμε σε μια πρόταση; Πρώτος ο Έλληνας μαθηματικός και φυσικός Αρχιμήδης (3ος αιώνας π.Χ.) (εικόνα 4.25), παρατήρησε ότι όταν ένα σώμα βυθίζεται στο υγρό, καταλαμβάνει χώρο στον οποίο προηγουμένως υπήρχε υγρό. Δηλαδή το σώμα εκτοπίζει το υγρό, οπότε η στάθμη του υγρού ανεβαίνει. Ο όγκος του υγρού που εκτοπίζεται ισούται με τον όγκο του σώματος (ή του μέρους του σώματος) που είναι βυθισμένο σ' αυτό (εικόνα 4.26).

Συμπεραίνουμε ότι η άνωση αυξάνεται, όταν αυξάνεται ο όγκος του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα, που βυθίζουμε σ' αυτό. Ο Αρχιμήδης συγκέντρωσε όλες τις παραπάνω παρατηρήσεις και διατύπωσε μια πρόταση που είναι γνωστή ως αρχή του Αρχιμήδη:

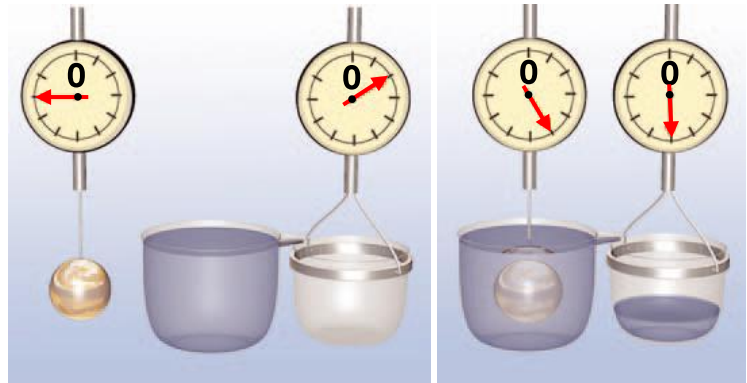
Τα υγρά ασκούν δύναμη σε κάθε σώμα που βυθίζεται μέσα σε αυτά. Η δύναμη αυτή ονομάζεται

**άνωση, είναι κατακόρυφη, με φορά προς τα πάνω και το μέτρο της ισούται με το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται από το σώμα (εικόνα 4.26).**

### **Εικόνα 4.26.**

#### **Αρχή Αρχιμήδη**

Η άνωση που ασκείται στο σώμα είναι ίση με το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται απ' αυτό:



$$W_{\text{σφαίρας}} = 90 \text{ N}, W_{\phi} = 50 \text{ N}, \text{ άρα } A = 90 \text{ N} - 50 \text{ N}, A = 40 \text{ N}.$$

$$W_{\text{εκτόπισ}} = W_{\text{δοχ και υγρ.}} - W_{\delta}, W_{\text{υγρού}} = 60 \text{ N} - 20 \text{ N},$$

$$W_{\text{υγρού}} = 40 \text{ N}.$$

Η αρχή του Αρχιμήδη ισχύει και για σώματα που βρίσκονται σε αέρια και διατυπώνεται στη γλώσσα των μαθηματικών ως εξής:

**Άνωση = Βάρος υγρού ή του αερίου που εκτοπίζεται**

ή

**Άνωση = (Μάζα υγρού ή του αερίου που εκτοπίζεται) · g**

ή

**Άνωση = (όγκος υγρού ή του αερίου που εκτοπίζεται) · (πυκνότητα υγρού) · g**

ή

$$A = \rho_{\text{υγρού ή αερίου}} \cdot g \cdot V_{\text{βυθισμένο}}$$

όπου A η άνωση που ασκείται σε σώμα βυθισμένο σε υγρό (ή αέριο) πυκνότητας  $\rho$  και  $V_{\text{βυθισμένο}}$  ο όγκος (ή το μέρος του όγκου) του σώματος που είναι βυθισμένο στο υγρό (ή το αέριο).

### Εικόνα 4.27.

Το αερόπλοιο δεν πέφτει, γιατί ο αέρας ασκεί σ' αυτό άνωση που εξουδετερώνει το βάρος του.

Το πλοίο δε βυθίζεται, γιατί το νερό ασκεί σε αυτό άνωση που εξουδετερώνει το βάρος του.



### Δραστηριότητα.

#### Αγγίζοντας το νερό

Τοποθέτησε ένα γυάλινο ποτήρι με νερό σε μια ζυγαριά και μηδένισε την ένδειξή της. Στη συνέχεια σπρώξε ελαφρά



την επιφάνεια του νερού προς τα κάτω. Το άγγιγμά σου μεταφέρεται στο ποτήρι και επομένως καταγράφεται από τη ζυγαριά; Σκέψου. Συζήτησε και προσπάθησε να το ερμηνεύσεις.

## 4.6 Πλεύση

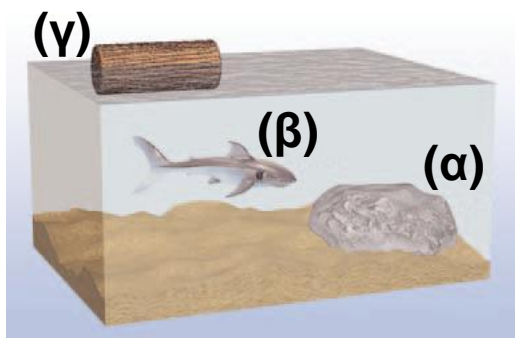
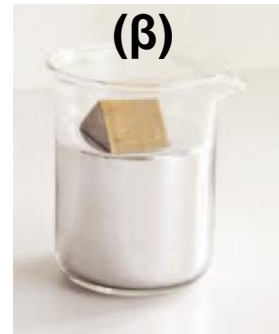
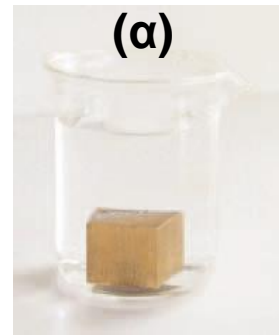
Μια ξύλινη βάρκα ή ένα πλοίο κατασκευασμένο από σίδηρο επιπλέει στη θάλασσα, ενώ η σιδερένια άγκυρα βυθίζεται. Ένας σιδερένιος κύβος βυθίζεται στο νερό, αλλά επιπλέει στον υδράργυρο (εικόνα 4.28). Πώς μπορούμε να εξηγήσουμε τα παραπάνω φαινόμενα; Πότε ένα σώμα βυθίζεται και πότε επιπλέει;

Ας θεωρήσουμε ένα σώμα το οποίο είναι ολόκληρο βυθισμένο σ' ένα υγρό. Στο σώμα ασκούνται δύο δυνάμεις. Το βάρος του και η μέγιστη άνωση. Το βάρος τείνει να κινήσει το σώμα προς τον πυθμένα, ενώ η άνωση προς την επιφάνεια. Υπάρχουν τρεις περιπτώσεις:

### Εικόνα 4.28.

(α) Το βάρος του κύβου είναι μεγαλύτερο από την άνωση που του ασκεί το νερό. Ο κύβος βυθίζεται.

(β) Το βάρος του κύβου είναι μικρότερο από την άνωση που του ασκεί ο υδράργυρος. Ο κύβος κινείται προς την επιφάνεια και αναδύεται. Όταν η άνωση γίνει ίση με το βάρος του, ο κύβος επιπλέει.



### Εικόνα 4.29.

Η πυκνότητα (α) της πέτρας είναι μεγαλύτερη εκείνης του θαλασσινού νερού,

(β) του ψαριού που τη ρυθμίζει κατάλληλα και γίνεται ίση με την πυκνότητα του θαλασσινού νερού και (γ) του ξύλου είναι μικρότερη από την πυκνότητα του θαλασσινού νερού.

α) Το βάρος ( $w$ ) του σώματος να είναι μεγαλύτερο από την άνωση ( $A$ ) (εικόνες 4.28α και 4.29α).

Τότε η φορά της συνισταμένης δύναμης είναι προς τον πυθμένα. Το σώμα βυθίζεται. Αυτό συμβαίνει, όταν η πυκνότητα του σώματος είναι μεγαλύτερη από την πυκνότητα του υγρού:

$$W > A, \text{ ή } m \cdot g > \rho_{\text{υγρού}} \cdot V \cdot g, \text{ ή } \rho_{\text{σώματος}} \cdot V \cdot g > \rho_{\text{υγρού}} \cdot V \cdot g \text{ ή } \rho_{\text{σώματος}} > \rho_{\text{υγρού}}$$

β) Η άνωση ( $A$ ) είναι ακριβώς ίση με το βάρος του σώματος (εικόνα 4.29β). Τότε το σώμα διατηρείται σε σταθερό βάθος, δηλαδή ούτε βυθίζεται, ούτε αναδύεται. Αυτό συμβαίνει όταν:

$$W = A, \text{ ή } m \cdot g = \rho_{\text{υγρού}} \cdot V \cdot g, \text{ ή}$$

$$\rho_{\text{σώματος}} \cdot V \cdot g = \rho_{\text{υγρού}} \cdot V \cdot g \text{ ή}$$

$$\rho_{\text{σώματος}} = \rho_{\text{υγρού}}$$

γ) Η μέγιστη άνωση ( $A$ ) είναι μεγαλύτερη από το βάρος ( $W$ ) του σώματος (εικόνες 4.28β, 4.29γ). Τότε η φορά της συνισταμένης δύναμης είναι προς την επιφάνεια. Το σώμα κινείται προς την επιφάνεια και ένα μέρος του αναδύεται. Αυτό συμβαίνει όταν:

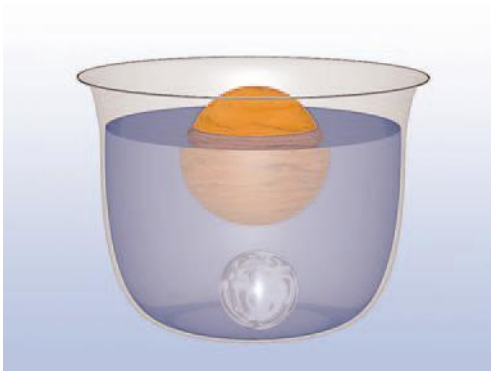
$$W < A, \text{ ή } m \cdot g < \rho_{\text{υγρού}} \cdot V \cdot g, \text{ ή}$$

$$\rho_{\text{σώματος}} \cdot V \cdot g < \rho_{\text{υγρού}} \cdot V \cdot g \text{ ή}$$

$$\rho_{\text{σώματος}} < \rho_{\text{υγρού}}$$

Καθώς μειώνεται όγκος του σώματος που είναι βυθισμένο στο υγρό, η άνωση που δέχεται ελαττώνεται. Σε κάποια θέση του σώματος η άνωση ( $A'$ ) εξισώνεται με το βάρος του σώματος. Τότε, το σώμα επιπλέει:

$$A' = W, \quad \text{Συνθήκη πλεύσης}$$



#### Εικόνα 4.30.

Η ξύλινη και η σιδερένια σφαίρα έχουν την ίδια μάζα.

α) Η ξύλινη σφαίρα έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό. Επιπλέει.

β) Η σιδερένια σφαίρα έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό. Βυθίζεται.

Για να προβλέψουμε αν ένα σώμα επιπλέει ή βυθίζεται σ' ένα υγρό, συγκρίνουμε:  
α) τη μέγιστη άνωση με το βάρος ή  
β) τις πυκνότητες του σώματος και του υγρού (εικόνα 4.30).

Ένα σώμα επιπλέει όταν:

$$\rho_{\text{σώματος}} < \rho_{\text{υγρού}}$$

Σύμφωνα με τη συνθήκη πλεύσης, αν αυξηθεί το βάρος ενός σώματος που επιπλέει σε υγρό, θα πρέπει να αυξηθεί και η άνωση. Επομένως, το σώμα θα πρέπει να βυθιστεί περισσότερο στο υγρό (εικόνα 4.31).

### Εικόνα 4.31.

Ίσαλος γραμμή ονομάζεται η γραμμή που χαράσσεται στο σκελετό των περισσότερων πλοίων και δείχνει σε πόσο βάθος επιτρέπεται να βυθιστούν στο θαλασσινό νερό και επομένως πόσο είναι το μέγιστο βάρος του φορτίου που μπορούν να μεταφέρουν.



Αν θέλετε να επιπλέετε πιο εύκολα στο νερό, πρέπει να μειώσετε την πυκνότητά σας. Πώς; Αυξάνοντας τον όγκο ή μειώνοντας τη μάζα του σώματός σας. Επειδή είναι ιδιαίτερα δύσκολο να μειώσετε τη μάζα, χρησιμοποιείτε τα σωσίβια για να αυξήσετε τον όγκο σας. Τα σωσίβια έχουν μικρή μάζα και μεγάλο όγκο. Έτσι, όταν τα φοράμε, η «μέση» πυκνότητα\* του σώματος μας μειώνεται και επιπλέουμε ευκολότερα.

\* Η «μέση» πυκνότητα ενός σώματος είναι το πηλίκο της συνολικής μάζας του σώματος προς το συνολικό

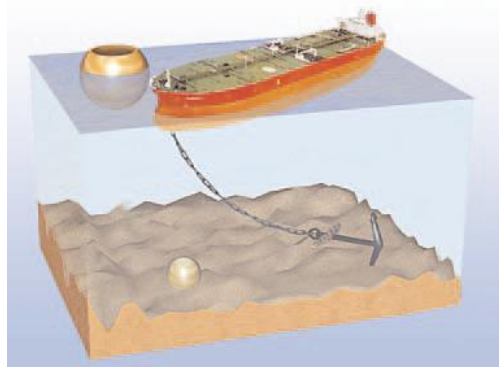
όγκο του:  $\rho = \frac{m_{\text{ολική}}}{V_{\text{συνολικό}}}$

Ο σίδηρος έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό. Έτσι, μια συμπαγής σιδερένια σφαίρα βυθίζεται στο νερό. Ωστόσο, μια κοίλη (κούφια) σιδερένια σφαίρα ίδιας μάζας μπορεί να επιπλέει (εικόνα 4.32). Η κοίλη σφαίρα με την ίδια μάζα έχει μεγαλύτερο όγκο κι επομένως μικρότερη «μέση» πυκνότητα. Για τον ίδιο λόγο τα πλοία που είναι κατασκευασμένα από λαμαρίνες επιπλέουν στη θάλασσα (εικόνα 4.32).

### Εικόνα 4.32

Η συμπαγής σφαίρα έχει το ίδιο βάρος με την κούφια. Η συμπαγής βυθίζεται, η κούφια επιπλέει. Το πλοίο έχει μεγαλύτερο βάρος από την άγκυρα. Το πλοίο επιπλέει, ενώ η άγκυρα βυθίζεται.

### Φυσική και καθημερινή ζωή

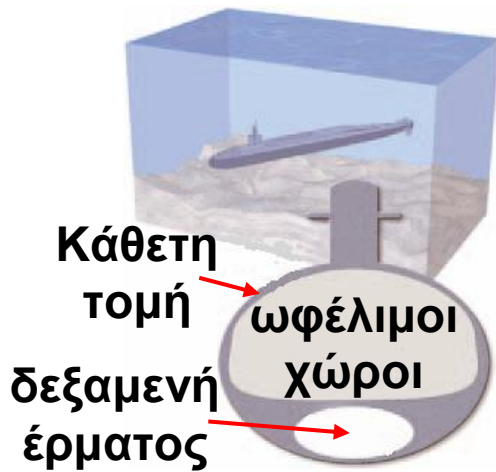


### Φυσική και Τεχνολογία, Βιολογία και Μαθηματικά

Η πυκνότητα ενός υποβρυχίου ρυθμίζεται με την είσοδο και έξοδο νερού στις δεξαμενές έρματος. Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται ή μειώνεται το βάρος του υποβρυχίου και επιτυγχάνεται η κατάλληλη πυκνότητα ώστε το υποβρύχιο να βυθίζεται ή να αναδύεται.

Με τον ίδιο τρόπο τα ψάρια ρυθμίζουν την πυκνότητά τους αυξομειώνοντας τον όγκο ενός αερόσακου που υπάρχει στο εσωτερικό τους. **Αυξάνοντας τον όγκο, μειώνεται η πυκνότητά τους και αναδύονται, μειώνοντας τον όγκο, αυξάνεται η πυκνότητά τους και βυθίζονται.**<sup>1</sup>

**Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό;**



### Εικόνα 4.33.

Όταν οι δεξαμενές έρματος είναι γεμάτες νερό, η μέση πυκνότητα του υποβρυχίου γίνεται μεγαλύτερη από του νερού και το υποβρύχιο βυθίζεται. Όταν είναι γεμάτες αέρα, τότε η πυκνότητά του είναι μικρότερη του νερού και το υποβρύχιο αναδύεται.

Ο κροκόδειλος αυξάνει την πυκνότητά του καταπίνοντας πέτρες. Έτσι, μπορεί να κολυμπά σε μεγαλύτερο βάθος ώστε να μη γίνεται αντιληπτός από τα υποψήφια θύματά του. Στο μπροστινό μέρος του στομάχου μεγάλου κροκοδείλου έχουν βρεθεί μέχρι και πέτρες μάζας 5 kg.

► Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:

### Υδροστατική και Ατμοσφαιρική πίεση – Μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά

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

► Πίεση ονομάζουμε το ..... της δύναμης που ασκείται ..... σε μια επιφάνεια προς το ..... της επιφάνειας αυτής. Μονάδα της πίεσης στο SI είναι ..... και ονομάζεται .....

► Η πίεση που ασκεί ένα υγρό που ισορροπεί ονομάζεται ..... πίεση και οφείλεται στην ..... Η πίεση που ασκεί ο ατμοσφαιρικός αέρας ονομάζεται ..... πίεση και οφείλεται στο ..... του αέρα.

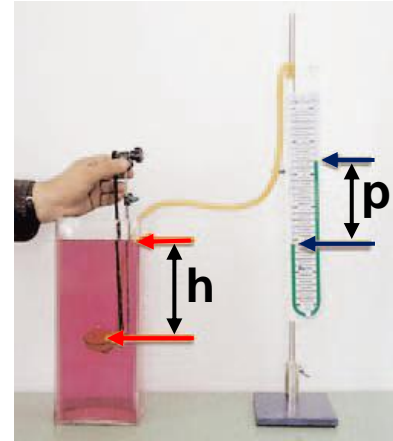
Η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη α) του ..... από την επιφάνεια του υγρού, β) της ..... του υγρού και γ) της ..... της.

2. Μαζί με το μεγαλύτερο αδελφό σου θέλετε να βαδίσετε πάνω σε μια λασπώδη επιφάνεια. Να χαρακτηρίσεις με Σ τις προτάσεις των οποίων το περιεχόμενο είναι επιστημονικά ορθό και με Λ αυτές που το περιεχόμενο τους είναι επιστημονικά λανθασμένο.

• Ο αδελφός σου επιμένει να τοποθετήσετε φαρδιές σανίδες πάνω στις οποίες να βαδίσετε. Η άποψή του: (α) Είναι σωστή, διότι έτσι δε θα γεμίσουν λάσπες τα παπούτσια σας. (β) Είναι λάθος, διότι οι σανίδες έχουν μεγάλο βάρος και έτσι θα βουλιάξετε ευκολότερα στη λάσπη. (γ) Είναι σωστή, διότι με αυτό τον τρόπο

μειώνετε την πίεση στο έδαφος και έτσι δε θα βουλιάξετε σε αυτό. (δ) Είναι λάθος, διότι με αυτό τον τρόπο αυξάνετε την πίεση στο έδαφος και έτσι θα βουλιάξετε σε αυτό. (ε) Τίποτε από όλα αυτά.

**3.** Στη διπλανή εικόνα παριστάνεται ένα μανόμετρο, όργανο με το οποίο μετράμε την υδροστατική πίεση (το  $p$  στο σχήμα είναι η ένδειξη της υδροστατικής πίεσης). Στις προτάσεις που ακολουθούν κύκλωσε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.



α. Αν αλλάξουμε τον προσανατολισμό της επιφάνειας της μεμβράνης από οριζόντια σε κατακόρυφη διατηρώντας τη στο ίδιο βάθος, τότε η ένδειξη  $p$  θα: (α) αυξηθεί, (β) μειωθεί, (γ) παραμείνει ίδια, (δ) μηδενιστεί, (ε) τίποτε από τα παραπάνω.

β. Αν διπλασιάσουμε το βάθος στο οποίο τοποθετούμε τη μεμβράνη: τότε η ένδειξη  $p$  θα: (α) παραμείνει ίδια, (β) διπλασιαστεί, (γ) γίνει η μισή, (δ) μηδενιστεί, (ε) τίποτε από τα παραπάνω.

γ. Αν αλλάξουμε το υγρό που περιέχεται στο μανόμετρο και τοποθετήσουμε ένα άλλο του οποίου η πυκνότητα

είναι το  $\frac{1}{2}$  της πυκνότητας του αρχικού υγρού

διατηρώντας τη μεμβράνη στο ίδιο βάθος: τότε η ένδειξη  $p$  θα: (α) παραμείνει ίδια, (β) διπλασιαστεί, (γ) γίνει η μισή, (δ) μηδενιστεί, (ε) τίποτε από τα παραπάνω.

δ. Αν μεταφέρουμε το δοχείο στην κορυφή του Έβερεστ: τότε η ένδειξη  $p$  θα: (α) παραμείνει ίδια, (β) αυξηθεί, (γ) μειωθεί, (δ) μηδενιστεί, (ε) τίποτε από τα παραπάνω.

ε. Αν τοποθετήσουμε το υγρό σε ένα άλλο δοχείο διαφορετικού σχήματος και προσθέσουμε υγρό έτσι ώστε να βυθίσουμε την επιφάνεια στο ίδιο βάθος: τότε η ένδειξη  $p$  θα: (α) παραμείνει ίδια, (β) αυξηθεί, (γ) μειωθεί, (δ) μηδενιστεί, (ε) τίποτε από τα παραπάνω.

### **Άνωση - Αρχή του Αρχιμήδη - Πλεύση**

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

- Σε κάθε σώμα που βυθίζεται μέσα σε υγρό ή αέριο, ασκείται δύναμη της οποίας η διεύθυνση είναι ..... και η φορά προς .....
- Η δύναμη αυτή ονομάζεται ..... Το μέτρο της άνωσης ισούται με το ..... του ..... που εκτοπίζεται από το σώμα.
- Όταν ένα σώμα επιπλέει στο υγρό, τότε η ..... είναι ίση με το ..... του σώματος.

5. Να χαρακτηρίσεις με Σ τις προτάσεις των οποίων το περιεχόμενο είναι επιστημονικά ορθό και με Λ αυτές που το περιεχόμενο τους είναι επιστημονικά λανθασμένο.

α. Όταν ένα σώμα βυθιστεί σε ρευστό, η βαρυτική δύναμη που η γη ασκεί σε αυτό μειώνεται.

β. Η άνωση οφείλεται στη διαφορά πιέσεων του ρευστού στην κάτω και την επάνω επιφάνεια ενός σώματος.

γ. Η άνωση είναι ανεξάρτητη από το σχήμα και το βάρος του σώματος που βυθίζεται σε ρευστό.

δ. Όταν το ίδιο σώμα βυθίζεται ολόκληρο σε διαφορετικά ρευστά, η δύναμη της άνωσης που του ασκούν είναι ίδια.

ε. Όταν η πυκνότητα ενός σώματος είναι μικρότερη ή ίση με την πυκνότητα του υγρού μέσα στο οποίο είναι βυθισμένο, τότε το σώμα επιπλέει στο υγρό.

**6.** Ένα μπαλόνι γεμάτο με αέριο ήλιο ανυψώνεται στον αέρα γιατί: Στις προτάσεις που ακολουθούν κύκλωσε το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

i. Η πυκνότητα του αερίου ηλίου είναι μικρότερη από την πυκνότητα του αέρα.

ii. Εξαιτίας της πίεσης από το ήλιο το οποίο βρίσκεται μέσα στο μπαλόνι, ασκούνται δυνάμεις που η συνισταμένη τους έχει φορά προς τα επάνω και μέτρο μεγαλύτερο από το βάρος του μπαλονιού.

iii. Εξαιτίας της πίεσης του αέρα ο οποίος περιβάλλει το μπαλόνι, ασκούνται δυνάμεις που η συνισταμένη τους έχει φορά προς τα επάνω και μέτρο μεγαλύτερο από το βάρος του μπαλονιού.

iv. Υπάρχει κενό αέρα πάνω από την ατμόσφαιρα.

**7.** Στο σχήμα παριστάνονται τρεις θέσεις ενός σιδερένιου κύβου καθώς βυθίζεται μέσα σε δοχείο με νερό.

i. Στη θέση A να σχεδιαστούν όλες οι δυνάμεις που ασκούνται από το νερό στον κύβο.

ii. Να σχεδιαστούν οι ανώσεις και στις τρεις θέσεις και να συγκριθούν μεταξύ τους.

iii. Στις προτάσεις που ακολουθούν να επιλέξεις το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

**A.** Όταν αυξάνεται το βάθος του υγρού, η πίεση του υγρού είναι: (α) μεγαλύτερη, (β) μικρότερη, (γ) ίδια.

**B.** Όταν αυξάνεται το βάθος του υγρού, η άνωση που ασκεί είναι: (α) μεγαλύτερη, (β) μικρότερη, (γ) ίδια.

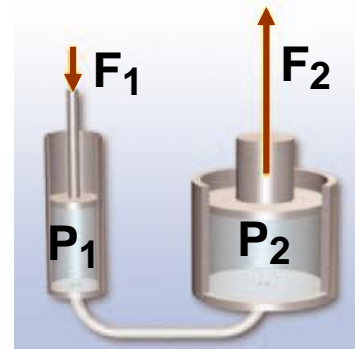


► Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις για τις ερωτήσεις που ακολουθούν

## Υδροστατική και Ατμοσφαιρική πίεση – Μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά

1. Σε μια επιφάνεια που έχει καλυφθεί από πλαστελίνη τοποθετούμε ένα ορθογώνιο σιδερένιο κουτί ώστε να ακουμπά στην πλαστελίνη με δυο τρόπους: (α) με τη μεγάλη επιφάνεια και (β) με τη μικρή επιφάνεια. Σε ποια περίπτωση το κουτί θα βουλιάξει περισσότερο στην πλαστελίνη; Να εξηγήσεις την επιλογή σου.

2. Στη διπλανή εικόνα παριστάνεται μια υδραυλική αντλία η οποία περιέχει λάδι. Στο έμβολο 1 ασκούμε δύναμη  $F_1$ . Αν γνωρίζουμε ότι το εμβαδόν του εμβόλου 2 είναι πενταπλάσιο του εμβαδού του εμβόλου 1, να συγκρίνεις τη δύναμη  $F_2$  που ασκεί το έμβολο 2 με την  $F_1$ . Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.



3. Μπορείς να ερμηνεύσεις γιατί: (α) Οι καμήλες έχουν μεγάλα επίπεδα πέλματα; (β) Οι σκιέρ φορούν χιονοπέδιλα; (γ) Τα τρακτέρ έχουν φαρδιά λάστιχα; (δ) «Κόβονται» τα δάχτυλά μας όταν σηκώσουμε ένα βαρύ δέμα από το νήμα που είναι δεμένο; (ε) Τα παπούτσια των αθλητών έχουν πέλματα με καρφιά; (στ) Ένα ακονισμένο μαχαίρι κόβει καλύτερα;

4. Να συγκρίνεις την πίεση του νερού στον πυθμένα ενός στενού σωλήνα ύψους 10 m με την πίεση που επικρατεί σε μια λίμνη σε βάθος 10 m, αν γνωρίζεις ότι ο σωλήνας είναι γεμάτος με νερό από την παραπάνω λίμνη.

**5.** Το υδροστατικό παράδοξο. Στη διπλανή εικόνα παριστάνονται τρία δοχεία διαφορετικού σχήματος τα οποία περιέχουν υγρό στο ίδιο ύψος. (α) Να συγκρίνεις τις πιέσεις στους πυθμένες των δοχείων. (β) Να συγκρίνεις τις δυνάμεις που ασκούνται από το υγρό στους πυθμένες των δοχείων. (γ) Να συγκρίνεις τις δυνάμεις που ασκούν τα δοχεία στο τραπέζι πάνω στο οποίο ισορροπούν.



**6.** Το αλεύρι που φαίνεται στη διπλανή εικόνα συσκευάζεται σε «κενό» αέρος, δηλαδή από τη σακούλα αφαιρείται ο ατμοσφαιρικός αέρας και στη συνέχεια σφραγίζεται. (α) Μπορείς να εξηγήσεις για ποιο λόγο το περιτύλιγμα κολλάει στο αλεύρι; (β) Μπορείς να προβλέψεις τι θα συμβεί εάν με μια καρφίτσα δημιουργήσεις μια μικρή οπή στο περιτύλιγμα;

**ΝΕΑ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ  
ΣΕ ΚΕΝΟ ΑΕΡΟΣ**



**7.** Γέμισε ένα ποτήρι μέχρι το χείλος του με νερό. Βάλε ένα φύλλο χαρτιού στα χείλη του ποτηριού. Πίεσε με την παλάμη σου το χαρτί στα χείλη του ποτηριού και αναποδογύρισε το ποτήρι πάνω από μια λεκάνη. Το νερό δε χύνεται. Μπορείς να εξηγήσεις γιατί συμβαίνει αυτό;

## Άνωση - Αρχή του Αρχιμήδη - Πλευση

**8.** Να χαρακτηρίσεις με Σ τις προτάσεις των οποίων το περιεχόμενο είναι επιστημονικά ορθό και με Λ αυτές που το περιεχόμενο τους είναι επιστημονικά λανθασμένο.

α. Κολυμπάς πιο εύκολα στη θάλασσα από ό,τι στην πισίνα.

β. Μια μικρή σιδερένια σφαίρα βυθίζεται στο νερό, ενώ μια μεγάλη ξύλινη επιπλέει.

γ. Τα υποβρύχια μπορούν να αναδύονται και να καταδύονται στη θάλασσα.

Να αιτιολογήσεις την επιλογή σου σε κάθε περίπτωση.

**9.** Γέμισε ένα μικρό πλαστικό μπουκάλι με νερό της βρύσης και άφησέ το σ' ένα δοχείο γεμάτο με το ίδιο νερό. Τότε θα παρατηρήσεις ότι το μπουκάλι πλέει, ενώ είναι ολόκληρο βυθισμένο ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του νερού.

α. Να σχεδιάσεις τις δυνάμεις που ασκούνται στο μπουκάλι. Να υπολογίσεις τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε αυτό.

β. Βυθίζουμε ολόκληρο το μπουκάλι μέσα σε οινόπνευμα και το αφήνουμε. Προς τα πού θα κινηθεί; Εξήγησε.

γ. Βυθίζουμε ολόκληρο το μπουκάλι μέσα σε αλατόνερο και το αφήνουμε. Προς τα πού θα κινηθεί; Εξήγησε.

Δίνονται οι πυκνότητες:

$$\rho_{\text{νερού}} = 1.000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}, \quad \rho_{\text{οινοπνεύματος}} = 800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3},$$

$$\rho_{\text{αλατόνερου}} = 1.200 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

**10.** Ένα πλοίο φορτωμένο με εμπορεύματα διαπλέει τον Ατλαντικό ωκεανό και μέσω του ποταμού του Αγίου Λαυρεντίου φθάνει στη λίμνη Μίτσιγκαν στην οποία βρίσκεται το λιμάνι του Σικάγου όπου και ξεφορτώνει.

i. Να συγκρίνεις τις ανώσεις που δέχεται το πλοίο: α) στον ωκεανό β) στο λιμάνι πριν ξεφορτώσει γ) στο λιμάνι αφού ξεφορτώσει.

ii. Από τις παρακάτω προτάσεις να επιλέξεις αυτή που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση: Το πλοίο βυθίζεται περισσότερο στο νερό ενώ είναι φορτωμένο (α) και πλέει στον ωκεανό (β) και πλέει στη λίμνη.

iii. Το πλοίο φθάνει στο λιμάνι και ξεφορτώνει το φορτίο του. (α) Πότε ασκείται μεγαλύτερη άνωση στο πλοίο; Όταν είναι φορτωμένο ή όταν είναι άδειο; (β) Σε ποια από τις δύο παραπάνω περιπτώσεις βυθίζεται περισσότερο στη θάλασσα;

Να δικαιολογήσεις τις επιλογές σου.

Δίνονται οι πυκνότητες:

του θαλασσινού νερού:  $\rho_{\text{θαλ.νερού}} = 1.030 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ ,

του νερού της λίμνης:  $\rho_{\text{νερού λίμνης}} = 1.000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

**11.** Ένα ποτήρι είναι γεμάτο με νερό. Στην επιφάνεια του επιπλέει ένα παγάκι.

α. Το παγάκι θα επέπλεε στο οινόπνευμα;

β. Το παγάκι λειώνει. Θα χυθεί νερό από το ποτήρι;

γ. Σε μια εφημερίδα διατυπώνεται η άποψη: «Μια αύξηση της θερμοκρασίας της γης θα είχε ως αποτέλεσμα να λιώσουν τα παγόβουνα των πολικών περιοχών, οπότε θα ανέβει η στάθμη των ωκεανών». Συμφωνείς με την παραπάνω άποψη; Υπενθυμίζουμε ότι τα παγόβουνα προέρχονται από τους παγετώνες της ξηράς.

Δίνονται οι πυκνότητες:  $\rho_{\text{νερού}} = 1.000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ ,

$\rho_{\text{ροϊνοπνεύματος}} = 800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ ,  $\rho_{\text{πάγου}} = 900 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ ,

$\rho_{\text{θαλασσινού νερού}} = 1.020 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ .

**12.** Σε μια ζυγαριά μπάνιου τοποθετείται ένα δοχείο με νερό. Η ζυγαριά δείχνει 195 N.

α. Στο δοχείο τοποθετείται μια πέτρα βάρους 8 N. Η πέτρα βυθίζεται στον πυθμένα του δοχείου. Ποια νομίζεις ότι θα είναι η ένδειξη της ζυγαριάς;

β. Αφαιρούμε την πέτρα και τοποθετούμε στο δοχείο ένα ψάρι βάρους 2 N. Ποια θα είναι η ένδειξη της ζυγαριάς, όταν το ψάρι κολυμπάει στο νερό του δοχείου;

**13.** Πλεύση σε υγρά που δεν αναμειγνύονται. Όταν σε ένα δοχείο τοποθετηθούν υγρά που δεν αναμειγνύονται, όπως νερό και λάδι, τότε αυτά ισορροπούν έτσι ώστε το πυκνότερο υγρό να βρίσκεται στον πυθμένα του δοχείου και το λιγότερο πυκνό στην επιφάνεια. Σε έναν ογκομετρικό κύλινδρο τοποθετούνται τρία υγρά και τρία στερεά από διαφορετικά υλικά. Με βάση τον παρακάτω πίνακα 4.3 να καθορίσεις τη διαδοχική σειρά με την οποία θα ισορροπήσουν.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.		
Υλικό	Πυκνότητα σε $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	Σειρά
Λάδι	0,9	
Νερό	1,0	
Υδράργυρος	13	
Ξύλο	0,5	
Πάγος	0,9	
Χάλυβας	8	

Σ' αυτές τις ασκήσεις η πυκνότητα του νερού να

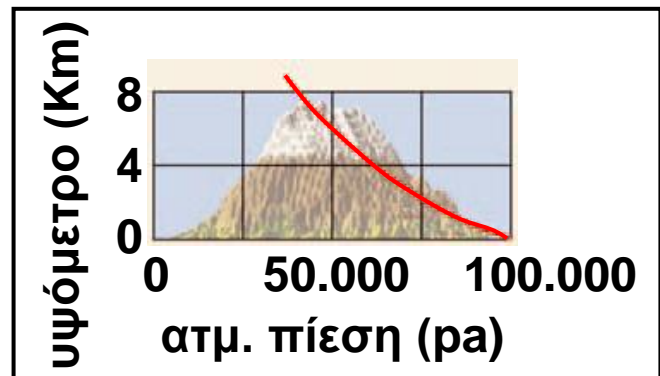
λαμβάνεται ίση με  $\rho_{\text{νερού}} = 1.000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$  και η επιτάχυνση

της βαρύτητας  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $\rho_{\text{θαλασσινού νερού}} = 1.020 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ ,

$\rho_{\text{χρυσού}} = 19300 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ .

## Υδροστατική και Ατμοσφαιρική πίεση - Μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά

1. Στο διπλανό διάγραμμα δίνεται δίνεται η μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης σε συνάρτηση με το ύψος από την επιφάνεια της γης. Να υπολογίσεις τη μεταβολή της πίεσης στον πυθμένα ενός δοχείου που περιέχει νερό σε βάθος 50 cm, καθώς αυτό μεταφέρεται από την επιφάνεια της θάλασσας (ύψος 0 km) στην κορυφή του Έβερεστ (ύψος 8 km).



Υπόδειξη: Θεωρήστε ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας στην κορυφή του Έβερεστ είναι ίση με αυτή στην επιφάνεια της γης.

2. Ένας μαθητής σπρώχνει με το δάκτυλο του το μολύβι του στη σελίδα του τετραδίου του ασκώντας δύναμη 10 N. Εάν το εμβαδόν της επιφάνειας της μύτης του μολυβιού είναι  $0,08 \text{ mm}^2$ , να βρεθεί η πίεση που ασκεί η μύτη του μολυβιού στη σελίδα του τετραδίου σε  $P_a$ .

**3.** Σ' ένα πλοίο δημιουργείται λόγω μιας σύγκρουσης ένα ρήγμα που έχει εμβαδόν  $100 \text{ cm}^2$  σε βάθος  $3 \text{ m}$  από την επιφάνεια της θάλασσας. Για να εμποδίσουμε την εισροή του νερού στο πλοίο, τοποθετούμε ένα ξύλινο πώμα στο ρήγμα. Ποιο είναι το μέτρο της ελάχιστης δύναμης που πρέπει να ασκήσουμε στο πώμα ώστε να εμποδίσουμε την εισροή του νερού;

**4.** Ένας δύτες βρίσκεται σε βάθος  $50 \text{ m}$ . (α) Να υπολογίσεις την πίεση στα τύμπανα των αυτιών του καθώς και το μέτρο της δύναμης που ασκείται από τη θάλασσα σε αυτά, αν γνωρίζεις ότι το εμβαδόν της επιφάνειας των τυμπάνων ενός αυτιού είναι περίπου  $1 \text{ cm}^2$ . β) Αν ο δύτες αντέχει σε συνολική πίεση  $5$  ατμοσφαιρών (πενταπλάσια της ατμοσφαιρικής), πόσο είναι το μέγιστο βάθος που μπορεί να κατεβεί;

**5.** Το εμβαδόν του μεγάλου και του μικρού εμβόλου μιας υδραυλικής αντλίας είναι  $1500 \text{ cm}^2$  και  $300 \text{ cm}^2$  αντίστοιχα. Μια μηχανή βάρους  $800 \text{ N}$  βρίσκεται στο μεγάλο έμβολο. Πόση δύναμη πρέπει να ασκηθεί στο μικρό έμβολο, ώστε να ανυψωθεί η μηχανή;

### **Άνωση - Αρχή του Αρχιμήδη - Πλεύση**

**6.** Μια χήνα επιπλέει στο νερό μιας λίμνης έχοντας το  $25\%$  του όγκου του σώματος της στο νερό. Ποια είναι η μέση πυκνότητα της χήνας;

**7.** Ένα κιβώτιο έχει σχήμα κύβου με ακμή  $0,5 \text{ m}$ . Το κιβώτιο ζυγίζει  $250 \text{ kg}$ . Αν το αφήσουμε στο νερό, θα επιπλεύσει ή θα βυθιστεί; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.

**8.** Από ένα ναυάγιο του 5ου π.Χ. αιώνα ανασύρεται με τη βοήθεια ενός καλωδίου από βάθος 500 m ένα χρυσό αγαλματίδιο μάζας 10 kg. Να υπολογίσεις (α) τη δύναμη της άνωσης που ασκείται στο αγαλματίδιο, (β) τη δύναμη που ασκεί το καλώδιο στο αγαλματίδιο, αν θεωρήσουμε ότι ανασύρεται με σταθερή ταχύτητα. (γ) τη δύναμη που ασκεί το καλώδιο στο αγαλματίδιο όταν αυτό βρίσκεται ολόκληρο έξω από το νερό.

**9.** Τα παγόβουνα είναι κομμάτια παγετώνων της ξηράς που αποκόπτονται και επιπλέουν στη θάλασσα. Με βάση τις πυκνότητες πάγου και θαλάσσιου νερού μπορείς να βρεις πόσο μέρος του όγκου του παγόβουνου είναι βυθισμένο στο νερό;



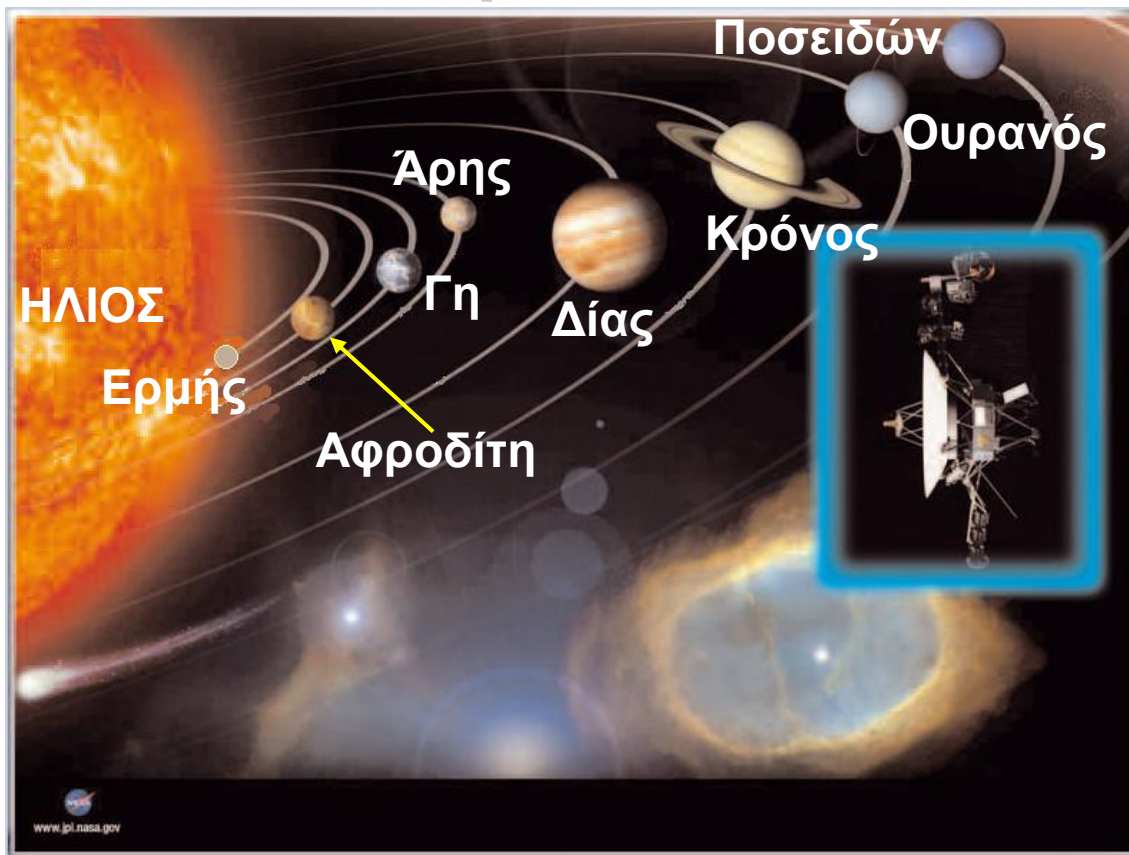
## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Πίεση ονομάζεται το πηλίκο της κάθετης δύναμης που ασκείται σε μια επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής.
- Υδροστατική πίεση ονομάζεται η πίεση που ασκούν τα υγρά που ισορροπούν.
- Η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη της πυκνότητας του υγρού, του βάθους και της επιτάχυνσης της βαρύτητας.
- Κάθε μεταβολή της πίεσης σε οποιοδήποτε σημείο ενός περιορισμένου ρευστού προκαλεί ίση μεταβολή της πίεσης σε όλα τα σημεία του.
- Ατμοσφαιρική πίεση ονομάζεται η πίεση που ασκεί η ατμόσφαιρα.
- Η υδροστατική και η ατμοσφαιρική πίεση οφείλονται στη βαρύτητα.
- Η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης μειώνεται όσο αυξάνει το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας.
- Άνωση ονομάζεται η δύναμη που ασκούν τα ρευστά σε κάθε σώμα που βυθίζεται σε αυτά. Η διεύθυνσή της είναι κατακόρυφη, η φορά της αντίθετη του βάρους και το μέτρο της ίσο με το βάρος του υγρού που εκτοπίζει το σώμα.
- Ένα σώμα επιπλέει όταν η άνωση ισούται με το βάρος του. Τα σώματα που επιπλέουν έχουν πυκνότητα μικρότερη από την πυκνότητα του υγρού μέσα στο οποίο είναι βυθισμένα.

## ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Πίεση	Ατμοσφαιρική Πίεση
Αρχή του Αρχιμήδη	Υδροστατική Πίεση
Άνωση	Πλεύση
Αρχή του Πασκάλ	

# 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 ζύγιζε 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

## ΕΝΕΡΓΕΙΑ: ΜΙΑ ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

## Εικόνα 5.1.

## Φυσική και Ιστορία

«Πυρ το αείζων» Φωτιά η αιώνια: Αιτία διαρκούς αλλαγής. Ρωμαϊκό αντίγραφο αγάλματος φιλοσόφου, πιθανόν του Ηρακλείτου (Διαδικτυακός κόμβος Μουσείου Ηρακλείου)



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 αντιμετώπιζονταν 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;

### Φυσική και Περιβάλλον

#### Εικόνα 5.2. Κουβέιτ.

Πετρελαϊκός σταθμός που καίγεται κατά τη διάρκεια του πολέμου του Περσικού Κόλπου.

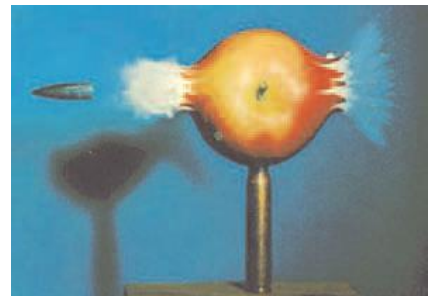


Η χρησιμοποίηση ενέργειας είναι απαραίτητη για τη λειτουργία της ανθρώπινης κοινωνίας. Όμως σε πολλές περιπτώσεις, μπορεί να προκαλέσει οικολογικές καταστροφές.

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).

### **Εικόνα 5.3.**

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



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-Αντιρίου ήταν ένα δύσκολο έργο.

### Φυσική και Ιστορία

#### Εικόνα 5.4.

Το κοριτσάκι της εικόνας ανυψώνει εύκολα τον πατέρα του. Όσο πιο κοντά βρίσκεται ο πατέρας στον άξονα

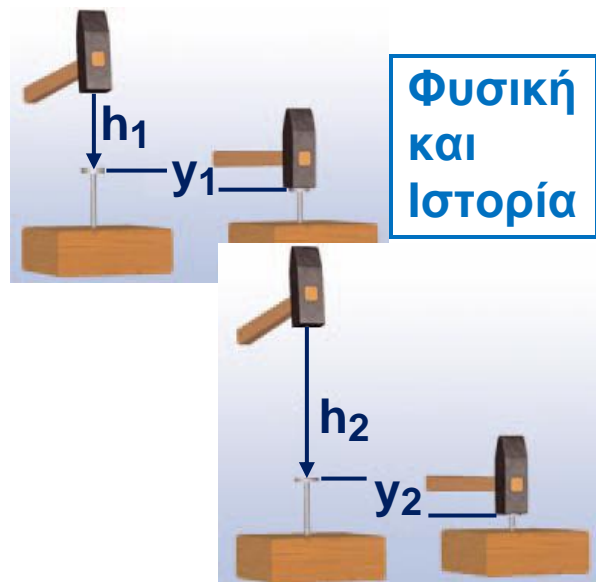


περιστροφής, τόσο μικρότερη είναι δύναμη που ασκεί το κοριτσάκι. Η ιδέα να συνδεθεί η δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα με τη μετατόπιση αποδίδεται στον Αρχιμήδη (3ος π.Χ. αιώνας) και στον Ήρωνα τον Αλεξανδρέα (1ος μ.Χ. αιώνας).

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 αποκάλεσε το γινόμενο της δύναμης με τη μετατόπιση, έργο.

### 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.



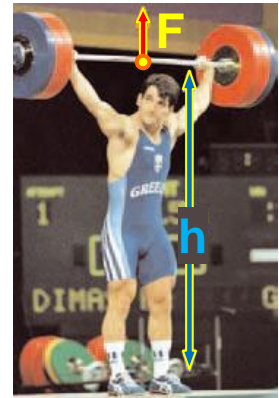
Σήμερα, με την έννοια του έργου περιγράφουμε τη μεταφορά ή τη μετατροπή της ενέργειας κατά τη δράση μιας δύναμης. Για παράδειγμα, όταν τακτοποιείς τη βιβλιοθήκη σου και ανεβάζεις τα βιβλία από το χαμηλότερο ράφι της στο υψηλότερο, θα κουραστείς. Τα βιβλία, μέσω της δύναμης που τους ασκείς, αποκτούν ενέργεια. 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.

### 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.



### 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:

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

### 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.



### 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

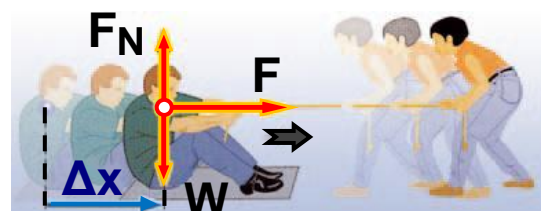
Το έργο μπορεί να είναι θετικό, αρνητικό ή μηδέν. Είναι θετικό όταν η δύναμη έχει την ίδια κατεύθυνση με τη μετατόπιση του σώματος. Δηλαδή, όταν η δύναμη προκαλεί την κίνηση, όπως συμβαίνει με τη δύναμη που ασκεί το άλογο στην εικόνα 5.7.α.

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.

### Εικόνα 5.8.

Το αγόρι που κάθεται 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.

## 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 αρσιβαρίστας 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 μετατόπιση της έχουν αντίθετες κατευθύνσεις (εικόνα 5.9). Επομένως, το έργο του βάρους της μπάρας είναι αρνητικό:

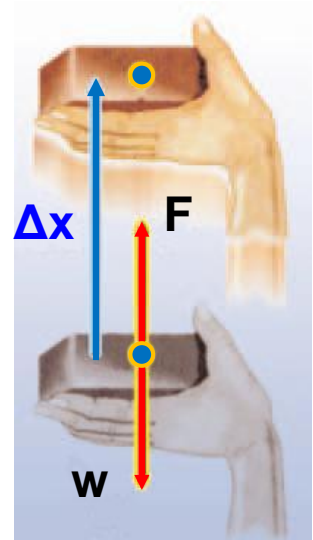
$$W_w = - w \cdot h$$

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

$$W_F = F \cdot h$$

#### Εικόνα 5.9.

Ανεβάζουμε πολύ αργά με το χέρι μας το τούβλο κατά ύψος  $h$ . Η δύναμη  $F$  είναι ελάχιστα 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:  $W_F = - w \cdot \Delta x = - w \cdot h$ .



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

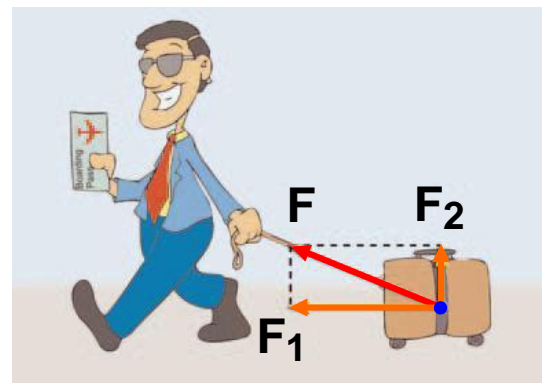
Σύρουμε μια βαλίτσα πάνω σε οριζόντιο έδαφος (εικόνα 5.10). Πόσο έργο παράγει η δύναμη που ασκούμε στη βαλίτσα;

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:

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

### **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.

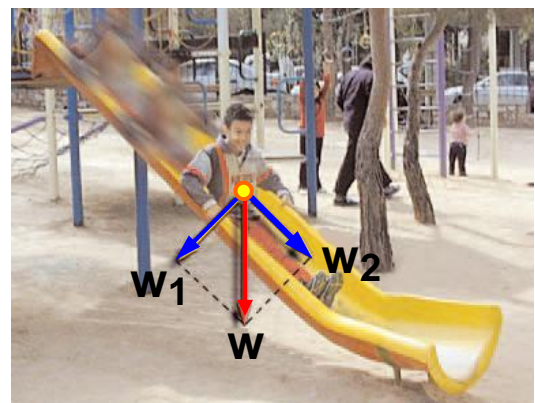


Πόσο έργο παράγεται από το βάρος του παιδιού, όταν αυτό κατεβαίνει την τσουλήθρα (εικόνα 5.7);

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

### **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.



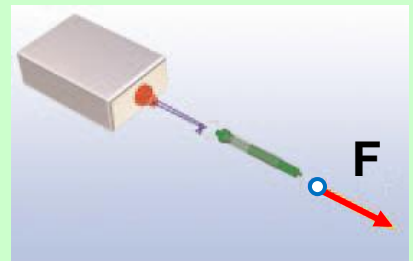
Το βάρος του παιδιού που κινείται στο κεκλιμένο επίπεδο έχει κατεύθυνση πλάγια σε σχέση με τη μετατόπιση του παιδιού (εικόνα 5.11). Έτσι, για να υπολογίσουμε το έργο του βάρους του, πρέπει να το αναλύσουμε σε δύο συνιστώσες: μια κάθετη στο κεκλιμένο επίπεδο ( $w_1$ ) και μια παράλληλη σε αυτό ( $w_2$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

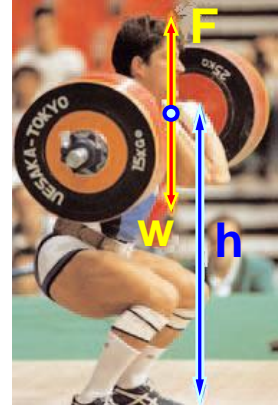
- ▶ Να συνδέσεις με τη βοήθεια ενός νήματος ένα δυναμόμετρο με κιβώτιο μάζας 1 kg.
- ▶ Τράβηξε το κιβώτιο ώστε να κινείται με σταθερή ταχύτητα πάνω στο θρανίο σου, κρατώντας το νήμα παράλληλο προς το θρανίο.
- ▶ Ποια είναι η ένδειξη του δυναμομέτρου;
- ▶ Γιατί πρέπει να ασκείς δύναμη στο κιβώτιο ώστε 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	Ζητούμενα	Βασική εξίσωση
$W = 2.000 \text{ N}$ $\Delta x = 2 \text{ m}$	$W_w$ (έργο)	$W = F \cdot \Delta x$



### Λύση

**Βήμα 1:** Σχεδιάζουμε τις δυνάμεις που ασκούνται στη 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.

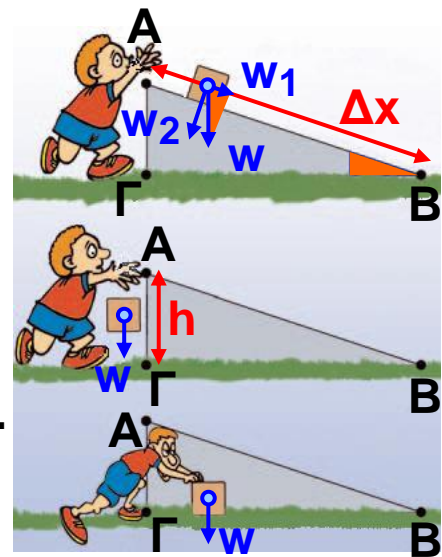
**Βήμα 3:** Εφαρμόζουμε τη βασική εξίσωση: Η δύναμη  $F$  και η μετατόπιση  $\Delta x$  έχουν ίδιες κατευθύνσεις.

Άρα  $W = F \cdot \Delta x$ , ή  $W = 2.000 \text{ N} \cdot 2 \text{ m}$ , 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 Α στο Γ και στη συνέχεια σπρώξε το πάνω στο οριζόντιο επίπεδο από το Γ έως το Β. Υπολόγισε τώρα το έργο του βάρους.

**Απόδειξε ότι<sup>1</sup>**:  $w_1 / ΑΓ = w / ΑΒ$  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 ΑΒ είτε κινείται κατακόρυφα από το Α στο Γ, οπότε το έργο είναι  $W_w = w \cdot h$  και στη συνέχεια κινείται οριζόντια μέχρι το Γ, 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 ημίτονου γωνίας.

## 5.2 Δυναμική - κινητική ενέργεια Δύο βασικές μορφές ενέργειας

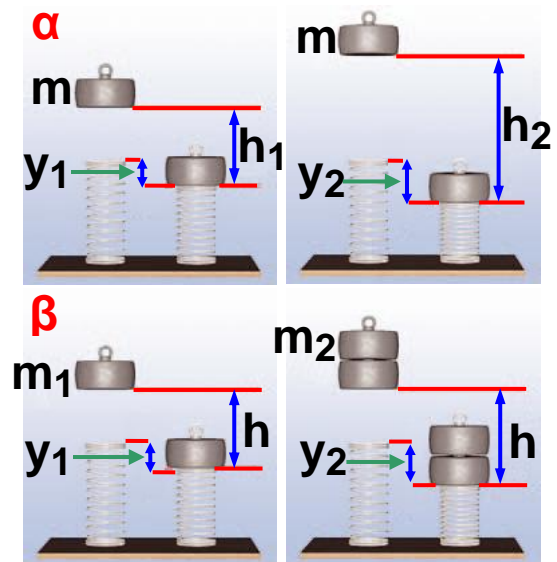
Η ενέργεια εμφανίζεται με πολλές μορφές. Στη συνέχεια θα μελετήσουμε τις δύο από τις συνηθέστερες μορφές της ενέργειας, τη δυναμική και την κινητική.

### 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).

### 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.



### 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):

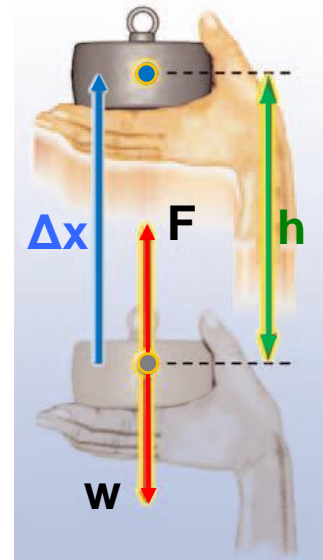
$$U_{\text{δυναμική}} = w \cdot h = m \cdot g \cdot h \quad (5.2)$$

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.

**Εικόνα 5.13.**

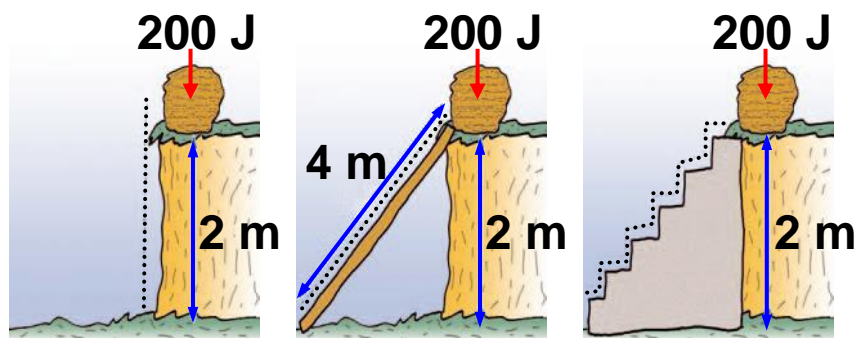
Η δύναμη  $F$  που ασκεί το χέρι στον κύλινδρο είναι ίση με το βάρος του κυλίνδρου  $w$ :  $F = w$ . Το έργο της δύναμης  $F$  είναι ίσο με  $W_F = F \cdot \Delta x$  ή  $W_F = w \cdot \Delta x$  ή  $W_F = w \cdot h$ .



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 5.14.**

Ανεβάζουμε μια πέτρα βάρους 100 N σε ύψος 2 m με τρεις τρόπους:



- (α) ασκώντας κατακόρυφη δύναμη 100 N,
- (β) σπρώχνοντάς τη με δύναμη 50 N σε ένα κεκλιμένο επίπεδο μήκους 4 m και
- (γ) ανεβάζοντάς τη διαδοχικά σε 4 σκαλοπάτια ύψους 0,5 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 J.

Ένα μήλο με μάζα  $0,1 \text{ kg}$  έχει βάρος περίπου  $1 \text{ N}$ . Όταν βρίσκεται σε ύψος  $1 \text{ m}$  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.

#### **Εικόνα 5.15.**

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



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 παραμόρφωσης 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).

### 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.



#### 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:

i. 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.



ii. 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	Ζητούμενα	Βασική εξίσωση
$m = 0,8 \text{ Kgr}$ Ύψη: $h_1 = 3 \text{ m},$ $h_2 = 3 \text{ m},$ $h_3 = 2,5 \text{ m}$	i. Βαρυτική δυναμική ενέργεια ii. Μεταβολή της δυναμικής ενέργειας	$U_{\delta} = w \cdot h$

### 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**

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

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

$$U_{\delta_{\alpha}} = (8 \text{ N}) \cdot (3 \text{ m}) \text{ ή } U_{\delta_{\alpha}} = 24 \text{ J}$$

**Επίπεδο αναφοράς το κεφάλι της παίκτριας**

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

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

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

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:

$$\Delta U' = U'_T - U'_A$$

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

$$\Delta U' = 8,8 \text{ J} - 4,8 \text{ J} \quad \text{ή} \quad \Delta U' = 4 \text{ J}$$

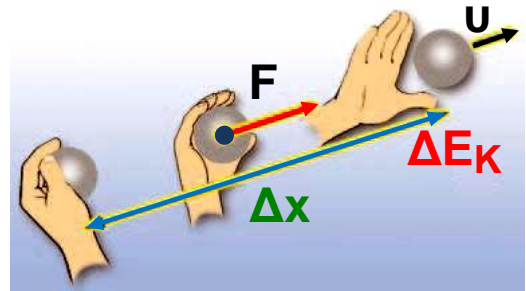
**Μια σημαντική παρατήρηση:** Η μεταβολή της δυναμικής ενέργειας δεν εξαρτάται από την επιφάνεια σε σχέση με την οποία μετράς τη δυναμική ενέργεια.

## **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**.

### 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.



### Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η κινητική ενέργεια;

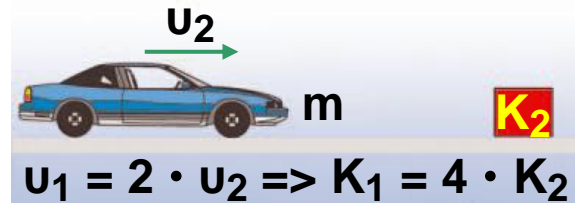
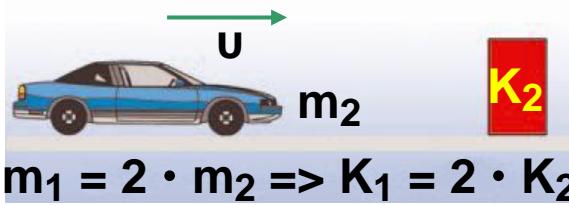
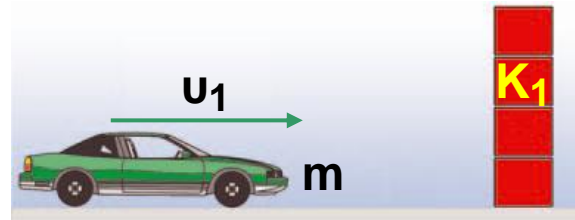
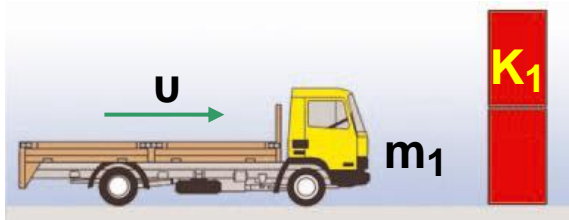
Στο προηγούμενο παράδειγμα, όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα της σφαίρας, τόσο μεγαλύτερη είναι και η λακκούβα που ανοίγει στο έδαφος. Ας μελετήσουμε άλλο ένα παράδειγμα μεταβολής που προκαλείται εξ αιτίας της κινητικής ενέργειας. Με ένα σφυρί κτυπάς ένα καρφί. Όταν το σφυρί συναντά το καρφί, έχει κάποια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

**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



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.

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:

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

όπου  $m$  η μάζα του σώματος και  $u$  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  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  και (β) βαδίζει με ταχύτητα  $4,32 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Δίνεται ότι η μάζα του δρομέα είναι 70 kg.

#### Δεδομένα

$$m = 70 \text{ Kgr}$$

Ταχύτητα:

$$u_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad u_2 = 4,32 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{4.320 \text{ m}}{3.600 \text{ s}} = 1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

#### Ζητούμενα

Κινητική ενέργεια :  $E_k$

#### Βασική εξίσωση

$$E_k = \frac{1}{2} m \cdot u^2$$

#### Λύση

$$E_{k_1} = \frac{1}{2} \cdot 70 \text{ Kg} \cdot \left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \quad \text{ή} \quad E_{k_1} = 3.500 \text{ J}$$

$$E_{k_2} = \frac{1}{2} \cdot 70 \text{ Kg} \cdot \left(1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \quad \text{ή} \quad E_{k_2} = 50,4 \text{ J}$$

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1.****ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ  
ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ**

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**<sup>1</sup> 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;**

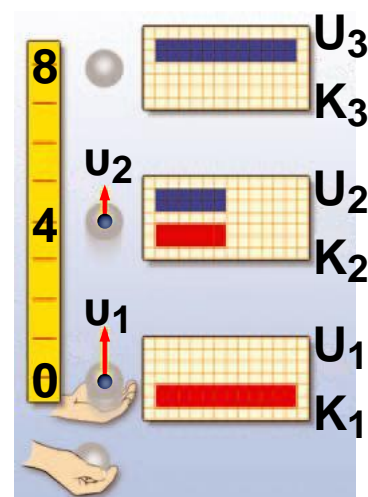
### 5.3 Η μηχανική ενέργεια και η διατήρησή της

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.

#### 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 κίνηση 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;

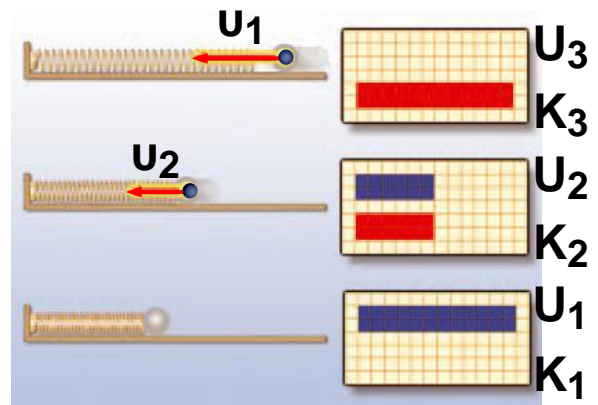
### Εικόνα 5.20.

(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.



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.

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:

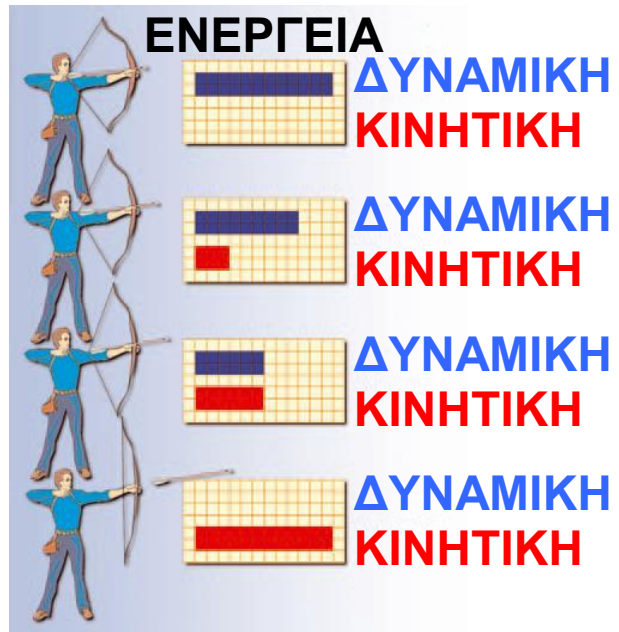
Όταν σ' ένα σώμα ή σύστημα επιδρούν μόνο βαρυτικές, ηλεκτρικές ή δυνάμεις ελαστικής παραμόρφωσης, η μηχανική του ενέργεια διατηρείται σταθερή.

### **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;

$$\text{Δίνεται } g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

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

συνέχεια στις 2 επόμενες σελίδες →

<b>Δεδομένα</b>	Ύψος: $h = 1,8 \text{ m}$
<b>Βασικοί ορισμοί</b>	$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot u^2$ $U_\delta = m \cdot g \cdot h$ Θεώρημα διατήρησης μηχανικής ενέργειας: $E_{\text{μηχανική τελική}} = E_{\text{μηχανική αρχική}}$
<b>Ζητούμενα</b>	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 ταχύτητα της είναι μηδέν:  $u_\alpha = 0$ .

Επομένως, και η κινητική της ενέργεια είναι μηδέν:

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

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

Η αρχική μηχανική ενέργεια της πέτρας στο ύψος  $h$  είναι:  $E_{\text{μηχανική αρχική}} = E_{\text{κιν, } \alpha} + U_{\delta\text{υν } \alpha}$  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 ( $U_{\delta\text{υν } \tau}$ ) της πέτρας τη στιγμή που φτάνει στο έδαφος είναι ίση με μηδέν, γιατί βρίσκεται σε μηδενικό ύψος απ' αυτό:  $U_{\delta\text{υν}} = 0 \text{ J}$ .

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

$$E_{\text{μηχανική τελική}} = E_{\text{Κιν, Τ}} + U_{\text{δυν, Τ}}$$
$$E_{\text{μηχανική τελική}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot u_{\text{T}}^2 \quad (2)$$

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

$E_{\text{μηχανική τελική}} = E_{\text{μηχανική αρχική}}$  ή από (1) και (2)

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

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

$$u = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1.8 \text{ m}} \quad \text{ή} \quad u = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

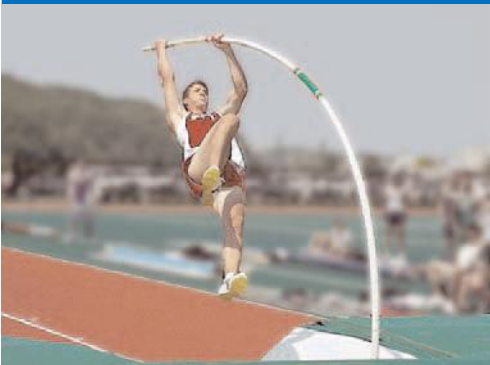
**Μια σημαντική παρατήρηση:** Παρατήρησε ότι η τελική ταχύτητα που φθάνει η πέτρα στο έδαφος δεν εξαρτάται από τη μάζα της. Δηλαδή, αν αφήσουμε από το ίδιο ύψος ένα μικρό πετραδάκι και μια μεγάλη πέτρα, θα φθάσουν στο έδαφος με την ίδια ταχύτητα, εφόσον δε λάβουμε υπόψη την αντίσταση του αέρα.

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 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).

### 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).

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 τρένα όμως και στα ηλεκτρικά τρένα η **ηλεκτρική ενέργεια** μετατρέπεται σε **κινητική** των οχημάτων.

### 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.



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.

## Φυσική και Χημεία

### Εικόνα 5.24.

#### Χημικές αντιδράσεις 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**

<b>Φυσικό φαινόμενο</b>	<b>Τιμές ενέργειας σε J κατά προσέγγιση</b>
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 Χ	$10^3$
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.

### Εικόνα 5.25.

Οι μηχανές μετατρέπουν μια μορφή ενέργειας σε άλλη.



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.

Αρχική μορφή ενέργειας	ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3.	
	Διαδικασία-Σώμα-Μηχανή	Τελική
ΜΗΧΑΝΙΚΗ	Μοχλός	Μηχανική
	Αντλία θερμότητας	Θερμική
	Δυναμογεννήτρια	Ηλεκτρική
ΘΕΡΜΙΚΗ	Ατμομηχανή	Μηχανική
	Φούρνος	Θερμική
	Θερμοζεύγος	Ηλεκτρική
	Πυρόλυση	Χημική
	Λαμπτήρας πυράκτωσης	Ακτινοβολία
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ	Ηλεκτρικός κινητήρας	Μηχανική
	Ψηστήρα	Θερμική
	Μετασχηματιστής	Ηλεκτρική
	Ηλεκτρόλυση	Χημική
	Λαμπτήρας φθορισμού	Ακτινοβολία
ΧΗΜΙΚΗ	Μυς	Μηχανική
	Καύσιμα	Θερμική
	Μπαταρία	Ηλεκτρική
	Χημική αντίδραση	Χημική
	Χημική φωταύγεια	Ακτινοβολία
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	Ραδιόμετρο	Μηχανική
	Ηλιακός θερμοσίφωνας	Θερμική
	Φωτοκύτταρο	Ηλεκτρική
	Φωτογραφία	Χημική
	Λέιζερ	Ακτινοβολία
	Φωτοσύνθεση	Χημική
ΠΥΡΗΝΙΚΗ	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;

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.

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 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).



**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 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;

### Ο ήλιος: πρωταρχική πηγή ενέργειας

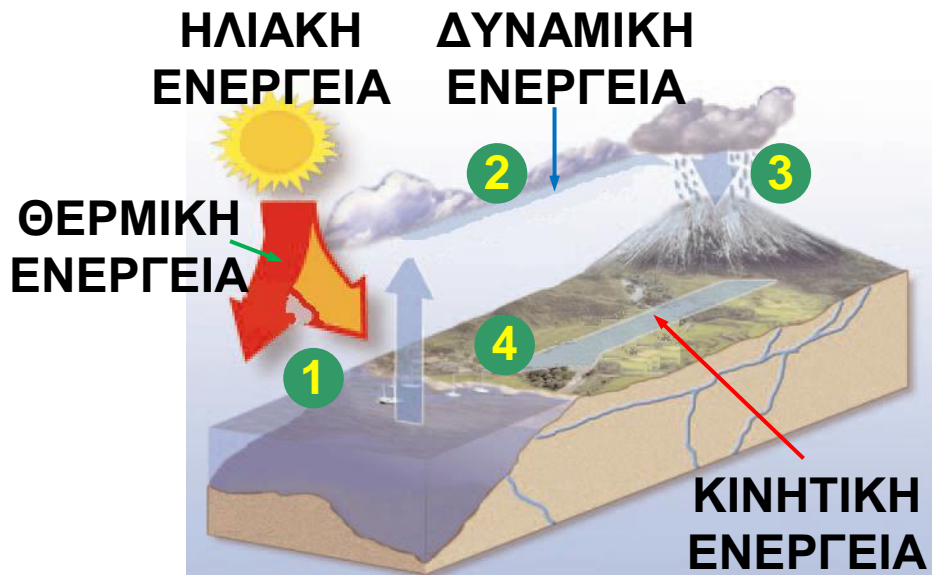
Κύρια πηγή ενέργειας για τον πλανήτη μας είναι ο ήλιος. Στο εσωτερικό του ήλιου πραγματοποιούνται πυρηνικές αντιδράσεις με τις οποίες πυρηνική ενέργεια μετατρέπεται τελικά σε ενέργεια ακτινοβολίας. Ένα μικρό μέρος της ηλιακής ενέργειας φθάνει στη γη. Ο ήλιος θεωρείται σταθερή και ανεξάντλητη πηγή ενέργειας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

#### 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 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.

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**

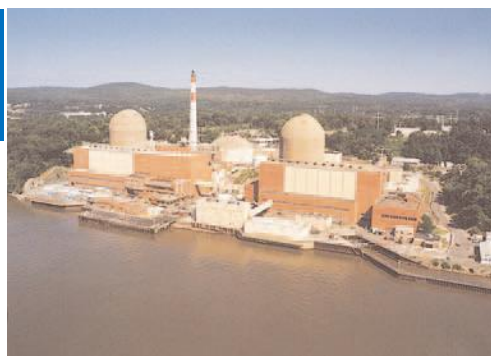
Η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στα ορυκτά καύσιμα, στον άνθρακα, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο οφείλεται στον ήλιο. Αυτά τα καύσιμα προήλθαν από φυτά και υδρόβιους οργανισμούς τα οποία βρέθηκαν στο εσωτερικό της γης σε κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης και μετασχηματίστηκαν σε διάστημα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

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).

## Φυσική και Κοινωνία και Οικονομία



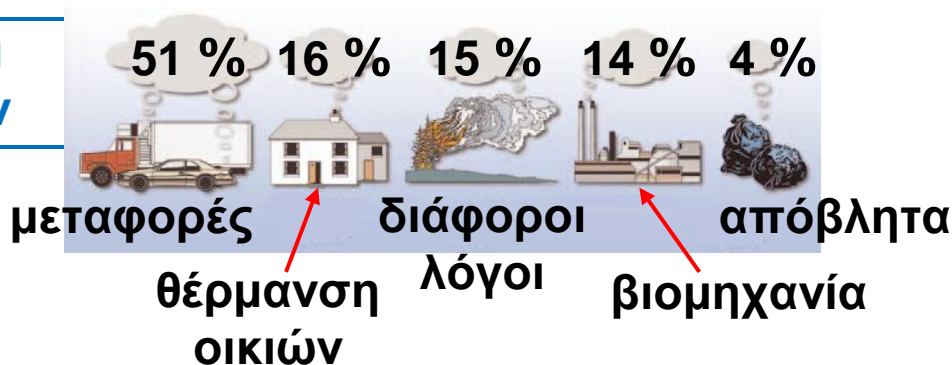
### Εικόνα 5.30.

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;

## Φυσική και Περιβάλλον



### Εικόνα 5.31.

#### Ατμοσφαιρική ρύπανση

Η χρήση των ορυκτών καυσίμων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Στη παραπάνω 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.

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.

## **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 παράδειγμα τα νησιά του Αιγαίου (εικόνα 5.32).

### **Εικόνα 5.32.**

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



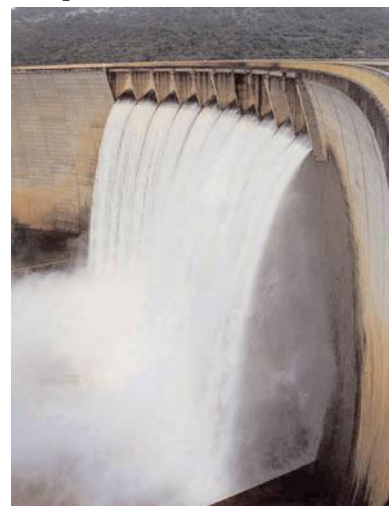
### **Υδραυλική ενέργεια**

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.



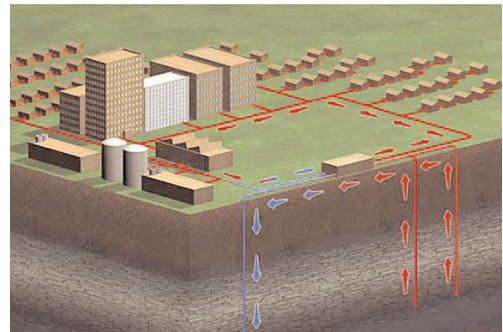
### **Γεωθερμική ενέργεια**

Η γεωθερμική ενέργεια σχετίζεται με τη θερμική ενέργεια των υπόγειων 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

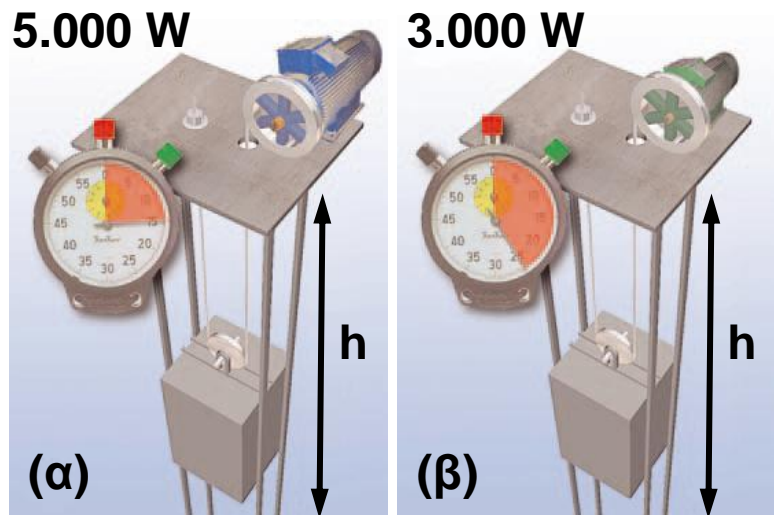
$$P = \frac{W}{t} = \frac{E}{t}$$

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 αεροπλάνου αναπτύσσει ισχύ 1.200 φορές μεγαλύτερη από εκείνη του αυτοκινήτου.

### 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.

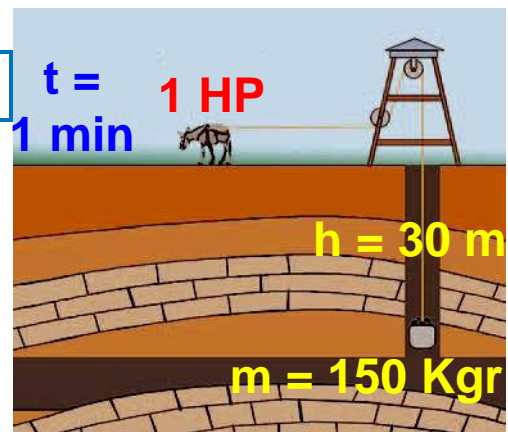
## Εικόνα 5.38.

### Ορισμός

Φυσική και Ιστορία

### 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.

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

<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
<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;

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

### Λύση

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

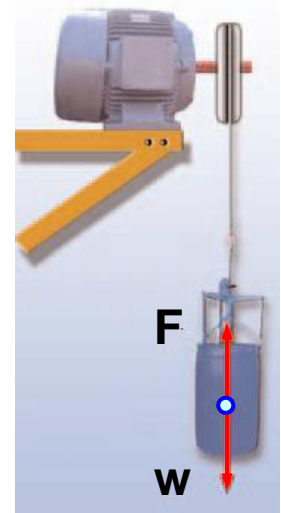
- (α) Από απόσταση: Το βάρος  $w$ ,  
(β) από επαφή: η δύναμη από τον κινητήρα (μέσω του μεταλλικού σκοινιού):  $F$

**Βήμα 2:** Υπολογισμός της  $F$ . Επειδή το κιβώτιο κινείται με σταθερή ταχύτητα από τον Α νόμο του Νεύτωνα:

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

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

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



► 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:

ι. 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 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.

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 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: (στην επόμενη σελίδα)

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:  $\eta = \text{-----}$

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

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.** 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 παρά-γουν 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 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 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  $2,22 \cdot 10^6 \text{ N}$  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  $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . 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  $30 \frac{m}{s}$ . Ξαφνικά το αυτοκίνητο πέφτει πάνω σε 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 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 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  $30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  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 μετατόπιση 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 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, 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.

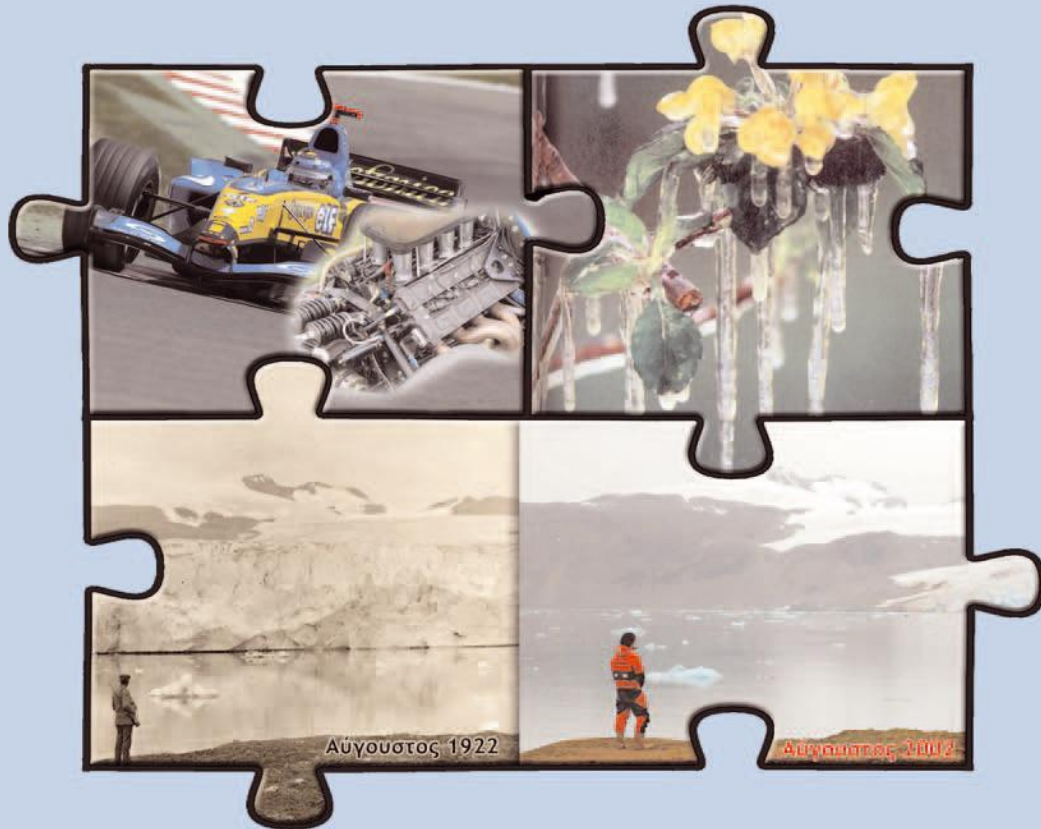
## **ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ**

Ενέργεια	Δυναμική Ενέργεια
Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας	Έργο
Μηχανική Ενέργεια	Απόδοση
Κινητική Ενέργεια	Συμβατικές μορφές Ενέργειας
Ισχύς	

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. Κατασκεύασε 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 I 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.

# ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

## 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).

### Φυσική και Μυθολογία

#### Εικόνα 6.1.

#### Η φωτιά των θεών

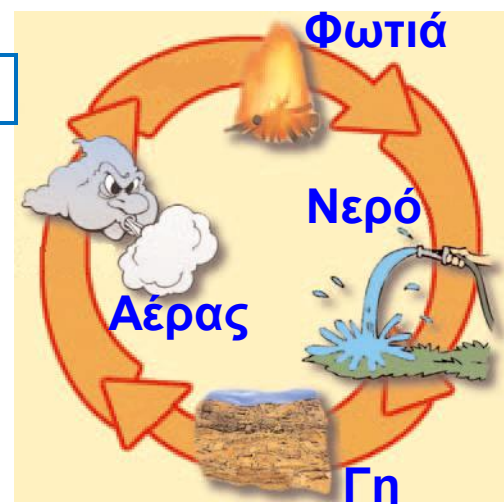
Σύμφωνα με την αρχαία ελληνική μυθολογία, ο Προμηθέας κατάφερε να κλέψει τη φωτιά των θεών και να τη χαρίσει στους θνητούς. Κρύφτηκε πίσω από ένα σύννεφο και άναψε τη δάδα τρίβοντας την στους τροχούς του άρματος του Φαέθοντα. Για την ενέργεια του αυτή, τιμωρήθηκε σκληρά από το θεό Δία.



### Φυσική και Ιστορία

#### 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 βοήθεια 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.

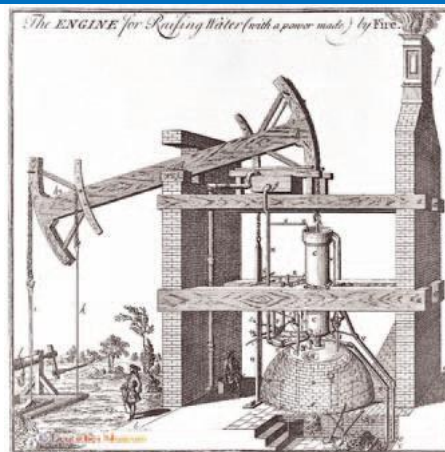
### Εικόνα 6.3.

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;

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 6.4.

**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.



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

### **Εικόνα 6.5.**

Μέσα σε ζεστό και σε παγωμένο νερό βυθίζουμε από ένα θερμόμετρο.

Κατόπιν, βυθίζουμε

τα θερμόμετρα μέσα σε ένα φλιτζάνι χλιαρό τσάι. Μέσα στο τσάι η ένδειξη των θερμομέτρων είναι η ίδια. Με το θερμόμετρο μετράμε αντικειμενικά τη θερμοκρασία ενός σώματος.



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

### **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.

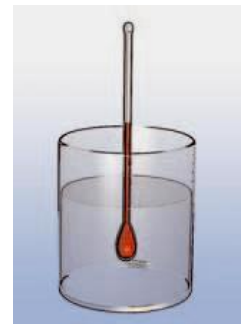
Υπάρχουν διάφορες κλίμακες μέτρησης της θερμοκρασίας. Αυτή που έχει καθιερωθεί στην Ευρώπη και χρησιμοποιείται τόσο στη επιστήμη όσο και στην καθημερινή ζωή και τη βιομηχανία είναι η εκατονταβάθμια ή κλίμακα Κελσίου. Για τη δημιουργία

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 κλίμακας 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.

### Εικόνα 6.6.

#### Μέτρηση σωστά τη θερμοκρασία.

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



### Εικόνα 6.7.

#### Το θερμοσκόπιο του Γαλιλαίου.

(Δεν ονομάζεται θερμομόμετρο, 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.

### Φυσική και Ιστορία

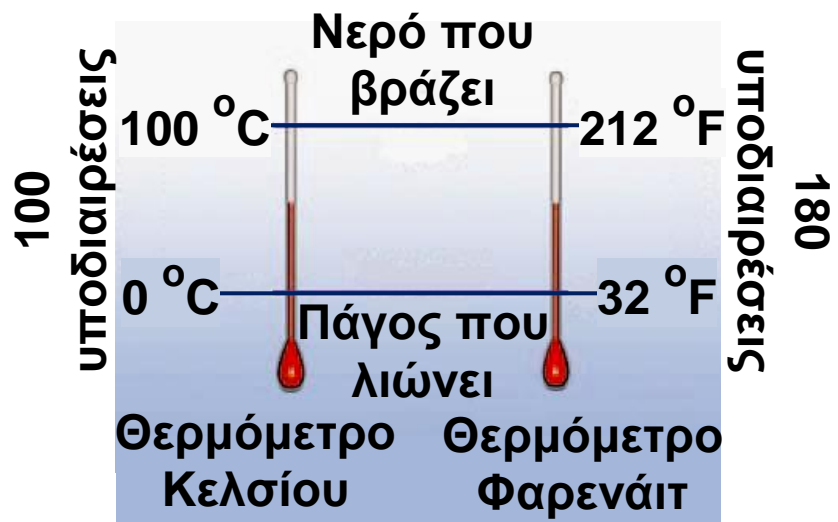


## Η κλίμακα Φαρενάιτ

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 εργαστήριό 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):

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

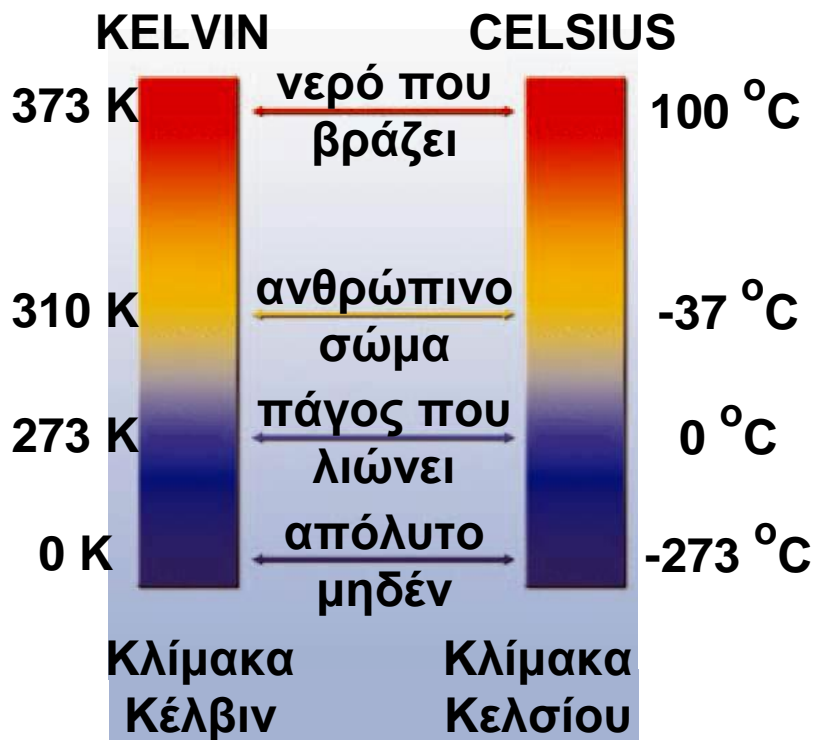
όπου  $T_F$  η θερμοκρασία σε βαθμούς Φαρενάιτ και  $T_C$  η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου.



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 Κελσίου 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  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Έτσι, οι επιστήμονες αντιστοίχισαν το μηδέν μιας νέας κλίμακας θερμοκρασιών στους  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ . 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 εργαστήρια. Θερμοκρασίες 20.000.000 Κ υπάρχουν στο εσωτερικό των αστέρων, όπως στον Ήλιο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1.			
Ο ΚΟΣΜΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΤΟΥ			
	Κ	°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

συνεχίζεται στην επόμενη σελίδα →

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1.			
Ο ΚΟΣΜΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΤΟΥ			
	Κ	°C	Είδος θερμότητας
Στερεοποίηση του διοξειδίου του άνθρακα (ξηρός πάγος)	195	-78	Θερμόμετρο οινόπνεύματος
Ο πάγος λιώνει / Το νερό στερεοποιείται	273,15	0	Υδραργυρικό
Ανθρώπινο σώμα	310	37	Υδραργυρικό
Βρασμός του νερού	373,15	100	Υδραργυρικό
Ο χρυσός λιώνει	1,337	1,064	Θερμόμετρο ηλεκτρικής αντίστασης
Φλόγα	2,500	2,200	Πυρόμετρο - Θερμόμετρο ακτινοβολίας
Κέντρο της γης	16,000	15,700	Θεωρητικά
Κέντρο του ήλιου	107	107	Θεωρητικά
Αστέρες νετρονίων	109	109	Θεωρητικά

### Φυσική και Κοσμολογία και Τεχνολογία

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

Γνωρίζουμε ότι όλα τα σώματα που έχουν θερμοκρασία μεγαλύτερη από το απόλυτο μηδέν εκπέμπουν ενέργεια με τη μορφή ακτινοβολίας.



ΠΥΡΟΜΕΤΡΟ

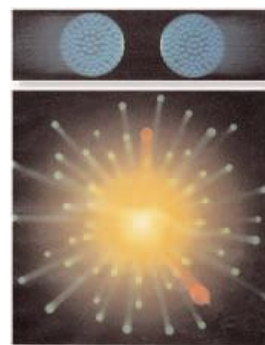
Τα χαρακτηριστικά αυτής της ακτινοβολίας συσχετίζονται με τη θερμοκρασία του σώματος που την εκπέμπει. Έτσι, για παράδειγμα, όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του μεταλλικού νήματος ενός λαμπτήρα πυράκτωσης, το χρώμα του νήματος αλλάζει από κόκκινο σε κίτρινο και τέλος σε λευκό. Επομένως, καταγράφοντας με 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...**

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.



### **Η ΜΙΚΡΗ -ΜΕΓΑΛΗ ΕΚΡΗΞΗ**

### **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

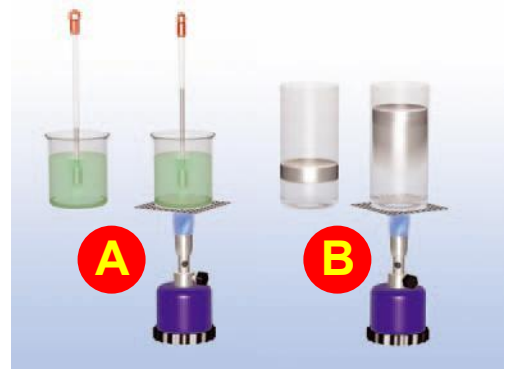
Αν τοποθετήσουμε ένα δοχείο με νερό πάνω σε μια θερμαντική εστία, παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία του αυξάνεται (εικόνα 6.10α). Αν πάνω στην ίδια εστία τοποθετήσουμε ένα δοχείο που περιέχει αέρα και η μια βάση του κλείνεται με έμβολο, τότε παρατηρούμε ότι το έμβολο κινείται (εικόνα 6.10β).

Μπορούμε να περιγράψουμε με ενιαίο τρόπο τις δυο παραπάνω μεταβολές;

## 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.



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.

**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.**

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.

## Φυσική και Περιβάλλον

### 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.



### Εικόνα 6.12.

Η θερμοκρασία του νερού

αυξάνεται (α) τόσο κατά τη

μεταφορά θερμότητας σε αυτό (β)

όσο και κατά την περιστροφή του

αναδευτήρα.

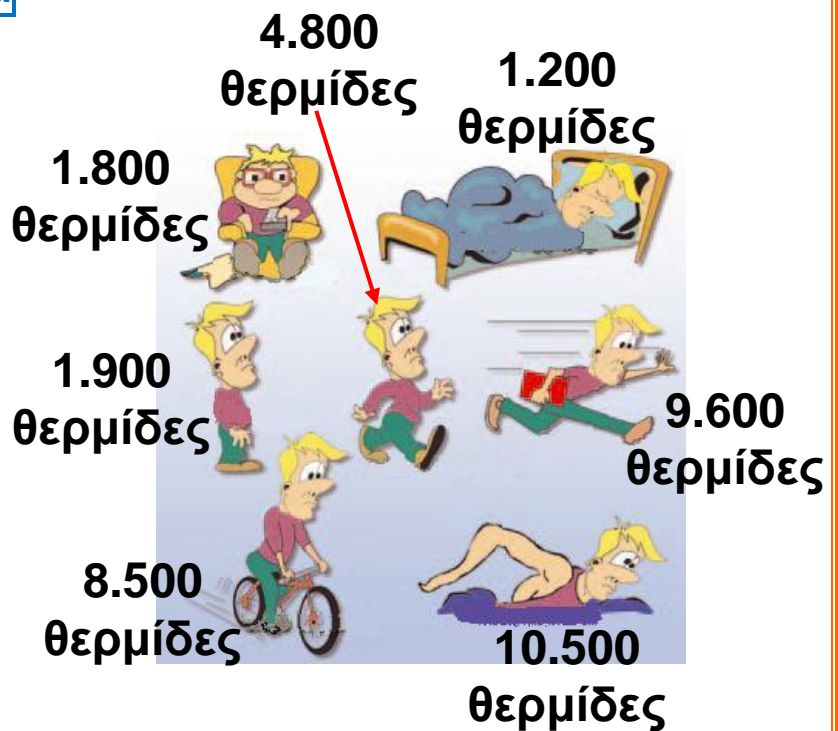


Πολλές θερμικές μεταβολές, όπως η μεταβολή της θερμοκρασίας, η θερμική διαστολή, η τήξη, ο βρασμός κτλ. οφείλονται στη μεταφορά θερμότητας. Υπάρχουν, όμως, αντίστοιχες μεταβολές οι οποίες δεν οφείλονται σε μεταφορά θερμότητας. Η θερμοκρασία του νερού σ' ένα δοχείο είναι δυνατόν να αυξηθεί λόγω της περιστροφής του αναδευτήρα ενός μίξερ. Συγχρόνως αυξάνεται 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 μέτρησής 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:  $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ j}$ .

### Φυσική και Βιολογία



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.

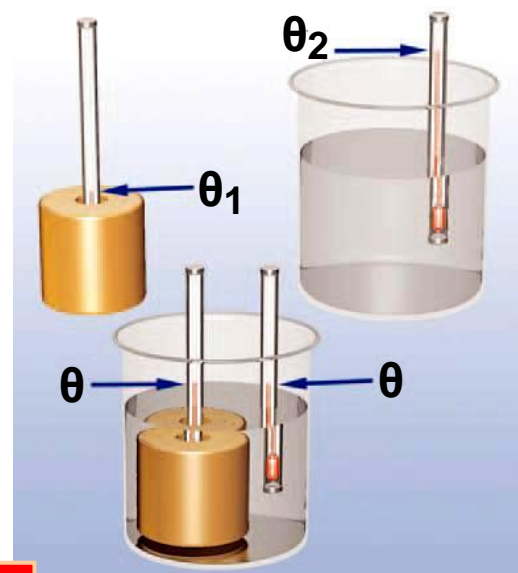
## Θερμική ισορροπία

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.

### 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.



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

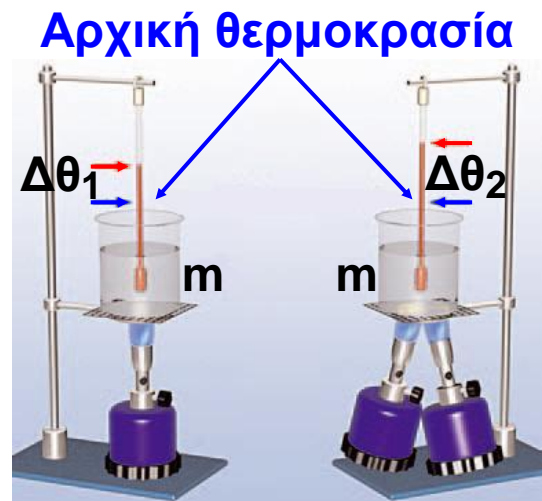
Στο πρώτο πείραμα εξετάζουμε πώς σχετίζεται η θερμότητα που μεταφέρεται σε ορισμένη μάζα νερού, με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του (εικόνα 6.14).

Στο δεύτερο πείραμα εξετάζουμε ποια είναι η σχέση των ποσοτήτων της θερμότητας που απαιτούνται για να μεταβληθεί η θερμοκρασία κατά ορισμένους βαθμούς (π.χ.  $30^{\circ}\text{C}$ ) διαφορετικών μαζών νερού (εικόνα 6.15).

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).

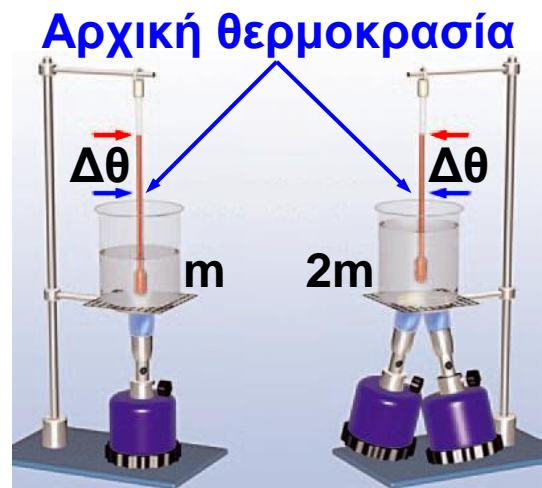
### Εικόνα 6.14.

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.



### Εικόνα 6.15.

Για να επιτύχουμε την ίδια μεταβολή θερμοκρασίας σε διπλάσια μάζα νερού στον ίδιο χρόνο, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε δύο λύχνους. Πρέπει δηλαδή να μεταφέρουμε σ' αυτό διπλάσια ποσότητα θερμότητας.



### 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.



Γενικεύουμε τα αποτελέσματα των πειραμάτων και καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

**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 μεταφορά 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  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  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

### 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;



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.

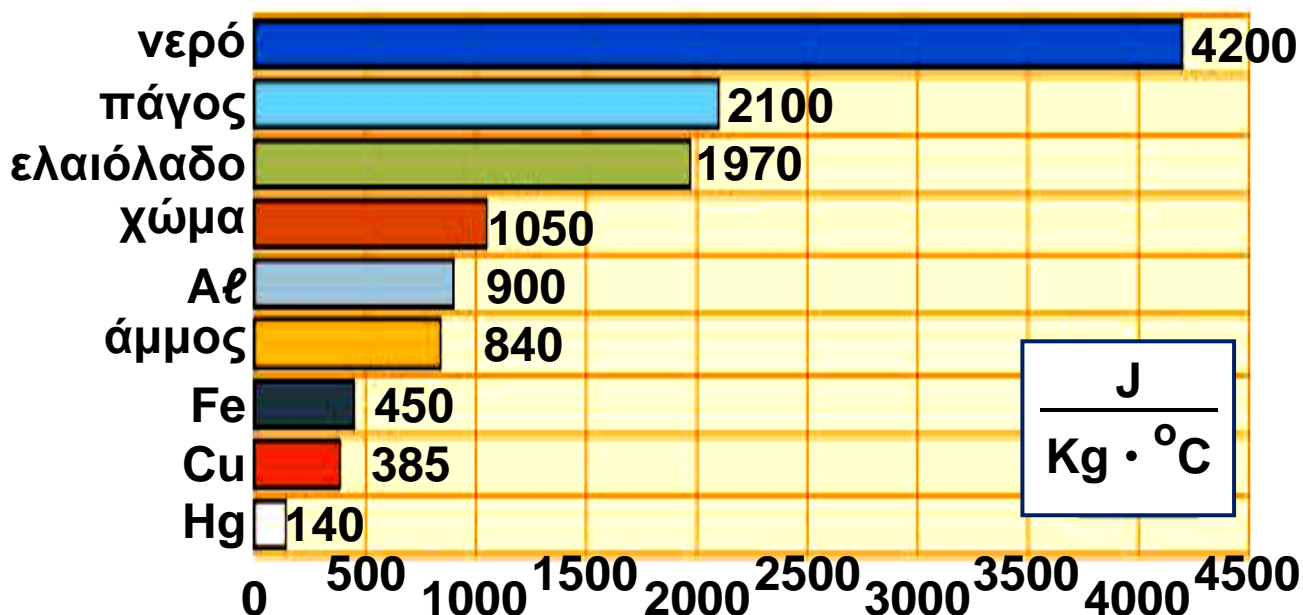
Γενικά, η ποσότητα της θερμότητας που χρειάζεται για να μεταβληθεί η θερμοκρασία 1 kg κάποιου υλικού κατά 1 °C ονομάζεται ειδική θερμότητα. Συμβολίζεται με  $c$  και χαρακτηρίζει το κάθε υλικό. Από την εξίσωση (6.1) μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η μονάδα

της ειδικής θερμότητας είναι το:  $\frac{J}{Kg \cdot ^\circ C}$

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

η ειδική θερμότητα του νερού είναι  $c = 4200 \frac{J}{Kg \cdot ^\circ C}$  (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.



**Διάγραμμα 6.1.**  
Ειδικές θερμότητες ορισμένων υλικών

### 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.



## Δεδομένα

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:  $c = 4.200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$

## Ζητούμενα

Ποσότητα θερμότητας:  $Q$

## Βασική εξίσωση

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

## Λύση

Υπολογισμός της μεταβολής της θερμοκρασίας:

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 \quad \text{ή} \quad \Delta\theta = 25 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{ή} \quad \Delta\theta = 5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Υπολογισμός θερμότητας που απορροφάται:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 2 \text{ kg} \cdot 4.200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot 5 \text{ }^\circ\text{C} = 4.200 \text{ J}$$

## Φυσική και Περιβάλλον

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 θέρμανσης 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 2ου τόμου

### Ενότητα 1 Μηχανική

#### Κεφάλαιο 4. Πίεση (συνέχεια από το 1ο τόμο)

4.2. Υδροστατική πίεση .....	5
4.3. Ατμοσφαιρική πίεση .....	15
4.4. Μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά – Αρχή του Πασκάλ .....	23
4.5. Άνωση - Αρχή του Αρχιμήδη.....	27
4.6. Πλεύση .....	33

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΕΝΕΡΓΕΙΑ

#### ΕΝΕΡΓΕΙΑ: ΜΙΑ ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΕΝΝΟΙΑ

ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ .....	54
5.1. Έργο και ενέργεια .....	57
5.2. Δυναμική - κινητική ενέργεια. Δύο βασικές μορφές ενέργειας .....	66
5.3. Η μηχανική ενέργεια και η διατήρησή της .....	78
5.4. Μορφές και μετατροπές ενέργειας.....	84
5.5. Διατήρηση της ενέργειας .....	91
5.6. Πηγές ενέργειας.....	93
5.7. Απόδοση μιας μηχανής .....	99
5.8. Ισχύς.....	101

### Ενότητα 2 Θερμότητα

#### Κεφάλαιο 6. Θερμότητα

#### Η ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ

#### Ο ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΣ ..... 124 |

6.1. Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας.....	127
6.2. Θερμότητα: Μια μορφή ενέργειας.....	135
6.3. Πως μετράμε τη θερμότητα.....	140

**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.***