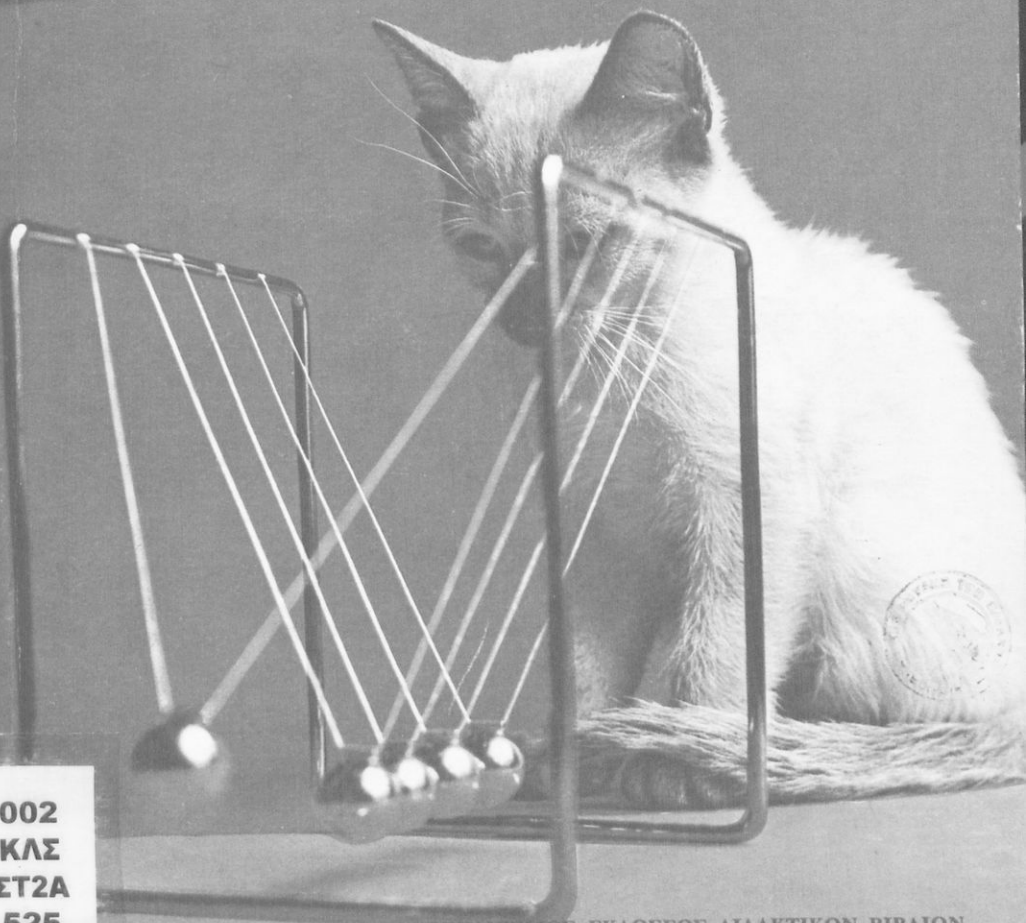


# Φυσική καὶ χημεία

ΠΕΜΠΤΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ

ΦΥΣΙΚΗ Ε/Δ 232



002  
ΚΛΣ  
ΣΤ2Α  
525

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑ 1976

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

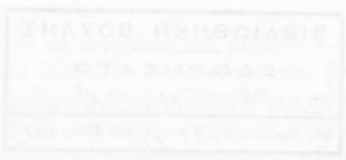


Οργανισμός Σπουδών Διδακτικών Βιβλίων  
ΠΡΟΛΟΓΟΣ

# ΦΥΣΙΚΗ και ΧΗΜΕΙΑ

## πέμπτης δημοτικού

ΔΩΡΕΑΝ



Άθήνα 1976



τμήματα του βιβλίου, έχουν γραφή από τα άρμοδιότερα μέλη της ομάδας, αλλά η τελική διαμόρφωση έγινε ύστερα από συζητήσεις και κριτική όλων των μελών, ώστε το τελικό αποτέλεσμα να είναι και επιστημονικά εγκυρότερο και παιδαγωγικά πιο πρόσφορο στο επίπεδο αντίληψης των μαθητών, προς τους οποίους και απευθύνεται.

Για τη διεκπεραίωση του βιβλίου, από το στάδιο του χειρογράφου ως την τελειωμένη εμφάνιση, εργάστηκαν ακόμα και άλλοι πολλοί συνεργάτες, στους οποίους οφείλεται κατά μεγάλο μέρος ή όρτια παρουσίαση. Ο Στέφανος Στεφάνου είχε τη γλωσσική επιμέλεια των κειμένων και έγραψε τα εύρετήρια. Η Χρυσή Δασκαλοπούλου είχε τη γενική καλλιτεχνική επιμέλεια του βιβλίου. Οί Σταμάτης Βασιλείου και Φίλιππος Τρομποσκιάδης σχεδίασαν τις εικόνες. Η Μπέττυ Μιχαήλ δακτυλογράφησε με ταχύτητα και ακρίβεια τα κείμενα στις πολλαπλές τους μορφές. Τέλος, στην Έκδοτική Ελλάδα Α. Ε. και φυσικά στη φιλότιμη δουλειά του προσωπικού του τυπογραφείου οφείλεται η τεχνική αριότητα της έκδοσης.

Η ομάδα εργασίας δεν θα μπορούσε να συντελέσει το έργο της, αν δεν είχε προϋπάρξει η άναανεωτική όρεξη του ύπουργού Παιδείας της προεκλογικής Κυβερνήσεως κ. Ν. Λούρου και η συνδρομή των συνεργατών του. Στόν καθηγητή Δ. Ν. Μαρωνίτη, ειδικό σύμβουλο του Ύπουργείου τότε, οφείλεται ή έγκαιρη προώθηση αυτής της ιδέας. Έφεξής το ενδιαφέρον του Δ. Ν. Μαρωνίτη υπήρξε συνεχές. Το έργο ολοκληρώθηκε μετεκλογικά και με τη σύμφωνη γνώμη του άρμόδιου ύπουργού κ. Κ. Ζέπου.

Φέτος στο μάθημα της φυσικής και της χημείας ζητούμε από σās να γίνετε μικροί επιστήμονες έρευνήτες. Στην πραγματικότητα είστε έρευνήτες από τὰ πολὺ μικρὰ σας χρόνια, τότε πὸν ἀνοίγατε τὰ παιχνίδια σας και τρυπούσατε τὶς κοῦκλες σας, γιὰ νὰ μάθετε τὰ μυστικά τους ! Αὐτὴ ἡ περιέργεια πὸν ἔχει ὁ ἄνθρωπος γιὰ τὴ γνώση, γιὰ νὰ μάθη τί ὑπάρχει γύρω του, πὸς εἶναι φτιαγμένο και πὸς λειτουργεῖ, εἶναι πολὺ σημαντικό πράγμα. Χωρὶς αὐτὴν ὁ ἄνθρωπος θὰ ἦταν ἀδιάφορος και ὁ κόσμος δὲ θὰ πρόκοβε.

Φέτος λοιπὸν στοῦ μάθημα τῆς φυσικῆς και τῆς χημείας θὰ ἐρευνήσετε μόνοι σας ν' ἀνακαλύψετε τὰ μεγάλα μυστικά τῆς φύσης, γιατί μόνο ἡ γνώση πὸν ἀποχτοῦμε μόνοι μας ἔχει ἀξία. Βέβαια θὰ σās βοήθηση και ὁ δάσκαλός σας και τὸ βιβλίο πὸν ἔχετε στὰ χέρια σας. Ὅμως θὰ θέλαμε μὲ τὴ δική σας κυρίως προσπάθεια νὰ μάθετε αὐτὰ τὰ μυστικά. Νὰ παρατηρῆτε μὲ προσοχή τὸ καθετὶ πὸν ὑπάρχει γύρω σας, νὰ κάνετε πειράματα — ἔτσι δὲν κάνουν και οἱ επιστήμονες ; — νὰ διατυπώσετε τὶς ὑποθέσεις σας και νὰ βγάλετε τὰ συμπεράσματά σας.

Εἶπαμὲ πὸν πάνω πὸς τὸ φετινὸ βιβλίο θὰ σās βοήθηση σ' αὐτὴ τὴν ἐρευνητικὴ σας προσπάθεια. Ὅμως θὰ σās ἐμπιστευτοῦμε ἕνα μικρὸ μυστικό. Τὸ βιβλίο σας εἶναι ἔτσι γραμμένο, ὥστε νὰ μὴ μπορῆτε νὰ τὸ ἀποστηθίσετε, γιατί γνώσεις πὸν παραγαλίζονται εἶναι ἀχρηστες γνώσεις. Μὴν προσπαθήσετε λοιπὸν κάτι τέτοιο, ἀφοῦ οὔτε και ὁ δάσκαλός σας θὰ σās τὸ ζητήση.

Καλὴ ἐπιτυχία !

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.	Σελ.
<b>A. ΦΥΣΙΚΗ</b>		
<b>I. ΎΛΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ</b>		
1. Παρατήρηση και ιδιότητες .....	8	
2. Ύλη και μέρια .....	9	
3. Τα μέρια Έλκονται .....	12	
4. Καταστάσεις της ύλης .....	14	
5. Καταστάσεις της ύλης και μέρια.....	17	
6. Ύνέργεια .....	19	
7. Μεταφορά και διατήρηση της ενέργειας	21	
8. Ύπόθεση και πείραμα .....	25	
9. Φύση και φυσική.....	28	
<b>II. ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ</b>		
1. Στατιστικά σύνολα .....	30	
2. Θερμότητα και θερμοκρασία .....	32	
3. Συστολή και διαστολή της ύλης.....	34	
4. Θερμόμετρα .....	37	
5. Το «απόλυτο μηδέν».....	39	
6. Θερμοκρασία, θερμότητα και καταστάσεις της ύλης (α) .....	41	
7. Θερμοκρασία, θερμότητα και καταστάσεις της ύλης (β) .....	46	
8. Ύγροποίηση των ατμών .....	50	
9. Μετάδοση της θερμότητας .....	55	
10. Ύνέργεια, θερμότητα και ο πλανήτης μας	58	
<b>III. ΜΗΧΑΝΙΚΗ</b>		
1. Μέγεθος, μέτρηση και μονάδες .....	62	
2. Απόσταση .....	65	
3. Χρόνος .....	72	
4. Μάζα .....	76	
5. Βάρος .....	80	
6. Κίνηση .....	84	
7. Κίνηση και δύναμη (α) .....	88	
8. Κίνηση και δύναμη (β) .....	91	
9. Άπλες μηχανές .....	90	
α) Ό μοχλός .....	95	
β) Ό τροχός .....	97	
γ) Ό τροχαλία .....	99	
δ) Το κεκλιμένο επίπεδο και ο κοχλίας	101	
10. Ό μηχανική των στερεών σωμάτων.....	102	
<b>IV. ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ</b>		
1. Ύελευθερη επιφάνεια των υγρών .....	104	
2. Πίεση .....	106	
3. Πυκνότητα και ειδικό βάρος.....	108	
4. Άνωση .....	111	
5. Ύδραυλικές μηχανές και ή άρχή του Πασκάλ .....	114	
6. Δυνάμεις συνάφειας .....	116	
<b>V. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ</b>		
1. Ό άτμοσφαιρικός άερας και οι ιδιότητές του .....	118	
2. Ό άτμοσφαιρική πίεση .....	120	
3. Μέτρηση της άτμοσφαιρικής πίεσεως. Πείραμα του Τορικέλι .....	123	
4. Ύεφαρμογές της άτμοσφαιρικής πίεσεως..	125	
5. Ό άνωση στον άερα .....	127	
6. Δυνάμεις από την κίνηση στον άερα. Άε- ροπλάνα .....	129	
7. Ό άερας ως πηγή ένέργειας.....	131	
<b>B. ΧΗΜΕΙΑ</b>		
<b>I. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</b>		
1. Είσαγωγή.....	136	
2. Μέρια και άτομα.....	137	
3. Δομή του άτόμου και ηλεκτρικά φορτία	139	
4. Δομή του άτόμου και σωματίδια.....	141	
5. Τα στοιχεία.....	143	
6. Μίγματα και χημικές ένώσεις .....	145	
7. Διαλύματα .....	147	
8. Ό χημικός δεσμός .....	149	
9. Όξειδωση, καύση και χημική ένέργεια	152	
<b>II. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</b>		
1. Ό άτμοσφαιρικός άερας .....	156	
2. Το όξυγόνο και το άζωτο .....	158	
3. Το άργό .....	160	
4. Το διοξειδίο του άνθρακα.....	161	
5. Το νερό .....	162	
6. Το ύδρογόνο .....	166	
7. Το χλωριούχο νάτριο .....	167	
8. Ό φλοιός της γης .....	168	
9. Το πυρίτιο .....	169	
10. Το άσβεστιο .....	170	
11. Το θείο .....	172	
12. Ό φωσφόρος .....	172	
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	175	
<b>ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ</b> .....	177	

# α. φυσική

# I. ΥΛΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

## 1. Παρατήρηση και ιδιότητες

Από μικρά παιδιά συνεχώς κοιτάζουμε γύρω μας τόν κόσμο που μās περιβάλλει. Μέσα σ' αυτόν βλέπομε χιλιάδες πράγματα, μικρά, μεγάλα, σκληρά, μαλακά, με διαφορετικά χρώματα και διαφορετικά σχήματα. Μέσα στην τάξη μας βλέπομε τὸ δάσκαλο, τούς συμμαθητές μας, τὸν πίνακα, τὴν κιμωλία, τὰ θρανία και πολλά άλλα. Στην ἐκδρομὴ βλέπομε πουλιά, λουλούδια, δέντρα και, ἂν κοιτάζωμε μακριά, βουνά και πεδιάδες. Ἐάν κοιτάζωμε στὸν οὐρανό, τὴ μέρα βλέπομε τὸν ἥλιο και τὴ νύχτα τὸ φεγγάρι και τ' ἀστέρια. Τὸ χειμώνα συχνά ὁ οὐρανὸς σκεπάζεται με σύννεφα και πολλές φορές βλέπομε νὰ πέφτῃ βροχή, χαλάζι ἢ χιόνι. Πολλά ἀπὸ τὰ πράγματα αὐτὰ μās κινοῦν τὸ ἐνδιαφέρον και τὰ περιεργαζόμαστε ἀπὸ πιὸ κοντὰ και με μεγαλύτερη προσοχή. Περιεργαζόμαστε ἕνα ὠραῖο ὄστρακο που βρήκαμε στὴν παραλία, ἕνα παράξενο πουλί ἢ ἕνα αὐτοκίνητο που περνάει στὸ δρόμο. Συχνὰ ἀπὸ τὴν παρατήρηση αὐτὴ μās γενιοῦνται ἐρωτήματα. Γιατί βρέχει; Πῶς κινεῖται τὸ αὐτοκίνητο; Πόσο μακριὰ εἶναι τὸ φεγγάρι; Φυσικά, μās ἐνδιαφέρει νὰ μάθωμε τίς ἀπαντήσεις σὲ ὅλες μας αὐτὲς τίς ἀπορίες. Ἀλλὰ πρὶν φτάσωμε σ' αὐτὸ, ἄς δοῦμε

πόσο καλά μπορούμε νὰ παρατηρήσωμε ἕνα ἀντικείμενο που μās ἐνδιαφέρει.

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

*Πάρτε ἕνα ἀπλὸ πρᾶγμα ὁ καθένας. Μιὰ κιμωλία, ἕνα βότσαλο, ἕνα τόπι ἢ ὅ,τι ἄλλο βρῆτε και περιγράψτε στὸ τετράδιό σας τί παρατηρεῖτε.*

Ἐς δοῦμε τώρα τί παρατηρήσαμε. Πρῶτα ἀπ' ὅλα βρήκαμε διαφορές. Τὸ τόπι εἶναι στρογγυλό, ἐνῶ τὸ βιβλίο δὲν εἶναι. Ἡ κιμωλία εἶναι ἄσπρη, τὸ τετράδιο γαλάζιο και ὁ πίνακας μαῦρος. Τὸ βότσαλο εἶναι βαρὺ, ἀλλὰ ἡ κιμωλία εἶναι ἐλαφριά. Ὅλα αὐτὰ τὰ ἀντικείμενα εἶναι μεταξύ τους διαφορετικά. Ἐμεῖς ὅμως, ὅταν τὰ παρατηρήσαμε, κάναμε σχεδὸν γιὰ ὅλα τὸ ἴδιο πρᾶγμα. Κοιτάξαμε ἂν εἶναι τετράγωνα, στρογγυλά, ἂν ἔχουν γωνίες ἢ ἂν εἶναι ἀκανόνιστα. Δηλαδή, *παρατηρήσαμε τὸ σχῆμα τους*. Ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριά εἶπαμε ὅτι τὸ ἕνα εἶναι ἄσπρο, τὸ ἄλλο μαῦρο και τὸ ἄλλο κόκκινο. Δηλαδή, *παρατηρήσαμε τὸ χρῶμα τους*.

Ὅλα αὐτὰ τὰ γνωρίσματα, τὸ σχῆμα, τὸ χρῶμα, τὸ μέγεθος, που χρησιμοποιή-



σαμε για την περιγραφή μας, τὰ λέμε, με μιὰ λέξη, **ιδιότητες**. Δηλαδή, με την παρατήρηση εξετάζουμε τις ιδιότητες του πράγματος που παρατηρούμε.

Φυσικά, όπως ξέρομε, ὁ κόσμος εἶναι πολὺ μεγάλος καὶ δὲν μπορούμε νὰ δοῦμε μόνοι μας ὅ,τι ὑπάρχει μέσα σ' αὐτόν. Ὅλοι μας ἔχομε δεῖ γάτα, ἀλλὰ πόσοι ἀπὸ μᾶς ἔχουν δεῖ ἀληθινὸ κροκόδειλο; Πόσοι ἀπὸ μᾶς ἔχουν μπη σὲ ἀεροπλάνο; Πολλὰ πράγματα δὲν μπορούμε νὰ τὰ δοῦμε μόνοι μας, γιατί εἶναι πολὺ μακριά. Ἄλλα δὲν τὰ βλέπομε, γιατί εἶναι πολὺ μικρά. Γιὰ νὰ ἐξετάσουν τέτοια πράγματα, πολλὲς φορὲς οἱ ἐπιστήμονες χρησιμοποιοῦν εἰδικὰ ὄργανα. Οἱ ἀστρονόμοι, γιὰ νὰ παρατηρήσουν τὰ μακρινὰ ἄστρα, χρησιμοποιοῦν τηλεσκόπια. Οἱ γιατροί, γιὰ νὰ παρατηρήσουν τὰ μικρόβια, πού εἶναι πολὺ μικρά, χρησιμοποιοῦν μικροσκόπια. Γιὰ ὅλα αὐτὰ διαβάζομε στὰ βιβλία, βλέπομε φωτογραφίες ἢ τὰ παρακολουθοῦμε στὸν κινηματογράφο καὶ στὴν τηλεόραση. Δηλαδή, κάποιος ἄλλος κάνει παρατήρηση καὶ περιγράφει σὲ μᾶς τὶς ιδιότητες τοῦ πράγματος πού ἐξέτασε.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

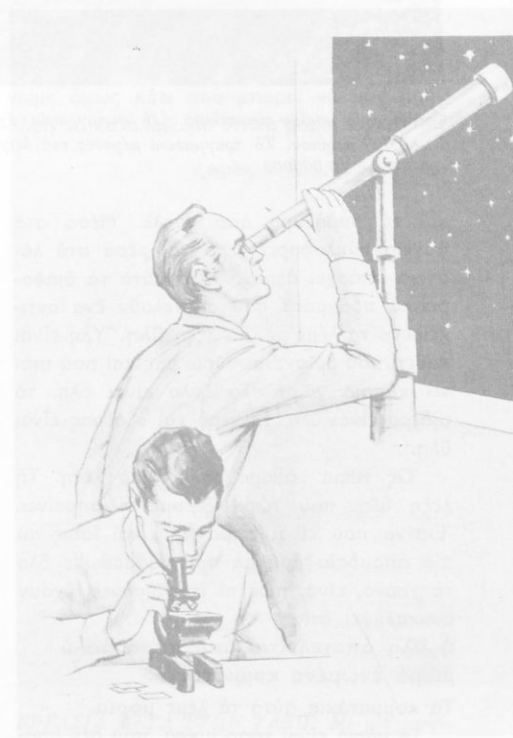
*Διαλέξτε ἓνα πρᾶγμα ἀπὸ τὸ σπίτι, ἀπὸ τὸν κήπο, κάτι πὸν βλέπετε στὸ δρόμο ἢ κάτι πὸν βλέπετε μακριά. Γράψτε τί παρατηρεῖτε. Σὲ κάθε παρατήρηση πὸν κάνετε γράψτε ποιά ιδιότητα περιγράφετε. Ἀνακοινῶστε τὴν παρατήρησή σας στὴν τάξη.*

## 2. Ὑλὴ καὶ μόρια

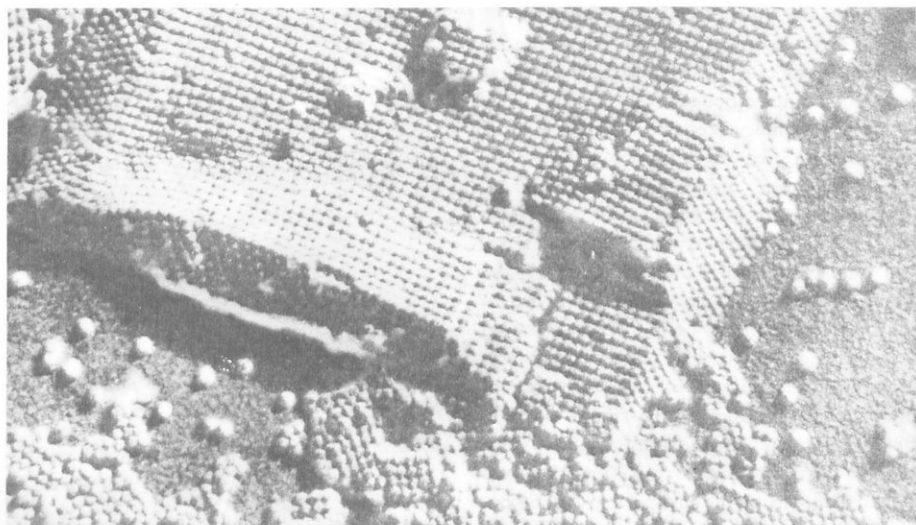
Ἄν παρατηρήσωμε ἓνα πολύπλοκο πρᾶγμα, ὅπως ἓνα αὐτοκίνητο, βλέπομε ὅτι εἶναι φτιαγμένο ἀπὸ πολλὰ διαφορετικὰ κομμάτια. Ἡ μηχανὴ εἶναι ἀπὸ σίδηρο, τὰ καθίσματα ἀπὸ δέρμα, οἱ ρόδες ἀπὸ λάστιχο



*Παρατηροῦμε με προσοχὴ κάτι πὸν μᾶς κινεῖ τὸ ἐνδιαφέρον.*



*Οἱ ἐπιστήμονες χρησιμοποιοῦν συχνὰ εἰδικὰ ὄργανα γιὰ τὶς παρατηρήσεις τους.*



Φωτογραφία μορίων πρωτεΐνης. Η φωτογραφία έχει ληφθή με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σε μεγέθυνση 1 : 80.000 περίπου. Το πραγματικό μέγεθος του δείγματος που βλέπουμε είναι περίπου δύο εκατομμυριοστά του μέτρου (0,000002 μέτρα).

καί τὰ παράθυρα ἀπὸ γυαλί. Μέσα στὸ ψυγεῖο κυκλοφορεῖ νερὸ καὶ μέσα στὰ λάστιχα ὑπάρχει ἀέρας. Ὅλα αὐτὰ τὰ διαφορετικὰ πράγματα ποὺ ἀποτελοῦν ἓνα ἀντικείμενο τὰ λέμε μὲ μιὰ λέξη ὕλη. Ὑλὴ εἶναι καθετὶ ποὺ βρίσκεται γύρω μας καὶ ποὺ πιάνει κάποιον χῶρον. Τὸ ξύλο εἶναι ὕλη, τὸ σίδηρο εἶναι ὕλη, τὸ νερὸ καὶ ὁ ἀέρας εἶναι ὕλη.

Ὡς τώρα μάθαμε ἀπλῶς μιὰ λέξη. Τὴ λέξη ὕλη, ποὺ τώρα ξέρομε τί σημαίνει. Ἐκεῖνο ποὺ εἶναι σημαντικό, καὶ ἴσως τὸ πιὸ σπουδαῖο πράγμα ποὺ θὰ μάθωμε ὅλο τὸ χρόνο, εἶναι πῶς οἱ ἐπιστήμονες ἔχουν ἀνακαλύψει ὅτι

**ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἀπὸ πάρα πολὺ μικρὰ ἐνωμένα κομματάκια.**

Τὰ κομματάκια αὐτὰ τὰ λέμε **μόρια**.

Τὰ μόρια εἶναι τόσο μικρά, ποὺ δὲν μποροῦμε καν νὰ τὰ δοῦμε. Μέσα σὲ μιὰ δαχτυλήθρα νερὸ ὑπάρχουν πολλὰ δισεκατομ-

μύρια μόρια νεροῦ. Ἀκόμη καὶ σ' ἓνα κόκκο κιμωλίας ὑπάρχουν δισεκατομμύρια μόρια κιμωλίας.

Ὅλα αὐτὰ εἶναι δύσκολο νὰ τὰ πιστέψῃ κανεὶς. Ἄς προσπαθήσωμε ὅμως μόνοι μας νὰ δοῦμε ἂν πράγματι ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἀπὸ μόρια, ἔστω καὶ ἂν εἶναι τόσο μικρὰ ποὺ δὲν τὰ βλέπομε.

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῆτε ζάχαρη, ἓνα χάσινο κόπελλο γεμάτο νερὸ, μιὰ καρφίτσα καὶ μερικὲς ὀδοντογλυφίδες.

1) Βάλτε δύο κονταλάκια ζάχαρη στὸ νερὸ καὶ ἀνακατέψτε καλά. Βλέπετε τώρα τὴ ζάχαρη :

2) Μὲ μιὰ καθαρή ὀδοντογλυφίδα δοκιμάστε μιὰ σταγόνα νερὸ ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια. Ὑπάρχει ζάχαρη στὸ νερό :

3) Κάνετε μιὰ τροπούλα με τὴν καρφίτσα στὸ πλάι τοῦ κοπέλλου. Δοκιμάστε μετὴν ὀδοντογλυφίδα τὴ σταγόνα ποῦ θὰ βγῆ. Ὑπάρχει ζάχαρη στὴ μέση τοῦ κοπέλλου;

4) Κάνετε ἄλλη μιὰ τρούπα στὸν πάτο καὶ δοκιμάστε πάλι τὴ σταγόνα ποῦ θὰ βγῆ. Ὑπάρχει ζάχαρη στὸν πάτο τοῦ κοπέλλου;

Ὅταν βάλαμε τὴ ζάχαρη μέσα στὸ νερό, αὐτὴ διαλύθηκε καὶ πάσαμε νὰ τὴ βλέπουμε. Παρ' ὅλα αὐτὰ βεβαιωθήκαμε ὅτι ὑπῆρχε ζάχαρη σὲ ὅλα τὰ μέρη τοῦ νεροῦ. Αὐτὸ ἔγινε, γιατί ἡ ζάχαρη ἀποτελεῖται ἀπὸ μόρια ποῦ διασκορπίστηκαν στὸ νερό.

Ἡ ἀνακάλυψη ὅτι ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἀπὸ μόρια εἶναι ἴσως ἡ μεγαλύτερη ποῦ ἔγινε ποτέ. Μετὴν ἀνακάλυψη αὐτὴ ἐξηγήθηκαν ἕνα σωρὸ πράγματα, ποῦ πρὶν ἀπὸ ἑκατὸ χρόνια ἦταν ἀνεξήγητα. Ὅσο προχωροῦμε, θὰ χρησιμοποιοῦμε ὅλο καὶ περισσότερο τὸ γεγονός ὅτι ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἀπὸ μόρια. Πάρα πολλές φορές θὰ κάνωμε στὸν ἑαυτὸ μας τὴν ἐρώτηση : «Πῶς μπορῶ νὰ ἐξηγήσω αὐτὴ τὴν παρατήρηση ξέροντας ὅτι ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἀπὸ μόρια;» Ἐκεῖνο ποῦ πρέπει νὰ θυμούμαστε εἶναι ὅτι τὰ μόρια εἶναι πάρα πολὺ μικρά. Εἶναι τὸ μικρότερο κομμάτι ἀπὸ ἕνα εἶδος ὕλης ποῦ μποροῦμε νὰ πάρωμε. Εἶναι τὸ μικρότερο κομμάτι κιμωλίας ποῦ ὑπάρχει. Ἀντίθετα μιὰ ὀλόκληρη κιμωλία ἀποτελεῖται ἀπὸ μυριάδες ἴδια μόρια. Τὸ ἴδιο καὶ μιὰ σταγόνα νερὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ μυριάδες μόρια. Τὸ ὅτι τὸ νερὸ ἔχει τελείως διαφορετικὲς ιδιότητες ἀπὸ τὴν κιμωλία εἶναι, γιατί ἕνα μόριο νεροῦ εἶναι τελείως διαφορετικὸ ἀπὸ ἕνα μόριο κιμωλίας.

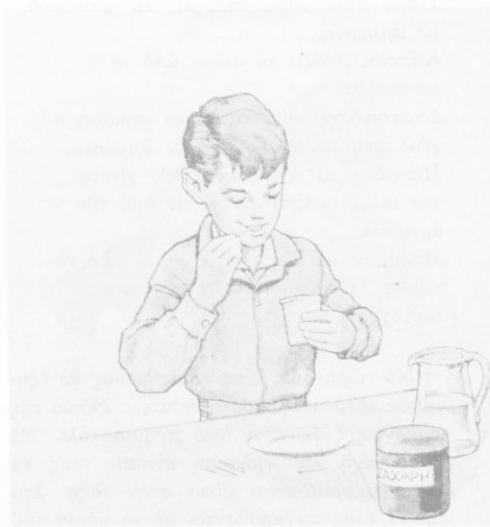
Ἄν σὰς φάνηκε παράξενη καὶ λίγο δύσκολη νὰ τὴν πιστέψετε ἡ ἀνακάλυψη τῶν μοριῶν, ἀκοῦστε κάτι πιὸ ἐντυπωσιακὸ, ποῦ

ἀνακάλυψαν οἱ ἐπιστήμονες, ὅταν ἄρχισαν νὰ παρατηροῦν τὰ μόρια :

**Ὅλα τὰ μόρια κινοῦνται συνέχεια καὶ πολὺ γρήγορα πρὸς κάθε κατεύθυνση.**

Τὸ θρανίό σας ἀποτελεῖται ἀπὸ μυριάδες μόρια, ποῦ κινοῦνται συνέχεια. Τὸ ἴδιο καὶ ὁ ἀέρας γύρω μας. Τὸ ἴδιο καὶ τὸ νερὸ ποῦ βρίσκεται σ' ἕνα ποτήρι. Μυριάδες μόρια νεροῦ κινοῦνται συνέχεια πρὸς ὅλες τὶς κατεύθυνσεις.

Φυσικά, δὲν εἴστε ἕτοιμοι νὰ τὸ πιστέψετε αὐτὸ ἀκόμη. Δὲν ἔχετε δεῖ ποτέ ἕνα μόριο νὰ κινῆται καὶ ἀφοῦ τὰ μόρια εἶναι τόσο μικρά, δὲν πρόκειται ποτέ νὰ τὰ δῆτε, ἂν δὲν χρησιμοποιήσετε τὰ δυνατὰ μικροσκόπια ποῦ ἔχουν οἱ ἐπιστήμονες. Ἄς κάνωμε ὅμως κάτι ποῦ μπορεῖ νὰ μᾶς βοηθήσει νὰ καταλάβωμε ὅτι τὰ μόρια κινοῦνται.



**ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ.** Με μιὰ καρφίτσα καὶ μιὰ καθαρὴ ὀδοντογλυφίδα μποροῦμε νὰ παρατηρήσωμε ἂν ὑπάρχει ζάχαρη σὲ ὅλα τὰ μέρη τοῦ νεροῦ.



**ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ.** Μόρια άμμωνίας ξεφεύγουν από το μπουκάλι πάνω στην έδρα και με τη συνεχή και γρήγορη κίνησή τους σκορπίζονται μέσα στην τάξη.

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Πάνω στην έδρα υπάρχει ένα μπουκάλι με άμμωνία.

Κάποιος βγάζει το πῶμα από το μπουκάλι.

Συμφωνήστε κάθε παιδί να σηκώνη το χέρι του, μόλις μυρίσει την άμμωνία. Μπορείτε να εξηγήσετε, πώς γίνεται και μυρίζετε από το θρανίο σας την άμμωνία;

Μπορείτε να εξηγήσετε, γιατί όλα τα παιδιά δεν μύρισαν την άμμωνία ταυτόχρονα;

Νά τώρα πώς ένας επιστήμονας θα εξηγήσει αυτό που παρατηρήσατε : Μόρια της άμμωνίας ξεφεύγουν από το μπουκάλι. Με τη συνεχή και γρήγορη κίνησή τους τα μόρια σκορπίζονται μέσα στην τάξη. Στο δρόμο τους συγκρούονται με τα μόρια του αέρα, που κι αυτά συνεχώς κινούνται. Κάποια στιγμή τα μόρια της άμμωνίας φτάνουν στη μύτη σας... Φυσικά, αφού άρχισαν να ξεφεύγουν από το μπουκάλι πάνω στην

έδρα, πρώτα φτάνουν στα μπροστινά θρανία και μετά στα πίσω.

Μπορείτε τώρα κι έσεις να εξηγήσετε στη μητέρα σας γιατί μοσχοβολάει το φαγητό στην πιατέλα, όταν κάθεστε το μεσημέρι στο τραπέζι.

### 3. Τα μόρια έλκονται

Ζούμε λοιπόν σ' έναν κόσμο φτιαγμένο από μυριάδες μόρια, που συνέχεια κινούνται δεξιά, άριστερά, πάνω, κάτω και μάλιστα πολύ γρήγορα! Μήπως τώρα που τα μάθαμε αυτό μᾶς φοβίζει λίγο; "Ετσι όπως καθόμαστε, μήπως τα μισά μόρια του θρανίου μας ξεκολλήσουν και πεταχτούν στην άλλη άκρη του δωματίου; "Όχι, βέβαια. Ξέρομε ότι τέτοια πράγματα δεν γίνονται...

Άφου όμως ξέρομε ότι τα μόρια συνεχώς κινούνται, γιατί δεν ξεφεύγουν από το θρανίο μας; Γιατί δεν σκορπίζονται μέσα σ' όλο το δωμάτιο; Ίσως ή επόμενη εργασία σᾶς βοηθήση να καταλάβετε γιατί

## ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε ένα κομμάτι λαδόχαρτο και λίγο νερό.

1) Ρίξτε μερικές σταγόνες νερό πάνω στο λαδόχαρτο και με ένα άλλο μικρό κομμάτι λαδόχαρτο σπρώξτε μια σταγόνα, ώσπου μόλις να αγγίξει μιάν άλλη.

Τί παρατηρείτε;

2) Υπάρχει καμιά διαφορά, αν οι σταγόνες είναι μεγάλες ή μικρές; Προσπαθήστε να κάνετε την ίδια εργασία με όσο πιο μικρές σταγόνες μπορείτε. Τί παρατηρείτε;

Παρατηρήσαμε ότι, όταν οι δύο σταγόνες πλησιάσουν πολύ κοντά, ή μια τραβάει την άλλη και ένώνονται σε μια σταγόνα.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Όταν φέρουμε μια σταγόνα κοντά σε μια άλλη, παρατηρούμε ότι οι σταγόνες έλκονται.

“Όλοι μας έχουμε δει μαγνήτες να τραβούν μικρά σιδεράκια, όταν πλησιάζουν κοντά τους. Οι δύο σταγόνες, που τραβούν ή μια την άλλη ή, όπως αλλιώς λέμε, **έλκονται**, δεν σ’αs θυμίζουν κάτι παρόμοιο που γίνεται με τους μαγνήτες; “Όταν ένας μαγνήτης έρθει κοντά σε μια καρφίτσα, βλέπομε ότι την έλκει με κάποια δύναμη. Το ίδιο παρατηρήσαμε και με τις δύο σταγόνες. “Έλκονται με μια δύναμη.

“Η σπουδαιότερή μας όμως παρατήρηση ήταν ότι, όσο μικρές και να κάνωμε τις σταγόνες, το αποτέλεσμα είναι το ίδιο: Οι σταγόνες έλκονται. Και λογικό είναι να περιμένωμε ότι, και μικρότερες ακόμη σταγόνες νερού αν μπορούσαμε να φτιάζωμε, πάλι το ίδιο αποτέλεσμα θα είχαμε. “Αλλά θυμηθήτε που θα φτάσωμε, αν συνεχίσωμε



“Αφού ξέρωμε ότι τα μόρια συνεχώς κινούνται, γιατί τα μόρια του χάρακα δεν σκορπίζονται μέσα σ’όλο το δωμάτιο;



Ψώνια σε στερεά και υγρή κατάσταση.

να φτιάνωμε ὄλο καὶ μικρότερες σταγόνες; Ἀσφαλῶς σὲ ἓνα μόριο νεροῦ.

Τώρα μποροῦμε μόνοι μας νὰ δώσωμε τὴν ἀπάντηση στὸ γιατί τὰ μόρια τοῦ θρανίου μας δὲν ξεφεύγουν πρὸς κάθε κατεύθυνση. Εἶναι γιατί

### τὰ μόρια ἔλκονται.

Ἐπάρχει δηλαδὴ μιὰ δύναμη, ποὺ τραβάει, τὸ ἓνα μόριο κοντὰ στὸ ἄλλο.

Φυσικά, ἔμεῖς στὴν ἐργασία ποὺ κάναμε δὲν εἶδαμε δύο μόρια νὰ ἔλκονται. Ξέρομε ὅτι δύο σταγόνες, ὅσο μικρὲς καὶ ἂν εἶναι, ἀποτελοῦνται ἀπὸ μυριάδες μόρια. Καὶ ἐκεῖ-  
που εἶδαμε εἶναι μυριάδες μόρια νὰ ἔλκουν μυριάδες ἄλλα μόρια. Ἀλλά, μὲ μιὰ λογικὴ σκέψη, ἀνακαλύψαμε μιὰ σπουδαία ιδιότητα τῶν μορίων, ποὺ θὰ μᾶς βοηθήσῃ νὰ καταλάβωμε πολλὰ πράγματα γιὰ τὴν ὕλη.

### ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

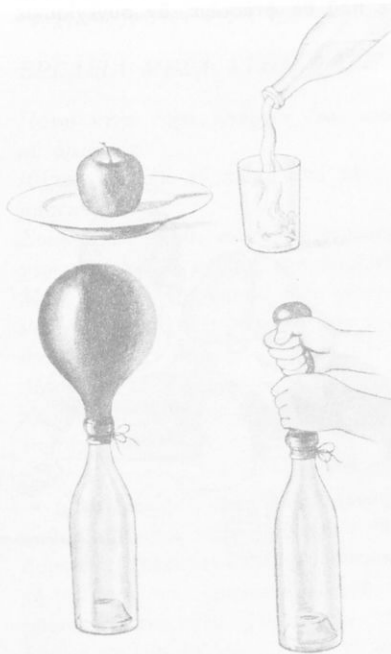
Θὰ χρειαστῆτε μερικὰ σπύρια, ἓνα καρφί, μιὰ κλωδιά, ἓνα μακαρόνι κι ἓνα μπισκότο.

1) Προσπαθήστε νὰ σπάσετε στὰ δύο ὄλα τὰ παραπάνω ἀντικείμενα καὶ παρατηρήστε μὲ πόση δυσκολία σπάζει τὸ καθένα. Γράψτε τα μὲ τὴ σειρὰ, ἀρχίζοντας ἀπὸ αὐτὸ ποὺ σπάζει πιὸ εὔκολα ὡς αὐτὸ ποὺ σπάζει πιὸ δύσκολα. Πῶς μπορεῖτε νὰ ἐξηγήσετε τὶς παρατηρήσεις σας μὲ ὅσα ξέρετε γύρω ἀπὸ τὰ μόρια;

2) Προσπαθήστε νὰ σπάσετε δύο σπύρια μαζὶ, τρία σπύρια μαζὶ καὶ τέσσερα σπύρια μαζὶ. Τί παρατηρεῖτε; Πῶς ἐξηγεῖτε τὶς παρατηρήσεις σας;

### 4. Καταστάσεις τῆς ὕλης

Ὅταν πηγαίνωμε γιὰ ψώνια, ἀγοράζω-  
με ἓνα μπουκάλι λάδι ἢ μιὰ σακούλα μῆλα.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Παρατηροῦμε ποιὲς ιδιότητες τῆς ὕλης ἀλλάζουν στὴ στερεά, στὴν υγρὴ καὶ στὴν ἀέρια κατάσταση.

Ποτέ δὲν ἀγοράζουμε ἓνα μπουκάλι μῆλα ἢ μιὰ σακούλα λάδι... Μπορεῖτε νὰ πῆτε γιὰ τί; Μὰ, φυσικά. Γιατί τὸ λάδι εἶμαι ὑγρὸ καὶ τὰ μῆλα στερεά. "Ἢ, ἂν θέλετε νὰ μιλήσωμε πιὸ «ἐπιστημονικά», τὸ λάδι εἶναι ὕλη σὲ ὑγρὴ κατάσταση καὶ τὰ μῆλα εἶναι ὕλη σὲ στερεὰ κατάσταση. Ἐκείνη ἀπὸ μικροί, χωρὶς καλὰ καλὰ νὰ τὸ σκεφτόμαστε, ξέρομε νὰ ξεχωρίζωμε τὰ ἀντικείμενα ποὺ βρίσκονται γύρω μας σὲ ὑγρὰ καὶ σὲ στερεά.

Ξέρομε ὅμως ὅτι ὑπάρχει καὶ μιὰ ἄλλη κατάσταση τῆς ὕλης, ποὺ δὲν εἶναι οὔτε ἡ στερεὰ οὔτε ἡ ὑγρὴ. Τὸ ἔχομε παρατηρήσει μὲ τὴν μπάλα μας. Γιὰ νὰ μπορέσωμε νὰ παίξωμε μὲ τὴν μπάλα, πρέπει νὰ τῆ φουσκώσωμε, δηλαδὴ πρέπει νὰ βάλωμὲ μέσα στὴν μπάλα ἀέρα ποὺ εἶναι ὕλη, ἀλλὰ ὅμως οὔτε σὲ στερεὰ οὔτε σὲ ὑγρὴ κατάσταση. Λέμε ὅτι ἡ ὕλη αὐτὴ εἶναι σὲ **ἀέρια κατάσταση**. Ἐχομε πολλὰ παραδείγματα ὕλης σὲ ἀέρια κατάσταση. Οἱ φυσαλίδες μέσα σὲ μιὰ πορτοκαλάδα, ὁ ἀέρας στὰ λάστιχα τοῦ ποδηλάτου, ὁ καπνὸς ἀπὸ τὶς καμινάδες καὶ ἄλλα. Μπορεῖτε κι ἐσεῖς νὰ σκεφτῆτε μερικά;

Τὸ ἂν ἓνα πράγμα εἶναι στὴ στερεὰ, στὴν ὑγρὴ ἢ στὴν ἀέρια κατάσταση εἶναι κι αὐτὸ μιὰ ἀπὸ τὶς ιδιότητες τῆς ὕλης του, ὅπως

εἶναι τὸ χρῶμα του ἢ τὸ βάρος του. Ἄλλὰ ἂς σκεφτοῦμε πῶς βρίσκομε ἂν ἓνα ἀντικείμενο εἶναι στὴ μιὰ ἢ τὴν ἄλλη κατάσταση.

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῆτε ἓνα μῆλο, ἓνα μπουκάλι γεμάτο νερό, ἓνα ποτήρι, ἓνα βαθὺ πιάτο καὶ ἓνα μπαλόνι.

Τὸ κάτω μέρος τῆς σελίδας εἶναι χαρακωμένο σὲ στήλες καὶ σειρὲς ἢ, ὅπως ἀλλιῶς λέμε, ἔχει ἐτοιμαστῆ ἓνας πίνακας. Αὐτὸ τὸ κάνουμε συχνά, ὅταν θέλωμε νὰ κάνωμε μιὰ παρατήρηση μὲ σύστημα καὶ προσοχῆ. Ἐπισημαστέ σὲ κάθε στήλῃ τοῦ πίνακα ἔχομε βάλει μιὰ ιδιότητα τῆς ὕλης.

Ἡ μόνη ιδιότητα ποὺ μπορεῖ νὰ σὰς παραξενέψῃ λίγο εἶναι ὁ ὄγκος. Ὅπως ἴσως ξέρετε, μὲ τὴ λέξη «ὄγκος» ἐννοοῦμε πόσο χῶρο πιάνει ἓνα ἀντικείμενο. Ἡ κάθε σειρὰ τοῦ πίνακα στὸ κάτω μέρος τῆς σελίδας εἶναι γιὰ μιὰν ἀπὸ τὶς τρεῖς καταστάσεις τῆς ὕλης. Ἀρχίστε νὰ κάνετε μὲ τὴν σειρὰ τὶς παρακάτω ἐργασίες.

Σὲ κάθε ἐργασία διαλέξτε τὴν σειρὰ τοῦ πίνακα, ποὺ σὰς λέει σὲ ποιά κατάσταση εἶναι τὸ ἀντικείμενο ποὺ παρατηρεῖτε.

Ἄν στὴν ἐργασία ποὺ κάνετε ἄλλαξε

	Σχῆμα	Χρῶμα	Ὅγκος	Βάρος
Στερεὰ Κατάσταση				
Ἐυγρὴ Κατάσταση				
Ἀέρια Κατάσταση				

μια ιδιότητα τῆς ὕλης, βάλτε ἓνα σταυρὸ  
στὴ στήλη πού ἔχει αὐτὴ τὴν ιδιότητα  
γιὰ ἐπικεφαλίδα.

1) Σὲ ποιά κατάσταση εἶναι τὸ μῆλο;  
Βάλτε τὸ μῆλο μέσα στὸ πιάτο. Ποιά  
ιδιότητά του ἄλλαξε, ὅταν τὸ βάλατε  
στὸ πιάτο; Βάλτε τὸ μῆλο στὴν τσέπη  
σας. Ἄλλαξε καμιά ιδιότητά του; Ποιά  
ιδιότητα τοῦ μῆλου σὰς βοηθαίει νὰ πῆτε  
ὅτι ἔχετε στὴν τσέπη σας ἓνα μῆλο;

2) Σὲ ποιά κατάσταση τῆς ὕλης εἶναι  
τὸ νερὸ μέσα στὸ μπουκάλι; Ἄδειάστε  
τὸ νερὸ μέσα στὸ ποτήρι. Ἄλλαξε καμιά  
ιδιότητα τοῦ νεροῦ;

3) Φουσκῶστε λίγο τὸ μπαλόνι. Χωρὶς  
νὰ ἀφήσετε νὰ φύγει ἀέρας, περάστε  
τὸ λαμὸ τοῦ μπαλονιοῦ γύρω ἀπὸ τὸ  
λαμὸ τοῦ μπουκαλιοῦ. Δέστε το σφιχτὰ  
μὲ ἓνα σπάγκο. Τώρα τὸ μπαλόνι καὶ  
τὸ μπουκάλι συγκοινωνοῦν. Σὲ ποιά  
κατάσταση τῆς ὕλης εἶναι ὁ ἀέρας μέσα  
στὸ μπουκάλι καὶ στὸ μπαλόνι;

Μὲ προσοχὴ πιέστε τὸ μπαλόνι σιγά  
σιγά, ὥστε νὰ τὸ σφίξετε ὅλο μέσα στὴν  
παλάμη σας. Ποιᾶς ιδιότητες τοῦ ἀέρα  
μέσα στὸ μπαλόνι καὶ στὸ μπουκάλι  
ἄλλαξαν;

Ἄλλα αὐτὰ πού εἶδαμε στὴν παραπάνω  
ἐργασία λίγο πολὺ τὰ ξέραμε. Ὄταν λέμε  
στερεά, ἐννοοῦμε ἀντικείμενα πού ἔχουν  
ἓνα ὀρισμένο σχῆμα καὶ ἓναν ὀρισμένο ὄγκο.  
Γιὰ ν' ἀλλάξουμε τὸ σχῆμα τους, πρέπει  
νὰ καταβάλουμε κάποια προσπάθεια — γιὰ  
ἄλλα μεγάλη καὶ γιὰ ἄλλα μικρή. Ἀντίθετα,  
τὸ σχῆμα τῶν ὑγρῶν μπορούμε νὰ τὸ κά-  
νωμε ὅ,τι θέλομε. Τὸ νερὸ, πού εἶναι στὴν  
ὕγρη κατάσταση, τὸ βάζουμε σὲ μπουκάλια,  
σὲ ποτήρια, τὸ περνοῦμε μέσα ἀπὸ σωλη-  
νες, τὸ βλέπομε νὰ κυλᾷ σὲ ρυάκια καὶ  
σὲ ποτάμια. Δηλαδή, στὴν ὕγρη κατάσταση  
ἡ ὕλη δὲν ἔχει καμιά προτίμηση γιὰ τὸ σχῆ-  
μα τῆς. Πάρνει τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου πού  
θὰ τὴν βάλουμε. Παρ' ὅλα αὐτὰ, ἀπὸ τὴν

παρατήρηση πού κάναμε, εἶδαμε ὅτι ἔχει  
ἓνα κοινὸ χαρακτηριστικὸ μὲ τὴν ὕλη στὴ  
στερεὰ κατάσταση : Ὁ ὄγκος ἑνὸς ὄγκου,  
ὅταν τὸ μεταφέρουμε ἀπὸ ἓνα δοχεῖο σὲ  
ἄλλο, δὲν ἀλλάζει. Ἀδειάζουμε ἓνα μπουκάλι  
γάλα σὲ μιὰ κατσαρόλα. Ξέρομε ὅτι ἂν θε-  
λήσωμε νὰ ξαναβάλουμε τὸ γάλα μέσα στὸ  
μπουκάλι θὰ ἔχουμε πάλι ἓνα γεμάτο μπου-  
κάλι γάλα — οὔτε περισσότερο οὔτε λιγό-  
τερο. Κι αὐτὸ γιὰτὶ ὁ ὄγκος τοῦ ὑγροῦ δὲν  
ἄλλαξε.

Τέλος, ὅπως εἶδαμε στὴν ἐργασία μας,  
τὰ ἀέρια δὲν ἔχουν καμιά προτίμηση οὔτε  
στὸ σχῆμα πού θὰ πάρουν οὔτε στὸ χῶρο  
πού θὰ πιάσουν, δηλαδή στὸν ὄγκο τους.  
Ἄν τὰ βάλουμε μέσα σὲ ἓνα μπαλόνι, θὰ  
πάρουν τὸ σχῆμα τοῦ μπαλονιοῦ. Ἄν βάλ-  
ουμε ἀέρα μέσα στὸ λάστιχο τοῦ αὐτοκινή-  
του, θὰ πάρη τὸ σχῆμα τῆς ρόδας. Καὶ ὁ  
ἀέρας ἀκόμη πού ἀναπνέομε αὐτὴ τὴ στιγμή  
ἔχει πάρει τὸ σχῆμα τῆς αἵθουσας. Ἄλλὰ  
ὄχι μόνο αὐτὸ. Τὰ ἀέρια εἶναι «σὰν νὰ μὴν  
τὰ χωρᾷ ὁ τόπος». Προσπαθοῦν νὰ κατα-  
λάβουν ὅσο γίνεται μεγαλύτερο χῶρο. Ἄν  
τρυπήσωμε ἓνα μπαλόνι, ξέρομε ὅτι ὁ ἀέρας  
θὰ ξεφύγει καὶ θὰ πάη μέσα σὲ ὅλο τὸ δωμά-  
τιο. Τὸ ἴδιο καὶ μὲ τὸ λάστιχο τοῦ ποδηλά-  
του μας. Ἄν ἔχη μιὰ τρύπα, ὅλος ὁ ἀέρας θὰ  
φύγει ἀπὸ μέσα πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γεμίστε ἓνα φλιτζάνι τοῦ καφέ μὲ νερὸ.

1) Σὲ ποιά κατάσταση τῆς ὕλης εἶναι  
τὸ νερό;

Ἄν ὑπάρχη ψυγεῖο, βάλτε τὸ φλιτζάνι  
στὴν κατάψυξη τοῦ ψυγείου γιὰ τρεῖς  
ὥρες. Σὲ ποιά κατάσταση εἶναι τώρα ἡ  
ὕλη μέσα στὸ φλιτζάνι;

2) Ἀφήστε τὸ φλιτζάνι γιὰ μισὴ ὥρα  
ἐξω ἀπὸ τὸ ψυγεῖο. Σὲ ποιά κατάσταση  
εἶναι τώρα ἡ ὕλη μέσα στὸ φλιτζάνι;

3) Τί συμπεράσμα βγάζετε ἀπὸ τὴν  
ἐργασία σας;



## 5. Καταστάσεις τῆς ὕλης καὶ μόρια

Ἐχομε μάθει ὡς τώρα τρία σπουδαῖα πράγματα γιὰ τὴν ὕλη :

**Ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἀπὸ μόρια, τὰ μόρια κινούνται συνεχῆ καὶ τὰ μόρια ἔλκονται.**

Μὲ τὶς τρεῖς αὐτὲς ἀνακαλύψεις μας μποροῦμε νὰ ἐξηγήσωμε πολλές ιδιότητες τῆς ὕλης. Ἄλλὰ ἂς ἀρχίσωμε πρῶτα ἀπὸ τὶς τρεῖς καταστάσεις τῆς ὕλης ποὺ μόλις περιγράψαμε.

Οἱ δύο ιδιότητες τῶν μορίων ποὺ βρήκαμε ἔρχονται σὲ ἀντίθεση μεταξύ τους. Ἡ ἔλξη τῶν μορίων προσπαθεῖ νὰ φέρῃ ὅσο πιὸ κοντὰ γίνεται τὸ ἓνα μῶριο μὲ τὸ ἄλλο. Ἀντίθετα, ἡ ἀδιάκοπη κίνησή τους προσπαθεῖ νὰ τὰ σκορπίσῃ. Φυσικά, τὸ τί τελικὰ θὰ γίνῃ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ πόσο μεγάλη εἶναι ἡ δύναμη ποὺ ἔλκει τὰ μόρια καὶ ἀπὸ τὸ πόσο γρήγορη εἶναι ἡ κίνησή τους.

Ὑποπευόμαστε ὅτι αὐτὴ ἡ σχέση ἔχει κάτι νὰ κάνῃ μὲ τὴν κατάσταση τῆς ὕλης. Γιὰ νὰ καταλάβωμε τί ἀκριβῶς γίνεται, θὰ κάνωμε πάλι μιὰ ἐργασία μέσα στὴν τάξη. Ὅπως πάντα, θὰ παρατηρήσωμε μικρὰ κομματάκια ὕλης ποὺ, ὅπως ζέρομε, ἀποτελοῦνται ἀπὸ πάρα πολλὰ δισεκατομμύρια μόρια. Ἄλλὰ ἡ συμπεριφορά τους θὰ μᾶς βοηθήσῃ νὰ δοῦμε τί κάνουν τὰ ἴδια τὰ μόρια.

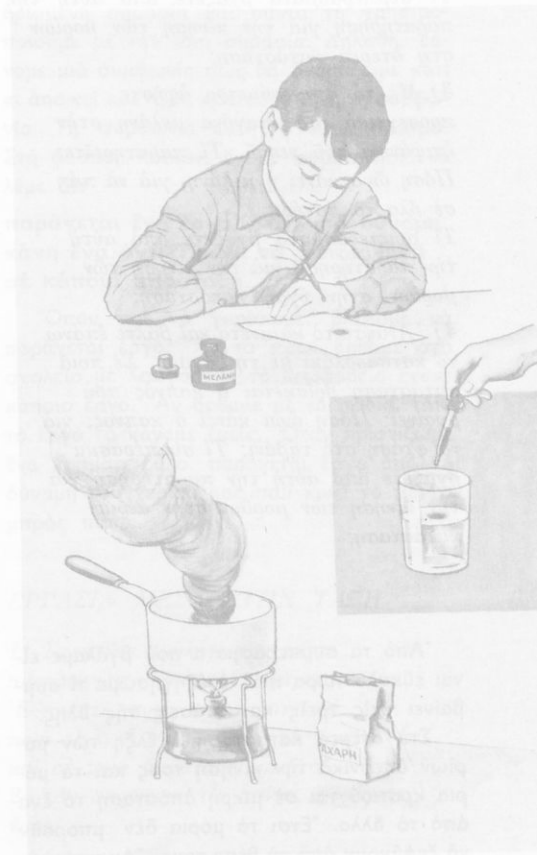
### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῆτε ἓνα στυλόχαρτο, ἓνα σταγονόμετρο, ἓνα γυάλινο ποτήρι μὲ νερό, ἓνα μελανοδοχεῖο μὲ μπλὲ μελάνη, λίγη ζάχαρη μέσα σ' ἓνα καταρολάκι καὶ ἓνα καμινέτο.

1) Κοιτάξτε τὸ στυλόχαρτο. Φυσικά, δὲν βλέπετε τὰ μόρια τοῦ χαρτιοῦ, ἀλλὰ ξέρετε ὅτι τὸ χαρτί ἀποτελεῖται ἀπὸ μυριάδες μόρια, ποὺ κινοῦνται συνεχῆ. Ἄν μπορούσαμε νὰ σημαδέψωμε ἓνα

ἀπὸ τὰ μόρια τοῦ χαρτιοῦ, θὰ μπορούσαμε νὰ παρατηρήσωμε πῶς κινεῖται. Αὐτὸ δὲν μπορούμε νὰ τὸ κάνωμε, ἀλλὰ μπορούμε νὰ κάνωμε κάτι ἄλλο: νὰ ἀνακατέψωμε μέσα στὰ ἄσπρα μόρια τοῦ χαρτιοῦ μόρια ποὺ ἔχουν ἄλλο χρῶμα.

2) Ρίξτε μὲ τὸ σταγονόμετρο μιὰ σταγόνα μελάνη πάνω στὸ στυλόχαρτο. Τί ἔγινε τώρα μὲ τὰ μόρια τῆς μελάνης καὶ τοῦ χαρτιοῦ; Παρατηρεῖτε καμιά



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Παρατηροῦμε ὅτι τὰ μόρια κινοῦνται διαφορετικὰ μέσα σὲς τρεῖς καταστάσεις τῆς ὕλης.

διαφορά στο χροῖμα τῆς μελάνης μέσα στο μελανοδοχείο καὶ τῆς μελάνης πάνω στο χαρτί; Γιατί;

Ἔχομε τώρα πάνω στο χαρτί μας μυριάδες ἄσπρα καὶ μπλε μόρια ἀνακατωμένα. Σκεφτῆτε ὅλες τὶς μοντζοῦρες ποὺ ἔχετε κάνει παλιὰ κατὰ λάθος. Τί πιστεύετε, αὐτὴ ἢ μοντζοῦρα ποὺ βλέπετε τώρα θ' ἀπλωθῆ σ' ὄλο τὸ χαρτί ἢ θὰ μείνῃ ὅπως εἶναι; Τί συμπεράσματα βγάζετε ἀπὸ αὐτὴ τὴν παρατήρηση γιὰ τὴν κίνηση τῶν μορίων στὴ στερεὰ κατάσταση;

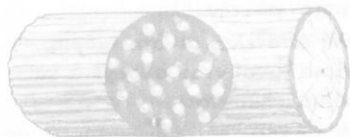
3) Μὲ τὸ σταγονόμετρο ἀφήστε προσεχτικὰ μιὰ σταγόνα μελάνη στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ. Τί παρατηρεῖτε; Πόση ὥρα κάνει ἡ μελάνη, γιὰ νὰ πάῃ σὲ ὄλο τὸ ποτήρι;

Τί συμπεράσματα βγάζετε ἀπὸ αὐτὴ τὴν παρατήρηση γιὰ τὴν κίνηση τῶν μορίων στὴν ὑγρὴ κατάσταση;

4) Ἀνάψτε τὸ καμινέτο καὶ βάλτε ἐπάνω τὸ κατσαρολάκι μὲ τὴ ζάχαρη. Σὲ ποιά κατάσταση βοῖσκειται ὁ καπνὸς ποὺ βγαίνει; Πόση ὥρα κάνει ὁ καπνὸς, γιὰ νὰ φτάσῃ στοὺς ταβάνι; Τί συμπέρασμα βγάζετε ἀπὸ αὐτὴ τὴν παρατήρηση γιὰ τὴν κίνηση τῶν μορίων στὴν ἀέρια κατάσταση;

Ἀπὸ τὰ συμπεράσματα ποὺ βγάλαμε εἶναι εὐκόλο τώρα πιά νὰ ἐξηγήσωμε τί συμβαίνει στὶς τρεῖς καταστάσεις τῆς ὕλης.

Στὴ στερεὰ κατάσταση ἡ ἔλξη τῶν μορίων ὑπερνικᾷ τὴν κίνησή τους καὶ τὰ μόρια κρατιοῦνται σὲ μικρὴ ἀπόσταση τὸ ἕνα ἀπὸ τὸ ἄλλο. Ἔτσι τὰ μόρια δὲν μποροῦν νὰ ξεφύγουν ἀπὸ τὴ θέση τους. Ἄν μπορούσαμε νὰ τὰ παρατηρήσωμε μὲ ἕνα δυνατὸ μικροσκόπιο, θὰ βλέπαμε περίπου ὅ,τι εἶχνει ἡ εἰκόνα ποὺ ἀκολουθεῖ :



Στὴν ὑγρὴ κατάσταση ἡ ἀπόσταση μεταξὺ τῶν μορίων εἶναι πιά μεγάλη ἀπὸ ὅ,τι στὴ στερεά. Ἐπάρχει, βέβαια, ἡ δύναμη ποὺ τὰ κάνει νὰ ἔλκωνται μεταξύ τους. Ἡ κίνησή τους ὅμως εἶναι ἀρκετὰ γρήγορη καὶ ἔτσι μποροῦν νὰ ξεγλιστροῦν ἀπὸ ἕνα γειτονικὸ τους μόριο καὶ νὰ βρίσκωνται δίπλα σ' ἕνα ἄλλο. Αὐτὸ γίνεται συνέχεια μὲ ὅλα τὰ μόρια. Τώρα, στὴν ὑγρὴ κατάσταση, μὲ τὸ δυνατὸ μικροσκόπιο θὰ βλέπαμε κάτι τέτοιο :



Καταλαβαίνετε λοιπὸν τί γίνεται πιά στὴν ἀέρια κατάσταση. Τὰ μόρια κινοῦνται τόσο γρήγορα, ποὺ δὲν αισθάνονται καθόλου τὴν ἔλξη τῶν ἄλλων μορίων. Ἡ ἀπόσταση τῶν μορίων, μεταξύ τους, εἶναι τόσο μεγάλη, ὥστε καθένα ἀπ' αὐτὰ κινεῖται ἐλεύθερο καὶ ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὰ ἄλλα. Ὄταν ἕνα μόριο

έρθη κοντά σ' ένα άλλο, ή κίνησή του είναι πολύ γρήγορη και άμέσως ξεφεύγει. Με τó δυνατό μας μικροσκόπιο μέσα σέ ένα άέριο θά βλέπαμε κάτι τέτοιο :



## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μέ όσα μάθαμε για τήν κίνηση τών μορίων μέσα στις τρεις καταστάσεις τής ύλης μπορείτε νά εξηγήσετε :

- 1) Γιατί ή πλαστελίνη αλλάζει σχήμα πού εύκολα από τó ξύλο. Τά μόρια τής πλαστελίνης και τού ξύλου κινούνται τó ίδιο γρήγορα;
- 2) Γιατί ó καπνός πού βγαίνει από ένα φουγάρο στό τέλος εξαφανίζεται;
- 3) "Αν σέ ένα κομμάτι χαρτί κάνουμε μιá τρύπα μέ μιá καρφίτσα, γιατί ή τρύπα δέν κλείνει από μόνη της;
- 4) Γιατί δέν μπορούμε νά κάνουμε μιá τρύπα στό νερό;

## 6. Ενέργεια

"Όταν σηκώνωμε μιá πέτρα, καταβάλλομε προσπάθεια. Λέμε ότι παράγομε έργο. Τό ίδιο όταν μεταφέρωμε στό σπίτι τά ψώ-

νια από τόν μπακάλη. Πάλι παράγομε έργο.

Στήν καθημερινή μας ζωή τή λέξη έργο τή χρησιμοποιούμε σέ πολλές περιπτώσεις. Λέμε ότι θαυμάζομε ένα έργο Τέχνης, στά Θρησκευτικά μιλούμε για τó έργο τού 'Αποστόλου Παύλου και όταν πάμε στόν κινηματογράφο, λέμε ότι είδαμε ένα ώραιο έργο. Σέ όλες αυτές τις φράσεις ή λέξη έργο σημαίνει κάτι τελείως διαφορετικό. Στήν επιστήμη, όπως θά δούμε, μιá λέξη έχει μιá όρισμένη σημασία και πάντα τή χρησιμοποιούμε μέ τήν ίδια σημασία. Δηλαδή, κάνομε μιá συμφωνία πώς θά όνομάζωμε κάτι κι από κεί και πέρα κρατούμε αυτή τή συμφωνία. Τή συμφωνία αυτή τή λέμε **όρισμό**. Στή φυσική, λοιπόν, έχομε συμφωνήσει νά λέμε ότι

**παράγεται ένα έργο, όταν μιá δύναμη κάνη ένα άντικείμενο νά μετακινηθί σέ κάποια άπόσταση.**

"Όπου και νά γυρίσωμε, βλέπομε νά παράγεται έργο. "Αν τó πρωί ήρθαμε στό σχολείο μέ λεωφορείο, τó λεωφορείο έκανε κάποιο έργο. "Αν ήρθαμε μέ τά πόδια, τότε τó έργο τó κάναμε έμεις. "Όταν πριονίζωμε ένα κομμάτι ξύλο, παράγεται έργο από τή δύναμη τού χεριού μας πού κινεί τó πριόνι μπρός πίσω.

## ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

- 1) Σκεφτήτε τουλάχιστον πέντε παραδείγματα πού νά παράγεται έργο. Έξηγήστε ποιό σώμα κινείται, ποιá είναι ή δύναμη πού τó κινεί και σέ ποιá άπόσταση κινείται.
- 2) "Αν σπρώξετε τόν τοίχο, παράγετε έργο;

"Έργο παράγομε, όπως είδαμε, κάθε λεπτό. "Όταν έργαζόμαστε, όταν περπατούμε, άκόμη και όταν παίζωμε. Σκεφτήτε πώς ρί-



*Παράγωμε έργο ακόμη και όταν παίζωμε βόλους.*

χνομε ένα βόλο, για να χτυπήσωμε έναν άλλο. Πάμε τὸ χέρι μας ὄσο πιὸ πίσω μπορούμε, με μιὰ γρήγορη κίνηση τὸ φέρνομε πρὸς τὰ μπρὸς καὶ κάποια στιγμή ἀφήνομε τὸ βόλο νὰ φύγη. Ὅσο κινούμε με τὸ χέρι μας τὸ βόλο, βάζομε κάποια δύναμη. Δηλαδή, κάνομε ένα ἔργο. Ἀπὸ τὴ στιγμή πού τὸν ἀφήνομε, φυσικά σταματούμε νὰ κάνωμε ἔργο. Ὁ βόλος ὁμως κινεῖται καὶ ξέρομε ὅτι, ἀν στὸ δρόμο του βρῆ έναν ἄλλο βόλο, θὰ τὸν χτυπήση με μιὰ δύναμη, πού θὰ τὸν κἀνη καὶ αὐτὸν νὰ κινήθῃ. Δηλαδή, με τὸ ἔργο πού κάναμε, γιὰ νὰ πετάξωμε τὸ βόλο, τοῦ δώσαμε μιὰ νέα ἰδιότητα. Ἀπὸ τὴ στιγμή πού ὁ βόλος ἔφυγε ἀπὸ τὸ χέρι μας ἔχει τὴν ἰκανότητα νὰ παράγῃ ἔργο. Γενικά, ὅταν ένα κομμάτι ὕλης ἔχη τὴν ἰκανότητα νὰ παράγῃ ἔργο, λέμε ὅτι αὐτὸ τὸ κομμάτι τῆς ὕλης περιέχει **ἐνέργεια**.

Ἡ ἐνέργεια εἶναι ένα ἀπὸ τὰ σπουδαιότερα πράγματα στὸν κόσμο. Ὅ,τι βλέπομε γύρω μας ἢ καὶ ὄ,τι ἀκόμη ξέρομε ὅτι ὑπάρχει, χωρὶς νὰ τὸ βλέπωμε ἡμεῖς οἱ ἴδιοι, εἶναι φτιαγμένο ἀπὸ ὕλη. Ἐκεῖνο ὁμως πού κάνει τὴν ὕλη νὰ κινήται, νὰ ἀλλάξῃ, ἐκεῖ-

νο πού κάνει τὰ φυτὰ νὰ μεγαλώνουν, τὰ ποτάμια νὰ κυλοῦν, ἐκεῖνο πού κάνει τὸ φαγητὸ νὰ ψήγεται στὸ φούρνο, τὸ σπίτι μας νὰ ζεσταίνεται τὸ χειμῶνα, αὐτὸ πού κάνει ἡμᾶς τοὺς ἴδιους νὰ μεγαλώνωμε μέρα με τὴ μέρα εἶναι ἡ ἐνέργεια. Τίποτε δὲν γίνεται στὸν κόσμο χωρὶς ἐνέργεια.

Γιὰ νὰ ἔχη ἐνέργεια ένα κομμάτι ὕλης, δὲν εἶναι ἀπαραίτητο νὰ κινήται. Ἀρκεῖ νὰ ἔχη τὴν ἰκανότητα νὰ κἀνη ἔργο. Ξέρομε ὅτι δίχως βενζίνη ένα αὐτοκίνητο δὲν μπορεῖ νὰ κινήθῃ. Λέμε ὅτι ἡ βενζίνη περιέχει ἐνέργεια καὶ μπορεῖ νὰ μᾶς δώσῃ ἔργο. Τὸ ἴδιο ένα τρενάκι με μπαταρία. Ξέρομε ὅτι ἐκεῖνο πού τὸ κάνει νὰ κινήται, δηλαδή νὰ κἀνη ἔργο, εἶναι ἡ μπαταρία του. Λέμε ὅτι ἡ μπαταρία περιέχει ἐνέργεια.

Ἐνέργεια ὑπάρχει παντοῦ, ὅπου κοιτάξωμε, καὶ σὲ πολλές διαφορετικὲς μορφές. Μάθαμε ὅτι σὲ κάθε τῆς μορφῆ ἡ ἐνέργεια εἶναι τὸ ἴδιο πράγμα. *Εἶναι ἡ ἰκανότητα πού ἔχει ένα κομμάτι ὕλης νὰ κἀνη ἔργο.* Ὅσο πιὸ πολὺ ἔργο μπορεῖ νὰ κἀνη ένα κομμάτι ὕλης, τόσο πιὸ πολλὴ ἐνέργεια περιέχει. Μιὰ μπαταρία μπορεῖ νὰ κινήσῃ ένα τρενάκι, ἀλλὰ δὲν μπορεῖ νὰ κινήσῃ ένα λεωφορεῖο, γιατί περιέχει λίγη ἐνέργεια. Ἐνα λίτρο βενζίνη, πού περιέχει πολλὴ ἐνέργεια, μπορεῖ νὰ κινήσῃ τὸ λεωφορεῖο γιὰ μερικὰ χιλιόμετρα. Γιὰ νὰ ξεχωρίζωμε τὶς διάφορες μορφές ἐνεργειᾶς, τοὺς ἔχομε δώσει διάφορα ὀνόματα. Ὅταν σηκώνωμε ένα βάρος ἢ κόβωμε ένα ξύλο με ένα πριόνι, μιλοῦμε γιὰ *μηχανικὴ ἐνέργεια*. Λέμε ὅτι τὰ φυτὰ χρειάζονται τὴν *ἠλιακὴ ἐνέργεια*, γιὰ νὰ μεγαλώσουν. Πολλὲς συσκευὲς μέσα στὸ σπίτι μας δουλεύουν με *ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια*. Ὅλες αὐτὲς τὶς μορφές τῆς ἐνεργειᾶς, ὅπως καὶ πολλὲς ἄλλες, θὰ τὶς ἐξετάσωμε ἀργότερα.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Περιογράψτε μερικὰ πράγματα, πού*

πιστεύετε ότι περιέχουν ενέργεια.  
Πώς το ξέρετε; Μπορείτε να πείτε  
τί είδους ενέργεια περιέχουν;

## 7. Μεταφορά και διατήρηση της ενέργειας

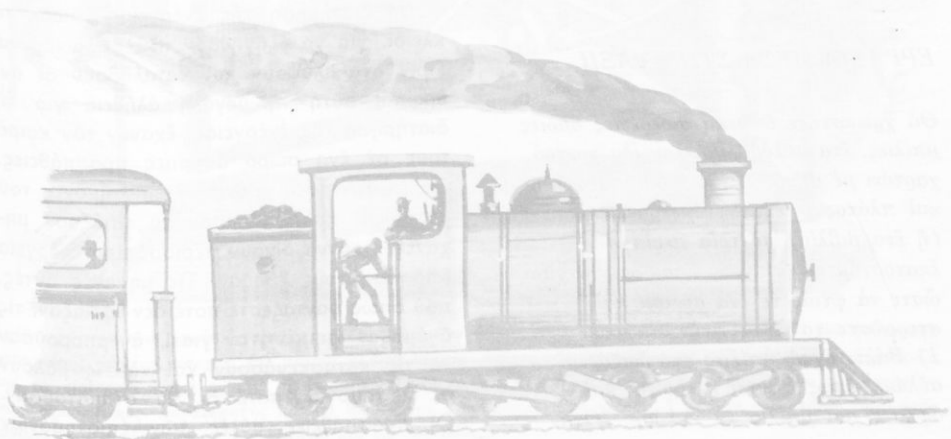
Έχετε δει ποτέ ατμομηχανή; Ίσαμε πριν από μερικά χρόνια, τρένα με ατμομηχανές διέσχιζαν τις πέντε ηπείρους μεταφέροντας έμπορεύματα και επιβάτες. Αυτά τα μηχανικά μεγαθήρια είχαν μια ξεχωριστή όμορφιά και συχνά τα ταξίδια τους σε μακρινές χώρες ήταν γεμάτα περιπέτειες. Άξίζει λοιπόν τον κόπο να παρακολουθήσουμε μαζί πώς δούλευαν.

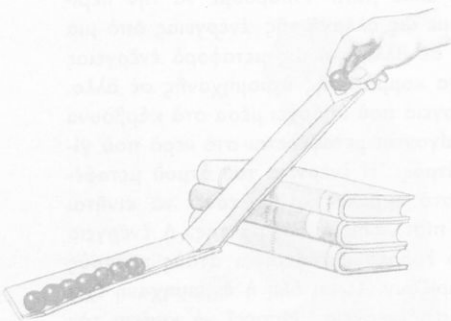
Το πρώτο πράγμα που παρατηρούμε στη φωτογραφία είναι ο καπνός από τα κάρβουνα που καίγονται στη μηχανή. Η φωτιά κάνει το νερό να βράζει στο καζάνι. Το νερό γίνεται ατμός, ο ατμός κινεί ένα έμβολο, το έμβολο γυρίζει τους τροχούς και οι τροχοί κινούν την ατμομηχανή. Όλη αυτή την άλυσίδα των εργασιών, τώρα που ξέρομε για την ενέργεια, μπορούμε να την δούμε

και με άλλο μάτι. Μπορούμε να την περιγράψωμε ως αλλαγή της ενέργειας από μια μορφή σε άλλη και ως μεταφορά ενέργειας από ένα κομμάτι της ατμομηχανής σε άλλο. Η ενέργεια που υπάρχει μέσα στα κάρβουνα που καίγονται μεταφέρεται στο νερό που γίνεται ατμός. Η ενέργεια του ατμού μεταφέρεται στο έμβολο και το κάνει να κινηθεί μπρός πίσω. Με τη σειρά της, η ενέργεια από το έμβολο μεταφέρεται στους τροχούς που γυρίζουν. Τώρα όλη η ατμομηχανή έχει αποκτήσει ενέργεια. Μπορεί να κινήσει τον εαυτό της και τα βαγόνια του τρένου με κάποια δύναμη, δηλαδή μπορεί να κάνει έργο.

Μεταφορά ενέργειας βλέπομε συνέχεια όπου και να κοιτάζωμε. Ενέργεια μεταφέρεται από το ύγραέριο που καίγεται ή από το ηλεκτρικό μάτι στο φαγητό που βράζει. Μεταφέρεται από την τροφή στα μέλη του σώματός μας που κινούνται. Μεταφέρεται από τον ανοιξιάτικο ήλιο στα χιόνια των βουνών που λιώνουν. Κάθε μεταβολή που παρατηρούμε γύρω μας είναι και μια μεταφορά ενέργειας και αντίστροφα καμιά μεταβολή δεν γίνεται, χωρίς να μεταφερθή ενέργεια από ένα κομμάτι ύλης σε άλλο. Για τις μεταβολές που παρατηρούμε χρησιμοποιού-

*Ατμομηχανή του περασμένου αιώνα.*





**ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ.** Παρατηρούμε πώς μεταφέρεται ή ενέργεια από τις μπίλιες που αφήνουμε στις όχτω άκίνητες μπίλιες.

με στη φυσική ένα ξεχωριστό όνομα : τις λέμε **φαινόμενα**.

Τά φαινόμενα που βλέπομε στην καθημερινή μας ζωή είναι πολύπλοκα. Και την πιο απλή εργασία να παρακολουθήσωμε, και το πιο απλό μηχανήμα να παρατηρήσωμε, βλέπομε μια σειρά από κομμάτια ύλης που το ένα δίνει ενέργεια στο άλλο και μάλιστα σε διάφορες μορφές. Μια έρώτηση, που μας γεννιέται άμέσως, είναι πόση ενέργεια παίρνει και πόση δίνει κάθε κομμάτι ύλης.

## ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε δώδεκα σιδερένιες όμοιες μπίλιες, ένα μολύβι, μια λογοίδα χοντρό χαρτόνι με μήκος περίπου 50 εκατοστόμετρα και πλάτος 5 εκατοστόμετρα και ένα ξύλο (ή ένα βιβλίο) με τρία περίπου εκατοστόμετρα πάχος. Τσακίστε το χαρτόνι, ώστε να φτιάξετε ένα αβλάκι και στερεώστε το όπως στην εικόνα.

1) Βάλτε όχτω μπίλιες στο οριζόντιο αβλάκι, όπως δείχνει ή εικόνα, και αφήστε μια μπίλια να κυλήσει. "Όταν

ή μπίλια που αφήσατε χτυπήσει τις άλλες όχτω μπίλιες, τί παρατηρείτε;  
2) Ξαναβάλτε τις όχτω μπίλιες όπως ήταν και αυτή τη φορά αφήστε να κυλήσουν δύο μπίλιες μαζί.

Τί παρατηρείτε;

3) Κάνετε την ίδια εργασία αφήνοντας να κυλήσουν τρεις μπίλιες μαζί ή τέσσερις μπίλιες μαζί.

Τί παρατηρείτε;

Πώς εξηγείτε τις παρατηρήσεις σας;

Στην εργασία που κάναμε είδαμε την ενέργεια της μπίλιας που κυλάει να μεταφέρεται στις όχτω μπίλιες που ήταν άκίνητες. Η ενέργεια μεταφέρθηκε στην τελευταία μπίλια της σειράς, κι αυτή έφυγε. Όταν αφήσαμε να κυλήσουν δύο μπίλιες, δηλαδή δώσαμε διπλάσια ενέργεια, έφυγαν δύο μπίλιες. Έτσι ανακαλύψαμε ένα πολύ σημαντικό πράγμα για τη μεταφορά της ενέργειας. Όση ενέργεια δώσαμε στις όχτω μπίλιες, τόση και πήραμε. Αυτή τη σπουδαία ανακάλυψη την λέμε

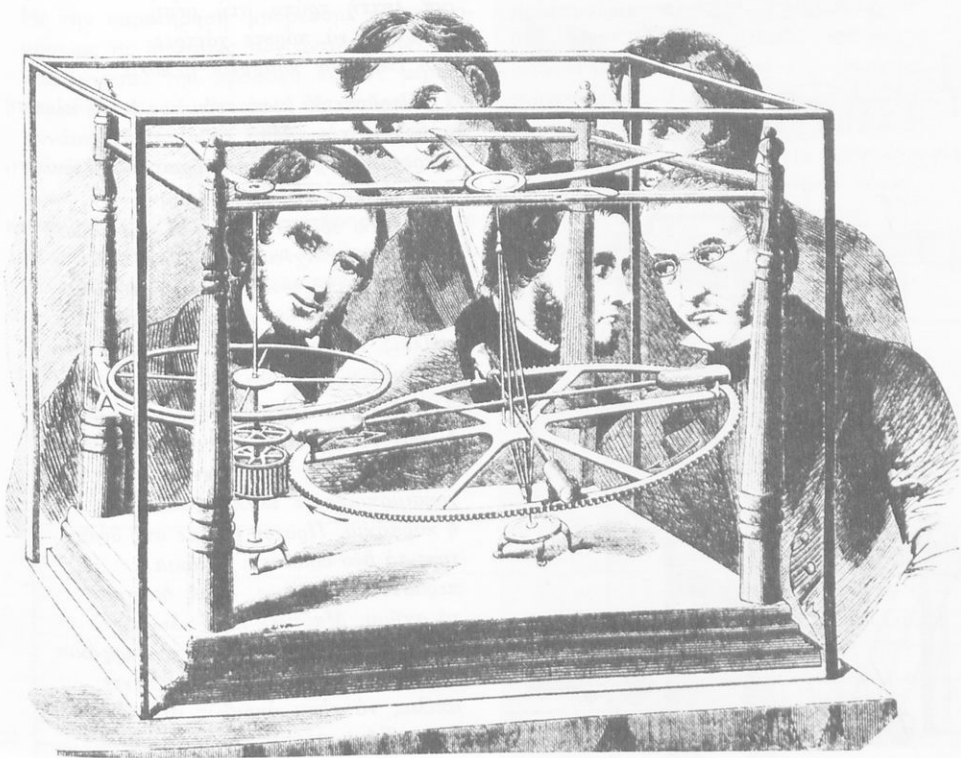
## διατήρηση της ενέργειας

και έννοούμε ότι ή ενέργεια ούτε δημιουργείται από το τίποτε ούτε καταστρέφεται.

Η διατήρηση της ενέργειας έδωσε το κλειδί, για να εξηγηθούν πολλά φαινόμενα. Πριν ανακαλύψουν και καταλάβουν οι άνθρωποι αυτή τη μεγάλη αλήθεια για τη διατήρηση της ενέργειας, έχαναν τον καιρό τους σε ένα σωρό άσκοπες προσπάθειες. Για εκατοντάδες χρόνια οι επιστήμονες του μεσαίωνα προσπαθούσαν να φτιάξουν μηχανές, που να δίνουν περισσότερη ενέργεια από όση τους έβαζαν. Τις μηχανές αυτές, που όπως φαντάζεστε ποτέ δεν έφτιαξαν, τις ονόμαζαν **αιεκίνητα**, γιατί, αν μπορούσαν να τις κατασκευάσουν και να τις βάλουν σε λειτουργία, ποτέ δε θα σταματούσαν. Οί προσπάθειες αυτές τών επιστημόνων

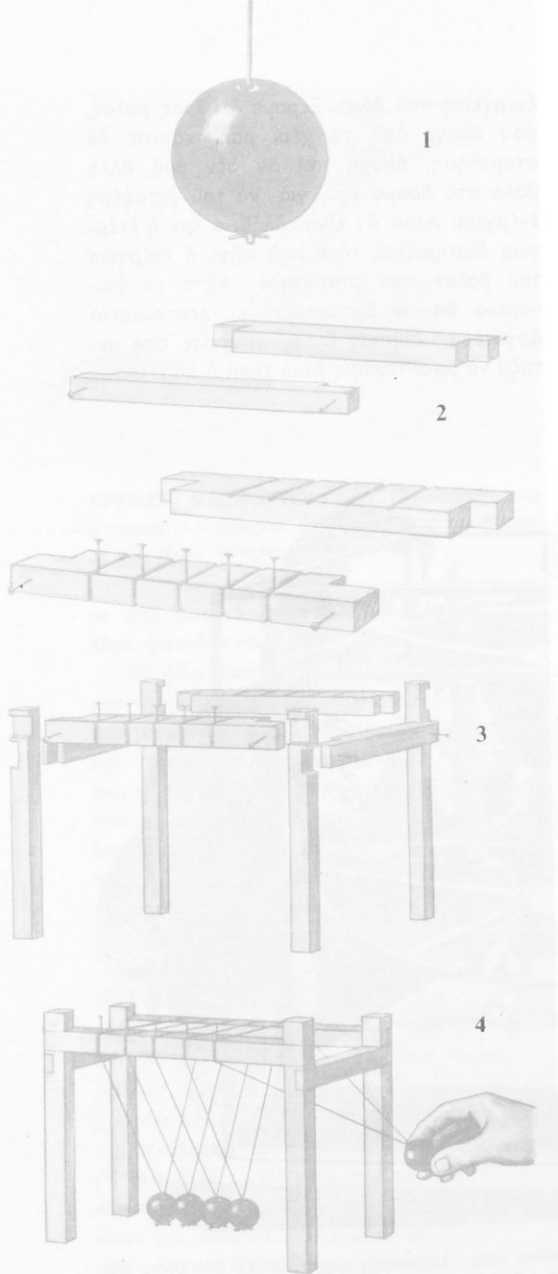
του μεσαίωνα, τώρα που ξέρομε για τή διατήρηση τής ενέργειας, μᾶς φαίνονται ἄστειες, ἀλλά μπορούμε κάπως νά τις δικαιολογήσωμε. Τά περισσότερα φαινόμενα που παρατηρούμε γύρω μας εἶναι πολύπλοκα. Ἐνα κομμάτι ὕλης, που παίρνει ἐνέργεια ἀπό κάπου, μπορεί νά τήν δώσει πάλι ὄχι μόνο σέ πολλά ἄλλα κομμάτια ὕλης ἀλλά καί μέ πολλές μορφές. Συχνά εἶναι δύσκολο ἀκόμη καί νά ἀναγνωρίσωμε ὄλες τις μορφές

ἐνέργειας που δίνει. Ξέρομε ὅτι ἕνας βόλος, που ἔφυγε ἀπό τὸ χέρι μας, κάποτε θά σταματήσει, ἀκόμη καί ἂν δὲν βρῆ ἄλλο βόλο στό δρόμο του, γιά νά τοῦ μεταφέρει ἐνέργεια. Ἄλλά ἂν εἶναι ἀλήθεια ὅτι ἡ ἐνέργεια διατηρεῖται, τότε που πῆγε ἡ ἐνέργεια τοῦ βόλου που σταμάτησε; Αὐτὸ τὸ φαινόμενο θά τὸ ἐξετάσωμε μέ λεπτομέρεια ἀργότερα. Μήπως ὅμως μπορείτε στό μεταξύ νά ὑποπτευθῆτε ποιά εἶναι ἡ ἀπάντηση;



Σχέδιο «ἀεικινήτου», που κατασκεύασε τὸν περασμένο αἰώνα ἕνας Ἀμερικανὸς μηχανικός. Οἱ δύο ρόδες τῆς κατασκευῆς γύριζαν συνεχῶς ἐπὶ μερικὰ χρόνια σὲ μιὰ ἐκθεση τῆς Νέας Ὑόρκης καὶ ὁ ἐφευρέτης θησαύριζε ἀπὸ τὰ εἰσιτήρια που πλήρωσαν οἱ ἐπισκέπτες, γιά νά θαυμάσουν τὴν συσκευή. Δυστυχῶς γιά τὸν ἐφευρέτη ἕνας προσεκτικὸς παρατηρητὴς κάποτε ἀνακάλυψε τὴν ἀπάτη. Στὸ σημεῖο Α ἐπῆρχε ἕνα στόμιο, ἀπὸ ὅπου ἔβγανε πεπιεσμένος ἀέρας που κινῶσε καὶ τις δύο ρόδες.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Κατασκευαστικό σχέδιο.

Θά φτιάξουμε μιὰ λίγο πολύπλοκη κατασκευή, πὸν θά μᾶς βοηθήσει νὰ δοῦμε τὴ μεταφορὰ καὶ διατήρηση τῆς ἐνέργειας. Τέτοιες κατασκευές θά φτιάξουμε ἀρκετές μέσα στὴ χρονιά, καὶ μπορείτε νὰ τὶς φυλάγετε γιὰ τὴν ἔκθεση τοῦ σχολείου σας στὸ τέλος τῆς χρονιάς. Θά χρειαστῆτε ἐργαλεῖα ξυλοκοπτικῆς, νάλιον κλωστή (πετονιά φαρέματος) καὶ πέντε ὁμοιές μπίλιες. Οἱ μπίλιες πρέπει νὰ εἶναι ἀπὸ ἀρκετὰ βαρὺ ὄλικὸ καὶ νὰ ἔχουν μιὰ λεπτὴ τρύπα στὴ μέση. Μπορεῖτε νὰ πάρετε χάντρες ἀπὸ ἓνα βαρὸν κομπολόι ἢ κολιέ.

1) Περάστε 35 ἑκατοστόμετρα διπλὴ κλωστή μέσα ἀπὸ τὴν τρύπα κάθε μπίλιας καὶ στερεώστε τὴν μὲ ἓνα σοματάκι ἢ ξυλάκι, ὅπως δείχνει τὸ Σχῆμα 1.

2) Κόψτε δύο ξυλάκια καὶ χαρακώστε τα μαζί, ὅπως δείχνει τὸ Σχῆμα 2. Ἡ ἀπόσταση ἀπὸ τὸ ἓνα ἀδάκι στὸ ἄλλο πρέπει νὰ εἶναι ἴση μὲ τὴ διάμετρο μιᾶς μπίλιας. Καρφώστε πέντε καρφάκια στὸ ἓνα ξυλάκι, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα.

3) Κόψτε τὰ ὑπόλοιπα ξυλάκια πὸν δείχνει τὸ Σχῆμα 3 καὶ συναρμολογήστε τὴν κατασκευή. Μπορεῖτε νὰ χρησιμοποιήσετε κόλλα ξυλουγοῦ ἢ καρφάκια. Προτοῦ βάλετε στὴ θέση τους τὰ δύο ὀριζόντια ξυλάκια, περάστε τὶς μπίλιες, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα. Μαζέψτε λίγη κλωστή ἀπὸ κάθε μπίλια γύρω ἀπὸ τὰ καρφάκια στὸ ὀριζόντιο ξύλο, ὥστε οἱ πέντε μπίλιες νὰ εἶναι ἀκριβῶς στὸ ἴδιο ὕψος. Τώρα πρέπει νὰ ἔχετε τὴν κατασκευή πὸν δείχνει τὸ Σχῆμα 4.

4) Σηκώστε μιὰ μπίλια, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα, καὶ ἀφήστε τὴν νὰ χτυπήσει τὶς ἄλλες. Τί παρατηρεῖτε; Πῶς ἐξηγεῖτε τὴν παρατήρησή σας;



5) 'Επαναλάβετε την ίδια εργασία με δύο, τρεις ή τέσσερις μπιλίες μαζί.  
 Τί παρατηρείτε; Σ' ένα κομμάτι χαρτόνι γράψτε οδηγίες για τη χρήση της κατασκευής και σύντομη εξήγηση για τη λειτουργία της.

## 8. 'Υπόθεση και πείραμα

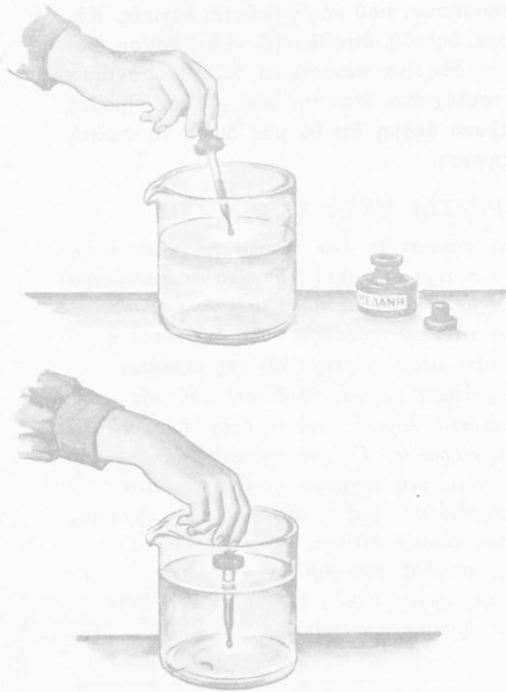
Στις διάφορες εργασίες, που κάναμε ως τώρα, είδαμε πόσο σπουδαίο ρόλο παίζει η προσεκτική και συστηματική παρατήρηση. Με την παρατήρηση μπορέσαμε να ταξινομήσουμε τις ιδιότητες των αντικειμένων που μᾶς κίνησαν την προσοχή και σε μερικές περιπτώσεις, με την άπλη παρατήρηση και μόνο, μπορέσαμε να βγάλουμε συμπεράσματα για ένα αντικείμενο ή ένα φαινόμενο. Αυτό όμως δεν συμβαίνει πάντοτε. Συχνά εκείνο που μᾶς μένει από μια παρατήρηση είναι μια σειρά από ερωτήματα. "Ένα πλήθος από γιατί, πώς και πόσο, που περιμένουν απάντηση.

'Αμέσως τὸ μυαλό μας τρέχει σὲ διάφορες ἀπαντήσεις, πὸ μᾶς φαίνονται λογικές. Κάνομε, δηλαδή, **ὑποθέσεις**. Μία ὑπόθεση, φυσικά, δὲν εἶναι πάντοτε καὶ σωστὴ ἀπάντηση ἢ τουλάχιστο, ὅταν τὴν κάνομε, δὲν εἴμαστε βέβαιοι ἀκόμη ὅτι θὰ μᾶς δώση τὴ σωστὴ ἐξήγηση.

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστήτε ἓνα ποτήρι μὲ κρύο νερό, ἓνα ποτήρι μὲ κεντὸ νερό, ἓνα σταγονόμετρο καὶ μελάνη. Θὰ κάνομε μερικές ἐργασίες, γιὰ νὰ παρατηρήσωμε πῶς διαλύεται ἡ μελάνη μέσα στὸ νερὸ καὶ στὴ συνέχεια θὰ κάνομε μερικές ὑποθέσεις πὸν μᾶς φαίνονται λογικές, γιὰ νὰ ἐξηγήσωμε τί παρατηροῦμε. Γιὰ νὰ κάνομε συστηματικὴ ἐργασία, χαρακώστε στὸ τετραδίὸ σας μιὰ σελίδα γιὰ κάθε ἐργασία, ὅπως εἶναι ὁ πίνακας στὸ κάτω μέρος τῆς σελίδας τοῦ βιβλίου.  
 Στὴν πρώτη στήλη τοῦ πίνακα γράψτε τὴν ἐργασία πὸν κάνετε.

ἐργασία	παρατήρηση	ὑποθέσεις



**ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ.** Παρατηρούμε τη διάλυση της μελάνης και κάνουμε υποθέσεις, για να εξηγήσουμε τὸ φαινόμενο.

1) Μὲ προσοχή ἀφήστε μιὰ σταγόνα μελάνη στὴν ἐπιφάνεια τοῦ κορῶν νεροῦ. Παρατηρήστε γιὰ πέντε λεπτά τί γίνεται. Γράψτε τὴν παρατήρησή σας στὴ δευτέρα στήλη τοῦ πίνακα. Στὴν τρίτη στήλη γράψτε μὲ λίγα λόγια τί νομίζετε ὅτι γίνεται μὲ τὸ νερὸ καὶ τὴ μελάνη. Σκεφτῆτε τί ξέρετε γιὰ τὰ μόρια ἢ ὅτι ἄλλο ἔχετε παρατηρήσει στὴν καθημερινή σας ζωή. Ἄν μουρῆτε γὰ σκεφτῆτε περισσότερες ἀπὸ μιὰ ἐξηγήσεις γιὰ τὸ φαινόμενο ποὺ παρατηρεῖτε, γράψτε τες στὴν τρίτη στήλη τοῦ πίνακα

ἐξεχωριστά, τὴ μιὰ κάτω ἀπὸ τὴν ἄλλη.  
2) Ἀδειάστε τὸ ποτήρι καὶ γεμίστε το πάλι μὲ καθαρὸ κορὸ νεροῦ. Αὐτὴ τὴ φορὰ βυθίστε μὲ προσοχή τὸ σταγονόμετρο μέσα στὸ ποτήρι καὶ ἀφήστε μιὰ σταγόνα μελάνη στὸν πάτο τοῦ ποτηριοῦ. Παρατηρήστε γιὰ πέντε λεπτά τί γίνεται. Γράψτε τί παρατηρεῖτε στὴ δευτέρα στήλη τοῦ πίνακα καὶ μιὰ ἢ περισσότερες ὑποθέσεις γιὰ τὴν παρατήρησή σας στὴν τρίτη στήλη.  
3) Μὲ προσοχή ἀφήστε μιὰ σταγόνα μελάνη στὴν ἐπιφάνεια τοῦ κορῶν νεροῦ. Παρατηρήστε γιὰ πέντε λεπτά τί γίνεται. Γράψτε τὶς παρατηρήσεις σας καὶ τὶς ὑποθέσεις σας γιὰ τὸ φαινόμενο ποὺ παρατηρεῖτε. Μήπως στὶς ὑποθέσεις σας σὰς βοηθοῦν οἱ προηγούμενες παρατηρήσεις ποὺ κάνατε γιὰ τὴ διάλυση τῆς μελάνης;

Σὲ κάθε βῆμα τῆς ἐργασίας μας κάναμε παρατηρήσεις καὶ ὑποθέσεις. Στὸ πρῶτο βῆμα παρατηρήσαμε τὴ σταγόνα τῆς μελάνης νὰ διαλύεται μέσα στὸ νερὸ καὶ νὰ τὸ χρωματίζει. Γιὰ νὰ ἐξηγήσωμε τὴν παρατήρησή μας αὐτή, μπορούμε νὰ κάνωμε τὴν ὑπόθεση ὅτι

ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἀπὸ μόρια ποὺ συνέχεια κινούνται. Μὲ τὴ συνεχῆ κίνησή τους τὰ μόρια τῆς μελάνης σκορπίζονται μέσα στὰ μόρια τοῦ νεροῦ.

Θὰ μπορούσε ὅμως κανεὶς, ἀπὸ τὴν παρατήρηση αὐτὴ καὶ μόνο, νὰ κάνη μιὰ διαφορετικὴ ὑπόθεση. Νὰ πῆ ὅτι,

ὅπως στὸν ἀέρα μιὰ σταγόνα πέφτει στὸ πάτωμα, ἔτσι καὶ μέσα στὸ νερὸ ἡ σταγόνα πέφτει στὸν πάτο τοῦ ποτηριοῦ, ἀλλὰ πολὺ πιὸ ἀργά.

Οἱ δύο ὑποθέσεις εἶναι τελείως διαφορετικὲς μεταξύ τους. Ἀκόμη δὲν ξέρομε ποιά εἶναι ἡ σωστὴ, ἀλλὰ καὶ οἱ δύο μᾶς φαίνονται λογικὲς.

Στο δεύτερο βήμα τῆς ἐργασίας μας μαθαίνομε ποιά ἀπὸ τὶς δύο ὑποθέσεις εἶναι ἡ σωστή. Ἄν ἡ δεύτερη ὑπόθεση ἦταν σωστή, τότε μιὰ σταγόνα ποῦ ἀφήνομε στὸν πάτο τοῦ ποτηριοῦ δὲν θὰ μπορούσε νὰ ἀνεβῆ καὶ νὰ χρωματίσῃ τὸ νερὸ μέσα στὸ ποτήρι. Ἐμεῖς ὅμως παρατηροῦμε ὅτι καὶ ἡ σταγόνα ποῦ ἀφήσαμε στὸν πάτο τοῦ ποτηριοῦ καὶ ἡ σταγόνα ποῦ ἀφήσαμε στὴν ἐπιφάνεια χρωματίζουν τὸ νερὸ. Ἄρα ἡ πρώτη μας ὑπόθεση εἶναι σωστή.

Στὸ τρίτο μέρος τῆς ἐργασίας μας βλέπομε κάτι καινούριο. Ἡ μελάνη σκορπίζεται πιὸ γρήγορα στὸ κεντὸ νερὸ παρὰ στὸ κρύο. Τώρα ποῦ ξέρομε ἀπὸ τὰ προηγούμενα βήματα πῶς ἡ μελάνη διαλύεται μέσα στὸ νερὸ, μπορούμε νὰ κάνωμε μιὰ νέα ὑπόθεση, ποῦ μᾶς φαίνεται λογικὴ μετὰ ἀπὸ τὴν τελευταία μας παρατήρηση. Ὑποπτεύομαστε ὅτι

*τὰ μόρια τοῦ νεροῦ καὶ τῆς μελάνης κινοῦνται πιὸ γρήγορα μέσα στὸ κεντὸ νερὸ παρὰ στὸ κρύο.*

Ἴσως δὲν εἴμαστε ἀκόμη σίγουροι ὅτι ἡ ὑπόθεση αὐτὴ εἶναι σωστή. Ἴσως κάτι ἄλλο νὰ συμβαίνει μὲ τὸ ζεστὸ νερὸ, ποῦ αὐτὴ τῇ στιγμῇ νὰ μᾶς διαφεύγῃ.

Γιὰ νὰ βεβαιωθοῦμε ὅτι μιὰ ὑπόθεσή μας εἶναι σωστή ἢ γιὰ νὰ ξεχωρίσωμε μέσα ἀπὸ πολλὰς λογικὲς ὑποθέσεις τὴ σωστὴ ὑπόθεση, συχνὰ κάνομε μιὰ σειρά ἀπὸ ἐργασίες. Τὶς ἐργασίες αὐτὲς τὶς λέμε **πειράματα** καὶ ὡς τώρα ἔχομε δεῖ πολλὰ παραδείγματα. Μὲ τὸ πείραμα στὴ σελίδα 13 ἀνακαλύψαμε τὴν ἔλξη τῶν μορίων. Τὸ πείραμα στὴ σελίδα 15 μᾶς βοήθησε νὰ ταξινομήσωμε τὶς τρεῖς καταστάσεις τῆς ὕλης. Τέλος, μὲ τὸ πείραμα στὴ σελίδα 17 εἶδαμε πῶς ἡ κίνηση καὶ ἡ ἔλξη τῶν μορίων ἐξηγεῖ τὶς καταστάσεις τῆς ὕλης. Πολλὰς φορές τὸ πείραμα μᾶς βοηθεῖ νὰ ἐλέγχωμε καλύτερα τὸ φαινόμενο ποῦ παρατηροῦμε. Θὰ μπορούσαμε νὰ μελετήσωμε τὴν κίνηση τῶν μορίων



*Γιὰ νὰ παρατηρήσωμε μὲ προσοχὴ ἓνα φαινόμενο ἢ γιὰ νὰ ἐλέγξωμε μιὰ ὑπόθεση, κάνομε πειράματα.*

στὴν ἀέρια κατάσταση, παρατηρώντας τὸν καπνὸ ποῦ βγαίνει ἀπὸ μιὰ καμινάδα ἐργοστασίου. Ἄν ὅμως τὴν ἴδια ὥρα φυσοῦσε δυνατὸς ἄνεμος, ξέρομε ὅτι ὁ καπνὸς θὰ σκορπίζόταν πολὺ πιὸ γρήγορα ἀπὸ ὅ,τι σκορπίζεται μὲ τὴν κίνηση τῶν μορίων καὶ μόνο. Θὰ εἴχαμε δηλαδὴ μιὰ ἄλλη αἰτία, ποῦ ἴσως μᾶς ἔκανε νὰ παρατηρήσωμε κάτι τελείως διαφορετικὸ. Γι' αὐτὸ τὸ λόγο παρατηρήσαμε τὸ φαινόμενο μὲ καπνὸ ποῦ φτιάξαμε μέσα στὴν τάξη. Δηλαδή, κάναμε ἓνα πείραμα, γιὰ νὰ ἀπομονώσωμε τὸ φαινόμενο ποῦ θέλομε νὰ παρατηρήσωμε ἀπὸ ἄλλα φαινόμενα, ποῦ μποροῦν νὰ μᾶς μπερδέψουν.

Ἡ παρατήρηση, ἡ ὑπόθεση καὶ τὸ πείραμα, ὅπως εἶδαμε, προχωροῦν χέρι χέρι. Συνήθως ἡ μελέτη ἑνὸς φαινομένου ἀρχίζει μὲ μιὰ παρατήρηση, πού μᾶς κεντρίζει τὸ ἐνδιαφέρον. Γιὰ νὰ καταλάβωμε τὸ φαινόμενο καὶ νὰ ἀπαντήσωμε στὰ ἐρωτήματα πού μᾶς γεννιοῦνται, κάνομε ὑποθέσεις καὶ ἐλέγχομε τίς ὑποθέσεις μας μὲ πειράματα. Συχνά, ὅταν κάνωμε ἕνα πείραμα, παρατηροῦμε νέα φαινόμενα, κάνομε νέες ὑποθέσεις καὶ νέα πειράματα. Ἔτσι, βῆμα τὸ βῆμα, μὲ τὴν παρατήρηση, τὴν ὑπόθεση καὶ τὸ πείραμα, προχωροῦμε στὴν ἐξερεύνηση τοῦ γύρω μας κόσμου.

## 9. Φύση καὶ φυσικὴ

Ἴσαμε τώρα ρίξαμε μαζὶ μιὰ γενικὴ ματιὰ στὸν κόσμου πού μᾶς περιβάλλει. Μάθαμε ὅτι ἡ ὕλη ἀπὸ τὴν ὁποία ἀποτελεῖται εἶναι φτιαγμένη ἀπὸ μυριάδες μόρια, πού ἔλκονται μεταξύ τους καὶ κινοῦνται συνέχεια. Μάθαμε ἀκόμη ὅτι ἐκεῖνο πού κινεῖ τὴν ὕλη, ἐκεῖνο πού τὴν κάνει νὰ ἀλλάξῃ μορφή, καὶ γενικά ἐκεῖνο πού προκαλεῖ κάθε ἀλλαγὴ στὸν κόσμου εἶναι ἡ ἐνέργεια πού ὑπάρχει μέσα σ' αὐτόν. Ἡ ἐνέργεια μεταφέρεται ἀπὸ ἕνα κομμάτι ὕλης σὲ ἄλλο, χωρὶς ὅμως νὰ αὐξάνεται ἢ νὰ χάνεται. Μάθαμε ὅτι ἡ ἐνέργεια διατηρεῖται. Ὅλον αὐτὸν τὸν ὕλι-

κὸ κόσμου μὲ τὴ συνεχῆ κίνηση, ἀλλαγὴ καὶ μεταφορὰ ἐνέργειας πού παρατηροῦμε τὸν λέμε, μὲ μιὰ λέξη, **φύση ἢ φυσικὸ κόσμου**.

Δὲν ρίξαμε ὅμως ἀπλῶς μιὰ ματιὰ στὸ φυσικὸ κόσμου. Μάθαμε νὰ παρατηροῦμε μὲ σύστημα τὴ φύση καὶ μάθαμε νὰ τὴν ἐξερευνοῦμε χρησιμοποιώντας τὴν ὑπόθεση καὶ τὸ πείραμα. Μπήκαμε δηλαδὴ πιά στὴ **φυσικὴ ἐπιστήμη**.

Ἀρχίσαμε νὰ κάνωμε φυσικὴ.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Στὴν ἐπόμενη σελίδα εἶναι σοροπισμένες μερικὲς λέξεις πὸν μάθαμε ὡς τώρα.*

- 1) Διαλέξτε μιὰ λέξη στὴν τύχη καὶ βεβαιώητε ὅτι καταλαβαίνετε τί ἀκριβῶς σημαίνει. Ἐξηγήστε μὲ δικὰ σας λόγια καὶ παραδείγματα τὴ σημασίᾳ της σὲ κάποιο φίλο σας ἢ σὲ κάποιο μεγαλύτερο. Ἄν εἴστε βέβαιοι ὅτι τοῦ τὸ ἐξηγήσατε καλὰ καὶ ὅτι τὸ κατάλαβε, βάλτε ἕναν κύκλου μὲ τὸ μολόβι σας γύρω ἀπὸ αὐτὴ τὴ λέξη.
- 2) Συνεχίστε νὰ διαλέγετε λέξεις στὴν τύχη καὶ νὰ κάνετε τὴν ἴδια ἐργασία ὡστόσο νὰ μὴν ὑπάρχη καμιὰ λέξη δίχως κύκλου γύρω της.

Έλξη τών μορίων

ΠΙΝΑΚΑΣ

Ίδιότητες

μόριο

Υπόθεση

ΥΛΗ

Φαινόμενο

ένέργεια

Πείραμα

Μεταφορά τής ενέργειας

Έργο

ΦΥΣΙΚΗ

παρατήρηση

Μορφές τής ενέργειας

Άεικίνητο

καταστάσεις τής ύλης

Διατήρηση

ΦΥΣΗ

τής ενέργειας

Κίνηση τών μορίων

## II. ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

### 1. Στατιστικά σύνολα

Μιλήσαμε ως τώρα με μεγάλη λεπτομέρεια για τη συστηματική παρατήρηση ενός αντικειμένου, για τις ιδιότητες που το χαρακτηρίζουν και για την ενέργεια που περιέχει. Ύπάρχουν όμως πολλές περιπτώσεις που οι ιδιότητες και η συμπεριφορά ενός αντικείμενου ή δε μᾶς ενδιαφέρουν ή είναι πολύ δύσκολο νὰ τις παρακολουθήσωμε. Είναι πολύ εύκολο νὰ περιγράψωμε ἕνα χελιδόνι που βλέπομε νὰ πετάῃ ἔξω ἀπὸ τὸ παράθυρο τῆς αἴθουσας. Μποροῦμε νὰ παρατηρήσωμε τὸ χρῶμα του, τὴν κατεύθυνση που ἔχει καὶ τὴν ταχύτητά του. Ἐάν ὅμως περάσῃ ἕνα σμήνος ἀπὸ χελιδόνια, πόσο εύκολο εἶναι νὰ περιγράψωμε κάθε χελιδόνι μέσα στὸ σμήνος; Στὴν πραγματικότητα, ὅταν παρατηροῦμε τὸ σμήνος, δε μᾶς ενδιαφέρει καὶ πολὺ τί κάνει τὸ κάθε χελιδόνι. Μᾶς ενδιαφέρει πρὸς ποιά κατεύθυνση καὶ με ποιά ταχύτητα ταξιδεύει ὁλόκληρο τὸ σμήνος. Ἐάν παρατηρήσωμε ἕνα ὀρισμένο χελιδόνι μέσα στὸ σμήνος, θὰ δοῦμε ὅτι δὲν ταξιδεύει πάντα με τὴν ἴδια ταχύτητα καὶ πρὸς τὴν ἴδια κατεύθυνση. Πότε πετάει σιγά, πότε γρήγορα, μπορεῖ νὰ κἀνῃ κύκλους, ἀλλὰ τελικὰ ταξιδεύει πρὸς μιὰ ὀρισμένη γενικὴ κατεύ-

θυνση που ἔχει τὸ σμήνος καὶ με μιὰ μέση ταχύτητα που ἔχει τὸ σύνολο τῶν πουλιῶν.

Τὴν ἴδια δυσκολία συναντοῦμε ὅταν παρατηροῦμε κάτι που συμβαίνει πολλές φορές. Λέμε : «Ὁ ταχυδρόμος περνάει ἀπὸ τὸ σπίτι μας στὶς 10 τὸ πρωί». Ξέρομε ὅτι αὐτὸ δὲν εἶναι ἀπόλυτα ἀλήθεια. Καμιὰ φορὰ ὁ ταχυδρόμος περνάει στὶς 10 παρὰ 10, καμιὰ φορὰ στὶς 10 καὶ τέταρτο καὶ μόνο μερικὲς φορές στὶς 10 ἀκριβῶς. Θὰ μπορούσαμε κάθε μέρα νὰ γράφωμε στὸ τετράδιό μας πότε ἀκριβῶς πέρασε ὁ ταχυδρόμος. Τότε ἂν κάποιος μᾶς ρωτοῦσε : «Τί ὥρα περνάει ὁ ταχυδρόμος ἀπὸ τὸ σπίτι σας;», θὰ μπορούσαμε, ἀντὶ γιὰ ἀπάντηση, νὰ τοῦ δώσωμε νὰ διαβάσῃ τὸ τετράδιό μας. Αὐτὸ ὅμως εἶναι κάτι που δὲν τὸν ενδιαφέρει καὶ πολὺ. Ἐκεῖνο που θέλει νὰ ξέρῃ εἶναι πότε περίπου περνάει ὁ ταχυδρόμος. Θέλει νὰ τοῦ ποῦμε μιὰ ὥρα, γιὰ νὰ περιμένῃ τὸν ταχυδρόμο λίγο πρὶν ἢ λίγο πρὶν μετὰ ἀπ' αὐτὴ τὴν ὥρα. Θέλει, δηλαδή, μιὰ μέση τιμὴ τῆς ὥρας που περνάει ὁ ταχυδρόμος.

Σὲ ὅλες αὐτὲς τὶς περιπτώσεις, που παρατηροῦμε μιὰ ὁμάδα ἀπὸ ἀντικείμενα ἢ φαινόμενα με παρόμοιες ιδιότητες καὶ παρόμοια συμπεριφορά, λέμε ὅτι παρατηροῦμε ἕνα **στατιστικὸ σύνολο**. Ὅπως εἶδαμε, ὅταν περι-



*Κάθε χελιδόني μέσα σ' ένα σμήνος μπορεί να έχει διαφορετική ταχύτητα από τη μέση ταχύτητα του σμήνους.*

γράφωμε ένα στατιστικό σύνολο, δέν περιγράφωμε κάθε αντικείμενο ξεχωριστά. Για κάθε ιδιότητα που χρησιμοποιούμε στην περιγραφή μας δίνομε μιὰ μέση τιμή και έννοούμε ότι, αν ξεχωρίσωμε ένα αντικείμενο από τὸ σύνολο και παρατηρήσωμε από κοντά μιὰ ιδιότητά του, εἶναι πολὺ πιθανὸ ὅτι θὰ τὴ βροῦμε κοντὰ στὴ μέση τιμὴ που δώσαμε. Μάλιστα για ἰδιότητες που τίς περιγράφομε μὲ ἕναν ὀρισμένο ἀριθμὸ, ὅπως τὸ βάρος, ὁ ὄγκος ἢ ἡ ἀπόσταση, ξέρομε ἀπὸ τὴν ἀριθμητικὴ πῶς νὰ βρίσκωμε τὴ μέση τιμὴ. Ἴσως τὴν ἔχετε ἀκούσει ὡς μέσον ὄρο πολλῶν ἀριθμῶν. Ἄν θέλωμε νὰ βροῦμε τὸ μέσο βάρος τῶν μήλων μέσα σὲ μιὰ σακούλα, προσθέτομε τὸ βάρος κάθε μήλου και διαιροῦμε μὲ τὸν ἀριθμὸ τῶν μήλων μέσα στὴ σακούλα. Ἄν θέλωμε νὰ βροῦμε τὸ μέσο μήκος που ἔχουν οἱ πευκοβελόνες σ' ἕνα κλαδί πεύκου, προσθέτομε τὰ μήκη ἀπὸ ὅλες τίς πευκοβελόνες και διαιροῦμε μὲ τὸν ἀριθμὸ τους.

Στὴν καθημερινή μας ζωὴ χρησιμοποιούμε πολὺ συχνὰ τὴ μέση τιμὴ, για νὰ περιγράψωμε μιὰ ιδιότητα ἐνὸς στατιστικοῦ συνόλου. Λέμε π.χ. ὅτι τὰ παιδιὰ τῆς Πέμπτης Δημοτικοῦ εἶναι 11 χρονῶν. Για νὰ δοῦμε ὅμως, πόσο ἀλήθεια εἶναι αὐτό;

## ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

1) Θυμηθῆτε πότε εἶναι τὰ γενέθλιά σας και ποιὸ χρόνο γεννηθήκατε.

Ἐπολογίστε ἀκριβῶς τὴν ἡλικία σας σὲ χρόνια, μῆνες και ἡμέρες.

2) Γράψτε τίς ἡλικίες ὄλων τῶν παιδιῶν τῆς τάξης στὸν πίνακα. Προσθέστε τίς ἡλικίες ὄλων τῶν παιδιῶν και διαιρέστε μὲ τὸν ἀριθμὸ τῶν παιδιῶν μέσα στὴν τάξη. Ποιὰ εἶναι ἡ μέση ἡλικία τῶν παιδιῶν τῆς Πέμπτης Δημοτικοῦ στὸ σχολεῖο σας;

Εἶδαμε πόσο δύσκολο εἶναι νὰ περιγράψωμε κάθε αντικείμενο μέσα σ' ἕνα στατιστικό σύνολο. Ἄλλὰ ἂν εἶναι δύσκολο νὰ περιγράψωμε κάθε χελιδόني μέσα σ' ἕνα σμήνος ἀπὸ πενήντα ἢ ἑκατὸ χελιδόνια, φαντασθῆτε πόσο δύσκολο εἶναι νὰ περιγράψωμε κάθε μόριο μέσα σ' ἕνα κομμάτι ὕλης, πού, ὅπως ξέρομε, ἀποτελεῖται ἀπὸ μυριάδες μόρια. Στὰ ἐπόμενα κεφάλαια θὰ μελετήσωμε ἀπὸ πῶς κοντὰ τίς ιδιότητες τῆς ὕλης, που προέρχονται ἀπὸ τὴν ἀδιάκοπη κίνηση τῶν μορίων. Ὅπως υποπτεύεστε ἀπὸ τώρα, για τὴ μελέτη μας αὐτὴ θὰ χρησιμοποιήσωμε ὅσα μάθαμε για τὰ στατιστικὰ σύνολα και τίς μέσες τιμές.

Ἀπὸ ἓνα χάραξη τῆς Ἑλλάδας μὲ ἓνα ὑποδεκάμετρο καὶ τὴν κλίμακα τοῦ χάραξη νὰ βρῆτε τὴν ἀπόσταση ἀπὸ τὴν Ἀθήνα σὲ κάθε νησὶ τῆς Δωδεκανήσου. Ποιὰ εἶναι ἡ μέση ἀπόσταση ἀπὸ τὴν Ἀθήνα στὴ Δωδεκάνησο;



Ὄταν ἀγγίζουμε τὸν πάγο, ἔχομε τὸ αἶσθημα τοῦ ψυχροῦ. Πῶς τὸ ἐξηγεῖτε;



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Δοκιμάζουμε τὸ αἶσθημα τοῦ ψυχροῦ ἢ θερμοῦ ἔρχοντας σταγόνας νεροῦ στὸ δάχτυλό μας.

## 2. Θερμότητα καὶ θερμοκρασία

Ἐνα ὁποιοδήποτε ἀντικείμενο, ὅπως ἓνας ξύλινος χάρακας, περιέχει πολλές μορφές ἐνέργειας. Μποροῦμε νὰ παράγωμε ἔργο, ἂν ἀφήσωμε τὸ χάρακα νὰ πέσει ἀπὸ τὸ χέρι μας ἢ ἂν τὸν κάψωμε, γιὰ νὰ ζεστάνωμε λίγο νερό. Ξέρομε ὅμως ὅτι, ὅπως κάθε κομμάτι ὕλης, ὁ χάρακας ἀποτελεῖται ἀπὸ μυριάδες μόρια πού συνέχεια κινοῦνται, δηλαδή ἀπὸ μυριάδες μόρια πού τὸ καθένα περιέχει ἐνέργεια. Περιέχει ἐπομένως μιὰ μεγάλη ποσότητα ἐνέργειας, πού προέρχεται ἀπὸ τὴ γρήγορη κίνηση τῶν μορίων του. Τὴν ἐνέργεια αὐτὴ τὴν λέμε **θερμικὴ ἐνέργεια** ἢ, μὲ μιὰ λέξη, **θερμότητα**.

Ὁ ἄνθρωπος ἔχει τὴν ἰκανότητα ν' ἀντιλαμβάνεται πόσο ζεστὸ ἢ κρύο εἶναι ἓνα σῶμα μὲ τὸ αἶσθημα τῆς ἀφῆς. Ἄν ἀγγίζωμε ἓνα ἀντικείμενο, πού τὰ μόριά του ἔχουν λιγότερη ἐνέργεια ἀπὸ τὰ μόρια τοῦ χεριοῦ μας, τότε ἀμέσως μεταφέρεται *θερμικὴ ἐνέργεια* ἀπὸ τὰ μόρια τοῦ χεριοῦ μας στὰ μόρια τοῦ ἀντικειμένου. Ἡ αἴσθηση αὐτὴ γιὰ τὴ μεταφορὰ τῆς ἐνέργειας μεταδίδεται μὲ τὰ νεῦρα μας στὸν ἐγκέφαλο καὶ μᾶς δημιουργεῖ τὸ αἶσθημα τοῦ ψυχροῦ. Ἀντίθετα, ἂν τὰ μόρια τοῦ ἀντικειμένου πού ἀγγίξαμε ἔχουν περισσότερη ἐνέργεια ἀπὸ τὰ μόρια τοῦ χεριοῦ μας, τότε ἡ μεταφορὰ τῆς *θερμικῆς ἐνέργειας* θὰ γίνῃ ἀπὸ τὰ μόρια τοῦ ἀντικειμένου στὰ μόρια τοῦ χεριοῦ μας. Τὸ αἶσθημα πού θὰ μᾶς δημιουργηθῇ σ' αὐτὴ τὴν περίπτωσι εἶναι τὸ αἶσθημα τοῦ *θερμοῦ*. Τὸ αἶσθημα λοιπὸν τοῦ θερμοῦ ἢ τοῦ



ψυχρού προέρχεται από μια σύγκριση που κάναμε μεταξύ της ενέργειας των μορίων του σώματός μας και των μορίων των σωμάτων που αγγίζουμε. "Ας χρησιμοποιήσουμε αυτή την ικανότητά μας, για να παρατηρήσουμε μερικά ενδιαφέροντα πράγματα για τη θερμική ενέργεια, που περιέχεται στα διάφορα υλικά σώματα.

## ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε μια λεκάνη, ένα ποτήρι και ένα σταγονόμετρο.

1) Γεμίστε το ποτήρι με νερό από τη βρύση. Πάρτε με το σταγονόμετρο λίγο νερό από διάφορα μέρη του ποτηριού και στάξτε μερικές σταγόνες στο χέρι σας. "Έχετε διαφορετικό αίσθημα θερμού ή ψυχρού από σταγόνα σε σταγόνα ;

2) Γεμίστε τη λεκάνη με νερό από τη βρύση. Βάλτε το δάχτυλό σας σε διάφορα μέρη του νερού μέσα στη λεκάνη. Τι παρατηρείτε ; 'Αδειάστε με προσοχή ένα ποτήρι καντό νερό στη μια άκρη της λεκάνης. Βάλτε το δάχτυλό σας μέσα στο νερό στο σημείο που αδειάσατε το ποτήρι και άμέσως μετά στην άλλη άκρη της λεκάνης. Τι παρατηρείτε ; Περιμένετε πέντε λεπτά και δοκιμάστε πάλι το νερό με το δάχτυλό σας σε διάφορα μέρη της λεκάνης. Τι παρατηρείτε ;

Θα προσπαθήσουμε να εξηγήσουμε όσα παρατηρήσαμε στην εργασία μας με ό,τι ξέρουμε για την κίνηση των μορίων. Φυσικά, δε θα εξετάσουμε την κίνηση κάθε μορίου. Ξέρουμε ότι ακόμα και η πιο μικρή σταγόνα νερού είναι ένα στατιστικό σύνολο από μυριάδες μόρια, που συνέχεια κινούνται και συγκρούονται. Σε κάθε σύγκρουση μεταφέρεται ενέργεια από το ένα μόριο στο άλλο και αν παρακολουθήσαμε ένα όρισμένο μόριο, θα το βρούμε άλλοτε με περισσότερη και άλλοτε με λιγότερη ενέργεια. 'Εκείνο λοιπόν που

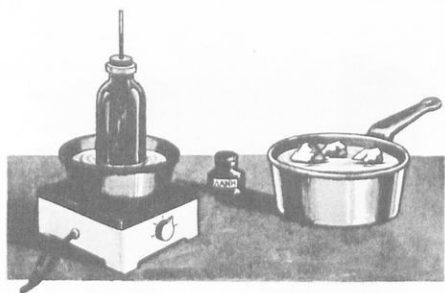
μάς ενδιαφέρει, όπως σε κάθε στατιστικό σύνολο, είναι η **μέση ενέργεια** των μορίων.

Στο πρώτο βήμα της εργασίας μας παρατηρήσαμε ότι οι σταγόνες από όλα τα μέρη του νερού μάς έδωσαν το ίδιο αίσθημα θερμού ή ψυχρού. 'Από την παρατήρηση αυτή είναι εύκολο να βγάλουμε ένα σπουδαίο συμπέρασμα : *Σε όλα τα μέρη του νερού τα μόρια έχουν την ίδια μέση ενέργεια* ή, πιο γενικά, **η θερμική ενέργεια ενός σώματος μοιράζεται έτσι, ώστε τα μόρια της ύλης του να έχουν παντού την ίδια μέση ενέργεια.**

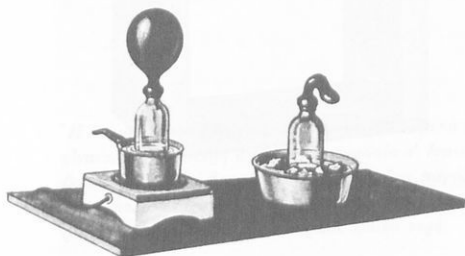
"Όταν άρχισαμε το δεύτερο βήμα της εργασίας μας, τα μόρια του νερού στη μια άκρη της λεκάνης είχαν περισσότερη μέση ενέργεια από τα υπόλοιπα. Μετά από λίγο όμως παρατηρήσαμε ότι το νερό ήταν το ίδιο ζεστό σε όλα τα μέρη της λεκάνης. 'Ανακαλύψαμε δηλαδή ότι,

**αν σε κάποιο σώμα υπάρχει περισσότερη θερμική ενέργεια σε ένα μέρος του, τελικά αυτή θα μοιραστήται έτσι, ώστε τα μόρια της ύλης του να έχουν παντού την ίδια μέση ενέργεια.**

'Από αυτές τις δύο σπουδαίες παρατηρήσεις βλέπομε ότι η μέση ενέργεια των μορίων ενός σώματος είναι μια χαρακτηριστική ιδιότητα του σώματος. 'Η ιδιότητα αυτή μάς λέει πόσο ψυχρό ή θερμό είναι το σώμα, δηλαδή ποιά είναι η **θερμοκρασία** του. 'Η θερμοκρασία του σώματος, φυσικά, είναι μια ιδιότητα, που δεν μένει πάντα η ίδια. Το νερό μέσα σε μια κατσαρόλα πάνω στο τραπέζι έχει όρισμένη θερμοκρασία, δηλαδή τα μόριά του έχουν όρισμένη μέση ενέργεια. "Αν βάλουμε την κατσαρόλα πάνω στη φωτιά και περιμένωμε λίγο, θα βρούμε το νερό σε ψηλότερη θερμοκρασία, δηλαδή τα μόριά του θα περιέχουν περισσότερη μέση ενέργεια από πριν. Το αντίστροφο θα συμβή, αν αφήσωμε το ίδιο νερό στο ψυγείο για μιση ώρα. Θα το βρούμε σε χαμη-



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Παρατηρούμε τη διαστολή και συστολή των υγρών.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Παρατηρούμε τη συστολή και διαστολή του αέρα μέσα στο μπαλόνι.

στη λεκάνη με το παγωμένο νερό.

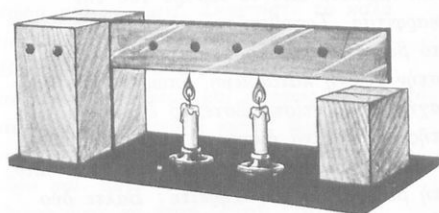
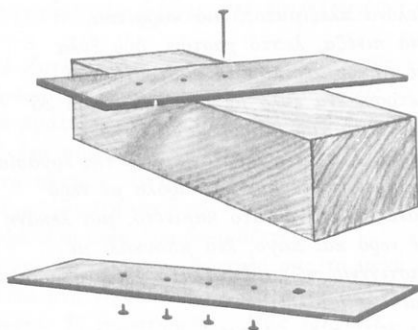
Τί παρατηρείτε ;

3) Φουσκώστε λίγο το μπαλόνι και, χωρίς να σάς φύγει αέρας, περάστε το στο στόμιο ενός άδειου μπουκαλιού.

Δέστε το σφιχτά με ένα σπάγκο. Όπως προηγουμένως, ζεσταίνετε το μπουκαλί ὀρθιο μέσα σε μιὰ κατσαρόλα με νερό.

Τί παρατηρείτε ;

Σβήστε τὸ καμινέτο καὶ παρατηρήστε γιὰ λίγο τί συμβαίνει. Μεταφέρετε τὸ μπουκαλί με τὸ μπαλόνι στη λεκάνη με τὸ παγωμένο νερό. Τί παρατηρείτε ;



ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Κατασκευαστικό σχέδιο, γιὰ νὰ παρατηρήσουμε τὰ ἀποτελέσματα τῆς διαστολῆς σ' ἓνα διμεταλλικὸ ἔλασμα.

Σὲ ὅλα τὰ βήματα τῆς ἐργασίας μας παρατηρήσαμε τὸ ἴδιο φαινόμενο. Ὅταν αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία ἐνὸς σώματος, ὁ ὄγκος του μεγαλώνει, καὶ ὅταν μειώνεται ἡ θερμοκρασία του, ὁ ὄγκος του μικραίνει. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ τὸ ὀνομάζουμε **διαστολή** καὶ **συστολή** τῆς ὕλης καὶ λέμε ὅτι **τὰ ὕλικά σώματα διαστέλλονται, ὅταν αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία τους, καὶ συστέλλονται, ὅταν μειώνεται ἡ θερμοκρασία τους.**

Μποροῦμε πολὺ εὐκόλα νὰ ἐξηγήσωμε τὸ φαινόμενο τῆς διαστολῆς καὶ συστολῆς,

άν θυμηθούμε τί σημαίνει ψηλότερη ή χαμηλότερη θερμοκρασία. Όταν αυξάνεται ή θερμοκρασία ενός σώματος, μεγαλώνει ή μέση ενέργεια των μορίων τής ύλης του, τὰ μόρια κινούνται πιό πολύ και άπλώνονται σέ περισσότερο χώρο. Κάτι παρόμοιο έχομε δει με τούς συμμαθητές μας. Ξέρομε ότι άν δέκα παιδιά στέκονται άκίνητα, μπορούν νά σχηματίσουν μιá γραμμή, άκουμπώντας τó ένα στόν ώμο τού άλλου. Άν τὰ παιδιά όμως κινούνται και τó ένα άρχίζει νά σπρώχνη τó άλλο, τότε ή γραμμή μακραίνει.

### ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θά χρειαστήτε δύο λάμες με μήκος 25 εκατοστά τού μέτρου, πλάτος 2 ως 3 εκατοστά και πάχος 1 χιλιοστόμετρο.

Ή μιá λάμα πρέπει νά είναι άπό σίδηρο και ή άλλη άπό άλουμίνιο ή άπό χαλκό. Πάνω σέ ένα χοντρό ξύλο χαρατήστε τις δύο λάμες μαζί και με ένα καρφί άνοίξετε πέντε τρύπες στίς δύο λάμες σέ ίσες άποστάσεις. Κόψτε με μιá πένσα πέντε καρφιά, τó καθένα μισό περίπου εκατοστό τού μέτρου κάτω άπό τó κεφάλι τού καρφιού. Περάστε τὰ πέντε κομμένα καρφιά άπό τις πέντε τρύπες και χτυπήστε τα με ένα σφυρί, ώστε νά ένωθούν οι δύο λάμες, όπως δείχνει τó σχήμα.

Πιάστε τις δύο λάμες μέσα σέ δύο χοντρά ξύλα, όπως δείχνει τó σχήμα, και καρφώστε τα με μερικά καρφιά.

Συμπληρώστε τήν υπόλοιπη ξύλινη κατασκευή, πού δείχνει τó σχήμα. Βάλτε τρία κεριά κάτω άπό τις λάμες έτσι, ώστε τὰ φωτλία τους μόλις νά τις άγγίζουν, και ανάψτε τὰ κεριά. Άντί γιά κεριά μπορείτε νά χρησιμοποιήσετε ένα καμινέτο οίνοπνεύματος. Τί παρατηρείτε; Πώς έξηγείτε τις παρατηρήσεις σας; Γράψτε σ' ένα χαρτόνι λίγα λόγια γιά τή λειτουργία τής κατασκευής σας και

μιá σύντομη έξήγηση γιά τó φαινόμενο.

Ή κατασκευή πού φτιάξατε λέγεται διμεταλλικός διακόπτης. Παρόμοιοι διμεταλλικοί διακόπτες υπάρχουν μέσα στά ηλεκτρικά σίδερα, στίς ηλεκτρικές κονζίνες και στά ηλεκτρικά ψυγεία. Μπορείτε νά μαντέψετε πώς λειτουργούν και σέ τί άκριβώς χρησιμοποιούν;

### 4. Θερμόμετρα

Ή διαστολή και συστολή τής ύλης είναι ή ιδιότητα, πού μπορούμε νά χρησιμοποιήσωμε, γιά νά μετρήσωμε τή θερμοκρασία ενός σώματος. Είδαμε ότι, όσο άνεβαίνει ή θερμοκρασία του, τόσο μεγαλώνει ó όγκος του. Γιά νά βρούμε λοιπόν τή μεταβολή τής θερμοκρασίας ενός σώματος, θά μπορούσαμε νά μετρήσωμε τή μεταβολή τού όγκου του. Άλλά αυτό τις περισσότερες φορές είναι πολύ δύσκολο, γιατί ó όγκος ενός σώματος, με τήν άλλαγή τής θερμοκρασίας, αλλάζει, δηλαδή συστέλλεται ή διαστέλλεται, σχετικά λίγο. Έχετε όλοι παρατηρήσει μιá καθαρόλα νερό νά ζεσταίνεται στή φωτιά. Μπορείτε εύκολα νά παρατηρήσετε τόν όγκο τού νερού νά διαστέλλεται; Ξέρομε ότι όταν άρρωσταίνωμε, ή θερμοκρασία μας άνεβαίνει. Φανταστήτε τó γιατί τρώ κάθε φορά πού κρυολογούμε νά προσπαθή νά μετρήση πόσο μεγάλωσε ó όγκος μας!

Ίσως ή επόμενη εργασία σάς βοηθήσει νά δητε πώς μπορούμε νά χρησιμοποιήσωμε τή διαστολή και συστολή τής ύλης, γιά νά μετρήσωμε τή θερμοκρασία ενός σώματος.

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστήτε ένα ποτήρι καυτό νερό, ένα κλειδί και λίγο σπάγκο.

Δέστε τó κλειδί στήν άκρη τού σπάγκου και βυθίστε το στό νερό. Μετά άπό μερικά λεπτά τραβήξτε τó κλειδί έξω άπό τó νερό. Με τó δάχτυλό σας δοκιμάστε τή θερμοκρασία τού νερού μέσα στό ποτήρι και άμέσως άγγίξτε τó κλειδί.

*Τί παρατηρείτε ;*

*Μπορείτε να επαναλάβετε την εργασία με διάφορα μικρά αντικείμενα, όπως μια βίδα ή μια δεκάρα. Τί παρατηρείτε ;*

Όταν βγάλαμε το κλειδί από το νερό, παρατηρήσαμε ότι και το κλειδί και το νερό μάς έδωσαν το ίδιο αίσθημα του θερμού. Δηλαδή, παρατηρήσαμε ότι τα μόρια του κλειδιού είχαν την ίδια μέση ενέργεια με τα μόρια του νερού.

Ανακαλύψαμε ότι,

**όταν φέρουμε σε επαφή δύο σώματα, ή θερμική τους ενέργεια θα μοιραστήται έτσι ώστε και τα δύο σώματα να έχουν την ίδια θερμοκρασία.**

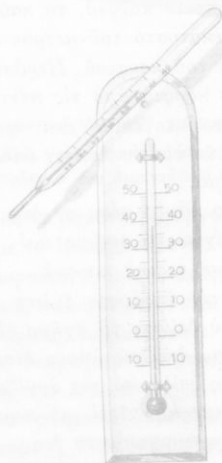
Για να μετρήσουμε τη θερμοκρασία των διαφόρων σωμάτων, παρατηρούμε τη συστολή ή διαστολή της ύλης σε ειδικά όργανα, που τα λέμε **θερμόμετρα**. Τα όργανα αυτά είναι φτιαγμένα έτσι ώστε να μπο-

ρούμε να παρατηρήσουμε τη διαστολή ή συστολή της ύλης ακόμη και για μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας. Ξέραμε από την παραπάνω εργασία μας ότι, αν φέρουμε σε επαφή ένα θερμόμετρο με ένα αντικείμενο, τότε τελικά το θερμόμετρο θα αποκτήσει την ίδια θερμοκρασία που έχει και το αντικείμενο. Έτσι, παρατηρώντας τη διαστολή ή συστολή του θερμομέτρου, βρίσκομε τη θερμοκρασία του αντικειμένου που μας ενδιαφέρει.

Στην πραγματικότητα οι τρεις κατασκευές που φτιάξαμε στο μάθημα για τη διαστολή και συστολή της ύλης είναι τρία θερμόμετρα. Αν παρατηρήσουμε π.χ. τη συστολή και διαστολή του χρωματισμένου νερού μέσα στο γυάλινο σωλήνα της δεύτερης κατασκευής, μπορούμε να πούμε πόσο ζεστό ή κρύο είναι το σώμα, που είχαμε φέρι σε επαφή με το μπουκάλι. Μάλιστα, για να μπορούμε να περιγράψουμε τις παρατηρήσεις μας για τη θερμοκρασία των διαφόρων



Πώς βαθμολογούμε ένα θερμόμετρο.



Ύατρικό θερμόμετρο και θερμόμετρο τοίχου.

σωμάτων, μπορούμε να χαράξουμε διάφορες γραμμές πάνω στο σωλήνα ή σε ένα χαρτί κολημένο στο σωλήνα, όπως δείχνει το σχήμα. Το πιο εύκολο είναι να χαράξουμε στο χαρτί γραμμές σε ίσες αποστάσεις και να τις αριθμήσωμε ή, όπως λέμε, να φτιάξωμε μιὰ κλίμακα. Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ μπορούμε πιά νὰ ἀναφέρωμε μὲ ἀριθμούς τις παρατηρήσεις μας γιὰ τὴ θερμοκρασία τῶν σωμάτων πού μᾶς ἐνδιαφέρουν.

Ἐνας ἀπὸ τοὺς πρώτους ἐπιστήμονες, πού κατασκεύασε θερμοῦμετρο μὲ κλίμακα, ἦταν ὁ Σουηδὸς φυσικὸς Κέλσιος γύρω στὸ 1730. Ὁ Κέλσιος ἔφτιαξε μιὰ συσκευή περίπου σὰν τὴ δική μας. Πῆρε ἕνα λεπτὸ γυάλινο σωλήνα, πού κατέληγε σὲ μιὰ μικρὴ γυάλινη σφαίρα. Ἐντὶ γιὰ χρωματισμένο νερὸ γέμισε τὴ σφαίρα καὶ ἕνα μικρὸ μέρος τοῦ σωλήνα μὲ ὑδράργυρο. Γιὰ νὰ χαράξῃ τὴν κλίμακα τοῦ θερμομέτρου του, ὁ Κέλσιος διάλεξε δύο πολὺ σημαντικὲς θερμοκρασίες. Τὴ θερμοκρασία πού λιώνει ὁ πάγος καὶ τὴ θερμοκρασία πού βράζει τὸ νερὸ. Στὸ σημεῖο πού κατέβηκε ὁ ὑδράργυρος, ὅταν ἔβαλε τὸ θερμοῦμετρο του στὸ νερὸ ἀπὸ πάγο πού ἔλιωνε, χάραξε μιὰ γραμμὴ. Στὸ σημεῖο πού ἀνέβηκε ὁ ὑδράργυρος, ὅταν τὸ ἔφερε σὲ ἐπαφὴ μὲ ἄτμους πάνω ἀπὸ νερὸ πού ἔβραζε, χάραξε μιὰ ἄλλη γραμμὴ. Τὸ διάστημα τοῦ σωλήνα ἀνάμεσα στὶς δύο γραμμές τὸ χώρισε σὲ 100 ἴσα μέρη καὶ ἀριθμισε τὶς γραμμές ἀπὸ τὸ 0 ὡς τὸ 100.

Τὴν ἴδια ἐργασία, πού ἔκανε ὁ Κέλσιος πρὶν ἀπὸ 250 χρόνια περίπου, κάνουν μέχρι σήμερα ὅλα τὰ ἐργοστάσια πού κατασκευάζουν θερμοῦμετρα. Θὰ ἔχετε ὅλοι δεῖ θερμοῦμετρα καὶ θὰ τὰ ἔχετε χρησιμοποιήσει, γιὰ νὰ διαβάσετε τὴ θερμοκρασία μέσα σ' ἕνα δωμάτιο ἢ τὴ δική σας θερμοκρασία, ὅταν κάποτε κρυστολόγησατε. Ξέρετε ὅτι ἡ κλίμακα σὲ ὅλα τὰ θερμοῦμετρα εἶναι χαραγμένη μὲ τὸν ἴδιο τρόπο καὶ ὅτι, ἂν βάλετε ὅποιοδήποτε θερμοῦμετρο πάνω ἀπὸ μιὰ καταρῶλα μὲ νερὸ πού βράζει, θὰ δείξῃ τὸν ἀριθμὸ 100.

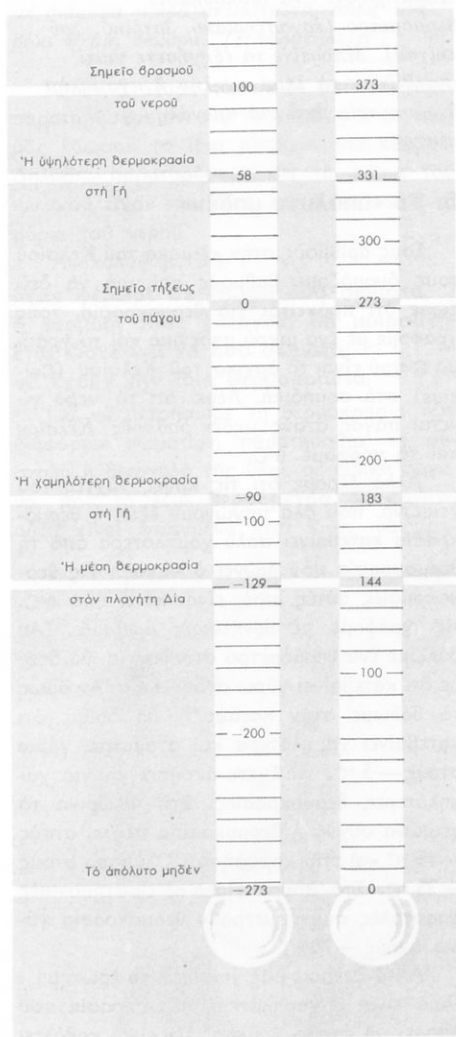
*Παρατηρήστε ἕνα ὅποιοδήποτε θερμοῦμετρο (ἐργαστηριακὸ, ἰατρικὸ, τοῦ τοίχου). Μπορεῖτε νὰ ἐξηγήσετε γιὰτί συνηθίζουμε νὰ λέμε «ψηλὴ» ἢ «χαμηλὴ» θερμοκρασία ἀντὶ γιὰ «μεγάλῃ» ἢ «μικρὴ» ;*

## 5. Τὸ «ἄπόλυτο μηδέν»

Τοὺς ἀριθμούς στὴν κλίμακα τοῦ Κελσίου τοὺς ὀνομάζουμε βαθμούς καί, γιὰ νὰ δείξωμε ὅτι πρόκειται γιὰ θερμοκρασία, τοὺς γράφουμε μὲ ἕνα μικρὸ μηδενικὸ καὶ τὸ γράμμα C πού εἶναι τὸ ἀρχικὸ τοῦ Κελσίου (Celsius) στὰ σουηδικά. Λέμε ὅτι τὸ νερὸ γίνεταὶ πάγος στοὺς *μηδὲν βαθμούς Κελσίου* καὶ τὸ γράφομε 0°C.

Ἄλλα ξέρομε ὅτι τὶς κρύες νύχτες τοῦ χειμῶνα, πού ὅλα παγώνουν ἔξω, ἡ θερμοκρασία κατεβαίνει πολὺ χαμηλότερα ἀπὸ τὴ θερμοκρασία πού λιώνει ὁ πάγος. Τὶς θερμοκρασίες αὐτές, πού εἶναι κάτω ἀπὸ 0°C, τὶς γράφομε μὲ *ἀρνητικούς ἀριθμούς*. Ἐνὰ βάλωμε ἕνα θερμοῦμετρο στὸ ψυγεῖο, θὰ δοῦμε ὅτι κατεβαίνει γύρω στοὺς 4°C. Ἐνὰ ὅμως τὸ βάλωμε στὴν κατάψυξη, θὰ δοῦμε ὅτι κατεβαίνει χαμηλότερα καὶ σταματᾷ γύρω στοὺς — 5°C. Θὰ ἔχετε ἀκούσει καὶ γιὰ χαμηλότερες θερμοκρασίες. Στὴ Φλώρινα τὸ χειμῶνα συχνὰ ἡ θερμοκρασία πέφτει στοὺς — 15°C καὶ στὴν κορυφὴ τοῦ Ὀλύμπου στοὺς — 25°C. Στὸ Βόρειο Πόλο οἱ ἐπιστημονικὲς ἀποστολὲς συχνὰ μετροῦν θερμοκρασία γύρω στοὺς — 70°C.

Ἄλλα ἀμέσως μᾶς γεννιέται τὸ ἐρώτημα : Ποιὰ εἶναι ἡ χαμηλότερη θερμοκρασία πού μπορεῖ νὰ φτάσῃ ἡ ὕλη ; Δὲν εἶναι καθόλου δύσκολο νὰ ἀπαντήσωμε στὸ ἐρώτημα αὐτό, ἂν θυμηθοῦμε τί σημαίνει θερμοκρασία. Ξέρομε ὅτι ἡ θερμοκρασία ἐνὸς σώματος συνδέεται μὲ τὴ μέση ἐνέργεια τῶν μορίων του. Ὅσο λιγότερη ἐνέργεια ἔχουν τὰ μόρια,



Κλίμακες θερμομέτρων Κελσίου και Κέλβιν.

τόσο χαμηλότερη ή θερμοκρασία του σώματος, και, βέβαια, ή χαμηλότερη θερμοκρασία που μπορεί να φτάσει ένα σώμα είναι όταν όλα του τὰ μόρια χάσουν όλη τους τήν ενέργεια. Δηλαδή, όταν όλα τὰ μόρια σταματήσουν τελείως νά κινούνται. Τή θερμοκρασία αὐτή τή λέμε **ἀπόλυτο μηδέν** και οί επιστήμονες ἔχουν ὑπολογίσει ὅτι βρίσκεται στους  $-273^{\circ}\text{C}$ .

Μέ βάση τὸ ἀπόλυτο μηδέν οί επιστήμονες πρότειναν στίς ἀρχές τοῦ αἰώνα μιὰ νέα κλίμακα, πού τήν ὀνόμασαν **ἀπόλυτη κλίμακα** ἢ **κλίμακα τοῦ Κέλβιν** πρὸς τιμὴν τοῦ Ἑγγλυοῦ φυσικοῦ λόρδου Κέλβιν. Στήν ἀπόλυτη κλίμακα δέν ὑπάρχουν ἀρνητικοί ἀριθμοί. Τὸ μηδέν τῆς κλίμακας βρίσκεται στή χαμηλότερη θερμοκρασία πού μπορεί νά φτάσει ένα σώμα, δηλαδή στὸ ἀπόλυτο μηδέν. Οί βαθμοί στήν ἀπόλυτη κλίμακα ἔχουν τὸ ἴδιο μέγεθος μέ τούς βαθμούς στήν κλίμακα τοῦ Κελσίου και τούς γράφομε μέ τὸ σύμβολο  $^{\circ}\text{K}$ . Ἐτσι, στήν κλίμακα τοῦ Κέλβιν τὸ νερὸ γίνεται πάγος στους  $273^{\circ}\text{K}$  και βράζει στους  $373^{\circ}\text{K}$ . Θὰ ἔχετε ἴσως μαντέψει πὼς βρίσκομε τή θερμοκρασία ἐνὸς σώματος σέ βαθμούς Κέλβιν, ἀν τήν ξέρωμε σέ βαθμούς Κελσίου : *Γιὰ νά μετατρέψωμε τή θερμοκρασία ἀπὸ τήν κλίμακα τοῦ Κελσίου στήν κλίμακα τοῦ Κέλβιν, προσθέτωμε τὸν ἀριθμὸ 273.*

Ὅπως εἶδαμε, ή κλίμακα τοῦ θερμομέτρου εἶναι ἕνα εἶδος συμφωνίας, πού ἔχουν κάνει οί ἄνθρωποι, γιὰ τὸ πὼς θὰ μετροῦν τή θερμοκρασία τῶν διαφόρων σωμάτων. Θὰ μπορούσαμε, ἀντί νά χωρίσωμε σέ 100 βαθμούς τήν κλίμακα τοῦ θερμομέτρου ἀπὸ τὸ σημεῖο πού λιώνει ὁ πάγος ὡς τὸ σημεῖο πού βράζει τὸ νερὸ, νά τή χωρίσωμε σέ 200 βαθμούς ἢ σέ 1000 βαθμούς. Πολλές τέτοιες κλίμακες ἔχουν προταθῆ κατά καιροῦς ἀπὸ διάφορους επιστήμονες. Σέ μερικές χώρες, ὅπως ἡ Ἑγγλία και οί Ἑνωμένες Πολιτείες, χρησιμοποιεῖται ἀκόμη ή κλίμακα, πού πρότεινε τὸ 1706 ὁ Ὀλλανδὸς φυσικὸς Φα-

ρενάιτ. Ἄλλὰ καὶ οἱ χώρες αὐτὲς ἔχουν ἀποφασίσει ὅτι μέσα στὰ ἐπόμενα χρόνια θὰ ἀρχίσουν νὰ χρησιμοποιοῦν ἀποκλειστικά τὴν κλίμακα τοῦ Κελσίου.

## 6. Θερμοκρασία, θερμότητα καὶ οἱ καταστάσεις τῆς ὕλης (α)

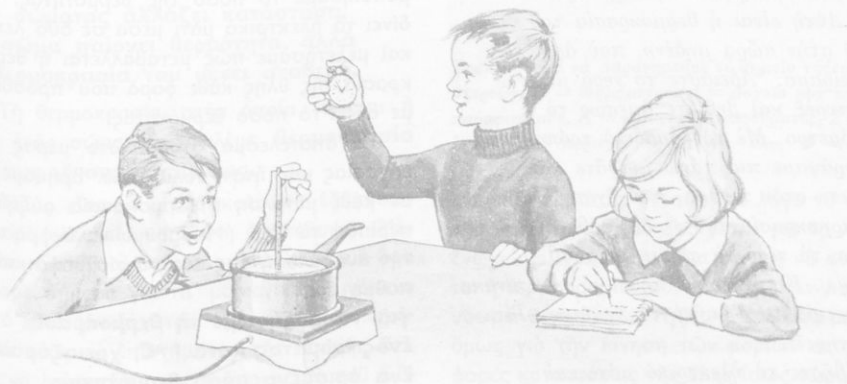
Ξέρομε ὅτι σὲ μιὰ ὀρισμένη θερμοκρασία τὰ μόρια κάθε εἴδους ὕλης ἔχουν τὴν ἴδια μέση ἐνέργεια. Στὴ θερμοκρασία πού βρισκόμαστε αὐτὴ τῆ στιγμή τὰ μόρια τοῦ θρανίου μας, τὰ μόρια τοῦ νεροῦ μέσα σ' ἓνα ποτήρι καὶ τὰ μόρια τοῦ ὀξυγόνου πού ἀναπνέομε ἔχουν περίπου τὴν ἴδια ἐνέργεια. Ἄλλὰ ἂν αὐτὸ εἶναι ἀλήθεια, τότε γιατί τὸ θρανίο μας βρίσκεται στὴ στερεὰ κατάσταση, τὸ νερὸ στὴν ὑγρὴ καὶ τὸ ὀξυγόνο στὴν ἀέρια; Μποροῦμε εὐκολὰ πιά νὰ δώσωμε τὴν ἀπάντηση. Εἶναι γιατί στὰ διάφορα εἶδη ὕλης οἱ δυνάμεις μεταξύ τῶν μορίων ἢ, ὅπως ἀλλιῶς τίς λέμε, οἱ **δυνάμεις συνοχῆς** τῶν μορίων εἶναι διαφορετικὲς. Τὰ μόρια τοῦ θρανίου ἔλκονται μεταξύ τους μὲ μεγαλύτερη δύναμη ἀπὸ ὅ,τι τὰ μόρια τοῦ νεροῦ καὶ τὰ μόρια τοῦ νεροῦ ἔλκονται μεταξύ

τους μὲ μεγαλύτερη δύναμη ἀπὸ ὅ,τι τὰ μόρια τοῦ ὀξυγόνου. Ἔτσι, στὴ θερμοκρασία τῆς αἰθουσας, αὐτὴ τῆ στιγμή, οἱ δυνάμεις συνοχῆς τῶν μορίων τοῦ ξύλου ὑπερνικοῦν τὴν κίνησή τους καὶ κρατοῦν τὰ μόρια σὲ μιὰ ὀρισμένη θέση. Στὸ νερὸ οἱ δυνάμεις συνοχῆς τῶν μορίων δὲν εἶναι τόσο ἰσχυρές. Τὰ μόρια μποροῦν νὰ κινοῦνται μὲ κάποια μεγαλύτερη ἐλευθερία, χωρὶς ὅμως νὰ ξεφεύγουν τελείως τὸ ἓνα ἀπὸ τὸ ἄλλο. Τέλος, στὸ ὀξυγόνο οἱ δυνάμεις συνοχῆς τῶν μορίων εἶναι τόσο μικρές, ὥστε τὰ μόρια τοῦ ὀξυγόνου, μὲ τὴν ἐνέργεια πού ἔχουν στὴ θερμοκρασία τῆς αἰθουσας, μποροῦν νὰ κινοῦνται τελείως ἐλεύθερα τὸ ἓνα ἀπὸ τὸ ἄλλο.

Τί θὰ γίνη ὅμως, ἂν σὲ ἓνα κομμάτι ὕλης, πού βρίσκεται σὲ ὀρισμένη κατάσταση, προσθέσωμε ἢ ἀφαιρέσωμε θερμότητα;

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστήτε ἓνα ἠλεκτρικὸ μάτι ἢ ἓνα καμινέτο οἰνοπνεύματος, ἓνα μικρὸ γυάλινο δοχεῖο πού νὰ ἀντέχει στὴ φωτιά (πυρὲξ) ἢ ἓνα κατσαρολάκι, μερικὰ κεριά, ἓνα θερμόμετρο καὶ ἓνα ρολόι μὲ δείκτη δευτερολέπτων. Τὸ πείραμα



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ὁμαδικὸ πείραμα γιὰ νὰ μετρήσωμε μεταβολὲς θερμοκρασίας καὶ νὰ μελετήσωμε τὴν τήξη τῶν στερεῶν.

αυτό γίνεται από όλα τα παιδιά που εργάζονται σε μία ομάδα.

Ένα παιδί είναι ο χρονομέτρος.

Παρακολουθεί το ρολόι και κάθε δύο λεπτά ανακοινώνει στην τάξη πόσα λεπτά πέρασαν από τη στιγμή που άρχισε το πείραμα.

Ένα δεύτερο παιδί διαβάζει το θερμομέτρο. Με το σύνθημα του χρονομέτρου κάθε δύο λεπτά ανακοινώνει στην τάξη τη θερμοκρασία που δείχνει το θερμομέτρο.

Τέλος ένα τρίτο παιδί παρακολουθεί αν αλλάξει ή κατάσταση της ύλης, που παίρνει ή δίνει θερμότητα.

Τα υπόλοιπα παιδιά στην τάξη γράφουν τα αποτελέσματα σε έναν πίνακα με δύο στήλες. Στην πρώτη στήλη γράφουμε το χρόνο που πέρασε από τη στιγμή που άρχισε το πείραμα και στη δεύτερη στήλη τη θερμοκρασία του σώματος που παρατηρούμε.

1) Πέντε λεπτά πριν αρχίσετε το πείραμα άναψε το ηλεκτρικό μάτι σε χαμηλή ένταση και βάλτε επάνω το πυρέξ, ώστε να ζεσταθεί.

Γεμίστε ένα ποτήρι με νερό από τη βρύση και μετρήστε τη θερμοκρασία του. Αυτή είναι η θερμοκρασία του νερού στην «ώρα μηδέν», που αρχίζει το πείραμα. Αδειάστε το νερό μέσα στο πυρέξ και βυθίστε άμεσα το θερμομέτρο. Με τον ομαδικό τρόπο που περιγράψαμε πιο πάνω μετράτε και γράφετε στον πίνακα, που έχετε ετοιμάσει, τη θερμοκρασία του νερού κάθε δύο λεπτά, ώσπου το νερό να φτάσει τους 80 °C περίπου. Κοιτάξτε με προσοχή τον πίνακα που φτιάξατε μ' αυτό το πείραμα. Τι παρατηρείτε ;

2) Σβήστε το ηλεκτρικό μάτι και αφήστε το να κρυώσει. Πλάστε με τα χέρια σας μερικά χειρά, βγάλτε τα φιλία και απλώστε τη μάζα του

χειριού στον πάτο του πυρέξ σαν μία τηγανίτα. Βυθίστε το θερμομέτρο μέσα στο νερό και βάλτε το πυρέξ πάνω στο ηλεκτρικό μάτι σε πολύ χαμηλή ένταση. Αρχίστε να μετράτε τη θερμοκρασία του χειριού, όπως και στην προηγούμενη εργασία, γράφοντας τα αποτελέσματα σε ένα νέο πίνακα. Αυτή τη φορά, όταν το παιδί που παρακολουθεί την κατάσταση της ύλης του χειριού ανακοινώσει ότι το νερό αρχίζει να λιώνει, τραβήξτε μία οριζόντια γραμμή στον πίνακά σας.

Τραβήξτε μία δεύτερη γραμμή όταν το ίδιο παιδί ανακοινώσει ότι όλο το νερό έλιωσε.

Συνεχίστε, ώσπου το θερμομέτρο να ανεβή στους 80 °C περίπου. Κοιτάξτε με προσοχή τον πίνακα που φτιάξατε. Τι παρατηρείτε ;

Και στα δύο μέρη της εργασίας μας χρησιμοποιήσαμε το ηλεκτρικό μάτι, για να προσθέσωμε θερμότητα στην ύλη που παρατηρήσαμε. Οι ηλεκτρικές συσκευές είναι φτιαγμένες έτσι, ώστε σε κάθε λεπτό της ώρας να δίνουν ορισμένο ποσό θερμότητας. Έτσι, με τον τρόπο που δουλέψαμε, χρησιμοποιήσαμε το ποσό της θερμότητας, που δίνει το ηλεκτρικό μάτι μέσα σε δύο λεπτά, και μελετήσαμε πώς μεταβάλλεται η θερμοκρασία της ύλης κάθε φορά που προσθέτουμε αυτό το ποσό θερμότητας.

Το αποτέλεσμα στο πρώτο μέρος της εργασίας μας ήταν πολύ απλό. Βρήκαμε ότι σε κάθε μέτρηση η θερμοκρασία αυξήθηκε περίπου το ίδιο. Μπορούμε να εκφράσωμε την ανακάλυψή μας αυτή αντίστροφα και να πούμε ότι,

για να αυξήσωμε τη θερμοκρασία ενός σώματος κατά 1 °C, χρειαζόμαστε ένα ορισμένο ποσό θερμότητας. Σε οποιαδήποτε θερμοκρασία κι αν βρίσκεται το σώμα, το ποσό αυτό είναι το ίδιο.



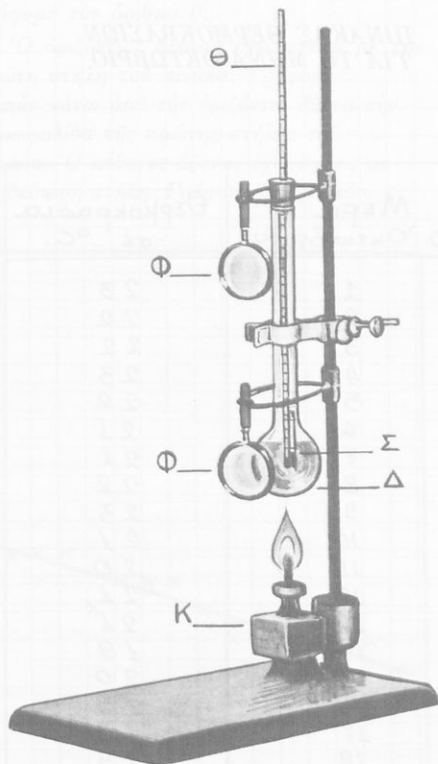
Ἄν θέλωμε νὰ ζεστάνωμε ἓνα ποτήρι νερὸ ἀπὸ 22 °C σὲ 23 °C, πρέπει νὰ δώσωμε τὸ ἴδιο ποσὸ θερμότητας, ποῦ θὰ δίναμε, γιὰ νὰ τὸ ζεστάνωμε ἀπὸ 68 °C σὲ 69 °C.

Δὲν εἶναι, βέβαια, πολὺ δύσκολο νὰ καταλάβωμε γιὰτί συμβαίνει αὐτὸ, ἂν θυμηθοῦμε τί σημαίνει αὐξηση τῆς θερμοκρασίας κατὰ 1 °C. Γιὰ ν' ἀνεβῆ ἡ θερμοκρασία κατὰ ἓνα βαθμὸ, τὸ κάθε μόνιο τοῦ σώματος χρειάζεται νὰ πάρῃ λίγη περισσότερη ἐνέργεια. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ εἶναι ἡ ἴδια γιὰ οποιαδήποτε θερμοκρασία. Στὸ δεῦτερο μέρος τῆς ἐργασίας μας παρατηρήσαμε ἓνα νέο φαινόμενο. Ὅσο τὸ κερί ἦταν στὴ στερεὰ κατάσταση, τὸ θερμόμετρο ἀνέβαινε σταθερά, ὅπως καὶ στὴν προηγούμενη ἐργασία μας. Κάποια στιγμή τὸ κερί ἄρχισε νὰ λιώνει ἢ, ὅπως λέμε, νὰ **τήκεται**. Στὸ σημεῖο αὐτὸ τὸ *θερμόμετρο σταμάτησε νὰ ἀνεβαίνει καὶ ὥσπου νὰ λιώσει ὅλο τὸ κερί ἔμεινε στὴν ἴδια θερμοκρασία*. Τὸ θερμόμετρο ἄρχισε πάλι νὰ ἀνεβαίνει, μόλις ἔλιωσε ὅλο τὸ κερί. Μὲ τὴν ἐργασία μας αὐτὴ παρατηρήσαμε ἓνα φαινόμενο ποῦ, ὅπως θὰ δοῦμε καὶ ἀργότερα, συμβαίνει πάντα ὅταν ἡ ὕλη ἑνὸς σώματος ἀλλάξῃ κατάσταση.

**Ἐνα σῶμα τήκεται σὲ μιὰ ὀρισμένη θερμοκρασία. Ὅσῃν ὥρα ἡ ὕλη τοῦ σώματος ἀλλάζει κατάσταση, τὸ σῶμα παίρνει θερμότητα, ἀλλὰ ἡ θερμοκρασία του μένει σταθερή.**

Τῆ θερμοκρασία, στὴν ὁποία τήκεται ἡ ὕλη ἑνὸς σώματος, τὴ λέμε **θερμοκρασία τήξεως** ἢ **σημεῖο τήξεως**.

Ἴσως εἶναι λίγο δύσκολο νὰ ἐξηγήσωμε τὴν τελευταία μας αὐτὴ ἀνακάλυψη. Μάλιστα προτοῦ οἱ ἄνθρωποι ἀνακαλύψουν ὅσα ξέρομε σήμερα γιὰ τὰ μόρια, τὸ φαινόμενο αὐτὸ ἦταν ἀνεξήγητο. Ἐβλεπαν στὰ πειράματά τους οἱ ἐπιστήμονες τῆς ἐποχῆς ὅτι, γιὰ νὰ λιώσει ἓνα σῶμα, ἔπρεπε νὰ τοῦ δώσουν θερμότητα. Δὲν ἦταν ὅμως εὐκολο νὰ ἐξηγήσουν ποῦ πάει αὐτὴ ἡ θερμότητα, ἀφοῦ δὲν ἐβλεπαν νὰ αὐξάνεται ἡ θερμοκρα-



Συσκευή γιὰ νὰ παρατηροῦμε τὸ σημεῖο τήξεως τῶν στερεῶν. Θ = θερμόμετρο, Δ = δοχεῖο ποῦ περιέχει παραφινόλαδο, K = καμινέτο οἰοπνεύματος, Σ = σωλήνακι ποῦ περιέχει τὴ στερεὰ ὕλη, Φ = φακί.

σία τοῦ σώματος. Γι' αὐτὸ τὸ λόγο τὸ ποσὸ τῆς θερμότητας ποῦ ξοδεύεται γιὰ νὰ λιώσει ἓνα σῶμα, χωρὶς τὴν ἴδια στιγμή νὰ αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία του, τὸ ὀνόμασαν **λανθάνουσα θερμότητα τήξεως**. Μὲ ὅσα μάθαμε ὅμως γιὰ τὴν κίνηση τῶν μορίων στὶς διάφορες καταστάσεις τῆς ὕλης ἴσως τώρα μπορούμε νὰ ὑποπτευθοῦμε ποῦ πάει ἡ λανθάνουσα θερμότητα. Εἶναι ἡ ἐνέργεια, ποῦ παίρνει κάθε μόνιο τῆς ὕλης, γιὰ νὰ ὑπερνικήσῃ

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ  
ΓΙΑ ΤΟ ΜΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟ**

Μέρα του Οκτωβρίου	Θερμοκρασία σε °C.
1	23
2	22
3	22
4	23
5	22
6	21
7	21
8	22
9	23
10	21
11	20
12	21
13	21
14	19
15	20
16	19
17	19
18	19
19	17
20	18
21	18
22	18
23	17
24	16
25	17
26	17
27	17
28	16
29	15
30	16
31	15

τις δυνάμεις συνοχής και να ξεφύγει από τη σταθερή θέση, που έχει στη στερεά κατάσταση. Όταν και το τελευταίο μόριο έχει πάρει αρκετή ενέργεια, ώστε όλο το σώμα να βρίσκεται στην υγρή κατάσταση, τότε μόνο ή θερμότητα, που συνεχίζουμε να δίνουμε, θα μοιραστεί ως κινητική ενέργεια στα μόριά του και θα άνεβη ή θερμοκρασία του.

Το σημείο τήξεως είναι μία από τις ιδιότητες της ύλης ενός σώματος. Είδαμε ότι το σημείο τήξεως του πάγου είναι στους 0°C, το βούτυρο και το κερί ξέρομε ότι λιώνουν σε χαμηλή θερμοκρασία, το μολύβι λιώνει στους 326 °C και ο χρυσός στους 1064 °C. Υπάρχουν μέταλλα, που χρειάζεται να τα θερμάνουμε στους 3000 °C, για να λιώσουν.

Μπορείτε να πητε τί σχέση έχει το σημείο τήξεως της ύλης ενός σώματος με τις δυνάμεις συνοχής των μορίων του;

**ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Στην εργασία μέσα στην τάξη κατασκευάσαμε δύο πίνακες, για να μελετήσουμε πώς μεταβάλλεται η θερμοκρασία, όταν προσθέτουμε θερμότητα σε ένα σώμα. Μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για το φαινόμενο που μας ενδιαφέρει, αν κοιτάζουμε με προσοχή όλους τους άξοντες στον πίνακα. Είναι πολύ πιο εύκολο όμως να πάρουμε μία εικόνα για το φαινόμενο που παρατηρήσαμε, αν με τους άξοντες του πίνακα κατασκευάσουμε μία γραφική παράσταση. Γραφικές παραστάσεις χρησιμοποιούν πολύ συχνά οι επιστήμονες, όταν θέλουν να περιγράψουν αποτελέσματα, που έχουν γράψει σε έναν πίνακα.

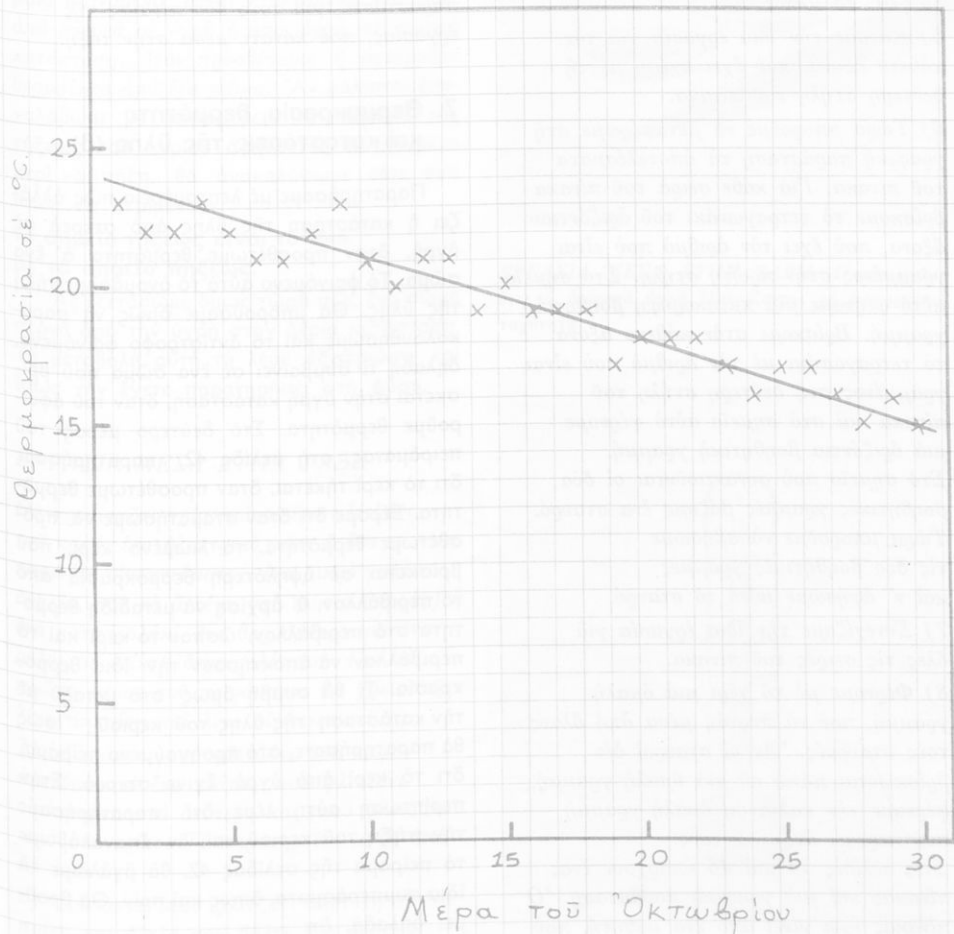
Για να κατασκευάσουμε μία γραφική παράσταση κάνουμε τις εξής εργασίες :

1) Παίρνουμε μιὰ κόλλα χαρτί με τετραγωνάκια.

2) Χαράζουμε δύο γραμμές, μιὰ κατακόρυφη στοῦ ἀριστεροῦ μέρους τῆς κόλλας καὶ μιὰ ὀριζόντια στοῦ κάτω μέρους τῆς κόλλας, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα. Τὶς δύο αὐτὲς γραμμές τὶς λέμε ἄξονες. Στὸ κάτω ἀριστερὰ μέρος τῆς κόλλας,

ὅπου ὁ ἕνας ἄξονας συναντᾷ τὸν ἄλλο, γράφουμε τὸν ἀριθμὸ  $\theta$ .

3) Ὁ ὀριζόντιος ἄξονας ἔχει σχέση με τὴν πρώτη στήλη τοῦ πίνακα. Γράφουμε λοιπὸν κάτω ἀπὸ τὸν ὀριζόντιο ἄξονα τὴν ἐπικεφαλίδα τῆς πρώτης στήλης τοῦ πίνακα. Ὁ κάθετος ἄξονας ἔχει σχέση με τὴ δεύτερη στήλη. Γράφουμε δίπλα στὸν



Γραφικὴ παράσταση μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας γιὰ τὸ μῆνα Ὀκτώβριο.

κατακόρυφο άξονα την έπικεφαλίδα της δεύτερης στήλης του πίνακα.

4) Βρίσκουμε το μεγαλύτερο αριθμό που υπάρχει στην πρώτη στήλη του πίνακα και μετρούμε τόσα τετραγωνάκια πάνω στον οριζόντιο άξονα αρχίζοντας από το μηδέν. Για να θυμούμαστε ποιόν αριθμό έχει κάθε τετραγωνάκι, γράφουμε τους αριθμούς κάθε πέντε τετραγωνάκια (5, 10, 15 κλπ.).

5) Κάνουμε την ίδια εργασία για τον κάθετο άξονα, που έχει σχέση με τη δεύτερη στήλη του πίνακα.

6) Τώρα μπορούμε να μεταφέρουμε στη γραφική παράσταση τα αποτελέσματα του πίνακα. Για κάθε σειρά του πίνακα βρίσκουμε το τετραγωνάκι του οριζόντιου άξονα, που έχει τον αριθμό που είναι γραμμένο στην πρώτη στήλη. Στο σημείο αυτό φέρουμε μια κατακόρυφη βοηθητική γραμμή. Βρίσκουμε στον κάθετο άξονα το τετραγωνάκι με τον αριθμό που είναι γραμμένος στη δεύτερη στήλη του πίνακα και στο σημείο αυτό φέρουμε μια οριζόντια βοηθητική γραμμή. Στο σημείο που συναντιούνται οι δύο βοηθητικές γραμμές βάζουμε ένα σταυρό. Τώρα μπορούμε να βρήσουμε τις δύο βοηθητικές γραμμές και ν' αφήσουμε μόνο το σταυρό.

7) Συνεχίζουμε την ίδια εργασία για όλες τις σειρές του πίνακα.

8) Φέρουμε με το χέρι μια όμαλή γραμμή, που να περνά μέσα από όλους τους σταυρούς. "Αν οι σταυροί δεν βοίσκονται πάνω σε μια όμαλή γραμμή, φέρουμε την καλύτερη όμαλή γραμμή που περνάει ανάμεσά τους.

Στις σελίδες 44 και 45 υπάρχουν ένας πίνακας και μια γραφική παράσταση. Ο πίνακας έχει γίνει από ένα μαθητή, που παρατηρούσε και έγραφε κάθε μέρα στις 6 το απόγευμα τη θερμοκρασία,

που έδειχνε ένα θερμότερο κρεμασμένο έξω από το παράθυρό του.

Οί παρατηρήσεις του έγιναν τις μέρες του 'Οκτωβρίου.

"Ακολουθήστε τις οδηγίες, που σας δίνουμε παραπάνω, και παρατηρήστε πώς ο μαθητής έφτιαξε από τον πίνακα τη γραφική παράσταση.

Κατασκευάστε και σεις γραφικές παραστάσεις για τους δύο πίνακες της εργασίας, που κάνατε μέσα στην τάξη.

## 7. Θερμοκρασία, θερμότητα και καταστάσεις της ύλης (6)

Παρατηρήσαμε με λεπτομέρεια πώς αλλάζει η κατάσταση της ύλης από στερεά σε υγρή, όταν προσθέτουμε θερμότητα σ' ένα σώμα. Το φαινόμενο αυτό το ονομάσαμε τήξη της ύλης. Θα μπορούσαμε όμως να παρακολουθήσουμε και το αντίστροφο φαινόμενο, δηλαδή τί συμβαίνει σε ένα σώμα που βρίσκεται στην υγρή κατάσταση, όταν του αφαιρούμε θερμότητα. Στο δεύτερο μέρος του πειράματος, στη σελίδα 42, παρατηρήσαμε ότι το κερι τήκεται, όταν προσθέτουμε θερμότητα. Ξέρομε ότι όταν σταματήσουμε να προσθέτουμε θερμότητα, το λιωμένο κερι, που βρίσκεται σε ύψηλότερη θερμοκρασία από το περιβάλλον, θ' άρχισα να μεταδίδη θερμότητα στο περιβάλλον, ώσπου το κερι και το περιβάλλον να αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία. Τί θα συμβή όμως στο μεταξύ με την κατάσταση της ύλης του κεριού; "Ισως θα παρατηρήσατε, στο προηγούμενο πείραμα, ότι το κερι από υγρό έγινε στερεό. Στην περίπτωση αυτή λέμε ότι παρατηρήσαμε την **πήξη** του κεριού και, αν επαναλάβουμε το πείραμα της σελίδας 42, θα βγάλουμε τα ίδια συμπεράσματα, όπως και πριν. Θα βρούμε, δηλαδή, ότι

**ένα σώμα πήζει σε μια όρισμένη θερμοκρασία. "Οση ώρα ή ύλη του**

σώματος αλλάζει κατάσταση, τὸ σῶμα δίνει θερμότητα στὸ περιβάλλον, ἀλλὰ ἡ θερμοκρασία του μένει σταθερή.

Ἔτσι, μὲ τὴν παρατήρησή μας αὐτὴ μπορούμε νὰ ὀρίσωμε τὴ **θερμοκρασία πήξεως** καὶ τὴ **λανθάνουσα θερμότητα πήξεως** ἑνὸς σώματος. Στὴν πραγματικότητα, ἡ τήξη καὶ ἡ πήξη τῆς ὕλης εἶναι παρόμοια φαινόμενα. *Εἶναι ἡ μεταβολὴ τῆς ὕλης ἀπὸ στερεὰ σὲ ὑγρὴ ἢ ἀπὸ ὑγρὴ σὲ στερεὰ κατάσταση, ὅταν προσθέτωμε ἢ ἀφαιροῦμε θερμότητα ἀπὸ ἕνα σῶμα.* Ἄν μάλιστα ἐπιναλάβωμε μὲ λεπτομέρεια τὸ πείραμα τῆς τήξεως τοῦ κεριοῦ ἀφήνοντας τὸ λιωμένο κερὶ νὰ πήξει, θὰ ἀνακαλύψωμε κάτι, ποὺ ἴσως τὸ περιμέναμε :

**τὸ σημεῖο τήξεως εἶναι τὸ ἴδιο μὲ τὸ σημεῖο πήξεως.**

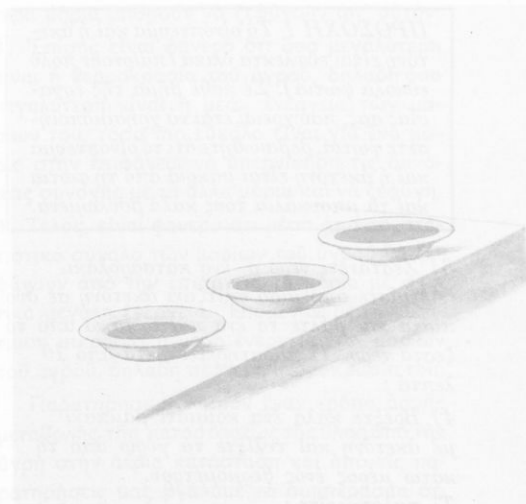
Ἄς ἐξετάσωμε ὅμως τώρα πῶς ἕνα σῶμα περνᾷ ἀπὸ τὴν ὑγρὴ στῆν ἀέρια κατάσταση. Τὴ μεταβολὴ αὐτὴ τὴ λέμε **ἐξαέρωση** καὶ ἴσως τὴν ἔχετε παρατηρήσει στὴ φύση.

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

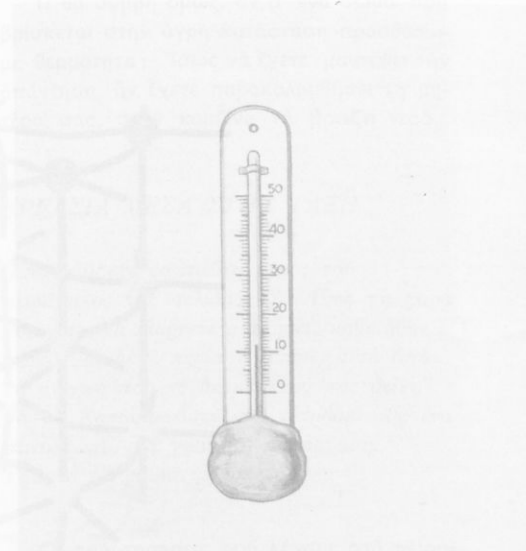
Θὰ χρειαστῆτε *τρία πιάτα, ἕνα φλιτζάνι τοῦ καφέ, ἕνα ἠλεκτρικὸ μάτι ἢ ἕνα καμινέτο οἰνοπνεύματος, ἕνα μικρὸ γυάλινο δοχεῖο, ποὺ νὰ ἀντέχει στὴ φωτιά (πυρὸξ) ἢ ἕνα κατσαρολάκι, ἕνα θερμομότρο καὶ ἕνα ρολόι μὲ δείκτη δευτερολέπτων.* Γιὰ τὸ πρῶτο μέρος τοῦ πειράματος θὰ χρειαστῆτε *λίγη ἀκετόνη καὶ λίγο οἰνόπνευμα.*

1) Ἀδειάστε μισὸ φλιτζάνι τοῦ καφέ ἀκετόνη στὸ ἕνα πιάτο, μισὸ φλιτζάνι οἰνόπνευμα στὸ δεύτερο καὶ μισὸ φλιτζάνι νερὸ στὸ τρίτο. *Τί παρατηρεῖτε μετὰ ἀπὸ 15 λεπτά;*

2) Ἀδειάστε μισὸ φλιτζάνι ἀκετόνη σ' ἕνα πιάτο καὶ δίπλα του βάλτε ἕνα δεύτερο φλιτζάνι γεμάτο ὡς τὴ μέση μὲ ἀκετόνη. *Τί παρατηρεῖτε μετὰ ἀπὸ 15 λεπτά;*



**ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ.** Παρατηροῦμε ὅτι τὰ διάφορα ὑγρά ἐξατμίζονται μὲ διαφορετικὴ ταχύτητα.



**ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ.** Μὲ τὴν ἐξάτμιση παράγεται ψῦχος καὶ τὸ θερμομότρο κατεβαίνει.

**ΠΡΟΣΟΧΗ !** Το οινόπνευμα και η άκετόνη είναι εύφλεκτα υλικά (παίρνουν πολύ εύκολα φωτιά). Σε κάθε βήμα της εργασίας σας, πού χρειάζεται να χρησιμοποιήσετε φωτιά, βεβαιωθείτε ότι το οινόπνευμα και η άκετόνη είναι μακριά από τη φωτιά και τα μπονκάλια τους καλά βουλωμένα.

- 3) Ζεστάνετε νερό σ' ένα κατσαρολάκι. Αδειάστε από μισό φλιτζάνι άκετόνη σε δύο πιάτα και βάλτε το ένα πιάτο πάνω από το ζεστό νερό. Τί παρατηρείτε μετά από 10 λεπτά ;
- 4) Βρέξτε καλά ένα κομμάτι βαμπίκι με άκετόνη και τυλίξτε το γύρω από το κάτω μέρος ενός θερμομέτρου. Τί παρατηρείτε ;

Στην εργασία μας είδαμε πολλά και ένδιαφέροντα πράγματα. Παρατηρήσαμε τη μεταβολή της καταστάσεως της ύλης από υγρή

σε αέρια στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Το φαινόμενο αυτό λέγεται **εξάτμιση**. Από τις παρατηρήσεις μας μπορούμε εύκολα να βγάλουμε μερικά γενικά συμπεράσματα, που τα αριθμούμε όπως και στο πείραμα

1) Τα διάφορα υγρά εξατμίζονται με διαφορετική ταχύτητα.

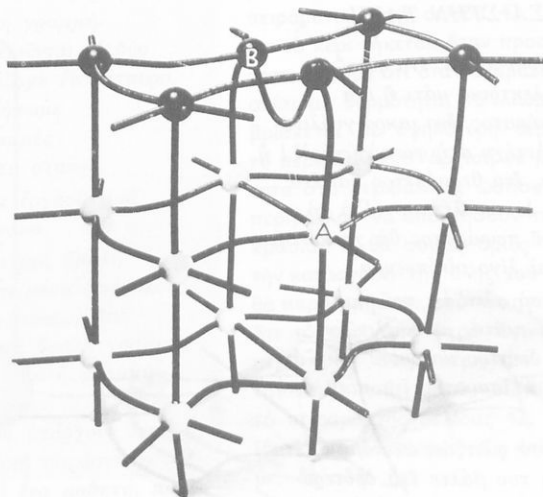
Η άκετόνη εξατμίζεται πολύ γρήγορα, το οινόπνευμα πιό αργά και το νερό πολύ αργά.

2) Ένα υγρό εξατμίζεται τόσο γρηγορότερα, όσο μεγαλύτερη είναι η ελεύθερη επιφάνειά του.

3) Ένα υγρό εξατμίζεται τόσο γρηγορότερα, όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του.

4) Όταν εξατμίζεται ένα υγρό, παράγεται ψύχος.

Δέν είναι καθόλου δύσκολο να εξηγήσωμε τις παρατηρήσεις μας αυτές, αν χρησιμοποιήσωμε τις γνώσεις μας γύρω από τη μοριακή δομή της ύλης. Αν μπορούσαμε να κοιτάζωμε με ένα δυνατό μικροσκόπιο την επιφάνεια ενός υγρού, θα βλέπαμε περίπου κάτι τέτοιο :



Έχομε συμβολίσει σχηματικά τὰ μόρια τοῦ ὑγροῦ μὲ μικρὲς σφαίρες καὶ τὶς δυνάμεις συνοχῆς μὲ μικρὰ ἐλατήρια. Ξέρομε ὅτι τὰ μόρια μέσα στὴν ὕλη δὲ μένουν ἀκίνητα. Κινοῦνται συνεχῆ καί, μάλιστα στὴν ὑγρὴ κατάσταση, μποροῦν νὰ ξεγλιστροῦν τὸ ἕνα γύρω ἀπὸ τὸ ἄλλο, ν' ἀλλάζουν θέση καὶ νὰ ταξιδεύουν μέσα στὸν ὄγκο τοῦ σώματος.

Ἄν σημαδέψωμε ἕνα ὀρισμένο μόριο μέσα στὸ ὑγρὸ, ὅπως τὸ μόριο Α, μποροῦμε νὰ παρακολουθήσωμε πῶς ταξιδεύει μέσα στὸν ὄγκο τοῦ ὑγροῦ. Παρατηροῦμε ἀμέσως ὅτι ὅσο τὸ μόριο βρίσκεται μέσα στὸν ὄγκο τοῦ ὑγροῦ, οἱ δυνάμεις συνοχῆς τὸ συνδέουν μὲ ἄλλα μόρια πρὸς κάθε κατεύθυνση. Στὴν ἀπλὴ εἰκόνα, ποῦ εἶδαμε πρὸ πάνω, τὸ κάθε μόριο συνδέεται μὲ ἕξι ἄλλα μόρια. Ἄντίθετα, ἕνα μόριο, ποῦ βρίσκεται στὴν ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, ὅπως τὸ μόριο Β, συνδέεται μὲ δυνάμεις συνοχῆς μόνο μὲ πέντε ἄλλα μόρια. Ξέρομε ὅτι τὰ μόρια τοῦ ὑγροῦ μποροῦν νὰ κινηθοῦν πρὸς τυχαῖες κατευθύνσεις μὲ διάφορες ταχύτητες γύρω ἀπὸ μιὰ μέση ταχύτητα. Ἄν τὸ μόριο στὴν ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ κινηθῆ πρὸς τὰ κάτω, τότε εἶναι φανερό ὅτι θὰ συνδεθῆ ἀπὸ ὅλες τὶς πλευρὲς μὲ δυνάμεις συνοχῆς καὶ θὰ συνεχίσῃ νὰ ταξιδεύῃ μέσα στὸ ὑγρὸ, ὅπως τὸ μόριο Α. Ἄν ὅμως γιὰ μιὰ στιγμή κινηθῆ πρὸς τὰ ἔπάνω, εἶναι δυνατόν ν' ἀποσπασθῆ ἀπὸ τὸ ὑγρὸ καὶ νὰ συνεχίσῃ νὰ κινῆται ἐλεύθερα. Στὴν περίπτωσι αὐτὴ θὰ βρεθῆ στὴν ἀέρια κατάσταση.

Ἡ ὑπόθεσι αὐτὴ ἐξηγεῖ πολὺ εὐκόλα ὅλες τὶς παρατηρήσεις μας γύρω ἀπὸ τὴν ἐξάτμισι.

1. Περιμένομε ἢ ταχύτητα ἐξατμίσεως νὰ εἶναι διαφορετικὴ ἀπὸ ὑλικὸ σὲ ὑλικό, γιατί οἱ δυνάμεις συνοχῆς τῶν μορίων δὲν εἶναι ἴδιες σὲ κάθε ὑλικό. Ὅσο πρὸς ἀδύνατες εἶναι οἱ δυνάμεις συνοχῆς, τόσο πρὸς γρήγορα περιμένομε νὰ ἐξατμίζεται ἕνα ὑγρὸ.

2. Εἶναι φανερό ὅτι ὅσο πρὸς μεγάλη εἶναι ἢ ἐλεύθερη ἐπιφάνεια ἐνὸς ὑγροῦ, τόσο περισσό-

τερα μόρια μποροῦν νὰ ξεφύγουν ἀπ' αὐτὴν.

3. Ἐπίσης εἶναι φανερό ὅτι ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ, δηλαδὴ ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ μέση ἐνέργεια τῶν μορίων του, τόσο πρὸς εὐκόλο εἶναι γιὰ ἕνα μόριο στὴν ἐπιφάνεια νὰ ὑπερνικήσῃ τὶς δυνάμεις συνοχῆς μὲ τὰ ἄλλα μόρια καὶ νὰ ξεφύγῃ.

4. Τέλος, εἶναι φανερό ὅτι μέσα ἀπὸ τὸ στατιστικὸ σύνολο τῶν μορίων τοῦ ὑγροῦ θὰ ξεφύγουν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τὰ μόρια μὲ σχετικὰ μεγάλη ἐνέργεια. Ἐπομένως μὲ τὴν ἐξάτμισι μικραίνει ἡ μέση ἐνέργεια τῶν μορίων τοῦ ὑγροῦ, δηλαδὴ πέφτει ἡ θερμοκρασία του.

Παρατηρήσαμε λοιπὸν ἕναν τρόπο ἀργῆς μεταβολῆς τῆς καταστάσεως τῆς ὕλης ἀπὸ τὴν ὑγρὴ στὴν ἀέρια κατάσταση καὶ ἀπὸ τὶς παρατηρήσεις μας βγάλαμε τὸ συμπέρασμα ὅτι **ἐξάτμισι εἶναι ἢ ἐξαέρωσι, ποῦ ὀφείλεται στὴ διαφυγὴ μορίων ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια ἐνὸς ὑγροῦ.**

Τὶ θὰ συμβῆ ὅμως, ἂν σ' ἕνα σῶμα ποῦ βρίσκεται στὴν ὑγρὴ κατάσταση προσθέσωμε θερμότητα; Ἴσως νὰ ἔχετε μαντέψῃ τὴν ἀπάντησι, ἂν ἔχετε παρακολουθήσει τὴ μητέρα σας, στὴν κουζίνα νὰ **βράζῃ** νερό.

## ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

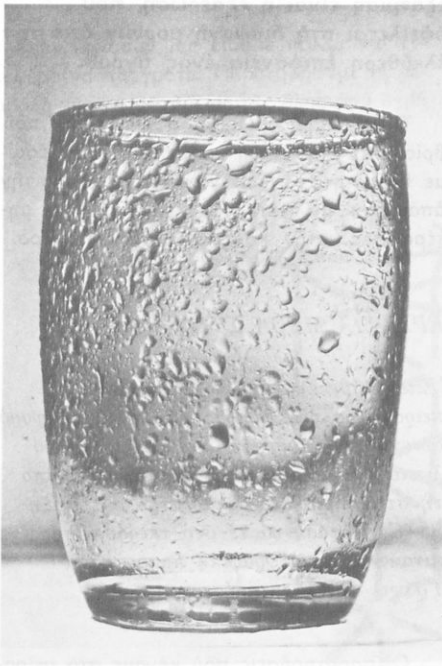
*Ἐπαναλάβετε τὸ πρῶτο μέρος τοῦ πειράματος τῆς σελίδας 42. Αὐτὴ τὴ φορὰ συνεχίστε νὰ παίνοτε μετροῦσεις κάθε δύο λεπτά γιὰ δέκα περίπου λεπτά, μετὰ ἀπὸ τὴ στιγμή ποῦ τὸ θερμομέτρο σας δείξῃ 95 °C. Κατασκευάστε στὸ τετράδιό σας ἕνα πῖνακα καὶ μιὰ γραφικὴ παράστασι. Γράψτε τὶς παρατηρήσεις σας.*

Οἱ παρατηρήσεις ποῦ κάναμε στὸ πείραμά μας ἦταν ἀνάλογες μὲ τὶς παρατηρήσεις ποῦ κάναμε γιὰ τὴν τήξῃ τῶν στερεῶν.

Από τὸν πίνακα ἢ ἀπὸ τὴ γραφικὴ παράσταση πού κατασκευάσαμε παρατηρήσαμε πάλι ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ ἀνεβαίνει σταθερὰ ἀνάλογα μὲ τὸ ποσοῦ θερμότητας πού προσθέτομε.

Στὸ μεταξὺ παρατηρήσαμε ὅτι ὅσο ἀνεβαίνει ἡ θερμοκρασία τοῦ νεροῦ, τόσο ἡ ἐξάτμιση γινόταν ὄλο και πιο γοργή. Ὄταν τὸ θερμομέτρο ὅμως ἔφτασε κοντὰ στοὺς 100 °C, ἀρχίσαμε νὰ παρατηροῦμε ἓνα νέο φαινόμενο : τὸ φαινόμενο τοῦ **βρασμοῦ**. Μέσα στὸ νερὸ ἀρχισαν νὰ δημιουργοῦνται μεγάλες φυσαλίδες καὶ νὰ ἀνεβαίνουν γρήγορα στὴν ἐπιφάνεια. Παρατηρήσαμε δηλαδὴ ὅτι

**στὸ βρασμὸ ἡ ἐξαέρωση γίνεται ἀπὸ ὄλα τὰ μέρη τοῦ ὑγροῦ καὶ ὄχι μόνο ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια.**



*Οἱ ὕδατοι τῆς ἀτμόσφαιρας ὑγροποιοῦνται, ὅταν στυφναισθῶν μιὰ ψυχρὴ ἐπιφάνεια.*

Τέλος, παρατηρήσαμε ὅτι ὅταν ἀρχισε νὰ βράξη τὸ νερὸ, τὸ θερμομέτρο σταμάτησε νὰ ἀνεβαίνει. Ὅπως καὶ στὸ φαινόμενο τῆς τήξεως, ἀνακαλύψαμε ὅτι

**ἓνα ὑγρὸ βράζει σὲ μιὰ ὀρισμένη θερμοκρασία. Ὅση ὥρα ἡ ὕλη τοῦ ὑγροῦ ἀλλάζει κατάσταση, τὸ ὑγρὸ παίρνει θερμότητα, ἀλλὰ ἡ θερμοκρασία του μένει σταθερή.**

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Μὲ ὅσα ξέρετε γιὰ τὴ συμπεριφορὰ τῶν μορίων στὴν ὑγρὴ καὶ στὴν ἀέρια κατάσταση ἐξηγήστε τὶς παρατηρήσεις σας γιὰ τὸ φαινόμενο τοῦ βρασμοῦ. Πῶς σχηματίζονται οἱ φυσαλίδες, ὅταν ἓνα ὑγρὸ βράζει; Ὅσο βράζει ἓνα ὑγρὸ, ἡ θερμοκρασία του μένει σταθερή, καὶ ἂν ἐμεῖς προσθέτωμε θερμότητα. Τί γίνεται ἡ θερμότητα αὐτή; Πῶς θὰ τὴν ὀνομάζατε;*

## 8. Ὑγροποίηση τῶν ἀτμῶν

Γενικά, τὴν ὕλη σὲ ἀέρια κατάσταση, πού προέρχεται ἀπὸ τὴν ἐξαέρωση, τὴ λέμε **ἀτμό**. Ἐχομε ὡς τώρα δεῖ πολλὰ παραδείγματα ἀτμῶν. Στὸ πείραμά μας στὶς σελίδες 47-48 εἶδαμε τοὺς ἀτμούς ἀπὸ τὴν ἀκετόνη καὶ τὸ οἶνόπνευμα. Πολλές φορές μυρίζομε τοὺς ἀτμούς τῆς βενζίνης, ὅταν ἀνοίξωμε ἓνα μπουκάλι ἀπὸ βενζίνη. Εἶδαμε λοιπὸν πῶς ἓνα σῶμα στὴν ὑγρὴ κατάσταση μπορεῖ νὰ ἐξαερωθῆ, δηλαδὴ νὰ μεταβληθῆ σὲ ἀτμὸ μὲ ἐξάτμιση ἢ μὲ βρασμὸ, ὅταν τὸ σῶμα παίρνει θερμότητα. Μποροῦμε ὅμως, ὅπως καὶ στὴν τήξη τῶν στερεῶν, νὰ ἀντιστρέψωμε τὸ φαινόμενο καὶ νὰ παρατηρήσωμε πῶς ὁ ἀτμὸς μεταβάλλεται στὴν ὑγρὴ κατάσταση, ὅταν ἀφαιροῦμε θερμότητα. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ πού εἶναι ἐντελῶς ἀνάλογο μὲ τὴν πήξη τῶν ὑγρῶν, τὸ λέμε **ὑγροποίηση τῶν ἀτμῶν**.

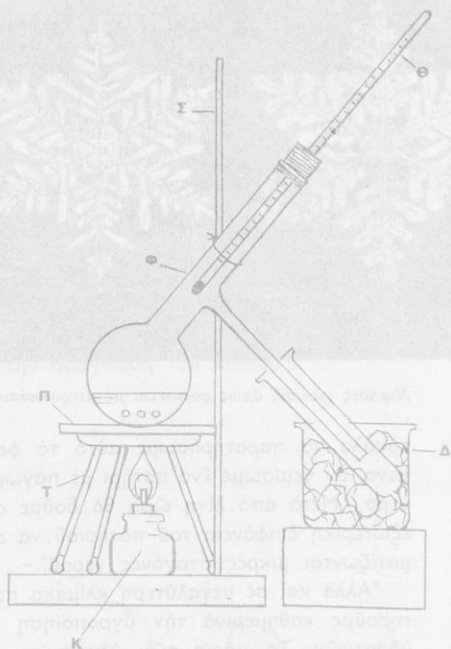


## ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Μπορείτε να παρατηρήσετε την εξαέρωση και ταυτόχρονα την ύγροποίηση των ατμών, αν κατασκευάσετε μια συσκευή παρόμοια μ' αυτήν που δείχνει το σχήμα. Στο άριστερο μέρος της συσκευής βρίσκεται ένα γυάλινο μπουκάλι, που αντέχει στη φωτιά (πυρέξ), με νερό, πάνω σ' ένα καμινέτο. Το μπουκάλι σκεπάζεται καλά με ένα πώμα από φελλό ή λάστιχο, που έχει μια τρύπα στο κέντρο. Στην τρύπα του πώματος εφαρμόζει ένας γυάλινος ή χάλκινος σωλήνας, που καταλήγει σ' ένα άλλο μπουκάλι, στο δεξιό μέρος της συσκευής. Το δεύτερο μπουκάλι βρίσκεται μέσα σ' ένα δοχείο, που περιέχει κρύο νερό ή πάγο. Ανάψτε το καμινέτο με χαμηλή φλόγα. Μέσα σέ λίγα λεπτά τὸ νερό μέσα στο μπουκάλι, πάνω από τὴ φλόγα, θὰ ἀρχίσῃ νὰ εξατμίζεται γρήγορα καὶ οἱ ἀτμοὶ νὰ ὑγροποιῶνται μέσα στο δεύτερο μπουκάλι. Μπορεῖτε νὰ χρησιμοποιήσετε στο πρώτο μπουκάλι θαλασσινὸ ἢ ἀλατισμένο νερό. Δοκιμάστε τὸ νερό που μαζεύεται στο δεύτερο μπουκάλι. Τί παρατηρεῖτε; Πῶς ἐξηγεῖτε αὐτὴ σας τὴν παρατήρηση;

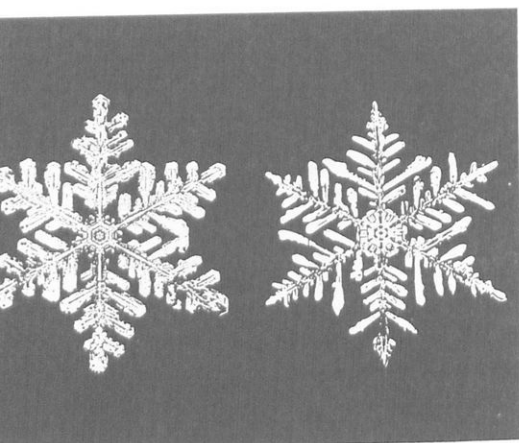
Ἡ ἐργασία, που κάναμε με τὴ συσκευὴ μας, λέγεται **ἀπόσταξη** κι ἔχει πολλές ἐφαρμογές στὴν καθημερινή μας ζωὴ. Ὅπως εἶδαμε στὴν ἐργασία μας με τὸ θαλασσινὸ νερό, με τὴν ἀπόσταξη μπορούμε νὰ ξεχωρίσωμε ἕνα ὑγρὸ ἀπὸ τὰ στερεά, που εἶναι διαλυμένα μέσα σ' αὐτό. Σήμερα πολλά πλοῖα εἶναι ἐφοδιασμένα με συσκευές, που ἀποστάζουν τὸ θαλασσινὸ νερό, γιὰ νὰ πάρουν πόσιμο. Μιὰ ἀπὸ τίς πιὸ διαδομένες ἐφαρμογές τῆς ἀποστάξεως εἶναι ἡ παραγωγὴ τῶν διαφόρων οἶνοπνευματωδῶν ποτῶν, ὅπως τὸ οὔζο, τὸ ρακὶ καὶ τὸ κονιάκ.

Ἡ ὑγροποίηση τῶν ατμῶν εἶναι ἕνα φαινόμενο, που βλέπομε πολὺ συχνὰ στὴ φύση.



Μιὰ ἐργαστηριακὴ συσκευὴ ἀποστάξεως παρόμοια με τὴ συσκευὴ, που θὰ κατασκευάσετε γιὰ τὴν ἐργασία μέσα στὴν τάξη. *K* = καμινέτο, *T* = τριπόδο, *Π* = πλέγμα με ἀμίαντο, *Φ* = φιάλη ἀποστάξεως, *Σ* = στήριγμα, *Θ* = θερμόμετρο, *Δ* = δοχεῖο με πάγο.

Ἡ ἀτμόσφαιρα τῆς γῆς περιέχει μεγάλη ποσότητα νεροῦ σέ ἀέρια κατάσταση ἢ, ὅπως ἀλλιῶς λέμε, **ὕδρατμῶν**, που προέρχονται ἀπὸ τὴν ἐξάτμιση τῶν θαλασσῶν, τῶν λιμνῶν καὶ τῶν ποταμῶν. Τὰ μόρια τοῦ νεροῦ βρίσκονται ἀνακατεμένα με τὰ μόρια τοῦ ὀξυγόνου καὶ τοῦ ἀζώτου, που ἀποτελοῦν τὴν ἀτμόσφαιρα. Ὅταν τὰ μόρια τῶν ὑδρατμῶν συναντήσουν μιὰ ἐπιφάνεια με χαμηλὴ θερμοκρασία, χάνουν ἐνέργεια καὶ περνοῦν στὴν ὑγρὴ κατάσταση. Μποροῦμε



Νιφάδες χιονιού, όπως φαίνονται με μικροσκόπιο.

εύκολα να παρατηρήσωμε αυτό το φαινόμενο, αν γεμίσωμε ένα ποτήρι με παγωμένο νερό. Μετά από λίγη ώρα θα δοῦμε στην ἐξωτερική ἐπιφάνεια τοῦ ποτηριοῦ νὰ σχηματίζωνται μικρὲς σταγόνες νεροῦ.

Ἄλλὰ καὶ σὲ μεγαλύτερη κλίμακα παρατηροῦμε καθημερινὰ τὴν ὑγροποίηση τῶν ὑδρατμῶν. Τὰ μόρια τῶν ὑδρατμῶν, ποὺ προέρχονται ἀπὸ τὴν ἐξάτμιση τοῦ νεροῦ στὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς, ἔχουν περίπου τὸ μισὸ βάρος ἀπὸ τὰ μόρια τῆς ἀτμόσφαιρας. Ἔτσι ἔχουν τὴν τάση ν' ἀνεβαίνουν στὰ ψηλότερα στρώματα, ὅπου ὅμως ἡ θερμοκρασία εἶναι πολὺ χαμηλότερη ἀπὸ τὴ θερμοκρασία στὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς. Ὄταν συναντήσουν ἓνα ἀρκετὰ ψυχρὸ στρῶμα ἀέρα, τότε ὑγροποιῦνται καὶ σχηματίζουν πάρα πολὺ μικρὲς σταγόνες νεροῦ, ποὺ αἰωροῦνται μέσα στὴν ἀτμόσφαιρα. Μυριάδες ἀπ' αὐτὲς τίς πάρα πολὺ μικρὲς σταγόνες συγκεντρώνονται στὸν οὐρανὸ καὶ δημιουργοῦν τὰ **σύννεφα**. Συνήθως οἱ ὑδρατμοὶ ὑγροποιῦνται σὲ σύννεφα σὲ ἀρκετὰ ψηλὰ στρώματα τῆς ἀτμόσφαιρας. Μερικὲς ὅμως φορές εἶναι δυνατόν νὰ συναντήσουν χαμηλὲς θερμοκρασίες πολὺ κοντὰ στὴν ἐπι-

φάνεια τῆς γῆς. Στὴν περίπτωση αὐτὴ δημιουργεῖται ἓνα σύννεφο πάνω στὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ τὸ λέμε **ὀμίχλη**.

Τὰ σύννεφα αἰωροῦνται στὴν ἀτμόσφαιρα ὅπως ἡ σκόνη, γιατί οἱ σταγόνες ποὺ τὰ ἀποτελοῦν εἶναι πάρα πολὺ μικρὲς. Ἄν ὅμως ἡ θερμοκρασία τους πέση χαμηλότερα, τότε σχηματίζονται μεγάλες σταγόνες, ποὺ δὲν μποροῦν πιά νὰ κρατηθοῦν μετέωρες. Τὸ ἀποτέλεσμα εἶναι ἡ **βροχὴ**.

Μέσα σ' αὐτὸν τὸ συνεχῆ κύκλο τοῦ νεροῦ στὴ φύση παρατηροῦμε διάφορα ἄλλα φαινόμενα, ποὺ ἔχουν σχέση μὲ τὴ θερμοκρασία τῆς ἀτμόσφαιρας. Μπορεῖ ἓνα σύννεφο νὰ βρεθῆ σὲ μιὰ περιοχὴ τῆς ἀτμόσφαιρας, ὅπου ἡ θερμοκρασία εἶναι κάτω ἀπὸ τοὺς 0°C. Στὴν περίπτωση αὐτὴ, ἀντὶ γιὰ μικρὲς σταγόνες, θὰ σχηματιστοῦν μικροὶ κρύσταλλοι ἀπὸ πάγο. Τὰ σύννεφα αὐτὰ ἔχουν χαρακτηριστικὴ ὄψη, ποὺ θυμίζει τὸ φτέρωμα τῶν πουλιῶν. Οἱ κάτοικοι μάλιστα τῶν ὀρεινῶν μας περιοχῶν μποροῦν καὶ ἀναγνωρίζουν ἀπὸ τὸ σχῆμα τους αὐτὰ τὰ σύννεφα. Θ' ἀκούσετε συχνὰ νὰ λένε : «Αὐτὸ τὸ σύννεφο εἶναι γεμάτο **χιόνι**». Καὶ δὲν ἔχουν ἄδικο. Ἀργὰ ἢ γρήγορα οἱ μικροὶ κρύσταλλοι μέσα στὸ σύννεφο συγκεντρώνονται σὲ ὀμάδες καὶ ἀρχίζουν νὰ πέφτουν. Στὸ δρόμο τους συναντοῦν ἄλλους κρυστάλλους, ποὺ τοὺς παρασέρνουν καὶ σχηματίζουν τίς γνωστὲς μας **νιφάδες** τοῦ χιονιοῦ.

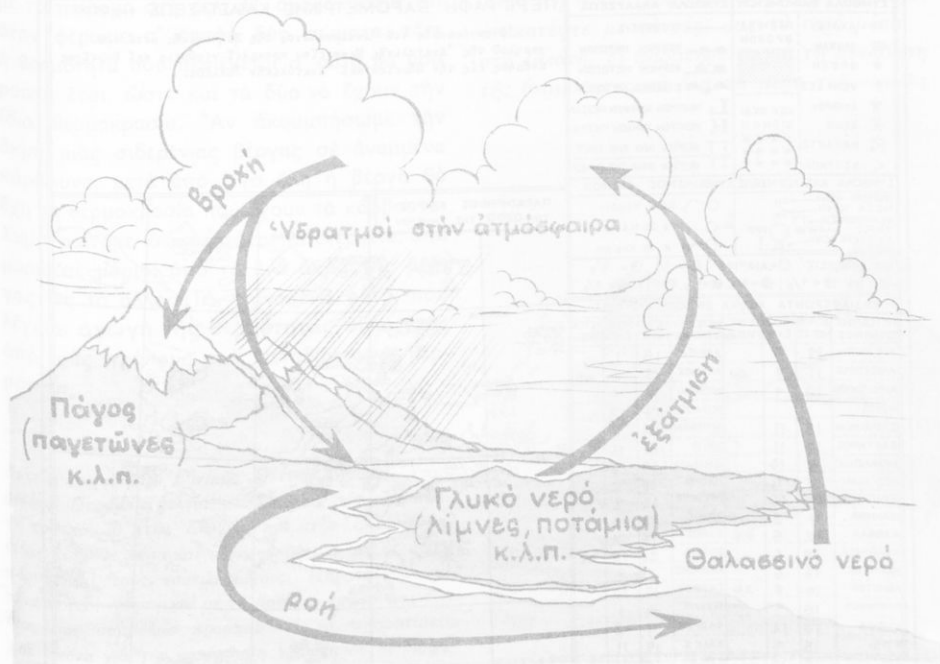
Ἄλλες φορές εἶναι δυνατόν οἱ σταγόνες τῆς βροχῆς, καθὼς πέφτουν, νὰ συναντήσουν ἓνα στρῶμα ἀέρα μὲ θερμοκρασία κάτω ἀπὸ τοὺς 0°C. Στὸ πέρασμά τους ἀπὸ τὸ στρῶμα αὐτὸ οἱ σταγόνες παγώνουν σὲ μικρὲς σφαῖρες καὶ φτάνουν στὴ γῆ ὡς **χαλάζι**.

Ὁ κύκλος τοῦ νεροῦ εἶναι ἓνας ἀπὸ τοὺς κυριότερους παράγοντες, ποὺ συντηροῦν τὴ ζωὴ στὸν πλανήτη μας. Μὲ τὴν ἐξάτμιση τῆς θάλασσας τὸ νερὸ μεταφέρεται ὡς βροχὴ ἢ χιόνι σὲ ὅλα τὰ μέρη τῆς γῆς καὶ ἀναπτύσσει τὴ βλάστηση καὶ τὸ ζωικὸ κόσμο.

Φυσικά, για την εξάτμιση όλου αυτού του νερού χρειάζεται ένα μεγάλο ποσό ενέργειας, που προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά από τον ήλιο. Έτσι, σε ένα ορισμένο σημείο της γης ή ταχύτητα εξάτμισης του νερού στην επιφάνεια της γης και ή ταχύτητα υγροποίησης των υδρατμών στην ατμόσφαιρα εξαρτώνται από τη θέση του σημείου αυτού ως προς τον ήλιο.

Όσο όμως απλός και να φαίνεται ο μηχανισμός που περιγράψαμε για τον κύκλο του νερού στη γη, στη λεπτομέρεια του είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο. Το αν θα βρέξει, θα χιονίσει ή θα κάνει καλοκαιρία σε ένα μέρος εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως ή θερμοκρασία της ατμόσφαι-

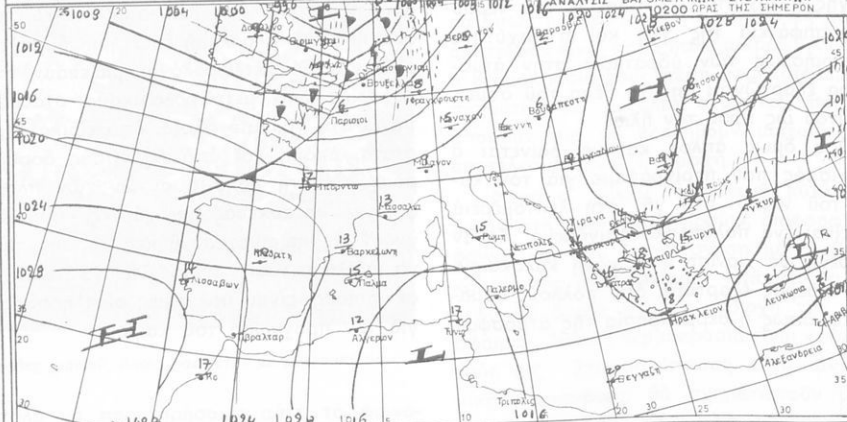
ρας σε γειτονικά μέρη, οι άνεμοι που πνέουν και ή ποσότητα των υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Έτσι, γύρω από τη μελέτη των καιρικών συνθηκών και ιδίως γύρω από την πρόγνωση του καιρού έχει δημιουργηθή μιιά ολόκληρη επιστήμη, ή **μετεωρολογία**. Οί μετεωρολόγοι μαζεύουν πληροφορίες από μετεωρολογικούς σταθμούς πάνω στη γη, από πλοία, από ειδικά αεροστάτα, ακόμη και από τεχνητούς δορυφόρους. Με τη βοήθεια αυτών των πληροφοριών κατασκευάζουν χάρτες, που δείχνουν τις καιρικές συνθήκες και την πιθανή εξέλιξή τους. Μπορείτε να σκεφτήτε σε ποιούς είναι πολύτιμες οί πληροφορίες για την πρόγνωση του καιρού;



Ο κύκλος του νερού στη φύση.

# ΔΕΛΤΙΟΝ ΚΑΙΡΟΥ

ΕΤΟΣ 3ον ΑΥΞ. ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΛΤΙΟΥ 1228 ΤΗΣ 25-11-1974 Μετεωρολόγος Π. ΚΩΤΣΙΛ



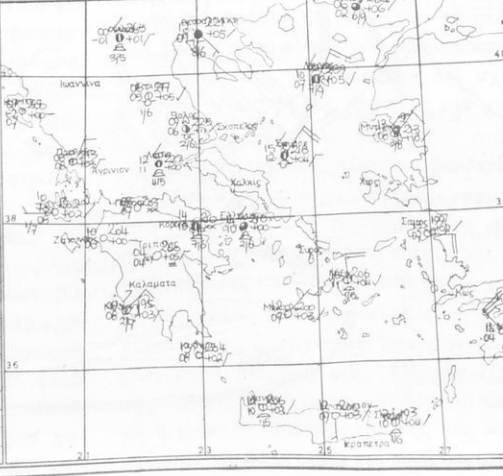
ΣΥΜΒΟΛΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ	ΣΥΜΒΟΛΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΣ
— ΑΧΑΤΣ	— ΙΣΟΒΑΡΕΙΣ
≡ ΟΜΙΧΑΗ	▲ ΨΥΧΡΟΝ ΜΕΤΩΡΩΝ
• ΒΡΟΧΗ	▲ ΘΕΡΜΟΝ ΜΕΤΩΡΩΝ
• ΨΕΚΑΣΕΣ	▲ ΣΤΑΔΙΜΟΝ ΜΕΤΩΡΩΝ
▼ ΟΜΒΡΟΙ	L ΚΕΝΤΡΟΝ ΧΑΜΗΛΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ
* ΧΙΩΝ	H ΚΕΝΤΡΟΝ ΥΨΗΛΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ
⊠ ΚΑΤΑΪΓΙΣ	TT ΘΕΣΣΙΑ 1400 ΤΗΣ ΧΩΔΣ
⊠ ΣΤΡΑΠΑΣ	TT ΘΕΣΣΙΑ 0100 ΤΗΣ ΣΗΜΕΡΩΣ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ ΤΗΣ 0200 ...  
 'Ο συνδυασμός του 'Αντικυκλώνα της Βαλκανικής μετά του χαμηλού της 'Ανατολικής Μεσογείου προκαλεί νεφώσεις και βόρειους άνεμους εις την Βόρειον και 'Ανατολικήν 'Ελλάδα.

ΣΥΜΒΟΛΑ ΚΑΤΑΧΩΡΙΣΕΩΣ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ ΑΝΕΜΩΝ
▲ ΨΥΧΡΟΝ ΜΕΤΩΡΩΝ	○ ΒΑ 10 Κόμβοι
▲ ΘΕΡΜΟΝ ΜΕΤΩΡΩΝ	○ Δ 25 Κόμβοι
▲ ΣΤΑΔΙΜΟΝ ΜΕΤΩΡΩΝ	○ Δ 50 Κόμβοι

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙΡΟΥ ΤΗΣ 0200 ΤΗΣ ΣΗΜΕΡΩΣ

ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΧΩΔΣ	ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ 0200 ΤΗΣ ΣΗΜΕΡΩΣ	ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ 0200 ΤΗΣ ΣΗΜΕΡΩΣ
ΑΠΡ ΝΙΟΝ	19 5	ΛΑΡΙΣΑ 15 1
ΑΜΕΣ/ΛΟΔΣ	11 7	ΑΗΜΟΝΣ 13 8
ΑΡΓΟΣΤΑΝΩΝ	18 9	ΜΕΘΩΝΗ 15 10
ΒΟΛΟΣ		ΜΗΛΟΣ 17 12
ΕΛΛΗΝΙΚΟΝ	18 11	ΜΥΤΙΛΗΝΗ 15 8
ΖΑΚΥΝΘΟΣ	17 11	ΝΑΞΟΣ 18 16
ΗΡΑΚΛΕΙΟΝ	19 14	ΝΟΙΔΑΣΣΑ 19 8
ΘΕΣ/ΝΙΚΗ	15 4	ΠΑΤΡΑΙ 18 8
ΠΕΡΑΓΕΤΡΑ	21 14	ΠΡΕΒΕΖΑ 17 9
ΙΩΑΝΝΙΝΑ	11 3	ΡΟΔΟΣ 19 14
ΚΑΒΑΛΑ	12 5	ΣΑΜΟΣ 17 12
ΚΑΛΑΜΑΤΑ	18 6	ΣΙΤΕΙΑ 20 16
ΚΕΡΚΥΡΑ	17 6	ΤΚΟΠΟΛΣ 9
ΚΟΜΟΤΗΝΗ	10 8	ΤΚΥΡΟΣ 17 10
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	18 9	ΤΡΙΠΟΛΣ 14 1
ΚΥΘΗΡΑ	17 12	ΦΑΘΡΙΑ 9 -3
ΜΥΤΗΝΗ	13 7	ΧΑΚΙ Σ 19 11
ΜΙΣΣΗ	18 13	ΧΑΝ Α 18 11
ΡΑΜΛΙΑ	17 9	ΧΙΟΣ 16 11



## 9. Μετάδοση τῆς θερμότητας

Τὸ χειμῶνα, ὅταν κάνη πολὺ κρύο, ἀνάβομε στὸ σπίτι μας τὸ τζάκι, τὴ σόμπα ἢ τὸ καλοριφέρ. Μετὰ ἀπὸ λίγη ὥρα μεταφέρεται θερμότητα ἀπὸ τὴ σόμπα στὸν ἀέρα τοῦ δωματίου καὶ στὸ σῶμα μας καὶ μᾶς θερμαίνει. Τὸ καλοκαίρι, ἂν θέλωμε νὰ παγώσωμε μιὰ πορτοκαλάδα, ρίχνομε μέσα στὸ ποτήρι μας ἓνα κομμάτι πάγο ἢ βάζομε τὸ μπουκάλι μὲ τὴν πορτοκαλάδα σ' ἓναν κουβά μὲ παγόνερο. Ἀμέσως ἀρχίζει **μετάδοση θερμότητας** ἀπὸ τὴν πορτοκαλάδα, πού βρίσκεται σὲ ψηλότερη θερμοκρασία, στὸν πάγο καὶ ἡ θερμοκρασία τῆς πορτοκαλάδας πέφτει.

Ἡ μετάδοση τῆς θερμότητας ἀπὸ σῶμα σὲ σῶμα εἶναι ἓνα φαινόμενο, πού παρατηροῦμε συνέχεια γύρω μας. Ὅπως θυμάστε, μὲ τὸ πείραμα στὴ σελ. 32, ἀνακαλύψαμε ὅτι ὅταν φέρωμε σ' ἐπαφὴ δύο σῶματα, τότε ἡ θερμότητα πού περιέχεται σ' αὐτὰ θὰ μοιραστῆ ἔτσι, ὥστε καὶ τὰ δύο νὰ ἔχουν τὴν ἴδια θερμοκρασία. Ἄν ἀκουμπήσωμε τὴν ἄκρη μιᾶς σιδερένιας βέργας σὲ ἀναμμένα κάρβουνα, μετὰ ἀπὸ λίγο ὅλη ἡ βέργα θὰ ἔχη τὴ θερμοκρασία πού ἔχουν τὰ κάρβουνα. Συμπεραίνομε ὅτι μεταφέρεται ἐνέργεια, ἀπὸ μόριο σὲ μόριο, ἀπὸ τὸ ἓνα ἄκρο τῆς βέργας ὡς τὸ ἄλλο. Τὸ φαινόμενο αὐτό, πού λέγεται **ἀγωγή τῆς θερμότητας**, εἶναι ἓνας ἀπὸ τοὺς τρόπους πού μεταδίδεται ἡ θερμότητα.

*Δελτίο καιροῦ τῆς Ἑθνικῆς Μετεωρολογικῆς Ὑπηρεσίας. Παρόμοια δελτία, πού δείχνουν τὴν κατάσταση τοῦ καιροῦ στὴν Ἑδρώπη καὶ στὴν Ἑλλάδα, ἐκδίδονται κάθε μέρα καὶ εἶναι πολὺτιμα στοὺς ἀερόπλοους καὶ τοὺς ναυτιλλομένους. Παρατηρήστε μὲ προσοχὴ τὸ χῶρη καὶ μὲ τὴ βοήθεια τοῦ πίνακα τῶν διαφόρων συμβόλων προσπαθήστε νὰ σχηματίσετε μιὰ εἰκόνα γιὰ τὴν κατάσταση τοῦ καιροῦ σὲ διάφορα μέρη. Πῶς ἦταν ὁ καιρὸς στὴν περιοχή τοῦ σχολείου σας στὴς 25.11.74, πού ἴσχυε αὐτὸς ὁ χῶρης;*

## ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῆτε μιὰ μετάλλινη βελόνα πλεξίματος, μιὰ ξύλινη βέργα μὲ ἴσο περίπου μήκος, ἓνα καμινέτο, μιὰ λεκάνη κορὸ νεροῦ καὶ ἓνα ποτήρι καυτό νερό.

1) Κρατήστε μὲ τὸ χέρι σας τὴ βελόνα ἀπὸ τὸ ἓνα ἄκρο καὶ ἀκουμπήστε τὸ ἄλλο ἄκρο στὴ φλόγα τοῦ καμινέτου. Τί παρατηρεῖτε;

2) Ἐπαναλάβετε τὴν ἴδια ἐργασία μὲ τὴν ξύλινη βέργα. Τί παρατηρεῖτε; Μπορεῖτε νὰ ἐπαναλάβετε τὴν ἴδια ἐργασία μὲ βέργες ἀπὸ διάφορα ὕλικά.

3) Σὲ μιὰ λεκάνη γεμάτη κορὸ νεροῦ ἀδειάστε μὲ προσοχὴ στὴ μιὰ ἄκρη ἓνα ποτήρι καυτό νερό. Ὅπως ἔχομε δεῖ σὲ προηγουμένο πείραμα, ἂν περιμένουμε ἀρκετὴ ὥρα, τελικὰ τὸ νερό μέσα στὴ λεκάνη θὰ ἔχη παντοῦ τὴν ἴδια θερμοκρασία. Αὐτὴ τὴ φορὰ, μόλις ρίξετε τὸ καυτό νερό, ἀνακατέψτε μὲ τὸ χέρι σας τὸ νερό μέσα στὴ λεκάνη. Τί παρατηρεῖτε γιὰ τὴ μετάδοση τῆς θερμότητας σὲ ὅλα τὰ μέρη τοῦ νεροῦ;



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Παρατηροῦμε πῶς τὰ διάφορα ὕλικά ἄγουν (μεταφέρουν) τὴ θερμότητα.

Στό πρώτο και δεύτερο μέρος του πειράματός μας παρατηρήσαμε την άγωγη της θερμότητας, δηλαδή τη μετάδοση ενέργειας από μόριο σε μόριο, μέσα σε διάφορα υλικά. Παρατηρήσαμε ότι σε όρισμένα υλικά, όπως τα διάφορα μέταλλα, η θερμότητα μεταδίδεται αρκετά γρήγορα. Τα υλικά αυτά τα λέμε **καλούς άγωγούς της θερμότητας**. "Αλλα πάλι υλικά, όπως το ξύλο ή το γυαλί, παρατηρήσαμε ότι μεταδίδουν πολύ άργα τη θερμότητα. Τα υλικά αυτά τα λέμε **κακούς άγωγούς της θερμότητας**.

Τό άν ένα σώμα είναι καλός ή κακός άγωγός της θερμότητας είναι μιá από τις ιδιότητες της ύλης του. Τήν ιδιότητα αυτή τη χρησιμοποιούν οι άνθρωποι, για να διαλέξουν τα υλικά, με τα όποια κατασκευάζουν διάφορες συσκευές, που έχουν σχέση με ψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες. "Όπως θα έχετε παρατηρήσει, όλα τα μαγειρικά σκεύη έχουν κερούλια από ξύλο ή βακελίτη, που είναι κακοί άγωγοί της θερμότητας. Τα τοιχώματα τών ψυγείων είναι κατασκευασμένα από υλικά, που είναι κακοί άγωγοί της θερμότητας. "Ετσι, η θερμότητα δέ μεταφέρεται εύκολα από τό περιβάλλον στο έσωτερικό του ψυγείου.

Στό τρίτο μέρος του πειράματός μας είδαμε ότι και τό νερό είναι κακός άγωγός της θερμότητας. "Αν αδειάσωμε ένα ποτήρι καυτό νερό στη μιá άκρη του νερού, θα περάση άρκετη ώρα ώσπου η θερμοκρασία να μεταδοθή στην άλλη άκρη.

"Ανακαλύψαμε όμως ότι άν ανακατέψωμε τό νερό, μέσα σε πολύ λίγη ώρα όλο τό νερό άποκτά την ίδια θερμοκρασία. Αυτός ό τρόπος για τη μετάδοση της θερμότητας είναι τελείως διαφορετικός από την άγωγη της θερμότητας, που είδαμε προηγουμένως. "Η θερμότητα στην περίπτωση αυτή δέν μεταδόθηκε από μόριο σε μόριο αλλά, αντίθετα, με ένα **ρεύμα** που δημιουργήσαμε, μεταφέραμε μόρια με μεγάλη κινητική ενέργεια από ένα σημείο σε όλα τα μέρη του νερού.

"Η **μετάδοση της θερμότητας με ρεύματα** είναι ένα πολύ συνηθισμένο φαινόμενο στη φύση. Θερμότητα μεταφέρεται συνέχεια από ένα σημείο της γής σε άλλο με ρεύματα άερα ή με ρεύματα νερού στους ωκεανούς. Τα ρεύματα αυτά, που δημιουργούνται και συνέχεια μεταβάλλονται στην άτμόσφαιρα και στις θάλασσες, έχουν μεγάλη επίδραση στο κλίμα και στις καιρικές συνθήκες ενός τόπου. Γι' αυτό οι μετεωρολόγοι παρακολουθούν με προσοχή τις κινήσεις και μεταβολές τους και χρησιμοποιούν τις πληροφορίες που παίρνουν για την πρόγνωση του καιρού.

"Εχομε όλοι μας όμως παρατηρήσει και έναν άλλο τρόπο μεταφοράς ενέργειας, που δέν εξηγείται με όσα είπαμε ως τώρα. Ξέρομε ότι στο έσωτερικό ενός ηλεκτρικού γλόμπου δέν υπάρχει άερας. "Αν όμως άγγίξωμε τό έξωτερικό ενός άναμμένου γλόμπου, θα δούμε ότι καίει. Πώς μεταφέρεται η θερμότητα από τό πυρακτωμένο σύρμα του γλόμπου στο έξωτερικό γυαλί, άφου στο ενδιάμεσο δέν υπάρχουν μόρια ύλης; "Αν σκεφτούμε καλά, κάτι παρόμοιο συμβαίνει και με τη θερμότητα, που παίρνει καθημερινά η γή από τόν ήλιο. Ξέρομε ότι στο μεγάλο διάστημα από τη γή ως τόν ήλιο δέν υπάρχει ύλη. Πώς όμως ό ήλιο στέλνει θερμότητα στη γή;

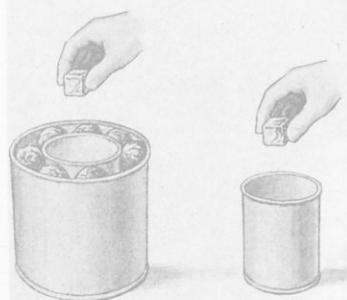
Συμπεραίνουμε ότι υπάρχει και ένας τρόπος, για να μεταφερθή η θερμότητα από ένα σώμα σε ένα άλλο, χωρίς να χρησιμοποιηθή ή ύλη που βρίσκεται μεταξύ τους ως μεταφορικό μέσο, όπως γίνεται στη μεταφορά θερμότητας με άγωγη ή στα ρεύματα. Τόν τρόπο αυτό, που μοιάζει με τόν τρόπο που μεταδίδεται τό φώς, τόν λέμε **μεταφορά της θερμότητας με άκτινοβολία**.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Συχνά χρειάζόμαστε να απομονώσωμε ένα σώμα από τη θερμότητα του περιβάλλοντος, για να τό διατηρήσωμε σε*



Φωτογραφία από δορυφόρο που δείχνει καθαρά τὰ ρεύματα, που σχηματίζονται στις θάλασσες και στην ατμόσφαιρα.



**ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ.** Δοκιμάζουμε τις μονωτικές ιδιότητες διαφόρων υλικών.

χαμηλή ή σε ψηλή θερμοκρασία. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζουμε δοχεία φτιαγμένα από υλικά, που είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας. Τα υλικά αυτά τα λέμε μονωτικά και στην εργασία μας αυτή θα ελέγξουμε την ικανότητά τους να απομονώνουν ένα σώμα από τη θερμότητα του περιβάλλοντος.

Θα χρειαστήτε δύο μικρά ίδια κουτιά από κονσόβα, ένα με διπλάσιο περίπου μέγεθος και μερικά παγάκια. Φροντίστε όλα τα παγάκια, που θα χρησιμοποιήσετε στην εργασία σας, να έχουν περίπου το ίδιο μέγεθος.

Βάλτε ένα στρώμα 3 περίπου εκατοστόμετρα πάχους από τσαλακωμένη έφημερίδα στον πάτο του μεγάλου κουτιού. Βάλτε ένα μικρό κουτί μέσα στο μεγάλο και γεμίστε το χώρο μεταξύ των δύο με μπάλες από τσαλακωμένη έφημερίδα. Μέσα στο μικρό κουτί βάλτε ένα παγάκι και σκεπάστε το μεγάλο κουτί με ένα στρώμα 3 περίπου εκατοστόμετρα από τσαλακωμένη έφημερίδα. Στο δεύτερο μικρό κουτί βάλτε ένα άλλο παγάκι. Παρατηρήστε τα δύο

παγάκια κάθε 15 λεπτά. Σε πόση ώρα λιώνει τελείως το παγάκι στο κάθε κουτί; Ξαναλάβετε το πείραμά σας χρησιμοποιώντας διάφορα άλλα υλικά, όπως βαμπάκι, μάλλινο υφασμα, προιονίδια ή ό,τι άλλο σκεφτήτε. Συμπληρώστε τον πίνακα που υπάρχει στο βιβλίο. Στην πρώτη σειρά του πίνακα συμπληρώστε το χρόνο που χρειάζεται, για να λιώσει ένα παγάκι, αν το αφήσετε στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η τελευταία σειρά του πίνακα είναι ελεύθερη, για να ελέγξετε ένα υλικό, που θα διαλέξετε εσείς.

Ποιο από τα υλικά που χρησιμοποιήσατε είναι το καλύτερο μονωτικό;

## 10. Ένέργεια, θερμότητα και ο πλανήτης μας

Στο κεφάλαιο αυτό μελετήσαμε με λεπτομέρεια μιὰ από τις μορφές της ενέργειας, που περιέχεται μέσα σ' ένα υλικό σώμα: την κινητική ενέργεια των μορίων του, που όταν ονομάσαμε θερμική ενέργεια. Είδαμε ότι η θερμότητα μοιράζεται εξίσου σε όλα τα μόρια του σώματος. Ανακαλύψαμε δηλαδή ότι όλα τα μόρια, που αποτελούν ένα υλικό σώμα, έχουν περίπου ίση κινητική ενέργεια. Έπομένως, η μέση κινητική ενέργεια ενός μορίου μέσα στο σώμα είναι μιὰ χαρακτηριστική ιδιότητα του σώματος, που την ονομάσαμε θερμοκρασία.

Με τις δύο αυτές έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας και με τις δυνάμεις συνοχής των μορίων μπορέσαμε να εξηγήσουμε τα φαινόμενα της συστολής και διαστολής, καθώς και τις μεταβολές της καταστάσεως της ύλης. Στη συνέχεια είδαμε τα φαινόμενα αυτά έξω από το εργαστήριο, στον κύκλο του νερού μέσα στη φύση. Είδαμε ότι το νερό εξατμίζεται από τις θάλασσες, τις λίμνες και τα ποτάμια, υγροποιείται



σέ σύννεφα ἢ ὀμίχλη καί ἐπιστρέφει στή γῆ ὡς βροχή, χαλάζι ἢ χιόνι. Τέλος μελετήσαμε τὸν τρόπο, μὲ τὸν ὁποῖο μεταδίδεται ἡ θερμότητα ἀπὸ ἓνα σῶμα σ' ἓνα ἄλλο. Εἶδαμε πῶς ἡ θερμότητα μπορεῖ νὰ μεταδοθῆ μέσα σὲ ἓνα σῶμα μὲ τὴν ἀγωγή, μέσα στὰ ὑγρά καὶ στὰ ἀέρια μὲ ρεύματα, ἀλλὰ καὶ σὲ μεγάλες ἢ μικρὲς ἀποστάσεις ἀπὸ ἓνα σῶμα σὲ ἄλλο μὲ ἀκτινοβολία.

Ἴσως τώρα ποῦ εἶδαμε κάπως πανοραμιακὰ τὴ θερμότητα ὡς μιὰ μορφή ἐνέργειας μᾶς δημιουργηθῆ ἓνα ἀκόμη ἐρώτημα. Πάνω στὴ γῆ βλέπομε καθημερινὰ νὰ χρησιμοποιηθῆ ἐνέργεια. Θερμότητα μετατρέπεται σὲ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια στὰ ἐργοστάσια παραγωγῆς ἠλεκτρισμοῦ. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μπορεῖ στὴ συνέχεια νὰ μετατραπῆ σὲ κινητικὴ ἐνέργεια, γιὰ νὰ κινήσῃ ἓνα σιδηρόδρομο, σὲ φωτιστικὴ ἐνέργεια ἢ πάλι σὲ θερμότητα, γιὰ νὰ θερμάνῃ τὸ σπίτι μας καὶ νὰ ψῆσῃ τὸ φαγητό. Ἀπὸ ποῦ ὅμως προέρχεται ὅλη αὐτὴ ἡ ἐνέργεια, ποῦ ὑπάρχει γύρω μας;

Σχεδὸν ὅλη ἡ ἐνέργεια τοῦ πλανήτη μας ἔρχεται ἄμεσα ἢ ἔμμεσα ἀπὸ τὸν ἥλιο. Μπορεῖ, βέβαια, νὰ ἀποθηκευθῆ σὲ κάποια μορφή γιὰ ἄρκετὸ χρόνο μέσα στὴν ὕλη καὶ νὰ χρησιμοποιηθῆ ἀργότερα. Ἡ ἐνέργεια, ποῦ μεταφέρεται ἀπὸ μιὰ φέτα ψωμί ποῦ τρῶμε στὸν ὄργανισμό μας, εἶναι ἐνέργεια ποῦ ἔδωσε ὁ ἥλιος, γιὰ νὰ μεγαλώσῃ τὸ σιτάρι πέρασιν τὸν κάμπο τῆς Θεσσαλίας. Ἡ θερμικὴ

ἐνέργεια ἀπὸ τὰ κάρβουνα τῆς ἀτμομηχανῆς, ποῦ μετατρέπεται σὲ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ σιδηρόδρομου, εἶναι ἐνέργεια ποῦ ἔστειλε ὁ ἥλιος πρὶν ἀπὸ 300.000.000 χρόνια, γιὰ νὰ μεγαλώσουν τὰ δάση, ποῦ μέσα στὰ χρόνια ποῦ πέρασαν στὸ μεταξύ ἔχουν μεταβληθῆ σὲ κάρβουνο. Ἄλλὰ ἂν ἡ γῆ δέχεται καθημερινὰ τόση ἐνέργεια ἀπὸ τὸν ἥλιο, ποῦ πάει ὅλη αὐτὴ ἡ ἐνέργεια; Γιατί ἡ θερμοκρασία τῆς γῆς δὲν ἀνεβαίνει ὅλο καὶ περισσότερο; Οἱ ἐπιστήμονες ἔχουν κάνει προσεκτικὲς μετρήσεις γιὰ τὴν ἐνέργεια, ποῦ δέχεται καθημερινὰ ὁ πλανήτη μας ἀπὸ τὸν ἥλιο. Ἐχουν βρεῖ ὅτι τὸ ἓνα τρίτο τῆς ἐνέργειας, ποῦ φτάνει στὴ γῆ ἀπὸ τὸν ἥλιο, ἀνακλᾶται ἀμέσως ἀπὸ τὴν ἀτμόσφαιρα. Τὸ δεύτερο τρίτο ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὴν ἀτμόσφαιρα καὶ τὴ θερμαίνει. Τελικὰ μόνο περίπου ἓνα τρίτο ἀπὸ τὴν ἐνέργεια ποῦ φτάνει στὴ γῆ καταλήγει στὴν ἐπιφάνεια. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ θερμαίνει τὴ γῆ, προκαλεῖ τὴν ἐξάτμιση τῶν ὠκεανῶν ἢ ἀποθηκεύεται στὰ φυτὰ ποῦ μεγαλώνουν. Ὅσο θερμαίνεται ἡ γῆ, μεταδίδει θερμότητα στὴν ἀτμόσφαιρα, ποῦ μὲ τὴ σειρά τῆς ἀκτινοβολεῖ ἐνέργεια στὸ διάστημα. Ἄν κοιτάξωμε τὴ γῆ ὡς ἓνα κομμάτι ὕλης, ποῦ παίρνει ἐνέργεια μὲ ἀκτινοβολία ἀπὸ τὸν ἥλιο καὶ στὴ συνέχεια τὴν ἀκτινοβολεῖ πάλι στὸ διάστημα, θὰ δοῦμε ὅτι μέσα σὲ ὀρισμένο χρόνο ὅση ἐνέργεια παίρνει, τόση καὶ χάνει.

Ἴσως μὲ τὴ διαπίστωση αὐτὴ μᾶς δη-

	Χρόνος, ὥσπου νὰ λιώσῃ τὸ παγάκι
Μονωτικὸ ὕλικὸ	
Ἀτμοσφαιρικός ἀέρας	
Τσαλακωμένο χαρτί	
Μάλλινο ὕφασμα	
Βαμπάκι	
Πριονίδι	

μιουργηθή ή εντύπωση, ότι ή ενέργεια που παίρνομε από τόν ήλιο δέν μάς ώφελεί σέ τίποτε, άφού όση παίρνομε, τόση και έπιστρέφομε στο διάστημα με άκτινοβολία. Για να δούμε πόσο σωστή είναι ή εντύπωση αυτή, πρέπει να εξετάσωμε πόσο χρήσιμη είναι ή ενέργεια για τόν άνθρωπο στην κάθε της μορφή. 'Η ενέργεια που έχει πάρει μια ποσότητα νερού, για να γίνη σύννεφο με την εξάτμιση, είναι χρήσιμη ενέργεια. Το σύννεφο μπορεί να γίνη βροχή, τó νερό τής βροχής να γίνη ποτάμι και τó ποτάμι να κινήση ένα υδροηλεκτρικό έργοστάσιο, που θα παράγη ήλεκτρική ενέργεια. 'Η ενέργεια, που έχει άποθηκευτή μέσα στα φυτά, είναι κι αυτή μια άλλη μορφή χρήσιμης ενέργειας. Μπορούμε να την χρησιμοποιήσωμε για τροφή ή για να παράγωμε χρήσιμη θερμότητα για τις καθημερινές μας άνάγκες. 'Αλλά τί μπορούμε να κάνωμε με την ενέργεια που περιέχεται μέσα σ' ένα παγόβουνο; Μέσα σ' ένα παγόβουνο περιέχεται πολύ περισσότερη ενέργεια από όση πιθανόν θα χρειαστήτε σ' όλη σας τή ζωή. Με τή διαφορά ότι με την ενέργεια αυτή είναι πολύ δύσκολο, άν όχι αδύνατο, να κάνωμε κάτι.

'Η λιγότερο χρήσιμη ενέργεια είναι ή θερμότητα σέ χαμηλές θερμοκρασίες. Σέ κάθε άλλαγή μορφής τής ενέργειας ή σέ κάθε

μεταφορά της από ένα σώμα σέ ένα άλλο ένα μέρος τής ενέργειας μετατρέπεται σέ κινητική ενέργεια τών μορίων του περιβάλλοντος, δηλαδή σέ θερμότητα πού, όπως έχομε δεί, μοιράζεται εξίσου στα μόρια τής ύλης. 'Ετσι, άργά ή γρήγορα, όλη ή ενέργεια που παίρνομε από τόν ήλιο καταλήγει σέ άχρηστη ενέργεια ως θερμότητα σέ χαμηλές θερμοκρασίες και διαφεύγει με άκτινοβολία στο διάστημα. Στο πέρασμά της από τόν πλανήτη μας άποθηκεύεται σέ κομμάτια ύλης, μεταφέρεται από σώμα σέ σώμα, αλλάζει μορφή και με τόν τρόπο αυτό διατηρεί τή ζωή.

### ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*"Όπως στο τέλος κάθε ένότητας, θα αναεγκαλιώσωμε τά όσα μάθαμε και θα βεβαιωσούμε ότι καταλαβαίνομε τις νέες έννοιες που μάθαμε. Στην επόμενη σελίδα είναι σροοπισμένες λέξεις, που αντίπροσωπεύουν τις νέες έννοιες που συναντήσαμε στη θεομότητα.*

*'Επαναλάβετε με τις λέξεις αυτές την εργασία της σελίδας 29. Βεβαιωθήτε ότι καταλάβατε τί σημαίνει κάθε λέξη και ότι μπορείτε να εξηγήσετε τή σημασία της με δικά σας λόγια και παραδείγματα.*

ΗΛΙΑΧΗΜΗ

κλίμακα του Κέλβιν  
ακτινοβολία  
πήξη  
μετάδοση της θερμότητας με ρεύματα  
θερμότητα  
θερμόμετρο  
τήξη  
λανθάνουσα θερμότητα τήξεως  
γραφική παράσταση  
σημείο τήξεως  
κλίμακα του Κελσίου  
υγροποίηση των ατμών  
σημείο βρασμού  
εξαέρωση  
βροχή  
θερμοκρασία  
αγωγή της θερμότητας  
διαστολή  
καλοί και κακοί αγωγοί της θερμότητας  
ύδρατμοί  
χαλάζι  
βρασμός  
ομίχλη  
στατιστικό σύνολο  
απόλυτο μηδέν  
δυνάμεις συνοχής  
σύννεφο  
ατμός  
εξάτμιση  
χιόνι  
μετεωρολογία  
λανθάνουσα θερμότητα βρασμού  
συστολή  
αίσθημα του ψυχρού  
απόσταση  
μέση τιμή  
σημείο πήξεως

# III. ΜΗΧΑΝΙΚΗ

## 1. Μέγεθος, μέτρηση και μονάδες

Τὰ πιό σημαντικά καί πιό πολύπλοκα ὄργανα, πού ἔχει στή διάθεσή του ὁ ἄνθρωπος γιά τήν παρατήρηση τοῦ φυσικοῦ κόσμου, εἶναι τὰ ὄργανα τῶν αἰσθήσεων. Μὲ τὰ μάτια μας συλλέγομε τίς περισσότερες πληροφορίες γιά τὸ γύρω κόσμο καί μελετοῦμε τίς ιδιότητες τῶν ὑλικῶν σωμάτων. Μὲ τήν ἀκοή ἀντιλαμβανόμαστε τοὺς ἤχους, πού, ὅπως θὰ δοῦμε στὴν ἔκτη τάξη, προέρχονται ἀπὸ τήν παλμικὴ κίνηση τῆς ὕλης. Μὲ τήν ἀφή, ὅπως εἶδαμε στὸ προηγούμενο κεφάλαιο, παίρνομε πληροφορίες γιά τὴν ἐνέργεια τῶν μορίων μέσα στὴν ὕλη, δηλαδή γιά τὴ θερμοκρασία τῶν σωμάτων. Τέλος, μὲ τὴν αἴθηση, πού δημιουργεῖται στοὺς μῦς τοῦ σώματός μας ἀπὸ μιὰ προσπάθεια πού καταβάλλομε, ἀντιλαμβανόμαστε πολλές ἀπὸ τίς δυνάμεις πού ὑπάρχουν στὴ φύση, ὅπως οἱ δυνάμεις συνοχῆς τῶν μορίων καί τὸ βάρος τῶν ὑλικῶν σωμάτων. Τὰ ὄργανα τῶν αἰσθήσεων ὁμως ἔχουν σοβαροὺς περιορισμούς. "Ὅπως εἶδαμε, ὑπάρχουν πολλές ιδιότητες, πού δὲν μπορούμε νὰ τίς παρατηρήσωμε ἀπευθείας μὲ τίς αἰσθήσεις μας. Τὰ μόρια εἶναι πολὺ μικρά, γιά νὰ τὰ δοῦμε χωρὶς ἰσχυρὸ μικροσκόπιο, τὰ οὐράνια σώματα εἶναι πολὺ μακριά,

γιά νὰ τὰ παρατηρήσωμε χωρὶς τηλεσκόπιο, τὸ φτερούγισμα ἑνὸς ἐντόμου εἶναι πολὺ γρήγορο, γιά νὰ τὸ δοῦμε μὲ τὸ μάτι, καί τὸ σημεῖο τήξεως τοῦ σιδήρου πολὺ ψηλὸ, γιά νὰ ἐλέγξωμε τὴ θερμοκρασία του μὲ τὴν ἀφή. Μποροῦμε νὰ σκεφτοῦμε πολλές περιπτώσεις, πού οἱ αἰσθήσεις μας δὲν ἐπαρκοῦν γιά τὴν ἄμεση παρατήρηση. Στὶς περιπτώσεις αὐτὲς χρησιμοποιοῦμε ἐπιστημονικὰ ὄργανα, πού εἶναι προεκτάσεις τῶν αἰσθήσεών μας.

Ἄλλὰ πέρα ἀπὸ τοὺς περιορισμοὺς αὐτοὺς τῶν αἰσθήσεών μας, οἱ ἐντυπώσεις, πού παίρνομε ἀπευθείας μὲ τίς αἰσθήσεις μας, δὲν εἶναι εὐκόλο νὰ ἐκφραστοῦν μὲ ἀκρίβεια. "Ἄν παρατηρήσετε μιὰ πέτρα στὸ δρόμο ἢ στὸν κῆπο τοῦ σπιτιοῦ σας, μπορεῖτε νὰ πῆτε ὅτι εἶναι *μεγάλη* ἢ *μικρὴ*, *βαριά* ἢ *ελαφριά*. Πόσο εὐκόλο ὁμως εἶναι τὴν ἄλλη μέρα νὰ περιγράψετε αὐτὴ τὴν πέτρα στοὺς συμμαθητὲς σας; Τὸ πρῶτο πού θὰ σᾶς ρωτήσουν εἶναι *πόσο μεγάλη* ἦταν ἡ πέτρα ἢ *πόσο βαριά*. Στὴν προσπάθειά σας αὐτὴ, νὰ περιγράψετε τὴν πέτρα μόνο μὲ τὴν παρατήρηση πού κάνατε ἀπευθείας μὲ τίς αἰσθήσεις σας, θὰ ἔχετε τὸ ἴδιο πρόβλημα πού ἔχει ἓνα μικρὸ παιδί, πρὶν ἀκόμη μάθῃ ἀριθμητικὴ. Μπορεῖ νὰ σᾶς πῆ ὅτι μέσα σὲ ἓνα δωμάτιο ὑπάρχουν

πολλοί ή λίγοι άνθρωποι. Δέν μπορεί όμως νά σās πῆ πόσοι άνθρωποι υπάρχουν μέσα στό δωμάτιο.

Γιά νά μπορέσουμε νά μεταφέρουμε τίς πληροφορίες μας ἀπό μιὰ παρατήρηση ἑνός ἀντικειμένου ή ἑνός φαινομένου, θά πρέπει, ὅπως στήν ἀπλή ἀριθμητική, νά μάθουμε νά τίς ἐκφράζουμε μέ ἀριθμούς. Ὁ λόρδος Κέλβιν μάλιστα κάποτε εἶπε ὅτι ἂν δέν μπορούμε νά μετρήσουμε καί νά ἐκφράσουμε μέ ἀριθμούς κάτι πού περιγράφουμε, δέν ἔχομε φτάσει στό ἐπίπεδο τῆς ἐπιστήμης. Ὑπάρχουν πολλές ιδιότητες τῶν σωμάτων καί τῶν φαινομένων, πού ἔχομε παρατηρήσει ὡς τώρα, πού ξέρομε νά τίς ἐκφράζουμε μέ ἀριθμούς. Τό μήκος, ὁ χρόνος, ή θερμοκρασία, εἶναι μερικές ἀπ' αὐτές. Ἀκόμη καί ιδιότητες, ὅπως τό χρῶμα ἑνός σώματος, μπορούμε νά τίς μετρήσουμε καί νά τίς ἐκφράσουμε μέ ἀριθμούς.

Τίς ιδιότητες τῆς ὕλης, πού μπορούμε νά ἐκφράσουμε μέ ἀριθμούς, τίς λέμε **φυσικά μεγέθη** ή ἀπλῶς **μεγέθη**. Μερικά ἀπό τά μεγέθη, πού ἔχομε δεῖ ὡς τώρα, εἶναι ὁ ὄγκος, ὁ χρόνος, ή ἐνέργεια καί ή θερμο-

κρασία. Μπορεῖτε καί σεῖς νά ἀναφέρετε μερικά μεγέθη, πού χρησιμοποιοῦμε στήν καθημερινή μας ζωή, γιά νά περιγράψουμε τίς παρατηρήσεις μας; Ὅταν λέμε ὅτι τά Ἴωάννινα ἀπέχουν ἀπό τήν Ἀθήνα 400 χιλόμετρα, ποιό μέγεθος περιγράφουμε;

Ὅταν παρατηροῦμε ἕνα μέγεθος στή φύση καί τό ἐκφράζουμε μέ ἕναν ἀριθμό, λέμε ὅτι κάνουμε μιὰ **μέτρηση**. Μετροῦμε τήν ἀπόσταση ἀπό μιὰ πόλη σέ μιὰ ἄλλη, τό χρόνο πού κάνει ἕνα αὐτοκίνητο, γιά νά πάη ἀπό τήν Ἀθήνα στήν Κόρινθο, ή τή θερμοκρασία τήξεως τοῦ χαλκοῦ. Μέ ἕνα ἀπλό παράδειγμα ἄς δοῦμε ἀπό πιό κοντά πῶς κάνουμε μιὰ μέτρηση.

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

*Τό πιό ἀπλό φυσικό μέγεθος, πού μπορούμε νά μετρήσουμε, εἶναι ή ἀπόσταση. Ἄς ὑποθέσουμε ὅτι ὁ δάσκαλος τῆς πέμπτης τάξης ἑνός ἄλλου σχολείου, μακριά ἀπό τό δικό μας, μᾶς ἔχει ρωτήσει πόσο μακρὸς εἶναι*



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Μποροῦμε νά χρησιμοποιήσουμε τήν πιθαμή ὡς μονάδα μετρήσεως τῆς ἀποστάσεως.

ὁ πίνακας τῆς αἰθουσας στοῦ δικό μας σχολεῖο καί πρέπει νά τοῦ ἀπαντήσωμε μ' ἕνα γραμμά. Προσπαθήστε νά μετροῦσθε τὸ μήκος τοῦ πίνακα στήν αἴθουσα μέ τούς ἐξῆς τρόπους :

1) Μετροῦστε τὸ μήκος τοῦ πίνακα μέ πιθαμές. Ζητήστε ἀπό πέντε ἢ ἕξι παιδιὰ νά τὸν μετροῦσιν καί γράψτε τὰ ἀποτελέσματα μέ τὸ ὄνομα κάθε παιδιοῦ δίπλα σέ κάθε μέτρηση.

2) Σημειώστε μέ κιμωλία στοῦ πάτωμα δύο γραμμές ἀκριβῶς κάτω ἀπό τὰ δύο ἄκρα τοῦ πίνακα. Ζητήστε ἀπό πέντε ἢ ἕξι ἄλλα παιδιὰ νά μετροῦσιν τὴν ἀπόσταση ἀπὸ τὴ μιά γραμμὴ ὡς τὴν ἄλλη μέ μεγάλα βήματα. Σημειώστε τὰ ἀποτελέσματα ὅπως καί πρὶν.

3) Πάρτε μιὰ ὀλόκληρη κιμωλία καί μετροῦστε τὸ μήκος τοῦ πίνακα μέ τὴν κιμωλία.

Τί παρατηρεῖτε στοὺς τρεῖς διαφορετικοὺς τρόπους μετρήσεως τοῦ πίνακα ; Ποιὰ ἀπ' ὅλες τίς μετρήσεις θά χρησιμοποιοῦσατε, γιὰ ν' ἀπαντήσετε στοῦ δασκαλοῦ τοῦ ἄλλου σχολεῖου, πού σᾶς ρώτησε γιὰ τὸ μήκος τοῦ πίνακα ; Μπορεῖτε νά σκεφτῆτε κάποιον καλύτερο τρόπο, γιὰ νά μετροῦσθε τὸ μήκος τοῦ πίνακα ;

Ἄν κοιτάξωμε τὰ ἀποτελέσματα τῆς ἐργασίας μας, θά δοῦμε ὅτι οἱ ἀριθμοί, πού πήραμε στοὺς δύο πρώτους τρόπους μετρήσεως, διαφέρουν ἄρκετὰ μεταξύ τους. Καί εἶναι εὐκόλο νά δοῦμε γιατί. Στὸ πρῶτο μέρος τῆς ἐργασίας μας οἱ πιθαμές τῶν παιδιῶν, πού ἔκαναν τὴ μέτρηση, δὲν ἦταν ὅλες ἴδιες. Τὸ παιδί μέ τὴ μεγαλύτερη πιθαμὴ βρῆκε τὸ μικρότερο ἀριθμό. Τὸ ἴδιο καί στοῦ δεύτερο μέρος τῆς ἐργασίας μας. Ἄλλο παιδί ἔκανε μεγάλα βήματα, ἄλλο μικρὰ καί τελικὰ τὸ παιδί πού ἔκανε τὰ μεγαλύτερα βήματα βρῆκε τὸ μικρότερο

ἀριθμό. Ἄν ἀπαντήσωμε στοῦ δασκαλοῦ τοῦ ἄλλου σχολεῖου, πού μᾶς ρώτησε, ὅτι ὁ πίνακάς μας ἔχει μήκος 5 μεγάλα βήματα, δὲν εἴμαστε καθόλου βέβαιοι ὅτι θά καταλάβῃ τὴν ἀπάντησή. Γιὰ νά πάρῃ μιὰ ἰδέα πόσο μακρὺς εἶναι ὁ πίνακάς μας, θά πρέπει νά κάνῃ πέντε μεγάλα βήματα σὰν αὐτὰ πού κάναμε ἐμεῖς, ὅταν τὸν μετροῦσαμε. Καί αὐτὸ δὲν εἶναι καθόλου βέβαιο. Ἴσως ὁ μόνος τρόπος, γιὰ νά στελιώμε τὴν πληροφορία πού θέλωμε, εἶναι μέ τὴ μέτρηση πού κάναμε στοῦ τρίτου μέρους τῆς ἐργασίας μας. Ἄν ἀπαντήσωμε ὅτι τὸ μήκος τοῦ πίνακα στήν τάξη μας εἶναι  $25 \frac{1}{2}$  κιμωλίες, τότε, ἐπειδὴ ὅλες οἱ κιμωλίες στὰ σχολεῖα τῆς Ἑλλάδας εἶναι ἴδιες, ὁ δάσκαλος τοῦ μακρινοῦ σχολεῖου θά μετρήσῃ  $25 \frac{1}{2}$  κιμωλίες πάνω σέ μιὰ γραμμὴ καί θά καταλάβῃ ἀμέσως πόσο μέγανος εἶναι ὁ πίνακάς μας.

Ἄν ἐξετάσωμε μέ μεγαλύτερη λεπτομέρεια τὴν ἐργασία πού κάναμε σέ κάθε μέτρηση, θά δοῦμε ὅτι σέ ὅλες τίς περιπτώσεις κάναμε τὸ ἴδιο πράγμα. Ἡ πρώτη μας δουλειὰ ἦταν νά διαλέξωμε ἕνα ὀρισμένο μήκος ἢ, ὅπως λέμε, μιὰ **μονάδα μετρήσεως**, ὅπως ἢ πιθαμὴ, τὸ μεγάλο βῆμα μας ἢ τὸ μήκος μιᾶς κιμωλίας. Ἐπειτα συγκρίναμε τὴ μονάδα μετρήσεως μέ τὸ μήκος τοῦ πίνακα. Κάναμε δηλαδὴ μιὰ διαίρεση καί εἶδαμε «πόσες φορές πάει» ἢ μονάδα μετρήσεως στοῦ μέγεθος, πού θέλωμε νά μετρήσωμε. Αὐτὴ εἶναι πάντα ἢ ἐργασία πού κάνομε σέ κάθε μέτρηση.

**Γιὰ νά μετρήσωμε ἕνα μέγεθος στὴ φύση, τὸ συγκρίνομε μέ μιὰ μονάδα μετρήσεως, πού τὴ διαλέγομε γι' αὐτὸ τὸ μέγεθος.**

Σέ κάθε μέτρηση πού κάνομε θά μπορούσαμε νά διαλέγωμε καί μιὰ διαφορετικὴ μονάδα μετρήσεως γιὰ τὸ μέγεθος πού μετροῦμε. Ἄρκει ἢ μονάδα μετρήσεως

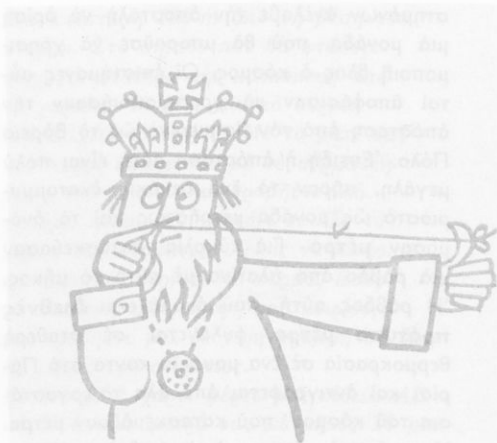
νά είναι πραγματικά όρισμένη και νά μπορούμε νά τήν περιγράψωμε μέ ακρίβεια. Όπως είδαμε στήν εργασία μας μέσα στήν τάξη, ή πιθαμή δέν είναι καλή μονάδα μετρήσεως τοῦ μήκους, γιατί τὸ μήκος τῆς παλάμης διαφέρει ἀπὸ ἄνθρωπο σὲ ἄνθρωπο. Τὸ μήκος τῆς κιμωλίας εἶναι πολὺ καλύτερη μονάδα μετρήσεως, γιατί ὅλες οἱ κιμωλίες στήν Ἑλλάδα ἔχουν τὸ ἴδιο μήκος. Ἄν ὅμως θέλατε νά στείλετε τὰ ἀποτελέσματα μιᾶς μετρήσεως στὴ Γαλλία, ὅπου τὰ σχολεῖα χρησιμοποιοῦν διαφορετικὲς κιμωλίες, τί θὰ κάνατε;

Ἀπὸ πολὺ παλιὰ οἱ ἄνθρωποι ἀνακάλυψαν ὅτι, γιὰ νά συνεννοοῦνται και νά μποροῦν νά στέλνουν πληροφορίες σὲ μακρινὰ μέρη, ἔπρεπε νά συμφωνήσουν σὲ μιὰ όρισμένη μονάδα μετρήσεως γιὰ κάθε μέγεθος. Φυσικά, οἱ μονάδες, ποὺ ἀποφασίστηκε τελικὰ νά χρησιμοποιοῦνται ἀπὸ ὅλους, εἶναι «κομμένες και ραμμένες» στὰ μέτρα τοῦ ἀνθρώπου. Δέν εἶναι οὔτε πολὺ μεγάλες, ὥστε νά εἶναι δύσκολο νά τίς χρησιμοποιήσωμε στήν καθημερινή μας ζωή, οὔτε πολὺ μικρές, ὥστε τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων νά εἶναι μεγάλοι ἀριθμοί. Στὴ συνέχεια θὰ ἐξετάσωμε ἀπὸ πιὸ κοντὰ τὰ πιὸ βασικά μεγέθη ποὺ χρησιμοποιοῦμε, γιὰ νά περιγράψωμε τὸ φυσικὸ κόσμο και τὰ φυσικά φαινόμενα. Θὰ δοῦμε πῶς μετροῦμε αὐτὰ τὰ μεγέθη και ποιὲς μονάδες μετρήσεως ἔχομε συμφωνήσει νά χρησιμοποιοῦμε.

## 2. Ἀπόσταση

Τὸ πιὸ γνωστὸ μας ἴσως μέγεθος στὴ φύση εἶναι ἡ **ἀπόσταση**. Μιλοῦμε γιὰ τὴν ἀπόσταση ἀπὸ μιὰ πόλη σὲ μιὰ ἄλλη, γιὰ τὴν ἀπόσταση ἀπὸ τὴ γῆ στὴ σελήνη ἢ γιὰ τὴν ἀπόσταση μεταξύ δύο μορίων μέσα στὴν ὕλη. Γιὰ νά μετρήσωμε μιὰ ἀπόσταση, πρέπει, ὅπως είδαμε, νά διαλέξωμε πρῶτα μιὰ μονάδα μετρήσεως.

Ἡ ἱστορία τῆς μονάδας μετρήσεως τῆς



*Ἡ βασιλιάς Ἐρρίκος I τῆς Ἀγγλίας ὄρισε ὡς μονάδα μετρήσεως τὴν ἀπόσταση ἀπὸ τὴ μύτη του ὡς τὸν ἀντίχειρα τοῦ ἀριστεροῦ του χεριοῦ και τὴν ὀνόμασε γιάρδα.*

ἀποστάσεως εἶναι μεγάλη και διασκεδαστική. Ὡσπου νά συμφωνήσουν ὅλοι οἱ ἄνθρωποι γιὰ μιὰ όρισμένη μονάδα, χρησιμοποιήθηκαν πολλές και διάφορες μονάδες. Οἱ ἀρχαῖοι Αἰγύπτιοι χρησιμοποιοῦσαν γιὰ τὴν κατασκευή τῶν πυραμίδων ὡς μονάδα μετρήσεως τὸν **πήχη**, ποὺ ἦταν ἴσος μέ τὴν ἀπόσταση ἀπὸ τὸν ἄγκώνα τους ὡς τὴν ἄκρη τοῦ μεσαίου δάχτυλου. Ὁ βασιλιάς Ἐρρίκος I τῆς Ἀγγλίας ὄρισε ὡς μονάδα μετρήσεως τὴν ἀπόσταση ἀπὸ τὴ μύτη του ὡς τὸν ἀντίχειρα τοῦ ἀριστεροῦ του χεριοῦ και τὴν ὀνόμασε **γιάρδα**. Ὁ βασιλιάς Δαβὶδ I τῆς Σκωτίας ὄρισε ὡς μονάδα μετρήσεως τὸ μέσο μήκος τοῦ ἀντίχειρα τῶν Σκωτσέζων και τὴν ὀνόμασε **ἴντσα**.

Μέχρι πρὶν ἀπὸ 200 χρόνια ὑπῆρχε τέτοια σύγχυση στὸν όρισμὸ τῆς μονάδας μετρήσεως τῆς ἀποστάσεως, ὥστε μετὰ τὴ Γαλλικὴ Ἐπανάσταση μιὰ ὁμάδα Γάλλων ἐπι-

στημόνων ανέλαβε την αποστολή να όριση μιὰ μονάδα, που θὰ μπορούσε νὰ χρησιμοποιή ὅλος ὁ κόσμος. Οἱ ἐπιστήμονες αὐτοὶ ἀποφάσισαν νὰ χρησιμοποιήσουν τὴν ἀπόσταση ἀπὸ τὸν Ἴσημερινὸ ὡς τὸ Βόρειο Πόλο. Ἐπειδὴ ἡ ἀπόσταση αὐτὴ εἶναι πολὺ μεγάλη, πήραν τὸ ἕνα δεκάκις ἑκατομμυριοστὸ ὡς μονάδα μετρήσεως καὶ τὸ ὀνόμασαν **μέτρο**. Γιὰ εὐκολία, κατασκεύασαν μιὰ ράβδο ἀπὸ πλατίνα μὲ αὐτὸ τὸ μήκος. Ἡ ράβδος αὐτὴ, που ὀνομάζεται **Διεθνὲς πρότυπο μέτρο**, φυλάγεται σὲ σταθερὴ θερμοκρασία σὲ ἕνα μουσεῖο κοντὰ στὸ Παρίσι καὶ ἀντιγράφεται ἀπὸ ὅλα τὰ ἐργοστάσια τοῦ κόσμου, που κατασκευάζουν μέτρα. Μπορεῖτε νὰ πῆτε γιὰ τὸ Διεθνὲς πρότυπο μέτρο φυλάγεται σὲ σταθερὴ θερμοκρασία; Ὅπως μὲ τοὺς βαθμοὺς Κελσίου καὶ Κέλβιν (°C, °K), σὲ ὅλο τὸν κόσμο οἱ μο-

νάδες μετρήσεως γιὰ τὰ διάφορα μεγέθη συμβολίζονται μὲ ἕνα ἢ δύο ὀρισμένα γράμματα. Ἔτσι, τὸ μέτρο συμβολίζεται μὲ τὸ λατινικὸ γράμμα m καὶ γράφομε τὸ ἀποτέλεσμα ἀπὸ μιὰ μέτρηση, που μᾶς ἔδωσε 10,5 μέτρα :

10,5 m

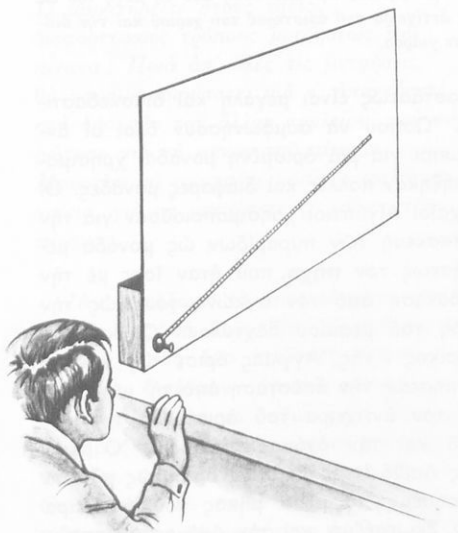
Στὴν καθημερινὴ μας ζωὴ, γιὰ νὰ μετρήσωμε ἀποστάσεις μικρότερες ἀπὸ ἕνα μέτρο, χρησιμοποιοῦμε ὑποδιαιρέσεις τοῦ μέτρου. Τὸ  $\frac{1}{100}$  τοῦ μέτρου τὸ ὀνομάζομε ἑκατοστόμετρο καὶ τὸ συμβολίζομε μὲ τὰ γράμματα cm. Γιὰ πολὺ μικρὲς ἀποστάσεις χρησιμοποιοῦμε ὡς μονάδα μετρήσεως τὸ  $\frac{1}{1000}$  τοῦ μέτρου, που τὸ ὀνομάζομε χιλιοστόμετρο καὶ τὸ συμβολίζομε μὲ τὰ γράμματα mm. Τέλος, γιὰ μεγάλες ἀποστάσεις, ὅπως τὶς ἀποστάσεις μεταξὺ πόλεων, χρησιμοποιοῦμε τὸ γνωστὸ μας χιλιόμετρο, που εἶναι ἴσο μὲ 1.000 μέτρα καὶ τὸ συμβολίζομε μὲ τὰ γράμματα km. Μὲ τοὺς ὀρισμοὺς αὐτοὺς τῆς μονάδας μετρήσεως τῆς ἀποστάσεως καὶ τῶν ὑποδιαιρέσεών της μποροῦμε νὰ γράψωμε τὴ σχέση :

$$1 \text{ m} = 1000 \text{ mm} = 100 \text{ cm} = 0,001 \text{ km}$$

Μπορεῖτε καὶ σεῖς νὰ συμπληρώσετε τοὺς ἀριθμοὺς που λείπουν στὶς ἐπόμενες σχέσεις;

$$\begin{array}{llll} 1 \text{ cm} = & \text{mm} = & \text{m} = & \text{km} \\ 1 \text{ mm} = & \text{cm} = & \text{m} = & \text{km} \\ 1 \text{ km} = & \text{mm} = & \text{cm} = & \text{m} \end{array}$$

Τὸ γνωστὸ μας ὑποδεκάμετρο εἶναι ἕνας χάρακας μὲ μήκος 20 cm ὡς 30 cm. Τώρα μὲ ἕνα ὑποδεκάμετρο μπορούμε νὰ μετρήσωμε τὸ μήκος τοῦ πίνακα στὴν αἴθουσά μας σὲ μέτρα ἢ ἑκατοστόμετρα. Μὲ τὸν ἴδιο τρόπο μπορούμε νὰ μετρήσωμε μικρὲς ἀποστάσεις ἢ τὶς διαστάσεις πολλῶν ἀντικειμένων, που βλέπομε γύρω μας. Πῶς ὅμως μπορούμε νὰ μετρήσωμε μιὰ μεγάλη ἀπόσταση ἢ ἕνα μήκος, που δὲν μπορούμε νὰ μετρήσωμε ἀπευθείας μ' ἕνα μέτρο;



*Κατασκευὴ που θὰ σᾶς ἐπιτρέψῃ νὰ μετρήσετε τὶς γωνίες, που σᾶς χρειάζονται γιὰ τὸν ὑπολογισμὸ μεγάλων ἀποστάσεων.*



## ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ

Ἡ ἐργασία αὐτή γίνεται ἔξω ἀπὸ τὴν αἴθουσα καὶ μπορεῖτε νὰ τὴν προγραμματίσετε γιὰ μιὰ ἀπὸ τὶς ἐκδρομὲς τοῦ σχολείου σας.

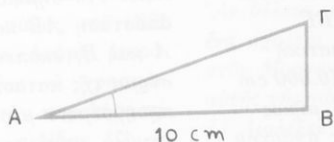
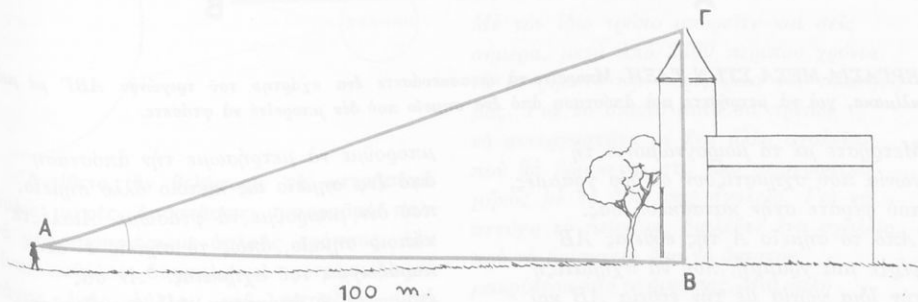
Θὰ χρειαστῆτε ἓνα χοντρό ἴσιο σύρμα, ἓνα μεγάλο χαρτόνι, ἓνα ξύλο, ἓνα μοιρογνωμόνιο καὶ ἓνα μέτρο.

Ἡ ἐργασία σας θὰ γίνῃ πολὺ πρὸς εὐχολῆ, ἂν βρῆτε μιὰ μετροταινία σὰν αὐτὲς πρὸς ἔχουν οἱ τοπογράφοι.

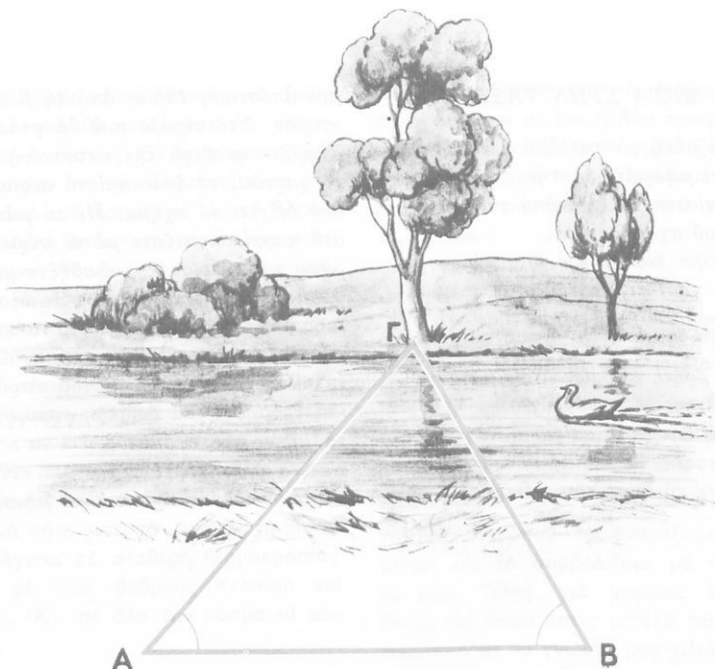
1) Διαλέξτε ἓνα ψηλὸ κτίριο ἢ τὸ καμπαναριὸ μιᾶς ἐκκλησίας πρὸς θέλετε νὰ μετρήσετε τὸ ὕψος του. Μετρήστε

μιὰ ἀπόσταση 100 m ἀπὸ τὴ βάση τοῦ κτιρίου. Στὸ σημεῖο πρὸς θὰ φτάσετε στηρίξτε σταθερὰ τὴν κατασκευὴ ἀπὸ τὸ χαρτόνι, τὸ ξύλο καὶ τὸ σύρμα πρὸς δείχνει τὸ σχῆμα. Μὲ τὸ μάτι σας στὸ καρφὶ σκοπεῦστε μὲ τὸ σύρμα τὴν βάση τοῦ κτιρίου καὶ τραβῆξτε μιὰ γραμμὴ πάνω στὸ χαρτόνι σὲ ὅλο τὸ μῆκος τοῦ σύρματος. Χωρὶς νὰ κινήσετε τὴν συσκευή, στρίψτε τὸ σύρμα, ὥστε νὰ σκοπεύῃ τὴν κορυφὴν τοῦ κτιρίου, καὶ τραβῆξτε μιὰ δευτέρη γραμμὴ σὲ ὅλο τὰ μῆκος τοῦ σύρματος.

Σὲ ἓνα ἄλλο χαρτὶ φέρετε μιὰ εὐθεῖα AB μὲ τὸ ὑποδεκάμετρό σας μὲ μῆκος 10 cm.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ. Ἄν μετρήσετε τὴν γωνία πρὸς σχηματίζουν οἱ εὐθεῖες AG καὶ BG, μπορεῖτε νὰ κατασκευάσετε τὸ τρίγωνο ABG μὲ κλίμακα 1 : 1.000. Ἀπὸ τὸ «χάρτη» πρὸς κατασκευάσατε μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ μπορεῖτε νὰ βρῆτε τὸ ὕψος τοῦ κτιρίου, ἂν μετρήσετε τὴν ἀπόσταση BG μὲ ἓνα ὑποδεκάμετρο.



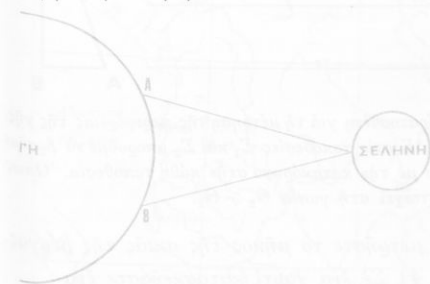
**ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ.** Μπορείτε να κατασκευάσετε ένα «χάρτη» του τριγώνου  $ABΓ$  με μιά κλίμακα, για να μετρήσετε μιὰ απόσταση από ένα σημείο που δεν μπορείτε να φτάσετε.

Μετρήστε με τὸ μοιρογνωμόνιο τὴ γωνία πὸν σχηματίζουν οἱ δύο γραμμές, πὸν φέρετε στὴν κατασκευή σας. Ἀπὸ τὸ σημείο  $A$  τῆς εὐθείας  $AB$  φέρετε μιὰ γραμμή, πὸν νὰ σχηματίζῃ τὴν ἴδια γωνία μὲ τὴν εὐθεία  $AB$  καὶ στὸ σημείο  $B$  φέρετε μιὰ κάθετο. Τώρα ἔχετε τὸ τρίγωνο  $ABΓ$ , πὸν εἶναι ὁμοιο μὲ τὸ μεγάλο τρίγωνο  $ABΓ$  στὸ σχῆμα. Ἐφ' ὅσον ἡ πραγματικὴ ἀπόσταση  $AB$  εἶναι  $100 \text{ m} = 10.000 \text{ cm}$  καὶ σεῖς τὴν κατασκευάσατε μὲ μῆκος  $10 \text{ cm}$ , ἔχετε φτιάξει ἕνα εἶδος «χάρτη» μὲ κλίμα  $1 : 1.000$ . Τώρα πὸν ξέρετε τὴν κλίμακα μετρήστε μὲ τὸ ὑποδεκάμετρο τὴν ἀπόσταση  $BΓ$  στὸ «χάρτη» σας καὶ ὑπολογίστε τὸ πραγματικὸ ὕψος τοῦ κτιρίου.

2) Μὲ τὴν ἴδια μέθοδο τῶν τριγώνων

μποροῦμε νὰ μετρήσωμε τὴν ἀπόσταση ἀπὸ ἕνα σημείο ὡς κάποιον ἄλλο σημείο, πὸν δὲν μποροῦμε νὰ φτάσωμε. Διαλέξτε κάποιον σημείο, ὅπως τὸ σημείο  $Γ$  στὸ παράδειγμα τοῦ σχήματος. Ἄν σᾶς ἐνδιαφέρει ἡ ἀπόσταση  $ΑΓ$ , τοποθετήστε ἕνα παιδί στὸ σημείο  $A$  καὶ ἕνα ἄλλο παιδί στὸ σημείο  $B$ . Μετρήστε τὴν ἀπόσταση  $AB$  καὶ τὶς γωνίες στὰ σημεία  $A$  καὶ  $B$ , σκοπεύοντας τὸ σημείο  $Γ$  μὲ τὸ σύρμα τῆς κατασκευῆς σας, ὅπως στὸ προηγούμενο μέρος τῆς ἐργασίας. Σὲ ἕνα μεγάλο χαρτί φτιάξτε ἕνα τρίγωνο  $ABΓ$  μὲ πλευρὰ  $AB = 10 \text{ cm}$  καὶ γωνίες στὰ  $A$  καὶ  $B$  ἴσες μὲ τὶς γωνίες πὸν μετρήσατε. Ὑπολογίστε μὲ τί κλίμακα ἔχετε φτιάξει τὸ τρίγωνο  $ABΓ$  πάνω στὸ χαρτί. Μπορεῖτε τώρα νὰ βρῆτε τὴν ἀπόσταση  $ΑΓ$  καὶ τὴν ἀπόσταση  $BΓ$ ;

Με τὸν τρόπο πού εἶδαμε στὴν ἐργασία μας μετροῦν συνήθως τὶς ἀποστάσεις, πού τοὺς ἐνδιαφέρουν, οἱ τοπογράφοι καὶ οἱ χαρτογράφοι. Θὰ ἔχετε ἀσφαλῶς δεῖ στὸ δρόμο ἢ στοὺς ἀγρούς τοπογράφο νὰ σκοπεύη μὲ ἓνα μικρὸ τηλεσκόπιο κάποιον μακρινὸ σημεῖο. Ἐκείνη τὴν ὥρα κάνει ἀκριβῶς τὴν ἴδια ἐργασία πού κάνατε καὶ σεῖς, γιὰ νὰ μετρήσετε τὴν ἀπόσταση στὴ δική σας ἐργασία. Ἄλλὰ καὶ πολὺ μεγαλύτερες ἀποστάσεις μπορούμε νὰ μετρήσωμε μὲ παρόμοιους τρόπους. Μπορεῖτε νὰ περιγράψετε πῶς δύο παρατηρητές, πού βρίσκονται σὲ δύο μακρινὰ σημεῖα Α καὶ Β πάνω στὴ γῆ, μποροῦν νὰ μετρήσουν τὴν ἀπόσταση ἀπὸ τὴ γῆ στὴ σελήνη;



Ἀντίθετα, ἀν θελήσωμε νὰ μετρήσωμε πολὺ μικρὲς ἀποστάσεις, μπορούμε πάλι νὰ χρησιμοποιήσωμε ἀπλοὺς τρόπους. Δὲν εἶναι καθόλου δύσκολο νὰ μετρήσωμε τὸ πᾶχος ἐνὸς φύλλου τοῦ τετραδίου μας. Μποροῦμε νὰ μετρήσωμε μὲ τὸ ὑποδεκάμετρο τὸ πᾶχος 50 ἢ 100 φύλλων καὶ μὲ μιὰ διαίρεση νὰ βροῦμε τὸ πᾶχος τοῦ κάθε φύλλου. Γιὰ νὰ μετρήσωμε ἀκόμη μικρότερες ἀποστάσεις, μπορούμε νὰ χρησιμοποιήσωμε μικροσκόπιο γιὰ τὴν παρατήρηση, ὅπως στὴ φωτογραφία τῆς σελίδας 10.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

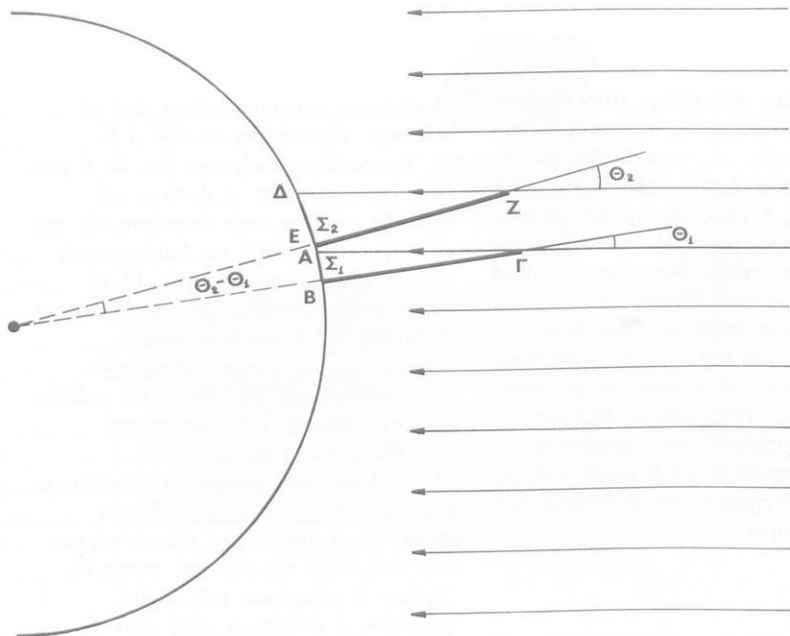
Ἐνας ἀπὸ τοὺς πιὸ ἔξυπνους τρόπους γιὰ τὴν ἔμμεση μέτρηση μεγάλης

ἀποστάσεως χρησιμοποιήθηκε ἀπὸ τὸ φιλόσοφο Ἐρατοσθένη τὸ 300 π.Χ. Ὁ Ἐρατοσθένης σκέφτηκε ὅτι, ἀν ἡ γῆ εἶναι σφαιρική, τότε οἱ ἀκτίνες τοῦ ἡλίου θὰ πέφτουν στὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς μὲ διαφορετικὴ γωνία σὲ διαφορετικούς τόπους. Παρατήρησε ὅτι στὶς 12 τὸ μεσημέρι στὴν πόλη Συήνη τῆς Αἰγύπτου οἱ ἀκτίνες τοῦ ἡλίου ἦταν ἀκριβῶς κάθετες καὶ μιὰ βέργα κάθετη πρὸς τὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς δὲν ἔριχνε καθόλου σκιά στὸ ἔδαφος. Τὴν ἴδια στιγμή ἓνας ἄλλος παρατηρητὴς στὴν Ἀλεξάνδρεια, 800 χιλιόμετρα βορειότερα, παρατηρώντας τὴ σκιά μιᾶς βέργας βρῆκε ὅτι οἱ ἀκτίνες τοῦ ἡλίου ἐπεφταν στὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς ὑπὸ γωνία  $7^\circ$ . Ἐφόσον ἡ περιφέρεια τοῦ κύκλου ἔχει  $360^\circ$ , ἡ ἀπόσταση αὐτὴ ἦταν τὰ  $\frac{7}{360}$  τῆς περιφέρειας τῆς γῆς.

Μὲ τὸν ἴδιο τρόπο μπορεῖτε καὶ σεῖς σήμερα, μετὰ ἀπὸ 2300 περίπου χρόνια, νὰ μετρήσετε τὴν περιφέρεια τοῦ πλανήτη μας. Γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτὸ θὰ πρέπει νὰ συνεργαστήτε μὲ ἓνα ἄλλο σχολεῖο, πού θὰ βρίσκεται στὸ ἴδιο γεωγραφικὸ μῆκος μὲ τὸ δικό σας σχολεῖο. Γιὰ νὰ πετύχη τὸ πείραμα, διαλέξτε ἓνα σχολεῖο, πού νὰ βρίσκεται ὅσο τὸ δυνατόν μακρότερα ἀπὸ τὸ δικό σας. Μιὰ καλὴ ἀπόσταση γιὰ τὴν ἐπιτυχία τοῦ πειράματος εἶναι μεταξὺ Μακεδονίας καὶ Κρήτης.

Ἄν θέλετε, μπορεῖτε νὰ συνεργαστήτε μὲ ἓνα σχολεῖο μιᾶς ἄλλης χώρας γράφοντας στὸν Μορφωτικὸ Ἀκόλουθο τῆς Πρεσβείας αὐτῆς τῆς χώρας.

1) Διαλέξτε πάνω σὲ ἓνα χάρτη μιὰ πόλη, πού νὰ βρίσκεται βόρεια ἢ νότια ἀπὸ τὴν πόλη, ὅπου βρίσκεται τὸ σχολεῖο σας (στὸ ἴδιο περίπου γεωγραφικὸ μῆκος). Μετρήστε πάνω στὸ χάρτη τὴν ἀπόσταση ἀπὸ τὴν πόλη σας ὡς τὴν πόλη πού διαλέξατε.



**ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ.** Ἡ μέθοδος τοῦ Ἐρατοσθένη γιὰ τὴ μέτρηση τῆς περιφέρειας τῆς γῆς Ἀπὸ τὸ μήκος τῆς σκιάς μιᾶς βέργας  $AB$  καὶ μιᾶς ἄλλης  $ΔΕ$  στὶς τοποθεσίες  $\Sigma_1$  καὶ  $\Sigma_2$  μπορούμε νὰ βροῦμε τὶς γωνίες  $\Theta_1$  καὶ  $\Theta_2$  ποὺ σχηματίζουν οἱ ἀκτίνες τοῦ ἡλίου μὲ τὴν κατακόρυφο στὴν κάθε τοποθεσία. Ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα, ἡ ἀπόσταση μεταξὺ τῶν δύο τόπων ἀντιστοιχεῖ στὴ γωνία  $\Theta_2 - \Theta_1$ .

2) Ζητήστε ἀπὸ τὸ δάσκαλό σας νὰ κανονίσῃ τὶς λεπτομέρειες τῆς συνεργασίας σας μὲ ἓνα σχολεῖο τῆς πόλης ποὺ διαλέξατε γράφοντας στὸν ἐκεῖ δάσκαλο τῆς πέμπτης τάξης. Συμφωνήστε, ὥστε τὰ δύο σχολεῖα νὰ κάνουν τὸ πείραμα τὴν ἴδια ἡμέρα καὶ στὰ δύο σχολεῖα στὶς 12 ἀκριβῶς τὸ μεσημέρι.

Μπορεῖτε νὰ συμφωνήσετε νὰ ἐπαναλάβετε τὸ πείραμα τρεῖς διαφορετικὲς ἡμέρες, γιὰ τὴν περίπτωση ποὺ στὴ μιὰ ἀπὸ τὶς δύο πόλεις ἔχει συννεφιά τὴν πρώτη ἡμέρα τοῦ πειράματος.

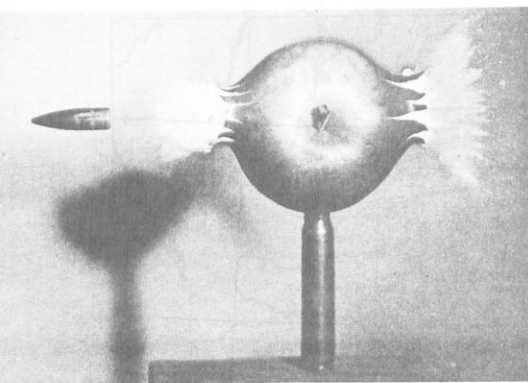
3) Διαλέξτε στὴν ἀλλή τοῦ σχολεῖοῦ σας μιὰ ἐπίπεδη ἐπιφάνεια. Μπορεῖτε νὰ ἐλέγξετε, ἂν εἶναι ἀκριβῶς ἐπίπεδη, μὲ ἓνα ἀλφάδι. Στηρίξτε μιὰ βέργα μὲ μήκος ἓνα μέτρο κάθετα πρὸς τὴν ἐπιφάνεια μὲ τὴ βοήθεια ἐνὸς τριγώνου, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα. Στὶς 12 τὸ μεσημέρι ἀκριβῶς

μετρήστε τὸ μήκος τῆς σκιάς τῆς βέργας.

4) Σὲ ἓνα χαρτί κατασκευάστε ἓνα τρίγωνο  $ABΓ$  μὲ πλευρὰ  $AB$  δέκα φορές μικρότερη ἀπὸ τὸ μήκος τῆς σκιάς καὶ πλευρὰ  $BΓ$  δέκα φορές μικρότερη ἀπὸ τὸ μήκος τῆς βέργας. Μπορεῖτε τώρα, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα, νὰ μετρήσετε μὲ ἓνα μοιρογνωμόνιο μὲ ποια γωνία πέφτουν οἱ ἀκτίνες τοῦ ἡλίου στὴν περιοχὴ τοῦ σχολεῖοῦ σας. Στείλτε τὰ ἀποτελέσματά σας στὸ σχολεῖο, μὲ τὸ ὁποῖο συνεργάζεστε.

5) Ὅταν πάρετε τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων τοῦ ἄλλου σχολεῖοῦ, βροῦστε τὴ διαφορὰ τῶν δύο γωνιῶν. Ἀπὸ τὴ διαφορὰ αὐτὴ καὶ ἀπὸ τὴν ἀπόσταση μεταξὺ τῶν δύο σχολεῖων μπορεῖτε τῶρ<sup>α</sup> καὶ σεῖς, ὅπως ὁ Ἐρατοσθένης, νὰ ὑπολογίσετε τὴν περιφέρεια τῆς γῆς.





Τὸ ἀνθρώπινο μάτι δὲν εἶναι ἀρκετὰ γρήγορο, γιὰ νὰ παρατηρήσῃ τὸ πέρασμα μιᾶς σφαίρας ποὺ ταξιδεύει μὲ ταχύτητα περίπου ἕνα χιλιόμετρο τὸ δευτερόλεπτο. Ἡ παρατήρηση, ποὺ βλέπετε στὴ φωτογραφία, ἔγινε μὲ εἰδικὴ φωτογραφικὴ συσκευή μέσα σὲ ἕνα χρονικὸ διάστημα ἴσο μὲ  $\frac{1}{300.000}$  τοῦ δευτερολέπτου.

### 3. Χρόνος

Κλείστε τὰ μάτια σας γιὰ ἕνα λεπτό. Ἄνοιξτε τα, μετρήστε ὡς τὸ τρία καὶ ξανακλείστε τα. Τί παρατηρήσατε γύρω σας; Ἄν εἶσατε μέσα στὴν αἴθουσα, μᾶλλον δὲν θὰ εἶδατε καμιὰ μεγάλη ἀλλαγὴ. Ἴσως μιὰ μύγα πέταξε μερικὰ μέτρα ἢ ἕνας συμμαθητῆς σας ἔγραψε ἕνα ἀκόμη γράμμα στὸν πίνακα. Ἄν ὅμως παρατηρούσατε γύρω σας γιὰ μιὰ ὀλόκληρη ὥρα, θὰ βλέπατε πολλές μεταβολές. Θὰ ἀκούγατε σὲ λίγο τὸ κουδούνι νὰ χτυπά, θὰ βλέπατε τὰ παιδιά νὰ βγαίνουν στὸ διάλειμμα, τὸ μαθητὴ νὰ καθαρίζῃ τὸν πίνακα καὶ τὰ παιδιά νὰ ξαναμπαινοῦν στὴν αἴθουσα. Οἱ μεταβολές, ποὺ παρατηροῦμε γύρω μας, ἔχουν νὰ κάνουν μὲ τὸ διάστημα τοῦ **χρόνου** ποὺ διαρκεῖ ἡ

παρατήρηση. Συνεχίστε τὸ πείραμα, τουλάχιστον μὲ τὸ μυαλό σας. Παρατηρήστε τὸ γύρω κόσμο γιὰ ἕξι μῆνες καὶ θὰ δῆτε πολλές ἀλλαγές. Τὰ χιόνια στὰ βουνὰ θὰ λιώσουν, τὰ δέντρα θὰ πρασινίσουν καὶ σεῖς θὰ ἔχετε ψηλώσει κατὰ μερικὰ ἑκατοστόμετρα. Ἄν ζήσετε ἑκατὸ χρόνια, τὸ κτίριο τοῦ σχολείου σας θὰ ἔχῃ γκρεμιστῆ, ἕνα νέο σχολεῖο θὰ βρίσκεται στὴ θέση του καὶ στὸ δρόμο θὰ περνοῦν αὐτοκίνητα, ποὺ δὲ θὰ τὰ ἀναγνωρίζετε. Σὲ χίλια χρόνια δὲ θὰ ἀναγνωρίζετε τὴν πόλη σας καὶ σὲ ἕνα ἑκατομμύριο χρόνια ὁ χάρτης τῆς Ἑλλάδας θὰ εἶναι τελειῶς διαφορετικὸς.

Ὅπως ὅμως καὶ μὲ τὰ μεγάλα χρονικὰ διαστήματα, μπορούμε νὰ κάνωμε παρατηρήσεις καὶ γιὰ πολὺ μικρὰ χρονικὰ διαστήματα. Κλείστε γιὰ λίγο τὰ μάτια σας καὶ ἀνοιγοκλείστε τα ὅσο πιὸ γρήγορα μπορεῖτε. Μπορεῖτε, καλύτερα, νὰ χρησιμοποιήσετε μιὰ φωτογραφικὴ μηχανή. Γιατὶ αὐτὸ ἀκριβῶς εἶναι ποὺ κάνει τὸ μηχανικὸ μάτι ἢ, ὅπως λέγεται, τὸ *διάφραγμα* τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς : ὅταν πατᾶτε τὸ κουμπί, γιὰ νὰ πάρετε μιὰ φωτογραφία, ἀνοίγεται τὸ διάφραγμα γιὰ ἕνα ἑκατοστὸ ἢ ἕνα χιλιοστὸ τοῦ δευτερολέπτου. Τί παρατηρήσατε στὸν λίγο χρόνο ποὺ ἔμειναν ἀνοιχτὰ τὰ μάτια σας; Ἄν κοιτούσατε πρὸς τὸν οὐρανὸ, ἕνα πουλὶ θὰ σᾶς φάνηκε ἀκίνητο ἢ μέσα στὸ δωμάτιο ἕνας ἀνεμιστήρας ὅτ εἶχε σταματήσει. Μὲ μεγαλύτερη ταχύτητα τοῦ διαφράγματος τῆς φωτογραφικῆς σας μηχανῆς θὰ μπορούσατε νὰ φωτογραφίσετε τὸ φτερούγισμα μιᾶς μύγας, ποὺ εἶναι τόσο γρήγορο, ὥστε συνήθως δὲν μπορεῖτε κἄν νὰ τὸ δῆτε μὲ τὸ μάτι.

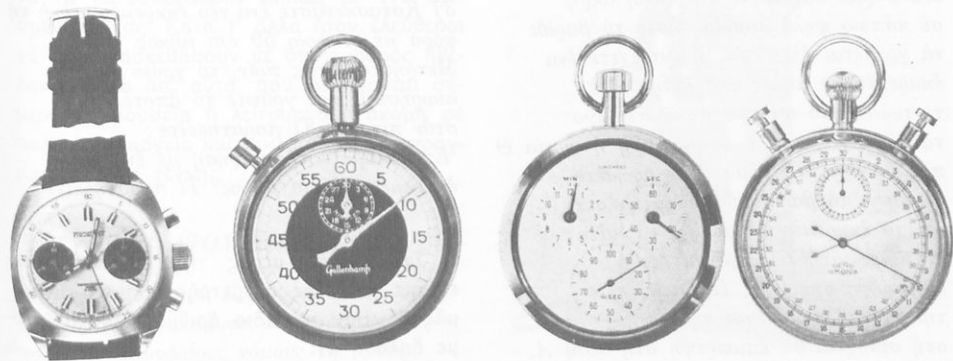
Ὁ χρόνος εἶναι ἕνα ἀπὸ τὰ σπουδαιότερα μεγέθη γιὰ τὴν παρατήρηση καὶ περιγραφή τοῦ φυσικοῦ κόσμου. Ὅπως καὶ μὲ κάθε ἄλλο φυσικὸ μέγεθος, ἡ πρώτη μας δουλειὰ εἶναι νὰ ὀρίσωμε μιὰ μονάδα μετρήσεως, γιὰ νὰ περιγράψωμε καὶ νὰ συγκρίνωμε μὲ ἀκρίβεια τὰ χρονικὰ διαστή

ματα που μᾶς ἐνδιαφέρουν. "Ὅπως και μὲ τὴν πιθαμὴ ἢ τὸ μεγάλο βῆμα στὴ μέτρηση τῆς ἀποστάσεως, μονάδες μετρήσεως τοῦ χρόνου, ὅπως «ἓνα βλεφάρισμα» ἢ «μιὰ στιγμὴ», δὲ μᾶς ἱκανοποιοῦν ἐπιστημονικά. Ἀντίθετα, οἱ κινήσεις τῆς γῆς γύρω ἀπὸ τὸν ἥλιο καὶ γύρω ἀπὸ τὸν ἑαυτὸ της μᾶς προσφέρουν σταθερὰ χρονικὰ διαστήματα, πού μπορούμε νὰ χρησιμοποιήσωμε γιὰ μονάδες μετρήσεως τοῦ χρόνου.

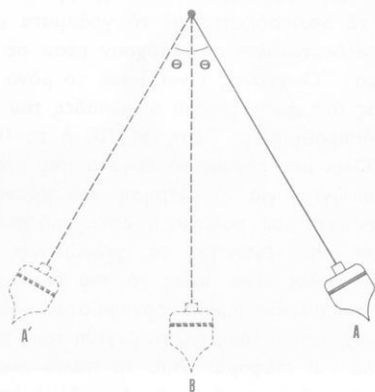
Πολὺ νωρὶς στὴν ἱστορία τῆς ἀνθρωπότητας οἱ πρόγονοί μας παρατήρησαν ὅτι τὸ χρονικὸ διάστημα ἀπὸ τὴ στιγμή πού ὁ ἥλιος βρίσκεται στὸ ψηλότερο σημεῖο στὸν οὐρανὸ ὡς τὴν ἐπομένη, πού θὰ βρεθῆ πάλι στὸ ψηλότερο σημεῖο στὸν οὐρανὸ, εἶναι σταθερό. Τὸ χρονικὸ διάστημα αὐτὸ τὸ ὀνόμασαν **ἡμέρα**. "Ὅλοι ξέρομε τὶς μονάδες μετρήσεως τοῦ χρόνου, πού χρησιμοποιοῦμε, γιὰ νὰ μετρήσωμε μικρότερα χρονικὰ διαστήματα. Μιὰ ἡμέρα χωρίζεται σὲ 24 **ῶρες**, μιὰ ὥρα εἶναι ἴση μὲ 60 **πρῶτα λεπτὰ** ἢ ἀπλῶς **λεπτὰ** καὶ ἓνα πρῶτο λεπτὸ εἶναι ἴσο μὲ 60 **δεύτερα λεπτὰ** ἢ **δευτερόλεπτα**. Στὴ φυσικὴ τὰ πρῶτα λε-

πτὰ τὰ συμβολίζομε μὲ τὰ γράμματα *min* καὶ τὰ δευτερόλεπτα μὲ τὰ γράμματα *sec*. Πόσα δευτερόλεπτα ὑπάρχουν μέσα σὲ μιὰ ἡμέρα; Ὁ χρόνος εἶναι ἴσως τὸ μόνο μέγεθος στὴ φυσικὴ, πού οἱ μονάδες του δὲν ὑποδιαιροῦνται μὲ βάση τὸ 100 ἢ τὸ 1000.

"Ὅλοι μας ξέρομε τὰ ὄργανα πού χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὴ μέτρηση τοῦ χρόνου : τὰ γνωστὰ μας ρολόγια ἢ, ὅπως πιὸ σωστὰ πρέπει νὰ λέγονται, τὰ *χρονόμετρα*. Τὸ κοινὸ ρολοὶ εἶναι ἴσως τὸ πιὸ διαδομένο καὶ πιὸ τελειοποιημένο ὄργανο στὸν κόσμο. Οἱ μηχανισμοὶ τους καὶ τὰ μεγέθη τους εἶναι πολλὰ καὶ διάφορα. Ἀπὸ τὸ παλιὸ «καφεκούτι» τοῦ παπποῦ, πού χάνει δέκα λεπτὰ κάθε μέρα, μέχρι τὰ τελευταῖα ἠλεκτρονικὰ χρονόμετρα, πού τὸ σφάλμα τους εἶναι μικρότερο ἀπὸ 1 δευτερόλεπτο στὰ 1.000 χρόνια! Τὰ πράγματα δὲν ἦταν ὅμως πάντοτε ἔτσι. Μέχρι πρὶν ἀπὸ 200 περίπου χρόνια ὁ ἀκριβέστερος μηχανισμὸς, γιὰ νὰ μετρηθῆ ἓνα διάστημα χρόνου, ἦταν τὸ *ἐκκρεμές*. Ἀξίζει λοιπὸν τὸν κόπο νὰ μελετήσωμε τὶς ιδιότητες τῆς ἀπλῆς αὐτῆς συσκευῆς μὲ κάποια λεπτομέρεια.



Σύγχρονα χρονόμετρα.



Για μικρές γωνίες  $\theta$  το χρονικό διάστημα για μία αιώρηση  $ABA'BA$  εξαρτάται μόνο από το μήκος του εκκρεμούς.

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστήτε χοντρή κλωστή ή σπάγκο, τρία βαρίδια ψαρέματος και ένα χρονόμετρο ή ρολόι με δείκτη δευτερολέπτων. Μετρήστε ένα μέτρο σπάγκο. Στη μία άκρη του σπάγκου δέστε ένα βαρίδι και δέστε την άλλη άκρη σε κάποιο ψηλό σημείο, ώστε το βαρίδι να κρέμεται ελεύθερα. Τώρα έχετε ένα εκκρεμές με μήκος ένα μέτρο. Με τεντωμένο το σπάγκο σηκώστε λίγο το βαρίδι, ώστε να σχηματιστή η γωνία  $\theta$  που δείχνει το σχήμα. "Αν αφήσετε ελεύθερο το βαρίδι, θα παρατηρήσετε ότι το εκκρεμές θα αρχίσει να κάνει ρυθμικές κινήσεις. Το βαρίδι θα επιστρέψει στη θέση B, θα συνεχίσει την κίνησή του μέχρι τη θέση A' και στη συνέχεια θα επιστρέψει στη θέση A, από όπου το αφήσατε. Θα παρατηρήσετε ότι η κίνηση αυτή επαναλαμβάνεται συνέχεια. Στα δύο άκρα της διαδρομής

του θα παρατηρήσετε ότι το εκκρεμές σχηματίζει πάντα την ίδια γωνία  $\theta$ , δηλαδή το βαρίδι ανεβαίνει πάντα στο ίδιο ύψος, από όπου το αφήσατε. Τη χαρακτηριστική διαδρομή  $ABA'BA$ , που επαναλαμβάνεται συνέχεια, την ονομάζουμε αιώρηση (από το αιώρω, που παράγεται από τη λέξη αιώρα, που σημαίνει κούνια) και τη γωνία  $\theta$  στα δύο άκρα της διαδρομής πλάτος αιώρησης.

- 1) Βάλτε σε κίνηση το εκκρεμές και με το χρονόμετρο μετρήστε το χρονικό διάστημα μίας αιώρησης. Ίσως θα βοηθήτε πιο εύκολο να μετρήσετε το χρόνο για 10 ή 20 αιώρησεις και στη συνέχεια να υπολογίσετε το χρόνο μίας αιώρησης με μία διαίρεση. Επαναλάβετε τη μέτρηση αρκετές φορές, κάθε φορά αρχίζοντας από διαφορετικό πλάτος  $\theta$ . Γράψτε τα αποτελέσματά σας στον πίνακα. Τι παρατηρείτε;
- 2) Δέστε δύο βαρίδια στην άκρη του σπάγκου και επαναλάβετε την προηγούμενη εργασία. Τι παρατηρείτε; Επαναλάβετε την ίδια μέτρηση με τρία βαρίδια στην άκρη του σπάγκου. Τι παρατηρείτε;
- 3) Κατασκευάστε ένα νέο εκκρεμές, αυτή τη φορά με σπάγκο 50 cm μήκος. Μετρήστε, όπως πριν, το χρόνο μίας αιώρησης και γράψτε το αποτέλεσμα στον πίνακα. Τι παρατηρείτε; Επαναλάβετε τη μέτρηση με ένα νέο εκκρεμές 25 cm μήκος. Τι παρατηρείτε;

Στο πρώτο μέρος της εργασίας μας είδαμε ότι όλες οι μετρήσεις που κάναμε μās έδωσαν τον ίδιο αριθμό. Ανακαλύψαμε δηλαδή ότι :

1) Ο χρόνος για μία αιώρηση του εκκρεμούς είναι σταθερός και ανεξάρτητος από το πλάτος. Αυτό, φυσικά, είναι και ο



λόγος που μᾶς ἐπιτρέπει νὰ χρησιμοποιοῦμε τὸ ἔκκρεμές, γιὰ νὰ κατασκευάζωμε ρολόγια. Τὸν χαρακτηριστικὸ αὐτὸ χρόνο γιὰ μιὰ αἰώρηση τὸν ὀνομάζομε **περίοδο** τοῦ ἔκκρεμοῦς καὶ στὸ δεῦτερο μέρος τῆς ἐργασίας μας ἀνακαλύψαμε ἀκόμη ὅτι :

2) Ἡ περίοδος τοῦ ἔκκρεμοῦς εἶναι ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὸ βάρος.

Ἀντίθετα, στὸ τρίτο μέρος τῆς ἐργασίας μας ἀνακαλύψαμε ἀπὸ ποῖο μέγεθος ἐξαρτᾶται ἡ περίοδος. Παρατηρήσαμε μάλιστα καὶ πῶς μεταβάλλεται ἡ περίοδος, ὅταν μεταβάλλεται τὸ μήκος. Ὅταν κατασκευάσαμε ἓνα ἔκκρεμές μὲ μισὸ μήκος ἀπὸ τὸ πρῶτο, μετρήσαμε ὅτι ἡ περίοδος ἔγινε μικρότερη ἀπὸ τὴν ἀρχικὴ. Μποροῦμε λοιπὸν τῶρα νὰ βγάλωμε τὸ τελικὸ μας συμπέρασμα :

3) Ἡ περίοδος ἑνὸς ἔκκρεμοῦς ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὸ μήκος του.

Ἄν ἀνέξηθῆ τὸ μήκος ἀνξάνεται ἡ περίοδος.

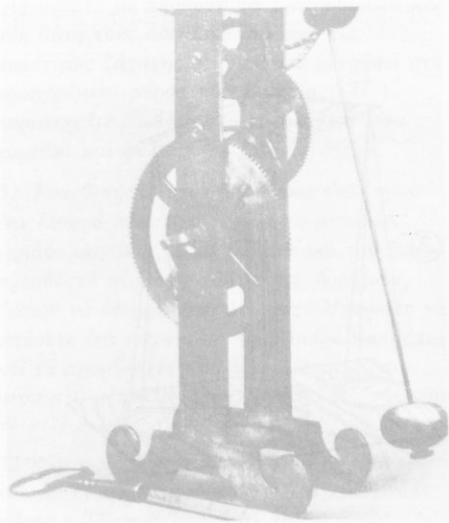
Τὰ παλιὰ ρολόγια μὲ ἔκκρεμές ἦταν κατασκευασμένα ἔτσι, ὥστε ἡ περίοδός τους νὰ εἶναι ἴση μὲ ἓνα, δύο ἢ τρίτα δευτερόλεπτα. Οἱ κατασκευαστές τους, φυσικά, ἤξεραν ὅτι, γιὰ νὰ τὸ ἐπιτύχουν αὐτό, ἔπρεπε νὰ τὰ κατασκευάσουν ἀπλῶς μὲ ἓνα ὀρισμένο μήκος. Κατὰ τ' ἄλλα ἦταν ἐλεύθεροι νὰ τὰ κατασκευάσουν μὲ ὅποιο βάρος ἤθελαν. Πολλὰ ἀπ' αὐτά, ποὺ φυλάγονται σήμερα σὲ μουσεῖα ἢ λειτουργοῦν ἀκόμη σὲ παλαιὰ δημαρχεῖα καὶ ἐκκλησίες, εἶναι πραγματικὰ ἔργα τέχνης.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ὁ Γαλιλαῖος, ποὺ ἔζησε γύρω στὰ 1600 μ.Χ., ἀνακάλυψε μερικὸς ἀπὸ τοὺς πιὸ σπουδαίους νόμους τῆς φύσης τὴν ἐποχὴ ποὺ ἀκόμη δὲν ὑπῆρχαν χρονόμετρα ἀκριβείας. Γιὰ νὰ μετρήσῃ μικρὰ χρονικὰ διαστήματα στὰ πειράματά

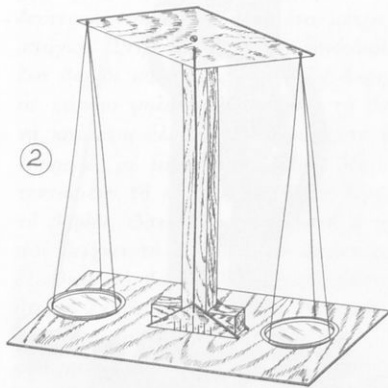
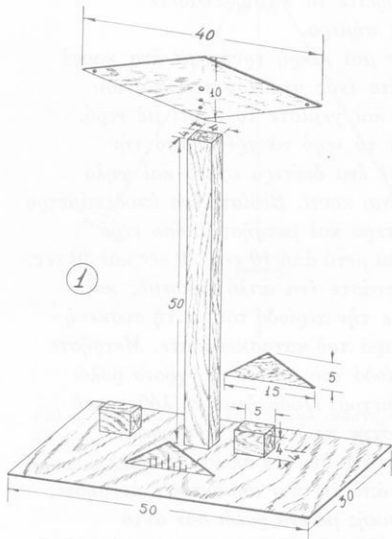
ποὺ ἔκανε γιὰ τὴν πτώση τῶν σωμάτων, χρησιμοποίησε ἓνα ἀπλὸ εἶδος ρολογιοῦ, ποὺ μπορεῖτε νὰ κατασκευάσετε καὶ σεῖς σήμερα.

Ἄνοιξτε μιὰ μικρὴ τρύπα μὲ ἓνα καρφὶ στὸν πάτο ἑνὸς μεγάλου τενεκεδένιου κουτιοῦ καὶ γεμίστε τὸ κουτὶ μὲ νερὸ. Ἀφήστε τὸ νερὸ νὰ τρέξῃ ἀπὸ τὴν τρύπα σὲ ἓνα δεῦτερο στενὸ καὶ ψηλὸ τενεκεδένιο κουτὶ. Βυθίστε ἓνα ὑποδεκάμετρο στὸ δεῦτερο καὶ μετρήστε πόσο νερὸ μαζεύεται μετὰ ἀπὸ 10 sec, 20 sec καὶ 30 sec. Κατασκευάστε ἓνα ἀπλὸ ἔκκρεμές καὶ μετρήστε τὴν περιόδὸ του μὲ τὴ συσκευή - χρονόμετρο ποὺ κατασκευάσατε. Μετρήστε τὴν περιόδὸ του μὲ ἓνα σύγχρονο ρολοὶ ἢ χρονόμετρο. Πόσο ἦταν τὸ λάθος ποὺ κάνατε στὴν πρώτη σας μέτρηση ; Μὴν ξεχνᾶτε ὅτι ὁ Γαλιλαῖος ἔκανε μερικὲς ἀπὸ τίς πιὸ σημαντικὲς μετρήσεις τῆς φυσικῆς μὲ ἓνα ρολοὶ σὰν αὐτὸ ποὺ κατασκευάσατε.



Ἐνας ἀπὸ τοὺς πρώτους μηχανισμοὺς χρονόμετρον μὲ ἔκκρεμές κατασκευάστηκε ἀπὸ τὸν Ὁλλανδὸ φυσικὸ Χ. Χόυγες.

#### 4. Μάζα



**ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ.** Κατασκευαστικά σχέδια εργαστηριακού ζυγού. Οι διαστάσεις είναι σε εκατοστόμετρα.

Ο φυσικός κόσμος που μας περιβάλλει, ο άερας, το νερό, τα αντικείμενα που βλέπουμε μέσα στην τάξη, ο πλανήτης μας, ακόμη και εμείς οι ίδιοι, όλα είναι φτιαγμένα από ύλη. Η ύλη ήταν το πρώτο πράγμα που εξετάσαμε, όταν αρχίσαμε να εξερευνηούμε τη φύση. Μελέτησαμε τις καταστάσεις της ύλης, τις αλλαγές της ύλης με την αλλαγή της θερμικής ενέργειας που περιέχει, και είδαμε τη μεταβολή της με το χρόνο. Πώς όμως μπορούμε να μετρήσουμε την ύλη; Πώς μπορούμε να πούμε αν ένα σώμα περιέχει περισσότερη ύλη από ένα άλλο σώμα και μάλιστα πόσο περισσότερη ύλη περιέχει; Η μέτρηση της ύλης είναι κάτι που μας ενδιαφέρει πολύ στην καθημερινή μας ζωή. Αν η μητέρα μας μας στείλη να ψωνίσουμε πατάτες, ποτέ δε θα μας πη να ψωνίσουμε 5 ή 10 πατάτες. Όπως όλοι ξέρομε, άλλες πατάτες είναι μεγάλες και άλλες μικρές και δεν μας ενδιαφέρει πόσες θα είναι. Εκείνο που μας ενδιαφέρει είναι να έχουν οι πατάτες ένα ορισμένο ποσό ύλης, που χρειάζεται για το μεσημεριανό φαγητό. Δεν είναι λοιπόν δυνατόν να μετρήσουμε την ύλη με μια άπλη άριθμηση.

Ίσως κάνωμε τη σκέψη ότι θα μπορούσαμε να μετρήσουμε την ύλη που περιέχει ένα σώμα από το χώρο που πιάνει το σώμα αυτό, δηλαδή από τον όγκο του. Έχωμε δει όμως ότι η ύλη συστέλλεται και διαστέλλεται ανάλογα με τη θερμοκρασία. Μια σιδηροτροχιά δεν περιέχει περισσότερη ύλη το καλοκαίρι, όταν ο όγκος της μεγαλώνει. Ξέρομε ότι, χωρίς να αφαιρέσωμε ύλη από τη σιδηροτροχιά, τον επόμενο χειμώνα ο όγκος της θα ξαναγίνη όσος ήταν τον προηγούμενο χειμώνα. Για ένα άεριο είναι ακόμη πιο δύσκολο να μετρήσωμε την ύλη που περιέχει από τον όγκο του αερίου. Έχωμε παρατηρήσει ότι, όταν φουσκώνωμε την μπάλα μας, προσθέτωμε συνέχεια ύλη στο

έσωτερικό της μπάλας, χωρίς ό όγκος της να αλλάξει πολύ.

Γιά να μετρήσωμε πόση ύλη περιέχεται σε ένα σώμα, θα πρέπει να βρούμε κάποια άλλη ιδιότητα της ύλης, που δεν μεταβάλλεται από καμιά έξωτερική αίτια, όπως ή θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Θα χρειαστούμε άκόμη, όπως και στη μέτρηση του χρόνου, ένα όργανο, που θα μετράη αυτή την ιδιότητα.

## ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

"Ίσως τό πρώτο όργανο, πού χρησιμοποιήθηκε ποτέ για μέτρηση, στην ιστορία της ανθρώπιότητας, είναι ό γνωστός σε όλους μας ζυγός. Ό ζυγός, πού από την αρχαιότητα βρίσκεται συμβολικά στό χέρι της θεάς της Δικαιοσύνης των αρχαίων Ρωμαίων.

Στην έργασία σας αυτή θα χρειαστήτε ένα ζυγό. "Αν δέν υπάρχει ζυγός στό σχολείο σας, μπορείτε να τον κατασκευάσετε μόνοι σας σύμφωνα με τις οδηγίες πού υπάρχουν στό σχήμα. Κόψτε τά κομμάτια της κατασκευής στις διαστάσεις πού δείχνει τό σχήμα 1.

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε κοντραπλακέ ή λεπτό σανίδι.

Συναρμολογήστε τό ζυγό, όπως δείχνει τό σχήμα 2, και στηρίξτε τον πάνω σε μια στερεή βάση από ξύλο. Στερεώστε ένα χοντρό ίσιο σύρμα στό εμπρός μέρος του ζυγού, όπως δείχνει τό σχήμα. Τό σύρμα αυτό θα χρησιμεύσει ως δείκτης για την ισορροπία του ζυγού σας.

Στά δύο άκρα του ζυγού κομμάστε δύο όμοιους δίσκους με τρεις σπάγκους τον καθένα. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε για δίσκους δύο καπάκια από μεγάλα τενεκεδένια κοτυλά.

Τώρα ό ζυγός σας πρέπει να βρίσκεται σε ισορροπία, δηλαδή οι δύο δίσκοι να βρίσκονται στό ίδιο ύψος και ό δείκτης του ζυγού να δείχνη τό κέντρο της κλίμακας στη βάση της κατασκευής. "Αν ό ζυγός σας δέν

ισορροπή, μπορείτε να τον διορθώσετε προσθέτοντας λίγη πλαστελίνη στό δίσκο πού βρίσκεται ψηλότερα.

Στό υπόλοιπο μέρος της έργασίας σας θα χρειαστήτε λίγη ζάχαρη, μερικά παγάκια, λίγο άλάτι, ένα έλαφρό χάρτινο ή πλαστικό κύπελλο και πολλά κέρματα των πέντε δραχμών.

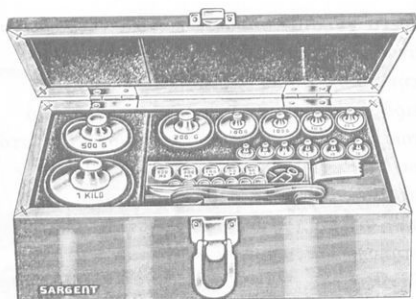
1) Στόν ένα δίσκο του ζυγού βάλτε τρία κέρματα των πέντε δραχμών. Στόν άλλο δίσκο βάλτε άρκετη ζάχαρη, ώστε να ισορροπήσει ό ζυγός. "Αδειάστε τη ζάχαρη σ' ένα χαρτάκι πάνω στην έδρα. "Επαναλάβετε την ίδια έργασία τρεις ή τέσσερις φορές. Τώρα πρέπει να έχετε πάνω στην έδρα τρία ή τέσσερα βουναλάκια ζάχαρη. Τί παρατηρείτε ;

2) Στόν ένα δίσκο του ζυγού βάλτε πάλι τρία κέρματα των πέντε δραχμών. Στόν άλλο δίσκο βάλτε μια ποσότητα άλάτι, πού χρειάζεται για να ισορροπήσει ό ζυγός. "Αφαιρέστε με προσοχή τά τρία κέρματα και στη θέση τους αδειάστε μια από τις ποσότητες ζάχαρης, πού είχατε μετρήσει στό προηγούμενο μέρος της έργασίας. Τί παρατηρείτε ; "Αδειάστε τό άλάτι σ' ένα χαρτάκι και φυλάξτε το για άργότερα.

3) Τοποθετήστε στόν ένα δίσκο του ζυγού ένα έλαφρό πλαστικό ή χάρτινο κύπελλο γεμάτο παγάκια. Στόν άλλο δίσκο του ζυγού προσθέστε κέρματα των πέντε δραχμών, ώσπου να ισορροπήσει ό ζυγός. Μπορείτε να σπάσετε ένα παγάκι σε πολύ μικρά κομμάτια και να προσθέσετε μικρά κομμάτια πάγου μέσα στό κύπελλο, ώστε ό ζυγός σας να έρθη σε τέλεια ισορροπία.

"Ο πάγος μέσα στό κύπελλο θα αρχίση να λιώνη. Τί παρατηρείτε όση ώρα λιώνει ό πάγος ; Τί συμβαίνει, όταν όλος ό πάγος μέσα στό κύπελλο γίνη νερό ;

"Αδειάστε μέσα στό δίσκο πού βρίσκεται τό κύπελλο ένα βουναλάκι ζάχαρη, πού στό πρώτο



Για να είναι ευχερής ένα ζυγός, πρέπει να συνοδεύεται από μια σειρά σταθμά. Στην ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ θα κατασκευάσετε και σεις μια δική σας σειρά.

σταθμά με τη ζυγαριά του επαγγελματία που θα σας βοηθήσει. "Αν π.χ. μετρήσετε μια μάζα των 5g, μπορείτε να την αντιγράψετε με το ζυγό σας και να κατασκευάσετε πολλά σταθμά των 5g. Με δύο σταθμά των 5g μπορείτε να κατασκευάσετε σταθμά των 10g. Με δύο σταθμά των 10g και ένα των 5g μπορείτε με το ζυγό σας να κατασκευάσετε σταθμά των 25g. Συνεχίζοντας μ' αυτό τον τρόπο μπορείτε να κατασκευάσετε όλη τη σειρά. Κατασκευάστε αρκετά σταθμά από κάθε είδος για μεγαλύτερη ευκολία στις μετρήσεις σας.

Μετρήστε τη μάζα πέντε ή έξι αντικειμένων με το ζυγό σας και τα σταθμά που κατασκευάσατε. Μετρήστε τις ίδιες μάζες με τη ζυγαριά κάποιου επαγγελματία και συγκρίνετε τα αποτελέσματα. Ανακουώστε τα αποτελέσματά σας στην τάξη. Μπορείτε να χαρίσετε το ζυγό με τα σταθμά που κατασκευάσατε στη μητέρα σας. Θα της φανή πολύ χρήσιμος στην κουζίνα για τις συνταγές της.

## 5. Βάρος

Χρησιμοποιήσαμε το ζυγό για τη μέτρηση της μάζας, όπως το μέτρο για τη μέτρηση της απόστασης και το εκκρεμές για τη μέτρηση του χρόνου. Μάλιστα με την ισορροπία του ζυγού και μόνο όρισαμε τί σημαίνει μάζα: "Ένα σώμα έχει μάζα ίση μ' ένα χιλιόγραμμο, όταν στο ζυγό ισορροπή μετέ «διεθνές πρότυπο χιλιόγραμμο». Αυτός είναι ο όρισμός της μάζας και ο τρόπος που τη μετρούμε. Στην καθημερινή μας όμως ζωή έχουμε μάθει να ξεχωρίζουμε με τις αισθήσεις μας, αν ένα σώμα έχει περισσότερη μάζα από ένα άλλο. Ξέρομε ότι, για να σηκώσω ένα σώμα με μεγάλη μάζα, πρέπει να καταβάλω μεγάλη προσπάθεια, ενώ ένα σώμα με μικρή μάζα το σηκώνω σχετικά εύκολα. Τί είναι όμως αυτό που μας επιτρέπει να ξεχωρίσωμε ότι μια μάζα είναι μεγαλύτερη από μια άλλη;

Από μικρά παιδιά έχουμε παρατηρήσει ότι όλα τα υλικά σώματα έχουν την κακή συνήθεια να πέφτουν στη γη. "Αν πετάξω μια μπάλα στον αέρα, μετά από λίγο θα πέσει πάλι στο έδαφος. "Αν ένα γυάλινο ποτήρι, που κρατούμε στο χέρι μας, ξεφύγει, θα πέσει στο πάτωμα και θα σπάσει. "Έχομε δηλαδή παρατηρήσει ότι **η γη έλκει με μια δύναμη όλα τα υλικά σώματα.**

Πριν από 300 περίπου χρόνια οί μεγάλοι φυσικοί Γαλιλαίος και Νεύτων μελέτησαν με λεπτομέρεια την έλξη αυτή των υλικών σωμάτων προς τη γη και την ονόμασαν **δύναμη της βαρύτητας.** "Από τις παρατηρήσεις τους για την πτώση των υλικών σωμάτων έβγαλαν δύο σπουδαία συμπεράσματα, που είναι γνωστά ως **νόμοι της βαρύτητας.**

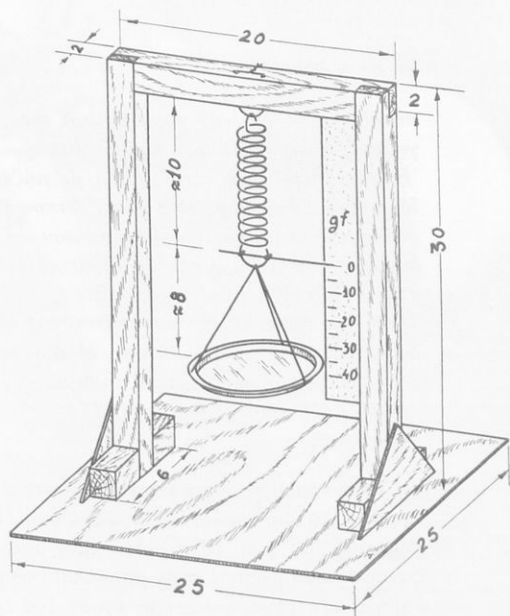
1. "Όλα τα υλικά σώματα έλκονται με μία δύναμη προς το κέντρο της γης.
2. "Η δύναμη της βαρύτητας σ' ένα σώμα κοντά στην επιφάνεια της γης είναι ανάλογη προς τη μάζα του σώματος. Δηλαδή ένα άλ

λο σώμα με διπλάσια μάζα έλκεται από τη γη με διπλάσια δύναμη.

Τα δύο αυτά συμπεράσματα έχουν πολλές εφαρμογές στην καθημερινή μας ζωή. Από τον πρώτο νόμο της βαρύτητας μπορούμε πολύ εύκολα να βρούμε «προς τα πού πέφτει» το κέντρο της γης. Μπορούμε ν' αφήσουμε από το χέρι μας ένα υλικό σώμα και να παρατηρήσουμε προς ποιά διεύθυνση πέφτει. Ακόμη καλύτερα μπορούμε να κρεμάσουμε ένα υλικό σώμα από ένα σπάγκο και να παρατηρήσουμε τη διεύθυνση που έχει ο σπάγκος, όταν το βάρος δεν αιώρηται. Η απλή αυτή συσκευή, που ονομάζεται **νήμα της στάθμης**, χρησιμοποιείται από τους οικοδόμους, για να ελέγξουν, αν ένας τοίχος του χτίζουν είναι κατακόρυφος. Μπορείτε να σκεφτήτε πώς θα χρησιμοποιούσατε το νήμα της στάθμης στο πείραμα της σελίδας 70 για τη μέτρηση της περιφέρειας της γης;

Ο δεύτερος νόμος της βαρύτητας μας επιτρέπει να συγκρίνωμε τη μάζα των διαφόρων υλικών σωμάτων, που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια της γης. Μπορούμε να μετρήσωμε τη μάζα ενός υλικού σώματος, αν μετρήσωμε τη δύναμη, με την οποία το έλκει η γη. Στη συνέχεια θα δούμε πώς μετρούμε τη δύναμη αυτή, που την ονομάζομε **βάρος** του σώματος. Για το σκοπό αυτό θα κατασκευάσωμε μία νέα συσκευή που μετράει τη δύναμη της βαρύτητας πάνω σε ένα σώμα ή, όπως λέμε, ένα **δυναμόμετρο**.

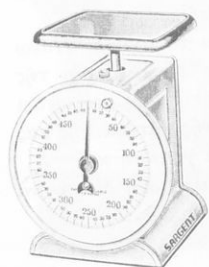
εργασία σας. Στο κάτω μέρος του ελατηρίου στερεώστε ένα μακρόν ίσιο σύρμα, που θα σας χρησιμεύσει για δείκτης. Στερεώστε, τέλος, ένα άσπρο χαρτόνι στο δεξί μέρος της κατασκευής, όπως δείχνει το σχήμα. Πάνω στο χαρτόνι θα χαραχτεί την κλίμακα της κατασκευής σας. Στο σημείο που σταματάει ο δείκτης, όταν ο δίσκος της κατασκευής σας είναι άδειος, χαραχτεί μια γραμμή και γράψτε τον αριθμό 0. Βάλτε στο δίσκο ένα σώμα με μάζα 10 g. Στο σημείο που θα



### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε ένα αρκετά ισχυρό ελατήριο, εργαλεία ξυλοκοπτικής και μερικά σταθμά, όπως αυτά που κατασκευάσατε στην προηγούμενη εργασία στο σπίτι. Κρεμάστε το ελατήριο στην κατασκευή που δείχνει το σχήμα και στο κάτω μέρος του ελατηρίου κρεμάστε έναν από τους δίσκους του ζυγού, που κατασκευάσατε στην προηγούμενη

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Κατασκευαστικό σχέδιο δυναμόμετρου. Οι διαστάσεις είναι σε εκατοστόμετρα. Μπορείτε να αυξήσετε ή να ελαττώσετε τις διαστάσεις, ανάλογα με το ελατήριο που θα χρησιμοποιήσετε.



Σύγχρονα δυναμόμετρα.

σταματήση ο δείκτης χαράζει μια νέα γραμμή και γράψτε τον αριθμό 10. Επαναλάβετε αυτή την εργασία με μάζες ίσες προς 20 g, 30 g, 40 g κλπ., ώσπου το μήκος του ελατηρίου να γίνει περίπου διπλάσιο από το αρχικό. Τι παρατηρείτε στην κλίμακα που κατασκευάσατε; Μπορείτε τώρα με την κατασκευή σας να βοηθήτε το βάρος ενός σώματος; Μετρήστε το βάρος διαφόρων σωμάτων με το δυναμόμετρο και τη μάζα τους μ' ένα ζυγό. Τι παρατηρείτε;

Το δυναμόμετρο που κατασκευάσατε είναι ένα από τα πιο διαδομένα όργανα στην καθημερινή μας ζωή. Οι περισσότερες από τις ζυγαριές που βλέπετε στον μπακάλη, στο μαανάβη ή στο ζαχαροπλαστείο έχουν ένα ελατήριο κάπου στο εσωτερικό τους. Όταν ένα υλικό σώμα βρίσκεται πάνω στη ζυγαριά, η δύναμη της βαρύτητας τεντώνει το ελατήριο και ένας δείκτης μετακινείται πάνω σε μια κλίμακα. Με τον τρόπο αυτό το δυναμόμετρο μετράει το βάρος ενός σώματος, όπως ο ζυγός μετράει τη μάζα του. Οι κλίμακες μάλιστα των δυναμόμετρων είναι έτσι κατασκευ-

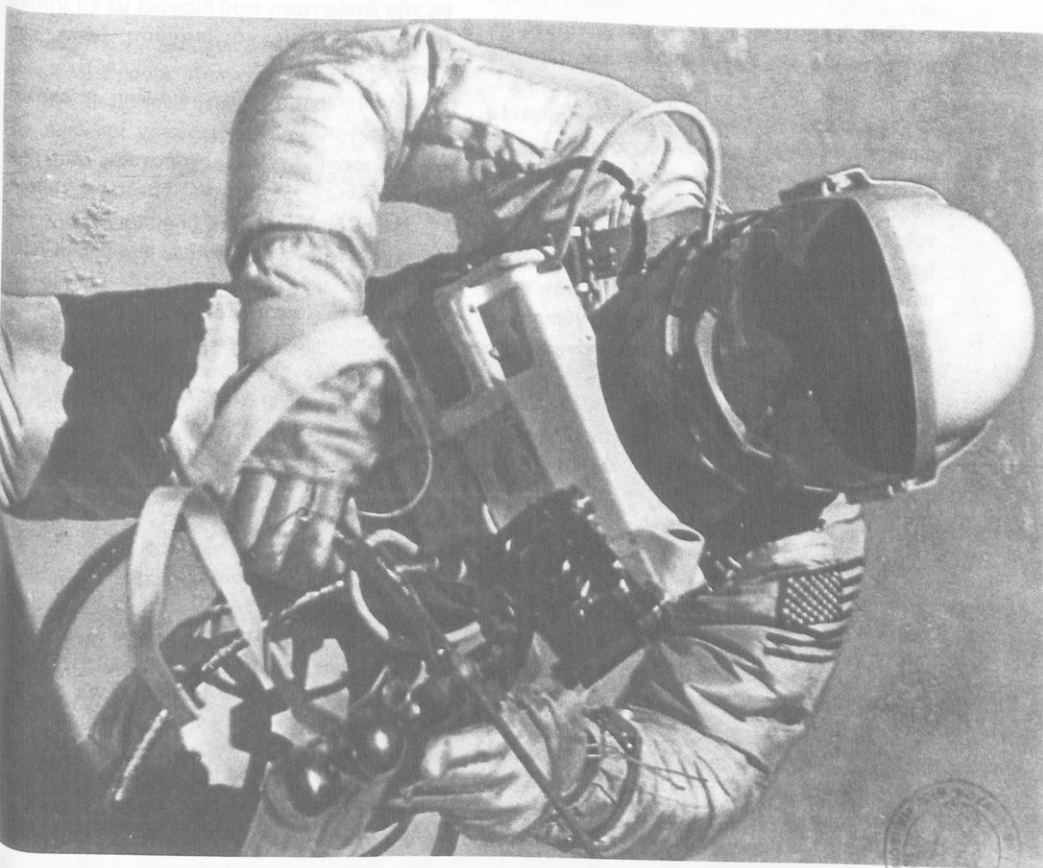
ασμένες, ώστε, όταν μετρούμε το βάρος ενός σώματος, ο δείκτης του δυναμομέτρου να δείχνει έναν αριθμό ίσο με τη μάζα του σώματος. Έτσι, η μονάδα μετρήσεως του βάρους είναι το **χιλιόγραμμα δυνάμεως** και είναι ίσο με τη δύναμη που έλκει η γη το «διεθνές πρότυπο χιλιόγραμμο», όταν αυτό βρίσκεται στην επιφάνειά της. Το χιλιόγραμμο δυνάμεως, για να το ξεχωρίσουμε από τη μονάδα μετρήσεως της μάζας, το συμβολίζουμε με τα γράμματα kgf. Για βάρη μικρότερα από 1kgf χρησιμοποιούμε ως μονάδα μετρήσεως το **γραμμάριο δυνάμεως**, που το συμβολίζουμε με τα γράμματα gf. Όπως και με τη μονάδα μετρήσεως της μάζας, έχουμε τη σχέση :

$$1 \text{ kgf} = 1000 \text{ gf}$$

Στην καθημερινή μας ζωή πολύ σπάνια ξεχωρίζουμε τη μάζα από το βάρος ενός σώματος. Όταν λέμε ότι αγοράσαμε 100 γραμμάρια βούτυρο, δε μας ενδιαφέρει και πολύ αν μιλούμε για τη μάζα του ή για το βάρος του, γιατί και τα δύο εκφράζονται με τον ίδιο αριθμό. Στην επιφάνεια της γης 100 g βούτυρο είναι η ίδια ποσότητα με 100 gf βούτυρο. Τι θα γίνει όμως, αν μεταφέρουμε τα 100 γραμμάρια βούτυρο σ' ένα ψηλό βουνό; Όσο ψηλότερα ανεβαίνουμε, τόσο μικρότερη γίνεται η δύναμη της βαρύτητας, και αν στην κορυφή ενός βουνού μετρήσαμε το βάρος των 100 g, θα το βρούμε μικρότερο από 100 gf. Αν ένας αστροναύτης μεταφέρει τα 100 g βούτυρο στο φεγγάρι και τα μετρήσει εκεί με ένα δυναμόμετρο, θα βρή ότι έχει βάρος περίπου 14 gf. Στον πλανήτη Δία το ίδιο βούτυρο θα έχη βάρος 264 gf και, όπως ίσως θα έχετε δε στην τηλεόραση ή στον κινηματογράφο, μέσο σ' ένα δορυφόρο το βούτυρο δε θα έχη καθόλου βάρος. Τι αλλάζει όμως με την κορυφή του βουνού, όταν το μεταφέρουμε στη σεληνή ή στο δορυφόρο; Μήπως αυξάνεται ή μειώνεται η ύλη του, όταν το παίρνουμε μαζί μας στην έκδρομή σ' ένα ψηλό βουνό; Δέν το πιστεύ-

ομε... "Αν μπορούσαμε να μετρήσουμε τα μόρια του, θα βρίσκαμε παντού τον ίδιο αριθμό. Άλλα και όλες οι χαρακτηριστικές ιδιότητες του βούτυρου μένουν οι ίδιες, όταν το μεταφέρουμε από τόπο σε τόπο. Πάνω στο φεγγάρι λιώνει το ίδιο εύκολα, αλείφεται το ίδιο εύκολα πάνω σε μια φέτα ψωμί και έχει την ίδια νόστιμη γεύση. Με άλλα λόγια η ποσότητα και η ποιότητα της ύλης δεν

αλλάζουν. Αντίθετα με το δυναμόμετρο που μετράει διαφορετικό βάρος για το ίδιο σώμα, αν το μεταφέρουμε από έναν τόπο σ' έναν άλλο, ο ζυγός μετράει παντού την ίδια μάζα. Αν ένα σώμα ισορροπή στο ζυγό με μια γνωστή μάζα στην επιφάνεια της γης, θα ισορροπή με την ίδια μάζα και αν τον μεταφέρουμε στο φεγγάρι ή στον πλανήτη Δία. Ένας αστροναύτης θα μετρήσει με το ζυγό



στο διάστημα, όπου η έλξη της γης είναι ελάχιστη, τα υλικά σώματα δεν έχουν βάρος. Τι συμβαίνει όμως με τη μάζα τους; Στη φωτογραφία, ο Άμερικός αστροναύτης Έντοναργι Ουάιτ ενώ «βαδίζει» στο διάστημα» έξω από το διαστημόπλοιο Τζέμινι 4, χωρίς να αισθάνεται καμιά έλξη.

100 g βούτυρο, όπου κι αν βρίσκεται, όσο ελαφρό ή βαρύ και αν του φαίνεται το βούτυρο. **Η μάζα είναι μια ιδιότητα ενός υλικού σώματος, που παραμένει σταθερή, όπως και οι άλλες ιδιότητες που χαρακτηρίζουν το σώμα.** Στη μελέτη του φυσικού κόσμου θα βρούμε ότι η μάζα είναι μια ιδιότητα πολύ πιο σπουδαία από το βάρος.

## 6. Κίνηση

Ένα αεροπλάνο περνάει στον ουρανό με πολύ θόρυβο. Πριν προλάβουμε να μετρήσουμε ως τα τρία, έχει εξαφανιστή στον ορίζοντα και ξέρομε ότι, πριν περάσουν μερικές ώρες, θα έχη προσγειωθή σε κάποια μακρινή χώρα. Την ίδια ώρα ο φουκαράς ο σαλίγκαρος, που σκαρφάλωνει με δυσκολία στον τοίχο, θα έχη άνεβη μερικά ακόμη μέτρα, ενώ η γη θα έχη καλύψει αρκετές χιλιάδες χιλιόμετρα στην τροχιά της γύρω από τον ήλιο. Κάθε μεταβολή, που παρατηρούμε γύρω μας, κάθε φαινόμενο, περιέχει κάποια κίνηση υλικών σωμάτων, άλλοτε γρήγορη κι άλλοτε άργη. Φύλλα πέφτουν από τα δέντρα, αυτοκίνητα περνούν στο δρόμο, άνθρωποι πάνε κι έρχονται. Το αίσθημα του ψυχρού και του θερμού είναι αποτέλεσμα της κινήσεως των μορίων της ύλης. Ακόμη και αυτό το πέρασμα του χρόνου το μετρούμε με την κίνηση των ουράνιων σωμάτων ή την κίνηση του εκκρεμούς. Για να περιγράψωμε λοιπόν τα διάφορα φαινόμενα, που μάς προκαλούν το ενδιαφέρον, θα πρέπει πρώτα να μάθωμε να περιγράψωμε την κίνηση των υλικών σωμάτων.

Το πρώτο πράγμα, που μάς ενδιαφέρει για την κίνηση ενός αντικειμένου, είναι «πόσο γρήγορα» ή «πόσο άργα» κινείται ή, με άλλα λόγια, ποιά είναι η **ταχύτητά** του. Η ταχύτητα είναι ένα μέγεθος πολύ γνωστό από την καθημερινή μας ζωή. Μιλούμε για την ταχύτητα, που μπορεί να «άναπτύξη» ένα αυτοκίνητο με δυνατή μηχανή, ή για ένα νέο «ρεκόρ ταχύτητας», που πέτυχε κάποιος άθλη-

τής στους Ολυμπιακούς. Συχνά άκοϋμε τους μεγαλύτερους να λένε ότι σήμερα «ζοϋμε στον αιώνα της ταχύτητας». Ξέρομε μάλιστα και πώς εκφράζομε με αριθμούς την ταχύτητα. Λέμε ότι ένα λεωφορείο τρέχει «με 40 χιλιόμετρα την ώρα» και έννοοϋμε ότι, για να διανύση το λεωφορείο μια απόσταση 40 χιλιομέτρων, θα κάνη μία ώρα. Γενικά,

**για να βρούμε την ταχύτητα ενός σώματος που κινείται, πρέπει να διαιρέσωμε την απόσταση που διανύει με το χρόνο που κάνει, για να διανύση αυτή την απόσταση.**

Για να θυμούμαστε αυτή τη σχέση, μπορούμε να γράψωμε :

$$\text{Ταχύτητα} = \frac{\text{Απόσταση}}{\text{Χρόνος}}$$

Με τη διαίρεση αυτή δημιουργήσαμε ένα νέο φυσικό μέγεθος από δύο φυσικά μεγέθη, που έχομε μελετήσει ως τώρα. Το νέο μέγεθος, ή ταχύτητα, μάς μετράει πόσο γρήγορα ή πόσο άργα κινείται ένα υλικό σώμα. Φυσικά, οι μονάδες μετρήσεως της ταχύτητας εξαρτώνται από τις μονάδες μετρήσεως που χρησιμοποιοϋμε για τη μέτρηση της απόστασεως και του χρόνου. Αν μετρήσωμε την απόσταση σε χιλιόμετρα και το χρόνο σε ώρες, τότε η μονάδα μετρήσεως της ταχύτητας είναι *χιλιόμετρα την ώρα*. Στη φυσική συνήθως χρησιμοποιοϋμε ως μονάδα μετρήσεως τα *εκατοστόμετρα το δευτερόλεπτο*. Για να τονίσωμε μάλιστα ότι η ταχύτητα προέρχεται από μια διαίρεση της απόστασεως με το χρόνο, συμβολίζομε αυτή τη μονάδα ως cm/sec. Αν ένα αυτοκίνητο τρέχει με 60 χιλιόμετρα την ώρα, μπορείτε να βρήτε ποιά είναι η ταχύτητά του σε cm/sec. Η ταχύτητα είναι μέχρι τώρα το πρώτο φυσικό μέγεθος που κατασκευάσαμε από δύο άλλα μεγέθη. Άργότερα θα δοϋμε και άλλες περιπτώσεις που χρησιμοποιοϋμε δύο ή περισσότερα μεγέθη, για να κατασκευάσωμε ένα νέο μέγεθος, που μετράει μια ιδι-



τητα που μᾶς ενδιαφέρει. Αυτό δὲν πρέπει νὰ μᾶς δώσει τὴν ἐντύπωση ὅτι τὸ νέο μέγεθος που κατασκευάζομε ἔχει μικρότερη σημασία ἀπὸ τὰ προηγούμενα. Ἡ ταχύτητα, που κατασκευάσαμε ἀπὸ τὴν ἀπόσταση καὶ τὸ χρόνο, εἶναι μιὰ ιδιότητα τοῦ σώματος τὸ ἴδιο σημαντικὴ, ὅσο ὁ ὄγκος του ἢ ἡ μάζα του. Μποροῦμε μάλιστα τώρα νὰ δοῦμε τὴ διαίρεση που γράψαμε γιὰ νὰ υπολογίζομε τὴν ταχύτητα μὲ ἄλλο μάτι. *Εἶναι ἡ σχέση, πὸν ἔχουν μεταξύ τους τὰ τρία μεγέθη, πὸν περιγράφουν τὴν κίνηση ἐνὸς σώματος.* Ἄν γνωρίζομε δύο ἀπὸ αὐτά, μποροῦμε νὰ βροῦμε τὸ τρίτο. Ἄν π.χ. ξέρομε ὅτι ἓνα λεωφορεῖο τρέχει μὲ 60 χιλιόμετρα τὴν ὥρα καὶ χρειάζεται 3 ὥρες, γιὰ νὰ πάη ἀπὸ μιὰ πόλη σὲ μιὰ ἄλλη, μποροῦμε νὰ βροῦμε τὴν ἀπόσταση μεταξύ τῶν δύο πόλεων. Μποροῦμε νὰ γράψομε :

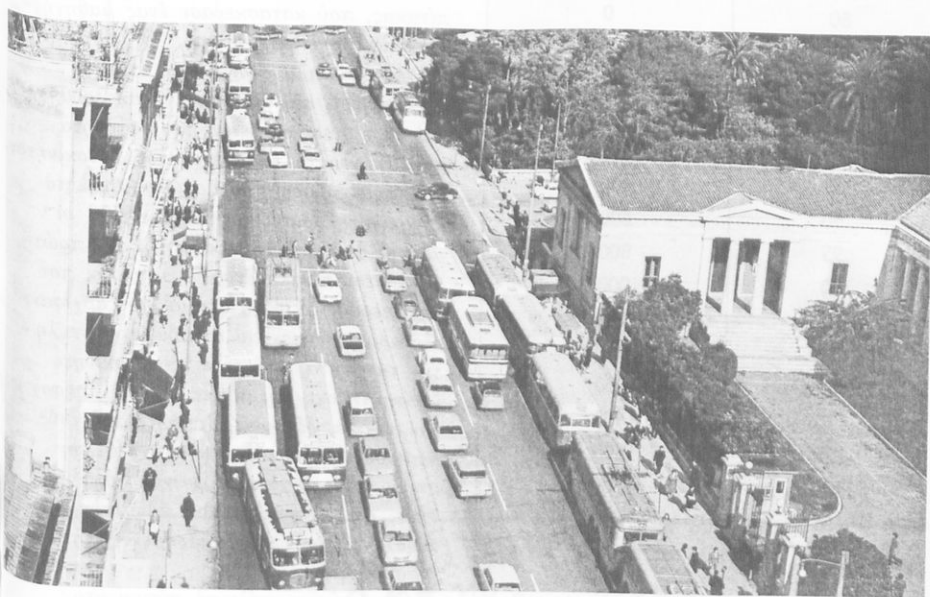
$$\text{Ἀπόσταση} = \text{Ταχύτητα} \times \text{Χρόνος}$$

Ἄν πάλι ξέρομε τὴν ταχύτητα τοῦ λεωφορείου καὶ τὴν ἀπόσταση μεταξύ τῶν δύο πόλεων, μποροῦμε νὰ υπολογίσωμε πόσο χρόνο θὰ κάνη τὸ λεωφορεῖο, γιὰ νὰ διανύσῃ αὐτὴ τὴν ἀπόσταση. Στὴν περίπτωση αὐτὴ γράφομε :

$$\text{Χρόνος} = \frac{\text{Ἀπόσταση}}{\text{Ταχύτητα}}$$

Φυσικά, οἱ δύο τελευταῖες σχέσεις δὲν εἶναι τίποτα τὸ καινούριο. Εἶναι ἡ πρώτη σχέση γραμμμένη μὲ διαφορετικὸ τρόπο, γιὰ νὰ μᾶς διευκολύνῃ, ὅταν θέλωμε νὰ υπολογίσωμε τὴν ἀπόσταση ἢ τὸ χρόνο στὴν κίνηση ἐνὸς σώματος.

Μποροῦμε ὅμως μόνο μὲ τὴν ταχύτητα νὰ περιγράψομε τὴν κίνηση ἐνὸς σώματος; Ἄν σκεφτοῦμε λίγο καλύτερα μερικὰ παραδείγματα ἀπὸ τὴν καθημερινή μας ζωὴ, θὰ δοῦμε ὅτι κάτι τέτοιο δὲν εἶναι πάντοτε δυνατό. Παρακολουθήστε ἓνα αὐτοκίνητο,



*Ἄν εἶναι δυνατόν νὰ περιγράψομε τὴν κίνηση, πὸν παρατηροῦμε στὴν καθημερινή μας ζωὴ, μόνο μὲ τὴν ταχύτητα.*

**ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ  
ΤΗΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ  
ΕΝΟΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ**

Χρόνος σε sec	Ταχύτητα σε cm/sec
0	1500
5	1500
10	1500
15	1500
20	1500
25	1200
30	900
35	600
40	300
45	0
50	0
55	0
60	0
65	0
70	0
75	0
80	200
85	400
90	600
95	800
100	1000
105	1100
110	1200
115	1300
120	1400
125	1500
130	1500
135	1500
140	1500
145	1500

που περνάει στο δρόμο με ταχύτητα 54 χιλιόμετρα την ώρα ή, αν θέλωμε να την εκφράσωμε σε άλλη μονάδα, με ταχύτητα 1500 cm/sec. "Αν κάποια στιγμή ο οδηγός του αυτοκινήτου αντίληφθη ότι ο σηματοδότης, που βρίσκεται σε μια διασταύρωση 150 μέτρα μακριά, άλλαξε από πράσινο σε κόκκινο, θα πατήσει το φρένο και σε λίγο το αυτοκίνητο θα σταματήσει τελείως πριν από τη διασταύρωση. "Αν συνεχίσετε να παρακολουθήτε το αυτοκίνητο, θα παρατηρήσετε ότι σε λίγη ώρα, που ο σηματοδότης θα αλλάξει από κόκκινο σε πράσινο, θα ξεκινήσει πάλι και θα συνεχίσει την κίνησή του, όπως πριν.

"Αν θέλετε να εργαστήτε πιο επιστημονικά, μπορείτε να γράψετε όλες αυτές τις παρατηρήσεις σε έναν πίνακα και να κατασκευάσετε μια γραφική παράσταση.

**ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ**

Στη διπλανή στήλη υπάρχει ένας πίνακας, που κατασκεύασε ένας μαθητής από τις παρατηρήσεις του. Ο μαθητής βρισκόταν δίπλα στον οδηγό ενός αυτοκινήτου, σαν αυτό που παρακολουθήσατε, και κάθε 5 sec σημείωνε την ταχύτητα που έδειχνε το ταχύμετρο του αυτοκινήτου. Οι παρατηρήσεις του άρχισαν, όταν το αυτοκίνητο βρισκόταν περίπου 500 m μακριά από ένα σηματοδότη. Στην πρώτη στήλη του πίνακα έγραψε το χρόνο, που είχε περάσει από τη στιγμή που άρχισαν οι παρατηρήσεις, και στη δεύτερη στήλη την ταχύτητα, που είχε το αυτοκίνητο εκείνη τη στιγμή. Μελετήστε με προσοχή τον πίνακα. Μπορείτε να πείτε από τους αριθμούς που υπάρχουν στη δεύτερη στήλη πότε άρχισε να φρενάρει ο οδηγός; Πότε σταμάτησε τελείως το αυτοκίνητο; Πόσην ώρα ήταν σταματημένο στη διασταύρωση; Πότε ξεκίνησε πάλι το αυτοκίνητο; Πότε ανέπτυξε την ίδια ταχύτητα που

είχε, όταν άρχισαν οι παρατηρήσεις ;

Στό κάτω μέρος της σελίδας

έχει έτοιμασθή μιιά γραφική παράσταση με άξονα χρόνο και κατακόρυφο άξονα την ταχύτητα του αυτοκινήτου.

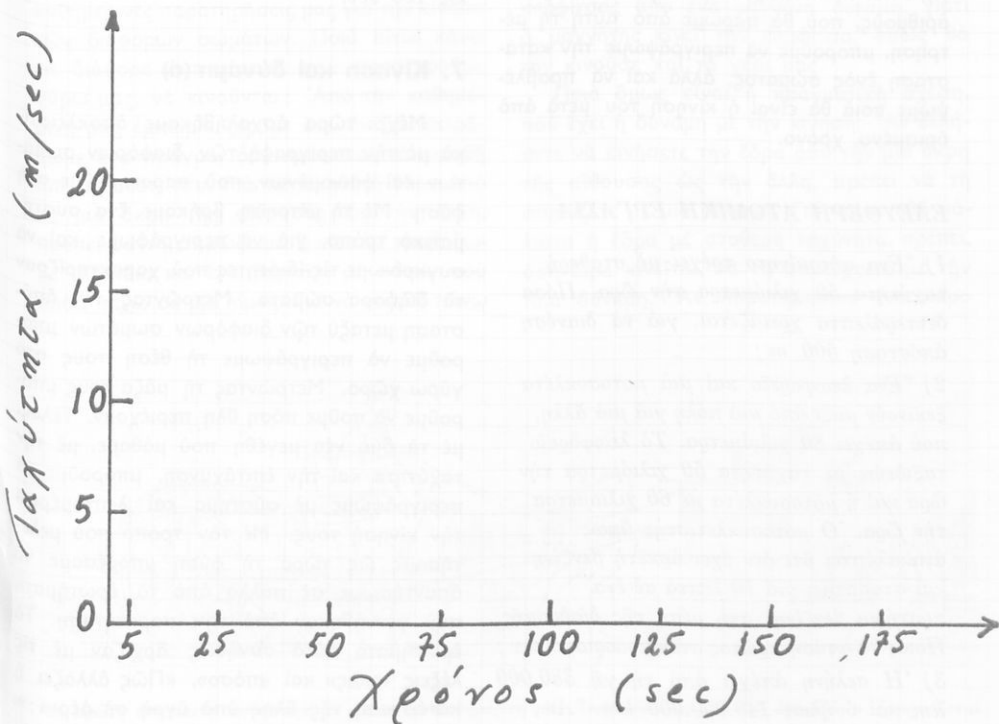
Μεταφέρετε τιά άποτελέσματα του πίνακα στη γραφική παράσταση και φέρετε μιιά όμαλή γραμμή μέσα άπό όλα τιά σημεία.

Έξηγήστε στό τετράδιό σας με λίγα λόγια πώς ή γραμμή που χαράξατε περιγράφει την κίνηση του αυτοκινήτου.

Πώς είναι ή γραμμή, όταν φρενάρι ή όδηγός ;

Πώς είναι, όταν ξεκινά πάλι τό αυτοκίνητο ;

Άν μελετήσωμε με προσοχή τόν πίνακα και τη γραφική παράσταση της έργασίας μας, θα καταλάβωμε άμέσως ότι δέν είναι δυνατόν νά περιγράψωμε την κίνηση του αυτοκινήτου, στό χρονικό διάστημα που ό όδηγός φρενάρι, με τόν τρόπο που χρησιμοποιήσαμε προηγουμένως, γιατί ή ταχύτητά του συνεχώς αλλάζει. Είναι φανερό ότι, για νά περιγράψωμε την κίνηση του αυτοκινήτου σ' αύτή την περίπτωση, χρειαζόμαστε ένα άλλο μέγεθος, που νά μās λή πώς αλλάζει ή ταχύτητά του. Τό νέο μέγεθος, που χρειαζόμαστε για την περιγραφή της κίνησης, μās μετράει πόσο αυξάνεται ή ελατ-



τώνεται ή ταχύτητα ενός σώματος κάθε δευτερολέπτο. Είναι ή «ταχύτητα, με την οποία αλλάζει ή ταχύτητα», όπως την ονόμασε παλαιότερα ένας μεγάλος φυσικός ή, όπως λέμε σήμερα με μιὰ λέξη, ή **επιτάχυνση**.

Με τις δύο ιδιότητες, που χαρακτηρίζουν την κίνηση, με την ταχύτητα και την επιτάχυνση, μπορούμε πια να περιγράψουμε κάθε κίνηση που παρατηρούμε στην καθημερινή μας ζωή. Τὰ περισσότερα σώματα, που βλέπουμε γύρω μας να κινούνται, τὰ πουλιά που πετούν στον ούρανό, τὰ αυτοκίνητα που τρέχουν στο δρόμο ή τὰ αντικείμενα, που πέφτουν στο έδαφος, όταν τὰ άφήσουμε, κινούνται με ταχύτητα που συνεχώς αλλάζει. Για να περιγράψουμε την κίνησή τους, πρέπει να μετρήσουμε την ταχύτητα και την επιτάχυνσή τους. Με τους δύο άριθμούς, που θά πάρωμε από αυτή τή μέτρηση, μπορούμε να περιγράψωμε την κατάσταση ενός σώματος, αλλά και να προβλέψωμε ποιά θά είναι ή κίνησή του μετά από όρισμένο χρόνο.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

- 1) "Ένα αυτοκίνητο τρέχει με σταθερή ταχύτητα 50 χιλιόμετρα την ώρα. Πόσο δευτερολέπτα χρειάζεται, για να διανύση απόσταση 500 m ;
- 2) "Ένα λεωφορείο και μιὰ μοτοσυκλέτα ξεκινούν μαζί από μιὰ πόλη για μιὰ άλλη, που απέχει 80 χιλιόμετρα. Το λεωφορείο ταξιδεύει με ταχύτητα 50 χιλιόμετρα την ώρα και ή μοτοσυκλέτα με 60 χιλιόμετρα την ώρα. "Ο μοτοσυκλετιστής όμως ανακαλύπτει ότι δεν έχει άρκετή βενζίνη και σταματάει για 10 λεπτά σε ένα πρατήριο βενζίνης στη μέση τής διαδρομής. Ποιός θά φτάση πρώτος στον προορισμό του ;
- 3) "Η σελήνη απέχει από τή γή 380.000 km και ο ήλιος 149.000.000 km. "Αν ένα διαστημόπλοιο χρειάζεται τρεις μέρες,

για να ταξιδέψη από τή γή στη σελήνη, με πόση ταχύτητα ταξιδεύει ; Πόσο χρόνο χρειάζεται το ίδιο διαστημόπλοιο, για να ταξιδέψη από τή γή στον ήλιο ;

4) Παρατηρήστε πάλι με προσοχή τόν πίνακα, που περιγράφει την κίνηση του αυτοκινήτου, στην προηγούμενη εργασία. Προσπαθήστε να περιγράψετε πώς αλλάζει ή ταχύτητα στο χρονικό διάστημα από 20 sec ως 45 sec. Πόσο ελαττώνεται ή ταχύτητα του αυτοκινήτου μέσα στα 5 sec από μιὰ παρατήρηση ως την επόμενη ; Πόσο ελαττώνεται ή ταχύτητα σε κάθε δευτερολέπτο ;

Επαναλάβετε την περιγραφή αυτή για το χρονικό διάστημα από 75 sec ως 100 sec και για το χρονικό διάστημα από 100 sec ως 125 sec.

## 7. Κίνηση και δύναμη (α)

Μέχρι τώρα άσχοληθήκαμε άποκλειστικά με την περιγραφή των διαφόρων σωμάτων και φαινομένων, που παρατηρούμε στη φύση. Με τή μέτρηση βρήκαμε ένα συστηματικό τρόπο, για να περιγράψωμε και να συγκρίνωμε τις ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τὰ διάφορα σώματα. Μετρώντας την απόσταση μεταξύ των διαφόρων σωμάτων μπορούμε να περιγράψωμε τή θέση τους στο γύρω χώρο. Μετρώντας τή μάζα τους μπορούμε να πούμε πόση ύλη περιέχουν. Τέλος, με τὰ δύο νέα μεγέθη που μάθαμε, με την ταχύτητα και την επιτάχυνση, μπορούμε να περιγράψωμε με σύστημα και λεπτομέρεια την κίνησή τους. Με τόν τρόπο που μελετήσαμε ως τώρα τή φύση μπορέσαμε να άπαντήσωμε σε πολλά από τὰ έρωτήματα που γεννήθηκαν από την παρατήρηση. Τὰ έρωτήματα αυτά συνήθως άρχιζαν με τις λέξεις «πώς» και «πόσο». «Πώς αλλάζει ή κατάσταση τής ύλης υπό ύγρή σε άερια ;» «Πόσο μακριά είναι ή σελήνη από τή γή ;»

ή «Πόσο χρόνο χρειάζεται η γη, για να κάνει μια περιφορά γύρω από τον ήλιο;» «Υπάρχει όμως και μια άλλη κατηγορία από ερωτήματα, που δεν έχουμε ακόμη εξετάσει. Είναι τα ερωτήματα, που ξεφεύγουν από την απλή περιγραφή και προσπαθούν να βρουν την αιτία πίσω από τα διάφορα φαινόμενα. Συνήθως αυτά τα ερωτήματα αρχίζουν με τη λέξη «γιατί». «Γιατί τα μόρια κινούνται μέσα στην ύλη;» «Γιατί το φεγγάρι γυρίζει γύρω από τη γη;» ή, γενικά, «Γιατί ένα σώμα κινείται, αλλάζει ταχύτητα ή σταματάει τελειώς;» Στη συνέχεια θα εξετάσουμε παρόμοια ερωτήματα. Οί άπαντήσεις, που θα πάρουμε, θα μάς επιτρέψουν να καταλάβουμε την αιτία πίσω από τα διάφορα φαινόμενα, που τώρα πια ξέρομε να περιγράψουμε.

“Ας δοϋμε όμως πρώτα τί μάς λένε οί καθημερινές παρατηρήσεις μας για την κίνηση των διαφόρων σωμάτων. Ποιά αιτία κάνει τα διάφορα αντικείμενα, που παρατηρούμε γύρω μας, να κινούνται; “Από την καθημερινή μας έμπειρία ξέρομε ότι, αν δεν πειράζουμε ένα πράγμα, δεν πρόκειται να κινηθί από τη θέση του. Για να κινηθί ή έδρα από τη μιá άκρη της αίθουσας ως την άλλη, πρέπει να τη σπρώξωμε ή να την τραβήξωμε. Τό ίδιο και ένα βαρκάκι με πανιά, που πλέει πάνω σε μιá λίμνη. Για να κινηθί πάνω

στην επιφάνεια της λίμνης, πρέπει να τό σπρώξω ή άνεμος ή τό κύμα. “Αν εξετάσωμε κάθε κίνηση γύρω μας, θα βρούμε ότι έχει ως αιτία της κάποιο «σπρώξιμο» ή «τράβηγμα» ή, όπως λέμε με μιá λέξη, κάποια **δύναμη**.

Τη λέξη *δύναμη* τη συναντήσαμε πολλές φορές ως τώρα. Μιλήσαμε για την παραγωγή έργου από μιá δύναμη, για τίς δυνάμεις συνοχής μεταξύ των μορίων και για τη δύναμη της βαρύτητας. Η δύναμη είναι κάτι που έχουμε μάθει να ξεχωρίζωμε από μικρά παιδιά, με την προσπάθεια που κάνουν οί μϋς μας, όταν κινούμε ένα αντικείμενο. Με τη συστηματική όμως παρατήρηση της φύσης έχουμε δώσει στη δύναμη μιá πλατύτερη έννοια : *τη βλέπομε ως τό αίτιο για κάθε κίνηση στο γύρω μας κόσμο*. Χωρίς να σκεφτούμε πολύ, ονομάζωμε την έλξη μιás καρφίτσας από ένα μαγνήτη *δύναμη*, γιατί ό μαγνήτης κινεί την καρφίτσα, όπως θα την κινούσε και τό χέρι μας.

Ποιά όμως είναι ή πραγματική σχέση, που έχει ή δύναμη με την κίνηση; “Αν θελήσετε να κινήσετε την έδρα από την μιá άκρη της αίθουσας ως την άλλη, πρέπει να τη σπρώξετε με μιá δύναμη. Για να κινηθί μάλιστα ή έδρα με σταθερή ταχύτητα, πρέπει, όση ώρα κινείται, να τη σπρώχνετε με την ίδια δύναμη. “Αν παρατηρήσετε ένα κάρο



*“Η πρώτη εντύπωση που παίνομε από την καθημερινή μας ζωή είναι ότι, αν σε ένα σώμα εφαρμόζεται μιá σταθερή δύναμη, τό σώμα αυτό κινείται με σταθερή ταχύτητα.*

που προχωρεί με σταθερή ταχύτητα σε ένα άγροτικό δρόμο, θα δήτε ότι όλη την ώρα το άλογο το τραβάει με την ίδια δύναμη. Η πρώτη εντύπωση που παίρνομε από την καθημερινή μας ζωή είναι ότι, αν σε ένα σώμα εφαρμόζεται μια σταθερή δύναμη, το σώμα αυτό κινείται με σταθερή ταχύτητα. Στο συμπέρασμα μάλιστα αυτό έφτασε και ο Άριστοτέλης, που έγραψε την πρώτη φυσική πριν από 2300 χρόνια. Πόσο σωστή όμως είναι αυτή η εντύπωση;

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε μια σιδερένια μπίλια και το δυναμόμετρο, που κατασκευάσατε στην προηγούμενη εργασία σας.

Μετρήστε το βάρος της μπίλιας με το δυναμόμετρο στην αλλη του σχολείου σας και σε δύο ή τρία άλλα μέρη, που βρίσκονται σε κάποιο ύψος από την αλλη: στο παράθυρο της τάξης σας, στο παράθυρο του δεύτερου πατώματος, αν το σχολείο σας είναι διώροφο, και στην ταράτσα του σχολείου σας.

Θυμηθείτε ότι, μετρώντας το βάρος της μπίλιας, μετράτε τη δύναμη με την οποία την έλκει η γη. Βρίσκετε καμιά διαφορά στο βάρος της μπίλιας στα διάφορα ύψη;

Αφήστε την μπίλια να πέση από ύψος ενός μέτρου από την επιφάνεια του εδάφους.

Ζητήστε από ένα συμμαθητή σας να αφήσει την μπίλια να πέση από το παράθυρο της τάξης, από το δεύτερο όροφο και από την ταράτσα. Μπορείτε καλύτερα να κανονίσετε, ώστε τρεις συμμαθητές σας να αφήσουν τρεις όμοιες μπίλιες να πέσουν ταυτόχρονα από τρία διαφορετικά ύψη.

Τι παρατηρείτε για το χρόνο που κάνουν οι μπίλιες, για να πέσουν από τα τρία διαφορετικά ύψη;

Τι μπορείτε να πείτε για την ταχύτητα που έχει η κάθε μπίλια, όταν φτάνη στο έδαφος;

Στα πειράματα της προηγούμενης εργασίας χρησιμοποιήσαμε τη δύναμη της βαρύτητας, για να μελετήσουμε πώς κινείται ένα αντικείμενο, όταν το κινή μια σταθερή δύναμη. Από τις μετρήσεις μάλιστα που κάναμε με το δυναμόμετρο είδαμε ότι η δύναμη της βαρύτητας, που κάνει την μπίλια να πέφτει, είναι ίδια σε όλο το ύψος του κτιρίου του σχολείου. Βεβαιωθήκαμε δηλαδή ότι, όση ώρα πέφτει η μπίλια, την κινεί πράγματι μια σταθερή δύναμη. Στη συνέχεια παρατηρήσαμε ότι ο χρόνος που κάνει μια μπίλια, για να πέση στο έδαφος, εξαρτάται από το ύψος που ξεκίνησε. Δηλαδή, παρατηρήσαμε ότι, αυξάνοντας το ύψος από το οποίο ξεκινάει, αυξάνομε το χρονικό διάστημα που η δύναμη της βαρύτητας κινεί την μπίλια. Τέλος, παρατηρήσαμε ότι, όσο μεγαλώνει το ύψος, τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα, που έχει η μπίλια, όταν φτάνη στο έδαφος.

Από τις παρατηρήσεις αυτές είναι εύκολο να βγάλωμε το συμπέρασμα ότι, όσο περισσότερο χρόνο μια σταθερή δύναμη κινεί ένα σώμα, τόσο περισσότερο αυξάνει η ταχύτητά του. Το συμπέρασμα αυτό είναι τελείως αντίθετο με το συμπέρασμα του Άριστοτέλη. Χρειάστηκε να περάσουν σχεδόν 2000 χρόνια, ως την εποχή των δύο μεγάλων φυσικών, του Γαλιλαίου (1564 - 1642) και του Νεύτωνα (1642 - 1727), και να γίνουν πολλές προσεκτικές μετρήσεις και πειράματα, για να ανακαλύψουν οι άνθρωποι την πραγματική σχέση, που έχει η δύναμη με την κίνηση. Ο Γαλιλαίος, παρατηρώντας την κίνηση διαφόρων σωμάτων πάνω σε οριζόντιες επιφάνειες, προσπάθησε πρώτ' απ' όλα να καταλάβη τί συμβαίνει σε ένα σώμα, όταν δεν εφαρμόζεται πάνω του καμιά δύναμη. Από τις παρατηρήσεις του αυτές έφτασε στο συμπέρασμα ότι :

1) **Αν πάνω σε ένα ακίνητο σώμα δεν εφαρμόζεται καμιά δύναμη, τότε το σώμα παραμένει ακίνητο.**

2) "Αν ένα σώμα κινηται, χωρίς να εφαρμόζεται πάνω του καμιά δύναμη, τότε συνεχίζει να κινηται με σταθερή ταχύτητα σε μια ευθεία γραμμή.

## 8. Κίνηση και δύναμη (6)

Η ανακάλυψη αυτή του Γαλιλαίου, που είναι γνωστή σήμερα ως **άρχη τής αδράνειας**, είναι αντίθετη με τις καθημερινές εμπειρίες μας. Ξέρομε, βέβαια, ότι ένα σώμα, που αυτή τη στιγμή είναι ακίνητο, θα παραμείνη ακίνητο, αν δεν εφαρμοσθή πάνω του μια δύναμη. "Αν όμως παρατηρήσωμε οποιοδήποτε σώμα που κινείται, χωρίς να το σπρώχνη καμιά δύναμη, όπως ένας βόλος που κυλά ελεύθερα πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια, θα δοῦμε ότι η ταχύτητά του συνέχεια ελαττώνεται και κάποια στιγμή σταματά. "Αν η άρχη τής αδράνειας περιγράφη την κίνηση των υλικών σωμάτων, τότε πώς μπορούμε να εξηγήσωμε τις παρατηρήσεις μας αυτές;

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστήτε ένα αντικείμενο με μάζα περίπου ένα χιλιόγραμμα, όπως ένα

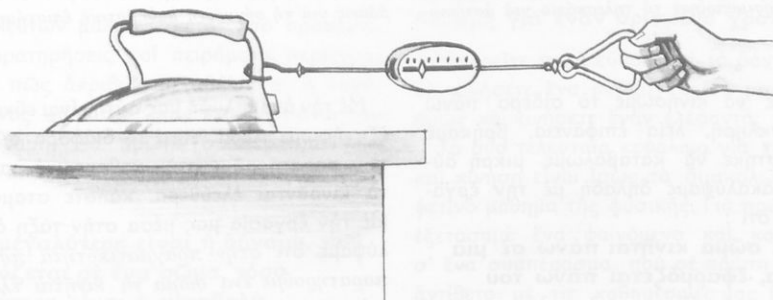
ηλεκτρικό σίδερο, και ένα δυναμόμετρο (κανταράκι), σαν αυτό που δείχνει η εικόνα τής σελίδας 82.

Δέστε το ηλεκτρικό σίδερο με ένα σπάγκο και βάλτε το πάνω στην έδρα, όπως δείχνει η εικόνα.

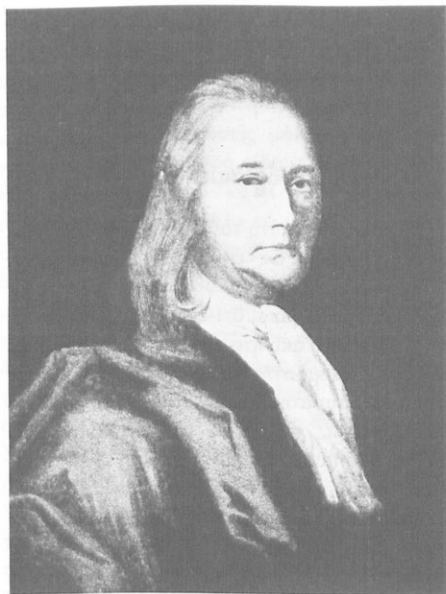
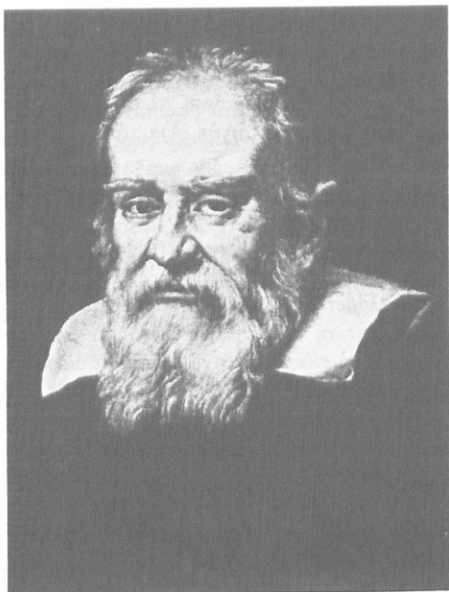
Τραβήξτε άργα το σίδερο με το δυναμόμετρο, ώσπου να αρχίση να κινηται. Την ώρα που αρχίζει να κινηται, σημειώστε τη δύναμη που δείχνει το δυναμόμετρο.

Επαναλάβετε την προηγούμενη εργασία μετρώντας τη δύναμη που χρειάζεται, για να κινήσετε το σίδερο, όταν το βάλετε σε διάφορες επιφάνειες, όπως το πάτωμα τής τάξης, μια μαρμάρινη επιφάνεια, ένα χαλί ή οποια άλλη επίπεδη επιφάνεια βρήτε. Γι παρατηρείτε ;

Στην παραπάνω εργασία μας παρατηρήσαμε ότι, για να κινήσωμε το σίδερο, δηλαδή για να αλλάξωμε την ταχύτητά του, χρειάστηκε να καταβάλωμε κάποια δύναμη, που μετρήσαμε με το δυναμόμετρο. Παρατηρήσαμε μάλιστα ότι η δύναμη αυτή ήταν διαφορετική στις διάφορες επιφάνειες. Όταν κινήσαμε το σίδερο πάνω σε ένα χαλί, παρατηρήσαμε ότι χρειάστηκε να καταβάλωμε αρκετή δύναμη. Αντίθετα, όταν προ-



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ Μετρήστε με το δυναμόμετρο τη δύναμη τής τριβής, που εξασκεί η έδρα στο σίδερο.



**ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ (1564 - 1642).** Μεγάλος Ίταλός φυσικός, αστρονόμος και μαθηματικός. Ο Γαλιλαίος είναι γνωστός ως ο θεμελιωτής της πειραματικής επιστήμης. Απόγονος αριστοκρατικής οικογένειας της Πίζας σπούδασε στην αρχή ιατρική, αλλά γρήγορα την εγκατέλειψε και αφοσιώθηκε στα μαθηματικά και τη φυσική. Μελέτησε την ελεύθερη πτώση των σωμάτων και ανακάλυψε τους νόμους του εκκρεμοῦς. Κατασκεύασε το πρώτο θερμομότρο και είναι ο πρώτος που χρησιμοποίησε το τηλεσκόπιο για αστρονο-

μικές παρατηρήσεις. Έτσι ανακάλυψε τους δορυφόρους του πλανήτη Δία και τις ήλιακές κηλίδες. Η σύγχρονη φυσική αοχίζει με τον Γαλιλαίο.

**ΙΣΑΑΚ ΝΕΥΤΩΝ (1642 - 1727)** Βρετανός μαθηματικός, φυσικός, αστρονόμος και φιλόλογος. Μελέτησε τη δύναμη της βαρύτητας, την κίνηση των ουρανίων σωμάτων και τη σύνθεση του φωτός. Ταυτόχρονα με τον μεγάλο μαθηματικό Λάιμπνιτς έθεσε τις βάσεις για τη σύγχρονη μαθηματική επιστήμη.

σπαθήσαμε να κινήσωμε τὸ σίδηρο πάνω σὲ μιὰ σκληρὴ, λεία ἐπιφάνεια, βρήκαμε ὅτι χρειάστηκε νὰ καταβάλωμε μικρὴ δύναμη. Ἀνακαλύψαμε δηλαδὴ μετὴν ἐργασία μας ὅτι :

**ὅταν ἓνα σῶμα κινῆται πάνω σὲ μιὰ ἐπιφάνεια, ἐφαρμόζεται πάνω του μιὰ δύναμη ἀντίθετη πρὸς τὴν κίνησή του: ἡ δύναμη αὐτὴ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τῆς ἐπιφάνειας.**

Μετὴν ἀνακάλυψή μας αὐτὴ εἶναι εὐκολο νὰ ἐξηγήσωμε τώρα γιατί τὰ διάφορα σῶματα, ποὺ παρατηροῦμε στὴν καθημερινὴ μας ζωὴ νὰ κινοῦνται ἐλεύθερα, κάποτε σταματοῦν. Μετὴν ἐργασία μας μέσα στὴν τάξη ἀνακαλύψαμε ὅτι στὴν πραγματικότητα ποτὲ δὲν παρατηροῦμε ἓνα σῶμα νὰ κινῆται ἐλεύθερα πάνω σὲ μιὰ ὀριζόντια ἐπιφάνεια. Πάντοτε ὑπάρχει μιὰ δύναμη, ποὺ τὴν ὀνομάζομε **δύναμη τριβῆς**, ἀντίθετη πρὸς τὴν κίνηση



του σώματος. "Έτσι, για να κινήσωμε την έδρα από τη μιάν άκρη της αΐθουσας ώς την άλλη με σταθερή ταχύτητα, πρέπει να καταβάλλωμε συνέχεια μιὰ δύναμη, που εΐναι ίση με τὴ δύναμη τῆς τριβῆς που ἐφαρμόζεται από τὸ πάτωμα στὴν έδρα.

Ἡ δύναμη τῆς τριβῆς ἦταν ἀκριβῶς ὁ λόγος που ὁ Ἀριστοτέλης ἔφτασε σὲ λαθεμένο συμπέρασμα ἀπὸ τὶς παρατηρήσεις του. Ἀντίθετα, ὁ Γαλιλαῖος, που ἀνακάλυψε ὅτι πάντοτε ὑπάρχει ἡ δύναμη τῆς τριβῆς, ἔφτασε στὸ σωστὸ συμπέρασμα, που εΐναι ἡ ἀρχὴ τῆς ἀδράνειας.

Εἶδαμε πῶς κινεῖται ἓνα σῶμα, ὅταν πάνω του δὲν ἐφαρμόζεται καμιά δύναμη : *κινεῖται σὲ μιὰ εὐθεία γραμμὴ με σταθερὴ ταχύτητα*. Τί θὰ συμβῆ ὅμως, ἂν σὲ ἓνα σῶμα ἐφαρμόσωμε μιὰ δύναμη; Ἴσως ὑποπευόμαστε τὴν ἀπάντηση στὸ ἐρώτημα αὐτὸ ἀπὸ ὅσα εἶπαμε γιὰ τὴν ἐπίδραση τῆς δυνάμεως τῆς βαρύτητας σὲ ἓνα σῶμα που πέφτει. Πρῶτος ὁ Νεύτων, μετὰ ἀπὸ τὴν ἀνακάλυψη τῆς ἀρχῆς τῆς ἀδράνειας ἀπὸ τὸν Γαλιλαῖο, διατύπωσε τὴ σχέση μεταξύ δυνάμεως καὶ κινήσεως :

**Τὸ ἀποτέλεσμα μιᾶς δυνάμεως πάνω σὲ ἓνα σῶμα εἶναι ν' ἀλλάξῃ ἡ ταχύτητα τοῦ σώματος ἢ ἡ διεύθυνση, πρὸς τὴν ὁποία κινεῖται.**

Ὁ Νεύτων μάλιστα, μετὰ ἀπὸ προσεκτικὲς παρατηρήσεις καὶ πειράματα, περιέγραψε καὶ πῶς ἀκριβῶς μεταβάλλεται ἡ ταχύτητα ἐνὸς σώματος, ὅταν ἐπιδρᾷ πάνω του μιὰ δύναμη. Τὸ πρῶτο συμπέρασμα που ἔβγαλε ἀπὸ τὶς παρατηρήσεις του ἦταν πολὺ ἀπλό :

**Ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ δύναμη, που ἐφαρμόζεται σὲ ἓνα σῶμα, τόσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητάς του.**

Ἀσφαλῶς θὰ ἔχετε φτάσει στὸ ἴδιο συμπέ-

ρασμα με τὸν Νεύτωνα, ἂν ἔχετε προσπαθήσει νὰ κινήσετε ἓνα φορτωμένο καρτσάκι. Μὲ ὅλη σας τὴ δύναμη μπορεῖτε νὰ τὸ κινήσετε πολὺ ἀργά. Ὁ πατέρας σας ὅμως, που ἔχει πολὺ μεγαλύτερη δύναμη, μπορεῖ στὸν ἴδιο χρόνο νὰ τὸ κἀνῃ νὰ κινῆται πολὺ γρήγορα. Ἀντίθετα, ὅταν τὸ καρτσάκι κινῆται, μετὰ μεγάλη δυσκολία μπορεῖτε νὰ τὸ σταματήσετε. Ὁ πατέρας σας ὅμως, μετὰ τὴν μεγαλύτερη δύναμὴ του, τὸ σταματᾷ, δηλαδὴ ἀλλάζει τὴν ταχύτητά του, πολὺ πιὸ εὐκολα.

Τί θὰ συμβῆ ὅμως, ἔστω καὶ μετὰ τὴ μικρὴ σας δύναμη, ἂν συνεχίζετε νὰ σπρώχνετε τὸ καρτσάκι; Ὅσο περισσότερο χρόνο τὸ σπρώχνετε, τόσο πιὸ γρήγορα κινεῖται. Στὸ ἴδιο συμπέρασμα μετὰ σᾶς ἔφτασε καὶ ὁ Νεύτων : **Ὅσο περισσότερο χρόνο ἐφαρμόζεται μιὰ δύναμη σὲ ἓνα σῶμα, τόσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητάς του.**

Τέλος, ἀπὸ τὶς παρατηρήσεις του ὁ Νεύτων ἀνακάλυψε ὅτι ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητας, ἐκτὸς ἀπὸ τὴ δύναμη καὶ τὸ χρόνο που ἐφαρμόζεται πάνω σὲ ἓνα σῶμα, ἐξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὴ μάζα τοῦ σώματος.

**Ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ μάζα ἐνὸς σώματος, τόσο μικρότερη εἶναι ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητάς του, ὅταν ἐφαρμόσωμε πάνω στὸ σῶμα μιὰ δύναμη γιὰ ἓναν ὀρισμένο χρόνο.**

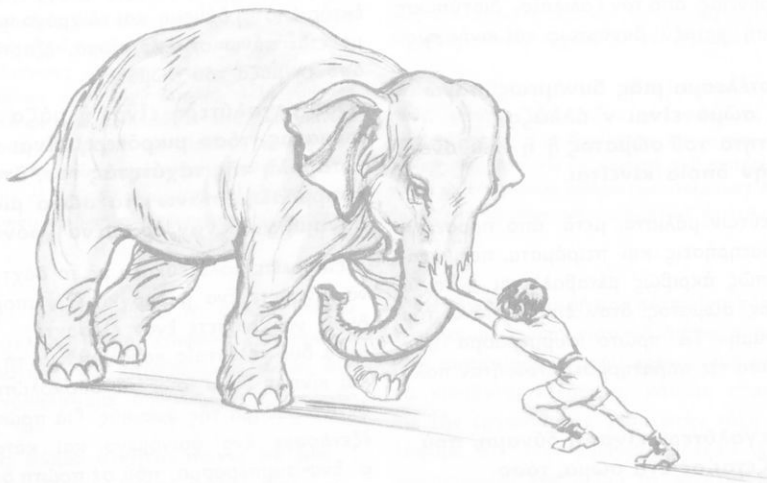
Μπορεῖτε πολὺ εὐκολα μετὰ τὸ δάχτυλό σας νὰ κινήσετε ἓνα μυρμηγκί. Θὰ μπορούσατε ὅμως νὰ κινήσετε ἓναν ἐλέφαντα;

Τὰ δύο τελευταῖα κεφάλαια γιὰ τὴ δύναμη καὶ κίνηση εἶναι ἴσως τὰ δυσκολώτερα στὸ φετινὸ μάθημα τῆς φυσικῆς. Γιὰ πρώτη φορὰ ἐξετάσαμε ἓνα φαινόμενο καὶ καταλήξαμε σ' ἓνα συμπέρασμα, που σὲ πρώτη ὄψη ἦταν ἀντίθετο μετὰ τὶς καθημερινὲς μας ἐμπειρίες. Κατορθώσαμε ὅμως μετὰ τὴν προσεκτικὴ παρατήρηση νὰ ἀπομονώσωμε τὸ φαινόμενο που μᾶς ἐνδιαφέρει ἀπὸ ἄλλα φαινόμενα, που

μπορούν να μᾶς μπερδέψουν, ὅπως ἡ τριβή, καὶ νὰ φτάσουμε στὸ σωστὸ συμπέρασμα. Ἔτσι, εἶδαμε τὴ δύναμη ὡς τὸ αἴτιο γιὰ κάθε ἀλλαγὴ τῆς ταχύτητας ἐνὸς σώματος. Ἀνακαλύψαμε ὅτι, ἂν σ' ἕνα σῶμα δὲν ἐφαρμόζεται καμιά δύναμη, τότε τὸ σῶμα αὐτὸ παραμένει ἀκίνητο ἢ, ἂν κινῆται, συνεχίζει νὰ κινῆται σὲ μιὰ εὐθεία γραμμὴ, χωρὶς νὰ ἀλλάξῃ ταχύτητα. Τὴ μεγάλη αὐτὴ ἀνακάλυψη τὴν ὀνομάσαμε ἀρχὴ τῆς ἀδράνειας.

### ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Ἔχομε μιλήσει γιὰ τὸ ἔργο πὺν παράγομε, ὅταν πετοῦμε ἕνα βόλο. Ὅταν ὁ βόλος φεύγῃ ἀπὸ τὸ χέρι μας, ἔχει ἐνέργεια ἴση μὲ τὸ ἔργο πὺν κάναμε, ὅταν τὸν πετάξαμε. Μὲ ὅσα ξέρετε γιὰ τὴ δύναμη τῆς τριβῆς καὶ τὴ διατήρηση τῆς ἐνέργειας, μπορεῖτε νὰ ἐξηγήσετε γιὰτί τελικὰ ὁ βόλος σταματᾷ ;*



*Ὅσο μεγαλύτερη εἶναι ἡ μάζα ἐνὸς σώματος, τόσο μικρότερη εἶναι ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητάς του, ὅταν ἐφαρμόσουμε πάνω στὸ σῶμα μιὰ δύναμη γιὰ ἕνα ὀρισμένο χρόνο.*

### 9. Ἀπλὲς μηχανές

Ἡ πρώτη μορφή ἐνέργειας πὺν γνωρίσαμε ἦταν ἡ θερμικὴ ἐνέργεια, πὺν προέρχεται ἀπὸ τὴ συνεχῆ κίνηση τῶν μορίων πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις. Μιὰ ἄλλη μορφή ἐνέργειας, πὺν εἶδαμε, εἶναι ἡ ἐνέργεια πὺν ἔχει ἕνα σῶμα, ὅταν ὅλα τὰ μέρη του κινῶνται μαζί πρὸς τὴν ἴδια κατεύθυνση. Τὴν ἐνέργεια αὐτὴ τὴν ὀνομάζομε **κινητικὴ** ἢ **μηχανικὴ** ἐνέργεια καὶ τὴν ἔχομε δεῖ σὲ πολλὰ παραδείγματα : ἕνας βόλος πὺν κυλάει, ἕνα παιδί πὺν τρέχει, μιὰ πέτρα πὺν πέφτει ἀπὸ τὴ δύναμη τῆς βαρύτητας ἢ ἕνα σφυρὶ πὺν πέφτει μὲ ὄρμη πάνω σ' ἕνα καρφί.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὴ θερμικὴ ἐνέργεια ἡ πρώτη μορφή ἐνέργειας, πὺν χρειάστηκε ὁ ἄνθρωπος γιὰ τὶς ἄμεσες ἀνάγκες του, ἦταν ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια. Χρειάστηκε μηχανικὴ ἐνέργεια, γιὰ νὰ χτίσῃ τὸ σπίτι του, νὰ καλλιεργῆσῃ τὸ χωράφι του καὶ νὰ κληρηθῇ τὴν τροφή του. Πολὺ γρήγορα ὁμως ὁ πρωτόγονος ἄνθρω-

πος ανακάλυψε πόσο περιορισμένες ήταν οι δικές του δυνάμεις. 'Ακόμα και με τη βοήθεια των κατοικίδιων ζώων, που μπόρεσε να εξημερώσει, υπήρχαν μεγάλες πέτρες που δεν μπορούσε να σηκώσει, δέντρα που δεν μπορούσε να κόψει και φορτία που δεν μπορούσε να μεταφέρει. 'Ετσι σιγά σιγά άρχισε να κατασκευάζει τις πρώτες **μηχανές**, που μετέτρεπαν το έργο, που μπορούσε να παράγει με τις δυνάμεις του, σε μηχανική ενέργεια. 'Όσο παράξενο κι αν μας φαίνεται, οι πρώτες αυτές μηχανές ήταν ίσως οι μεγαλύτερες ανακαλύψεις που έκανε ο άνθρωπος. 'Ακόμα και σήμερα, αν εξετάσουμε με προσοχή τα κινητά μέρη μιας σύγχρονης πολύπλοκης μηχανής, θα δούμε ότι είναι ένας συνδυασμός από **άπλες μηχανές**, που ήταν γνωστές από την αρχαιότητα. Πρώτοι οι αρχαίοι Έλληνες μελέτησαν με σύστημα τη λειτουργία των άπλων μηχανών και τις κατάταξαν σε πέντε μεγάλες κατηγορίες. Αυτές είναι :

1. 'Ο μοχλός
2. 'Ο τροχός
3. 'Η τροχαλία
4. Το κεκλιμένο επίπεδο
5. 'Ο κοχλίας.

Το μυστικό, πίσω από τη λειτουργία των μηχανών αυτών, βρίσκεται στη σχέση που έχει το έργο με τη δύναμη και την απόσταση. 'Όπως θυμάστε, έχουμε συμφωνήσει να λέμε ότι παράγεται ένα έργο, όταν μια δύναμη κινη ένα σώμα σε κάποια απόσταση. Τώρα μάλιστα που έχουμε μάθει να μιλούμε πιο συγκεκριμένα για τα διάφορα μεγέθη της φυσικής, μπορούμε να εκφράσουμε το έργο που παράγεται από μια δύναμη με μια σχέση :

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

'Η σχέση αυτή μας περιγράφει πώς μπορούμε να υπολογίσουμε το έργο που παράγεται, όταν μια δύναμη κινη ένα σώμα : *Το έργο που παράγεται είναι το γινόμενο της δυνάμεως επί την απόσταση που κινείται το σώμα.* 'Ετσι, μια μεγάλη δύναμη, που

έφαρμόζεται σε μικρή απόσταση, μπορεί να δώσει το ίδιο έργο που δίνει μια μικρή δύναμη, που εφαρμόζεται σε μεγάλη απόσταση. Μπορείτε να σκεφτήτε πώς μπορούμε να εκμεταλλευτούμε αυτή τη σχέση; 'Αν όχι, ίσως το καταλάβετε στη συνέχεια, που θα εξετάσουμε με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τις πέντε άπλες μηχανές.

α) 'Ο μοχλός

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε μια βέργα από σκληρό ξύλο με μήκος 1 m, εργαλεία ξυλοκοπτικής, ένα χοντρό καρφί, ένα σακουλάκι με 1 kg άμμο κι ένα δυναμόμετρο (καταράκι). Καρφώστε δύο καρφιά στην άκρη της βέργας, όπως δείχνει το σχήμα, και ανοίξτε τρύπες κατά μήκος της βέργας σε αποστάσεις 10 cm μεταξύ τους.

Συναρμολογήστε την ξύλινη κατασκευή που δείχνει το σχήμα και περάστε το χοντρό καρφί μέσα από την τρίτη τρύπα της βέργας.

1) Μετρήστε με το δυναμόμετρο 1000 gf άμμο, σ' ένα σακουλάκι, και κοιμάστε το στη μια άκρη της βέργας. Τραβήξτε με το δυναμόμετρο την άλλη άκρη της βέργας, όπως δείχνει το σχήμα. Πόση δύναμη χρειάζεται, για να μετακινηθεί η άμμος; Τραβήξτε το δυναμόμετρο, ώστε η άμμος, που βρίσκεται στην άλλη άκρη της βέργας, να ανυψωθεί κατά 10 cm. Μετρήστε πόσο μετακινήθηκε το χέρι σας, για να ανυψωθεί η άμμος κατά 10 cm. Κατασκευάστε στο μαυροπίνακα της αίθουσας τον πίνακα που βλέπετε στο πάνω μέρος της σελίδας 97 και συμπληρώστε τις τιμές για τα μεγέθη που μετρήσατε. Στην τρίτη και έκτη στήλη γράψτε το έργο που υπολογίζετε ότι χρειάζεται, για να σηκωθεί η άμμος και το έργο που κάνετε εσείς στην άλλη άκρη της βέργας. Τί παρατηρείτε; Πώς εξηγείτε

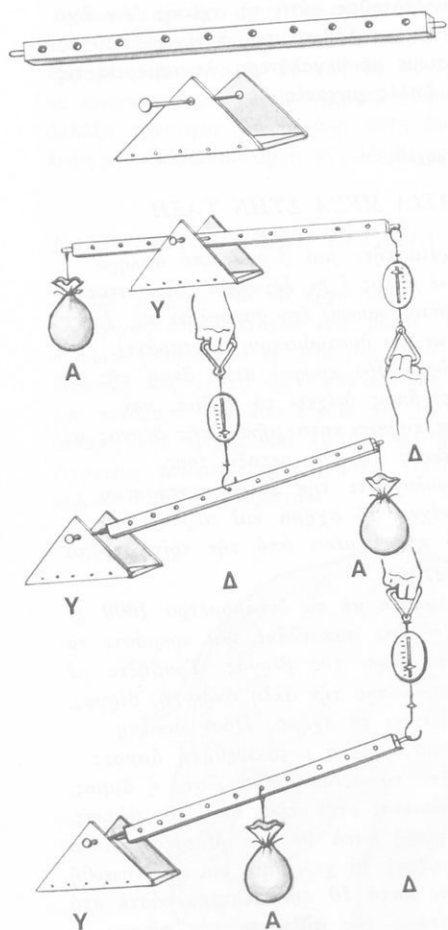
τις παρατηρήσεις σας ;

Επαναλάβετε την εργασία σας μετατοπίζοντας το χοντρό καρφί, που κρατάει τη βέργα, σε άλλες τρύπες.

2) Περάστε το χοντρό καρφί από την τρύπα, που βρίσκεται στη μιὰ άκρη της βέργας, και κρεμάστε την άμμο από την τρίτη τρύπα της βέργας. Σηκώστε με το δυναμόμετρο την άλλη άκρη της βέργας, ώστε η άμμος να ανυψωθεί κατά 10 cm. Μετοχήστε με ένα ύποδεκάμετρο πόση απόσταση κινήθηκε το χέρι σας και με το δυναμόμετρο πόση δύναμη εξασκήσατε.

Συμπληρώστε τον πίνακα με τις τιμές για τα μεγέθη που μετροήσατε και υπολογήσατε το έργο που χρειάζεται, για να ανυψωθεί η άμμος και το έργο που παράγετε εσείς. Επαναλάβετε την εργασία σας μετατοπίζοντας την άμμο σε άλλες τρύπες της βέργας.

Η άπλη μηχανή, που μελετήσαμε στα δύο μέρη της εργασίας μας, είναι ο **μοχλός**. Σε κάθε περίπτωση στηρίζαμε ένα σημείο του μοχλού σ' ένα άκίνητο σημείο ή, όπως συνηθίζουμε να λέμε, σ' ένα **υπομόχλιο**. Στη συνέχεια εφαρμόσαμε σ' ένα δεύτερο σημείο του μοχλού μιὰ **δύναμη**, για να υπερνικήσωμε μιὰ **αντίσταση** σε κάποιο άλλο σημείο του. Η διαφορά που υπήρχε ανάμεσα στα είδη των μοχλών που εξετάσαμε ήταν ή θέση που είχε το υπομόχλιο σε σχέση με τη δύναμη και την αντίσταση. Με την εργασία που κάναμε παρατηρήσαμε ότι με τη βοήθεια του μοχλού μπορέσαμε να σηκώσωμε την άμμο εφαρμόζοντας μιὰ δύναμη μικρότερη από τη δύναμη που χρειάζεται, για να τη σηκώσωμε χωρίς το μοχλό. Παρατηρήσαμε μάλιστα ότι όσο πιο κοντά βρίσκεται το υπομόχλιο στην αντίσταση, τόσο μικρότερη είναι ή δύναμη που χρειάζεται να εφαρμόζωμε, για να υπερνικήσωμε την αντίσταση. Αντίθετα, παρατηρήσαμε ότι όσο πιο κοντά βρίσκεται το



**ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ.** Κατασκευαστικό σχέδιο για το μοχλό που θα χρησιμοποιήσετε στην εργασία σας. Τρία είδη μοχλών. A = 'Αντίσταση, Y = 'Υπομόχλιο, Δ = Δύναμη.

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

Δύναμη, για να άνυψωθῆτὸ φορτίο σὲ gf	Ἀπόσταση πὸν μετακινεῖτε τὸ φορτίο σὲ cm	Έργο, γιὰ νὰ άνυψωθῆτὸ φορτίο	Δύναμη πὸν καταβάλλετε σὲ gf	Ἀπόσταση πὸν κινεῖται τὸ χέρι σας σὲ cm	Έργο πὸν παράγεται

ὑπομόχλιο στὴν ἀντίσταση, τόσο μικρότερη εἶναι ἡ ἀπόσταση πὸν κινεῖται ἡ ἄμμος. Ὁ Ἀρχιμήδης δὲν ἦταν καθόλου ὑπερβολικός ὅταν ἀναφώνησε : «Δὸς μου πού νὰ σταθῶ καὶ θὰ κινήσω τὴ γῆ».

Ὅλες αὐτὲς τὶς παρατηρήσεις μας εἶναι πολὺ εὐκόλο νὰ τὶς ἐξηγήσωμε μὲ τὴ σχέση πὸν ζέρομε γιὰ τὸ ἔργο, τὴ δύναμη καὶ τὴν ἀπόσταση. Ὅπως κάναμε καὶ στὴν ἐργασία μας, μποροῦμε εὐκόλο νὰ ὑπολογίσωμε τὸ ἔργο πὸν παράγει ὁ μοχλός, γιὰ νὰ σηκώση τὴν ἄμμο στὴν ἀπόσταση πὸν μετρήσαμε. Ὅπως εἶδαμε μὲ τὸν πίνακα πὸν κατασκευάσαμε, τὸ ἔργο αὐτὸ εἶναι τὸ ἴδιο μὲ τὸ ἔργο πὸν παράγομε ἑμεῖς, γιὰ νὰ κινήσωμε τὸ μοχλὸ.

Μὲ τὸν ἴδιο τρόπο μετρήσαμε τὴ δύναμη πὸν χρειάζεται νὰ ἐφαρμόσωμε στὸ μοχλὸ πὸν μελετήσαμε στὸ δεῦτερο μέρος τῆς ἐργασίας μας, ὅπου τοποθετήσαμε τὴν ἀντίσταση

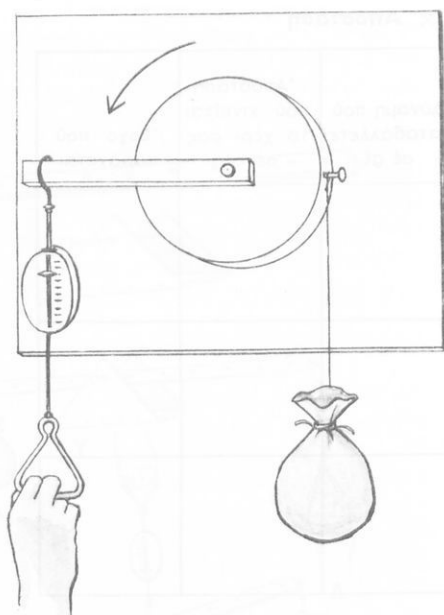
μεταξὺ τῆς δυνάμεως καὶ τοῦ ὑπομοχλίου.

Οἱ διάφορες μορφές, πὸν μπορεῖ νὰ πάρη ἓνας μοχλὸς στὰ ἀντικείμενα πὸν συναντοῦμε στὴν καθημερινή μας ζωὴ, εἶναι πράγματι ἀναρίθμητες. Μοχλὸς εἶναι ὁ ζυγὸς, τὸ ψαλίδι, τὸ καρτοσάκι, τὰ κουπιά, τὸ χέρι τοῦ ἀνθρώπου, τὸ καλάμι τοῦ ψαρέματος.

## β) Ὁ τροχὸς

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῆτε ἓνα τετράγωνο κομμάτι κόντρα πλακέ ἢ μοριοσανίδα  $60 \times 60$  cm, μὰ βέρογα μὲ μῆκος περίπου 30 cm, ἓναν ξύλινο κύλινδρο μὲ ἀκτῖνα περίπου 5 cm καὶ πάχος μερικὰ cm, χοντρὸ σπάγκο, ἓνα σακουλάκι μὲ 1 kg ἄμμο καὶ ἓνα δυναμόμετρο. Στερεώστε τὸν κύλινδρο καὶ τὴ βέρογα, ὅπως δείχνει ἡ κατασκευὴ στὸ



**ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ.** Με τὴν περιστροφή ἑνὸς μοχλοῦ γύρω ἀπὸ τὸ ὑπομόχλιό του κατασκευάζομε ἕναν τροχό.

πάνω μέρος τῆς σελίδας. Κορεμάστε τὸ σακουλάκι μετὴν ἄμμο μ' ἕνα σπάγκο ἀπὸ ἕνα κορφὴ στὴν περιφέρεια τοῦ κυλίνδρου καὶ κρατήστε τὴ βέργα μετὸ δυναμόμετρο ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἄκρη στὴν ὀριζόντια θέση. Τραβῆξτε τὴν ἄκρη τῆς βέργας, ὥστε ἡ ἄμμος νὰ ἀνυψοθῆ κατὰ 3 cm. Ἔχετε τώρα κατασκευάσει ἕνα μοχλό. Πού βρίσκεται ἡ ἀντίσταση, ἡ δύναμη καὶ τὸ ὑπομόχλιο; Μετρήστε πόσο χρειάζεται νὰ κατέβῃ ἡ ἐλεύθερη ἄκρη τῆς βέργας, ὥστε ν' ἀνυψοθῆ ἡ ἄμμος κατὰ 3 cm. Πόση δύναμη χρειάζεται νὰ καταβάλετε στὴν ἄκρη τῆς βέργας, γιὰ νὰ σηκώσετε τὴν ἄμμο; Συνεχίστε νὰ μετακινήτε τὴν ἐλεύθερη ἄκρη τῆς βέργας. Χαράξτε μ' ἕνα μολύβι τὴ γραμμὴ ποὺ ἀκολουθεῖ ἡ δύναμη τοῦ μοχλοῦ, ὅσο μετακινεῖτε τὴν ἄκρη τῆς βέργας. Τί σχῆμα

παίρνει ἡ γραμμὴ ποὺ ἀκολουθεῖ ἡ δύναμη;

Πολὺ γρήγορα οἱ πρῶτοι ἄνθρωποι ἀνακάλυψαν ὅτι ἡ δύναμη καὶ ἡ ἀντίσταση περιστρέφονται γύρω ἀπὸ τὸ ὑπομόχλιο. Ὅταν τελικὰ κατασκεύασαν ἕνα μοχλό, ποὺ μπορούσε νὰ περιστραφῆ 360° γύρω ἀπὸ τὸ ὑπομόχλιό του, εἶχαν εφεύρει τὴ δεύτερη ἀπὸ τὶς ἀπλὲς μηχανές: τὸν **τροχό**. Στὴν ἐργασία μας εἶδαμε πῶς ἀκριβῶς μπορούμε νὰ κατασκευάσωμε ἕναν τροχό ἀπὸ ἕνα μοχλό. Ὅπως περιμέναμε, ἀπ' ὅσα ξέρομε γιὰ τοὺς μοχλοὺς, ἀνακαλύψαμε ὅτι ἡ δύναμη ποὺ καταβάλαμε ἦταν μικρότερη ἀπὸ τὴν ἀντίσταση. Μὲ τὴ διαφορά ὅτι χρειάστηκε νὰ τὴν ἐφαρμόσωμε σὲ μεγαλύτερη ἀπόσταση, γιὰ νὰ παραγάγωμε τὸ ἴδιο ἔργο.

Ἴσως πολλοὶ ἀπὸ σᾶς ἀναγνώρισαν ὅτι ἡ κατασκευὴ ποὺ κάναμε ἦταν τὸ *βαροῦλκο*, τὸ γνωστὸ μας *μαγκάνι*, στὰ πηγὰδια ποὺ βλέπομε στὴν ἐξοχή. Τὸ βαροῦλκο ἦταν μὴ ἀπὸ τὶς πρῶτες ἐφαρμογές τοῦ τροχοῦ γιὰ νὰ σηκῶνῃ ὁ ἄνθρωπος πολὺ βαριὰ ἀντικείμενα. Σήμερα ὅλες σχεδὸν οἱ σύγχρονες μηχανές χρησιμοποιοῦν τὸν τροχό, γιὰ νὰ μεταφέρουν μηχανικὴ ἐνέργεια ἀπὸ ἕνα σημεῖο τῆς μηχανῆς σ' ἕνα ἄλλο. Ὅλοι θὰ ἔχετε δεῖ ἕνα ἠλεκτρικὸ μοτέρ. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται σὲ κινητικὴ ἐνέργεια ἑνὸς τροχοῦ, ποὺ περιστρέφεται γύρω ἀπὸ ἕναν **ἄξονα**, ὅπως ὀνομάζομε τὸ ὑπομόχλιο στὴν περίπτωση τοῦ τροχοῦ. Στὴ συνέχεια μετ' ἕναν ἰμάντα ἡ κίνηση μεταφέρεται σὲ ἄλλο τροχό, ποὺ παράγει τὸ ἔργο ποὺ χρειαζόμαστε. Ἄν πάλι κοιτάξετε στὸ ἔσωτερικὸ ἑνὸς ρολοιοῦ, θὰ δεῖτε πολλοὺς ὀδοντωτοὺς τροχοὺς νὰ μεταφέρουν μηχανικὴ ἐνέργεια ἀπὸ τὸ ἐλατήριο στοὺς δείκτες. Ἄλλὰ καὶ πολλὰ ἄλλα ἀπλὰ ἐργαλεῖα τῆς καθημερινῆς μας ζωῆς, ποὺ ποτὲ δὲν θὰ ὀνομάζαμε τροχοὺς, λειτουργοῦν μετ' ὅν ἴδιο τρόπο ὡς κυκλικὸι μοχλοὶ. Μερικὰ παραδείγματα εἶναι τὸ κατσαβίδι, ἕνα κλειδί μέσα σὲ μὴ κλειδαριὰ καὶ ἡ στρόφιγγα τῆς βρύσης.

### γ) Ή τροχαλία

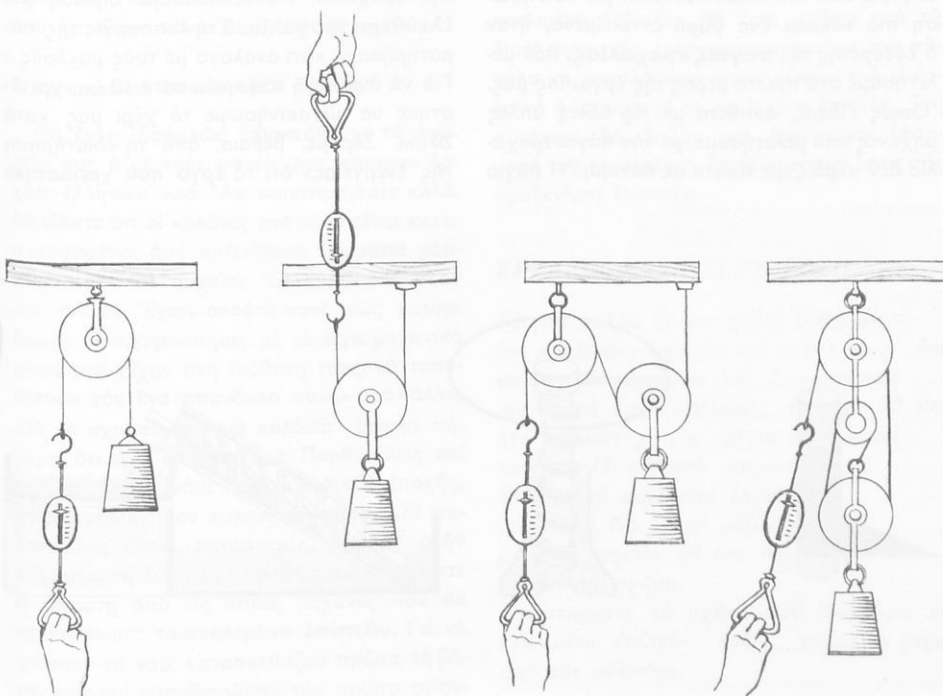
#### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε μερικές άδειες κουβαρίστρες, χοντρό σύρμα, κορδέλα με φάρος όσο περίπου το αβγάκι της κουβαρίστρας, ένα σακουλάκι με 500 gf άμμο κι ένα δυναμόμετρο.

1) Περάστε ένα κομμάτι σύρμα μέσα από την τρύπα της κουβαρίστρας και λυγίστε το, ώστε να σχηματίσει θηλιά. Κρεμάστε την κουβαρίστρα από ένα σταθερό σημείο, όπως δείχνει το πρώτο σχήμα της σελίδας. Περάστε την κορδέλα από το αβγάκι της κουβαρίστρας και κρεμάστε

από τη μιά άκρη της το σακουλάκι με την άμμο. Κρατήστε την κορδέλα από την άλλη άκρη με το δυναμόμετρο και τραβήξτε την προς τα κάτω, ώστε η άμμος να ανυψωθεί κατά 10 cm. Πόση απόσταση κινήθηκε το χέρι σας; Πόση δύναμη καταβάλατε, για να ανυψωθεί η άμμος; Πόσο έργο χρειάστηκε, για να ανυψωθεί η άμμος κατά 10 cm;

2) Στηρίξτε τη μιιά άκρη της κορδέλας σε ένα σταθερό σημείο και κρεμάστε την κουβαρίστρα, όπως δείχνει το δεύτερο σχήμα. Από τη συνιάτινη θηλιά της κουβαρίστρας κρεμάστε την άμμο και κρατήστε με το δυναμόμετρο την άλλη



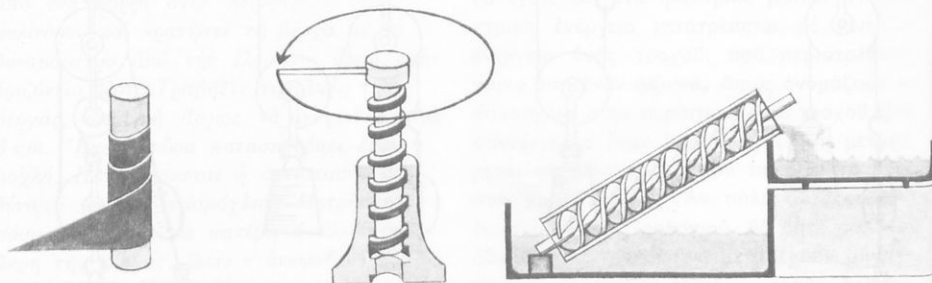
ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Πάγια τροχαλία, ελεύθερη τροχαλία και πολύσπαστα.

ἄκρη τῆς κορδέλας. Τραβήξτε πρὸς τὰ πάνω τὴν ἄκρη τῆς κορδέλας, ὥστε νὰ ἀνυψωθῇ ἡ ἄμμος κατὰ 10 cm. Μετροῦστε μὲ ἓνα ὑποδεκάμετρο πόση ἀπόσταση μετακινήθηκε τὸ χέρι σας. Μετροῦστε μὲ πόση δύναμη τραβήξατε τὴν κορδέλα, γιὰ νὰ ἀνυψωθῇ ἡ ἄμμος. Τραβήξτε μὲ τὸ δυναμόμετρο πρὸς τὰ κάτω τὴν ἐλεύθερη ἄκρη τῆς κορδέλας, ὥστε ἡ ἄμμος νὰ ἀνυψωθῇ κατὰ 10 cm καὶ μετροῦστε πόση ἀπόσταση μετακινήθηκε τὸ χέρι σας. Μετροῦστε μὲ πόση δύναμη τραβήξατε τὴν κορδέλα, γιὰ νὰ ἀνυψωθῇ ἡ ἄμμος.

Ὁ πρῶτος ἄνθρωπος, ποὺ πέταξε ἓνα σκοινὶ γύρω ἀπὸ ἓνα κλαδί δέντρου, γιὰ νὰ σηκώσῃ πιὸ εὐκόλα ἓνα βαρὺ ἀντικείμενο, ἦταν ὁ ἐφευρέτης τῆς **πάγιας τροχαλίας**, ποὺ μελετήσαμε στὸ πρῶτο μέρος τῆς ἐργασίας μας. Ὅπως εἶδαμε, ἀντίθετα μὲ τὶς ἄλλες ἀπλές μηχανές ποὺ μελετήσαμε, μὲ τὴν πάγια τροχαλία δὲν κερδίζομε τίποτα σὲ δύναμη. Ἡ πάγια

τροχαλία εἶνε χρήσιμη, γιὰτι μπόρεῖ νὰ ἀλλάξῃ τὴ διεύθυνση, πρὸς τὴν ὁποία πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμε κάποια δύναμη. Εἶναι πιὸ εὐκόλο νὰ τραβήξωμε πρὸς τὰ κάτω τὴν ἄκρη ἑνὸς σκοινιοῦ, παρὰ νὰ σηκώσωμε ἀπευθείας ἓνα φορτίο. Στὴν περίπτωση αὐτὴ μάλιστα προστίθεται στὴ δύναμη ποὺ ἐφαρμόζομε καὶ τὸ βάρος τοῦ σώματός μας. Μπορεῖτε μὲ μιὰ πάγια τροχαλία νὰ σηκώσετε ἓνα φορτίο μὲ βάρος μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ σώματός σας;

Στὸ δεύτερο μέρος τῆς ἐργασίας μας εἶδαμε ἓνα πιὸ ἐξυπνο τρόπο γιὰ τὴ χρησιμοποίηση τῆς τροχαλίας. Δέσαμε τὴ μιὰ ἄκρη τῆς κορδέλας ἀπὸ ἓνα σταθερὸ σημεῖο καὶ κρεμάσαμε τὸ φορτίο πάνω στὴν ἴδια τὴν τροχαλία. Κατασκευάσαμε δηλαδὴ μιὰ **ἐλεύθερη τροχαλία**. Στὴ λειτουργία της παρατηρήσαμε κάτι ἀνάλογο μὲ τοὺς μοχλοὺς: Γιὰ νὰ ἀνυψωθῇ τὸ φορτίο κατὰ 10 cm, χρειάστηκε νὰ μετακινήσωμε τὸ χέρι μας κατὰ 20 cm. Ξέρομε, βέβαια, ἀπὸ τὴ «διατήρησι τῆς ἐνέργειας» ὅτι τὸ ἔργο ποὺ χρειάστηκε



Ὁ κοχλίας συνδύαζει τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο καὶ τὸν τροχό. Σὲ κάθε περιστροφή τοῦ τροχοῦ ὁ κοχλίας ἀνυψώνεται κατὰ μιὰ σταθερὴ ἀπόσταση. Μιὰ ἐξυπνὴ ἐφαρμογὴ τοῦ κοχλίου στὴν ἀρχαιότητα ἦταν ὁ κοχλίας τοῦ Ἀρχιμήδη στὰ ὑδροενκλιὰ ἔργα.



για να άνυψωθῆ τὸ φορτίο κατὰ 10 cm εἶναι ἴσο μὲ τὸ ἔργο ποὺ κάναμε, ὅταν τραβήξαμε τὸ σκοινὶ τῆς ἐλεύθερης τροχαλίας. Γι' αὐτὸ τὸ λόγο μετρήσαμε μὲ τὸ δυναμόμετρο καὶ βρήκαμε ὅτι μὲ μιὰ ἐλεύθερη τροχαλία μπορούμε νὰ ὑπερνικήσουμε μιὰ ἀντίσταση διπλάσια ἀπὸ τὴ δύναμη ποὺ ἐφαρμόζουμε.

Συνήθως, γιὰ νὰ σηκώσουμε μεγάλα βάρη, χρησιμοποιοῦμε συστήματα ἀπὸ πάγιες καὶ ἐλεύθερες τροχαλίες, ποὺ ὀνομάζονται **πολύσπαστα**. Οἱ σύγχρονοι γερανοί, ποὺ βλέπετε στὰ μεγάλα οἰκοδομικὰ ἔργα, στὰ ἐργοστάσια καὶ στὰ λιμάνια, χρησιμοποιοῦν παρόμοιους συνδυασμοὺς ἀπὸ ἐλεύθερες καὶ πάγιες τροχαλίες. Ὁ μεγαλύτερος γερανὸς στὴν Ἑλλάδα σήμερα βρίσκεται στὰ ναυπηγεῖα τῆς Ἑλευσίνας καὶ μπορεῖ νὰ σηκώσῃ φορτία ποὺ ζυγίζουσι πάνω ἀπὸ 500.000 kgf.

#### δ) Τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο καὶ ὁ κοιλίας

Θὰ ἔχετε ἀσφαλῶς ἐπισκεφθῆ μὲ τὸ σχολεῖο σας ἢ μὲ τοὺς γονεῖς σας κάποιον ἀρχαῖο ἐλληνικὸ ναό. Ἄν παρατηρήσατε καλά, θὰ εἶδατε ὅτι οἱ κολόνες τοῦ ναοῦ εἶναι κατασκευασμένες ἀπὸ κυλινδρικὰ κομμάτια μάρμαρο, ποὺ οἱ ἀρχαῖοι Ἑλληνες ὀνόμαζαν *σπονδύλους*. Ἐχετε σκεφτῆ ποτὲ πῶς καθόρθωναν οἱ πρόγονοί μας, μὲ τὰ λίγα μηχανικὰ μέσα ποὺ εἶχαν στὴ διάθεσή τους, νὰ τοποθετοῦν τὸν ἕνα σπόνδυλο πάνω στὸν ἄλλο, γιὰ νὰ σχηματισθῆ μιὰ κολόνα; Ἔερωμε σήμερα ὅτι, γιὰ νὰ χτισθῆ ὁ Παρθενώνας καὶ πολλοὶ ἄλλοι ναοὶ τῆς κλασικῆς ἐποχῆς, χρησιμοποιήθηκαν κυρίως τροχαλίες. Σὲ παλαιότερες ὅμως κατασκευές, κυρίως στὴν Αἴγυπτο, τὴ λύση στὸ πρόβλημα αὐτὸ ἔδωσε ἡ τέταρτη ἀπὸ τίς ἀπλές μηχανές ποὺ θὰ μελετήσωμε: τὸ **κεκλιμένο ἐπίπεδο**. Γιὰ νὰ χτίσουν τὸ ναό, κατασκεύαζαν πρῶτα τὴ βάση του καὶ τοποθετοῦσαν τὸν πρῶτο σπόνδυλο κάθε κολόνας. Στὴ συνέχεια γέμιζαν μὲ χῶμα τὸ χῶρο ὡς τὴν πάνω ἐπιφάνεια τῶν σπονδύλων. Πάνω εἰς ἀνηφορικῆ ἐπιφάνεια,

ποὺ σχηματιζόταν ἀπὸ τὸ πρόσθετο χῶμα, κυλοῦσαν τὴ δεύτερη σειρὰ σπονδύλων καὶ τοὺς τοποθετοῦσαν πάνω ἀπὸ τοὺς πρῶτους. Ἡ ἐργασία αὐτὴ συνεχιζόταν γιὰ κάθε σειρὰ σπονδύλων. Ὅταν πλέον εἶχε τοποθετηθῆ καὶ ἡ σκεπὴ τοῦ ναοῦ, ἀφαιροῦσαν τὸ πρόσθετο χῶμα καὶ ἐμφανίζόταν ὁλόκληρο τὸ κτίριο.

Τὴν ἴδια μέθοδο χρησιμοποιοῦμε συχνὰ καὶ σήμερα, γιὰ νὰ ὑπερνικήσωμε τὴ δύναμη τῆς βαρύτητας. Θὰ ἔχετε ἴσως δεῖ στὸ τέλος τοῦ καλοκαιριοῦ ἔργατες νὰ φορτώνουν ἕνα καμιόνι μὲ βαρέλια γεμάτα μούστο. Γιὰ νὰ κάνουν τὴν ἐργασία τους πιὸ εὐκόλη, συνήθως κατασκευάζουσι ἕνα κεκλιμένο ἐπίπεδο ἀπὸ μεγάλα σανίδια στὸ πίσω μέρος τοῦ φορτηγοῦ καὶ κυλοῦν τὰ βαρέλια πάνω στὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο. Μὲ ὅσα μάθαμε γιὰ τὴ διατήρηση τῆς ἐνέργειας μπορούμε πιά εὐκόλα νὰ καταλάβωμε γιατί γίνεται πιὸ εὐκόλο τὸ φόρτωμα μὲ τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο. Στὴ συνέχεια θὰ δοῦμε μιὰ διαδομένη ἐφαρμογὴ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, ποὺ ἴσως σᾶς προξενήσῃ ἔκπληξη.

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

*Σὲ μιὰ κόλλα ἄσπρο χαρτὶ ζωγραφίσατε ἕνα κεκλιμένο ἐπίπεδο καὶ κόψτε το μ' ἕνα ψαλίδι. Τὸ τρίγωνο ποὺ ζωγραφίσατε πρέπει νὰ ἔχη διαστάσεις περίπου 30 cm στὴ μεγαλύτερῃ του κάθετη πλευρὰ καὶ περίπου 15 cm στὴ μικρότερη. Τυλίξτε τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο γύρω ἀπὸ ἕνα λεπτὸ κύλινδρο μὲ ὕψος περίπου 20 cm, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα. Παρατηρήσατε τὸ σχῆμα ποὺ διαγράφει τὸ κεκλιμένο ἐπίπεδο, καθὼς τυλίγεται γύρω ἀπὸ τὸν κύλινδρο.*

Γύρω στὰ 200 π.Χ. ὁ Ἕλληνας μαθηματικὸς Ἀπολλώνιος μελέτησε κι ἔβαλε τίς βάσεις

για τη λειτουργία της πέμπτης και νεώτερης άπλης μηχανής: του **κοχλία**, όπως ονομάζομε τη γνωστή μας βίδα. Όπως είδαμε στην έργασία μας, ο κοχλίας είναι μιá εφαρμογή του κεκλιμένου επιπέδου. Όπως με την περιστροφή ενός μοχλού γύρω από τó υπόμολιο κατασκευάσαμε τόν τροχό, έτσι και με την περιστροφή του κεκλιμένου επιπέδου γύρω από έναν κύλινδρο κατασκευάζεται ο κοχλίας.

Άπό μιá άποψη ó κοχλίας δέν είναι τελείως «άπλη» μηχανή. Όπως δείχνει τó δεύτερο σχήμα τής σελίδας 100, για να λειτουργήσει ένας κοχλίας, πρέπει να χρησιμοποιήσωμε ένα μοχλό, που περιστρέφεται γύρω από τó υπόμολιό του. Δηλαδή, *ó κοχλίας είναι ένας συνδυασμός από ένα κεκλιμένο επίπεδο και έναν τροχό.*

Στην άρχαιότητα ήταν περίφημοι οί κοχλίες που κατασκεύασε ó Άρχιμήδης. Με τεράστιους κοχλίες, που κατασκεύασε για τó ναυτικό, μπορούσε να τραβήξει μιá φορτωμένη τριήρη στη στεριά. Μιά πολύ πιό έξυπνη εφαρμογή τής άπλης αύτης μηχανής ήταν ó κοχλίας, που βλέπετε στην τρίτη εικόνα τής σελίδας 100, και που χρησιμοποίησε ó Άρχιμήδης σέ άρδευτικά έργα. Ήταν κατασκευασμένος από ένα ζύλινο δοκάρι με ζύλινα πτερύγια κι ένα περιβλήμα από σανίδια. Με την περιστροφή του άνάγκαζε τó νερό να σκαρφάλωνη από μιá χαμηλή δεξαμενή σέ μιάν άλλη, που βρισκόταν ψηλότερα.

Σήμερα συναντούμε τόν κοχλία σέ πολλές εφαρμογές τόσο στην καθημερινή μας ζωή, όσο και στη βιομηχανία. Χρησιμοποιούμε βίδες, για να στερεώσωμε τά διάφορα μέρη μιás ζύλινης ή σιδερένιας κατασκευής. Μηχανικές πρέσες χρησιμοποιούν τόν κοχλία, για να συμπιέσουν διάφορα ύλικά. Πλοία και άεροπλάνα παίρνουν την κίνησή τους από έλικες. Μέσα στην κουζίνα του σπιτιού σας θά βρήτε μιá σύγχρονη εφαρμογή του κο-

χλία του Άρχιμήδη στη μηχανή του κιμά.

## 10. Η μηχανική τών στερεών σωμάτων

Στό κεφάλαιο τής μηχανικής μελετήσαμε συστηματικά την κίνηση τών σωμάτων, που βρίσκονται στη στερεά κατάσταση τής ύλης. Στην άρχή άσχοληθήκαμε μόνο με την **περιγραφή** τής κινήσεως, είδαμε τά διάφορα μεγέθη που την χαρακτηρίζουν και μάθαμε να τά μετρούμε, δηλαδή να τά εκφράζωμε με άριθμούς. Μελετήσαμε τίς μονάδες μετρήσεως και τά όργανα που χρησιμοποιούμε για τά τρία βασικά μεγέθη: τήν άπόσταση, τó χρόνο και τή μάζα. Με την άπόσταση και τó χρόνο κατασκευάσαμε δύο νέα μεγέθη, τήν ταχύτητα και τήν επιτάχυνση, και τά χρησιμοποιήσαμε, για να περιγράψωμε την κίνηση τών ύλικών σωμάτων. Είδαμε άκόμα ότι όλα τά ύλικά σώματα, που παρατηρούμε στό πλανήτη μας, έλκονται από τή γή με δύναμη, που είναι άνάλογη προς τή μάζα τους. Τή δύναμη αύτη τήν όνομάσαμε βάρος του σώματος και τή μετρήσαμε με τó δυναμόμετρο που κατασκευάσαμε.

Στη συνέχεια εξετάσαμε τήν **αίτία** για κάθε κίνηση που παρατηρούμε και βρήκαμε τή σχέση που έχει ή δύναμη με τήν κίνηση. Άνακαλύψαμε ότι, για να άλλάξη ή ταχύτητα ενός σώματος, πρέπει να έξασκηθι πάνω του μιá δύναμη. Είδαμε μάλιστα πώς άλλάζει ή ταχύτητα ενός σώματος σέ σχέση με τή μάζα του, τή δύναμη που έξασκείται πάνω στό σώμα και τó χρόνο που έξασκείται αύτη ή δύναμη.

Τό **άποτέλεσμα** του έργου, που παράγεται όταν μιá δύναμη κινη ένα σώμα, είναι ή μηχανική ένέργεια, που άποκτá τó σώμα με τήν κίνησή του. Όπως ξέρομε, ή ένέργεια διατηρείται καί, με τή βοήθεια τών διαφόρων μηχανών που κατασκευάζει ó άνθρωπος, μπορεί να μεταβληθι σέ μιάν άλλη μορφή, που ίσως είναι πιό χρήσιμη σέ κάποια όρι-

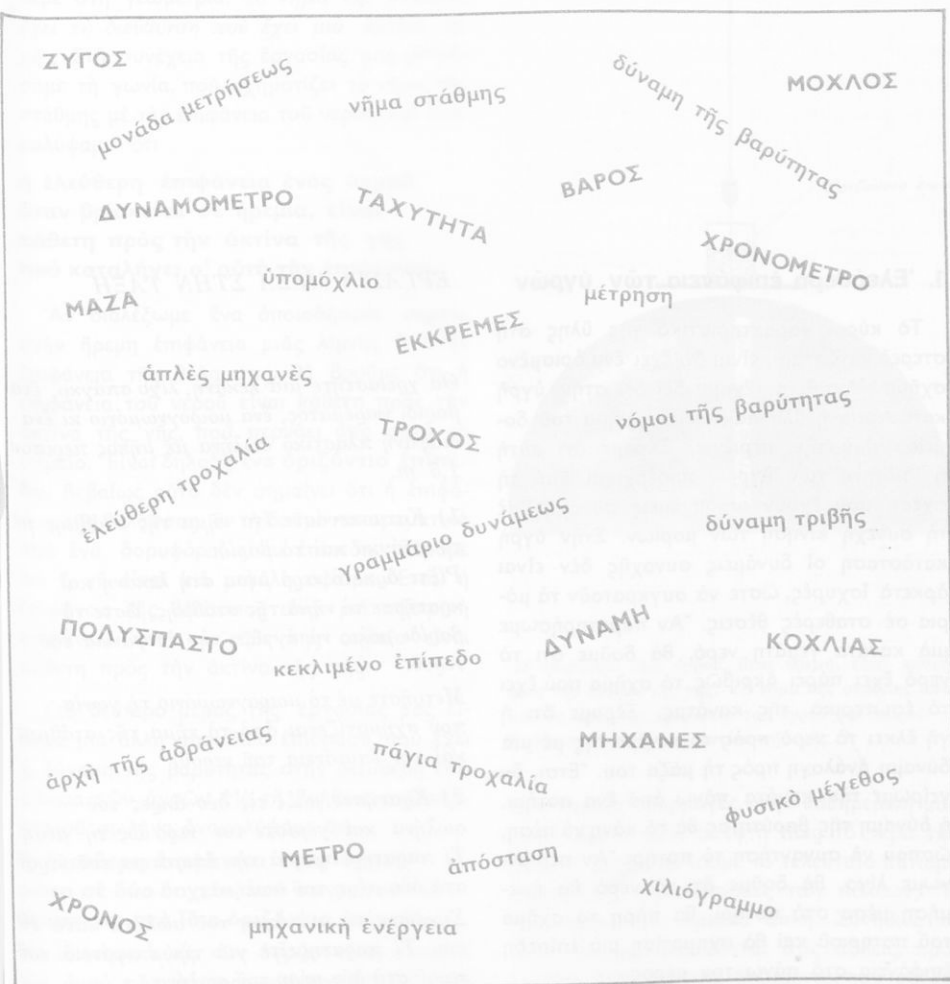
σμένη εργασία. Ένα τέτοιο παράδειγμα είδαμε στις άπλες μηχανές, που λειτουργούν με μηχανική ενέργεια και αποδίδουν πάλι μηχανική ενέργεια.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπορείτε να κάνετε μιá ανακεφαλαίωση τών

νέων έννοιών, που συναντήσαμε στη μηχανική, με τις λέξεις που βρίσκονται σκόπιμες σ' αυτή τη σελίδα.

Έπανάλαβετε με τις λέξεις αυτές την εργασία που βρίσκεται στο τέλος κάθε ενότητας. Βεβαιώητε ότι καταλάβατε τί σημαίνει κάθε λέξη και ότι μπορείτε να την εξηγήσετε με δικά σας λόγια και παραδείγματα.



## IV. ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

### 1. Έλεύθερη επιφάνεια τῶν ὑγρῶν

Τὸ κύριο χαρακτηριστικὸ τῆς ὕλης στὴ στερεὰ κατάσταση εἶναι ὅτι ἔχει ἓνα ὀρισμένο σχῆμα. Ἀντίθετα, ἔχομε δεῖ ὅτι στὴν ὑγρὴ κατάσταση ἡ ὕλη παίρνει τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου ποὺ τὴν περιέχει. Ξέρομε ὅτι αὐτὴ ἡ ιδιότητα τῶν ὑγρῶν προέρχεται ἀπὸ τὴ σχέση ποὺ ἔχουν οἱ δυνάμεις συνοχῆς μὲ τὴ συνεχῆ κίνηση τῶν μορίων. Στὴν ὑγρὴ κατάσταση οἱ δυνάμεις συνοχῆς δὲν εἶναι ἀρκετὰ ἰσχυρές, ὥστε νὰ συγκρατοῦν τὰ μόρια σὲ σταθερὲς θέσεις. Ἄν παρατηρήσωμε μιὰ κανάτα γεμάτη νερό, θὰ δοῦμε ὅτι τὸ νερὸ ἔχει πάρει ἀκριβῶς τὸ σχῆμα ποὺ ἔχει τὸ ἔσωτερικὸ τῆς κανάτας. Ξέρομε ὅτι ἡ γῆ ἔλκει τὸ νερὸ πρὸς τὸ κέντρο τῆς μὲ μιὰ δύναμη ἀνάλογη πρὸς τὴ μάζα του. Ἔτσι, ἂν γείρωμε τὴν κανάτα πάνω ἀπὸ ἓνα ποτήρι, ἡ δύναμη τῆς βαρύτητας θὰ τὸ κἀνη νὰ πέση, ὥσπου νὰ συναντήσῃ τὸ ποτήρι. Ἄν περιμένωμε λίγο, θὰ δοῦμε ὅτι τὸ νερὸ θὰ ἠρεμήσῃ μέσα στὸ ποτήρι, θὰ πάρῃ τὸ σχῆμα τοῦ ποτηριοῦ καὶ θὰ σχηματίσῃ μιὰ ἐπίπεδη ἐπιφάνεια στὸ πάνω του μέρος.

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

*Θὰ χρειαστῆτε μιὰ λεκάνη, λίγο σπάγκο, ἓνα βαρίδι φαρέματος, ἓνα μοιρογνωμόνιο καὶ ἓνα διαφανῆ πλαστικὸ σωλήνα μὲ μῆκος περίπου 1,5 m.*

1) Κατασκευάστε ἓνα νῆμα τῆς στάθμης μὲ τὸ σπάγκο καὶ τὸ βαρίδι.

*Ρίξτε ἀρκετὸ νερὸ μέσα στὴ λεκάνη καὶ κρατήστε τὸ νῆμα τῆς στάθμης, ὥστε τὸ βαρίδι μόλις νὰ ἀγγίξῃ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ.*

*Μετρήστε μὲ τὸ μοιρογνωμόνιο τὴ γωνία ποὺ σχηματίζεται ἀπὸ τὸ νῆμα τῆς στάθμης καὶ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ.*

2) Κρατήστε μαζί τις δύο ἄκρες τοῦ σωλήνα καὶ γεμίστε τον νερὸ ὡς τὴ μέση. Τί παρατηρεῖτε γιὰ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ στὰ δύο μέρη τοῦ σωλήνα;

*Σηκῶστε τὴ μιὰ ἄκρη τοῦ σωλήνα κατὰ 10 cm. Τί παρατηρεῖτε γιὰ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ στὰ δύο μέρη τοῦ σωλήνα;*

Στο πρώτο μέρος της εργασίας μας χρησιμοποιήσαμε το νήμα της στάθμης, για να βρούμε μια σπουδαία ιδιότητα της ελεύθερης επιφάνειας των υγρών. Όπως μάθαμε στη μηχανική, η γη έλκει προς το κέντρο της το βαρίδι, που έχουμε δέσει στην άκρη του σπάγκου. Έτσι, το νήμα της στάθμης τεντώνεται σε μία γραμμή, που δείχνει κατευθείαν προς το κέντρο της γης. Όπως λέμε στη γεωμετρία, το νήμα της στάθμης έχει τη διεύθυνση που έχει μια ακτίνα της γης. Στη συνέχεια της εργασίας μας μετρήσαμε τη γωνία, που σχηματίζει το νήμα της στάθμης με την επιφάνεια του νερού, και ανακαλύψαμε ότι

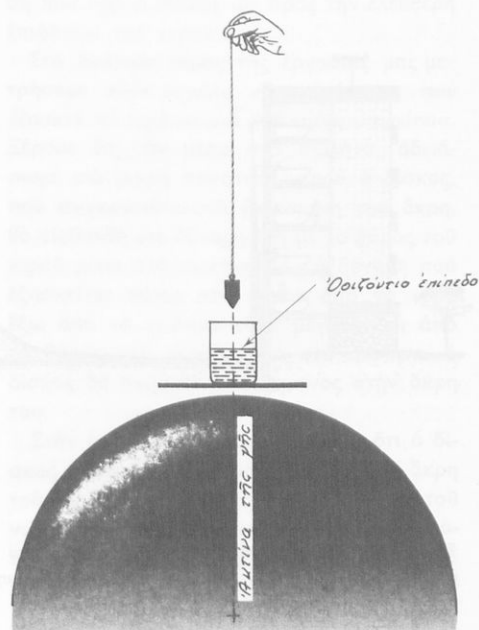
**η ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού, όταν βρίσκεται σε ήρεμία, είναι κάθετη προς την ακτίνα της γης που καταλήγει σ' αυτή την επιφάνεια.**

Αν διαλέξουμε ένα οποιοδήποτε σημείο στην ήρεμη επιφάνεια μιας λίμνης ή στην επιφάνεια της θάλασσας, θα βρούμε ότι η επιφάνεια του νερού είναι κάθετη προς την ακτίνα της γης, που περνάει από αυτό το σημείο. Είναι δηλαδή ένα **οριζόντιο επίπεδο**. Βεβαίως αυτό δεν σημαίνει ότι η επιφάνεια της θάλασσας, αν τη δούμε πανοραμικά από ένα δορυφόρο, είναι επίπεδη. Ξέρομε ότι η γη είναι μία μεγάλη σφαίρα. Έτσι, η επιφάνεια της θάλασσας είναι μία σφαιρική επιφάνεια, που σε κάθε της σημείο είναι κάθετη προς την ακτίνα της γης.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας μας είδαμε μία άλλη σπουδαία επίδραση, που έχει η δύναμη της βαρύτητας στην ελεύθερη επιφάνεια των υγρών. Με τη βοήθεια του πλαστικού σωλήνα ανακαλύψαμε ότι

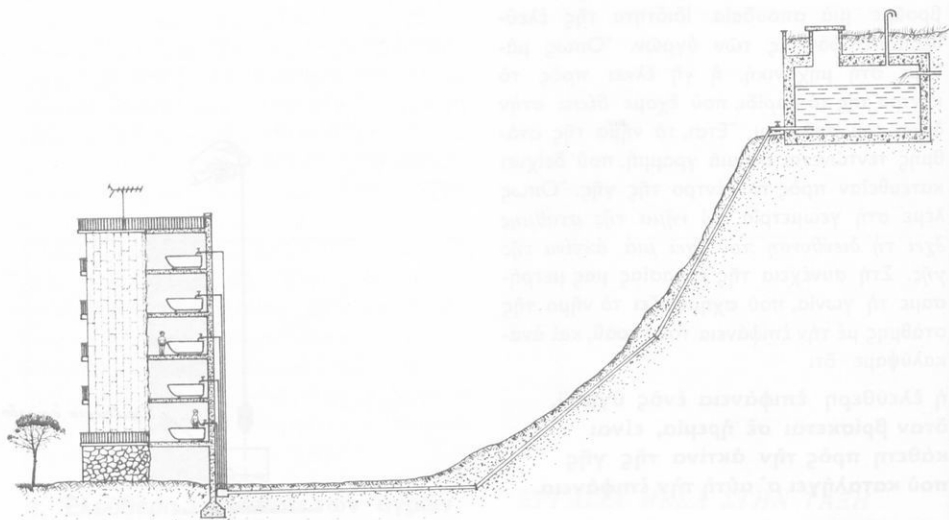
**η ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού μέσα σε δύο δοχεία που συγκοινωνούν βρίσκεται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο.**

Η ιδιότητα αυτή των υγρών είναι γνωστή ως *αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων* και



*Η επιφάνεια ενός υγρού, όταν ήρεμη, είναι κάθετη προς την ακτίνα της γης. Το νήμα της στάθμης είναι κάθετο προς την επιφάνεια του υγρού και παίρνει τη διεύθυνση που έχει η ακτίνα της γης.*

έχει πολλές εφαρμογές στην καθημερινή μας ζωή. Έχετε ποτέ σκεφτεί πώς το νερό της βρύσης ανεβαίνει ίσαμε το τελευταίο πάτωμα στις ψηλές πολυκατοικίες των πόλεων; Η απάντηση είναι αρκετά απλή. Συνήθως το νερό που καταναλώνεται στις πόλεις, προέρχεται από μεγάλες δεξαμενές, που μαζεύ-



Το νερό που καταναλώνεται στις πόλεις προέρχεται από δεξαμενές, που είναι κατασκευασμένες σε μεγαλύτερο ύψομετρο από την πόλη. Έτσι, με την άρχη των συγκοινωνούντων δοχείων, το νερό φτάνει ως τα ψηλότερα σημεία των κτιρίων.

ουν το νερό της βροχής ή των γύρω ποταμών. Οί δεξαμενές αυτές κατασκευάζονται σε μέρη, που βρίσκονται σε μεγαλύτερο ύψομετρο από την πόλη. Έτσι, όταν ή δεξαμενή συνδεθί με τὸ δίκτυο διανομής στην πόλη, ή ελεύθερη επιφάνειά του προσπαθεί να ανεβή στο ίδιο ὀριζόντιο επίπεδο που βρίσκεται ή ελεύθερη επιφάνεια τοῦ νεροῦ τῆς δεξαμενῆς.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θά ἔχετε ἀσφαλῶς δεί σε κάποια πλατεία ἢ δημόσιο κῆπο ἓνα συντριβάνι. Μπορεῖτε με τὴν ἀρχή των συγκοινωνούντων δοχείων να ἐξηγήσετε πῶς λειτουργεῖ τὸ συντριβάνι ;

## 2. Πίεση

Κάθε ὑλικὸ σῶμα ἔλκεται ἀπὸ τῆ γῆ με τῆ δύναμη τῆς βαρύτητας. Ἄν ἀφήσωμε μιὰ πέτρα ελεύθερη, ζέρομε ὅτι θά κινηθί πρὸς τὸ κέντρο τῆς γῆς. Ἄν πάλι τὴν κρατήσωμε στήν παλάμη μας, ή πέτρα θά ἐξασκήση μιὰ δύναμη πάνω στο χέρι μας καί, για να τῆ συγκρατήσωμε, θά πρέπει να ἐφαρμόσωμε μιὰ ἴση καί ἀντίθετη δύναμη. Με τὸν ἴδιο τρόπο ἔνα ὑγρὸ ἐξασκεῖ μιὰ δύναμη στο δοχεῖο τοῦ τὸ περιέχει. Καθένα ἀπὸ τὰ μυριάδες μόρια μέσα σε ἓνα ποτήρι νερὸ ἔλκεται ἀπὸ τῆ γῆ με τῆ δύναμη τῆς βαρύτητας. Ξέρομε ὅτι ή δύναμη αὐτῆ εἶναι ή ἴδια για κάθε μόριο, γιατί ὅλα τὰ μόρια τοῦ νεροῦ εἶναι ὅμοια

και επομένως έχουν την ίδια μάζα. Έτσι, κάθε μόριο μέσα στο υγρό προσπαθεί να κινηθεί προς το κέντρο της γης και με την προσπάθειά του αυτή εξασκεί δυνάμεις προς όλα τα γειτονικά του μόρια. Στην επόμενη εργασία μας θα μελετήσουμε πώς μοιράζεται η δύναμη, που εξασκούν τα μόρια πάνω σε στερεά αντικείμενα που βρίσκονται μέσα σε ένα υγρό, καθώς και στα στερεά τοιχώματα του δοχείου του.

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε ένα διαφανή πλαστικό ή γυάλινο σωλήνα με διάμετρο περίπου 2 cm, μια λεκάνη γεμάτη νερό, ένα δίσκο από λεπτή λαμαρίνα ή πλαστικό με διάμετρο περίπου 3 cm και λίγη κορδέλα με φάρδος περίπου 1/2 cm. Η μία άκρη του σωλήνα πρέπει να είναι κομμένη σε ένα επίπεδο, ώστε να εφαρμοστεί πάνω στην επιφάνεια του δίσκου, χωρίς να αφήνει διάκενα.

Κολλήστε την άκρη της κορδέλας με λίγη κόλλα στο κέντρο της επιφάνειας του δίσκου και περάστε την κορδέλα μέσα από το σωλήνα, ώστε η επιφάνεια του δίσκου να εφαρμοστεί στη μία άκρη του σωλήνα.

1) Βυθίστε το σωλήνα μέσα στο νερό, όπως δείχνει το σχήμα. Τι παρατηρείτε όταν αφήσετε ελεύθερη την άκρη της κορδέλας; Μετατοπίστε την άκρη του σωλήνα που βρίσκεται μέσα στο νερό, ώστε ο δίσκος να πάρει διάφορες θέσεις ως προς την ελεύθερη επιφάνεια του νερού. Τι παρατηρείτε;

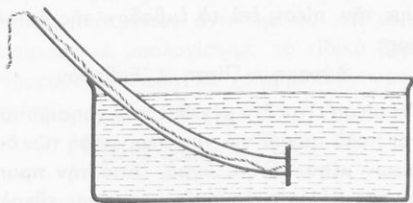
2) Αδειάστε μια μικρή ποσότητα νερού μέσα στο σωλήνα από την άλλη άκρη του. Τι παρατηρείτε; Συνεχίστε να προσθέτετε νερό μέσα στο σωλήνα. Πότε ξεκολλάει ο δίσκος από την άκρη του σωλήνα που βρίσκεται μέσα στο νερό;

Όταν βυθίσαμε τον πλαστικό σωλήνα μέσα στο νερό, βρήκαμε ότι δεν χρειαζόταν πλέον να συγκρατήσουμε με την κορδέλα το δίσκο

στη βυθισμένη του άκρη. Το νερό άρχισε να εξασκεί μια δύναμη πάνω στο δίσκο κι έτσι αυτός έμεινε κολλημένος πάνω στην άκρη του σωλήνα. Παρατηρήσαμε μάλιστα ότι η δύναμη αυτή εξασκείται πάνω στην επιφάνεια του δίσκου ανεξάρτητα από τη διεύθυνση που έχει ο δίσκος ως προς την ελεύθερη επιφάνεια του νερού.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας μας μετρήσαμε πόσο μεγάλη είναι η δύναμη που εξασκεί το νερό σε μια βυθισμένη επιφάνεια. Ξέρομε ότι, αν μέσα στο σωλήνα αδειάσωμε μια μικρή ποσότητα νερού, ο δίσκος, που συγκρατιέται στη βυθισμένη του άκρη, θα αισθανθεί μια δύναμη ίση με το βάρος του νερού μέσα στο σωλήνα. Αν η δύναμη που εξασκείται πάνω στο δίσκο από το νερό έξω από το σωλήνα είναι μεγαλύτερη από το βάρος του νερού μέσα στο σωλήνα, ο δίσκος θα παραμείνει κολλημένος στην άκρη του.

Στην εργασία μας παρατηρήσαμε ότι ο δίσκος πράγματι έμεινε κολλημένος στην άκρη του σωλήνα, όσο η ελεύθερη επιφάνεια του νερού μέσα στο σωλήνα βρισκόταν χαμηλότερα από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού έξω από το σωλήνα. Οι δύο δυνάμεις έγιναν



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Η πίεση του νερού συγκρατεί το δίσκο στην άκρη του σωλήνα.

ίσες και ο δίσκος ξεκόλλησε, όταν οι δύο ελεύθερες επιφάνειες έφτασαν στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο. Είναι τώρα εύκολο να συμπεράνωμε πόσο μεγάλη είναι η δύναμη που δέχεται ο βυθισμένος δίσκος από το ύγρο. *Η δύναμη που δέχεται σε μια επιφάνεια βυθισμένη σε ένα υγρό είναι ίση με το βάρος μιας στήλης υγρού, που έχει βάση την επιφάνεια αυτή και ύψος την απόστασή της από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού.*

Όπως είδαμε στην εργασία μας, δεν έχει καμιά σημασία η διεύθυνση της επιφάνειας μέσα στο υγρό. Για να βρούμε τη δύναμη που δέχεται ένα υγρό πάνω σε μια βυθισμένη επιφάνεια, αρκεί να μετρήσωμε με ένα δυναμόμετρο το βάρος μιας στήλης υγρού, που αρχίζει από αυτή την επιφάνεια και έχει ύψος ίσο με την απόστασή της από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού. Φυσικά, η δύναμη που δέχεται μια βυθισμένη επιφάνεια είναι ανάλογη με το μέγεθος της επιφάνειας. Όσο πιο μεγάλη είναι η επιφάνεια, τόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που δέχεται πάνω της από τα μόρια του υγρού. Είναι επομένως πολύ εύκολο να υπολογίσωμε τη δύναμη που δέχεται μια ορισμένη επιφάνεια, αν ξέρωμε τη δύναμη που δέχεται ένα τετραγωνικό εκατοστόμετρο της επιφάνειας, ή, όπως λέμε, αν ξέρωμε την πίεση πάνω στην επιφάνεια. Για να βρούμε την ολική δύναμη που δέχεται η επιφάνεια, αρκεί να πολλαπλασιάσωμε την πίεση επί το έμβαδόν της επιφάνειας:

$$\text{Δύναμη} = \text{Πίεση} \times \text{Έμβαδόν}$$

Η πίεση είναι ένα μέγεθος που χρησιμοποιείται πολύ συχνά για την περιγραφή των δυνάμεων μέσα σε ένα υγρό. Από την προηγούμενη μάλιστα εργασία μας είναι εύκολο να υπολογίσωμε την πίεση σε κάθε σημείο μέσα σε ένα υγρό.

*Η πίεση σε ένα ορισμένο σημείο μέσα σε ένα υγρό είναι ίση με το βάρος μιας στήλης υγρού, που η βάση της έχει έμβαδόν ένα*

*τετραγωνικό εκατοστόμετρο και το ύψος της είναι ίσο με την απόσταση του σημείου από την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού.*

Έτσι, όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος που βρίσκεται ένα σώμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η πίεση που δέχεται πάνω του το υγρό.

Αλλά και στα τοιχώματα του δοχείου που περιέχει το υγρό δέχεται πίεση, που αυξάνει ανάλογα με το βάθος. Για το λόγο αυτό τα φράγματα, που χτίζονται για να συγκρατούν τα νερά τεχνητών λιμνών, κατασκευάζονται με μεγαλύτερο πάχος στη βάση τους. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το φράγμα της λίμνης του Μαραθώνα, που συγκρατεί το νερό για την ύδρευση της Αθήνας. Έχει κατασκευαστεί με πλάτος 4,5m στην κορυφή του και 48m στη βάση του, ώστε να αντέχει στις μεγάλες πιέσεις του νερού κοντά στο βυθό της λίμνης.

### 3. Πυκνότητα και ειδικό βάρος

Είδαμε ότι, για να βρούμε την πίεση σε ένα ορισμένο βάθος από την επιφάνεια ενός υγρού, αρκεί να μετρήσωμε το βάρος μιας στήλης υγρού, που έχει βάση 1 τετραγωνικό εκατοστόμετρο και ύψος ίσο με το βάθος.

#### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε ένα ψηλό, κυλινδρικό ποτήρι, ένα δυναμόμετρο, νερό και οινόπνευμα. Μετρήστε το βάρος του ποτηριού όταν είναι άδειο. Μετρήστε με ένα υπόδεκάμετρο τη διάμετρο του ποτηριού και υπολογίστε το έμβαδόν της επιφάνειας στον πάτο του ποτηριού.

1) Γεμίστε το ποτήρι με νερό ίσαμε 10 cm ύψος. Ζυγίστε τώρα το ποτήρι με το νερό. Πόση δύναμη δέχεται το νερό στον πάτο του ποτηριού;



Πόση είναι η πίεση στον πάτο του ποτηριού;  
 Πόση πίεση εξασκεί το νερό πάνω στα  
 τοιχώματα του ποτηριού 5 cm κάτω από  
 την επιφάνεια του νερού;

2) *Επαναλάβετε την εργασία σας  
 χρησιμοποιώντας οινόπνευμα αντί για νερό.  
 Συγκρίνετε τα αποτελέσματα της εργασίας  
 σας.*

Στο πρώτο μέρος της εργασίας μας βρήκαμε το βάρος του νερού μέσα στο ποτήρι και επομένως τη δύναμη που εξασκεί το νερό στον πάτο του ποτηριού. Για να υπολογίσουμε την πίεση, δηλαδή τη δύναμη που εξασκείται σε κάθε τετραγωνικό εκατοστόμετρο επιφάνειας, πρέπει να διαιρέσουμε την ολική δύναμη που μετρήσαμε με το έμβαδόν του πάτου του ποτηριού :

$$\text{Πίεση} = \frac{\text{Δύναμη}}{\text{Έμβαδόν}}$$

Η σχέση αυτή είναι η ίδια με τη σχέση που συναντήσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Συνδέει την πίεση με τη δύναμη που εξασκείται πάνω σε μια επιφάνεια με ορισμένο έμβαδόν, όπως η σχέση στη σελίδα 84 συνδέει την ταχύτητα με την απόσταση και το χρόνο. Με τη σχέση αυτή μάλιστα μπορούμε να ορίσουμε και τη μονάδα μετρήσεως της πίεσεως. "Όπως ξέρετε από τη γεωμετρία, η μονάδα μετρήσεως για το έμβαδόν είναι το τετραγωνικό εκατοστόμετρο, που συμβολίζεται με τα γράμματα  $\text{cm}^2$ ". Αν μετρήσουμε τη δύναμη, που εξασκεί ένα υγρό σε μια επιφάνεια, σε γραμμάρια δυνάμεως, τότε η μονάδα μετρήσεως της πίεσεως είναι το *γραμμάριο δυνάμεως ανά τετραγωνικό εκατοστόμετρο* και συμβολίζεται με τα γράμματα

$\text{gf/cm}^2$ .

"Έτσι, βρήκαμε ότι η πίεση στον πάτο του ποτηριού, όταν περιέχει νερό, είναι περίπου  $10 \text{ gf/cm}^2$ ". Όταν όμως επαναλάβουμε την ίδια εργασία με το οινόπνευμα, βρήκαμε ότι η πίεση στον πάτο του ποτηριού στην περι-

πτωση αυτή είναι περίπου  $8 \text{ gf/cm}^2$ . Παρατηρήσαμε δηλαδή ότι τα δύο υγρά εξασκούν διαφορετικές πιέσεις στο ίδιο βάθος κάτω από την επιφάνειά τους. Δεν είναι βέβαια καθόλου δύσκολο να εξηγήσουμε αυτή τη διαφορά. Απλώς μια στήλη νερό με βάση  $1 \text{ cm}^2$  και ύψος  $10 \text{ cm}$  έχει μεγαλύτερο βάρος από μια όμοια στήλη οινόπνευμα. Πιο γενικά αν συγκρίνωμε δύο όμοιους όγκους νερό και οινόπνευμα, θα βρούμε ότι το νερό έχει μεγαλύτερο βάρος από το οινόπνευμα.

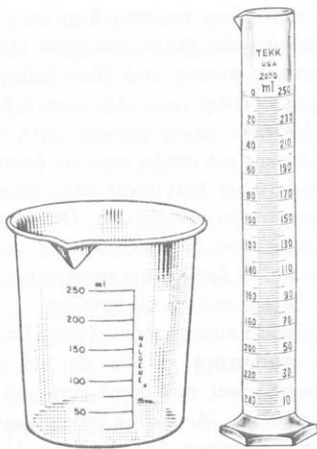
Παρόμοιες παρατηρήσεις έχουμε ίσως κάνει και στα στερεά. Ξέρομε ότι μια σιδερένια σφαίρα είναι πιο βαριά από μια όμοια ξύλινη σφαίρα. "Αν ακόμα συγκρίνωμε πολλές όμοιες σφαίρες από διάφορα υλικά, θα βρούμε ότι καθεμιά έχει διαφορετικό βάρος. Το βάρος δηλαδή που έχει ένας ορισμένος όγκος από ένα υλικό είναι μια από τις ιδιότητες του υλικού. Για να περιγράψουμε αυτή την ιδιότητα, χρησιμοποιούμε ένα νέο μέγεθος που ονομάζεται **ειδικό βάρος**.

**Το ειδικό βάρος ενός υλικού είναι το βάρος που έχει ένα κυβικό εκατοστόμετρο αυτού του υλικού.**

"Έτσι, για να βρούμε το ειδικό βάρος του σιδήρου, αρκεί να μετρήσουμε με ένα δυναμόμετρο το βάρος ενός σιδερένιου αντικειμένου που έχει όγκο ένα κυβικό εκατοστόμετρο. Είναι όμως πολύ πιο εύκολο να μετρήσουμε το βάρος και τον όγκο ενός όποιουδήποτε σιδερένιου αντικειμένου και με μια διαίρεση να υπολογίσουμε το ειδικό βάρος. Μπορούμε δηλαδή να χρησιμοποιήσουμε τη σχέση :

$$\text{Ειδικό βάρος} = \frac{\text{Βάρος}}{\text{Όγκος}}$$

Συνήθως χρησιμοποιούμε ως μονάδα μετρήσεως του όγκου το κυβικό εκατοστόμετρο που συμβολίζεται με τα γράμματα  $\text{cm}^3$  και ως μονάδα μετρήσεως του βάρους το γραμμάριο δυνάμεως. Τότε από την παραπάνω σχέση η μονάδα μετρήσεως του ειδικού βά-



Ύδραστριακοί όγκομετρικοί σωλήνες.

ρους είναι το γραμμάριο δυνάμεως ανά κυβικό εκατοστόμετρο, που συμβολίζεται με τὰ γράμματα

$$\text{gf/cm}^3.$$

Έχομε δει όμως ότι τὸ βάρος ἑνὸς σώματος εξαρτᾶται ἀπὸ τὸν τόπο, ὅπου τὸ μετροῦμε. Τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ χρυσοῦ στὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς εἶναι 19,3  $\text{gf/cm}^3$ , ἐνὺ πάνω στὴ Σελήνη εἶναι μόνο 2,7  $\text{gf/cm}^3$ . Ἄν πάλι μετρήσωμε τὸ εἰδικὸ βάρος τοῦ χρυσοῦ μέσα σὲ ἕνα τεχνητὸ δορυφόρο, ὅπου ἡ δύναμη τῆς βαρύτητας εἶναι ἐλάχιστη, θὰ βροῦμε ὅτι εἶναι σχεδὸν 0  $\text{gf/cm}^3$ . Ὅπως τὸ βάρος δὲν μετράει σωστὰ τὴν ὕλη πού ὑπάρχει μέσα σ' ἕνα ἀντικείμενο, ἔτσι καὶ τὸ εἰδικὸ βάρος δὲν μετράει σωστὰ τὴν ὕλη πού ὑπάρχει μέσα σ' ἕνα κυβικὸ ἑκατοστόμετρο ἑνὸς ὑλικοῦ. Ὅπως θὰ μαντέψατε, γιὰ νὰ μετρήσωμε αὐτὴ τὴν ἰδιότητα, πρέπει νὰ κατασκευάσωμε ἕνα νέο φυσικὸ μέγεθος, ἀνάλογο μὲ τὸ εἰδικὸ βάρος, πού, ἀντὶ γιὰ τὸ βάρος, νὰ χρησιμοποιηθῇ τὴ μάζα τοῦ ὑλικοῦ. Τὸ νέο αὐτὸ μέγεθος ὀνομάζεται **πυκνότητα**.

Ἡ πυκνότητα ἑνὸς ὑλικοῦ εἶναι ἡ μάζα πού περιέχει ἕνα κυβικὸ ἑκατοστόμετρο αὐτοῦ τοῦ ὑλικοῦ.

Ἀνάλογα μὲ τὸ εἰδικὸ βάρος μποροῦμε νὰ βροῦμε τὴν πυκνότητα ἑνὸς ἀντικειμένου, ἂν διαιρέσωμε τὴ μάζα του μὲ τὸν ὄγκο του. Μποροῦμε δηλαδὴ νὰ χρησιμοποιήσωμε τὴ σχέση

$$\text{Πυκνότητα} = \frac{\text{Μάζα}}{\text{Ὅγκος}}$$

καὶ ὡς μονάδα μετρήσεως τὸ γραμμάριο ἀνὰ κυβικὸ ἑκατοστόμετρο, πού συμβολίζεται μὲ τὰ γράμματα

$$\text{g/cm}^3.$$

Ὁ παρακάτω πίνακας περιέχει τιμὲς γιὰ τὴν πυκνότητα μερικῶν συνηθισμένων ὑλικῶν.

#### ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΕ $\text{g/cm}^3$

Φελλὸς	0,24
Οἰνόπνευμα	0,79
Πετρέλαιο	0,80
Ἐλαιόλαδο	0,91
Νερὸ	1,00
Ἄλουμῖνιο	2,70
Σίδηρος	7,70
Ὕδράργυρος	13,60
Χρυσὸς	19,26

Ὅπως παρατηρεῖτε, τὸ νερὸ ἔχει πυκνότητα ἀκριβῶς 1  $\text{g/cm}^3$ . Ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς, φυσικὰ, δὲν δείχνει τίποτε τὸ ἰδιαίτερο γιὰ τὸ νερὸ. Προέρχεται ἀπὸ τὸν τρόπο πού ὀρίσαμε τὴ μονάδα μετρήσεως τῆς μάζας. Ὅπως θυμάστε, διαλέξαμε ὡς μονάδα μετρήσεως τῆς μάζας τὸ γραμμάριο, πού εἶναι ἴσο μὲ τὴ μάζα πού περιέχεται σ' ἕνα κυβικὸ ἑκατοστόμετρο νερὸ.

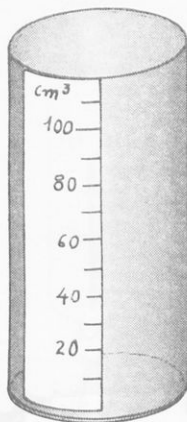
## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπορείτε να βρείτε την πυκνότητα της ύλης ενός αντικειμένου, αν μετρήσετε τον όγκο και τη μάζα του. "Αν το σχήμα του αντικειμένου είναι απλό, μπορείτε να υπολογίσετε τον όγκο του από τις γνώσεις σας στη γεωμετρία. Πώς όμως μπορείτε να βρείτε τον όγκο μιας πέτρας με ακανόνιστο σχήμα; "Ένας απλός τρόπος είναι να χρησιμοποιήσετε έναν όγκομετρικό σωλήνα, σαν αυτόν που βλέπετε στη φωτογραφία. Στο τοίχωμα του όγκομετρικού σωλήνα υπάρχει μια κλίμακα, που μετράει τον όγκο του υγρού που περιέχει. Για να μετρήσετε τον όγκο ενός αντικειμένου, γεμίστε τον όγκομετρικό σωλήνα με νερό ως τη μέση και σημειώστε τον όγκο του νερού. Βυθίστε το αντικείμενο μέσα στο νερό και παρατηρήστε πόσο ανεβαίνει ή επιφάνεια του νερού. Από την κλίμακα του όγκομετρικού σωλήνα διαβάστε πόσος είναι ο όγκος του νερού και του αντικειμένου μαζί. Τώρα με μια αφαίρεση μπορείτε να βρείτε τον όγκο του αντικειμένου.

Είναι εύκολο να φτιάξετε μόνοι σας έναν όγκομετρικό σωλήνα με ένα κυλινδρικό ποτήρι. Κολλήστε κατά μήκος του ποτηριού μια ταινία χαρτί. Ξέρετε ότι 10 g νερό έχουν όγκο 10 cm<sup>3</sup>. Ζυγίστε 10 g νερό και αδειάστε το στο ποτήρι. Στο σημείο που βρίσκεται η επιφάνεια του νερού χαράξτε μια γραμμή και σημειώστε τον αριθμό 10 cm<sup>3</sup>.

Κατασκευάστε την υπόλοιπη κλίμακα πάνω στην ταινία με τον ίδιο τρόπο προσθέτοντας κάθε φορά 10 g νερό.

Ζυγίστε πέντε κέρματα των δέκα δραχμών και μετρήστε τον όγκο τους με τον όγκομετρικό σωλήνα. Υπολογίστε την πυκνότητα του μετάλλου στα κέρματα των δέκα δραχμών. Μετρήστε την πυκνότητα του έλικου διαφόρων άλλων αντικειμένων που θα βρείτε στο σπίτι σας και ανακοινώστε τα αποτελέσματά σας στην τάξη.



Μπορείτε μόνοι σας να κατασκευάσετε έναν όγκομετρικό σωλήνα μ' ένα ποτήρι. Χαράξτε την κλίμακα στη χάρτινη ταινία ακολουθώντας τις οδηγίες που δίνονται στην ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ.

### 4. "Ανωση

Κάθε υλικό σώμα έλκεται από τη γη με μια δύναμη, που είναι ανάλογη προς τη μάζα του. "Αν το αφήσουμε ελεύθερο, θα κινηθεί προς το κέντρο της γης, ώσπου να συναντήσει μια στερεά επιφάνεια, που θα το συγκρατήσει. Τί θα συμβεί όμως, αν ένα υλικό σώμα συναντήσει στο δρόμο του την επιφάνεια ενός υγρού; "Από την καθημερινή μας ζωή ξέρομε ότι η επιφάνεια ενός υγρού μπορεί να συγκρατήσει υλικά σώματα, που είναι κατασκευασμένα από όρισμένα υλικά. "Ένα κομμάτι ξύλο ξέρομε ότι επιπλέει στη θάλασσα, ενώ μια πέτρα βυθίζεται, ώσπου να συναντήσει τη στερεά επιφάνεια του βυθού. "Αν μάλιστα εφαρμόσουμε μια δύναμη πάνω σε ένα κομμάτι ξύλο, για να το βυθίσουμε μέσα στο νερό, θα παρατηρήσουμε ότι, μόλις το αφήσουμε, θα κινηθεί προς τα πάνω και θα φτάσει στην επιφάνεια. Παρατηρούμε δηλαδή ότι το νερό εξασκεί πάνω στο ξύλο μια δύναμη αντίθετη προς τη



Ἡ ἐπιφάνεια ἐνὸς ὄγκου μπορεῖ νὰ συγκρατήσῃ σώματα, πὸν εἶναι κατάσκευασμένα ἀπὸ ὀριζόμενα ὕλικά.

δύναμη τῆς βαρῦτητας. Τῆ δύναμη αὐτὴ τὴν ὀνομάζομε **ἄνωση** καί, ὅπως εἶδαμε στὴν περίπτωση τοῦ βυθισμένου ξύλου, εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴ δύναμη τῆς βαρῦτητας πὸν ἐξασκεῖ ἡ γῆ πάνω στὸ ξύλο. Ἀντίθετα ἡ ἄνωση πάνω σὲ μιὰ πέτρα πρέπει νὰ εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὴ δύναμη τῆς βαρῦτητας. Ὅπως ἔχομε παρατηρήσει, μιὰ πέτρα, πὸν βρίσκεται βυθισμένη μέσα σὲ ἕνα ὑγρὸ, συνεχίζει νὰ κινῆται πρὸς τὸ κέντρο τῆς γῆς, ὥσπου νὰ συναντήσῃ μιὰ στερεὰ ἐπιφάνεια. Ἄς προσπαθῆσωμε ὅμως μὲ μιὰ ἐργασία μας νὰ μετρήσωμε πόση εἶναι ἡ δύναμη πὸν ἐξασκεῖ ἕνα ὑγρὸ σὲ ἕνα βυθισμένο ὑλικὸ σῶμα.

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῆτε ἕνα μεταλλικὸ ἀντικείμενο, ὅπως ἕνα μεγάλο βαρίδι ψαρέματος, μὲ βάρος περίπου 200 gf, ἕναν ὀγκομετρικὸ σωλήνα, ὅπως αὐτὸν πὸν κατασκευάσατε στὴν προηγούμενη ἐργασία σας, πὸν νὰ χωράῃ τὸ μεταλλικὸ ἀντικείμενο πὸν διαλέξατε, καὶ ἕνα δυναμόμετρο (κανταράκι).

1) Γεμίστε τὸν ὀγκομετρικὸ σωλήνα μὲ νερὸ περίπου ὡς τὴ μέση καὶ σημειώστε τὸν ὀγκο τοῦ νεροῦ. Κρεμάστε τὸ μεταλλικὸ ἀντικείμενο ἀπὸ τὸ δυναμόμετρο καὶ σημειώστε τὸ βάρος του.

Βυθίστε τὸ μεταλλικὸ ἀντικείμενο, ὅπως βρῖσκεται κρεμασμένο ἀπὸ τὸ δυναμόμετρο, μέσα στὸ νερὸ τοῦ ὀγκομετρικοῦ σωλήνα καὶ σημειώστε τὸ βάρος πὸν μετράτε ὅταν βρῖσκεται βυθισμένο. Τί παρατηρεῖτε ; Πόση δύναμη ἐξασκεῖ τὸ νερὸ πάνω στὸ βυθισμένο μεταλλικὸ ἀντικείμενο ; Πόσο ἀνέβηκε ἡ ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ, ὅταν βυθίσατε τὸ μεταλλικὸ ἀντικείμενο ; Μπορεῖτε νὰ βρῆτε τὸν ὄγκο του ἀπὸ τὴν κλίμακα τοῦ ὀγκομετρικοῦ σωλήνα ;

2) Ἀδειάστε τὸν ὀγκομετρικὸ σωλήνα καὶ ζυγίστε τον μὲ τὸ δυναμόμετρο. Προσθέστε μὲ προσοχὴ μέσα στὸν ὀγκομετρικὸ σωλήνα

τόσο νερό, όσος είναι ό όγκος του μεταλλικού αντικειμένου.

Πόσο είναι τό βάρος του νερού, που έχει όγκο ίσο με τόν όγκο του μεταλλικού αντικειμένου; Μπορείτε να βγάλετε κανένα συμπέρασμα για τήν άνωση από τό πρώτο και δεύτερο μέρος τής εργασίας σας;

3) Διαλέξτε ένα ξύλινο αντικείμενο με βάρος περίπου όσο τό μεταλλικό αντικείμενο στό πρώτο μέρος τής εργασίας σας.

Χρησιμοποιήστε τό δυναμόμετρο, για να μετρήσετε τό βάρος του. Καρφώστε ένα λεπτό καρφί στό ξύλινο αντικείμενο και κρατώντας τό από τό καρφί βυθίστε τό μέσα στό νερό του όγκομετρικού σωλήνα, ώστε να μετρήσετε τόν όγκο του.

Ζυγίστε μιá ποσότητα νερού με όγκο ίσο με τόν όγκο του ξύλινου αντικειμένου. Τί παρατηρείτε;

Όταν ένα στερεό σώμα βυθίζεται μέσα σε ένα υγρό, έκτοπίζει ένα μέρος του υγρού που έχει όγκο ίσο με τόν όγκο του σώματος. Στο πρώτο μέρος τής εργασίας μετρήσαμε πόσος είναι ό όγκος του υγρού που έκτοπίζει τό μεταλλικό αντικείμενο και στή συνέχεια μετρήσαμε με τό δυναμόμετρο τό βάρος του νερού που έκτοπίζει τό σώμα. Με τόν τρόπο αυτό κάναμε μιá σπουδαία ανακάλυψη.

**Όταν ένα σώμα βυθίζεται μέσα σε ένα υγρό, χάνει τόσο βάρος όσο είναι τό βάρος του υγρού που έκτοπίζει.**

Μετρήσαμε ότι ή άνωση, δηλαδή ή δύναμη που εξασκεί τό υγρό σε ένα βυθισμένο σώμα, είναι ίση με τό βάρος του υγρού που έκτοπίζει.

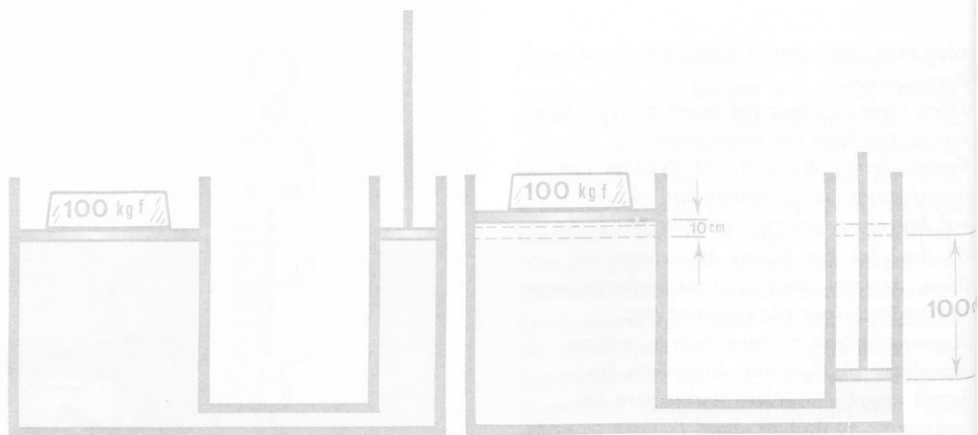
Ό πρώτος που παρατήρησε αυτό τό φαινόμενο ήταν ό Έλληνας μαθηματικός Άρχιμήδης που έζησε τόν 3ο π.Χ. αιώνα. Για τό λόγο αυτό ή ανακάλυψη αυτή έμεινε γνωστή ως **Άρχι του Άρχιμήδη.**

Στήν περίπτωση του μεταλλικού αντικειμένου, ανακαλύψαμε με τήν εργασία μας ότι



*ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Μετρήστε τόν όγκο ενός στερεού σώματος και τό βάρος του, όταν βούσκεται βυθισμένο μέσα σε ένα υγρό.*

ή άνωση είναι μικρότερη από τό βάρος του σώματος. Έτσι, τό μεταλλικό αντικείμενο, άκόμη και βυθισμένο, εξακολουθεί να κινείται προς τό κέντρο τής γής, ώσπου να συναντήσει μιá στερεά επιφάνεια. Αντίθετα, στό τρίτο μέρος τής εργασίας μας μετρήσαμε ότι ή άνωση, που εξασκεί τό νερό πάνω σε ένα τελείως βυθισμένο ξύλο, είναι μεγαλύτερη από τό βάρος του. Για τό λόγο αυτόν, αν τό βυθίσωμε μέσα στό νερό, θα κινηθί προς τήν επιφάνεια.



**ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ.** Ένας άπλός υδραυλικός γουόλος.

Γενικά, όταν ή άνωση πού έξασκεί ένα υγρό πάνω σέ ένα σώμα είναι μεγαλύτερη από τó βάρος του, τότε τó σώμα επιπλέει. Είδαμε μάλιστα στήν έργασία μας πώς μπορούμε νά μετρήσωμε τήν άνωση. Άρκεί νά ζυγίσωμε μιά ποσότητα υγρού με όγκο ίσο με τόν όγκο τού σώματος. Υπάρχει όμως ένας πολύ πιό άπλός τρόπος, για νά εξετάσωμε αν ένα σώμα επιπλέη ή όχι μέσα σέ κάποιο υγρό. Άν γνωρίζωμε τó ειδικό βάρος τού σώματος, τότε είναι πολύ εύκολο νά υπολογίσωμε τó βάρος του από τή σχέση πού γράψαμε στή σελίδα 109.

$\text{Βάρος} = \text{Όγκος σώματος} \times \text{Ειδικό βάρος σώματος}$

Με τήν ίδια σχέση μπορούμε επίσης νά υπολογίσωμε και τήν άνωση, δηλαδή τó βάρος τού υγρού πού έκτοπιίζει τó σώμα.

$\text{Άνωση} = \text{Όγκος σώματος} \times \text{Ειδικό βάρος υγρού}$

Είναι φανερό τώρα από τίς δύο αυτές σχέσεις ότι τó βάρος ενός σώματος θα είναι μικρότερο από τήν άνωση, αν τó ειδικό βάρος του είναι μικρότερο από τó ειδικό βάρος τού υγρού. Έτσι καταλήγωμε στό συμπέρασμα ότι :

ένα σώμα επιπλέει σέ ένα υγρό, αν τó ειδικό βάρος του είναι μικρότερο από τó ειδικό βάρος τού υγρού.

Μπορείτε νά πητε από τόν πίνακα τής σελίδας 110 ποιά ύλικά επιπλέουν στό νερό, Ποιά ύλικά επιπλέουν στόν υδράργυρο;

## 5. Ύδραυλικές μηχανές και ή αρχή τού Πασκάλ

Ξέρομε ότι τó σχήμα ενός υγρού αλλάζει, όταν τó μεταφέρωμε από ένα δοχείο σέ ένα άλλο, έχομε δει όμως ότι ó όγκος του παραμένει σταθερός. Άν μετρήσωμε με τόν όγκομετρικό σωλήνα  $500 \text{ cm}^3$  οινόπνευμα και στή συνέχεια τó μεταφέρωμε σέ ένα μπουκάλι, ξέρομε ότι τó οινόπνευμα θα καταλάβη χώρο  $500 \text{ cm}^3$  μέσα στό μπουκάλι. Η χαρακτηριστική αυτή ιδιότητα τών υγρών έχει σπουδαίες εφαρμογές στήν κατασκευή μηχανών πού χρησιμοποιει ό άνθρωπος, για νά υπερνικήση μεγάλες δυνάμεις. Οί μηχανές αυτές, πού ίσως σάς θυμίσουν τίς άπλες μηχανές πού μελετήσαμε στή μηχανική, ονομάζονται **υδραυλικές μηχανές**. Άς δούμε όμως με μεγαλύτερη λεπτομέρεια πώς μπο-

ποῦμε νὰ χρησιμοποιήσωμε ἕνα ὑγρό, γιὰ νὰ ἐξασκήσωμε μιὰ ἰσχυρὴ δύναμη.

## ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Μιὰ πολὺ γνωστὴ ὑδραυλικὴ μηχανή, ποὺ πιθανῶν ἔχετε δεῖ, εἶναι ὁ ὑδραυλικὸς γρύλος. Ἴσως ἔχετε παρακολουθήσει κάποιον ὁδηγὸ νὰ ἀνυψῶν ἠωρὶς μεγάλη προσπάθεια ἕνα αὐτοκίνητο μὲ ἕναν ὑδραυλικὸ γρύλο, γιὰ νὰ ἀλλάξῃ τὴ ρόδα.

Ὅπως βλέπετε στὴν εἰκόνα, ἕνας ὑδραυλικὸς γρύλος ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο κυλινδρικοὺς συγκοινωνοῦντα δοχεῖα μὲ διαφορετικὴ διάμετρο. Στὴν ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ στὰ δύο συγκοινωνοῦντα δοχεῖα ὑπάρχον δύο στεγανὰ ἔμβολα, δηλαδὴ δύο στερεεῖς ἐπιφάνειες, ποὺ μποροῦν νὰ κινοῦνται ἐλεύθερα μέσα στὰ δοχεῖα, ἠωρὶς ὅμως νὰ ἐπιτρέπουν στὸ ὑγρὸ νὰ ξεφύγῃ. Στὸν ὑδραυλικὸ γρύλο, ποὺ βλέπετε στὴν εἰκόνα, τὸ μὲγάλο ἔμβολο ἔχει ἐπιφάνεια  $10 \text{ cm}^2$  καὶ τὸ μὲγάλο  $100 \text{ cm}^2$ . Πάνω στὸ μὲγάλο ἔμβολο ὑπάρχει ἕνα βάρος  $100 \text{ kgf}$ . Ἄν πιέσωμε τὸ μὲγάλο ἔμβολο πρὸς τὰ κάτω σὲ ἀπόσταση ἑνὸς μέτρον, θὰ ἐκτοπίσωμε ἕναν ὀρισμένο ὄγκο ὑγροῦ. Ὅπως ξέρομε, ὁ ὄγκος τοῦ ὑγροῦ, ποὺ βρῖσκεται μέσα στὰ δύο συγκοινωνοῦντα δοχεῖα, παραμένει σταθεροῦς. Ἐπομένως τὸ ὑγρὸ, ποὺ ἐκτοπίσαμε μὲ τὸ μὲγάλο ἔμβολο ἀπὸ τὸν ἕνα κύλινδρο, θὰ μεταφερθῇ στὸν δεῦτερο καὶ θὰ μετακινήσῃ τὸ μὲγάλο ἔμβολο σὲ κάποια ἀπόσταση. Γιὰ νὰ βροῦμε τὸν ὄγκο ἑνὸς κύλινδρου, πρέπει νὰ πολλαπλασιάσωμε τὸ ἔμβαδὸν τῆς βάσης ἐπὶ τὸ ὕψος:

$$\text{Ὅγκος κυλίνδρου} = \text{Ἐμβαδὸν βάσης} \times \text{Ὑψος}$$

1) Πόσος ὄγκος ὑγροῦ ἐκτοπίζεται, ὅταν τὸ μὲγάλο ἔμβολο κινήται σὲ ἀπόσταση  $1 \text{ m}$  ;  
Σὲ πόση ἀπόσταση μετατοπίζεται τὸ μὲγάλο ἔμβολο ;  
Πόσο εἶναι τὸ ἔργο ποὺ παράγεται, ὅταν τὸ

μὲγάλο ἔμβολο ἀνυψώνεται ;

Τὸ ἔργο αὐτό, φυσικά, παράγεται ἀπὸ τὴ δύναμη ποὺ ἐξασκοῦμε στὸ μὲγάλο ἔμβολο, γιὰ νὰ τὸ κινήσωμε σὲ ἀπόσταση  $1 \text{ m}$ .

Μπορεῖτε τώρα ἀπὸ τὴ διατήρηση τῆς ἐνέργειας νὰ βροῦτε πόση δύναμη ἐξασκοῦμε στὸ μὲγάλο ἔμβολο ; Τί παρατηρεῖτε ; Τί σχέσις ἔχουν οἱ δυνάμεις στὰ δύο ἔμβολα μὲ τὸ ἔμβαδὸν τῆς ἐπιφανείας τους ;

2) Ὑπολογίστε τὴν πίεση στὸ μὲγάλο ἔμβολο καὶ τὴν πίεση στὸ μὲγάλο ἔμβολο. Τί παρατηρεῖτε ;

Μὲ τοὺς ὑπολογισμοὺς ποὺ κάναμε στὴν ἐργασία μας μελετήσαμε τὴ λειτουργία μιᾶς ὑδραυλικῆς μηχανῆς. Ὅπως καὶ στὴ μελέτη τῶν ἀπλῶν μηχανῶν, βρήκαμε ὅτι μποροῦμε μὲ μιὰ μικρὴ δύναμη νὰ ὑπερικήσωμε μιὰ μὲγάλη, ἂν ἐφαρμόσωμε τὴ μικρὴ δύναμη σὲ μὲγαλύτερη ἀπόσταση.

Στὸ δεῦτερο μέρος τῆς ἐργασίας μας ἀνακαλύψαμε κάτι πιὸ σημαντικό. Ἀπὸ τὴ σχέσις :

$$\text{Πίεση} = \frac{\text{Δύναμη}}{\text{Ἐμβαδὸν}}$$

ὑπολογίσαμε τὴν πίεση στὰ δύο ἔμβολα καὶ ἀνακαλύψαμε ὅτι ἡ πίεση ποὺ ἐξασκοῦμε στὸ μὲγάλο ἔμβολο εἶναι ἴση μὲ τὴν πίεση ποὺ ἐξασκεῖ τὸ ὑγρὸ πάνω στὸ μὲγάλο ἔμβολο. Ὁ πρῶτος ποὺ παρατήρησε τὴν ἰδιότητα αὐτῆ τῶν ὑγρῶν ἦταν ὁ Γάλλος μαθηματικὸς Πασκάλ, ποὺ βρῆκε ὅτι :

**ἕνα ὑγρὸ μεταδίδει τὶς πιέσεις ποὺ δέχεται ἀμετάβλητες πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις.**

Τὸ φαινόμενο αὐτό, ποὺ, ὅπως εἶδαμε, προέρχεται ἀπὸ τὴ διατήρηση τοῦ ὄγκου στὰ ὑγρά, εἶναι γνωστὸ ὡς **Ἀρχὴ τοῦ Πασκάλ** καὶ ἔχει πολλὲς ἐφαρμογές στὴ βιομηχανία γιὰ τὴν κατασκευὴ μηχανῶν, ποὺ ἀναπτύσσουσι ἰσχυρὲς δυνάμεις. Μερικὰ παραδείγματα εἶναι ὁ ὑδραυλικὸς γρύλος ποὺ μελετήσαμε, τὸ ὑδραυλικὸ πιεστήριο καὶ τὰ ὑδραυλικὰ φρένα τῶν αὐτοκινήτων.

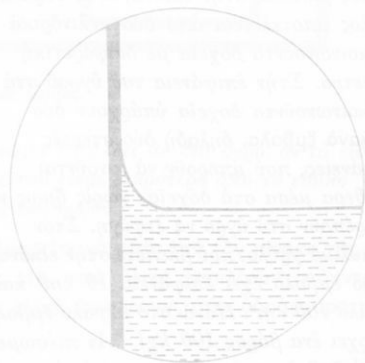
## 6. Δυνάμεις συνάφειας

Μας δόθηκε η ευκαιρία σε πολλές περιπτώσεις να μιλήσωμε για τις δυνάμεις συνοχής, που συγκρατούν τα μόρια της ύλης. Το πόσο ισχυρές ή ασθενείς είναι οι δυνάμεις συνοχής εξαρτάται από το είδος της ύλης. Έτσι, είδαμε ότι στο σίδηρο οι δυνάμεις συνοχής είναι τόσο ισχυρές, ώστε να παραμένη στη στερεά κατάσταση άκόμα και σε πολύ ύψηλές θερμοκρασίες. Αντίθετα, το νερό, όπου οι δυνάμεις συνοχής είναι ασθενείς, βρίσκεται στην υγρή κατάσταση στη συνηθισμένη θερμοκρασία του δωματίου. Τί θα συμβή όμως αν ένα μόριο νερού συναντήσει ένα μόριο σιδήρου; Υπάρχουν δυνάμεις μεταξύ ανόμοιων μορίων;

Οί επιστήμονες, που μελέτησαν αυτές τις δυνάμεις, τις ονόμασαν **δυνάμεις συνάφειας** και βρήκαν ότι είναι παρόμοιες με τις δυνάμεις συνοχής που αναπτύσσονται μεταξύ όμοιων μορίων. Το πόσο ισχυρή ή ασθενής είναι η δύναμη συνάφειας μεταξύ δύο ανόμοιων μορίων εξαρτάται πάλι από τα είδη των μορίων. Ένα μόριο ζύλου έλκει με αρκετά ισχυρή δύναμη ένα μόριο νερού. Αντίθετα, ένα μόριο νερού και ένα μόριο λαδιού έλκονται με μια ασθενή δύναμη συνάφειας.

Πολλά από τα φαινόμενα που παρατηρούμε γύρω μας οφείλονται στη σχέση που έχουν οι δυνάμεις συνοχής με τις δυνάμεις συνάφειας. Μπορούμε να γράψωμε με την κιμωλία στο μαυροπίνακα, γιατί η δύναμη συνάφειας μεταξύ ενός μορίου κιμωλίας και ενός μορίου στην επιφάνεια του μαυροπίνακα είναι πιο ισχυρή από τη δύναμη συνοχής μεταξύ δύο μορίων κιμωλίας. Έτσι, μόρια κιμωλίας αποσπώνται από την κιμωλία και συγκρατούνται στην επιφάνεια του πίνακα με τις δυνάμεις συνάφειας. Σε μερικά μάλιστα υλικά οι δυνάμεις συνάφειας είναι τόσο ισχυρές, ώστε τα χρησιμοποιούμε για να συγκρατήσωμε μαζί δύο αντικείμενα. Τα υλικά αυτά είναι οι γνωστές μας *κόλλες*.

Στην υδροστατική οι δυνάμεις συνάφειας αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων του υγρού και των μορίων του δοχείου που το περιέχει. Αν παρατηρήσωμε με ένα φακό την ελεύθερη επιφάνεια του νερού μέσα σε ένα ποτήρι, κοντά στα τοιχώματα του ποτηριού θα δούμε κάτι τέτοιο:

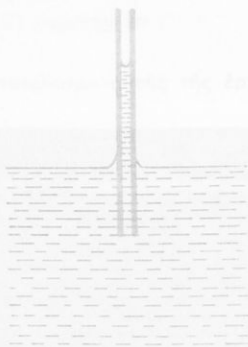
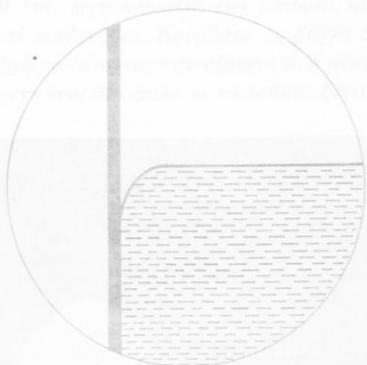


Το χαρακτηριστικό αυτό σχήμα της επιφάνειας κοντά στα τοιχώματα του ποτηριού οφείλεται στις δυνάμεις συνάφειας. Στην περίπτωση αυτή οι δυνάμεις συνάφειας μεταξύ των μορίων νερού είναι ισχυρότερες από τις δυνάμεις συνοχής μεταξύ των μορίων του νερού. Έτσι, τα μόρια του γυαλιού παρασέρνουν προς τα τοιχώματα ένα μέρος της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού και σχηματίζεται η καμπύλη επιφάνεια που δείχνει η εικόνα. Αν παρατηρήσωμε με ένα μεγεθυντικό φακό την ελεύθερη επιφάνεια ενός υγρού με δυνάμεις συνοχής ισχυρότερες από τις δυνάμεις συνάφειας



ας με τὸ ὑλικὸ τοῦ δοχείου, θὰ παρατηρήσω-  
με τὸ ἀντίστροφο φαινόμενο :

ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ μέσα στὴ  
λεκάνη.



Σὲ ὀρισμένες περιπτώσεις οἱ δυνάμεις συ-  
νάφειας εἶναι δυνατόν νὰ ὑπερικήσουν ἀκόμα  
καὶ τὴ δύναμη τῆς βαρύτητας, ποὺ συγκρατεῖ  
ἕνα ὑγρὸ μέσα στοῦ δοχείο του. Ἐν μέσῳ σὲ  
μιὰ λεκάνη νερὸ βυθίσωμε ἕνα πάρα πολὺ λε-  
πτὸ σωλήνα, θὰ παρατηρήσωμε ὅτι οἱ δυνά-  
μεις συνάφειας μεταξὺ γυαλιοῦ καὶ νεροῦ πα-  
ρασέρνουν μόρια ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νε-  
ροῦ στοῦ ἐσωτερικὸ τοῦ σωλήνα καὶ τὸ φαι-  
νόμενο ποὺ παρατηρήσαμε παραπάνω γίνε-  
ται πιὸ ἔντονο. Ἐτσι, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ  
μέσα στὸν λεπτὸ σωλήνα ἀνεβαίνει ψηλότερα

Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ἔχει μεγάλη σπουδαιό-  
τητα στὴ φυτολογία. Τὰ φυτὰ διαθέτουν ἕνα  
ὀλόκληρο σύστημα ἀπὸ **τριχοειδεῖς σωλη-  
νες**, δηλαδὴ πάρα πολὺ λεπτοὺς σωλήνες, ποὺ  
ἀρχίζουν ἀπὸ τὶς ρίζες καὶ καταλήγουν στὰ  
φύλλα. Ἐτσι τὸ νερὸ ποὺ βρίσκεται στοῦ  
ἔδαφος μὲ τὴ βοήθεια τῶν δυνάμεων συνά-  
φειας σκαρφαλώνει ὡς τὰ ψηλότερα σημεῖα  
τοῦ φυτοῦ καὶ τὸ φυτὸ παίρνει τὴν τροφή  
του ἀπὸ τὶς διάφορες οὐσίες, ποὺ βρίσκονται  
διαλυμένες μέσα στοῦ νερὸ.

# V. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

## 1. Ὁ ἀτμοσφαιρικός ἀέρας καὶ οἱ ἰδιότητές του

Μετὰ τὰ στερεὰ καὶ τὰ ὑγρὰ θὰ μελετήσωμε στὸ κεφάλαιο αὐτὸ φαινόμενα, ποὺ ἔχουν σχέσηη μὲ τὴν τρίτην κατάστασιν τῆς ὕλης, τὴν *ἀέρια κατάστασιν*. Τὸ πιὸ γινώριμον ἀέριον εἶναι ὁ ἀέρας, μέσα στὸν ὁποῖον ζοῦμε καὶ ἀναπνεύομε. Συνήθως δὲν ἀντιλαμβανόμεσθα τὴν παρουσίαν του, γιατί δὲν ἔχει χρῶμα οὔτε γεύσιν. Μόνον ὅταν φυσᾷ ἄνεμος ἢ ὅταν παίρνωμε μιὰ βαθιὰ ἀναπνοήν, καταλαβαίνομε ὅτι εἶναι ἓνα ὑλικὸ σῶμα, ὅσο καὶ τὸ νερὸ ἢ μιὰ πέτρα. Στὴν πραγματικότητά τινος ὁ ἀέρας ἀποτελεῖ ἓνα στρώμα πού περιβάλλει τὴ γῆ καὶ ἔχει πάχος μερικῆς ἑκατοντάδος χιλιομέτρων. Εἶναι ἓνας πραγματικὸς ὠκεανὸς ἀέρος, στὸ βυθὸν τοῦ ὁποῖου ζοῦμε, ὅπως τὰ ψάρια στὸ βυθὸν τῶν ὠκεανῶν τοῦ νεροῦ.

Ὁ ἀέρας εἶναι ἓνα μίγμα ἀπὸ διάφορα ἀέρια, κυρίως ἀζωτὸ καὶ ὄξυγονο. Περιέχει ἐπίσης ὕδρατους, γι' αὐτὸ καὶ ὀνομάζεται *ἀτμοσφαιρικὸς ἀέρας*. Περισσότερα γιὰ τὴν

οὐστάσιν τοῦ ἀέρος θὰ μάθετε λίγο ἀργότερα στὸ μέρος τῆς χημείας. Ἐδῶ μᾶς ἐνδιαφέρουν κυρίως οἱ ἰδιότητες, ποὺ δὲν ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὰ εἶδη τῶν μορίων ποὺ περιέχει ὁ ἀέρας. Πρῶτα ἀπ' ὅλα ὁ ἀέρας, ὅπως κάθε ὑλικὸ σῶμα, πιάνει κάποιον χώρον. Τὸ διαπιστώνετε αὐτὸ, ἂν φουσκώσετε ἓνα μπαλόνι ἢ ἂν προσπαθήσετε νὰ βυθίσετε ἀνάποδα ἓνα ἄδειον ποτήρι μέσα σὲ μιὰ λεκάνη νεροῦ. Τὸ νερὸ δὲν ἀνεβαίνει μέσα στὸ ποτήρι, γιατί τὸν χώρον τὸν πιάνει ὁ ἀέρας. Ἡ διαφορὰ ἀπὸ τὴν ὑγρὴν ἢ στερεὰν κατάστασιν εἶναι ὅτι ἓνα ἀέριον δὲν ἔχει ὀρισμένον ὄγκον, ἀλλὰ προσπαθεῖ νὰ ζαπλωθῇ σ' ὅλον τὸν χώρον ποὺ ἔχει ἐν τῇ διαθέσει τούτου. Ὅπως ἴσως θὰ θυμάσθε ἀπὸ τὰς παρατηρήσεις μας γιὰ τὴν ἀέριαν κατάστασιν ἐν τῇ ἀρχῇ τοῦ βιβλίου, αὐτὸ εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ἐλεύθερης κινήσεως τῶν μορίων ἐνὸς ἀερίου.

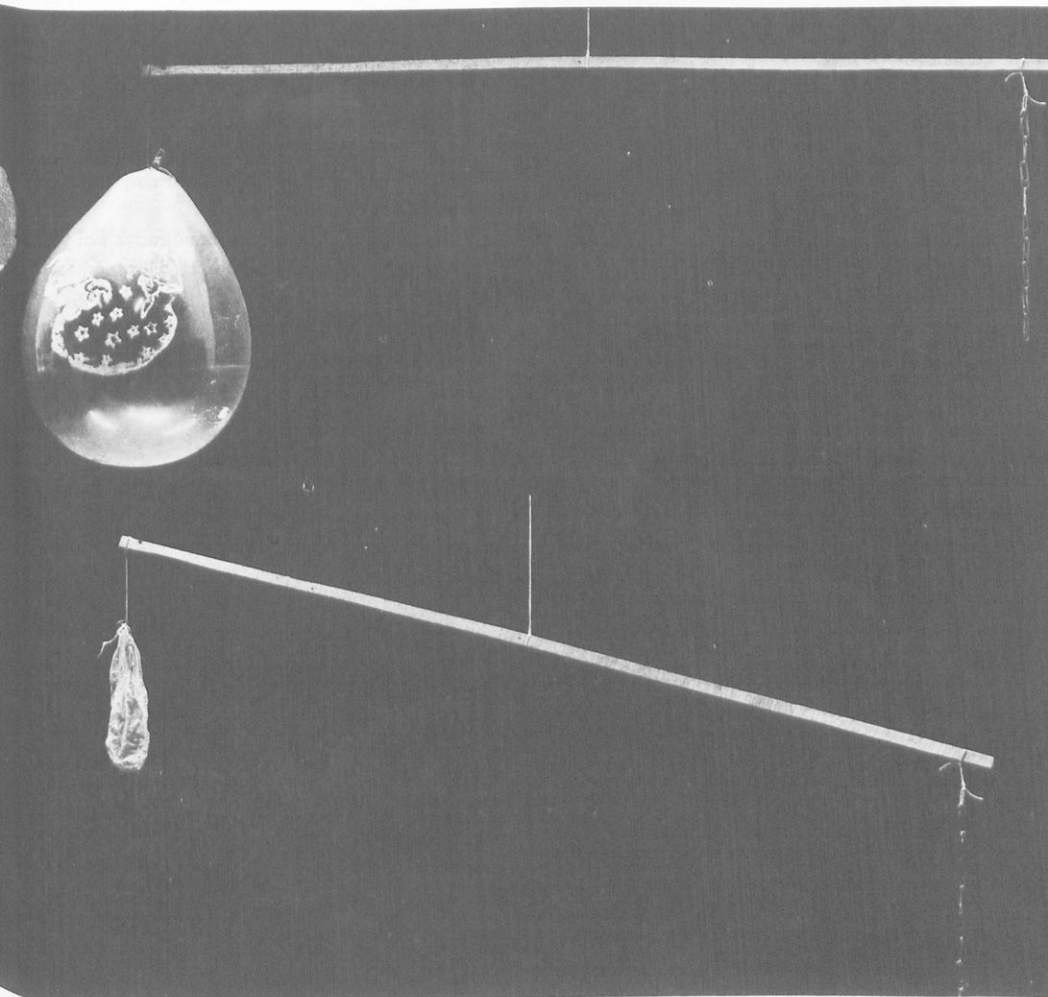
Μιὰ ἄλλη σημαντικὴ ἰδιότης τοῦ ἀέρος, ὅπως καὶ ὅλων τῶν ὑλικῶν σωμάτων, εἶναι ὅτι ἔχει βάρος. Αὐτὸ θὰ φανῇ εὐκόλως μὲ τὴν ἐπόμενὴν ἐργασίαν.

## ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

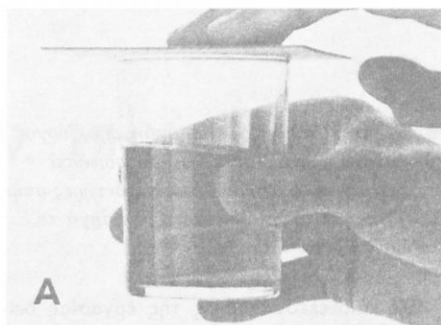
Θα χρειαστήτε μια ξύλινη βέρυγα με μήκος 70 - 100 cm, λίγη κλωστή, ένα μπαλόνι κι ένα κουτί συνδετήρες. Κρεμάστε τη βέρυγα σ' ένα στήριγμα δένοντας την κλωστή στη μέση της. Έχετε έτσι ένα άπλο κι ευαίσθητο ζυγό.

Κρεμάστε κατόπι στη μια άκρη τής βέρυγας τὸ μπαλόνι φουσκωμένο καὶ ἰσοροπήστε τὴ βέρυγα μετὰ μιὰ ἀλυσίδα ἀπὸ συνδετήρες στὴν ἄλλη ἄκρη. Κατόπι ξεφουσκώστε ἀγὰ τὸ μπαλόνι. Τί παρατηρεῖτε ;

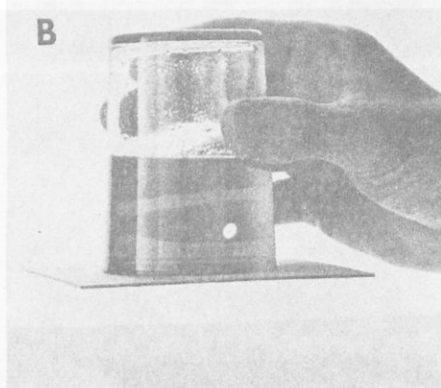
Τὸ ἀποτέλεσμα αὐτῆς τῆς ἐργασίας δεί-



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ὁ ἀέρας μέσα στὸ μπαλόνι ἔχει βάρος.



A



B

*ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ. Ἡ ἀτμοσφαιρική πίεση κρατᾷ τὸ χαρτόνι κολλημένο στὰ χεῖλη τοῦ ποτηριοῦ.*

χνει καθαρά ὅτι ὁ ἀέρας μέσα στοῦ μπαλόνη ἔχει βάρος. Ὅπως θὰ παρατηρήσατε, ἡ βέργα γέρνει πρὸς τὴ μεριά τῶν συνδετήρων, ὅταν τὸ μπαλόνη εἶναι ξεφούσκωτο. Ἡ κλίση, βέβαια, εἶναι πολὺ μικρή, γιατί ὁ ἀέρας ἔχει πολὺ μικρὸ βάρος. Στὴν πραγματικότητα, ὁ ἀέρας εἶναι σχεδὸν χίλιες φορές ἐλαφρύτερος ἀπὸ τὸ νερὸ σὲ συνηθισμένη θερμοκρασία καὶ πίεση.

Ὅπως εἶδαμε παραπάνω, τὸ στρῶμα τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρα, ποὺ περιβάλλει τὴ γῆ, ἢ, μὲ μιὰ λέξη, ἡ **ἀτμόσφαιρα**, ἔχει ὕψος πολλὰ χιλιόμετρα. Τὸ βάρος αὐτοῦ τοῦ ἀέρα δημιουργεῖ μιὰ πίεση, ποὺ, ὅπως εἶναι φυσικό, εἶναι μεγαλύτερη κοντὰ στὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς. Ἐνα ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα αὐτῆς τῆς ἀτμοσφαιρικοῦ πίεσεως εἶναι ὅτι ὄσο πιὸ ψηλὰ ἀνεβαίνομε, τόσο ὁ ἀέρας γίνεται ἀραιότε-

ρος. Στὸ ἐπόμενο κεφάλαιο θὰ μελετήσωμε μὲ περισσότερη λεπτομέρεια τὴν ἀτμοσφαιρική πίεση.

## *ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ*

*Νὰ βοῦητε σὲ μιὰ ἐγκυκλοπαίδεια ἢ σὲ ἄλλο βιβλίο πληροφορίες γιὰ τὴν ἀτμόσφαιρα. Τί πάχος ἔχει, σὲ τί διακρίνονται τὰ διάφορα στρώματά της;*

## **2. Ἡ ἀτμοσφαιρική πίεση**

Παρ' ὅλο ποὺ τὸ βάρος τοῦ ἀέρα εἶναι μικρό, ἐπειδὴ τὸ πάχος τῆς ἀτμόσφαιρας εἶναι μεγάλο, ἡ ἀτμοσφαιρική πίεση εἶναι σημαντική.

Γιατί ὁμως δὲν τὴν αἰσθανόμαστε καὶ πῶς μπορούμε νὰ διαπιστώσωμε τὴν ὑπαρξή της;

## *ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ*

*Θὰ χρειαστῆτε ἓνα ποτήρι, ἓνα κομμάτι*



*Μιὰ ἀπὸ τίς πρώτες θεαματικές ἐπιδείξεις τῶν ἀποτελεσμάτων τῆς ἀτμοσφαιρικοῦ πίεσεως. Στὰ 1654 ὁ Γερμανὸς φυσικὸς Ὁττο φὸν Γκέρικε, ἐφευρέτης*

σκληρό χαρτόνι, περίπου  $10 \times 10$  cm, λίγη βαζελίνη κι ένα κουτί γάλα εβαπορέ.

1) 'Αλειψτε με λίγη βαζελίνη τὰ χείλη τοῦ ποτηριοῦ. 'Ανάψτε ἕνα κομμάτι χαρτί και ρίξτε το μέσα στο ποτήρι. "Όταν ἔχη σχεδόν καῖ, εφαρμόστε προσεκτικά τὸ χαρτόνι ἐπάνω στο ποτήρι. Δοκιμάστε νὰ σηκώσετε τὸ χαρτόνι. Τί παρατηρεῖτε ;

2) Γεμίστε τὸ ποτήρι με νερό. 'Εφαρμόστε ἐπάνω του τὸ χαρτόνι και κρατώντας το γυρίστε με προσοχή τὸ ποτήρι ἀνάποδα, ὥστε νὰ μὴ χυθῆ νερό. 'Αφήστε τὸ χαρτόνι. Τί παρατηρεῖτε ;

3) Κάντε με ἕνα καρφὶ μιὰ τρύπα στὴν πλευρὰ τοῦ κουτιοῦ με τὸ γάλα. Χύνεται τὸ γάλα ἀπὸ τὴν τρύπα ; Πῶς μπορεῖτε νὰ τὸ κάνετε νὰ χυθῆ πιὸ εὔκολα ;

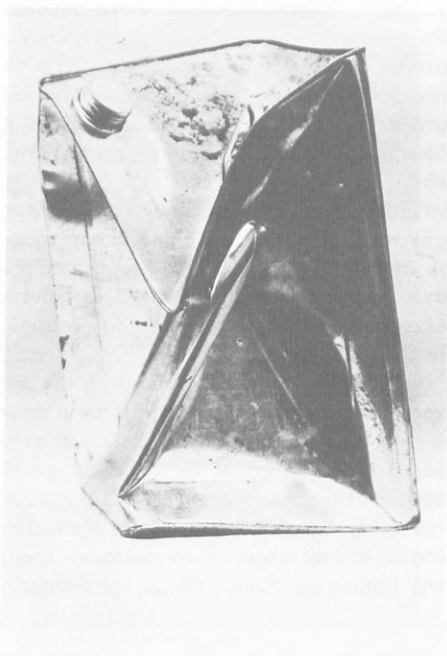
Στὸ πρῶτο μέρος τῆς ἐργασίας παρατηρήσατε ὅτι τὸ χαρτόνι μένει στερεωμένο ἐπά-

νω στὰ χείλη τοῦ ποτηριοῦ. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι κάποια δύναμη πιέζει τὸ χαρτόνι ἐπάνω στὰ χείλη τοῦ ποτηριοῦ και τὸ ἐμποδίζει νὰ πέση. Τὸ ἴδιο φαινόμενο παρατηρήσατε και στὸ δεύτερο μέρος τῆς ἐργασίας. Τώρα ἡ δύναμη ἐξασκεῖται ἐπάνω στο χαρτόνι ἀπὸ κάτω και μάλιστα εἶναι ἀρκετὰ ἰσχυρή, ὥστε νὰ ὑπερικήση τὸ βάρος τοῦ νεροῦ. Τέλος στο τρίτο μέρος τῆς ἐργασίας παρατηρήσατε ὅτι τὸ γάλα δὲν χύνεται ἀπὸ τὴν τρύπα στὴν πλευρὰ τοῦ κουτιοῦ. "Αν ὅμως κάνετε ἄλλη μιὰ τρύπα στο πάνω μέρος τοῦ κουτιοῦ, τὸ γάλα ρεεῖ εὔκολα.

Τὸ γενικὸ συμπέρασμα ἀπὸ αὐτὴ τὴν ἐργασία εἶναι ὅτι σὲ κάθε ἐπιφάνεια μέσα στὸν ἀέρα ἐξασκεῖται μιὰ δύναμη. "Όπως και στὴν ὑδροστατική, μποροῦμε νὰ ὑπολογίσουμε τὴ δύναμη σὲ μιὰ ὀρισμένη ἐπιφάνεια, ἂν ξερῶμε τὴν πίεση, δηλαδή τὴ δύναμη πού ἐξασκεῖται ἐπάνω σ' ἕνα τετραγωνικὸ ἑκατοστὸ ( $\text{cm}^2$ ) τῆς ἐπιφάνειας. "Όπως εἶδαμε και προηγου-



τῆς ἀεραντλίας, ἀφαίρεσε τὸν ἀέρα ἀπὸ δύο ἡμισφαίρια πὸν ἐφάρμοζαν σφιχτά. "Όκτὼ ἄλογα τραβόντας ἀπὸ κάθε πλευρὰ δὲν μπόρεσαν νὰ τὰ ξεχωρίσουν. Τὰ ἡμισφαίρια ξεχώρισαν ἀμέσως, μόλις μπῆκε ἀέρας μέσα τους.



*ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Ένα έντυπιακό αποτέλεσμα της ατμοσφαιρικής πίεσης.*

μένως, είναι εύκολο να καταλάβωμε από ποῦ προέρχεται αὐτὴ ἡ πίεση. Τὴν προκαλεῖ τὸ βάρος τοῦ ἀέρα τῆς ἀτμόσφαιρας, ὅπως ἀκριβῶς καὶ τὸ βάρος ἑνὸς ὑγροῦ πιέζει κάθε ἐπιφάνεια ποῦ βρίσκεται σὲ κάποιο βάθος μέσα τοῦ. Γι' αὐτὸν τὸ λόγο τὴν ὀνομάζομε **ἀτμοσφαιρική πίεση**.

Ἀπὸ τὴν ἐργασία μας μποροῦμε ἐπίσης νὰ συμπεράνωμε ὅτι ἡ ἀτμοσφαιρική πίεση ἐξασκεῖται πρὸς ὅλες τὶς διευθύνσεις. Αὐτὸ εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ἐλευθέρης κινήσεως τῶν μορίων, πού, ὅπως ξέρομε, εἶναι χαρακτηριστικὸ τοῦ κάθε ἀερίου. Μ' αὐτὴ τὴν ιδιότητα μποροῦμε μάλιστα νὰ καταλάβωμε ὅτι ἡ πίεση δημιουργεῖται, καθὼς μυριάδες μόρια τοῦ ἀέρα χτυποῦν ἐπάνω στὴν ἐπιφάνεια καὶ ἀναπηδοῦν.

Γιατὶ ὁμως αὐτὴ τὴν πίεση δὲν τὴν παρατηροῦμε συνήθως; Ἡ ἀπάντηση, βέβαια, εἶναι ὅτι συνήθως ἡ ἀτμοσφαιρική πίεση εἶναι ἡ ἴδια καὶ ἀπὸ τὶς δύο πλευρὲς μιᾶς ἐπιφάνειας. Ἄν ὁμως ἐλαττώσωμε ἢ ἐξουδετερώσωμε τὴν πίεση ἀπὸ τὴ μιὰ μεριά, τότε ἡ πίεση φανερώνεται. Αὐτὸ φαίνεται καθαρὰ στὸ δεῦτερο μέρος τῆς ἐργασίας μας ὅπου, γεμίζοντας τὸ ποτήρι μὲ νερό, πετυχαίνομε νὰ ἀφαιρέσωμε τὸν ἀέρα καὶ νὰ ἐξουδετερώσωμε ἔτσι τὴν ἀτμοσφαιρική πίεση στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ ποτηριοῦ.

Πολλὰ φαινόμενα στὴν καθημερινὴ ζωὴ ὀφείλονται στὴν ἀτμοσφαιρική πίεση καὶ πολλές πρακτικὲς ἐφαρμογὲς στηρίζονται στὴν ὑπαρξὴ τῆς. Θὰ περιγράψωμε μερικὲς ἀπ' αὐτὲς λίγο ἀργότερα. Εἶναι ἐνδιαφέρον ὁμως νὰ σκεφτῆτε πῶς εἶναι προσαρμοσμένος ὁ ἀνθρώπινος ὄργανισμὸς στὴν ἀτμοσφαιρική πίεση. Σ' ὅλες τὶς κοιλότητες τοῦ σώματός μας ὑπάρχει ἀέρας, ποῦ ἐξισορροπεῖ μὲ τὴν πίεσὴ τοῦ ἀτμοσφαιρική πίεση. Αὐτὸ εἶναι ἰδιαίτερα σημαντικό γιὰ τὴ μεμβράνη τοῦ αὐτιοῦ μας. Μιὰ κοιλότητα, ποῦ φτάνει ἀπὸ τὴ μύτη στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ αὐτιοῦ, ἐξασφαλίζει κι ἀπὸ τὴν ἐσωτερική πλευρὰ τῆς μεμβράνης τὴν ἴδια πίεση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρική. Τώρα ἴσως μπορεῖτε νὰ ἐξηγήσετε γιατί πονοῦν τὰ αὐτιά, ὅταν κάνετε μακροβούτι.

## *ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ*

*Μπορεῖτε νὰ δείξετε τὰ ἀποτελέσματα τῆς ἀτμοσφαιρικής πίεσεως μὲ ἕνα ἐντυπιαστικὸ πείραμα. Βορέστε ἕνα τενεκεδένιο δοχεῖο μὲ πῶμα βιδωτό, ποὺ νὰ κλείνη καλά, ὅπως π.χ. δοχεῖο λαδιοῦ. Βάλτε μέσα λίγο νερὸ σὲ ὕψος περίπου ἕνα ἑκατοστὸ καὶ θερμάνετε το, ὥστε τὸ νερὸ νὰ βράση. Πρὶν τελειώση τὸ νερὸ, βγάλτε τὸν τενεκὲ ἀπὸ τὴ φωτιά, μὲ πιάστρες γιὰ νὰ μὴν καίητε, καὶ βιδῶστε σφιχτὰ*

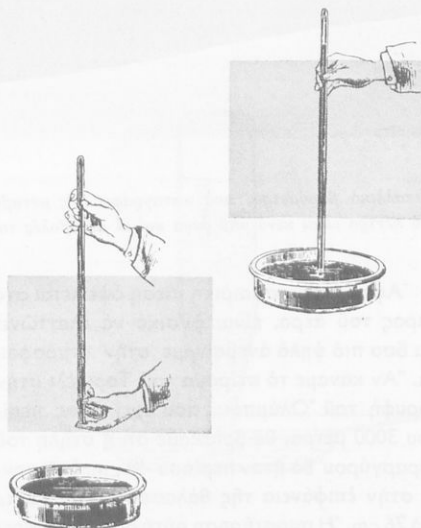
τὸ πῶμα. Ρίξτε ἐπάνω στὸν τενεκὲ μιὰ βρογμένη πετσέτα. Ἐξηγήστε τὶς παρατηρήσεις σας.

### 3. Μέτρηση τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως. Πείραμα τοῦ Τορικέλι

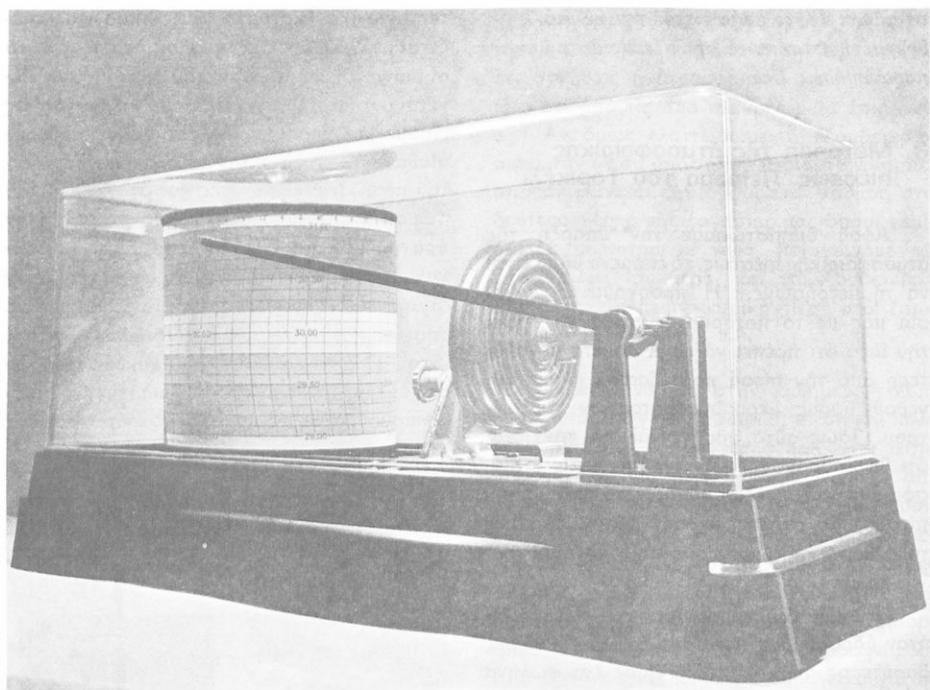
Ἄφου διαπιστώσαμε τὴν ὑπαρξὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως, τὸ ἐπόμενο βῆμα εἶναι νὰ τὴ μετρήσωμε. Ἡ προηγούμενη ἐργασία μας μὲ τὸ ποτήρι τοῦ νεροῦ μᾶς δίνει τὴν ιδέα ὅτι πρέπει νὰ εἶναι ἀρκετὰ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν πίεση ποὺ ἐξασκεῖ μιὰ στήλη νεροῦ ὕψους μερικῶν ἑκατοστῶν τοῦ μέτρου. Ἴσως αὐτὸ σᾶς γεννάει καὶ τὴν ιδέα, ὅτι θὰ μπορούσαμε νὰ μετρήσωμε τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση ἐξισορροπώντας τὴν μὲ τὴν πίεση μιᾶς στήλης ὑγροῦ. Αὐτὴν ἀκριβῶς τὴ μέθοδο χρησιμοποίησε πρὶν ἀπὸ 400 χρόνια περίπου ὁ Τορικέλι.

Τὸ ὑγρὸ ποὺ χρησιμοποίησε ὁ Τορικέλι ἦταν ὑδράργυρος, ποὺ εἶναι σχεδὸν 14 φορές βαρύτερος ἀπὸ τὸ νερό. Γέμισε ἕνα σωλήνα μὲ μήκος περίπου ἕνα μέτρο, κλειστὸν στὸ ἕνα ἄκρο, μὲ ὑδράργυρο καὶ κατόπιν τὸν ἀναποδογύρισε κρατώντας κλειστὸ τὸ ἄλλο ἄκρο μέσα σὲ μιὰ λεκάνη μὲ ὑδράργυρο, ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα. Ὁ ὑδράργυρος κατέβηκε μέσα στὸ σωλήνα καὶ σταμάτησε σὲ ἕνα ὕψος 76 ἑκατοστῶν περίπου ἀπὸ τὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου στὴ λεκάνη. Ἀπὸ αὐτὸ τὸ ἀποτέλεσμα ἔβγαλε τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση στὴν ἐλεύθερη ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου ἦταν ἴση μὲ τὴν πίεση ποὺ ἐξασκεῖ μιὰ στήλη ὑδραργύρου ὕψους 76 cm ἢ, μ' ἄλλα λόγια, ὅτι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση ἐξισορροπεῖται ἀπὸ τὴν πίεση μιᾶς στήλης ὑδραργύρου ὕψους 76 cm. Μποροῦμε τώρα νὰ ὑπολογίσωμε ἀκριβῶς πόση εἶναι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση, ἂν λογαριάσωμε τὸ βάρος μιᾶς στήλης ὑδραργύρου μὲ βάση ἕνα τετραγωνικὸ ἑκατοστὸ ( $\text{cm}^2$ ) καὶ ὕψος 76 cm. Τὸ βάρος αὐτὸ εἶναι 1033,6 gf. Δηλαδή κάθε

τετραγωνικὸ ἑκατοστὸ μιᾶς ἐπιφάνειας πιέζεται μὲ ἕνα βάρος ἐνὸς κιλοῦ περίπου. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ παλάμη τοῦ χεριοῦ σας δέχεται μιὰ δύναμη σχεδὸν ἑκατὸ κιλῶν. Ὅπως εἶπαμε καὶ προηγουμένως, ὁ λόγος ποὺ δὲν αἰσθανόμαστε αὐτὴ τὴν πίεση εἶναι ὅτι παντοῦ μέσα στὶς κοιλότητες καὶ στὰ ἀγγεῖα τοῦ σώματός μας ὑπάρχει ἡ ἴδια πίεση. Στὴν πραγματικότητα, ὅλες οἱ λειτουργίες τοῦ ὀργανισμοῦ μας εἶναι προσαρμοσμένες στὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεση καὶ θὰ ἦταν δύσκολο νὰ ζήσωμε κάτω ἀπὸ πολὺ διαφορετικὴ πίεση. Ἔτσι, οἱ ἀστροναῦτες, ποὺ κυκλοφοροῦσαν στὴ σελήνη, ἔπρεπε νὰ ἔχουν μιὰ τεχνητὴ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση μέσα στὸ κοστούμι τους!



*Πείραμα τοῦ Τορικέλι. Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεση ἰσορροπεῖ μιὰ στήλη ὑδραργύρου ὕψους περίπου 76 ἑκατοστῶν.*



*Μεταλλικό βαρόμετρο, που καταγράφει τις μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης. Το μεταλλικό κουτί στο κέντρο είναι κενό από αέρα και οι μεταβολές του κινούν το δείκτη.*

Αφού η ατμοσφαιρική πίεση οφείλεται στο βάρος του αέρα, είναι φυσικό να ελαττώνεται όσο πιο ψηλά ανεβαίνουμε στην ατμόσφαιρα. Αν κάναμε το πείραμα του Τορικήλι στην κορυφή του Όλύμπου, που έχει ύψος περίπου 3000 μέτρα, θα βρίσκαμε ότι η στήλη του υδραργύρου θα ήταν περίπου 48 cm, ενώ κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας είναι γύρω στα 76 cm. Η παρατήρηση αυτή μάς προσφέρει μια απλή μέθοδο για τη μέτρηση του ύψους ενός τόπου από την επιφάνεια της θάλασσας. Άρκει να μετρήσουμε πόσο κατεβαίνει ή στήλη του υδραργύρου. Από τους αριθμούς για την κορυφή του Όλύμπου μπορείτε να υπολογίσετε ότι η υδραργυρική στήλη πέ-

φτει κατά 1 χιλιοστό του μέτρου για κάθε 10,5 μέτρα περίπου που ανεβαίνουμε.

Τα όργανα που μετρούν την ατμοσφαιρική πίεση λέγονται **βαρόμετρα**. Τα πιο ακριβή βαρόμετρα είναι υδραργυρικά και δεν είναι τίποτε άλλο, παρά μια τελειοποιημένη μορφή του σωλήνα του Τορικήλι. Είναι όμως άβολα στη χρήση και τη μεταφορά τους και γι' αυτό τα βαρόμετρα, που χρησιμοποιούνται συνήθως, είναι μεταλλικά. Η λειτουργία τους στηρίζεται στις μεταβολές των διαστάσεων ενός μικρού μετάλλινου κουτιού με λεπτά τοιχώματα και κενού από αέρα. Καθώς η ατμοσφαιρική πίεση αυξάνεται ή ελαττώνεται, το κουτί συστέλλεται ή διαστέλλεται και



οί μεταβολές αυτές δείχνονται με μιὰ βελόνα. Τὰ περισσότερα βαρόμετρα εἶναι βαθμολογημένα σὲ χιλιοστά στήλης ὕδραργύρου.

Βαρόμετρα χρησιμοποιοῦνται σήμερα σὲ ὅλα τὰ ἀεροπλάνο γιὰ τὴν μέτρηση τοῦ ὕψους. Ἐπειδὴ ἡ ἀτμοσφαιρική πίεση στὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας δὲν εἶναι πάντοτε ἀκριβῶς 760 χιλιοστά ὕδραργύρου, ὁ πιλότος πληροφορεῖται σὲ κάθε στιγμή γιὰ τὴν ἀκριβῆ τιμὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως στὸ ἔδαφος, ὥστε νὰ μπορῆ νὰ ὑπολογίσῃ μὲ ἀκρίβεια τὸ ὕψος τοῦ ἀεροπλάνου. Μιὰ ἄλλη συνηθισμένη ἐφαρμογὴ τῶν βαρομέτρων εἶναι στὴν πρόβλεψη τοῦ καιροῦ. Οἱ μεταβολές τοῦ καιροῦ ἔχουν στενὴ σχέση μὲ τὶς μεταβολές τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. Ὅταν τὸ βαρόμετρο πέφτῃ, δηλαδὴ ἐλαττώνεται ἡ ἀτμοσφαιρική πίεση, εἶναι συνήθως ἔνδειξη ὅτι θ' ἀλλάξῃ ὁ καιρὸς.

νὰ παρακολουθῆτε ἂν ἀνεβαίνει ἢ κατεβαίνει ἡ στάθμη τοῦ νεροῦ μέσα στὴν μπουνάλα ἀπὸ τὴ μιὰ μέρη στὴν ἄλλη. Συζητήστε τὶς παρατηρήσεις σας στὴν τάξη.

#### 4. Ἐφαρμογὲς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως

Εἶδαμε ὅτι τὸ ἀποτέλεσμα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως ἐμφανίζεται πάντα ὅταν κατορθώσωμε νὰ τὴν ἐλαττώσωμε ἢ νὰ τὴν ἀφαιρέσωμε ἀπὸ τὴ μιὰ πλευρὰ μιᾶς ἐπιφάνειας. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ τὸ ἐκμεταλλεῖσθε καθημερινὰ σὲ πολλὰ χρήσιμες ἐφαρμογές. Δύο πολὺ ἀπλά παραδείγματα εἶναι: ὅταν παίρνω μιὰ μικρὴ ποσότητα ἀπὸ ἓνα ὑγρὸ μ' ἓνα σταγονόμετρο ἢ ὅταν γεμίζωμι ἓνα στυλογράφο. Πιέζοντας τὴ φούσκα τοῦ στα-

### ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

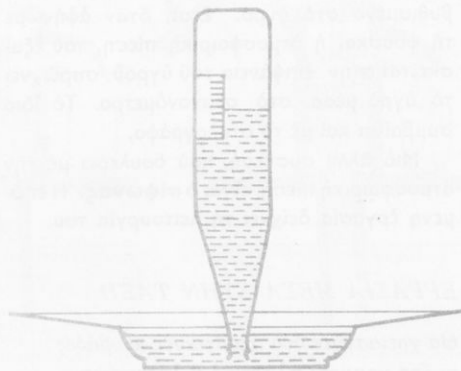
1) Ἡ Πόλη τοῦ Μεξικοῦ βρίσκεται σ' ἓνα ὄροπέδιο σὲ ὕψος περίπου 2500 μέτρα ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας. Πόση θὰ εἶναι ἐκεῖ ἡ ἀτμοσφαιρική πίεση; Γιατὶ στοὺς Ὀλυμπιακοὺς ἀγῶνες τοῦ 1968, ποὺ ἔγιναν στὴν Πόλη τοῦ Μεξικοῦ, οἱ ἀθλητὲς πῆγαν ἐκεῖ ἀρκετὲς ἑβδομάδες πρὶν ἀπὸ τὴν ἔναρξη;

2) Βαρόμετρα ὑπάρχουν σήμερα σὲ πολλὰ σπιτία.

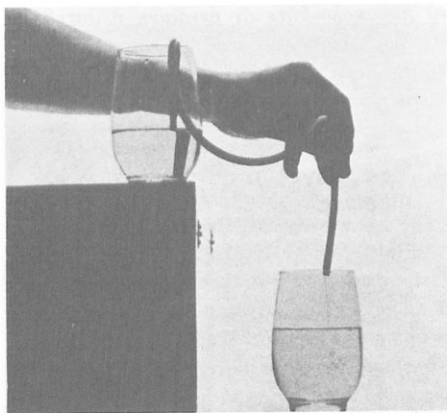
Περιεργαστῆτε ἓνα βαρόμετρο. Παρατηρήστε τὴν κλίμακά του καὶ τὶς ἐνδείξεις ποὺ ἔχει γιὰ τὶς μεταβολές τοῦ καιροῦ.

Μπορεῖτε καὶ σεῖς νὰ κατασκευάσετε ἓνα ἀπλό βαρόμετρο, γιὰ νὰ παρακολουθῆτε τὶς μεταβολές τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. Πάρτε μιὰ μπουνάλα μὲ φαρδὸν λαμῖο, γεμίστε τὴν πάνω ἀπὸ τὴ μέση μὲ νερὸ καὶ ἀναποδογυρίστε τὴν μέσα σ' ἓνα βαθὺ πιάτο μὲ νερὸ.

Κολλήστε στὴν μπουνάλα ἓνα χαρτὶ μὲ γραμμὲς σὲ ἴσες ἀποστάσεις, ὥστε νὰ μπορῆτε



ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Ἐνα ἀπλό βαρόμετρο, μὲ τὸ ὁποῖο μπορεῖτε νὰ παρακολουθήσετε τὶς μεταβολές τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.



**ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ.** *Ο σίφωνας χρησιμοποιείτε για τή μεταφορά ύγρου από ένα δοχείο σ' ένα άλλο σέ χαμηλότερη στάθμη.*

γονόμετρο, διώχνομε ένα μέρος του άερα, όπως διαπιστώνετε άμέσως από τίς φυσαλίδες που βγαίνουν, αν τó σταγονόμετρο είναι βυθισμένο στο ύγρο. Έτσι, όταν αφήνωμε τή φύσκα, ή άτμοσφαιρική πίεση, που έξασκεΐται στην επιφάνεια του ύγρου, σπρώχνει τó ύγρο μέσα στο σταγονόμετρο. Τó ίδιο συμβαίνει και με τó στυλογράφο.

Μιά άλλη συσκευή, που δουλεύει με τήν άτμοσφαιρική πίεση, είναι ó **σίφωνας**. Η έπόμνη έργασία δείχνει τή λειτουργία του.

### **ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ**

Θά χρειαστήτε δύο πλαστικούς κουβάδες κι ένα κομμάτι πλαστικό ή λαστιχένιο σωλήνα με μήκος ένα μέτρο περίπου.

Γεμίστε τόν ένα κουβά με νερό και τοποθετήστε τον επάνω σέ μιá καρέκλα.

Βάλτε τόν άλλο κουβά στο πάτωμα. Έπειτα γεμίστε τó σωλήνα με νερό και κρατώντας τά δύο άκρα, ώστε να μη χυθή τó νερό, βάλτε τó ένα άκρο μέσα στο νερό τού κουβά, που είναι

επάνω στην καρέκλα, και τó άλλο στον άλλο κουβά. Τί παρατηρείτε ;

Στό άπλό αυτό πείραμα παρατηρείτε ότι τó νερό ρέει συνεχώς από τόν έναν κουβά στον άλλο, που βρίσκεται χαμηλότερα. Για να γίνη αυτό πρέπει τó νερό να άνέβη πρώτα στο κομμάτι του σωλήνα που βρίσκεται στον πρώτο κουβά κι έπειτα να τρέξει στο κομμάτι του σωλήνα που κατευθύνεται προς τά κάτω. Τί προκαλεί τήν κίνηση του νερού προς τά πάνω; Με όσα έχομε πεί ως τώρα εύκολα συμπεραίνομε ότι ή αίτία είναι ή άτμοσφαιρική πίεση, που πιέζει τήν ελεύθερη επιφάνεια του νερού.

Ό σίφωνας μās επιτρέπει να μεταγγίσωμε ένα ύγρο από ένα δοχείο σ' ένα άλλο, που βρίσκεται σέ χαμηλότερο ύψος. Έτσι, μπορούμε παραδείγματος χάρη να βγάλωμε βενζίνη από τó ρεζερβουάρ ενός αυτοκινήτου. Άλλά, πώς θα μπορούσαμε να άντλήσωμε νερό, που βρίσκεται σέ χαμηλό ύψος, όπως σ' ένα πηγάδι ;

Γιά τó σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε ύδραντλίες, όπου ή άτμοσφαιρική πίεση παίζει πάλι τó ρόλο της. Τόν τρόπο λειτουργίας μιās ύδραντλίας μπορείτε να τόν παρακολουθήσετε στην εικόνα τής έπόμενης σελίδας. Ένα τέτοιο είδος άντλίας χρησιμοποιείται έπίσης συχνά για τήν άντληση λαδιού ή κρασιού από ένα δοχείο. Μπορείτε να προμηθευτήτε μιá τέτοια μικρή άντλία από ένα οποιοδήποτε σιδηροπωλείο και να μελετήσετε πώς λειτουργεί.

### **ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

1) Περιγράψτε τó ρόλο που παίζει ή άτμοσφαιρική πίεση στις παρακάτω έφαρμογές :

(α) Όταν ρουφάτε λεμονάδα από ένα μπουκάλι με ένα καλαμάκι.

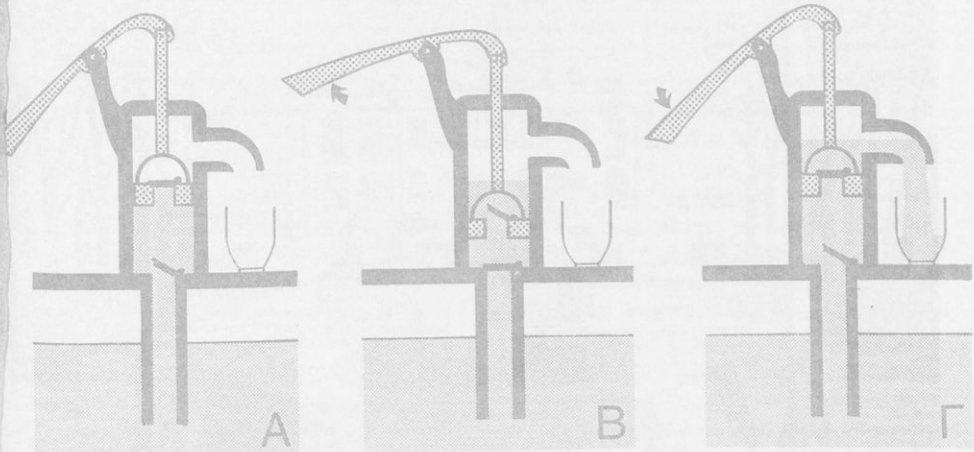
(β) Βουτήξτε ένα σωλήνα σ' ένα δοχείο.  
Κλείστε με το δάχτυλο το επάνω μέρος του σωλήνα και βγάλτε τον από το δοχείο. Τί παρατηρείτε ; Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται συχνά, για να πάρουμε δείγμα ενός υγρού από ένα δοχείο.

2) Σε παλαιότερα χρόνια χρησιμοποιούσαν βεντούζες για τη θεραπεία των κρυσταλλογονιμμάτων. Ζητήστε από ένα μεγαλύτερό σας να σας περιγράψει πώς χρησιμοποιούσαν τις βεντούζες και εξηγήστε το ρόλο που παίζει σ' αυτές η ατμοσφαιρική πίεση.

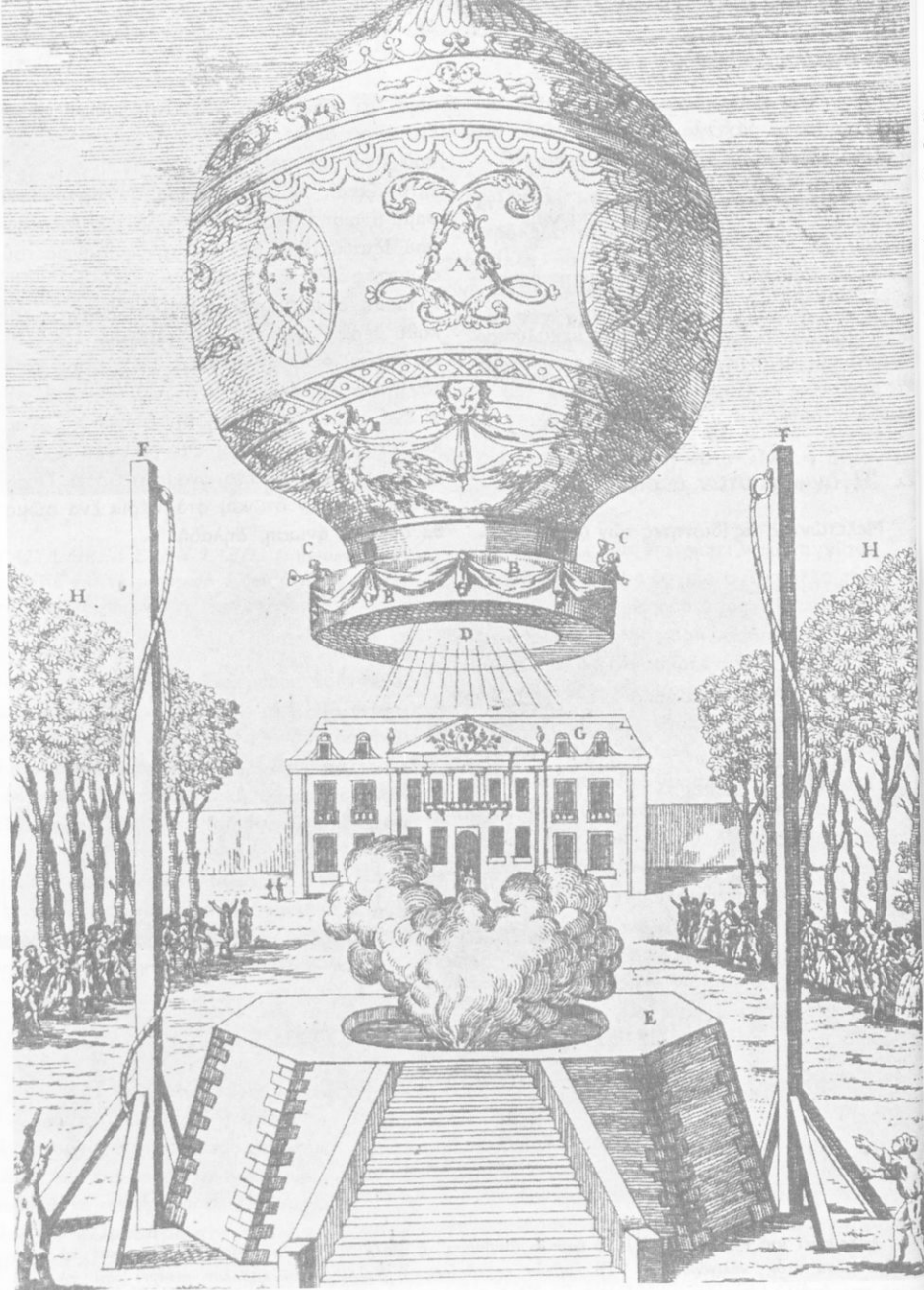
## 5. Η άνωση στον αέρα

Μελετώντας τις ιδιότητες των υγρών βρή-

καμε ότι κάθε σώμα, που είναι βυθισμένο σε ένα υγρό, δέχεται μια δύναμη προς τα πάνω, που είναι ίση με το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται. Η δύναμη αυτή, που την ονομάσαμε άνωση, είναι αποτέλεσμα των πιέσεων που εξασκούνται επάνω στην επιφάνεια του σώματος από το υγρό. Όπως είδαμε όμως, η πίεση είναι χαρακτηριστική ιδιότητα και κάθε αερίου. Δηλαδή, βρήκαμε ότι εξασκείται πίεση σε μια επιφάνεια, ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό της, όταν βρίσκεται μέσα σ' ένα αέριο. Από αυτή την άποψη τα υγρά και τα αέρια μοιάζουν και γι' αυτό πολλές φορές τα λέμε με ένα όνομα **ρευστά**. Περιμένουμε λοιπόν ότι και στα αέρια ένα σώμα θα δέχεται άνωση, δηλαδή :



Πώς λειτουργεί μια ύδραντλία : Α) Το έμβολο ανεβαίνει, ή βαλβίδα του κυλίνδρου ανοίγει και το νερό μπαίνει μέσα στον κύλινδρο. Β) Το έμβολο κατεβαίνει, ή βαλβίδα του εμβόλου ανοίγει και το νερό περνά στο επάνω μέρος του κυλίνδρου. Γ) Το έμβολο ανεβαίνει πάλι, ή βαλβίδα του εμβόλου κλείνει και το νερό χύνεται από το στόμιο της άντλιας.



Τὸ πρῶτο ἀερόστατο τῶν ἀδελφῶν Μονγκολφιέ.

κάθε σώμα στον αέρα δέχεται μια δύναμη προς τα επάνω ίση με το βάρος του αέρα που έκτοπιζει.

Είναι εύκολο να καταλάβουμε τώρα γιατί η άνωση στον αέρα δεν είναι πολύ αισθητή. Έπειδή ο αέρας έχει πολύ μικρό βάρος, η άνωση για τα περισσότερα υλικά σώματα είναι πολύ μικρότερη από το βάρος τους. Η άνωση, που δέχεται το σώμα μας στον αέρα, είναι σχεδόν χίλιες φορές μικρότερη από το βάρος μας και γι' αυτό δεν την αισθανόμαστε καθόλου. Αντίθετα, στο νερό η άνωση είναι σχεδόν ίση με το βάρος του σώματός μας και γι' αυτό σχεδόν επιπλέομε.

Για να παρατηρήσουμε λοιπόν την άνωση στον αέρα, πρέπει να έχουμε ένα σώμα που να έχει βάρος μικρότερο από τον αέρα που έκτοπιίζει. Το αποτέλεσμα θα είναι ότι το σώμα, άντι να πέφτη, θα ανεβαίνει. Ίσως έχετε κάποτε παίζει με τα μπαλόνια, που ανεβαίνουν ψηλά. Τώρα μπορείτε να εξηγήσετε πώς συμβαίνει αυτό. Τα μπαλόνια αυτά είναι φουσκωμένα με αέριο, που είναι ελαφρότερο από τον αέρα, κι έτσι η άνωση είναι μεγαλύτερη από το βάρος τους.

Η άνωση στον αέρα χρησιμοποιήθηκε στις πρώτες προσπάθειες του ανθρώπου να ικανοποιήσει το πανάρχαιο όνειρό του, να πετάξει. Στά 1783 οι αδελφοί Μονγκολφιέ κατασκεύασαν κοντά στο Παρίσι τα πρώτα αερόστατα, που ήταν μεγάλα μπαλόνια από αδιαπέραστο από τον αέρα μεταξωτό ύφασμα. Βάζοντας το στόμιο του μπαλονιού πάνω από μία φωτιά από άχυρα, γέμιζαν το μπαλόνι με θερμό αέρα, που ήταν ελαφρότερος από τον ατμοσφαιρικό αέρα. Με ένα τέτοιο αερόστατο πέταξαν για πρώτη φορά στο Παρίσι σε απόσταση μερικών χιλιομέτρων.

Ο θερμός αέρας δεν είναι, βέβαια, το καταλληλότερο αέριο, γιατί μόλις κρύνει, συστέλλεται και η άνωση δεν είναι αποτελεσματική. Χρειάζεται επομένως ένα ελαφρότερο αέριο όπως το υδρογόνο. Σε πιό σύγχρονα

αερόστατα χρησιμοποιήθηκε αέριο ήλιο.

Τα αερόστατα γρήγορα ξεπεράστηκαν από τα αεροπλάνα, γιατί ήταν δύσκολο να οδηγηθούν και παρασέρνονταν από ανέμους. Αερόστατα όμως χρησιμοποιούνται ακόμα, για να ανεβάζουν όργανα σε διάφορα στρώματα της ατμόσφαιρας. Έτσι μελετήθηκαν πολλές από τις ιδιότητες της ατμόσφαιρας. Σήμερα για τα ψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας χρησιμοποιούνται και τεχνητοί δορυφόροι.

## 6. Δυνάμεις από την κίνηση στον αέρα. Αεροπλάνα

Οι προσπάθειες του ανθρώπου να πετάξει με τα αερόστατα βασίζονταν στις ανυψωτικές δυνάμεις, που αναπτύσσονται με την άνωση σε σώματα ελαφρότερα από τον αέρα. Μήπως όμως είναι δυνατό να πετάξουν και σώματα βαρύτερα από τον αέρα; Το πέταγμα των πουλιών βεβαιώνει πως αυτό είναι πραγματικά δυνατό. Αν έχετε ταξιδέψει με πλοίο, θα έχετε ίσως παρατηρήσει τους γλάρους, που πολλές φορές το ακολουθούν. Το πέταγμα τους έχει ιδιαίτερη χάρη, καθώς γλιστρούν μέσα στον αέρα με ακίνητα τα ανοιγμένα φτερά, που μόνο από καιρό σε καιρό τα κουνούν, για να αποκτήσουν ταχύτητα.

Όλοι επίσης θα έχετε πετάξει χαρταετό, που είναι κι αυτός ένα σώμα βαρύτερο από τον αέρα. Ξέρετε, βέβαια, ότι ο χαρταετός δεν ανεβαίνει, αν δεν φυσά άνεμος. Έπομένως η δύναμη που ανυψώνει το χαρταετό έχει να κάνει με την κίνηση του αέρα γύρω απ' αυτόν. Άς δούμε όμως πώς είναι δυνατό να δημιουργηθεί μια τέτοια δύναμη, με μία απλή εργασία.

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε ένα βιβλίο και μία λουρίδα χαρτιού με πλάτος περίπου 10 cm και μήκος περίπου 30 cm.



**ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ.** Ἡ κίνηση τοῦ ἀέρα στὸ ἐπάνω μέρος τῆς λουριδῆς τοῦ χαρτιοῦ δημιουργεῖ μιὰ δύναμη πρὸς τὰ πάνω.

*Βάλτε τὴ μιὰ ἄκρη τῆς λουριδῆς ἀνάμεσα στὶς σελίδες τοῦ βιβλίου καὶ σηκώστε τὸ βιβλίο ὀρθιο, ὥστε ἡ λουριδῆ νὰ πέσει μπροστά, ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα.*

*Φυσήξτε ἐπάνω ἀπὸ τὴ λουριδῆ πρῶτα αἰγὰ καὶ μετὰ πιὸ ἔντονα. Τί παρατηρεῖτε ;*

Τὸ ἀποτέλεσμα τοῦ πειράματος εἶναι ἀπλό ἀλλὰ σημαντικό. Ἡ λουριδῆ τοῦ χαρτιοῦ ἀνυψώνεται καὶ μάλιστα τόσο περισσότερο, ὅσο πιὸ ἔντονα φυσοῦμε. Αὐτὸ ὅμως σημαίνει πὼς ἀναπτύχθηκε κάποια δύναμη, πὺ σπρώχνει τὴ λουριδῆ πρὸς τὰ ἐπάνω. Ἡ δύναμη αὐτὴ πρέπει νὰ ἔχη σχέση μὲ τὴν κίνηση τοῦ ἀέρα στὴν ἐπάνω πλευρὰ τῆς λουριδῆς. Μποροῦμε νὰ διατυπώσωμε αὐτὸ τὸ συμπέρασμα λίγο διαφορετικὰ λέγοντας ὅτι ἡ πίεση τοῦ ἀέρα στὴν ἐπάνω πλευρὰ τῆς λουριδῆς εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὴν πίεση στὴν κάτω πλευρὰ ἐξαιτίας τῆς κινήσεώς του.

Ἡ ἀπλὴ αὐτὴ παρατήρηση ἀποτελεῖ τὴ

βάση τῆς κατασκευῆς ὄλων τῶν σύγχρονων ἀεροπλάνων. Ἡ δύναμη πὺ ἀνυψώνει τὸ ἀεροπλάνο ἀναπτύσσεται στὰ φτερά του, καθὼς ὁ ἀέρας κινεῖται γύρω ἀπὸ αὐτά. Ἐὰν ταξιδέψατε μὲ ἀεροπλάνο, θὰ εἶχατε τὴν ἐντύπωση ὅτι ὁ ἀέρας κινεῖται γύρω ἀπὸ τὸ φτερὸ ἀκριβῶς ὅπως ὁ ἄνεμος πὺ αισθάνεστε ὅταν τρέχετε μὲ αὐτοκίνητο. Ἡ δύναμη, πὺ ἐξασκεῖται ἐπάνω στὰ φτερά καὶ ἀνυψώνει τὸ ἀεροπλάνο, δημιουργεῖται ἀπὸ τὴν κίνηση τοῦ ἀέρα.

Εἶναι φανερὸ ἀπὸ ὅσα εἶπαμε ὅτι γιὰ τὴν πτήση τοῦ ἀεροπλάνου χρειάζονται δύο πράγματα. Πρῶτα ἓνας κινητήρας, γιὰ νὰ κινήθῃ μὲσα στὸν ἀέρα, κι ἔπειτα κατάλληλα διαμορφωμένα φτερά, ὅπου θὰ ἀναπτυχθῇ ἡ ἀνυψωτικὴ δύναμη. Γιὰ τὴν κίνηση τοῦ ἀεροπλάνου μὲσα στὸν ἀέρα χρησιμοποιοῦνταν, μέχρι πρὶν 25 χρόνια περίπου, σχεδὸν ἀποκλειστικὰ ἔλικες. Τὰ σύγχρονα ἀεροπλάνα εἶναι κυρίως ἀεριοθούμενα καὶ κινοῦνται μὲ πολὺ μεγαλύτερες ταχύτητες ἀπὸ τὰ ἀεροπλάνα μὲ ἔλικες.

Πολλὲς ἔρευνες ἔχουν γίνεῖ γιὰ τὴν πιὸ κατάλληλη μορφή φτερῶν. Ἡ προσπάθειά εἶναι νὰ γίνῃ ἡ ἀνυψωτικὴ δύναμη ὅσο τὸ δυνατόν μεγαλύτερη, ἀλλὰ συγχρόνως τὸ φτερὸ νὰ μὴν προβάλλει μεγάλη ἀντίσταση στὴν κίνηση μὲσα στὸν ἀέρα. Ἡ εἰκόνα δείχνει τὸ ἀεροδυναμικὸ σχῆμα πὺ θὰ βλέπαμε, ἂν κόβαμε ἓνα φτερὸ. Οἱ γραμμὲς γύρω δείχνουν τὸν τρόπο, μὲ τὸν ὅποιο κινεῖται ὁ ἀέρας. Καθὼς μπορεῖτε νὰ παρατηρήσετε, ὁ δρόμος τοῦ ἀέρα στὴν ἐπάνω πλευρὰ εἶναι μακρύτερος ἀπὸ τὸ δρόμο στὴν κάτω πλευρὰ. Ἐτσι ὁ ἀέρας κινεῖται στὴν ἐπάνω πλευρὰ πιὸ γρήγορα καὶ δημιουργεῖται ἡ δύναμη πὺ σηκώνει τὸ ἀεροπλάνο. Οἱ μηχανικοὶ πὺ ἀσχολοῦνται μὲ τὴν κατασκευὴ ἀεροπλάνων οἱ ἀεροναυπηγοί, ὑπολογίζουν μὲ κάθε λεπτομέρεια τὶς δυνάμεις ἐπάνω σὲ κάθε φτερὸ. Ἀκόμα, κατασκευάζουν γιγαντιαῖα τοῦ νεῦ, ὅπου μὲ ἀνεμιστήρες δημιουργοῦν τεχνητὰ τὴν κίνηση τοῦ ἀέρα μὲ μεγάλη ταχύ

τητα γύρω από μοντέλα αεροπλάνων, για να μετρήσουν τις δυνάμεις που αναπτύσσονται.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Οί αδελφοί Ράιτ ήταν οί πρώτοι που κατάφεραν να πετάξουν με αεροπλάνο. Να βρωήτε πληροφορίες για τούς πρώτους αεροπόρους και τήν εξέλιξη τού αεροπλάνου.

2) Φουσκώστε ένα μπαλόνι και στερεώστε το με τó λαιμό πρòς τά πίσω επάνω σ' ένα ελαφρό καρτσάκι, π.χ. σ' ένα μικρό πλαστικό καρτσάκι. Έλευθερώστε τó λαιμό, ώστε να φύγει ó αέρας. Τί παρατηρεείτε ; Στο φαινόμενο αυτό στηρίζεται ή κίνηση τών αεριωθουμένων αεροπλάνων.



Τò αεροδυναμικό σχήμα που θά βλέπαμε, αν κόβαμε ένα φτερό αεροπλάνου. Οί γραμμές δείχνουν τήν κίνηση τού αέρα.

## 7. 'Ο αέρας ως πηγή ενέργειας

Όπως κάθε κινούμενο σώμα, έτσι και ó άνεμος, δηλαδή ó αέρας που κινείται, έχει κινητική ενέργεια. Όπως ξέρομε, αυτό σημαίνει ότι μπορεί να παράη έργο. Αύτη τήν ιδιότητα τή χρησιμοποίησε από παλιά ó άνθρωπος σε διάφορες εφαρμογές, όπου χρειάζεται μια μορφή ενέργειας. Οί μεγάλοι θαλασσοπόροι, όπως ó Χριστόφορος Κολόμβος και ó Μαγγελάνος, πραγματοποίησαν όλα τά ταξίδια τους με ιστιοφόρα, δηλαδή με πλοία με πανιά, που χρησιμοποιούσαν τόν άνεμο ως κινητήρια δύναμη. Μέχρι πριν από εκατό χρόνια περίπου ή κίνηση τών πλοίων νηόταν σχεδόν αποκλειστικά με πανιά. Στά νησιά τού Αιγαίου, όπου οί άνεμοι είναι ιδιαίτερα συχνοί και ισχυροί, υπήρχαν πλήθος ανεμόμυλοι, που χρησιμοποιούσαν τήν ενέργεια τού ανέμου για τó άλεσμα τού σιταριού ή για τήν άντληση νερού από πηγάδια. Άκόμα και σήμερα τó όροπέδιο Λασιθίου στήν Κρήτη είναι περίφημο για τούς 10000 ανεμόμύλους του.

Με τήν ανάπτυξη όμως άλλων πηγών ενέργειας, όπως τού άτμου και τού ηλεκτρι-

σμου, ή ενέργεια τού ανέμου παραμερίστηκε. 'Ο κύριος λόγος είναι ότι έχει τó μειονέκτημα να μὴ είναι πάντα διαθέσιμη, όταν τήν χρειαζόμαστε. Με τó πάτημα ενός κουμπιού μπορούμε να έχωμε άμεσα τήν ήλεκτρική ενέργεια που χρειάζεται για μια ήλεκτρική άντλία, που ανεβάζει νερό από ένα πηγάδι. Και οί μηχανές ενός πλοίου μπορούν να δώσουν κίνηση σε κάθε στιγμή, ώστε να μὴ χρειάζεται να περιμένωμε ευνόϊκους ανέμους.

Στά τελευταία χρόνια όμως έχωμε καταλάβει ότι ή ασυλλόγιστη σπατάλη ενέργειας μπορεί γρήγορα να εξαντλήση τά αποθέματα που υπάρχουν από καύσιμα, πετρέλαιο ή άκόμα και άνθρακιο. Έτσι, ή προσοχή τού ανθρώπου στρέφεται πάλι πρòς άλλες πηγές ενέργειας κι ανάμεσα σ' αυτές και τού άνεμου. Είναι φανερό ότι, για να χρησιμοποιήσωμε άποτελεσματικά τήν ενέργεια τού άνεμου, πρέπει να βρωμε έναν τρόπο να τήν αποθηκεύωμε, για να τήν χρησιμοποιήσωμε όταν δέν φυσά. Γι' αυτό τó σκοπό άρκετοί μηχανικοί σήμερα έρευνούν για τρόπους οικονομικής αποθηκεύσεως τής ενέργειας τού άνεμου. Άν αυτό πραγματοποιηθῆ, θά κερ-

δίσωμε άλλη μιὰ πηγή ἐνέργειας, πού ἔχει καί τὸ πλεονέκτημα ὅτι εἶναι «καθαρή», δηλαδὴ δὲν ρυπαίνει τὴν ἀτμόσφαιρα, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰ διάφορα καύσιμα.

### ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στὴ μελέτη τῆς μηχανικῆς τῶν ὑγρῶν καὶ

τῶν ἀερίων βρήκαμε πολλές κοινὲς χαρακτηριστικὲς ιδιότητες. Οἱ νέες ἔννοιες πὸν συναντήσαμε στὶς δύο αὐτὲς ἐνόητες βρίσκονται σκορπισμένες στὴν ἀπέναντι σελίδα καὶ μπορεῖτε νὰ τὶς χρησιμοποιήσετε γιὰ μιὰ ἐπανάληψη. Βεβαιωθῆτε ὅτι καταλαβαίνετε τὴ σημασία κάθε λέξης καὶ ὅτι μπορεῖτε νὰ τὴν ἐξηγήσετε μὲ δικὰ σας λόγια καὶ παραδείγματα.



Χιλιάδες ἀνεμόμυλοι χρησιμοποιοῦνται στὸ ὄροπέδιο Λασιθίου γιὰ ἀντλῆση νεροῦ.



ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΗ

βαρόμετρο

δυνάμεις συνάφειας

υδραυλικές μηχανές

ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

συγκοινωνούντα δοχεία

τριχοειδείς σωλήνες

ΡΕΥΣΤΑ

ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΠΑΣΚΑΛ

σίφωνα

άνωση

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΑΕΡΑΣ

οριζόντιο επίπεδο

ατμοσφαιρική πίεση

ΠΙΕΣΗ

ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ

Επισημαίνεται ότι η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη που διεξάγεται στην Ελλάδα με σκοπό την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των προγραμμάτων που υλοποιούνται στο πλαίσιο της ΕΠΕΑΕΚ 2.

### ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ



Η μελέτη αυτή αποτελεί μέρος της έρευνας που διεξάγει το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής στο πλαίσιο της ΕΠΕΑΕΚ 2. Η έρευνα αυτή έχει ως στόχο την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των προγραμμάτων που υλοποιούνται στο πλαίσιο της ΕΠΕΑΕΚ 2.

## β. χημεία

# I. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

## 1. Εισαγωγή

Παρατηρήστε την ποικιλία από χρώματα, που έχουν τα πράγματα γύρω σας. Μέσα στην τάξη σας και μόνο θα βρήτε όλα τα χρώματα του ουράνιου τόξου. Παρατηρήστε τα ύλικά, από τα όποια είναι φτιαγμένα τα ρούχα σας, τα τετράδια, οι σάκες σας. Τα ρούχα είναι φτιαγμένα από μαλλι και βαμβάκι, αλλά και από τα πλαστικά νάιλον, τεριλν και ντάκρον. Τα τετράδια είναι κατασκευασμένα από χαρτί και οι σάκες από δέρμα ή από πλαστικό. Σκεφθήκατε ποτέ πώς από το βαμβάκι φτιάνεται ή σιλπνή και χρωματιστή κλωστή, με την όποια είναι ύφασμένο το πουκάμισό σας; Πώς από το ξύλο φτιάνεται το χαρτί; Πώς κατασκευάζονται ύλικά, όπως τα πλαστικά, που δεν υπάρχουν στη φύση;

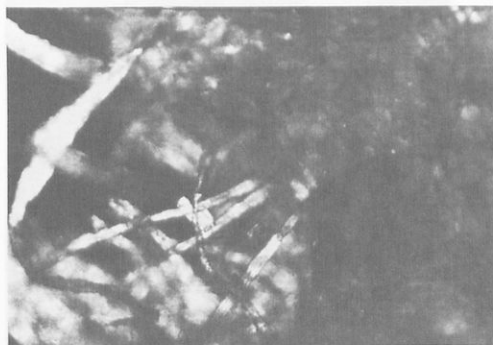
Στις αρχές του αιώνα τα ύλικά, που χρησιμοποιούσε ο άνθρωπος για τις ανάγκες της ζωής του, προέρχονταν όλα από τη φύση, ήταν δηλαδή **φυσικά προϊόντα**, όπως το μαλλι και το δέρμα από τα ζώα, το ξύλο από τα δέντρα, οι θεραπευτικές ουσίες από τα

βότανα, το βαμβάκι και τα μέταλλα. Τα τελευταία όμως χρόνια οι χημικοί κατασκεύασαν ύλικά, που δεν υπάρχουν στη φύση, δηλαδή **τεχνητά ή συνθετικά προϊόντα**, όπως τα πλαστικά, τα απορρυπαντικά, τα τεχνητά ή συνθετικά χρώματα και τα συνθετικά φάρμακα και τρόφιμα. Οι χημικοί, μελετώντας και μαθαίνοντας τη σύνθεση των φυσικών ουσιών, πέτυχαν να φτιάσουν και νέες ουσίες, που δεν υπάρχουν στη φύση.

Ο κόσμος της χημείας λοιπόν είναι πολύ μεγάλος, είναι ή έρευνα της ύλης και ή σύνθεση νέων ουσιών. Η σύνθεση νέων ουσιών είναι πολύ σπουδαίο πράγμα για τον άνθρωπο, γιατί με την όλο και μεγαλύτερη αύξηση του πληθυσμού στη γη τα φυσικά προϊόντα έπαρκουν όλο και λιγότερο.

Είναι λοιπόν τόσο διαφορετική ή χημεία από τη φυσική; Όχι, γιατί και οι δύο επιστήμες έρευνουν τη φύση, δηλαδή την ύλη και την ενέργεια. Οι χημικοί όμως ενδιαφέρονται περισσότερο για την ύλη και τις μεταβολές της.

Άς δούμε τώρα κι εμείς την ύλη, όπως τη βλέπουν οι χημικοί.



Το χαρτί αὐτοῦ τοῦ βιβλίου, ὅπως φαίνεται σέ μεγέθυνση 100 φορές κάτω ἀπὸ ἓνα μικροσκόπιο. Σκεφτῆτε ὅτι ἔπαρχον ἠλεκτρονικὰ μικροσκόπια, ὅπου τὰ πράγματα μεγεθύνονται ἑκατομμύρια φορές.

## 2. Μόρια καὶ ἄτομα

Μάθαμε φέτος ὅτι τὸ μικρότερο κομματάκι ἑνὸς εἴδους ὕλης εἶναι τὸ μόριο. Ἄλλὰ πόσα εἶδη ὕλης ξέρομε; Τὸ νερό, ἡ κιμωλία ἢ ἄμμωνία, ἡ ζάχαρη, τὸ ἄλατι καὶ ἓνα σωρὸ ἄκόμα οὐσίες εἶναι, ὅλες, διαφορετικὰ εἶδη ὕλης. Τὸ μικρότερο κομματάκι ἢ καλύτερα τὸ μικρότερο σωματίδιο τοῦ νεροῦ, τῆς κιμωλίας καὶ τῆς ζάχαρης εἶναι τὸ μόριο τοῦ νεροῦ, τὸ μόριο τῆς κιμωλίας καὶ τὸ μόριο τῆς ζάχαρης.

Τὸ μόριο τοῦ νεροῦ εἶναι διαφορετικὸ ἀπὸ τὰ μόρια τῆς κιμωλίας καὶ τῆς ζάχαρης καὶ μὲ τὴ σειρά τους τὰ μόρια τῆς κιμωλίας καὶ τῆς ζάχαρης εἶναι διαφορετικὰ μεταξὺ τους. Ἄλλὰ σὲ τί διαφέρουν;

Ἄς διασπάσωμε ἓνα μόριο, γιὰ νὰ δοῦμε ἀπὸ τί ἀποτελεῖται.

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῆτε ἓνα δοκιμαστικὸ σωλήνα (πυρέξ), μὰ λαβίδα γιὰ τὸ σωλήνα, ἓνα καμινέτο οἰνοπνεύματος ἢ ἓνα λύχνο

ἀερίου, ἓνα πλαστικὸ κονταλάκι, λίγη σκόνη ὀξειδίου τοῦ ὕδραργύρου καὶ ἓνα φλιτζάνι.

1) Μὲ τὴν ἄκρη τοῦ κονταλινοῦ πάρετε λίγη σκόνη ὀξειδίου τοῦ ὕδραργύρου καὶ βάλτε τὴν μέσα στὸν δοκιμαστικὸ σωλήνα.

**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Μὴν ἀγγίζετε τὴ σκόνη μὲ τὰ δάχτυλά σας καὶ μὴν ἀναπνέετε κοντὰ στὴ σκόνη.

2) Πιάστε τὸν δοκιμαστικὸ σωλήνα μὲ τὴ λαβίδα καὶ θερμάνετε στὴ φλόγα τοῦ λύχνου ἢ τοῦ καμινέτου τὸ ὀξείδιο τοῦ ὕδραργύρου.

**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Καθὼς θερμάνετε τὸν δοκιμαστικὸ σωλήνα, τὸ στόμιό του δὲν πρέπει νὰ εἶναι γυρισμένο πρὸς ἑσᾶς. Σιγονορεντῆτε ὅτι τὸ στόμιό τοῦ σωλήνα δὲν εἶναι στραμμένο πρὸς κανένα μέσα στὴν τάξη. Μὴν ἀναπνέετε τοὺς ἀτμοὺς ποὺ βγαίνουν ἀπὸ τὸ σωλήνα.

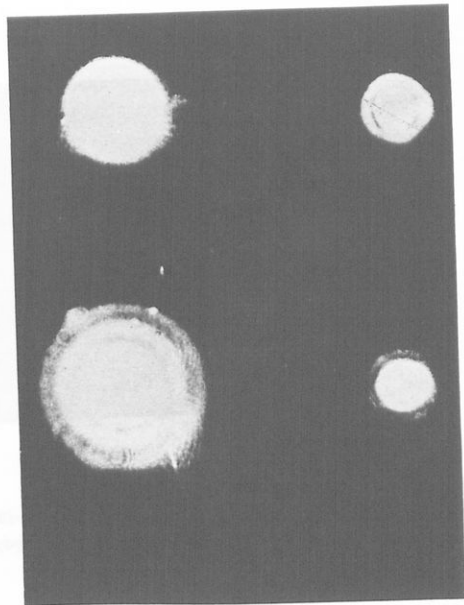


**ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ.** Τα μόρια του οξειδίου του υδραργύρου σπάζουν με τη θέρμανση και σχηματίζεται οξυγόνο και υδράργυρος.

3) Παρατηρήστε τί συμβαίνει. Τί χρώμα είχε ή σκόνη του οξειδίου του υδραργύρου πριν την θέρμανση; Τί χρώμα παίρνει ή σκόνη όταν θερμαίνεται; Παρατηρούμε ότι, μετά από λίγο, στα τοιχώματα του δοκιμαστικού σωλήνα παρουσιάζονται άσημνες σταγόνες. Τί είναι αυτές οι σταγόνες;

4) Μόλις παρουσιαστούν οι άσημνες σταγόνες, στερεώστε τον δοκιμαστικό σωλήνα μέσα στο φλιτζάνι και αφήστε τον να κρυώσει.

**ΠΡΟΣΟΧΗ :** Μην αγγίζετε τον δοκιμαστικό σωλήνα, είναι πολύ ζεστός.



Φωτογραφία ατόμων των αερίων αργού και νέου, παρμένη από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο με ειδική τεχνική.

Ή σκόνη του οξειδίου του υδραργύρου είναι μια κόκκινη χημική ουσία. Μετά τη θέρμανση ή κόκκινη σκόνη έγινε μαύρη και στη συνέχεια στο σωλήνα σχηματίστηκαν άσημνες σταγόνες. Οι σταγόνες αυτές δεν είναι πια οξείδιο του υδραργύρου, αλλά υδράργυρος. Το μόριο του οξειδίου του υδραργύρου αποτελείται από δύο άλλα μικρότερα σωματίδια, που τα λέμε **άτομα**. Για τα άτομα μίλησε πρώτος ο Δημόκριτος, που γεννήθηκε στην Αρχαία Ελλάδα γύρω στα 470 π.Χ. Ή λέξη άτομο σημαίνει κάτι που δεν τέμνεται (δεν κόβεται). Το μόριο του οξειδίου του υδραργύρου αποτελείται από ένα άτομο υδραργύρου και ένα άτομο οξυγόνου. Στο πείραμά μας διασπάσαμε το μόριο του

οξειδίου του υδραργύρου, δηλαδή χωρίσαμε το άτομο του οξυγόνου από το άτομο του υδραργύρου. Με τη διάσπαση, το οξυγόνο, που είναι αέριο, έφυγε και ο υδράργυρος, που είναι υγρό, στάθηκε στα τοιχώματα του σωλήνα. Φυσικά, εδώ δεν είχαμε να κάνουμε με ένα μόριο οξειδίου του υδραργύρου, γιατί, όπως μάθαμε στη φυσική, τα μόρια είναι πάρα πολύ μικρά και μόνο με ειδικά ηλεκτρονικά μικροσκόπια ο άνθρωπος μπόρεσε να τα δει. Δουλέψαμε με μυριάδες μόρια, που τα διασπάσαμε με τη βοήθεια της θερμότητας, δηλαδή καταναλώσαμε ενέργεια, για να τα διασπάσωμε. Αφού τα μόρια είναι τόσο πολύ μικρά, σκεφτήτε πόσο πολύ μικρά είναι τα άτομα. Ο άνθρωπος παρ' όλα αυτά κατάφερε με δυνατά ηλεκτρονικά μικροσκόπια να δει και μερικά από τα άτομα.

Μάθαμε λοιπόν ότι

### τα μόρια αποτελούνται από άτομα.

Οι επιστήμονες όμως δεν σταμάτησαν στην ανακάλυψη αυτή. Για πολλά χρόνια μελέτησαν τα άτομα και ξέρουν σήμερα ότι και αυτά ακόμα αποτελούνται από άλλα μικρότερα σωματίδια, με άλλα λόγια, ξέρουν τη **δομή των ατόμων**.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

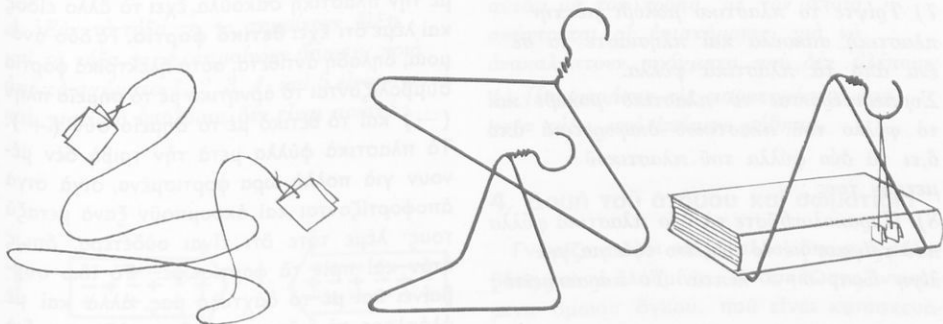
"Αν χωρίσετε 4g κόκκινη σκόνη οξειδίου του υδραργύρου στα τέσσερα, θα πάρετε τέσσερις φορές από 1g οξείδιο του υδραργύρου." "Αν χωρίσετε το 1g του οξειδίου του υδραργύρου σε κόκκους, θα πάρετε χιλιάδες κόκκους σκόνης οξειδίου του υδραργύρου." "Ένας κόκκος σκόνης έχει μυριάδες μόρια οξειδίου του υδραργύρου. Τί θα πάρετε όμως, αν χωρίσετε ένα μόριο οξειδίου του υδραργύρου;

### 3. Δομή του ατόμου και ηλεκτρικά φορτία

Σας έτυχε ποτέ, βγάζοντας το πουλόβερ σας, να ακούσετε ένα τρίξιμο σαν από σπινθήρα; Πολλές φορές, όταν χτενίζετε τα μαλλιά σας, το χτένι τρίξει με τον ίδιο τρόπο. Λέμε ότι το χτένι ηλεκτρίζεται. Από πού προέρχεται αυτός ο ηλεκτρισμός;

## ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε 40 εκατοστόμετρα λεπτή κλωστή, μια πλαστική σακούλα, ένα



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Η κρεμάστρα στερεώνεται μ' ένα βιβλίο και τα πλαστικά φύλλα είναι κρεμασμένα έτσι, ώστε ν' άκουμπούν μεταξύ τους.

πλαστικό μολύβι διαρκείας (μπίκ), ένα κομμάτι μάλλινο ύφασμα, μιὰ στρομάτινη κορμάστρα, ένα βιβλίο και μιὰ βελόνα.

1) Κόψτε από την πλαστική σακούλα δύο κομμάτια  $7 \times 7$  εκατοστόμετρα περίπου. Διπλώστε καθένα από τὰ κομμάτια στα δύο, τρεις φορές, και δέστε τα στις άκρες τής κλωστής, όπως δείχνει τὸ σχῆμα.

2) Αυτίστε τὴν κορμάστρα και στερεώστε τὴν με τὸ βιβλίο.

3) Φτιάξτε μιὰ θηλιὰ στὴ μέση ἀκριβῶς τής κλωστής και περάστε τὴ θηλιὰ ἀπὸ τὸ κορμαστάρὶ τής κορμάστρας. Τὰ δύο φύλλα τοῦ πλαστικοῦ πρέπει ν' ἀκουμποῦν μεταξύ τους.

4) Πλησιάστε τὸ δάχτυλό σας στὰ πλαστικά φύλλα. Ἀλλάζει τίποτα;

5) Μὲ τὸ μάλλινο ὕφασμα τρίψτε συγχρόνως με τὰ δύο σας χέρια τὰ δύο φύλλα τοῦ πλαστικοῦ. Ἀφήστε τὰ φύλλα. Τί παρατηρεῖτε;

6) Τρίψτε τὸ πλαστικό μολύβι με τὸ μάλλινο ὕφασμα και πλησιάστε το σὲ ἕνα ἀπὸ τὰ πλαστικά φύλλα.

Συμπεριφέρονται τὸ πλαστικό μολύβι και τὸ φύλλο τοῦ πλαστικοῦ τὸ ἴδιο ὅπως και τὰ δύο φύλλα τοῦ πλαστικοῦ μεταξύ τους;

7) Τρίψτε τὸ πλαστικό μολύβι με τὴν πλαστικὴ σακούλα και πλησιάστε το σὲ ἕνα ἀπὸ τὰ πλαστικά φύλλα.

Συμπεριφέρονται τὸ πλαστικό μολύβι και τὸ φύλλο τοῦ πλαστικοῦ διαφορετικά ἀπὸ ὅ,τι τὰ δύο φύλλα τοῦ πλαστικοῦ μεταξύ τους;

8) Παρακολοθηστε τὰ δύο πλαστικά φύλλα πὸν τρίψατε με τὸ μάλλινο ὕφασμα γιὰ λίγη ὥρα, 3 - 5 λεπτά. Τί παρατηρεῖτε;

“Όταν τρίβωμε τὰ δύο πλαστικά φύλλα με τὸ μάλλινο ὕφασμα, λέμε ὅτι τὰ φύλλα ἠλεκτρίζονται ἢ ἄλλιῶς ὅτι ἀποκτοῦν **ἠλεκτρικό**

**φορτίο**. “Όταν τὰ φύλλα τοῦ πλαστικοῦ ἀποκτοῦν ἠλεκτρικό φορτίο, παρατηροῦμε ὅτι κρατιοῦνται μακριὰ τὸ ἕνα ἀπὸ τὸ ἄλλο, δηλαδὴ ἀπωθοῦνται. Τὸ ἴδιο συμβαίνει και με τὸ πλαστικό μολύβι, ὅταν τὸ τρίβωμε με τὸ μάλλινο ὕφασμα και τὸ πλησιάζωμε σὸ πλαστικό φύλλο· τὸ μολύβι και τὸ φύλλο ἀπωθοῦνται. “Όταν ὅμως τρίβωμε τὸ μολύβι με τὴν πλαστικὴ σακούλα, τὸ μολύβι και τὸ φύλλο δὲν ἀπωθοῦνται, ἀλλά, ἀντίθετα, ἔλκονται. Ἄρα, τόσο τὰ πλαστικά φύλλα, ὅσο και τὸ μολύβι, ὅταν τρίβονται με τὸ μάλλινο ὕφασμα, ἀποκτοῦν ἕνα εἶδος φορτίο, τὸ πλαστικό μολύβι ὅμως ἀποκτὰ διαφορετικό εἶδος φορτίο, ὅταν τρίβεται με τὴν πλαστικὴ σακούλα. Βλέπομε λοιπὸν ὅτι ὑπάρχουν δύο εἰδῶν φορτία. Ἀκόμα βλέπομε ὅτι, ὅταν, εἴτε τὰ φύλλα μεταξύ τους εἴτε τὸ φύλλο και τὸ μολύβι, ἀποκτοῦν ὅμοια φορτία, ἀπωθοῦνται. “Όταν ὅμως τὸ μολύβι και τὸ φύλλο ἀποκτοῦν ἀνόμοια φορτία, ἔλκονται.

Ἀνακαλύψαμε λοιπὸν ὅτι

**ὅμοια ἠλεκτρικά φορτία ἀπωθοῦνται και ἀνόμοια ἠλεκτρικά φορτία ἔλκονται.**

Ἐπὶ ὑπάρχουν λοιπὸν δύο εἰδῶν ἠλεκτρικά φορτία. Τὸ πλαστικό μολύβι, ὅταν τρίβεται με μάλλινο ὕφασμα, ἔχει τὸ ἕνα εἶδος και λέμε ὅτι ἔχει **ἀρνητικό φορτίο**, και ὅταν τρίβεται με τὴν πλαστικὴ σακούλα, ἔχει τὸ ἄλλο εἶδος και λέμε ὅτι ἔχει **θετικό φορτίο**. Τὰ δύο ἀνόμοια, δηλαδὴ ἀντίθετα, αὐτὰ ἠλεκτρικά φορτία συμβολίζονται τὸ ἀρνητικὸ με τὸ σημεῖο πλὴν (—) και τὸ θετικὸ με τὸ σημεῖο σὺν (+). Τὰ πλαστικά φύλλα μετὰ τὴν τρίβη δὲν μένουν γιὰ πολλὴ ὥρα φορτισμένα, σιγὰ σιγὰ ἀποφορτίζονται και ἀκουμποῦν ξανά μεταξύ τους· λέμε τότε ὅτι εἶναι οὐδέτερα, ὅπως ἦταν και πρὶν τὰ φορτίσωμε. Τὸ ἴδιο συμβαίνει και με τὸ δάχτυλό μας, ἀλλά και με ὀλόκληρο τὸ σῶμα μας· εἶναι οὐδέτερα. Γιὰ τὸ λόγο αὐτόν, ὅταν πλησιάζωμε τὸ δάχτυλό μας στὰ πλαστικά φύλλα, αὐτὰ μένουν στὴ θέση τους.



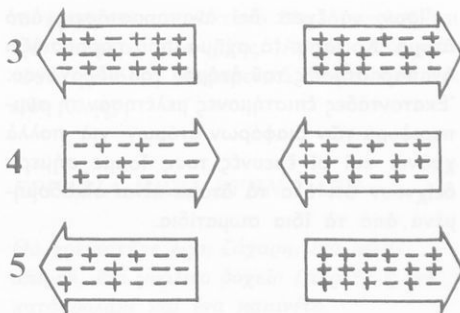
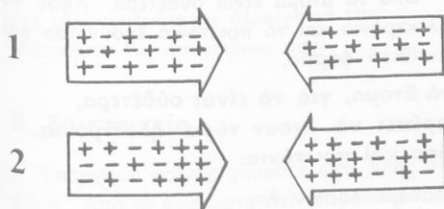
Ουδέτερο παρουσιάζεται ένα αντικείμενο, όταν τα αρνητικά φορτισμένα σωματίδια του είναι ίσα με τα θετικά σωματίδια του. Ένα αντικείμενο με αρνητικό φορτίο έχει περισσότερα σωματίδια με αρνητικό φορτίο από όσα σωματίδια έχει με θετικό φορτίο. Ένα αντικείμενο με θετικό φορτίο έχει περισσότερα σωματίδια με θετικό φορτίο από όσα σωματίδια έχει με αρνητικό φορτίο.

“Αν υποθέσουμε ότι μόνο το αρνητικό φορτίο μπορεί να μετακινηθεί, όταν τρίψαμε το πλαστικό με το μάλλινο ύφασμα, ποιό από τα δύο υλικά έχασε φορτισμένα σωματίδια; Τί φορτίο είχε το μάλλινο ύφασμα, όταν τρίφτηκε με το πλαστικό;

“Όλα αυτά ίσως σας φανούν λίγο δύσκολα ή και μπερδεμένα. Παρ’ όλα αυτά, όλα θα γίνουν πραγματικά πολύ απλά, όταν θα μάθουμε περισσότερα για τα άτομα. Μαθαίνοντας για τα άτομα μπορούμε να εξηγήσουμε πολλά πράγματα, που συμβαίνουν στη ζωή μας. Οί επιστήμονες έχουν περιγράψει τα άτομα, χωρίς να τα έχουν δει, τα έχουν περιγράψει από τους τρόπους που συμπεριφέρονται και από τις ιδιότητες που δίνουν στην ύλη.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Α. Έάν τα τόξα  $\rightarrow \leftarrow$  σημαίνουν έλξη και τα τόξα  $\leftarrow \rightarrow$  σημαίνουν άπωση, ποιά από τα σχήματα 1, 2, 3, 4, και 5 είναι σωστά και γιατί τα υπόλοιπα δέν είναι σωστά;



Β. Θα χρειαστήτε ένα μολύβι, ένα κέρμα, μιá γόμα, ένα μικρό κοντί, ένα κομμάτι σπάγκο κι έναν φίλο σας.

1) Βάλτε μέσα στο κοντί το κέρμα ή το μολύβι ή τη γόμα χωρίς να δη ό φίλος σας ποιό από τα τρία πράγματα βάλατε.

2) Δέστε με το σπάγκο καλά το κοντί και δώστε το στον φίλο σας να βρωή τί βάλατε μέσα. Πέστε του ότι μπορεί να κουνήσει, να αναποδογυρίσει ή να κάνει με το κοντί, ότι άλλο θέλει, εκτός από το να το ανοίξει.

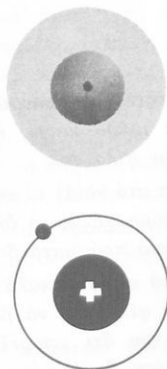
3) Γράψτε σ' ένα φύλλο χαρτί πώς σκέφτηκε ό φίλος σας, για να μαντέψη τί είχατε βάλει μέσα στο κοντί. Μοιάζει ό τρόπος αυτός με τον τρόπο, με τον οποίο σκέφτονται οι έπιστήμονες, για να ανακαλύπτουν πράγματα που δέν βλέπουν;

4) Παρουσιάστε τις παρατηρήσεις σας στην τάξη, στο επόμενο μάθημα.

## 4. Δομή του ατόμου και σωματίδια

Γνωρίζετε όλοι τα μέταλλα, όπως ό μόλυβδος και το άλουμίνιο. Άνασκηώστε αντικείμενα όμοιου όγκου, που είναι κατασκευασμένα από τα μέταλλα αυτά: θα νιώσετε ότι ό μόλυβδος είναι βαρύτερος από το άλουμίνιο. Σε τί διαφέρουν τα δύο αυτά μέταλλα; Γιατί υπάρχει διαφορά στα βάρη τους;

Ίσως νά ἔχετε δεῖ ἀναπαραστάσεις ἀπό άτομα. Κοιτάζτε τὸ σχῆμα ποὺ παρουσιάζει ἀναπαραστάσεις τοῦ ατόμου τοῦ ὕδρογόνου. Ἐκατοντάδες ἐπιστήμονες μελέτησαν τὴ συμπεριφορὰ τῶν διαφόρων ατόμων γιὰ πολλὰ χρόνια καὶ οἱ ἔρευνές τους ἴσαμε σήμερα δείχνουν ὅτι ὅλα τὰ άτομα εἶναι οικοδομημένα ἀπὸ τὰ ἴδια σωματίδια.



*Δύο τρόποι ἀναπαραστάσεως τοῦ ατόμου τοῦ ὕδρογόνου.*

Ἄλλα τὰ άτομα ἔχουν ἓναν πυρήνα στὸ κέντρο. Ὁ πυρήνας τῶν ατόμων ἔχει θετικὸ ἠλεκτρικὸ φορτίο. Γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα γυρίζουν πολὺ γρήγορα ἓνα ἢ περισσότερα σωματίδια. Τὰ σωματίδια αὐτὰ εἶναι ὅλα ὅμοια, εἶναι πάρα πολὺ ἐλαφρὰ κι ἔχουν ἴσο ἀρνητικὸ ἠλεκτρικὸ φορτίο. Τὰ σωματίδια αὐτὰ τὰ ὀνομάζουμε **ἠλεκτρόνια**. Τὰ ἠλεκτρόνια ἔλκονται ἀπὸ τὸν ἀντίθετα φορτισμένο πυρήνα καὶ ταξιδεύουν γύρω του.

Τὰ σωματίδια, ποὺ ξεφεύγουν εὐκολώτερα ἀπὸ τὰ άτομα, εἶναι τὰ ἠλεκτρόνια. Στὴν ἐργασία τῆς σελίδας 140, ὅταν τρίψαμε τὸ πλαστικὸ φύλλο μὲ τὸ μάλλινο ὕφασμα, τὸ πλα-

στικὸ πήρε ἀρνητικὸ φορτίο, δηλαδή πήρε ἠλεκτρόνια. Τὰ ἠλεκτρόνια αὐτὰ τὰ ἔχασαν τὰ άτομα ἀπὸ τὸ μάλλινο ὕφασμα. Ἄρα τὸ ὕφασμα, μετὰ τὸ τρίψιμο, ἔμεινε φορτισμένο θετικά.

Οἱ ἐπιστήμονες περιγράφουν τὸ σχῆμα τῶν ατόμων ὡς σφαιρικὸ. Τὸ σχῆμα τῶν ατόμων τὸ φτιάχνουν τὰ ἠλεκτρόνια, ποὺ γυρίζουν γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα πάρα πολὺ γρήγορα, ὥστε νά κάνουν περισσότερες ἀπὸ 100 ἑκατομμύρια δισεκατομμύρια περιφορὲς κάθε δευτερόλεπτο. Τὰ ἠλεκτρόνια σχηματίζουν ἓνα νέφος γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα κάθε ατόμου.

Τὰ άτομα εἶναι πολὺ μεγάλα σὲ σχέση μὲ τὸν πυρήνα τους. Ἡ διάμετρος ἑνὸς ατόμου εἶναι περίπου 10.000 φορές μεγαλύτερη ἀπὸ τὴ διάμετρο τοῦ πυρήνα του.

Ἄς δοῦμε τώρα πῶς περιγράφουν οἱ ἐρευνητὲς τὸν πυρήνα τοῦ ατόμου. Ὅλα τὰ άτομα ποὺ γνωρίζουμε ἔχουν στὸν πυρήνα τους δύο εἰδῶν σωματίδια, τὰ **πρωτόνια** καὶ τὰ **νετρόνια**. Ἐξάίρεση σ' αὐτὸ ἀποτελεῖ τὸ ἄτομο τοῦ ὕδρογόνου, ποὺ ὁ πυρήνας του ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα μόνο πρωτόνιο.

Τὸ πρωτόνιο ἔχει ἴσο φορτίο μὲ τὸ ἠλεκτρόνιο ἀλλὰ ἀντίθετο, δηλαδή ἔχει θετικὸ φορτίο. Τὸ πρωτόνιο διαφέρει ἀπὸ τὸ ἠλεκτρόνιο ὄχι μόνο στὸ ὅτι ἔχει ἀντίθετο φορτίο, ἀλλὰ καὶ στὸ ὅτι εἶναι περίπου 1.900 φορές βαρύτερο ἀπὸ τὸ ἠλεκτρόνιο.

Τὸ νετρόνιο δὲν ἔχει οὔτε ἀρνητικὸ οὔτε θετικὸ φορτίο, εἶναι οὐδέτερο. Τὸ σωματίδιο αὐτὸ ὀνομάστηκε ἔτσι ἀπὸ μιὰ λατινικὴ λέξη ποὺ σημαίνει οὐδέτερο. Τὸ νετρόνιο καὶ τὸ πρωτόνιο ἔχουν ἴσο περίπου βάρους.

Ἄλλα τὰ άτομα εἶναι οὐδέτερα. Ἀφοῦ τὸ ἠλεκτρόνιο καὶ τὸ πρωτόνιο ἔχουν ἴσο καὶ ἀντίθετο φορτίο,

**τὰ άτομα, γιὰ νά εἶναι οὐδέτερα, πρέπει νά ἔχουν τόσα ἠλεκτρόνια, ὅσα καὶ πρωτόνια.**

Μάθαμε λοιπὸν ὅτι

Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Ἐκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

τὰ μόρια ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἄτομα  
καὶ τὰ ἄτομα ἀποτελοῦνται ἀπὸ τρία  
ἄλλα σωματίδια μὲ διαφορετικὴς  
ιδιότητες, τὰ ἠλεκτρόνια,  
τὰ πρωτόνια καὶ τὰ νετρόνια.

Ἦρθε ἡ ὥρα τώρα νὰ ἀπαντήσωμε καὶ  
στὶς ἐρωτήσεις μας. Σὲ τί διαφέρουν λοιπὸν  
ὁ μόλυβδος ἀπὸ τὸ ἀλουμίνιο; Διαφέρουν  
στὸν ἀριθμὸ τῶν σωματιδίων ποὺ ἀποτελοῦν  
τὰ ἄτομά τους. Ὁ μόλυβδος ἔχει 82 πρω-  
τόνια, ἄρα καὶ 82 ἠλεκτρόνια καὶ ἐπιπλέον  
125 νετρόνια. Τὸ ἀλουμίνιο ἔχει 13 πρωτό-  
νια, ἄρα καὶ 13 ἠλεκτρόνια καὶ ἐπιπλέον 14  
νετρόνια. Σὲ τί ὀφείλεται ἡ διαφορὰ στὰ βάρη  
τους; Ὁφείλεται στὸν διαφορετικὸ ἀριθμὸ  
τῶν σωματιδίων, ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν-  
ται οἱ πυρῆνες τους, δηλαδὴ τῶν πρωτονίων  
καὶ τῶν νετρονίων. Τὸ βᾶρος τῶν ἠλεκτρο-  
νίων δὲν λογαριάζεται, γιατί εἶναι πάρα πολὺ  
μικρό.

Τώρα ποὺ μάθαμε γιὰ τὰ σωματίδια,  
ἐπὶ τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται τὰ ἄτομα, δη-  
λαδὴ γιὰ τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ πρωτόνια καὶ τὰ  
νετρόνια, καὶ γιὰ τὴν κίνησή τους, μπορούμε  
νὰ ποῦμε ὅτι τὰ ἄτομα περιέχουν τόσο ὕλη,  
ὅσο καὶ ἐνέργεια.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Ποιὰ εἶναι ἡ διάμετρος τῆς μεγαλύτερης  
σφαίρας ποὺ μπορεῖ νὰ χωρέση στὴν τάξη  
σας; Φαντασθῆτε ὅτι ὑπάρχει ἓνα τόσο  
μεγάλο ἄτομο. Ποιὰ θὰ ἦταν ἡ διάμετρος  
τοῦ πυρήνα του; Θὰ ἦταν ὁρατὸς ἓνας τέτοιος  
πυρῆνας; Θὰ μπορούσατε νὰ  
χρησιμοποιεῖτε κάποιο ἀντικείμενο,  
γιὰ νὰ παριστάνη τὰ ἠλεκτρόνια του;  
Ἐξηγήστε τίς ἀπαντήσεις σας.*

### 5. Τὰ στοιχεῖα

Ἐπὶ τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται τὰ ἄτομα, δη-  
λαδὴ γιὰ τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ πρωτόνια καὶ τὰ  
νετρόνια, καὶ γιὰ τὴν κίνησή τους, μπορούμε  
νὰ ποῦμε ὅτι τὰ ἄτομα περιέχουν τόσο ὕλη,  
ὅσο καὶ ἐνέργεια.

τὸ ψῶμι καὶ τὸν ὠκεανὸ ὅλα ἀποτελοῦνται  
ἀπὸ διάφορα εἶδη ὕλης. Ἄραγε ὑπάρχουν  
τόσες χιλιάδες διαφορετικὰ ἄτομα, ὅσα καὶ  
εἶδη ὕλης;

## ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

*Θὰ χρειασθῆτε λίγη ζάχαρη, ἓνα κουτί  
σπίρτα, ἓνα γυάλινο δοχεῖο (πυρὲξ) ἢ ἓνα  
κατσαρολάκι καὶ ἓνα καμινέτο  
οἰνοπνεύματος ἢ λύχνο ἀερίου.*

1) *Κάψτε ἓνα σπίρτο. Τί ἀπόμεινε ἀπὸ τὸ  
ξύλο μετὰ τὸ κάψιμο;*

2) *Βάλτε λίγη ζάχαρη μέσα στὸ κατσαρολάκι  
καὶ θερμάνετέ την μὲ τὸ λύχνο, ὥσπου νὰ καῖ.  
Τί ἀπόμεινε ἀπὸ τὴ ζάχαρη μετὰ τὸ  
κάψιμο;*

3) *Ποιὸ ἄτομο εἶναι κοινὸ στὰ μόρια τοῦ  
ξύλου καὶ τῆς ζάχαρης;*

Βλέπομε ὅτι ἡ ζάχαρη καὶ τὸ ξύλο, ποὺ εἶναι  
τόσο διαφορετικὰ εἶδη ὕλης, ὅταν κήκαν,  
ἄφησαν ὑπόλειμμα ἀπὸ ἄνθρακα. Ἄρα ἡ  
ζάχαρη καὶ τὸ ξύλο ἔχουν στὰ μόριά τους  
ἄτομα ἄνθρακα. Ξέρομε τώρα ὅτι σὲ δύο  
διαφορετικὰ εἶδη ὕλης μπορεῖ νὰ ὑπάρχουν  
κοινὰ εἶδη ἀτόμων. Γιὰ νὰ γίνουν λοιπὸν  
τὰ μυριάδες διαφορετικὰ μόρια στὴ φύση,  
δὲν χρειάζονται καὶ μυριάδες διαφορετικὰ  
ἄτομα. Οἱ χημικοὶ, ἴσαμε σήμερα, ἔχουν βρῆ  
ὅτι στὴ φύση ὑπάρχουν 88 εἶδη ἀτόμων.  
Ἐπὶ τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται τὰ ἄτομα, δη-  
λαδὴ γιὰ τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ πρωτόνια καὶ τὰ  
νετρόνια, καὶ γιὰ τὴν κίνησή τους, μπορούμε  
νὰ ποῦμε ὅτι τὰ ἄτομα περιέχουν τόσο ὕλη,  
ὅσο καὶ ἐνέργεια.

Σὲ τί διαφέρουν τὰ στοιχεῖα μεταξύ τους;  
Μάθαμε ὅτι τὰ ἄτομα τοῦ μολύβδου καὶ τοῦ  
ἀλουμινίου διαφέρουν μεταξύ τους στὸν ἀ-

ριθμό των σωματιδίων, που αποτελούν τον πυρήνα τους. Το στοιχείο υδρογόνο έχει ένα πρωτόνιο στον πυρήνα του, το στοιχείο μόλυβδος έχει 82 πρωτόνια και 125 νετρόνια και το στοιχείο άργιλιο (άλουμινιο) έχει 13 πρωτόνια και 14 νετρόνια. Ο αριθμός των πρωτονίων λοιπόν κάνει το ένα στοιχείο να διαφέρει από το άλλο. Ο αριθμός των πρωτονίων ενός στοιχείου ονομάζεται **ατομικός αριθμός**. Άλλα και ο αριθμός των νετρονίων

χαρακτηρίζει ένα στοιχείο. Ο αριθμός, που είναι το άθροισμα των πρωτονίων και των νετρονίων ενός στοιχείου, ονομάζεται **μαζικός αριθμός**. Ποιο στοιχείο έχει τον ίδιο ατομικό και μαζικό αριθμό;

Έχομε μάθει ως τώρα μερικά στοιχεία : τον μόλυβδο, το υδρογόνο, το όξυγόνο, τον άνθρακα, τον υδράργυρο. Στα στοιχεία οι επιστήμονες, εκτός από ονόματα, έδωσαν και σύμβολα. Τα στοιχεία συμβολίζονται από το

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ	ΑΤΟΜΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ	ΜΑΖΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ	ΣΥΜΒΟΛΟ
ΑΖΩΤΟ	7	14	N
ΑΝΘΡΑΚΑΣ	6	12	C
ΑΡΓΙΛΙΟ	13	27	Al
ΑΡΓΟ	18	40	Ar
ΑΡΓΥΡΟΣ	47	108	Ag
ΑΣΒΕΣΤΙΟ	20	40	Ca
ΗΛΙΟ	2	4	He
ΘΕΙΟ	16	32	S
ΚΑΛΙΟ	19	39	K
ΜΟΛΥΒΔΟΣ	82	207	Pb
ΝΑΤΡΙΟ	11	23	Na
ΝΕΟ	10	20	Ne
ΟΞΥΓΟΝΟ	8	16	O
ΟΥΡΑΝΙΟ	92	238	U
ΠΥΡΙΤΙΟ	14	28	Si
ΣΙΔΗΡΟΣ	26	56	Fe
ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΣ	80	201	Hg
ΥΔΡΟΓΟΝΟ	1	1	H
ΦΩΣΦΟΡΟΣ	15	31	P
ΧΑΛΚΟΣ	29	64	Cu
ΧΛΩΡΙΟ	17	35	Cl
ΧΡΥΣΟΣ	79	197	Au
ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ	30	65	Zn

άρχικό ή τα αρχικά λατινικά γράμματα του ονόματός τους.

Ο πίνακας δείχνει μερικά από τα στοιχεία μαζί με τα σύμβολά τους. Δίπλα σε κάθε στοιχείο υπάρχουν οι δύο αριθμοί που τα χαρακτηρίζουν, ο ατομικός αριθμός και ο μαζικός αριθμός.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελετήστε τον πίνακα με τα στοιχεία.

1) Πόσα νετρόνια έχει το άτομο του κάθε στοιχείου;

2) Ξαναγράψτε όλον τον πίνακα κατατάσσοντας τα στοιχεία ανάλογα με το πόσα πρωτόνια έχουν. Αρχίστε με το υδρογόνο και τελειώστε με το ουράνιο.

3) Παρατηρήστε τί συμβαίνει στους μαζικούς αριθμούς, καθώς οι ατομικοί αριθμοί μεγαλώνουν. Εξηγήστε τα συμπεράσματά σας.

## 6. Μίγματα και χημικές ενώσεις

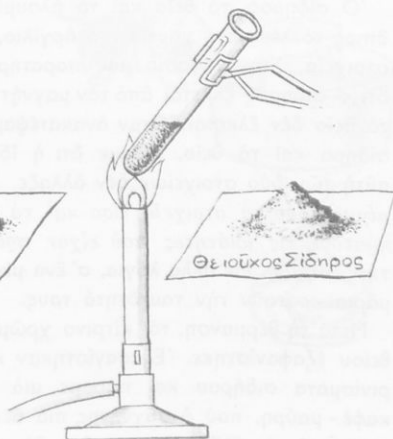
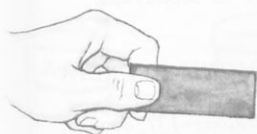
Ξέρομε ότι τα σωματίδια, από τα οποία

αποτελούνται τα άτομα, είναι τα θετικά φορτισμένα πρωτόνια, τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια και τα ουδέτερα νετρόνια. Ξέρομε ακόμα ότι 105 διαφορετικοί συνδυασμοί των τριών αυτών σωματιδίων φτιάχνουν τα 105 γνωστά στοιχεία, που ενώνονται μεταξύ τους σε μυριάδες συνδυασμούς, για να φτιάξουν μυριάδες μόρια, που είτε υπάρχουν στη φύση είτε έχουν παρασκευαστή τεχνητά. Άραγε αν ανακατέψωμε οποιαδήποτε στοιχεία και κάτω από όποιεσδήποτε συνθήκες, τα άτομα μπορούν να ένωθούν και να φτιάξουν μόρια;

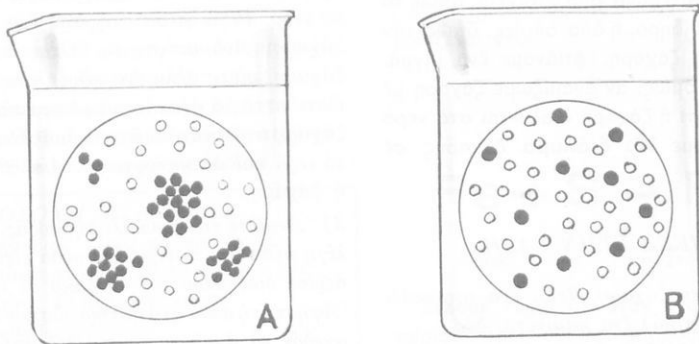
## ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε λίγο θείο, ρινίσματα σιδήρου, αλουμινόχαρτο, ένα μαγνήτη, ένα καμινέτο ή ένα λύχνο αερίου, ένα δοκιμαστικό σωλήνα (πυρέξ), μιὰ λαβίδα και ένα φλιτζάνι.

- 1) Σκοπίστε τα ρινίσματα σιδήρου πάνω σε ένα φύλλο χαρτί. Απλώστε το θείο σε άλλο φύλλο χαρτί. Πλησιάστε το μαγνήτη στο σίδηρο και στο θείο. Τί παρατηρείτε;
- 2) Ανακατέψτε καλά το θείο με το σίδηρο.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ο θειούχος σίδηρος έχει διαφορετικές ιδιότητες από το θείο και το σίδηρο.



*A. Τα μόρια του θείου φτιάχνουν συσσωματώματα μέσα στο νερό· το θείο δεν διαλύεται στο νερό. B. Τα μόρια της ζάχαρης διασκορπίζονται ομοιόμορφα ανάμεσα στα μόρια του νερού· η ζάχαρη διαλύεται στο νερό.*

άρχη το νερό θόλωσε με το θείο, αλλά σιγά σιγά το θείο κατακάθισε στον πάτο του ποτηριού. Το θείο λοιπόν δεν διαλύεται στο νερό. Όταν το ανακατεύουμε, κάνει ένα μίγμα με το νερό, αλλά το νερό δεν μπορεί να το κρατήσει μέσα του κι έτσι το θείο κατακαθίζει στον πάτο του ποτηριού.

Με τη ζάχαρη όμως δεν συμβαίνει το ίδιο πράγμα. Η ζάχαρη διαλύεται στο νερό και τα μόριά της, που διασκορπίζονται ανάμεσα στα μόρια του νερού, δεν μπορούμε πια να τα δούμε. Ξέρομε όμως ότι η ζάχαρη δεν εξαφανίζεται, γιατί αν δοκιμάσουμε το διάλυμα, θα καταλάβουμε με τη γεύση μας ότι υπάρχει.

Για να μπορούν τα μόρια της ζάχαρης να κρατιούνται από τα μόρια του νερού και να μην κατακαθίζουν, θα πη ότι κάτι τα κρατάει. Ξέρομε ότι υπάρχει έλξη ανάμεσα στα μόρια του νερού. Τέτοια έλξη, άρα, υπάρχει και ανάμεσα στα μόρια της ζάχαρης και του νερού. Το αν διαλύεται και σε τί αναλογία μια ουσία μέσα σε μιαν άλλη ουσία είναι μια από τις χαρακτηριστικές ιδιότητες των μορίων και την ονομάζουμε **διαλυτότητα**. Το θείο δεν διαλύεται στο νερό. Η ζάχαρη έχει

μεγάλη διαλυτότητα στο νερό. Πόσες ουσίες μπορείτε να θυμηθείτε που διαλύονται στο νερό;

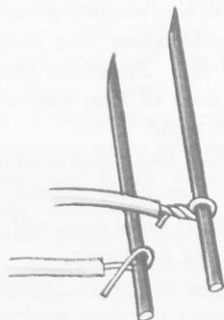
Η ζάχαρη διαλύεται στο νερό ως μια όρισμένη αναλογία. Όταν προστεθεί στο νερό περισσότερη ζάχαρη από όση μπορεί να διαλυση, τότε, καθώς η παραπάνω ποσότητα διαλύεται, μόρια που είχαν διαλυθεί αποβάλλονται και κατακαθίζονται στον πάτο του ποτηριού. Η ικανότητα του νερού να διαλύη τη ζάχαρη δεν είναι άπεριόριστη. Όταν όμως θερμάνουμε το διάλυμα, βλέπομε πως η ικανότητα αυτή του νερού μεγαλώνει και με τη βοήθεια της θερμότητας μπορεί και διαλύει περισσότερη ζάχαρη. Αυτό όμως δεν συμβαίνει πάντα έτσι. Όταν διαλύεται αέριο σε υγρό, ή θερμότητα, αντί να βοηθή τη διάλυσή του, την εμποδίζει. Η σόδα είναι διάλυμα αερίου σε υγρό, δηλαδή του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό. Όταν προσθέσωμε θερμότητα στο διάλυμα αυτό, τα μόρια του διοξειδίου του άνθρακα αποκοτούν τόση κινητική ενέργεια, ώστε η έλξη από τα μόρια του νερού δεν είναι αρκετή, για να τα κρατήσει μέσα στο νερό, κι έτσι ξεφεύγουν

στον αέρα. Βλέπομε λοιπόν ότι με τή θερμοκρασία ή διαλυτότητα των στερεών συνήθως αυξάνεται και των αερίων ελαττώνεται.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γράψτε ποιές από τις παρακάτω ουσίες διαλύονται στο νερό.

άλατι	διοξειδίο του άνθρακα	ξίδι
πιπέρι	θειο	λάδι
κανέλα	άμμος	ζάχαρη



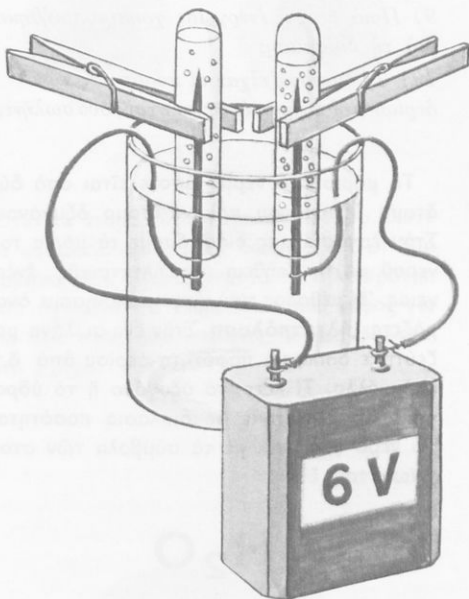
## 8. Ο χημικός δεσμός

Το θείο και ο σίδηρος, το όξυγόνο και ο υδράργυρος αντιδρούν και φτιάνουν τις χημικές ενώσεις θειούχο σίδηρο και οξείδιο του υδραργύρου. Ένα μόριο θειούχου σιδήρου αποτελείται από ένα άτομο θείου και ένα άτομο σιδήρου· ένα μόριο οξειδίου του υδραργύρου από ένα άτομο οξυγόνου και ένα άτομο υδραργύρου. Πώς όμως δύο ή περισσότερα άτομα ενώνονται, για να φτιάξουν χημική ένωση;

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε ένα ποτήρι με διάμετρο 18 εκατοστόμετρα, 2 κομμάτια καλώδιο για κονδούνια 30 εκατοστόμετρα το καθένα, 2 μύτες από μολύβια με 3 εκατοστόμετρα μήκος ή καθεμιά, 2 δοκιμαστικούς σωλήνες, 2 φελλούς, 2 ξύλινα μανταλάκια, λίγο άλατι, μια μπαταρία 6 βόλτ, ένα ξυραφάκι και νερό.

- 1) Γυμνώστε τα καλώδια από το πλαστικό και από τις δύο άκρες τους σε μήκος περίπου 3 εκατοστόμετρα.
- 2) Περιτυλίξτε καλά τη μιάν άκρη από το κάθε καλώδιο γύρω από την κάθε μύτη μολυβιού. Οι μύτες αποτελούνται κυρίως από άνθρακα.
- 3) Γεμίστε το ποτήρι με νερό ίσαμε τα 2/3 και διαλύστε μέσα λίγο άλατι.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Διάσπαση των μορίων του νερού με ηλεκτρόλυση.

4) Γεμίστε τους δοκιμαστικούς σωλήνες με νερό. Σκεπάστε τους σωλήνες με τον αντίχειρά σας και αναποδογυρίστε τους μέσα στο ποτήρι με το νερό. Στερεώστε τους με τα μανταλάκια, ώστε να είναι κάθετοι στην επιφάνεια του νερού.

5) Τοποθετήστε, όπως δείχνει το σχήμα, τις δύο μύτες μέσα στους σωλήνες.

6) Στερεώστε τις άλλες άκρες των καλωδίων στους πόλους της μπαταρίας.

7) Παρατηρήστε τί γίνεται. Συγκρίνετε μετά ένα τέταρτο της ώρας περίπου τις ποσότητες των αερίων, που μαζεύτηκαν στους δύο σωλήνες.

8) Στην εργασία αυτή ο άνθρακας της μύτες του μολυβιού δεν διασπλάστηκε. Τί πρέπει να διασπλάστηκε, για να σχηματιστούν τα δύο αέρια στους σωλήνες;

9) Ποιά μορφή ενέργειας χρησιμοποιήθηκε για τη διάσπαση;

10) Τί διαφορά είχαν οι ποσότητες των αερίων που σχηματίστηκαν στους δύο σωλήνες;

περιπτώσεις που ο δείκτης είναι 1. Κάθε μόριο νερού έχει ένα άτομο οξυγόνου. Τα μόρια του νερού έχουν πάντοτε την ίδια σύνθεση. Αυτό συμβαίνει με όλα τα χιλιάδες μόρια που γνωρίζουμε. **Κάθε μόριο μιάς ουσίας αποτελείται πάντοτε από το ίδιο είδος και αριθμό ατόμων.** Το νερό αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου και ένα οξυγόνο. Υπάρχει και μιá άλλη χημική ένωση, που αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου και δύο άτομα οξυγόνου και είναι το υπεροξειδίου του υδρογόνου. Διάλυμα του υπεροξειδίου του υδρογόνου στο νερό είναι το γνωστό μας οξυζενέ, με το οποίο απολυμαίνομε τα τραύματα. Γράφεται :



Με την ηλεκτρόλυση πήραμε δύο αέρια, το οξυγόνο και το υδρογόνο, που έχουν τελείως διαφορετικές ιδιότητες από το νερό. Όταν λέμε διασπούμε τα μόρια του νερού με τη βοήθεια της ηλεκτρικής ενέργειας, τί είναι εκείνο που σπάζει; Σπάζει ο δεσμός, ο **χημικός δεσμός** ανάμεσα στα άτομα του υδρογόνου και του οξυγόνου, που αποτελούν το μόριο του νερού.

**Χημικός δεσμός είναι η δύναμη που συγκρατεί τα άτομα σε ένα μόριο και δεν τα αφήνει να χωρίσουν.**

Χημικό δεσμό μπορούν να σχηματίσουν τόσο άτομα από διαφορετικά στοιχεία, όσο και άτομα από το ίδιο στοιχείο. Τα άτομα του υδρογόνου, που προέρχονται από τη διάσπαση του νερού, ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν τα μόρια του αερίου υδρογόνου. Το μόριο του υδρογόνου αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου. Τα άτομα του υδρογόνου λοιπόν δεν ταξιδεύουν χωριστά, αλλά σε ζευ-

Το μόριο του νερού αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Στην εργασία μας διασπάσαμε τα μόρια του νερού με τη βοήθεια της ηλεκτρικής ενέργειας. Η μέθοδος που χρησιμοποιήσαμε ονομάζεται **ηλεκτρόλυση**. Στόν ένα σωλήνα μαζεύτηκε διπλάσια ποσότητα αερίου από ό,τι στόν άλλο. Τί λέτε, το οξυγόνο ή το υδρογόνο σχηματίστηκε σε διπλάσια ποσότητα; Το νερό γράφεται με τα σύμβολα των στοιχείων του έτσι :



Το 2, που μπαίνει ως δείκτης στο υδρογόνο, δηλώνει τόν αριθμό των ατόμων υδρογόνου που έχει κάθε μόριο νερού. Στο οξυγόνο δεν γράφομε δείκτη, όπως γίνεται σε όλες τις

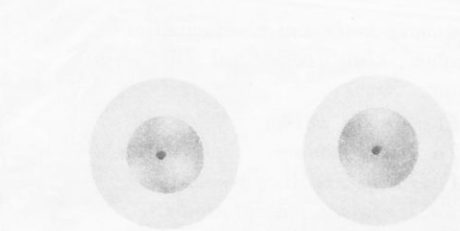
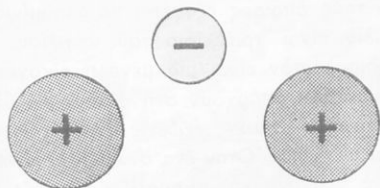
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



γάρια. Κάθε ζευγάρι είναι ένα μόριο. Το ίδιο συμβαίνει και με το οξυγόνο.

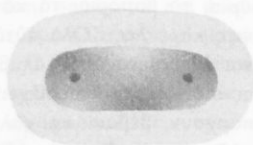
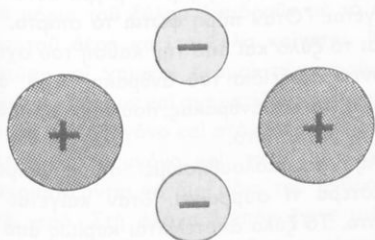
Για να δοῦμε ὅμως τί είναι αὐτή ἡ δύναμη, πού τήν ὀνομάζουμε χημικό δεσμό; Ἄς πούμε ὅτι ἕνα ἠλεκτρόνιο βρίσκεται τόσο κοντά σέ δύο πυρήνες, ὥστε νά ἔλκεται καί ἀπό τοὺς δύο συγχρόνως. Θυμηθῆτε ὅτι τὸ ἠλεκτρόνιο ἔχει ἀρνητικό ἠλεκτρικό φορτίο καί οἱ πυρήνες θετικό. Τί συμβαίνει τότε; Τὸ ἠλεκτρόνιο δένει τοὺς δύο πυρήνες, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα.

Μάθαμε ὅμως ὅτι τὰ ἠλεκτρόνια γυρίζουν πάρα πολὺ γρήγορα καί σχηματίζουν ἕνα νέφος γύρω ἀπὸ τοὺς πυρήνες. Τί συμβαίνει λοιπὸν στὰ νέφη τῶν δύο ἀτόμων, πού πλησιάζουν τόσο, ὥστε νά σχηματίζουν δεσμό; Γιά ν' ἀπαντήσωμε στήν ἐρώτηση αὐτή, θά περιγράψωμε τὸ σχηματισμὸ δεμοῦ ἀνάμεσα σέ δύο ἄτομα ὑδρογόνου, πού, ὅπως ξέρομε, ἀποτελοῦνται τὸ καθένα ἀπὸ ἕνα πρωτόνιο κι ἕνα ἠλεκτρόνιο. Τὸ σχῆμα δείχνει δύο ἄτομα ὑδρογόνου σέ ἀπόσταση τόση, ὥστε νά μὴ νιώθουν ἔλξη.



Ἄν τώρα οἱ πυρήνες, ἀντὶ ἀπὸ ἕνα, ἔλκονται ἀπὸ δύο ἠλεκτρόνια, τότε ὁ δεσμός ἀνάμεσα στοὺς πυρήνες θά εἶναι πιὸ ἰσχυρός, γιατί ἡ ἔλξη θά εἶναι ἰσχυρότερη.

Ὅταν τὰ ἄτομα αὐτὰ πλησιάζουν τόσο, ὥστε νά σχηματίσουν χημικό δεσμό, τότε οἱ δύο πυρήνες τοὺς μοιράζονται τὰ δύο ἠλεκτρόνια, πού σχηματίζουν τώρα ἕνα κοινὸ νέφος γύρω ἀπὸ τοὺς δύο πυρήνες, ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα.



Οί μεταβολές τῶν δεσμῶν ἀνάμεσα στὰ ἄτομα ὀνομάζονται **χημικὲς ἀντιδράσεις**. Ὄταν γίνονται χημικὲς ἀντιδράσεις, δηλαδὴ ὅταν χημικοὶ δεσμοὶ σπάζουν, γιὰ τὰ σχηματιστοῦν ἄλλοι χημικοὶ δεσμοί, τόσο ἡ ὕλη, ὅσο καὶ ἡ ἐνέργεια ἀλλάζουν, ἀλλὰ, ὅπως μάθαμε στὴ φυσικὴ, δὲν καταστρέφονται. Τὶς μεταβολὲς αὐτὲς τῆς ὕλης τὶς ὀνομάζομε **χημικὰ φαινόμενα**. Στὴ φυσικὴ γνωρίσαμε τὰ **φυσικὰ φαινόμενα**, ὅπου ἡ ὕλη ἀλλάζει μέγεθος, σχῆμα καὶ καταστάσεις, ἀλλὰ δὲν ἀλλάζουν οἱ χημικοὶ δεσμοὶ τῶν μορίων.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σημειώστε ποιὲς ἀπὸ τὶς παρακάτω μεταβολὲς εἶναι φυσικὲς καὶ ποιὲς εἶναι χημικὲς. Ὄταν:

1. Ζῶνομε ἓνα μολύβι.
2. Τὰ χιόνια λιώνουν.
3. Γίνεται ἠλεκτρολύση νεροῦ.
4. Τσαλακῶνομε μιὰ ἐφημερίδα.
5. Καίμε ἓνα σπύργο.
6. Ἀναπνέομε.
7. Βράζομε νερό.
8. Μεγαλώνη ἓνα λουλούδι.
9. Στῆβωμε ἓνα πορτοκάλι.

### 9. Ὁξειδωση, καύση καὶ χημικὴ ἐνέργεια

Ὅλοι γνωρίζομε τὴ σκουριά. Τὰ σιδερένια ἀντικείμενα, ὅταν τὰ ἀφήνωμε στὴν ὕγρασία καὶ στὸν ἀέρα, σκουριάζουν καὶ καταστρέφονται. Γιὰ νὰ προφυλάξωμε τὰ ἀντικείμενα αὐτὰ ἀπὸ τὸ σκούρισμα, τὰ βάφομε ἢ τὰ ἀλείφομε μὲ διάφορα λάδια. Βάφομε τὰ γεφύρια, τὰ βαπόρια, τὰ κάγκελα καὶ τὶς σιδερένιες καρέκλες. Ὅλα αὐτὰ τὰ ἀντικείμενα εἶναι φτιαγμένα ἀπὸ χάλυβα. Ὁ χάλυβας εἶναι σίδηρος, ποὺ περιέχει λίγο ἄνθρακα. Ὑπάρχουν, βέβαια, καὶ χάλυβες ποὺ δὲν σκουριάζουν· αὐτοὺς τοὺς λέμε ἀνοξει-

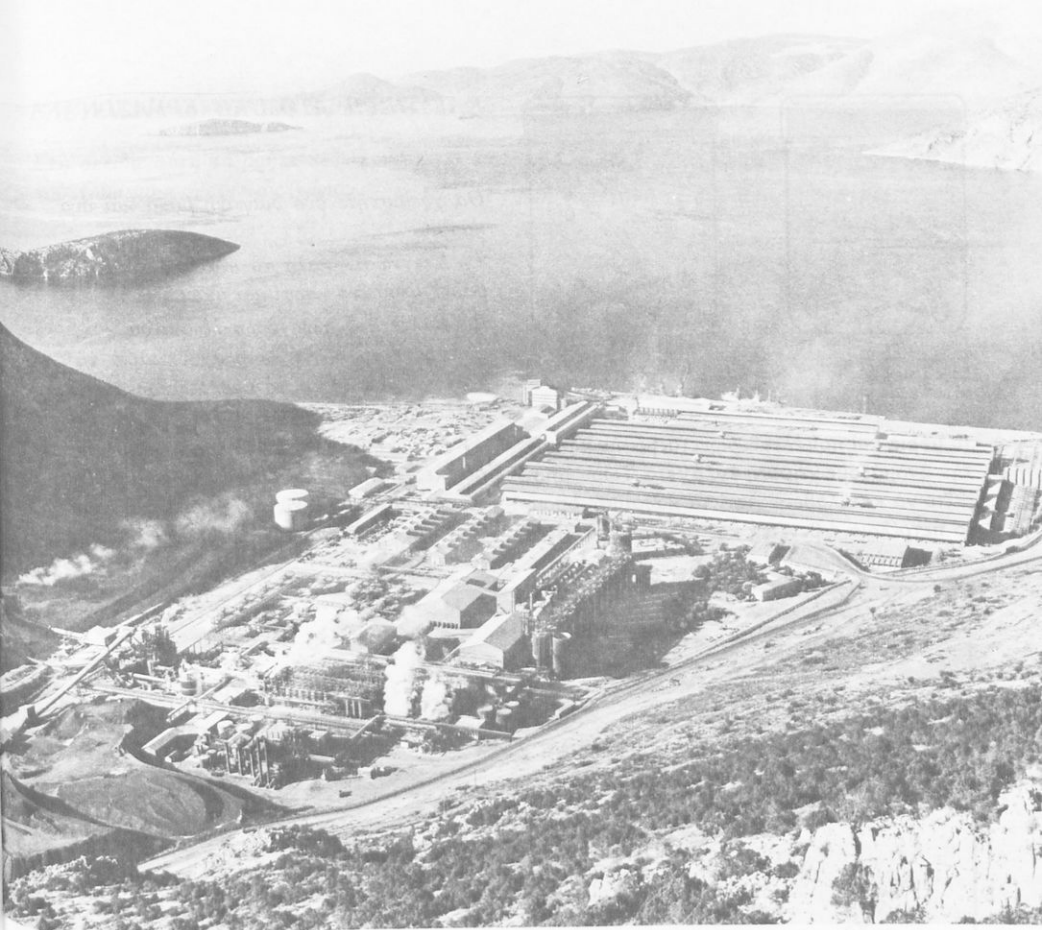
δωτους χάλυβες. Οἱ ἀνοξειδωτοὶ χάλυβες, ἐκτὸς ἀπὸ τὸ σίδηρο, περιέχουν καὶ ἓνα ἄλλο μέταλλο, τὸ χρῶμιο.

Ὁ σίδηρος εἶναι σκληρὸς καὶ ἀνθεκτικὸς. Ἡ σκουριά εἶναι μαλακὴ καὶ τρίβεται σὲ σκόνη. Ὄταν λοιπὸν ὁ σίδηρος γίνεται σκουριά, σχηματίζεται μιὰ χημικὴ ἔνωση: ὁ σίδηρος, τὸ ὀξυγόνο τοῦ ἀέρα καὶ τὸ νερὸ ἐνώνονται καὶ σχηματίζουν τὸ ὀξειδιο τοῦ σιδήρου, δηλαδὴ τὴ σκουριά.

Ξέρομε ἤδη ἄρκετὰ ὀξειδια: τὸ ὀξειδιο τοῦ ὑδραργύρου, τὸ νερὸ ποὺ εἶναι ὀξειδιο τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὑπεροξειδιο τοῦ ὑδρογόνου καὶ τὸ διοξειδιο τοῦ ἄνθρακα. Ἡ ἄμμος εἶναι κι αὐτὴ ἓνα ὀξειδιο, τὸ διοξειδιο τοῦ πυριτίου. Οἱ βωξίτες τοῦ Παρνασσοῦ, ἀπὸ τοὺς ὁποίους ἐξάγεται τὸ ἀλουμίνιο ἢ ἀργίλιο, εἶναι τριοξειδιο τοῦ ἀργιλίου. Τὰ ὀξειδια λοιπὸν εἶναι μιὰ μεγάλη οἰκογένεια μορίων ποὺ ὑπάρχουν στὴ φύση. *Τὰ ὀξειδια εἶναι οἱ χημικὲς ἐνώσεις τῶν στοιχείων μὲ τὸ ὀξυγόνο.* Ὄταν ἓνα στοιχεῖο ἐνώνεται μὲ τὸ ὀξυγόνο καὶ σχηματίζει ἓνα ὀξειδιο, λέμε ὅτι τὸ στοιχεῖο ὀξειδώνεται. Γιὰ τὸν χάλυβα ποὺ δὲν σκουριάζουν τοὺς λέμε ἀνοξειδωτους;

Ἡ ὀξειδωση τοῦ σιδήρου δὲν γίνεται ἀπὸ τὴ μιὰ στιγμὴ στὴν ἄλλη. Γιὰ νὰ σκουριάσουν σιδερένια ἀντικείμενα, χρειάζονται χρόνο, δηλαδὴ ὥρες ἢ καὶ μέρες. Θὰ δοῦμε ὅμως τώρα ἓναν ἄλλο τρόπο γρήγορης ὀξειδωσης. Ἄς ἀνάψωμε ἓνα σπύργο. Τὰ σπύρτα εἶναι φτιαγμένα ἀπὸ κομματάκια ξύλο, ποὺ ἡ μιὰ ἄκρη τους εἶναι σκεπασμένη μὲ ἓνα μίγμα χημικῶν ἐνώσεων. Μὲ τὴν τριβὴ, τὸ μίγμα αὐτὸ ἀναφλέγεται. Ὄταν πάρη φωτιὰ τὸ σπύρτο, καίγεται τὸ ξύλο καὶ ἀπὸ τὴν καύση του σχηματίζονται διοξειδιο τοῦ ἄνθρακα, νερὸ, φῶς, θερμότητα καὶ ἄνθρακας, ποὺ παραμένει ὅταν σβῆση τὸ σπύρτο.

Ἄς παρακολουθήσωμε τώρα προσεκτικότερα τί συμβαίνει, ὅταν καίγεται ἓνα σπύρτο. Τὸ ξύλο ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ μιὰ χημικὴ οὐσία, ποὺ ὀνομάζεται κυτταρίνη. Τὰ

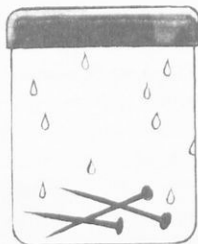
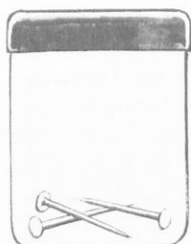


*Εγκαταστάσεις παραγωγής αλουμινίου από βωξίτες στην Ελλάδα.*

μόρια της κυτταρίνης αποτελούνται από άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο. Στη φλόγα τα μόρια του ξύλου αντιδρούν με το οξυγόνο του αέρα και το ξύλο καίγεται. Με την καύση οι χημικοί δεσμοί των μορίων του ξύλου σπάζουν και σχηματίζονται δεσμοί ανάμεσα στο οξυγόνο και στον άνθρακα και ανάμεσα στο οξυγόνο και το υδρογόνο. Έτσι σχηματίζονται το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό. Στη φλόγα λοιπόν έγινε μια πολύ γρήγορη οξείδωση του άνθρακα και του υδρο-

γόνου της κυτταρίνης. Μετά την καύση του σπέρτου μένει πάντοτε άνθρακας, γιατί δεν προλαβαίνει να οξειδωθεί όλος στη θερμοκρασία της φλόγας.

Με τη χημική μεταβολή, που γίνεται κατά την καύση, παράγεται και φως και θερμότητα. Πώς εμφανίστηκαν οι μορφές αυτές της ενέργειας; Από πού προήλθαν; Η ενέργεια αυτή ελευθερώθηκε από τους χημικούς δεσμούς των μορίων της κυτταρίνης που έσπασαν. Τη μορφή της ενέργειας, που περιέχουν



Τί άλλο είναι απαραίτητο, εκτός από το δξυγόνο, για να σκουριάσουν τὰ σιδερένια καρφιά;

τὰ μόρια και πού ελευθερώνεται με τήν καύση, τήν ονομάζουμε **χημική ενέργεια**. Τώρα μπορείτε να καταλάβετε γιατί τὰ καύσιμα, όπως τὸ πετρέλαιο, ἡ βενζίνη και τὰ ὑγράερια, εἶναι πηγές ἐνέργειας.

Θὰ χρειαστῆτε δύο διαφανῆ βάζα και δύο καρφιά.

1) Στεγνώστε καλά τὸ ἓνα ἀπὸ τὰ βάζα, βάλτε μέσα ἓνα καρφί και σκεπάστε το.

2) Βάλτε στὸ ἄλλο βάζο λίγο νερό. Κουνηστε το, ὥστε νὰ βραχοῦν καλά τὰ τοιχώματά του, και τὸ ὑπόλοιπο ἀδειάστε το. Βάλτε μέσα ἓνα καρφί και σκεπάστε το.

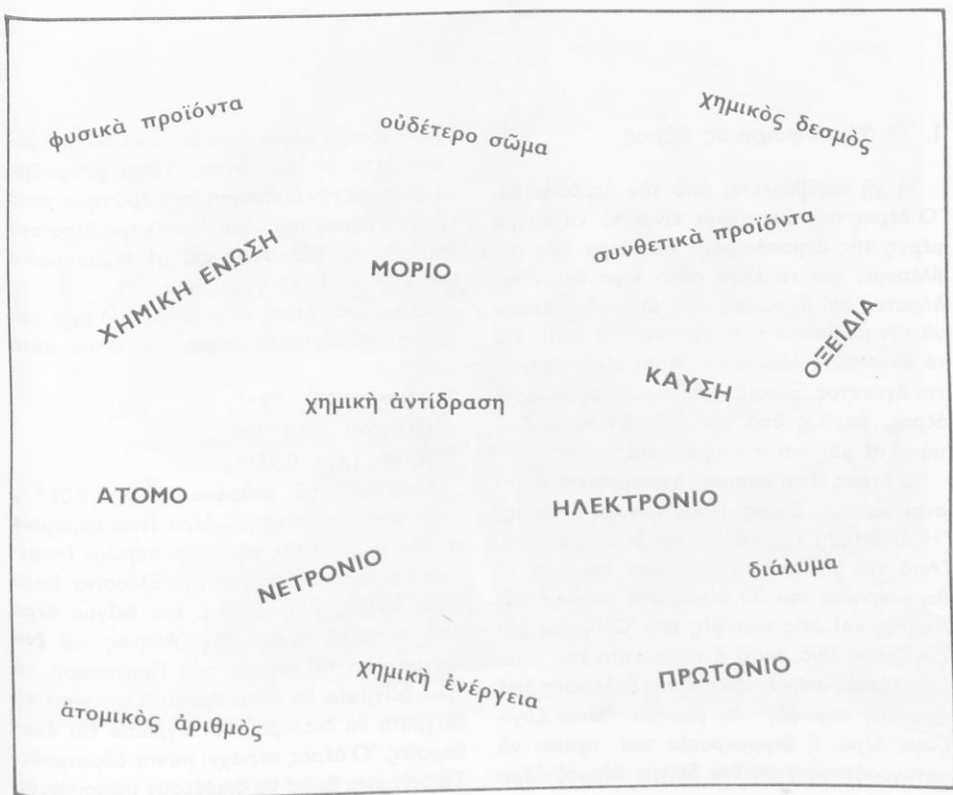
3) Παρατηρήστε τὰ δύο καρφιά μετὰ ἀπὸ μερικὲς μέρες. Ποιὸ καρφί σκούριασε; Τί συμπέρασμα βγάξετε; Τί ἄλλο, εκτός ἀπὸ τὸ δξυγόνο, εἶναι ἀπαραίτητο για νὰ σκουριάσει τὸ καρφί;



## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στή σελίδα αυτή θα βρῆτε λέξεις που χρησιμοποιήσαμε ως τώρα.

Διαλέξτε μερικές λέξεις και γράψτε στο τετράδιό σας μιὰ σύντομη πρόταση, που νὰ ἐξηγήτῃ τί σημαίνει ἡ καθεμιὰ.



## II. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 1. 'Ο ατμοσφαιρικός αέρας

Ἡ γῆ περιβάλλεται ἀπὸ τὴν ἀτμόσφαιρα. Ὁ αέρας ποὺ ἀναπνέομε εἶναι τὸ κατώτερο μέρος τῆς ἀτμόσφαιρας. Τὸν αέρα δὲν τὸν βλέπομε, γιὰ τὸ λόγο αὐτὸ λέμε ὅτι εἶναι ἀόρατος καὶ ἄχρωμος. Δὲν μπορούμε ἀκόμα νὰ τὸν μυρίσωμε οὔτε νὰ τὸν γευτοῦμε· γιὰ τὸ λόγο αὐτὸ λέμε ὅτι ὁ αέρας εἶναι ἄοσμος καὶ ἄγευστος. Ξέρομε ὅτι γύρω μας ὑπάρχει αέρας, κυρίως ἀπὸ τὸν τρόπο ποὺ ἐπιδρᾷ πάνω σὲ μᾶς καὶ στὰ πράγματα.

Ὁ αέρας εἶναι ἄοσμος, ἄχρωμος καὶ ἄγευστος καὶ ἔχει βᾶρος. Πόσο ζυγίζει ὁ αέρας; Ἡ ἀπάντηση ἐξαρτᾶται ἀπὸ δύο πράγματα. Ἀπὸ τὴν προέλευση τοῦ αέρα καὶ ἀπὸ τὴν θερμοκρασία του. Ὁ αέρας στὰ παράλια τῆς Κρήτης καὶ στὶς κορυφές τοῦ Ὀλύμπου δὲν ζυγίζει τὸ ἴδιο, γιατί ἡ πυκνότητά του εἶναι μεγαλύτερη στὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας ἀπὸ ὅ,τι στὶς κορυφές τῶν βουνῶν. Ὄταν ζυγίζωμε αέρα, ἡ θερμοκρασία του πρέπει νὰ καταγράφεται, γιατί ἓνα δείγμα θερμοῦ αέρα

ἔχει λιγότερα μόρια ἀπὸ ὅ,τι ἓνα δείγμα ψυχροῦ αέρα μὲ ἴσον ὄγκο. Τώρα μπορούμε νὰ δώσωμε τὴν ἀπάντηση στὸ ἐρώτημα, ποῖο εἶναι τὸ βᾶρος τοῦ αέρα. Ἐνα λίτρο αέρα στὸ ἐπίπεδο τῆς θάλασσας καὶ σὲ θερμοκρασία 0°C ζυγίζει 1,293 γραμμάρια.

Ὁ καθαρὸς αέρας εἶναι μίγμα ἀπὸ ἄχρωμα, ἄοσμα καὶ ἄγευστα αέρια. Τὰ αέρια αὐτὰ εἶναι :

Ἄζωτο ( $N_2$ ) 78<sup>0</sup>/<sub>100</sub>

Ὁξυγόνο ( $O_2$ ) 21<sup>0</sup>/<sub>100</sub>

Ἀργὸ ( $Ar$ ) 0,93<sup>0</sup>/<sub>100</sub>

Διοξειδίου τοῦ ἄνθρακα ( $CO_2$ ) 0,03<sup>0</sup>/<sub>100</sub>

Ἡ σύσταση αὐτῆ τοῦ αέρα εἶναι παρόμοια σ' ὅλα τὰ μέρη τῆς γῆς. Ἄν πάρωμε ἐπομένως ἓνα δείγμα αέρα ἀπὸ τὴν Ἐλευσίνα, ὅπου εἶναι πολλές βιομηχανίες, ἓνα δείγμα αέρα ἀπὸ κεντρικὸ δρόμο τῆς Ἀθήνας καὶ ἓνα δείγμα ἀπὸ τὶς πλαγιές τοῦ Παρνασσοῦ, τὰ τρία δείγματα θὰ εἶναι ὅμοια; Ὄχι, γιατί τὰ δείγματα θὰ διαφέρουν σὲ ὑγρασία καὶ ἀκαθαρσίες. Ὁ αέρας περιέχει πάντα ὕδατμούς. Τὰ δείγματα ὅμως θὰ διαφέρουν περισσότερο



Τὸν ἀέρα γύρω μας τὸν καταλαβαίνομε ἀπὸ τὸν τρόπο πὸν ἐπιδρᾷ πάνω σ' ἐμᾶς καὶ στὰ πράγματα.



*Ο αέρας αυτής της πόλης δεν είναι πια άχρωμος, άοσμος και άγευστος. Η ρύπανση της ατμόσφαιρας είναι φανερή.*

ακόμα στις άκαθαρσίες, πού, αν και σε μικρές ποσότητες, μπορεί να είναι επικίνδυνες για τόν άνθρωπο. Το δείγμα από την Έλευσίνα θα περιέχει άκαθαρσίες από τις άναθυμιάσεις τών βιομηχανιών. Οί άναθυμιάσεις αυτές μπορεί να περιέχουν διοξειδίο του άνθρακα, στάχτη, διοξειδίο του θείου και όξειδία του άζώτου. Το δείγμα από τόν κεντρικό δρόμο της Άθήνας θα περιέχει διοξειδίο και μονοξειδίο του άνθρακα και ένα σωρό άλλα προϊόντα από την καύση της βενζίνης και του πετρελαίου.

Ο άνθρωπος μπορεί να ζήσει περισσότερο από ένα μήνα χωρίς τροφή. Μπορεί να ζήσει περισσότερο από μιá βδομάδα χωρίς νερό. Άλλά θα πέθαινε μέσα σε λίγα λεπτά χωρίς άερα. Για τόν λόγο αυτό ό άνθρωπος πρέπει να φροντίσει για την πηγή αυτή της ζωής του. Άλλίως μιá μέρα μπορεί να άνα-

καλύψει ότι ή ρύπανση της ατμόσφαιρας θα έχη γίνει άνεπανόρθωτη.

### ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

- 1) Σχεδιάστε ένα όρθογώνιο με πλευρές 10 και 3 έκατοστόμετρα.
- 2) Χωρίστε το στις αναλογίες τών τεσσάρων αερίων πού άποτελούν τόν μίγμα του καθαρού άέρα.
- 3) Χρωματίστε γαλάζιο τόν  $N_2$ , κόκκινο τόν  $O_2$ , πράσινο τόν  $Ar$  και με μιá μαύρη γραμμή τόν  $CO_2$ .

### 2. Τό όξυγόνο και τόν άζωτο

Τό όξυγόνο και τόν άζωτο είναι άερια άχρωμα, άοσμα και άγευστα και άποτελούν τόν μεγα-

Ψηφιοποιήθηκε από τόν Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



λύτερο μέρος του ατμοσφαιρικού αέρα. Πριν από 200 περίπου χρόνια πολύ λίγα ήταν γνωστά για τα συστατικά του αέρα. Οί επιστήμονες έρευνοῦσαν με διάφορους τρόπους να βροῦν από τί αποτελείται ο αέρας. Οί παρατηρήσεις τους έδειξαν ότι αναμμένα κεριά σβήνουν και μικρά ζώα πεθαίνουν, όταν παραμείνουν σε κλειστά δοχεία, πολύ πριν καταναλωθῆ ὅλος ο αέρας μέσα στα δοχεία. "Ετσι ανακαλύφθηκε ότι ο αέρας αποτελείται από δύο αέρια. Τὸ ένα συντηρεῖ τὴ φλόγα και τὴ ζωὴ και ὀνομάστηκε ὀξυγόνο και τὸ ἄλλο δὲν συντηρεῖ οὔτε τὴ φλόγα οὔτε τὴ ζωὴ και γιὰ τὸ λόγο αὐτὸ ὀνομάστηκε ἄζωτο.

Πριν από τὴν ἀνακάλυψη τοῦ ὀξυγόνου και τοῦ ἄζωτου, οί επιστήμονες νόμιζαν ότι, όταν ἔνα ὑλικὸ καίγεται, ἐλευθερώνεται μιὰ οὐσία, πὸν τὴν ὀνόμαζαν *φλογιστόν*. Τὸ 1774 ὀμως ὁ Γάλλος χημικὸς Λαβουαζιέ (Lavoisier) ἔκαμε ἔνα πείραμα, πὸν ἔβαλε τὴς βάρσεις τῆς χημείας ὡς ἐπιστήμης. Θέρμανε ὕδραργυρο στὸν αέρα και παρασκεύασε τὸ κόκκινο ὀξειδίου τοῦ ὕδραργύρου. Ὁ αέρας πὸν παρέμεινε δὲν μποροῦσε νὰ διατηρησῆ πιὰ τὴ φλόγα και τὴ ζωὴ. Μετὰ ξαναθέρμανε τὸ ὀξειδίου τοῦ ὕδραργύρου, ὀπως κάνατε κι ἔσεις στὴν ἐργασία τῆς σελίδας 137, και ἀνακάλυψε ότι τὸ αέριο πὸν προερχόταν ἀπὸ τὴ διάσπαση διατηροῦσε τὴ ζωὴ και τὴν καύση.

Τὸ «φλογιστόν» λοιπὸν πράγματι ἦταν ἔνα μέρος ἀπὸ τὸν αέρα· ἦταν τὸ αέριο ὀξυγόνο.

## ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῆτε ἔνα διαφανὲς βάζο, διάλυμα 3% ὑπεροξειδίου τοῦ ὕδρογόνου (ὀξυζενέ), χλωρίνη, σκλήθρα ἀπὸ ξύλο, ἔνα σταγονόμετρο και σπίατα.

- 1) Γεμίστε τὸ βάζο ἴσαμε τὸ 1/4 με διάλυμα ὑπεροξειδίου τοῦ ὕδρογόνου.
- 2) Ἀνάψτε μιὰ σκλήθρα και μετὰ φουτῆξτε νὰ σβῆσῆ ἢ φλόγα.

3) Προσθέστε μετὸ σταγονόμετρο χλωρίνη στὸ ὑπεροξειδίου τοῦ ὕδρογόνου.

4) Βάλτε τὴν ἐρυθροπυρωμένη σκλήθρα μέσα στὸ βάζο, πάνω ἀπὸ τὸ διάλυμα. Τί παρατηρεῖτε;

"Όταν προσθέσωμε χλωρίνη στὸ διάλυμα τοῦ ὑπεροξειδίου τοῦ ὕδρογόνου, παράγεται αέριο ὀξυγόνο. Στὴν ἐργασία μας εἶδαμε ότι τὸ ὀξυγόνο διατηρεῖ τὴν καύση.

Τὸ μόριο τοῦ ὀξυγόνου ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἄτομα ὀξυγόνου. Τὸ ὀξυγόνο ἐνώνεται εὔκολα με πολλὰ στοιχεῖα. Τὸ ὀξυγόνο ὑπάρχει σχεδὸν σε κάθε οὐσία πάνω στὴ γῆ. Τὸ νερὸ εἶναι ἀπὸ τὴς πιὸ κοινὲς οὐσίες, πὸν περιέχουν στα μόριά τους ὀξυγόνο. Περίπου τὸ μισὸ ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ πάνω μέρους τοῦ φλοιοῦ τῆς γῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ ὀξυγόνο. Τὸ

*"Ο χημικὸς Α. Λαβουαζιέ ἀνακάλυψε τὴν ἔπαρξη τοῦ ὀξυγόνου πριν ἀπὸ δύο αἰῶνες.*





ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Το οξυγόνο διατηρεί την καύση.

περισσότερο από το οξυγόνο αυτό είναι ένω-  
μένο με άτομα πυριτίου, αργιλίου και σιδή-  
ρου.

Το οξυγόνο της ατμόσφαιρας ένωνεται  
συνεχώς με άτομα, που υπάρχουν στο φλοιό  
της γης. Τα φυτά όμως με τη βοήθεια της  
φωτοσύνθεσης ελευθερώνουν πάλι το οξυ-  
γόνο και πλουτίζουν την ατμόσφαιρα. Το  
οξυγόνο είναι απαραίτητο για τον άνθρωπο  
και για όλους σχεδόν τους ζωντανούς όργα-  
νισμούς. Χωρίς οξυγόνο δεν μπορούμε να  
ζήσωμε. Έπειδή όμως το οξυγόνο είναι τόσο  
ένεργό, δημιουργεί στον άνθρωπο και πολλά  
προβλήματα. Σκεφτήτε μονάχα πόση κατα-  
στροφή γίνεται με τη σκουριά στα μέταλλα.

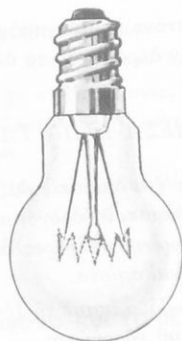
Το μόριο του αζώτου αποτελείται από δύο  
άτομα αζώτου. Το αζωτο δεν ένωνεται εύ-  
κολα με άλλα στοιχεία, για το λόγο αυτό  
λέμε ότι είναι αδρανές. Αν και το αζωτο  
ως αέριο δεν διατηρεί τη ζωή, οι χημικές  
του ενώσεις είναι απαραίτητες για τη ζωή.  
Οι πρωτεΐνες, τα μεγάλα αυτά μόρια από τα  
όποια αποτελούνται τα ζωικά κύτταρα, πε-  
ριέχουν αζωτο.

Τα φυτά παίρνουν το αζωτο από τον αέρα,

αλλά και από τη γη, όπου το αζωτο βρίσκε-  
ται σε μορφή διαφόρων χημικών ενώσεων.  
Ο άνθρωπος, για να βοηθήσει τη γη να θρέψει  
τα φυτά, χρησιμοποιεί τα λιπάσματα, που ένα  
μεγάλο μέρος τους αποτελείται από ενώσεις  
του αζώτου.

### 3. Το άργο

Το άργο είναι το τρίτο σε ποσότητα αέριο  
που υπάρχει στον αέρα. Το μόριο του άργου



Τα ηλεκτρικά γλομπάκια είναι γεμάτα με αέριο άργο,  
για να μην καίγεται το μεταλλικό νήμα τους.

αποτελείται από ένα μόνο άτομο αργού και το σύμβολό του είναι Ar. Το άργο, όπως και το άζωτο, είναι αδρανές, ενώνεται δηλαδή με άλλα στοιχεία μόνο κάτω από πολύ ειδικές συνθήκες. Με το άργο γεμίζονται οι ηλεκτρικοί γλόμποι, γιατί ως αδρανές δεν αντιδρά με το μεταλλικό νήμα του γλόμπου και δεν το καταστρέφει.

#### 4. Το διοξείδιο του άνθρακα

Στη φωτοσύνθεση μάθατε ότι τα φυτά χρησιμοποιούν το διοξείδιο του άνθρακα. Πάιρνουν το διοξείδιο, το διασπούν, κρατούν τον άνθρακα και πλουτίζουν τον αέρα με οξυγόνο.

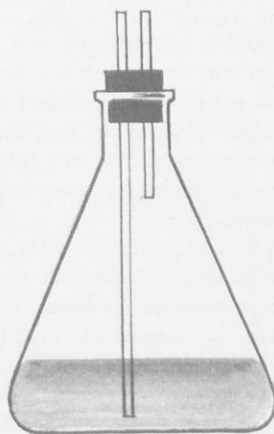
#### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε μια διάφανη φιάλη, ένα φελλό με δύο τρύπες για τη φιάλη, δύο καλαμάκια, ένα ποτήρι, ένα κοντάλι, λίγο ασβέστη και νερό.

- 1) Ρίξτε στο ποτήρι μια κονταλιά ασβέστη και γεμίστε το νερό. Ανακατέψτε το να διαλυθή ο ασβέστης και αφήστε το διάλυμα να ηρεμήσει, ώστε ό,τι δεν διαλύθηκε να κατακαθίση στον πάτο του ποτηριού.
- 2) Φτιάξτε, με τη φιάλη, το φελλό και τα καλαμάκια, μια συσκευή, όπως δείχνει το σχήμα. Το ένα καλαμάκι πρέπει να φτάνη σχεδόν ως τον πάτο της φιάλης.
- 3) Γεμίστε τη φιάλη ίσαμε το 1/3 περίπου με το διανγές ασβεστόνερο.
- 4) Ρουφήξτε από το κοντό καλαμάκι αέρα, έτσι ώστε 20 περίπου φυσαλίδες αέρα να περάσουν μέσα από το ασβεστόνερο. Τι συμβαίνει στο ασβεστόνερο;
- 5) Φυσήξτε τώρα από το μακρόν καλαμάκι, έτσι ώστε 20 περίπου φυσαλίδες από την έκπνοή σας να περάσουν από το ασβεστόνερο. Παρατηρήστε το ασβεστόνερο. Ο αέρας ή η έκπνοή σας

προξένησαν τη μεγαλύτερη μεταβολή στο ασβεστόνερο; Όσο περισσότερο είναι το διοξείδιο του άνθρακα, τόσο μεγαλύτερη είναι η μεταβολή στο ασβεστόνερο. Ο αέρας ή η έκπνοή σας είχαν τη μεγαλύτερη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα;

Ο άνθρωπος και τα ζώα με την αναπνοή παίρνουν το οξυγόνο του αέρα. Το οξυγόνο μεταφέρεται με το αίμα σε όλα τα μέρη του σώματος, όπου χρησιμοποιείται για τις καύσεις των τροφών. Από την άργη αυτή καύση σχηματίζεται διοξείδιο του άνθρακα, που αποβάλλεται με την έκπνοή. Η έκπνοή μας λοιπόν περιέχει περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από ό,τι ο αέρας. Το ασβεστόνερο σχηματίζει με το διοξείδιο του άνθρακα ανθρακικό ασβέστιο, που είναι αδιάλυτο στο νερό και για το λόγο αυτό το διάλυμα θολώνει. Το μόριο του διοξειδίου του άνθρακα αποτελεί-



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Φιάλη με ασβεστόνερο για τον προσδιορισμό του διοξειδίου του άνθρακα.

ται από ένα άτομο άνθρακα και δύο άτομα οξυγόνου.

Είναι γνωστό και ένα άλλο οξείδιο του άνθρακα, το **μονοξείδιο του άνθρακα**. Το μόριο του μονοξειδίου του άνθρακα αποτελείται από ένα άτομο άνθρακα και ένα άτομο οξυγόνου. Το μονοξείδιο δεν βρίσκεται ελεύθερο στη φύση, αλλά σχηματίζεται όταν ο άνθρακας καίγεται και δεν υπάρχει αρκετό οξυγόνο, ώστε η καύση να είναι πλήρης. Το φωταέριο περιέχει μονοξείδιο και καμιά φορά τὰ καυσαέρια τών αυτοκινήτων και τὰ αέρια από τις θερμάστρες μπορεί να περιέχουν μικρά ποσά μονοξειδίου. Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ισχυρό δηλητήριο.



*Μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα*

Το διοξείδιο του άνθρακα που βρίσκεται στον αέρα παράγεται από την έκπνοή του ανθρώπου και τών ζώων και από την καύση τών καυσίμων, δηλαδή τής βενζίνης, του πετρελαίου, τών υγραερίων, τών ξυλανθράκων κλπ. Διοξείδιο παράγεται ακόμα από τὰ ένεργα ή φάιστεια.

Η γρήγορη ανάπτυξη τών πόλεων και τών βιομηχανιών φορτώνει όλο και περισσότερο τόν αέρα με διοξείδιο του άνθρακα. Αντίθετα τὸ πράσινο, που ανανεώνει τήν ατμόσφαιρα, όχι μόνο δεν αυξάνεται, αλλά πολλές φορές καταστρέφεται από τούς ανθρώπους άπερίσκεπτα. Αν δεν φροντίσουν οι άνθρωποι ώστε αυτό να μη συνεχιστῆ, θὰ βρεθοῦν μπροστά σὲ ένα μεγάλο πρόβλημα.

Ας δοῦμε με λίγα λόγια τί είναι αυτό τὸ πρόβλημα. Η άκτινοβολία του ἥλιου φτάνει πάνω στην επιφάνεια τής γῆς και τῆ θερ-

μαίνει. Ένα μέρος από τῆ θερμότητα αὐτῆ άκτινοβολεῖται πίσω στην ατμόσφαιρα. Τὰ μόρια του διοξειδίου του άνθρακα άπορροφούν ένα μέρος από τῆ θερμότητα αὐτῆ και ἔτσι αυξάνεται ἡ θερμοκρασία τῆς ατμόσφαιρας. Όσο λοιπὸν αυξάνεται τὸ ποσοστὸ του διοξειδίου στην ατμόσφαιρα, τόσο θὰ αυξάνεται και ἡ θερμοκρασία τῆς. Αλλά τί θὰ γίνη ἂν αυξηθῆ ἡ θερμοκρασία τῆς ατμόσφαιρας τόσο, ὥστε νὰ άρχισῆ νὰ λιώνῃ μέρος από τούς τεράστιους ὄγκους τών παγετῶνων στῆς πολικῆς περιοχῆς τῆς γῆς; Η στάθμη τών ὠκεανῶν θὰ άνέβῃ και ἕνα μικρὸ τέτοιο άνέβασμα μπορεί νὰ πλημμυρίση πολλές παραλιακῆς πόλεις. Τὸ πρόβλημα αὐτὸ ὀνομάζεται *θερμικῆ ρύπανση*.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Επαναλάβετε τὴν εργασία τῆς σελίδας 159, με τῆ διαφορά, ἀντὶ ὑπεροξειδίου του ὕδρογόνου και χλωρίνη, χρησιμοποιήστε διάλυμα σόδας (ένα κουτάλι σόδα σὲ ένα ποτήρι νερὸ) και ξίδι. Όταν προσθέτωμε ξίδι σὲ διάλυμα σόδας, παράγεται διοξείδιο του άνθρακα. Τὸ διοξείδιο του άνθρακα διατηρεῖ τὴν καύση; Καίγεται; Εξηγήστε τίς άπαντήσεις σας.*

### 5. Τὸ νερὸ

Οί ὠκεανοί, οί παγετῶνες, οί λίμνες, τὰ ποτάμια, οί καταρράκτες, οί πηγῆς, οί ὕδρατμοί στην ατμόσφαιρα, όλα αὐτὰ είναι νερό. Αλλά και ὁ άνθρωπος και τὰ ζῶα και τὰ φυτὰ περιέχουν νερὸ 60 - 75%. Τὸ νερὸ στὸ περιβάλλον μας βρίσκεται τόσο στην ὑγρῆ, ὅσο και στῆ στερεά και αέρια κατάσταση.

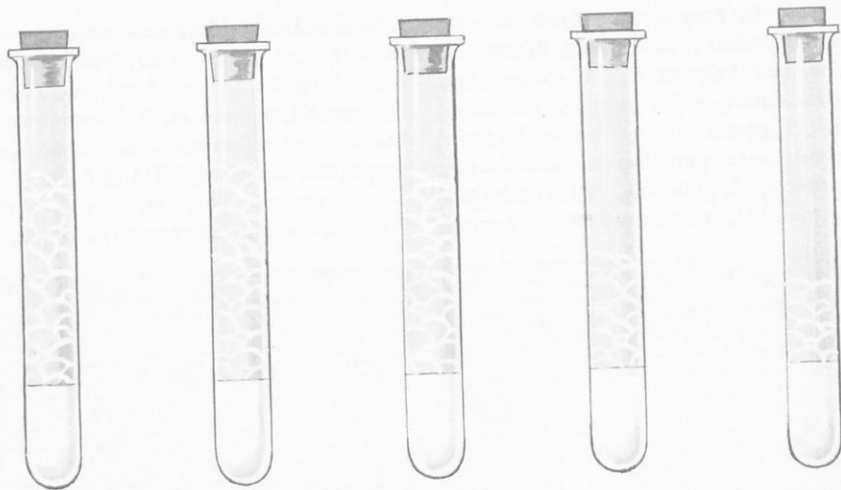
Στῆ σελίδα 150 εἶδαμε ὅτι με τὴν ἠλεκτρολύση τὸ νερὸ διασπᾶται σὲ δύο αέρια, δηλαδή σὲ οξυγόνο και ὕδρογόνο. Τὸ μόριο του νεροῦ αποτελείται από ένα άτομο οξυγόνου και δύο ὕδρογόνου.

Το νερό της βροχής παρασέρνει μαζί του σκόνη και διαλύει λίγο οξυγόνο, άζωτο και διοξείδιο του άνθρακα από τον αέρα. Στη συνέχεια, καθώς ταξιδεύει πάνω και κάτω από την επιφάνεια της γης, διαλύει διάφορα άλατα και υπολείμματα από φυτά και διάφορους άλλους οργανισμούς. Οι κυριότερες ουσίες, που βρίσκονται συνήθως στα φυσικά

νερά, είναι ενώσεις διαφόρων στοιχείων, όπως το νάτριο, το κάλιο, το ασβέστιο, το μαγνήσιο και καμιά φορά και ο σίδηρος. Το νερό, που περιέχει σχετικά μεγάλες ποσότητες από άλατα, κάνει το σαπούνι να μην αφρίζη και ονομάζεται *σκληρό νερό*. Για να δοῦμε όμως, όλες οι χημικές ουσίες, που συνήθως περιέχει το νερό, κάνουν το σαπούνι να μην αφρίζη;



*Τα δέντρα καθαρίζουν την ατμόσφαιρα από το διοξείδιο του άνθρακα. Οι άνθρωποι πολλές φορές τα καταστρέφουν απείρισκτα.*



ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ  
ΝΑΤΡΙΟ

ΘΕΙΚΟ  
ΝΑΤΡΙΟ

ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ  
ΚΑΛΙΟ

ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ  
ΑΣΒΕΣΤΙΟ

ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ  
ΜΑΓΝΗΣΙΟ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Το σκληρό νερό κάνει το σαπούνι να μην αφρίζει.

### ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε δέκα δοκιμαστικούς σωλήνες, πέντε φελλούς για τους σωλήνες, τριμμάτα από σαπούνι, οινόπνευμα, χλωριούχο νάτριο (άλατι),θεικό νάτριο, ανθρακικό κάλιο (ποτάσα), χλωριούχο ασβέστιο, χλωριούχο μαγνήσιο, άποσταγμένο νερό κι ένα κουταλάκι.

1) Διαλύστε σε μισό λίτρο νερό μισό κουταλάκι τριμμάτα σαπούνι και προσθέστε άλλο μισό λίτρο οινόπνευμα.

2) Γεμίστε καθένα από πέντε δοκιμαστικούς σωλήνες ως δύο εκατοστόμετρα ύψος με νερό και διαλύστε ίσες μικρές ποσότητες από τις πέντε χημικές ουσίες του νατρίου, του καλίου, του ασβεστίου και του μαγνησίου.

3) Στους άλλους πέντε σωλήνες βάλτε ίσες ποσότητες από το διάλυμα του σαποουνιού και προσθέστε στον καθένα από ένα από τα διαλύματα που φτιάξατε. Σκεπάστε καλά τους σωλήνες με τους φελλούς και ταράξτε

τους γερά. Τι παρατηρείτε; Ο αφρός που σχηματίστηκε είναι ίδιος στους πέντε σωλήνες;

Στην εργασία μας είδαμε ότι το σαπούνι εξακολουθεί να αφρίζει καλά, όταν προσθέτουμε στο νερό ενώσεις του νατρίου και του καλίου, αλλά παύει να αφρίζει, όταν περιέχει ενώσεις του ασβεστίου και του μαγνησίου. Άρα, σκληρό λέμε το νερό που περιέχει σχετικά μεγάλες ποσότητες ενώσεων του ασβεστίου και του μαγνησίου.

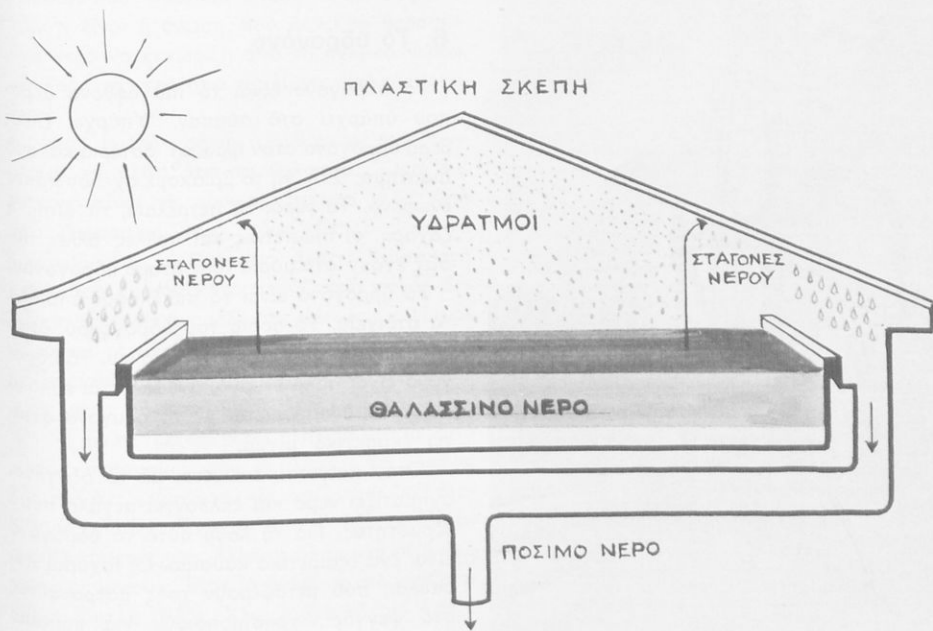
Υπάρχουν φυσικά νερά, κυρίως πηγαία, που περιέχουν και άλλες ουσίες εκτός από τις παραπάνω όπως π.χ. θείο. Αυτά είναι πολλές φορές θερμά, γιατί έρχονται από τα βάθη της γης. Τα νερά αυτά τα λέμε *ιαματικά*, γιατί έχουν θεραπευτικές ιδιότητες.

Ο άνθρωπος, για να καλύψει τις ανάγκες του σε πόσιμο νερό, μαζεύει το νερό της βροχής και το νερό από τους πάγους και το

χιόνια μέσα σε μεγάλες λίμνες, που πολλές φορές είναι τεχνητές. Το φυσικό αυτό νερό πρέπει να καθαριστή, για να γίνει κατάλληλο για πόση. Έτσι, στις οργανωμένες πόλεις του ό άνθρωπος έχει φτιάξει ειδικές εγκαταστάσεις για τον καθαρισμό αυτό. Στις εγκαταστάσεις αυτές το νερό πρώτα διηθείται, δηλαδή περνά από διαδοχικά στρώματα άμμου, χαλικιού και άνθρακα, που κρατούν ένα μέρος από τις ουσίες που περιέχει. Στη συνέχεια βάζουν στο νερό αέριο χλώριο, που σκοτώνει τα παθογόνα μικρόβια, αν υπάρχουν.

Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι διαυγές, άοσμο και να έχει ευχάριστη γεύση, ακόμα πρέπει να μην είναι σκληρό και να μην περιέχει επικίνδυνες ουσίες και μικρόβια.

Με την αύξηση του πληθυσμού στη γη και με την ανάπτυξη της τεχνολογίας χρειαζόμαστε όλο και περισσότερο νερό. Για το λόγο αυτό, οι έπιστήμονες έχουν από καιρό στραφή στους ωκεανούς, εκεί όπου υπάρχει άφθονο νερό. Το νερό της θάλασσας όμως είναι άλμυρό, γιατί περιέχει χλωριούχο νάτριο, δηλαδή άλατι. Σκεφθήτε πώς θα πρασί-νιζαν μεγάλες έρημες περιοχές στη γη, αν ό άνθρωπος μπορούσε να χρησιμοποιήσει το νερό της θάλασσας. Η μετατροπή του θαλασσινού νερού σε πόσιμο ή ποτιστικό όνομάζεται *άφαλάτωση του νερού*. Οι έπιστή-μονες πειραματίζονται τα τελευταία χρόνια, για να βρουν φτηνούς τρόπους να άφαλα-τώνουν το θαλασσινό νερό. Σήμερα υπάρ-



*Διάταξη για την άφαλάτωση του νερού. Η θερμότητα που προέρχεται από την ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται για την εξάτμιση του νερού, που συλλέγεται μετά την ύγραποίησή του καθαρό.*

χουν κιάλας μερικές πόλεις, που χρησιμοποιούν άφαλατωμένο νερό από τη θάλασσα. Συσκευές άφαλατώσεως χρησιμοποιούνται και από πλοία. "Ενας άπλός τρόπος άφαλατώσεως είναι η *άπόσταξη του νερού*, που περιγράψαμε στη φυσική, στη σελίδα 51.

Τά νερά δέν ζέφυγαν και αυτά από τη ρύπανση, που προξενεί ό άνθρωπος στο περι-

βάλλον του. "Η ρύπανση προκαλείται από τά άπόβλητα τών βιομηχανιών, τών πόλεων και τών πλοίων. Θα σās έτυχε άσφαλώς να πάτε για κολύμπι και να βρήτε τήν παραλία γεμάτη πίσσες από τά πλοία. Σέ μολυσμένα νερά λίγα φυτά και ψάρια μπορούν να ζήσουν.

Οί άνθρωποι από άρκετά χρόνια μελετοϋν τρόπους, για να άντιμετωπίσουν τό πρόβλημα τής ρυπάνσεως. "Η *προστασία του περιβάλλοντος* άπασχολεί χιλιάδες έπιστήμονες από διάφορες ειδικότητες σε όλο τόν κόσμο. "Αν και τό πρόβλημα τής ρυπάνσεως δέν έχει λυθη άκόμα, οί άνθρωποι έχουν κατορθώσει να άντιμετωπίσουν περιπτώσεις ρυπάνσεως με άρκετή έπιτυχία. "Ετσι, ποτάμια από τά όποια είχαν χαθη τά ψάρια εξαιτίας τής ρυπάνσεως καθαρίστηκαν και ή ζωη ξαναφάνηκε στα νερά.

## 6. Τό ύδρογόνο

Τό ύδρογόνο είναι τό πιό άφθονο άέριο που ύπάρχει στο σύμπαν. "Υπάρχει έλεύθερο ύδρογόνο στον ήλιο, στ' άστέρια και στο διάστημα. Στη γη τό βρίσκομε σχεδόν πάντα ένωμένο. Τό νερό, τά πετρέλαια, τά λίπη, ή ζάχαρη, οί πρωτεΐνες και πολλές άλλες ούσιες έχουν στα μόρια τους άτομα ύδρογόνου.

Τό ύδρογόνο είναι τό πιό έλαφρό από όλα τά στοιχεία. Τό μόριο του ύδρογόνου άποτελείται από δύο άτομα ύδρογόνου. Τό ύδρογόνο είναι πολύ ένεργό, άναφλέγεται εύκολα και όταν άναμινγύεται με τό όξυγόνο, φτιάνεται έκρηκτικό μίγμα.

"Όταν καίγεται, ένώνεται με τό όξυγόνο, σχηματίζει νερό και έκλύονται μεγάλα ποσά θερμότητας. Για τό λόγο αυτό τό ύδρογόνο είναι ένα εξααιρετικό καύσιμο. Οί ισχυροί πυραυλοι, που μεταφέρουν τούς άστροναύτες στο φεγγάρι, χρησιμοποιοϋν για καύσιμο ύδρογόνο σε ύγρη κατάσταση. Μαζί με όξυγόνο χρησιμοποιείται για τήν κοπή και τή συγκόλληση τών μετάλλων. "Ακόμα χρησιμοποιείται στη χημική βιομηχανία, π.χ. για



Πολλές φορές τό νερό βούσκειται βαθιά στο φλοιό τής γης. Οί γεωλόγοι χρησιμοποιοϋν γεωτρούπανα, για να βροϋν τή φλέβα του νερού και να τό άντλήσουν.



την παρασκευή της άμμωνίας. Το υδρογόνο παρασκευάζεται κυρίως από ηλεκτρόλυση νερού.

## 7. Το χλωριούχο νάτριο

Το χλωριούχο νάτριο είναι το γνωστό μας άλατι του φαγητού. Το μόριο του χλωριούχου νατρίου αποτελείται από ένα άτομο χλωρίου και ένα άτομο νατρίου.

# NaCl

### Χλωριούχο νάτριο

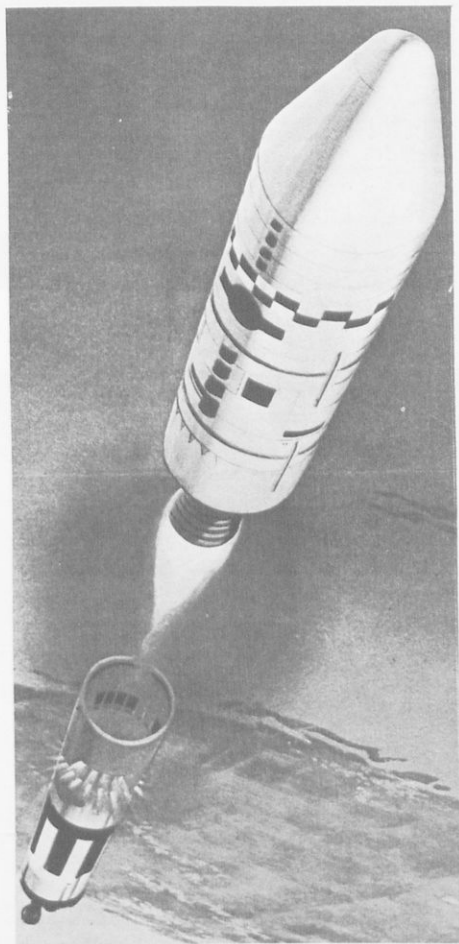
Το χλωριούχο νάτριο είναι ή πιο κοινή ουσία που υπάρχει στους ωκεανούς. Το άλατι είναι ή ένωση, που κάνει το θαλασσινό νερό να ξεχωρίζει από το «γλυκό νερό», δηλαδή το νερό από τις λίμνες και τα ποτάμια.

Από πολλά χρόνια ο άνθρωπος χρησιμοποιεί το άλατι από τη θάλασσα. Όσο δύσκολο είναι να πάρουμε πόσιμο νερό από το θαλασσινό νερό, τόσο εύκολο είναι να πάρουμε από τη θάλασσα άλατι. Κοντά στη θάλασσα λοιπόν κατασκευάζονται ρηχές δεξαμενές, που ονομάζονται *άλυκές*. Εκεί μαζεύεται το θαλασσινό νερό και αφήνεται να εξατμιστεί. Το νερό εξατμίζεται και στίς *άλυκές* μένει το άλατι.

Το άλατι μεταφέρεται στη θάλασσα από τους ποταμούς, που ξεπλένουν το έδαφος και τα πετρώματα και παρασέρνουν εκεί διάφορες ουσίες. Το νερό από τη θάλασσα εξατμίζεται συνεχώς, αλλά το άλατι και οι άλλες ουσίες μένουν. Έτσι, ή θάλασσα πλουτίζεται διαρκώς με άλατι. Χλωριούχο νάτριο υπάρχει και κάτω από την επιφάνεια της γης. Εκεί όπου υπάρχει στη γη άλατι, πριν εκατομμύρια χρόνια υπήρχαν θάλασσες, που αποξηράνθηκαν. Έτσι, εκτός από τη θάλασσα,

άλατι βγάζουμε και από τα άλατωρυχεία.

Χρησιμοποιούμε το άλατι για μαγείρεμα και ως συντηρητικό για τα τρόφιμα, όπως στα παστά κρέατα και ψάρια, που διατηρούνται χωρίς ψύξη για πολύν καιρό. Ένας άνθρωπος τρώει περισσότερο από 4,5 κιλά άλατι το χρόνο. Άλατι χρησιμοποιείται και από τη βιομηχανία, για να παρασκευάζονται διά-



Οί ισχυροί πυραυλοι χρησιμοποιουν, για καυσίμο, υδρογόνο σε υγρή κατάσταση.



Τὸ ἄλατι μεταφέρεται στὴ θάλασσα μὲ τὸ νερὸ τῶν ποταμῶν.

φορα χημικὰ προϊόντα, ὅπως ἡ σόδα, ποὺ χρησιμοποιεῖται στὴν ὑαλοουργία, καὶ τὸ χλώριο, ποὺ χρησιμοποιεῖται, ὅπως μάθαμε, στὸν καθαρισμὸ τοῦ νεροῦ.

## 8. Ὁ φλοιὸς τῆς γῆς

Ὁ φλοιὸς τῆς γῆς, ποὺ εἶναι ἡ πηγὴ τοῦ ὀρυκτοῦ πλοῦτου γιὰ τὸν ἄνθρωπο, ἀποτελεῖ μόλις τὰ 4 χιλιοστὰ τοῦ συνόλου τῆς γῆς. Ἐκτὸς τοῦ φλοιοῦ ὁ ἄνθρωπος ἀντλεῖ τὸ μεγαλύτερο μέρος ἀπὸ τὰ φυσικὰ ὑλικά ποὺ χρησιμοποιεῖ στὴ ζωὴ του. Χρησιμοποιοῦμε τὸν ὀρυκτὸ πλοῦτο τῆς γῆς σὲ κάθε ἐκδήλωση τῆς καθημερινῆς ζωῆς μας. Χτίζουμε τὰ σπίτια μας μὲτσιμέντο καὶ τοῦβλα, ποὺ οἱ πρῶτες ὕλες τους εἶναι ὁ ἀσβεστόλιθος, ἡ ἄργιλος, ἡ ἄμμος καὶ τὰ χαλίκια. Τὰ διακομοῦμε μὲ μάρμαρο, γρανίτη καὶ κεραμικά. Κατασκευάζουμε κοσμήματα ἀπὸ πολύχρωμους καὶ λαμπεροὺς ὀρυκτοὺς κρυστάλλους.

Ἀπὸ τὰ ὀρυκτὰ τῆς γῆς βγάζουμε τὰ μέταλλα, ποὺ εἶναι τόσο πολυτίμητα γιὰ τὴν κατασκευὴ μηχανῶν, ἐργαλείων καὶ σκευῶν. Ἄς κοιτάξουμε λοιπὸν τὸ φλοιὸ τῆς γῆς, ὅπως τὸν βλέπουν οἱ χημικοί. Σχεδὸν τὸ μισὸ τοῦ φλοιοῦ τῆς γῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ ὀξυγόνο. Τὸ ὀξυγόνο βρίσκεται στὴ γῆ πάντα ἐνωμένο μὲ διάφορα ἄλλα στοιχεῖα. Τὰ ὀξειδία τοῦ πυριτίου, τοῦ ἀργιλίου, τοῦ σιδήρου εἶναι

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕ 100 ΚΙΛΑ ΤΟΥ ΦΛΟΙΟΥ ΤΗΣ ΓΗΣ	
Ὄξυγόνο	46,7 κιλά
Πυρίτιο	27,7 »
Ἄργιλο	8,1 »
Σίδηρος	5,0 »
Ἀσβέστιο	3,7 »
Νάτριο	2,7 »
Κάλιο	2,6 »
Ἄλλα στοιχεῖα	3,5 »
	100,0 κιλά

από τις πιό διαδομένες χημικές ενώσεις στη γη. Πολλά χρόνια χημικής έρευνας χρειάστηκαν, για να γνωρίσωμε τὰ στοιχεια και τις ενώσεις τους στο φλοιό τής γης. 'Ο πίνακας πού προηγήθηκε δείχνει τὰ κυριότερα στοιχεια, από τὰ οποια ἀποτελείται αὐτός ο φλοιός.

## 9. Τὸ πυρίτιο

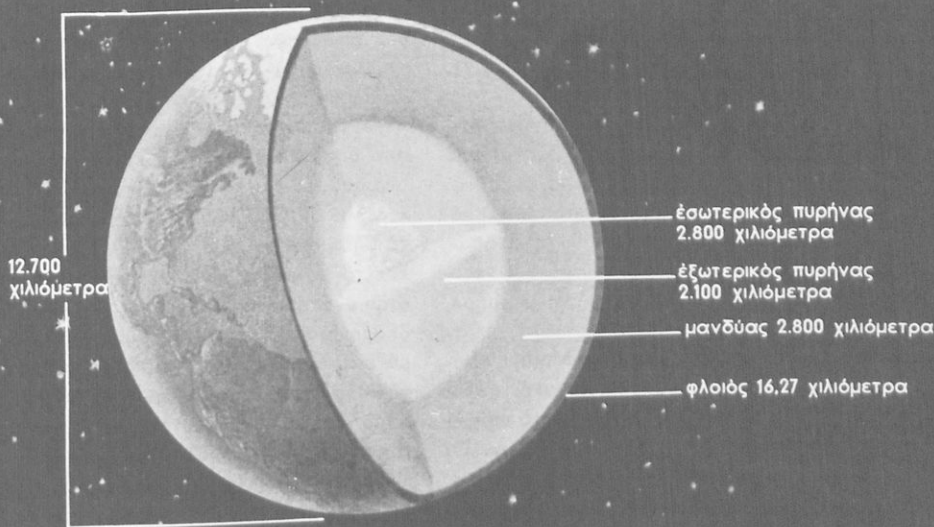
Τὸ πυρίτιο εἶναι, μετὰ τὸ ὀξυγόνο, τὸ πιό διαδομένο στοιχειό στο φλοιό τής γης. Τὸ πυρίτιο δὲν βρίσκεται ἐλεύθερο στη γη, ἀλλὰ ἐνωμένο κυρίως με ὀξυγόνο ὡς διοξειδιο τοῦ πυριτίου. Ἐνωμένο τὸ στοιχειό αὐτὸ με διάφορα μέταλλα ἀποτελεῖ συστατικὸ πετρωμάτων, ὅπως ὁ γρανίτης. Μια κατηγορία ἐνώσεων τοῦ πυριτίου, πού ὀνομάζονται σιλικόνες, χρησιμοποιοῦνται για βερνίκια, στὰ χρώματα και ὡς μονωτὲς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ διοξειδιο τοῦ πυριτίου (δηλαδὴ

τὴν ἄμμο) τὸ χρησιμοποιοῦμε για να φτιάσωμε γυαλι και κονιάματα.

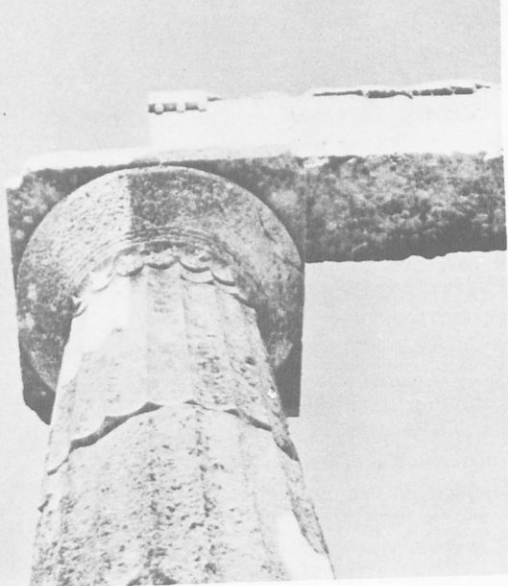
Τὸ γυαλι ἤξερε να τὸ φτιάχνει ὁ ἄνθρωπος ἀπὸ τοὺς ἀρχαίους χρόνους. Τὸ γυαλι κατασκευάζεται ἀπὸ τρία ὑλικά : τὴν ἄμμο, τὸν ἄσβεστόλιθο και τὴ σόδα. Τὰ ὑλικά αὐτὰ τὰ τρίβουν σε λεπτὴ σκόνη, τὰ ἀνακατεύουν καλὰ σε ὀρισμένες ἀναλογίες και τὰ θερμαίνουν σε εἰδικούς κλιβάνους σε θερμοκρασία 1400 °C. Στὴ θερμοκρασία αὐτὴ τὰ ὑλικά ἐνώνονται και σχηματίζουν τὴ ρευστὴ μάζα τοῦ γυαλιοῦ. Τὴ θερμὴ αὐτὴ μάζα τὴν κατεργάζονται στὰ ὑαλοουργεῖα και φτιάχνουν τὰ διάφορα γυάλινα ἀντικείμενα.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Γράψτε, με λίγα λόγια, γιατί κατὰ τὴ γνώμη σας ὁ φλοιός τής γης ἔχει τόσα πολλὰ ὀξείδια;*



*Ἐο φλοιός τής γης ἀποτελεῖ μόλις τὰ 4 χιλιοστὰ τοῦ συνόλου τής γης.*



Το μάρμαρο είναι άνθρακικό ασβέστιο.

## 10. Τό ασβέστιο

Τό ασβέστιο είναι τό πέμπτο κατά σειρά πιό κοινό στοιχείο στό φλοιό τής γής. Τό ασβέστιο βρίσκεται στή γή πάντοτε ένωμένο με άλλα στοιχεία, συνήθως ως θειικό ασβέστιο (γύψος) και ως άνθρακικό ασβέστιο. Ό ασβεστόλιθος και τό μάρμαρο είναι δύο πολύ διαδομένα πετρώματα, που άποτελούνται από άνθρακικό ασβέστιο. Τό μάρμαρο σχηματίζεται στό βάθη τής γής, όταν στόν ασβεστόλιθο επιδράση πίεση και θερμότητα. Τό καθαρό μάρμαρο είναι λευκό, όπως τό πεντελικό. Τά πολύπλοκα νερά του μάρμαρου, όπως και τά χρωματιστά μάρμαρα, προέρχονται από άλλες ένώσεις, που υπήρχαν στους ασβεστόλιθους, από τους οποίους σχηματίστηκε τό μάρμαρο. Άνθρακικό ασβέστιο περιέχουν άκόμα τά όστρακα, τό τσόφλι των αύγών και τά κόκαλα των ζώων. Οι σταλακτίτες και οι σταλαγμίτες στό σπήλαιο, όπως π.χ. στό σπήλαιο του Δυρού και των Ίωαννίνων, άποτελούνται και αυτοί από άνθρακικό ασβέστιο, που σχηματίζεται με τό συνεχές στάξιμο του νερού.

Τό μόριο του άνθρακικού ασβεστίου άποτελείται από ένα άτομο ασβεστίου, ένα άτομο άνθρακα και τρία άτομα όξυγόνου. Μπορούμε εύκολα νά καταλάβουμε άν ένα πέτρωμα περιέχει άνθρακικό ασβέστιο, άρκει νά στάξωμε πάνω του μερικές σταγόνες από όξύ, όπότε αφρίζει. Αύτη τήν ιδιότητα τήν έχουν όλες οι άνθρακικές ένώσεις.

Ό κοινός ασβέστης, που είναι όξειδιο του ασβεστίου, παρασκευάζεται πολύ εύκολα από τους ασβεστόλιθους. Θερμαίνονται οι ασβεστόλιθοι πολύ μέσα στό ασβεστοκάμινα, όπότε τό άνθρακικό ασβέστιο διασπάται σε όξειδιο του ασβεστίου.

Ca

Άσβέστιο

CaO

Όξειδιο του ασβεστίου

CaCO<sub>3</sub>

Άνθρακικό ασβέστιο

Τόσο ό ασβέστης, όσο και οι ασβεστόλιθοι, είναι πολύ χρήσιμα ύλικά, γιατί με αυτά παρασκευάζονται τά **κονιάματα**, που χρησιμοποιούνται στις οικοδομές.

Τό τσιμέντο είναι μίγμα, που άποτελείται από ασβεστόλιθο, άργιλο και λίγο γύψο. Τό μίγμα άλέθεται, άνακατεύεται με νερό και ψήνεται σε κλιβάνους στους 1450 °C. Μετά τό ψήσιμο ή πηγμένη μάζα άλέθεται και πάλι και τό τσιμέντο είναι έτοιμο. Τό τσιμέντο, όταν άνακατευτή με άμμο και χαλίκια, γίνεται άκόμα πιό στερεό και σκληρό και τότε όνομάζεται μετόν. Υπάρχει και άλλο, ένα κοινό κονίαμα, που άποτελείται από ασβέστη και άμμο. Με τό μίγμα αυτό κάνουν λάσπη και στερεώνουν τά τουβλα στό χτίσιμο.

Τό ασβέστιο είναι τό άπαραίτητο στοιχείο, για ν' άναπτυχθούν τά κόκαλα και τά δόντια μας. Τό ασβέστιο είναι άπαραίτητο επίσης, για νά πήξη τό αίμα, όταν τραυματιζόμαστε, και κάτι άκόμα, που άκούγεται πιό παράξενα,



*Τὸ τσιμέντο εἶναι τὸ πῶς κοινὸ κονίαμα ποὺ χρησιμοποιεῖται στὸ χτίσιμο τῶν οἰκοδομῶν.*

τὸ ἀσβέστιο εἶναι ἐκεῖνο ποὺ ρυθμίζει τοὺς χτύπους τῆς καρδιάς μας. Ὁ ἄνθρωπος παίρνει τὸ ἀσβέστιο ποὺ χρειάζεται ὁ ὄργανισμὸς ἀπὸ τὸ γάλα καὶ ἀπὸ ὅλα τὰ προϊόντα ποὺ παρασκευάζονται ἀπ' αὐτό, ὅπως τὸ τυρὶ καὶ τὸ γιαούρτι.

#### *ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ*

*Ὅταν οἱ ἀσβεστόλιθοι θερμαίνονται, τὸ ἀνθρακικὸ ἀσβέστιο διασπᾶται καὶ σχηματίζεται τὸ ὀξείδιο τοῦ ἀσβεστίου. Τί πρέπει νὰ φέγγη μὲ τὴ θέρμανση ἀπὸ*

τὸ μόριο τοῦ ἀνθρακικοῦ ἀσβεστίου, γιὰ νὰ σχηματιστῇ τὸ μόριο τοῦ ὀξειδίου τοῦ ἀσβεστίου;

## 11. Τὸ θεῖο

Τὸ θεῖο εἶναι βασικὸ στοιχεῖο στὴ φύση. Τὸ βρίσκουμε ἐλεύθερο μέσα καὶ πάνω στὰ πετρώματα ποὺ εἶναι κοντὰ στὰ ἠφαίστεια, συχνὰ σὲ μορφή κίτρινων κρυστάλλων. Στὴν Ἑλλάδα θεῖο ὑπάρχει στὴ Μῆλο καὶ στὴ Σαντορίνη. Εἶναι γνωστὰ καὶ πολλὰ θειοῦχα ὀρυκτά, ὅπως π.χ. ὁ σιδηροπυρίτης. Ἐνώσεις τοῦ θείου, ὅπως τὰ ἀέρια διοξειδίου τοῦ θείου καὶ ὑδρόθειο, βγαίνουν ἀπὸ τὶς ἰαματικές πηγές. Στὸ ὑδρόθειο, ποὺ εἶναι ἔνωση τοῦ θείου καὶ τοῦ ὑδρογόνου, ὀφείλεται πολλὲς φορές καὶ ἡ χαρακτηριστικὴ ὀσμὴ στὶς πηγές αὐτές. Τὸ θεῖο καὶ τὸ διοξείδιο τοῦ θείου εἶναι πολὺ χρήσιμα στὸν ἄνθρωπο. Μὲ τὸ θεῖο ψεκάζουμε τὰ ἀμπέλια. Θεῖο ἐπίσης χρησιμοποιοῦμε γιὰ τὴ σκλήρυνση τοῦ καουτσούκ. Τὸ διοξείδιο τοῦ θείου χρησιμοποιεῖται ὡς λευκαντικὸ στὴν ὑφαντουργία καὶ ὡς συντηρητικὸ στὰ τρόφιμα.

## 12. Ὁ φωσφόρος

Στὴ γῆ ὑπάρχουν ὀρυκτὰ τοῦ φωσφόρου ὅπως π.χ. ὁ φωσφορίτης. Φωσφόρος ὑπάρχει ἀκόμα στὰ φυτὰ καὶ στὰ κόκαλα τῶν ζώων. Ὁ φωσφόρος, ὅπως καὶ τὸ ἀσβέστιο, εἶναι ἓνα ἀπὸ τὰ ἀπαραίτητα στοιχεῖα, γιὰ νὰ μεγαλώσῃ καὶ νὰ ζήσῃ ὁ ἄνθρωπος. Πηγὴ τοῦ φωσφόρου εἶναι τὸ γάλα.

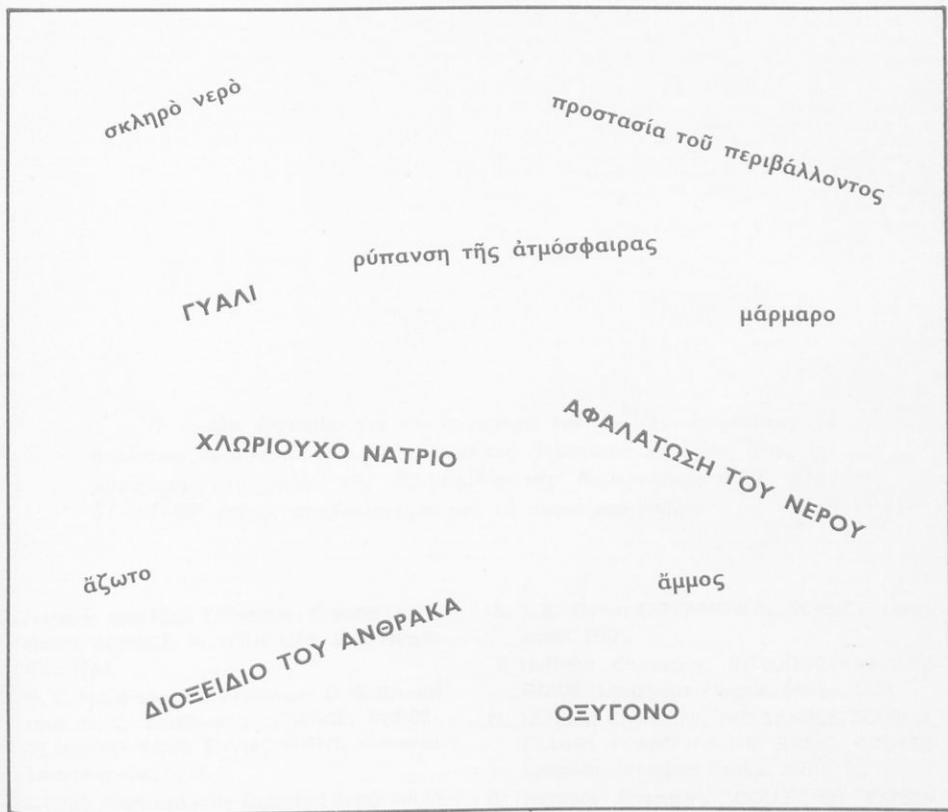
Ἐπὶ τοῦ φωσφόρου εἰσέρχονται δύο μορφές φωσφόρου, ὁ κίτρινος καὶ ὁ ἐρυθρός. Ὁ κίτρινος φωσφόρος φωσφορίζει, εἶναι δηλητηριώδης καὶ στὸν ἀέρα παίρνει μόνος του φωτιά, γιὰ τὸ λόγο αὐτὸ φυλάγεται μέσα σὲ νερό. Ὁ ἐρυθρός, ποὺ παρασκευάζεται ὅταν θερμάνουμε κίτρινο φωσφόρο, δὲν φωσφορίζει καὶ παίρνει φωτιά μόνο σὲ ὑψηλὲς θερμοκρασίες.

Ἐνώσεις τοῦ φωσφόρου χρησιμοποιοῦνται ὡς φωσφορικά λιπάσματα. Ὁ φωσφόρος καὶ τὸ θεῖο χρησιμοποιοῦνται καὶ στὴν κατασκευὴ τῶν σπέρτων : Οἱ δύο πλευρὲς ἀπὸ τὸ σπιρτοκούτι ἔχουν μιὰ ἐπάλειψη ἀπὸ ἐρυθρὸ φωσφόρο καὶ λεπτὴ σκόνη ἀπὸ γυαλί. Ἡ μιὰ ἄκρη ἀπὸ τὰ ξυλαράκια τῶν σπέρτων ἔχει βουτηχτῇ σὲ μίγμα, ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ θεῖο καὶ διάφορες ἄλλες χημικὲς οὐσίες. Τὸ σπέρτο ἀνάβει μὲ τὴν τριβὴ τοῦ μίγματος αὐτοῦ στὴν πλευρὰ τοῦ κουτιοῦ.

## ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στήν σελίδα αυτή είναι σκορπισμένες

λέξεις απ' αυτές που χρησιμοποιήσαμε στο  
Είδικό Μέρος. Διαλέξτε μερικές και  
εξηγήστε με σύντομες προτάσεις τί σημαίνουν.







# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

*Ἡ ομάδα ἐργασίας γιὰ τὴ συγγραφή τοῦ βιβλίου ἀκολούθησε τὸ ἀναλυτικὸ πρόγραμμα τῶν μαθημάτων τοῦ Δημοτικοῦ Σχολείου, ὅπως δημοσιεύεται στὸ φύλλο τῆς Ἐφημερίδος τῆς Κυβερνήσεως ΦΕΚ 218/31-10-69· ἐπίσης συμβουλευτήκε καὶ τὰ παρακάτω βιβλία :*

1. Herman and Nina Schneider, Brenda Lansdown, SCIENCE IN YOUR LIFE, D.C. Heath Co., 1966.
2. G. C. Mallinson, J. B. Mallinson, D. G. Brown and W. L. Smallwood, SCIENCE, UNDERSTANDING YOUR ENVIRONMENT, General Learning Co., 1975.
3. COPEs (Conceptually Oriented Program In Elementary Science), Preliminary Edition, New York University, 1973.
4. Physical Science Study Committee, PHYSICS, D.C. Heath and Co., 1966.
5. UNESCO SOURCE BOOK FOR SCIENCE TEACHING, UNESCO, 1962.
6. THE BOOK OF POPULAR SCIENCE, Grollier Inc., 1965.
7. J. Jardine, PHYSICS IS FUN, Heinemann Educational Books Ltd., London, 1969.
8. J. E. Dyke, EXPERIMENTAL SCIENCE, Longmans, 1969.
9. Nuffield Chemistry, INTRODUCTION AND GUIDE, Longmans/Penguin Books, 1968.
10. Nuffield Chemistry, THE SAMPLE SCHEME, STAGES I AND II: THE BASIC COURSE, Longmans/Penguin Books, 1971.
11. Nuffield Chemistry, COLLECTED EXPERIMENTS, Longmans/Penguin Books, 1967.
12. W. Schröder, R. Sichelschmidt, L. Stiegler, und H. Vestner, NATUR UND TECHNIK, Cornelsen - Velhagen und Klasing, 1974.
13. E. Halberstadt und A. Berghändler, PHYSIK UND CHEMIE FÜR HAUPTSCHULEN, Verlag Moritz Diesterweg, 1971.
14. M. Chassaing et Cl. Latour, EXERCISES D' OBSERVATION, Société Universitaire d' Editions et de Librairie, 1969.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

11-19-77 - 1977 - 1978 - 1979 - 1980 - 1981 - 1982 - 1983 - 1984 - 1985 - 1986 - 1987 - 1988 - 1989 - 1990 - 1991 - 1992 - 1993 - 1994 - 1995 - 1996 - 1997 - 1998 - 1999 - 2000 - 2001 - 2002 - 2003 - 2004 - 2005 - 2006 - 2007 - 2008 - 2009 - 2010 - 2011 - 2012 - 2013 - 2014 - 2015 - 2016 - 2017 - 2018 - 2019 - 2020 - 2021 - 2022 - 2023 - 2024 - 2025

1. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
2. J. H. VAN VEECHT, INTRODUCTION AND...
3. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
4. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
5. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
6. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
7. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
8. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
9. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
10. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
11. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
12. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
13. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
14. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
15. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
16. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
17. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
18. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
19. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
20. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971

21. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
22. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
23. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
24. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
25. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
26. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
27. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
28. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
29. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
30. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
31. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
32. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
33. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
34. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
35. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
36. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
37. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
38. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
39. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971
40. A. J. DAVIS, EXPERIMENTAL SCIENCE, 1971

# ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

Στό εϋρετήριο — χρήσιμο συμπλήρωμα στα επιστημονικά, κυρίως, βιβλία — είναι γραμμένοι οι όροι και οι λέξεις που κριθήκε ότι έχουν κάποια ιδιαίτερη σημασία στο μάθημα τής φυσικής και χημείας ή ονομάζουν κάποιες καινούριες έννοιες, που πρώτη φορά, ίσως, συναντούμε. Οι λέξεις είναι τοποθετημένες με αλφαβητική σειρά, όπως λόγον χάρη σ' ένα λεξικό, και όχι με τή σειρά που τις συναντούμε στο κείμενο — έτσι θα βρούμε πολλές άπ' αυτές στον πίνακα των περιεχομένων. Δίπλα τους είναι γραμμένοι ένας ή περισσότεροι αριθμοί. Δείχουν τις σελίδες όπου θα βρούμε τις λέξεις μέσα στο βιβλίο. Όχι, φυσικά, όλες, αλλά εκείνες όπου δίνεται ο όρισμός ή κάποιες ιδιαίτερα χρήσιμες πληροφορίες γι' αυτές. Καί, συνήθως, όχι τις σελίδες που είναι γραμμένες στον πίνακα των περιεχομένων.

Πολλοί όροι είναι γραμμένοι δύο φορές : στην αλφαβητική τους σειρά και κάτω από κάποια άλλη λέξη, με τήν οποία έχουν σχέση. Στη δεύτερη περίπτωση ο τυπογράφος τις έβαλε λίγο πιο μέσα από τήν αρχή τής σειράς, για να μη μās μπερδεούν στο ψάξιμο. Έτσι τή μετατροπή τής ενέργειας θα τή βρούμε, εκτός από τή κανονική της θέση, και κάτω από τή λέξη ενέργεια. Τους όρους που αποτελούνται από δύο ή περισσότερες λέξεις — ένα επίθετο, ως πούμε, και ένα ουσιαστικό — μπορούμε να τις αναζητήσωμε και στις δύο θέσεις. Λόγον χάρη : υδραυλικός γρύλος και γρύλος, υδραυλικός.

Στό εϋρετήριο υπάρχει ένα ειδικό «λήμμα» — όπως τό λέμε στα λεξικά και στις εγκυκλοπαίδειες — που δέν θα τό βρήτε μέσα στην ύλη του βιβλίου : σχέσεις μεγεθών. Φτιάχτηκε επίταυτοϋ, για να συγκεντρωθούν κάπου οι μαθηματικοί, ως πούμε, τύποι του βιβλίου. Αύτοι που δίνουν, λόγον χάρη, τήν ταχύτητα από τήν απόσταση και τό χρόνο ή τό ειδικό βάρος από τό βάρος και τόν όγκο κ.ά.

Τέλος, όπου συναντούμε μεγάλες παύλες, να έχωμε υπόψη ότι μπαίνουν στη θέση κάποιας λέξης μιάς προηγούμενης σειράς. Στην κάθε περίπτωση είναι φανερό ποιά λέξη αντικαθιστούν.

## α

άγωγη τής θερμότητας 55

κακός άγωγός — 56

καλός — 56

αδράνεια 91, 93

αδρανές 160

αεικίνητο 22, 23

αεραντία 127

άέρας, άτμοσφαιρικός 118, 156

βάρος του — 123

σύνθεση του — 156

άέρια κατάσταση 15, 16, 119

αεριοθούμενο 130

αεροναυπηγική 130

αεροπλάνο 130

αερόστατο 130

αΐσθημα θερμού 33

αίσθημα ψυχρού 33  
αίτια 102  
αίωρηση 74  
ακτινοβολία, μεταφορά της θερμότητας με — 56  
άλατι 165, 167  
άλατωρυχείο 167  
άλυκη 167  
άμμος 168, 169  
αναλυτικός ζυγός 79  
αναπνοή 161  
άνεμόμυλος 131  
άνεμος 131  
άντιδραση, χημική 152  
άντίσταση 96  
άνωση 112, 114  
— στον αέρα 127, 128  
άξονας (γραφικής παραστάσεως) 45  
— (τροχοῦ) 98  
άπλές μηχανές 95  
άπόβλητα 166  
άπόλυτη κλίμακα 40  
άπόλυτο μηδέν 40  
άπόσταξη 51, 166  
άπόσταση 63, 65, 84, 85, 95  
άποτέλεσμα 102  
άριθμός στοιχείου 144  
  άτομικός — — 144  
  μαζικός — — 144  
άρνητικό φορτίο 140  
άρνητικός άριθμός 39  
άρχή της αδράνειας 91, 94  
— του 'Αρχιμήδη 113  
— του Πασκάλ 144, 115  
— των συγκοινωνούντων δοχείων 105  
άσβεστόλιθος 168  
άστροναύτης 82, 83, 123  
άτμομηχανή 21  
άτμος 50  
  ύγροποίηση των — 50  
άτμόσφαιρα 120  
  ρύπανση τής — 156  
άτμοσφαιρική πίεση 120, 122, 125  
  τεχνητή — — 123  
άτμοσφαιρικός άερας 118, 156

άτομικός άριθμός 144  
άτομο 138  
άφαλάτωση του νεροῦ 165

## β

βαθμοί Κέλβιν ( $^{\circ}\text{K}$ ) 40  
— Κελσίου ( $^{\circ}\text{C}$ ) 39  
βαρόμετρο 124  
βάρος 81, 109, 114  
  — και μάζα 82  
  — του άτμοσφαιρικού άερα, 123  
  εϊδικό — 109  
  μονάδες μετρήσεως — 82  
βαροῦλκο 98  
βαρύτητα 80  
  δύναμη τής — 80, 112  
  νόμοι τής — 80  
βιομηχανία, χημική 166  
βραστός 50  
  θερμοκρασία — του νεροῦ 39  
βροχή 52

## γ

γεωτρίπανο 166  
γιάρδα 65  
γραμμάριο 79, 110  
— δυνάμεως 82, 109, 110  
γρανίτης 169  
γραφική παράσταση 44  
γρύλος, υδραυλικός 115  
γυαλί 169  
γύψος 170

## δ

«δελτίο καιροῦ» 54  
δεσμός, χημικός 150  
δευτερόλεπτο 73  
διακόπτης, διμεταλλικός 37  
διάλυμα 147  
διαλυτότητα 148  
διάσπαση μορίων 137  
διάστημα 82, 83

διαστολή 36  
διάφραγμα 72  
διεθνές πρότυπο μέτρο 66, 79  
— — χιλιόγραμμα 79, 80, 82  
δίκτυο διανομής 106  
διμεταλλικός διακόπτης 37  
δυνάμεις συνάφειας 116  
— συνοχής 41, 49, 104, 116  
δύναμη 89, 95, 108, 109, 115  
— βαρύτητας 80  
— και ταχύτητα 90, 91  
— τριβής 92  
γραμμάριο — 82  
χιλιόγραμμα — 82

## ε

είδη μοχλών 96, 97  
ειδικό βάρος 109, 114  
έκκρεμες 73  
αίωρηση — 74  
πλάτος — — 74  
περίοδος — 75  
έκρηκτικό μίγμα 166  
ελεύθερη τροχαλία 100  
έλξη μορίων 13  
— ύλικών σωμάτων 80  
έμβαδόν (ώς μέγεθος) 109, 115  
έμβολο 115  
έμμεση μέτρηση 69  
ένέργεια 20  
διατήρηση — 22  
ηλεκτρική — 20  
ήλιακή — 20  
θερμική — 32, 34  
κινητική — 94  
μέση — 33  
μετατροπή — 59, 60  
μεταφορά — 21  
μηχανική — 20, 94  
μορφές — 20  
— και χαμηλές θερμοκρασίες 60  
χημική — 153, 154  
χρήσιμη — 60

ένωση, χημική 146  
εξαέρωση 47, 56  
εξάτμιση 48, 49  
επίπεδο, κεκλιμένο 95, 100, 101  
—, οριζόντιο 105  
επιτάχυνση 88  
εργαστηριακός όγκομετρικός σωλήνας 110  
έργο 19, 20, 95  
εύφλεκτα ύλικά 48

## ζ

ζυγός 77, 78  
— ακριβείας 79  
— αναλυτικός — 79

## η

ηλεκτρικό φορτίο 140  
ηλεκτρισμός 139  
ηλεκτρόλυση 150  
ηλεκτρόνιο 142  
— νέφος — 142  
ήμερα (ως υποδιαίρεση χρόνου) 73

## θ

θερμική ρύπανση 162  
— ενέργεια 32, 34  
θερμοκρασία 33  
— βρασμού του νερού 39  
— πήξεως 47  
— τήξεως 43  
χαμηλή — και ενέργεια 60  
θερμόμετρο 38  
θερμότητα 32, 34  
— άγωγή τής — 55  
κακοί άγωγοί τής — 56  
καλοί — — 56  
λανθάνουσα — πήξεως 47  
— — τήξεως 43  
μετάδοση τής — 55  
θετικό φορτίο 140

## ι

ιαματικό νερό 164

ιδιότητα 8  
ίντσα 65  
ισορροπία (ζυγοῦ) 77

### κ

κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητος 56  
καλὸς — — 56  
κατάσταση τῆς ὕλης 15, 16  
    ἄερια — 15, 16, 119  
    στερεὰ — 15, 16,  
    ὑγρὴ — 15, 16, 104  
καύση 153  
κεκλιμένο ἐπίπεδο 95, 100, 101  
κίνηση 84  
— τῶν μορίων 11, 18, 19  
κινητικὴ ἐνέργεια 94  
κλίμακα 39  
    ἄπόλυτη — 40  
    — τοῦ Κέλβιν 40  
    — τοῦ Κελσίου 39

κόλλα 116  
κονίαμα 170  
κοχλίας 95, 100, 101  
κουτταρίνη 152

### λ

λανθάνουσα θερμότητα βρασμοῦ 50  
— — πήξεως 47  
— — τήξεως 43  
λεπτό, δεύτερο 73  
—, πρώτο 73  
λίμνη, τεχνητὴ 108  
λίπασμα 172

### μ

μαγκάνι 98  
μαγνήτης 13, 146  
μάζα 78, 84, 110  
    — καὶ βάρος 82  
    μονάδες μετρήσεως — 79  
μαζικός ἀριθμὸς 144

μάρμαρο 170  
μεγέθη 63  
    σχέσεις — 84, 85, 95, 108, 109, 110, 114, 115  
μέση ἐνέργεια 33  
— τιμὴ 31  
μέσος ὅρος 31  
μεταβολὴ τῆς ταχύτητας 93  
μετάδοση τῆς θερμότητος 55  
    — — με ρεύματα 56  
    — — με ἄκτινοβολία 56  
μετατροπὴ τῆς ἐνέργειας 59, 60  
μεταφορὰ — 21  
μετεωρολογία 53  
μετεωρολογικὴ ὑπηρεσία, δελτίο καιροῦ 54  
μέτρηση 63  
    ἔμμεση — 69  
    μονάδες — 64, 65, 66, 73, 79, 82, 109, 110  
    — τῆς περιφέρειας τῆς γῆς 70  
    — τῆς ὕλης 76  
μέτρο 66  
    διεθνὲς πρότυπο — 66  
μηδὲν (βαθμὸ) 39  
    ἄπόλυτο — 40  
μηχανή, ἀπλή 95  
—, —, ὑδραυλικὴ 114  
μηχανικὴ 102  
— ἐνέργεια 94  
μίγμα 146  
    ἐκρηκτικὸ — 166  
μονάδες μετρήσεως 64  
    — — βάρους 82  
    — — εἰδικοῦ βάρους 110  
    — — μάζας 79  
    — — μήκους 65, 66  
    — — πιέσεως 109  
    — — πυκνότητος 110  
    — — χρόνου 73  
μονοξειδίου τοῦ ἀνθρακὰ 162  
μονωτικά 58  
μόρια 10, 17, 18, 137  
    ἔλξη — 13, 14  
    κίνηση — 11, 18, 19  
μορφές ἐνέργειας 20  
μοχλὸς 95, 96

μοχλός, είδη 96, 97  
μπετόν 170

ν

νερό, αφαλάτωση 165  
—, ιαματικό 164  
—, καθάρισμα 165  
—, πόσιμο 165  
—, σκληρό 163

νετρόνιο 142  
νέφος ηλεκτρονίων 142  
νήμα τής στάθμης 81, 105  
νιφάδα χιονιού 52  
νόμοι τής βαρύτητας 80

ο

όγκομετρικός σωλήνας 111  
όγκος 15, 109, 110, 114, 115  
όμιχλη 52  
όξειδιο 152  
όξειδωση 152  
οριζόντιο επίπεδο 105  
ορισμός 19  
όρος, μέσος 31  
ουδέτερο 143

π

πάγια τροχαλία 100  
παράσταση, γραφική 44  
παρατήρηση 8, 9, 11, 25, 26, 28  
πείραμα 27, 28  
— του Τορικέλι 123  
περιβάλλον, προστασία 166  
— ρύπανση του — 166  
περιγραφή 102  
περίοδος του έκκρεμοῦς 75  
περιφέρεια τής γῆς, μέτρηση 70  
πήξη 46  
— θερμοκρασία — 47  
— λανθάνουσα θερμότητα — 47  
πήχης 65  
πίεση 108, 115

πίεση, ατμοσφαιρική — 120  
— μονάδες μετρήσεως τῆς — 109  
πίνακας 15  
πλάτος αιώρησεως 74  
πολύσπαστο 101  
πόσιμο νερό 165  
πρώτο λεπτό 73  
πρωτόνιο 142  
πυκνότητα 110  
πυρήνας 142

ρ

ρεῦμα 56  
ρευστό 125  
ρύπανση τῆς ατμόσφαιρας 158  
— θερμική — 162  
— του περιβάλλοντος 166

σ

σημεῖο πήξεως 47  
— τήξεως 43, 47  
σιδηροπυρίτης 172  
σίφωνα 126  
σκληρό νερό 163, 164  
σόδα 168  
σπίρτα 172  
σπόνδυλος κίονα 101  
σταθμὰ 79, 80  
στάθμη 81  
σταλαγιμίτες 170  
σταλακτίτες 170  
στατιστικό σύνολο 30  
στεγανό ἔμβολο 115  
στερεὰ κατάσταση 15, 16  
στήλη ὑδραγύρου 123, 125  
στοιχείο 143  
— ἀτομικός ἀριθμός — 144  
— μαζικός — — 144  
συγκοινωνοῦντα δοχεῖα 105  
σύγκριση, βλ. μέτρηση καὶ μονάδες μετρήσεως  
συνάφεια 116  
σύνθεση ατμοσφαιρικοῦ ἀέρα 156  
— φλοιοῦ τῆς γῆς 168

συνθετικό προϊόν 136  
σύννεφο 52  
συνοχή 41, 49, 104, 116  
συντηρητικό 167, 172  
συστολή 36  
σχέσεις μεγεθών 84, 85, 95, 108, 109, 110,  
114, 115  
σωλήνας, όγκομετρικός 111  
—, τριχοειδής 117  
σωματίδιο 142

### τ

ταχύτητα 84, 85  
— και δύναμη 90, 91, 93  
— μεταβολή της — 93  
τεχνητή ατμοσφαιρική πίεση 123  
— λίμνη 108  
τεχνητό προϊόν 136  
τεχνητός δορυφόρος 53, 82  
τήξη 43  
— θερμοκρασία — 43  
— λανθάνουσα θερμότητα — 43  
τιμή, μέση 31  
τριβή 92  
τροχαλία 95, 100  
τροχός 95, 98, 100  
τσιμέντο 170  
τύποι, μαθηματικοί, βλ. σχέσεις μεγεθών

### υ

ύαλουργία 168, 169  
ύγρη κατάσταση 15, 16, 104  
ύγροποίηση τών ατμών 50  
ύδραντλία 126  
ύδραργυρική στήλη 123, 125  
ύδρατμός 51  
ύδραυλική μηχανή 114, 115  
ύδραυλικός γρύλος 115  
ύδρόθειο 172  
ύλη 10, 76, 136  
— κατάσταση της — 15  
ύπόθεση 25, 26, 28  
ύπομόχλιο 96

### φ

φαινόμενο 22  
— φυσικό — 152  
— χημικό — 152  
φλογιστόν 159  
φλοιός της γης, σύνθεση 168  
φορτίο, ηλεκτρικό 140  
φύση 28  
φυσική έπιστήμη 28  
φυσικό μέγεθος 63  
— προϊόν 136  
— φαινόμενο 152  
φωσφορικά λιπάσματα 172  
φωσφορίτης 172  
φωτοσύνθεση 160

### χ

χαλάζι 52  
χαμηλές θερμοκρασίες 60  
«χάρτης» 68  
χημεία 136  
χημική αντίδραση 152  
— βιομηχανία 166  
— ενέργεια 153, 154  
— ένωση 146  
χημικό φαινόμενο 152  
χημικός δεσμός 151  
χιλιόγραμμα 79  
— διεθνές πρότυπο — 79, 80, 82  
— δυνάμεις 82  
χιόνι 52  
χλώριο 165, 168  
χρήσιμη ενέργεια 60  
χρονόμετρο 73  
χρόνος 72, 84, 85  
— μονάδες μετρήσεως — 73  
χώρας 10

### ω

ώρα 73  
«ώρα μηδέν» 42





ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ»  
ΠΡΟΤΥΠΟ ΣΧΗΜΑΤΟΣ ΔΡΑΣΗΣ «ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ»



0020556076

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ

ΕΚΔΟΣΙΣ Γ', 1976 (IV) - ΑΝΤΙΤΥΠΑ 213.000 - ΣΥΜΒΑΣΙΣ 2680/7-4-76

ΕΚΤΥΠΩΣΙΣ - ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ: ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΟΣ Α.Ε.

Φιλαδέλφειας 8 - Αθήναι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



