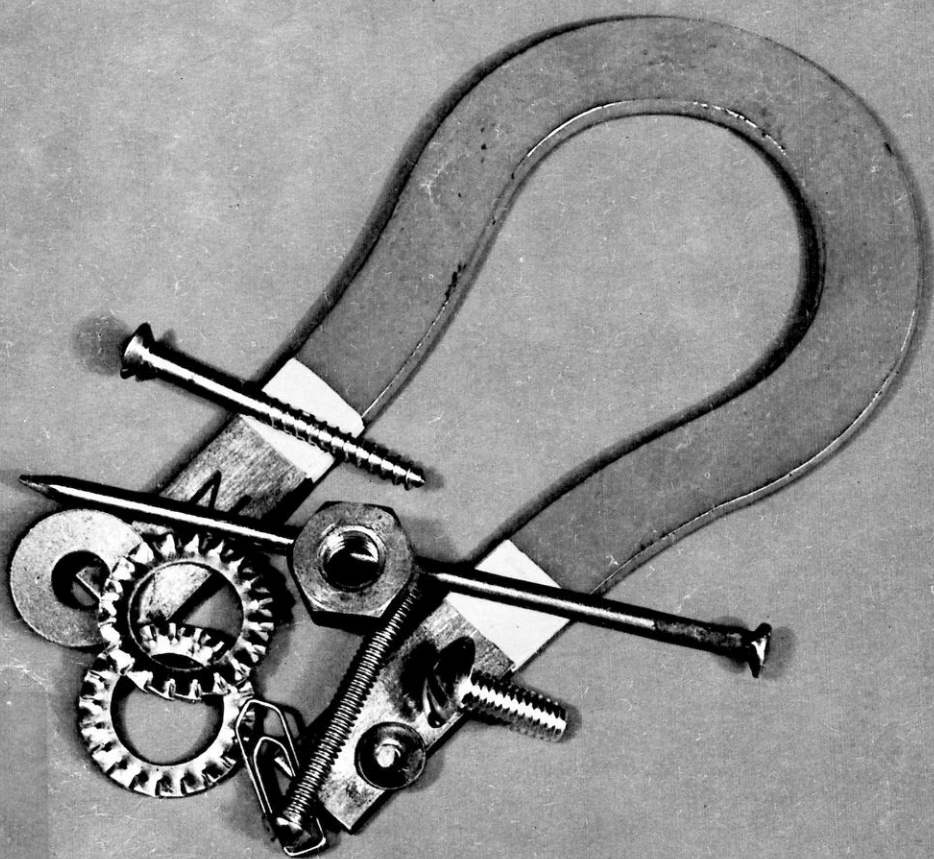


φυσική καὶ χημεία

ΕΚΤΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑ 1975

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

19480

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΦΥΣΙΚΗ καὶ ΧΗΜΕΙΑ

ἑκτης δημοτικοῦ

ΔΩΡΕΑΝ

Ἀθήνα 1975

ΦΥΣΙΚΗ και ΧΗΜΕΙΑ

ΕΚΤΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΩΡΕΑΝ

Αθήνα 1978

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τὸ βιβλίον αὐτὸ εἶναι ἀποτέλεσμα συλλογικῆς ἐργασίας. Τὴν ὁμάδα ἐργασίας, σύμφωνα μὲ τὴν πρώτη ἀνάθεση, ἀποτελέσαν οἱ :

Νίκος Ἀντωνίου, φυσικός, ὑφηγητὴς Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν
Παναγιώτης Ἀσημακόπουλος, φυσικός, ΚΠΕ Δημόκριτος
Χριστίνα Ζιούδρου, χημικός, ΚΠΕ Δημόκριτος
Δημήτρης Κατάκης, χημικός, καθηγητὴς Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν
Γιάννης Καφούσης, καθηγητὴς Παιδαγωγικῆς Ἀκαδημίας
Θανάσης Κωστίκας, φυσικός, ΚΠΕ Δημόκριτος
Παντελῆς Μπουκάλας, δάσκαλος Ἐκπαιδευτηρίου «Διονύσιος Σολωμός»
Ἀνδρέας Ρεμπούλης, δάσκαλος Κολλεγίου Ἀθηνῶν
Ἀθηνᾶ Ρικάκη, δασκάλα Κολλεγίου Ἀθηνῶν
Ντίνα Χατζοῦδη - Γκέγκιου, χημικός, Γενικὸν Χημεῖον τοῦ Κράτους.

Στὴν ὁμάδα αὐτὴ πῆρε μέρος ἐπίσης ἀπὸ τὴν ἀρχὴ καὶ ὁ Γιώργος Γραμματικάκης, φυσικός τοῦ ΚΠΕ Δημόκριτος, ἐνῶ ἡ Α. Ρικάκη διέκοψε τὴ συν-εργασία της μετὰ τὴν ἐκδοση τοῦ πρώτου τεύχους.

Ἡ μέθοδος ἐργασίας ποὺ ὑπαγόρευσε τὴ συγγραφή τοῦ βιβλίου, ἡ συν-εργασία δηλαδὴ ἀκαδημαϊκῶν δασκάλων, ἐρευνητῶν καὶ παιδαγωγῶν, ἀποτελεῖ μὴ προσπάθεια εἰσαγωγῆς καὶ στὴ χώρα μας τῆς συνδυασμένης πείρας ἐπιστημόνων διαφόρων ειδικοτήτων, μέθοδος ποὺ ἐφαρμόστηκε μὲ ἐπιτυχία σὲ πολλὰ προηγουμένης χώρες γιὰ τὰ βιβλία τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν, στὴ δημο-τική καὶ μέση ἐκπαίδευση. Τὰ ἀρχικὰ κείμενα, ποὺ ἀντιστοιχοῦν στὰ διάφορα

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

Για τή διεκπεραίωση του βιβλίου, από το στάδιο του χειρογράφου ως τήν τελειωμένη εμφάνιση, εργάστηκαν ακόμα και άλλοι πολλοί συνεργάτες, στους οποίους οφείλεται κατά μεγάλο μέρος ή άρτια παρουσίαση. Ο Στέφανος Στεφάνου είχε τή γλωσσική επιμέλεια των κειμένων και έγραψε τὰ εὔρετήρια. Η Χρυσή Δασκαλοπούλου είχε τή γενική καλλιτεχνική επιμέλεια του βιβλίου. Οί Σταμάτης Βασιλείου και Φίλιππος Τρουποσκιάδης σχεδίασαν τīs εἰκόνες. Η Μπέττυ Μιχαήλ δακτυλογράφησε με ταχύτητα και ακρίβεια τὰ κείμενα στīs πολλαπλές τους μορφές. Τέλος, στήν Έκδοτική Ελλάδος Α. Ε. και φυσικά στή φιλότιμη δουλειά του προσωπικού του τυπογραφείου οφείλεται ή τεχνική άριότητα τής εκδόσεως.

Η ομάδα εργασίας δέν θά μπορούσε να συντελέση το έργο της, αν δέν είχε προϋπάρξει ή ανανεωτική όρεξη του ύπουργού Παιδείας τής προεκλογικής Κυβερνήσεως κ. Ν. Λούρου και ή συνδρομή των συνεργατών του. Στόν καθηγητή Δ. Ν. Μαρωνίτη, ειδικό σύμβουλο του Έπουργείου τότε, οφείλεται ή έγκαιρη προώθηση αὐτῆς τῆς ιδέας. Έφεξης το ένδιαφέρον του Δ. Ν. Μαρωνίτη υπήρξε συνεχές. Το έργο ολοκληρώθηκε μετεκλογικά και με τή σύμφωνη γνώμη του αρμόδιου ύπουργού κ. Κ. Ζέπου.

Φέτος στο μάθημα τῆς φυσικῆς καὶ τῆς χημείας ζητοῦμε ἀπὸ σᾶς νὰ γίνετε μικροὶ ἐπιστήμονες ἐρευνητές. Στὴν πραγματικότητα εἰστε ἐρευνητές ἀπὸ τὰ πολὺ μικρὰ σας χρόνια, τότε πὺν ἀνοίγατε τὰ παιγνίδια σας καὶ τρυπούσατε τὶς κοῦκλες σας, γιὰ νὰ μάθετε τὰ μυστικά τους ! Ἀυτὴ ἡ περιέργεια πὺν ἔχει ὁ ἄνθρωπος γιὰ τὴ γνώση, γιὰ νὰ μάθῃ τί ὑπάρχει γύρω του, πὺς εἶναι φτιαγμένο καὶ πὺς λειτουργεῖ, εἶναι πολὺ σημαντικό πράγμα. Χωρὶς αὐτὴν ὁ ἄνθρωπος θὰ ἦταν ἀδιάφορος κι ὁ κόσμος δὲ θὰ πρόκοβε.

Φέτος λοιπὸν στοῦ μάθημα τῆς φυσικῆς καὶ τῆς χημείας θὰ ἐρευνήσετε μόνοι σας ν' ἀνακαλύψετε τὰ μεγάλα μυστικά τῆς φύσης, γιὰτὶ μόνο ἡ γνώση πὺν ἀποχτοῦμε μόνοι μας ἔχει ἀξία. Βέβαια θὰ σᾶς βοηθήσῃ καὶ ὁ δάσκαλός σας καὶ τὸ βιβλίον πὺν ἔχετε στὰ χέρια σας. Ὅμως θὰ θέλαμε μὲ τὴ δικὴ σας κυρίως προσπάθεια νὰ μάθετε αὐτὰ τὰ μυστικά. Νὰ παρατηρήτε μὲ προσοχὴ τὸ καθετὶ πὺν ὑπάρχει γύρω σας, νὰ κάνετε πειράματα — ἔτσι δὲν κάνουν κι οἱ ἐπιστήμονες ; — νὰ διατυπώσετε τὶς ὑποθέσεις σας καὶ νὰ βγάλετε τὰ συμπεράσματά σας.

Εἶπαμε πὺν πάνω πὺς τὸ φετινὸ βιβλίον θὰ σᾶς βοηθήσῃ σ' αὐτὴ τὴν ἐρευνητικὴ σας προσπάθεια. Ὅμως θὰ σᾶς ἐμπιστευτοῦμε ἓνα μικρὸ μυστικό. Τὸ βιβλίον σας εἶναι ἔτσι γραμμένο, ὥστε νὰ μὴ μπόρῃτε νὰ τὸ ἀποστηθίσετε, γιὰτὶ γνώσεις πὺν παπαγαλίζονται εἶναι ἄχρηστες γνώσεις. Μὴν προσπαθήσετε λοιπὸν κατὶ τέτοιο, ἀφοῦ οὔτε καὶ ὁ δάσκαλός σας θὰ σᾶς τὸ ζητήσῃ.

Καλὴ ἐπιτυχία !

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

A. ΦΥΣΙΚΗ

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Ύλη	8
2. Ενέργεια	9
3. Παρατήρηση - Υπόθεση - Πείραμα	11

II. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

1. Ό Ήχος. Μία άλλη μορφή ενέργειας	12
2. Ένταση και ύψος του ήχου	14
3. Η διάδοση του ήχου	16
4. Ανάκλαση των ήχτικών κυμάτων	21
5. Μουσικοί ήχοι και όργανα	23
6. Φωνητικά όργανα και όργανα ακοής	26
7. Ήχοληψία και αναπαραγωγή του ήχου	28

III. ΟΠΤΙΚΗ

1. Τό φώς στη ζωή μας	30
2. Τό φώς, ενέργεια πού ακτινοβολείται	30
3. Η ταχύτητα του φωτός	34
4. Τό φώς διαδίδεται εὐθύγραμμα	35
5. Τό φώς συναντά τὰ ὑλικά σώματα	38
6. Τά ἐπίπεδα κάτοπτρα καί τὰ εἰδωλά τους	41
7. Σφαιρικά κάτοπτρα	44
8. Η διάθλαση του φωτός	46
9. Οί φακοί καί τὰ εἰδωλά τους. Τό μάτι μας	49
10. Χρώματα κρυμμένα στό λευκό φώς	52
11. Φώς πού δέν βλέπουμε	53
12. Τό χρώμα τῶν σωμάτων	54
13. Ὑπάρχουν δύο θεωρίες γιά τὸ φώς	56
14. Τό φώς εἶναι κύματα	57
15. Τό φώς εἶναι σωματίια	58
16. Τό φώς εἶναι καί σωματίια καί κύματα	60

IV. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

1. Ὑλικά σώματα ηλεκτρίζονται μέ τριβή	62
2. Θετικά καί ἀρνητικά φορτία	64
3. Ἄτομα, πρωτόνια καί ηλεκτρόνια	66
4. Τό ηλεκτροσκόπιο. Καλοί καί κακοί ἀγωγοί τοῦ ηλεκτρισμοῦ	68
5. Ὁ στατικός ηλεκτρισμός γύρω μας	72
6. Τό ηλεκτρικό ρεύμα καί οἱ πηγές του	74
7. Ἐνα ἄλλο κύκλωμα	76
8. Μονάδες τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος	79

Σελ.

9. Ὁ ηλεκτρισμός στό σπίτι	80
10. Μαγνητικές δυνάμεις	83
11. Τό μαγνητικό πεδίο	85
12. Τό ηλεκτρικό ρεύμα παράγει μαγνητικό πεδίο	88
13. Ἡλεκτρομαγνήτες καί οἱ ἐφαρμογές τους	90
14. Μαγνητισμός τῶν ἀτόμων	92
15. Ἡλεκτρομαγνητική ἐπαγωγή	95
16. Ἡλεκτρομαγνητικά κύματα	97

V. ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

1. Ὁ αἰώνας μας, αἰώνας τοῦ ἀτόμου	100
2. Τά ἄτομα καί ἡ δομή τους	100
3. Ἐξερευνώντας τόν πυρήνα	102
4. Ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἀπό πολλὰ εἶδη ἀτόμων	104
5. Πυρήνες πού διασπῶνται ἀπό μόνοι τους : ραδιενέργεια	106
6. Πυρήνες πού διασπῶνται τεχνητά : σχάση	108

B. ΧΗΜΕΙΑ

A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	112
1. Μόρια καί ἄτομα	112
2. Χημικές ενώσεις καί χημικός δεσμός	114
3. Ἡ ὀργανική χημεία καί ὁ ἀνθράκας	119

B. ΚΑΥΣΙΜΑ: ΓΑΙΑΝΘΡΑΚΕΣ, ΦΩΤΑΕΡΙΟ, ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	120
1. Στερεά καύσιμα	120
2. Τά ἀέρια καύσιμα	123
3. Τό πετρέλαιο	124
4. Ἡ ρύπανση τῆς ἀτμόσφαιρας ἀπό τὰ καύσιμα	127

Γ. ΣΑΚΧΑΡΑ, ΛΙΠΗ, ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ :	
Ἀπαραίτητα καύσιμα γιά τόν ἄνθρωπο	129
1. Σάκχαρα	129
2. Ἐνζυμα	132
3. Λίπη	137
4. Πρωτεΐνες	138
5. Βιταμίνες, ἀνόργανα ἅλατα, ὁρμόνες	140

Δ. ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΙΝΕΣ	142
------------------	-----

Ε. ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ	144
----------------	-----

Ζ. ΦΑΡΜΑΚΑ	144
------------	-----

Η. Η ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΜΑΣ ΖΩΗ	145
---	-----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	149
--------------	-----

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ	151
-----------	-----

α. φυσική

Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

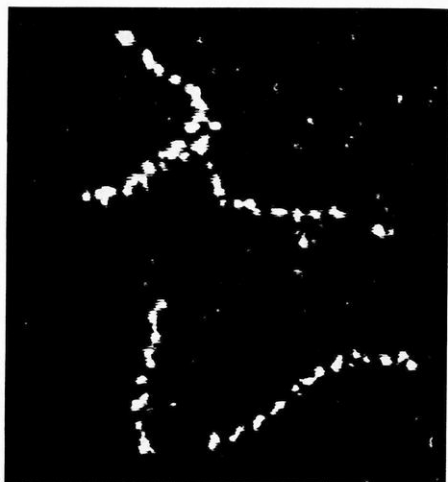
1. Ύλη

“Υλη είναι καθετί που βρίσκεται γύρω μας και που πιάνει κάποιο χώρο. Το ξύλο είναι ύλη, το σίδερο είναι ύλη, το νερό και ο αέρας είναι ύλη.

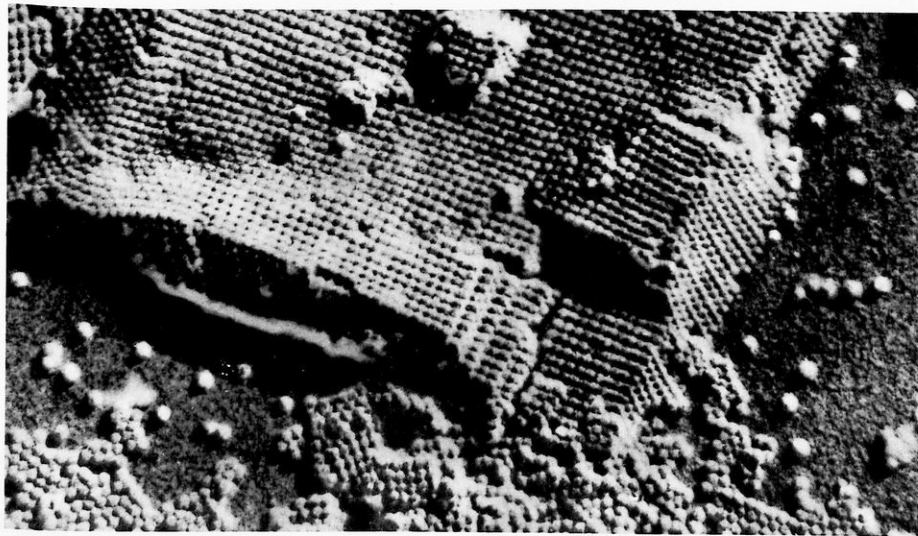
Ή ύλη αποτελείται από πάρα πολύ μικρά κομματάκια ή, αλλιώς, από σωματίδια, που τα ονομάζουμε **μόρια**. Τα μόρια είναι τόσο μικρά, ώστε δεν μπορούμε να τα δούμε. Μέσα σε μια δαχτυλήθρα νερό υπάρχουν πολλά δισεκατομμύρια μόρια νερού. Ακόμη και σ’ έναν κόκκο κιμωλίας υπάρχουν δισεκατομμύρια μόρια κιμωλίας. Οί επιστήμονες έχουν πετύχει να δουν με ισχυρά ηλεκτρονικά μικροσκόπια μερικά μόρια. Ακόμη, έχουν ανακαλύψει ότι τα μόρια κινούνται συνέχεια και πολύ γρήγορα προς κάθε κατεύθυνση. Το θρανίο σας λοιπόν αποτελείται από μυριάδες μόρια, που κινούνται συνέχεια. Αφού όμως τα μόρια συνεχώς κινούνται, γιατί δεν ξεφεύγουν και δεν σκορπίζονται μέσα σ’ όλη την τάξη; Γιατί υπάρχει μια δύναμη, που τραβάει το ένα μόριο κοντά στο άλλο. Με άλλα λόγια, γιατί τα μόρια έλκονται.

Το μόριο είναι το μικρότερο σωματίδιο ενός είδους ύλης. Το μόριο του νερού είναι το μικρότερο σωματίδιο του νερού. Το μόριο της κιμωλίας είναι το μικρότερο σωματίδιο

της κιμωλίας. Τα μόρια του νερού είναι διαφορετικά από τα μόρια της κιμωλίας. Αλλά σε τί διαφέρουν; Οί επιστήμονες διέσπασαν μόρια και ανακάλυψαν ότι αυτά αποτελούνται από μικρότερα σωματίδια, που τα λέμε **άτομα**. Ανακάλυψαν ακόμη ότι, ενώ υπάρχουν μυριάδες είδη μορίων, υπάρχει μόνο



Φωτογραφία ατόμων ενός χημικού στοιχείου, που λέγεται θόμιο.



Φωτογραφία μορίων πρωτεΐνης. 'Η φωτογραφία έχει ληφθῆ με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σὲ μεγέθυνση 1 : 80.000 περίπου. Τὸ πραγματικὸ μέγεθος τοῦ δείγματος ποὺ βλέπομε εἶναι περίπου δύο ἑκατομμυριοστὰ τοῦ μέτρου (0,000002 μέτρα).

ἓνας μικρὸς ἀριθμὸς ἀτόμων. Ἰσαμε σήμε-
ρα γνωρίζομε συνολικὰ περίπου 105 εἶδη
ἀτόμων. Μὲ τοὺς διάφορους συνδυασμοὺς
αὐτῶν τῶν ἀτόμων φτιάνονται μυριάδες μό-
ρια, ποὺ ἀποτελοῦν μυριάδες εἶδη ὕλης. Ἀ-
φοῦ τὰ μόρια εἶναι τόσο μικρά, σκεφτῆτε
πόσο πολὺ μικρά εἶναι τὰ ἄτομα. Παρ' ὅλα
αὐτά, οἱ ἄνθρωποι κατάφεραν μὲ ἰσχυρὰ
ἠλεκτρονικὰ μικροσκόπια νὰ δοῦν ἀκόμη καὶ
μερικὰ ἀπὸ τὰ ἄτομα.

Ἀλλὰ καὶ τὰ ἄτομα δὲν εἶναι τὰ πιὸ μικρὰ
σωματίδια τῆς ὕλης. Ὑστερα ἀπὸ πολλὰς
μελέτες βρέθηκε ὅτι ἔχουν κι αὐτὰ τὴ **δομή**
τους. Ἐχουν στὸ κέντρο τους ἓναν **πυρήνα**,
ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο εἰδῶν σωματίδια,
πρωτόνια καὶ **νετρόνια**. Γύρω ἀπὸ τὸν πυ-
ρήνα γυρίζουν πολὺ γρήγορα τὰ **ἠλεκτρό-**
νια, ποὺ δημιουργοῦν καὶ τὸ σχῆμα τοῦ
ἀτόμου.

Ἔτσι μετὰ ἀπὸ συστηματικὲς καὶ πολὺ-
χρονης προσπάθειες πολλῶν ἐπιστημόνων

φτάσαμε στὸ θαυμαστὸ συμπέρασμα ὅτι ὅλη
ἡ ὕλη στὸ φυσικὸ κόσμο γύρω μας ἀποτε-
λεῖται ἀπὸ σωματίδια τριῶν μόνων εἰδῶν :
πρωτόνια, νετρόνια καὶ ἠλεκτρόνια. Φαίνε-
ται ἴσως ἀπίστευτο, εἶναι ὅμως ἀληθινό, ὅτι
ὅλη ἡ τεράστια ποικιλία τῶν πραγμάτων ποὺ
βλέπομε γύρω μας, τὰ ζωντανὰ καὶ τὰ ἀψυ-
χα, ἡ γῆ, ὁ ἥλιος καὶ τὸ φεγγάρι εἶναι φτιαγ-
μένα ἀπὸ τοὺς συνδυασμοὺς τριῶν μόνων
σωματιδίων.

Μποροῦμε λοιπὸν τελικὰ νὰ ποῦμε ὅτι :

**Ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἀπὸ μόρια,
τὰ μόρια ἀπὸ ἄτομα καὶ τὰ ἄτομα
μὲ τὴ σειρά τους ἀπὸ ἠλεκτρόνια,
πρωτόνια καὶ νετρόνια.**

2. Ἐνέργεια

Ὅπου καὶ νὰ γυρίσωμε, βλέπομε νὰ πα-
ράγεται **ἔργο**. Λέμε ὅτι *παράγεται ἔργο, ὅταν*

μιά δύναμη κάνει ένα αντικείμενο να μετακινείται σε κάποια απόσταση. "Αν τὸ πρῶτὸ ἤρθαμε στὸ σχολεῖο μὲ λεωφορεῖο, τὸ λεωφορεῖο ἔκανε κάποιο ἔργο. "Αν ἤρθαμε μὲ τὰ πόδια, τότε τὸ ἔργο τὸ κάναμε ἐμεῖς. Ἔργο παράγομε κάθε λεπτό. "Οταν ἐργαζόμαστε, ὅταν περπατοῦμε, ἀκόμη καὶ ὅταν παίζουμε.

"Οταν ἓνα κομμάτι ὕλης ἔχη τὴν ἱκανότητα νὰ παράγῃ ἔργο, λέμε ὅτι αὐτὸ τὸ κομμάτι τῆς ὕλης περιέχει **ἐνέργεια**. Ἡ ἐνέργεια εἶναι πολὺ σπουδαῖο πράγμα στὸν κόσμο. Ἡ ἐνέργεια κάνει τὴν ὕλη νὰ κινῆται, κάνει τὰ φυτὰ νὰ πρασινίζουν, τὰ ποτάμια νὰ

κυλοῦν, τὸ σπίτι μας νὰ ζεσταίνεται κι ἐμᾶς τοὺς ἴδιους νὰ μεγαλώνωμε. Τίποτα στὸν κόσμο δὲν γίνεται χωρὶς ἐνέργεια.

Ἡ ἐνέργεια παρουσιάζεται μὲ διάφορες μορφές. Τὰ κινούμενα ἀντικείμενα ἔχουν *κινητικὴ ἐνέργεια*. Τὰ φυτὰ μεγαλώνουν μὲ τὴν *ἡλιακὴ ἐνέργεια*. Πολλὲς συσκευὲς στὸ σπίτι μας δουλεύουν μὲ *ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια*. Τὰ καύσιμα, ὅπως ἡ βενζίνη καὶ τὸ κάρβουνο, ἔχουν *χημικὴ ἐνέργεια*. Στὸ βιβλίο μας αὐτὸ θὰ γνωρίσωμε καλύτερα μερικὲς ἀπὸ τὶς μορφές τῆς ἐνέργειας.

Κάθε μεταβολὴ ποὺ παρατηροῦμε



Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ ἀνέμου κινεῖ τὰ ἱστιοφόρα.

γύρω μας περιλαμβάνει μεταφορά και αλλαγή της ενέργειας από μια μορφή σε άλλη.

Η χημική ενέργεια της βενζίνης, που καίγεται στον κινητήρα ενός αυτοκινήτου, μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια, που κινεί το αυτοκίνητο. Η ηλεκτρική ενέργεια στο μάτι μιας ηλεκτρικής κουζίνας μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια, που βράζει το φαγητό. Το νερό που πέφτει στους καταρράκτες έχει κινητική ενέργεια, που μετατρέπεται σε ηλεκτρική στα έργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Με προσεκτική παρατήρηση των διαφόρων μεταβολών, που συμβαίνουν στη φύση, οι επιστήμονες ανακάλυψαν μια σπουδαία ιδιότητα της ενέργειας. Σ' όλες αυτές τις μεταβολές η ενέργεια μπορεί να μεταφέρεται από ένα υλικό σώμα σ' ένα άλλο ή ν' αλλάξει μορφές, αλλά ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται. Αυτή τη σπουδαία ιδιότητα την ονομάζουμε **διατήρηση της ενέργειας**.

Τα περισσότερα φαινόμενα, που παρατηρούμε γύρω μας, είναι πολύπλοκα. Ένα κομμάτι ύλης, που παίρνει ενέργεια από κάπου, μπορεί να τη δώσει πάλι όχι μόνο σε πολλά άλλα κομμάτια ύλης αλλά και με πολλές μορφές. Πολλές φορές είναι δύσκολο να αναγνωρίσουμε όλες τις μορφές ενέργειας που δίνει. Ξέρομε όμως ότι όση ενέργεια δίνουμε, τόση ενέργεια παίρνουμε, γιατί η ενέργεια ούτε αυξάνεται ούτε χάνεται.

3. Παρατήρηση - Υπόθεση - Πείραμα

Από μικρά παιδιά συνέχεια κοιτάζουμε γύρω μας τόν κόσμο, που μάς περιβάλλει. Μέσα στην τάξη μας βλέπουμε το δάσκαλο, τους συμμαθητές μας, τα θρανία και τόν πίνακα. Στη φύση βλέπουμε τα πουλιά, τα δέντρα, το φεγγάρι, τη βροχή, τα βουνά και

τις πεδιάδες. Τò νά βλέπουμε όμως κάτι είναι διαφορετικό από τò νά τò παρατηρούμε. Τυχαίνει νά έχουμε δει ένα αντικείμενο ή ένα φαινόμενο πολλές φορές, αλλά όταν θελήσουμε νά τò περιγράψουμε, δέν μπορούμε. Όταν όμως παρατηρήσουμε κάτι με προσοχή, μπορούμε εύκολα νά περιγράψουμε τις ιδιότητές του. Μπορούμε νά περιγράψουμε τò σχήμα, τò χρώμα, τήν όσμη καί τò μέγεθός του.

Με τήν **παρατήρηση** γεννιούνται καί διάφορα ερωτήματα, γιατί θέλουμε νά εξηγήσουμε αυτό που παρατηρούμε. Γιατί βρέχει; Πόσο μακριά είναι τò φεγγάρι; Γιατί λιώνει ó πάγος; Η παρατήρηση καί τὰ ερωτήματα είναι ή άρχή γιά νά γνωρίσουμε τή φύση. Για νά απαντήσωμε στὰ ερωτήματά μας, συνήθως κάνομε διάφορες **υποθέσεις**, δηλαδή βρίσκομε διάφορες απαντήσεις, που μάς φαίνονται λογικές. Πώς όμως μπορούμε νά βεβαιωθούμε ότι μια υπόθεση, που εξηγεί μια παρατήρησή μας, είναι σωστή ή νά διαλέξωμε ανάμεσα σε δύο διαφορετικές υποθέσεις; Χρειάζεται γι' αυτό νά παρατηρήσωμε φαινόμενα, που έμεις οί ίδιοι δημιουργούμε γι' αυτό τò σκοπό, νά κάνωμε δηλαδή **πειράματα**. Ξαναδιαβάζοντας τώρα τò βιβλίο του περασμένου χρόνου μπορείτε νά βρήτε πώς μ' αυτό τόν τρόπο μελετήσατε πολλά φυσικά καί χημικά φαινόμενα. Η παρατήρηση, ή υπόθεση καί τò πείραμα λοιπόν προχωρούν χέρι χέρι. Συνήθως ή μελέτη ενός φαινομένου άρχίζει με μια παρατήρηση, που μάς κεντρίζει τò ενδιαφέρον. Για νά καταλάβωμε τò φαινόμενο καί νά απαντήσωμε στὰ ερωτήματα που μάς γεννιούνται, κάνομε υποθέσεις καί ελέγχομε τις υποθέσεις μας με πειράματα. Πολλές φορές, όταν κάνωμε ένα πείραμα, παρατηρούμε νέα φαινόμενα καί κάνομε γι' αυτά νέες υποθέσεις καί νέα πειράματα. Έτσι, βήμα βήμα, με τήν παρατήρηση, τήν υπόθεση καί τò πείραμα προχωρούμε στήν εξερεύνηση της φύσης, με άλλα λόγια προχωρούμε στή γνώση της *φυσικής* καί της *χημείας*.

II. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

1. 'Ο ήχος. Μία άλλη μορφή ενέργειας

Έχετε μάθει ότι στο φυσικό κόσμο που μας περιβάλλει υπάρχει ύλη και ενέργεια. Η ενέργεια βρίσκεται σε πολλές μορφές και ίσως σας ξαφνιάση ότι ο ήχος είναι μία απ' αυτές τις μορφές. Η ενέργεια όμως εκδηλώνεται στη φύση με κάποια κίνηση της ύλης. Τί σχέση μπορεί να έχει με τον ήχο; Μάλλον λόγια, ποιά κίνηση στο φυσικό μας περιβάλλον συνδέεται με το φαινόμενο του ήχου, και πώς μπορούμε να το ανακαλύψουμε αυτό κάνοντας απλές παρατηρήσεις γύρω μας; Την απάντηση σ' αυτές τις ερωτήσεις θα προσπαθήσω να βρούμε στη συνέχεια.

Ηχους ακούμε διαρκώς γύρω μας κι έχουμε μάθει με την ακοή μας να τους ξεχωρίζουμε και να αναγνωρίζουμε από που έρχονται. Καταλαβαίνουμε τη φωνή ενός φίλου, το βούισμα ενός κουνουπιού, τον ήχο ενός μουσικού οργάνου, ακούμε ένα αυτοκίνητο που περνάει και δεν το βλέπομε, το τρίξιμο της κιμωλίας επάνω στον πίνακα. Τί είναι εκείνο που προκαλεί αυτούς τους ήχους και από ποιές ιδιότητες τους ξεχωρίζουμε;

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε έναν πλαστικό χάρακα με μήκος 20 ως 30 εκατοστά του μέτρου.

1) Ακουμπήστε το χάρακα επάνω στο θρανίο, ώστε ο μισός ή λίγο παραπάνω να βoίσκεται έξω από το θρανίο.

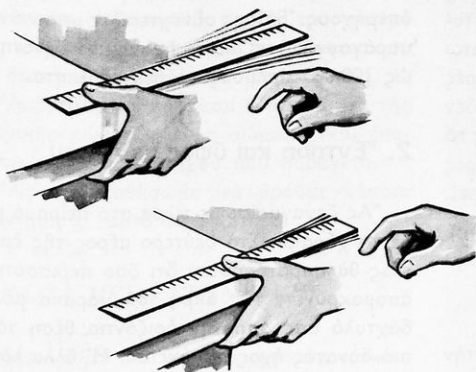
Κρατήστε με δύναμη το μέρος του χάρακα που βρίσκεται επάνω στο θρανίο, πατήστε την άλλη άκρη του και αφήστε την απότομα, ώστε ν' αρχίσει να κινείται πάνω κάτω.

Ακούτε ήχο; Πότε σταματάει;

2) Επαναλάβετε μερικές φορές το προηγούμενο πείραμα, κάθε φορά με διαφορετική δύναμη στην ελεύθερη άκρη του χάρακα. Τί ξεχωρίζει τους ήχους που παράγονται;

3) Τραβήξτε λίγο το χάρακα προς τα μέσα, ώστε το κομμάτι που είναι έξω από το θρανίο να είναι το μισό περίπου από ό,τι στην προηγούμενη εργασία και κάντε πάλι την άκρη του χάρακα να κινείται. Είναι ο ήχος διαφορετικός; Βλέπετε καμιά διαφορά στην κίνηση του χάρακα; Είναι πιο γρήγορη ή πιο αργή;

4) Δοκιμάστε τώρα κάτι άλλο. Πάρτε ένα



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ χάρακα παράγει ἦχο. Στὸ τύμπανο ὁ ἦχος παράγεται ἀπὸ τὴν παλμικὴ κίνησις τῆς μεμβράνης ποὺ φανερώνεται μὲ τὴν ἄμμο ποὺ χοροπηδάει.

τύμπανο καὶ χτυπήστε το δυνατό. Ἀκούστε τὸν ἦχο ποὺ ἔρχεται ἀπὸ τὸ τύμπανο καὶ ἀκουμπήστε μὲ προσοχὴ τὸ δάχτυλό σας στὴν τετωμένη μεμβράνη. Τί αἰσθάνεστε; Σκορπίστε λίγη ἄμμο πάνω στὸ τύμπανο καὶ χτυπήστε το. Τί παρατηρεῖτε; Ἐπαναλάβετε τὸ πείραμα μερικὲς φορές χτυπώντας λιγότερο ἢ περισσότερο δυνατό. Τί παρατηρεῖτε;

Μὲ τίς παραπάνω παρατηρήσεις μπορεῖτε τώρα νὰ ὑποπτευθῆτε ὅτι κάθε φορὰ ποὺ ἓνα ὕλικο σῶμα κινεῖται πάνω κάτω ἢ ἐμπρὸς πίσω παράγει ἦχο. Λέμε ὅτι τὸ σῶμα, στὸ παράδειγμά μας ὁ χάρακας ἢ τὸ τύμπανο, κάνει **παλμικὴ κίνησις**. Ὅπως παρατηροῦμε, ὅταν σταματᾷ ἡ παλμικὴ κίνησις, σταματᾷ καὶ ὁ ἦχος. Τώρα ποὺ ἔχετε κάνει αὐτὴ τὴν παρατήρησις μπορεῖτε ἴσως νὰ θυμηθῆτε τοὺς διάφορους ἦχους ποὺ ἀκούτε κάθε μέρα στὸ σπίτι, στὸ δρόμο ἢ στὸ σχολεῖο καὶ νὰ σκεφτῆτε ποιὲς παλμικὲς κινήσεις τοὺς προκα-

λοῦν. Ὅταν ἀκουμπήσετε τὸ χέρι σας σ' ἓνα ραδιόφωνο ποὺ παίζει, θὰ αἰσθανθῆτε τὴν παλμικὴ κίνησις. Στὸ δρόμο, ὅταν περάσῃ δίπλα σας μὲ θόρυβο ἓνα βαρὺ φορτηγό, αἰσθάνεστε τὸ ἔδαφος νὰ τρέμῃ κάτω ἀπὸ τὰ πόδια σας. Πολλὲς φορές μπορούμε ν' ἀντιληφθοῦμε συγχρόνως τοὺς ἦχους καὶ τίς παλμικὲς κινήσεις ποὺ τοὺς συνοδεύουν, ὅπως στὰ προηγούμενα παραδείγματα. Ἀλλες φορές ὅμως δὲν εἶναι δυνατόν ν' ἀντιληφθοῦμε τίς παλμικὲς κινήσεις ποὺ παράγουν ἓναν ἦχο. Πάντοτε ὅμως πρέπει νὰ εἴμαστε βέβαιοι ὅτι, ὅταν ἀκούμε κάτι, ὑπάρχει κάποιο ὕλικο σῶμα ποὺ κάνει παλμικὲς κινήσεις.

Κάθε παλμικὴ κίνησις ποὺ κάνουν τὰ ὕλικά σῶματα παράγει ἓναν ἦχο, παρ' ὅλο ποὺ ἐμεῖς δὲν τὸν ἀκούμε πάντοτε. Δοκιμάστε νὰ κινήσετε τὸ δάχτυλό σας δεξιὰ ἀριστερά, ὅσο γρήγορα γίνεται. Αὐτὴ εἶναι μιὰ παλμικὴ κίνησις σὰν κι ἐκείνη ποὺ ἔκανε ὁ χάρακας ποὺ εἴχατε στηρίξει στὸ τραπέζι. Ὅσο παρᾶξενο κι ἂν σὰς φαίνεται, ὅση ὥρα τὸ δάχτυ-

λό σας κινείται, παράγεται ήχος αλλά έσείς δεν έκούτε τίποτα. Για ν' έκουστέ ό ήχος από τόν άνθρωπο, πρέπει ή παλμική κίνηση νά είναι άρκετά γρήγορη. Πρέπει τό δάχτυλό σας ή ό χάρακας νά κινηθούν πάνω κάτω ή δεξιά άριστερά περισσότερο από 16 φορές τό δευτερόλεπτο. Καταλαβαίνετε ότι δεν μπορεί νά κινηθή τό δάχτυλό σας 16 φορές τό δευτερόλεπτο δεξιά άριστερά, όσο γρήγορες κινήσεις κι άν κάνετε, ένώ ό χάρακας μπορεί.

Ύπάρχουν λοιπόν ήχοι πού δεν τούς έκούμε, γιατί ό άνθρωπος μπορεί ν' άκούση μόνο ήχους πού προέρχονται από άρκετά γρήγορες παλμικές κινήσεις.

Όταν παρατηρήτε για άρκετό χρόνο τήν παλμική κίνηση πού κάνει ένα ύλικό σώμα, αυτό πού βλέπετε είναι μιá σειρά από όμοιες κινήσεις πού έπαναλαμβάνονται. Καθεμιá απ' αυτές ονομάζεται **παλμός**. Ό άριθμός τών παλμών πού γίνονται σ' ένα δευτερόλεπτο είναι ένα πολύ σημαντικό μέγεθος, πού ονομάζεται **συχνότητα**. Τώρα πού μάθατε τί είναι συχνότητα, μπορείτε νά περιγράψετε με πιό έπιστημονικό τρόπο τούς ήχους πού μπορεί ν' άκούση ό άνθρωπος. Είναι εκείνοι πού έχουν συχνότητα μεγαλύτερη από 16 παλμούς περίπου τό δευτερόλεπτο. Όσοι ήχοι έχουν συχνότητα μικρότερη απ' αυτήν ονομάζονται **ύπόηχοι** και ό άνθρωπος δεν μπορεί νά τούς άκούση. Μπορεί έπίσης νά σάς γεννηθή ή άπορία, άν έχωμε άκούσει ήχους με συχνότητα πολλά έκατομύρια παλμούς τό δευτερόλεπτο. Ή άπάντηση είναι ότι δεν μπορούμε ν' άκούσωμε ήχους με συχνότητα μεγαλύτερη από 20.000 παλμούς τό δευτερόλεπτο. Όσοι ήχοι έχουν μεγαλύτερη συχνότητα απ' αυτήν ονομάζονται **υπέρηχοι** και ποτέ δεν τούς έχει άκούσει αúτι ανθρώπου. Είναι κι αυτό ένα παράδειγμα ένός φαινομένου πού δεν τό πιάνουν οί αισθήσεις μας και για νά τό αντίληφθούμε, πρέπει νά κατασκευάσωμε ειδικά όργανα. Μερικά ζώα είναι πολύ καλύτερα σ' αυτό από τόν άνθρωπο.

Οί σκύλοι άκούν ήχους με συχνότητες ως 40.000 παλμούς τό δευτερόλεπτο και τά δελφίνια μπορούν νά παράγουν και ν' άκούν υπέρήχους. Έπίσης οί νυχτερίδες μπορούν νά παράγουν και νά άκούν ήχους με συχνότητες ως 100.000 παλμούς τό δευτερόλεπτο.

2. Ένταση και ύψος του ήχου

Άς ξαναγυρίσωμε τώρα στο πείραμά μας με τό χάρακα. Στο δεύτερο μέρος τής εργασίας θά παρατηρήσατε ότι όσο περισσότερο απομακρύνετε τήν άκρη του χάρακα με τό δάχτυλό σας από τήν όριζόντια θέση τόσο πιό δυνατός ήχος παράγεται. Μ' άλλα λόγια όσο μεγαλώνει τό πλάτος τής παλμικής κίνησης τόσο πιό έντονος είναι ό ήχος.

Ή ένταση λοιπόν είναι ή ιδιότητα του ήχου πού εξαρτάται από τό πλάτος τής παλμικής κινήσεως πού τόν προκαλεί.

Γι' αυτόν τό λόγο, όταν ένας κιθαρίστας θέλη νά κάνη πιό δυνατό τόν ήχο τής κιθάρας του, χτυπάει με μεγαλύτερη δύναμη τίς χορδές, ώστε νά πάλλωνται με μεγαλύτερο πλάτος.

Οί ήχοι δεν διαφέρουν μόνο στην ένταση. Στο τρίτο μέρος του πειράματός μας με τό χάρακα παρατηρήσατε ότι ό ήχος άκούγεται πιό λεπτός, όταν τό μήκος πού είναι έξω από τό θρανίο είναι μικρότερο. Άν κοιτάξετε προσεκτικά τήν κίνηση του χάρακα, θά ήθε έσωσ ότι κάνει πιό γρήγορες παλμικές κινήσεις, δηλαδή έχει μεγαλύτερη συχνότητα. Ή συχνότητα λοιπόν καθορίζει, άν ένας ήχος άκούγεται λεπτότερος ή βαρύτερος, καθορίζει όπως λέμε τό **ύψος** του ήχου. *Όσο πιό μεγάλη ή συχνότητα τόσο ύψηλότερος ό ήχος*. Μπορείτε εύκολα νά ξεχωρίσετε τή φωνή του πατέρα σας από τής μητέρας σας, γιατί ή γυναικεία φωνή έχει μεγαλύτερο ύψος από τήν άνδρική. Όπως όλοι οί ήχοι έτσι και ή φωνή παράγεται από παλμικές κινήσεις πού κάνουν οί φωνητικές χορδές πού έχομε στο λάρυγγα.

Μπορείτε να αισθανθήτε αυτές τις κινήσεις άκουμπώντας τα δάχτυλά σας στο λαιμό σας, καθώς μιλάτε ή τραγουδάτε. Τώρα καταλαβαίνετε ότι οι φωνητικές χορδές του πατέρα σας κινούνται με μικρότερες συχνότητες από τις φωνητικές χορδές της μητέρας σας.

Από τί όμως εξαρτάται η συχνότητα της παλμικής κίνησης ενός σώματος και έπομένως το ύψος του ήχου που παράγεται;

Ας προσπαθήσουμε να βρούμε κάποια απάντηση σ' αυτό το ερώτημα.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε ένα κομμάτι χοντρό σπάγκο (το καλύτερο είναι κορδονέτο) και ένα κομμάτι κλωστή.

1) Κρατήστε τη μιά άκρη του σπάγκου με τα δόντια σας και την άλλη με το ένα χέρι και τεντώστε τον.

Με το δάχτυλο του άλλου χεριού χτυπήστε το σπάγκο για ν' ακουστή ηχος. Κάνετε το ίδιο με το μισό μήκος του σπάγκου.

Ποιός ηχος έχει μεγαλύτερο ύψος;

2) Έπαναλάβετε το ίδιο πείραμα πρώτα με το σπάγκο κι έπειτα με την κλωστή παίρνοντας ένα μήκος ίσο με το σπάγκο.

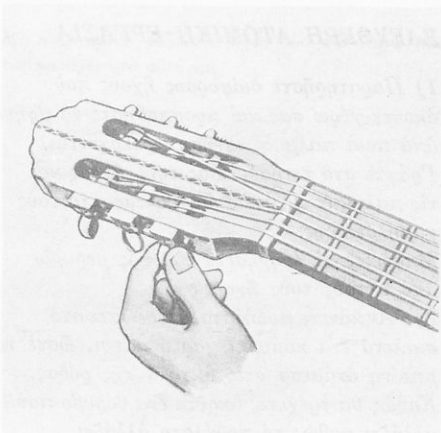
Ποιός ηχος έχει μεγαλύτερο ύψος;

Από το πρώτο μέρος της εργασίας διαπιστώσατε ότι το μικρότερο κομμάτι σπάγκου παράγει ήχο με μεγαλύτερο ύψος, δηλαδή πάλλεται με μεγαλύτερη συχνότητα. Αυτόν ακριβώς την ιδιότητα χρησιμοποιεί ο βιολιστής, όταν μετακινή το δάχτυλο επάνω στη χορδή. Το μήκος που πάλλεται αλλάζει και έτσι παράγονται οι διάφοροι μουσικοί ήχοι.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας δεν θα δυσκολευθήτε να βρήτε ότι ο ήχος του σπάγκου ήταν χαμηλότερος από τον ήχο της κλωστής. Παρατηρήστε τώρα ότι η κλωστή είναι πιο λεπτή από το σπάγκο, ακριβέστερα έχει



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Το ύψος του ήχου που παράγει ο σπάγκος εξαρτάται από το μήκος του.



Τεντώνοντας ή χαλαρώνοντας τις χορδές της κιθάρας αλλάζουμε το ύψος του ήχου που παράγουν.

μικρότερη μάζα. Παρόμοιες παρατηρήσεις μπορείτε καλύτερα να κάνετε, αν βρῆτε μιὰ κιθάρα. Οἱ χοντρές χορδές δίνουν χαμηλοὺς ἤχους, ἐνῶ οἱ λεπτότερες δίνουν ὑψηλοὺς ἤχους. Βγάζομε λοιπὸν τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ συχνότητα μεγαλώνει ὅσο μικραίνει ἡ μάζα τῆς χορδῆς.

Ἡ συχνότητα ἐξαρτᾶται ἐπίσης ἀπὸ τὸ πόσο τεντωμένη εἶναι ἡ κλωστή. Μπορεῖτε κι αὐτὸ νὰ τὸ ἐπαληθεύσετε πολὺ καλὰ μὲ τὴν κιθάρα γυρίζοντας τὰ κλειδιά ποὺ τεντώνουν ἢ χαλαρώνουν τὶς χορδές. Τώρα πιά, ἂν κάποτε παρακολουθήσετε μιὰ ὀρχήστρα πρὶν ἀρχίσῃ νὰ παίξῃ, μπορεῖτε νὰ ἐξηγήσετε γιατί οἱ μουσικοὶ διορθώνουν τὰ κλειδιά τῶν βιολιῶν τους; θέλουν νὰ ταιριάζουν τὶς συχνότητες τῶν μουσικῶν ὀργάνων τους.

Μάθαμε λοιπὸν ὅτι ὁ ἦχος παράγεται ἀπὸ παλμικὲς κινήσεις τῶν ὑλικῶν σωμάτων. Τὸ πιὸ σημαντικό μέγεθος σ' αὐτὴ τὴν κίνηση εἶναι ἡ συχνότητα, ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμικῶν κινήσεων σ' ἓνα δευτερόλεπτο, ποὺ καθορίζει καὶ τὸ ὕψος τοῦ ἤχου ποὺ ἀκοῦμε. Τὸ πλάτος τῆς παλμικῆς κινήσεως καθορίζει τὴν ἔνταση τοῦ ἤχου.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Παρατηρήστε διάφορους ἤχους ποὺ ἀκοῦτε γύρω σας καὶ προσπαθήστε νὰ βρῆτε ἀπὸ ποιά παλμικὴ κίνηση προέρχονται. Γράψτε στὸ τετράδιό σας τοὺς ἤχους καὶ τὶς παλμικὲς κινήσεις ἀρχίζοντας ἀπὸ τοὺς χαμηλότερους.

Μπορεῖτε νὰ ἐξηγήσετε τὸ ὕψος μερικῶν ἀπὸ αὐτοὺς τοὺς ἤχους;

2) Ἄν κάνετε ποδήλατο, στερεώστε στὸ σκελετὸ ἓνα κομμάτι χαρτόνι ἔτσι, ὥστε νὰ μπαίνῃ ἀνάμεσα στὶς ἀκτίνες τῆς ρόδας. Καθὼς θὰ τρέχετε, ἀκοῦτε ἓνα θόρυβο ποὺ ἀλλάζει καθὼς τὸ ποδήλατο ἀλλάζει ταχύτητα. Ἐξηγήστε ποιά ιδιότητα τοῦ ἤχου ἀλλάζει καὶ γιατί.

3. Ἡ διάδοση τοῦ ἤχου

Καθὼς κάθεστε στὸ δωμάτιό σας καὶ διαβάσετε, ἀκοῦτε τὴ φωνὴ τοῦ φίλου σας ποὺ σᾶς καλεῖ ἀπ' ἐξῶ νὰ παίξετε. Ὅπως εἶδαμε στὸ προηγούμενο μάθημα, ὁ φίλος σας παράγει φωνὴ κάνοντας τὶς φωνητικὲς χορδές του νὰ πάλλυνται. Ἀλλὰ πῶς φτάνει ὡς τὸ αὐτί σας ὁ ἦχος; Τὸ ἴδιο μπορεῖτε νὰ ἀναρωτηθῆτε καὶ γιὰ τὸν ἦχο ποὺ ἀκοῦτε ἀπὸ τὶς παλμικὲς κινήσεις τοῦ χάρακα, ποὺ παρατηρήσαμε στὸ προηγούμενο μάθημα. Εἶναι μιὰ ἐρώτηση ποὺ γεννιέται πολλὲς φορές στὴ φυσικὴ. Βλέπομε δηλαδὴ σὲ κάποιο σημεῖο νὰ συμβαίνει κάποιο φαινόμενο, οἱ φωνητικὲς χορδές τοῦ φίλου σας πάλλυνται, ὁ χάρακας κινεῖται πάνω κάτω. Τὸ ἀποτέλεσμα αὐτῶν τῶν φαινομένων τὸ καταλαβαίνομε ὡς ἦχο μὲ τὸ αὐτί μας σὲ κάποια ἀπόσταση. Παίρνομε δηλαδὴ τὴν πληροφορία ὅτι ὁ φίλος μας φωνάζει ἢ ὅτι ὁ χάρακας πάλλεται. Μὲ ποῖο τρόπο μεταδόθηκε αὐτὴ ἡ πληροφορία;

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῆτε μιὰ ρηχὴ λεκάνη μὲ διάμετρο 30 ὡς 40 ἑκατοστὰ καὶ ἓνα σταγονόμετρο. Γεμίστε τὴ λεκάνη μὲ νερὸ καὶ περιμένετε, ὥσπου τὸ νερὸ νὰ ἡρεμῇ τελείως.

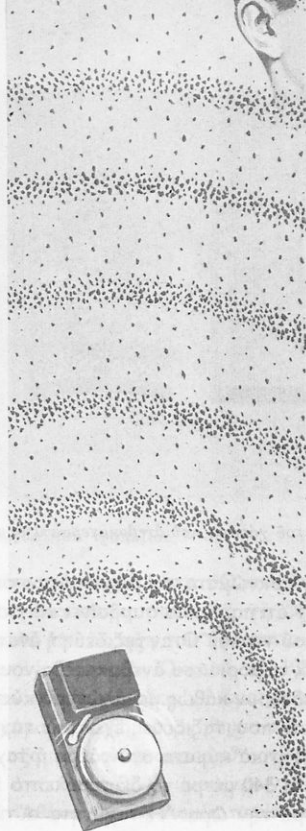
Ἀφῆστε μὲ προσοχὴ ἓνα λεπτὸ κομματάκι ξύλο, ποὺ κόψατε ἀπὸ ἓνα σπέρτο, στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ, σὲ κάποια ἀπόσταση ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς λεκάνης. Ἀφῆστε μιὰ σταγόνα νερὸ νὰ πέσῃ στὸ κέντρο τῆς λεκάνης. Παρατηρήστε τί συμβαίνει στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ. Μπορεῖ νὰ χρειαστῇ νὰ τὸ ἐπαναλάβετε, γιὰ νὰ τὸ παρατηρήσετε προσεκτικὰ. Τί παρατηρεῖτε στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ καὶ τί συμβαίνει στὸ ξύλο;

Κάτι παρόμοιο μ' αὐτὸ ποὺ παρατηρήσατε θὰ ἔχετε ἴσως δεῖ κι ἄλλες φορές, ὅταν

ρίχνετε μια πέτρα στην ήρεμη επιφάνεια μιας λίμνης. Από το σημείο που πέφτει η πέτρα, ή η σταγόνα στην εργασία σας, ξεκινάει μια αναταραχή στην επιφάνεια του νερού, που απλώνεται σαν ένας κύκλος που μεγαλώνει συνεχώς και σιγά σιγά σβήνει. Καθώς περνάει ο κύκλος από το σημείο όπου είναι το ξυλαράκι, το κάνει να ανεβοκατεβαίνει. Δημιουργήσαμε ένα κύμα, που ξεκινάει από το σημείο όπου πέφτει ή σταγόνα και όταν φτάση στη θέση που είναι το ξυλαράκι, το κάνει να ανεβοκατεβαίνει.

Μπορεί κάτι τέτοιο να συμβαίνει με τον ήχο; Στο προηγούμενο παράδειγμα έχουμε το νερό ανάμεσα στο σημείο που πέφτει ή σταγόνα και στο ξυλαράκι. Άλλα τί υπάρχει ανάμεσα στο χάρακα και στο αυτί μας; Είναι ο αέρας. Είναι δύσκολο βέβαια να δούμε κύματα στον αέρα, αλλά μπορούμε να φανταστούμε πώς δημιουργούνται, ξέροντας ότι ο αέρας αποτελείται από μόρια. Κοιτάζτε την εικόνα: καθώς ο χάρακας κινείται προς τα κάτω, σπρώχνει τα μόρια του αέρα και δημιουργείται ένα πύκνωμα. Τα μόρια σ' αυτό το πύκνωμα σπρώχνουν αυτά που βρίσκονται στο διπλανό τους στρώμα αέρα, που με τη σειρά τους πυκνώνουν. Έτσι το πύκνωμα μεταδίδεται μέσα στον αέρα, με τον ίδιο τρόπο που μια σπρωξιά σε μια σειρά παιδιών φτάνει από τη μια άκρη στην άλλη.

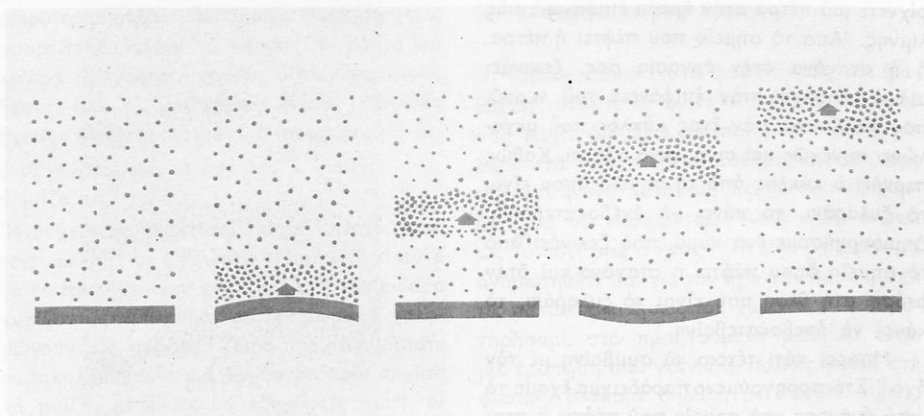
Γυρίζοντας προς τα πάνω ο χάρακας αφήνει χώρο πίσω του. Στο χώρο αυτό απλώνονται τώρα τα μόρια του αέρα και δημιουργείται ένα αραιώμα, που μεταδίδεται στο διπλανό στρώμα αέρα, όπως συμβαίνει και με το πύκνωμα. Καθώς ο χάρακας κινείται, δημιουργούνται διαδοχικά πυκνώματα και αραιώματα που ταξιδεύουν ή, όπως λέμε, διαδίδονται. Όπως και στην επιφάνεια του νερού, έχουμε δημιουργήσει και στον αέρα κύματα, που όταν φτάνουν σ' αυτά μας, μας δίνουν το αίσθημα του ήχου. Είναι ενδιαφέρον ότι τα μόρια του αέρα δεν μετακινούνται από το χάρακα ως το αυτί μας.



Με ποιό τρόπο φτάνει ο ήχος από την πηγή που τον παράγει στο αυτί μας;



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Οί σταγόνες που πέφτουν στην επιφάνεια του νερού προκαλούν κύματα που διαδίδονται προς κάθε διεύθυνση.



Ἡ ἄκρη τοῦ χάρακα ποὺ ἀνεβοκατεβαίνει δημιουργεῖ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα, ποὺ μεταδίδονται στὸν ἀέρα.

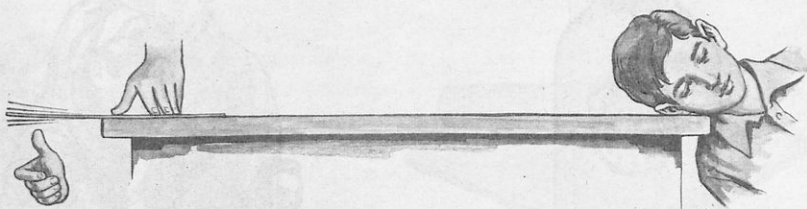
Εἶναι τὰ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα ποὺ ταξιδεύουν. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει καὶ στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ. Ὅταν ταξιδεύη ἡ ἀναταραχὴ στὸ νερό, τὰ μόριά του ἀνεβοκατεβαίνουν ἀλλὰ δὲν ταξιδεύουν καθὼς μεγαλώνει ὁ κύκλος.

Καθετὶ ποὺ ταξιδεύει ἔχει μιὰ ταχύτητα. Γιὰ τὰ ἡχητικὰ κύματα στὸν ἀέρα ἡ ταχύτητα αὐτὴ εἶναι 340 μέτρα τὸ δευτερόλεπτο ἢ 1224 χιλιόμετρα τὴν ὥρα. Ἡ ταχύτητα αὐτὴ εἶναι πολὺ μεγάλη. Ἄν ἕνας συμμαθητὴς σας

σᾶς φωνάξη ἀπὸ τὴ μιὰ ἄκρη τῆς αὐλῆς, ὁ ἦχος τῆς φωνῆς θὰ χρειαστῇ περίπου 0,1 τοῦ δευτερολέπτου, γιὰ νὰ φτάσῃ στ' αὐτιά σας, δηλαδὴ λιγότερο ἀπὸ ὅ,τι κρατᾷ ἕνα ἀνοικοκλείσιμο τῶν ματιῶν. Πολλὲς φορές ὅμως καταλαβαίνομε αὐτὴ τὴν καθυστέρηση. Ἴσως νὰ ἔχετε δεῖ σὲ καμιὰ νεροποντὴ ἀστραπὲς καὶ ἴσως νὰ ἔχετε παρατηρήσει ὅτι πρῶτα βλέπετε τὴ λάμψη καὶ ὕστερα ἀκοῦτε τὴ βροντή. Στὴν πραγματικότητα βέβαια καὶ τὸ



Ἡ ἐνέργεια τοῦ ἤχου ποὺ παράγει μιὰ ὀρχήστρα εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὴν ἐνέργεια μιᾶς κοινῆς λάμπας ηλεκτρικοῦ.



‘Ο ήχος του χάρακα μεταδίδεται μέσα από το ξύλο του τραπέζιου.

φώς και, ο ήχος ξεκίνησαν μαζί από τη θέση του κεραυνού, αλλά, επειδή το φώς διαδίδεται πολύ πιο γρήγορα από τον ήχο, το βλέπετε σχεδόν αμέσως.

Θυμάστε ότι, μιλώντας σε προηγούμενα μαθήματα για τις μεταβολές που παρατηρούμε στη φύση, είπαμε ότι σε κάθε φαινόμενο έχουμε μία μεταφορά ενέργειας. Πού είναι λοιπόν η μεταφορά ενέργειας στα φαινόμενα του ήχου; “Ας ξαναγυρίσουμε στο πείραμα με το χάρακα. Καθώς τον πιέζουμε προς τα κάτω, παράγουμε έργο. Όταν τον αφήνουμε και αρχίζει να κινείται, έχει κινητική ενέργεια. Όπως είδαμε η κίνηση του χάρακα προκαλεί πυκνώματα και αραιώματα στον αέρα κι έτσι η ενέργεια μεταφέρεται στην κίνηση των μορίων και διαδίδεται προς όλες τις κατευθύνσεις με το ήχητικό κύμα. Όστόσο η ενέργεια του ήχητικού κύματος είναι μικρή. Για να πάρετε μια ιδέα, η ενέργεια που έχει ο ήχος που παράγει μια μεγάλη ορχήστρα είναι σχεδόν μισή από την ενέργεια μιας κοινής λάμπας ηλεκτρικού. Έπειδή η ενέργεια των ήχητικών κυμάτων είναι μικρή, είναι δύσκολο να δούμε αποτελέσματά της, όπως παραδείγματος χάρη την κίνηση ενός υλικού σώματος. Μόνο για μερικούς πολύ δυνατούς ήχους αντιλαμβανό-

μαστε τέτοια αποτελέσματα. ‘Ο πιο δυνατός ήχος που ακούστηκε ποτέ στη γή δημιουργήθηκε από την έκρηξη του ήφαιστείου Κρακάτσα στον Ειρηνικό ‘Ωκεανό το 1883. ‘Ο ήχος ακούστηκε χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά και το κύμα που δημιουργήθηκε στον αέρα έσπασε τζάμια και αναποδογύρισε αντικείμενα σε απόσταση 200 χιλιομέτρων, δηλαδή από την Αθήνα ως τη Λαμία περίπου.

Μέχρι τώρα μιλήσαμε μόνο για τη μετάδοση του ήχου στον αέρα. Αλλά τί γίνεται με υλικά σώματα, που βρίσκονται στη στερεά ή υγρή κατάσταση; Αν ξανακάνετε το πείραμα με το χάρακα και βάλετε το αυτί σας στο τραπέζι, θα ακούσετε πάλι τον ήχο και μάλιστα αρκετά δυνατότερα. Η ταχύτητα του ήχου στα στερεά είναι πολύ μεγαλύτερη από ό,τι στον αέρα και φτάνει περίπου τα 5.000 μέτρα το δευτερόλεπτο.

Τέλος, στα υγρά ο ήχος μεταδίδεται επίσης με ταχύτητα που είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα στον αέρα αλλά μικρότερη από την ταχύτητα στα στερεά. Στο νερό παραδείγματος χάρη η ταχύτητα είναι περίπου 1400 μέτρα το δευτερόλεπτο.

Σ’ όλες τις περιπτώσεις, όπου βρήκαμε να μεταδίδεται ο ήχος, υπήρχε κάποιο υλικό



Ὁ ἦχος ἀπὸ τὸ ζυπνητήρι δὲν ἀκούγεται, ἂν ἀδειάσωμε τὸν ἀέρα ἀπὸ τὸ γυάλινο δοχεῖο.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Ἕνα ἀπλὸ τηλέφωνο.

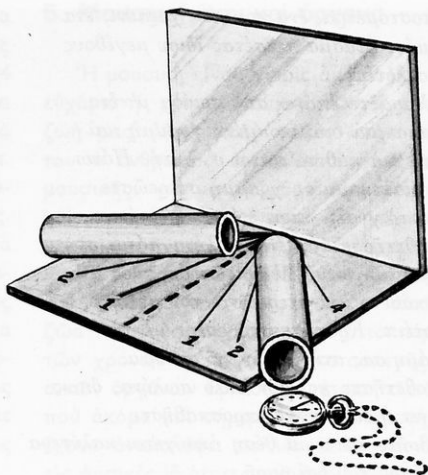
σῶμα ἀνάμεσα στὴν πηγὴ τοῦ ἤχου καὶ στὸ αὐτί μας, ὁ ἀέρας, τὸ τραπέζι, τὸ νερό. Ἀπὸ τὴ συζήτησή μας γιὰ τὴ μετάδοση τοῦ ἤχου στὸν ἀέρα εἶναι φανερό ὅτι τὸ ὑλικὸ σῶμα αὐτὸ χρειάζεται, γιὰτὶ τὰ μόριά του παίρνουν τὴν παλμικὴ κίνηση τῆς πηγῆς καὶ τὴν μεταδίδουν. Ἄν λοιπὸν ἡ ὑπόθεσή μας εἶναι σωστή, θὰ πρέπει νὰ πάψωμε ν' ἀκοῦμε ἦχο ἀπὸ μιὰ πηγὴ, ἂν ἀφαιρέσωμε τὸν ἀέρα ἀνάμεσα σ' αὐτὴν καὶ τὸ αὐτί μας. Χρειάζεται γι' αὐτὸ νὰ βάλῃ κανεὶς τὴν πηγὴ τοῦ ἤχου, ἃς ποῦμε ἓνα ζυπνητήρι, μέσα σ' ἓνα κάλυμμα καὶ ν' ἀδειάσῃ τὸν ἀέρα. Ἄν μπορέσετε νὰ τὸ κάνετε, θὰ βεβαιωθῇτε ὅτι ὁ ἦχος παύει νὰ ἀκούγεται.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Θὰ χρειασθῇτε δύο χάρτινα ποτήρια, δύο σπιρτόξυλα καὶ μερικά μέτρα σπάγκο. Τρυπήστε στὸν πάτο τὰ ποτήρια, περάστε

τὸ σπάγκο καὶ στερεώστε τον ἀπὸ τὶς δύο ἄκρες στὰ δύο ποτήρια, δένοντας τὰ δύο σπιρτόξυλα. Δύο παιδιὰ κρατήστε τὸ καθένα ἀπὸ ἓνα ποτήρι καὶ ἀπομακρυνθῇτε σὲ τέτοια ἀπόσταση, ὥστε ὁ σπάγκος νὰ εἶναι καλὰ τεντωμένος. Ὅταν ὁ ἓνας μιλήρ σιγὰ στὸ ποτήρι του, ὁ ἄλλος προσπαθεῖ ν' ἀκούσῃ τὴ φωνὴν του βάζοντας τὸ ποτήρι στὸ αὐτί του. Προσπαθήστε νὰ συζητήσετε, χωρὶς νὰ ὑπάρχῃ ὁ σπάγκος ἀνάμεσά σας. Μπορεῖτε νὰ συνεννοηθῇτε μὲ τὴν ἴδια εὐκολία ; Τὸ παιχνίδι αὐτὸ θὰ τὸ ἔχετε παίξει καὶ προηγουμένως, ἀλλὰ τώρα μπορεῖτε ἴσως νὰ ἐξηγήσετε τί ρόλο παίζει ἡ κλωστή στὴ συνομιλία σας.

2) Θὰ χρειασθῇτε ἓνα χωνὶ καὶ ἓνα λαστιχένιο σωλήνα μὲ μῆκος 50 ἑκατοστὰ ὡς ἓνα μέτρο. Στερεώστε τὸ χωνὶ στὴ μιὰ ἄκρῃ τοῦ σωλήνα καὶ ἀκουμπήστε τὰ χεῖλη τοῦ χωνιοῦ στὸ στήθος τοῦ φίλου σας. Προσπαθήστε ν' ἀκούσετε



ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Τὸ στηθοσκόπιο συγκεντρώνει τὸν ἦχο καὶ τὸν κατευθύνει στὸ αὐτί μας.

τοὺς πτύπους τῆς καρδιάς του ἀπὸ τὴν ἄλλη ἄκρη τοῦ σωλήνα. Ἀκούγονται πιὸ καλὰ τώρα ἢ ὅταν δὲν ὑπάρχει ὁ σωλήνας ; Δοκιμάστε ν' ἀκούσετε μ' αὐτὸ τὸ ὄργανο ποὺ κατασκευάσατε καὶ ἄλλους ἤχους.

3) Θὰ ἔχετε ἴσως παρατηρήσει σὲ ἀγῶνες δρόμον ὅτι τὸ σύνθημα γιὰ τὸ ξεκίνημα δίνεται ἀπὸ τὸν ἀφέτη μὲ ἓνα μικρὸ πιστόλι. Ἄν εἴστε σὲ κάποια ἀπόσταση, θὰ δῆτε πρῶτα τὸν καπνὸ τῆς πιστολιάς καὶ μετὰ θὰ ἀκούσετε τὸν ἦχο. Ἄν ὁ ἦχος ἀκουστῇ 0,3 τοῦ δευτερολέπτου ἀφοῦ δῆτε τὸν καπνὸ, μπορεῖτε νὰ ὑπολογίσετε τὴν ἀπόστασή σας ἀπὸ τὸν ἀφέτη ;

4. Ἀνάκλαση τῶν ἡχητικῶν κυμάτων

Ὅλοι σας θὰ ἔχετε παρατηρήσει ὅτι ἡ φωνή σας γίνεται πιὸ δυνατὴ, ὅταν μιλάτε μπροστὰ σ' ἓνα ἄδειο μεταλλικὸ δοχεῖο. Ὅταν

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Βάζοντας τὸν ἓνα σωλήνα σὲ διάφορες θέσεις μπορούμε νὰ βροῦμε σὲ ποιά κατεύθυνση ἀνακλᾶται ὁ ἦχος τοῦ ρολοιοῦ.

εἴστε σὲ μιὰ μικρὴ ἐκκλησία στὴν ἐξοχὴ καὶ προσπαθῆτε νὰ μιλήσετε σιγὰ, ἢ φωνὴ σας ἀκούγεται πιὸ δυνατὰ ἀπὸ ὅ,τι περιμένετε καὶ πιὸ δυνατὰ ἀπὸ ὅ,τι ἴδια ἡ ὁμιλία σας ἀκούγεται, ὅταν εἴστε ἔξω ἀπὸ τὴν ἐκκλησία. Τί συμβαίνει καὶ δυναμώνει ἡ φωνή σας ; Θὰ παρατηρήσετε ὅτι, σ' ὅλες τὶς περιπτώσεις ποὺ συμβαίνει αὐτό, ὑπάρχει κάποιο ἐμπόδιο ποὺ συναντοῦν τὰ ἡχητικὰ κύματα ποὺ στέλνομε μὲ τὴ φωνή μας. Γιὰ νὰ ἀπαντήσωμε λοιπὸν στὴν παραπάνω ἐρώτηση, πρέπει νὰ βροῦμε τί συμβαίνει, ὅταν τὰ ἡχητικὰ κύματα συναντοῦν κάποιο ἐμπόδιο.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῇτε μιὰ σανίδα 30×40 ἑκατοστόμετρα, ἓνα ρολόι τῆς τσέπης, δύο σωλήνες μὲ μῆκος περίπου 30 ἑκατοστόμετρα καὶ διάμετρο 6 ὡς 7 ἑκατοστόμετρα (μπορεῖτε νὰ φτιάξετε ἀπὸ χοντρὸ χαρτόνι). Πάρτε ἓνα κομμάτι γυαλὶ περίπου 20×20

εκατοστόμετρα, ένα κομμάτι χαρτόνι, ένα κομμάτι ύφασμα πετσέτας ίδιου μεγέθους και σελοτέιπ.

1) Χαράξετε επάνω στη σανίδα μ' ένα χάρακα μια διακεκομμένη γραμμή και φέрте μια κάθετο πάνω σ' αυτή. Πάνω στη διακεκομμένη γραμμή στερεώστε ορθιο το γυαλί, όπως δείχνει ή εικόνα. Τοποθετήστε τόν ένα σωλήνα πάνω στη σανίδα σέ γωνία 30 μοιρών ως πρὸς τήν κάθετο και στερεώστε τον με λίγο σελοτέιπ. Κρατήστε τὸ ρολόι με τήν παλάμη σας στήν ἄκρη τοῦ σωλήνα. Τοποθετήστε και τόν ἄλλο σωλήνα, όπως δείχνει ή εικόνα, και προσπαθήστε νά βοήτε σέ ποιὰ θέση ἀκούγεται καλύτερα ὁ κτύπος τοῦ ρολοιοῦ.

2) Ἐπαναλάβετε τὸ πείραμα με τὸ γυαλί σκεπασμένο με τὸ ὕφασμα και με τὸ χαρτόνι.

Στὸ πρῶτο μέρος τῆς ἐργασίας σας βρήκατε ὅτι ὁ κτύπος τοῦ ρολοιοῦ ἀκούγεται ἀπὸ τὸν δεύτερο σωλήνα και μάλιστα εἶναι πῶ ἐντονος σέ μιὰ ὀρισμένη θέση. Ἄν βγάλετε τὸ γυαλί, ὁ ἦχος δὲν ἀκούγεται. Ἄρα τὸ γυαλί κάνει τὸν ἦχο πὺ φτάνει ἀπὸ τὸ ρολόι νά γυρίζη πίσω, πρὸς μιὰ ἄλλη διεύθυνση. Αὐτὸ τὸ φαινόμενο τὸ ὀνομάζομε **ἀνάκλαση** τοῦ ἤχου. Στὴν ἐργασία πὺ κάναμε περιορίσαμε τὰ ἤχητικά κύματα ἀπὸ τὸ ρολόι νά διαδίδωνται στὴ διεύθυνση τοῦ σωλήνα. Ἡ γωνία πὺ σχηματίζεται ἀπὸ τὴ διεύθυνση αὐτῆ και τὴν κάθετο λέγεται γωνία *προσπτώσεως*. Ἐξακριβώσατε ὅτι ὁ κτύπος τοῦ ρολοιοῦ μέσα ἀπὸ τὸ δεύτερο σωλήνα ἀκούγεται δυνατώτερα, ὅταν εἶναι τοποθετημένος στὴν ἴδια γωνία ὡς πρὸς τὴν κάθετο ἀλλὰ ἀπὸ τὴν ἀντίθετη πλευρά. Ἡ γωνία αὐτὴ λέγεται γωνία *ἀνακλάσεως*. Βρήκατε λοιπὸν ὅτι *στὴν ἀνάκλαση τοῦ ἤχου ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἴση με τὴ γωνία ἀνακλάσεως*.

Με τὴν παραπάνω ἐργασία μποροῦμε ἐπίσης νά ἐρευνήσωμε ἂν ὅλα τὰ ὕλικά ἀνακλοῦν τὸν ἦχο τὸ ἴδιο καλά. Στὴ θέση τοῦ γυαλιοῦ μπορεῖτε νά βάλετε τὸ χαρτόνι ἢ νά σκεπάσετε τὸ γυαλί με τὸ ὕφασμα. Συγκρίνοντας τὶς παρατηρήσεις θὰ βρῆτε ὅτι ὁ ἦχος ἀνακλᾶται λιγότερο στὸ χαρτόνι ἀπὸ ὅ,τι στὸ γυαλί κι ἀκόμη λιγότερο στὸ ὕφασμα.

Πολλὰ φαινόμενα πὺ παρατηροῦμε κάθε μέρα ὀφείλονται στὴν ἀνάκλαση τοῦ ἤχου. Ἐνα ἀπὸ αὐτὰ εἶναι τὸ δυνάμωμα τῆς φωνῆς πὺ παρατηρεῖτε, ὅταν μιλάτε μπροστὰ σ' ἕνα ἄδειο μεταλλικὸ δοχεῖο ἢ μέσα σ' ἕνα μικρὸ δωμάτιο. Τὸ φαινόμενο αὐτὸ ὀνομάζεται **ἀντήρηση**.

Σέ πολλὰ μουσικά ὄργανα, όπως ἡ κιθάρα και τὸ μαντολίνο, ὑπάρχουν κοιλότητες με διάφορα σχήματα. Οἱ κοιλότητες αὐτὲς συγκοινωνοῦν με τὸν ἀέρα γύρω μας με ἕνα ἄνοιγμα, πὺ ὑπάρχει κάτω ἀπὸ τὶς τεντωμένες χορδές. Ὅταν παίζομε κιθάρα, προκαλοῦμε παλμικὲς κινήσεις στὶς χορδές και τὰ ἤχητικά κύματα με πολλὲς ἀνακλάσεις στὸ ἐσωτερικὸ τῆς κοιλότητος δυναμώνουν τοὺς ἤχους τῆς κιθάρας, τοὺς κάνουν με ἄλλα λόγια νά ἀντηχοῦν. Γι' αὐτὸ τὶς κοιλότητες αὐτὲς, πὺ ἔχουν πολλὰ μουσικά ὄργανα, τὶς ὀνομάζομε *ἀντηχεῖα*.

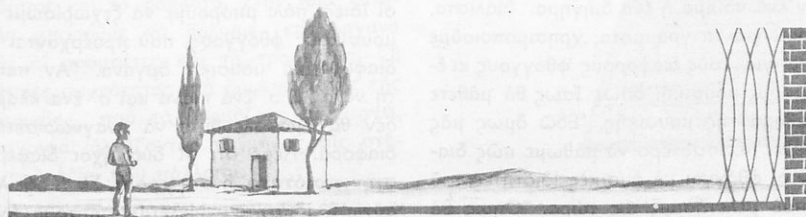
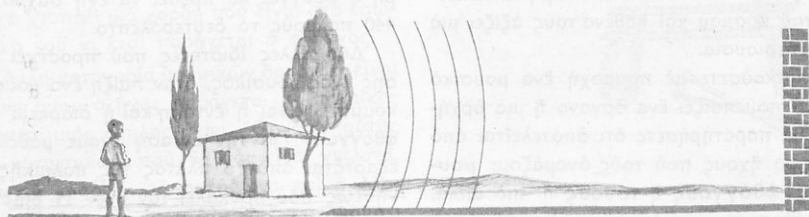
Ἡ **ἡχώ** εἶναι ἕνα ἄλλο φαινόμενο πὺ ὀφείλεται στὴν ἀνάκλαση τοῦ ἤχου. Θὰ σᾶς ἐξη τῦχει κάποτε νά φωνάζετε και μετὰ ἀπὸ λίγο νά ἀκούσετε πάλι τὴ φωνή σας. Ὁ ἦχος τῆς φωνῆς σας διαδίδεται στὸν ἀέρα, ὥσπου νά φτάση σ' ἕνα ἐμπόδιο, ὅπου ἀνακλᾶται και φτάνει πάλι στ' αὐτιά σας. Τὸ ἐμπόδιο μπορεῖ νά εἶναι ἕνα κτίριο ἢ ἡ πλαγιά ἐνὸς λόφου. Γιατὶ ὅμως ἄλλοτε ἔχομε ἡχώ και ἄλλοτε ἀντήρηση; Θὰ καταλάβετε τὴ διαφορά, ἂν μάθετε ὅτι τὸ αὐτὶ μας κρατᾶει τὸν ἴδιο ἦχο γιὰ 0,1 τοῦ δευτερολέπτου. Ἐτσι ἕνας ἦχος πὺ ξεκινᾶ ἀπὸ τὴ θέση πὺ βρισκόμαστε, διαδίδεται στὸν ἀέρα, ἀνακλᾶται σ' ἕνα ἐμπόδιο κι ἔρχεται πάλι στὸ αὐτὶ μας, θὰ ἀκουσθῇ

ὡς ἤχώ, μόνον ἂν ἔχη περάσει περισσότερο ἀπὸ 0,1 τοῦ δευτερολέπτου. Δηλαδή ὁ ἤχος πρέπει νὰ ἔχη ταξιδέψει περισσότερο ἀπὸ 34 μέτρα, ἀφοῦ ἡ ταχύτητά του εἶναι 340 μέτρα τὸ δευτερόλεπτο. Ἔτσι τὸ ἐμπόδιο πρέπει νὰ εἶναι σὲ ἀπόσταση μεγαλύτερη ἀπὸ 17 μέτρα.

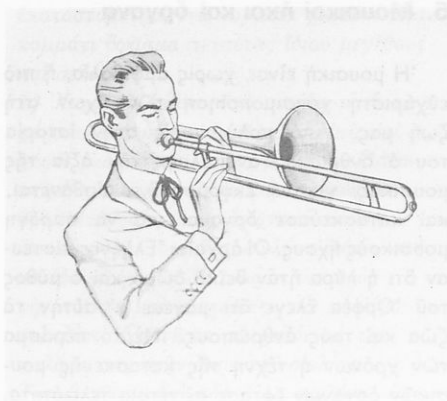
Οἱ νυχτερίδες χρησιμοποιοῦν πολὺ αποτελεσματικὰ τὸ φαινόμενο τῆς ἀνακλάσεως. Καθὼς εἶπαμε, μποροῦν νὰ παράγουν καὶ νὰ ἀκοῦν ὑπερήχους ποὺ διαδίδονται καὶ ἀνακλῶνται σὲ ἐμπόδια στὸν ἀέρα. Μὲ τοὺς ὑπερήχους ἡ ἤχώ εἶναι ξεκάθαρη, ἀκόμα κι ὅταν ἡ ἀνάκλαση γίνεται ἀπὸ μικρὰ ἐμπόδια. Ἔτσι ἡ νυχτερίδα τὰ αἰσθάνεται καθὼς πετάει καὶ κανονίζει τὸ δρόμο της. Μποροῦμε κυριολεκτικὰ νὰ ποῦμε ὅτι οἱ νυχτερίδες βλέπουν μὲ τὰ αὐτιά!

5. Μουσικοὶ ἦχοι καὶ ὄργανα

Ἡ μουσικὴ εἶναι, χωρὶς ἀμφιβολία, ἡ πιὸ εὐχάριστη χρησιμοποίησις τῶν ἤχων στὴ ζωὴ μας. Ἀπὸ πολὺ νωρὶς στὴν ἱστορία του ὁ ἄνθρωπος ἀνακάλυψε τὴν ἀξία τῆς μουσικῆς, γιὰ νὰ ἐκφράσῃ ὅ,τι αἰσθάνεται, καὶ κατασκεύασε ὄργανα, γιὰ νὰ παράγῃ μουσικοὺς ἤχους. Οἱ ἀρχαῖοι Ἕλληνες πίστευαν ὅτι ἡ λύρα ἦταν θεϊκὸ δῶρο καὶ ὁ μῦθος τοῦ Ὀρφέα ἔλεγε ὅτι μάγευε μ' αὐτὴν τὰ ζῶα καὶ τοὺς ἀνθρώπους. Μὲ τὸ πέρασμα τῶν χρόνων ἡ τέχνη τῆς κατασκευῆς μουσικῶν ὀργάνων ἔφτασε σὲ τέτοια τελειότητα, ποὺ ἀκόμα καὶ σήμερα, ποὺ οἱ ἐπιστήμονες ἔχουν ἀνακαλύψει πολλὰς λεπτομέρειες γιὰ τὶς φυσικὰς ιδιότητες τοῦ ἤχου, εἶναι δύσκολο



Ὁ ἤχος ποὺ ἀνακλᾶται σ' ἓνα ἐμπόδιο ἐπιστρέφει ὡς ἤχώ, ἂν ἡ ἀπόσταση ἀπὸ τὴν πηγὴ στὸ ἐμπόδιο εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ 17 μέτρα.

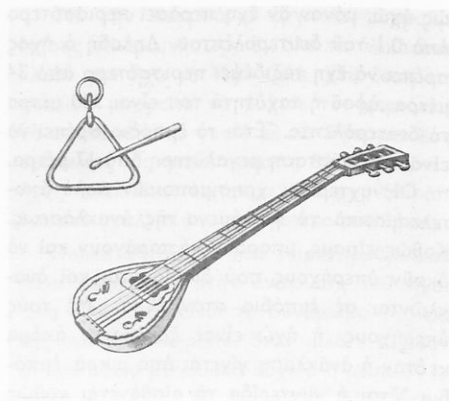


Στό τρομπόνι, ήχοι με διάφορες συχνότητες παράγονται αλλάζοντας το μήκος μιᾶς στήλης ἀέρα πὸν πάλλεται.

λο νὰ κατασκευάσωμε ὄργανα τελειότερα ἀπ' αὐτὰ πὺ κατασκεύασαν παλαιοὶ τεχνίτες. Τὰ βιολιά τοῦ 'Αντόνιο Στραντιβάριους, πὺ ἔζησε γύρω στὰ 1700, εἶναι ἀκόμη τὰ τελειότερα τοῦ κόσμου καὶ καθένα τους ἀξίζει μιὰ μικρὴ περιουσία.

"Ἄν ἀκούσετε μὲ προσοχὴ ἓνα μουσικὸ κομμάτι πὺ παίζει ἓνα ὄργανο ἢ μιὰ ὀρχήστρα, θὰ παρατηρήσετε ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰ σειρὰ ήχους πὺ τοὺς ὀνομάζομε **μουσικοὺς φθόγγους** ἢ **τόνους** ἢ, πιὸ ἀπλά, **νότες**. Εἶναι κάτι παρόμοιο μὲ τὸ συνδυασμὸ γραμμάτων σὲ λέξεις καὶ σὲ φράσεις πὺ κάνουν ἓνα ποίημα ἢ ἓνα διήγημα. Μάλιστα, ὅπως καὶ γιὰ τὰ γράμματα, χρησιμοποιοῦμε σημάδια γιὰ τοὺς διάφορους φθόγγους κι ἔτσι γράφομε μουσικὴ, ὅπως ἴσως θὰ μάθετε στὸ μάθημα τῆς μουσικῆς. 'Εδῶ ὅμως μᾶς ἐνδιαφέρει περισσότερο νὰ μάθωμε πῶς διαφέρουν οἱ φθόγγοι μὲ φυσικὲς ιδιότητες τοῦ ήχου πὺ μελετήσαμε ὡς τώρα. "Ὅπως θὰ φαντάζεστε, ἡ πιὸ σπουδαία διαφορά εἶναι στὸ ὕψος, πὺ ὀφείλεται στὴ συχνότητα τῆς παλμικῆς κινήσεως πὺ παράγει ἓνα φθόγγο.

Οἱ φθόγγοι ντό, ρέ, μί, φά, σόλ, λά, σι καὶ ἄλλοι ἐνδιάμεσοι, πὺ χρησιμοποιοῦμε



"Ἐνα κροσσὸ καὶ ἓνα ἔγχροδο ὄργανο.

σ' ἓνα κομμάτι μουσικῆς, δὲν εἶναι τίποτε ἄλλο παρὰ ήχοι μὲ ὀρισμένη συχνότητα. Σ' ἓνα καλὰ κουρδισμένο πιάνο παραδείγματος χάρι ὁ φθόγγος λά πρέπει νὰ ἔχη συχνότητα 440 παλμοὺς τὸ δευτερόλεπτο.

Δύο ἄλλες ιδιότητες πὺ προσέχει ἐπίσης ἓνας μουσικός, ὅταν παίξει ἓνα μουσικὸ κομμάτι, εἶναι ἡ ἔνταση καὶ ἡ διάρκεια τῶν φθόγγων. Γιὰ τὴν ἔνταση ἔχομε μάθει ὅτι ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ πλάτος τῆς παλμικῆς κινήσεως πὺ προκαλεῖ τὸν ήχο. 'Ἡ διάρκεια μᾶς λέει πόσο χρόνο κρατᾶει κάθε φθόγγος.

'Ακόμη κι ἂν οἱ παραπάνω ιδιότητες εἶναι οἱ ἴδιες, πάλι μποροῦμε νὰ ξεχωρίσωμε δύο μουσικοὺς φθόγγους, πὺ προέρχονται ἀπὸ διαφορετικὰ μουσικὰ ὄργανα. "Ἄν παίξετε τὴ νότα λά σ' ἓνα πιάνο καὶ σ' ἓνα κλαρίνο, δὲν θὰ δυσκολευθῆτε νὰ ἀναγνωρίσετε τὴ διαφορά. Λέμε ὅτι οἱ δύο ήχοι διαφέρουν στὴν **ποιότητα** ἢ στὴ **χροιά**. Σὲ τί ὀφείλεται αὐτὴ ἡ ιδιότητα; Μελετώντας τοὺς ήχους ἀπὸ διάφορα ὄργανα, οἱ ἐπιστήμονες βρῆκαν ὅτι, μαζί μὲ τὴ συχνότητα πὺ κυριαρχεῖ καὶ χαρακτηρίζει τὸ ὕψος τοῦ φθόγγου πὺ παράγει ἓνα ὄργανο, παράγονται καὶ ήχοι λιγότερο ἔντονοι μὲ ἄλλες συχνότητες, πὺ ἐξαφ-

τώνται από το είδος του ὀργάνου καὶ τὴν κατασκευή του. Αὐτές οἱ συχνότητες δίνουν στοῦ μουσικοῦ ἤχο τὴ χροιά του. Φαίνεται ὅτι ὁ Στραντιβάριους εἶχε βρεῖ τὸ μυστικὸ νὰ κατασκευάζῃ τὰ βιολιά του ἔτσι, ὥστε ἡ ποιότητά τοῦ ἤχου τους νὰ εἶναι ἀζεπέραστη.

Ἡ μουσικὴ ποὺ παίζει μιὰ μεγάλη ὀρχήστρα προέρχεται ἀπὸ πολλὰ διαφορετικὰ μουσικὰ ὄργανα, ποὺ μπορεῖ κανεὶς νὰ τὰ ξεχωρίσῃ ἀπὸ τὸν ἤχο τους, ἀκόμη κι ἂν δὲν εἶναι ἔμπειρος μουσικός. Καλύτερα ὅμως μποροῦμε νὰ κατατάξωμε τὰ ὄργανα ἀνάλογα μὲ τὸν τρόπο ποὺ παράγουν τὸν ἤχο.

Σὲ μιὰ πρώτη κατηγορία ἀνήκουν τὰ ὄργανα ὅπου ὁ ἤχος παράγεται ἀπὸ παλμικὲς κινήσεις χορδῶν, ὅπως παραδείγματος χάρι τὸ βιολί, ἡ κιθάρα, τὸ μαντολίνο, τὸ μπουζούκι. Τὰ ὄργανα αὐτὰ λέγονται **ἔγχορδα**. Τὸ πιάνο εἶναι ἐπίσης ἔγχορδο ὄργανο, μόνο ποὺ οἱ χορδές του δὲν φαίνονται. Ὅταν πατᾶτε ἓνα πληκτρο, ἓνα σφυράκι ντυμένο μὲ τσόχα χτυπάει μιὰ χορδὴ ποὺ εἶναι στὸ ἐσωτερικὸ του κι ἔτσι παράγεται ὁ φθόγγος.

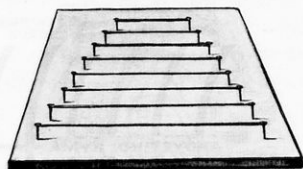
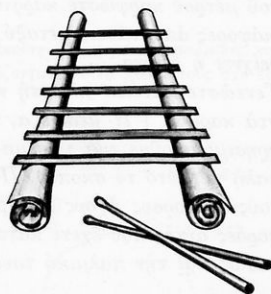
Ἄλλη κατηγορία μουσικῶν ὀργάνων εἶναι ἐκεῖνα ὅπου ὁ ἤχος παράγεται μὲ παλμικὲς κινήσεις μιᾶς στήλης ἀέρα. Ὅργανα αὐτῆς τῆς κατηγορίας, ποὺ θὰ σᾶς εἶναι γνωστά, εἶναι τὸ κλαρίνο, τὸ σαξόφωνο καὶ ἡ φλογέρα. Ἀλλὰ, ποὺ ἴσως δὲν θὰ ἔχετε ἀκούσει ἀλλὰ χρησιμοποιοῦνται σὲ ὀρχήστρες, εἶναι τὸ ὄμποε καὶ τὸ φαγκτό. Στὴν ἴδια κατηγορία μποροῦμε νὰ βάλωμε καὶ ὄργανα ὅπως οἱ τρομπέτες καὶ τὰ τρομπόνια. Οἱ διάφορες συχνότητες στὰ ὄργανα αὐτῆς τῆς κατηγορίας, ποὺ τὰ ὀνομάζομε **πνευστά**, παράγονται ἀλλάζοντας τὸ μήκος τῆς στήλης τοῦ ἀέρα ποὺ πάλλεται.

Τέλος ὑπάρχει μιὰ κατηγορία ὀργάνων ὅπου ὁ ἤχος παράγεται χτυπώντας διάφορα ὑλικά σώματα, ὅπως εἶναι ἡ τεντωμένη μεμβράνη σ' ἓνα τύμπανο ἢ ἓνα ντέφι ἢ τὰ μπρούντζινα κύμβαλα σὲ μιὰ ὀρχήστρα. Τὰ ὄργανα αὐτὰ τὰ λέμε **κρουστά**. Κρουστὸ ὄρ-

γανο εἶναι καὶ τὸ τρίγωνο ποὺ χρησιμοποιοῦμε, ὅταν λέμε τὰ κάλαντα τὰ Χριστούγεννα.

Σὲ μιὰ ὀρχήστρα τὰ ὄργανα κάθε κατηγορίας εἶναι συγκεντρωμένα συνήθως μαζί, μπροστὰ τὰ ἔγχορδα, πιὸ πίσω τὰ πνευστά κι ἀκόμα πιὸ πίσω τὰ κρουστά. Τὴν ἐπόμενη φορά ποὺ θὰ δῆτε ὀρχήστρα σὲ μιὰ συναυλία ἢ στὴν τηλεόραση μπορεῖτε νὰ παρατηρήσετε πῶς εἶναι τοποθετημένα τὰ διάφορα εἶδη ὀργάνων.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Ἐνλόφονο καὶ ἄλλα, ποὺ κατασκευάζονται μὲ ἀπλὰ ὑλικά.



ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Πώς να κατασκευάσετε ένα απλό ξυλόφωνο.

Από μια ξύλινη βέργα με πάχος περίπου 2×2 εκατοστά του μέτρου κόψτε 8 κομμάτια με μήκος 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 εκατοστά του μέτρου και άκουμπήστε τα σε δύο τυλιγμένες εφημερίδες, όπως δείχνει η εικόνα. Το ξυλόφωνό σας θα πετύχει καλύτερα, αν έχετε ξύλα πλανισμένα και χωρίς ρόζους. Με ένα λεπτό ραβδί ξύλινο χτυπήστε κάθε κομμάτι της βέργας και ακούστε τους ήχους που βγάζουν. Ποιά κομμάτια βγάζουν υψηλότερους ήχους; Μπορείτε να το εξηγήσετε;

2) Σε ένα κομμάτι σανίδα 40×40 εκατοστά του μέτρου καρφώστε καρφιά σε διάφορες αποστάσεις μεταξύ τους, όπως δείχνει η εικόνα.

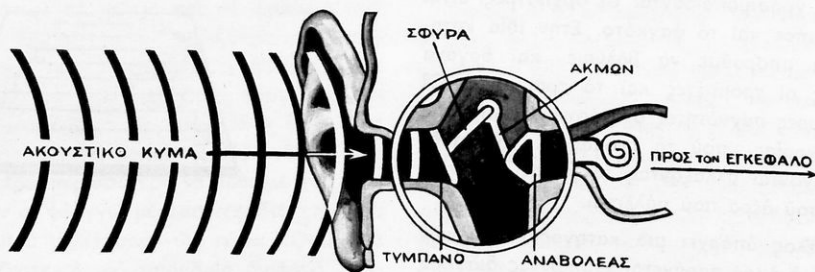
Τεντώστε κατόπιν κλωστή νάιλον ανάμεσα στα καρφιά. (Η μεσινέζα, που χρησιμοποιούμε για ψάρεμα, είναι πολύ καλή γι' αυτό το σκοπό). Παρατηρήστε τους διάφορους ήχους που βγάζουν οι χορδές αυτές που έχετε κατασκευάσει καθώς και την παλμική τους κίνηση.

Δοκιμάστε ν' αλλάξετε το ύψος τεντώνοντας λιγότερο ή περισσότερο κάθε χορδή. Με όσα ξέρετε τώρα για τον ήχο εξηγήστε σ' ένα συμμαθητή σας ή σ' ένα μεγαλύτερό σας αυτά που παρατηρείτε.

6. Φωνητικά όργανα και όργανα ακοής

Ο ήχος είναι ένας από τους σημαντικούς τρόπους επικοινωνίας όχι μόνο για τον άνθρωπο αλλά και για τα περισσότερα ζώα. Γι' αυτό το σκοπό και ο άνθρωπος και τα ζώα έχουν όργανα, πολλές φορές περίπλοκα, που παράγουν και αισθάνονται ήχους.

Στον άνθρωπο το όργανο της ακοής είναι το αυτί. Αυτό που βλέπομε είναι το εξωτερικό τμήμα και χρησιμεύει, για να μαζεύει και να οδηγεί τα ήχητικά κύματα. Στην εικόνα βλέπετε απλοποιημένα πώς λειτουργεί το αυτί στο έσωτερικό του. Τα ήχητικά κύματα προκαλούν παλμική κίνηση σε μια μεμβράνη που λέγεται τύμπανο. Αυτή η κίνηση με τρία μικρά κόκαλα, τη σφήρα, τον άκμονα και τον αναβολέα, μεταδίδεται στο υγρό που βρίσκεται μέσα σ' ένα σωλήνα τυλιγμένον σαν σαλιγκάρι. Πολλά νεύρα, που άκουμπουν



Απλοποιημένη εικόνα του έσωτερικού του αυτιού.

στην επιφάνεια του σωλήνα, οδηγούν το αίσθημα του ήχου στον ἐγκέφαλο. Πώς ακριβῶς γίνεται αυτό και πώς ὁ ἐγκέφαλος καταγράφει τοὺς διάφορους ἤχους εἶναι κάτι πού ἀκόμα οἱ ἐπιστήμονες μελετοῦν, γιὰ νὰ τὸ καταλάβουν.

Μερικὲς σαλαμάντρες δὲν ἔχουν ἐξωτερικό αὐτί, ἀλλὰ «ἀκοῦν» μὲ τὰ πόδια τους. Ἕνας εὐλύγιστος μῦς συνδέει ἕνα πλατὺ κόκαλο στὴν πλάτη τους μὲ δύο λεπτὰ κοκαλάκια, πού εἶναι στερεωμένα σὲ μιὰ λεπτὴ μεμβράνη στὸ ἐσωτερικό αὐτί πού ἔχουν στὸ κεφάλι. Οἱ παλμικὲς κινήσεις ἀπὸ τὸ ἔδαφος μεταφέρονται ἀπὸ τὰ μπροστινὰ πόδια στὸ κόκαλο τῆς πλάτης καὶ ἀπὸ ἐκεῖ στὸ ἐσωτερικό αὐτί.

Ἡ ἀνθρώπινη φωνὴ παράγεται στὸ λαιμό μας, στὸ πάνω μέρος τοῦ σωλήνα πού οδηγεῖ ἀπὸ τὸ στόμα στοὺς πνεύμονες καὶ λέγεται λάρυγγας. Στὸ λάρυγγα ὑπάρχουν λεπτὲς μεμβράνες, πού λέγονται *φωνητικὲς χορδές*. Ὅταν δὲν μιλοῦμε, οἱ φωνητικὲς χορδές εἶναι χαλαρές. Ὅταν θέλωμε νὰ κάνουμε κάποιο ἦχο, οἱ φωνητικὲς χορδές τεντώνονται μὲ τοὺς μῦς τοῦ λαιμοῦ καὶ καθὼς βγάζομε τὸν ἀέρα ἀπὸ τοὺς πνεύμονες πάλλονται καὶ παράγουν ἦχο. Ἡ ἐπόμενη ἐργασία θὰ σὰς βοηθήσει νὰ καταλάβετε πῶς γίνεται αὐτό.

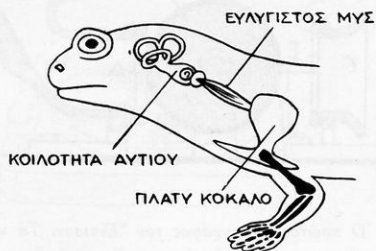
ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῇτε ἕνα ἄδειο κοντὶ ἀπὸ κοτσέριβα καὶ ἕνα λάστιχο μὲ πλάτος περίπου μισό ἐκατοστὸ τοῦ μέτρου.

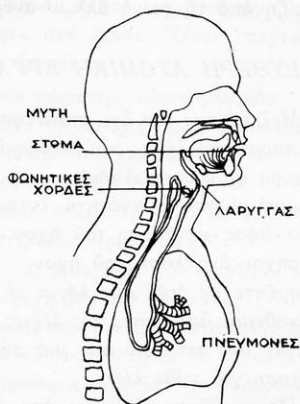
1) Τεντώστε τὸ λάστιχο στὸ ἄνοιγμα τοῦ κοντιοῦ. Τὸ κοντὶ παριστάνει τὸ λάρυγγα καὶ τὸ λάστιχο τὶς φωνητικὲς χορδές.

2) Φυσήξτε μὲ δύναμη πάνω στὸ λάστιχο. Ἀκοῦτε ἦχο; Τεντώστε περισσότερο τὸ λάστιχο καὶ ξαναφυσήξτε.

Ἀλλάζει ὁ ἦχος; Φυσᾶτε συνεχῶς, ἀλλάζοντας τὴ δύναμη μὲ τὴν ὁποία τεντώνετε τὸ λάστιχο. Τί συμβαίνει μὲ τὸ ὕψος τοῦ ἤχου;

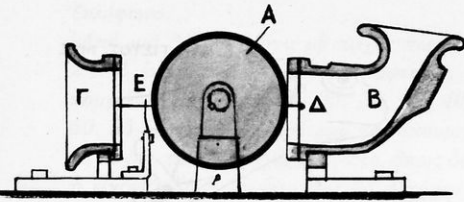


Μερικὲς σαῦρες ἀκοῦνε ἤχους μὲ τὶς παλμικὲς κινήσεις πὺν μεταβιβάζονται ἀπὸ τὰ πόδια τους στὸ ἐσωτερικό αὐτί.



Τὰ ὄργανα πὺν παράγουν τὴν ἀνθρώπινη φωνή.

Μιλήστε στην τάξη για τις πληροφορίες που βρήκατε.



7. Ήχοληψία και αναπαραγωγή του ήχου

Μάθατε ότι ο ήχος είναι η κινητική ενέργεια που μεταφέρεται με τα ήχητικά κύματα στα μόρια του υλικού μέσου όπου διαδίδεται. Θα έχετε ίσως παρατηρήσει ότι πολλές φορές η κινητική ενέργεια ενός υλικού σώματος παράγει κάποιο έργο, που στα μάτια μας εμφανίζεται ως αλλαγή του σχήματος ενός άλλου στερεού υλικού σώματος. Με άλλα λόγια η κινητική ενέργεια προκαλεί πολλές φορές παραμόρφωση ενός υλικού σώματος. Όταν αφήσετε μια μεγάλη πέτρα από το χέρι σας να πέσει επάνω στην άμμο, τί παρατηρείτε; Στη θέση που έπεσε η πέτρα άνοιξε μια λακκούβα. Η κινητική ενέργεια της πέτρας αποτυπώθηκε στην άμμο και η επιφάνεια της άμμου παραμορφώθηκε. Σε μια σύγκρουση δύο αυτοκίνητα καταστρέφονται, γιατί η κινητική ενέργεια που είχαν ήταν αρκετή να παραμορφώσει το σχήμα τους.

Αυτό το φαινόμενο, που τις περισσότερες φορές συνοδεύεται με κάποια ζημιά γύρω μας, στην περίπτωση του ήχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καταγράψουμε τον ήχο. Ο πρώτος φωνογράφος που εφευρέθηκε από τον Thomas Edison βασιζόταν σ' αυτή την ιδέα. Τα ήχητικά κύματα της φωνής, καθώς μιλάει κανείς μπροστά στη συσκευή, προκαλούν την παλμική κίνηση μιας λεπτής μεμβράνης, στην οποία είναι στερεωμένη μια βελόνα. Όταν η μεμβράνη πάλλεται, η βελόνα εκτελεί κι αυτή παλμικές κινήσεις και η αιχμηρή άκρη της αυλακώνει τη μαλακή επιφάνεια ενός κυλίνδρου που περιστρέφεται. Έτσι αποτυπώνεται ο ήχος πάνω στον κύλινδρο του φωνογράφου του Edison.

Αν τώρα άρχισμα να περιστρέφουμε τον κύλινδρο τοποθετώντας τη βελόνα στο χαραγμένο αυλάκι από την αρχή, τί θα συμβεί;

Ο πρώτος φωνογράφος του Έντισον. Τα κυριότερα μέρη του είναι: Α τύμπανο, Β σημείο όπου μιλούμε, Γ μεγάφωνο, Δ βελόνα εγγραφής, Ε βελόνα αναπαραγωγής του ήχου. Το τύμπανο το γύριζε με μία μανβέλα. Πώς δούλευε αυτός ο φωνογράφος;

Οι φωνητικές χορδές δεν είναι το μόνο όργανο που κανονίζει τη φωνή μας. Καθώς πάλλονται, δημιουργούν κύματα στον αέρα που είναι στο λάρυγγα, στο στόμα και στη μύτη. Ακόμα κάνουν τους μύς του στήθους και του λαιμού να πάλλονται. Όλες αυτές οι κινήσεις δίνουν στη φωνή σας τον χαρακτηριστικό της ήχο, που την κάνει να ξεχωρίζει από τη φωνή άλλων ανθρώπων.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Μελετώντας τον ήχο συναντήσαμε τις παρακάτω λέξεις που περιγράφουν διάφορα φαινόμενα ή ιδιότητες: παλμική κίνηση - συχνότητα - ένταση του ήχου - ύψος - μετάδοση του ήχου - ήχώ - υπέρηχοι - ανάκλαση του ήχου. Εξηγήστε με δικά σας λόγια τί έννοούμε με καθεμιά από αυτές τις λέξεις. Γράψτε στο τετράδιό σας μια σύντομη πρόταση για κάθε λέξη.

2) Προσπαθήστε να βρείτε από μια εγκυκλοπαίδεια ή από βιβλία που έχετε στο σπίτι σας πληροφορίες για τους υπέρηχους. Πώς παράγονται και σε τί μας χρησιμεύουν.

Ἡ βελόνα θὰ ἐκτελῇ παλμικὲς κινήσεις ἀκολουθώντας τὰ ἴχνη τῆς πού ἔχουν χαραχθῇ στὸν κύλινδρο. Ἡ κίνηση αὕτη προκαλεῖ μὲ τὴ σειρά τῆς παλμικῆς κινήσεως στὴ μεμβράνη καὶ ἔτσι ἀναπαράγεται ὁ ἦχος, πού ἦταν ἀποτυπωμένος στὸ τύμπανο. Μπορεῖτε τώρα νὰ ἐξηγήσετε μὲ περισσότερες λεπτομέρειες πῶς λειτουργεῖ ὁ φωνογράφος πού βλέπεται στὴν εἰκόνα;

Σήμερα χρησιμοποιοῦμε πολὺ πιὸ τελειοποιημένες μεθόδους γιὰ τὴν ἀποτύπωση καὶ τὴν ἀναπαραγωγὴ τοῦ ἤχου. Ἕνας τρόπος εἶναι οἱ γνωστοὶ δίσκοι γραμμοφώνου. Τὰ αὐλάκια πού βλέπεται σ' ἕνα δίσκο εἶναι ἡ παραμόρφωση πού προκάλεσε στὸ ὕλικό τοῦ δίσκου ἡ ἐνέργεια τοῦ ἤχου. Εἶναι κάτι παρόμοιο μὲ τὴν ἀποτύπωση τῆς ἐνέργειας τῆς πέτρας στὴ λακκούβα, πού ἀνοίγει στὴν ἄμμο.

Ὅταν βάζουμε τὸ δίσκο στὸ πίκ - ἅπ, γιὰ νὰ ἀκούσαμε τὴ μουσικὴ, ἡ βελόνα κινεῖται ἀκολουθώντας τὰ αὐλάκια μὲ παλμικὲς κινήσεις πού ἀναπαράγουν ἀκριβῶς τὸν ἦχο πού ἔχει γραφῇ.

Στὰ μαγνητόφωνα ὁ ἦχος καταγράφεται μετατρέποντας τὴν ἐνέργεια τῶν ἡχητικῶν κυμάτων σὲ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. Ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια προκαλεῖ μεταβολὲς στοὺς μικροὺς μαγνήτες πού εἶναι ἀπλωμένοι στὴν ἐπιφάνεια τῆς μαγνητικῆς ταινίας. Θὰ καταλάβουμε καλύτερα τὴ μέθοδο αὕτη, ὅταν θὰ μελετήσουμε τὰ ἡλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στὴν ἐργασία αὕτη θὰ κατασκευάσετε στὸ σπίτι σας μιὰ ἀπλὴ συσκευή πού ἀναπαράγει τὸν ἦχο καὶ θὰ κάνετε τὸ πείραμα τῆς ἀναπαραγωγῆς τοῦ ἤχου στὸ σχολεῖο. Στὸ σπίτι θὰ χρειαστῇτε: "Ἕνα ἄδειο, χαρτονένιο κουτί μὲ στρογγυλὸ πατο. "Ἕνα κομμάτι τσιγαρόχαρτο. Μιὰ ξύλινη ὀδοντογλυφίδα. Κόλλα καὶ



Ἀκουμπώντας τὴ βελόνα τῆς συσκευῆς μας στὸ δίσκο μποροῦμε νὰ ἀναπαράγουμε τὸν ἦχο πού ἔχει ἀποτυπωθῇ στὰ αὐλάκια του.

μιὰ βελόνα. Στὸ σχολεῖο θὰ χρειαστῇτε ἕνα παλιὸ γραμμοφώνο καὶ ἕνα παλιὸ δίσκο γραμμοφώνου (78 στροφῶν).

1) Κόψτε τὸν πάτο τοῦ χαρτονένιου κουτιοῦ καὶ κολλήστε στὴ θέση του ἕνα κυκλικὸ κομμάτι ἀπὸ τσιγαρόχαρτο καλὰ τετνωμένο. Θὰ ἐπιτύχετε νὰ τὸ τετνώσετε καλὰ, ἂν τὸ ὑγράνετε λίγο, πρὶν τὸ κολλήσετε στὸ κουτί. Ὅταν στεγνώσει, θὰ ἔχη λεία ἐπιφάνεια.

2) Κολλήστε τώρα τὴν ὀδοντογλυφίδα στὸ τετνωμένο τσιγαρόχαρτο, μὲ τὴ μιὰ ἄκρη κοντὰ στὸ κέντρο τοῦ κυκλικοῦ πάτου καὶ τὴν ἄλλη ἄκρη νὰ ἐξέχῃ ἀπὸ τὸ κουτί. Ἐπειτα κολλήστε καλὰ μὲ σελοτέιπ τὴ βελόνα στὴν ἐλεύθερη ἄκρη τῆς ὀδοντογλυφίδας ἔτσι, πὺν ἡ μύτη τῆς βελόνας νὰ ἐξέχῃ ἀπὸ τὴν ἄκρη τῆς ὀδοντογλυφίδας περίπου 6 χιλιοστὰ τοῦ μέτρου.

3) Στὸ σχολεῖο τοποθετήστε τὸ δίσκο στὸ γραμμοφώνο καὶ ἀφήστε τον νὰ γυρίξῃ. Κάθε παιδί τώρα μπορεῖ νὰ πλησιάσῃ μὲ τὴ συσκευή του καὶ νὰ ἀφήσῃ τὴν ἄκρη τῆς βελόνας νὰ ἀγγίξῃ καλὰ τὰ αὐλάκια τοῦ δίσκου πὺν περιστρέφεται. Περιγράψτε καὶ ἐξηγήστε τί παρατηρεῖτε.

III. ΟΠΤΙΚΗ

1. Το φῶς στη ζωή μας

Τὰ μάτια μας δέχονται συνέχεια φωτεινὰ μηνύματα ἀπὸ τὸν κόσμον ποὺ μᾶς περιβάλλει. Ἔτσι μαθαίνομε γιὰ τὸ σχῆμα, τὸ χρῶμα καὶ τὴν κίνηση τῶν ἀντικειμένων ποὺ ὑπάρχουν γύρω μας. Φωτεινὰ μηνύματα φτάνουν σὲ μᾶς καὶ ἀπὸ τὰ βάθη τοῦ διαστήματος, ἀπὸ ἄστρα καὶ μακρινοὺς γαλαξίες. Τὸ φῶς εἶναι ἀπαραίτητο, γιὰ νὰ θαυμάσωμε ἓνα ἰοπίο ἀλλὰ καὶ γιὰ τὸ διάβασμα ἑνὸς βιβλίου ποὺ ἀγαποῦμε. Θὰ γνωρίζετε ἀκόμα ὅτι τὰ περισσότερα φυτὰ καὶ δέντρα, γιὰ νὰ ἀναπτυχθοῦν, χρειάζονται φῶς. Ἀλλιῶς εἶναι καταδικασμένα σὸ μαρasmus καὶ τὸ θάνατο.

Μᾶς εἶναι λοιπὸν ἀδύνατο νὰ φανταστοῦμε τὴ ζωὴ πάνω στὴ γῆ δίχως τὸ φῶς. Ἡ παρουσία του εἶναι ἔντονη σὲ κάθε μας βῆμα. Γι' αὐτὸ καὶ τὴ νύχτα ποὺ δὲν ὑπάρχει τὸ ἡλιακὸ φῶς—τὸ **φυσικὸ φῶς**, ὅπως λέμε—χρησιμοποιοῦμε ηλεκτρικοὺς λαμπτήρες, στὴν ἀνάγκη μάλιστα καὶ κεριὰ ἢ λάμπες πετρελαίου, γιὰ νὰ παράγωμε τεχνητὰ τὸ φῶς ποὺ μᾶς χρειάζεται. Δὲν εἶναι περίεργο, ὅστερα ἀπ' ὅλα αὐτά, τὸ ὅτι ἡ γλώσσα μας δίνει σὸ φῶς μιὰ ἰδιαίτερη μεταφορικὴ σημασία. Ἔτσι χαρακτηρίζομε σὰν «φωτεινὸ» τὸ παράδειγμα ἑνὸς ἀνθρώπου ἢ μιλοῦμε γιὰ «φωτεινὲς

καὶ σκοτεινὲς περιόδους» τῆς ἱστορίας μας.

Τί εἶναι ὅμως στὴν πραγματικότητα τὸ φῶς; Δὲν μπορεῖ βέβαια νὰ τὸ κρατήσῃ κανεὶς στὴν παλάμη του, γιὰ νὰ τὸ μελετήσῃ. Μπορεῖ ὅμως νὰ μελετήσῃ τοὺς κανόνες, δηλαδὴ τοὺς **νόμους**, ποὺ ρυθμίζουν τὴ συμπεριφορά του. Ὅπως οἷον ποτε ἡ ἀπάντησις σὸ ἐρώτημα «τί εἶναι τὸ φῶς» ἀποτέλεσε γιὰ τοὺς ἐρευνητὲς ἓνα βασανιστικὸ πρόβλημα. Σήμερα ξέρομε ὅτι :

τὸ φῶς εἶναι κι αὐτὸ μιὰ μορφή ἐνέργειας.

2. Τὸ φῶς, ἐνέργεια ποὺ ἀκτινοβολεῖται

Δὲν εἶναι δύσκολο νὰ διαπιστώσωμε μερικὰ φαινόμενα στὸν ὕλικὸν κόσμον, ποὺ δείχνουν ὅτι καὶ τὸ φῶς εἶναι ἐνέργεια—ἔχει δηλαδὴ τὴν ἰκανότητα νὰ παράγῃ ἔργο. Ἐνα χρωματιστὸ χαρτί, ποὺ θὰ ἀφεθῇ στὸν ἥλιο γιὰ μερικὲς μέρες, ξεθωριάζει. Τὸ ἴδιο μας τὸ δέρμα «μαυρίζει», ὅταν ἐκτεθῇ σὸ φῶς τοῦ ἡλίου ἢ μιᾶς εἰδικῆς λάμπας. Τὸ φῶς εἶναι ἀπαραίτητο, γιὰ νὰ βγάλωμε μιὰ φωτογραφία. Ἡ ἐνέργειά του «προσβάλλει» τὸ φωτογραφικὸ φιλμ καὶ σχηματίζει τὴν εἰκόνα τοῦ ἀντικειμένου.

Σ' ὅλες αὐτὲς τίς περιπτώσεις συμβαί-

νουν αλλαγές στην ύλη. Ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτὸς μετασχηματίζεται σὲ μιὰ ἄλλη μορφή ἐνέργειας, τὴ χημικὴ ἐνέργεια. Ἄλλοτε ἡ ἐνέργεια ποὺ ἔχει τὸ φῶς ἀπορροφᾶται μόνο ἀπὸ τὰ μόρια τῆς ὕλης. Τὰ μόρια ἀποκτοῦν τώρα μεγαλύτερη ἐνέργεια, τὸ ὑλικὸ δηλαδὴ θερμαίνεται. Ἐνα μέρος ἀπὸ τὸ φῶς ποὺ ἐκπέμπει ἡ λάμπα τοῦ δωματίου μας ἀπορροφᾶται ἀπὸ τοὺς τοίχους καὶ τὸν ἀέρα καὶ γίνεται θερμικὴ ἐνέργεια. Τὸ ἡλιακὸ φῶς μᾶς ζεσταίνει, ἐπειδὴ ἡ ἐνέργειά του μετατρέπεται σὲ θερμική.

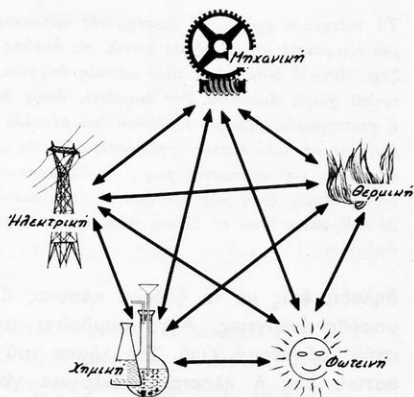
Τὸ ἡλιακὸ φῶς εἶναι ἡ πρωταρχικὴ πηγὴ ἐνέργειας γιὰ τὴ γῆ. Ταξιδεύει 150 ἑκατομύρια χιλιόμετρα, γιὰ νὰ φτάσῃ ἀπὸ τὸν ἥλιο ὡς ἐδῶ. Στὴ γῆ μετατρέπεται σὲ ἄλλες μορφές ἐνέργειας, ποὺ εἶναι ἀπαραίτητες γιὰ τὴ ζωὴ καὶ τὸν κύκλο τῶν φυσικῶν φαινομένων. Τὸ φῶς τοῦ ἡλίου διατηρεῖ τὴ γῆ θερμῇ. Μὲ τὴ δική του ἐνέργεια ἐξατμίζεται τὸ νερὸ καὶ δημιουργοῦνται τὰ σύννεφα καὶ οἱ βροχές.

Ἀκόμα πιὸ σημαντικό, ὅλα τὰ ζωντανὰ πλάσματα ὀφείλουν τὴν ἐνέργεια ποὺ ἔχουν στὸ ἡλιακὸ φῶς. Ὁ ἄνθρωπος καὶ τὰ ζῶα, γιὰ νὰ ἀναπτυχθοῦν καὶ νὰ ἐπιβιώσουν, χρειάζονται ἀπαραίτητα τὸν φυτικὸ κόσμο. Ἀπὸ ἐκεῖ ἀντλοῦν μὲ ἄμεσο ἢ ἔμμεσο τρόπο τὴν τροφή τους. Τὰ φυτὰ πάλι, μὲ τὴ σειρά τους, συντηροῦνται χάρις στὸ ἡλιακὸ φῶς. Μὲ τὴ **φωτοσύνθεση** παρασκευάζουν τὴν τροφή τους ἀπὸ οὐσίες ποὺ ὑπάρχουν στὸ ἔδαφος καὶ στὸν ἀέρα. Δὲν εἶναι ὑπερβολὴ νὰ ποῦμε ὅτι ἡ ἐνέργεια ποὺ ἔχει ἓνας ἄνθρωπος— ποὺ κάνει τὴν καρδιά του νὰ κτυπᾷ ἢ τὰ χέρια του νὰ κινοῦνται— φυλακίστηκε κάποτε στὰ φυτὰ μὲ τὴ φωτοσύνθεση. Ἡ ἐνέργεια τοῦ ἡλιακοῦ φωτὸς δημιουργεῖ καὶ ἀνανεώνει ὅλο τὸν θαυμαστὸ κύκλο τῆς ζωῆς.

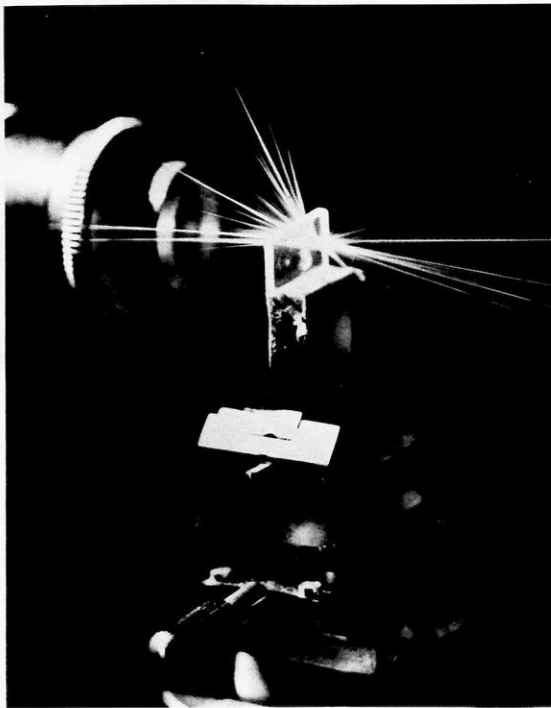
Ἀφοῦ τὸ φῶς εἶναι ἐνέργεια, θὰ πρέπει νὰ διαπιστώνωμε καὶ τὶς ἀντίστροφες μεταβολές στὸν ὑλικὸ κόσμο. Νὰ παράγεται



Ὁ Ἰσαὰκ Νεύτων μελετᾷ τὶς ιδιότητες τοῦ φωτός.



Τὸ φῶς εἶναι μιὰ μορφή ἐνέργειας. Στὴ φύση παρατηροῦμε συνέχεια μετασχηματισμοὺς τῶν μορφῶν ἐνέργειας.



Τὰ τελευταῖα χρόνια, οἱ ἐπιστήμονες κατασκεύασαν μιὰ ἐξαίρετικά ἰσχυρὴ δέσμη φωτός, τὶς ἀκτίνες λέιζερ. Αὐτὴ ἡ δέσμη ἔχει τόσο μεγάλη ἐνέργεια, ποὺ τρυπᾷ χωρὶς δυσκολία ἓνα διαμάντι, ὅπως δείχνει ἡ φωτογραφία. Μπορεῖ νὰ λιώσει ἓνα μέταλλο ἢ νὰ βοηθήσῃ σὲ πολὺ λεπτές ἐγχειρήσεις. Ἐπειδὴ φτάνει στὰ βάθη τοῦ σύμπαντος χωρὶς νὰ διασκορπιστῇ, ἡ δέσμη λέιζερ ἴσως μᾶς βοηθήσῃ νὰ ἐπικοινωνήσωμε μὲ ἀνθρώπινα ὄντα σὲ ἄλλους πλανῆτες — ἂν φυσικὰ ὑπάρχουν.

δηλαδή φῶς μὲ τὸ ξόδεμα κάποιας ἄλλης μορφῆς ἐνέργειας. Αὐτὸ συμβαίνει συχνὰ στὴν καθημερινὴ ζωὴ. Στὴ λάμπα τοῦ φωτισμοῦ μας ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια γίνεται φῶς. Ὅταν ἀνάψωμε ἓνα κερί, ἡ χημικὴ ἐνέργεια ποὺ ὑπάρχει στὴν ὕλη του μετατρέπεται σὲ φῶς καὶ σὲ θερμότητα. Ἀκόμα καὶ δύο πέτρες ἂν χτυπήσωμε μεταξύ τους— ἂν δηλαδή καταναλώσωμε μηχανικὴ ἐνέρ-

γεια— εἶναι δυνατόν νὰ πάρωμε μιὰ σπινθήρα φῶς.

Πῶς παράγεται ὅμως τὸ ἡλιακὸ φῶς; Ποιὰ μορφή ἐνέργειας μετατρέπεται στὸν ἥλιο σὲ φωτεινὴ ἐνέργεια; Ἀσφαλῶς δὲν «καίγονται» οὐσίες στὸν ἥλιο. Θὰ εἶχαν ἀπὸ καιρὸ τελειώσει, ἀφήνοντας τὴ γῆ μας παγωμένη καὶ δίχως ζωὴ. Ἡ ἐνέργεια τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ἔχει τὸ μυστικὸ τῆς βαθιὰ μέσα στὴν ὕλη. Εἶναι μιὰ σπουδαία μορφή ἐνέργειας, ποὺ τὴν λέμε **πυρηνικὴ ἐνέργεια**. Αὕτη δίνει τὸ φῶς στὸν ἥλιο. Γιὰ ἑκατομμύρια χρόνια, σχεδὸν ἀνεξάντλητα, ὁ ἥλιος στέλνει τὸ φῶς του στὸ Σύμπαν μετατρέποντας τὴν πυρηνικὴ του ἐνέργεια σὲ φῶς.

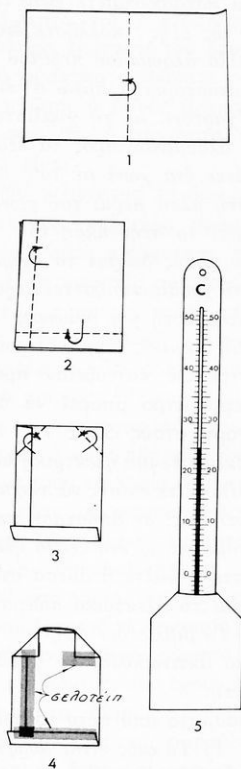
Τὸ φῶς λοιπὸν εἶναι ἐνέργεια. Ἐχει ὅμως μερικὰ ἰδιαίτερα γνωρίσματα. Τὸ φῶς, σὲ ἀντίθεση μὲ ἄλλες μορφές ἐνέργειας, π.χ. τὸν ἤχο, δὲν χρειάζεται ὕλη, γιὰ νὰ διαδοθῇ. Ταξιδεύει καὶ στὸ κενό. Ταξιδεύει συνεχῶς, χωρὶς νὰ μπορῇ νὰ σταματήσῃ, καὶ μάλιστα μὲ τεράστια ταχύτητα. Εἶναι, ὅπως λέμε, **ἐνέργεια ἀκτινοβολίας**. Τὸ φῶς ἀκτινοβολεῖται ἀπὸ τὸν ἥλιο στὴ γῆ. Ἀπὸ τὰ φανάρια τοῦ αὐτοκινήτου στὸ δρόμο. Ὑπάρχουν κι ἄλλες μορφές ἐνέργειας ποὺ ἀκτινοβολοῦνται, ὅπως ἡ θερμότητα. Τὸ φῶς εἶναι τὸ μόνο ποὺ γίνεται ὁρατό, ἐπειδὴ ἔχει τὴν ἰκανότητα νὰ ἐρεθίσῃ τὸ μηχανισμό τοῦ ματιοῦ μας.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῇτε τὰ παρακάτω ὑλικά :

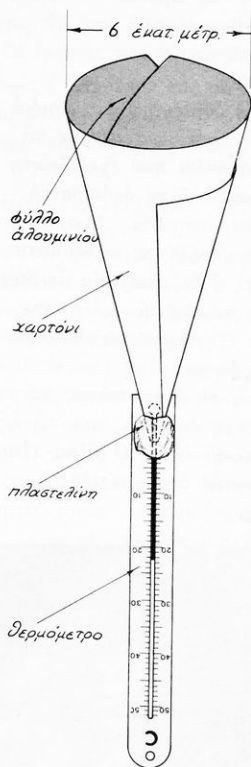
ἓνα θερμόμετρο τῶν 50 °C, ἓνα κομμάτι ἀλουμινοχαρτο, ἓνα κομμάτι σελοφάν, κομμάτια χαρτί, ἄσπρο, γκρὶ καὶ μαῦρο μὲ διαστάσεις 15 × 15 ἐκ. τοῦ μέτρου.

1) Πᾶστε τὰ κομμάτια τὸ χαρτί, τὸ φύλλο ἀλουμινίου (προσέξτε νὰ μὴ τσαλακωθῇ), ἓνα κομμάτι σελοφάν. Σ' ἓνα σκοτεινὸ δωμάτιο ρίξτε τὸ φῶς ἑνὸς φακοῦ ἐπάνω στὸ χαρτί, στὸ ἀλουμίνιο, στὸ σελοφάν. Τί συμβαίνει μὲ τὸ φῶς ποὺ πέφτει



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Κατασκευή καλνυμάτων για το θερμομέτρο.

σ' αυτά τα υλικά ;
2) Έτοιμάστε καλνύματα για το θερμομέτρο διπλώνοντας κομμάτια χαρτί άσπρο, γκρι και μαύρο, καθώς και φύλλα αλουμινίου, όπως δείχνει το σχήμα. Στερεώστε τις διπλωμένες άκρες με σελοτέιπ και βάλτε μέσα το θερμομέτρο, ώστε ή μπαλίτσα πού περιέχει τόν

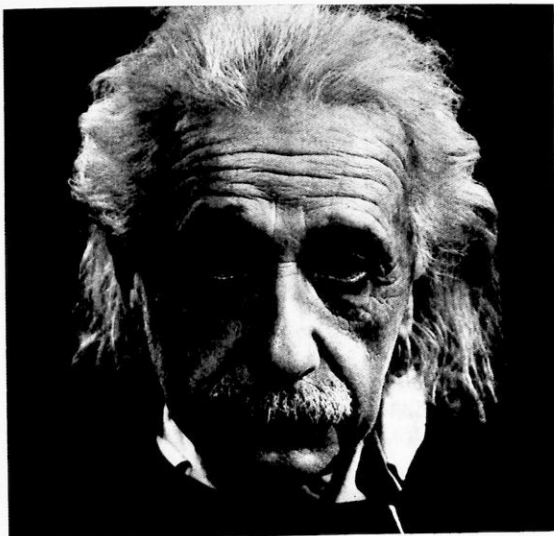


ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. «Ανιχνευτής» ακτινοβολίας.

υδράργυρο να είναι στο κέντρο. Πάρτε το θερμομέτρο μ' ένα καλνύμα και βάλτε το στον ήλιο. Το πείραμα πετυχαίνει καλύτερα, όταν έχη δυνατό ήλιο και δέν φυσή ή αέρας. Παρακολουθήστε πώς ανεβαίνει ή θερμοκρασία. Μπορείτε να κάνετε έναν πίνακα ως εξής :

Χρόνος	Θερμοκρασία
1 λεπτό	
2 λεπτά	
3 »	
4 »	
5 »	

Χρειάζεται να δουλέψουν δύο παιδιά μαζί. Τό ένα παιδί πρέπει να μετράει το χρόνο, μ' ένα ρολόι που έχει δείκτη δευτερολέπτων, ενώ το δεύτερο να διαβάσει τη θερμοκρασία. Δοκιμάστε το ίδιο πείραμα με όλα τα καλύμματα. Θά βρῆτε ότι ἡ θερμοκρασία ἀνεβαίνει πὸ γρήγορα μὲ μερικά καλύμματα. Μπορεῖτε νὰ ἐξηγήσετε τίς διαφορὲς πὸν παρατηρήσατε ; Σ' ὅλες αὐτὲς τίς περιπτώσεις τὸ φῶς φαίνεται νὰ ἔχει ἐνέργεια, πὸν τὴ λέμε ἐνέργεια ἀκτινοβολίας. Ὁ ἥλιος εἶναι μιὰ πολὺ δυνατὴ πηγὴ τέτοιας ἀκτινοβολίας.



Ὁ Ὀ Αἰνστάιν ἀπόδειξε ὅτι τὸ φῶς ἔχει τὴ μεγαλύτερη ταχύτητα πὸν μπορεῖ νὰ ὑπάρξῃ στὴ φύση.

3) Γιὰ νὰ παρατηρήσετε παρόμοια ἀποτελέσματα μὲ ἄλλες πηγές, χρειάζεται κατὶ πὸν νὰ μαζεύῃ τὴν ἀκτινοβολία. Μπορεῖτε νὰ κατασκευάσετε ἕναν τέτοιο «ἀνιχνευτὴ» ὡς ἐξῆς : κολλήστε ἕνα κομμάτι φύλλο ἀλουμινίου περίπου 15×20 ἑκατοστόμετρα πάνω σ' ἕνα ὁμοιο φύλλο ἀπὸ χαρτόνι, μὲ τὴ γυαλιστερὴ πλευρὰ τοῦ ἀλουμινίου πρὸς τὰ ἔξω. Μ' αὐτὸ κάντε ἕνα χωνὶ μὲ τὸ ἀλουμίνιο στὴ μέσα μεριὰ τοῦ χωνιοῦ καὶ στερεώστε το στὴν ἄκρη τοῦ θερμομέτρου, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα. Μπορεῖτε νὰ χρησιμοποιήσετε τώρα αὐτὸν τὸν ἀνιχνευτὴ γιὰ διαφορὲς φωτεινὲς καὶ θερμικὲς πηγές. Προσοχή : Ἄν τὸν στρέψετε κατευθεῖαν πρὸς τὸν ἥλιο, τὸ θερμοῦμετρο μπορεῖ νὰ ἀνεβῇ πολὺ γρήγορα στοὺς 50°C καὶ νὰ σπάσῃ ! Δοκιμάστε μιὰ ἡλεκτρικὴ λάμπα, ἕνα φακό. Μπορεῖτε ἐπίσης νὰ πλησιάσετε τὸν ἀνιχνευτὴ σας, σὲ ἀπόσταση περίπου 50 ἑκατοστόμετρα, σ' ἕνα ζεστὸ ἡλεκτρικὸ σίδερο. Ὑστερα βάλτε ἀνάμεσα στὸν ἀνιχνευτὴ καὶ τὸ ἡλεκτρικὸ σίδερο ἕνα βιβλίο. Τὸ βιβλίο δὲν ἀφήνει τὴν ἐνέργεια ἀκτινοβολίας νὰ φτάσῃ τὸν ἀνιχνευτὴ.

Τὰ συμπεράσματα ἀπὸ αὐτὸ τὸ πείραμα εἶναι ὅτι : 1) Τὸ φῶς εἶναι μορφή ἐνέργειας. 2) Ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτὸς μπορεῖ νὰ μετασχηματιστῇ σὲ θερμικὴ ἐνέργεια. 3) Τὸ ζεστὸ ἡλεκτρικὸ σίδερο στέλνει κι αὐτὸ ἐνέργεια, πὸν φαίνεται νὰ ἔχει τίς ἴδιες ιδιότητες μὲ τὸ φῶς, δηλαδὴ εἶναι ἐνέργεια ἀκτινοβολίας.

Ἄς προχωρήσωμε ὅμως μελετώντας μεθοδικὰ τίς ιδιότητές του.

3. Ἡ ταχύτητα τοῦ φωτὸς

Μόλις ἀνάψωμε τὸ φακό μας, τὸ φῶς του φτάνει ἀκαριαία στὸ σημεῖο πὸν θέλωμε.

Ἀκόμα και τὸ φῶς ἐνὸς φάρου φτάνει δίχως καθυστέρηση σ' ἓνα πλοῖο ποὺ βρίσκεται πολλὰ μίλια μακριά. Τὸ φῶς λοιπὸν τρέχει πολὺ γρήγορα. Ἀπὸ τὸν ἥλιο χρειάζεται μόνον 8,5 λεπτά, γιὰ νὰ φτάσῃ στὴ γῆ. Ἀπὸ ἓνα δορυφόρο, ἑκατοστὰ τοῦ δευτερολέπτου. Μὲ πολὺ δύσκολα πειράματα οἱ ἐπιστήμονες (καὶ πρῶτος ὁ Δανὸς Roemer, τὸ 1675) ἔξακριβώσαν ὅτι ἡ ταχύτητα τοῦ φωτὸς στὸ κενὸ εἶναι

300.000 χιλιόμετρα τὸ δευτερόλεπτο.

Θὰ καταλάβετε καλύτερα πόσο ἀπίστευτα μεγάλη εἶναι αὕτὴ ἡ ταχύτητα, ἂν τὴν συγκρίνετε μὲ τὶς γνωστὲς σας ταχύτητες. Ἐνα αὐτοκίνητο, ἂς ποῦμε, τρέχει μὲ 110 χιλιόμετρα τὴν ὥρα, δηλαδὴ κάπου 30 μέτρα τὸ δευτερόλεπτο. Τὸ φῶς εἶναι 10.000.000 φορές πιὸ γρήγορο! Ἐνας δρομέας, ποὺ θὰ ἔτρεχε μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς, θὰ ἔκανε ὀκτῶ φορές τὸ γύρο τῆς γῆς, ὥσπου ἐμεῖς προφέρουμε ἓναν τριψήφιο ἀριθμὸ. Μπορεῖτε τώρα νὰ πῆτε σὲ κάποιο φίλο σας, ποὺ ἰσχυρίζεται ὅτι «τρέχει σὰν ἀστραπὴ», πῶς εἶναι μᾶλλον ὑπερβολικὸς...

Ἡ ταχύτητα λοιπὸν τοῦ φωτὸς εἶναι τόσο μεγάλη, ποὺ ξεπερνᾷ τὴ φαντασία μας. Μήπως ὅμως ὑπάρχουν ὕλικά σώματα, ἴσως στὰ βάθη τοῦ σύμπαντος, ποὺ ἔχουν ἀκόμα μεγαλύτερη ταχύτητα; Μήπως ὁ ἄνθρωπος, καθὼς τελειοποιεῖ συνέχεια τοὺς πυραύλους του, θὰ φτάσῃ ἢ καὶ θὰ ξεπεράσῃ κάποτε σὲ ταχύτητα τὸ φῶς; Τὴν ἀπάντησιν σὲ ὅλα αὐτὰ τὰ ἐρωτήματα ἔδωσε ἓνας διάσημος φυσικὸς τῆς ἐποχῆς μας, ὁ Ἀϊνστάιν, ποὺ ἀπόδειξε ὅτι :

Στὴ φύσιν δὲν μπορεῖ νὰ ὑπάρξῃ μεγαλύτερη ταχύτητα ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς.

Ἡ ταχύτητα τοῦ φωτὸς εἶναι ἓνα *ὄριο*, ἓνα *ἀνώτερο ὄριο*, ποὺ κανένα ἀπὸ τὰ ὑλικά σώματα δὲν θὰ μπορέσῃ ποτὲ νὰ ὑπερβῇ.

Εἶδαμε ὅτι ἡ ταχύτητα τοῦ φωτὸς εἶναι 300.000 χλμ. στὸ κενό, ἐκεῖ δηλαδὴ ποὺ δὲν ὑπάρχει καθόλου ὕλη, ὅπως στὸ μακρινὸ διάστημα. Ἐχει ὅμως τὸ φῶς τὴν ἴδια ταχύ-

τητα καὶ ὅταν περνᾷ ἀπὸ κάποιο ὕλικό μέσο; Ποιὰ εἶναι ἡ ταχύτητά του στὸν ἀέρα, μέσα στὸ νερὸ μιᾶς λίμνης ἢ σ' ἓνα κομμάτι γυαλί; Ἀφοῦ ἔχομε νὰ κάνουμε μὲ τόσο μεγάλες ταχύτητες, ἥ θὰ ἦταν δύσκολο νὰ τὸ ἐξακριβώσωμε. Οἱ ἔρευνες ποὺ ἔγιναν ἀπόδειξαν ὅτι : *Στὸν ἀέρα ἡ ταχύτητα τοῦ φωτὸς εἶναι σχεδὸν ὅση καὶ στὸ κενό. Στὰ ὑγρά εἶναι λίγο μικρότερη, καὶ ἀκόμα πιὸ μικρὴ στὰ στερεά.*

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Διαβάστε ἀπὸ μιὰ ἐγκυκλοπαίδεια ἢ ἄλλο κατάλληλο βιβλίον γιὰ τὴ ζωὴ καὶ τὸ ἐπιστημονικὸ ἔργο τοῦ Ἀϊνστάιν. Συζητήστε στὴν τάξιν ὅσα διαβάσατε.

2) Τὴν ἀπόστασιν γῆς - σελήνης μπορεῖτε πάλι νὰ τὴ βρῆτε σὲ μιὰ ἐγκυκλοπαίδεια. Πόσο χρόνο χρειάζεται ἓνα φωτεινὸ σῆμα ἀπὸ τὴ γῆ, γιὰ νὰ φτάσῃ σ' ἓναν ἀστροναῦτη στὴ σελήνη; Πόσο χρόνο θὰ χρειαζόταν ἓνα ἡχητικὸ σῆμα; Μπορεῖ πραγματικὰ ἓνα ἡχητικὸ κύμα νὰ φτάσῃ στὴ σελήνη;

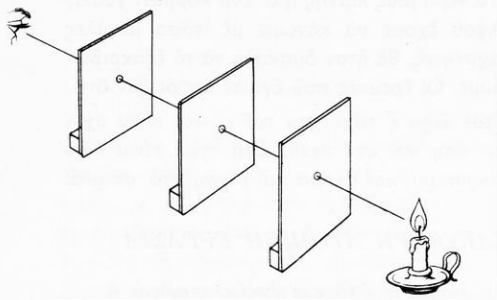
4. Τὸ φῶς διαδίδεται εὐθύγραμμα

Οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες, ἂν βέβαια δὲν συναντήσουν κάποιο ἐμπόδιο στὸ δρόμο τους, ταξιθεύουν σὲ εὐθεῖα γραμμὴ. Δὲν ἀλλάζουν κατεύθυνσιν οὔτε καὶ σχηματίζουν καμπύλες. Ἐνας φίλος ποὺ ἔστριψε στὴ γωνία παύει νὰ φαίνεται, ἐπειδὴ οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες ποὺ ξεκινοῦν ἀπ' αὐτὸν δὲν μποροῦν πιά νὰ φτάσουν στὰ μάτια μας. Στὴν αἰθουσα ἐνὸς κινηματογράφου, οἱ φωτεινὲς δέσμες φαίνονται νὰ ξεκινοῦν ἀπὸ τὸν προβολέα καὶ νὰ κατευθύνωνται ὁλοῖσια στὴν ὀθόνη.

Ἐνα ἀπλό πείραμα μπορεῖ νὰ ἐπιβεβαιώσῃ τὶς παρατηρήσεις μας.

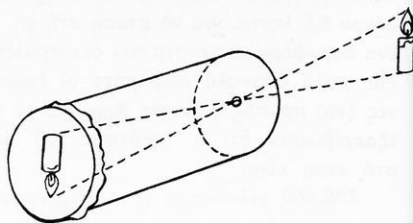
ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Κόψτε τρία τετράγωνα κομμάτια χαρτόνι περίπου ἴδιων διαστάσεων. Μ' ἓνα κορφί



Τὸ φῶς διαδίδεται εὐθύγραμμα.

ἀνοίξτε μιὰ τρύπα καὶ στὰ τρία μαζί.
Τοποθετήστε τὰ χαρτόνια σὲ κάποια ἀπόσταση
μεταξύ τους καὶ μπροστὰ ἀπὸ τὴ φλόγα
ἐνὸς κεριοῦ. Μετακινώντας τὰ χαρτόνια θὰ
βρῆτε μιὰ θέση πὺν τὸ φῶς περνᾷ ἀπ' ὅλες
τὶς τρύπες. Ποιὰ εἶναι αὕτὴ ἡ θέση ; Τί
συμπεραίνετε ; Ἐπιβεβαιώστε τὸ συμπέρασμά
σας μὲ ἓνα τεντωμένο σύρμα.



Μία πρωτόγονη φωτογραφικὴ μηχανή.

Πολλὲς φορές ἔχετε παίξει οἱ ἴδιοι μὲ τὴ
σκιά σας. Οἱ σκιές εἶναι μιὰ ἄμεση συνέπεια
τῆς εὐθύγραμμης πορείας ποὺ ἀκολουθεῖ τὸ
φῶς. Ἄν φέρετε τὸ χέρι σας κάτω ἀπὸ μιὰ
λάμπα, θὰ σχηματιστῇ ἀμέσως τὸ σκοτεινὸ
ἀποτύπωμα τοῦ χεριοῦ— ἡ σκιά του— στὸ
τραπέζι ἢ στὸ πάτωμα. Αὐτὸ συμβαίνει, γιατί
οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες ταξιδεύουν εὐθύγραμμα



Θέατρο σκιῶν : Οἱ σκιές εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς εὐθύγραμμης διαδόσεως τοῦ φωτός.

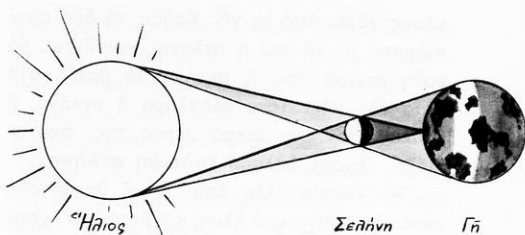
καί διακόπτονται μόνο από τὸ στερεὸ σῶμα ποὺ παρεμβάλλεται στὸ δρόμο τους. Τέτοια μάλιστα σώματα, ποὺ δὲν ἀφήνουν τὸ φῶς νὰ περάσῃ ἀπὸ τὴν ὕλη τους, ὀνομάζονται **ἀδιαφανῆ**.

Μιά διασκεδαστικὴ ἐφαρμογὴ τῶν ὁσων μάθατε εἶναι ἡ κατασκευὴ μιᾶς ἀπλῆς «φωτογραφικῆς» μηχανῆς.

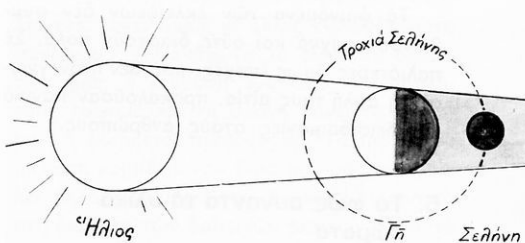
ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πάρτε ἓνα κυλινδρικό κουτί, ἀπὸ χαρτόνι ἢ τενεκέ, καὶ μ' ἓνα καρφὶ ἀνοίξτε μιὰ μικρὴ τρύπα στὴ βάση του, κοντὰ στὸ κέντρο. Μὲ ἓνα λαστιχάκι προσαρμύστε σφιχτὰ ἓνα κομμάτι λαδόχαρτο στὴν ἄλλη ἄκρη τοῦ κυλινδρικοῦ κουτιοῦ, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα. Κρατῆστε τώρα τὴ βάση τοῦ κουτιοῦ μπροστὰ στὴ φλόγα ἐνὸς κεριοῦ. Στὴ μικρὴ «θόνη» ἀπὸ λαδόχαρτο, ποὺ ἔχετε κατασκευάσει, θὰ δῆτε τὸ εἶδωλο τῆς φλόγας — καὶ μάλιστα ἀνάποδα! Αὐτὸ εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ἐνθύγραμμης διαδόσεως τοῦ φωτός. Φωτεινὲς ἀκτίνες ἀπὸ τὴν κορυφὴ τῆς φλόγας περνοῦν ἀπὸ τὴν τρύπα καὶ φτάνουν στὸ κάτω μέρος τῆς θόνης, ἐνῶ ὅσες ξεκινοῦν ἀπὸ τὸ κάτω μέρος τῆς φλόγας καταλήγουν σὲ ψηλότερο σημεῖο τῆς θόνης. Θὰ κατανοήσετε μάλιστα καλότερα τὸ πείραμα, ἂν σχεδιάσετε στὸ τετραδίό σας τὴν πορεία τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων.

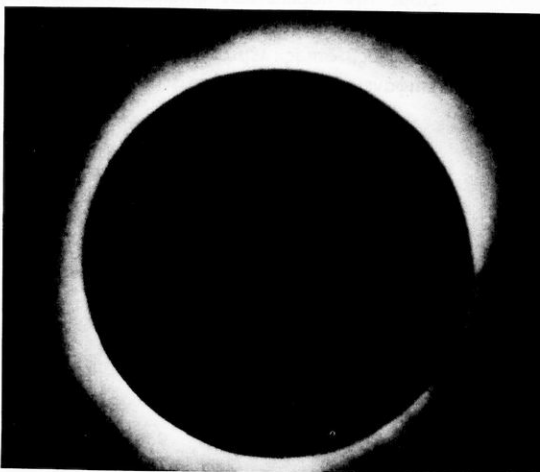
Τὸ φῶς διαδίδεται εὐθύγραμμα καὶ δημιουργεῖ σκιές καὶ ἔξω ἀπὸ τὴ γῆ μας, στὸ ἀπέραντο διάστημα. Ἐμεῖς ποὺ κατοικοῦμε στὴ γῆ παρατηροῦμε ἔτσι τὰ θεαματικὰ οὐράνια φαινόμενα, ποὺ εἶναι γνωστὰ ὡς **ἐκλείψεις**. Τὸ σχῆμα δείχνει παραστατικὰ τὸν ἥλιο, τὴ σελήνη καὶ τὴ γῆ. Ὁ ἥλιος εἶναι ἀκίνητος καὶ ἐκπέμπει τὸ φῶς του πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις. Ἡ γῆ καὶ ἡ σελήνη δὲν ἔχουν δικό τους φῶς, ἀλλὰ φωτίζονται ἀπὸ τὸν ἥλιο. Ξέρομε ἀκόμα ὅτι ἡ γῆ περιφέρεται γύρω ἀπὸ τὸν ἥλιο, διαγράφοντας μιὰ ἑλλειψ, καὶ ὅτι ἡ σελήνη διαγράφει κύ-



Ἐκλείψη ἡλίου.



Ἐκλείψη σελήνης.



Φωτογραφία ἀπὸ τὴν ἐκλείψη ἡλίου τὸ 1973. Ἦταν ἡ μεγαλύτερη σὲ διάρκεια στὴν ἀνθρώπινη ἱστορία καὶ ἔδωσε τὴν εὐκαιρία σὲ χιλιάδες ἐπιστήμονες ἀπὸ ὅλο τὸν κόσμο νὰ μελετήσουν τὸν ἥλιο καὶ τὰ φαινόμενα ποὺ σχετίζονται μὲ τὴν ἡλιακὴ ἀκτινοβολία.

κλους γύρω από τη γη. Καθώς τὰ δύο αὐτὰ σώματα (ἡ γῆ καὶ ἡ σελήνη) κινούνται, θὰ ἔρθῃ στιγμὴ πού ἡ σελήνη θὰ βρεθῇ στὴ σκιά τῆς γῆς. Τότε ὁλόκληρη ἡ σελήνη, ἢ τουλάχιστον ἓνα μικρὸ μέρος της, σκοτεινιάζει. Ἔχομε δηλαδή **ἔκλειψη σελήνης**.

Ἄν κάποια ἄλλη φορά ἡ γῆ βρεθῇ στὴ σκιά τῆς σελήνης, ὁ ἥλιος κρύβεται καὶ ἔχομε ἓνα ἀνάλογο φαινόμενο, τὴν **ἔκλειψη ἡλίου**. Ὁ κόσμος γύρω μας σκοτεινιάζει ἀπότομα καὶ τὰ ζῶα τρέχουν νὰ κρυφτοῦν.

Τὰ φαινόμενα τῶν ἐκλείψεων δὲν συμβαίνουν συχνὰ καὶ οὔτε διαρκοῦν πολὺ. Σὲ παλιότερες ὁμως ἐποχές, πού δὲν ἦταν γνωστὴ ἡ ἀπλὴ τους αἰτία, προκαλοῦσαν πανικὸ καὶ δεισιδαιμονίες στοὺς ἀνθρώπους.

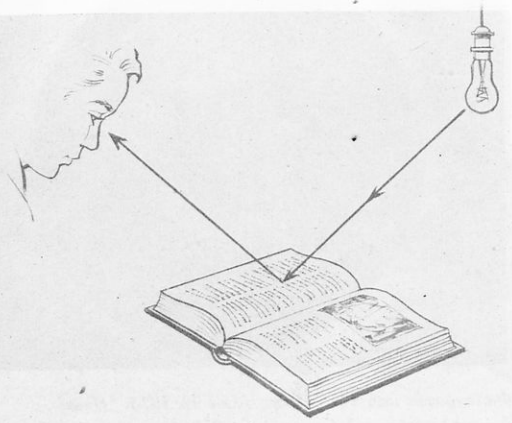
5. Τὸ φῶς συναντᾷ τὰ ὑλικά σώματα

Μ' ἓνα καθρέφτη εἶναι δυνατόν νὰ ἀλλάξωμε τὴν πορεία τῶν ἡλιακῶν ἀκτίνων καὶ νὰ τίς κατευθύνωμε σ' ἓνα σημεῖο πού θέλομε. Τὸ φῶς, ὅπως λέμε, **ἀνακλᾶται** στὴ λεῖα ἐπιφάνεια τοῦ καθρέφτη. Τὸ φῶς ἀλλάζει

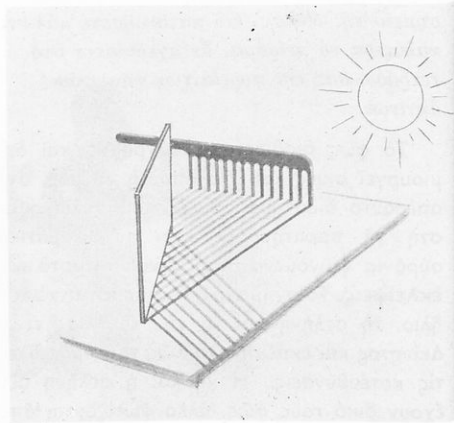
πορεία μ' αὐτὸ τὸν τρόπο— καὶ φεύγει τώρα πρὸς ἄλλη κατεύθυνση— κάθε φορά πού συναντᾷ ἓνα ἔμπόδιο.

Χάρη στὴν ἀνάκλαση— καὶ μάλιστα, ὅπως θὰ δοῦμε, τὴν ἀκανόνιστη ἀνάκλαση— γίνονται ὁρατὰ τὰ πιὸ πολλὰ ἀπὸ τὰ ὑλικά σώματα. Ἡ σελήνη, τὸ βιβλίο μας ἢ ἓνα λουλουδί δὲν ἐκπέμπουν ἀπὸ μόνα τους φῶς. Εἶναι **ἐτερόφωτα** σώματα. Βλέπομε τὰ ἐτερόφωτα αὐτὰ σώματα, ἐπειδὴ ἀνακλοῦν καὶ πρὸς τὰ μάτια μας ἓνα μέρος ἀπὸ τὸ φῶς πού δέχονται τὰ ἴδια. Μὲ τὸ φῶς μιᾶς λάμπαςμποροῦμε νὰ διακρίνωμε τὰ πράγματα ἐνὸς σκοτεινοῦ δωματίου. Ἄν σβῆσωμε τὴ λάμπα, τὰ πράγματα ἐξακολουθοῦν νὰ βρίσκωνται στὴν ἴδια θέση. Δὲν ὑπάρχουν ὁμως πιά οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες πού θὰ ἀνακλαστοῦν ἐπάνω τους καὶ θὰ τὰ κάνουν ὁρατά.

Ἄς δοκιμάσωμε τώρα νὰ ἀπαντήσωμε σὲ ἓνα σημαντικό ἐρώτημα. Οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες συναντοῦν μιὰ ἐπίπεδη ἐπιφάνεια μὲ μιὰ ὀρισμένη γωνία. Πρὸς τὰ πού κατευθύνονται ὁμως, ἀφοῦ ἀνακλαστοῦν; Μὲ ποιά γωνία δηλαδή θὰ ἀφήσουν τὴν ἐπιφάνεια; Ἀπὸ ὅσα μάθαμε γιὰ τὴν ἀνάκλαση τοῦ ἤχου—



Μποροῦμε νὰ διαβάσωμε, ἐπειδὴ τὸ φῶς ἀνακλᾶται στὶς σελίδες τοῦ βιβλίου.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Τὸ φῶς ἀνακλᾶται ἀπὸ μιὰ ἐπιφάνεια μὲ τὴν ἴδια γωνία πὸν τὴν συναντᾷ.

που είναι, όπως και το φως, μία μορφή ενέργειας— ίσωςμαντεύομε την απάντηση.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

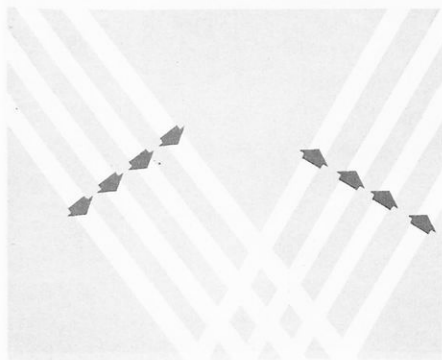
Τοποθετήστε ένα χτένι στο δρόμο του ήλιακού φωτός, που πέφτει πλάγια σ' ένα άσπρο χαρτόνι. Δώστε τέτοια κλίση στο χαρτόνι, ώστε οι φωτεινές δέσμες που φεύγουν από το χτένι να έχουν μήκος μερικά εκατοστόμετρα. Τοποθετήστε διαγώνια στην τροχιά τους έναν καθρέφτη, όπως δείχνει η εικόνα. Τί παρατηρείτε; Στρίψτε λίγο τον καθρέφτη. 'Αλλάζουν κατεύθυνση οι ανακλώμενες φωτεινές δέσμες; Τί συμπεραίνετε;

Οι παρατηρήσεις αυτές μᾶς οδηγούν στο συμπέρασμα ότι στο φως, όπως και στον ήχο, η γωνία προσπτώσεως είναι ίση με τη γωνία ανακλάσεως.

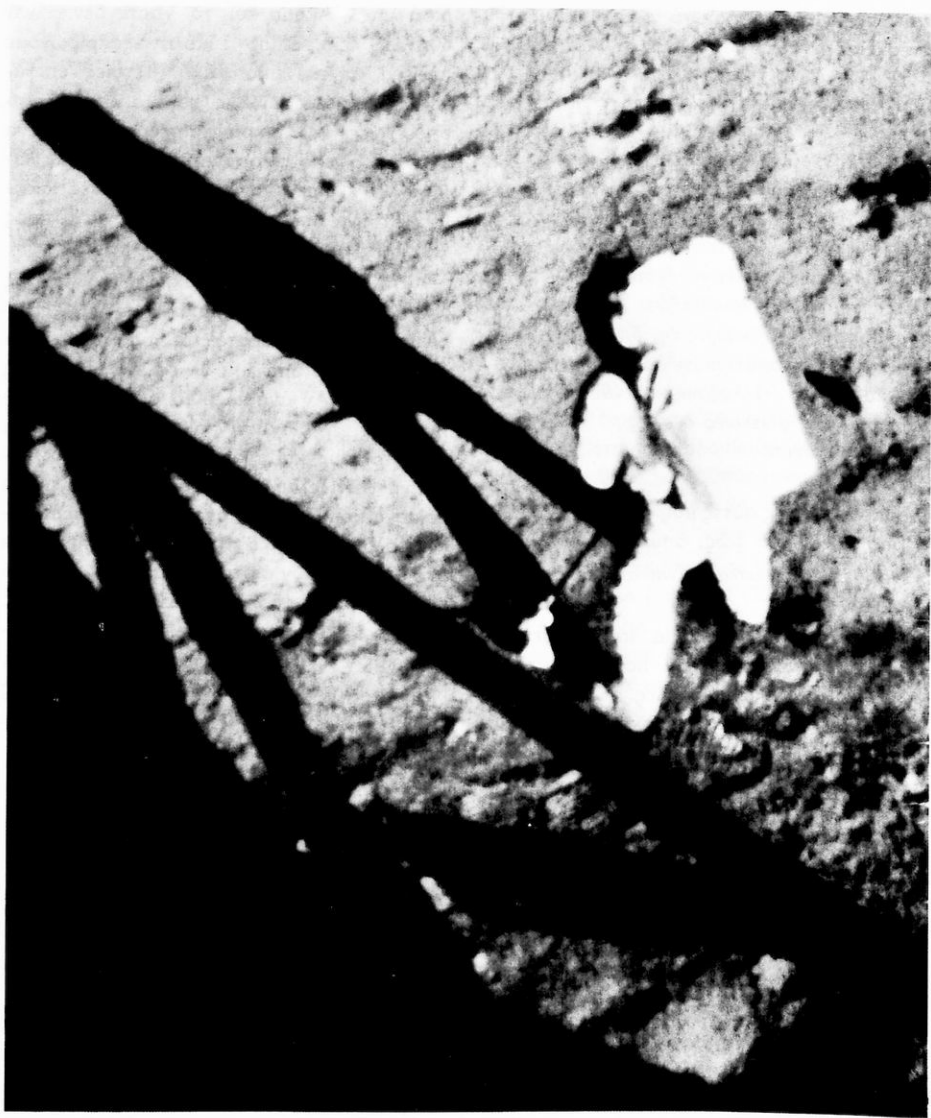
Στις πιο πολλές βέβαια περιπτώσεις οι επιφάνειες των σωμάτων που συναντά το φως είναι σχετικά άνωμαλες. 'Ο καθρέφτης είναι λείος, όχι όμως ο πίνακας ή το πουκά-

μισό μας. 'Ακόμα και το χαρτί δεν είναι έντελως λείο, όπως εύκολα εξακριβώνομε με ένα μεγεθυντικό φακό. Τέτοιες επιφάνειες παρουσιάζουν ένα μεγάλο αριθμό από προεξοχές και μικρά επίπεδα, το καθένα με διαφορετικό προσανατολισμό. Είναι λογικό να περιμένωμε ότι οι φωτεινές ακτίνες θα ανακλαστούν τώρα άκανόνιστα προς όλες τις κατευθύνσεις.

Αυτή η άκανόνιστη ανάκλαση του φωτός — ή **διάχυση**, όπως την λέμε με μία λέξη — είναι που κάνει όρατά τα γύρω μας αντικείμενα. Έχει όμως κι άλλες ενδιαφέρουσες συνέπειες. 'Αν ανάψωμε το φως του δωματίου μας, ή διάχυσή του από τα έπιπλα, τους τοίχους και τη σκόνη κάνει το δωμάτιο να φωτίζεται ομοιόμορφα. Τα πιο μικρά μάλιστα κομμάτια του αέρα που μᾶς περιβάλλει, δηλαδή τα μόριά του, βοηθούν σημαντικά στη διάχυση των φωτεινών ακτίνων. Γι' αυτό και «ξημερώνει» πολύ πριν ανατείλει ο ήλιος : το ήλιακό φως διαχέεται στα μόρια της ατμόσφαιρας. Στη σελήνη, από την άλλη μεριά, που δεν υπάρχει ατμόσφαιρα, ή σκιά ενός άστρουαυτή είναι «κοφτή» και πολύ σκοτεινή.



'Ανάκλαση σε λείες και ανώμαλες επιφάνειες.



Ἐπειδὴ δὲν ὑπάρχει ἀτμόσφαιρα, ἡ σκὰὶ ἑνὸς ἀστροναύτη στὴ σελήνη εἶναι πολὺ ἔντονη.

“Ας προσπαθήσωμε τώρα νὰ ἀπαντήσωμε σ’ ἓνα ἄλλο ἐρώτημα : “Ὅλο ἄραγε τὸ φῶς— ἢ ἀκριβέστερα, ὅλη ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια— ποὺ πέφτει σ’ ἓνα σῶμα ἀνακλᾶται; Μήπως ὀρισμένα ὑλικά ἀνακλοῦν τὸ φῶς καλύτερα ἀπὸ ἄλλα;

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Ἀνοίξτε ἓνα βιβλίον σὲ μιὰ ἄσπρη σελίδα. Τοποθετήστε τὸ βιβλίον μὲ τὴ ράχη στὸ φῶς, ὥστε ἡ ἄσπρη του σελίδα νὰ εἶναι σκιασμένη. Κρατήστε τώρα ἕναν καθρέφτη μπροστὰ στὸ βιβλίον, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα. Τί παρατηρεῖτε; Τί συμβαίνει ἂν, ἀντὶ τοῦ καθρέφτη, χρησιμοποιήσετε ἓνα ἄσπρο φύλλο χαρτί; Ἕνα μαῦρο φύλλο χαρτί; Ἕνα κομμάτι γυαλί;

Στὶς δύο πρῶτες περιπτώσεις τὸ φῶς ἀνακλᾶται— περισσότερο στὸν καθρέφτη, λιγότερο στὸ ἄσπρο χαρτί— καὶ φωτίζει τὴ σκιασμένη σελίδα τοῦ βιβλίου. Τὸ μαῦρο χαρτί, ἀντίθετα, **ἀπορροφᾷ** τὸ μεγαλύτερο μέρος ἀπὸ τὸ φῶς. Πολὺ λίγο ἀνακλᾷ. Τὸ γυαλί, τέλος, ἀνακλᾷ ἐλάχιστο φῶς, ἐνῶ

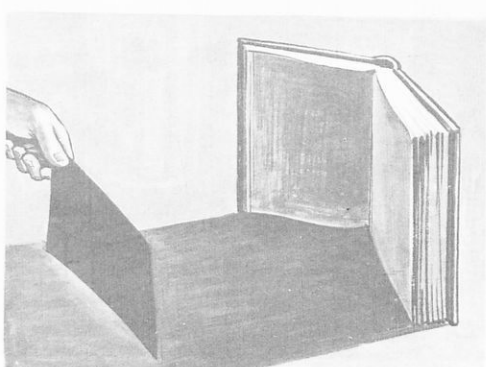
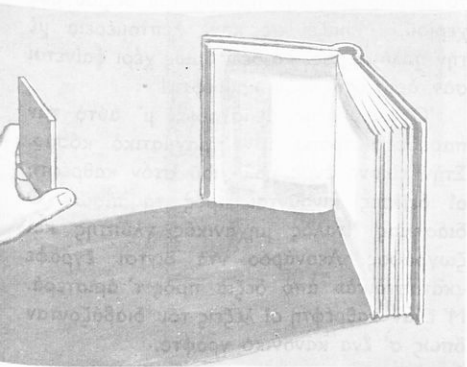
ἀφήνει τὸ περισσότερο νὰ περάσῃ ἀνενόχλητο ἀπὸ τὴν ὕλη του. Εἶναι, ὅπως λέμε, ἓνα **διαφανές** σῶμα. Ὁ ἀέρας, τὸ νερὸ, τὰ τζάμια στὰ παράθυρα εἶναι κι αὐτὰ διαφανῆ σώματα.

Εἶδαμε λοιπὸν ὅτι τὰ διάφορα σώματα ἀνακλοῦν τὸ φῶς, τὸ ἀπορροφοῦν ἢ τὸ ἀφήνουν νὰ περάσῃ ἀπὸ τὴν ὕλη τους. Ἀνάλογα μὲ τὸ ὑλικὸ καὶ τὴ μορφή ποὺ ἔχει ἡ ἐπιφάνεια τοῦ σώματος, ἓνα ἀπ’ αὐτὰ τὰ φαινόμενα παρουσιάζεται πιὸ ἐντονα.

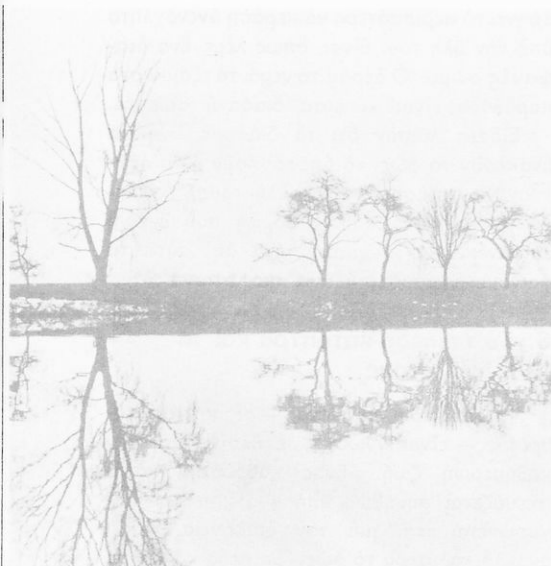
6. Τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα καὶ τὰ εἰδωλά τους

Τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα—οἱ κοινοὶ καθρέφτες—εἶναι γνωστὰ σὲ ὅλους ἀπὸ τὴν καθημερινὴ ζωὴ. Ἕνας καθρέφτης κατασκευάζεται συνήθως ἀπὸ γυαλί, ποὺ ἐπαργυρώνεται στὴ μιὰ του ἐπιφάνεια. Ἔτσι ἀνακλᾷ καλύτερα τὸ φῶς. Ἐπίπεδα κάτοπτρα εἶναι καὶ ἡ στιλπνὴ ἐπιφάνεια ἐνὸς μετάλλου ἢ τὸ ἡρεμὸ νερὸ μιᾶς στέρνας. Πολλὲς φορὲς θὰ ἔχωμε δεῖ σὲ τέτοια φυσικὰ κάτοπτρα τὸ πρόσωπό μας.

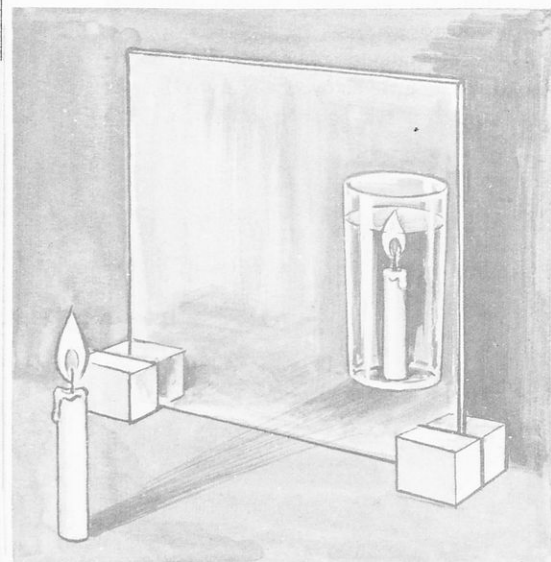
Ἀς ἐρευνήσωμε τώρα μεθοδικὰ τὰ **εἰδωλά**, δηλαδὴ τὶς εἰκόνες τῶν ἀντικειμένων ποὺ μᾶς δίνει ἓνα ἐπίπεδο κάτοπτρον. Ἀπὸ



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ὁ καθρέφτης ἀνακλᾷ, ἐνῶ ἓνα μαῦρο χαρτί ἀπορροφᾷ τὸ φῶς.



Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ εἶναι ἓνα μεγάλο ἐπίπεδο κάτοπτρο.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Τὸ εἶδωλο τῆς φλόγας «καίει» ἀνετόχλητο μέσα στὸ νερό.

τὴν πείρα μας ξέρομε μερικὰ βασικά τους χαρακτηριστικά. Ἄν φέρωμε μπροστὰ σ' ἓνα καθρέφτη τὸ μολύβι μας, θὰ σχηματιστῇ ἓνα ὅμοιο καὶ ἴσου μεγέθους εἶδωλό του στὸν καθρέφτη. Ἄν ἀπομακρύνωμε τὸ μολύβι, τὸ εἶδωλο φαίνεται νὰ ὑποχωρῇ σὲ ἀνάλογο βάθος. Ὁ καθρέφτης ὅμως εἶναι λεπτός. Ἄρα τὸ εἶδωλο δὲν ὑπάρχει πραγματικά ἐκεῖ ποὺ τὸ βλέπομε νὰ σχηματίζεται. Εἶναι, ὅπως λέμε, ἓνα φανταστικὸ εἶδωλο.

Ἄν ἔχετε ἀμφιβολίες, μ' ἓνα διασκεδαστικὸ πείραμα θὰ πεισθῇτε γιὰ τὴν ὑπαρξὴ φανταστικῶν εἰδῶλων.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Στηρίξτε ὀρθοῖο ἓνα κομμάτι τζάμι, ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα. Σὲ ἀπόσταση περίπου 30 ἑκατοστόμετρα ἀπὸ τὸ τζάμι τοποθετήστε ἓνα ἀναμμένο κερί. Ἀπὸ τὴν ἄλλῃ μεριά, σὲ ἴση ἀπόσταση, ἓνα ποτήρι νερό. Πίσω ἀπὸ τὸ ποτήρι τοποθετήστε ἓνα σκοῦρο χαρτόνι. Ἄν κοιτάξετε τὸ ποτήρι μέσα ἀπὸ τὸ τζάμι, θὰ ὄητε τὴ φλόγα τοῦ κεριοῦ νὰ καίη ἀνετόχλητῃ μέσα στὸ νερό!

Εἶναι ὅμως τὸ εἶδωλο ποὺ σχηματίζουν τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα ἐντελῶς ὅμοιο μὲ τὸ ἀντικείμενο; Σ' ἓναν καθρέφτη παρατηροῦμε τὸ εἶδωλο ἀπὸ τὴν παλάμη τοῦ δεξιοῦ μας χεριοῦ. Μοιάζει σὲ κάθε λεπτομέρεια μὲ τὴν παλάμη μας. Τὸ δεξιὸ ὅμως χερί φαίνεται σὰν ἄριστερό στὸν καθρέφτη!

Ὁ καθρέφτης ἀναστρέφει μ' αὐτὸ τὸν παράδοξο τρόπο τὸν πραγματικὸ κόσμο. Στὴν εἰκόνα ἐνὸς ρολογιοῦ στὸν καθρέφτη οἱ δείκτες κινοῦνται πρὸς τὰ πίσω. Ὁ διάσημος Ἰταλὸς μηχανικός, γλύπτης καὶ ζωγράφος Λεονάρδο ντὰ Βίντσι ἔγραφε «κατοπτρικά» ἀπὸ δεξιὰ πρὸς τ' ἄριστερά. Μ' ἓναν καθρέφτη οἱ λέξεις του διαβάζονταν ὅπως σ' ἓνα κανονικὸ γραφτό.

Σ' ἓναν καθρέφτη διαβάστε αὐτὴ τὴ φράση :

.πι.α.γ.γ.ν.ἑ.ν. ἰ.ο.ν.ἱ.ζ. ρ.ῶ.φ. ὁ.τ.

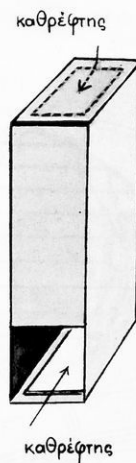
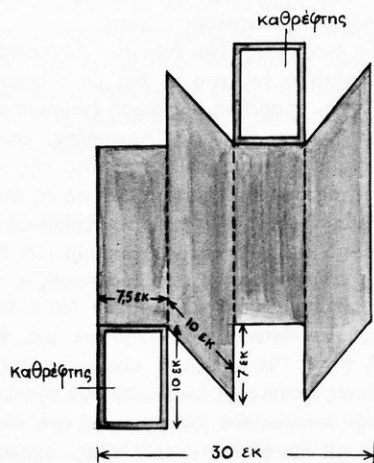
Ἡ δημιουργία εἰδώλων ἀπὸ τὰ κάτοπτρα δὲν ὀφείλεται σὲ κάποια περίεργη ιδιότητα τῆς ὕλης τους. Μάθαμε ὅτι ἓνα κάτοπτρο ἀνακλᾷ τὸ φῶς. Φωτεινὲς ἀκτίνες ἀπὸ ἓνα ἀντικείμενο—τὸ πρόσωπό μας, ἓνα μολύβι, τὴ φλόγα τοῦ κεριοῦ—ἀνακλῶνται ἔτσι στὸ κάτοπτρο καὶ φτάνουν στὰ μάτια μας. Τὸ μάτι «συνθέτει» τὴν εἰκόνα τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὶς ἀνακλῶμενες ἀκτίνες. Γι' αὐτὸ τὸ ἀντικείμενο μπορεῖ νὰ βρίσκεται καὶ ἔξω ἀπὸ τὸ ὀπτικό μας πεδίο. Μ' ἓναν καθρέφτη εἶναι ἡ μόνη ἴσως φορὰ ποὺ «βλέπομε» τί γίνεται πίσω ἀπὸ τὴν πλάτη μας.

Ὁ συνδυασμὸς κατοπτρικῶν ἐπιφανειῶν μᾶς ἐπιτρέπει ἐξάλλου νὰ βλέπωμε ψηλότερα ἀπὸ τὴ θέση μας. Ἔτσι, ἓνα ὑποβρύχιο δὲν χρειάζεται νὰ ἀναδύεται στὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας γιὰ νὰ ἀνιχνεύῃ τὸν ὀρίζοντα.

Χρησιμοποιεῖ γι' αὐτὸν τὸ σκοπὸ τὸ περισκόπιο.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

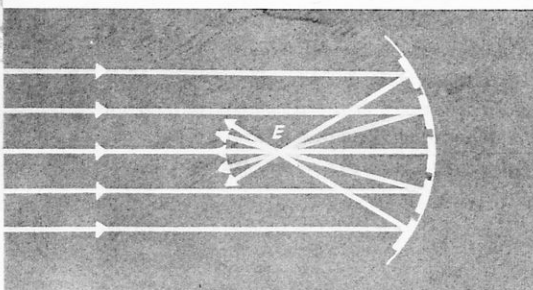
Θὰ κατασκευάσετε μόνοι σας ἓνα ἀπλὸ περισκόπιο. Σᾶς χρειάζονται ἓνα ὀρθογώνιο κομμάτι χαρτόνι, περίπου 40×30 ἑκατοστόμετρα, καὶ δύο κοινὰ καθρεφτάκια, περίπου 8×6 ἑκατοστόμετρα τὸ καθένα. Χωρίστε τὸ χαρτόνι σὲ τέσσερις ἴσες λουρίδες καὶ κόψτε το, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα. Διπλώστε τώρα προσεκτικὰ τὸ χαρτόνι κατὰ μῆκος τῶν διακεκομμένων γραμμῶν. Θὰ σχηματιστῇ ἔτσι ἓνα ὀρθογώνιο κουτί, μὲ δύο «παράθυρα» ποὺ βλέπουν πρὸς τοὺς καθρέφτες. Συνδέστε μὲ κολλητικὴ ταινία



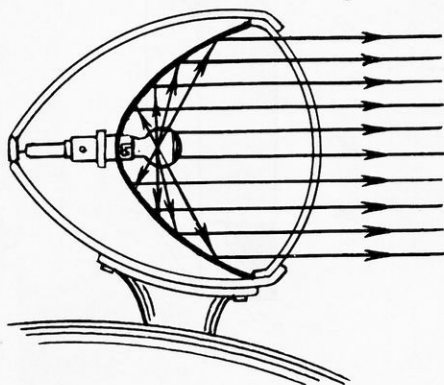
τις πλευρές του ὀρθογωνίου, ὥστε νὰ γίνη ἡ κατασκευὴ σας στέρεη. Ἔχετε ἔτσι κατασκευάσει ἕνα ἀπλὸ περισκόπιο, ποὺ σὰς ἐπιτρέπει νὰ βλέπετε ἀπὸ γωνίες ἢ πίσω ἀπὸ στερεὰ ἀντικείμενα.

7. Σφαιρικά κάτοπτρα

Ὅπως εὐκόλα διαπιστώνομε, οἱ καθρέφτες πορείας ἑνὸς αὐτοκινήτου παρουσιάζουν μιὰ ἐλαφρὰ καμπυλότητα. Εἶναι **σφαι-**



Ἕνα κοίλο κάτοπτρο συγκεντρώνει στὴν ἐστία τὶς φωτεινὲς ἀκτίνες.



Ὁ προβολέας τοῦ αὐτοκινήτου εἶναι ἕνα κοίλο κάτοπτρο — ὄχι ἀκριβῶς σφαιρικό — μὲ ἕνα ἡλεκτροικὸ λαμπάκι στὴν ἐστία του.

ρικὰ κάτοπτρα. Παρόμοια σφαιρικὰ κάτοπτρα, **κυρτὰ ἢ κοίλα**, συναντοῦμε σὲ χρήσιμες ἐφαρμογὲς στὴ ζωὴ μας.

Ἄς ἐξετάσουμε τί συμβαίνει, ἂν σ' ἕνα κοίλο κάτοπτρο— ποὺ θυμίζει τὴν ἐσωτερικὴ ἐπιφάνεια μιᾶς σφαίρας— κατευθύνωμε μιὰ δέσμη φωτός. Ὅπως περιμένομε, τὸ μεγαλύτερο μέρος τῆς δέσμης θὰ ἀνακλασθῇ. Δὲν εἶναι μάλιστα δύσκολο νὰ παρακολουθήσωμε τὴν πορεία τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων. Ἄρκει νὰ φανταστοῦμε ὅτι ἡ σφαιρικὴ ἐπιφάνεια ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα. Στὸ καθένα ἀπ' αὐτὰ οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες ἀνακλῶνται μὲ τὴν ἴδια γωνία ποὺ προσπίπτουν.

Ὅπως συμπεραίνομε ἀπὸ τὸ σχῆμα, τὸ κοίλο κάτοπτρο συγκεντρώνει τὶς παράλληλες φωτεινὲς ἀκτίνες σ' ἕνα μόνο σημεῖο. Τὸ σημεῖο αὐτὸ ὀνομάζεται **ἐστία** τοῦ κατόπτρου. Ἡ ἐστία βρίσκεται τόσο πῶς μακριὰ ἀπὸ τὸ κάτοπτρο, ὅσο μεγαλύτερη ἀκτίνα ἔχει ἡ σφαιρικὴ του ἐπιφάνεια. Μὲ τὴ βοήθεια τῆς προηγούμενης εἰκόνας μπορεῖτε ἀσφαλῶς νὰ καταλάβετε γιατί.

Τὸ φῶς ὅμως εἶναι ἐνέργεια. Συγκεντρωμένη αὐτὴ ἡ ἐνέργεια σ' ἕνα μόνο σημεῖο, τὴν ἐστία, μπορεῖ νὰ μᾶς δώσῃ ἐντυπωσιακὰ ἀποτελέσματα. Ἴσως ὁ Ἀρχιμήδης, σπουδαῖος μαθηματικὸς καὶ ἐρευνητὴς τῆς ἀρχαιότητος, νὰ μὴν ἤξερε πολλὰ γιὰ τὴ φύση τοῦ φωτός. Αὐτὸ ὅμως δὲν τὸν ἐμπόδισε νὰ κάψῃ, μὲ κοῖλα κάτοπτρα, τὰ πλοῖα τῶν Ρωμαίων στὴν πολιορκία τῶν Συρακουσῶν.

Τί θὰ συμβῇ τώρα, ἂν στὴν ἐστία ἑνὸς κοίλου κατόπτρου τοποθετήσωμε μιὰ φωτεινὴ πηγὴ; Ἡ ἀπάντηση εἶναι εὐκόλη. Οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες θὰ ἀκολουθήσουν τὴν ἀντίστροφη πορεία. Θὰ ἀνακλαστοῦν στὸ κάτοπτρο καὶ θὰ φύγουν παράλληλες, σχηματίζοντας μιὰ ἰσχυρὴ φωτεινὴ δέσμη. Ἐκεῖ σπηρίζουν τὴ λειτουργία τους οἱ προβολεῖς τῶν αὐτοκινήτων.

Ἕνα ἄλλο εἶδος κατόπτρων, τὰ **κυρτὰ κάτοπτρα**, μοιάζουν μὲ τὴν ἐξωτερικὴ ἐπι-

φάνεια μιᾶς γυαλισμένης σφαίρας. Δὲν εἶναι δύσκολο νὰ μαντέψουμε καὶ στὰ κυρτὰ κάτοπτρα τὴν πορεία τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ

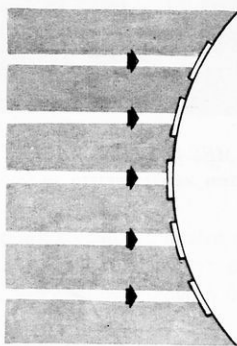
Τὸ σχῆμα δείχνει μιὰ δέσμη ἀπὸ παράλληλες ἀκτίνες, ποὺ πέφτουν στὴν ἐπιφάνεια ἐνὸς κυρτοῦ κατόπτρου. Ἄν φανταστήτε πάλι ὅτι τὸ κάτοπτρο ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰ ἐπίπεδα κομμάτια, ποιά θὰ εἶναι ἡ πορεία τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων; Θὰ συναντηθοῦν, ὅπως σ' ἓνα κοῖλο κάτοπτρο, σ' ἓνα σημεῖο; Μήπως συναντηθοῦν οἱ προεκτάσεις τους; Διατυπώστε τὰ συμπεράσματά σας.

Ἄς δοκιμάσουμε τώρα νὰ ἀπαντήσουμε σ' ἓνα ἄλλο ἐρώτημα. Τί εἶδους εἰδῶλα μᾶς δίνουν οἱ σφαιρικές κατοπτρικές ἐπιφάνειες; Ὅπως μάθαμε, στὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα οἱ νόμοι εἶναι σχετικὰ ἀπλοῖ. Τὸ εἰδῶλο φαίνεται πίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρο καὶ ἔχει τὸ ἴδιο μέγεθος μὲ τὸ ἀντικείμενο. Στὰ σφαιρικά κάτοπτρα ἔχομε πῶς δύσκολους κανόνες. Ἐδῶ παίζει ρόλο καὶ τὸ εἶδος τῆς ἐπιφάνειας — ἂν εἶναι κυρτὴ ἢ κοίλη — καὶ τὸ πόσο μακριὰ βρίσκεται τὸ ἀντικείμενο ἀπὸ τὴν ἐστία.

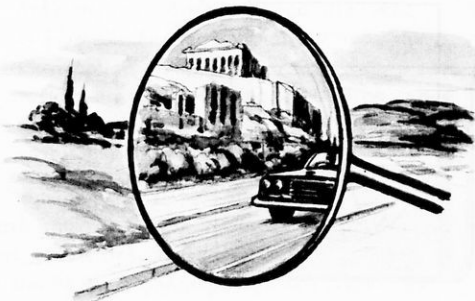
ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πάρτε ἓνα κοντάλι σουπας, καλὰ γυαλισμένο. Κοιτάξτε τὸ πρόσωπό σας στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ κονταλιοῦ, ποὺ εἶναι μιὰ κοίλη κατοπτρική ἐπιφάνεια. Τί παρατηρεῖτε; Φέρετε τὸ μάτι σας ὅλο καὶ πῶς κοντά. Πῶς ἀλλάζει τὸ εἰδῶλο τοῦ προσώπου σας; Γυρίστε τὸ κοντάλι ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριά. Ἐχετε τώρα μιὰ κυρτὴ κατοπτρική ἐπιφάνεια. Πῶς εἶναι τὸ εἰδῶλο τοῦ προσώπου σας; Ἀλλάζει σὲ τίποτα τὸ εἰδῶλο, ἂν φέρετε κοντύτερα τὸ κοντάλι;

Μποροῦμε τώρα νὰ διατυπώσουμε τὰ συμπεράσματά μας. Σ' ἓνα κοῖλο κάτοπτρο τὸ εἰδῶλο εἶναι συνήθως μικρότερο ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο καὶ ἀντεστραμμένο. Ὅσο πλησιάζουμε πρὸς τὸ κάτοπτρο, τὸ εἰδῶλο μεγαλώνει. Θὰ ἔρθῃ μάλιστα στιγμή — γιὰ τὴν ἀκρίβεια, ὅταν τὸ ἀντικείμενο βρεθῇ ἀνάμεσα στὴν ἐστία καὶ τὸ κάτοπτρο — ποὺ τὸ εἰδῶλο θὰ εἶναι μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο καὶ ὀρθο. Στὰ κυρτὰ κάτοπτρα, ἀντίθετα, τὸ εἰδῶλο εἶναι πάντοτε ὀρθο καὶ μικρότερο ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο.



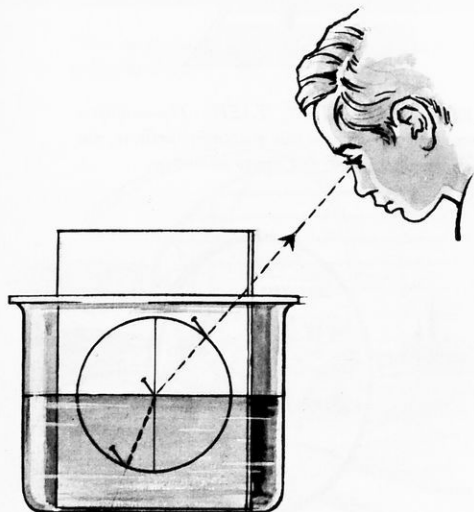
ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ. Προσπαθήστε νὰ μαντέψετε τὴν πορεία τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, ποὺ πέφτουν παράλληλες σ' ἓνα κυρτὸ κάτοπτρο.



Μὲ κυρτὰ κάτοπτρα παρακολουθοῦμε τὴν κίνηση, καθὼς ὁδηγοῦμε.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ἡ φωτεινὴ δέσμη διαθλάται καθὼς συναντᾷ τὸ νερό.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ἡ διάθλαση κάνει τίς τρεῖς καρφίτσες νὰ φαίνονται σὲ μιὰ εὐθεία.

Τὰ σφαιρικά κάτοπτρα μᾶς δίνουν λοιπὸν μιὰ ποικιλία εἰδώλων. Ὅσα μάλιστα ἔχουν μεγάλη καμπυλότητα σχηματίζουν εἰδῶλα λίγο πολὺ παραμορφωμένα. Ἐτσι τὸ πρόσωπό μας παίρνει ἓνα αὐγοειδὲς σχῆμα, ὅταν καθρεφτίζεται στὸ μπουκάλι. Οἱ διασκεδαστικοὶ «μαγικοί» καθρέφτες δὲν εἶναι καθόλου μαγικοί. Εἶναι ἓνας ἔξυπνος συνδυασμὸς ἀπὸ κατοπτρικὲς ἐπιφάνειες, ποὺ παραμορφώνουν τὸ σῶμα μας ἢ τοῦ δίνουν ὑπερφυσικὲς διαστάσεις.

Τὰ κοῖλα σφαιρικά κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται σὲ μικροσκοπία καὶ προβολεῖς, γιὰ νὰ συγκεντρώνουν τὸ φῶς. Μὲ κοῖλα κάτοπτρα ξυρίζονται καμιά φορά οἱ μεγάλοι, ἐπειδὴ σχηματίζουν μεγεθυμένη τὴν εἰκόνα τοῦ προσώπου. Κυρτὰ κάτοπτρα, ἐξάλλου, εἶναι οἱ καθρέφτες τῶν αὐτοκινήτων, ποὺ βοηθοῦν στὸ νὰ παρακολουθοῦμε τὴν κίνηση, καθὼς ὁδηγοῦμε. Παρόμοια κυρτὰ κάτοπτρα τοποθετοῦνται καὶ σὲ στορφεὲς τῶν δρόμων μὲ κακὴ ὁρατότητα.

8. Ἡ διάθλαση τοῦ φωτός

Μάθαμε ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται μὲ διαφορετικὴ ταχύτητα στὰ διάφορα ὑλικά. Ἡ ταχύτητά του εἶναι μεγαλύτερη στὸν ἀέρα ἀπὸ ὅ,τι στὸ νερὸ ἢ στὸ γυαλί. Ἐτσι μιὰ φωτεινὴ δέσμη ὑποχρεώνεται νὰ ἐλαττώσῃ ταχύτητα, καθὼς περνᾷ ἀπὸ τὸν ἀέρα στὸ νερό. Συγχρόνως ὅμως, ὅπως θὰ διαπιστώσωμε ἀμέσως, ἀλλάζει τὴν ἀρχικὴ τῆς διεύθυνση.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῇτε ἓνα ποτήρι, λίγο γάλα, ἓνα ἄλουμινοχαρτο καὶ ἓναν ἡλεκτρικὸ φακό.

- 1) Γεμίστε τὸ ποτήρι κατὰ τὰ δύο τρίτα του μὲ νερὸ καὶ προσθέστε λίγες σταγόνες γάλα.
- 2) Σκεπάστε τὸ ποτήρι ἐφαρμοστὰ μὲ τὸ ἄλουμινοχαρτο. Ἀνοίξτε στὸ σκέλεσμά

μιά λεπτή σχισμή κοντά στα χείλη του ποτηριού. Σηκώνοντας το σκέπασμα από κάποια άκρη, γεμίστε — καίγοντας π.χ. ένα χαρτάκι — με καπνό το χώρο πάνω από το νερό.

3) Με μία κολλητική ταινία εφαρμόστε τώρα καλά το σκέπασμα. Κατευθύνετε στη σχισμή τη φωτεινή δέσμη του φακού, όπως δείχνει η εικόνα. Τί παρατηρείτε; Το πείραμα θα είναι βέβαια ευκρινέστερο, αν συσκοτιστή η τάξη.

“Όπως εξακριβώσαμε με το πείραμα, η φωτεινή δέσμη «λυγίζει», στο σημείο που συναντά την επιφάνεια του νερού. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **διάθλαση του φωτός**. Δηλαδή :

Διάθλαση είναι η αλλαγή της πορείας των φωτεινών ακτίνων, όταν περνούν από ένα διαφανές υλικό σε άλλο.

“Όπως απόδειξαν οι επιστήμονες που μελέτησαν το φαινόμενο, το φως διαθλάται, επειδή έχει διαφορετική ταχύτητα στα δύο υλικά.

“Ας εξετάσουμε κάπως περισσότερο την κατεύθυνση που ακολουθεί μία διαθλώμενη φωτεινή ακτίνα.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε ένα ποτήρι, ένα κομμάτι φελλό ή χοντρό χαρτόνι και τρεις καρφίτσες.

1) Με το διαβήτη σας κάντε έναν κύκλο στο κάτω μέρος του φελλού. Στόν κύκλο αυτό τραβήξτε δύο κάθετες διαμέτρους.

2) Καρφώστε μία καρφίτσα στο κέντρο του κύκλου και μία δεύτερη καρφίτσα στην περιφέρεια του κύκλου, κοντά στην κατακόρυφη διάμετρο, όπως στο σχήμα.

3) Βάλτε το φελλό μέσα στο ποτήρι και κρατήστε τον κατακόρυφα με το χέρι σας, ώστε να αγγίζει τον πάτο του ποτηριού.

4) Προσθέστε νερό στο ποτήρι ως την οριζόντια διάμετρο.

5) Πάρτε την τρίτη καρφίτσα στο χέρι σας και σημαδεύοντας με το μάτι καρφώστε την στο φελλό, ώστε οι τρεις καρφίτσες να φαίνονται σε ευθεία γραμμή.

6) Βγάλτε το φελλό από το νερο. Φέρτε τις ευθείες που ενώνουν τις τρεις καρφίτσες.

Τί παρατηρείτε; Από πού ξεκινά το φως και προς τα πού πάει; Που είναι μεγαλύτερη ή ταχύτητά του;

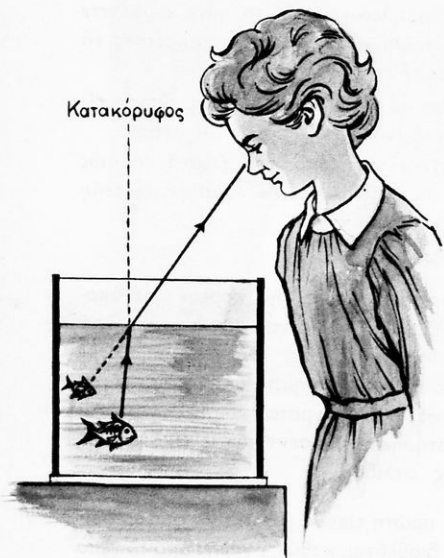
Το πείραμα έδειξε την πορεία που ακολουθεί μία φωτεινή ακτίνα, για να φτάσει από το νερό στο μάτι μας. Θα αφομοιώσουμε καλύτερα τα συμπεράσματά μας με δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Παρατηρήστε προσεκτικά τις εικόνες της επόμενης σελίδας.

Στην πρώτη εικόνα μία ακτίνα φωτός φαίνεται να διαθλάται, καθώς βγαίνει από το νερό στον αέρα. Στη δεύτερη εικόνα η ακτίνα ακολουθεί την αντίστροφη πορεία— από τον αέρα στο νερό. Και στις δύο περιπτώσεις μπορεί κανείς να φανταστεί μία ευθεία κάθετη στην επιφάνεια, στο σημείο που οι φωτεινές ακτίνες συναντούν το νερό. Αυτή την ευθεία την λέμε *κατακόρυφο*. “Όπως παρατηρήσαμε,

όταν περνούν από τον αέρα στο νερό, οι φωτεινές ακτίνες πλησιάζουν προς την κατακόρυφο. “Αντίστροφα, όταν ταξιδεύουν από το νερό στον αέρα, οι ακτίνες απομακρύνονται από την κατακόρυφο.

“Εμείς βλέπομε ένα αντικείμενο πάντα κατά την προέκταση της φωτεινής ακτίνας, που φτάνει στο μάτι μας. Έτσι το ψάρι στην γυάλα θα φανή ψηλότερα από ό,τι είναι στην πραγματικότητα. “Ο ψαροντουφεκάς θα δει τα βατραχοπέδιλα μετακινημένα προς τ’ άριστερα.



Ἡ διαθλώμενη ἀκτὶνὰ πλησιάζει ἢ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κατακόρυφον.

Ἄν ἀκόμα δὲν ἔχετε πεισθῇ γιὰ τὸν τρόπον ποὺ διαθλάται τὸ φῶς—καὶ τίς διασκεδαστικές του, καμιά φορά, συνέπειες—δοκιμάστε οἱ ἴδιοι τὸ παρακάτω ἀπλὸ πείραμα.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σ' ἓνα μεταλλικὸ δοχεῖο τοποθετήστε ἓνα νόμισμα. Παρατηρήστε τὸ δοχεῖο ἀπὸ τὰ πλάγια ἔτσι, ὥστε μόλις νὰ διακρίνετε τὴν ἄκρη τοῦ νομίσματος. Χωρὶς νὰ μετακινήθῃτε, ρίξτε σιγὰ σιγὰ νερὸ στὸ δοχεῖο. Θὰ πετύχετε, κάποια στιγμή, νὰ δῆτε ὁλόκληρο τὸ νόμισμα. Μπορεῖτε νὰ ἐξηγήσετε τὸ φαινόμενο ;

Στὴ διάθλαση ὀφείλονται πολλές παράδοξες ἐμπειρίες μας. Ἐνα κουτάλι μισοβυθισμένο σ' ἓνα ποτήρι νερὸ φαίνεται σπασμένο στὰ δύο. Ἄν κρατήσωμε ἓνα μπουκάλι μπροστὰ στὰ μάτια μας, ὁ κόσμος θὰ μᾶς φανῇ ἀγνώριστος καὶ παραμορφωμένος. Ἀκόμα καὶ οἱ ἡλιακὲς ἀκτίνες, καθὼς ἔρχονται ἀπὸ ψηλότερα ἀτμοσφαιρικὰ στρώματα—ποὺ εἶναι ἀραιότερα—σὲ στρώματα ἀέρα κοντὰ στὴ γῆ, παθαίνουν συνεχῶς διαθλάσεις. Αὐτὴ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ διάθλαση κάνει τὸν ἥλιο ἢ ἓνα ἀστέρι νὰ φαίνεται ψηλότερα ἀπὸ ὅ,τι εἶναι στὴν πραγματικότητα. Συχνὰ μάλιστα ὁ ἥλιος παρουσιάζεται πάνω ἀπὸ τὸν ὀρίζοντα, ἐνὼ δὲν ἔχει ἀκόμα ἀνατελεῖ !

9. Οί φακοί και τὰ εἰδωλά τους.

Τὸ μάτι μας

Ἡ χρήση τῶν φακῶν εἶναι συχνή στὴν καθημερινή μας ζωή. Μ' ἓνα εἰδικὸ φακὸ—τὸν μεγεθυντικὸ φακὸ ὅπως λέμε—μποροῦμε νὰ ἐξετάσωμε μικροσκοπικὰ ἀντικείμενα. Τὰ ματογυάλια, ποὺ βελτιώνουν σὲ πολλὲς περιπτώσεις τὴν ἀνθρώπινη ὄραση, δὲν εἶναι παρὰ γυάλινοι φακοὶ ἐπεξεργασμένοι κατάλληλα. Μιά ἱστορικὴ στιγμή «ἀπαθανατίζεται», ἐξάλλου, ἀπὸ τὸ φακὸ τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς!

Ὅπως εἶναι εὐκόλο νὰ διαπιστώσωμε, ἓνας φακὸς ἔχει πρῶτα πρῶτα ἓνα χαρακτηριστικὸ σχῆμα. Περικλείεται ἀπὸ *κυρτὲς* ἢ *κοίλες* ἐπιφάνειες. Ἐχει ἔτσι διαφορετικὸ πάχος στὴ μέση ἀπὸ ὅ,τι στὰ ἄκρα του.

Ποιά εἶναι ὅμως ἡ συμπεριφορὰ τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, ὅταν περνοῦν ἀπὸ ἓνα φακό;



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

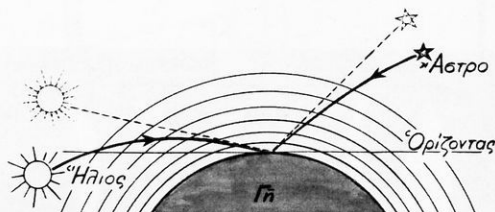
1) Ψηλαφήστε ἓνα μεγεθυντικὸ φακό. Τί εἶδους ἐπιφάνειες τὸν ἀποτελοῦν;

Ἀσφαλῶς σᾶς θυμίζουν τὴν ἐξωτερικὴ ἐπιφάνεια μιᾶς σφαίρας. Εἶναι δηλαδὴ *κυρτὲς ἐπιφάνειες*.

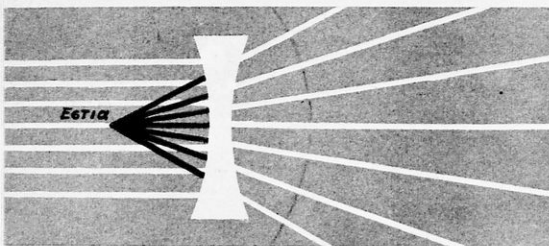
2) Κρατῆστε τὸ φακὸ ἀνάμεσα στὸν ἥλιο καὶ σ' ἓνα χαρτόνι. Θὰ σχηματιστῇ μιὰ φωτεινὴ κηλίδα. Μετακινήστε τὸ χαρτόνι μπρὸς πίσω. Τί παρατηρεῖτε;

3) Τοποθετήστε ἓνα χαρτί, κατὰ προτίμηση μαύρο, σ' ἓνα τασάκι. Μετακινώντας τὸ φακὸ ἐπιδιώξτε νὰ σχηματίσετε τὴ μικρότερη δυνατὴ κηλίδα τῶν ἡλιακῶν ἀκτίνων πάνω στὸ χαρτί. Κρατῆστε τὸ φακὸ μὲ σταθερότητα. Σὲ λίγα δευτερόλεπτα τὸ χαρτί θ' ἀρχίσῃ νὰ καίγεται!

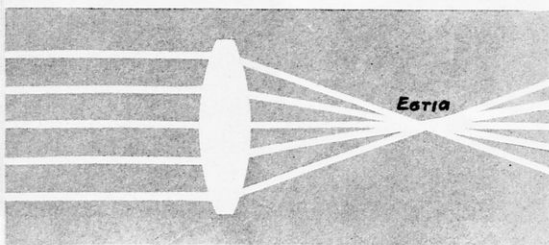
Ἐνα ἐντυπωσιακὸ ἀποτέλεσμα τῆς διαθλάσεως.



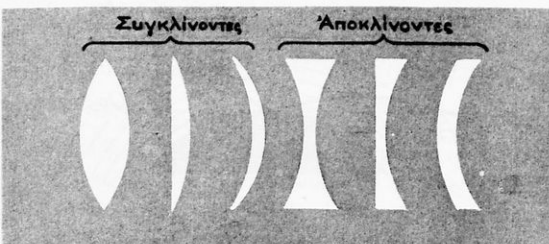
Ἡ φαινομενικὴ ἀνύψωση τοῦ ἡλίου ἢ ἐνὸς ἀστρου εἶναι ἀποτέλεσμα διαθλάσεων στὴν ἀτμόσφαιρα.



Οι αποκλίνοντες φακοί απομακρύνουν τις φωτεινές ακτίνες. Ἡ ἐστία σ' αὐτὴ τὴν περίπτωση βρίσκεται ἐκεῖ πού συναντῶνται οἱ προεκτάσεις τους.



Ὁ συγκλίνων φακὸς συγκεντρώνει τις φωτεινές ακτίνες στὴν ἐστία.



Ἵπάρχει μεγάλη ποικιλία στὴν κατασκευὴ τῶν φακῶν.

Ἕνας φακὸς μὲ κυρτὲς ἐπιφάνειες ἔχει λοιπὸν τὴν ιδιότητα νὰ *συγκεντρώνει* τις φωτεινὲς ἀκτίνες. Αὐτὸ συμβαίνει, ἐπειδὴ τις ὑποχρεώνει ν' ἀλλάξουν πορεία, δηλαδὴ νὰ διαθλαστοῦν, ὅταν περνοῦν ἀπὸ τὸν ἀέρα στὸ γυαλί καὶ στὴ συνέχεια ὅταν βγαίνουν ἀπὸ τὸ φακό. Κοντὰ στὶς ἄκρες οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες κάμπτονται περισσότερο ἀπὸ ὅ,τι στὸ κέντρο τοῦ φακοῦ.

Δὲν εἶναι περίεργο πού ἕνας τέτοιος φακὸς ὀνομάζεται **συγκλίνων**. Ἡ παρουσία του ἐπιβάλλει σὲ μιὰ φωτεινὴ δέσμη νὰ συγκλίνει—δηλαδὴ νὰ συγκεντρωθῇ—σ' ἓνα ὀρισμένο σημεῖο. Αὐτὸ τὸ σημεῖο εἶναι ἡ *ἐστία* τοῦ φακοῦ. Ἡ ἐστία τοῦ μεγεθυντικοῦ φακοῦ βρίσκεται περίπου στὴν ἀπόσταση πού εἶχε τὸ χαρτί, ὅταν ἄρχισε νὰ καίγεται. Ἀφοῦ τὸ φῶς εἶναι ἐνέργεια, δὲν μᾶς ἐκπλήσσει τὸ ὅτι συγκεντρωμένη αὐτὴ ἡ ἐνέργεια στὴν ἐστία μπορεῖ, ὅπως καὶ στὰ κάτοπτρα, ν' ἀνάψῃ ἓνα εὐφλεκτό ὑλικό.

Μελετήσαμε ἓνα εἶδος φακοῦ, τὸν συγκλίνοντα, πού *ἐστιάζει* τις φωτεινὲς ἀκτίνες. Σὲ μιὰ ἄλλη κατηγορία ἀνήκουν οἱ **ἀποκλίνοντες** φακοί. Ὅπως περιμένομε, οἱ φακοὶ αὐτοὶ απομακρύνουν ἀντὶ νὰ συγκεντρώνουν τις φωτεινὲς ἀκτίνες. Οἱ αποκλίνοντες φακοὶ περικλείονται συνήθως ἀπὸ κοίλες ἐπιφάνειες.

Μερικοὶ φακοὶ ἔχουν τὴ μιὰ τους ἐπιφάνεια ἐντελῶς ἐπίπεδη. Σὲ ἄλλους ὑπάρχει ἓνας συνδυασμὸς κυρτῶν καὶ κοίλων ἐπιφανειῶν. Παρ' ὅλες τις σημαντικὲς αὐτὲς διαφορὲς στὸ σχῆμα, ὅλοι οἱ φακοὶ ἀνήκουν στὶς δύο μεγάλες κατηγορίες πού ἀναφέραμε. Ἡ βασικὴ τους λειτουργία εἶναι νὰ συγκεντρώνουν ἢ νὰ απομακρύνουν τις φωτεινὲς ἀκτίνες.

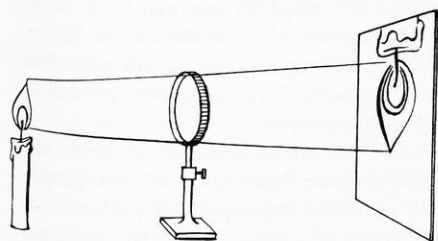
Ἡ ποικιλία τῶν φακῶν δίνει, ἀνάλογα μὲ τις ἀνάγκες μας, διάφορα εἶδη εἰδῶλων, μεγεθυμένα ἢ ὀχι. Δὲν εἶναι ἀπλὸ νὰ διατυπώσωμε, ὅπως στὰ κάτοπτρα, γενικοὺς κανόνες. Εὐκόλα ὅμως ἐξακριβώνομε ὅτι κι ἐδῶ τὸ εἶδος καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδῶλου

ἐξαρτᾶται ἀπὸ τῆ θέσης ποὺ ἔχει τὸ ἀντικείμενο ὡς πρὸς τὴν ἐστία τοῦ φακοῦ.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

1) Μὲ τὸν μεγεθυντικὸ φακὸ παρατηρήσετε ἀπὸ κοντὰ τὴ φλόγα ἐνὸς κεριοῦ. Ποὺ σχηματίζεται ἓνα καθαρὸ εἶδωλο τῆς φλόγας, μπροστὰ ἢ πίσω ἀπὸ τὸ φακὸ ; Πόσο περὶπου πῶς μεγάλο εἶναι ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο ; Τοποθετήστε ἓνα χαρτόνι στὴ θέσιν τοῦ εἰδώλου. Θὰ σχηματιστῇ στὸ χαρτόνι τὸ εἶδωλο ;

2) Ἀπομακρύνετε τὸ φακὸ ἀπὸ τὸ κερί. Τὸ ἀντικείμενο — ἡ φλόγα τοῦ κεριοῦ — βρίσκεται τώρα πέρα ἀπὸ τὴν ἐστία τοῦ φακοῦ. Σ' ἓνα χαρτόνι ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριὰ τοῦ φακοῦ εἶναι δυνατόν νὰ σχηματίσετε ἓνα καθαρὸ εἶδωλο τῆς φλόγας. Παρατηρήστε καὶ σχολιάστε αὐτὸ τὸ εἶδωλο. Τί συμβαίνει ἂν μεγαλώσετε ἢ μικρύνετε τὴν ἀπόστασιν τοῦ φακοῦ ἀπὸ τὸ κερί ;

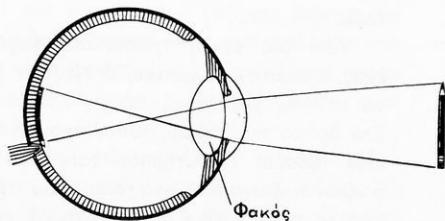


ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ὄταν τὸ ἀντικείμενο βρεῖται πέρα ἀπὸ τὴν ἐστία τοῦ συγκλίνοντος φακοῦ, τὸ εἶδωλο ποὺ σχηματίζεται εἶναι ἀντεστραμμένο.

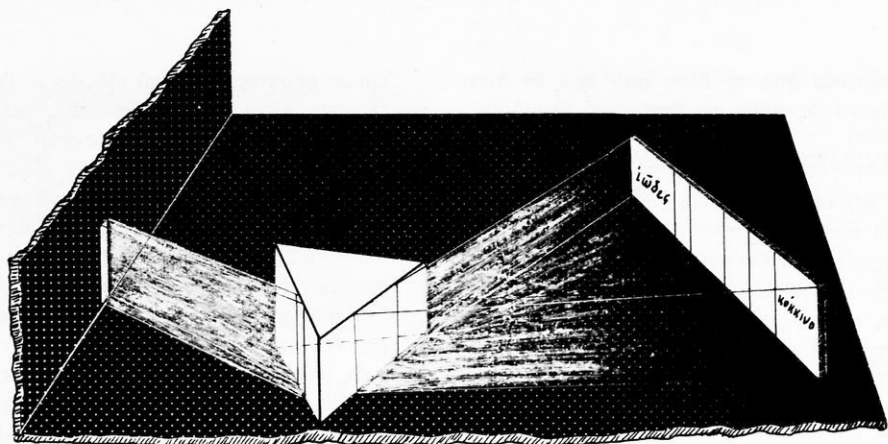
Ὅπως παρατηρήσαμε, τὸ εἶδωλο σ' ἓνα συγκλίνοντα φακὸ εἶναι ὄρθιο καὶ μεγάλυτερο, ὅταν τὸ ἀντικείμενο βρίσκεται πῶς κοντὰ ἀπὸ τὴν ἐστία. Ἀντίθετα τὸ εἶδωλο εἶναι ἀντεστραμμένο καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριὰ τοῦ φακοῦ, ὅταν τὸ ἀντικείμενο τοποθετηθῇ πέρα ἀπὸ τὴν ἐστία.

Ποῖος εἶναι ὁμως ὁ πολυτιμότερος, μάλιστα ἀναντικατάστατος, φακὸς ἀπ' ὅσους γνωρίζουμε; Μὴν τὸν ἀναζητήσετε σὲ κινηματογραφικὲς μηχανεὲς ἢ σὲ πολυπλοκα τηλεσκόπια. Ὁ φακὸς αὐτὸς βρίσκεται στὸ μάτι σας ! Εἶναι συγκλίνων καὶ σχηματίζει τὰ εἶδωλα τῶν ἀντικειμένων στὸ πίσω μέρος τοῦ ματιοῦ.

Ὁ φακὸς αὐτὸς ἔχει τὴν καταπληκτικὴ ἱκανότητα νὰ προσαρμόσῃ, μὲ κατάλληλους μῦς, τὸ σχῆμα του. Μ' αὐτὸν τὸν τρόπο μεταβάλλει τὴ θέσιν τῆς ἐστίας του, ἀνάλογα μὲ τὴν ἀπόστασιν τῶν ἀντικειμένων. Ἔτσι βλέπομε καθαρά τὰ πράγματα ποὺ μᾶς ἐνδιαφέρουν, εἴτε βρίσκονται κοντά, εἴτε εἶναι ἀπομακρυσμένα.



Στὸ μάτι μᾶς ὑπάρχει ἓνας πολῦτιμος φακός. Τὰ εἶδωλα τῶν ἀντικειμένων σχηματίζονται ἀνάποδα στὸν ἀμφιβληστροειδῆ χιτῶνα, ἀλλὰ ἡ ἐπέμβαση τοῦ ἐγκεφάλου μᾶς κάνει νὰ τὰ «βλέπουμε» ὅπως πραγματικά εἶναι.



"Όταν περάση από ένα γυάλινο πρίσμα, το λευκό φως αναλύεται και σχηματίζει ένα φάσμα από χρώματα. Μὲ τὶς μπογιές σας χρωματίστε τὶς περιοχές τοῦ φάσματος. Θὰ ἀποκτήσετε ἔτσι μιὰ ἰδέα γιὰ τὸ πῶς φαίνεται τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός.

10. Χρώματα κρυμμένα στὸ λευκὸ φῶς

Οἱ ἄνθρωποι στὴ ζωὴ τους καὶ στὴν τέχνη ἀπὸ παλιὰ ἀσχολήθηκαν μὲ τὰ χρώματα. Δὲν ἤξεραν ὅμως πολλὰ γιὰ τὴν πραγματικὴ τους φύση. Τὶς πρῶτες ἐνδείξεις, γιὰ τὸ τί εἶναι τὰ χρώματα, ἔδωσαν τὰ πειράματα ποὺ ἔκανε ὁ Νεύτων γύρω στὰ 1666.

Ἀπὸ μιὰ μικρὴ τρύπα, στὸ παράθυρο ἑνὸς σκοτεινοῦ δωματίου, ὁ Νεύτων ἄφησε νὰ περάσῃ μιὰ λεπτὴ δέσμη ἡλιακοῦ φῶς. Στὸ δρόμο τῆς δέσμης τοποθέτησε ἕνα γυάλινο πρίσμα. Παρατήρησε τότε ἕνα ἐντυπωσιακὸ φαινόμενο : τὸ φῶς ποὺ ἔβγαине ἀπὸ τὸ πρίσμα εἶχε διαχωριστῇ σὲ χρωματιστὲς λουρίδες. Σὲ μιὰ λευκὴ ὀθόνη πίσω ἀπὸ τὸ πρίσμα σχηματίστηκε ἕνα ὁλόκληρο **φάσμα** ἀπὸ διαδοχικὰ χρώματα.

Μποροῦμε νὰ ἐπαναλάβωμε τὸ πείραμα καὶ μὲ τὸ φῶς μιᾶς λάμπας ἡλεκτρικοῦ. Τὸ φάσμα ποὺ σχηματίζεται εἶναι λίγο πολὺ ὁμοιο μὲ τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός.

Τὸ λευκὸ φῶς εἶναι λοιπὸν κατὰ σύνθετο. Περιέχει ἀκτινοβολίες πολλῶν χρωμάτων.

Τὸ γυάλινο πρίσμα *ἀναλύει* τὸ λευκὸ φῶς στὰ χρώματα ποὺ τὸ ἀποτελοῦν. Αὐτὸ συμβαίνει, ἐπειδὴ οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες διαθλώνται καθὼς περνοῦν ἀπὸ τὸ γυαλί. Ἀνάλογα μὲ τὸ χρῶμα τους ἄλλες διαθλώνται λιγότερο κι ἄλλες περισσότερο. Τὸ ἐρυθρὸ μὲ τὴ διάθλαση ἐκτρέπεται ἀπὸ τὴν πορεία του πρὸ λίγο ἀπὸ ὅλα τὰ χρώματα. Ἔτσι τὸ παίρνομε στὴ μιὰ ἄκρη τοῦ φάσματος. Ἐπειτα ἔρχονται στὴ σειρὰ τὸ πορτοκαλί, τὸ κίτρινο, τὸ πράσινο, τὸ κυανοῦν καὶ τὸ ἰώδες. Οἱ ἰώδεις ἀκτίνες ἐκτρέπονται πρὸ πολὺ ἀπὸ ὅλα τὰ χρώματα. Συγκεντρώνονται στὴν ἄλλη ἄκρη τοῦ φάσματος.

Ἴσως δὲν τὸ σκεφτήκατε μ' αὐτὸ τὸν τρόπο. Κι ἐσεῖς ὅμως ἔχετε δεῖ ἕνα φάσμα, ὅπως αὐτὸ ποὺ δημιουργεῖ τὸ γυάλινο πρίσμα. Εἶναι τὸ *οὐράνιο τόξο*. Τὸ «δοξάρι» ἢ «ζουνάρι τῆς Παναγιάς», ποὺ λένε στὰ χωριά μας. Τὸ οὐράνιο τόξο παρουσιάζεται, ὅταν ὁ ἥλιος προσπαθῇ νὰ βγῇ ξανά μιὰ βροχερὴ μέρα. Τὸ ρόλο τοῦ πρίσματος παίξουν ἐδῶ οἱ σταγόνες τῆς βροχῆς. Τὸ ἡλιακὸ φῶς ἀναλύεται ἀπὸ τὶς σταγόνες τῆς βροχῆς καὶ μέσα ἀπὸ τὰ σύννεφα προβάλλει ἕνα θεαματικὸ χρωματιστὸ τόξο.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

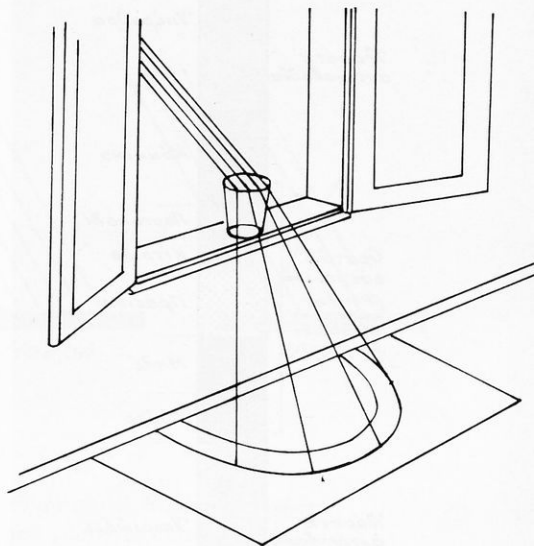
Μ' ένα απλό πείραμα μπορείτε να φτιάξετε το δικό σας «ουράνιο τόξο». Το πείραμα πρέπει να γίνει μια ηλιόφωτη μέρα. Τοποθετήστε ένα ποτήρι γεμάτο νερό στο περβάζι του παραθύρου έτσι, ώστε να πέφτουν πάνω του οι ηλιακές ακτίνες. Βάλτε ένα άσπρο χαρτί στο πάτωμα. Δώστε στο ποτήρι μια ελαφριά κλίση προς τα μέσα. Στο χαρτί θα σχηματιστεί το χρωματιστό φάσμα του ηλιακού φωτός. Ένα μικρό ουράνιο τόξο.

11. Φως που δεν βλέπουμε

Είδαμε ότι το λευκό φως περιέχει πολλά χρώματα. Περιέχει ωστόσο και *άορατες ακτινοβολίες*. Φως δηλαδή υπάρχει και πέρα από τα όρια που μπορεί ν' αντιληφθώ το ανθρώπινο μάτι. Είναι φως που δεν βλέπουμε! Αυτό δεν πρέπει να μās κάνει εντύπωση. Το φως είναι ενέργεια. Μπορεί έτσι να υπάρχει φωτεινή ενέργεια που δεν ερεθίζει το μηχανισμό του ματιού μας. Έκδηλώνει όμως αλλιώς την παρουσία της.

Πράγματι, αν μ' ένα ευαίσθητο θερμόμετρο «έξερευνήσωμε» το φάσμα του λευκού φωτός, θα διαπιστώσωμε ότι το έρυθρό είναι το «θερμότερο» χρώμα. Εκεί το θερμόμετρο δείχνει τη μεγαλύτερη θερμοκρασία. Το θερμόμετρο θα δείξει ωστόσο ακόμα μεγαλύτερη θερμοκρασία, αν μετακινηθώ στην περιοχή κάτω από το έρυθρό. Εκεί δεν «βλέπουμε» κανένα χρώμα. Η φωτεινή ακτινοβολία που υπάρχει κάτω από το έρυθρό είναι *άορατη*, και ονομάζεται **υπέρυθρη**.

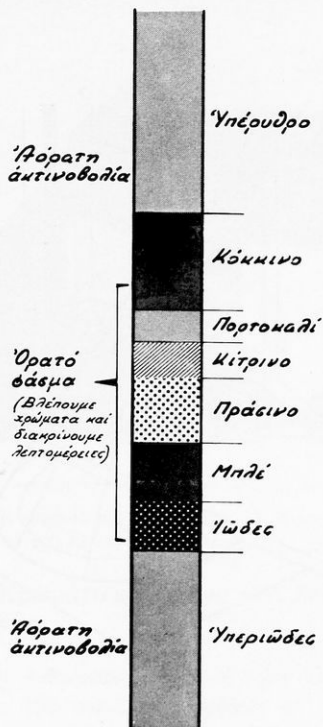
Μερικά ζώα μπορούν ν' αντιληφθούν την υπέρυθρη ακτινοβολία. Ένα τέτοιο ζώο είναι ο κροταλίας. Με ειδικά όργανα ο κροταλίας ανιχνεύει τις υπέρυθρες ακτίνες που εκπέμπονται από το ζεστό αίμα των ζώων και των πουλιών. Έτσι εντοπίζει εύ-



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Το ηλιακό φως που περνά από ένα ποτήρι με νερό σχηματίζει ένα μικρό ουράνιο τόξο.

κολα την τροφή του. Υπάρχει επίσης ένα ειδικό φωτογραφικό φίλμ, που προσβάλλεται από το υπέρυθρο φως. Μ' αυτό τον τρόπο μπορούμε να πάρωμε φωτογραφίες στα σκοτεινά!

Το λευκό φως περιέχει κι ένα άλλο είδος άορατης ακτινοβολίας. Την **υπεριώδη**. Η υπεριώδης ακτινοβολία βρίσκεται πέρα από το ιώδες του ορατού φάσματος. Μόνο μερικά έντομα μπορούν ν' αντιληφθούν την παρουσία της. Η ενέργειά της προκαλεί ωστόσο σημαντικές αλλαγές στην ύλη. Το ηλιακό φως περιέχει ένα μεγάλο αριθμό υπεριωδών ακτίνων. Εύτυχως πολύ λίγες διαπερνούν την ατμόσφαιρα, αλλιώς θα έκαναν κακό στους ζώντες οργανισμούς πάνω στη γη. Το μαύρισμα του δέρματος στον



Μόνο ένα μέρος της φωτεινής ενέργειας είναι όρατο. Πέρα απ' αυτό υπάρχουν άορατες ακτινοβολίες: η υπέρυθη και η υπεριώδης.

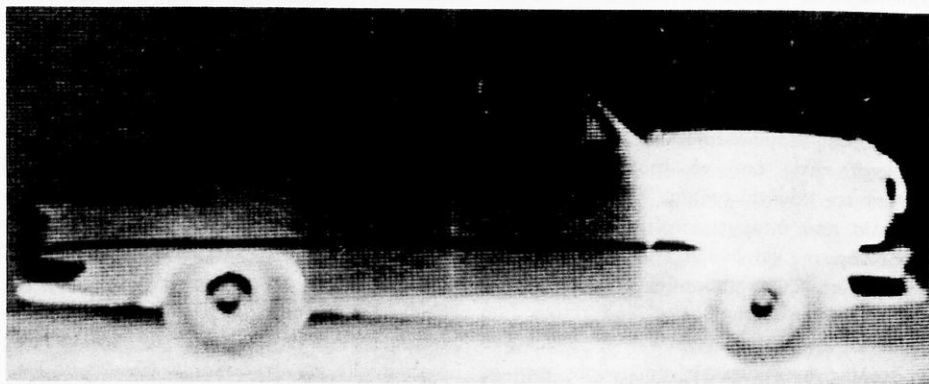
ήλιο είναι ένα σχετικά ανώδυνο αποτέλεσμα των υπεριώδων ακτίνων.

Το λευκό φως δεν είναι συνεπώς καθόλου απλό πράγμα. Μ' ένα πρίσμα αναλύεται όχι μόνο σε πολλά χρώματα αλλά και σε άορατες ακτινοβολίες!

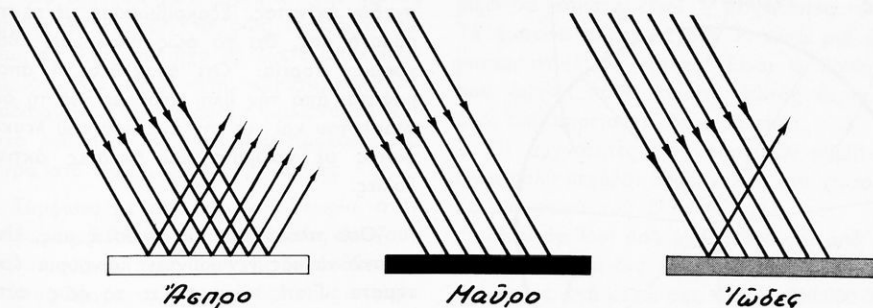
12. Το χρώμα των σωμάτων

Στην εικόνα που έχουμε για τον κόσμο τα χρώματα παίζουν σημαντικό ρόλο. Το χιόνι είναι λευκό. Ένα γαρίφαλο είναι κόκκινο. Σ' ένα ζωγραφικό πίνακα υπάρχει πλούτος χρωμάτων. Θα εξετάσουμε πώς αποκτούν το χρώμα τους τα πράγματα που μας περιβάλλουν.

Ας θυμηθούμε πώς «βλέπουμε» ένα αδιαφανές σώμα: το φως διαχέεται στην επιφάνειά του κι ένα μέρος του φτάνει στα μάτια μας. Μάθαμε ωστόσο ότι το λευκό φως αποτελείται από τις ακτινοβολίες πολλών χρωμάτων. Απ' αυτές μερικές απορροφούνται από το υλικό του σώματος. Άλλες ανακλώνται και δίνουν στο σώμα το χαρακτηριστικό χρώμα του. Ένα ύφασμα είναι κίτρινο, επειδή από τα χρώματα του λευκού



Φωτογραφία ενός αυτοκινήτου βγαλμένη με υπέρυθρες ακτίνες.



Ένα σώμα αποκτᾷ τὸ χρώμα τῶν ἀκτίνων πού ἀνακλᾷ ἢ ἐπιφάνειά του.

φωτὸς ἀνακλᾷ μόνο τὸ κίτρινο. Ἀπορροφᾷ ὅλα τ' ἄλλα. Τὰ φύλλα ἐνὸς δέντρου εἶναι πράσινα, ἐπεὶδὴ στέλνουν στὰ μάτια μας μόνο πράσινες ἀκτίνες τοῦ ἡλιακοῦ φωτός.

Κάθε ὑλικό, πού ἀνακλᾷ περισσότερα χρώματα ἀπὸ ἓνα, ἀποκτᾷ τὸ χρώμα πού δίνει ἡ σύνθεσή τους. Εἶναι συνεπῶς εὐκόλο νὰ καταλάβωμε γιατί ἓνα ἀντικείμενο φαίνεται λευκό. Ἡ ἐπιφάνειά του ἀνακλᾷ τὶς ἀκτίνες ὅλων τῶν χρωμάτων τοῦ λευκοῦ φωτός.

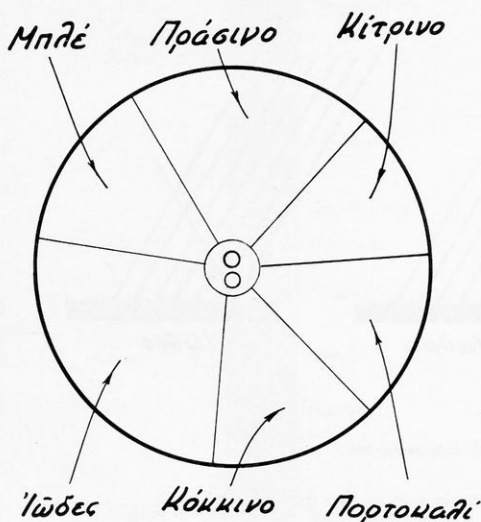
Ἡ σελίδα τοῦ βιβλίου μας εἶναι λευκὴ ἐπειδὴ, ἀπὸ τὸ φῶς τοῦ ἡλίου ἢ τῆς λάμπας πού τὴ φωτίζει, δὲν ἀπορροφᾷ κανένα χρώμα. Ἀντίθετα, ἓνα ἀντικείμενο φαίνεται μαῦρο, ἐπεὶδὴ δὲν ἀνακλᾷ σχεδὸν καθόλου τὸ φῶς. Τὸ ὑλικό του ἀπορροφᾷ ὅλα τὰ χρώματα.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μὲ μιὰ διασκεδαστικὴ κατασκευὴ — τὸ «δίσκο τοῦ Νεύτωνος» — εἶναι εὐκόλο νὰ ἐξακριβώσωμε ὅτι ὁ συνδυασμὸς τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος δίνει λευκὸ φῶς. Ἀντιγράψτε σ' ἓνα χαρτόνι τὸ δίσκο πού δείχνει τὸ σχῆμα. Χρωματίστε κάθε

τομέα του μ' ἓνα ἀπὸ τὰ χρώματα τοῦ φάσματος. Ἀνοίξτε δύο τρύπες κοντὰ στὸ κέντρο τοῦ δίσκου καὶ περάστε ἓνα σπάγκο. Βάζοντας τὰ δάχτυλά σας στὶς ἄκρες τῆς θηλιάς πού σχηματίζει ὁ σπάγκος, κάντε τὸ δίσκο νὰ περιστρέφεται ἀρχετὰ γογγίζοντα. Τί παρατηρεῖτε;

Ἄς ἐξετάσωμε τώρα πῶς ἀποκοῦν τὸ χρώμα τους τὰ διαφανῆ σώματα. Κι ἐδῶ ἔχομε παρόμοια φαινόμενα. Μερικὲς ἀπὸ τὶς ἀκτινοβολίες τοῦ λευκοῦ φωτός ἀπορροφῶνται ἀπὸ τὸ ὑλικό τοῦ σώματος. Ὅσες περνοῦν μὲ κάποια ἔνταση εἶναι πού καθορίζουν τὸ χρώμα του. Ἔτσι, ἓνα κομμάτι γυαλὶ φαίνεται πράσινο, ἐπεὶδὴ ἀπὸ τὸ λευκὸ φῶς ἀφήνει μόνο τὶς πράσινες ἀκτίνες νὰ περάσουν. Ὅταν ἓνα αὐτοκίνητο φρενάρη, τὰ πίσω του φανάρια ἀνάβουν κόκκινα. Τὸ λαμπάκι πού ὑπάρχει στὰ φανάρια ἐκπέμπει βέβαια λευκὸ φῶς. Καλύπτεται ὅμως ἀπὸ ἓνα διαφανὲς πλαστικό, πού ἀφήνει νὰ περάσῃ μόνο τὸ κόκκινο μῆμα τῆς φωτεινῆς ἀκτινοβολίας.



Ο δίσκος του Νεύτωνα.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

- 1) Σ' ένα λευκό χαρτόνι χρωματίστε με διαφορετικό χρώμα τέσσερα τετράγωνα. Ένα να είναι μαύρο κι ένα λευκό. Εξηγήστε πώς αποκτά κάθε τετράγωνο το χρώμα του. Βάλτε το χαρτόνι σε μιὰ σκοτεινή ντουλάπα. Μπορείτε να διακρίνετε τα χρώματα ; Πώς εξηγείτε τις παρατηρήσεις σας ;
- 2) Καλύψτε έναν ηλεκτρικό φακό με διαφανή χαρτιά διαφόρων χρωμάτων. Παρατηρήστε και εξηγήστε κάθε φορά το χρώμα της φωτεινής δέσμης του φακού.

13. Υπάρχουν δύο θεωρίες για το φώς

Μελετήσαμε με λεπτομέρειες το φώς και τα πιο σπουδαία του γνωρίσματα. Είδαμε

ότι το φώς είναι ενέργεια ακτινοβολίας, που διαδίδεται με εκπληκτική ταχύτητα : σε σύγκριση με το φώς ένας πύραυλος είναι σχεδόν ακίνητος. Έξακριβώσαμε, με τα πειράματά μας, ότι το φώς ακολουθεί ευθύγραμμη πορεία. Ότι ανακλάται ή απορροφάται από την ύλη. Μάθαμε για τη διάθλασή του και για την ανάλυση του λευκού φωτός σε χρώματα και άορατες ακτινοβολίες.

Όσο πλουτίζουμε τις γνώσεις μας, είναι φυσικό να μās γεννιούνται καινούρια έρωτήματα. Γιατί παρουσιάζει το φώς αυτές τις ιδιότητες ; Πώς διαδίδεται ή φωτεινή ενέργεια ; Μήπως διαδίδεται με κύματα, όπως ο ήχος ; Ή με κάποιο άλλο τρόπο ;

Για να κατανοήσουν την πραγματική φύση του φωτός, οι επιστήμονες ακολούθησαν περίπου το δρόμο που ακολουθήσαμε κι εμείς. Μελέτησαν προσεκτικά τις ιδιοτητές του. Προσπάθησαν ύστερα να φτιάξουν μιὰ *επιστημονική θεωρία*, που θα μπορούσε να εξηγήσει όσα παρατηρούσαν. Οι έπίμονες προσπάθειές τους κατέληξαν σ' ένα έντυπωσιακό συμπέρασμα.

Υπάρχουν φαινόμενα, που εξηγούνται μόνο αν το φώς είναι **κύματα**. Υπάρχουν άλλα φαινόμενα, που εξηγούνται μόνο αν το φώς είναι **σωμάτια**. Στις πιο πολλές όμως περιπτώσεις ή συμπεριφορά του φωτός εξηγείται σωστά, είτε παραδεχτούμε ότι το φώς είναι κύματα είτε παραδεχτούμε ότι είναι σωμάτια.

Το φώς παρουσιάζεται στον κόσμο μας με δύο ταυτότητες. Ή μιὰ που γράφει : σωμάτιο. Ή άλλη που γράφει : κύμα. Σε όσους το ρωτούν ποιά είναι ή φύση του, δείχνει την ταυτότητα που ταιριάζει περισσότερο με την περίσταση.

14. Τὸ φῶς εἶναι κύματα

Μιά ἐξήγηση τῶν ιδιοτήτων τοῦ φωτός στηρίζεται στὸ ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται μὲ κύματα. Ἀπὸ τὸν ἥχο θὰ ἔχετε ἀποκτήσει μιὰ ἰδέα γιὰ τὸ τί εἶναι κύματα καὶ πῶς διαδίδονται. Παρομοιάσαμε μάλιστα τὰ κύματα τοῦ ἤχου μ' αὐτὰ πού προκαλεῖ μιὰ πέτρα στὸ ἤρεμο νερὸ μιᾶς λίμνης.

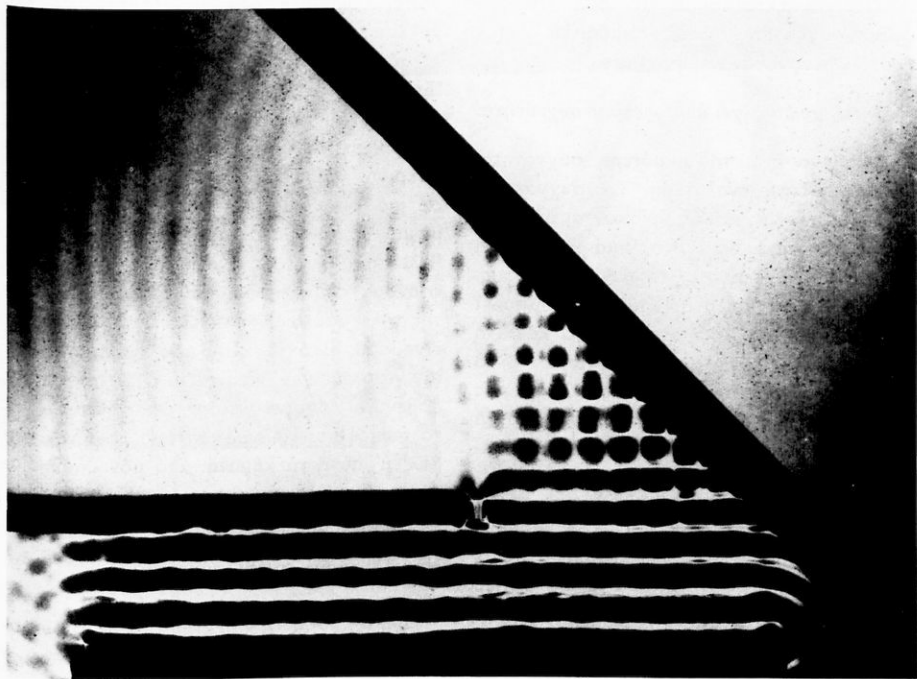
Σύμφωνα μὲ τὴν *κυματική θεωρία*, ὅταν ἀνάβωμε μιὰ λάμπα, κύματα φωτός φεύγουν ἀπὸ τὴ λάμπα πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις. Ἀπὸ τὰ ἄστρα τὸ φῶς ταξιδεύει ὡς κύματα καὶ φθάνει στὴ γῆ μας. Δὲν εἶναι περιέργο ὅτι τὸ φῶς ἀνακλᾶται ἀπὸ τὶς ἐπιφάνειες τῶν σωμάτων: καὶ τὰ ἡχητικά καὶ τὰ ὑδά-

τινα κύματα γυρίζουν πίσω, ὅταν συναντήσουν κάποιο ἐμπόδιο.

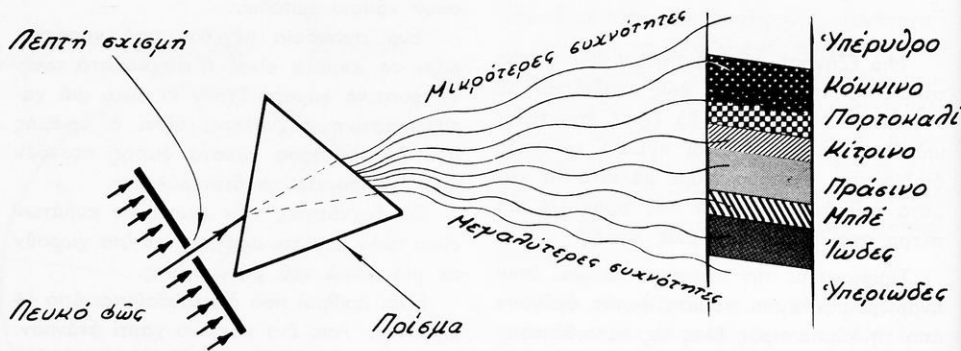
Ἐνα σπουδαῖο μέγεθος πού χαρακτηρίζει τὰ κύματα εἶναι ἡ **συχνότητά** τους. Τὰ φωτεινὰ κύματα ἔχουν κι αὐτὰ μιὰ χαρακτηριστική συχνότητα. Εἶναι ὁ ἀριθμὸς πού δείχνει πόσα κύματα φωτός περνοῦν ἀπὸ ἓνα σημεῖο τὸ δευτερόλεπτο.

Οἱ συχνότητες τῶν φωτεινῶν κυμάτων εἶναι πολὺ μεγάλοι ἀριθμοί. Ἰσα ἴσα χωροῦν σὲ μιὰ σειρὰ τοῦ βιβλίου μας.

Εἶναι ἀριθμοὶ πού ἀκολουθοῦνται ἀπὸ 14 μηδενικά. Ἀπὸ ἓνα κόκκινο χαρτί φτάνουν, ἂς ποῦμε, στὰ μάτια μας 400.000.000.000.000 φωτεινὰ κύματα τὸ δευτερόλεπτο! Ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς εἶναι ἡ συχνότητα τῆς ἐρυθρᾶς ἀκτινοβολίας.



Τὸ φῶς ἀνακλᾶται σ' ἓναν καθρέφτη μὲ τὸν ἴδιο τρόπο πού κύματα νεροῦ, ὅπως δείχνει ἡ φωτογραφία, ἀνακλῶνται σ' ἓνα ἐμπόδιο. Μήπως λοιπὸν καὶ τὸ φῶς εἶναι κύματα;



Τὸ φῶς εἶναι κύματα. Ὅσο προχωροῦμε ἀπὸ τὸ υπέρυθρο πρὸς τὸ υπεριώδες, ἡ συχνότητα τῶν φωτεινῶν κυμάτων μεγαλώνει.

Παρουσιάζεται ὅμως τὸ φῶς μὲ διάφορες συχνότητες, ὅπως συμβαίνει μὲ τὸν ἦχο; Ὅπως πιθανὸν μαντέψατε,

κάθε χροῖμα ἔχει διαφορετικὴ συχνότητα.

Τὸ κόκκινο ἔχει τὴ μικρότερη συχνότητα. Τὸ ἰώδες τὴ μεγαλύτερη. Οἱ συχνότητες τῶν ἄλλων χρωμάτων βρίσκονται ἀνάμεσα στὰ δύο αὐτὰ ἄκρα. Τὸ πρίσμα κατατάσσει τὰ χρώματα ἀνάλογα μὲ τὴ συχνότητά τους.

Ξέρομε ὅτι τὸ ἀνθρώπινο μάτι μπορεῖ νὰ ἀντιληφθῇ τὰ χρώματα ἀπὸ τὸ κόκκινο ὡς τὸ ἰώδες. Αὐτὸ μπορούμε τώρα νὰ το διατυπώσωμε μὲ πιὸ ἐπιστημονικὸ τρόπο: τὸ ἀνθρώπινο μάτι ἐρεθίζεται μόνο ἀπὸ τὰ φωτεινὰ κύματα ποὺ ἔχουν συχνότητα ἀνάμεσα στὸ ἐρυθρὸ καὶ στὸ ἰώδες. Ἡ ὑπερυβερὴ ἀκτινοβολία ἔχει μικρότερη συχνότητα ἀπὸ τὸ ἐρυθρὸ. Ἡ υπεριώδης ἀκτινοβολία ἔχει μεγαλύτερη συχνότητα ἀπὸ τὸ ἰώδες. Καμιὰ ἀπ' αὐτὲς τὶς ἀκτινοβολίες δὲν γίνεται ὁρατὴ ἀπὸ τὸ ἀνθρώπινο μάτι. Κάτι παρόμοιο μάθαμε καὶ στὸν ἦχο: τὸ ἀνθρώπινο αὐτί δὲν μπορεῖ νὰ συλλάβῃ τοὺς ὑπόηχους καὶ τοὺς ὑπέρηχους.

Ὅσο κι ἂν μᾶς φαίνεται περίεργο, τὰ

φωτεινὰ κύματα δὲν χρειάζονται ὕλη γιὰ νὰ διαδοθοῦν. Διαδίδονται καὶ στὸ κενό. Σ' αὐτὸ διαφέρουν ἀπὸ τὰ ἡχητικὰ κύματα. Ἐνας ἀστροναύτης στὴ σελήνη, ἐνῶ δὲν ἀκούει ἤχους, δὲν ἔχει δυσκολία νὰ μελετήσῃ τοὺς κρατῆρες γύρω του ἢ νὰ θαυμάσῃ τὴ μακρινὴ γῆ. Τὰ φωτεινὰ κύματα ἀνήκουν σὲ μιὰ σπουδαία κατηγορία κυμάτων, ποὺ μὲ μιὰ λέξη ὀνομάζονται **ἠλεκτρομαγνητικά**. Ἡλεκτρομαγνητικὰ εἶναι καὶ τὰ κύματα ποὺ φτάνουν στὴν κεραία τοῦ ραδιοφώνου καὶ τῆς τηλεοράσεως. Ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα εἶναι καὶ οἱ ἀκτίνες Χ ποὺ χρησιμοποιοῦν οἱ γιατροί, γιὰ νὰ βγάζουν ἀκτινογραφίες ἀσθενῶν. Μπορεῖ νὰ σᾶς εἶναι δύσκολο νὰ τὸ πιστέψετε. Τὸ φῶς ὡστόσο μοιάζει ἀκριβῶς μ' αὐτὰ τὰ κύματα. Στὸ μόνο ποὺ διαφέρει εἶναι ἡ συχνότητα.

15. Τὸ φῶς εἶναι σωματῖα

Μελετώντας προσεκτικὰ τὸ φῶς οἱ φυσικοὶ ἀνακάλυψαν μερικὰ φαινόμενα ποὺ ἡ κυματικὴ θεωρία τοῦ φωτὸς ἦταν ἀδύνατο νὰ ἐξηγήσῃ. Ἴσως ἔχετε δεῖ ἓνα *φωτόμετρο*. Τὸ χρησιμοποιοῦν οἱ φωτογράφοι, γιὰ νὰ

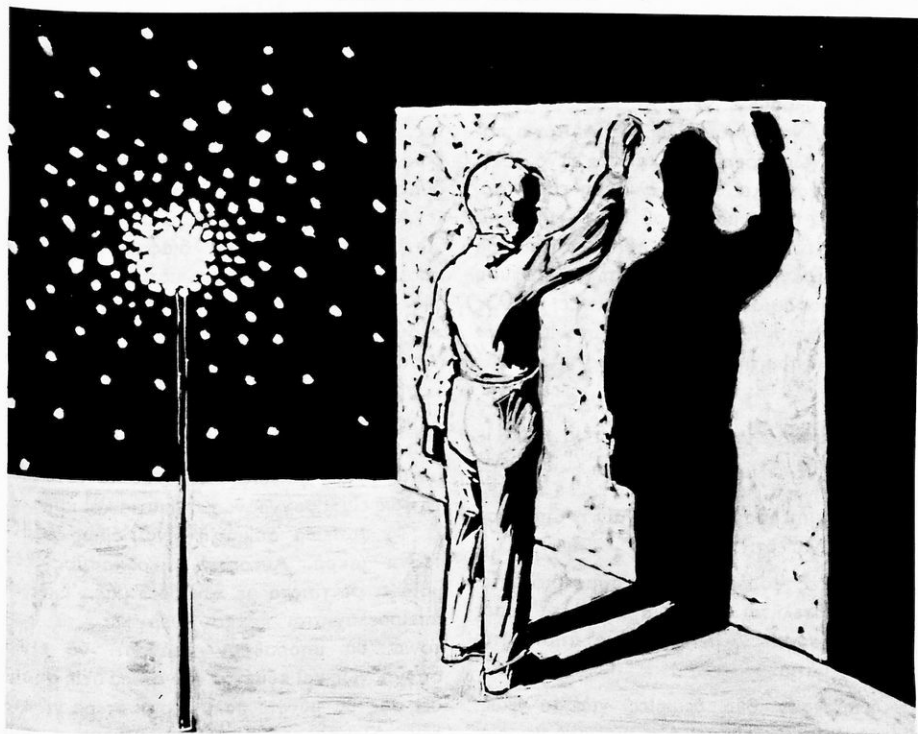
μετρήσουν την ένταση του φωτός και να ρυθμίσουν ανάλογα τη μηχανή τους. 'Η λειτουργία του φωτομέτρου στηρίζεται σε μιὰ σπουδαία ανακάλυψη. 'Όταν πέση φῶς σ' ἕνα εἰδικό μέταλλο, μπορεί νὰ παραχθῇ ἡλεκτρικό ρεύμα. 'Όχι βέβαια τόσο ἰσχυρό, ὥστε νὰ κάνῃ τὸ ραδιόφωνό μας νὰ λειτουργήσῃ. 'Αρκετὸ ὅμως, γιὰ νὰ μπορούμε νὰ τὸ μετρήσωμε. 'Η βελόνα τοῦ φωτομέτρου μᾶς δείχνει τὸ ρεύμα ποὺ παράγεται. 'Ετσι συμπεραίνομε γιὰ τὸ πόσο δυνατό εἶναι τὸ φῶς στὴν περιοχὴ ποὺ φωτογραφίζομε.

Αὐτὸ τὸ χρήσιμο ὄργανο δὲν θὰ μπορούσε νὰ λειτουργήσῃ, ἂν τὸ φῶς διαδιδόταν μὲ κύματα. 'Όπως ἀπόδειξε ὁ 'Αϊνστάιν, γιὰ

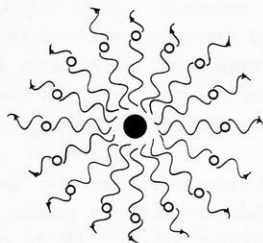
νὰ ἐξηγηθῇ τὸ φαινόμενο, θὰ πρέπει τὸ φῶς νὰ ἀποτελεῖται ἀπὸ πολὺ μικρὰ σωμάτια, ἀπὸ *κόκκους ἐνέργειας*. Τὰ σωμάτια αὐτὰ ὀνομάστηκαν **φωτόνια**.

Σύμφωνα μ' αὐτὴ τὴ θεωρία, μιὰ λάμπα μᾶς φωτίζει, ἐπειδὴ ἐκπέμπει μυριάδες φωτόνια πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις. Τὰ φωτόνια ταξιδεύουν εὐθύγραμμα. 'Όταν συναντοῦν τὸ ἔδαφος, ἀναπηδοῦν ὅπως οἱ μπάλες. 'Ετσι ἐξηγεῖται ἡ ἀνάκλαση τοῦ φωτός. Οἱ σκιές σχηματίζονται, ἐπειδὴ ἕνα ἀδιαφανές σῶμα διακόπτει τὸ δρόμο τῶν φωτονίων : μόνο τὰ φωτόνια ποὺ περνοῦν ἀπὸ τὶς ἄκρες τοῦ σώματος συνεχίζουν τὴν πορεία τους.

Μὲ τὴ **σωματιακὴ θεωρία** εἶναι εὐκο-



Οἱ σκιές σχηματίζονται, ἐπειδὴ τὰ φωτόνια δὲν μποροῦν νὰ διαπεράσουν τὰ ἀδιαφανῆ σώματα.



Συνδυασμός των δύο θεωριών

Τὸ φῶς εἶναι καὶ σωματίγια καὶ κύματα.

λο νὰ καταλάβωμε γιατί τὸ φῶς δὲν χρειάζεται ὕλη, γιὰ νὰ διαδοθῇ. Τὰ φωτόνια ταξιθεύουν χωρὶς δυσκολία καὶ στὸ κενό. Ἐκεῖ μάλιστα ἔχουν καὶ τὴ μεγαλύτερη ταχύτητα.

Ἄν μὲ τὰ σωματίγια τοῦ φωτός μπορούσαμε νὰ ἐξηγήσωμε ὅλη τὴ συμπεριφορὰ του, τὰ πράγματα θὰ ἦταν ἀπλά. Ἡ φύση ὅμως ἀποφάσισε διαφορετικά. Σὲ πολλὰς περιπτώσεις ἡ θεωρία τῶν φωτονίων δὲν δίνει ἱκανοποιητικὰς ἀπαντήσεις.

16. Τὸ φῶς εἶναι καὶ σωματίγια καὶ κύματα

Τὸ συμπέρασμα ποὺ βγαίνει ἀπὸ ὅσα εἶπαμε εἶναι ὅτι :

Μερικὲς φορὲς τὸ φῶς συμπεριφέρεται σὰ νὰ ἀποτελῆται ἀπὸ κύματα. Ἄλλες φορὲς τὸ φῶς συμπεριφέρεται σὰ νὰ ἀποτελῆται ἀπὸ σωματίγια.

Ὑπάρχουν δύο θεωρίαι γιὰ τὸ φῶς. Ἡ κυματικὴ θεωρία καὶ ἡ σωματιακὴ θεωρία. Ποιὰ εἶναι ἡ σωστή; Τὸ περίεργο εἶναι

ὅτι, ὅπως πιστεύουν σήμερα οἱ ἐπιστήμονες, καὶ οἱ δύο θεωρίαι εἶναι σωστές. Τὸ φῶς εἶναι στὴν πραγματικότητα ἕνας συνδυασμὸς ἀπὸ τὶς δύο αὐτὲς ιδέες.

Αὐτὸ ὅπωςδήποτε μᾶς ἐκπλήσσει. Ἴσως γιὰτὶ ἔχομε συνηθίσει διαφορετικά. Στὸν κόσμον γύρω μας τὰ σωματίγια—οἱ κόκκοι τῆς ἄμμου, τὰ σκάγια τοῦ κυνηγετικοῦ ὀπλοῦ—δὲν θυμίζουν σὲ τίποτα τὰ κύματα. Ἀπὸ τὴν ἄλλῃ μεριά, οὔτε τὰ κύματα στὸν κόσμον μας—τὰ κύματα τῆς θάλασσας, αὐτὰ ποὺ φτιάχνουμε μ' ἕνα τεντωμένο σχοινὶ—μᾶς θυμίζουν μὲ ὅποιοδήποτε τρόπο σωματίγια. Μᾶς φαίνεται λοιπὸν ἀπίστευτο ὅτι τὸ φῶς εἶναι συγχρόνως σωματίγια καὶ κύματα.

Τὰ φωτεινὰ σωματίγια εἶναι ὅμως ἀφάνταστα μικρά. Αὐτὸς ὁ μικρόκοσμος δὲν μοιάζει σὲ τίποτα μὲ τὸν δικὸν μας. Ἐκεῖ οἱ ἀπειροελάχιστοι κόκκοι ἐνέργειας, τὰ φωτόνια, θὰ μπορούσαν πράγματι νὰ εἶναι συγχρόνως καὶ κύματα. Ἀργότερα σὲς σπουδὲς σὰς θὰ μάθετε πολὺ περισσότερα γι' αὐτὸν τὸν μικρόκοσμον καὶ τοὺς νόμους ποὺ τὸν κυβερνοῦν.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στή σελίδα αυτή είναι σκορπισμένες μερικές λέξεις που μάθαμε στο κεφάλαιο της όπτικής. Διαλέξτε με τη σειρά

που θέλετε λέξεις, βεβαιωθείτε ότι μπορείτε να εξηγήσετε την κάθε λέξη με δικά σας λόγια και γράψτε στο τετράδιό σας μία σύντομη πρόταση για την κάθε λέξη.

Συγκλίνων Φακός

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ του ΦΩΤΟΣ

ΦΩΤΟΝΙΑ

ΔΙΑΘΛΑΣΗ

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Ήλεκτρομαγνητικά Κύματα

Υπέρυθρη Ακτινοβολία

ΔΙΑΧΥΣΗ

ΤΟ ΦΩΣ ΕΙΝΑΙ ΚΥΜΑΤΑ

ΕΣΤΙΑ ΦΑΚΟΥ

ΧΡΩΜΑΤΑ

Κοίλο Κάτοπτρο

ΑΝΑΛΥΣΗ του ΦΩΤΟΣ

Το Φῶς είναι Ενέργεια

ΣΚΙΕΣ

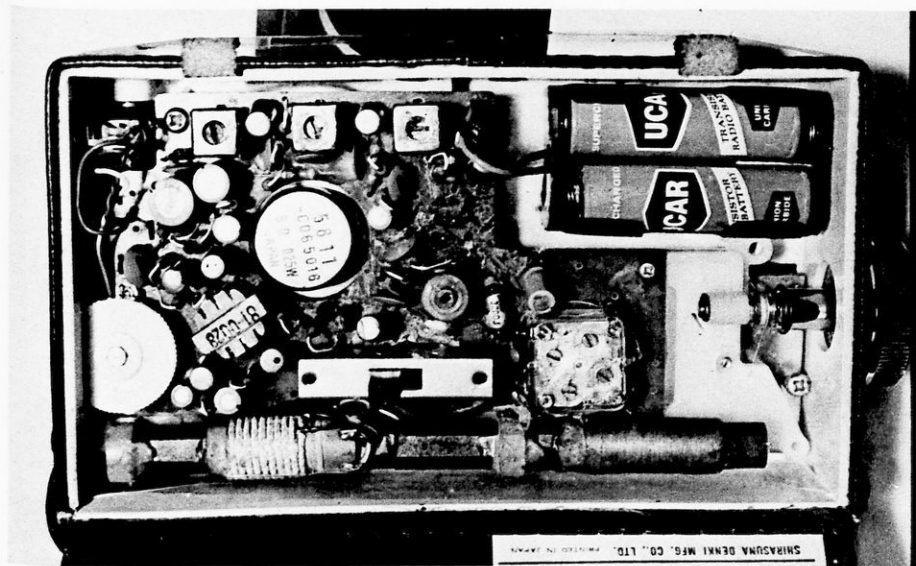
IV. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

Μπορούμε χωρίς μεγάλη δυσκολία να απαριθμήσουμε πολλά παραδείγματα στην καθημερινή μας ζωή, όπου ο ηλεκτρισμός παίζει κάποιο ρόλο. 'Ανάβομε τὸ φῶς μ' ἓνα διακόπτη, γυρίζομε ἓνα κουμπὶ στὸ ραδιόφωνο ἢ στὴν τηλεόραση καὶ ἀμέσως ἔρχεται κοντά μας ἡ μουσικὴ ἢ ἡ εἰκόνα ἀπὸ κάποιο μακρινὸ σταθμὸ. Στὰ σπῖτια μας χρησιμοποιοῦμε ὅλο καὶ περισσότερο ηλεκτρικὲς συσκευὲς γιὰ διάφορους σκοποὺς : ψυγεῖο γιὰ νὰ διατηροῦμε τὰ τρόφιμα, κουζίνα γιὰ τὸ μαγεῖρεμα, πλυντήριο γιὰ τὰ ρούχα. Οἱ περισσότεροι ἀπὸ σᾶς θὰ ἔχετε ἀνοίξει ἓνα ραδιόφωνο τρανζίστορ, γιὰ νὰ ἀλλάξετε μιὰ μπαταρία καὶ θὰ ἔχετε δεῖ στὸ ἔσωτερικὸ του πολλὰ μικρὰ κομμάτια καὶ σύρματα ποὺ τὰ συνδέουν. Ξέρομε ὅτι ὅλες αὐτὲς οἱ συσκευὲς δουλεύουν μὲ ηλεκτρισμό, ἀλλὰ ἐκεῖνο ποὺ μποροῦμε νὰ παρατηρήσωμε εἶναι μόνον τὰ ἀποτελέσματά του. Τί εἶναι ὁμῶς ὁ ηλεκτρισμὸς καὶ πῶς κάνει ὅλες αὐτὲς τίς συσκευὲς νὰ δουλεύουν; Σ' αὐτὲς τίς ἐρωτήσεις θὰ προσπαθῶμε νὰ βροῦμε ἀπάντηση μὲ προσεκτικὴ παρατήρηση διαφόρων ηλεκτρικῶν φαινομένων, ποὺ θὰ συζητήσωμε σ' αὐτὸ τὸ κεφάλαιο.

1. Ὑλικά σώματα ἠλεκτρίζονται μὲ τριβή

Πολλὲς φορές συμβαίνει, ὅταν βγάζωμε μιὰ μάλλινη μπλούζα, νὰ ἀκοῦμε μικρὰ τριξίματα καὶ νὰ αἰσθανόμαστε τσιμπήματα, καθὼς βγαίνει ἀπὸ τὸ χέρι μας τὸ μανίκι. Ἡ ἀκόμα ὅταν περπατήσωμε γιὰ ἀρκετὴ ὥρα σ' ἓνα χαλὶ καὶ ἀκουμπήσωμε κατόπιν τὸ μετάλλينو πόμολο μιᾶς πόρτας, αἰσθανόμαστε ἓνα σπινθήρα ἀνάμεσα στὸ δάχτυλό μας καὶ στὸ πόμολο. Τὰ φαινόμενα αὐτὰ μᾶς δίνουν μιὰ πρώτη ἰδέα ὅτι ἔχομε νὰ κάνωμε μὲ μιὰ νέα ιδιότητα ποὺ ἀποκοτῶν τὰ ὑλικά σώματα μὲ τὴν τριβή. Στὴν πραγματικότητα παρόμοια φαινόμενα εἶχε παρατηρήσει πρὶν 2.500 χρόνια περίπου ὁ Θαλῆς ὁ Μιλήσιος τρίβοντας κεχριμπάρι. Μάλιστα τὸ ὄνομα τοῦ ηλεκτρισμοῦ προῆλθε ἀπὸ τὴ λέξη *ἤλεκτρον*, τὸ ὄνομα δηλαδὴ τοῦ κεχριμπαριοῦ στὴν ἀρχαία ἑλληνικὴ γλῶσσα.

Ἄς προσπαθῶμε τώρα νὰ βροῦμε περισσότερες πληροφορίες γι' αὐτὰ τὰ φαινόμενα μὲ μιὰ ἐργασία.



Τό εσωτερικό ενός ραδιοφώνου τρανζίστορ. Ένα περίπλοκο σύστημα με διάφορα κομμάτια που μᾶς ἐπιτρέπουν νά χρησιμοποιήσουμε τὸν ἠλεκτρισμό, γιὰ ν' ἀκούσουμε ἕνα μακρινό σταθμό.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ

Θὰ χρειαστήτε ἕναν πλαστικό χάρακα, ἕνα μπίκ, ἕνα μολύβι, ἕνα μικρό μπαλόνι, ἕνα κομμάτι μάλλινο ὕφασμα καὶ μιὰ πλαστικὴ σακούλα. Ἐπίσης μικρὰ κομμάτια χαρτί σὰν χαρτοπόλεμο.

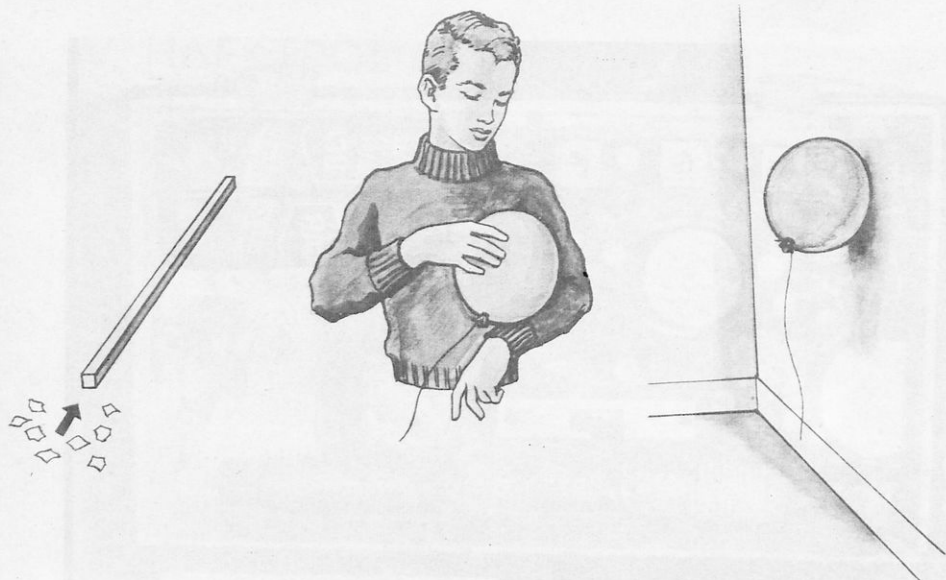
1) Τρίψτε τὸ χάρακα δυνατὰ μὲ τὸ μάλλινο ὕφασμα καὶ πλησιάστε σιγὰ τὴν ἄκρη του σὲ μερικά κομματάκια χαρτί. Τί παρατηρεῖτε; Κρατήστε τὸ χάρακα γιὰ μερικά λεπτὰ στὸν ἀέρα καὶ παρατηρήστε τί συμβαίνει μὲ τὰ κομματάκια τοῦ χαρτιοῦ. Ἐπαναλάβετε τὸ πείραμα μερικὲς φορές παρατηρώντας προσεκτικὰ τί συμβαίνει, καθὼς ὁ χάρακας πλησιάζει τὰ κομμάτια τοῦ χαρτιοῦ. Τρίψτε τὸ χάρακα μὲ τὸ πλαστικό καὶ κάνετε τὶς ἴδιες παρατηρήσεις.

2) Ἐπαναλάβετε τὴν παραπάνω ἐργασία χρησιμοποιώντας ἀντὶ γιὰ τὸ χάρακα τὸ μπίκ, τὸ μολύβι, τὸ μπαλόνι. Ἐτοιμάστε στὸ τετραδίδό σας ἕναν πίνακα, ὅπως ὁ παρακάτω, καὶ συμπληρώστε τον μὲ τὶς παρατηρήσεις σας γιὰ τὸ πόσο κάθε ἀντικείμενο τραβάει τὰ κομμάτια τοῦ χαρτιοῦ: πολὺ, λίγο, καθόλου.

Ἀντικείμενο	Τρίψιμο μὲ μάλλινο	πλαστικό
-------------	-----------------------	----------

ΧΑΡΑΚΑΣ
ΜΠΙΚ
ΜΟΛΥΒΙ
ΜΠΑΛΟΝΙ

3) Τρίψτε τὸ μπαλόνι δυνατὰ μὲ τὸ μάλλινο ὕφασμα καὶ πλησιάστε το στὸν τοῖχο. Τί παρατηρεῖτε ;



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ο χάρακας που ηλεκτρίστηκε με τριβή έλκει τὰ κομματάκια του χαρτιού. Το ηλεκτρισμένο μπαλόνι κολλάει στον τοίχο.

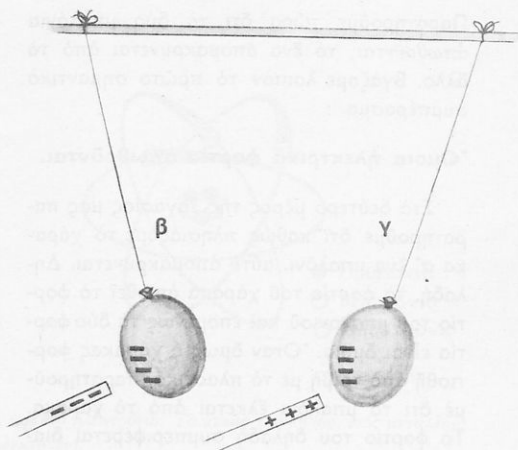
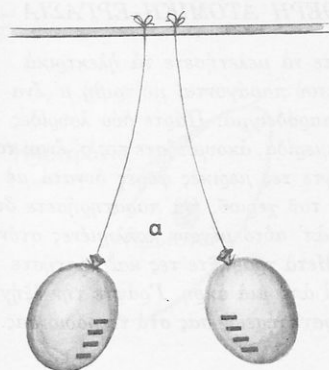
Στο πρώτο μέρος της εργασίας παρατηρήσαμε ότι, με το τρίψιμο με το μάλλινο ύφασμα, ο χάρακας απόκτησε την ιδιότητα να τραβά προς το μέρος του τὰ μικρά κομμάτια του χαρτιού. Παρατηρήσαμε ακόμη ότι η έλξη αυτή είναι τόσο πιο δυνατή, όσο πιο κοντά πλησιάζουμε την άκρη του χάρακα στα κομμάτια του χαρτιού. Από την άλλη μεριά, αν περιμένουμε λίγα λεπτά, παρατηρούμε ότι τὰ κομμάτια του χαρτιού που είναι κολλημένα στο χάρακα αποσπώνται και πέφτουν, αλλά μπορούμε πάλι να τὰ τραβήξουμε, αν πλησιάσουμε το χάρακα. Λέμε ότι ο χάρακας *ηλεκτρίστηκε* ή ότι απόκτησε **ηλεκτρικό φορτίο** από την τριβή με το μάλλινο. Το ίδιο παρατηρούμε ότι συμβαίνει και όταν τρίβουμε το χάρακα με το πλαστικό. Από τὰ άλλα αντικείμενα που χρησιμοποιήσαμε στο δεύτερο μέρος της εργασίας παρατηρούμε ότι δεν ηλεκτρίζονται όλα το ίδιο. Το μπικ ηλεκτρίζεται λιγότερο από

το χάρακα και το μολύβι σχεδόν καθόλου. Αντίθετα το μπαλόνι τραβάει εύκολα τὰ κομμάτια του χαρτιού και έπομένως αποκτά εύκολα ηλεκτρικό φορτίο. Αυτό το διαπιστώνουμε κι από το τρίτο μέρος της εργασίας, όπου παρατηρούμε ότι το μπαλόνι κολλάει στον τοίχο. Με τις προηγούμενες παρατηρήσεις μας μπορούμε να εξηγήσουμε το φαινόμενο αυτό ως αποτέλεσμα της έλξης που προκαλεί το ηλεκτρικό φορτίο του μπαλονιού. Έτσι καταλήγουμε τελικά στο συμπέρασμα ότι :

Τὰ υλικά σώματα μπορούν να αποκτήσουν με την τριβή ηλεκτρικό φορτίο, που φανερώνεται με δυνάμεις που εξασκεί σε άλλα υλικά σώματα.

2. Θετικά και άρνητικά φορτία

Με την ανακάλυψή μας αυτή ίσως δημιουργήθηκαν άλλα ερωτήματα : Υπάρχουν δια-



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. α) Τα μπαλόνια που έχουν όμοιο φορτίο απωθούνται. β) Ο χάρακας που ηλεκτρίστηκε με τριβή με μάλλινο ύφασμα απωθεί το μπαλόνι. γ) Ο χάρακας που ηλεκτρίστηκε με τριβή με πλαστικό έλκει το μπαλόνι.

φορές στα ηλεκτρικά φορτία που αποκτούν τα διάφορα σώματα; Πού οφείλεται η δύναμη που τραβάει τα κομμάτια του χαρτιού; Θα ερευνήσωμε, για να βρούμε απαντήσεις σ' αυτά τα ερωτήματα με την επόμενη εργασία.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε δύο μικρά μπαλόνια, λεπτή κλωστή, έναν πλαστικό χάρακα, ένα μάλλινο ρούχο, μια πλαστική σακούλα, μια γυάλινη ράβδο και ένα κομμάτι μεταξωτό.

1) Φουσκώστε τα μπαλόνια και κρεμάστε τα με ένα μέτρο περίπου κλωστή από ένα κατάλληλο στήριγμα, ώστε να ακουμπούν το ένα στο άλλο. Τραβήξτε το ένα μπαλόνι προς το μέρος σας και τρίψτε το δυνατά με το μάλλινο ρούχο. Αφήστε το πάλι να κρέμεται και επαναλάβετε την εργασία με το δεύτερο μπαλόνι. Τί παρατηρείτε;

2) Τρίψτε δυνατά τον πλαστικό χάρακα με το μάλλινο ρούχο και πλησιάστε τον στο ένα μπαλόνι, έπειτα στο άλλο. Τί παρατηρείτε;

3) Βγάλτε το φορτίο από το χάρακα. Αυτό μπορεί να γίνει εύκολα, αν τον σκουπίσετε δύο τρεις φορές με το χέρι σας. Τρίψτε έπειτα δυνατά το χάρακα με την πλαστική σακούλα και πλησιάστε τον σ' ένα μπαλόνι. Τί παρατηρείτε;

4) Τρίψτε τη γυάλινη ράβδο με το μεταξωτό. Βεβαιωθείτε ότι έχει αποκτήσει ηλεκτρικό φορτίο πλησιάζοντάς την σε μικρά κομμάτια χαρτί. Πλησιάστε την κατόπιν σ' ένα μπαλόνι. Τί παρατηρείτε;

Ας εξετάσωμε τώρα με τη σειρά τις παρατηρήσεις μας. Όπως θα το περιμέναμε, τα δύο μπαλόνια αποκτούν ηλεκτρικό φορτίο και, επειδή τα φορτίσαμε με τον ίδιο τρόπο, θα έχουν όμοια ηλεκτρικά φορτία.

Παρατηρούμε τώρα ότι τα δύο μπαλόνια *άπωθοῦνται*, τὸ ἓνα ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ ἄλλο. Βγάζουμε λοιπὸν τὸ πρῶτο σημαντικό συμπέρασμα :

“Ὁμοια ἠλεκτρικά φορτία ἀπωθοῦνται.

Στὸ δεύτερο μέρος τῆς ἐργασίας μας παρατηρούμε ὅτι καθὼς πλησιάζουμε τὸ χάρακα σ’ ἓνα μπαλόνι, αὐτὸ ἀπομακρύνεται. Δηλαδή, τὸ φορτίο τοῦ χάρακα ἀπωθεῖ τὸ φορτίο τοῦ μπαλονιοῦ καὶ ἐπομένως τὰ δύο φορτία εἶναι ὅμοια. Ὅταν ὅμως ὁ χάρακας φορτισθῇ ἀπὸ τριβὴ μὲ τὸ πλαστικό, παρατηροῦμε ὅτι τὸ μπαλόνι ἔλκεται ἀπὸ τὸ χάρακα. Τὸ φορτίο του δηλαδή συμπεριφέρεται διαφορετικὰ ἀπὸ ὅ,τι στὴν προηγούμενη περίπτωση. Στὸ ἴδιο συμπέρασμα καταλήγουμε καὶ μετὰ τὴν πείραμά μας μὲ τὴν γυάλινη ράβδο.

Ἐπομένως :

“Υπάρχουν δύο εἶδη ἠλεκτρικοῦ φορτίου.

“Ἀνόμοια ἠλεκτρικά φορτία ἔλκονται.

Στὰ παραδείγματά μας τὰ μπαλόνια καὶ ὁ χάρακας ποὺ ἔχουν τριφτὴ μὲ τὸ μάλλινο ὕφασμα ἔχουν τὸ ἓνα εἶδος φορτίου, ἡ γυάλινη ράβδος καὶ ὁ χάρακας ποὺ ἔχουν τριφτὴ μὲ τὸ πλαστικό ἔχουν ἄλλο εἶδος φορτίου. Τὸ φορτίο τῶν μπαλονιῶν τὸ ὀνομάζουμε *ἀρνητικό* καὶ τὸ συμβολίζουμε μὲ ἓνα πλὴν (—) καὶ τὸ φορτίο τῆς γυάλινης ράβδου *θετικό* καὶ τὸ συμβολίζουμε μὲ σύν (+).

Μὲ ὅσα ἔχομε ἀνακαλύψει ὡς τώρα γιὰ τὰ ἠλεκτρικά φορτία, μποροῦμε νὰ ἐξηγήσωμε ὅλα τὰ φαινόμενα ποὺ παρατηρήσαμε καὶ ἄλλα ἀκόμη ποὺ θὰ δοῦμε πιο κάτω. Γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτὸ ἀρκεῖ νὰ υποθέσωμε ὅτι ὅλα τὰ σώματα, ὅταν δὲν εἶναι ἠλεκτρισμένα, περιέχουν ἀρνητικά καὶ θετικά φορτία σὲ ἴσες ποσότητες. Πρὶν προχωρήσωμε ὅμως σ’ αὐτὸ τὸ θέμα, εἶναι ἐνδιαφέρον νὰ δοῦμε σὲ ποιά μορφή υπάρχουν τὰ φορτία στὰ ὑλικά σώματα.

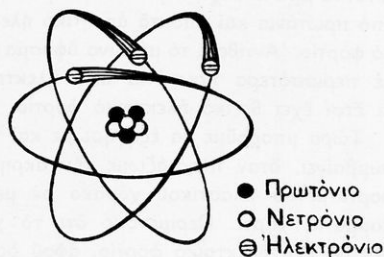
ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπορεῖτε νὰ μελετήσετε τὰ ἠλεκτρικά φορτία ποὺ παράγονται μὲ τριβὴ μ’ ἓνα ἀκόμα παράδειγμα. Πάρτε δύο λουρίδες ἀπὸ ἐφημερίδα, ἀκουμπήστε τες σ’ ἓναν τοῖχο καὶ τρίψτε τες μερικὲς φορὲς δυνατὰ μὲ τὴν παλάμη τοῦ χειριοῦ. Θὰ παρατηρήσετε ὅτι ὕστερα ἀπ’ αὐτὸ μένουν κολλημένες στὸν τοῖχο. Μετὰ τραβήξτε τες καὶ κρατήστε τες μαζὶ ἀπὸ μιὰ ἀκρῇ. Γράψτε τὴν ἐξήγηση τῶν παρατηρήσεών σας στὸ τετράδιό σας.

3. Ἄτομα, πρωτόνια καὶ ἠλεκτρόνια

Ἐχομε χρησιμοποιήσει πολλές φορὲς τὴν ἰδέα ὅτι τὰ ὑλικά σώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ μόρια, γιὰ νὰ ἐξηγήσωμε τὰ φυσικά φαινόμενα ποὺ παρατηροῦμε. Ὅπως εἶδαμε, τὰ μόρια εἶναι τὰ πιο μικρὰ κομμάτια ἐνὸς ὀρισμένου εἶδους ὕλης ποὺ ὑπάρχουν στὴ φύση. Ἀλλά, ὅπως ἴσως ξέρετε, οἱ ἐπιστήμονες ἔχουν ἀνακαλύψει, ἐδῶ καὶ 160 χρόνια περίπου, ὅτι καὶ τὰ μόρια ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρότερα μέρη, ποὺ τὰ λέμε **ἄτομα**. Εἶναι σημαντικό ὅτι, ἐνῶ ὑπάρχουν ἑκατοντάδες χιλιάδες διαφορετικά μόρια, τὰ διαφορετικά ἄτομα εἶναι πολὺ λιγότερα, περίπου ἑκατό. Εἶναι εὐκόλο νὰ καταλάβωμε αὐτὴ τὴν διαφορά, ἂν σκεφτοῦμε πῶς κάτι παρόμοιο συμβαίνει μὲ τὴ γλώσσα: μὲ εἴκοσι τέσσερα γράμματα κατασκευάζουμε πολλές χιλιάδες λέξεις.

Θὰ ξαναγυρίσωμε στὴ μελέτη τῶν ἀτόμων ἀργότερα. Ἐκεῖνο ποὺ μᾶς ἐνδιαφέρει τώρα εἶναι οἱ ἠλεκτρικὲς ιδιότητες τῶν ἀτόμων. Ἐχουν τὰ ἄτομα ἠλεκτρικὸ φορτίο; καὶ πῶς εἶναι κατασκευασμένο τὸ ἄτομο; ποιά εἶναι ἡ *δομή* του; Πολλὲς ἐρευνες ποὺ ἔγιναν γι’ αὐτὰ τὰ προβλήματα στὰ τελευταῖα 100 χρόνια μᾶς ἔδωσαν τὶς ἀπαντήσεις. Ξέρομε τώρα ὅτι τὰ ἄτομα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἓνα κεντρικὸ κομμάτι μὲ θετικὸ ἠλεκτρικὸ φορτίο ποὺ τὸ λέμε **πυρήνα** καὶ σωματίδια μὲ ἀρνη-



Το άτομο του υδρογόνου έχει ένα πρωτόνιο στον πυρήνα και ένα ηλεκτρόνιο. Το άτομο του λιθίου, ενός μετάλλου, έχει 3 πρωτόνια και 3 νετρόνια στον πυρήνα και 3 ηλεκτρόνια.

τικό ηλεκτρικό φορτίο που κινούνται διαρκώς γύρω από τον πυρήνα και τα ονομάζουμε **ήλεκτρονία**. 'Αλλά και ο πυρήνας περιέχει μικρότερα μέρη, που τα ονομάζουμε **πρωτόνια**. Τα πρωτόνια έχουν θετικό φορτίο και μάλιστα το φορτίο κάθε πρωτονίου είναι ακριβώς ίσο με το φορτίο του ηλεκτρονίου με μόνη διαφορά το είδος του φορτίου. Μπορούμε τώρα να φανταστούμε ποιό είναι το απλούστερο άτομο στη φύση. 'Αποτελείται από ένα πρωτόνιο ως πυρήνα και ένα ηλεκτρόνιο. Αυτό είναι το άτομο του υδρογόνου.

'Αφού τα φορτία του ηλεκτρονίου και του πρωτονίου είναι αντίθετα, σύμφωνα με όσα έχουμε βρει για τις δυνάμεις ανάμεσα σε ηλεκτρικά φορτία, πρέπει να έλκωνται. Βλέπουμε λοιπόν ότι η ηλεκτρική δύναμη είναι εκείνη που κρατάει κοντά το ένα με το άλλο τα μέρη του ατόμου.

Μπορούμε να προχωρήσουμε στην κατασκευή άλλων ατόμων προσθέτοντας πρωτόνια. Πάντα όμως θα έχουμε και ένα ίσο αριθμό ηλεκτρονίων έτσι, ώστε στο σύνολό του το άτομο θα φαίνεται να μην έχει ηλεκτρικό φορτίο ή όπως λέμε να είναι ηλεκτρικά *ουδέτερο*. Το άτομο του οξυγόνου παραδείγματος χάρι έχει όκτώ πρωτόνια στον πυρήνα

και όκτώ ηλεκτρόνια. 'Εδώ θα μπορούσατε να ρωτήσετε : αφού τα πρωτόνια είναι θετικά φορτισμένα και επομένως άπωθούνται, γιατί ο πυρήνας δεν σκορπίζει; 'Η απάντηση είναι ότι εκτός από τις ηλεκτρικές δυνάμεις υπάρχουν και άλλες δυνάμεις μεταξύ των πρωτονίων που τα κρατούν μαζεμένα στο χώρο του πυρήνα. 'Ακόμα, όπως ανακαλύφθηκε το 1935, μέσα στον πυρήνα υπάρχουν και άλλα σωματίδια όμοια με τα πρωτόνια εκτός από το ότι δεν έχουν φορτίο και γι' αυτό ονομάζονται **ουδέτερονια** ή **νετρόνια**. Θα μελετήσωμε αργότερα με περισσότερη λεπτομέρεια τις ιδιότητες του πυρήνα. 'Ας ξαναγυρίσωμε τώρα στις ηλεκτρικές ιδιότητες των ατόμων.

"Όπως είδαμε, ο αριθμός των ηλεκτρονίων σ' ένα άτομο είναι ακριβώς ίσος με τον αριθμό των πρωτονίων έτσι, ώστε το άτομο φαίνεται να μην έχει ηλεκτρικό φορτίο. Καταλαβαίνουμε λοιπόν τώρα ότι ένα υλικό σώμα, που αποτελείται από μυριάδες άτομα, κανονικά δεν έχει ηλεκτρικό φορτίο. 'Αν όμως με κάποιο τρόπο μπορέσωμε να του προσθέσωμε ή να του αφαιρέσωμε ηλεκτρόνια, δεν θα είναι πιά ουδέτερο. 'Από τις εργασίες μας ως τώρα ξέρομε ότι αυτό μπορούμε να το επιτύχωμε με τριβή. "Όταν τρίβωμε το

μπαλόνι με τὸ μάλλινο ὕφασμα, τὸ ὕφασμα χάνει ἠλεκτρόνια ποὺ τὰ παίρνει τὸ μπαλόνι. Ἔτσι τὸ μπαλόνι ἔχει περισσότερα ἠλεκτρόνια ἀπὸ πρωτόνια καὶ ἀποκτᾷ ἀρνητικὸ ἠλεκτρικὸ φορτίο. Ἀντίθετα τὸ μάλλινο ὕφασμα μένει με περισσότερα πρωτόνια ἀπὸ ἠλεκτρόνια καὶ ἔτσι ἔχει θετικὸ ἠλεκτρικὸ φορτίο.

Τώρα μπορούμε νὰ ἐξηγήσωμε καὶ τὸ τί συμβαίνει, ὅταν πλησιάζωμε τὴν ἄκρη τοῦ φορτισμένου πλαστικοῦ χάρακα σὲ μερικὰ κομμάτια χαρτί. Περιμένομε ὅτι τὸ χαρτί δὲν θὰ ἔχη ἠλεκτρικὸ φορτίο, ἀφοῦ δὲν τὸ τρίψαμε, γιὰ νὰ τὸ φορτίσωμε. Ἀλλὰ ξέρομε ὅτι τὰ ἄτομά του ἔχουν θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία, πρωτόνια καὶ ἠλεκτρόνια. Ἄν ὁ χάρακας εἶναι ἀρνητικὰ φορτισμένος, θὰ ἀπωθήσῃ τὰ ἠλεκτρόνια τοῦ χαρτιοῦ. Ἔτσι ἡ μεριά τοῦ χαρτιοῦ ποὺ εἶναι κοντὰ στὸ χάρακα θὰ ἔχη λιγότερα ἠλεκτρόνια ἀπὸ πρωτόνια, δηλαδὴ θὰ εἶναι θετικὰ φορτισμένη. Ποιὸ θὰ εἶναι τὸ ἀποτέλεσμα; Τὸ ἀρνητικὸ φορτίο τοῦ χάρακα ἔλκει τὸ θετικὸ τοῦ χαρτιοῦ.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Τὸ ἄτομο ἐνὸς ἀερίου ποὺ λέγεται ἥλιο ἔχει δύο ἠλεκτρόνια. Ὁ πυρήνας του ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο πρωτόνια καὶ δύο νετρόνια. Ζωγραφίστε στὸ τετραδίδ σας μιὰ εἰκόνα του.

2) Μὲ ὅσα μάθαμε γιὰ τὴ δομὴ τοῦ ατόμου καὶ τὸν τρόπο ποὺ ἠλεκτρίζονται τὰ ἑλικά σώματα προσπαθήστε νὰ ἐξηγήσετε γιὰτί ἓνα ἠλεκτροισμένο μπαλόνι κολλάει στὸν τοῖχο καὶ γιὰτί οἱ λουρίδες μιᾶς ἐφημερίδας στὴν προηγούμενη ἀτομικὴ ἐργασία ἀπωθοῦνται. Κάνετε ἓνα σχῆμα στὸ τετραδίδ σας δείχνοντας τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία.

4. Τὸ Ἠλεκτροσκόπιο. Καλοὶ καὶ κακοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ

Μὲ τίς προηγούμενες ἐργασίες μας ἀνακα-

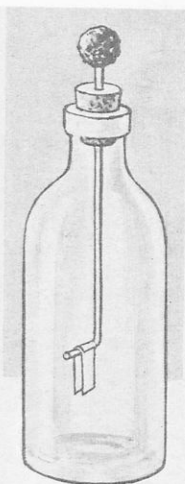
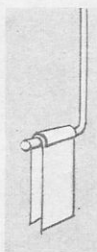
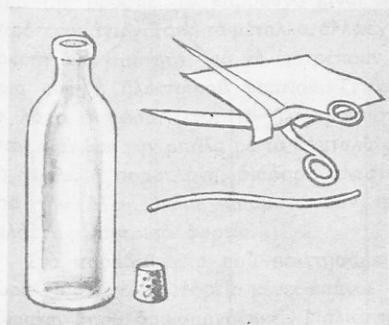
λύψαμε ὅτι ὑπάρχουν δύο εἰδῶν ἠλεκτρικὰ φορτία καὶ ὅτι ὅμοια φορτία ἀπωθοῦνται καὶ ἀνόμοια ἔλκονται. Θὰ κατασκευάσωμε τώρα μὲ τὴν ἐπόμενη ἐργασία ἓνα ἀπλὸ ὄργανο ποὺ λέγεται ἠλεκτροσκόπιο καὶ ποὺ θὰ μᾶς ἐπιτρέψῃ νὰ μελετήσωμε μὲ περισσότερη λεπτομέρεια τὰ ἠλεκτρικὰ φαινόμενα.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῇτε ἓνα γυάλινο μπουκάλι ἢ βάζο, ἓνα φελλὸ ποὺ νὰ ταιριάζῃ στὸ στόμιό του, λίγο χάλκινο σύρμα καὶ φύλλο ἀλουμινίου. Ἐπίσης ἓναν πλαστικὸ χάρακα, ἓνα μάλλινο ὕφασμα καὶ μιὰ πλαστικὴ σακούλα. Ἡ κατασκευὴ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου φαίνεται στὴν εἰκόνα. Τρυπήστε τὸ φελλὸ μὲ τὴν ἄκρη τοῦ σύρματος καὶ κόψτε τὸ σύρμα σὲ τόσο μῆκος, ὥστε, ὅταν κλειστῇ τὸ στόμιό τοῦ μπουκαλιοῦ μὲ τὸ φελλὸ, τὸ σύρμα νὰ φθάνῃ περίπου ὡς τὴ μέση τοῦ μπουκαλιοῦ. Στραβώστε τὸ σύρμα στὴν ἄκρη του σὲ μῆκος περίπου ἓνα ἑκατοστὸ καὶ κρεμάστε δύο λεπτὲς λουρίδες φύλλον ἀλουμινίου, ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα. Στὸ κομμάτι ποὺ προεξέχει πάνω ἀπὸ τὸ φελλὸ καρφώστε μιὰ μπάλα ἀπὸ φύλλο ἀλουμινίου. Ἐχεῖ σημασία νὰ πατήσετε τὴν μπάλα τοῦ ἀλουμινίου, ὥστε ν' ἀκουμπᾷ στὸ σύρμα.

1) Φορτίστε τὸν πλαστικὸ χάρακα τρίβοντάς τον μὲ τὸ μάλλινο ὕφασμα καὶ πλησιάζετε τὴν ἄκρη του στὴν μπάλα τοῦ ἀλουμινίου χωρὶς νὰ τὴν ἀκουμπήσετε. Ἐπειτα ἀπομακρύνετε τὴν ἄκρη τοῦ χάρακα. Τί παρατηρεῖτε; Ἐπαναλάβετε τὸ πείραμα ἀρκετὲς φορτές, ὥσπου νὰ βεβαιωθῇτε γιὰ τίς παρατηρήσεις σας.

2) Ἀκουμπήστε τὴν ἄκρη τοῦ φορτισμένου χάρακα στὴν μπάλα τοῦ ἀλουμινίου καὶ κρατήστε τὴν ἐκεῖ γιὰ λίγο. Ἴσως εἶναι ἀνάγκη νὰ τρίψετε ἑλαφρὰ τὴν μπάλα μὲ τὴν ἄκρη τοῦ χάρακα. Ἀπομακρύνετε ἔπειτα τὸ χάρακα. Τί παρατηρεῖτε;



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Πώς κατασκευάζεται ένα απλό ηλεκτροσκόπιο.

3) Πιάστε με το δάχτυλό σας την μπάλα.
Τί παρατηρείτε ;

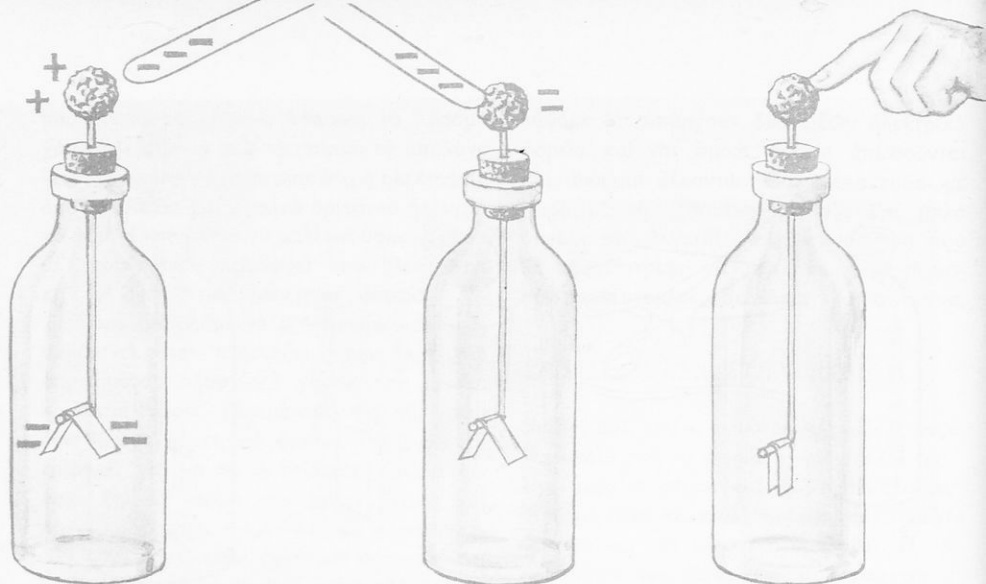
4) Έπαναλάβετε το δεύτερο μέρος της εργασίας. Μετά βγάλτε το φορτίο από το χάρακα, τρίψτε τον δυνατά με την πλαστική σακούλα και άκουμπήστε την άκρη του στην μπάλα. Τί παρατηρείτε ;

“Ας δοῦμε τώρα πώς μπορούμε να ἐξηγήσωμε τις παρατηρήσεις μας. Στὸ πρῶτο μέρος τῆς ἐργασίας, ὅταν πλησιάζωμε στὴν μπάλα τοῦ ηλεκτροσκοπίου τὸν φορτισμένο χάρακα, οἱ λουρίδες τοῦ ἀλουμινίου ἀπωθοῦνται. Ὅταν ἀπομακρύνωμε τὸ χάρακα, οἱ λουρίδες ξαναγυρίζουν στὴ θέση τους. Οἱ παρατηρήσεις αὐτὲς ἐξηγοῦνται εὐκολα μετὰ τὴν δυνάμειν ἀνάμεσα σὲ ηλεκτρικὰ φορτία. Κοιτάξτε τὴν εἰκόνα: Ὁ χάρακας, ποὺ εἶναι φορτισμένος ἀρνητικὰ, ἀπωθεῖ τὰ ηλεκτρόνια τῆς μπάλας καὶ τοῦ σύρματος πρὸς τις λουρίδες τοῦ ἀλουμινίου. Ἐτσι στὶς λουρίδες τὰ ηλεκτρόνια εἶναι περισσότερα ἀπὸ τὰ πρωτόνια, δηλαδὴ ἀποκτοῦν ἀρνητικὸ φορτίο

ἐνῶ, ὅταν ἀπομακρύνωμε τὸ χάρακα, τὰ ηλεκτρόνια ξαναγυρίζουν στὴ θέση τους καὶ οἱ λουρίδες δὲν ἔχουν φορτίο.

Τὶ συμβαίνει, ὅταν ἀκουμπήσωμε τὴν ἄκρη τοῦ χάρακα στὴν μπάλα; Τότε μέρος ἀπὸ τὸ ἀρνητικὸ φορτίο τοῦ χάρακα μεταφέρεται στὴν μπάλα καὶ στὰ φύλλα ἀλουμινίου καὶ τὰ κάνει πάλι νὰ ἀπωθοῦνται. Ὅταν τραβήξωμε τὸ χάρακα, τὸ ηλεκτρικὸ φορτίο μένει ἐπάνω στὸ ηλεκτροσκόπιο καὶ οἱ λουρίδες ἐξακολουθοῦν νὰ ἀπωθοῦνται. Μάλιστα ἂν ξανατρίψωμε τὸ χάρακα μετὰ τὸ μάλινο καὶ τὸν ἀκουμπήσωμε πάλι στὴν μπάλα τοῦ ηλεκτροσκοπίου, θὰ δοῦμε τις λουρίδες νὰ ἀπωθοῦνται ἀκόμα περισσότερο, γιὰτὶ ἀπόκτησαν κι ἄλλο ηλεκτρικὸ φορτίο.

Ὅταν κατόπιν πιάνωμε τὴν μπάλα μετὰ τὸ δάχτυλό μας, οἱ λουρίδες ξαναπέφτουν. Τὸ φορτίο λοιπὸν ἔφυγε. Αὐτὸς εἶναι ἓνας τρόπος, γιὰ νὰ ἀποφορτίσωμε τὸ ηλεκτροσκόπιο. Πὼς ἀκριβῶς γίνεται αὐτὸ θὰ τὸ καταλάβωμε, ἀφοῦ συζητήσωμε τὸ ἐπόμενο μέρος τῆς ἐργασίας. Ὅταν τρίβωμε τὸ χάρακα μετὰ τὸ πλαστικὸ, φορτίζεται θετικὰ, δηλαδὴ ἔχει



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. α) Το αρνητικό φορτίο του χάρακα αποωθεί τα ηλεκτρόνια στην μπάλα του ηλεκτροσκοπίου προς τις λουρίδες. β) Φορτίο από το χάρακα μεταφέρεται στις λουρίδες και τις κάνει να απωθούνται μόνιμα. γ) Το ηλεκτροσκόπιο αποφορτίζεται, όταν ακουμπούμε την μπάλα με το δάχτυλο.

χάσει ηλεκτρόνια. Αυτό βρήκαμε στην εργασία μας με τα μπαλόνια. Μπορούμε τώρα με το ηλεκτροσκόπιο να επιβεβαιώσουμε αυτό το συμπέρασμα. "Αν ακουμπήσουμε τον φορτισμένο θετικό χάρακα στην μπάλα του ηλεκτροσκοπίου, που το έχουμε φορτίσει προηγούμενως αρνητικά, παρατηρούμε ότι οι λουρίδες κατεβαίνουν, σαν να τους αφαιρέσαμε φορτίο. Εύκολα φανταζόμαστε τί συμβαίνει: το θετικό φορτίο του χάρακα έλκει το αρνητικό φορτίο, δηλαδή τα ηλεκτρόνια, και έτσι το ηλεκτροσκόπιο χάνει το φορτίο του. Βρήκαμε λοιπόν και έναν εύκολο τρόπο, για να διακρίνουμε ένα θετικό από ένα αρνητικό φορτίο. Μπορείτε να περιγράψετε πώς;

Σκεφτήτε τώρα κάτι ιδιαίτερα σημαντικό. "Όλες αυτές οι παρατηρήσεις ήταν δυνατόν να γίνουν, γιατί το φορτίο που βάζουμε στην μπάλα εύκολα φτάνει στις λουρίδες του ηλεκτροσκοπίου. Θα συνέβαινε αυτό, αν αντί για σύρμα είχαμε μια γυάλινη ράβδο; Για να απαντήσουμε στο ερώτημα αυτό, μπορούμε

να δοκιμάσουμε το εξής: 'Αφού φορτίσωμε τη μιά άκρη του πλαστικού χάρακα, ας ελέγξωμε την άλλη άκρη, αν έχει φορτίο. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με το ηλεκτροσκόπιο είτε απλούστερα δοκιμάζοντας, αν έλκονται μικρά κομμάτια χαρτί. Βρίσκομε ότι η άλλη άκρη του χάρακα δεν έχει φορτίο. "Αρα το φορτίο στο χάρακα δεν πηγαίνει από τη μιά άκρη στην άλλη, ενώ στο σύρμα του ηλεκτροσκοπίου πηγαίνει. "Αλλα λοιπόν σώματα επιτρέπουν στα ηλεκτρόνια να κινούνται ελεύθερα και άλλα όχι. Τα πρώτα λέγονται **άγωγοι** του ηλεκτρισμού, γιατί επιτρέπουν την κίνηση των ηλεκτρικών φορτίων, τα δεύτερα **μονωτές**, γιατί απομονώνουν τα ηλεκτρικά φορτία.

Την ιδιότητα ορισμένων σωμάτων να επιτρέπουν την κίνηση ηλεκτρικού φορτίου την λέμε με μιά λέξη **αγωγιμότητα**. 'Η ιδιότητα αυτή έχει μεγάλη σημασία για τις περισσότερες εφαρμογές του ηλεκτρισμού. Πράγματι έτσι μόνο μπορούμε να περιορίζωμε και να οδηγώμε τα ηλεκτρικά φορτία στις διά-

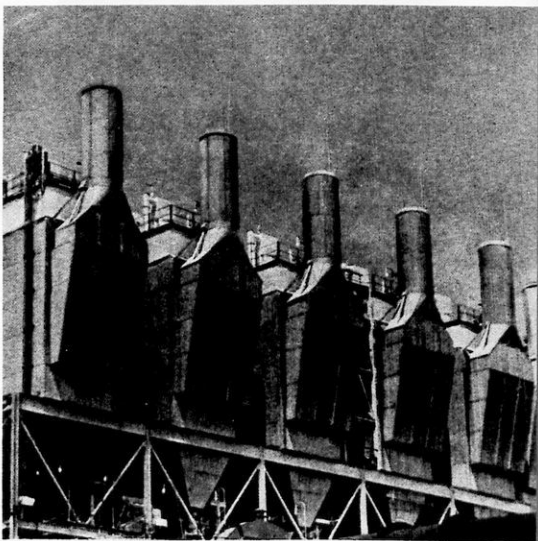
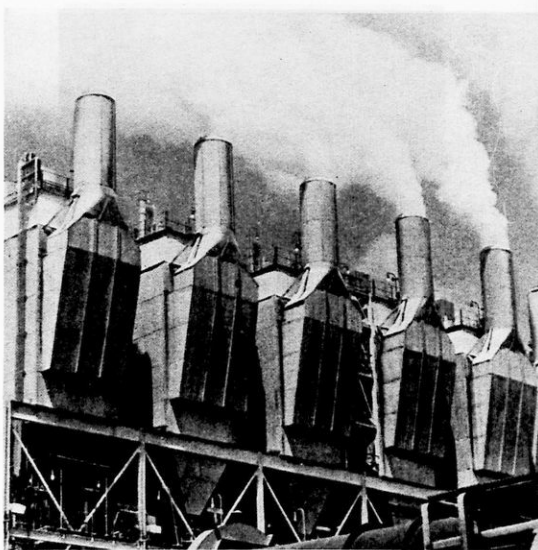
φορες ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμο-
ποιούμε. Οί καλύτεροι άγωγοί του ηλεκτρι-
σμού είναι τὰ μέταλλα. Τò σώμα μας, τò
νερό τής βρύσης, τò κάρβουνο είναι πολύ
χειρότεροι άγωγοί από τὰ μέταλλα, αλλά έχουν
άρκετὴ άγωγιμότητα, γιὰ νὰ επιτρέπουν κά-
ποια κίνηση ηλεκτρικοῦ φορτίου. Γι' αὐτò
τò λόγο άποφορτίζεται τò ηλεκτροσκόπιο,
όταν πιάνουμε τὴν μπάλα με τὰ δάχτυλά μας.
Τò γυαλί, ἡ πορσελάνη, διάφορα πλαστικά,
άπό τὴν ἄλλη μεριά, άπομονώνουν πολὺ
καλὰ τὰ ηλεκτρικά φορτία.

Στὰ παραδείγματα που μελετήσαμε ὡς
τώρα τò ηλεκτρικό φορτίο μένει ἑπάνω στὰ
σώματα, όπου δημιουργήθηκε. Μάλιστα, ὅ-
πως εἶδαμε στὴν περίπτωση τοῦ χάρακα, τò
φορτίο που δημιουργήθηκε στὴ μιὰ ἄκρη με
τὴν τριβὴ μένει ἐκεῖ καὶ δὲν ἀπλώνεται σ' ὅλο
τò χάρακα. Στò ηλεκτροσκόπιο τò φορτίο
ἀπλώνεται ἀπò τὴν μπάλα στὰ φύλλα ἀλλὰ
καὶ πάλι μένει ἐκεῖ, ὅπως διαπιστώνομε ἀπò
τὰ φύλλα που ἔξακολουθοῦν νὰ ἀπωθοῦνται.
Γι' αὐτò λέμε ὅτι σ' ὅλες αὐτές τὶς περιπτώσεις
ἔχομε *στατικό* ηλεκτρικό φορτίο ἢ μ' ἄλλα
λόγια ὅτι τὰ φαινόμενα που παρατηροῦμε
ὀφείλονται σὲ *στατικό* ηλεκτρισμό.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Με τò ηλεκτροσκόπιο που ἔχετε
κατασκευάσει μελετήστε τò ηλεκτρικό φορτίο
που ἀποκτοῦν διάφορα σώματα με τριβή.
Χρησιμοποιήστε ἓνα χτένι, ἓνα μικρò μπαλόνι
καὶ μιὰ γυάλινη ράβδο. Μπορεῖτε νὰ βρῆτε
τò εἶδος τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου που ἀποκτὰ
καθένα ἀπò αὐτὰ τὰ σώματα; Γράψτε τὶς
παρατηρήσεις σας στò τετράδιό σας.

2) Ἐτοιμάστε στò τετράδιό σας δύο στήλες
με ἐπικεφαλίδες ΑΓΩΓΟΙ καὶ ΜΟΝΩΤΕΣ.
Ἀπò τὰ παρακάτω ὕλικά ποιά νομίζετε ὅτι
εἶναι άγωγοί καὶ ποιά μονωτές; Γράψτε
τα στὴν κατάλληλη στήλη: ξύλο, πλαστικό,
σιδερένιο σόμα, γυαλί, φύλλο ἀλουμινίου,
λάστιχο.



Συνκενές που βασίζονται σὲ φαινόμενα στατικοῦ ἡ-
λεκτρισμοῦ χρησιμοποιοῦνται, γιὰ νὰ καθαρίζουν τὸν
καπνὸ ἀπò τὶς καμινάδες ἐργοστασίων. Ἡ φωτο-
γραφία αὕτη δείχνει τὴ διαφορά πρὶν καὶ μετὰ τὴν
τοποθέτηση τῆς συσκευῆς.



‘Ο Φραγκλίνος πετάει τὸν ἀετό, γιὰ νὰ ἀποδείξη ὅτι ὁ κεραυνὸς προέρχεται ἀπὸ στατικὸ ἠλεκτρισμὸ στὰ σύννεφα.

5. Ὁ στατικὸς ἠλεκτρισμὸς γύρω μας

Πολλὰ φαινόμενα ποὺ παρατηροῦμε καθημερινὰ ὀφείλονται σὲ στατικὸ ἠλεκτρισμὸ. Ἀναφέραμε προηγουμένως τὸ σπινθήρα ποὺ δημιουργεῖται καμιά φορά, ὅταν ἀγγίζουμε τὸ πόμολο μιᾶς πόρτας καὶ αὐτὸ ποὺ παρατηροῦμε, ὅταν βγάζουμε μιὰ μάλλινη μπλούζα. Ἐνα ἄλλο συνηθισμένο φαινόμενο εἶναι ἡ σκόνη ποὺ μαζεύουν οἱ δίσκοι τοῦ γραμμοφώνου, ἐπεὶδὴ ἠλεκτρίζονται μὲ τὴν τριβὴ μὲ τὴ βελόνα καὶ τὸν ἄερα, καθὼς καὶ τὸ χνούδι ποὺ μαζεύεται σὲ συνθετικὰ ὑφάσματα.

Ἐκτὸς ὅμως ἀπ’ αὐτὰ τὰ φαινόμενα ποὺ μπορεῖ νὰ εἶναι λίγο ἐνοχλητικὰ ἢ ἀπλῶς περίεργα, ὁ στατικὸς ἠλεκτρισμὸς μπορεῖ νὰ προκαλέσῃ σοβαρὰ προβλήματα σὲ διάφορες βιομηχανικὲς ἐργασίες. Εἶναι δύσκολο, λόγου χάρι, νὰ μεταφερθοῦν ὑλικά ὅπως ζάχαρη ἢ ἀλεύρι μέσα ἀπὸ πλαστικούς σωλήνες, χωρὶς νὰ ἀναπτυχθῇ σημαντικὸ ἠλεκτρικὸ φορτίο ἀπὸ τὴν τριβὴ τους. Προβλήματα δημιουργοῦνται ἐπίσης σὲ βιομηχανίες ποὺ παράγουν χαρτὶ ἢ διάφορα πλαστικὰ ὑλικά. Ἡ φόρτιση τῶν ὑλικῶν, καθὼς περνοῦν μὲ ταχύτητα ἀπὸ διάφορα μηχανήματα, εἶναι τόσο μεγάλη, ὥστε μπορεῖ νὰ προκαλέσῃ σπινθήρες. Ἔτσι καμιά φορὰ χρειάζεται νὰ σταματήσῃ ἡ παραγωγὴ καὶ σὲ σπάνιες περιπτώσεις μπορεῖ νὰ προκληθῇ πυρκαγιά. Γι’ αὐτὸ τὸ λόγο σ’ αὐτὲς τὶς βιομηχανίες παίρνουν εἰδικὰ μέτρα, γιὰ νὰ μὴ μαζευτῇ μεγάλο ἠλεκτρικὸ φορτίο στὰ προϊόντα ποὺ παράγουν.

Τὰ ἀποτελέσματα τοῦ στατικοῦ ἠλεκτρισμοῦ δὲν εἶναι πάντοτε ἐνοχλητικὰ ἢ ἐπιζήμια. Ὑπάρχουν διάφορες ἐφαρμογές, ὅπου χρησιμοποιοῦνται ἀποτελεσματικὰ ὁ στατικὸς ἠλεκτρισμὸς. Μιὰ πολὺ γνωστὴ ἐφαρμογὴ εἶναι στὶς μηχανὲς ποὺ χρησιμοποιοῦνται γιὰ φωτοαντίγραφα. Μιὰ ἄλλη ἐφαρμογὴ, ποὺ γίνεται σήμερα ἰδιαίτερα σημαντικὴ στὴν προσπάθειά μας νὰ κρατήσωμε καθαρὸ τὸν ἄερα ποὺ ἀναπνέουμε, εἶναι ὁ καθαρισμὸς τοῦ καπνοῦ ποὺ βγαίνει ἀπὸ καμινάδες ἐργοστασίων. Ὁ καπνὸς περιέχει πολλὰ μικρὰ σωματίδια στάχτης, ποὺ φορτίζονται μὲ μιὰ συσκευὴ τοποθετημένη στὴν ἄκρῃ τῆς καμινάδας. Ἔτσι ἔλκονται καὶ κολλοῦν στὰ τοιχώματα, ἀπ’ ὅπου ξύνονται κατὰ διαστήματα.

Ἀσφαλὼς τὸ πιὸ θαυματικὸ φαινόμενο στατικοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι οἱ ἀστραπὲς καὶ οἱ κεραυνοί, ποὺ παρατηροῦμε στὴν ἀτμόσφαιρα σὲ καιρὸ καταιγίδας. Ἡ ἀνακάλυψη ὅτι τὰ φαινόμενα αὐτὰ ὀφείλονται σὲ ἠλεκτρικὰ φορτία ποὺ μαζεύονται στὰ σύννεφα ἔγινε ἀπὸ τὸν Βενιαμὶν Φραγκλίνου στὰ 1752. Ὁ Φραγκλί-

νος ήταν ένας Άμερικανός επιστήμονας και διπλωμάτης που έκανε πολλές έρευνες γύρω από τον ηλεκτρισμό. Μάλιστα σ' αυτόν όφείλονται και οι ονομασίες «θετικός» και «αρνητικός» ηλεκτρισμός για τα δύο είδη ηλεκτρικού φορτίου. Για να αποδείξει λοιπόν ότι τα σύννεφα έχουν ηλεκτρικό φορτίο με τις ίδιες ιδιότητες που έχει το ηλεκτρικό φορτίο που παράγεται με τριβή, πέταξε ένα χαρταετό μια βροχερή ημέρα. Στην άκρη του σπάγκου είχε δέσει ένα μεγάλο κλειδί. Νά πώς περιγράφει ο ίδιος τα συμπεράσματά του : «Σ' αυτό το κλειδί... μπορούν να γίνουν όλα τα ηλεκτρικά πειράματα... που συνήθως τα κάνουμε με τη βοήθεια μιας γυάλινης ράβδου που έχουμε τρίψει και μ' αυτό τον τρόπο αποδεικνύεται απόλυτα ότι ο κεραυνός είναι το ίδιο πράγμα με την ηλεκτρική ύλη».

Ό Φραγκλίνος ήταν αρκετά συνετός ή τυχερός (!) να στέκεται κάτω από μια στέγη την ώρα που πετούσε τον αετό, ώστε ή άκρη του σπάγκου να μην είναι βρεμένη. Άλλιώς θα μπορούσε να είχε σκοτωθή από κεραυνό, όπως συνέβη μ' ένα Ρώσο επιστήμονα που, μερικά χρόνια μετά, επιχείρησε να επαναλάβει το πείραμα.

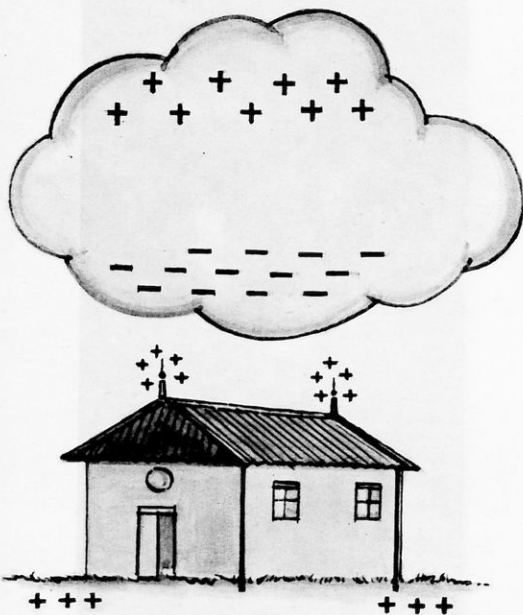
Πολλές έρευνες έχουν γίνει, για να βρεθεί πώς ακριβώς χωρίζονται τα ηλεκτρικά φορτία στα σύννεφα και δημιουργούν τις αστραπές και τους κεραυνούς. Ό μηχανισμός είναι αρκετά περίπλοκος αλλά ή ιδέα είναι απλή : Όπως έχουμε μάθει προηγουμένως, τα σύννεφα δημιουργούνται σέ καιρό καταιγίδας, καθώς ό ζεστός αέρας που περιέχει ύγρασία ανεβαίνει σέ ψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας, που είναι πιό κρύα. Έκει μέρος του υδρατμού υγροποιείται κι ακόμα, αν οι μικρές σταγόνες πάνε πιό ψηλά, γίνονται πάγος. Καθώς οι κόκκοι του πάγου αρχίζουν να πέφτουν, συναντούν στο δρόμο τους σταγόνες που ανεβαίνουν. Μέ τη σύγκρουση και την τριβή οι κόκκοι του πάγου αποκτούν αρνητικό φορτίο. Τό ίδιο μπορεί να



Πλησιάζοντας το δάχτυλό του στο κλειδί παρατήρησε σπινθήρες κι έτσι απόδειξε ότι το σύννεφο έχει ηλεκτρικό φορτίο.

συνεχιστή για αρκετή ώρα, ώσπου στο κάτω μέρος του σύννεφου συγκεντρώνεται μεγάλη ποσότητα από αρνητικό φορτίο και στο επάνω από θετικό φορτίο, όπως δείχνει ή εικόνα.

Τό φορτίο που μαζεύεται στο σύννεφο έχει επίδραση και στην επιφάνεια της γής. Έπειδή τό αρνητικό φορτίο του σύννεφου είναι πιό κοντά στη γή, θετικά φορτία έλκονται και φορτίζουν την επιφάνεια της γής θετικά. Όταν τώρα τό φορτίο που έχει συσσωρευθή είναι αρκετά μεγάλο, ένας γιγάντιος σπινθήρας μπορεί να δημιουργηθή ανάμεσα στα φορτία του σύννεφου, όποτε έχουμε αστραπή ή ανάμεσα στο σύννεφο και τη γή, όποτε



Τὰ ηλεκτρικὰ φορτία σ' ἓνα σύννεφο καὶ στὴ γῆ σὲ ὥρα καταιγίδας. Τὸ ἀλεξικέραυνο χρησιμεύει, γιὰ νὰ δημιουργηθῇ ἐκεῖ ὁ κεραυνὸς καὶ νὰ διοχετευέται τὸ φορτίο στὴ γῆ.

ἔχομε κεραυνό. Μάλιστα ἐπειδὴ τὸ φορτίο στὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ συγκεντρώνεται στὶς πιὸ μυτερές προεξοχές, ὁ κεραυνὸς πέφτει συνήθως σὲ τέτοια σημεῖα. Αὐτὴ τὴν παρατήρηση τὴ χρησιμοποιοῦμε ἀποτελεσματικὰ στὴν ἐγκατάσταση τοῦ ἀλεξικέραυνου ποὺ χρησιμεύει ἀκριβῶς, γιὰ νὰ ὁδηγῆται ἐκεῖ ὁ κεραυνὸς καὶ νὰ διοχετεύεται τὸ φορτίο στὸ ἔδαφος.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στὰ αὐτοκίνητα ποὺ μεταφέρουν βενζίνη θὰ δῆτε πάντα μιὰ ἀλυσίδα στὸ πίσω μέρος,

ποὺ σέρνεται στὸ ἔδαφος. Σὲ τί νομίζετε ὅτι χρησιμεύει; Γράψτε τὴν ἐξήγηση στὸ τετράδιό σας.

Ἐξηγήστε γιατί σὲ καιρὸ καταιγίδας δὲν πρέπει νὰ καταφεύγουμε κάτω ἀπὸ δέντρα. Τὸ ψηλότερο κτίριο τοῦ κόσμου χτυπιέται πολλὲς φορὲς ἀπὸ κεραυνούς. Ὁ ἀριθμὸς τῶν κεραυνῶν ἔφτασε τοὺς 42 σὲ ἓνα χρόνον καὶ τοὺς 12 σὲ μιὰ μόνο καταιγίδα. Πῶς ἐξηγεῖται αὐτό; Εἶναι ἀλήθεια λοιπὸν αὐτὸ ποὺ λένε συχνὰ ὅτι «ὁ κεραυνὸς δὲν χτυπάει στὸ ἴδιο μέρος δύο φορὲς»;

6. Τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα καὶ οἱ πηγές του

Στὰ ἠλεκτρικὰ φαινόμενα ποὺ παρατηρήσαμε ὡς τώρα, στὰ φαινόμενα τοῦ στατικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὰ σώματα ἀποκτοῦν ἠλεκτρικὸ φορτίο, γιατί ἠλεκτρόνια μεταφέρονται ἀπὸ ἓνα σῶμα σ' ἓνα ἄλλο μὲ τὴν τριβή. Ὡστόσο ἡ παραγωγὴ ἠλεκτρισμοῦ μ' αὐτὸν τὸν τρόπο εἶναι πολὺ λίγο χρήσιμη. Θὰ ἦταν δύσκολο νὰ ἀνάψωμε ἔτσι μιὰ λάμπα ἢ νὰ κάνωμε ἓνα ραδιόφωνο νὰ λειτουργήσῃ. Χρειαζόμαστε λοιπὸν μιὰ πιὸ βολικὴ πηγὴ ἠλεκτρισμοῦ.

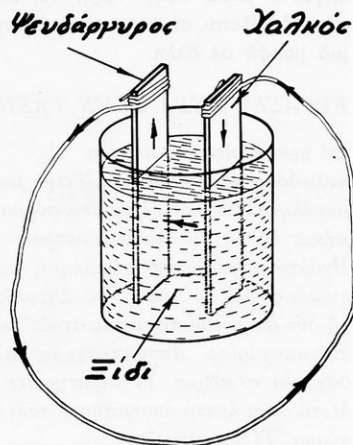
Ἐκτὸς ὅμως ἀπὸ μιὰ πηγὴ χρειαζόμαστε καὶ ἓναν τρόπο νὰ περιορίσωμε τὴν κίνηση τῶν ἠλεκτρονίων καὶ νὰ τὴν κατευθύνωμε ὅπως ἐπιθυμοῦμε γιὰ χρήσιμες ἐφαρμογές. Γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτὸ χρησιμοποιοῦμε ἀγωγούς, δηλαδὴ ὑλικά σώματα, ποὺ, ὅπως βρήκαμε στὴν ἐργασία μας μὲ τὸ ἠλεκτροσκόπιο, ἐπιτρέπουν ἐλεύθερη κίνηση τῶν ἠλεκτρονίων. Αὐτὴ τὴ ροὴ τῶν ἠλεκτρονίων μέσα σ' ἓναν ἀγωγὸ τὴν ὀνομάζουμε **ἠλεκτρικὸ ρεῦμα**.

Οἱ πιὸ γνωστὲς πηγές ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι οἱ συνηθισμένες ἠλεκτρικὲς στήλες, ποὺ χρησιμοποιοῦμε στὰ ἠλεκτρικὰ φανάρια καὶ στὰ φορητὰ ραδιόφωνα. Ἡ πρώτη ἠλεκτρικὴ στήλη ἢ ἀκριβέστερα **ἠλεκτρικὸ στοιχεῖο** κατασκευάστηκε ἀπὸ τὸν Ἰταλὸ

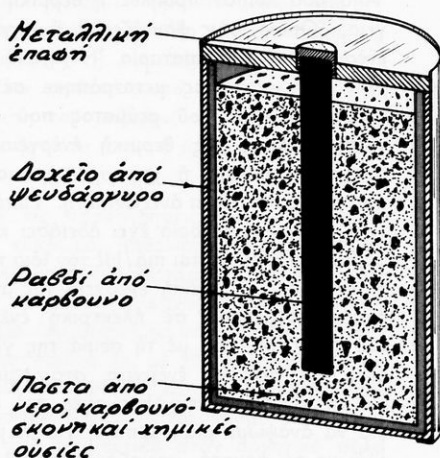
έπιστήμονα Άλέξανδρο Βόλτα πριν 200 χρόνια περίπου. Στην πιο απλή του μορφή ένα ηλεκτρικό στοιχείο αποτελείται από δύο διαφορετικά μέταλλα, συνήθως χαλκό και ψευδάργυρο, βυθισμένα σ' ένα διάλυμα. Ο Βόλτα χρησιμοποίησε διάλυμα αλατιού καθώς και ξίδι, αλλά και άλλες χημικές ουσίες είναι το ίδιο αποτελεσματικές. Μέσα στο διάλυμα συμβαίνουν διάφορα χημικά φαινόμενα, που οι λεπτομέρειές τους δεν μας ενδιαφέρουν εδώ. Έκείνο που είναι σημαντικό, είναι το τελικό αποτέλεσμα : *ηλεκτρόνια αφαιρούνται από το χαλκό και προστίθενται στον ψευδάργυρο*. Έτσι, ο χαλκός είναι φορτισμένος θετικά και ο ψευδάργυρος αρνητικά. Δημιουργούνται δηλαδή δύο άκρα του στοιχείου, που τα ονομάζουμε **πόλους** ή **ηλεκτρόδια**, με διαφορετικό φορτίο. Αν συνδέσουμε ένα σύρμα από τόν ψευδάργυρο στο χαλκό, δημιουργούμε έναν κλειστό δρόμο, ένα **κύκλωμα**, όπου μπορούν να κινηθούν ελεύθερα τα ηλεκτρόνια. Με τα χημικά φαινόμενα που συμβαίνουν μέσα στο ηλεκτρικό στοιχείο αναπληρώνονται συνεχώς τα ηλεκτρόνια στον ψευδάργυρο κι έτσι διατηρείται η ροή του ρεύματος στο σύρμα.

Οι συνηθισμένες μπαταρίες είναι κατασκευασμένες με τον ίδιο τρόπο, μόνο που αντί για διάλυμα χρησιμοποιείται μια πάστα από νερό και σκόνη από κάρβουνο που περιέχει τις χημικές ουσίες. Το αρνητικό ηλεκτρόδιο είναι ένα φύλλο από ψευδάργυρο που κατασκευάζεται σε μορφή ενός μικρού δοχείου μέσα στο οποίο μπαίνει ή πάστα. Ως θετικό ηλεκτρόδιο χρησιμοποιείται ένα ραβδάκι από κάρβουνο. Μπορείτε να παρατηρήσετε αυτά τα μέρη μιάς στρογγυλής μπαταρίας, αν την κόψετε μ' ένα πριόνι στη μέση, όπως δείχνει η εικόνα.

Τα ηλεκτρικά στοιχεία είναι χρήσιμες πηγές ηλεκτρικού ρεύματος μόνον όταν χρειαζόμαστε λίγο ηλεκτρικό ρεύμα για μικρό χρονικό διάστημα. Όλοι ξέρομε ότι, αν αφήσουμε ένα φακό αναμμένο για λίγες



"Ένα απλό ηλεκτρικό στοιχείο αποτελείται από δύο διαφορετικά μέταλλα βυθισμένα σε διάλυμα ξιδιού.



Το εσωτερικό μιάς κοινής κυλινδρικής μπαταρίας.

ώρες θα σβήση. Οί μπαταρίες του «πέφτουν», όπως λέμε. Όπως θα δούμε στην επόμενη εργασία μέσα στην τάξη, το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται σε μετατροπή ενέργειας από μία μορφή σε άλλη.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε μια μεγάλη κυλινδρική μπαταρία ή καλύτερα μια μεγάλη πλακέ και ηλεκτρικό σύρμα με μήκος 15 ως 20 εκατοστόμετρα.

Βγάλτε το μονωτικό περίβλημα από το σύρμα σ' όλο το μήκος του. Στερεώστε τα δύο άκρα του σύρματος στους πόλους της μπαταρίας. Ακουμπήστε με τα δάχτυλα το σύρμα. Τι παρατηρείτε; Μετά δέκα λεπτά ακουμπήστε πάλι το σύρμα. Τι παρατηρείτε;

Η παρατήρηση που κάναμε είναι απλή. Το σύρμα θερμαίνεται ή μ' άλλα λόγια αυξάνεται η θερμική του ενέργεια. Ξέρομε όμως ότι η ενέργεια ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται, απλώς αλλάζει μορφές. Από πού λοιπόν προήλθε η θερμική ενέργεια; Όπως ίσως φαντάζεστε, η πηγή της ενέργειας είναι η μπαταρία. Η χημική ενέργεια της μπαταρίας μετατράπηκε σε ηλεκτρική ενέργεια του ρεύματος που εμφάνιστηκε τελικά ως θερμική ενέργεια του σύρματος. Βέβαια η χημική ενέργεια της μπαταρίας δεν είναι ανεξάντλητη. Μετά από λίγα λεπτά η μπαταρία έχει αδειάσει και το σύρμα δεν θερμαίνεται πιά. Με τον ίδιο τρόπο σ' ένα φακό η χημική ενέργεια της μπαταρίας μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια του ρεύματος, που με τη σειρά της γίνεται φως και θερμική ενέργεια στο λαμπάκι. Για τις συνηθισμένες εφαρμογές στο σπίτι, για να ανάψουμε μια λάμπα ή για να μαγειρέψουμε το φαγητό, χρειαζόμαστε πολύ περισσότερη ενέργεια από όση μπορεί να δώσει μια μπαταρία.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπαταρίες χρησιμοποιούμε και στα αυτοκίνητα. Όταν σās δοθῇ ευκαιρία, ξεβιδώστε το καπάκι μιᾶς μπαταρίας αυτοκινήτου και κοιτάξτε το εσωτερικό της, όπου φαίνονται οί πλάκες τοῦ μετάλλου σκεπασμένες με τὸ ὑγρό. Βρῆστε πληροφορίες γιὰ τὸν τρόπο κατασκευῆς μιᾶς μπαταρίας αυτοκινήτου και γράψτε τες στὸ τετράδιό σας.

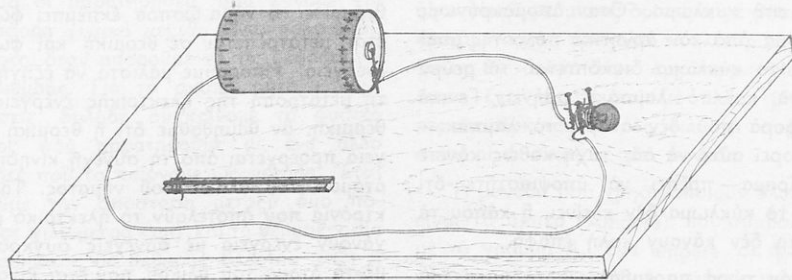
7. Ένα απλό κύκλωμα

Είδαμε ότι, για να παραχθῇ ηλεκτρικό ρεύμα, χρειάζεται μια πηγή και ένας κλειστός δρόμος από άγωγιμο υλικό, ένα κύκλωμα, όπου κινούνται ελεύθερα τὰ ηλεκτρόνια. Σχεδόν σε όλες τις εφαρμογές τοῦ ηλεκτρισμοῦ χρησιμοποιοῦμε κυκλώματα, γιατί μᾶς επιτρέπουν νὰ ἐλέγχωμε ἀποτελεσματικά τὴν ηλεκτρικὴ ἐνέργεια, δηλαδή νὰ τὴν χρησιμοποιοῦμε, ὅπου και ὅταν θέλωμε. Πῶς γίνεται αὐτὸ και τί καθορίζει τὴ ροὴ τῶν ηλεκτρονίων σ' ἓνα κύκλωμα; Μὲ τὴν παρατήρηση ἑνὸς ἀπλοῦ κυκλώματος θὰ βροῦμε ἀπαντήσεις σ' αὐτὲς τὶς ἐρωτήσεις σὴν ἐπόμενη εργασία.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστήτε μιὰ στρογγυλὴ μπαταρία, περίπου 1 μέτρο σύρμα κουνουνιῶδ, μερικὰ καρφιά 3 ἐκατοστών περίπου, ἓνα λαμπάκι φακοῦ, ἓνα μολύβι και μιὰ σανίδα με διαστάσεις περίπου 25×20 ἐκατοστόμετρα.

1) Παρατηρήστε με προσοχὴ τὴ μπαταρία. Βεβαιωθῆτε ποῦ εἶναι οί πόλοι της. Οί περισσότερες μπαταρίες ἔχουν σημειωμένα ἓνα + και ἓνα - γιὰ τὸν θετικὸ και ἀρνητικὸ πόλο. Παρατηρήστε ἐπίσης με προσοχὴ τὸ λαμπάκι. Ἔχει μέσα



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. "Ένα απλό κύκλωμα.

Ένα λεπτό σύρμα, πού τὰ άκρα του συνδέονται τὸ ένα με τήν προεξοχή στο κάτω μέρος του καὶ τὸ άλλο με τὸ κίτρινο περιβλήμα.

2) Καρφώστε τρία καρφιά, γιὰ νὰ κάνετε μιὰ θήκη γιὰ τὸ λαμπάκι, ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα. Καρφώστε ἐπίσης δύο καρφιά, ἀνάμεσα στὰ ὁποῖα νὰ μπαίνει ἡ μπαταρία σφιχτά. Συνδέστε σύρματα ἀνάμεσα στὰ καρφιά, ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα, ἀφήνοντας ἐλεύθερη μόνο τήν άκρη τοῦ σύρματος πού πάει ἀπὸ τὸ λαμπάκι στὸν ἀρνητικὸ πόλο τῆς μπαταρίας.

3) Ἀκουμπήστε τήν ἐλεύθερη άκρη τοῦ σύρματος στὸν ἀρνητικὸ πόλο τῆς μπαταρίας. Τί παρατηρεῖτε; Ἐπαναλάβετε ἀρκετές φορές αὐτὴ τήν κίνηση παρατηρώντας πῶς ἀνάβει τὸ λαμπάκι καθὼς κλείνετε τὸ κύκλωμα.

4) Μὲ ἓνα ξυραφάκι σχίστε τὸ μολύβι στὴ μέση. Γυμνώστε λίγο σύρμα σὲ μιὰ

άκρη του καὶ τυλίξτε δύο γόρους σφιχτὰ σὲ μιὰ άκρη τοῦ μολυβιοῦ, ὥστε νὰ ἀκουμπᾷ καλὰ στὴ μύτη. Γυμνῶστε τήν ἄλλη άκρη καὶ συνδέστε τήν στο καρφὶ πού εἶναι στὸν ἀρνητικὸ πόλο τῆς μπαταρίας. Ἀκουμπήστε τὴ μιὰ άκρη τοῦ σύρματος πού εἶναι συνδεμένη στο λαμπάκι πάνω στὴ μύτη τοῦ μολυβιοῦ καὶ μετακινήστε το ἀπὸ τὴ μιὰ άκρη στὴν ἄλλη. Τί παρατηρεῖτε;

Μὲ τίς παρατηρήσεις μας σ' αὐτὸ τὸ ἀπλὸ κύκλωμα μαθαίνομε πολλὰ γιὰ τὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ τὸν τρόπο πού ἐλέγχουμε τὴν ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. Ἀς ἀρχίσουμε ἀπὸ τὴν ἀρχή. Παρατηροῦμε πρῶτα ὅτι μὲ τὸν τρόπο πού συνδέσαμε τὰ σύρματα καὶ τὸ λαμπάκι δημιουργήσαμε ἓναν κλειστὸ δρόμο ἀπὸ ἀγωγούς ἀπὸ τὸν θετικὸ στὸν ἀρνητικὸ πόλο τῆς μπαταρίας. Σ' αὐτὸ τὸ κύκλωμα τὰ ἡλεκτρόνια θὰ κινηθοῦν ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸ πόλο μέσα ἀπὸ τὸ σύρμα, ἔπειτα ἀπὸ τὸ νῆμα πού

έχει τὸ λαμπάκι καὶ τέλος ἀπὸ τὸ ἄλλο κομμάτι σύρμα, γιὰ νὰ καταλήξουν στὸν θετικὸ πόλο. Ἡ μπαταρία κατόπιν μὲ τὴ χημικὴ τῆς δράση μεταφέρει τὰ ηλεκτρόνια στὸν ἀρνητικὸ πόλο κι ἔτσι τὸ ρεῦμα τρέχει συνεχῶς στὸ κύκλωμα. Ὄταν ἀπομακρύνουμε τὸ σύρμα ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸ πόλο τῆς μπαταρίας, τὸ κύκλωμα διακόπτεται, τὸ ρεῦμα σταματᾷ καὶ τὸ λαμπάκι σβήνει. Γενικά κάθε φορὰ πού δὲν ἀνάβει τὸ λαμπάκι—καὶ μπορεῖ αὐτὸ νὰ σᾶς τύχῃ καθώς κάνετε τὸ πείραμα—πρέπει νὰ ὑποψιασθῆτε ὅτι κάπου τὸ κύκλωμα δὲν κλείνει, ἢ κάπου τὰ σύρματα δὲν κάνουν καλὴ ἐπαφή.

Ὄταν τώρα παρεμβάλουμε τὴ μύτη τοῦ μολυβιοῦ στὸ κύκλωμα, παρατηροῦμε ὅτι τὸ ρεῦμα αὐξομειώνεται, καθώς μετακινούμε τὸ σύρμα ἀπὸ τὴ μιὰ ἄκρῃ στὴν ἄλλῃ. Αὐτὸ βέβαια τὸ καταλαβαίνομε, γιατί τὸ λαμπάκι γίνεται περισσότερο ἢ λιγότερο φωτεινὸ. Ὅπως θὰ μαντεύετε, ἡ ἀλλαγὴ τοῦ ρεύματος ὀφείλεται στὸ ὅτι ἡ μύτη τοῦ μολυβιοῦ, πού εἶναι ἀπὸ κάρβουνο, δὲν εἶναι τόσο καλὸς ἀγωγός, ὅσο τὰ σύρματα ἢ τὸ νῆμα στὸ λαμπάκι. Αὐτὸ τὸ ἐκφράζομε καὶ διαφορετικὰ λέγοντας ὅτι ἡ μύτη τοῦ μολυβιοῦ ἔχει μεγαλύτερη **ἀντίσταση** ἀπὸ τὸ νῆμα στὸ λαμπάκι κι ἀκόμα μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἀντίσταση τῶν συρμάτων. Ἔτσι ὅσο μεγαλύτερο μῆκος τοῦ μολυβιοῦ βάζομε στὸ κύκλωμα, τόσο μικρότερο γίνεται τὸ ρεῦμα. Ἀντίθετα πάλι, ἂν κάναμε τὴν ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος πολὺ μικρή, συνδέοντας παραδείγματος χάρι τοὺς δύο πόλους τῆς μπαταρίας μόνον μ' ἓνα κομμάτι σύρμα, τὸ ρεῦμα θὰ ἦταν πολὺ μεγάλο καὶ πολὺ σύντομα ἡ μπαταρία θὰ ἔπαυε νὰ δίνει ρεῦμα. Θὰ εἴχαμε κάνει ἓνα **βραχυκύκλωμα**.

Εἶναι ἐνδιαφέρον νὰ ἐξετάσωμε, ὅσα παρατηρήσαμε κι ἀπὸ τὴ σκοπιὰ τῆς ἐνέργειας. Στὸ κύκλωμά μας ἔχομε μιὰ πηγὴ, τὴν μπαταρία, ὅπου χρησιμοποιεῖται χημικὴ ἐνέργεια, γιὰ νὰ μεταφέρωνται ηλεκτρόνια ἀπὸ

τὸν θετικὸ στὸν ἀρνητικὸ πόλο. Ἔτσι μπορούμε νὰ δημιουργήσωμε ἓνα ἠλεκτρικὸ ρεῦμα στὸ κύκλωμα, ἢ χημικὴ ἐνέργεια δηλαδὴ μετατρέπεται σὲ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια. Στὸ λαμπάκι ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια θερμαίνει τὸ νῆμα ὥσπου ἐκπέμπει φῶς, κι ἔτσι μετατρέπεται σὲ θερμικὴ καὶ φωτεινὴ ἐνέργεια. Μποροῦμε μάλιστα νὰ ἐξηγήσωμε τὴ μετατροπὴ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας σὲ θερμικὴ, ἂν θυμηθοῦμε ὅτι ἡ θερμικὴ ἐνέργεια προέρχεται ἀπὸ τὴ συνεχὴ κίνηση τῶν ἀτόμων τοῦ ὕλικου τοῦ νήματος. Τὰ ηλεκτρόνια πού ἀποτελοῦν τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα χάνουν ἐνέργεια μὲ συνεχεῖς συγκρούσεις μὲ τὰ ἄτομα τοῦ ὕλικου, πού ἔτσι κινοῦνται ταχύτερα καὶ ἔχουν αὐξημένη θερμικὴ ἐνέργεια.

Τὰ ἠλεκτρικὰ κυκλώματα πού χρησιμοποιοῦμε καθημερινὰ δὲν διαφέρουν πολὺ ἀπὸ τὸ ἀπλὸ κύκλωμα πού μελετήσαμε. Σὲ ὅλα θὰ βροῦμε μιὰ πηγὴ ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας, τὰ σύρματα πού τὴν μεταφέρουν καὶ τὴ συσκευὴ ὅπου ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται σὲ κάποια ἄλλη μορφή. Ἀλλὰ πρὶν ἐξετάσωμε τέτοια κυκλώματα, θὰ χρειαστῇ νὰ ποῦμε λίγα πράγματα γιὰ τὶς μονάδες τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Μπορεῖτε νὰ ἀλλάξετε τὸ ἀπλὸ κύκλωμα πού μελετήσατε μὲ τὴν ἐργασία στὴν τάξη προσθέτοντας καὶ μιὰ δεύτερη μπαταρία ἢ ἓνα δεύτερο λαμπάκι κατὰ διάφορους τρόπους, ὥστε νὰ γίνεται πάλι ἓνα κλειστὸ κύκλωμα. Γράψτε τὶς παρατηρήσεις σας.

2) Ἀνοίξτε ἓνα φακὸ καὶ παρατηρήστε πῶς σχηματίζεται τὸ κύκλωμά του καὶ πῶς ἀνάβει καὶ σβήνει.

8. Μονάδες του ηλεκτρικού ρεύματος

Όπως συμβαίνει με τη μελέτη και άλλων φυσικών φαινομένων, έτσι και στον ηλεκτρισμό οι παρατηρήσεις που κάνουμε για τα διάφορα φυσικά μεγέθη είναι πολύ ακριβέστερες, όταν μπορούμε να τις εκφράσουμε με αριθμούς. Για το σκοπό αυτό κάνουμε μετρήσεις, δηλαδή συγκρίνουμε το φυσικό μέγεθος που παρατηρούμε με ένα άλλο όμοιόδές που το παίρνουμε ως μονάδα. Έτσι μετρούμε την απόσταση μεταξύ δύο πόλων σε χιλιόμετρα (km) και τη θερμοκρασία ενός σώματος σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$) ή τη συχνότητα ενός ήχου σε αριθμό παλμικών κινήσεων στο δευτερόλεπτο. Για τον ίδιο σκοπό λοιπόν πρέπει να ορίσουμε μονάδες για το ηλεκτρικό ρεύμα και τα άλλα μεγέθη που παρατηρούμε σ' ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Μ' αυτό τον τρόπο μπορούμε να πούμε ακριβώς πόσο είναι το ηλεκτρικό ρεύμα ή άλλα ηλεκτρικά μεγέθη σ' ένα κύκλωμα. Σε τέτοιες μετρήσεις βασίζεται και η ηλεκτρική έταιρεία, για να στείλη το λογαριασμό στο τέλος κάθε μήνα.

Ας αρχίσουμε με το ηλεκτρικό ρεύμα. Όπως είδαμε, το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η κίνηση των ηλεκτρονίων σ' ένα κλειστό κύκλωμα που αποτελείται από αγωγούς. Θά μπορούσαμε λοιπόν να ορίσουμε τη μονάδα του ηλεκτρικού ρεύματος με βάση το ηλεκτρόνιο. Να φανταστούμε δηλαδή σ' ένα σημείο μέσα στο σύρμα ενός κυκλώματος ένα μικροσκοπικό παρατηρητή που να μετράει πόσα ηλεκτρόνια περνούν απ' αυτό το σημείο κάθε δευτερόλεπτο. Η μονάδα αυτή όμως δεν είναι πολύ πρακτική για ηλεκτρικά ρεύματα που παρατηρούμε σε συνηθισμένα κυκλώματα. Κι αν ακόμα καταφέραμε να βρούμε έναν τρόπο να μετρούμε τα ηλεκτρόνια, που δεν είναι καθόλου εύκολο, οι αριθμοί που θα βρίσκαμε θα ήταν υπερβολικά μεγάλοι. Για το ρεύμα στο απλό

κύκλωμα που μελέτησαμε θα βρίσκαμε περίπου 6.250.000.000.000.000 ηλεκτρόνια. Έξάλλου οι επιστήμονες που μελέτησαν στην αρχή το ηλεκτρικό ρεύμα δεν ήξεραν ότι υπάρχουν ηλεκτρόνια. Έτσι η μονάδα του ηλεκτρικού ρεύματος ορίστηκε με βάση άλλα φαινόμενα που προκαλεί το ηλεκτρικό ρεύμα, όπως θα δούμε λίγο αργότερα. Μάλιστα, όπως έχει συμβη και με άλλες μονάδες, πέρασε αρκετός καιρός για να συμφωνήσουν οι φυσικοί σε μια μονάδα.

Η μονάδα που χρησιμοποιούν όλοι τώρα είναι το άμπέρ (Ampère), που συμβολίζεται με το γράμμα A. Ένα ampère σε ηλεκτρόνια είναι ο αριθμός που γράψαμε πιό πάνω. Σ' ένα ηλεκτρικό σίδερο κυκλοφορεί ρεύμα περίπου 5A, ενώ μια κοινή ηλεκτρική λάμπα παίρνει ρεύμα 0,5 A.

Ένα άλλο σημαντικό μέγεθος σ' ένα κύκλωμα είναι η ιδιότητα του ηλεκτρικού στοιχείου να μεταφέρει ηλεκτρόνια από τον θετικό στον αρνητικό πόλο. Θά μπορούσαμε να παρομοιάσουμε το ηλεκτρικό στοιχείο με μια άντλία, που δημιουργεί τη δύναμη που σπρώχνει τα ηλεκτρόνια και προκαλεί το ρεύμα στο εξωτερικό κύκλωμα. Την ιδιότητα αυτή της μπαταρίας την περιγράφουμε μ' ένα φυσικό μέγεθος που το ονομάζουμε **τάση**. Ός μονάδα τάσεως χρησιμοποιείται το βόλτ (Volt) και συμβολίζεται με το γράμμα V. Οι συνηθισμένες κυλινδρικές μπαταρίες έχουν τάση 1,5 V, όπως θα το δῆτε γραμμένο στις περισσότερες. Γενικά η τάση είναι ένα μέγεθος που χαρακτηρίζει κάθε πηγή ηλεκτρικού ρεύματος. Μας περιγράφει με ακριβή τρόπο πόσο αποτελεσματική είναι η πηγή στο να δημιουργήσει τις δυνάμεις που προκαλούν την κυκλοφορία του ηλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα. Έτσι το ηλεκτρικό ρεύμα σ' ένα κύκλωμα εξαρτάται από την τάση της πηγής. Αν διπλασιάσουμε την τάση, παίρνουμε διπλάσιο ρεύμα. Στις πρίζες του σπι-

τιού μας, που είναι οι πηγές για τις διάφορες συσκευές, ή τάση είναι 220 V. Μπορείτε να πείτε πόση είναι η τάση στους φακούς που χρησιμοποιούν δύο κυλινδρικές μπαταρίες;

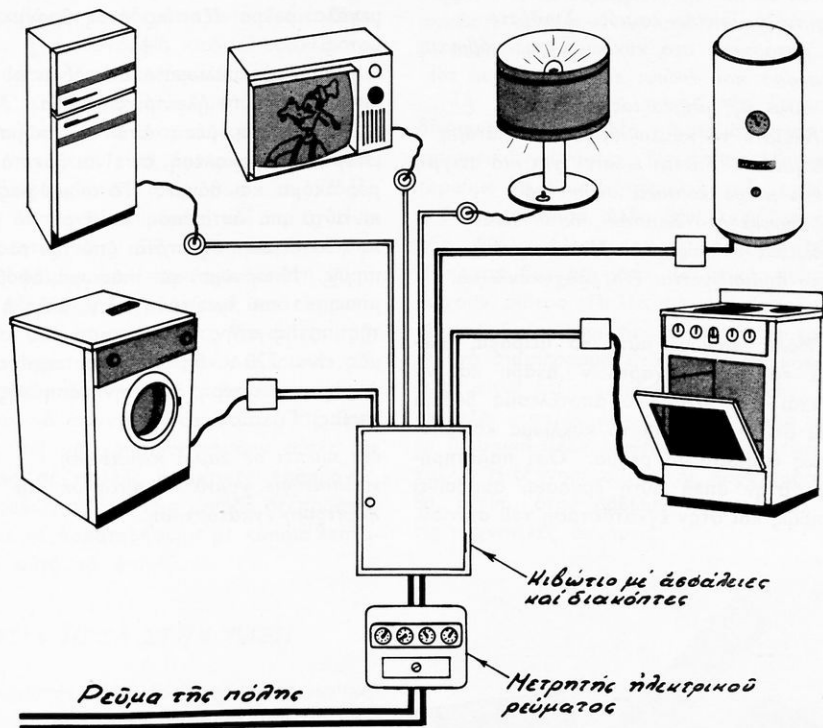
9. 'Ο ηλεκτρισμός στο σπίτι

Αρχίζοντας από την εποχή που ο Έντνισον, πριν 100 χρόνια περίπου, έκανε την εφεύρεση της ηλεκτρικής λάμπας, ο ηλεκτρισμός έγινε με το πέρασμα του χρόνου απαραίτητος για πολλές εφαρμογές στην καθημερινή μας ζωή. Τό καταλαβαίνομε αυτό πολύ καλά, όταν έστω και για μικρό χρονικό διάστημα έχουμε μια διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος. Σε κάθε σπίτι, εκτός από τις ηλεκτρικές λάμπες, έχουμε σήμερα και πολλές άλλες συσκευές που χρησιμοποιούν τον ηλεκτρισμό για κάποια χρήσιμη εργασία. Βασικά στις περισσότερες περιπτώσεις οι συσκευές αυτές μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας. Στην ηλεκτρική κουζίνα και στο ηλεκτρικό σίδερο ή ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική, στη λάμπα μετατρέπεται σε φωτεινή και θερμική ενέργεια. Τό ηλεκτρικό πλυντήριο μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε κινητική. Όλες αυτές οι συσκευές πρέπει να τροφοδοτηθούν με ηλεκτρισμό και γι' αυτό τό σκοπό κάθε σπίτι σήμερα έχει μία ηλεκτρική εγκατάσταση. Με όσα έχουμε μάθει ως τώρα για τό ηλεκτρικό ρεύμα και τις ιδιότητές του μπορούμε να καταλάβωμε πώς λειτουργεί αυτό τό σύστημα με τρόπο ασφαλή. 'Η εικόνα της επόμενης σελίδας δείχνει με τρόπο απλοποιημένο τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ενός σπιτιού. Τά σύρματα που μεταφέρουν τό ηλεκτρικό ρεύμα από τά μακρινά εργοστάσια παραγωγής του ηλεκτρισμού συνδέονται πρώτα με ένα *μετρητή*, που μετράει την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται. Τά άκρα αυτών των συρμά-

των δέν είναι τίποτε άλλο παρά οι πόλοι της πηγής του ηλεκτρικού ρεύματος για τό σπίτι. Μετά τό μετρητή υπάρχει τό κεντρικό κουτί που περιέχει διακόπτες και ασφάλειες κι από εκεί ξεκινούν τά κυκλώματα που εξυπηρετούν διάφορες συσκευές. Μπορείτε να παρακολουθήσετε σε ένα άπ' αυτά τά κυκλώματα πώς σχηματίζεται ένας κλειστός δρόμος από όπου περνάει τό ηλεκτρικό ρεύμα;

Ένα σημαντικό στοιχείο σε καθένα άπό αυτά τά κυκλώματα που τροφοδοτούν τις συσκευές είναι ό *διακόπτης*. Με τό διακόπτη μπορούμε να ανοίγωμε και να κλείνωμε τό κύκλωμα κι έτσι να ελέγχωμε τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος. Όταν θέλωμε φώς άπό μία λάμπα, την ανάβομε πιέζοντας τό διακόπτη που έχει τό κύκλωμά της. Πολλές συσκευές όπως μία ηλεκτρική κουζίνα ή ένα ραδιόφωνο έχουν τό διακόπτη επάνω τους.

Έκτός όμως άπό ένα διακόπτη τά ηλεκτρικά κυκλώματα του σπιτιού χρειάζονται και μία πρόσθετη προστασία, για να αποφεύγωνται επικίνδυνες άνωμαλίες. 'Η πιό σοβαρή άνωμαλία είναι να περάση ένα πολύ μεγάλο ρεύμα άπό ένα κύκλωμα εξαιτίας ενός βραχυκυκλώματος. Πώς μπορεί να συμβη αυτό; Τά σύρματα που οδηγούν τό ηλεκτρικό ρεύμα σε μία συσκευή έχουν ένα περίβλημα συνήθως πλαστικό, που είναι κακός άγωγός του ηλεκτρισμού, είναι *μονωμένα*, όπως λέμε. Έτσι εξασφαλίζομε ότι τό ρεύμα θα περνάη άπό τό ένα σύρμα μέσα στη συσκευή και θα επιστρέφη άπό τό άλλο σύρμα στην πηγή. Άν όμως ή μόνωση των συρμάτων φθάρη και άκουμπήσουν, τό κύκλωμα δέν κλείνει πιό μέσα άπό τη συσκευή αλλά μόνο με τά σύρματα. Έπειδή τά σύρματα έχουν πολύ μικρή αντίσταση, τό ρεύμα μπορεί να γίνη πολύ μεγάλο, έχουμε δηλαδή ένα βραχυκύκλωμα. Τό αποτέλεσμα είναι να ζεσταθούν τόσο πολύ τά σύρματα, που είναι δυνατόν να προκαλέσουν



Σχεδιάγραμμα της ηλεκτρικής εγκαταστάσεως ενός σπιτιού.

πυρκαγιά. Πολλές πυρκαγιές κάθε χρόνο οφείλονται σε τέτοιες αιτίες.

Για να αποφύγουμε τέτοια δυσάρεστα αποτελέσματα, βάζουμε στα κυκλώματα ασφάλειες, που δεν είναι τίποτε άλλο παρά διακόπτες που διακόπτουν αυτόματα το κύκλωμα, όταν περάσει μεγάλο ρεύμα. Τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί μια ασφάλεια θα τον καταλάβουμε με την επόμενη εργασία.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε το απλό κύκλωμα που κατασκευάσατε σε προηγούμενο μάθημα. Επίσης δύο συνδετήρες, λίγο αλουμινόχαρτο από ένα κοντί τσιγάρων και λίγο σύρμα.

1) Έτοιμάστε μια μικρή κατασκευή πάνω σ' ένα κομμάτι ξύλο με τούς συνδετήρες και το αλουμινόχαρτο, όπως

δείχνει ή εικόνα. Κόψτε τὸ ἀλουμινόχαρτο στὸ σχῆμα πὸν φαίνεται στήν εικόνα, ὥστε στή μέση του νά μείνῃ μόνο ἓνας πολὺ λεπτὸς λαμῖος. Συνδέστε τὴν κατασκευὴ στὸ κύκλωμά σας κόβοντας τὸ σύρμα πὸν ἐνώνει τὸ λαμπάκι μὲ τὸν ἕνα πόλο τῆς μπαταρίας.

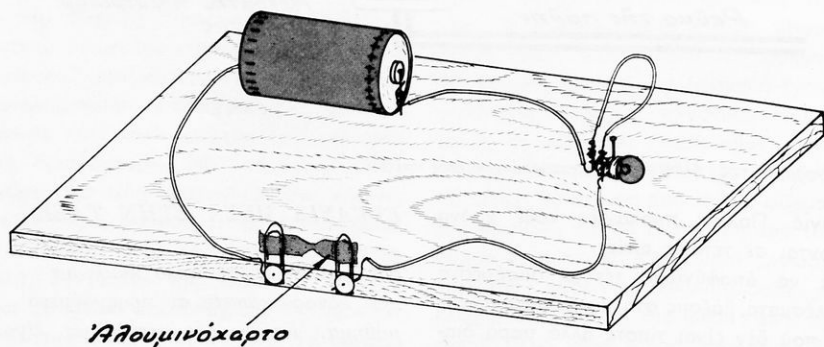
2) Κλείστε τὸ κύκλωμα, ὥστε ν' ἀνάβῃ τὸ λαμπάκι. Ἐπειτα ἐνῶστε γιὰ μιὰ στιγμὴ μ' ἓνα μικρὸ κομμάτι σύρμα τὰ δύο καρφιά στὸ λαμπάκι, ὅπου εἶναι συνδεδεμένα τὰ σύρματα. Μ' αὐτὸ τὸν τρόπο δημιουργεῖται ἓνα βραχυκύκλωμα. Τί παρατηρεῖτε;

Μόλις κάνουμε αὐτὸ τὸ πείραμα, βλέπουμε τὸ ἀλουμινόχαρτο ν' ἀνάβῃ καὶ νὰ κόβεται στή μέση. Τὸ ἀποτέλεσμα βέβαια εἶναι ὅτι διακόπτεται τὸ κύκλωμα καὶ ἐπομένως σταματᾷ τὸ ρεῦμα. Ὅ,τι παρατηρήσαμε στήν ἀπλὴ αὐτὴ ἐργασία, συμβαίνει ἀκριβῶς καὶ στήν ἐγκατάσταση τοῦ σπιτιοῦ,

ὅταν γίνη ἓνα βραχυκύκλωμα. Οἱ ἀσφάλειες πὸν βρίσκονται στὸ κεντρικὸ κουτὶ ἔχουν ἓνα λεπτὸ συρματάκι πὸν λιώνει, ὅταν περάσῃ ἓνα μεγάλο ρεῦμα ἐξαιτίας ἐνὸς βραχυκυκλώματος.

Τὰ βραχυκυκλώματα δὲν εἶναι οἱ μόνοι κίνδυνοι ἀπὸ τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα. Ἄν ἓνα ρεῦμα περάσῃ μέσα ἀπὸ τὸ σῶμα μας, μπορεῖ νὰ προκαλέσῃ, ἂν εἶναι ἀρκετὰ ἰσχυρό, ἀκόμα καὶ θάνατο. Τὸ σῶμα μας εἶναι κι αὐτὸ μιὰ ἀντίσταση κι ἔτσι τὸ ρεῦμα πὸν θὰ περάσῃ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν τάση τῆς πηγῆς. Μποροῦμε νὰ πιάσουμε ἄφοβα μιὰ μπαταρία πὸν ἔχει τάση 1,5 V, ἀλλὰ ἡ τάση τῆς πηγῆς στήν ἐγκατάσταση τοῦ σπιτιοῦ μας εἶναι 220 V, δηλαδὴ εἶναι περίπου 150 φορές μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν τάση τῆς μπαταρίας. Γι' αὐτὸ τὸ λόγο

δὲν πρέπει σὲ καμιά περίπτωση νὰ πιάνουμε γυμνὰ σύρματα σὲ μιὰ ἡλεκτρικὴ ἐγκατάσταση.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ἡ ἀσφάλεια προστατεύει ἓνα κύκλωμα ἀπὸ βραχυκυκλώματα.

10. Μαγνητικές δυνάμεις

Είναι γνωστό το φαινόμενο ενός μαγνήτη που τραβά μικρά σιδερένια αντικείμενα, όπως δείχνει η φωτογραφία στο εξώφυλλο του βιβλίου σας. Από πολύ παλιά, που είχε παρατηρηθεί η ιδιότητα ενός μαύρου ορυκτού, του *μαγνητίτη*, να έλκει σιδερένια αντικείμενα, ή παράξενη αυτή δύναμη είχε κινήσει το ενδιαφέρον των ανθρώπων. Σε τί οφείλονται αυτές οι δυνάμεις και ποιές είναι οι ιδιότητές τους; Έχουν καμιά σχέση με άλλες δυνάμεις που παρατηρούμε στη φύση, όπως οι ηλεκτρικές δυνάμεις που παρατηρήσατε στις προηγούμενες εργασίες σας; Με συστηματική και προσεκτική έρευνα των μαγνητικών φαινομένων οι επιστήμονες κατάφεραν να απαντήσουν σ' αυτές τις ερωτήσεις και να χρησιμοποιήσουν αυτές τις γνώσεις σε πολλές πρακτικές εφαρμογές. Ακολουθώντας την ίδια μέθοδο ως προσπαθήσαμε να παρατηρήσουμε με κάποια λεπτομέρεια αυτά τα φαινόμενα.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε ένα μικρό μαγνήτη, μερικές καρφίτσες, συνδετήρες, πινέζες, ένα μικρό κομμάτι φύλλο αλουμινίου, χαρτιού και κομματάκια από ένα σπύργο. Αν δεν έχετε στο σχολείο σας μαγνήτη, μπορείτε να πάρετε από ένα σιδηροπωλείο έναν από τους μικρούς μαγνήτες που χρησιμοποιούνται, για να κλείνουν τα ντουλάπια.

1) Πλησιάστε σιγά σιγά το μαγνήτη στα διάφορα αντικείμενα της εργασίας σας, μιά καρφίτσα, ένα συνδετήρα, μιά πινέζα, ένα κομμάτι φύλλο αλουμινίου κλπ. Τι παρατηρείτε;

2) Πάρτε μιά καρφίτσα και τριέψτε την μερικές φορές σ' ένα από τα άκρα του μαγνήτη που έλκουν τα σιδερένια

αντικείμενα. Έπειτα πλησιάστε την άκρη της καρφίτσας στην άκρη μιάς άλλης καρφίτσας. Ακουμπήστε την και σηκώστε σιγά σιγά την πρώτη καρφίτσα. Τι παρατηρείτε;

Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας δίνουν μιά πρώτη ιδέα για τις ιδιότητες των μαγνητικών δυνάμεων. Πρώτα απ' όλα παρατηρούμε ότι ο μαγνήτης έλκει μιά καρφίτσα ή ένα συνδετήρα, αλλά δεν έλκει ένα κομμάτι φύλλο αλουμινίου ή χαρτί ή ξύλο. Έλκονται δηλαδή μόνο τα υλικά που περιέχουν σίδηρο. Πολλά υλικά μπορούν να μελετηθούν συστηματικά μ' αυτόν τον τρόπο και το συμπέρασμα στο οποίο θα καταλήξουμε είναι ότι : *μαγνητικές δυνάμεις εξασκούνται μόνο σε υλικά που περιέχουν σίδηρο ή μερικά άλλα λιγότερο συνηθισμένα μέταλλα*. Η εξήγηση αυτής της παρατηρήσεως θα βρεθεί, όταν μάθουμε περισσότερα για τις μαγνητικές δυνάμεις.



Τοίβοντας μιά καρφίτσα στον ένα πόλο ενός μαγνήτη τη μαγνητίζουμε.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Μία μαγνητισμένη καρφίτσα εξασκεί δυνάμεις σε μία άλλη μαγνητισμένη καρφίτσα στην επιφάνεια του νερού.

Στή συνέχεια της εργασίας παρατηρήσατε ότι η μαγνητική δύναμη εμφανίζεται από κάποια απόσταση, και μάλιστα όσο πιο κοντά είναι ο μαγνήτης στο σιδερένιο αντικείμενο, τόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη. Σ' αυτό οι μαγνητικές δυνάμεις μοιάζουν με δυνάμεις που εξασκούνται από σώματα που είναι ηλεκτρικά φορτισμένα.

Από το δεύτερο μέρος της εργασίας προκύπτει ένα πολύ σημαντικό συμπέρασμα. Η καρφίτσα που τρίψαμε επάνω στο ένα άκρο του μαγνήτη απόκτησε την ιδιότητα να έλκε μία άλλη καρφίτσα, απόκτησε δηλαδή τις ιδιότητες του μαγνήτη. Έτσι τώρα βλέπουμε ότι εκτός από φυσικούς μαγνήτες, όπως ο μαγνητίτης που βρίσκουμε στη φύση, μπορούμε να προκαλέσουμε μαγνητικές ιδιότητες σ' ένα αντικείμενο όπως η καρφίτσα με κατάλληλη κατεργασία. Η παρατήρηση αυτή μας δίνει τώρα τη δυνατότητα να κατασκευάσουμε μικρούς πανομοιότυπους μαγνήτες με καρφίτσες και να μελετήσωμε συστηματικά τις δυνάμεις μεταξύ τους.

Θα χρειαστήτε ένα μαγνήτη, όπως στην προηγούμενη εργασία, μερικές καρφίτσες και ένα βαθύ πιάτο.

1) Μαγνητίστε μία καρφίτσα, όπως στην προηγούμενη εργασία, τρίβοντάς την στο άκρο του μαγνήτη. Γεμίστε το πιάτο με νερό και αφήστε το να ηρεμήσει.

Πλησιάστε την καρφίτσα στο πιάτο παράλληλα με την επιφάνεια του νερού και με προσοχή αφήστε την να πέσει. Με λίγη εξάσκηση θα πετύχετε να μη βουλιάξει η καρφίτσα, αλλά να πλέη στην επιφάνεια του νερού. Μ' αυτόν τον τρόπο γίνεται πολύ ενδύνητη και δίνει τη δυνατότητα να παρατηρήσετε με λεπτομέρεια τις μαγνητικές δυνάμεις.

Παρατηρήστε πώς κινείται η καρφίτσα και τη διεύθυνση στην οποία σταματά. Ξαναλάβετε το πείραμα με μία δεύτερη καρφίτσα, αφού βγάλετε την πρώτη από την επιφάνεια του νερού. Σε ποιά διεύθυνση σταματά;

2) Πλησιάστε με προσοχή τη μύτη μίας μαγνητισμένης καρφίτσας στο ένα άκρο μίας άλλης μαγνητισμένης καρφίτσας στην επιφάνεια του νερού. Δοκιμάστε το ίδιο για το άλλο άκρο της καρφίτσας στην επιφάνεια του νερού. Δοκιμάστε κατόπιν το ίδιο πείραμα με το κεφάλι της μαγνητισμένης καρφίτσας.

Τί παρατηρείτε;

Η πρώτη παρατήρηση από αυτήν την εργασία είναι ότι οι καρφίτσες στην επιφάνεια του νερού, όταν ηρεμήσουν, δείχνουν προς την ίδια κατεύθυνση. Το ίδιο θα βρίσκαμε, αν δοκιμάζαμε και με μία τρίτη καρφίτσα. Πώς προσδιορίζεται αυτή η κατεύθυνση; Αν είχατε μία μικρή πυξίδα, θα βρίσκατε εύκολα την άπάντηση. Είναι η κατεύθυνση που δείχνει η πυξίδα δηλαδή η

κατεύθυνση βορρά-νότου στον τόπο του σχολείου σας. Στην πραγματικότητα και η πυξίδα δεν είναι τίποτ' άλλο παρά μία μαγνητισμένη βελόνα, που ισορροπεί δείχνοντας προς το βορρά. Κι αν ακόμα δεν έχετε πυξίδα, μπορείτε να επιβεβαιώσετε αυτό το συμπέρασμα μ' έναν από τους τρόπους που έχετε μάθει στη γεωγραφία, για να προσδιορίζετε την κατεύθυνση του βορρά. Την εξήγηση αυτού του φαινομένου θα την βρούμε αργότερα. Προς το παρόν αυτή η παρατήρηση μάς επιτρέπει να ξεχωρίζουμε τα δύο άκρα της μαγνητισμένης καρφίτσας ή όπως αλλιώς λέμε τους **πόλους** της. 'Ο ένας είναι αυτός που δείχνει προς το βορρά, και γι' αυτό ονομάζεται **βόρειος πόλος** και ο άλλος, που δείχνει προς το νότο, ο **νότιος πόλος**.

Αφού έχουμε έτσι ξεχωρίσει τα δύο άκρα μιάς μαγνητισμένης καρφίτσας, μπορούμε να περιγράψουμε με ακρίβεια τις παρατηρήσεις από το δεύτερο μέρος της εργασίας. Οι δύο καρφίτσες που χρησιμοποιούμε έχουν η καθεμιά τόν βόρειο και νότιο πόλο της, που μπορούμε εύκολα να βρούμε από την κατεύθυνση στην οποία δείχνουν, όταν ήρεμούν στην επιφάνεια του νερού. Από την εργασία μας βρίσκομε ότι η μαγνητική δύναμη εξαρτάται από το είδος των πόλων που πλησιάζουν ο ένας τόν άλλο. Πιο συγκεκριμένα :

Όμοιοι πόλοι απωθούνται, ο βόρειος πόλος απωθεί τόν βόρειο πόλο, ο νότιος απωθεί τόν νότιο. Ανόμοιοι πόλοι έλκονται, ο βόρειος πόλος έλκει τόν νότιο πόλο.

Αυτές οι παρατηρήσεις είναι ένα πρώτο σημαντικό βήμα στη μελέτη των μαγνητικών δυνάμεων. Ίσως σ'ας θυμίζουν πολύ τις δυνάμεις μεταξύ ηλεκτρικών φορτίων. Και στα ηλεκτρικά φορτία υπάρχουν δύο είδη και οι δυνάμεις είναι διαφορετικές μεταξύ όμοιων και ανόμοιων φορτίων. Ύπαρ-

χουν πραγματικά πολλές ομοιότητες πού, όπως θα δούμε αργότερα, δεν είναι τυχαίες. Τα ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα έχουν πολύ στενή σχέση. Όσοδο μεταξυ μαγνητικών πόλων και ηλεκτρικών φορτίων υπάρχει μία πολυ σπουδαία διαφορά. Ένω μπορούμε να έχουμε ξεχωριστά θετικά και αρνητικά ηλεκτρικά φορτία, είναι αδύνατο να παρατηρήσωμε χωριστά ένα βόρειο και ένα νότιο πόλο. Αν σπάσωμε μιά καρφίτσα στη μέση, θα εμφανιστή άμέσως σέ κάθε μισό ένας νέος πόλος στο σημείο του σπασίματος, ώστε τα δύο κομμάτια να έχουν πάλι ένα βόρειο κι ένα νότιο πόλο. Και τó ίδιο θα συμβή, αν σπάσωμε πάλι κάθε κομμάτι στη μέση. Μετά από πολλές μάταιες προσπάθειες να παρατηρήσουν ξεχωριστούς πόλους, οι φυσικοί αναγκάστηκαν να παραδεχτούν ότι οι μαγνητικοί πόλοι εμφανίζονται πάντοτε σέ ζευγάρια. Τό εκφράζωμε αυτό και άλλως λέγοντας πώς ο μαγνητισμός εμφανίζεται πάντα μέ **δίπολα**.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ερευνήστε περισσότερο, μέ τις μαγνητισμένες καρφίτσες στην επιφάνεια του νερού, τις δυνάμεις μεταξυ μαγνητών. Βάλτε δύο καρφίτσες στην επιφάνεια του νερού και παρατηρήστε πώς κινούνται. Επίσης βυθίστε μιά καρφίτσα και βάλτε μιά δεύτερη καρφίτσα στην επιφάνεια σ' ένα κοντινό σημείο. Παρατηρήστε πού ισορροπεί τελικά ή δεύτερη καρφίτσα. Μπορείτε να εξηγήσετε τις παρατηρήσεις σας μέ όσα ξέρετε για τις δυνάμεις μεταξυ μαγνητικών πόλων;

11. Τό μαγνητικό πεδίο

Η παρουσία ενός μαγνήτη γίνεται άμέσως φανερή στον περίγυρό του. Μόλις πλησιάση ένα σιδερένιο αντικείμενο, εξα-

σκεϊται επάνω του μιὰ δύναμη. Κι ἂν ἀκόμα ὁ μαγνήτης ἦταν κρυμμένος καὶ δὲν τὸν βλέπαμε, πάλι θὰ μπορούσαμε νὰ διαπιστώσουμε τὴν παρουσία του. Μποροῦμε νὰ ποῦμε ὅτι ὁ χώρος γύρω ἀπὸ τὸ μαγνήτη ἔχει ἀλλάξει ἐξαιτίας τῆς παρουσίας του. Ἄν δὲν ὑπῆρχε ὁ μαγνήτης, δὲν θὰ παρατηρούσαμε δυνάμεις ἐπάνω σὲ σιδερένια ἀντικείμενα. Γι' αὐτὴ τὴν κατάσταση ἔχομε ἕνα ἰδιαίτερο ὄνομα. Λέμε ὅτι γύρω ἀπὸ τὸ μαγνήτη δημιουργήθηκε ἕνα **μαγνητικὸ πεδίο**.

Μήπως ἔχομε παρατηρήσει κι ἄλλα φαινόμενα ποὺ μποροῦν νὰ περιγραφοῦν μὲ τὸν ἴδιο τρόπο; Στὴ μελέτῃ τοῦ στατικοῦ ἠλεκτρισμοῦ βρήκατε ὅτι ἕνας πλαστικὸς χάρακας, ποὺ ἔχει φορτιστῇ ἠλεκτρικὰ μὲ τριβή, ἐξασκεῖ δυνάμεις ἐπάνω σὲ μικρὰ κομμάτια χαρτιοῦ, ποὺ βρίσκονται κοντὰ του. Μποροῦμε νὰ ποῦμε ὅτι ἔχει δημιουργήσει γύρω του ἕνα **ἠλεκτρικὸ πεδίο**. Ἕνα ἄλλο πεδίο, ποὺ τὰ ἀποτελέσματά του παρατηρήσατε στὴν πέμπτῃ τάξη, εἶναι τὸ **πεδίο τῆς βαρύτητας**. Εἶναι τὸ πεδίο τῶν δυνάμεων ποὺ ἐξασκεῖ ἡ γῆ στὰ ὑλικά σώματα καὶ τὰ κάνει νὰ πέφτουν, ὅταν τ' ἀφήσουμε σὲ κάποιο σημεῖο πάνω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειά της.

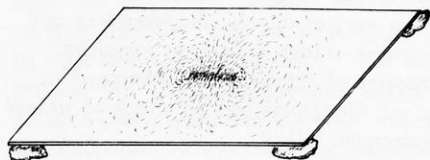
Πῶς μποροῦμε νὰ διαπιστώσουμε ὅτι ὑπάρ-

χει σὲ κάποια περιοχὴ ἕνα μαγνητικὸ πεδίο; Ἡ ἀπάντησις εἶναι φανερὴ, ἂν σκεφτοῦμε τὰ ἀποτελέσματα ἔχει ἕνα μαγνητικὸ πεδίο. Στὴν περιοχὴ του μικρὰ σιδερένια ἀντικείμενα ἢ μικροὶ μαγνήτες θὰ ὑφίστανται μιὰ δύναμη. Μάλιστα μ' αὐτὸ τὸν τρόπο μποροῦμε νὰ ἀποκτήσωμε μιὰ εἰκόνα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὅπως θὰ δείξῃ ἡ ἐπόμενη ἐργασία.

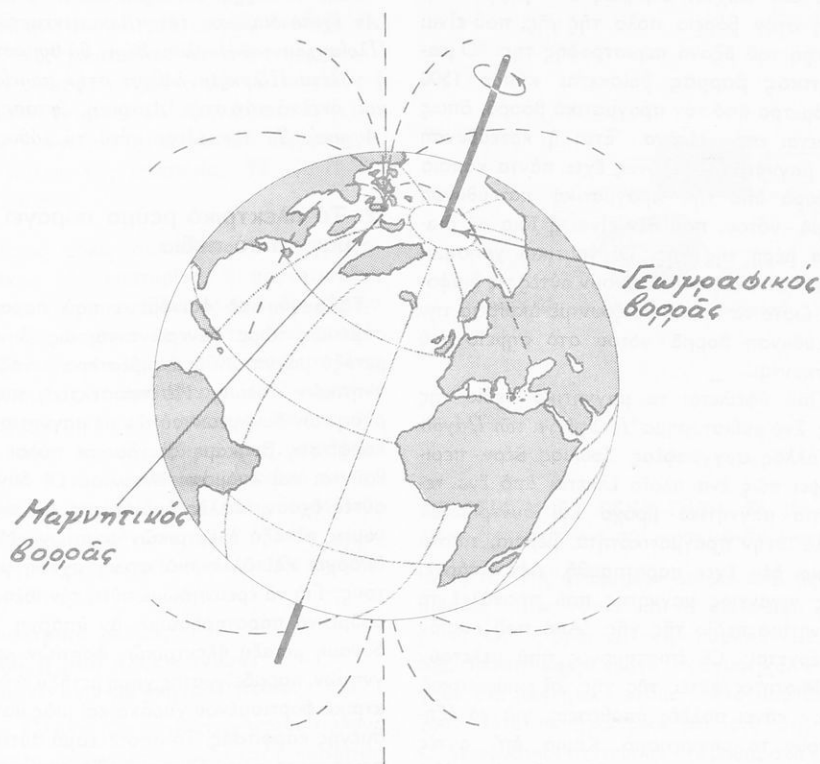
ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῇτε ἕνα μικρὸ μαγνήτη, ἕνα κομμάτι λεπτὸ χαρτόνι 20×20 ἑκατοστόμετρα, λίγο σόμα χοντρού, ἀπ' αὐτὸ ποὺ τριβοῦν τὶς κατσαρόλες ἢ τὰ πατώματα, καὶ λίγη πλαστελίνη. Βάλτε τὸ μαγνήτη ἐπάνω σ' ἕνα τραπέζι καὶ σκεπάστε τον μὲ τὸ χαρτόνι. Στερεώστε τὸ χαρτόνι μὲ λίγη πλαστελίνη κάτω ἀπὸ τὶς τέσσερις γωνίες, ὥστε νὰ εἶναι παράλληλο πρὸς τὸ τραπέζι. Μ' ἕνα ψαλίδι κόψτε τὸ σόμα σὲ πολλὰ μικρὰ κομμάτια. Ρίξτε σιγὰ σιγὰ τὰ κομμάτια τὸ σόμα πάνω στὸ χαρτόνι. Μπορεῖ νὰ χρειαστῇ νὰ χτυπήσετε ἐλαφρὰ τὸ χαρτόνι, γιὰ νὰ σχηματιστῇ ἕνα καθαρὸ σχῆμα. Τί παρατηρεῖτε;

Ὅπως ἴσως θὰ φανταστήκατε, τὰ συρματάκια δὲν σταματοῦν ἐκεῖ ποὺ πέφτουν τυχαῖα, ἀλλὰ κινοῦνται ἀπὸ τὶς δυνάμεις ποὺ ἐξασκεῖ ἐπάνω τους ὁ μαγνήτης. Τελικά, ἂν χρησιμοποιήσετε ἕνα μαγνήτη ἀπ' αὐτοὺς ποὺ χρησιμοποιοῦνται στὶς πόρτες τῶν ντουλαπιῶν, θὰ σχηματιστῇ μιὰ εἰκόνα σὰν κι αὐτὴ ποὺ δείχνει τὸ σκίτσο αὐτῆς τῆς σελίδας. Μποροῦμε νὰ ποῦμε ὅτι μ' αὐτὸ τὸν τρόπο κάναμε τὸ μαγνητικὸ πεδίο ὁρατό. Παρατηροῦμε ὅτι τὰ συρματάκια φαίνονται νὰ κάνουν γραμμὲς καὶ πραγματικά, γιὰ νὰ βοηθηθοῦμε στὸ νὰ καταλάβωμε τὸ μαγνητικὸ πεδίο, μιλοῦμε γιὰ **μαγνητικὲς γραμμὲς**. Παρατηροῦμε ἀκόμα ὅτι τὰ συρματάκια συγ-



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Τὸ μαγνητικὸ πεδίο ἑνὸς μικροῦ μαγνήτη φανερώνεται μὲ μικρὰ κομμάτια σόμα.



Ὁ μαγνητικός βόρειος πόλος δὲν συμπίπτει ἀκριβῶς μὲ τὸν γεωγραφικὸ βόρειο πόλο.

κεντρώνονται περισσότερο ἐπάνω ἀπὸ τὸ μαγνήτη, δηλαδή ἐκεῖ πού οἱ δυνάμεις εἶναι πιὸ ἰσχυρές.

Ἔχομε ἤδη παρατηρήσει τὰ αποτελέσματα ἑνὸς πολὺ σημαντικοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Στὴν ἐργασία μὲ τὶς μαγνητισμένες καρφίτσες στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ παρατηρήσαμε ὅτι, ὅπως κι ἂν τὶς τοποθετήσωμε, θὰ κινηθοῦν, ὥστε τελικὰ νὰ πάρουν τὴ διεύθυνση βορρᾶ - νότου. Αὐτὸ ὅμως σημαίνει, σύμφωνα μὲ ὅσα εἶπαμε πιὸ πάνω, ὅτι βρίσκονται σ' ἓνα μαγνητικὸ πεδίο. Εἶναι

τὸ **μαγνητικὸ πεδίο τῆς γῆς**, καὶ οἱ μαγνητισμένες καρφίτσες προσανατολίζονται σύμφωνα μ' αὐτό. Τὸ φαινόμενο τοῦ προσανατολισμοῦ μικρῶν μαγνητῶν στὴν κατεύθυνση βορρᾶ - νότου ἦταν γνωστὸ ἀπὸ πολὺ παλιὰ στοὺς Κινέζους καὶ ἡ σημασία του γιὰ τὴν ἀνάπτυξη τῆς ναυσιπλοΐας ἦταν πολὺ μεγάλη. Ἡ κοινὴ ναυτικὴ πυξίδα δὲν εἶναι τίποτε ἄλλο παρὰ μιὰ μαγνητισμένη βελόνα, πού εἶναι κρεμασμένη ἔτσι, ὥστε νὰ μπορῇ νὰ περιστρέφεται ἐλεύθερα.

Προσεκτικὴ παρατήρηση τοῦ μαγνητικοῦ

πεδίου της γής έδειξε ότι ή μαγνητική βελόνα δέν δείχνει ακριβώς στο βορρά, δηλαδή στον βόρειο πόλο της γής, πού είναι ή άκρη του άξονα περιστροφής της. 'Ο **μαγνητικός βορράς** βρίσκεται κάπου 1500 χιλιόμετρα από τον πραγματικό βορρά, όπως φαίνεται στην εικόνα. Έτσι ή κατεύθυνση της μαγνητικής βελόνας έχει πάντα κάποια διαφορά από την πραγματική κατεύθυνση βορρά - νότου, πού δέν είναι ή ίδια σε διάφορα μέρη της γής. Οί ναυτικοί χρησιμοποιούν πίνακες πού δείχνουν αυτές τις διαφορές, ώστε να προσδιορίζουν με ακρίβεια την κατεύθυνση βορρά - νότου στο σημείο πού βρίσκονται.

Πού οφείλεται τó μαγνητικό πεδίο της γής; Στο μυθιστόρημα *Η Σφίγγα των Πάγων* ο Γάλλος συγγραφέας 'Ιούλιος Βέρν περιγράφει πώς ένα πλοίο έλκεται από ένα τεράστιο μαγνητικό βράχο και συντρίβεται. Άλλά στην πραγματικότητα, βέβαια, τίποτα τέτοιο δέν έχει παρατηρηθί. Δέν υπάρχει ένας γιγάντιος μαγνήτης πού προκαλεί τó μαγνητικό πεδίο της γής. Από πού λοιπόν προέρχεται; Οί έπιστήμονες πού μελετούν τις ιδιότητες αυτές της γής, οί *γεωφυσικοί*, έχουν κάνει πολλές υποθέσεις, για να εξηγήσουν τó μαγνητισμό. Καμιά απ' αυτές δέν είναι ακόμα απόλυτα εξακριβωμένη. Μια από τις πιο πιθανές αιτίες θα την καταλάβετε, άφου μελετήσετε παρακάτω τó ρόλο ενός ηλεκτρικού ρεύματος στη δημιουργία ενός μαγνητικού πεδίου.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βάλτε μια μαγνητισμένη καρφίτσα στην επιφάνεια του νερού σ' ένα γλιτζάνι. Παρατηρήστε πώς προσανατολίζεται. Βάλτε τó γλιτζάνι επάνω σ' ένα σιδερένιο αντικείμενο πού έχει σταθί σε μια θέση για πολú χρόνο, παραδείγματος χάρη σ' ένα σώμα καλοριφέρ. Τί παρατηρείτε; Πώς εξηγείτε την παρατήρησή σας; Τί

σημασία έχει αυτή ή παρατήρηση για τις πνξίδες πού χρησιμοποιούνται στα πλοία; *"Αν έχετε διαβάσει τον «Δεκαπενταετή Πλοίαρχο» του 'Ιουλίου Βέρν, θα θυμάστε ότι ή γολέτα Πίλγκριμ λάθεψε στην πορεία της και, αντί να πάη στην 'Αμερική, έφτασε στην 'Αφρική. Τί προκάλεσε αυτό τó λάθος;*

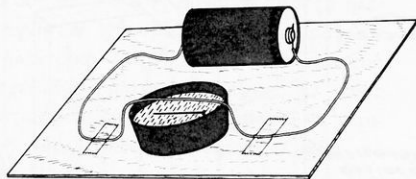
12. Τó ήλεκτρικό ρεύμα παράγει μαγνητικό πεδίο

Τά μαγνητικά φαινόμενα πού παρατηρήσαμε ως τώρα φανερώνονται ως δυνάμεις μεταξύ μαγνητών ή ακριβέστερα μεταξύ μαγνητικών πόλων. Με προσεκτική παρατήρηση των δυνάμεων αυτών με μαγνητισμένες καρφίτσες βρήκαμε ότι όμοιοι πόλοι απωθούνται και ανόμοιοι έλκονται. Οί δυνάμεις αυτές έχουν πολλές όμοιότητες με τις δυνάμεις μεταξύ ήλεκτρικών φορτίων. Μήπως υπάρχει και άλλη πιο στενή σχέση μεταξύ τους; Για να έρευνήσωμε αυτή την ιδέα, μπορούμε να παρατηρήσωμε, αν υπάρχει καμιά δύναμη μεταξύ ήλεκτρικών φορτίων και μαγνητών, παραδείγματος χάρη μεταξύ ενός ήλεκτρικά φορτισμένου χάρακα και μιάς μαγνητισμένης καρφίτσας. Τó αποτέλεσμα αυτού του πειράματος είναι άρνητικό. Τά στατικά ήλεκτρικά φορτία δέν εξασκούν δύναμη σε ένα μικρό μαγνήτη. Μήπως όμως ένα ήλεκτρικό ρεύμα εξασκεί κάποια δύναμη; Θα τó εξακριβώσωμε αυτό με την επόμενη εργασία.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστήτε μια μεγάλη κυλινδρική μπαταρία, ένα μικρό πλαστικό πιάτο, λίγο ήλεκτρικό σύρμα κουνδουνού και μια μαγνητισμένη καρφίτσα. Βάλτε λίγο νερό στο πιάτο. Βάλτε την καρφίτσα να επιπλέη. Στερεώστε τó σύρμα παράλληλα με την καρφίτσα με κολητική ταινία

από τις δύο μεριές, όπως δείχνει η εικόνα. Γυμνώστε τα δύο άκρα του σύρματος και άκουμπήστε τα για μια στιγμή στους πόλους της μπαταρίας. Τι παρατηρείτε; Να μην κρατήσετε για πολύ το σύρμα συνδεδεμένο, γιατί θ' αδειάσει η μπαταρία. 'Αλλάξτε κατόπιν τα άκρα του σύρματος στους πόλους της μπαταρίας. Τι παρατηρείτε;



‘Αμέσως μόλις συνδέθηκαν τα σύρματα στα άκρα της μπαταρίας, η μαγνητισμένη καρφίτσα κινήθηκε. Είναι φανερό ότι κάποια δύναμη εξασκήθηκε επάνω της και προκάλεσε αυτή την κίνηση. ‘Αφού η καρφίτσα είναι μαγνητισμένη, το αποτέλεσμα αυτό σημαίνει ότι εμφανίστηκε μια μαγνητική δύναμη. Με άλλα λόγια δημιουργήθηκε ένα μαγνητικό πεδίο. ‘Η δύναμη και έπομένως και το μαγνητικό πεδίο εξαφανίζονται, μόλις διακόψουμε τη σύνδεση με τη μπαταρία, δηλαδή μόλις διακοπή το ρεύμα στο κύκλωμα. Οί παρατηρήσεις αυτές δείχνουν ότι:

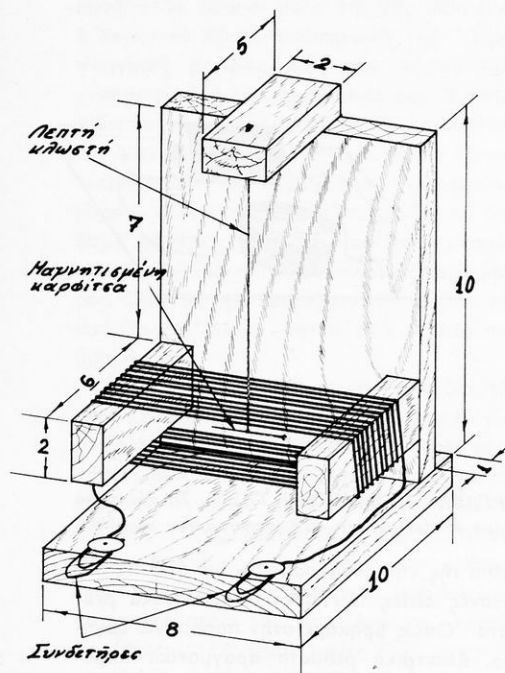
**τò ηλεκτρικό ρεύμα,
δηλαδή ή ροή ηλεκτρονίων,
προκαλεί ένα μαγνητικό πεδίο.**

Με την αλλαγή των συρμάτων στους πόλους της μπαταρίας παρατηρήσαμε ότι ή καρφίτσα αποκλίνει προς την αντίθετη κατεύθυνση. ‘Όταν δηλαδή αλλάξει ή κατεύθυνση κινήσεως των ηλεκτρονίων, αλλάζει κατεύθυνση και ή μαγνητική δύναμη. Τα μαγνητικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος ανακαλύφθηκαν για πρώτη φορά τò 1820 από τòn Δανò επιστήμονα Oersted και μελετήθηκαν λίγο αργότερα με λεπτομέρειες από δύο Γάλλους επιστήμονες, τούς Biot και Savant. Οί έρεασίες αυτές ήταν ή άρχή μιάς σειράς ανακαλύψεων για τή σχέση ήλεκτρικων και μαγνητικων φαινομένων, που έκτος από τή φυσική τους σημασία χρησιμοποιήθηκαν για πολλές εφαρμογές.

Μελετώντας προηγούμενως τò μαγνητικό

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Τò ηλεκτρικό ρεύμα εξασκεί δύναμη στη μαγνητισμένη καρφίτσα.

πεδίο της γής αναφέραμε ότι μια από τις πιο πιθανές αιτίες του είναι τὰ ηλεκτρικά ρεύματα. ‘Όπως βρήκαμε στην παραπάνω εργασία, ηλεκτρικά ρεύματα πραγματικά παράγουν ένα μαγνητικό πεδίο. ‘Αλλά πού υπάρχουν αυτά τὰ ηλεκτρικά ρεύματα στή γή; Οί γεωφυσικοί πιστεύουν ότι βαθιά στο έσωτερικό της γής, όπου οί θερμοκρασίες είναι πολύ μεγάλες, υπάρχουν μεγάλες ποσότητες από λιωμένα μέταλλα όπως σίδηρο και νικέλιο. Μέσα σ’ αυτές τις πύρινες μάζες μπορεί νὰ δημιουργούνται τὰ ηλεκτρικά ρεύματα, στα όποια όφειλεται τò μαγνητικό πεδίο της γής. ‘Ισως μετά απ’ αυτό δέν είναι δύσκολο νὰ φανταστήτε ότι κάθε μαγνητικό πεδίο έχει τήν προέλευσή του σε κάποιο ηλεκτρικό ρεύμα, κάποια κίνηση ήλεκτρικού φορτίου. ‘Ακόμα και τò πεδίο των φυσικων μαγνητων που χρησιμοποιήσαμε σε προηγούμενες εργασίες πηγάζει από τὰ ηλεκτρικά ρεύματα της κινήσεως των ηλεκτρονίων στα πιο μικρά κομμάτια της ύλης, τὰ άτομα.



ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Σχέδιο για την κατασκευή ενός απλού γαλβανόμετρου.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μια από τις πολλές εφαρμογές των μαγνητικών δυνάμεων που προκαλεί το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η κατασκευή οργάνων για τη μέτρησή του. Τα όργανα αυτά λέγονται γαλβανόμετρα. Με τις παρακάτω οδηγίες μπορείτε να κατασκευάσετε ένα απλό γαλβανόμετρο και να το χρησιμοποιήσετε σε πολλές παρατηρήσεις σχετικές με το ηλεκτρικό

ρεύμα. Κόψτε από μια σανίδα με πάχος 1 εκατοστόμετρο κομμάτια με διαστάσεις που δείχνει ή εικόνα και καρφώστε τα, ώστε να σχηματιστεί το πλαίσιο του γαλβανόμετρου. Τυλίξτε 10 γύρους σύρμα κουδουνιού στο πλαίσιο και στερεώστε τα άκρα του σύρματος στη βάση με δύο πινέζες και δύο συνδετήρες. Κρεμάστε με μια λεπτή κλωστή μια μαγνητισμένη καρφίτσα, ώστε να φθάνει στο κέντρο, ανάμεσα από τις δύο σειρές σύρματος, όπως δείχνει ή εικόνα. Η κλωστή δεν πρέπει να ακουμπά στο σύρμα. Το γαλβανόμετρο είναι έτοιμο. Μπορείτε να το δοκιμάσετε συνδέοντας μ' ένα σύρμα τους πόλους μιας μπαταρίας στους συνδετήρες. Θα χρειαστεί και σε επόμενες εργασίες και μπορείτε να το φυλάξετε για την έκθεση του σχολείου στο τέλος του χρόνου.

13. Ήλεκτρομαγνήτες και οι εφαρμογές τους

Η ιδιότητα του ηλεκτρικού ρεύματος να δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο χρησιμοποιείται σε πολλές σημαντικές εφαρμογές. Με ηλεκτρικά ρεύματα μπορούμε να κατασκευάσουμε ισχυρούς μαγνήτες και να ελέγχουμε το μαγνητικό τους πεδίο, ώστε να πετύχουμε το αποτέλεσμα που ζητούμε. Έναν τέτοιο απλό ήλεκτρομαγνήτη θα μελετήσουμε στην επόμενη εργασία.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστείτε μια κυλινδρική μπαταρία, λίγο σύρμα κουδουνιού, ένα μεγάλο καρφί με μήκος περίπου 10 εκατοστόμετρα και μερικόνους συνδετήρες ή μικρά καρφιά. Τυλίξτε περίπου 20 γύρους σύρμα σφιχτά επάνω στο καρφί. Συνδέστε το ένα

ἄκρο τοῦ σύρματος στὸν ἓνα πόλο τῆς μπαταρίας, πλησιάστε τὴ μύτη τοῦ καρφιοῦ στοὺς συνδετήρες ἢ τὰ καρφάκια καὶ ἀκουμπήστε γιὰ μιὰ στιγμή τὴν ἄλλη ἄκρη τοῦ σύρματος στὸν ἄλλο πόλο τῆς μπαταρίας. Τί παρατηρεῖτε;

Τὸ ἀποτέλεσμα αὐτῆς τῆς ἐργασίας δείχνει ξεκάθαρα ὅτι, μόλις δημιουργήθηκε ἓνα ρεῦμα μέσα στὸ σύρμα, τὸ καρφί ἀπόκτησε μαγνητικές ιδιότητες καὶ τράβηξε τὰ μικρὰ σιδερένια ἀντικείμενα ἀκριβῶς ὅπως ἓνας ἄλλος συνηθισμένος μαγνήτης. Ἡ διαφορά εἶναι ὅτι τὸ καρφί παύει νὰ εἶναι μαγνήτης, μόλις διακοπῇ τὸ ρεῦμα, δὲν εἶναι δηλαδὴ *μόνιμος* μαγνήτης. Μποροῦμε ἐπομένως νὰ δημιουργοῦμε καὶ νὰ καταστρέφωμε τὴ μαγνήτιση τοῦ καρφιοῦ κλείνοντας καὶ ἀνοίγοντας ἀπλῶς ἓνα διακόπτη.

Μιὰ ἀπὸ τὶς ἀπλούστερες ἐφαρμογές τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν εἶναι τὸ ἡλεκτρικὸ κουδούνι. Ὅταν πατοῦμε τὸ κουμπὶ τοῦ κουδουνιοῦ, κλείνει ἓνα κύκλωμα καὶ ἓνας ἡλεκτρομαγνήτης ἔλκει ἓνα σιδερένιο ἔλασμα. Τὸ ἔλασμα λειτουργεῖ καὶ ὡς διακόπτης ποῦ σταματᾷ τὸ ρεῦμα. Ἐτσι ὁ ἡλεκτρομαγνήτης παύει νὰ ἔλκει τὸ ἔλασμα ποῦ ξαναγυρίζει στὴν ἀρχικὴ του θέση. Τὸ κύκλωμα κλείνει, πάλι, τὸ ἔλασμα ἔλκεται ξανὰ καὶ οὕτω καθεξῆς. Δηλαδή τὸ ἔλασμα ἀποκτᾷ μιὰ παλμικὴ κίνηση ποῦ παράγει ἤχο. Στὰ περισσότερα κουδούνια ἡ παλμικὴ αὕτη κίνηση μεταδίδεται σ' ἓνα σφυράκι, ποῦ χτυπάει τὸ καμπανάκι τοῦ κουδουνιοῦ. Μπορεῖτε νὰ παρατηρήσετε αὐτὰ τὰ φαινόμενα μ' ἓνα παλιὸ κουδούνι;

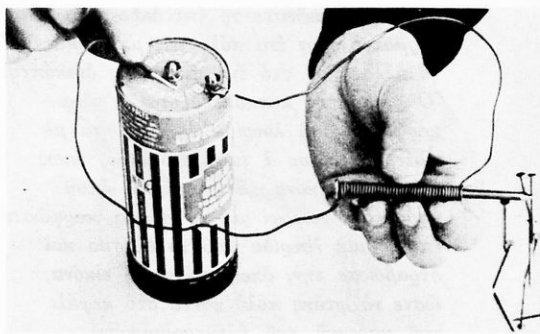
Στὴν πραγματικότητα ἓνας ἡλεκτρομαγνήτης ὅπως αὐτὸς ἐνὸς κουδουνιοῦ δὲν εἶναι τίποτε ἄλλο παρὰ μιὰ συσκευή ποῦ μετατρέπει τελικὰ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια σὲ μηχανικὴ ἐνέργεια. Μ' ἄλλα λόγια, ρυθμίζοντας τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα προκαλοῦμε διάφορες κινήσεις. Πολλὰ ἀπὸ τὰ αὐτόματα συστήματα ποῦ χρησιμοποιοῦνται στὴ βιομηχανία στη-

ρίζονται στὶς ἐφαρμογές ἡλεκτρομαγνητῶν. Καὶ στὶς σύγχρονες ἡλεκτρικὲς γραφομηχανές ἡ κίνηση τῶν στοιχείων ποῦ γράφουν τὰ γράμματα γίνεται μὲ τὴ βοήθεια ἡλεκτρομαγνητῶν.

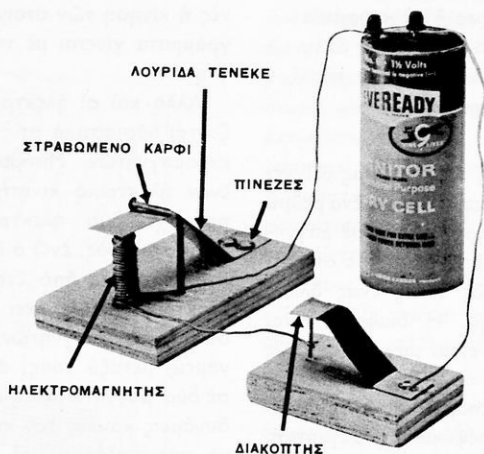
Ἀλλὰ καὶ οἱ ἡλεκτρικοὶ κινητήρες στηρίζονται οὐσιαστικὰ στὶς δυνάμεις μεταξύ ἡλεκτρομαγνητῶν. Μποροῦμε νὰ περιγράψωμε ἓναν ἡλεκτρικὸ κινητήρα ὡς μιὰ συσκευή ποῦ ἔχει δύο ἡλεκτρομαγνήτες. Ὁ ἓνας εἶναι σταθερὸς, ἐνῷ ὁ ἄλλος μπορεῖ νὰ περιστραφῇ γύρω ἀπὸ ἓναν ἀξονα. Καθὼς τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ρεῖ στὰ κυκλώματα τῶν δύο ἡλεκτρομαγνητῶν, ἀναπτύσσονται δυνάμεις μεταξύ τους, ἀκριβῶς ὅπως γίνεται σὲ δύο μαγνητισμένες καρφίτσες. Αὐτὲς οἱ δυνάμεις κάνουν τὸν κινητὸ ἡλεκτρομαγνήτη νὰ περιστρέφεται καὶ κάνουν τὸν κινητήρα νὰ λειτουργεῖ. Μήπως μπορεῖτε νὰ βρῆτε καὶ ἄλλα παραδείγματα, ὅπου πιστεύετε ὅτι χρησιμοποιοῦνται ἡλεκτρομαγνήτες;

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μὲ τὶς παρακάτω ὁδηγίες μπορεῖτε νὰ κατασκευάσετε ἓναν ἀπλὸ τηλεγράφο. Θὰ χρειαστῇτε μιὰ κυλινδρική μπαταρία,



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα μαγνητίζει τὸ καρφί.



ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Πώς κατασκευάζεται ένας απλός τηλέγραφος.

σύρμα κουνουριού, μερικά καρφιά, μεταλλικό έλασμα από ένα κουτί κονσέρβας και δύο μικρές σανίδες. Καρφώστε ένα καρφί περίπου 4 εκατοστά του μέτρου μήκος στη μία σανίδα και τυλίξτε γύρω τον περίπου 80 γύρους σύρμα, όπως δείχνει ή εικόνα, συνδέστε το ένα άκρο του σύρματος στον ένα πόλο της μπαταρίας και το άλλο άκρο στο ένα άκρο ενός διακόπτη. Ο διακόπτης κατασκευάζεται μ' ένα καρφί και μια λουρίδα από έλασμα με πλάτος περίπου 1 εκατοστόμετρο, όπως δείχνει ή εικόνα. Στη σανίδα, όπου υπάρχει το καρφί με το σύρμα, καρφώστε επίσης μια λουρίδα από το έλασμα και στραβώστε την, όπως δείχνει ή εικόνα, ώστε να φτάνη πολύ κοντά στο κεφάλι του καρφιού του ηλεκτρομαγνήτη. Καρφώστε ακόμα ένα καρφί κοντά στον ηλεκτρομαγνήτη και στραβώστε το, όπως

δείχνει ή εικόνα, ώστε να άκουμπά στο έλασμα.

Πατήστε το διακόπτη, ώστε να κλείση το κύκλωμα. Αφήστε τον. Τί παρατηρείτε; Τί ακούτε; Πώς θα ήταν δυνατόν μ' αυτό το σύστημα να μεταδοθούν γραμμата; Έχετε ακούσει για τον κώδικα Μόρς; Βρείτε πληροφορίες σχετικά μ' αυτόν.

14. Μαγνητισμός των ατόμων

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, μιά από τις πιο σημαντικές ιδιότητες του μαγνητισμού είναι ότι οι μαγνητικοί πόλοι εμφανίζονται πάντα σε ζευγάρια. Αν σπάσουμε στη μέση μιά μαγνητική καρφίτσα, το κάθε κομμάτι έχει πάλι ένα βόρειο και ένα νότιο πόλο και θα είναι ένας μικρός μαγνήτης. Αν σπάσουμε κάθε μισό στη μέση, θα έχωμε τέσσερις μικρούς μαγνήτες. Πού θα καταλή-

ζωμε, ἂν ἐξακολουθήσωμε ἔτσι, σπάζοντας κάθε μικρὸ μαγνήτη στὴ μέση; Δὲν εἶναι δύσκολο νὰ φανταστῇτε ὅτι μ' αὐτὸ τὸν τρόπο θὰ φθάσωμε στὰ πιδ μικρὰ κομμάτια τῆς ὕλης, τὰ *ἄτομα*. Λογικὰ λοιπὸν περιμένομε ὅτι τὰ ἄτομα θὰ ἔχουν μαγνητικὲς ιδιότητες.

Ἡ ἰδέα αὕτῃ ἐπιβεβαιώθηκε μὲ πολλὰς ἔρευνες γύρω ἀπὸ τὸ μαγνητισμὸ τῶν ἀτόμων. Μάθατε ὅτι κάθε ἄτομο περιέχει ἡλεκτρόνια, ποὺ περιφέρονται γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα. Ἐκτὸς ὅμως ἀπ' αὕτῃ τὴν κίνηση βρέθηκε ὅτι τὸ ἡλεκτρόνιο ἔχει καὶ μιὰ κίνηση περιστροφῆς σὰν σβούρα. Ἀφοῦ τὰ ἡλεκτρόνια ἔχουν ἡλεκτρικὸ φορτίο, αὐτὲς οἱ κινήσεις δὲν εἶναι τίποτε ἄλλο παρὰ μικροσκοπικὰ ἡλεκτρικὰ ρεύματα, ποὺ ὅπως κάθε ἡλεκτρικὸ ρεῦμα δημιουργοῦν ἓνα μαγνητικὸ πεδίο. Στὰ περισσότερα ἄτομα οἱ κινήσεις τῶν ἡλεκτρονίων συνδυάζονται μὲ τέτοιον τρόπο, ποὺ τελικὰ τὸ ἄτομο δὲν ἔχει μαγνητικὲς ιδιότητες. Σὲ μερικὰ ὅμως ἄτομα, ὅπως τοῦ σιδήρου ἢ τοῦ νικελίου, οἱ κινήσεις τῶν ἡλεκτρονίων συνδυάζονται, ὥστε τὰ ἄτομα αὐτὰ νὰ συμπεριφέρονται σὰν μικροσκοπικοὶ μαγνήτες. Ἐνα συνηθισμένο μικρὸ σιδερένιο ἀντικείμενο ὅπως ἓνας συνδετήρας ἢ μιὰ καρφίτσα περιέχουν μυριάδες ἄτομα, δηλαδὴ μυριάδες μικροσκοπικοὺς μαγνήτες. Μήπως μποροῦμε νὰ ἐξηγήσωμε τίς μαγνητικὲς ιδιότητες μὲ τὸν τρόπο ποὺ συνδυάζονται καὶ προσανατολίζονται αὐτοὶ οἱ μαγνήτες; Ἀς κάνωμε πρῶτα μερικὲς παρατηρήσεις.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῇτε ἓνα μαγνήτη καὶ μερικοὺς συνδετήρες. Σηκώστε ἓνα συνδετήρα μὲ τὸ μαγνήτη.

Ἀγγίξτε κατόπιν μὲ τὴν ἄκρη αὐτοῦ τοῦ συνδετήρα ἓναν ἄλλο συνδετήρα. Τί παρατηρεῖτε; Πόσους συνδετήρες μπορεῖτε νὰ σηκώσετε ἔτσι τὸν ἓνα μετὰ τὸν ἄλλο;

Βγάλτε τοὺς συνδετήρες ἀπὸ τὸ μαγνήτη.

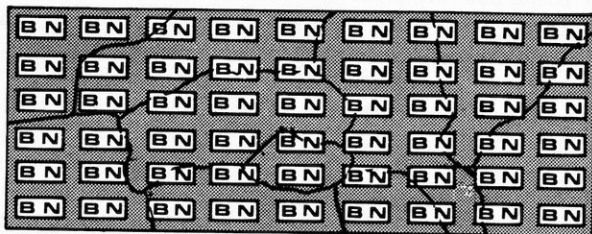
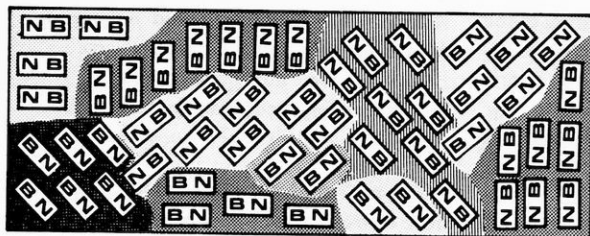
Δοκιμάστε ἂν ὑπάρχει κάποια μαγνητικὴ δύναμη μεταξύ τους. Τί παρατηρεῖτε; Δοκιμάστε νὰ μαγνητίσετε ἓνα συνδετήρα τριβοντάς τον ἐπάνω σ' ἓνα πόλο ἐνὸς μαγνήτη. Τί παρατηρεῖτε;

Στὸ πρῶτο πλάνο τῆς ἐργασίας παρατηρήσατε τὸ συνδετήρα ποὺ κρέμεται ἀπὸ τὸ μαγνήτη νὰ ἔλκη καὶ νὰ κρατᾷ ἓνα δεῦτερο συνδετήρα. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ὁ συνδετήρας ἀπόκτησε μαγνητικὲς ιδιότητες. Ἀλλὰ ἀπὸ τὴ συνέχεια τῆς ἐργασίας βγαίνει τὸ συμπέρασμα ὅτι οἱ συνδετήρες χάνουν τίς μαγνητικὲς τους ιδιότητες, ὅταν ἀπομακρυνθοῦν ἀπὸ τὸ μαγνήτη. Ἀκόμα κι ἂν τρίψωμε τὸ συνδετήρα ἐπάνω στοὺς πόλους τοῦ μαγνήτη, δὲν ἀποκτᾷ μαγνητικὲς ιδιότητες ὅπως μιὰ καρφίτσα. Ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριὰ ἓνας *μόνιμος* μαγνήτης, ὅπως αὐτὸς ποὺ χρησιμοποιήσαμε στὴν ἐργασία, κρατᾷ τὸ μαγνητισμὸ του γιὰ πολὺ χρόνο. Μήπως μποροῦμε νὰ ἐξηγήσωμε αὐτὲς τίς διαφορὲς μὲ τὸν τρόπο ποὺ προσανατολίζονται οἱ μικροσκοπικοὶ ἀτομικοὶ μαγνήτες;

Σ' ἓνα σιδερένιο ἀντικείμενο ὅπως ὁ συνδετήρας οἱ ἀτομικοὶ μαγνήτες σχηματίζουν μικρὲς ὁμάδες. Μέσα σὲ κάθε ὁμάδα ὅλοι οἱ μαγνήτες δείχνουν πρὸς τὴν ἴδια κατεύθυνση, ἀλλὰ ἡ κατεύθυνση ἀλλάζει ἀπὸ ὁμάδα σὲ ὁμάδα. Ἐτσι θὰ μπορούσαμε νὰ φανταστοῦμε τὸ ὕλικό τοῦ συνδετήρα χωρισμένο



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ὁ μαγνήτης μαγνητίζει πρόσκαιρα τοὺς συνδετήρες.



Σ' ένα κομμάτι σίδηρο, όπως ο συνδετήρας, οι ατομικοί μαγνήτες χωρίζονται σε ομάδες που προσανατολίζονται σε διάφορες κατευθύνσεις. Όταν το υλικό βρεθεί σ' ένα μαγνητικό πεδίο, οι μαγνήτες προσανατολίζονται προς την ίδια κατεύθυνση και το υλικό μαγνητίζεται.

σε μικρές μαγνητικές περιοχές, όπως δείχνει η πρώτη εικόνα αυτής της σελίδας. Έπειδη η κατεύθυνση των ατομικών μαγνητών σε κάθε περιοχή είναι διαφορετική, ο συνδετήρας δεν είναι μαγνητισμένος. Όταν όμως τον φέρωμε κοντά σ' ένα μαγνήτη που εξασκεί δυνάμεις επάνω στους ατομικούς μαγνήτες, αυτοί προσανατολίζονται σ' όλες τις περιοχές προς την ίδια κατεύθυνση, όπως δείχνει η δεύτερη εικόνα. Θυμηθείτε πως κάτι ανάλογο παρατηρήσατε, όταν βάζατε μαγνητισμένες καρφίτσες στην επιφάνεια του νερού. Έτσι τώρα ο συνδετήρας μαγνητίζεται και γι' αυτό έλκεται από το μαγνήτη. Τι συμβαίνει, όταν απομακρύνωμε το συνδετήρα από το μαγνήτη; Η αδιάκοπη κίνηση των ατόμων, που οφείλεται στη θερμική τους ενέργεια, αλλάζει τις κατευθύνσεις των ατομικών μαγνητών κι έτσι το υλικό χάνει το μαγνητισμό του. Μια καρφίτσα όμως κρατά τις

μαγνητικές της ιδιότητες, και όταν απομακρυνθεί από ένα μαγνήτη. Η καρφίτσα είναι πιο σκληρή από το συνδετήρα: οι ατομικοί μαγνήτες χάνουν δυσκολότερα τον προσανατολισμό τους. Με το χρόνο όμως και η καρφίτσα θα χάσει το μαγνητισμό της. Ακόμα και οι μόνιμοι μαγνήτες δεν διατηρούν τις ιδιότητές τους για πάντα.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Κρεμάστε έναν ή δύο συνδετήρες από ένα μικρό μαγνήτη και βάλτε τους στη φλόγα ενός κεριοῦ. Τί παρατηρείτε; Έξηγήστε τις παρατηρήσεις σας. Επίσης θερμάνετε μια μαγνητισμένη καρφίτσα και δοκιμάστε αν διατηρή τις μαγνητικές της ιδιότητες. Γράψτε την εξήγηση των παρατηρήσεών σας στο τετράδιό σας.

2) Οι κατασκευαστές μαγνητών συνιστούν

να μὴ χτυπιῶνται οἱ μαγνήτες
μὲ σφύρι καὶ νὰ προσέχουμε γενικά
νὰ μὴν πέφτουν κάτω. Γιατί;

15. Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἐπαγωγὴ

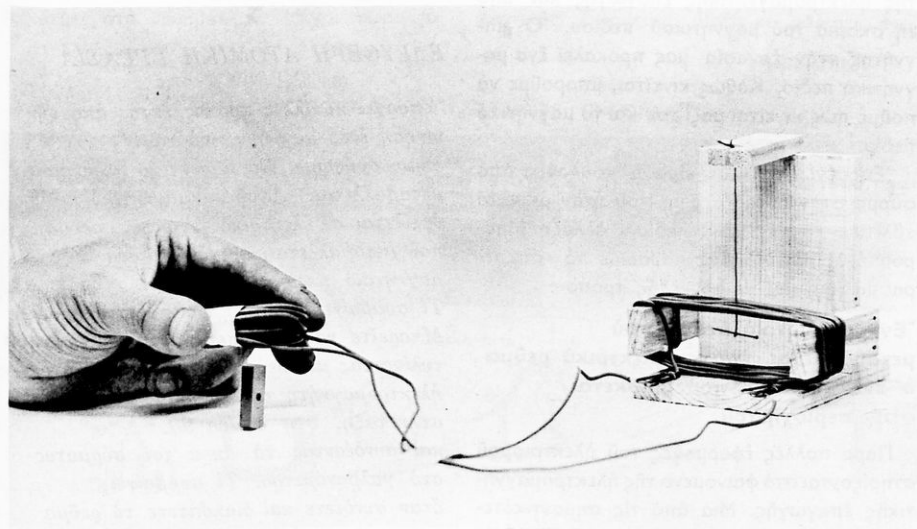
Βρήκαμε ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ἐξασκεῖ
μαγνητικὲς δυνάμεις, δηλαδή δημιουργεῖ ἕνα
μαγνητικὸ πεδίο. Ἀκόμα, ἀπὸ τὴ μελέτη τῶν
μαγνητικῶν ἰδιοτήτων τῶν ἀτόμων γίνεται
φανερὸ ὅτι καὶ τὸ μαγνητικὸ πεδίο τῶν συνη-
θισμένων μαγνητῶν προέρχεται τελικὰ ἀπὸ
τὰ μικροσκοπικὰ ρεύματα ποὺ δημιουργοῦν-
ται ἀπὸ τὶς κινήσεις τῶν ἡλεκτρονίων στὰ
ἄτομα. Κάθε μαγνητικὸ πεδίο λοιπὸν παρά-
γεται ἀπὸ ἕνα ἡλεκτρικὸ ρεῦμα. Μήπως ὅμως
μπορεῖ νὰ συμβῇ καὶ τὸ ἀντίθετο; Εἶναι δυ-
νατὸν ἕνα μαγνητικὸ πεδίο νὰ δημιουργήσῃ
ἡλεκτρικὸ ρεῦμα σ' ἕνα ἀγωγό; Τὴν ἀπάντηση
σ' αὐτὸ τὸ ἐρώτημα ἀναζητήσῃ ἐπίμονα ὁ
μεγάλος Ἀγγλὸς φυσικὸς Faraday (Φάραν-
τεϊ), στὸν ὁποῖο ὀφείλονται πολλὲς ἀνακα-
λύψεις γύρω ἀπὸ τὸν ἡλεκτρισμὸ καὶ μαγνη-

τισμὸ. Τὸ συμπέρασμα τῆς ἐρευνᾶς του ἦταν
ὅτι πραγματικὰ ἕνας μαγνήτης μπορεῖ νὰ
δημιουργήσῃ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα σ' ἕνα ἡλε-
κτρικὸ κύκλωμα. Ἡ ἐπόμενη ἐργασία θὰ
δείξῃ πῶς συμβαίνει αὐτό.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῇτε τὸ ἀπλὸ γαλβανόμετρο
ποὺ κατασκευάσατε σὲ προηγούμενη
ἐργασία, ἡλεκτρικὸ σύρμα κονδονιού
κι ἕνα μαγνήτη.

Τυλίξετε 20 γύρους σύρμα ἐπάνω σ' ἕνα
κυλινδρικό ἀντικείμενο (παραδείγματος
χάρη ἕνα βάζο μαρμελάδας) καὶ
στερεώστε τὴν κοντοῦρα μὲ λίγη
κολλητικὴ ταινία. Ἀφήστε περίπου 30
ἐκατοστὰ σύρμα στὶς ἄκρες καὶ συνδέστε
τες μὲ τὰ ἄκρα τοῦ γαλβανομέτρου.
Πλησιάστε τὸν ἕνα πόλο τοῦ μαγνήτη
ἀπὸ τοῦ μέσα στὴν κοντοῦρα. Κατόπιν
ἀπομακρύνετε τὸν. Τί συμβαίνει μὲ τὴν



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ἡ κίνηση τοῦ μαγνήτη μέσα στὴν κοντοῦρα δημιουργεῖ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα.

καρφίτσα του γαλβανομέτρου; 'Η κουλούρα με το σύρμα πρέπει να είναι άρκετά μακριά από τη μαγνητισμένη καρφίτσα του γαλβανομέτρου, ώστε ο μαγνήτης να μην επηρεάζει την καρφίτσα.

Έπαναλάβετε αυτές τις κινήσεις ρυθμικά. Τί παρατηρείτε; Καθώς ο πόλος του μαγνήτη κινείται προς την κουλούρα με το σύρμα, η μαγνητισμένη καρφίτσα αποκλίνει. 'Αλλά αυτό σημαίνει ότι κάποιο ρεύμα περνά από το σύρμα που είναι τυλιγμένο στο γαλβανόμετρο. 'Όταν σταματά η κίνηση του μαγνήτη, η καρφίτσα ξαναγυρίζει στην αρχική της θέση, άρα και το ρεύμα σταματά. 'Επομένως δεν φθάνει μόνον η παρουσία του μαγνήτη, για να προκαλέσει το ρεύμα. Χρειάζεται και η κίνηση. Λέμε ότι ο κινούμενος μαγνήτης **επάγει** ένα ηλεκτρικό ρεύμα στο κύκλωμα και ονομάζουμε αυτό το φαινόμενο **ηλεκτρομαγνητική επαγωγή**.

Μπορούμε να περιγράψουμε το φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής και από τη σκοπιά του μαγνητικού πεδίου. 'Ο μαγνήτης στην εργασία μας προκαλεί ένα μαγνητικό πεδίο. Καθώς κινείται, μπορούμε να πούμε πώς κινείται μαζί του και το μαγνητικό πεδίο.

'Επομένως το κύκλωμα, ή κουλούρα από σύρμα στην εργασία μας, που ήταν ακίνητο «βλέπει» το μαγνητικό πεδίο ν' αλλάξει. Μπορούμε λοιπόν να διατυπώσουμε το συμπέρασμά μας και με τόν έξης τρόπο :

Ένα μαγνητικό πεδίο, που μεταβάλλεται, επάγει ηλεκτρικό ρεύμα σ' ένα κύκλωμα που βρίσκεται στην περιοχή του.

Πάρα πολλές εφαρμογές του ηλεκτρισμού στηρίζονται στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Μιά από τις σημαντικότερες είναι η χρησιμοποίησή του για να παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Το δυναμό του ποδη-

λάτου είναι ένα παράδειγμα μιάς μηχανής που λέγεται και *ηλεκτρική γεννήτρια*. Το ηλεκτρικό ρεύμα παράγεται με την περιστροφή ενός μαγνήτη μέσα σ' ένα κύκλωμα που αποτελείται από πολλούς γύρους σύρμα όπως η κουλούρα της εργασίας μας. 'Αλλά και οι γιγαντιαίες ηλεκτρικές γεννήτριες στα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος στο ίδιο φαινόμενο βασίζονται.

Στην πραγματικότητα έχουμε εδώ άλλη μια περίπτωση μετατροπής ενέργειας από τη μιά μορφή στην άλλη. 'Η κινητική ενέργεια του μαγνήτη μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια του ρεύματος. Και η κινητική ενέργεια προήλθε με τη σειρά της από κάποια άλλη μορφή ενέργειας. Στο δυναμό του ποδηλάτου είναι η κινητική ενέργεια της ρόδας που προέρχεται από την κίνηση των πεταλιών, που με τη σειρά της προέρχεται από την κίνηση των ποδιών. Ποιά μορφή ενέργειας προκαλεί την κίνηση των ποδιών; 'Από που προέρχεται η κινητική ενέργεια της μεγάλης γεννήτριας;

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Υπάρχει κι άλλος τρόπος, εκτός από την κίνηση ενός μαγνήτη, για να δημιουργήσωμε ένα μαγνητικό πεδίο που μεταβάλλεται. 'Αφού το μαγνητικό πεδίο οφείλεται σε ηλεκτρικό ρεύμα, ένα ρεύμα, που μεταβάλλεται, δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο που αλλάζει. Τί συμβαίνει σ' αυτή την περίπτωση; Μπορείτε να ερευνήσετε αυτό το ερώτημα τυλίγοντας μιά δεύτερη σειρά σύρμα στον ηλεκτρομαγνήτη της εργασίας μέσα στην τάξη, στη σελίδα 90. και συνδέοντας τα άκρα του σύρματος στο γαλβανόμετρο. Τί συμβαίνει, όταν συνδέετε και διακόπτετε το ρεύμα στο πρώτο κύκλωμα του ηλεκτρομαγνήτη;

16. Ήλεκτρομαγνητικά κύματα

Μάθατε ότι ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός οφείλονται στο ηλεκτρικό φορτίο που υπάρχει στα ελάχιστα συστατικά της ύλης, τα ηλεκτρόνια και τα πρωτόνια. Από αυτή την ιδιότητα ξεκινήσαμε για να μελετήσουμε τα ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα και να βρούμε τις πηγές του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού. Μάθατε ακόμη ότι γύρω από ένα ηλεκτρικό ρεύμα εξαπολύονται ηλεκτρικές και μαγνητικές δυνάμεις. Σε όλα αυτά τα φαινόμενα αυτό που ξεχωρίζεται γύρω από κάθε πηγή ηλεκτρισμού και μαγνητισμού είναι ενέργεια που ονομάζεται **ηλεκτρομαγνητική** και μεταδίδεται με πολύ μεγάλη ταχύτητα προς όλες τις κατευθύνσεις. Αυτή η περιγραφή μας θυμίζει πολύ την ενέργεια του ήχου που ξεκινά από μια ήχητική πηγή και ταξιδεύει με τη μορφή ενός ήχητικού κύματος. Θα μπορούσαμε μάλιστα να ονομάσουμε ηλεκτρομαγνητικό κύμα τη διαταραχή που δημιουργεί η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που ταξιδεύει στο περιβάλλον. Μέχρι τώρα τα

ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα ήταν για σās σχεδόν χειροπιαστά, αφού μπορούσατε να κάνετε τόσες εργασίες στο σπίτι και στο σχολείο με μπαταρίες, σύρματα, μαγνήτες και ηλεκτρισμένα σώματα. Εύκολα πιστέψατε ότι ο ηλεκτρισμός κινείται μέσα στα σύρματα, που είναι κρυμμένα στους τοίχους του σπιτιού σας και ενώνουν το διακόπτη με τη λάμπα που ανάβει. Ακόμη είδατε με τα μάτια σας το μαγνήτη να τραβά τις καρφίτσες, και τα έλασματα στο ηλεκτροσκόπιο να άπωθούνται. Πώς όμως θα πιστέψετε ότι υπάρχουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα; Αυτό το έρώτημα παίδεψε για πολλά χρόνια τους επιστήμονες, ώσπου έγινε μια από τις πιο έντυπωσιακές ανακαλύψεις στη φυσική, όταν βρέθηκε ότι πολλά φαινόμενα γύρω μας είναι αποτέλεσμα της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που ταξιδεύει με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Η ενέργεια που της δώσατε το όνομα ακτινοβολία, όταν αναζητούσατε με ποιο τρόπο μας θερμαίνει και μας φωτίζει ο ήλιος, είναι ένα παράδειγμα ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Βρέθηκε μάλιστα ότι,

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ



Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και οι εφαρμογές των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

όταν αλλάζουμε με μεγάλα άλματα τη συχνότητα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, εμφανίζεται μια θαυμαστή ποικιλία φαινομένων, που παίζουν σπουδαίο ρόλο τόσο στη ζωή του φυσικού κόσμου όσο και στην ανάπτυξη του τεχνικού πολιτισμού.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα με συχνότητα 10.000 ως 100.000 παλμούς το δευτερόλεπτο, ή όπως λέμε απλούστερα με συχνότητα 10 ως 100 χιλιοκύκλους το δευτερόλεπτο, είναι αυτά που μεταφέρουν μηνύματα σε μεγάλες αποστάσεις με τις τηλεγραφικές συσκευές. "Όλοι σας έχετε ακούσει για τα σήματα Morse που πρώτος ο Ίταλός μηχανικός Marconi τα χρησιμοποίησε για να στείλει από την Άγγλία στην Άμερική το πρώτο τηλεγράφημα, τον Δεκέμβριο του 1901. "Όταν η συχνότητα μεγαλώσει ακόμη, το ηλεκτρομαγνητικό κύμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις έκπομπές του ραδιοφώνου. "Όταν ακούτε μια ραδιοφωνική έκπομπή, φανταστήκατε ποτέ πώς φθάνει από τον ραδιοφωνικό σταθμό στο ραδιόφωνο του σπιτιού σας; Πάλι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που εκμπέμπονται από τις κεραίες του ραδιοφωνικού σταθμού συλλαμβάνονται από την κεραία του ραδιοφώνου σας και η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που μεταφέρουν μετατρέπεται σε ήχητική ενέργεια στη συσκευή του ραδιοφώνου. Θυμηθείτε τώρα τον έκφωνητή του ραδιοφώνου σας που κάπου κάπου αναγγέλλει: «ή έκπομπή αυτή μεταδίδεται σε συχνότητα 150 χιλιοκύκλων το δευτερόλεπτο». Αυτό σημαίνει ότι το ηλεκτρομαγνητικό κύμα που μεταφέρει την έκπομπή έχει συχνότητα 150.000 παλμούς το δευτερόλεπτο.

Κύματα με ακόμη μεγαλύτερη συχνότητα μεταφέρουν τις έκπομπές τηλεόρασης ή χρησιμοποιούνται στα ραντάρ για την ανίχνευση μεταλλικών αντικειμένων σε μεγάλες αποστάσεις. "Η συχνότητα που έχουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα σ' ένα ραντάρ μπορεί να είναι 10.000 φορές μεγαλύτερη

από τη συχνότητα μιάς ραδιοφωνικής έκπομπής. Τί συμβαίνει, όταν η συχνότητα αυξηθεί ακόμη περισσότερο και φθάσει σε τιμές 1.000 φορές ως 10.000 φορές μεγαλύτερες από τις συχνότητες που χρησιμοποιούν τα ραντάρ; Θα ξαφνιαστήτε, αλλά τα φαινόμενα που συναντούμε σ' αυτές τις τιμές της συχνότητας είναι τα φαινόμενα της θερμικής ακτινοβολίας, που είναι άορατη υπέρυθη ακτινοβολία. Με λίγα λόγια, η θερμική ακτινοβολία είναι ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που ταξιδεύει με τη μορφή κύματος με πολύ μεγάλη συχνότητα. "Αν μεγαλώσουμε τη συχνότητα από την υπέρυθη ακτινοβολία ως 10 φορές το πολύ, μπροστά μας ξεπηδούν όλα τα χρώματα του όρατου φωτός.

Θυμάστε ότι, όταν μελετήσατε τις ιδιότητες του φωτός, μάθατε για τη θεωρία που υποστηρίζει ότι το φως είναι κύμα. Καταλαβαίνετε τώρα ότι το κύμα που μεταφέρει τη φωτεινή ενέργεια είναι ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Το φως που βλέπουμε με τα διάφορα χρώματα αποτελεί ένα μέρος της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που υπάρχει στο σύμπαν και διαδίδεται με κύματα που έχουν συχνότητα 10.000 ως 100.000 φορές μεγαλύτερη από τη συχνότητα ενός κύματος ραντάρ.

Τί υπάρχει όμως μετά το φως που βλέπουμε γύρω μας; Ποια φαινόμενα κρύβονται πίσω από τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που έχουν ακόμη μεγαλύτερη συχνότητα; Θυμάστε από τα προηγούμενα μαθήματα τις υπεριώδεις ακτίνες, που δεν τις βλέπουμε, αλλά ξέρομε ότι υπάρχουν άφθονες στην ακτινοβολία που έρχεται από τον ήλιο. "Η υπεριώδης ακτινοβολία αντιστοιχεί σε κύματα με ακόμη πιο μεγάλη συχνότητα από το όρατο φως. "Όταν ξεπεράσουμε πάρα πολύ τις συχνότητες του φωτός, που βλέπουμε, και φθάσουμε σε συχνότητα 1.000 φορές μεγαλύτερη από το κόκκινο φως, τότε ανακαλύπτουμε τις ακτίνες Χ που χρησιμοποιούν οι γιατροί για ακτινογραφίες.

Τέλος, όταν η συχνότητα γίνη εξωφρενικά μεγάλη, ως 1.000.000 φορές μεγαλύτερη από τη συχνότητα που έχει το κόκκινο φως, τότε η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι πολύ ισχυρή, ονομάζεται **ακτινοβολία γ** και γεννιέται μόνο σε πυρηνικές αντιδράσεις. Κάναμε μια τεράστια διαδρομή στον κόσμο των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με μεγάλα άλματα στη συχνότητα. Συναντήσαμε μια μεγάλη ποικιλία από φαινόμενα, τα όποια, ενώ δεν μοιάζουν καθόλου μεταξύ τους, όφειλονται όλα, όπως μάθαμε, στη διάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας με τη μορφή ενός κύματος. Έτσι μένομε κατάπληκτοι μαθαίνοντας ότι, για να στείλωμε ένα τηλεγράφημα σε μια μακρινή πόλη, χρησιμοποιούμε το ίδιο φυσικό φαινόμενο, που χρησιμοποιεί η φύση, για να μάς δείξη το χρώμα ενός λουλουδιού. Το φαινόμενο αυτό είναι το ηλεκτρομαγνητικό κύμα και αυτό που διαφέρει στις δύο περιπτώσεις είναι η συχνότητα του κύματος.

Τη μεγάλη ποικιλία συχνοτήτων που συναντήσαμε σ' αυτή τη διαδρομή την ονομάζουμε **φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινο-**

βολίας. Αυτό που είναι αξιοσημείωτο είναι ότι όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του φάσματος διαδίδονται με την ταχύτητα του φωτός που είναι 300.000 km το δευτερόλεπτο. Ακόμη, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα έχουν τις ίδιες ιδιότητες με το φως για οποιαδήποτε συχνότητα. Όταν συναντήσουν κάποιο εμπόδιο, ένα μέρος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ανακλάται και το υπόλοιπο διαθλάται, όπως συμβαίνει με το φως.

Μπορείτε τώρα να σκεφτήτε τί όμοιότητες υπάρχουν στην πορεία του φωτός που πέφτει σ' ένα κάτοπτρο και στην πορεία των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που στέλνει ένα ραντάρ;

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στη σελίδα αυτή είναι σκορπισμένες μερικές λέξεις από το κεφάλαιο του ηλεκτρομαγνητισμού. Διαλέξτε, με τη σειρά που θέλετε, λέξεις, εξηγήστε με δικά σας λόγια τί σημαίνουν και γράψτε στο τετράδιό σας μια σύντομη πρόταση για κάθε λέξη.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ

Μονωτής

ΗΛΕΚΤΡΟΣΚΟΠΙΟ

Κύκλωμα

ΑΤΟΜΟ

Πρωτόνιο

Μαγνητική Δύναμη

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

ΑΓΩΓΟΣ

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ

Ήλεκτρομαγνήτης

Μαγνητικό Πεδίο

Ήλεκτρομαγνητική έπαγωγή

V. ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

1. Ο αιώνας μας, αιώνας του ατόμου

Ο αιώνας μας ονομάζεται καμιά φορά και «αίώνας του ατόμου». Έτσι θέλουμε να δείξουμε τη μεγάλη σημασία που έχουν για τη ζωή του ανθρώπου οι ανακαλύψεις που έκανε τις τελευταίες δεκαετίες η **ατομική φυσική**. Η ανάπτυξη της ατομικής φυσικής βοήθησε τον άνθρωπο να δει με καινούριο μάτι πολλά από τα φαινόμενα του φυσικού κόσμου. Οδήγησε όμως και σε πολλές εφαρμογές. Στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνικά εργοστάσια, στη διάγνωση και θεραπεία ασθενειών, στην ανάπτυξη νέων μεθόδων έρευνας στη χημεία, αλλά και στη γεωργία. Πολλές σπουδαίες ανακαλύψεις, που γίνονται ακόμα και σήμερα — όπως οι ακτίνες λέιζερ, που είδαμε στην οπτική — στηρίζονται στην κατανόηση των νόμων της ατομικής φυσικής.

Συγχρόνως όμως η ανάπτυξη της ατομικής φυσικής οδήγησε στην κατασκευή του πιο τρομερού όπλου που έχει γνωρίσει ο άνθρωπος : της ατομικής βόμβας. Η έκρηξη της πρώτης ατομικής βόμβας καταστρέφει,

στα 1945, την ιαπωνική πόλη Χιροσίμα. Όπως ο μαθητευόμενος μάγος του παραμυθιού, με τις έρευνές του για το άτομο ο άνθρωπος απελευθερώνει δυνάμεις που απειλούν και τη δική του ζωή.

Αν όμως η φυσική του ατόμου αναπτύχθηκε ουσιαστικά τον εικοστό αιώνα, οι πρώτες ιδέες για το άτομο βρίσκονται στην αρχαία Ελλάδα. *Ατομο* σημαίνει μια «μονάδα» ύλης που δεν διαιρείται, δεν *τέμνεται* άλλο (ά-τμητο). Ο Δημόκριτος έφτασε με τη σκέψη του στο συμπέρασμα ότι η ύλη πρέπει να αποτελείται από άτομα. Δεν είχε βέβαια τη δυνατότητα να επαληθεύσει τα συμπεράσματά του πειραματικά. Σήμερα ξέρουμε ότι το άτομο δεν είναι στην πραγματικότητα το μικρότερο κομματάκι ύλης. Το ίδιο το άτομο περιέχει άλλα, ακόμα πιο μικρά υλικά σωματίδια, που διαφέρουν μεταξύ τους στις ιδιότητές και στη συμπεριφορά.

2. Τα άτομα και η δομή τους

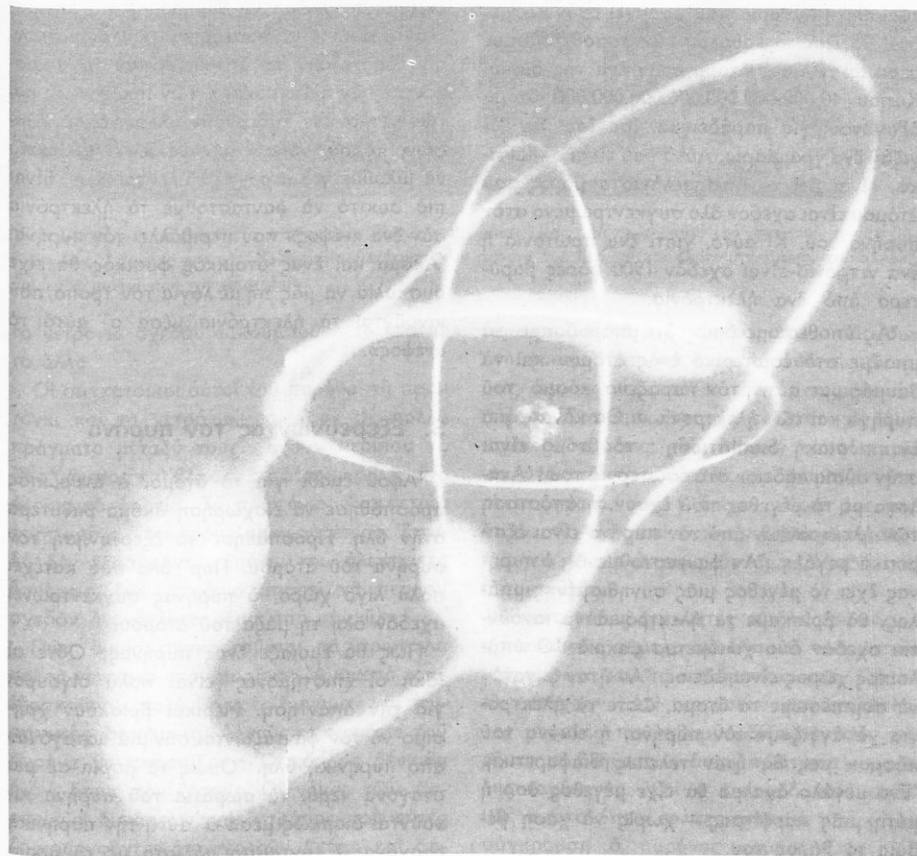
Η ύλη αποτελείται από άτομα. Τρίβοντας

μιά κιμωλία μπορούμε να τη μετατρέψουμε σε σκόνη, δηλαδή σε μικρά κομματάκια ύλης. Καθένα απ' αυτά αποτελείται ωστόσο από εκατομμύρια άτομα. Για να καλύψουμε μήκος ενός εκατοστού, πρέπει να βάλουμε στη σειρά πάνω από εκατό εκατομμύρια άτομα!

Παρ' όλο που τα άτομα είναι τόσο μικρά, οι επιστήμονες βρήκαν τρόπους να βεβαιωθούν για την ύπαρξή τους. 'Ακόμα περισσότερο, μπόρεσαν να συμπεράνουν, λίγο πολύ,

για το πώς μοιάζει ένα άτομο : να μελετήσουν δηλαδή τη *δομή* του.

Όπως διαπίστωσαν, το άτομο δεν είναι στην πραγματικότητα μιὰ συμπαγής «κουκίδα» ύλης. 'Αντίθετα, παρουσιάζει ζωηρή κίνηση στο έσωτερικό του. Στο κέντρο του ατόμου βρίσκεται ο **πυρήνας**. Ο πυρήνας είναι ή «καρδιά» του ατόμου και αποτελείται — όπως ένα τσαμπί σταφύλι — από **πρωτόνια** και **νετρόνια**. Τη δομή του ατόμου συμπληρώνουν τα **ηλεκτρόνια**, που γυρίζουν



'Αναπαράσταση ενός ατόμου **λιθίου**. Τρία ηλεκτρόνια περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα. "Όπως όλα τα άτομα, το άτομο του **λιθίου** είναι σχεδόν άδειο στο έσωτερικό του.

πολύ γρήγορα — κάπου 100 τρισεκατομμύρια φορές τὸ δευτερόλεπτο! — γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα. Ὅπως εἶδαμε στὸν ἠλεκτρισμό, ὁ πυρήνας ἔχει θετικὸ ἠλεκτρικὸ φορτίο. Τὰ ἠλεκτρόνια ἔχουν ἀρνητικὸ φορτίο. Γι' αὐτὸ καὶ *ἐλκονται* ἀπὸ τὸν πυρήνα. Τὰ ἠλεκτρόνια δηλαδὴ συγκρατοῦνται στὶς τροχιές τους ἀπὸ ἠλεκτρικὲς δυνάμεις. Μὲ παρόμοιο τρόπο ἡ δύναμη τῆς βαρύτητας συγκρατεῖ τοὺς πλανῆτες στὶς τροχιές τους γύρω ἀπὸ τὸν ἥλιο.

Πόσο «βαρὺ» εἶναι ἓνα ἄτομο; Καὶ ἡ πῶς εὐαίσθητη ζυγαριὰ ποὺ ὑπάρχει στὸν κόσμον, δὲν θὰ ἔκλινε καθόλου, ἂν τοποθετούσαμε μερικὲς χιλιάδες ἄτομα στὸν ἓνα τῆς δίσκου. Κάπου 40.000.000.000.000.000.000.000 ἄτομα ὀξυγόνου, γιὰ παράδειγμα, ἴσα ἴσα θὰ ζύγιζαν ἓνα γραμμάριο. Αὐτὸ ποὺ εἶναι σημαντικὸ, εἶναι ὅτι τὸ ἀπειροελάχιστον βάρος τοῦ ἀτόμου εἶναι σχεδὸν ὅλο συγκεντρωμένο στὸν πυρήνα του. Κι αὐτὸ, γιατί ἓνα πρωτόνιο ἢ ἓνα νετρόνιο εἶναι σχεδὸν 1900 φορές βαρύτερο ἀπὸ ἓνα ἠλεκτρόνιο.

Ἄς ὑποθέσωμε ὅμως ὅτι μπορούσαμε νὰ μποῦμε στὸ ἐσωτερικὸ ἐνὸς ἀτόμου καὶ νὰ θαυμάσωμε αὐτὸ τὸν παράξενο κόσμον τοῦ πυρήνα καὶ τῶν ἠλεκτρονίων. Θὰ κάναμε μιὰ ἐντυπωσιακὴ διαπίστωση : τὸ ἄτομον εἶναι στὴν οὐσία «ἄδειον» στὸ ἐσωτερικὸ του! Ἀνάλογα μὲ τὸ μέγεθος ποὺ ἔχουν, ἡ ἀπόσταση τῶν ἠλεκτρονίων ἀπὸ τὸν πυρήνα εἶναι ἑξαιρετικὰ μεγάλη. Ἄν φανταστοῦμε ὅτι ὁ πυρήνας ἔχει τὸ μέγεθος μιᾶς συνηθισμένης μπάλας, θὰ βρίσκαμε τὰ ἠλεκτρόνια νὰ κινοῦνται σχεδὸν δύο χιλιόμετρα μακριά. Ὁ ὑπόλοιπος χώρος εἶναι ἄδειος. Ἄν ἦταν δυνατόν νὰ συμπίεσωμε τὰ ἄτομα, ὥστε τὰ ἠλεκτρόνια νὰ ἀγγίζουσιν τὸν πυρήνα, ἡ εἰκόνα τοῦ κόσμου μας θὰ ἦταν τελείως διαφορετικὴ. Ἐνα μεγάλο ἄγαλμα θὰ εἶχε μέγεθος ὅσο ἡ μύτη μιᾶς καρφίτσας — χωρὶς νὰ χάσῃ βέβαια τὸ βάρος του.

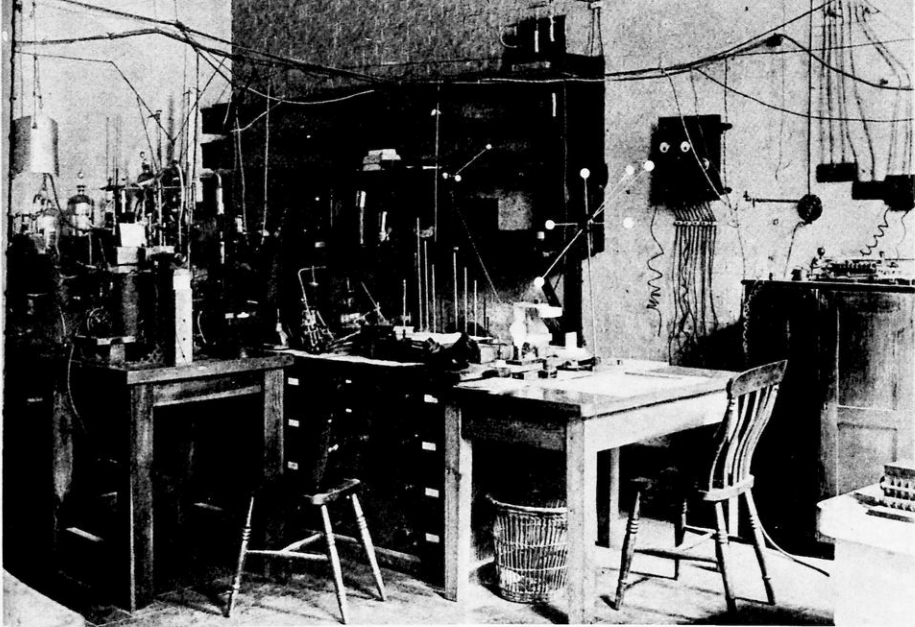
Μὲ ποιοὺς νόμους ὅμως κινοῦνται τὰ ἠλεκτρόνια γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα; Εἶναι κυκλι-

κὲς οἱ τροχιές τους ἢ μήπως ἑλλειπτικὲς, ὅπως τῶν πλανητῶν γύρω ἀπὸ τὸν ἥλιο; Πόσα ἠλεκτρόνια κινοῦνται συγχρόνως στὴν ἴδια τροχιά; Ὅπως ξέρομε, τὴν κίνηση στὸν κόσμον ποὺ μᾶς περιβάλλει — μιᾶς πέτρας ποὺ πέφτει στὴ γῆ, ἐνὸς τροχοῦ ποὺ γυρίζει — μελετᾷ καὶ περιγράφει ἡ μηχανικὴ, μὲ τοὺς νόμους ποὺ διατύπωσε ὁ Νεύτων. Αὐτὴ ἡ μηχανικὴ δὲν μᾶς δίδει σωστὲς ἀπαντήσεις, ἂν τὴν ἐφαρμόσωμε στὸν κόσμον τῶν ἀτόμων· πράγμα ποὺ δὲν πρέπει νὰ μᾶς κάνῃ ἐντύπωση. Ἀρκεῖ νὰ θυμηθοῦμε τίς ἀπειροελάχιστες μικρὲς διαστάσεις τῶν σωματίων, ποὺ ἀποτελοῦν τὸ ἄτομον. Αὐτὸν τὸ μικρόκοσμον τῶν ἠλεκτρονίων, τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων κυβερνοῦν ἄλλοι νόμοι. Σύμφωνα μὲ τοὺς νόμους αὐτοὺς δὲν εἶναι σωστὸ νὰ μιλοῦμε γιὰ «τροχιές» ἠλεκτρονίων. Εἶναι πῶς σωστὸ νὰ φανταστοῦμε τὰ ἠλεκτρόνια σὰν ἓνα «νέφος» ποὺ περιβάλλει τὸν πυρήνα. Ἀκόμα καὶ ἓνας ἀτομικὸς φυσικὸς θὰ εἶχε δυσκολία νὰ μᾶς πῇ μὲ λόγια τὸν τρόπο ποὺ κινοῦνται τὰ ἠλεκτρόνια μέσα σ' αὐτὸ τὸ «νέφος».

3. Ἐξερευνώντας τὸν πυρήνα

Ἀφοῦ ἔμαθε γιὰ τὸ ἄτομον, ὁ ἄνθρωπος προσπάθησε νὰ εἰσχωρήσῃ ἀκόμα βαθύτερα στὴν ὕλη. Προσπάθησε νὰ ἐξερευνήσῃ τὸν πυρήνα τοῦ ἀτόμου. Παρ' ὅλο ποὺ κατέχει πολὺ λίγο χώρο, ὁ πυρήνας συγκεντρώνει σχεδὸν ὅλη τὴ μάζα τοῦ ἀτόμου.

Πῶς θὰ ἐμοιαζε ἓνας πυρήνας; Οὔτε οἱ ἴδιοι οἱ ἐπιστήμονες εἶναι πολὺ σίγουροι γιὰ τὴν ἀπάντησιν. Μερικοὶ βρίσκουν χρῆσιμον νὰ τὸν φαντάζωνται σὰν μιὰ «σταγόνα» ἀπὸ πυρηνικὴ ὕλη. Ὅπως τὰ μόρια σὲ μιὰ σταγόνα νερό, τὰ σωματίδια τοῦ πυρήνα κινοῦνται διαρκῶς μέσα σ' αὐτὴ τὴν πυρηνικὴ σταγόνα. Σ' ἀντίθεσιν μάλιστα μὲ τὸ ἄραιον «νέφος» τῶν ἠλεκτρονίων, στὸν πυρήνα ὑπάρχει σχετικὸς συνωστισμός. Τὰ πρωτόνια καὶ



"Ένα εργαστήριο πυρηνικής φυσικής, στις αρχές του αιώνα μας. Μέσα σ' αυτό το φτωχικό εργαστήριο ο μεγάλος Άγγλος φυσικός Ράδερφορντ μελέτησε τον πυρήνα του ατόμου και έκανε σπουδαίες ανακαλύψεις για τα σωματίνα που τον αποτελούν."

τά νετρόνια σχεδόν «άκουμπουν» το ένα με το άλλο.

Οί συγκάτοικοι αυτοί του πυρήνα, τα πρωτόνια και τα νετρόνια, μοιάζουν σε πολλά πράγματα μεταξύ τους. Έχουν περίπου το ίδιο μέγεθος και βάρος. Διαφέρουν όμως στο ηλεκτρικό φορτίο. Το πρωτόνιο είναι θετικά φορτισμένο. Το νετρόνιο είναι ουδέτερο. Έπειδή δέν ξεασκούνται επάνω του ηλεκτρικές δυνάμεις, ένα νετρόνιο μπορεί να περάσει σχεδόν ανενόχλητο μέσα από την ύλη!

Πώς όμως συγκρατούνται τα πρωτόνια και τα νετρόνια στον πυρήνα; Ανάμεσά τους ξεασκούνται πολύ ισχυρές δυνάμεις: οί **πυρηνικές δυνάμεις**. Άλλιώς τα σωματίνα του πυρήνα θα σκόρπιζαν. Ό κόσμος δέν θα ήταν όπως τον ξέρομε. Οί νόμοι των πυρηνικών δυνάμεων και ό τρόπος που αυτές δημιουργούνται απασχολούν ακόμα και σήμερα τους επιστήμονες. Το μόνο που ξέρομε με βεβαιότητα είναι ότι οί πυρηνικές δυνάμεις

είναι οί ισχυρότερες που υπάρχουν στη φύση. Είναι πιό ισχυρές από τις δυνάμεις βαρύτητας, που κάνουν ένα μήλο να πέφτη. Είναι πιό ισχυρές και από τις ηλεκτρικές δυνάμεις, που έλκουν τα ηλεκτρόνια στον πυρήνα. Καθώς προχωρούμε από τα πράγματα που βλέπομε γύρω μας στα άτομα της ύλης και κατόπιν βαθιά μέσα στον πυρήνα, ανακαλύπτουμε δυνάμεις ολοένα και πιό ισχυρές.

Έκατοντάδες έρευνητές σ' όλο τον κόσμο προσπαθούν σήμερα να λύσουν τα μυστικά του πυρήνα και των σωματίων του. Για να το πετύχουν αυτό, κατασκεύασαν πολύπλοκες μηχανές που «βομβαρδίζουν» τους πυρήνες με βλήματα — όπως πρωτόνια — μεγάλης ταχύτητας. Όπως ένα ρόδι που σπάει μάς αποκαλύπτει το περιεχόμενό του, με τη σύγκρουση ό πυρήνας κομματιάζεται και μάς δίνει πολύτιμες πληροφορίες για τη δομή του.



Τὸ Ἑλληνικὸ Κέντρο Πυρηνικῶν Ἐρευνῶν «Δημόκριτος» στὴν Ἀγία Παρασκευὴν Ἀττικῆς. Ὀνομάστηκε ἔτσι πρὸς τιμὴν τοῦ ἀρχαίου Ἑλλήνα φιλοσόφου πὺν πρῶτος συνέλαβε τὴν ἰδέα τῶν ἀτόμων. Οἱ ἔρευνες στὴν πυρηνικὴ φυσικὴ ἀπαιτοῦν σήμερα πολὺπλοκα μηχανήματα καὶ τὴ συνεργασία πολλῶν ἐπιστημόνων.

4. Ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰ εἶδη ἀτόμων

Ἡ ὕλη μᾶς φανερώνεται σὲ πολλὲς μορφές. Ὁ χαλκὸς εἶναι ὕλη. Ἀλλὰ καὶ ὁ βάρραχος ἢ ὁ ἀέρας πού ἀναπνέομε εἶναι ὕλη. Μοιάζουν τὰ ἄτομα σὲ ὅλα αὐτὰ τὰ εἶδη τῆς ὕλης;

Ἡ ἀπάντηση εἶναι ὄχι. Ὑπάρχουν ὥστόσο λιγότερα εἶδη ἀτόμων ἀπὸ ὅσα πιθανὸν φανταζόμαστε. Τὰ εἶδη τῶν ἀτόμων πού φτιάχνουν ὅλη αὐτὴν τὴν ποικιλία τῆς ὕλης εἶναι μόνο 88. Ὅπως οἱ λέξεις γίνονται ἀπὸ τὰ

γράμματα τοῦ ἀλφαβήτου, τὰ εἶδη τῶν ἀτόμων συνδυάζονται, γιὰ νὰ δημιουργήσουν τὴν ὕλη, ὅπως παρουσιάζεται στὸν κόσμον μας.

Τὰ εἶδη αὐτὰ τῶν ἀτόμων ὀνομάζονται **στοιχεῖα**. Τὸ ὕδρογόνο εἶναι ἓνα στοιχεῖο. Ὁ ἄνθρακας καὶ ὁ χρυσὸς εἶναι κι αὐτὰ στοιχεῖα. Ὅποιοδῆποτε κομμάτι ὕλης ἂν ἀναλύσωμε μὲ προσοχή, θὰ βροῦμε νὰ τὸ ἀποτελοῦν μερικὰ ἀπὸ αὐτὰ τὰ 88 στοιχεῖα. Ὅπως ἀνακάλυψαν μάλιστα οἱ ἐπιστήμονες, ἡ ὕλη στὸ φεγγάρι ἢ σ' ἓνα μετεωρίτη ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ ἴδια εἶδη ἀτόμων πού συναντοῦμε καὶ στὴ γῆ μας.

Έκτος από τα στοιχεία που υπάρχουν στη φύση, ο άνθρωπος κατάφερε να κατασκευάσει μερικά στοιχεία μόνος του. Το πλουτώνιο είναι ένα από τα στοιχεία που κατασκεύασε ο άνθρωπος. Υπάρχουν 17 τέτοια τεχνητά στοιχεία. Συνολικά, δηλαδή, όλα τα είδη ατόμων που ξέρουμε στον κόσμο, φυσικά ή τεχνητά, είναι 105.

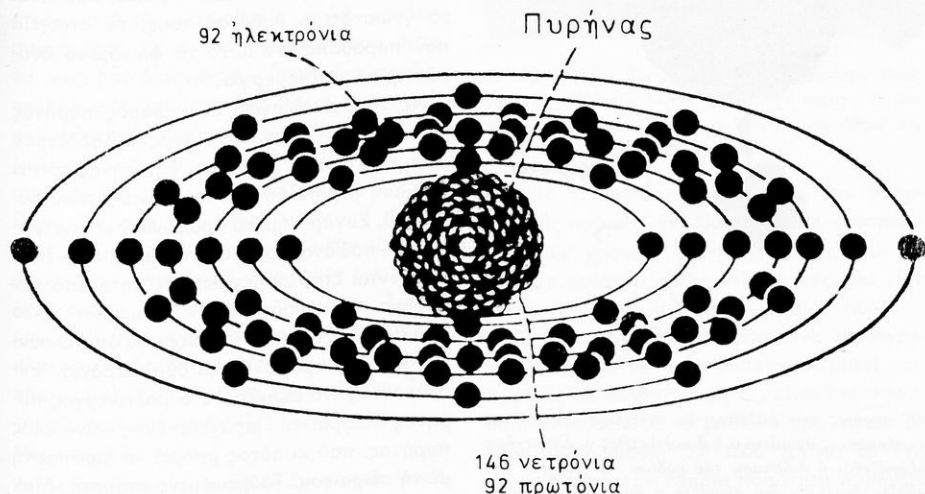
Τί κάνει όμως το άτομο ενός στοιχείου να διαφέρει από το άτομο ενός άλλου στοιχείου; Το άτομο του σιδήρου έχει περίπου το ίδιο μέγεθος με το άτομο του χρυσού. Ο σίδηρος όμως δεν είναι χρυσός!

Όπως υποπετυνόμεστε, η διαφορά πρέπει να αναζητηθεί στη δομή του ατόμου τους. Το άτομο κάθε στοιχείου έχει στον πυρήνα του έναν ορισμένο αριθμό πρωτονίων. Ο αριθμός των πρωτονίων είναι που δίνει σε κάθε στοιχείο την «ταυτότητά» του. Τις ξεχωριστές του δηλαδή ιδιότητες. Ο χαρακτηριστικός αυτός αριθμός ονομάζεται **ατομικός αριθμός** του στοιχείου.

Η ύλη όμως είναι συνήθως ηλεκτρικά ουδέτερη. Αυτό σημαίνει ότι το φορτίο των πρωτονίων πρέπει να εξουδετερώνεται από το «νέφος» των ηλεκτρονίων, που περιβάλλει τον πυρήνα. Τα ηλεκτρόνια του ατόμου πρέπει συνεπώς να είναι όσα και τα πρωτόνια του πυρήνα. Ίσα δηλαδή με τον ατομικό αριθμό.

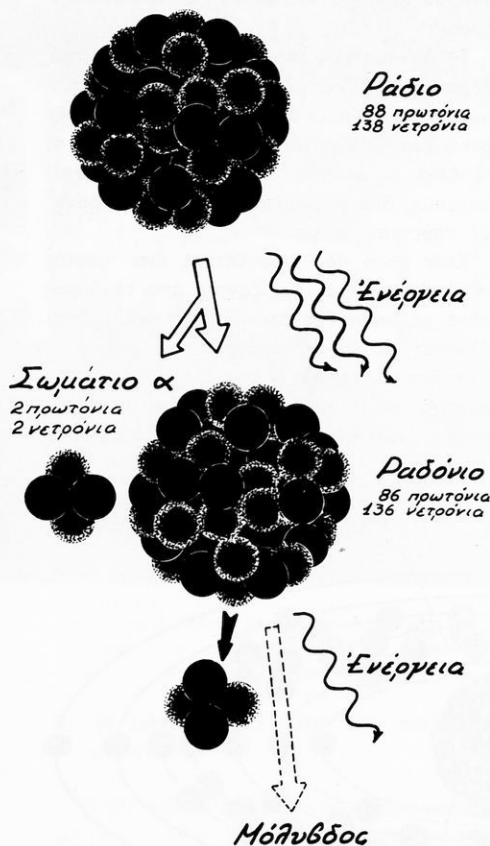
Το απλούστερο άτομο είναι το άτομο του υδρογόνου. Έχει μόνο ένα πρωτόνιο στον πυρήνα του. Γύρω από το πρωτόνιο περιφέρεται ένα ηλεκτρόνιο. Αμέσως μετά έρχεται το ήλιο, με ατομικό αριθμό 2. Το ήλιο έχει συνεπώς δύο πρωτόνια και δύο ηλεκτρόνια σε κάθε του άτομο.

Κάθε φορά που προσθέτουμε ένα πρωτόνιο στον πυρήνα, αρχίζοντας από το υδρογόνο, παίρνομε ένα καινούριο στοιχείο. Έτσι θα φτάσωμε στα 105 στοιχεία που υπάρχουν στον κόσμο. Ο χαλκός έχει 29 πρωτόνια στον πυρήνα του. Το ούράνιο είναι ακόμα πιο πολύπλοκο : έχει ατομικό αριθμό 92. Αυτός είναι



Το άτομο του ουρανίου έχει την πιο πολύπλοκη δομή από τα άτομα που έπασχουν στη φύση.

ΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΣΠΑΣΗ ΠΥΡΗΝΩΝ



Οί πυρήνες των ραδιενεργών στοιχείων διασπώνται εκπέμποντας σωματία α ή β και ακτίνες γ . Στο σχήμα εικονίζεται η διάσπαση του ραδίου. Ο πυρήνας του ραδίου εκπέμπει ένα σωματίο α και γίνεται αρχικά πυρήνας ραδονίου, που κι αυτός θα διασπαστεί με τη σειρά του. Το φαινόμενο σταματά, όταν φτάσουμε στον σταθερό πυρήνα του μολύβδου.

συνεπώς και ο αριθμός των πρωτονίων και ηλεκτρονίων του.

Όπως μάθαμε, τα πρωτόνια έχουν και μερικούς γείτονες μέσα στον πυρήνα : τα νετρόνια. Μερικές φορές τα νετρόνια είναι όσα και τα πρωτόνια του πυρήνα. Όπως στο ήλιο : ο πυρήνας του αποτελείται από δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια. Σε άλλα άτομα ο αριθμός των νετρονίων είναι σχεδόν διπλάσιος από τον αριθμό των πρωτονίων. Στο ούράνιο τα 92 πρωτόνια του πυρήνα συνοδεύονται — και κάνουν τον πυρήνα εξαιρετικά βαρύ — από 146 νετρόνια. Το ούράνιο είναι το πιο πολύπλοκο από τα στοιχεία που υπάρχουν στη φύση.

5. Πυρήνες που διασπώνται από μόνοι τους : ραδιενέργεια

Οί πυρήνες ορισμένων στοιχείων είναι άσταθεϊς. Διασπώνται από μόνοι τους, εκπέμποντας υλικά σωματία και ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Από το ράδιο, που είναι το γνωστότερο ανάμεσά τους, τα στοιχεία που παρουσιάζουν αυτό το φαινόμενο ονομάστηκαν **ραδιενεργά**.

Με τη ραδιενέργεια ένας βαρύς πυρήνας μετατρέπεται σε πυρήνα ενός ελαφρότερου στοιχείου. Για να γίνει αυτό, ο πυρήνας πρέπει να χάσει μερικά από τα πρωτόνια και νετρόνιά του. Συγκροτήματα πρωτονίων και νετρονίων — που ονομάστηκαν **σωματία α** — εκτινάσσονται έτσι με μεγάλη ταχύτητα από τον πυρήνα. Τα σωματίια α δεν είναι τίποτ' άλλο από πυρήνες ήλιου : πυρήνες που αποτελούνται από δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια. Έκδιώκοντας ένα σωματίο α ο ραδιενεργός πυρήνας ελαφραίνει. Παράγεται ένας καινούριος πυρήνας, που κι αυτός μπορεί να διασπαστεί με τη σειρά του. Το φαινόμενο σταματά, όταν με διαδοχικά «πηδήματα» φτάσουμε στον πυρήνα ενός στοιχείου που δεν είναι ραδιενεργό. Έτσι ο πυρήνας του ραδίου χάνοντας

δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια μετατρέπεται αρχικά σέ ραδόνιο. Μὲ τὴ σειρά του τὸ ραδόνιο παθαίνει διαδοχικὲς διασπάσεις, ὡσὸτου καταλήξῃ στὸν σταθερὸ μόλυβδο. Ἐνα ἄτομο οὐρανίου θὰ γίνῃ κι αὐτὸ μὲ τὸν καιρὸ ἄτομο μόλυβδου, δημιουργώντας στὸ δρόμο του μερικὸς πυρῆνες ἡλίου.

Τὰ σωμάτια α δὲν εἶναι τὰ μόνια πού ἐκπέμπονται κατὰ τὴ διάσπαση τῶν ραδιενεργῶν πυρηνῶν. Μερικὲς φορές ἐκπέμπονται σωμάτια πολὺ ἐλαφρότερα, πού ὀνομάστηκαν **σωμάτια β**. Τὰ σωμάτια β εἶναι τὰ γνωστά μας ἡλεκτρόνια. Δὲν ἔχουν ὅμως σὲ τίποτα νὰ κάνουν μὲ τὰ ἡλεκτρόνια πού περιφέρονται γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα. Τὰ σωμάτια β δημιουργοῦνται μέσα στὸν πυρήνα τῇ στιγμῇ τῆς διασπάσεώς του. Μόλις «γεννηθοῦν», ἐγκαταλείπουν τὸν πυρήνα μὲ ταχύτητα πού πλησιάζει τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός!

Ἀπὸ τοὺς ραδιενεργοὺς πυρῆνες ἀκτινοβολεῖται συχνὰ καὶ ἐνέργεια: οἱ **ἀκτίνες γ**. Οἱ ἀκτίνες γ μοιάζουν πολὺ μὲ τὶς ἀκτίνες Χ πού χρησιμοποιοῦν οἱ γιατροί. Εἶναι ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία πολὺ μεγάλης συχνότητας. Οἱ ἀκτίνες γ εἶναι τόσο διεισδυτικὲς, πού διαπερνοῦν εὐκόλως ἓνα στρῶμα μόλυβδου ἀρκετοῦ πάχους. Ἐτσι μάλιστα ἀνακαλύφθηκε ἡ ραδιενέργεια. Ἐνας Γάλλος ἐρευνητής, ὁ Μπεκερέλ, εἶχε ξεχάσει στὸ συρτάρι του μερικὲς φωτογραφικὲς πλάκες. Παρ' ὅλο πού δὲν ὑπῆρχε φῶς, οἱ πλάκες αὐτὲς μαύρισαν. Ψάχνοντας γιὰ τὴν αἰτία τοῦ φαινομένου ὁ Μπεκερέλ ἀνακάλυψε ἐκεῖ κοντὰ λίγη σκόνη ἀπὸ ὀρυκτὸ οὐρανίου. Συμπέρανε ὅτι τὸ μαύρισμα στίς φωτογραφικὲς πλάκες ὀφειλόταν σὲ κάποιες μυστηριώδεις «ἀκτινοβολίες» πού ἐξέπεμπε τὸ οὐράνιο. Ἐνα τυχαῖο περιστατικὸ ἀνοίξε ἔτσι τὸ δρόμο πρὸς τὴν ἀτομικὴ ἐποχὴ.

Ἄς ὑποθέσωμε ὅμως ὅτι ἔχομε μιὰ ποσότητα ραδιενεργοῦ ὑλικοῦ. Πόσο χρόνο θὰ χρειαστῇ αὐτὴ ἢ ποσότητα, γιὰ νὰ διασπαστῇ; Ἡ διάσπαση δὲν γίνεται ἀκαριαῖα. Πολὺ λίγα



Πολλὰ ἀπ' ὅσα ξέρομε γιὰ τὴ ραδιενέργεια ὀφείλονται στὴ Μαρία Κιουρί. Ἡ Κιουρί καταγόταν ἀπὸ τὴν Πολωνία καὶ γιὰ τὶς ἐρευνὲς τῆς τιμήθηκε δύο φορές μὲ τὸ βραβεῖο Νόμπελ.

ἀπὸ τὰ τρισεκατομμύρια ἄτομα, πού ὑπάρχουν ἄς ποῦμε σ' ἓνα βόλο ραδίου, διασπώνται κάθε χρονικὴ στιγμῇ. Ἀλλιῶς δὲν θὰ ὑπῆρχε καθόλου ράδιο στὴ γῆ μας. Θὰ εἶχε ἀπὸ πολὺ παλιά μεταβληθῇ σὲ μόλυβδο.

Ὁ χρόνος πού χρειάζεται ἓνα ραδιενεργὸ ὑλικό, γιὰ νὰ μετατραποῦν οἱ μισοὶ του πυρῆνες σὲ ἄλλους πυρῆνες, εἶναι ἓνα σπουδαῖο μέγεθος. Γιὰ τὸ ράδιο ὁ χρόνος αὐτὸς εἶναι 1600 χρόνια. Σὲ 1600 χρόνια θὰ ἔχη μείνει ἡ μισὴ ἀπὸ κάποια ποσότητα πυρηνῶν ραδίου πού εἴχαμε. Σὲ ἀκόμα 1600 χρόνια ἡ μισὴ τῆς μισῆς κ.ο.κ. Σὲ ἄλλα ραδιενεργὰ ὑλικά ὁ ρυθμὸς τῆς διάσπασης εἶναι ἀκόμα

πιό βραδύς. Στο ούράνιο μετρίεται με δισεκατομμύρια χρόνια.

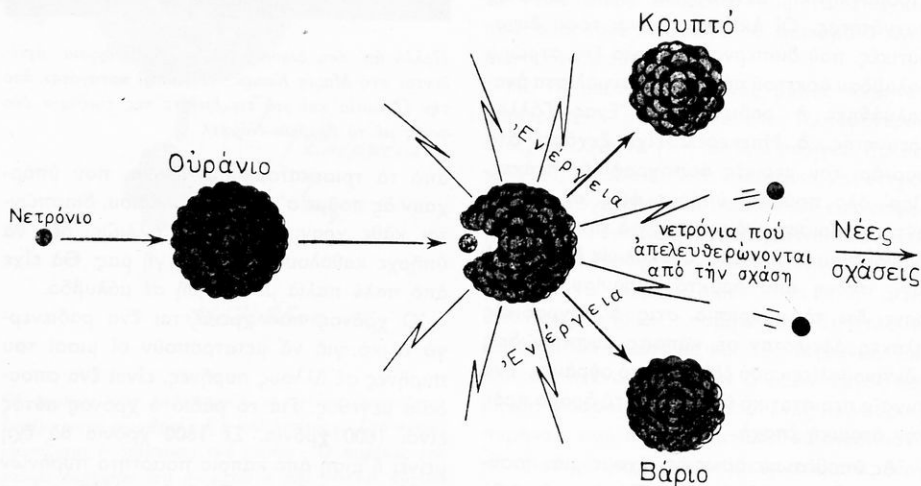
6. Πυρήνες που διασπώνται τεχνητά: σχάση

Η άπελευθέρωση ενέργειας από τους ραδιενεργούς πυρήνες δεν έχει μεγάλη πρακτική αξία. Γίνεται με πολύ βραδύ ρυθμό και δεν είναι εύκολο να ελεγχθή. Ωστόσο λίγο πριν από τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο ανακαλύφθηκε μια σπουδαία ιδιότητα του πυρήνα του ουρανίου. Όταν ο πυρήνας του ουρανίου «βομβαρδιστή» με νετρόνια, κομματιάζεται σε δύο μέρη περίπου ίσα. Το φαινόμενο αυτό ονομάστηκε **σχάση** του πυρήνα. Τα θραύσματα του πυρήνα κινούνται με μεγάλη ταχύτητα, έχουν δηλαδή μεγάλη ενέργεια. Με τη σχάση του πυρήνα του το άτομο του ουρανίου μετατρέπεται σε άτομα άλλων στοιχείων, ενώ συγχρόνως άπελευθερώνεται ένα τεράστιο ποσό ενέργειας.

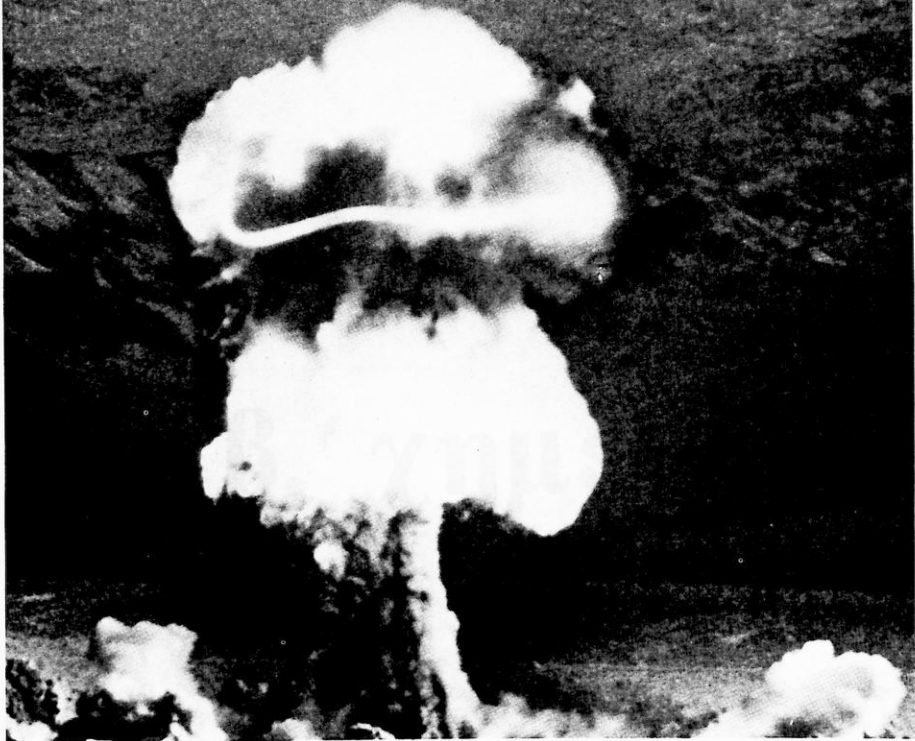
Η σύγκρουση του νετρονίου με τον πυρή-

να του ουρανίου δεν έχει όμως ως μόνο αποτέλεσμα τη σχάση του πυρήνα. Κατά τη σχάση παράγονται ακόμα δύο τρία καινούρια νετρόνια. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό. Γιατί τα νετρόνια που παράγονται μπορούν να προκαλέσουν σχάση σε άλλους πυρήνες του ουρανίου. Ένω δηλαδή για να αρχίσει η σχάση είναι απαραίτητο ένα «βλήμα» νετρονίου να συγκρουσθή με τον πυρήνα, από εκεί κι έπειτα το φαινόμενο συνεχίζεται από μόνο του. Ο πρώτος πυρήνας του ουρανίου κομματιάζεται και συγχρόνως παράγει νετρόνια, και αυτά με τη σειρά τους προκαλούν καινούριες σχάσεις. Είναι, όπως λέμε, μια *άλυσωτη αντίδραση*. Μ' ένα μόνο αρχικό νετρόνιο ως «βλήμα» μπορούμε να επιτύχουμε (σε χρόνο λιγότερο από ένα εκατομμυριοστό του δευτερολέπτου!) σχάση σ' ένα ολόκληρο χιλιόγραμμο ουρανίου.

Αν η αλυσωτή αντίδραση των πυρήνων άφεθῇ μόνη της, θα οδηγήσει σε μια καταστροφική έκρηξη. Αυτό συμβαίνει στην ατομική βόμβα. Στα πυρηνικά εργοστάσια, αντίθετα,



Ένα νετρόνιο κάνει τον πυρήνα του ουρανίου να διασπαστή σε δύο κομμάτια περίπου ίσα. Συγχρόνως παράγονται νετρόνια, που με τη σειρά τους μπορούν να προκαλέσουν σχάσεις σε άλλους πυρήνες ουρανίου.



Στην ατομική βόμβα ή άλυσωτή διάσπαση των πυρήνων οδηγεί σε μία ισχυρότατη έκρηξη.

ό άνθρωπος ελέγχει ο ίδιος το φαινόμενο. Με την ενέργεια που απελευθερώνεται από τη σχάση παράγει ηλεκτρικό ρεύμα. Καθώς τα αποθέματα πετρελαίου και άνθρακα της γης εξαντλούνται, ή παραγωγή ενέργειας από πυρηνικές σχάσεις μπορεί να αποδειχθή πολύτιμη για τον άνθρωπο.

Από πού προέρχεται όμως ή ενέργεια που απελευθερώνεται με τη σχάση των πυρήνων; Σε αντίθεση με τις συνηθισμένες χημικές αντιδράσεις, κατά τη σχάση ένα μικρό μέρος της ύλης καταστρέφεται. Υπάρχει λιγότερη ύλη μετά τη σχάση : αν μπορούσαμε να ζυγίσουμε τα θραύσματα του πυρήνα, θα διαπιστώναμε ότι το βάρος τους είναι λίγο μικρότερο από το βάρος του αρχικού πυρήνα. Η μάζα που λείπει δεν έχει πραγματικά «εξαφανιστή» από τον κόσμο. Έχει μετατραπή σε ενέργεια. Ένα ελάχιστο κομματάκι ύλης «μετα-

μορφώνεται» στο τεράστιο ποσό ενέργειας των πυρηνικών σχάσεων.

Τό ότι ή ύλη μπορεί να γίνη ενέργεια είχε προβλεφθή από τόν Άϊνστάιν πολλά χρόνια πριν από τη σχάση του ουρανίου. Ό Άϊνστάιν είχε υπολογίσει μ' ένα μαθηματικό τύπο, που μοιάζει κάπως έτσι

$$E = mc^2$$

πόση ακριβώς ενέργεια απελευθερώνει ή «εξαφάνιση» μιάς ορισμένης μάζας ύλης. Η ενέργεια αυτή είναι τεράστια. Από ένα γραμμάριο ύλης μπορεί να παραχθή ενέργεια που θα έφτανε τις ανάγκες μιάς οικογένειας — τη θέρμανση, τό φωτισμό, την ηλεκτρική κουζίνα — για 2500 χιλιάδες χρόνια!

Στόν άπλό μαθηματικό τύπο που συνδέει τη μάζα με την ενέργεια κλείνεται μιά από τις σπουδαιότερες κατακτήσεις του ανθρώπου στην προσπάθειά του να κατανοήση τη φύση.

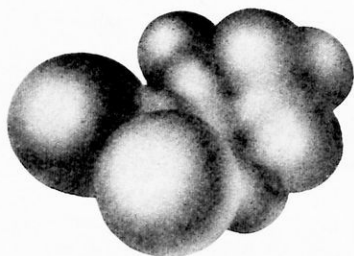
β. χημεία

ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ

Α. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

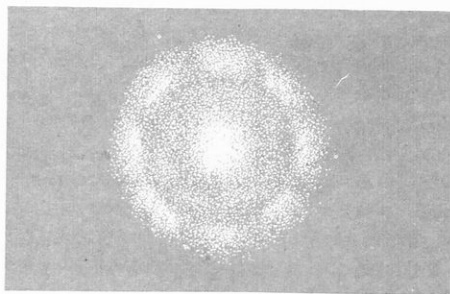
1. Μόρια και άτομα

Στο μάθημα του στατικού ηλεκτρισμού και στην ατομική φυσική μάθατε ότι τα μόρια αποτελούνται από άτομα. "Αν είχαμε στη διάθεσή μας ένα πάρα πολύ δυνατό μικροσκόπιο και μπορούσαμε να μεγεθύνουμε 1.000 ακόμα φορές τον κόκκο ενός μορίου πρωτεΐνης που είδατε στη σελίδα 9 του βιβλίου σας της φυσικής, θα βλέπαμε ότι η πρωτεΐνη αποτελείται από σφαίρες μικρές και μεγάλες, τη μία δίπλα στην άλλη, όπως δείχνει το σχήμα.



"Αν τώρα κάποιος μᾶς ρωτοῦσε τί είναι αὐτές οἱ σφαῖρες, δὲν θὰ κάναμε λάθος, ἂν ἀπαντούσαμε ὅτι εἶναι τὰ ἄτομα πού ἀποτελοῦν τὸ μόριο τῆς πρωτεΐνης. Μάθατε ἐπί-

σης ὅτι τὰ ἄτομα ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὰ ἡλεκτρόνια πού εἶναι ἀρνητικὰ φορτισμένα καὶ ἀπὸ ἓναν πυρήνα πού περιέχει τὰ πρωτόνια πού εἶναι θετικὰ φορτισμένα. Τὰ ἡλεκτρόνια εἶναι πάρα πολὺ μικρά, 1900 φορές ἐλαφρότερα ἀπὸ τὰ πρωτόνια καὶ γυρίζουν πάρα πολὺ γρήγορα γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα. "Αν τώρα μπορούσαμε μὲ τὸ φανταστικό μας μικροσκόπιο νὰ μεγεθύνουμε μιὰ ἀπὸ τὶς σφαῖρες πού παριστάνει ἓνα ἄτομο, θὰ βλέπαμε ὅτι τὸ ἄτομο μοιάζει σὰν σφαῖρα χωρὶς καθαρὸ περίγραμμα. Στὸ κέντρο θὰ διακρίναμε μιὰ κάπως συμπαγὴ κηλίδα, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα.



Τὸ σχῆμα αὐτὸ παριστάνει τὸ νέφος τῶν ἀρνητικὰ φορτισμένων ἡλεκτρονίων πού γυρίζουν πολὺ γρήγορα γύρω ἀπὸ τὸν θετικὰ φορτισμένο πυρήνα πού φαίνεται σὰν συ-

μπαγής κηλίδα.

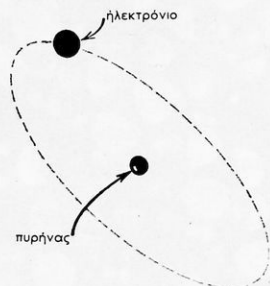
Τὴν εἰκόνα αὐτὴ τοῦ ατόμου, ὅπως καὶ τὴν εἰκόνα τῶν ατόμων ποὺ ἀποτελοῦν τὴν πρωτεΐνη μας, οἱ ἐπιστήμονες δὲν τὴν εἶδαν. Τὴν σχεδίασαν ὅμως μελετώντας τὴ συμπεριφορὰ τῶν ατόμων. "Ἐτσι προσπαθοῦν νὰ πησιάσουν τὴν ἀλήθεια γιὰ τὴ δομὴ τῆς ὕλης. Πιθανὸν τὴν εἰκόνα τοῦ ατόμου νὰ τὴν ἔχετε δεῖ ἐπίσης σχεδιασμένη ὅπως τὸ πλανητικὸ μας σύστημα. Δηλαδὴ τὸν πυρῆνα στὸ κέντρο τοῦ ατόμου ὅπως ὁ ἥλιος καὶ τὰ ηλεκτρόνια ὡς πλανῆτες νὰ γυρίζουν γύρω του.

Καὶ οἱ δύο αὐτὲς ἀπεικονίσεις τοῦ ατόμου δὲν ἀποδίδουν παρὰ μόνο μέρος τῆς ἀλήθειας. Κάθε σχέδιο ὅμως εἶναι χρήσιμο καὶ μᾶς βοηθεῖ νὰ κατανοήσωμε τὴ δομὴ τῆς ὕλης. Τὶς διαφορὲς αὐτὲς ἀπεικονίσεις τοῦ ατόμου τὶς λέμε **μοντέλα δομῆς τοῦ ατόμου**.

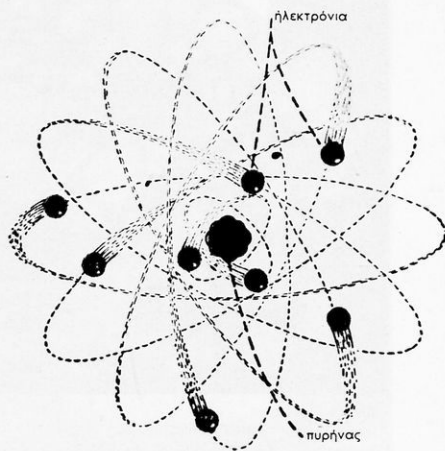
Οἱ ἐπιστήμονες χρησιμοποιοῦν πολὺ συχνὰ μοντέλα ατόμων ποὺ ἀποτελοῦνται ἀπὸ σφαῖρες διαφορετικοῦ μεγέθους, γιὰ νὰ κατασκευάζουν μόρια, ὅπως ἐσεῖς φτιάχνετε διάφορες κατασκευὲς μὲ ξυλάκια διαφόρων διαστάσεων καὶ σχημάτων. Ζωγραφίζοντας μοντέλα ἢ φτιάχνοντας μοντέλα οἱ χημικοὶ καὶ φυσικοὶ προσπαθοῦν νὰ κάνουν τὴν εἰκόνα ἑνὸς μικροῦ κομματιοῦ τοῦ φυσικοῦ κόσμου. Σ' αὐτὴ τὴ δουλειὰ χρησιμοποιοῦν τὶς γνώσεις τους καὶ πολλὰς φορὲς τὴ φαντασία τους.

Πολλὰς φορὲς συμβαίνει οἱ ἐπιστήμονες νὰ κατασκευάζουν τὸ μοντέλο ἑνὸς πολὺπλοκου μορίου, πρὶν ἀνακαλύψουν τὴν πραγματικὴ μορφή καὶ δομὴ του. "Ἐτσι μελετώντας τὶς ιδιότητες διαφόρων μορίων φαντάζονται τὴ δομὴ τους καὶ κατασκευάζουν ὑποθετικὰ μοντέλα. Μὲ τὴ συνεχὴ ἔρευνα καὶ μελέτῃ προσπαθοῦν νὰ ἀποδείξουν ὅτι τὸ μοντέλο ποὺ φαντάστηκαν ἦταν σωστό.

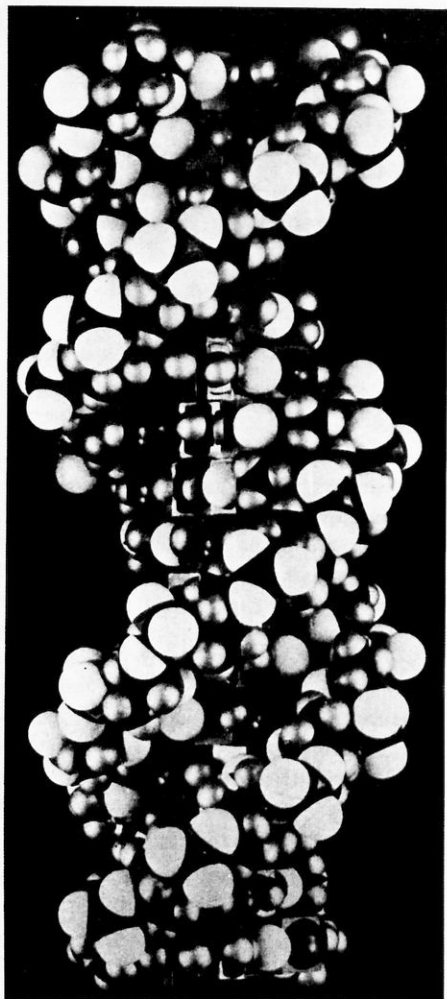
Στὴν ἄλλη σελίδα βλέπετε τὸ μοντέλο ἑνὸς πολὺπλοκου μορίου ποὺ κατασκευάστηκε πρὶν ἀνακαλυφθῇ ἡ δομὴ του. Ἡ ἔρευνα ἀπέδειξε ὅτι ἡ κατασκευὴ ἦταν σωστή. Βλέπε σελ. 114.



Τὸ ἄτομο τοῦ ὕδρογόνου



Τὸ ἄτομο τοῦ οὐγόνου



Το 1953 δύο επιστήμονες, ένας Άγγλος και ένας Αμερικανός, έφτιαξαν το μοντέλο ενός γιγάντιου και πολύπλοκου χημικού μορίου, που είναι η βάση της ζωής κάθε φυτικού και ζωικού κυττάρου. Για να το κάνουν αυτό, βασίστηκαν σε παρατηρήσεις και μελέτες που είχαν κάνει άλλοι επιστήμονες για το μόριο αυτό μέχρι τότε. Μετά 10 περίπου χρόνια αποδείχτηκε ότι το μοντέλο τους ήταν σωστό. Στη φωτογραφία βλέπετε μόνο ένα μικρό μέρος από το μοντέλο του γιγάντιου μορίου.

2. Χημικές ενώσεις και χημικός δεσμός

Τα άτομα σπάνια βρίσκονται μόνα τους στη φύση. Από τον πηλό που πλάθουμε βόλους, το νερό και το γάλα που πίνουμε, τη ζάχαρη και το αλάτι που βάζουμε στα φαγητά μας μέχρι την πρωτεΐνη που είδαμε με το «υπερ-μικροσκόπιό» μας τα άτομα είναι δεμένα μεταξύ τους και σχηματίζουν **χημικές ενώσεις**.

Μάθατε ότι υπάρχουν 88 γνωστά χημικά στοιχεία. Το υδρογόνο, το όξυγόνο, το άζωτο, ο άνθρακας, το θείο, ο φωσφόρος, ο σίδηρος, το αλουμίνιο είναι μερικά από τα στοιχεία που ξέρετε ή τα έχετε ακούσει. Τα στοιχεία συμβολίζονται μ' ένα γράμμα, που συνήθως είναι το αρχικό λατινικό γράμμα του ονόματός τους. Έτσι το υδρογόνο συμβολίζεται με H, το όξυγόνο με O, το άζωτο με N, ο άνθρακας με C, το θείο με S κλπ. Τα 88 αυτά διαφορετικά στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους με διάφορους τρόπους και σχηματίζουν πολλά εκατομμύρια χημικές ενώσεις ή μόρια όπως τα λέμε. Όπως με τα 24 γράμματα του αλφαβήτου κάνουμε πολλές χιλιάδες λέξεις, έτσι και με τα 88 διαφορετικά χημικά στοιχεία μπορούμε να κάνουμε εκατομμύρια μόρια. Όπως όμως ένα ορισμένο γράμμα του αλφαβήτου το συναντούμε σε πολλές διαφορετικές λέξεις, έτσι και ένα χημικό στοιχείο μπορεί να βρίσκεται σε πάρα πολλά διαφορετικά μόρια. Αυτό μπορούμε να το δούμε με την έργασία στην τάξη :

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστήτε 2 - 3 σπιτόξυλα, ένα κομματάκι χαρτί, λίγη ζάχαρη, ένα καπάκι από κοντί τενεκεδένιο, μια λαβίδα και ένα καμινέτο οίνοπνεύματος.

1) Ανάψτε το σπιτό και κρατήστε το αναμμένο από τη μια άκρη ώσπου να σβήση. Αν ή φλόγα προχωρήσει γρήγορα,

φυσήξετε το να σβήση, για να μην καή το δάχτυλό σας. Τί παρατηρείτε ;

2) Τσαλακώστε το χαρτάκι, βάλτε το σ' ένα πιατάκι και ανάψτε το μ' ένα σπίρτο. "Όταν σβήση ή φλόγα, τί απομένει στο πιατάκι ;

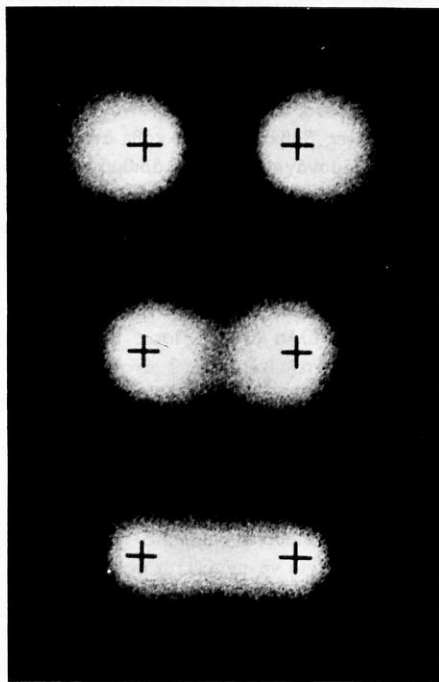
3) Βάλτε στο τενεκεδάκι καπάκι λίγη ζάχαρη. Πιάστε το τενεκεδάκι με μια λαβίδα και κρατήστε το πάνω από τη φλόγα του καμινέτου, ώσπου να καή ή ζάχαρη. Τί παρατηρείτε ;

"Όταν κάψαμε τα τρία υλικά, είδαμε ότι έμεινε ένα μαύρο υπόλειμμα, που είναι το γνωστό μας κάρβουνο. Έμεινε δηλαδή άνθρακας. Τα μόρια του ξύλου, του χαρτιού και της ζάχαρης είναι διαφορετικά. Όλα όμως αποτελούνται από άνθρακα, οξυγόνο και υδρογόνο. Αλλά σε κάθε μόριο τα τρία αυτά στοιχεία είναι ενωμένα μεταξύ τους με διαφορετικό τρόπο. Με την καύση οι δεσμοί που κρατούσαν συνδεδεμένα τα τρία στοιχεία το ένα με το άλλο έσπασαν. Ο άνθρακας ενώθηκε με το οξυγόνο του αέρα και σχημάτισε διοξείδιο του άνθρακα και το υδρογόνο πάλι ενώθηκε με το οξυγόνο του αέρα και έδωσε νερό. Και τα τρία όμως υλικά, το ξύλο, το χαρτί και ή ζάχαρη, άφησαν ένα υπόλειμμα από άνθρακα που δεν πρόλαβε να καή. Έτσι βλέπομε ότι και τα τρία υλικά περιείχαν άνθρακα.

Οί δεσμοί που συγκρατούν τα άτομα συνδεδεμένα μεταξύ τους στα μόρια λέγονται **χημικοί δεσμοί**. Με την καύση λοιπόν έσπασαν οί χημικοί δεσμοί ανάμεσα στα άτομα.

Άς δοϋμε τώρα πώς σχηματίζεται ένας χημικός δεσμός ανάμεσα σε δύο άτομα. Για να ένωθουν δύο ή περισσότερα άτομα μεταξύ τους, πρέπει να πλησιάσουν πολύ κοντά. Η απόσταση αυτή είναι πάρα πολύ μικρή, περίπου ένα τρισεκατομμύριο φορές μικρότερη από ένα εκατοστόμετρο.

Άς πάρωμε για παράδειγμα δύο άτομα του υδρογόνου που πλησιάζουν πάρα πολύ κοντά. Τότε το ηλεκτρονικό νέφος του ενός ατόμου με το αρνητικό του φορτίο θα έλκεται από το θετικά φορτισμένο πρωτόνιο του δεύτερου ατόμου. Το ίδιο θα συμβή και στο ηλεκτρονικό νέφος του δεύτερου ατόμου, που θα έλκεται από το πρωτόνιο του πρώτου ατόμου. Έτσι τα δύο άτομα του υδρογόνου θα μοιραστούν τα ηλεκτρόνια τους και θα συνδεθούν. Με τη σύνδεση αυτή λέμε ότι σχηματίστηκε *χημικός δεσμός* ανάμεσα στα δύο άτομα του υδρογόνου και έτσι δημιουργήθηκε ένα μόριο υδρογόνου.



Δύο άτομα υδρογόνου έρχονται πολύ κοντά και σχηματίζουν χημικό δεσμό ανάμεσά τους. Οί στανοί περισταίνουν τους θετικά φορτισμένους πυρήνες των ατόμων του υδρογόνου, που έλκουν το αρνητικά φορτισμένο νέφος των ηλεκτρονίων τους.

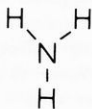
Ο χημικός δεσμός συνήθως παριστάνεται απλά με μια ευθεία γραμμή ανάμεσα στα άτομα.

Το μόριο λοιπόν του υδρογόνου γράφεται $H-H$. Για να σχηματιστεί χημικός δεσμός ανάμεσα σε δύο άτομα του υδρογόνου πήραν μέρος τα ηλεκτρόνια τους.

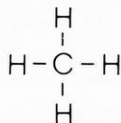
Μάθατε ότι τα διάφορα άτομα διαφέρουν μεταξύ τους στον αριθμό των ηλεκτρονίων και πρωτονίων που περιέχουν και ότι για να είναι ένα άτομο ουδέτερο πρέπει να έχη τόσα πρωτόνια όσα και ηλεκτρόνια.

Το άτομο του οξυγόνου έχει 8 πρωτόνια και 8 ηλεκτρόνια. Το άτομο του αζώτου έχει 7 πρωτόνια και 7 ηλεκτρόνια. Το άτομο του άνθρακα έχει 6 πρωτόνια και 6 ηλεκτρόνια. Πώς όμως σχηματίζεται χημικός δεσμός με τα άτομα που έχουν πολλά ηλεκτρόνια όπως με το οξυγόνο, το αζώτο και τον άνθρακα. Οί επιστήμονες βρήκαν ότι το κάθε άτομο χρησιμοποιεί μονάχα ορισμένο αριθμό ηλεκτρονίων, από τα πολλά που διαθέτει, για να συνδέεται με άλλα άτομα. Ο αριθμός αυτός είναι χαρακτηριστικός για το κάθε στοιχείο. Έτσι το άτομο του οξυγόνου χρησιμοποιεί μονάχα 2 από τα οκτώ ηλεκτρόνια του, για να συνδεθῇ με άλλα άτομα. Ίσως θυμάστε ότι το νερό αποτελείται από 2 άτομα υδρογόνου και ένα οξυγόνου. Τώρα που ξέρομε για τον χημικό δεσμό, το μόριο του νερού μπορούμε να το γράψωμε : $H-O-H$. Δηλαδή το οξυγόνο μοιράστηκε 2 από τα ηλεκτρόνια του με τα δύο άτομα του υδρογόνου.

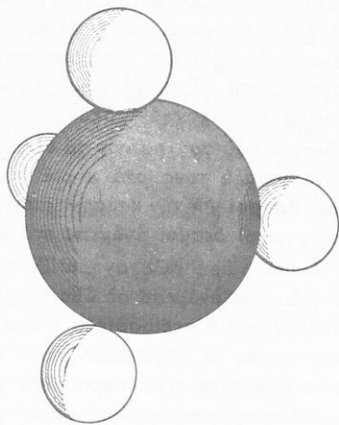
Το αζώτο διαθέτει τρία από τα επτά ηλεκτρόνια του, για να συνδέεται με άλλα άτομα. Έτσι ένα μόριο αμμωνίας, που περιέχει ένα άτομο αζώτου και τρία άτομα υδρογόνου, μπορούμε να το γράψωμε :



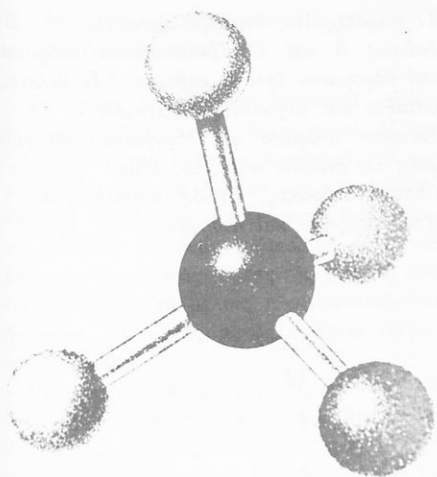
Το άτομο του άνθρακα χρησιμοποιεί πάντα τέσσερα από τα έξι ηλεκτρόνια του, για να συνδέεται με άλλα άτομα. Έτσι ό άνθρακας μπορεί να συνδεθῇ με τέσσερα άτομα υδρογόνου και να δώση τὴν ἔνωση που λέγεται μεθάνιο.



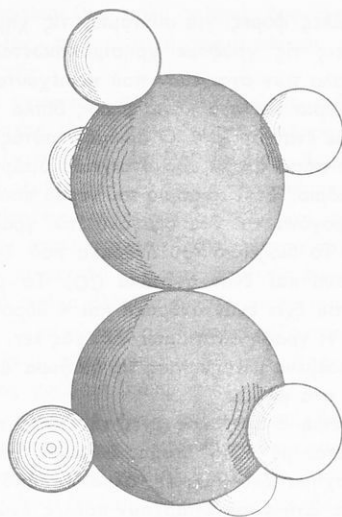
Οί επιστήμονες πολλές φορές χρησιμοποιούν διάφορα μοντέλα, για να παραστήσουν και να καταλάβουν το μικρόκοσμο των ατόμων και των μορίων. Έτσι μπορούμε να παραστήσωμε το άτομο του άνθρακα με μιὰ μεγάλη σφαίρα και τα άτομα του υδρογόνου με μικρότερες σφαίρες, όπως δείχνει η εικόνα, και να κατασκευάσωμε το μόριο του μεθανίου. Μπορούμε όμως να κάνωμε και μιὰ ἄλλη κατασκευή που να φαίνωνται και οί χημικοί δεσμοί του άνθρακα με τα υδρογόνα. Παριστάνομε το άτομο του άνθρακα με μιὰ σφαίρα και συνδέομε με ξυλάκια τα άτομα του υδρογόνου, όπως φαίνεται στο σχῆμα στη σελίδα 117.



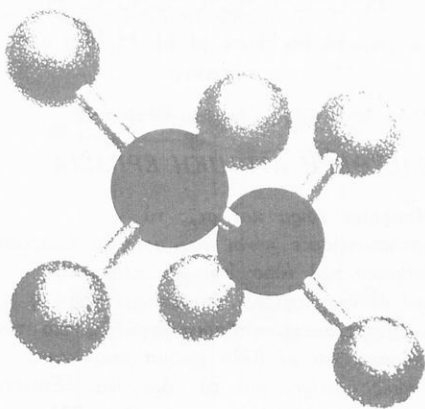
Μεθάνιο



Μεθάνιο



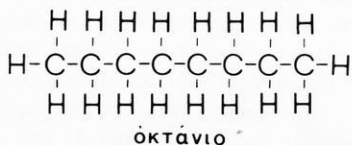
Ο άνθρακας είναι ένα από τα κυριότερα στοιχεία του ζωικού κόσμου και έχει μια καταπληκτική ιδιότητα να μπορεί να μοιράζεται τα ηλεκτρόνια του με πολλά άλλα άτομα άνθρακα και να σχηματίζει μακριές αλυσίδες, όπως θα δούμε πιο κάτω. Όταν δύο άτομα άνθρακα ενώνονται μεταξύ τους, τότε μπορούμε να κάνουμε τις κατασκευές που δείχνει το σχήμα. Είτε οι δύο μεγάλες σφαίρες του άνθρακα να άκουμπούν είτε οι δύο άνθρακες να ενώνονται με ένα ξυλάκι. Στην περίπτωση αυτή τα δύο άτομα του άνθρακα μοιράζονται 2 από τα 8 ηλεκτρόνια τους που χρησιμοποιούν, για να συνδέονται με άλλα άτομα, δηλαδή να σχηματίζουν χημικούς δεσμούς. Με τα υπόλοιπα 6 ηλεκτρόνια συνδέονται 6 υδρογόνα. Να θυμάστε ότι ένας χημικός δεσμός που παριστάνεται με μια γραμμή ή ένα ξυλαράκι χρειάζεται δύο ηλεκτρόνια, για να σχηματιστεί. Ένα από το κάθε άτομο.



Δύο άτομα άνθρακα ενωμένα μεταξύ τους.

Πολλές φορές, για συντομία, τις χημικές ενώσεις τις γράφουμε χρησιμοποιώντας τα σύμβολα των στοιχείων που περιέχονται σε ένα μόριο και στο κάτω μέρος δίπλα τους βάζουμε έναν αριθμό. Ο αριθμός αυτός δηλώνει πόσα άτομα του στοιχείου υπάρχουν στο μόριο. Έτσι το μόριο του νερού που έχει 2 υδρογόνα και ένα οξυγόνο το γράφουμε H_2O . Το διοξείδιο του άνθρακα που έχει 2 οξυγόνα και έναν άνθρακα CO_2 . Το μεθάνιο που έχει έναν άνθρακα και 4 υδρογόνα CH_4 . Η γραφή αυτή όμως δεν μας λέει πώς είναι δεμένα μεταξύ τους τα διάφορα άτομα μέσα στα μόρια.

Επειδή ο άνθρακας έχει την ιδιότητα να ενώνεται με άλλα άτομα άνθρακα, μπορεί και σχηματίζει μακριές αλυσίδες από άνθρακα. Στη φύση υπάρχουν πολλές ενώσεις που περιέχουν μακριές αλυσίδες με άτομα άνθρακα.



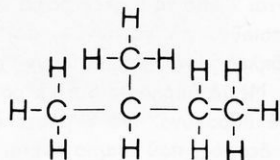
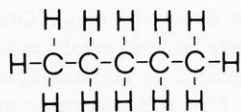
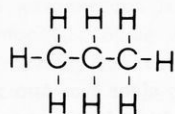
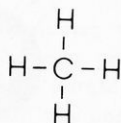
*Οκτώ άτομα άνθρακα ενωμένα μεταξύ τους.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπορείτε τώρα και σεις να κατασκευάσετε μόνοι σας μοντέλα ενώσεων άνθρακα και υδρογόνου με πλαστελίνη και οδοντογλυφίδες. Φτιάξτε με καφέ ή μαύρη πλαστελίνη όμοιες σφαίρες για τον άνθρακα και με άλλο χρώμα μικρότερες όμοιες σφαίρες για τα υδρογόνα. Ενώστε τους άνθρακες με οδοντογλυφίδες. Βάλτε οδοντογλυφίδες στις υπόλοιπες μεριές από τις σφαίρες του άνθρακα και ενώστε τις μικρότερες σφαίρες του υδρογόνου πάνω στα ξυλάκια.

Κατασκευάστε τα μοντέλα των ενώσεων του άνθρακα που είναι απέναντι.

Τί παρατηρείτε, όταν φτιάξετε τις ενώσεις 3 και 4; Πόσα άτομα άνθρακα και υδρογόνου έχει η καθεμιά. Αν θέλετε, φτιάξτε και μεγαλύτερες αλυσίδες ενώσεων άνθρακα και υδρογόνου. Με μια λέξη τις ενώσεις αυτές τις λέμε υδρογονάνθρακες, επειδή αποτελούνται από υδρογόνο και άνθρακα.



3. Ἡ ὀργανικὴ χημεία καὶ ὁ ἄνθρακας

Στὴ φύση ὁ ἄνθρακας βρίσκεται κυρίως ἐνωμένος με ὕδρογόνο, ὀξυγόνο καὶ ἄζωτο. Οἱ ἐνώσεις τοῦ ἄνθρακα ἀποτελοῦν τὰ κύρια συστατικὰ τοῦ ζωικοῦ καὶ τοῦ φυτικοῦ κόσμου. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐνώσεων τοῦ ἄνθρακα ξεπερνᾷ τὸ ἑκατομύριο, γι' αὐτὸ καὶ ὑπάρχει ξεχωριστὸς τομέας τῆς χημείας ποὺ ἀσχολεῖται με τὴ μελέτῃ τῶν ἐνώσεων τοῦ ἄνθρακα. Ὁ τομέας αὐτὸς λέγεται **ὀργανικὴ χημεία**.

Πρὶν νὰ ἐξετάσουμε μερικὲς ἐνώσεις τοῦ ἄνθρακα, ἄς δοῦμε τί εἶναι ὁ καθαρὸς ἄνθρακας. Ὁ καθαρὸς ἄνθρακας στὴ φύση βρίσκεται σὲ δύο μορφές, τὸ διαμάντι καὶ τὸ γραφίτη.

Τὸ **διαμάντι** σχηματίστηκε, ὅταν ἄτομα τοῦ ἄνθρακα βρέθηκαν πολὺ κοντὰ, οἱ θερμοκρασίες τῆς γήινης μάζας ἦταν πολὺ ὑψηλές καὶ οἱ πιέσεις πάρα πολὺ μεγάλες. Στὸ διαμάντι τὰ ἄτομα τοῦ ἄνθρακα εἶναι ἐνωμένα μεταξύ τους καὶ σχηματίζουν ἕνα πυκνὸ πλέγμα, ὅπως βλέπετε στὸ σχῆμα. Ἔτσι δη-

μιουργεῖται ἕνας πολὺ σκληρὸς διαυγὴς κρύσταλλος, ποὺ εἶναι ἡ πολυτιμότερη πέτρα τῆς γῆς.

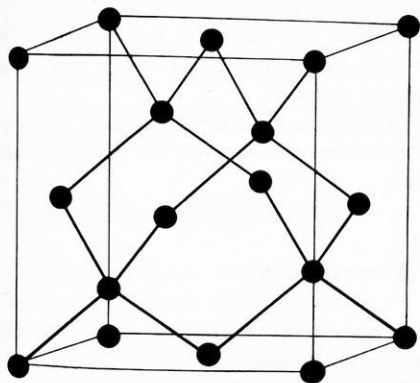
Ὁ **γραφίτης**, ποὺ εἶναι κι αὐτὸς καθαρὸς ἄνθρακας, εἶναι γυαλιστερός καὶ μαῦρος. Ὅλοι σας ἔχετε δεῖ ἢ ἀγγίζεῖ γραφίτη. Βρίσκεται στὰ μολύβια σας. Τὰ ἄτομα τοῦ ἄνθρακα στὸ γραφίτη ἐνώνονται μεταξύ τους καὶ σχηματίζουν στρώματα ἀπὸ ἐξάγωνα ποὺ συγκρατιοῦνται μεταξύ τους με ἀσθενεῖς δυνάμεις.

Στὸ σχῆμα βλέπετε τὰ στρώματα τοῦ γραφίτη. Τὰ στρώματα αὐτὰ ἀποχωρίζονται πολὺ εὐκόλα με τὴν τριβὴ καὶ γι' αὐτὸ με τὸ μολύβι μας γράφομε πάνω στὸ χαρτί.

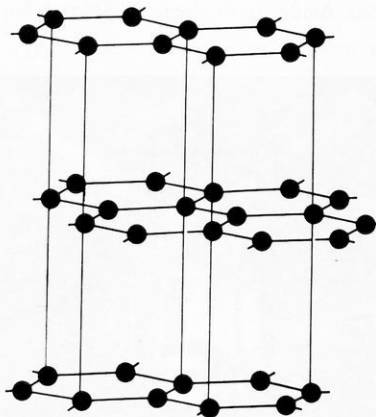
Ὁ γραφίτης εἶναι μαλακὸς καὶ ἄγει τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα. Ἀντίθετα τὸ διαμάντι εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

Οἱ δύο διαφορετικὲς αὐτὲς μορφές τοῦ καθαροῦ ἄνθρακα ἔχουν διαφορετικὲς ιδιότητες, ποὺ ὀφείλονται στὸν τρόπο ποὺ εἶναι συνδεδεμένα τὰ ἄτομα τοῦ ἄνθρακα μεταξύ τους. Βλέπομε λοιπὸν πόσο μεγάλη σημασία ἔχει ὁ τρόπος ποὺ ἐνώνονται μεταξύ τους ἄκόμα καὶ ἴδια ἄτομα.

Ἄν ὅμως τώρα κάψωμε τὸ διαμάντι καὶ



Πῶς εἶναι ἐνωμένα μεταξύ τους τὰ ἄτομα τοῦ ἄνθρακα στὸ διαμάντι.



Πῶς εἶναι ἐνωμένα μεταξύ τους τὰ ἄτομα τοῦ ἄνθρακα στὸ γραφίτη.

τὸ γραφίτη, δηλαδή τὰ θερμάνωμε σὲ ὑψηλὴ θερμοκρασία μαζί μὲ ὀξυγόνο, τότε καὶ τὰ δύο μετατρέπονται σὲ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακα. Τὰ ἄτομα τοῦ ἀνθρακα, στὸ γραφίτη καὶ στὸ διαμάντι, ἄσχετα μὲ τὸν τρόπο ποὺ εἶναι συνδεδεμένα μεταξύ τους, μὲ τὴ βοήθεια τῆς θερμότητας ἐνώνονται μὲ τὸ ὀξυγόνο καὶ σχηματίζουν τὴν ἴδια χημικὴ ἔνωση, τὸ διοξείδιο τοῦ ἀνθρακα. Θυμηθῆτε ὅτι τὸ ἴδιο παρατηρήσαμε, ὅταν κάψαμε ξύλο, χαρτί καὶ ζάχαρη.

Τὸ ὅτι ἡ ὑψηλὴ πίεση καὶ ἡ θερμοκρασία ἦταν ἀπαραίτητες, γιὰ νὰ σχηματιστῇ τὸ διαμάντι πρὶν ἑκατοντάδες ἑκατομμύρια χρόνια, τὸ ἀπέδειξαν οἱ ἐπιστήμονες τὸ 1955. Πῆραν γραφίτη καὶ τὸν θέρμαναν χωρὶς νὰ ὑπάρξη καθόλου ὀξυγόνο σὲ 2400 °C καὶ σὲ πάρα πολὺ ὑψηλὴ πίεση. Ἔτσι κατόρθωσαν νὰ φτιάξουν μικρὰ κομματάκια ἀπὸ διαμάντι. Αὐτὴ εἶναι μιὰ δύσκολη καὶ πολυέξοδη δουλειά. Γι' αὐτὸ τὰ διαμάντια ἐξακολουθοῦν νὰ εἶναι πολὺ ἀκριβὰ καὶ περιζήτητα στὸν κόσμον καὶ οἱ ἄνθρωποι ἐξακολουθοῦν νὰ ψάχνουν γιὰ φυσικὰ διαμάντια στὰ τρίαβαθα τῆς γῆς.

Ὁ Ἰούλιος Βέρν ἔγραψε ἕνα βιβλίο γιὰ ἕνα διαμάντι. Λέγεται *Ὁ Μεσημβρινὸς Ἀστέρης*. Διαβάστε το, ἴσως τὸ βρῆτε ἐνδιαφέρον.



Ἕνα ἀληθινὸ διαμάντι

Β. ΚΑΥΣΙΜΑ : ΓΑΙΑΝΘΡΑΚΕΣ, ΦΩΤΑΕΡΙΟ, ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Ὅλοι ἔχετε δεῖ ἕνα κομματάκι βαμβάκι νὰ καίγεται, ὅταν πλησιάσωμε ἕνα ἀναμμένο σπέρτο. Ἔχετε ἀκούσει ὅτι μὲ τὴν καύση παράγεται διοξείδιο τοῦ ἀνθρακα καὶ νερὸ καὶ ἔχετε δεῖ ὅτι πάντα σχεδὸν ἀπομένει ἀνθρακας ποὺ δὲν πρόλαβε νὰ καῖ. Τὸ ξύλο καὶ τὸ βαμβάκι, ποὺ καίγονται, περιέχουν μιὰ χημικὴ οὐσία ποὺ λέγεται κυτταρίνη. Ἡ κυτταρίνη ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰ ἄτομα ἀνθρακα, ὀξυγόνου καὶ ὕδρογόνου. Μὲ τὴν καύση τοῦ ξύλου ἐγίναν διάφορες χημικὲς μεταβολές. Ἔσπασαν οἱ δεσμοὶ στὰ μόρια τῆς κυτταρίνης καὶ ὁ ἀνθρακας καὶ τὸ ὕδρογόνο ἀντέδρασαν ξεχωριστὰ τὸ καθένα μὲ τὸ ὀξυγόνο τοῦ ἀέρα καὶ σχημάτισαν διοξείδιο τοῦ ἀνθρακα καὶ νερό.

Ἔχομε ὅμως παρατηρήσει ὅτι μὲ τὴν καύση τοῦ ξύλου παράγεται φῶς καὶ θερμότητα. Ἀπὸ ποῦ ἐμφανίστηκαν οἱ μορφές αὐτῆς τῆς ἐνέργειας; Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ ἦταν φυλαγμένη στοὺς χημικοὺς δεσμοὺς τῶν μορίων τῆς κυτταρίνης καὶ ἐλευθερώθηκε, ὅταν οἱ δεσμοὶ αὐτοὶ ἔσπασαν. Τὸ ξύλο, οἱ γαϊάνθρακες, τὸ φωταέριο, τὸ πετρέλαιο εἶναι ὅλα ὕλικά ποὺ καίγονται, ποὺ μὲ μιὰ λέξη τὰ λέμε **καύσιμα** καὶ εἶναι πηγὲς ἐνέργειας γιὰ τὸν ἄνθρωπο.

Τὰ καύσιμα χωρίζονται σὲ τρεῖς κατηγορίες : τὰ στερεά, τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀέρια καύσιμα.

1. Στερεὰ καύσιμα

Τὰ στερεὰ καύσιμα εἶναι τὸ ξύλο, οἱ γαϊάνθρακες καὶ τὸ κόκ.

Οἱ γαϊάνθρακες βρίσκονται σὲ στρώματα στὸ φλοιὸ τῆς γῆς καὶ ἐξάγονται στὰ ἀνθρακωρυχεῖα. Πῶς ὅμως σχηματίζονται οἱ γαϊάνθρακες. Ἐκατομμύρια χρόνια πρὶν, τὴν

έποχή που λέγεται γαιανθρακοφόρος περίοδος, υπήρχαν πολλά έλη πάνω στη γή, όπου δέντρα και φτέρες μεγάλωναν σε τεράστια μεγέθη. Όταν τα φυτά πέθαιναν, έπεφταν μέσα στα έλη και με τον καιρό σκεπάστηκαν από χώμα και βράχους με τις μετακινήσεις υλικών στο φλοιό της γής. Έτσι άρχισαν να άπανθρακώνονται, δηλαδή να καίγονται άργά, και με την επίδραση μεγάλης θερμοκρασίας και πίεσεως σχηματίστηκαν οί γαιάνθρακες. Η ποιότητα των γαιανθράκων εξαρτάται από το πόσο άνθρακα περιέχει ο γαιάνθρακας στα 100 κιλά βάρους του. Οί σπουδαιότεροι γαιάνθρακες είναι ο λιγνίτης και οί λιθάνθρακες.

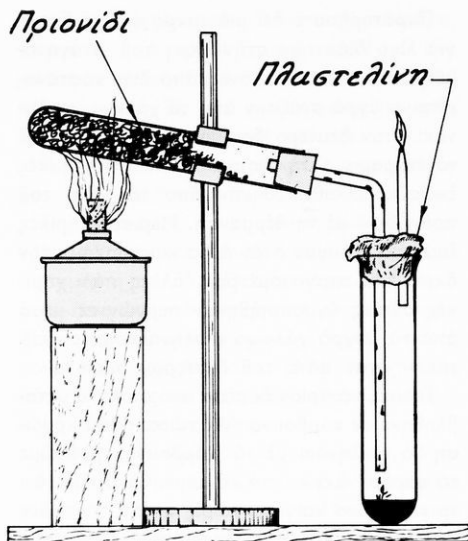
Ο *λιγνίτης*: είναι ένας καστανόμαυρος γαιάνθρακας, που δέν έχει τελείως άπανθρακωθή. Βρίσκεται συνήθως σε σχετικά μικρό βάθος κάτω από την επιφάνεια της γής, σε μέρη όπου υπήρχαν αποξηραμένες λίμνες ή έλη.

Οί *λιθάνθρακες*: είναι πολύ σκληροί γαιάνθρακες που σχηματίστηκαν με την επίδραση μεγαλύτερης πίεσεως και θερμοκρασίας μέσα σε πολλά έκατομμύρια χρόνια. Έχουν χρώμα μαύρο και περιέχουν πολύ άνθρακα. Σε μερικές περιοχές της γής, όπου ή θερμοκρασία και ή πίεση ήταν πάρα πολύ ύψηλές, σχηματίστηκε ο *άνθρακίτης*. Ο άνθρακίτης είναι ένα γυαλιστερό, σκληρό κάρβουνο.

Νά τώρα πώς μπορούμε να κάνωμε κάρβουνο από ζύλο.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστήτε δύο δοκιμαστικούς σωλήνες πυρεξ με διάμετρο 1,5 ως 2 έκατοστόμετρα, ένα φελλό με μιá τρύπα στη μέση, ένα σωληνάκι χάλκινο με 10 έκατοστόμετρα μήκος και διάμετρο 4 - 5 χιλιοστόμετρα, ένα σταγονόμετρο, λίγη πλαστελίνη, ένα καμινέτο οίνοπνεύματος, ένα κοντι σπίοτα και πριονίδι.



Παρασκευή κάρβουνου

- 1) Βάλτε στον ένα δοκιμαστικό σωλήνα αρκετό χοντροκομμένο πριονίδι και πιέστε το καλά.
- 2) Ανγίστε το χάλκινο σωληνάκι, ώστε να σχηματίση ορθή γωνία, όπως δείχνει το σχήμα, και περάστε το στην τρύπα του φελλού.
- 3) Έφαρμόστε το φελλό στον δοκιμαστικό σωλήνα που περιέχει το πριονίδι και στερεώστε τον, όπως δείχνει το σχήμα.
- 4) Περάστε την ελεύθερη άκρη του χάλκινου σωλήνα στον δεύτερο δοκιμαστικό σωλήνα και προσπαθήστε με πλαστελίνη να κλείσετε το στόμιο του σωλήνα, αφού στερεώσετε και το σταγονόμετρο ανάποδα, όπως δείχνει το σχήμα.
- 5) Αρχίστε να θερμαίνετε με το καμινέτο το σωλήνα που περιέχει το πριονίδι. Μετά 5 - 7 λεπτά ανάψτε ένα σπίρτο και πλησιάστε το στο στόμιο του σταγονομέτρου. Τί παρατηρείτε;

Παρατηρήσατε ότι μιὰ μικρή φλόγα ἀναψε γιὰ λίγο διάστημα στὴν ἄκρη τοῦ σταγονομέτρου καὶ ὅτι σταγόνες ἀπὸ ἓνα καστανοκίτρινο ὑγρὸ στάζουν ἀπὸ τὸ χάλκινο σωληνάκι στὸν δεῦτερο δοκιμαστικὸ σωλήνα. Μὲ τὸ πείραμα αὐτὸ διαπιστώσατε ὅτι χημικὲς ἐνώσεις ἐλευθερώθηκαν ἀπὸ τὸ ξύλο τοῦ πριονιδιοῦ μὲ τὴ θέρμανση. Μερικὲς χημικὲς ἐνώσεις ξέφυγαν στὸν ἀέρα καὶ κήκαν στὴν ἄκρη τοῦ σταγονομέτρου, ἄλλες πάλι χημικὲς οὐσίες ὑδροποιήθηκαν περνώντας μέσα ἀπὸ τὸ ψυχρὸ χάλκινο σωληνάκι καὶ μαζεύτηκαν στὸν πάτο τοῦ δεῦτερου σωλήνα.

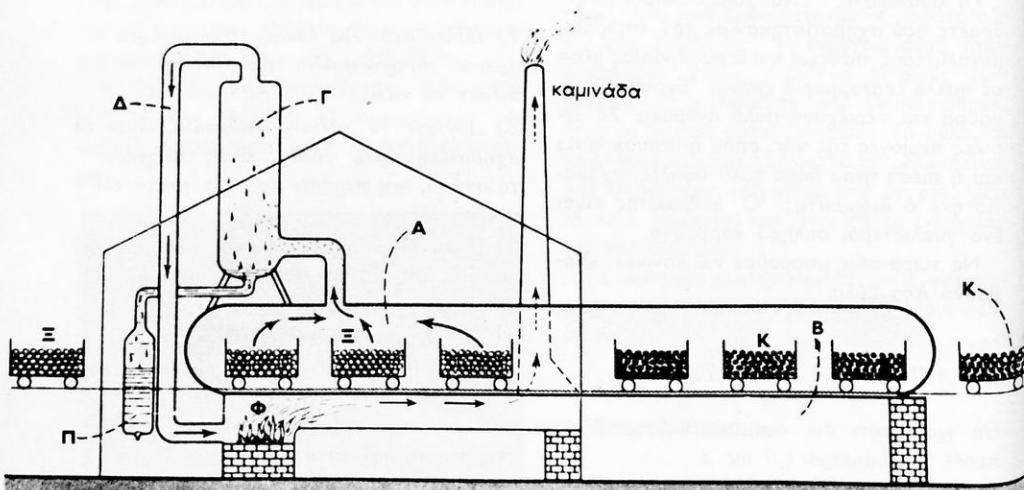
Τελικά, τὸ πριονίδι μέσα στὸ σωλήνα μεταβλήθηκε σὲ κάρβουνο. Ἄν τώρα, ἀφοῦ κρῶσῃ τὸ σωληνάκι μὲ τὸ κάρβουνο, βγάλωμὲ τὸ καρβουνάκι καὶ τὸ κάψωμὲ, θὰ δοῦμὲ ὅτι τὸ κάρβουνο καίγεται χωρὶς φλόγα, γιατί δὲν περιέχει πιά χημικὲς ἐνώσεις ποὺ ξεφεύγουν

μὲ τὴ θέρμανση ὡς ἀέρια. Τέτοιες ἐνώσεις ποὺ ξεφεύγουν εὐκόλα μὲ τὴ βοήθεια τῆς θερμότητος τὶς λέμε **πητικὲς** ἀπὸ τὴ λέξη πτήση, δηλαδὴ πέταγμα.

Τὸ κάρβουνο εἶναι μιὰ πολὺ καλὴ καύσιμη ὕλη, δηλαδὴ μᾶς δίνει μεγάλο ποσὸ θερμότητος γιὰ κάθε κιλὸ βάρους του. Ἐκτὸς ἀπὸ τὴ θερμικὴ του ἐνέργεια ποὺ περιέχει, τὸ κάρβουνο χρησιμεύει, γιὰ νὰ κάνωμὲ εἰδικoὺς χάλυβες καὶ νὰ καθαρίζωμὲ τὸ πόσιμο νερὸ ἀπὸ ἀδιάλυτες οὐσίες.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ἡ φωτογραφία δείχνει ἓνα σχεδιάγραμμα βιομηχανικῆς παρασκευῆς κάρβονου. Μελετήστε τὴν καὶ γράψτε μὲ τὴ σειρά ποιὲς διεργασίες γίνονται στὴν εἰκόνα, γιὰ νὰ παρασκευαστῇ τὸ κάρβουνο.



Βιομηχανικὴ παρασκευὴ κάρβονου. Α = θάλαμος θερμάνσεως, Β = θάλαμος ψύξεως, Γ = θάλαμος ὑδροποιήσεως, Ξ = ξύλα, Κ = κάρβουνα, Π = πίσσα καὶ ἄλλες οὐσίες ποὺ ὑδροποιοῦνται, Δ = πτητικὰ ἀέρια, Φ = φωτιά.

2. Τὰ ἀέρια καύσιμα

Στὴν Ἑλλάδα σήμερα ὅλοι θὰ ἔχετε δεῖ τις φιάλες ἀερίου ποὺ περιέχουν ὑγραέρια καὶ ποὺ τις συνδέομε μὲ κατάλληλους λύχνους, γιὰ νὰ μαγειρέψωμε τὰ φαγητά μας ἢ γιὰ νὰ θερμάνωμε τὰ σπίτια μας. Ἄς δοῦμε ποιά εἶναι τὰ καύσιμα ἀέρια.

Ὑπάρχουν δύο εἰδῶν καύσιμα ἀέρια, τὰ φυσικὰ ἀέρια καὶ τὸ φωταέριο.

Τὰ φυσικὰ ἀέρια βρίσκονται κάτω ἀπὸ τὸ φλοιὸ τῆς γῆς, κυρίως κοντὰ σὲ μέρη, ὅπου ὑπάρχουν γαιάνθρακες ἢ πετρέλαιο, σὲ βάθος 50 - 500 μέτρα. Τὸ φυσικὸ ἀέριο εἶναι μιὰ πολύτιμη θερμαντικὴ ὕλη καὶ περιέχει κυρίως τὸν ἀπλούστερο ὕδρογονάνθρακα ποὺ λέγεται μεθάνιο. Τὸ ἀέριο αὐτὸ δημιουργήθηκε τὴν ἐποχὴ ποὺ σχηματίζονταν οἱ γαιάνθρακες ἢ τὸ πετρέλαιο καὶ ἐγκλωβίστηκε μέσα στὸ φλοιὸ τῆς γῆς. Στὰ σημεῖα τῆς γῆς ποὺ βρίσκεται τὸ φυσικὸ ἀέριο χτίζονται ἐργοστάσια γιὰ τὴν ἐξαγωγή καὶ τὴ διανομὴ τοῦ στοὺς καταναλωτές.

Φυσικὸ ἀέριο ὑπάρχει κυρίως στὶς Ἡνωμένες Πολιτεῖς τῆς Ἀμερικῆς καὶ τὴ Σοβιετικὴ Ἑνωση.

Τὸ φωταέριο εἶναι ἓνα τεχνητὸ ἀέριο ποὺ παρασκευάζεται ἀπὸ τὴν ἀπόσταξη τῶν λιθάνθρακων. Τὴ συσκευή ποὺ χρησιμοποιήσατε, γιὰ νὰ φτιάξετε κάρβουνο καὶ καύσιμο ἀέριο, ζεσταίνοντας πριονίδι, μπορεῖτε νὰ τὴν χρησιμοποιήσετε, γιὰ νὰ παρασκευάσετε φωταέριο καὶ κόκ ἀπὸ τοὺς λιθάνθρακες. Ἀντὶ γιὰ πριονίδι πρέπει νὰ χρησιμοποιήσετε κομματάκια λιθάνθρακα καὶ ἀντὶ τῆ φλόγα τοῦ καμινέτου οἰνοπνεύματος τὴ φλόγα ἐνὸς λύχνου ποὺ καίει πετρογκάζ. Μὲ τὴν ἰσχυρὴ θέρμανση ἀπὸ τοὺς λιθάνθρακες ἐλευθερώνονται οἱ πτητικὲς ἐνώσεις καὶ ξεφεύγουν ὡς ἀέριο. Τὸ ἀέριο ποὺ θὰ ἀνάψετε στὴν ἄκρη τοῦ σταγονομέτρου εἶναι τὸ φωταέριο. Ἀπὸ τὸ χάλκινο σωληνάκι τώρα θὰ τρέξη μιὰ παχύρρευστη μαύρη πίσσα, ποὺ λέγε-

ται λιθάνθρακώπισσα. Τέλος, οἱ λιθάνθρακες στὸ σωλήνα θὰ μεταβληθοῦν σ' ἓνα μαῦρο πορῶδες ὕλικὸ σὰν ἐλαφρόπετρα, ποὺ λέγεται κόκ. Τὸ κόκ χρησιμοποιεῖται στὶς βιομηχανίες σιδήρου καὶ χάλυβα.

Τὸ φωταέριο εἶναι κυρίως ἓνα μίγμα ὕδρονου καὶ μεθανίου ποὺ καίγονται τελείως.

Τὸ φωταέριο, ὅπως ἐλευθερώνεται ἀπὸ τοὺς λιθάνθρακες, εἶναι ἀκάθαρτο καὶ ἔχει δυσάρεστη μυρωδιά. Περιέχει ἀμμωνία, ὕδροθειο (ἓνα πολὺ δυσάρεστο ἀέριο ποὺ μυρίζει σὰν χαλασμένο αὐγὸ) καὶ πολλὲς φορὲς μονοξειδίου τοῦ ἀνθρακα. Ἀπὸ τις χημικὲς αὐτὲς ἐνώσεις τὸ φωταέριο καθαρίζεται πρὶν δοθῇ στὴν κατανάλωση.

Πρέπει νὰ εἴμαστε βέβαιοι πάντα, ὅταν χρησιμοποιοῦμε φωταέριο, πῶς δὲν ὑπάρχει διαφυγὴ ἀερίου ἀπὸ τοὺς σωλῆνες καταναλώσεως. Ἀλλιῶς εἶναι πολὺ ἐπικίνδυνο, γιὰτὶ πρῶτο μπορεῖ ν' ἀνάψῃ, ἂν συναντήσῃ μιὰ ἀρκετὰ θερμὴ ἐπιφάνεια, καὶ δεῦτερο νὰ δηλητηριαστοῦμε.

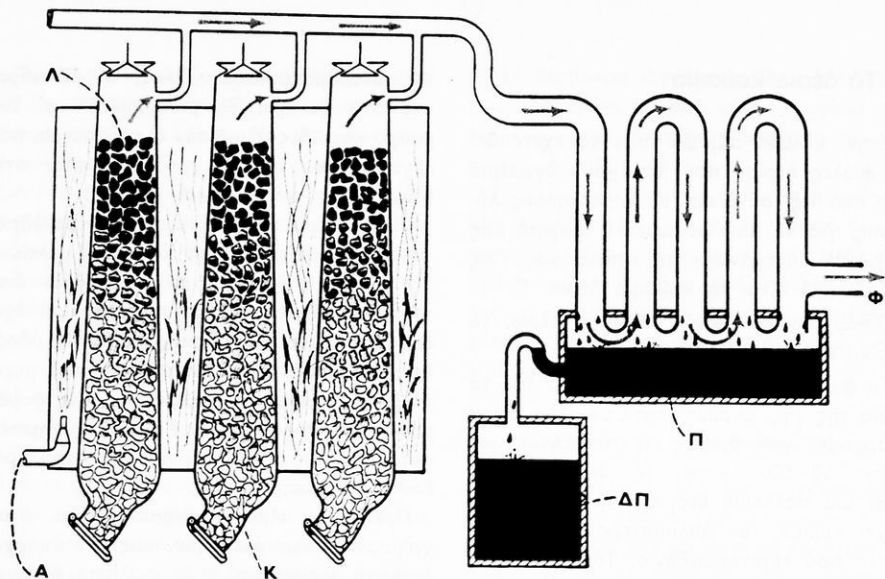
ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τὸ σχεδιάγραμμα στὸ βιβλίό σας δείχνει ἓνα βιομηχανικὸ τρόπο παρασκευῆς φωταερίων. Μελετώντας τὸ σχέδιο καὶ τὶς ἐπεξηγήσεις προσπαθήστε νὰ περιγράψετε μὲ λίγα λόγια στὸ τετράδιό σας τὶς ἐργασίες ποὺ γίνονται, γιὰ νὰ σχηματιστῇ τὸ φωταέριο καὶ τὸ κόκ.

Τί εἶναι τὰ καύσιμα ὑγραέρια

Θυμάστε ἀπὸ τὴν ἀρχὴ τοῦ βιβλίου σας τῆς φυσικῆς ὅτι στὴν ἀέρια κατάσταση τὰ μόρια κινοῦνται πάρα πολὺ γρήγορα πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις.

Ἄν τώρα περιορίσωμε πολὺ τὸ χῶρο ἐνὸς ὀρισμένου ὄγκου ἀερίου ἐφαρμόζοντας μεγάλη πίεση, μπορούμε νὰ ἐλαττώσωμε τὴν κινητικότητα τῶν μορίων. Ἔτσι τὰ μόρια θὰ



Βιομηχανική παρασκευή φωταερίων. A = λιθάνθρακες, A = αέρια καύσιμα για θέρμανση, K = κόκ. Π = πίσσα και άλλες ουσίες που υγροποιούνται, $\Delta\Pi$ = δεξαμενή πίσσας, Φ = ακάθαρτο φωταέριο.

πλησιάζουν και είναι δυνατόν να βρεθούν από την αέρια στην υγρή κατάσταση.

Τα υγραέρια αποτελούνται κυρίως από υδρογονάνθρακες, το προπάνιο και το βουτάνιο, που είναι αέρια. Με τη συμπίεση τα μετατρέπουμε σε υγρά και τα κλείνουμε μέσα σε ισχυρά σιδερένια δοχεία που είναι εφοδιασμένα με μια βαλβίδα, για να αφήνουν να ξεφεύγει λίγο λίγο το αέριο. Μέσα στο σιδερένιο δοχείο υπάρχει βουτάνιο υγροποιημένο και πάνω απ' αυτό στον ελεύθερο χώρο υπάρχει αέριο βουτάνιο. Όσο αέριο βουτάνιο ζοδεύουμε, τόσο υγρό εξαερώνεται και καταλαμβάνει τον ελεύθερο χώρο. Έτσι σιγά σιγά ή φιάλη αδειάζει και πρέπει να την αντικαταστήσουμε.

Τα αέρια καύσιμα πλεονεκτούν απέναντι στα στερεά καύσιμα, γιατί καίγονται τελείως, χωρίς να αφήνουν υπολείμματα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν αμέσως, χωρίς να χρειαστεί χρόνος να τα ανάψουμε και μπορούμε να σβήνουμε τη φλόγα τους, όποτε δεν μας χρειάζεται.

3. Το πετρέλαιο

Ζεσταίνουμε τα σπία μας με πετρέλαιο. Ταξιδεύουμε με αυτοκίνητα, τρένα, αεροπλάνα, βαπόρια. Παντού, για να κινηθούμε, χρησιμοποιούμε πετρέλαιο. Στρώνουμε τους δρόμους που κυκλοφορούμε με ασφαλτό που βγαίνει από το πετρέλαιο. Χρησιμοποιούμε χημικές ουσίες που βγαίνουν από το πετρέλαιο, για να κάνουμε καουτσούκ, φάρμακα, χρώματα, άρωματα και πλαστικά. Παντού χρησιμοποιούμε πετρέλαιο. Τι είναι όμως το πετρέλαιο; Πώς βρέθηκε στον πλανήτη γη; Άφου οι άνθρωποι σήμερα ζουν με το πετρέλαιο και ασχολούνται πώς και πού θα το βρουν και ποιές κοινωνίες θά'χουν περισσότερο πετρέλαιο, αξίζει τον κόπο να μάθουμε πώς σχηματίστηκε.

Αυτό το πολύτιμο υγρό είναι ελαιώδες και έχει μια χαρακτηριστική μυρωδιά που όλοι ξέρουμε.

Ύστερα από πολλές έρευνες και υποθέσεις οι επιστήμονες πιστεύουν σήμερα ότι

τὸ πετρέλαιο σχηματίστηκε ἀπὸ φυτικά καὶ ζωικά ὕλικά ποὺ ἀποσυντέθηκαν μὲ τὴν ἐπίδραση βακτηριδίων.

Πρὶν ἑκατοντάδες ἑκατομμύρια χρόνια φυτὰ καὶ ζῶα θάφτηκαν κάτω ἀπὸ τὸ φλοιὸ τῆς γῆς καὶ μὲ τὴν ἐπίδραση βακτηριδίων στὴν ἀρχὴ καὶ ἀργότερα μὲ τὴν ὑψηλὴ θερμοκρασία καὶ ὑψηλὴ πίεση μετατράπηκαν σὲ ἐλαιώδεις ὑγροί, τὸ πετρέλαιο, καὶ σὲ ἀέρια, ποὺ λέγονται φυσικὰ ἀέρια. Τὰ δύο αὐτὰ εἶχαν ἐπικαλυφθῇ ἀπὸ βραχώδη συμπαγῇ στρώματα κι ἔτσι δὲν μπόρεσαν νὰ ξεφύγουν.

Ἡ φωτογραφία δείχνει τὰ στρώματα τοῦ φλοιοῦ τῆς γῆς ποὺ βρίσκεται τὸ πετρέλαιο. Βλέποντας τὴ φωτογραφία μπορεῖτε νὰ φαντασθῆτε πόσο δύσκολη καὶ πολυέξοδη δουλειὰ εἶναι νὰ τρυπήση κανεὶς τὰ στρώματα τῆς γῆς, γιὰ νὰ βρῇ πετρέλαιο. Τὸ πετρέλαιο ποτὲ δὲν χρησιμοποιεῖται στὴν κατάσταση ποὺ

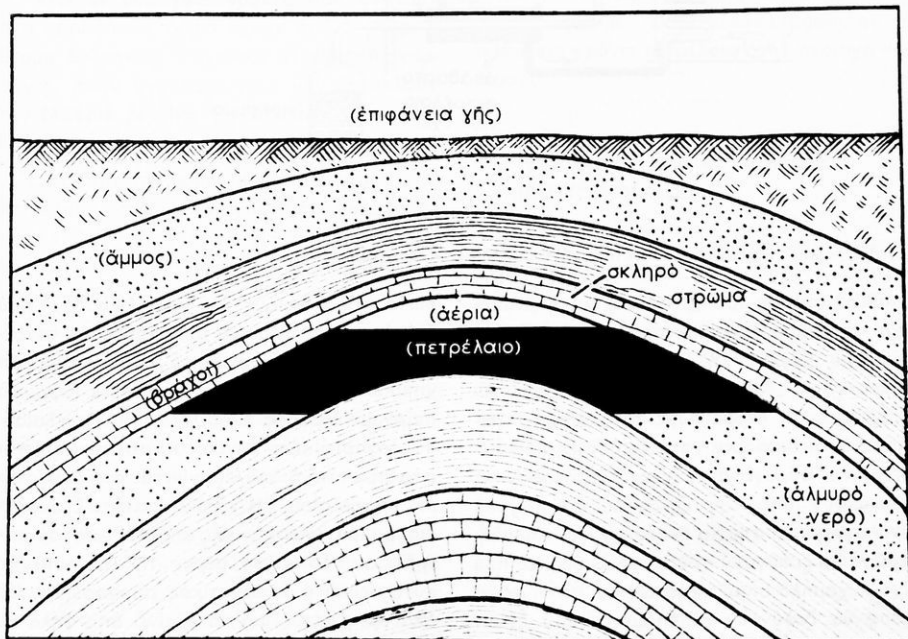
ἐξάγεται. Τὸ κατεργάζονται σὲ εἰδικὰ ἔργο-στάσια ποὺ λέγονται *διυλιστήρια*.

Ἀπὸ τί ἀποτελεῖται τὸ πετρέλαιο

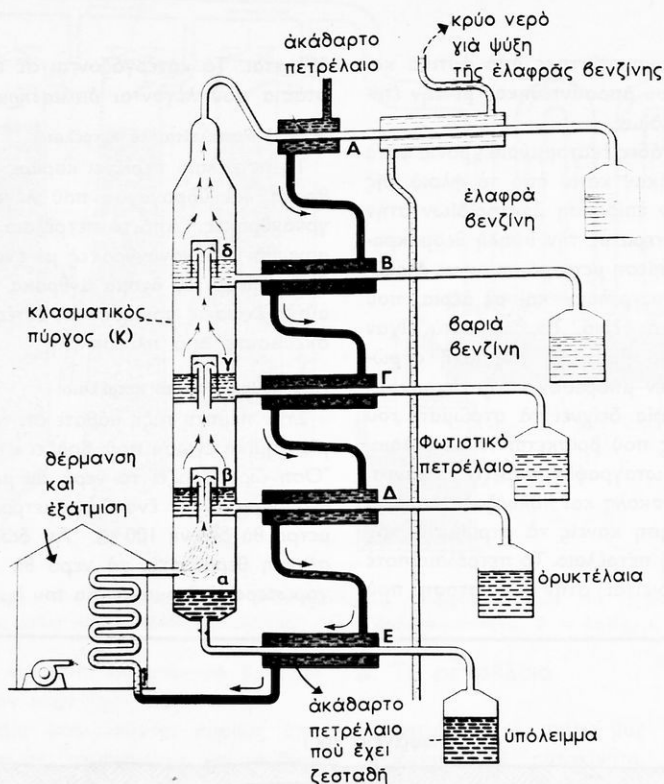
Τὸ πετρέλαιο περιέχει κυρίως ἐνώσεις ἀνθρακα καὶ ὕδρογόνου ποὺ λέγονται ὕδρογονάνθρακες. Ἀπὸ τὸ πετρέλαιο ἔχουν ἀπομονωθῇ ὕδρογονάνθρακες μὲ ἓνα ἄτομο ἀνθρακα μέχρι 60 ἄτομα ἀνθρακα. Οἱ χημικὲς αὐτὲς ἐνώσεις μοιάζουν μ' αὐτὲς ποὺ κατασκευάσατε ἀπὸ πλαστελίνη.

Πῶς καθαρίζεται τὸ πετρέλαιο

Στὴν πέμπτη τάξη μάθατε ὅτι τὸ νερὸ εἶναι μιὰ χημικὴ ἔνωση ποὺ βράζει στοὺς 100 °C. Ὅσο ὥρα βράζει τὸ νερὸ, ἂν μετρήσετε τὴ θερμοκρασία μὲ ἓνα θερμόμετρο, τὸ θερμόμετρο θὰ δείχνῃ 100 °C. Ἄν δώσετε περισσότερη θερμότητα, τὸ νερὸ θὰ βράζῃ γρηγορώτερα, ἢ θερμοκρασία του ὅμως θὰ μείνῃ



Στρώματα τοῦ φλοιοῦ τῆς γῆς, ὅπου βρίσκεται τὸ πετρέλαιο καὶ τὰ φυσικὰ ἀέρια.



Σχεδιάγραμμα κλασματικής αποστάξεως του ακάθαρτου πετρελαίου.

σταθερή δηλαδή 100 °C. Κάθε χημική ένωση έχει τη δική της χαρακτηριστική θερμοκρασία που βράζει. Τη θερμοκρασία αυτή τη λέμε *σημείο ζέσεως* ή *σημείο βρασμού*. "Αν αρχίσουμε να θερμαίνουμε το ακάθαρτο πετρέλαιο, οι διάφορες χημικές ουσίες που περιέχει, οι υδρογονάνθρακες, θ' αρχίσουν να ξεφεύγουν από την επιφάνεια του υγρού ανάλογα με το σημείο ζέσεώς τους. Δηλαδή, πρώτα θα ξεφύγουν οι υδρογονάνθρακες που έχουν χαμηλό σημείο ζέσεως και με τη σειρά τους θα ξεφύγουν οι επόμενοι που έχουν υψηλότερο σημείο ζέσεως. "Αν τώρα βρίσκαμε έναν τρόπο να υγροποιήσωμε ξεχω-

ριστά τους ατμούς της κάθε ένωσης που ξεφεύγει από το μίγμα του ακάθαρτου πετρελαίου, θα παίρναμε χωριστά διάφορα είδη των χημικών ενώσεων ή, όπως αλλιώς λέμε, θα παίρναμε διάφορα *κλάσματα* του πετρελαίου. 'Η εργασία αυτή λέγεται **κλασματική απόσταξη**. Αυτή η δουλειά γίνεται στα διυλιστήρια πετρελαίου. 'Η εικόνα δείχνει ένα σχεδιάγραμμα κλασματικής αποστάξεως του πετρελαίου. Το κύριο μέρος της κατασκευής αυτής είναι ο κλασματικός πύργος (Κ). Το ακάθαρτο πετρέλαιο κατεβαίνει από ψηλά σε διάφορα δοχεία Α, Β, Γ, Δ, Ε, και η θερμοκρασία του αυξάνεται, όσο κατεβαίνει προς τα

κάτω. Μετά, με τη βοήθεια περισσότερης θερμότητας, εξαερώνεται, δηλαδή γίνεται άτμος που μπαίνει στον κλασματικό πύργο (Κ). Έκεί τα μόρια των υδρογονανθράκων ξεφεύγουν και προχωρούν προς τα πάνω στην αέρια κατάσταση. Τό τόσο ψηλά φτάνουν εξαρτάται από την κινητική ενέργεια που έχουν τα μόρια του κάθε υδρογονάνθρακα. Έτσι στο κάθε ύψος που φτάνουν συναντούν ψυχρές επιφάνειες α, β, γ, δ, όπου υgroποιούνται και μεταφέρονται σε ξεχωριστά δοχεία. Οι σωληνες, που μεταφέρουν τα θερμά υgroποιημένα κλάσματα του πετρελαίου στα δοχεία τους, περνούν μέσα από τα δοχεία Α, Β, Γ, Δ, Ε, που κατεβαίνει το άκαθαρτο πετρελαιο. Έτσι το άκαθαρτο πετρελαιο κατεβαίνοντας προς τα κάτω θερμαίνεται όλο και περισσότερο, πριν μπη στο θάλαμο, όπου εξαερώνεται.

Αυτοί οι υδρογονάνθρακες που φτάνουν στη κορυφή ως αέρια έχουν από 5 μέχρι 8 άτομα άνθρακος. Ψύχονται σε ειδικούς σωληνες, όπου υgroποιούνται και αποτελούν την ελαφριά βενζίνη ή γκαζολίνη, όπως αλλιώς λέγεται.

Έτσι από την κλασματική απόσταξη του πετρελαίου παίρνουμε 5 περίπου κλάσματα: την γκαζολίνη, τη βαριά βενζίνη ή λιγροίνη, το φωτιστικό πετρελαιο, τα ορυκτέλαια και το υπόλειμμα.

Κάθε κλάσμα έχει άπειρες χρήσεις στην καθημερινή μας ζωή και στη βιομηχανία. Η βαριά και ελαφριά βενζίνη χρησιμοποιείται για την κίνηση των αυτοκινήτων και αεροπλάνων. Το φωτιστικό πετρελαιο για φωτισμό και για την κίνηση βιομηχανικών κινητήρων. Τα ορυκτέλαια χρησιμοποιούνται, για να λιπαίνουν διάφορους κινητήρες και μηχανήματα. Το υπόλειμμα, που είναι ένα μαύρο παχύρρευστο υgro, μπορεί να καθαριστεί και από αυτό να ξεχωριστεί ή παραφίνη, που την χρησιμοποιούμε για να κάνουμε κεριά, ή βαζελίνη που χρησιμοποιείται για λίπανση και

για φαρμακευτικές αλοιφές και τέλος μένει ή άσφαλτος που θα έχετε δει πολλές φορές να χρησιμοποιείται για το στρώσιμο των δρόμων.

Καθημερινά διαβάζουμε στις έφημερίδες και τα περιοδικά ότι οι άνθρωποι χρειάζονται περισσότερα καύσιμα σαν τις βενζίνες. Γι' αυτό οι επιστήμονες βρήκαν έναν τρόπο να σπάζουν τις μακριές αλυσίδες των μεγάλων υδρογονανθράκων που περιέχονται στο φωτιστικό πετρελαιο και να παίρνουν μικρότερους υδρογονάνθρακες. Αυτήν την εργασία την λένε **πυρόλυση**. Θερμαίνουν ισχυρά το πετρελαιο μέσα σε χαλύβδινους θαλάμους βάζοντας ύψηλη πίεση κι έτσι τα μεγάλα μόρια σπάζουν σε μικρότερα.

Κοιτάσματα πετρελαίου βρίσκονται σε πολλά μέρη της γης. Στις Η.Π.Α., στη Ρωσία, στη Ρουμανία, στη Μ. Ανατολή, στη Βενεζουέλα, το Μεξικό και σε άλλα μέρη, που ακόμα ίσως δεν τα ξέρομε. Στην Ελλάδα βρέθηκαν τα τελευταία χρόνια πετρελαιο στην περιοχή της Θάσου.

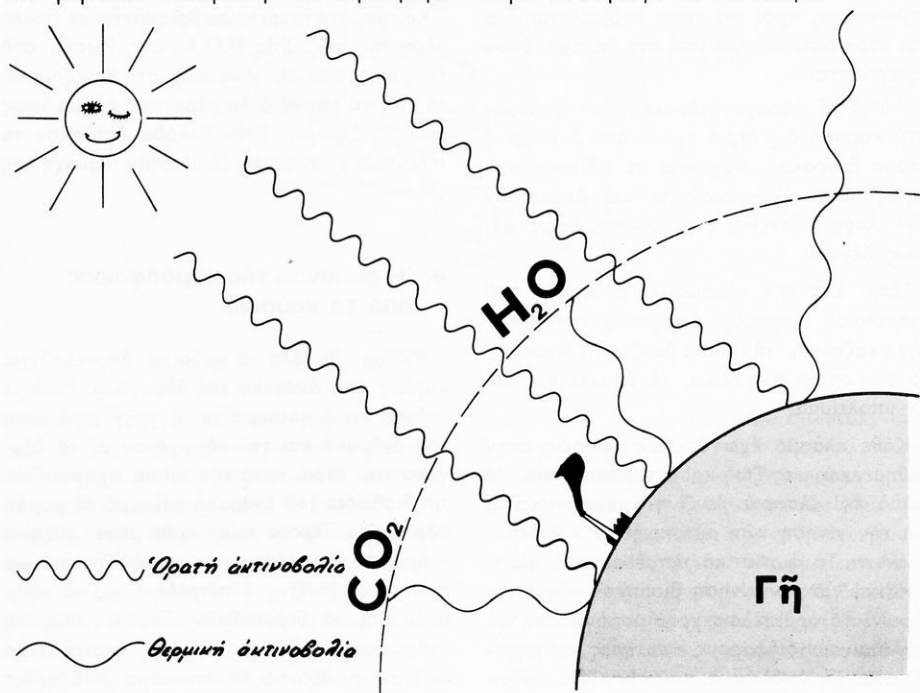
4. Η ρύπανση της ατμόσφαιρας από τα καύσιμα

Μάθαμε ότι όλα τα καύσιμα αποτελούνται κυρίως από άνθρακα και υδρογόνο. Μάθαμε επίσης ότι η καύση είναι η γρήγορη ένωση του άνθρακα και του υδρογόνου με το όξυγόνο του αέρα, κατά την οποία σχηματίζονται διοξείδιο του άνθρακα και νερό σε μορφή υδρατμών. Ξέρομε πως κάθε μέρα αυξάνει ο αριθμός των αυτοκινήτων και των σπιτιών που καίνε βενζίνη ή πετρελαιο, για να κινηθούν και να θερμανθούν. Ξέρομε πως οι άνθρωποι ταξιδεύουν σήμερα περισσότερο κι έτσι χρειάζονται περισσότερα μεταφορικά μέσα. Κάθε μέρα γύρω από τις πόλεις και στην ύπαιθρο βλέπομε να ξεφυτρώνη και ένα καινούριο εργοστάσιο, που οι καμινάδες του γεμίζουν την ατμόσφαιρα με καπνούς

δηλαδή διοξειδίο του άνθρακα, ύδρατμούς και ίσως πολλές φορές μονοξείδιο του άνθρακα και άλλα βλαβερὰ αέρια. Μάθαμε όμως πώς ο αέρας που μᾶς περιβάλλει είναι ένα μίγμα από 78% άζωτο και 21% οξυγόνο. Κι άφου, ό,τι καίγεται, χρησιμοποιεί τὸ οξυγόνο του αέρα, τὸ οξυγόνο λιγοστεύει και ἡ ατμόσφαιρα γύρω μας πλουτίζεται σὲ διοξειδίο του άνθρακα και άλλα αέρια, όπως τὸ μονοξείδιο του άνθρακα, τὰ οξείδια του άζώτου και τὰ οξείδια του θείου, που είναι δηλητηριώδη. Τῇ μόλυνση αὐτὴ τοῦ αέρα κυρίως στὶς πόλεις τὴν ἀντιλαμβανόμαστε ὅλοι μας, όταν κυκλοφοροῦμε. Ὁ αέρας που ἀναπνέομε είναι βρώμικος, πολλές φορές ἀποκτᾷ και μυρωδιὰ δυσάρεστη. Ἡ ατμόσφαιρα

είναι θολή ἀπὸ ύδρατμούς, καπνούς και ἄλλες οὐσίες, που αἰωροῦνται μέσα σ' αὐτή. Μάλιστα μερικὲς μέρες, ἂν ανέβωμε σ' ἓνα ψηλὸ σημεῖο τῆς πόλης μας, δὲν μπορούμε νὰ δοῦμε πιὰ καθαρὰ τὰ καμπαναριὰ ἀπὸ τὶς ἐκκλησίες.

Ἄν ὁ καθένας ἀπὸ μᾶς καταλάβῃ τὸ πρόβλημα, πρέπει νὰ φροντίσωμε νὰ ἐνημερώσωμε τοὺς φίλους, τοὺς γνωστούς μας και τὴν πολιτεία, γιὰ νὰ τὸ πολεμήσωμε. Πῶς μπορούμε νὰ τὸ κάνωμε αὐτό; Ὑπάρχουν πολλοὶ τρόποι. Μερικοὶ εἶναι : πρῶτα, πρέπει νὰ φροντίζωμε νὰ μὴν καταναλώνωμε ἄσκοπα καύσιμα. Ἄν πρόκειται νὰ πᾶμε κάπου κοντά, καλύτερα θὰ ἦταν νὰ περπατήσωμε παρὰ νὰ πᾶμε μὲ τὸ αὐτοκίνητο.



Ἡ θρατή ἀκτινοβολία διαπερνᾷ τὸ στρώμα τῶν ύδρατμῶν και τοῦ διοξειδίου του άνθρακα που σχηματίστηκε γύρω ἀπὸ τὴ γῆ ἀπὸ τὶς καύσεις. Ἡ γῆ θερμαίνεται και ἔτσι διατηρεῖται ἡ ζωὴ πάνω στὸν πλανήτη μας. Ὅταν όμως ἡ γῆ ἐκπέμπῃ τὴ θερμική της ἀκτινοβολία πίσω στὴν ατμόσφαιρα, ἡ θερμική ἀκτινοβολία ἀπορροφᾷται ἀπὸ τὸ στρώμα τῶν ύδρατμῶν και τοῦ διοξειδίου του άνθρακα και δὲν μπορεῖ νὰ ξεφύγῃ.

Δεύτερο, πρέπει οί πολίτες και ή πολιτεία να πάρωμε μέτρα, για να ελαττωθή ή ρύπανση στο ελάχιστο από τὰ εργοστάσια και τὰ μέσα συγκοινωνίας. Για να γίνη αυτό, πρέπει να χρησιμοποιούνται παγίδες στις καπνοδόχους και τούς εξατμιστήρες τών αυτοκινητών υποχρεωτικά. Τρίτο και σπουδαιότερο, πρέπει να φροντίζωμε να διατηρούνται τὰ δάση και ὅ,τι πράσινο υπάρχει γύρω μας. Μάλιστα, ἂν εἶναι δυνατόν, πρέπει να αὐξήσωμε τῖς φυτεμένες ἐπιφάνειες. Θυμάστε ἴσως ὅτι τὰ φυτὰ μέ τῇ φωτοσύνθεσιν παίρνουν τὸ διοξείδιο τοῦ ἀνθρακα και δίνουν πίσω ὀξυγόνο.

"Αν δὲν πάρωμε τὰ μέτρα μας ἀμέσως, μέ τὴν αὐξηση τοῦ πληθυσμοῦ τῆς γῆς και τὴν αὐξηση τών ἐνεργειακῶν ἀναγκῶν οἱ ὕδραυμοι και τὸ διοξείδιο τοῦ ἀνθρακα θὰ αὐξάνωνται συνεχῶς και θὰ σχηματίσουν ἕνα στρώμα γύρω ἀπὸ τὸν πλανήτη μας, τῇ γῇ, ποῦ θὰ ἔχη πολὺ καταστροφικὰς συνέπειες. Δῆτε στὴν εἰκόνα πῶς τὸ στρώμα αὐτὸ θὰ ἐμποδίσῃ τῇ *θερμικῇ* ἀκτινοβολίᾳ ν' ἀνακλαστῇ πίσω στὴν ἀτμόσφαιρα. Τὸ στρώμα αὐτὸ θὰ τὴν ἀπορροφᾷ και θὰ αὐξάνεται σιγὰ σιγὰ ἡ θερμοκρασία τῆς ἀτμόσφαιρας και τῆς γῆς. Τελικὰ θὰ μοιάζωμε σὰ νὰ ζοῦμε σὲ θερμοκήπιο. Προσπαθήστε τώρα νὰ σκεφτῆτε τί θὰ συμβῇ στῇ γῇ, ἂν ἀνέβῃ ἡ θερμοκρασία τῆς, και ἀναπτύξτε τῖς σκέψεις σας στὴν τάξῃ σας.

Γ. ΣΑΚΧΑΡΑ, ΛΙΠΗ, ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ:

Ἀπαραίτητα καύσιμα γιὰ τὸν ἄνθρωπο

"Ισως ἔχετε ἀκούσει ὅτι τὸ ἀνθρώπινο σῶμα περιέχει ἕνα μεγάλο ἀριθμὸ χημικῶν ἐνώσεων.

Περίπου .60 % τοῦ βάρους του εἶναι νερὸ. Περιέχει σάκχαρο στὸ αἷμα και ἄμυλο στὸ συκώτι. Κάτω ἀπὸ τὸ δέρμα ὑπάρχει λίπος

και πρωτεΐνες ὑπάρχουν σ' ὅλα σχεδὸν τὰ μέρη τοῦ σώματος. Τὰ κόκαλα ἀποτελοῦνται κυρίως ἀπὸ ἀσβέστιο και φωσφόρο.

"Ἐχετε ἀκούσει ὅτι τὸ ἀνθρώπινο σῶμα εἶναι ἕνα καταπληκτικὰ πολὺπλοκο ἐργοστάσιο, ποῦ μὲ ἀκρίβεια κατασκευάζει δεκάδες χιλιάδες χημικὰς οὐσίες. Ὅπως ὅμως ὅλα τὰ ἐργοστάσια, και τὸ ἀνθρώπινο σῶμα χρειάζεται καύσιμα και ὑλικά, γιὰ νὰ δουλεύῃ εἰκοσι τέσσερις ὥρες τὸ εἰκοσιτετράωρο και νὰ μὴν σταματᾷ.

Ποιά λοιπὸν εἶναι αὐτὰ τὰ ὑλικά και ἀπὸ ποῦ παίρνει τὰ καύσιμα ὁ ὀργανισμὸς;

Τὰ ὑλικά και τὰ καύσιμα τὰ παίρνει ὁ ἀνθρώπινος ὀργανισμὸς ἀπὸ τῖς τροφές. Τρεῖς εἶναι οἱ κυριότερες κατηγορίες τροφῶν ποῦ χρησιμοποιοῦν τὰ ζῶα και ὁ ἄνθρωπος. Τὰ σάκχαρα, τὰ λίπη και οἱ πρωτεΐνες. Ὅλα αὐτὰ εἶναι χημικὰς ἐνώσεις. "Ας δοῦμε ἀπὸ τί ἀποτελοῦνται και πῶς τῖς χρησιμοποιεῖ ὁ ὀργανισμὸς μας.

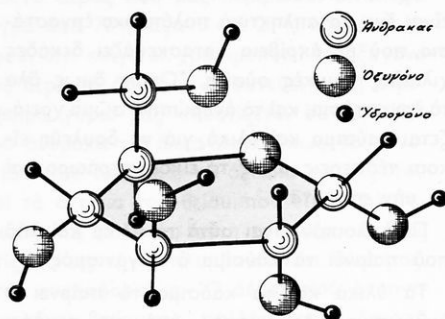
1. Σάκχαρα

Τὰ σάκχαρα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἄνθρακα, ὀξυγόνο και ὕδρογόνο. Ἐπειδὴ στὸ κάθε μὀριο τών σακχαρῶν τὸ ὕδρογόνο βρίσκεται πάντα σὲ διπλάσια ἀναλογία ἀπὸ τὸ ὀξυγόνο, δηλαδὴ, ὅπως στῖς ἀναλογίες τοῦ νεροῦ, 2 φορές ὕδρογόνο και μία φορὰ ὀξυγόνο, γι' αὐτὸ τὰ σάκχαρα λέγονται και **ὕδατάνθρακες**. Ἡ λέξη, ὅπως καταλαβαίνετε, σημαίνει νερὸ και ἄνθρακας.

"Ὅλοι σας ξέρετε πολλοὺς ὕδατάνθρακες, τῇ ζάχαρῃ ποῦ βάζετε στὸ γάλα σας, τὸ ἄμυλο ποῦ κάνομε γλυκίσματα και ψωμί. Ἀκόμα και τὸ ξύλο ἔχει ὕδατάνθρακες, τῇ χημικῇ ἔνωση ποῦ λέγεται κυτταρίνη.

Τὸ πιὸ ἀπλὸ σάκχαρο εἶναι ἡ *γλυκόζη*, ποῦ τὸ μὀρίό της ἀποτελεῖται ἀπὸ 6 ἄνθρακες, 12 ὕδρογόνα και 6 ὀξυγόνα. Τὰ ἄτομα αὐτὰ

συνδέονται έτσι, ώστε να σχηματίζουν έναν κύκλο, όπως δείχνει το σχήμα :



Γλυκόζη

Η γλυκόζη βρίσκεται στα σταφύλια, στα διάφορα γλυκά, φρούτα και στο μέλι. Μικρά ποσά γλυκόζης υπάρχουν στο αίμα του ανθρώπου. Απ' όλους τους υδατάνθρακες ο άνθρωπος οργανισμός είναι σε θέση να κάψει τη γλυκόζη και να σχηματίσει τελικά διοξείδιο του άνθρακα, νερό και ενέργεια.

Την εργασία αυτή μπορούμε να την γράψουμε :

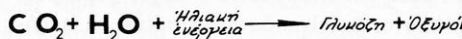


Όπως είδαμε στο πείραμα της σελίδας 114, η ζάχαρη καίγεται πολύ γρήγορα στον αέρα και παράγει θερμότητα και φως. Η καύση της γλυκόζης στον οργανισμό όμως είναι πάρα πολύ αργή κι έτσι ο οργανισμός χρησιμοποιεί σιγά σιγά την ενέργεια που παράγεται. Το δξυγόνο που χρειάζεται ο οργανισμός γι' αυτή την καύση το βρίσκει στο αίμα, που έχει μεταφερθεί εκεί από τους πνεύμονες, όταν αναπνέουμε τον αέρα.

Ίσως θυμάστε ότι η χημική αντίδραση της καύσης της γλυκόζης στον οργανισμό είναι η ανάποδη απ' αυτήν που κάνουν τα

φυτά με τη φωτοσύνθεση. Τα φυτά παίρνουν το διοξείδιο του άνθρακα απ' τον αέρα, νερό από το χώμα με τις ρίζες τους και με τη βοήθεια της ήλιακής ενέργειας φτιάχνουν γλυκόζη και δξυγόνο.

Την εργασία αυτή μπορούμε να την γράψουμε :



Έτσι ο ζωικός οργανισμός χρησιμοποιεί την ήλιακή ενέργεια που αιχμαλωτίστηκε στα φυτά μέσα στα μόρια της γλυκόζης.

Βλέπουμε λοιπόν ότι η γλυκόζη είναι μια πολύτιμη πηγή ενέργειας για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Πώς παρασκευάζεται η γλυκόζη. Τη γλυκόζη πολλές φορές στον τόπο μας την παρασκευάζουμε από τη σταφίδα. Κατεργάζομαστε τις σταφίδες με ζεστό νερό. Η γλυκόζη διαλύεται στο νερό και τον γλυκό χυμό τον συμπυκνώνουμε, δηλαδή εξατμίζουμε το περισσότερο νερό και τελικά το αφήνουμε να κρυσώσει. Έτσι η γλυκόζη από το πυκνό διάλυμα κατακαθίζει σε μορφή άσπρων κρυστάλλων.

Υπάρχουν πολλά είδη από απλά σάκχαρα σαν τη γλυκόζη. Όλα έχουν 6 άτομα άνθρακα, 12 άτομα υδρογόνου και 6 δξυγόνο, διαφέρουν όμως στον τρόπο που συνδέονται τα άτομα αυτά μεταξύ τους. Έτσι έχουμε τη φρουκτόζη που βρίσκεται σε διάφορα φρούτα, τη γαλακτόζη που βρίσκεται στο γάλα και άλλα.

Το καλαμοσάκχαρο ή σακχαρόζη

Μια δεύτερη κατηγορία υδατανθράκων πολύ γνωστή σας είναι η ζάχαρη ή όπως αλλιώς λέγεται η σακχαρόζη. Το καλαμοσάκχαρο βρίσκεται σε πολλά φρούτα, σε μεγάλες όμως ποσότητες βρίσκεται στο σακχαροκάλαμο. Ένα φυτό που μεγαλώνει στα θερμά κλίματα

καί σέ ἓνα εἶδος παντζάρια πού λέγονται σακχαρότευτλα. Τό καλαμοσάκχαρο ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μόρια ἀπλῶν σακχάρων ἐνωμένα μεταξύ τους, μία γλυκόζη καὶ μία φρουκτόζη. Ἄν παραστήσωμε τὴ γλυκόζη μὲ ἓνα κύκλο καὶ τὴ φρουκτόζη μὲ ἓνα ρόμβο, μποροῦμε νὰ σχεδιάσωμε τὴ ζάχαρη κάπως ἔτσι :



Πῶς παρασκευάζεται ἡ ζάχαρη στὰ ἐργοστάσια. Κόβουν σὲ μικρὰ κομμάτια τὸ σακχαροκάλαμο ἢ τὰ σακχαρότευτλα καὶ τὰ κατεργάζονται μὲ ζεστὸ νερό. Τὸ νερὸ διαλύει τὴ ζάχαρη καὶ ἄλλες οὐσίες. Μετὰ προσθέτουν ἀσβεστόνερο, γιὰ νὰ κατακαθίσουν οἱ ξένες οὐσίες. Τὸ μίγμα αὐτὸ τὸ περνοῦν ἀπὸ διάφορα φίλτρα, γιὰ νὰ γίνῃ διαυγές, μετὰ τὸ περνοῦν ἀπὸ ἀνθρακὰ, πού ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἀπορροφᾷ τίς χρωματιστές οὐσίες, καὶ τέλος τὸ συμπυκνώνουν. Ἡ ζάχαρη κρυσταλλώνεται κι ἔχει τὴ μορφή πού ξέρετε. Ἀφοῦ ξεχωριστοῦν οἱ κρύσταλλοι, ἀπομένει ἓνα παχύρρευστο σκούρο ὑγρὸ πού λέγεται *μελάσα*. Τὴ μελάσα τὴ χρησιμοποιοῦμε γιὰ τροφή τῶν ζώων καὶ γιὰ νὰ παρασκευάζωμε οἶνοπνευμα, ὅπως θὰ δοῦμε πιὸ κάτω. Στὴ χώρα μας ὑπάρχουν τρία ἐργοστάσια πού παρασκευάζουν ζάχαρη ἀπὸ σακχαρότευτλα.

Πολυσακχαρίτες

Μία τρίτη κατηγορία ὑδατανθράκων πού ξέρετε εἶναι τὸ ἄμυλο.

Τὸ ἄμυλο ἀποτελεῖται ἀπὸ πάρα πολλὰ μόρια γλυκόζης ἐνωμένα μεταξύ τους καὶ θὰ μπορούσαμε νὰ τὸ παραστήσωμε ὡς ἑξῆς :



Οἱ χημικὲς ἐνώσεις, ὅπως τὸ ἄμυλο, πού ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλὰ ἴδια ἢ παρόμοια μόρια πού συνδέονται μεταξύ τους λέγονται **πολυμερῆ**.

Τὸ ἄμυλο λοιπὸν εἶναι ἓνας πολυσακχαρίτης ἢ ὅπως ἀλλιῶς μποροῦμε νὰ ποῦμε ἓνα *πολυμερὲς* τῆς γλυκόζης. Ἐνα μόριο ἄμυλου μπορεῖ νὰ περιέχῃ καὶ 5.000 μόρια γλυκόζης.

Τὸ ἄμυλο, ἀντίθετα ἀπὸ τὴ σακχαρόζη καὶ τὴ γλυκόζη, δὲν διαλύεται στὸ νερό. Πολλὲς τροφές πού εἶναι πολὺ γνωστὲς περιέχουν ἄμυλο : τὸ σιτάρι, τὸ καλαμπόκι, τὸ κριθάρι, τὸ ρύζι, οἱ πατάτες, τὰ ὁσπρία, τὰ κάστανα, τὰ καρότα καὶ ἄλλα.

Ποῦ χρησιμοποιεῖται τὸ ἄμυλο. Ἀπὸ τὸ ἄμυλο παρασκευάζομε πολλὲς τροφές, ἀπὸ τίς ὁποῖες ἡ κυριότερη εἶναι τὸ ψωμί. Ἀπὸ τὸ ἄμυλο φτιάχνομε γλυκόζη. Ὄταν θερμάνωμε ἓνα μίγμα ἄμυλου καὶ νεροῦ καὶ προσθέσωμε λίγο ὀξύ, τότε οἱ δεσμοὶ πού δένουν τὰ μόρια τῆς γλυκόζης μεταξύ τους σπάζουν καὶ τὰ μόρια ἐλευθερώνονται. Καθαρὸ ἄμυλο χρησιμοποιεῖται γιὰ τὸ κολλάρισμα τῶν ρούχων καὶ τὸ κολλάρισμα τοῦ χαρτιοῦ.

Μποροῦμε πολὺ εὐκόλα νὰ ἀνακαλύψωμε ἂν μιὰ τροφή περιέχῃ ἄμυλο. Στάζομε μιὰ δύο σταγόνες ἀπὸ διάλυμα ἰωδίου πάνω στὴν τροφή. Ἄν ὑπάρχῃ ἄμυλο, βλέπομε ἀμέσως νὰ σχηματίζονται κηλίδες μὲ βαθὺ μπλὲ χρῶμα. Τὸ ἄμυλο ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ βάφεται μπλὲ μὲ τὸ ἰώδιο.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

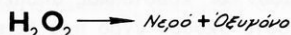
Θὰ χρειαστῇτε μιὰ μεγάλη κόλλα χαρτί, μιὰ πατάτα, μιὰ φέτα ψωμί, ἓνα μῆλο, ἓνα κομμάτι μακαρόνι, ἓνα κομμάτι ξύλο, ἓνα σταγονόμετρο καὶ διάλυμα ἰωδίου. Τὸ διάλυμα ἰωδίου μπορεῖτε νὰ τὸ πάρετε ἀπὸ τὸ φαρμακεῖο.



Ποιές τροφές περιέχουν άμυλο;

- 1) Κόψτε ένα κομμάτι πατάτα και ένα κομμάτι μήλο.
- 2) Βάλτε πάνω στο χαρτί, στη σειρά, την πατάτα, το μήλο, τη φέτα του ψωμιού, το ξύλο και το μακαρόνι.
- 3) Στάξτε με το σταγονόμετρο μια δυο σταγόνες από το διάλυμα του ιωδίου πάνω στο κάθε υλικό. Σε ποιά υλικά άλλαξε το χρώμα του ιωδίου; Ποιά υλικά περιέχουν άμυλο;

“Όλοι κάποτε θα βάλατε σε μια πληγή σας οξυζενέ, που είναι υπεροξειδίο του υδρογόνου. Τί παρατηρήσατε; Είδατε το υγρό να αφρίζη. “Αν ρωτήσατε κάποιον μεγαλύτερό σας τί συμβαίνει, σās είπε πιθανόν ότι βγαίνουν φυσαλίδες οξυγόνου. Πράγματι το οξυζενέ που περιέχει 2 υδρογόνα και 2 οξυγόνα έσπασε και έδωσε οξυγόνο και νερό.



2. “Ένζυμα

Το άμυλο είναι βασική τροφή για τον άνθρωπο. “Ας δούμε λοιπόν πώς χρησιμοποιείται από τον οργανισμό. Οί ζωικοί οργανισμοί έχουν την ικανότητα να καίνε μονάχα τα άπλά σάκχαρα, όπως τη γλυκόζη. Για να χρησιμοποιήση το άμυλο ο οργανισμός, πρέπει να το σπάση σε μόρια γλυκόζης ή, όπως αλλιώς λέμε, να το **άποικοδομήση**. “Η διεργασία αυτή στον οργανισμό γίνεται με τη βοήθεια πολύπλοκων χημικών ενώσεων που λέγονται **ένζυμα**.

“Ας δούμε πρώτα τί κάνουν τα ένζυμα και αν έχωμε προσέξει την ύπαρξή τους.

Το οξυγόνο είναι αυτό που απολύμανε την πληγή σας. Πώς όμως έγινε αυτό; Στα υγρά της πληγής υπάρχει μια ουσία, ένα ένζυμο, που πολύ γρήγορα διέσπασε το οξυζενέ. “Η ουσία αυτή έμεινε ανέπαφη, γιατί κι άλλο οξυζενέ να βάzaτε, πάλι θα γινόταν διάσπαση του οξυζενέ.

Το ίδιο μπορείτε να παρατηρήσετε, αν βάλετε σ’ ένα ποτηράκι λίγο οξυζενέ και ρίξετε μέσα λίγα ρινίσματα σιδήρου. Θα δητε σε λίγη ώρα να βγαίνει άεριο οξυγόνο. “Οταν διασπαστή όλο το οξυζενέ σε νερό και οξυγόνο, μπορείτε να ξαναχρησιμοποιήσετε τα ρινίσματα του σιδήρου, για να διασπάσετε

κι άλλο όξυζενέ. Ό σίδηρος λοιπόν έμεινε άνέπαφος. Οί χημικές ουσίες όπως ό σίδηρος πού διασπούν άλλες χημικές ένώσεις, χωρίς οί ίδιες νά μεταβάλλωνται, λέγονται **καταλύτες**. Υπάρχουν όμως και καταλύτες πού βοηθούν δύο ή περισσότερες χημικές ένώσεις νά άντιδράσουν και νά σχηματίσουν μιá καινούρια χημική ουσία.

Ή χημική ουσία πού βρίσκεται στα ύγρa μιáς πληγής, ή όποία διέσπασε τó όξυζενέ, έκανε τήν ίδια δουλειά με τó σίδηρο. Είναι λοιπόν ένας καταλύτης. Τους καταλύτες πού υπάρχουν στους ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς τους λέμε ένζυμα. Έχετε δεί κι άλλες χημικές άντιδράσεις στην καθημερινή ζωή πού τá ένζυμα βοηθοún για νά γίνουν. Τó γάλα νά ξινίζει, τó κρασί νά γίνεται ξίδι, τó ψωμί νά ζυμώνεται, δηλαδή νά φουσκώνη.

Αν κόψετε ένα κομμάτι πατάτα και ρίξετε στο φρεσκοκομμένο μέρος μερικές σταγόνες όξυζενέ, θά δήτε νά δημιουργούνται φυσαλίδες από άεριο. Καί ή πατάτα περιέχει ένα ένζυμο παρόμοιο με τó ένζυμο πού έχει τó αίμα μας, πού διασπá τó όξυζενέ σε νερό και όξυγόνο.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστήτε ένα άδειο, καθαρό μπουνκάλι από αναφνκτικό, μιá πατάτα, ένα μαχαίρι, ένα μικρό μπαλόνη, ένα κομμάτι σπάγκο χοντρού και όξυζενέ από τó φαρμακείο.

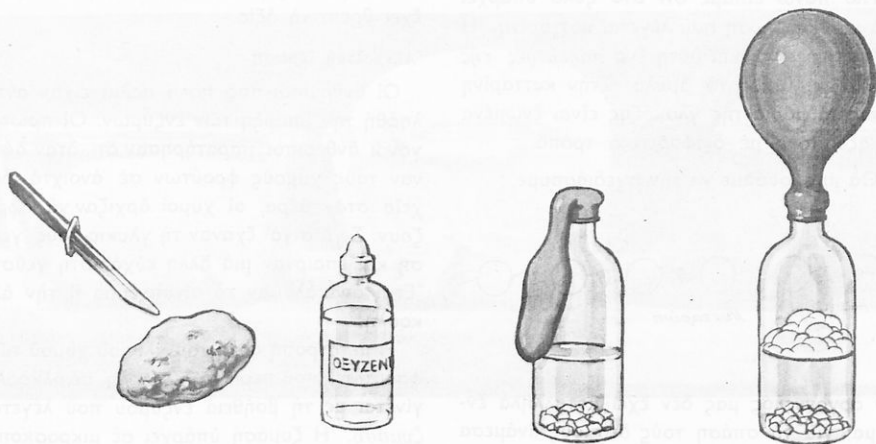
1) Κόψτε ένα κομμάτι πατάτα, καθαρίστε τó από τή φλούδα και κόψτε τó σε πολú μικρά κομμάτια, πού νά περνούν από τó στόμιο τού μπουνκαλιού.

2) Βάλτε τá κομματάκια τής πατάτας στο μπουνκάλι και ρίξτε μέσα αρκετό όξυζενέ. Περάστε τó στόμιο τού μπαλονιού στο στόμιο τού μπουνκαλιού, όπως δείχνει τó σχήμα.

3) Ανακονήστε προσεκτικά τó περιεχόμενο τού μπουνκαλιού και περιμένετε ένα τέταρτο. Τί παρατηρείτε;

4) Όταν τó μπαλόνη φουσκώσει, βγάλτε τó από τó μπουνκάλι σφίγγοντας τó στόμό τού.

5) Ένας άλλος μαθητής ή ό δάσκαλος πρέπει νά άνάψη μ' ένα σπύρτο τήν άκρη τού χοντρού σπάγκου και άφού πάρη φωτιά νά τόν σβήση φνσώντας τον. Αμέσως



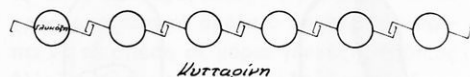
Διάσπαση τού όξυζενέ σε όξυγόνο και νερό από ένζυμο πού περιέχεται στην πατάτα.

ο άλλος μαθητής πρέπει να ανοίξει το στόμιο του μπαλονιού και να κατευθύνει το αέριο που είναι μέσα στο μπαλόνι στο μισοαναμμένο σπάγκο. Τι παρατηρείτε; Τί ήταν το αέριο μέσα στο μπαλόνι;

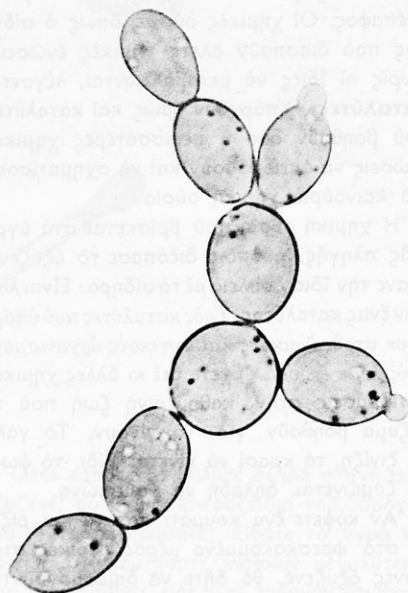
Για κάθε χημική αντίδραση στον οργανισμό υπάρχει και ένα ειδικό ένζυμο. Έτσι το άμυλο σπάζει στον οργανισμό με τη βοήθεια διαφόρων ενζύμων, που αρχίζουν τη δουλειά τους, μόλις το άμυλο μπει στο στόμα μας. Έκεί οι σialογόνοι αδένες εκκρίνουν το σάλιο που περιέχει ένα ένζυμο, που λέγεται *αμυλάση*. Η αμυλάση σπάζει το άμυλο σε μικρότερα κομμάτια. Τα κομμάτια αυτά σπάζουν σε όλο και μικρότερα κομμάτια με τη βοήθεια ενζύμων, ώσπου να φτάσουν στο λεπτό έντερο. Εκεί με τη βοήθεια ενός άλλου ειδικού ενζύμου σπάζουν σε μόρια γλυκόζης, που είναι δυνατόν να τα χρησιμοποιήσει ο οργανισμός. Ακόμα και τη σακχαρόζη για να την χρησιμοποιήσει ο οργανισμός μας πρέπει να τη σπάσει σε γλυκόζη και φρουκτόζη. Αυτό γίνεται με ένα ειδικό ένζυμο που υπάρχει στα ύγρα τών εντέρων.

Πιο πάνω είπαμε ότι στο ξύλο υπάρχει μια χημική ένωση που λέγεται κυτταρίνη. Η κυτταρίνη είναι και αυτή ένα *πολυμερές της γλυκόζης*, όπως το άμυλο. Στην κυτταρίνη όμως τα μόρια της γλυκόζης είναι ενωμένα μεταξύ τους με διαφορετικό τρόπο.

Θα μπορούσαμε να την σχεδιάσουμε :



Ο οργανισμός μας δεν έχει κατάλληλα ένζυμα, για να σπάσει τους δεσμούς ανάμεσα στα μόρια της γλυκόζης στην κυτταρίνη και γι' αυτό δεν τρώμε ξύλα. Μερικά όμως βα-



Κύτταρα ζύμης, όπως φαίνονται στο μικροσκόπιο.

κτήρια και ζώα όπως ή κατσίκια έχουν τα κατάλληλα ένζυμα και γι' αυτά ή κυτταρίνη έχει θρεπτική αξία.

Αλκοολική ζύμωση

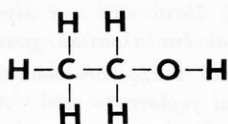
Οι άνθρωποι από πολύ παλιά είχαν αντιληφθεί την ύπαρξη των ενζύμων. Οι πρωτόγονοι άνθρωποι παρατήρησαν ότι, όταν άφηναν τους χυμούς φρούτων σε ανοιχτά δοχεία στον αέρα, οι χυμοί άρχιζαν να αφρίζουν. Σιγά σιγά έχαναν τη γλυκιά τους γεύση και έπαιρναν μια άλλη εύχρηστη γεύση. Έτσι ανακάλυψαν το οινόπνευμα ή την αλκοόλη.

Η μετατροπή αυτή του γλυκού χυμού των φρούτων, που περιέχει γλυκόζη, σε αλκοόλη γίνεται με τη βοήθεια ενζύμου που λέγεται *ζυμάση*. Η ζυμάση υπάρχει σε μικροσκοπικά φυτά που λέγονται γενικά ζύμες. Τα μικροσκοπικά αυτά φυτά υπάρχουν στις φλοΰ-

δες των φρούτων. Έτσι πάντα, όταν παίρνουμε χυμούς φρούτων, υπάρχουν μέσα και ζύμες που περιέχουν τη ζυμάση.

Η διεργασία που κάνει η ζυμάση, για να μετατρέψει τη γλυκόζη σε αλκοόλη, είναι πολύπλοκη. Έκείνο που κάνει είναι ότι σπάει το μόριο της γλυκόζης σε αλκοόλη και διοξείδιο του άνθρακα.

Η αλκοόλη είναι μια οργανική ένωση που περιέχει 2 άτομα άνθρακα, 6 άτομα υδρογόνου και 1 όξυγόνο. Μπορούμε να τη γράψουμε :



Αλκοόλη

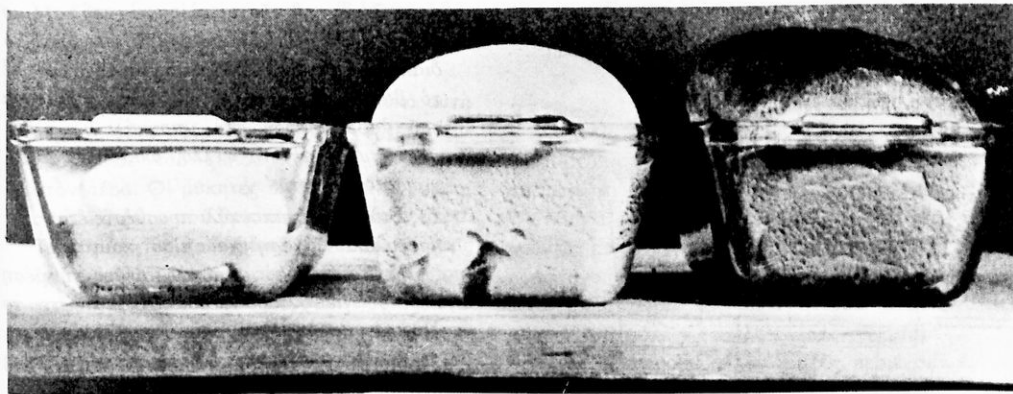
Το διοξείδιο του άνθρακα είναι οι φυσαλίδες του αερίου που κάνουν το σακχαρούχο υγρό να αφρίζει, όταν ζυμώνεται. Τη διεργασία αυτή την λέμε **άλκοολική ζύμωση**.

Έτσι παρασκευάζουμε τα κρασιά. Στη χώρα μας χρησιμοποιούμε το χυμό από τα σταφύλια. Το χυμό των σταφυλιών, που λέγεται *γλεῦκος* ή μούστος, τον τοποθετούν μέσα σε μεγάλα ξύλινα βαρέλια. Ο μούστος περιέχει ένζυμα που βρίσκονται σε μικροσκοπικά φυτά στις φλοῦδες των σταφυλιών.

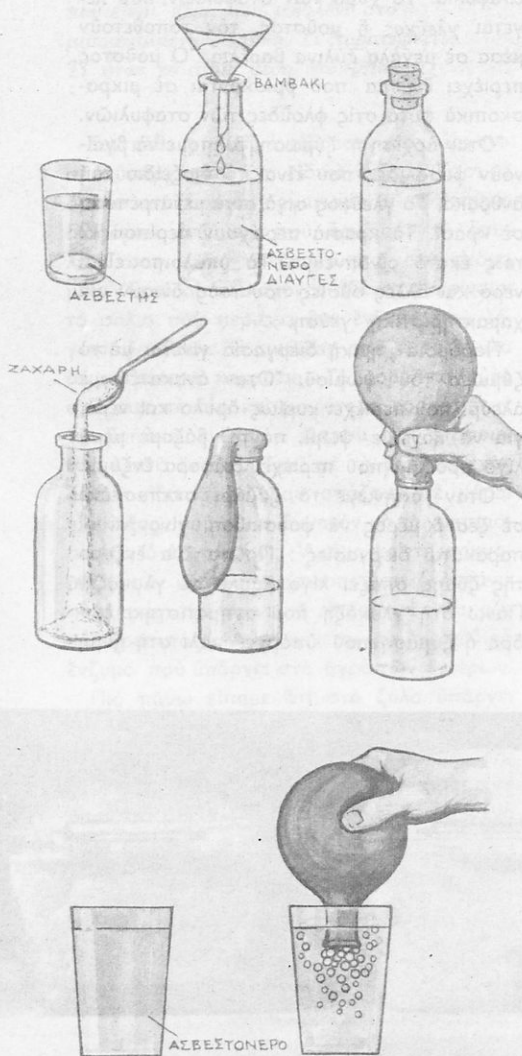
Όταν αρχίσει η ζύμωση, βλέπουμε να βγαίνουν φυσαλίδες που είναι το διοξείδιο του άνθρακα. Το γλεῦκος σιγά σιγά μετατρέπεται σε κρασί. Τα κρασιά περιέχουν περίπου 12 τοις εκατό οινόπνευμα. Το υπόλοιπο είναι νερό και άλλες ουσίες που τους δίνουν μια χαρακτηριστική γεύση.

Παρόμοια χημική διεργασία γίνεται με το ζύμωμα του ψωμιού. Όταν ανακατέψουμε αλεύρι που περιέχει κυρίως άμυλο και νερό, για να κάνουμε ψωμί, πάντα βάζουμε μέσα λίγο προζύμι που περιέχει διάφορα ένζυμα.

Όταν αφήνουμε το ζυμάρι σκεπασμένο σε ζεστό μέρος να φουσκώσει, γίνονται οι παρακάτω διεργασίες : Πρώτα ένα ένζυμο της ζύμης σπάει λίγο άμυλο σε γλυκόζη. Πάνω στη γλυκόζη που σχηματίστηκε επιδρά η ζυμάση που υπάρχει πάλι στη ζύμη



Η ζύμη φουσκώνει πρώτα το ψωμί. Με το ψήσιμο στο φούρνο το ψωμί φουσκώνει περισσότερο. Ξεγγήστε γιατί.



Μετατροπή ζάχαρης σε διοξείδιο του άνθρακα και αλκοόλη από ένζυμα που περιέχονται στη ζύμη.

και την μετατρέπει σε CO_2 και αλκοόλη. Το CO_2 φουσκώνει το ζυμάρι μας και λέμε ότι το ψωμί «άνεβηκε». Με το ψήσιμο στο φούρνο οι φυσαλίδες που δημιουργήθηκαν μεγαλώνουν, γιατί το αέριο διαστέλλεται και τέλος στη θερμοκρασία του φούρνου φεύγει ή αλκοόλη και το CO_2 .

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε δύο άδεια μπουκάλια από αναψυκτικό, ένα μικρό μπαλόνι, ένα ποτήρι του νερού, ένα κουταλάκι, ζάχαρη, ξερή ζύμη, ζεστό νερό και λίγο ασβέστη, βαμβάκι και ένα πλαστικό χωνί.

1) Ρίξτε στο ποτήρι δύο κουταλιές ασβέστη και γεμίστε το νερό. Ανακατέψτε το να διαλυθεί ο ασβέστης και αφήστε το διάλυμα να ηρεμήσει, ώστε ό,τι δεν διαλύθηκε να κατακαθήσει στον πάτο του ποτηριού. Το ασβεστόνερο, για να γίνει διαννές, πρέπει να το διηθήσετε. Πάρτε ένα χωνί από πλαστικό και ένα άδειο καθαρό μπουκάλι από αναψυκτικό. Βάλτε στο χωνί αρκετό βαμβάκι και πιέστε το στο μέρος που αοχίζει το στένωμα του χωνιού. Τοποθετήστε το χωνί στο στόμιο του μπουκαλιού. Με προσοχή περάστε το διάλυμα του ασβεστόνερου από το χωνί με το βαμβάκι. Κρατήστε το διαννές διάλυμα του ασβεστόνερου στο μπουκάλι σκεπασμένο με ένα φελλό, ώσπου να το χρησιμοποιήσετε.

2) Στο καθαρό μπουκάλι προσθέστε ένα κουταλάκι ζάχαρη και μισό κουταλάκι ζύμη. Γεμίστε το μπουκάλι μέχρι τη μέση περίπου με χλιαρό νερό. Ανακατέψτε το ελαφρά.

3) Περάστε το στόμιο από το μπαλόνι στο στόμιο του μπουκαλιού, όπως δείχνει το σχήμα. Αφήστε το μπουκάλι σε ζεστό μέρος και παρακολουθήστε τί συμβαίνει.

4) Μετά μιιά ώρα σφίξτε το λαιμό από το

μπαλόνι καλά με τὸ χέρι σας ἀκριβῶς πάνω ἀπὸ τὸ στόμιο τοῦ μπουνκαλιού καὶ τραβήξτε το με προσοχή, ὥστε νὰ μὴ χάσετε τὸ ἀέριο. Βάλτε τώρα τὸ ἀσβεστόνερο ἀπὸ τὸ μπουνκάλι σ' ἓνα ποτήρι καὶ βουτήξτε τὸ στόμιο τοῦ μπαλονιού μέσα στὸ ἀσβεστόνερο. Ἀφήστε ἐλεύθερο τὸ στόμιό του καὶ πιέστε τὸ μπαλόνι, γιὰ νὰ περάσῃ τὸ ἀέριο στὸ ἀσβεστόνερο.

5) Περιγράψτε τί συνέβη στὸ μπουνκάλι στὴ μιὰ ὥρα πού πέρασε καὶ τί συνέβη στὸ ἀσβεστόνερο, ὅταν ἀδειάσατε τὸ μπαλόνι μέσα σ' αὐτό. Τί ἦταν τὸ ἀέριο μέσα στὸ μπαλόνι; Ἀπὸ πού προήλθε; Πῶς ὀνομάζεται ἡ χημικὴ μεταβολὴ πού ἔγινε μέσα στὸ μπουνκάλι;

Ὁξικὴ ζύμωση

Ἔχετε παρατηρήσει ἴσως ὅτι ὅταν ἓνα μπουνκάλι κρασί μείνῃ ἀνοιχτὸ σὲ ζεστὸ μέρος ζινίζει. Σ' αὐτὴ τὴ διεργασία ἡ ἀλκοόλη τοῦ κρασιοῦ μετατρέπεται στὸ γνωστὸ σας ξίδι. Ἡ ἀλκοόλη τοῦ κρασιοῦ μετὰ τὴ βοήθεια ἐνὸς εἰδικοῦ ἐνζύμου καὶ τοῦ ὀξυγόνου τοῦ ἀέρα ὀξειδώνεται καὶ μετατρέπεται σὲ **ὀξικὸ ὀξύ**. Τὸ ὀξικὸ ὀξύ εἶναι ἡ οὐσία πού δίνει τὴν ξινή γεύση στὸ ξίδι.

Τὸ ἔνζυμο πού βοήθησε στὴ δουλειὰ αὐτὴ περιέχεται σ' ἓνα μικρὸ κλάσμα τοῦ ζιζιδοῦ καὶ πού βρίσκεται στὸν ἀέρα. Οἱ μύκητες εἶναι καὶ αὐτοὶ μικροσκοπικὰ φυτὰ πού βρίσκονται καὶ στὸν ἀέρα. Τοὺς μύκητες τοῦ ζιζιδοῦ πιθανὸν νὰ τοὺς ἔχετε δεῖ μαζεμένους στὸν πάτο ἐνὸς μπουνκαλιού με ξίδι πού ἔχει παραμείνει ἐκεῖ πολὺ καιρὸ. Τὴ γλοιώδη αὐτὴ μάζα μπορεῖτε νὰ τὴν βάλετε σ' ἓνα μπουνκάλι κρασί, νὰ τὸ ἀφήσετε ἀνοιχτὸ καὶ ἔτσι νὰ φτιάξετε σὲ μερικές βδομάδες καλῆς ποιότητος ξίδι.

Τὸ ξίδι χρησιμεύει στὴ μαγειρικὴ καὶ γιὰ τὴ διατήρηση λαχανικῶν ὅπως τὰ τουρσιά.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γιὰ νὰ πειστήτε ὅτι στὸν ἀέρα ὑπάρχουν διάφοροι μύκητες, μπορεῖτε νὰ κάνετε τὴν παρακάτω ἐργασία.

Θὰ χρειαστῇτε δύο πιάτα τσίγκινα, δύο καθαρὰ κομμάτια ἀπὸ διαφανὲς πλαστικό, ἓνα κονταλάκι, ζεστὸ νερό, ἀλεύρι καὶ ζάχαρη. Βλέπε σχῆμα στὴ σελίδα 138.

1) Ξεπλύνετε τὰ πιάτα καλά με ζεστὸ νερό. Βάλτε σὲ κάθε πιάτο ἀπὸ τρεῖς γεμάτες κονταλιές ἀλεύρι. Προσθέστε καὶ ἀπὸ μιὰ κονταλιά ζάχαρη. Προσθέστε τόσο νερό, ὥστε νὰ φτιάξετε ἓνα χυλὸ. Ἀπλῶστε τὸ μίγμα ὁμοιόμορφα στὰ πιάτα.

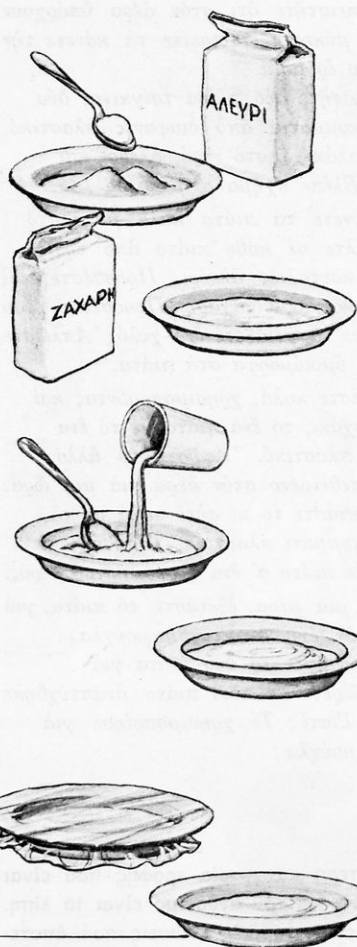
2) Σκεπάστε καλά, χρησιμοποιώντας καὶ ἓνα λαστιχάκι, τὸ ἓνα πιάτο μετὰ τὸ ἓνα κομμάτι πλαστικό. Ἀφήστε τὸ ἄλλο πιάτο ἐκτεθειμένον στὸν ἀέρα γιὰ μιὰ ὥρα. Μετὰ σκεπάστε το καὶ αὐτὸ καλά μετὰ τὸ δεύτερο κομμάτι πλαστικό. Τοποθετήστε καὶ τὰ δύο πιάτα σ' ἓνα ζεστὸ σκιερὸ μέρος.

3) Μετὰ μιὰ μέρα, ἐξετάστε τὰ πιάτα, γιὰ νὰ δῆτε ἂν ἔχῃ ἀναπτυχθῇ μούχλα. Παρακολουθήστε τὰ δύο πιάτα γιὰ μερικές μέρες. Σὲ ποιὸ πιάτο ἀναπτύχθηκε μούχλα; Γιατί; Τί χρησιμοποίησε γιὰ τροφή ἡ μούχλα;

3. Λίπη

Ἡ δευτέρα κατηγορία τροφῆς πού εἶναι ἀπαραίτητη γιὰ τὸν ἄνθρωπο εἶναι τὰ λίπη. Τὰ λίπη εἶναι χημικὲς ἐνώσεις πού ἀποτελοῦνται καὶ αὐτὲς ἀπὸ ἄνθρακα, ὀξυγόνο καὶ ὕδρογόνο. Στὴ θερμοκρασία τοῦ ὁσμάτιου εἶναι ἄλλα ὑγρὰ καὶ ἄλλα στερεὰ. Ἔρετε μερικά ἀπ' αὐτὰ : τὸ ἐλαιόλαδο, τὸ σπορέλαιο, τὸ βούτυρο. Πολλὲς τροφὲς περιέχουν λίπη : τὸ γάλα, τὸ τυρὶ, τὸ κρέας καὶ ἄλλες.

Τὰ λίπη εἶναι ἀπαραίτητα γιὰ τὴ διατροφή καὶ τὴν ἀνάπτυξη τοῦ ἀνθρώπου. Ὄταν καίγονται στὸν ὀργανισμό μας, μετὰ τὴ βοήθεια



Μετά μία ώρα σκεπάστε και
το δεύτερο πιάτο με πλαστικό.

Μούχλα αναπτύσσεται, όταν αφήνουμε τα τρόφιμα
στον αέρα.

των ενζύμων, δίνουν περισσότερη ενέργεια
από τους υδατάνθρακες. Μερικά λίπη χρειά-
ζονται στον οργανισμό, για να συγκρατούν
τα τοιχώματα των κυττάρων του σώματος.
Άλλα πάλι αποθηκεύονται στον οργανισμό
και χρησιμοποιούνται ως καύσιμα σε περιό-
δους που στερείται την τροφή.

Μιά καλή διαίτα πρέπει να περιέχει 65%
υδατάνθρακες και περίπου 10% λίπη. Από
τα λίπη κατασκευάζουμε σαπούνι, που είναι
άπαραίτητο για την καθαριότητά μας.

4. Πρωτεΐνες

Η τρίτη κατηγορία τροφής, απαραίτητη
στον ανθρώπινο οργανισμό, είναι οι πρω-
τεΐνες. Σ' όλα τα μέρη του σώματος ύπαρ-
χουν πρωτεΐνες. Οι μύς μας αποτελούνται
κυρίως από πρωτεΐνη, το ίδιο και το δέρμα
και τα μαλλιά μας. Το μαλλί, το μετάξι, τα
νύχια των ανθρώπων και των ζώων και τα
φτερά των πουλιών είναι πρωτεΐνες. Τα
αυγά, το γάλα, το κρέας, το τυρί, τα ψάρια
και διάφορα λαχανικά έχουν πρωτεΐνες.

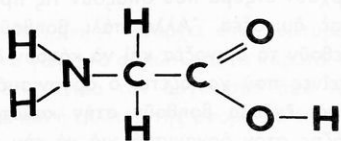
Μπορούμε να πούμε ότι οι πρωτεΐνες
είναι τα δομικά λιθάρια του οργανισμού. Ο
οργανισμός τις χρησιμοποιεί, για να φτιάχνη
και να επιδιορθώνει τα κύτταρά του. Καμιά
άλλη τροφή δεν μπορεί να αντικαταστήση
τις πρωτεΐνες.

Οι πρωτεΐνες είναι πολύπλοκες χημικές
ένώσεις. Αποτελούνται από άνθρακα, υδρο-
γόνο, οξυγόνο, άζωτο και θείο. Πολλές πρω-
τεΐνες περιέχουν και φωσφόρο.

Οι επιστήμονες έρευνούσαν, και συνεχί-
ζουν να έρευνουν, πώς λειτουργεί ο ανθρώ-
πινος οργανισμός. Όταν λοιπόν πριν 140
περίπου χρόνια απομόνωναν από τους ιστούς
των ζώων μερικές από αυτές τις πολύπλο-
κες ουσίες, κατάλαβαν ότι ήταν πολύ σπου-
δαίες. Γι' αυτό και ένας Όλλανδος επιστή-
μονας τις ονόμασε **πρωτεΐνες** από την έλλη-
νική λέξη *πρωτος*, δηλαδή κάτι που κατέχει

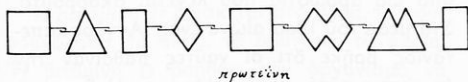
τήν πρώτη θέση, κάτι πολύ σημαντικό.

Οι πρωτεΐνες όπως και τα σάκχαρα είναι πολυμερείς ενώσεις. Αποτελούνται από απλούστερες ουσίες που λέγονται **αμινοξέα**. Τα αμινοξέα μοιάζουν μεταξύ τους. Όλα περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο και άζωτο. Το πιο απλό αμινοξύ γράφεται :



ένα αμινοξύ

Υπάρχουν 20 διαφορετικά αμινοξέα, όσα περίπου και τα γράμματα του αλφαβήτου, που ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν τις πρωτεΐνες. Μπορούμε, όπως τη γλυκόζη στο άμυλο, να ζωγραφίσουμε τα διάφορα αμινοξέα με διάφορα σχήματα όπως τετράγωνα, ορθογώνια, τρίγωνα, ρόμβους και άλλα. Και έτσι μπορούμε να απεικονίσουμε μια πρωτεΐνη :



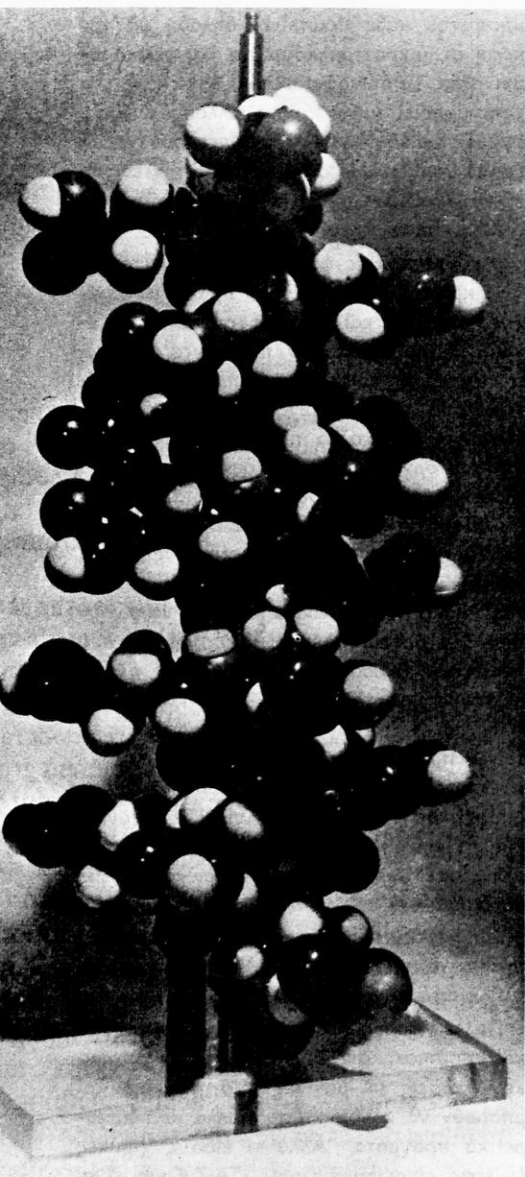
Όπως ξέρετε, με τα γράμματα του αλφαβήτου κάνουμε χιλιάδες λέξεις. Έτσι και με τα 20 διαφορετικά αμινοξέα θα μπορούσαμε να κάνουμε πάρα πολλές χιλιάδες συνδυασμούς. Μια πρωτεΐνη μπορεί να περιέχει και 500 αμινοξέα. Ο οργανισμός παίρνει τις πρωτεΐνες από τις διάφορες τροφές και χρησιμοποιεί διαφορετικά ένζυμα, για να αποικοδο-

μήση την κάθε πρωτεΐνη, δηλαδή να την κόψει σε μικρότερα κομμάτια και τελικά σε αμινοξέα. Τα αμινοξέα αυτά ο οργανισμός τα χρησιμοποιεί, για να κάνει άλλους συνδυασμούς, δηλαδή άλλες πρωτεΐνες που χρειάζεται. Στη δουλειά αυτή, δηλαδή την ένωση των αμινοξέων μεταξύ τους, βοηθούν πάλι άλλα ένζυμα.

Άκουμε πολλές φορές να λένε ότι το βοδινό κρέας ή το γάλα έχουν πρωτεΐνες *πρώτης ποιότητας* και ότι τα φασόλια, τα λαχανικά, τα μπιζέλια έχουν πρωτεΐνες *δεύτερης ποιότητας*. Η ποιότητα μιας πρωτεΐνης εξαρτάται από το είδος των αμινοξέων που έχει. Υπάρχουν αμινοξέα που είναι απαραίτητα για τον οργανισμό, γιατί δεν μπορεί να τα φτιάξει ο ίδιος και πρέπει να τα πάρη έτοιμα από τις πρωτεΐνες των τροφών. Τέτοιες πρωτεΐνες, που έχουν τα απαραίτητα αμινοξέα για τον οργανισμό, τις λέμε *πρώτης ποιότητας*. Άλλα πάλι αμινοξέα μπορούν να γίνουν από τον οργανισμό από άλλες ουσίες που περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο και άζωτο με τη βοήθεια ειδικών ενζύμων κι έτσι δεν τα χρειάζεται ο οργανισμός έτοιμα. Οι πρωτεΐνες που έχουν τέτοια αμινοξέα όπως οι πρωτεΐνες των λαχανικών δεν είναι τόσο απαραίτητες για τον οργανισμό. Τα λαχανικά όμως είναι απαραίτητα στον οργανισμό για άλλες πολύτιμες ουσίες που περιέχουν, όπως θα δούμε πιο κάτω.

Για να διατρέφεται καλά ένας άνθρωπος, πρέπει να τρώει 20% πρωτεΐνη καθημερινά στη διαίτά του.

Πολλές φορές αναφέραμε τη λέξη ένζυμα και υποψιαστήκατε ότι πρέπει να είναι χημικές ενώσεις με μαγικές ιδιότητες, μια και μπορούν να κάνουν τόσο πολλά και διαφορετικά πράγματα. Άλλα τί είδους χημικές ενώσεις είναι τα ένζυμα; Τα ένζυμα είναι κι αυτά πρωτεΐνες που περιέχουν πάρα πολλά αμινοξέα. Τώρα που ξέρετε ότι μπορούμε να κάνουμε πολλές χιλιάδες συνδυασμούς



Στή φωτογραφία βλέπετε ένα μικρό κομμάτι του μοντέλου ενός μορίου πρωτεΐνης.

μέ τα 20 διαφορετικά αμινοξέα, ίσως δέν θά ζαφνιαστήτε, ἂν μάθετε ὅτι ὑπάρχουν πολλές χιλιάδες ἔνζυμα. Τὸ καθένα εἶναι διαφορετικό καὶ κάνει μιὰ εἰδικὴ δουλειά. Ὑπάρχουν ἔνζυμα, ὅπως ἡ ἄμυλάση, ποὺ σπάζουν τὸ μόριο τοῦ ἄμύλου, ποὺ εἶναι ἓνα πολυμερές. Ὑπάρχουν ἔνζυμα ποὺ σπάζουν τὴν γλυκόζη σὲ ἄλκοόλη καὶ διοξειδίο τοῦ ἄνθρακα. Ὑπάρχουν ἔνζυμα ποὺ σπάζουν τίς πρωτεΐνες σὲ αμινοξέα. Ὑπάρχουν ἔνζυμα ποὺ σπάζουν τὴν συνδεθεοὺν τὰ αμινοξέα καὶ νὰ κάνουν ἄλλες πρωτεΐνες ποὺ χρειάζεται ὁ ὀργανισμός.

Εἰδικὰ ἔνζυμα βοηθοῦν στὴν καύση γλυκόζης στὸν ὀργανισμό, γιὰ νὰ τὴν μετατρέψουν σὲ CO_2 , H_2O καὶ ἐνέργεια. Ὑπάρχουν ἔνζυμα βοηθοῦν στὴ φωτοσύνθεση, γιὰ νὰ σχηματιστῇ ἡ γλυκόζη καὶ τὸ ὀξυγόνο ἀπὸ τὸ CO_2 , τὸ νερὸ καὶ τὴν ἡλιακὴ ἐνέργεια. Ὑπάρχουν ἔνζυμα ποὺ κάνουν εἶναι ἀπὸ τίς πιὸ πολὺπλοκες καὶ θαυμαστὲς διεργασίες στὴ ζωὴ τῶν ζώων καὶ τῶν φυτῶν.

5. Βιταμίνες, ἀνόργανα ἄλατα, ὀρμόνες

Στὰ παλιὰ χρόνια οἱ ναῦτες τῶν караβιῶν στὰ μακρινὰ τοὺς ταξίδια προσβάλλονταν ἀπὸ μιὰ ἀρρώστια ποὺ λέγεται σκορβοῦτο. Στὰ μέσα τοῦ 18ου αἰῶνα ἓνας Ἀγγλος καπετάνιος βρῆκε ὅτι οἱ ναῦτες πάθαιναν τὴν ἀρρώστια αὐτή, γιὰ τὴν τρέφονταν μὲ διατηρημένες τροφές καὶ πῶς ἡ ἀρρώστια γιатρευόταν, ὅταν ἔτρωγαν φρέσκα φρούτα. Ἐλυσε λοιπὸν τὸ πρόβλημα γεμίζοντας τὸ καράβι τοῦ μὲ λεμόνια. Μετὰ ἓνα αἶμα περίπου ἓνας Ὁλλανδὸς ἐπιστήμονας ἀπέδειξε ὅτι ἡ ἀσθένεια beri - beri (μπέρι - μπέρι), ποὺ μαστιζε τοὺς κατοίκους στὶς Ὁλλανδικὲς Ἰνδίες, ὀφειλόταν στὸ ὅτι οἱ ἄνθρωποι ἔτρωγαν ἀποφλοιωμένο ρύζι. Ὑπάρχουν ἔνζυμα ποὺ κάνουν εἶναι ἀπὸ τίς πιὸ πολὺπλοκες καὶ θαυμαστὲς διεργασίες στὴ ζωὴ τῶν ζώων καὶ τῶν φυτῶν.

φλούδα του. Έτσι βρέθηκε ότι ουσίες που υπάρχουν στα τρόφιμα είναι απαραίτητες για τη διατροφή και την καλή υγεία. Τις ουσίες αυτές τις ονόμασαν **βιταμίνες**. Σήμερα ξέρουμε πολλές βιταμίνες και τις ονομάζουμε με τα γράμματα του λατινικού αλφαβήτου: βιταμίνες Α, Β, C, D, Ε, Κ. Οι βιταμίνες είναι πολύπλοκες οργανικές ενώσεις.

Ποιες τροφές περιέχουν βιταμίνες

Η βιταμίνη Α υπάρχει στο βούτυρο, το τυρί, το γάλα, το συκώτι και τα καρότα. Προστατεύει γενικά τον οργανισμό από τα μικρόβια και η έλλειψή της μπορεί να επηρεάσει την όραση.

Οι βιταμίνες Β είναι πολλές: Β₁, Β₂, Β₁₂. Βρίσκονται στη φλούδα του ρυζιού, στο γάλα, στη ζύμη, στο κρέας, στο συκώτι. Βοηθούν στην καλή λειτουργία του νευρικού συστήματος. Η έλλειψή τους προκαλεί διάφορες ασθένειες και γενικά εξασθενίζει τον οργανισμό.

Η βιταμίνη C βρίσκεται στα πορτοκάλια, τα λεμόνια, τις ντομάτες, το λάχανο και άλλα λαχανικά. Η έλλειψή της μπορεί να προκαλέσει ελαττωματική ανάπτυξη των οστών και των δοντιών. Η παρατεταμένη έλλειψή της προκαλεί την αρρώστια που λέγεται σκροβούτο.

Η βιταμίνη D βρίσκεται στο γάλα, το μουρόνλαδο, τα αυγά, το βούτυρο, τα ψάρια. Η βιταμίνη D βοηθάει τον οργανισμό να παραλαμβάνει το ασβέστιο και το φωσφόρο για τα οστά. Η έλλειψή της προκαλεί τη ραχίτιδα, γι' αυτό και λέγεται αντιραχίτική.

Η βιταμίνη Ε βρίσκεται στο γάλα, τα αυγά, το σιτάρι και το κρέας. Η έλλειψή της εμποδίζει την αναπαραγωγή.

Η βιταμίνη Κ βοηθάει ιδιαίτερα στην πήξη του αίματος, όταν πληγωθούμε. Τα αυγά, οι ντομάτες και τα λαχανικά περιέχουν βιταμίνη Κ.

Άνόργανα άλατα

Ο ανθρώπινος οργανισμός έχει ανάγκη και από διάφορα άνόργανα στοιχεία για τη συντήρηση και την ανάπτυξή του. Το αίμα περιέχει σίδηρο, τα κόκαλα ασβέστιο και φωσφόρο. Τα παιδιά, επειδή μεγαλώνουν, χρειάζονται φωσφόρο και ασβέστιο από 1,5 g περίπου κάθε μέρα. Φωσφόρος υπάρχει στα αυγά και το γάλα και ασβέστιο στο γάλα, στο τυρί. Ο οργανισμός γενικά χρειάζεται μικρές ποσότητες από διάφορα άλλα άνόργανα στοιχεία όπως το νάτριο, το κάλιο, το χλώριο και το ιώδιο. Το ιώδιο είναι απαραίτητο για τη λειτουργία του θυρεοειδούς αδένος. Το ιώδιο περιέχεται στις ζωικές τροφές της θαλάσσης. Για να παίρνει ο οργανισμός ιώδιο σήμερα, το προσθέτουν υποχρεωτικά στο αλάτι της μαγειρικής ως ιωδιούχο νάτριο.

Όρμονες

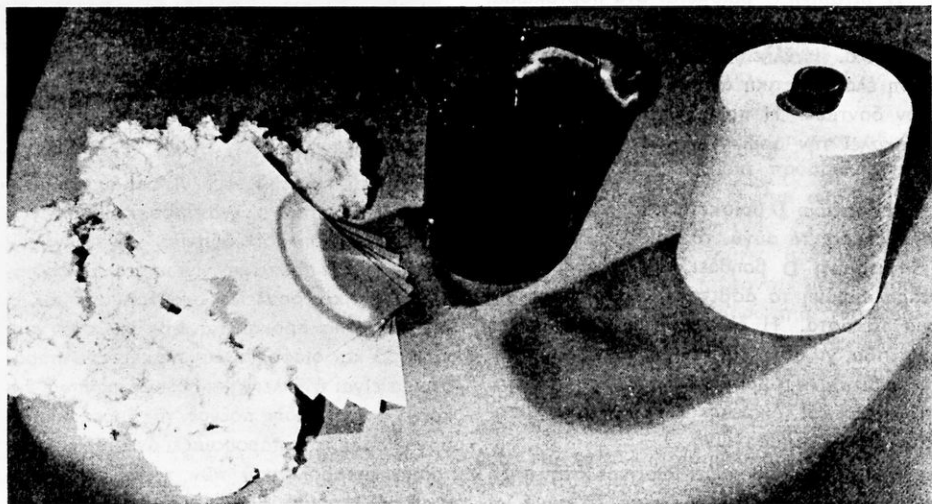
Στην ανθρωπολογία έχετε μάθει ότι στον οργανισμό μας υπάρχουν *αδένες* που εκκρίνουν διάφορες ουσίες απαραίτητες για τη λειτουργία του: ο θυρεοειδής αδένος, τα επινεφρίδια και άλλοι. Οι αδένες αυτοί εκκρίνουν χημικές ουσίες που λέγονται **όρμονες**. Οι όρμονες σε πολύ μικρές ποσότητες βοηθούν στις διάφορες λειτουργίες του οργανισμού. Ο τρόπος που επιδρούν οι όρμονες δεν είναι απόλυτα γνωστός. Από ό,τι ξέρουν μέχρι σήμερα οι επιστήμονες, οι όρμονες δρουν όπως ο διαιτητής σ' ένα ποδοσφαιρικό αγώνα. Δίνουν δηλαδή οδηγίες και ελέγχουν πώς και πότε πρέπει να γίνονται μερικές πολύ σημαντικές δουλειές στον οργανισμό. Η έλλειψή τους προκαλεί ανωμαλίες στον οργανισμό και διάφορες ασθένειες. Ένα παράδειγμα είναι η έλλειψη της όρμονης που εκκρίνει ο θυρεοειδής αδένος, της θυροξίνης. Ο οργανισμός τότε παρουσιάζει ανωμαλίες στον τρόπο μεταβολισμού των τροφών. Ο άνθρωπος κερδίζει βάρος και πολλές φορές σχηματίζεται μια διόγκωση στο λαιμό, που λέγεται βρογχοκήλη.

Δ. ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΙΝΕΣ

Πολλούς αιώνες πριν ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε τα φυσικά προϊόντα για τη διατροφή και τις ανάγκες του. Άργότερα άρχισε να χρησιμοποιηθεί και άλλα φυσικά υλικά όπως το ξύλο, το μαλλί, το βαμβάκι, το μετάξι και το καουτσούκ. Με την πρόοδο της φυσικής και της χημείας από τις αρχές του 20ου αιώνα οι επιστήμονες άρχισαν να εξετάζουν τα υλικά αυτά, για να βρουν από τι αποτελούνται. Ανακάλυψαν λοιπόν ότι τα μόρια από το ξύλο, το μαλλί, το βαμβάκι, το μετάξι και το καουτσούκ είναι όλα πολύ μεγάλα. Το χαρακτηριστικό τους είναι ότι το καθένα αποτελείται από πάρα πολλά όμοια μόρια ενωμένα μεταξύ τους. Βρήκαν δηλαδή ότι είναι πολυμερή. Μάθαμε ότι το μόριο της κυτταρίνης που υπάρχει στο ξύλο αποτελείται από χιλιάδες μόρια γλυκόζης ενωμένα μεταξύ τους. Το βαμβάκι αποτελείται κι αυτό από κυτταρίνη. Αντίθετα το μαλλί και το μετάξι είναι πολυμερείς ενώσεις που απο-

τελούνται από αμινοξέα, δηλαδή είναι πρωτεΐνες. Τα τέσσερα αυτά φυσικά προϊόντα τα χρησιμοποιεί ο άνθρωπος, όπως ξέρετε, για να ύφαινη ύφασματα και τα λέμε *ύφαντες ύλες*. Ένα ακόμα υλικό που το χρησιμοποιείτε κάθε μέρα στο σχολείο είναι το χαρτί. Αυτό φτιάχνεται από την κυτταρίνη του ξύλου ή του βαμβακιού. Τα διάφορα είδη χαρτιού που βλέπετε, γυαλιστερά, μαλακά, χοντρά, χρωματιστά, έχουν ύποστη κατάλληλες επεξεργασίες στα εργοστάσια της χαρτοβιομηχανίας.

Η επιστημονική όμως έρευνα και η περιέργεια δεν σταματά ποτέ κι έτσι οι επιστήμονες προσπάθησαν να κατασκευάσουν πολυμερείς ενώσεις που να έχουν ιδιότητες όμοιες με τις ύφαντικές ύλες και μερικές φορές καλύτερες. Πριν από εξήντα περίπου χρόνια κατόρθωσαν από την κυτταρίνη του ξύλου να φτιάξουν ένα είδος κλωστή που να είναι γυαλιστερή και να αντέχει σαν το μετάξι. Η κλωστή αυτή λέγεται *ρεγιόν*. Παρακολουθήστε τώρα πώς γίνεται το ρεγιόν.



Τρόπος παρασκευής ρεγιόν: Φύλλα από ξύλο και βαμβάκι διαλύονται σε χημικά υγρά και μετατρέπονται σε μία παχύρρεστη ουσία, όπως βλέπετε στο ποτήρι. Τέλος η παχύρρεστη μάζα μετατρέπεται σε κλωστή ρεγιόν.

Διαλύουν λεπτά φύλλα από ξύλο σε κατάλληλα χημικά υγρά και έτσι παίρνουν ένα παχύρρευστο υγρό σά μέλι, όπως βλέπετε μέσα στο ποτήρι στη φωτογραφία. Την παχύρρευστη αυτή μάζα την διοχετεύουν σε σωληνες και με πίεση την υποχρεώνουν να περάση από ένα τρυπητό που είναι βυθισμένο μέσα σ' ένα χημικό υγρό. Ή μάζα, καθώς περνά μέσα από το υγρό, στερεοποιείται σε λεπτές ίνες και πετιέται προς τα πάνω. Εκεί ένας τροχός την κλώθει σε κλωστή και τὸ ρεγίον είναι έτοιμο. Παρατηρήστε τὸ σχήμα που έξηγει τὴ μετατροπὴ τοῦ παχύρρευστου υγροῦ σε κλωστή.

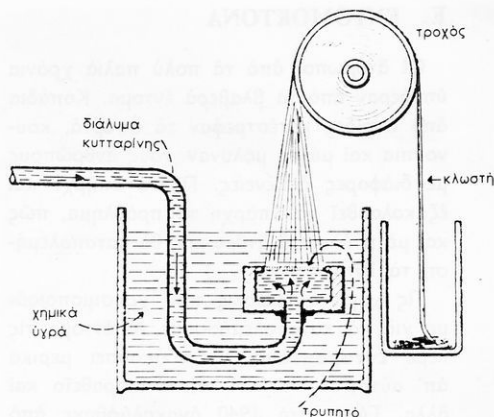
Αὐτός είναι ένας γενικός τρόπος που κατασκευάζουν στὰ εργοστάσια τεχνητές κλωστές. Τὸ τρυπητό μπορεί νὰ ἔχη ἀπὸ 10 ὡς 200 τρύπες· έτσι μπορούμε νὰ ἔχωμε ὅ,τι πάχους κλωστές θέλομε, χοντρές, ψιλές.

Ἀνάλογα με τὰ χημικά υγρά που χρησιμοποιούν στὰ διάφορα εργοστάσια, γιὰ νὰ διαλύσουν τὴν κυτταρίνη, παρασκευάζονται κλωστές με διάφορες ιδιότητες. Κλωστές γυαλιστερές, ἀνθεκτικές, που νὰ μὴ τσαλακώνωνται, νὰ μὴ καταστρέφονται γρήγορα, νὰ πλένωνται εύκολα.

Με τὸν τρόπο που κατασκευάζονται οἱ τεχνητές κλωστές καταλαβαίνετε ὅτι μπορεί νὰ ἔχουν ὅσο μήκος και πάχος θέλομε. Ἔτσι στὸ ἐμπόριο κυκλοφοροῦν διάφοροι τύποι ἀπὸ τεχνητές κλωστές που ἔχουν διαφορετικές ιδιότητες και διαφορετικὰ ὀνόματα. Τὶς κλωστές αὐτὲς μ' ἕνα ὄνομα τὶς λέμε **τεχνητὲς ἴνες ἢ συνθετικὲς ἴνες**.

Τὸ 1935 ὅμως οἱ χημικοὶ κατόρθωσαν νὰ παρασκευάσουν μιὰ συνθετικὴ κλωστή που νὰ μοιάζει με τὸ μετάξι, γυαλιστερὴ και πολὺ ἀνθεκτικὴ, πιὸ ἀνθεκτικὴ κι ἀπὸ τὸ μετάξι. Τὴν κλωστή αὐτὴ τὴν ξέρετε ὅλοι σας, εἶναι τὸ νάιλον.

Τὸ νάιλον εἶναι κι αὐτὸ πολυμερές. Γιὰ τὴν κατασκευὴ του ὅμως δὲν χρησιμοποιήθηκαν φυσικὰ ὑλικά ὅπως ἡ κυτταρίνη τοῦ



Σχεδιάγραμμα μετατροπῆς τοῦ διαλύματος τῆς κυτταρίνης σε κλωστή.

ξύλου. Τὸ νάιλον παρασκευάζεται ἀπὸ ἀπλὲς χημικὲς οὐσίες, ἀπὸ ἕναν ὕδρογονάνθρακα, ὀξυγόνο, νερὸ και ἀμμωνία.

Πολλὰ ὑλικά που πρέπει νὰ εἶναι ἀνθεκτικά, ὅπως τὸ ὕφασμα γιὰ τὰ ἀλεξίπτωτα, τὰ γερά σκοινιά και ἄλλα, κατασκευάζονται ἀπὸ νάιλον.

Ἡ βιομηχανία τῶν τεχνητῶν ἰνῶν με τὴν ἔρευνα και τὴν πρόοδο τῆς χημείας κάθε μέρα κατασκευάζει και καινούρια ὑλικά γιὰ τὶς ἀνάγκες τοῦ πληθυσμοῦ τῆς γῆς που αὐξάνεται συνέχεια. Τὰ φυσικὰ ὑλικά δὲν ἐπαρκοῦν και θὰ λιγοστεύουν καθημερινά, ἔτσι θὰ χρειάζομαστε ὅλο και περισσότερες καινούριες τεχνητὲς ὕλες.

Συνθετικὲς ὕλες βλέπετε και χρησιμοποιεῖτε καθημερινά. Οἱ τσάντες τοῦ σχολείου σας εἶναι φτιαγμένες ἀπὸ πλαστικό, τὰ μολύβια σας και πολλὰ παιχνίδια τὸ ἴδιο. Νὰ θυμάστε ὅτι ὅλα τὰ πλαστικά εἶναι πολυμερῆ που οἱ ἐπιστήμονες με διάφορες πολυπλοκές χημικὲς διεργασίες τὰ συνέθεσαν ἀπὸ ἀπλούστερες χημικὲς ἐνώσεις.

Ε. ENTOMOKTONA

Οί άνθρωποι από τα πολύ παλιά χρόνια υπέφεραν από τα βλαβερὰ έντομα. Κοπάδια από άκριδες κατέστρεφαν τὰ σπαρτά, κουνούπια και μύγες μόλυναν τούς ανθρώπους με διάφορες άσθένειες. Πάντα ύπήρχε και έξακολουθεί να ύπάρχη τὸ πρόβλημα, πώς και με τί ύλικά ὁ άνθρωπος θά καταπολεμήσῃ τὰ έντομα.

Τις χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούμε για νὰ καταπολεμήσουμε τὰ έντομα τις λέμε **έντομοκτόνα**. Έχετε άκούσει μερικά άπ' αὐτά, τὸ ντί - ντί - τί, τὸ παραθεϊο και άλλα. Γύρω στὰ 1940 άνακαλύφθηκε από Έλβετὸ έπιστήμονα τὸ ντί - ντί - τί (DDT), που είναι μιὰ πολυπλοκή χημική ούσία. Αὐτὸ τὸ πολὺ ίσχυρὸ έντομοκτόνο βοήθησε άποτελεσματικά στὴν καταπολέμηση τῶν έντόμων μετὰ τὸν Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Έτσι τὰ κουνούπια, που μεταδίδουν στὸν άνθρωπο τὴν άρρώστια που λέγεται έλονοσία, έξολοθρεύτηκαν. Πολλές καλλιέργειες σώθηκαν από βλαβερὰ έντομα. Τὸ ντί - ντί - τί όμως είναι δηλητηριώδες για τὸν άνθρωπο και έχει τὴν ιδιότητα νὰ μὴ διαλύεται στὸ νερὸ και νὰ μὴν καταστρέφεται εύκολα. Έτσι, άν άπορροφηθῇ από τὸ ανθρώπινο σῶμα, μαζεύεται στὰ μέρη ὅπου ύπάρχει λίπος, και μπορεί νὰ δηλητηριάσῃ σιγὰ σιγὰ τὸν ὀργανισμό. Πρίν δύο χρόνια σ' ὅλη τὴ γῆ χρησιμοποιούσαν πολλές έκατοντάδες έκατομμύρια τόννους ντί - ντί - τί κάθε χρόνο. Τὸ ραντισμένο ντί - ντί - τί παρασύρεται από τὰ νερὰ τῆς βροχῆς και πέφτει στὰ ποτάμια, τις λίμνες και τις θάλασσες. Έκεῖ άπορροφάται από τὰ φύκια και άλλα θαλάσσια φυτά. Τὰ μικρὰ ψάρια τρέφονται από τὰ φύκια, τὰ μεγάλα ψάρια τρῶνε τὰ μικρά. Άλλά και τὰ πουλιὰ τρῶνε τὰ ψάρια. Έτσι τὰ τελευταῖα χρόνια βρέθηκε ὅτι τὰ ψάρια και τὰ πουλιὰ σὲ πολλά μέρη τῆς γῆς περιείχαν ντί - ντί - τί. Τὸ ίδιο συμβαίνει στὰ ζῶα, ὅταν τρῶνε τὰ χόρτα που έχουν ραντισθῇ με ντί - ντί - τί. Πρίν

μερικά χρόνια βρέθηκε ντί - ντί - τί στὸ γάλα και τὸ λίπος τῶν ζῶων. Καταλαβαίνετε τώρα ὅτι τελικὰ τὸ ντί - ντί - τί καταλήγει στὸν άνθρωπο που τρώει ψάρια, πουλιὰ, φυτοφάγα ζῶα και λαχανικά. Σήμερα ἡ χρήση τοῦ ντί - ντί - τί έχει άπαγορευθῇ σχεδὸν σ' ὅλα τὰ κράτη τῆς γῆς.

Συνήθως ὅλα τὰ έντομοκτόνα είναι βλαβερὰ για τὸν άνθρωπο. Γι' αὐτὸ πρέπει νὰ τὰ χρησιμοποιούμε με μεγάλη προσοχή και ποτὲ άσκοπα. Σήμερα ἡ έπιστήμη άσχολεῖται νὰ βρῇ έντομοκτόνα που νὰ μὴν είναι βλαβερὰ για τὸν άνθρωπο.

Ζ. ΦΑΡΜΑΚΑ

Οί πρωτόγονοι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν βότανα, για νὰ γιατρέψουν διάφορες άσθένειες. Στὴν άρχαία Έλλάδα ὁ Άσκληπιὸς και ὁ Ίπποκράτης, δύο γιατροί, χρησιμοποιούσαν κι αὐτοὶ βότανα στὴ θεραπευτική τους. Σήμερα ξέρομε ὅτι πολλά φάρμακα βγαίνουν από φυτά. Τὰ φάρμακα είναι χημικές ενώσεις. Οί χημικοὶ βρῆκαν από τί άποτελούνται και μπόρεσαν νὰ τὰ συνθέσουν στὸ έργαστήριο. Έτσι σήμερα έχουν μιὰ μεγάλη ποικιλία από φάρμακα για κάθε άρρώστια και κάθε κακοδιαθεσία. Ἡ άσπирίνη, οἱ σουλφamidες και ἡ κινίνη είναι ἴσως τὰ πιὸ γνωστά σας φάρμακα. Πολλά φάρμακα έχουν τὴν ιδιότητα νὰ σκοτώνουν τὰ μικρόβια, ὅπως ἡ κινίνη σκοτώνει τὸ μικρόβιο τῆς έλονοσίας. Ὑπάρχει όμως και μιὰ άλλη κατηγορία φαρμάκων που ὅλοι τὴν έχετε άκούσει. Είναι τὰ **αντιβιοτικά**. Τὰ αντιβιοτικά είναι χημικές ούσιες που παράγονται από μύκητες και βακτήρια και έχουν τὴν ιδιότητα νὰ σταματοῦν τὴν ανάπτυξη άλλων μικροβίων. Τὸ 1929 ένας Σκωτσέζος γιατρός, ὁ Φλέμινγκ, ένῶ μελετοῦσε τούς σταφυλόκοκκους, παρατήρησε ὅτι ἡ ανάπτυξή τους πολλές φορές σταματοῦσε. Έρευνώντας λοιπὸν προσεκτικὰ βρῆκε ὅτι οἱ καλλιέργειες τῶν στα-

φυλοκόκκων είχαν μολυνθῇ ἀπὸ ἓνα μύκητα ποὺ βρίσκεται συχνὰ στὸν ἀέρα. Σιγὰ σιγὰ ὁ φλέμιγκ καὶ οἱ συνεργάτες του βρῆκαν ὅτι ὁ μύκητας αὐτὸς περιεῖχε μιὰ χημικὴ οὐσία ποὺ τὴν ὀνόμασαν *πενικιλίνη* καὶ ὅτι αὐτὴ ἡ οὐσία εἶναι ἡ αἰτία ποὺ σταματᾷ τὴν ἀνάπτυξη τῶν σταφυλοκόκκων. Ἔτσι ἀνακαλύφθηκαν τὰ ἀντιβιοτικά. Ἡ πενικιλίνη σταματᾷ τὴν ἀνάπτυξη πολλῶν μικροβίων ὅπως τοῦ πνευμονιόκοκκου, ποὺ προσβάλλει τοὺς πνεύμονες καὶ προκαλεῖ τὴν πνευμονία. Ἐχετε ἀκούσει τὰ ὀνόματα πολλῶν ἀντιβιοτικῶν ὅπως ἡ στρεπτομυκίνη, ἡ χρυσομυκίνη, ἡ χλωρομυκητίνη καὶ ἄλλα. Πολλὰ ἀντιβιοτικά σήμερα παρασκευάζονται συνθετικά στὰ ἐργαστήρια τῶν φαρμακευτικῶν βιομηχανιῶν. Καθημερινὰ ἀνακαλύπτονται καὶ καινούρια ἀντιβιοτικά, εἰδικὰ γιὰ τὴν καταπολέμηση διαφόρων μικροβίων ποὺ προσβάλλουν τὸν ἄνθρωπο καὶ τὰ ζῶα.

Η. Η ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΜΑΣ ΖΩΗ

Ἀπὸ τὰ προηγούμενα κεφάλαια εἶδαμε ὅτι ἡ μελέτη τῆς χημείας τῶν ἐνώσεων τοῦ ἀνθρακα ἀπέδωσε στὸν ἄνθρωπο πολλὰ ἀγαθὰ. Μὲ τὴ βοήθεια τῆς φυσικῆς καὶ τῆς βιολογίας ἡ χημεία κατόρθωσε νὰ βρῇ ἀπὸ τί ἀποτελοῦνται οἱ διάφορες βασικὲς οὐσίες ἀπὸ τίς ὁποῖες εἶναι φτιαγμένος κάθε ζωντανὸς ὄργανισμός. Βρῆκε καὶ βρίσκει καθημερινὰ πῶς εἶναι συνδεδεμένα μεταξύ τους τὰ ἄτομα ποὺ ἀποτελοῦν τὰ πολὺπλοκα ὀργανικά μόρια. Κατορθώνει νὰ βρῇ τὴν τρόπον, γιὰ νὰ παρασκευάζῃ συνθετικά τὰ πολὺπλοκα μόρια στὸ ἐργαστήριο. Ἰσως τώρα καταλαβαίνετε ὅτι ἡ ἔρευνα τῆς χημείας δὲν σταματᾷ ποτέ. Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ὑλικά ποὺ ἀναφέραμε, οἱ χημικοὶ ἀσχολοῦνται νὰ φτιάχνουν κι ἄλλα πράγματα ὅπως χρώματα, ποὺ τὰ χρησιμοποιοῦμε, γιὰ νὰ βάψουμε ἢ νὰ ζωγραφίζουμε. Οἱ χημικοὶ ἀπομονώνουν τὰ ἀρώ-



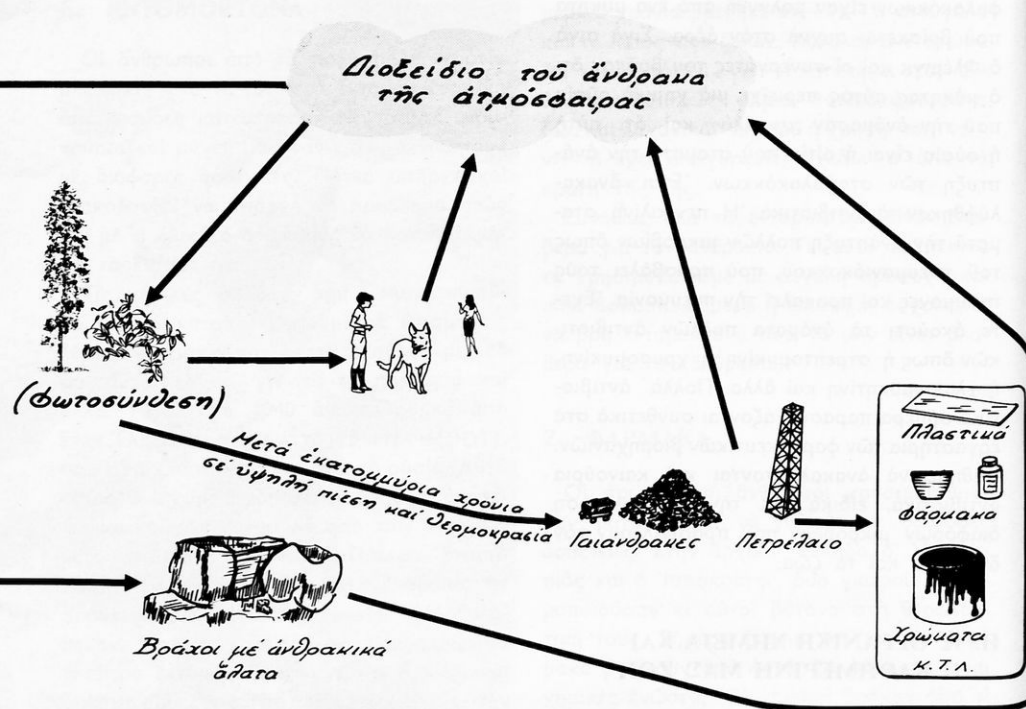
Μεγέθυνση φωτογραφίας τῆς μούχλας τῆς πενικιλίνης, ὅπως φωτογραφήθηκε ἀπὸ μιὰ καλλιέργεια.

ματα ἀπὸ τὰ φυτὰ ἢ τὰ φτιάχνουν στὰ ἐργαστήρια, φτιάχνουν καλλυντικά, γιὰ νὰ περιποιούμεστε τὸ δέρμα μας, κι ἓνα σωρὸ ἄλλα προϊόντα χρήσιμα καὶ εὐχάριστα γιὰ τὴ ζωὴ μας.

Τώρα ποὺ πήραμε μιὰ ιδέα γιὰ τίς ἐνώσεις τοῦ ἀνθρακα, ἄς κοιτάξουμε τὴν τελευταία εἰκόνα τοῦ βιβλίου μας, νὰ δοῦμε πῶς κυκλοφορεῖ ὁ ἀνθρακας στὸν πλανήτη μας, τὴ γῆ.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γράψτε, παρατηρώντας τὸ σχεδιάγραμμα, γιὰ τὸν κύκλο τοῦ ἀνθρακα.



Ο κύκλος του άνθρακα.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Προσπαθήστε να απαντήσετε με δικά σας λόγια στις παρακάτω ερωτήσεις :

- 1) Τί συμβαίνει στις χημικές ενώσεις του άνθρακα, όταν τις θερμάνουμε ή τις κάψουμε ;
- 2) Πώς σχηματίζεται ένας χημικός δεσμός ανάμεσα σε δύο ή και σε περισσότερα άτομα ;
- 3) Ποιά σωματίδια των ατόμων παίρνουν μέρος στο χημικό δεσμό, τα πρωτόνια, τα ηλεκτρόνια ή τα νετρόνια ;
- 4) Πώς γράφουμε ένα χημικό δεσμό ανάμεσα σε δύο άτομα που μοιράζονται δύο από τα ηλεκτρόνια τους ;
- 5) Πώς σχηματίστηκαν οι γαϊάνθρακες ;
- 6) Γιατί το κάρβουνο όταν καίγεται δεν βγάζει καπνό ;
- 7) Τί είναι οι πεπτικές ουσίες ;
- 8) Τί είναι το διαμάντι ;
- 9) Ποιά είναι τα πλεονεκτήματα των αερίων καυσίμων, όταν τα συγκρίνουμε με τα υγρά ή τα στερεά καύσιμα ;
- 10) Τί είναι τα υγραέρια ;
- 11) Πώς σχηματίστηκε το πετρέλαιο ;
- 12) Πώς προκαλείται η ρύπανση της ατμόσφαιρας ;
- 13) Τί θα συμβή στους ζωντανούς οργανισμούς (φυτά, ζώα και ανθρώπους), όταν αναπνέουν συνέχεια ατμοσφαιρικό αέρα που περιέχει κανσαέρια ;
- 14) Τί προτείνετε, για να καταπολεμήσωμε τη ρύπανση του ατμοσφαιρικού αέρα ;
- 15) Είναι ή ρύπανση της θάλασσας, των ποταμών και των λιμνών το ίδιο επικίνδυνη όσο και ή ρύπανση του αέρα ;
- 16) Πώς προκαλείται ή ρύπανση της θάλασσας, των ποταμών και των λιμνών ;

- 17) Ποιά είναι τα απαραίτητα καύσιμα του ανθρώπινου οργανισμού ;
- 18) Από τί αποτελούνται τα σάκχαρα και πώς αλλιώς τα ονομάζουμε ;
- 19) Ποιά είναι τα πιο κοινά σάκχαρα που ξέρετε ;
- 20) Τί είναι πολυμερές ;
- 21) Τί είναι το άμυλο και ή κυτταρίνη και από τί αποτελούνται ;
- 22) Πώς χρησιμοποιείται το άμυλο από τον ανθρώπινο οργανισμό ;
- 23) Γιατί οι άνθρωποι δεν τρώμε την κυτταρίνη ;
- 24) Τί είναι τα ένζυμα ; Δώστε μερικά παραδείγματα για την ύπαρξή τους.
- 25) Σε τί διασπάται το όξιζενό από ένα ένζυμο που υπάρχει στην πατάτα ;
- 26) Τί είναι ζύμη ; Ποιό είναι το αποτέλεσμα της επιδράσεως της ζύμης στο χυμό των σταφυλιών ; Πώς λέγεται αυτή ή διεργασία ;
- 27) Σε τί χρησιμεύουν τα λίπη στον ανθρώπινο οργανισμό ;
- 28) Από τί αποτελούνται οι πρωτεΐνες και σε τί χρησιμεύουν στον ανθρώπινο οργανισμό ;
- 29) Ποϋ βρίσκονται οι πρωτεΐνες ; Υπάρχουν πρωτεΐνες στα λαχανικά ;
- 30) Τί είδους χημικές ενώσεις είναι τα ένζυμα, τα σάκχαρα, οι πρωτεΐνες και τα λίπη ;
- 31) Ποιές άλλες χημικές ενώσεις εκτός από τα σάκχαρα, τις πρωτεΐνες και τα λίπη είναι απαραίτητες για την καλή λειτουργία του οργανισμού ;
- 32) Γιατί κατασκευάζουμε μοντέλα ατόμων και μορίων ; Σε τί χρησιμεύουν ;
- 33) Έχει σημασία το πώς τα διάφορα άτομα είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους στα μόρια ; Δώστε μερικά σχετικά παραδείγματα.

- 34) Τί είναι οί τεχνητές ἕνες ; Μᾶς
 χρησιμεύουν καί σέ τί ;
- 35) Γιατί πρέπει νά χρησιμοποιοιοῦμε τὰ
 διάφορα ἐντομοκτόνα μὲ προσοχή ;
- 36) Τί εἶναι τὰ ἀντιβιοτικά ; Πῶς δοροῦν
 τὰ ἀντιβιοτικά ; Μήπως μπορεῖτε

νά ἐξηγήσετε τί σημαίνει ἡ λέξη
 ἀντιβιοτικό ;

- 37) Συζητήστε γιά τὴν ὠφέλεια ἢ τὴ ζημία,
 ποὺ μπορεῖ νά προκαλέσῃ ἡ πρόοδος
 τῆς ὀργανικῆς χημείας στὴν ἀνθρώπινη
 κοινωνία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ἡ ομάδα εργασίας 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.

ΒΙΒΛΙΟΤΗΚΗ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ»
ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ 1 «ΒΕΛΤΥΞΗ ΤΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΓΝΩΣΕΩΝ
ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΩΝ»

ΜΕΤΑΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ»
ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ 1 «ΒΕΛΤΥΞΗ ΤΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ
ΓΝΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΩΝ»

1. ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ»
ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ 1 «ΒΕΛΤΥΞΗ ΤΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ
ΓΝΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΩΝ»
2. ΜΕΤΑΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ»
ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ 1 «ΒΕΛΤΥΞΗ ΤΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ
ΓΝΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΩΝ»
3. ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ»
ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ 1 «ΒΕΛΤΥΞΗ ΤΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ
ΓΝΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΩΝ»
4. ΜΕΤΑΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ»
ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ 1 «ΒΕΛΤΥΞΗ ΤΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ
ΓΝΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΩΝ»
5. ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ»
ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ 1 «ΒΕΛΤΥΞΗ ΤΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ
ΓΝΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΩΝ»
6. ΜΕΤΑΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ»
ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ 1 «ΒΕΛΤΥΞΗ ΤΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ
ΓΝΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΩΝ»
7. ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ»
ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ 1 «ΒΕΛΤΥΞΗ ΤΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ
ΓΝΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΩΝ»
8. ΜΕΤΑΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ»
ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ 1 «ΒΕΛΤΥΞΗ ΤΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ
ΓΝΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΩΝ»
9. ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ»
ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ 1 «ΒΕΛΤΥΞΗ ΤΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ
ΓΝΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΩΝ»
10. ΜΕΤΑΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ»
ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ 1 «ΒΕΛΤΥΞΗ ΤΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ
ΓΝΩΣΕΩΝ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΩΝ»

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

Στό εύρετήριο — χρήσιμο συμπλήρωμα στα έπιστημονικά, κυρίως, βιβλία — είναι γραμμένοι οι όροι και οι λέξεις πού κρήθηκε ότι έχουν κάποια ιδιαίτερη σημασία στο μάθημα τής φυσικής και χημείας ή ονομάζουν κάποιες καινούριες έννοιες, πού πρώτη φορά, ίσως, συναντούμε. Οι λέξεις είναι τοποθετημένες με αλφαβητική σειρά, όπως λόγου χάρι σ' ένα λεξικό, και όχι με τή σειρά πού τις συναντούμε στο κείμενο — έτσι θα βρούμε πολλές απ' αυτές στον πίνακα των περιεχομένων. Δίπλα τους είναι γραμμένοι ένας ή περισσότεροι αριθμοί. Δείχνουν τις σελίδες όπου θα βρούμε τις λέξεις μέσα στο βιβλίο. Όχι, φυσικά, όλες, αλλά εκείνες όπου δίνεται ο ορισμός ή κάποιες ιδιαίτερα χρήσιμες πληροφορίες γι' αυτές. Καί, συνήθως, όχι τις σελίδες πού είναι γραμμένες στον πίνακα των περιεχομένων.

Πολλοί όροι είναι γραμμένοι δύο φορές : στην αλφαβητική τους σειρά και κάτω από κάποια άλλη λέξη, με την οποία έχουν σχέση. Στη δεύτερη περίπτωση ο τυπογράφος τις έβαλε λίγο πιο μέσα από την αρχή τής σειράς, για να μη μās μπερδεύουν στο ψάξιμο. Έτσι τή μετατροπή τής ενέργειας θά τή βρούμε, εκτός από την κανονική της θέση, και κάτω από τή λέξη ενέργεια. Τους όρους πού αποτελούνται από δύο ή περισσότερες λέξεις — ένα επίθετο, ως πούμε, και ένα ουσιαστικό — μπορούμε να τις αναζητήσουμε και στις δύο θέσεις. Λόγου χάρι : έπιστημονική θεωρία και θεωρία, έπιστημονική.

Τέλος, όπου συναντούμε μεγάλες παύλες, να έχουμε υπόψη ότι μπαίνουν στη θέση κάποιας λέξης μιας προηγούμενης σειράς. Στην κάθε περίπτωση είναι φανερό ποιά λέξη αντικαθιστούν.

α

αγωγήμο ύλικό 76
αγωγιμότητα 70
αγωγός 70, 74
αδένες 141
αδιαφανές σώμα 37
άερια καύσιμα 123
—, φυσικά 123
αίσθημα ήχου 27
άκμονας 26
άκτίνες λέιζερ 32
—, φωτεινές 31
— X 58, 98, 107
άκτινοβολία 32
άνιχνευτής — 34

άκτινοβολία, άόρατη 53, 98
— γ 99, 107
θερμική — 98
όρατή — 98
ύπεριώδης — 53, 98
ύπερυβρη — 53, 98
φάσμα ηλεκτρομαγνητικής — 99
άκτινογραφία 58
άκοή 26, 27
άλατα 141
άλεξικέραυνο 74
άλεξίπτωτο 143
άλκοολική ζύμωση 134
άλκοόλη 135
άλυσωτή αντίδραση 108

άμινοξύ 139
 άμπέρ 79
 άμυλάση 134
 άμυλο 131
 άναβολέας 26
 άνάκλαση του ήχου 22
 γωνία — 22
 — του φωτός 38
 άνάλυση του λευκοϋ φωτός 52
 άνθρακίτης 121
 άνθρώπινη φωνή 27
 άνιχνευτής άκτινοβολίας 34
 άντηχείο 22
 άντήχηση 22
 άντιβιοτικό 144, 145
 άντίδραση, άλυσωτή 108
 —, χημική 134
 άντίσταση 78
 άνώτερο όριο 35
 άόρατη άκτινοβολία 53
 άπλο κύκλωμα 76
 άποικοδόμηση 132
 άποκλίνοντες φακοί 50
 άπορρόφηση του φωτός 31, 41
 άπόσταξη, κλασματική 126, 127
 άποτύπωση ήχου 28
 άποφόρτιση 69
 άρνητικό ήλεκτρικό φορτίο 66, 68
 άρνητικός ήλεκτρισμός 73
 άστραπή 72, 73
 άσφάλεια 81
 άσφαλτος 127
 άτμόσφαιρα, ρύπανση 128
 άτμοσφαιρική διάθλαση 48
 άτομική βόμβα 100, 109
 — φυσική 100
 άτομικός άριθμός στοιχείου 105
 — μαγνήτης 93
 άτομο 8, 66, 93, 100
 δομή του — 66, 101, 103

β

βαζελίνη 127
 βιταμίνη 141

βόλτ 79
 βόμβα, άτομική 100, 109
 «βομβαρδισμός» πυρήνα 103, 108
 βόρειος πόλος 85, 87
 βραχυκύκλωμα 78, 80, 82
 βρογχοκήλη 141

γ

γαιάνθρακας 120
 γαιανθρακοφόρος περίοδος 121
 γαλακτόζη 130
 γαλαξίας 30
 γαλβανόμετρο 90
 γεννήτρια 96
 γεωφυσικός 88, 89
 γκαζολίνη 127
 γλεϋκος 135
 γλυκόζη 129
 γραμμόφωνο 29
 γραφή, «κατοπτρική» 42
 γραφίτης 119
 γωνία άνακλάσεως 22, 39
 — προσπτώσεως 22, 39

δ

δεσμός, χημικός 115
 διάδοση του ήχου 16
 — του φωτός 37
 διάθλαση του φωτός 47
 άτμοσφαιρική — 48
 διακόπτης 80
 διαμάντι 119
 διάσπαση του πυρήνα 106
 διατήρηση της ενέργειας 11
 διαφανές σώμα 41, 55
 διάχυση του φωτός 39
 δίπολα 85
 δίσκος του Νεύτωνα 55
 διυλιστήριο 125
 δοκιμαστικός σωλήνας 121
 δομή άτόμου 66, 101, 103, 113
 — μορίου 9, 113
 δυνάμεις, μαγνητικές 89

δυνάμεις, πυρηνικές 103
δυναμό 96

ε

εγχορδα 25
εἶδη μουσικῶν ὀργάνων 25
εἶδωλο 37, 41, 45, 51
φανταστικό — 42
ἐκλειψη 37
— ἡλίου 38
— σελήνης 38
ἐλλειψη 37
ἐλξη μορίων 8
ἐνέργεια 10
διατήρηση — 11
ἡλεκτρική — 10, 29, 76, 80
ἡλεκτρομαγνητική — 97
ἡλιακή — 10
κινητική — 10, 28
μετατροπή — 29, 31, 32, 76, 78, 80, 96
μεταφορὰ — 19
μορφές — 10, 12, 46
πηγές — 120
πυρηνική — 32
χημική — 10, 120
ἐνζυμο 139
ἐνταση ἤχου 14, 24
ἐντομοκτόνο 144
ἐνωση, χημική 114
ἐπαγωγή, ἡλεκτρομαγνητική 96
ἐπίπεδο κάτοπτρο 41
ἐπιστημονική θεωρία 56
ἔργο 9, 19
ἐστία 44
ἐτερόφωτο σῶμα 38

ζ

ζυμάση 134
ζύμη 134, 135
ζύμωση 134
ἀλκοολική — 134
ὀξική — 137

η

ἡλεκτρική γεννήτρια 96

ἡλεκτρική ἐγκατάσταση 80
— ἐνέργεια 10, 29, 76, 80
— στήλη 74

ἡλεκτρικὸ πεδίο 86
— ρεῦμα 74, 79, 81
— μονάδες — — 79
— στοιχεῖο 74
— φορτίο 65
ἀρνητικὸ — — 66, 68
θετικὸ — — 66, 68
στατικὸ — — 71
— — τοῦ σύμφου 73

ἡλεκτρικὸς κινητήρας 91

ἡλεκτρισμός 62
ἀρνητικὸς — 73
θετικὸς — 73
κίνδυνοι — 82
στατικὸς — 71, 72

ἡλεκτρόδιο 75
ἡλεκτρομαγνήτης 90
ἡλεκτρομαγνητική ἐνέργεια 97
— ἐπαγωγή 96
ἡλεκτρομαγνητικὸ κύμα 97
— συχνότητα — — 98

ἡλεκτρονικὸ μικροσκόπιο 9
ἡλεκτρόνιο 9, 67, 101
ροή — 89

ἡλεκτροσκόπιο 68
ἡλιακή ἐνέργεια 10
ἡλιακὸ φῶς 31

ἡχητικὸ κύμα 18, 19

— σῆμα 35

ἡχοληψία 28

ἡχος 12

ἀναπαραγωγή — 29

ἀποτύπωση — 28

ἐνταση — 14, 24

συχνότητα — 14

ταχύτητα — 18, 19

ὑψος — 14

χροιά — 24

ἡχῶ 22

θ

«θερμότητα» χρώματος 53, 69

θετικό ηλεκτρικό φορτίο 66, 68
θετικός ηλεκτρισμός 73
θεωρία, επιστημονική 56
—, κυματική 57, 60
—, σωματική 59, 60
θυρεοειδής αδένας 141
θυροξίνη 141

ι

ίνες 143

κ

καλαμοσάκχαρο 131
κατακόρυφος 47
καταλύτης 133
«κατοπτρική» γραφή 42
κάτοπτρο 41, 44
— επίπεδο — 41
σφαιρικό — 44
καύση 115, 120, 130
καύσιμα 120
— αέρια — 123
— και ρύπανση της ατμόσφαιρας 128
στερεά — 121
κενό 32, 35
κεραυνός 72, 73, 74
κίνδυνοι από τον ηλεκτρισμό 82
κίνηση μορίων 8
—, παλμική 13
κινητική ενέργεια 10, 28
κλάσμα πετρελαίου 126
κλασματική απόσταση 126, 127
κλασματικός πύργος 126
κοίλα κάτοπτρα 44
κόκ 123
κόκκος ενέργειας 59
κρουστά 25
κύκλος του άνθρακα 145, 146
κύκλωμα 75, 76, 77
— απλό — 76
κύμα, ηλεκτρομαγνητικό 58, 99
—, ήχητικό 18, 19
—, φωτεινό 56, 60

κυματική θεωρία 56, 60
κύμβαλα 25
κυρτό κάτοπτρο 44
κυτταρίνη 120, 134, 142

λ

λέιζερ 32, 100
λευκό φως 52
λιγνίτης 121
λιγροίνη 127
λιθάνθρακας 121
λίπος 137

μ

«μαγικός» καθρέφτης 40
μαγνήτης 29, 84
— ατομικός — 93
— μόνιμος — 91, 93, 95
— φυσικός — 84, 89
μαγνητικές γραμμές 86
— δυνάμεις 89
μαγνητική βελόνα 88
— περιοχή 94
— ταινία 29
μαγνητικό πεδίο 86, 95
— — της γης 87
μαγνητικός βορράς 88
μαγνητίτης 83, 84
μαγνητόφωνο 29
μέγεθος 14, 57
— φυσικό — 79
μελάσα 131
μετατροπή ενέργειας 29, 31, 32, 76, 78, 80, 96
μεταφορά — 19
μετρητής 80
μικρόκοκκος του ξιδιού 137
μικρόκοσμος 60
μικροσκόπιο 9
μονάδες ηλεκτρικού ρεύματος 79
μόνιμος μαγνήτης 91, 93
μοντέλο δομής του ατόμου 113
— — μορίου 113
μόνωση 80

μονωτής 70
 μόριο 8, 112
 δομή — 9
 εἶδη — 8
 μορφές ἐνέργειας 10, 12, 46
 μουσικά ὄργανα 25
 εἶδη — — 25
 μουσική 23
 μουσικὸς ἦχος 15, 24
 — φθόγγος 24
 μπαταρία 75, 77
 μύκητες 137, 144, 145

ν

νάιλον 143
 ναυτική πυξίδα 87
 νετρόνιο 9, 67, 101
 νέφος ἡλεκτρονίων 102, 115
 νόμος 30
 νότα 24
 ντὶ - ντὶ - τὶ 144

ο

οἰνόπνευμα 131, 135
 ὀξική ζύμωση 137
 ὀξικὸ ὄξυ 137
 ὀρατὴ ἀκτινοβολία 58
 ὀρατὸ φάσμα 53
 ὄργανα ἀκοῆς 26, 27
 —, μουσικά 25
 —, φωνητικά 27
 ὀργανική χημεία 119
 ὄριο 35
 ὀρμόνες 141
 ὀρυκτέλαιο 127
 οὐδέτερο 67
 οὐδετερόνιο 67
 οὐράνιο τόξο 52

π

παλμική κίνηση 13
 πλάτος — — 14
 παλμός 14

παρατήρηση 11
 παραφίνη 127
 πεδίο 86
 — βαρύτητας 86
 πείραμα 11
 πενικιλίνη 145
 περισκόπιο 43
 πετρέλαιο 124
 κλάσμα — 126
 κλασματική απόσταξη — 126, 127
 πηγές ἐνέργειας 120
 πλάτος παλμικής κινήσεως 14
 πληροφορία 16
 πνευμονιόκοκκος 145
 πνευστά 25
 ποιότητα ἤχου 24
 πόλος 75, 85, 92
 — ἡλεκτρικοῦ στοιχείου 75
 μαγνητικὸς — 85, 92
 βόρειος — — 85
 νότιος — — 85
 πολυμερές 131, 134, 142, 143
 πρίσμα 52
 προβολέας 44
 πρόσπτωση, γωνία 22
 πρωτεΐνη 138
 — πρώτης ποιότητας 139
 — δεύτερης — 139
 πρωτόνιο 9, 67, 101
 πτητική ἔνωση 122
 πυξίδα 85
 ναυτική — 87
 πυρήνας 9, 66, 101, 102
 διάσπαση — 106
 σχάση — 108
 πυρηνικὲς δυνάμεις 103
 πυρηνική ἐνέργεια 32
 πυρηνικὸ ἐργοστάσιο 100, 108
 πυρόλυση 127

ρ

ραδιενεργὸ στοιχείο 106
 ραδιόφωνο 63, 98

ραντάρ 98
ρεγιόν 142
ρεῦμα, ηλεκτρικό 74, 79
ροή ηλεκτρονίων 89
ρύπανση τῆς ἀτμόσφαιρας 128
μέτρα ἐναντίον τῆς — 129

σ

σάκχαρα 129
σακχαρόζη 130
σακχαρότευτλα 131
σήμα, ἡχητικό 35
—, φωτεινὸ 35
σημεῖο ζέσεως 126
σκιά 36, 38, 39
στατικό ηλεκτρικὸ φορτίο 71
στατικὸς ηλεκτρισμὸς 71, 72
σταφυλόκοκκος 144, 145
στερεὰ καύσιμα 121
στηθοσκόπιο 21
στοιχεῖο 104
 ραδιενεργὸ — 106
 «ταυτότητα» — 105
 τεχνητὸ — 105
 φυσικὸ — 104
στρεπτομυκίνη 145
συγκλίνοντες φακοὶ 50
συνθετικὲς ἴνες 143
σύννεφο, ηλεκτρισμὸς τοῦ — 73
συχνότητα ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων 98
— ἤχου 14
— φωτεινῶν κυμάτων 57, 58
σφαιρικὸ κάτοπτρο 44
σφύρα 26
σχάση πυρήνα 108
σωλήνας, δοκιμαστικὸς 121
σῶμα, ἀδιαφανὲς 37
—, διαφανὲς 41
—, ἐτερόφωτο 38
σωματικὴ θεωρία 59, 60
σωματίδια ὕλης 9
σωμάτιο 56, 60, 102
— α 106
— β 107

τ

τάση 79
«ταυτότητα» στοιχείου 105
ταχύτητα τοῦ ἤχου 18
— τοῦ φωτός 35
τεχνητὲς ἴνες 143
τεχνητὸ στοιχεῖο 105
τηλέγραφος 91, 92
τόνος 24
τρανζίστορ 62
τριβὴ 62, 67
τρομπόνι 25
τύμπανο αὐτιοῦ 26
τύπος τοῦ Ἀινστάιν 109

υ

ύγραέριο 123
ύδατάνθρακες 129
ύδρογονάνθρακες 118, 124
ὕλη 8, 104
ὑπέρηχοι 14, 23, 58
ὑπεριώδης ἀκτινοβολία 53
ὑπέρυθρη — 53
ὑπόηχοι 14, 58
ὑπόθεση 11
ὑφαντικὲς ὕλες 142
ὕψος ἤχου 14

φ

φαγκότο 25
φακοὶ 49
 ἀποκλίνοντες — 50
 εἰδῶλα — 51
 συγκλίνοντες — 50
φανταστικὸ εἰδῶλο 42
φάσμα 52
— ηλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας 97, 99
 ὁρατὸ — 53
φθόγγος 24
φορτίο, βλ. ηλεκτρικὸ
φόρτιση 68
φρουκτόζη 13
φυσικὴ 11

φυσικό αέριο 123
 — μέγεθος 79
 — στοιχείο 104
 — φῶς 30
 φυσικός μαγνήτης 84, 89
 φωνή 27
 φωνητικές χορδές 14, 27
 φωνογράφος 28, 29
 φῶς 30
 ἀνάκλαση τοῦ — 38
 ἀνάλυση τοῦ λευκοῦ — 52
 διάδοση — 37
 διάθλαση — 47
 διάχυση — 39
 ἡλιακό — 31
 «ὄρατό» — 58
 ταχύτητα τοῦ — 35
 φυσικό — 30
 φωταέριο 123
 φωτεινές ἀκτίνες 35
 φωτεινὸ σῆμα 35
 φωτιστικὸ πετρέλαιο 127

φωτοαντίγραφο 72
 φωτογραφικὴ μηχανή 37
 φωτόμετρο 58
 φωτόνιο 59
 φωτοσύνθεση 31, 130

Χ

χημεία 11
 ὀργανική — 119
 χημικὴ ἀντίδραση 134
 — ἐνέργεια 10, 120
 — ἔνωση 114
 χημικὸς δεσμός 115
 χιλιόκυκλοι 98
 χλωρομυκητίνη 145
 χορδές ἐγγόρδων 25
 —, φωνητικές 14, 27
 χροιά ἤχου 24
 χρυσομυκίνη 145
 χρώμα 52, 54, 56
 «θερμότητα» τοῦ — 53



ΕΚΔΟΣΙΣ Β', 1975 (VIII) - ΑΝΤΙΤΥΠΑ 175.000 - ΣΥΜΒΑΣΙΣ 2631/8-8-75

ΕΚΤΥΠΩΣΙΣ - ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ: ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΙΟΣ Α.Ε.

Φιλαδελφείας 8 - Ἀθήναι

