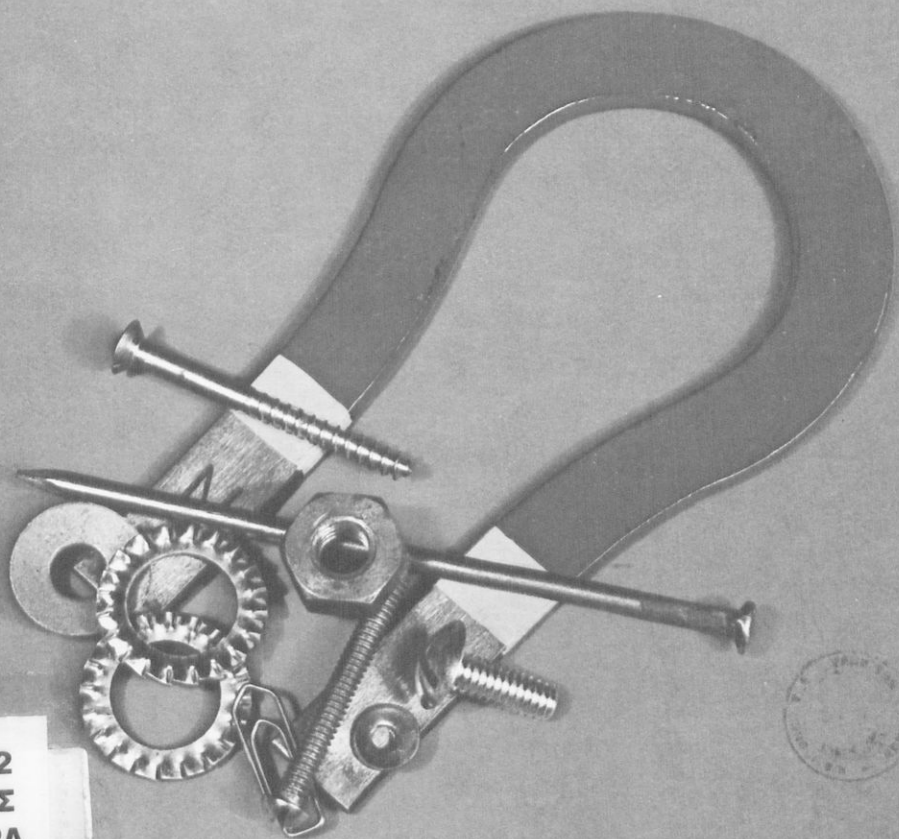


Φυσική καὶ χημεία

ΕΚΤΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ

ΦΥΣΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ ΣΤΑ

246



002
ΚΛΣ
ΣΤ2Α
527

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑ 1976

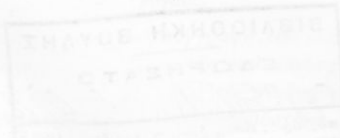
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Όργανισμός Επιδόσεων Διδακτινών Βιβλίων

ΦΥΣΙΚΗ και ΧΗΜΕΙΑ

Έκτης δημοτικού

ΔΩΡΕΑΝ



Άθήνα 1976



002
VPE
ST2A
S2f

ΦΥΣΙΚΗ και ΧΗΜΕΙΑ

ΕΚΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ

ΔΟΡΕΑ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ
ΕΔΩΡΗΣΑΤΟ
Δρ. Σπ. Π. Β. Β. Β. Β.
αριθ. πρωτ. 1073 καθ. έτους 1974



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, χημικός, καθηγητὴς Κολλεγίου Ἀθηνῶν
Ἀθηνᾶ Ρικάκη, δασκάλα Κολλεγίου Ἀθηνῶν
Ντίνα Χατζούδη - Γκέγκιου, χημικός, Γενικῶν Χημειῶν τοῦ Κράτους.

Στὴν ὁμάδα αὐτὴ πῆρε μέρος ἐπίσης ἀπὸ τὴν ἀρχὴ καὶ ὁ Γεώργιος Γραμματικάκης, φυσικός τοῦ ΚΠΕ Δημόκριτος, ἐνῶ ἡ Α. Ρικάκη διέκοψε τὴ συνεργασία της μετὰ τὴν ἔκδοση τοῦ πρώτου τεύχους.

Ἡ μέθοδος ἐργασίας πὸν ὑπαγόρευσε τὴ συγγραφή τοῦ βιβλίου, ἡ συνεργασία δηλαδὴ ἀκαδημαϊκῶν δασκάλων, ἐρευνητῶν καὶ παιδαγωγῶν, ἀποτελεῖ μιὰ προσπάθεια εἰσαγωγῆς καὶ στὴ χώρα μας τῆς συνδυασμένης πείρας ἐπιστημόνων διαφόρων ειδικοτήτων, μέθοδος πὸν ἐφαρμόστηκε μὲ ἐπιτυχία σὲ πολλὰς προηγμένες χώρες γιὰ τὰ βιβλία τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν, στὴ δημοτική καὶ μέση ἐκπαίδευση. Τὰ ἀρχικὰ κείμενα, πὸν ἀντιστοιχοῦν στὰ διάφορα

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

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

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

Φέτος στο μάθημα της φυσικής και της χημείας ζητούμε από σας να γίνετε μικροί επιστήμονες έρευνητές. Στην πραγματικότητα είστε έρευνητές από τα πολύ μικρά σας χρόνια, τότε που ανοίγατε τα παιχνίδια σας και τρυπούσατε τις κοιλίες σας, για να μάθετε τα μυστικά τους ! Αυτή ή περιέργεια που έχει ο άνθρωπος για τη γνώση, για να μάθει τί υπάρχει γύρω του, πώς είναι φτιαγμένο και πώς λειτουργεί, είναι πολύ σημαντικό πράγμα. Χωρίς αυτήν ο άνθρωπος θα ήταν αδιάφορος κι ο κόσμος δε θα πρόκοβε.

Φέτος λοιπόν στο μάθημα της φυσικής και της χημείας θα έρευνήσετε μόνοι σας ν' ανακαλύψετε τα μεγάλα μυστικά της φύσης, γιατί μόνο η γνώση που αποχτούμε μόνοι μας έχει αξία. Βέβαια θα σας βοηθήσει και ο δάσκαλός σας και το βιβλίο που έχετε στα χέρια σας. Όμως θα θέλαμε με τη δική σας κυρίως προσπάθεια να μάθετε αυτά τα μυστικά. Να παρατηρήτε με προσοχή το καθετί που υπάρχει γύρω σας, να κάνετε πειράματα — έτσι δεν κάνουν κι οί επιστήμονες ; — να διατυπώσετε τις υποθέσεις σας και να βγάλετε τα συμπεράσματά σας.

Είπαμε πιο πάνω πως το φετινό βιβλίο θα σας βοηθήσει σ' αυτή την έρευνητική σας προσπάθεια. Όμως θα σας εμπιστευτούμε ένα μικρό μυστικό. Το βιβλίο σας είναι έτσι γραμμένο, ώστε να μη μπορήτε να το αποστηθίσετε, γιατί γνώσεις που παπαγαλίζονται είναι άχρηστες γνώσεις. Μην προσπαθήσετε λοιπόν κάτω τέτοιο, αφού ούτε και ο δάσκαλός σας θα σας το ζητήσει.

Καλή επιτυχία !

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.		Σελ.
A. ΦΥΣΙΚΗ			
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ			
1. Ύλη	8	9. Ό ηλεκτρισμός στο σπίτι	80
2. Ένέργεια	9	10. Μαγνητικές δυνάμεις	83
3. Παρατήρηση - Υπόθεση - Πείραμα	11	11. Το μαγνητικό πεδίο	85
II. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ			
1. Ό Ήχος. Μιά άλλη μορφή ενέργειας ...	12	12. Το ηλεκτρικό ρεύμα παράγει μαγνητικό πεδίο	88
2. Το φώς, ενέργεια που ακτινοβολείται	14	13. Ήλεκτρομαγνήτες και οι εφαρμογές τους ..	90
3. Ή διάδοση του ήχου	16	14. Μαγνητισμός των ατόμων	92
4. Ανάκλαση των ήχητικών κυμάτων	21	15. Ήλεκτρομαγνητική επαγωγή	95
5. Μουσικοί ήχοι και όργανα	23	16. Ήλεκτρομαγνητικά κύματα	97
6. Φωνητικά όργανα και όργανα άκοης ..	26	V. ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ	
7. Ήχοληψία και άναπαραγωγή του ήχου ..	28	1. Ό αιώνας μας, αιώνας του ατόμου	100
III. ΟΠΤΙΚΗ			
1. Το φώς στη ζωή μας	30	2. Τα άτομα και ή δομή τους	100
2. Το φώς, ενέργεια που ακτινοβολείται ..	30	3. Έξερεινώντας τον πυρήνα	102
3. Ή ταχύτητα του φωτός	34	4. Ή ύλη αποτελείται από πολλά είδη ατόμων	104
4. Το φώς διαδίδεται εϋθύγραμμα	35	5. Πυρήνες που διασπώνται από μόνοι τους :	
5. Το φώς συναντά τὰ υλικά σώματα	38	ραδιενέργεια	106
6. Τὰ επίπεδα κάτοπτρα και τὰ ειδωλά τους ..	41	6. Πυρήνες που διασπώνται τεχνητά : σχάση	108
7. Σφαιρικά κάτοπτρα	44	B. ΧΗΜΕΙΑ	
8. Ή διάθλαση του φωτός	46	A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
9. Οί φακοί και τὰ ειδωλά τους. Το μάτι μας ..	49	1. Μόρια και άτομα	112
10. Χρώματα κρυμμένα στο λευκό φώς	52	2. Χημικές ενώσεις και χημικός δεσμός	114
11. Φώς που δέν βλέπουμε	53	3. Ή όργανική χημεία και ό άνθρακας	119
12. Το χρώμα των σωμάτων	54	B. ΚΑΥΣΙΜΑ: ΓΑΙΑΝΘΡΑΚΕΣ, ΦΩΤΑΕΡΙΟ, ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	
13. Υπάρχουν δύο θεωρίες για τὸ φώς	56	1. Στερεά καύσιμα	120
14. Το φώς είναι κύματα	57	2. Τὰ άέρια καύσιμα	123
15. Το φώς είναι σωμάτια	58	3. Το πετρέλαιο	124
16. Το φώς είναι και σωμάτια και κύματα ..	60	4. Ή ρύπανση τής ατμόσφαιρας από τὰ καύσιμα	127
IV. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ			
1. Ύλικά σώματα ηλεκτρίζονται με τριβή ..	62	Γ. ΣΑΚΧΑΡΑ, ΛΙΠΗ, ΠΡΩΤΕΪ-ΝΕΣ :	
2. Θετικά και άρνητικά φορτία	64	1. Άπαραίτητα καύσιμα για τόν άνθρωπο ..	129
3. Άτομα, πρωτόνια και ήλεκτρόνια	66	2. Σάκχαρα	129
4. Το ήλεκτροσκόπιο. Καλοί και κακοί άγωγοί του ήλεκτρισμού	68	3. Λίπη	137
5. Ό στατικός ήλεκτρισμός γύρω μας	72	4. Πρωτεΐνες	138
6. Το ήλεκτρικό ρεύμα και οι πηγές του	74	5. Βιταμίνες, άνόργανα άλατα, όρμόνες	140
7. Ένα άπλό κύκλωμα	76	Δ. ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΙΝΕΣ	
8. Μονάδες του ήλεκτρικού ρεύματος	79	E. ENTOMOKTONA	
		Z. ΦΑΡΜΑΚΑ	
		H. H OPGANIKH XHMEIA KAI H KATHMEPINH MAS ZWH	
		BIBΛIOΓPAΦIA	
		EYPETHPIO	

α. φυσική



I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

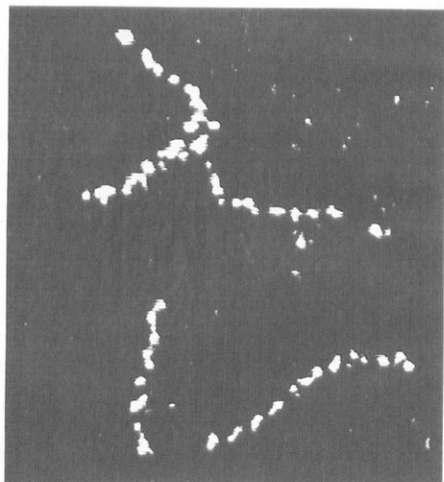
1. Ύλη

Ύλη 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.

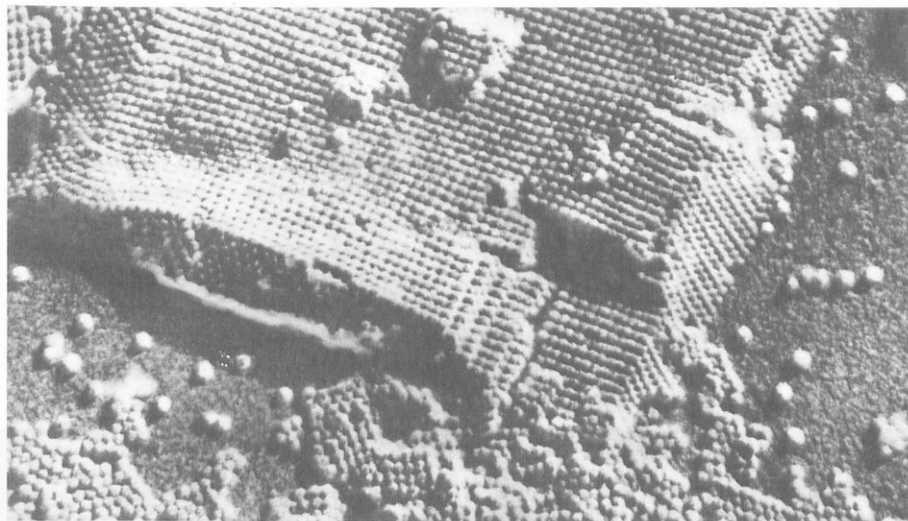
Η ύλη αποτελείται από πάρα πολύ μικρά κομματάκια ή, αλλιώς, από σωματίδια, που τα ονομάζουμε **μόρια**. Τα μόρια είναι τόσο μικρά, ώστε δεν μπορούμε να τα δούμε. Μέσα σε μια δαχτυλήθρα νερό υπάρχουν πολλά δισεκατομμύρια μόρια νερού. Ακόμη και σ' έναν κόκκο κιμωλίας υπάρχουν δισεκατομμύρια μόρια κιμωλίας. 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 άτόμων ενός χημικού στοιχείου, που λέγεται θόριο.



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 μέτρον (0,000002 μέτρα).

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

Ἄλλὰ 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 ἕναν **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 ἀληθινὸ, ὅτι
ὅλη ἡ τεράστια ποικιλία τῶν πραγμάτων ποὺ
βλέπομε γύρω μας, τὰ ζωντανὰ καὶ τὰ ἄψυ-
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*

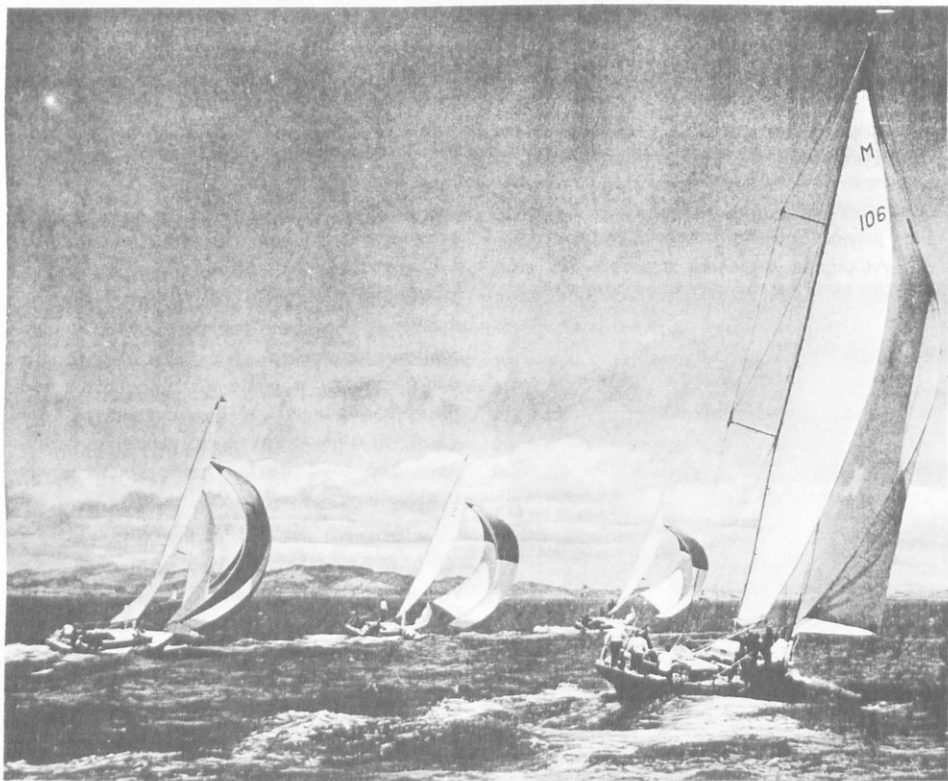
μιά δύναμη κάνει ένα αντικείμενο να μετακινείται σε κάποια απόσταση. "Αν τὸ πρῶτο ἤρθαμε στὸ σχολεῖο μὲ λεωφορεῖο, τὸ λεωφορεῖο ἔκανε κάποιο ἔργο. "Αν ἤρθαμε μὲ τὰ πόδια, τότε τὸ ἔργο τὸ κάναμε ἐμεῖς. "Ἐργο παράγομε κάθε λεπτό. "Ὅταν ἐργαζόμαστε, ὅταν περπατοῦμε, ἀκόμη καὶ ὅταν παίζωμε.

"Ὅταν ἓνα κομμάτι ὕλης ἔχη τὴν ικανότητα νὰ παράγη 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 πρασινίζουσι, τὰ ποτάμια νὰ

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

Ἡ ἐνέργεια παρουσιάζεται μὲ διάφορες μορφές. Τὰ κινούμενα αντικείμενα ἔχουν *κινητικὴ ἐνέργεια*. Τὰ φυτὰ μεγαλώνουσι μὲ τὴν *ἠλιακὴ ἐνέργεια*. Πολλές συσκευές στὸ σπῆτι μας δουλεύουσι μὲ *ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια*. Τὰ κούσιμα, ὅπως ἡ βενζίνη καὶ τὸ κάρβουνο, ἔχουσι *χημικὴ ἐνέργεια*. Στὸ βιβλίο μας αὐτὸ θὰ γνωρίσωμε καλύτερα μερικὲς ἀπὸ τίς μορφές τῆς ἐνέργειας.

Κάθε μεταβολὴ ποὺ παρατηροῦμε



Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ ἀνέμου κινεῖ τὰ ἱστιοφόρα.

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

Η χημική ενέργεια τής 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 εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

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

Τα περισσότερα φαινόμενα, που παρατηρούμε γύρω μας, είναι πολύπλοκα. Ένα κομμάτι ύλης, που παίρνει ενέργεια από κάπου, μπορεί να τή 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. Ξέρουμε όμως ότι όση ενέργεια δίνουμε, τόση ενέργεια παίρνουμε, γιατί ή ενέργεια ούτε αυξάνεται ούτε χάνεται.

3. Παρατήρηση - Ύποθεση - Πείραμα

Από μικρά παιδιά συνέχεια κοιτάζουμε γύρω μας τόν κόσμο, που μās περιβάλλει. Μέσα στην τάξη μας βλέπομε τόν δάσκαλο, τούς συμμαθητές μας, τὰ θρανία και τόν πίνακα. Στη φύση βλέπομε τὰ πουλιά, τὰ δέντρα, τόν φεγγάρι, τή βροχή, τὰ βουνά και

τις πεδιάδες. Τό νά βλέπομε όμως κάτι είναι διαφορετικό από τόν νά τόν παρατηρούμε. Τυχαίνει νά έχωμε δεί ένα αντικείμενο ή ένα φαινόμενο πολλές φορές, αλλά όταν θελήσωμε νά τόν περιγράψωμε, δέν μπορούμε. "Όταν όμως παρατηρήσωμε κάτι με προσοχή, μπορούμε εύκολα νά περιγράψωμε τις ιδιότητές του. Μπορούμε νά περιγράψωμε τόν σχήμα, τόν χρώμα, τήν όσμη και τόν μέγεθος του.

Με τήν **παρατήρηση** γεννιούνται και διάφορα ερωτήματα, γιατί θέλομε νά εξηγήσωμε αυτό που παρατηρούμε. Γιατί βρέχει; Πόσο μακριά είναι τόν φεγγάρι; Γιατί λιώνει ό πάγος; Η παρατήρηση και τὰ ερωτήματα είναι ή άρχη γιά νά γνωρίσωμε τή φύση. Για νά απαντήσωμε στα ερωτήματά μας, συνήθως κάνομε διάφορες **υποθέσεις**, δηλαδή βρίσκομε διάφορες απαντήσεις, που μās 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 τόν σκοπό, νά κάνωμε δηλαδή **πειράματα**. Ξαναδιαβάζοντας τώρα τόν βιβλίό τού περασμένου χρόνου μπορείτε νά βρήτε πώς μ' αυτό τόν τρόπο μελετήσατε πολλά φυσικά και χημικά φαινόμενα. Η παρατήρηση, ή υπόθεση και τόν πείραμα λοιπόν προχωρούν χέρι χέρι. Συνήθως ή μελέτη ενός φαινομένου άρχίζει με μια παρατήρηση, που μās κεντρίζει τόν ενδιαφέρον. Για νά καταλάβωμε τόν φαινόμενο και νά απαντήσωμε στα ερωτήματα που μās γεννιούνται, κάνομε υποθέσεις και ελέγχομε τις υποθέσεις μας με πειράματα. Πολλές φορές, όταν κάνωμε ένα πείραμα, παρατηρούμε νέα φαινόμενα και κάνομε γι' αυτά νέες υποθέσεις και νέα πειράματα. Έτσι, βήμα βήμα, με τήν παρατήρηση, τήν υπόθεση και τόν πείραμα προχωρούμε στην εξερεύνηση τής φύσης, με άλλα λόγια προχωρούμε στην γνώση τής *φυσικής* και τής *χημείας*.

II. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

1. Ὁ ἦχος. Μιά ἄλλη μορφή ἐνέργειας

Ἐχετε μάθει ὅτι στὸ φυσικὸ κόσμο ποὺ μᾶς περιβάλλει ὑπάρχει ὕλη καὶ ἐνέργεια. Ἡ ἐνέργεια βρίσκεται σὲ πολλές μορφές καὶ ἴσως σὰς ξαφνιάση ὅτι ὁ ἦχος εἶναι μιὰ ἀπ' αὐτὲς τὶς μορφές. Ἡ ἐνέργεια ὅμως ἐκδηλώνεται στὴ φύση μὲ κάποια κίνηση τῆς ὕλης. Τί σχέση μπορεῖ νὰ ἔχη μὲ τὸν ἦχο; Μὲ ἄλλα λόγια, ποιά κίνηση στὸ φυσικὸ μας περιβάλλον συνδέεται μὲ τὸ φαινόμενο τοῦ ἤχου, καὶ πῶς μπορούμε νὰ τὸ ἀνακαλύψουμε αὐτὸ κάνοντας ἀπλὲς παρατηρήσεις γύρω μας; Τὴν ἀπάντηση σ' αὐτὲς τὶς ἐρωτήσεις θὰ προσπαθήσωμε νὰ βροῦμε στὴ συνέχεια.

Ἦχους ἀκοῦμε διαρκῶς γύρω μας κι ἔχομε μάθει μὲ τὴν ἀκοή μας νὰ τοὺς ξεχωρίζουμε καὶ νὰ ἀναγνωρίζουμε ἀπὸ ποῦ ἔρχονται. Καταλαβαίνομε τὴ φωνὴ ἐνὸς φίλου, τὸ βούισμα ἐνὸς κουνουπιοῦ, τὸν ἦχο ἐνὸς μουσικοῦ ὄργανου, ἀκοῦμε ἕνα αὐτοκίνητο ποὺ περνάει καὶ δὲν τὸ βλέπομε, τὸ τρίξιμο τῆς κιμωλίας ἐπάνω στὸν πίνακα. Τί εἶναι ἐκεῖνο ποὺ προκαλεῖ αὐτοὺς τοὺς ἤχους καὶ ἀπὸ ποιὲς ιδιότητες τοὺς ξεχωρίζουμε;

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χροειαστῆτε ἕνα πλαστικὸ χάρακα μὲ μῆκος 20 ὡς 30 ἑκατοστὰ τοῦ μέτρου.

1) Ἀκουμπήστε τὸ χάρακα ἐπάνω στὸ θρανίο, ὥστε ὁ μισὸς ἢ λίγο παραπάνω νὰ βoίσκεται ἔξω ἀπὸ τὸ θρανίο.

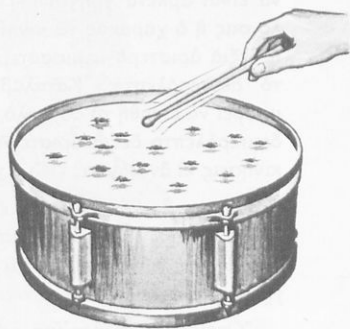
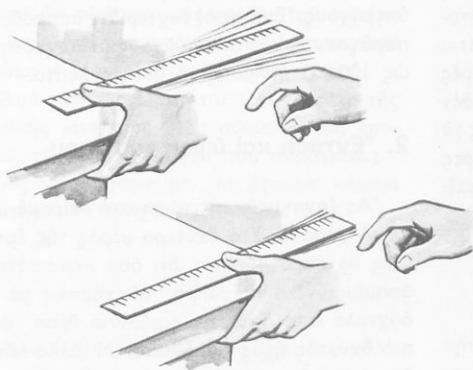
Κρατῆστε μὲ δύναμη τὸ μέρος τοῦ χάρακα ποὺ βoίσκεται ἐπάνω στὸ θρανίο, πατήστε τὴν ἄλλη ἄκρη του καὶ ἀφήστε τὴν ἀπότομα, ὥστε ν' ἀρχίσῃ νὰ κινῆται πάνω κάτω.

Ἄκουτε ἦχο; Πότε σταματᾷ;

2) Ἐπαναλάβετε μερικὲς φορὲς τὸ προηγούμενο πείραμα, κάθε φορὰ μὲ διαφορετικὴ δύναμη στὴν ἐλεύθερη ἄκρη τοῦ χάρακα. Τί ξεχωρίζει τοὺς ἤχους ποὺ παράγονται;

3) Τραβήξτε λίγο τὸ χάρακα πρὸς τὰ μέσα, ὥστε τὸ κομμάτι ποὺ εἶναι ἔξω ἀπὸ τὸ θρανίο νὰ εἶναι τὸ μισὸ περίπου ἀπὸ ὅ,τι στὴν προηγούμενη ἐργασία καὶ κάντε πάλι τὴν ἄκρη τοῦ χάρακα νὰ κινῆται. Εἶναι ὁ ἦχος διαφορετικός; Βλέπετε καμιά διαφορὰ στὴν κίνηση τοῦ χάρακα; Εἶναι πιὸ γρήγορη ἢ πιὸ ἀργή;

4) Δοκιμάστε τώρα κάτι ἄλλο. Πάρτε ἕνα



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Η παλμική κίνηση του χάρακα παράγει ήχο. Στο τύμπανο ο ήχος παράγεται από την παλμική κίνηση της μεμβράνης που φανερώνεται με την άμμο που χοροπηδάει.

τύμπανο και χτυπήστε το δυνατά. Άκουστε τον ήχο που έρχεται από το τύμπανο και ακουμπήστε με προσοχή το δάχτυλό σας στην τεντωμένη μεμβράνη. Τι αισθάνεστε ; Σκορπίστε λίγη άμμο πάνω στο τύμπανο και χτυπήστε το. Τι παρατηρείτε ; Επαναλάβετε το πείραμα μερικές φορές χτυπώντας λιγότερο ή περισσότερο δυνατά. Τι παρατηρείτε ;

Με τις παραπάνω παρατηρήσεις μπορείτε τώρα να υποπτευθήτε ότι κάθε φορά που ένα υλικό σώμα κινείται πάνω κάτω ή εμπρός πίσω παράγει ήχο. Λέμε ότι το σώμα, στο παράδειγμά μας ο χάρακας ή το τύμπανο, κάνει **παλμική κίνηση**. Όπως παρατηρούμε, όταν σταματά ή παλμική κίνηση, σταματά και ο ήχος. Τώρα που έχετε κάνει αυτή την παρατήρηση μπορείτε ίσως να θυμηθίτε τους διάφορους ήχους που ακούτε κάθε μέρα στο σπίτι, στο δρόμο ή στο σχολείο και να σκεφτήτε ποιές παλμικές κινήσεις τους προκα-

λούν. "Όταν ακουμπήσετε το χέρι σας σ' ένα ραδιόφωνο που παίζει, θα αισθανθήτε την παλμική κίνηση. Στο δρόμο, όταν περάση δίπλα σας με θόρυβο ένα βαρύ φορτηγό, αισθάνεστε το έδαφος να τρέμη κάτω από τα πόδια σας. Πολλές φορές μπορούμε ν' αντιληφθούμε συγχρόνως τούς ήχους και τις παλμικές κινήσεις που τούς συνοδεύουν, όπως στα προηγούμενα παραδείγματα. Άλλες φορές όμως δεν είναι δυνατόν ν' αντιληφθούμε τις παλμικές κινήσεις που παράγουν έναν ήχο. Πάντοτε όμως πρέπει να είμαστε βέβαιοι ότι, όταν ακούμε κάτι, υπάρχει κάποιο υλικό σώμα που κάνει παλμικές κινήσεις.

Κάθε παλμική κίνηση που κάνουν τα υλικά σώματα παράγει έναν ήχο, παρ' όλο που εμείς δεν τον ακούμε πάντοτε. Δοκιμάστε να κινήσετε το δάχτυλό σας δεξιά άριστερά, όσο γρήγορα γίνεται. Αυτή είναι μιá παλμική κίνηση σαν κι εκείνη που έκανε ο χάρακας που είχατε στηρίξει στο τραπέζι. Όσο παράξενο κι αν σας φαίνεται, όση ώρα το δάχτυ-

λό σας κινείται, παράγεται ήχος αλλά έσεις δέν άκούτε τίποτα. Για ν' άκουστέ 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 δέν μπορεί νά κινητέ τό δάχτυλό σας 16 φορές τό δευτερόλεπτο δεξιά άριστερά, όσο γρήγορες κινήσεις κι άν κάνετε, ένώ ό χάρακας μπορεί.

Υπάρχουν λοιπόν ήχοι πού δέν τούς άκούμε, γιατί ό άνθρωπος μπορεί ν' άκούσει μόνο ήχους πού προέχονται από άρκετά γρήγορες παλμικές κινήσεις.

Όταν παρατηρήτε για άρκετό χρόνο τήν παλμική κίνηση πού κάνει ένα ύλικό σώμα, αυτό πού βλέπετε είναι μία σειρά από όμοιες κινήσεις πού επαναλαμβάνονται. Καθεμία άπ' αυτές ονομάζεται **παλμός**. Ό άριθμός τών παλμών πού γίνονται σ' ένα δευτερόλεπτο είναι ένα πολύ σημαντικό μέγεθος, πού ονομάζεται **συχρότητα**. Τώρα πού μάβατε τί είναι συχρότητα, μπορείτε νά περιγράψετε με πιό επιστημονικό τρόπο τούς ήχους πού μπορεί ν' άκούσει ό άνθρωπος. Είναι εκείνοι πού έχουν συχρότητα μεγαλύτερη από 16 παλμούς περίπου τό δευτερόλεπτο. Όσοι ήχοι έχουν συχρότητα μικρότερη άπ' αυτήν ονομάζονται **ύπόηχοι** και ό άνθρωπος δέν μπορεί νά τούς άκούσει. Μπορεί επίσης νά σάς γεννητέ ή άπορία, άν έχουμε άκούσει ήχους με συχρότητα πολλά έκατομμύρια παλμούς τό δευτερόλεπτο. Η άπάντηση είναι ότι δέν μπορούμε ν' άκούσουμε ήχους με συχρότητα μεγαλύτερη από 20.000 παλμούς τό δευτερόλεπτο. Όσοι ήχοι έχουν μεγαλύτερη συχρότητα άπ' αυτήν ονομάζονται **ύπέρηχοι** και ποτέ δέν τούς έχει άκούσει αύτί άνθρωπου. Είναι κι αυτό ένα παράδειγμα ένός φαινομένου πού δέν τό πιάνουν οι αισθήσεις μας και για νά τό άντιληφθούμε, πρέπει νά κατασκευάσουμε ειδικά όργανα. Μερικά ζώα είναι πολύ καλύτερα σ' αυτό από τόν άνθρωπο.

Οί σκύλοι άκούν ήχους με συχρότητες ώς 40.000 παλμούς τό δευτερόλεπτο και τά δελφίνια μπορούν νά παράγουν και ν' άκούν ύπέρηχους. Επίσης οι νυχτερίδες μπορούν νά παράγουν και νά άκούν ήχους με συχρότητες ώς 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 άπομακρύνετε 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.

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

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

Οί ήχοι δέν 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 κοιτάζετε προσεκτικά τήν κίνηση του χάρακα, θά δήτε ίσως ότι κάνει πιό γρήγορες παλμικές κινήσεις, δηλαδή έχει μεγαλύτερη συχρότητα. Η συχρότητα λοιπόν καθορίζει, άν ένας ήχος άκούγεται λεπτότερος ή βαρύτερος, καθορίζει όπως λέμε τό **ύψος** του ήχου. *Όσο πιό μεγάλη ή συχρότητα 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 οι ήχοι έτσι και ή φωνή παράγεται από παλμικές κινήσεις πού κάνουν οι φωνητικές χορδές πού έχουμε 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 τι όμως εξαρτάται η συχνότητα της παλμικής κινήσεως ενός σώματος και έπομένως το ύψος του ήχου που παράγεται;

Ας προσπαθήσωμε να βρούμε κάποια απάντηση σ' αυτό το έρώτημα.

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' άκουσ τη ήχος. Κάνετε το ίδιο με το μισό μήκος του σπάγκου.

Ποιός ήχος έχει μεγαλύτερο ύψος;

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

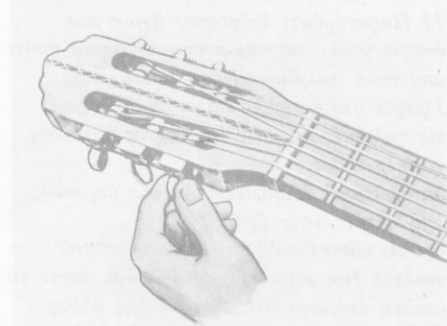
Ποιός ήχος έχει μεγαλύτερο ύψος;

Από το πρώτο μέρος της εργασίας διαπιστώσατε ότι το μικρότερο κομμάτι σπάγκου παράγει ήχο με μεγαλύτερο ύψος, δηλαδή πάλλεται με μεγαλύτερη συχνότητα. Αυτήν 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 παράγεται.

μικρότερη μάζα. Παρόμοιες παρατηρήσεις μπορείτε καλύτερα να κάνετε, αν βρήτε μιὰ κιθάρα. Οί χοντρές χορδές δίνουν χαμηλούς ήχους, ενώ οί λεπτότερες δίνουν ύψηλούς ήχους. Βγάζουμε λοιπόν 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 πού τεντώνουν ἢ χαλαρώνουν τὶς χορδές. Τώρα πιά, ἂν κάποτε παρακολουθήσετε μιὰ ὀρχήστρα πρὶν ἀρχίσει νὰ παίζει, μπορεῖτε νὰ ἐξηγήσετε γιατί οἱ μουσικοὶ διορθώνουν τὰ κλειδιά τῶν βιολιῶν τους: θέλουν νὰ ταιριάξουν τὶς συχνότητες τῶν μουσικῶν ὀργάνων τους.

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

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Παρατηρήστε διάφορους ἤχους πὸν 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 κομματί χαρτόνι ἔτσι, ὥστε νὰ μπαῖν ἀνάμεσα στὶς ἀκτίνες τῆς ρόδας. Καθὼς θὰ τρέχετε, ἀκοῦτε ἓνα θόρυβο πὸν 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 διαβάζετε, ἀκοῦτε τὴ φωνὴ τοῦ φίλου σας πὸν σᾶς καλεῖ ἀπ' ἐξῶ νὰ παίξετε. Ὅπως εἶδαμε στὸ προηγούμενο μάθημα, ὁ φίλος σας παράγει φωνὴ κάνοντας τὶς φωνητικὲς χορδές του νὰ πάλλονται. Ἄλλὰ πῶς φτάνει ὡς τὸ αὐτί σας ὁ ἦχος; Τὸ ἴδιο μπορεῖτε νὰ ἀναρωτηθῆτε καὶ γιὰ τὸν ἦχο πὸν ἀκοῦτε ἀπὸ τὶς παλμικὲς κινήσεις τοῦ χάρακα, πὸν παρατηρήσαμε στὸ προηγούμενο μάθημα. Εἶναι μιὰ ἐρώτηση πὸν γεννιέται πολλὲς φορές στὴ φυσικὴ. Βλέπομε δηλαδὴ σὲ κάποιο σημεῖο νὰ συμβαῖν κάποιο φαινόμενο, οἱ φωνητικὲς χορδές τοῦ φίλου σας πάλλονται, ὁ χάρακας κινεῖται πάνω κάτω. Τὸ ἀποτέλεσμα αὐτῶν τῶν φαινομένων τὸ καταλαβαῖνομε 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 περιομένετε, ὥσπου τὸ νερὸ νὰ ἠρεμῆσει τελείως.

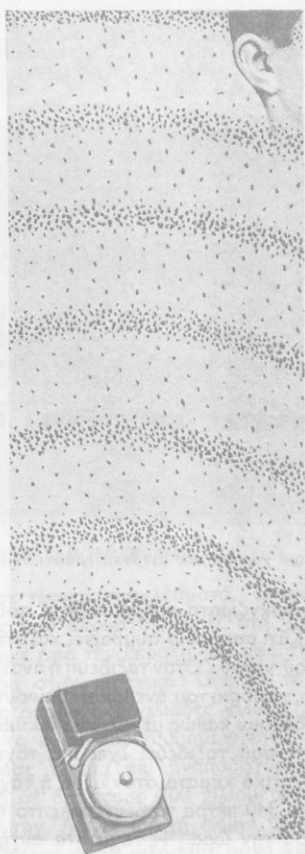
Ἀφήστε μὲ προσοχὴ ἓνα λεπτὸ κομματάκι ξύλο, πὸν κόψατε ἀπὸ ἓνα σάιζτο, στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ, σὲ κάποια ἀπόσταση ἀπὸ τὸ κέντρο τῆς λεκάνης. Ἀφήστε μιὰ σταγόνα νερὸ νὰ πέσει στὸ κέντρο τῆς λεκάνης. Παρατηρήστε τί συμβαίνει στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ. Μπορεῖ νὰ χρειαστῆ νὰ τὸ ἐπαναλάβετε, γιὰ νὰ τὸ παρατηρήσετε προσεκτικὰ. Τί παρατηρεῖτε στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ καὶ τί συμβαίνει στὸ ξύλο;

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

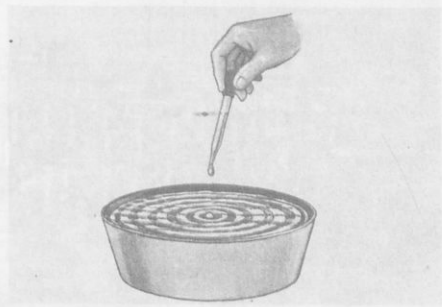
ρίχνετε μια πέτρα στην ήρεμη επιφάνεια μιᾶς λίμνης. Ἀπὸ τὸ σημεῖο ποὺ πέφτει ἡ πέτρα, ἢ ἡ σταγόνα στὴν ἐργασία σας, ξεκινᾷ μιὰ ἀναταραχὴ στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ, ποὺ ἀπλώνεται σὰν ἓνας κύκλος ποὺ μεγαλώνει συνεχῶς καὶ σιγὰ σιγὰ σβῆνει. Καθὼς περνᾷ ὁ κύκλος ἀπὸ τὸ σημεῖο ὅπου εἶναι τὸ ξυλαράκι, τὸ κάνει νὰ ἀνεβοκατεβαίνει. Δημιουργήσαμε ἓνα κύμα, ποὺ ξεκινᾷ ἀπὸ τὸ σημεῖο ὅπου πέφτει ἡ σταγόνα καὶ ὅταν φτάσει στὴ θέση ποὺ εἶναι τὸ ξυλαράκι, τὸ κάνει νὰ ἀνεβοκατεβαίνει.

Μπορεῖ κάτι τέτοιο νὰ συμβαίνει μὲ τὸν ἦχο; Στὸ προηγούμενο παράδειγμα ἔχομε τὸ νερὸ ἀνάμεσα στὸ σημεῖο ποὺ πέφτει ἡ σταγόνα καὶ στὸ ξυλαράκι. Ἀλλὰ τί ὑπάρχει ἀνάμεσα στὸ χάρακα καὶ στὸ αὐτί μας; Εἶναι ὁ ἀέρας. Εἶναι δύσκολο βέβαια νὰ δοῦμε κύματα στὸν ἀέρα, ἀλλὰ μπορούμε νὰ φανταστοῦμε πῶς δημιουργοῦνται, ξέροντας ὅτι ὁ ἀέρας ἀποτελεῖται ἀπὸ μόρια. Κοιτάξτε τὴν εἰκόνα: καθὼς ὁ χάρακας κινεῖται πρὸς τὰ κάτω, στρώχνει τὰ μόρια τοῦ ἀέρα καὶ δημιουργεῖται ἓνα πύκνωμα. Τὰ μόρια σ' αὐτὸ τὸ πύκνωμα στρώχνουν αὐτὰ ποὺ βρίσκονται στὸ διπλανό τους στρώμα ἀέρα, ποὺ μὲ τὴ σειρά τους πυκνώνουν. Ἔτσι τὸ πύκνωμα μεταδίδεται μέσα στὸν ἀέρα, μὲ τὸν ἴδιο τρόπο ποὺ μιὰ σπρωξιὰ σὲ μιὰ σειρά παιδιῶν φτάνει ἀπὸ τὴ μιὰ ἄκρη στὴν ἄλλη.

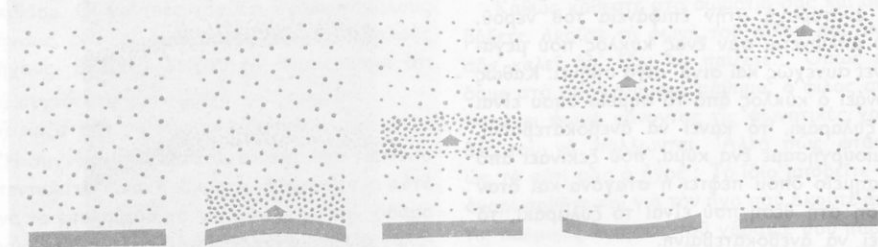
Γυρίζοντας πρὸς τὰ πάνω ὁ χάρακας ἀφήνει χῶρο πίσω του. Στὸ χῶρο αὐτὸ ἀπλώνονται τώρα τὰ μόρια τοῦ ἀέρα καὶ δημιουργεῖται ἓνα ἀραιώμα, ποὺ μεταδίδεται στὸ διπλανὸ στρώμα ἀέρα, ὅπως συμβαίνει καὶ μὲ τὸ πύκνωμα. Καθὼς ὁ χάρακας κινεῖται, δημιουργοῦνται διαδοχικὰ πικνώματα καὶ ἀραιώματα ποὺ ταξιδεύουν ἢ, ὅπως λέμε, διαδίδονται. Ὅπως καὶ στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ, ἔχομε δημιουργήσει καὶ στὸν ἀέρα κύματα, ποὺ ὅταν φτάνουν σ' αὐτιά μας, μᾶς δίνουν τὸ αἶσθημα τοῦ ἦχου. Εἶναι ἐνδιαφέρον ὅτι τὰ μόρια τοῦ ἀέρα δὲν μετακινοῦνται ἀπὸ τὸ χάρακα ὡς τὸ αὐτί μας.



Μὲ ποῖο τρόπο φτάνει ὁ ἦχος ἀπὸ τὴν πηγὴ ποὺ τὸν παράγει στὸ αὐτί μας;



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Οἱ σταγόνες ποὺ πέφτουν στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ προκαλοῦν κύματα ποὺ διαδίδονται πρὸς κάθε διεύθυνση.

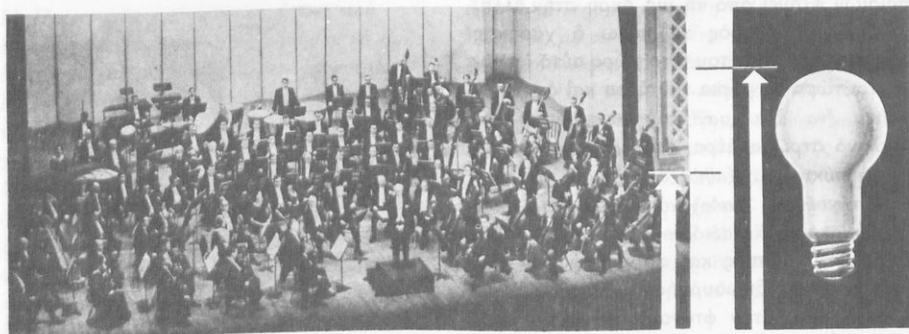


Ἡ ἄκρη τοῦ χάρακα ποὺ ἀνεβοκατεβαίνει δημιουργεῖ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα, ποὺ μεταδίδονται στὸν ἀέρα.

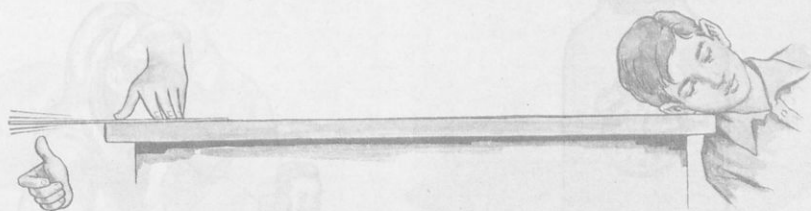
Εἶναι τὰ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα ποὺ ταξιδεύουν. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει καὶ στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ. Ὅταν ταξιδεύη ἡ ἀναταραχὴ στὸ νερό, τὰ μόριά του ἀνεβοκατεβαίνουν ἀλλὰ δὲν ταξιδεύουν καθὼς μεγαλώνει ὁ κύκλος.

Καθετὶ ποὺ ταξιδεύει ἔχει μιὰ ταχύτητα. Γιὰ τὰ ἠχητικὰ 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 φωνάξῃ ἀπὸ τὴ μιὰ ἄκρη τῆς αὐλῆς, ὁ ἦχος τῆς φωνῆς θὰ χρειαστῆ περίπου 0,1 τοῦ δευτερολέπτου, γιὰ νὰ φτάσῃ στ' αὐτιά σας, δηλαδή λιγότερο ἀπὸ ὅ,τι κρατᾶει ἕνα ἀνοιγοκλείσιμο τῶν ματιῶν. Πολλὲς φορές ὁμως καταλαβαίνομε αὐτὴ τὴν καθυστέρηση. Ἴσως νὰ ἔχετε δεῖ σὲ καμιὰ νεροποντὴ ἀστραπὲς καὶ ἴσως νὰ ἔχετε παρατηρήσει ὅτι πρῶτα βλέπετε τὴ λάμψη κι ὕστερα ἀκοῦτε τὴ βροντὴ. Στὴν πραγματικότητα βέβαια καὶ τὸ



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



Ὁ ἦχος τοῦ χάρακα μεταδίδεται μέσα ἀπὸ τὸ ξύλο τοῦ τραπέζιου.

φῶς καὶ ὁ ἦχος ξεκίνησαν μαζί ἀπὸ τὴ θέση τοῦ κερανοῦ, ἀλλὰ, ἐπειδὴ τὸ φῶς διαδίδεται πολὺ πρὸς γρήγορα ἀπὸ τὸν ἦχο, τὸ βλέπετε σχεδὸν ἀμέσως.

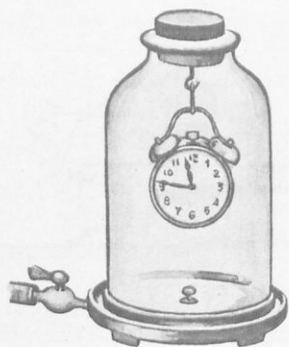
Θυμάστε ὅτι, μιλώντας σὲ προηγούμενα μαθήματα γιὰ τὶς μεταβολές ποὺ παρατηροῦμε στὴ φύση, εἴπαμε ὅτι σὲ κάθε φαινόμενο ἔχομε μιὰ μεταφορὰ ἐνέργειας. Ποῦ εἶναι λοιπὸν ἡ μεταφορὰ ἐνέργειας στὰ φαινόμενα τοῦ ἠχοῦ; Ἄς ξαναγυρίσουμε στὸ πείραμα μὲ τὸ χάρακα. Καθὼς τὸν πιέζομε πρὸς τὰ κάτω, παράγομε ἔργο. Ὄταν τὸν ἀφήνωμε καὶ ἀρχίζει νὰ κινῆται, ἔχει κινητικὴ ἐνέργεια. Ὅπως εἶδαμε ἡ κίνηση τοῦ χάρακα προκαλεῖ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα στὸν ἀέρα καὶ ἔτσι ἡ ἐνέργεια μεταφέρεται στὴν κίνηση τῶν μορίων καὶ διαδίδεται πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις μὲ τὸ ἠχητικὸ κύμα. Ὅστοςὸ ἡ ἐνέργεια τοῦ ἠχητικοῦ κύματος εἶναι μικρὴ. Γιὰ νὰ πάρετε μιὰ ἰδέα, ἡ ἐνέργεια ποὺ ἔχει ὁ ἦχος ποὺ παράγει μιὰ μεγάλη ὄρχηστρα εἶναι σχεδὸν μισὴ ἀπὸ τὴν ἐνέργεια μιᾶς κοινῆς λάμπας ἠλεκτρικοῦ. Ἐπειδὴ ἡ ἐνέργεια τῶν ἠχητικῶν κυμάτων εἶναι μικρὴ, εἶναι δύσκολο νὰ δοῦμε ἀποτελέσματά της, ὅπως παραδείγματος χάρι τὴν κίνηση ἑνὸς ὑλικοῦ σώματος. Μόνο γιὰ μερικοὺς πολὺ δυνατοὺς ἠχούς ἀντιλαμβανό-

μαστε τέτοια ἀποτελέσματα. Ὁ πρὸς δυνατὸς ἦχος ποὺ ἀκούστηκε ποτὲ στὴ γῆ δημιουργήθηκε ἀπὸ τὴν ἔκρηξη τοῦ ἠφαιστείου Κρακατόα στὸν Εἰρηνικὸ Ὄκεανὸ τὸ 1883. Ὁ ἦχος ἀκούστηκε χιλιάδες χιλιόμετρα μακριὰ καὶ τὸ κύμα ποὺ δημιουργήθηκε στὸν ἀέρα ἔσπασε τζάμια καὶ ἀναποδογύρισε ἀντικείμενα σὲ ἀπόσταση 200 χιλιομέτρων, δηλαδὴ ἀπὸ τὴν Ἀθήνα ὡς τὴ Λαμία περίπου.

Μέχρι τώρα μιλήσαμε μόνο γιὰ τὴ μεταδοση τοῦ ἠχοῦ στὸν ἀέρα. Ἀλλὰ τί γίνεται μὲ ὑλικά σώματα, ποὺ βρίσκονται στὴ στερεὰ ἢ ὑγρὴ κατάσταση; Ἄν ξανακάνετε τὸ πείραμα μὲ τὸ χάρακα καὶ βάλετε τὸ αὐτὸ σας στὸ τραπέζι, θὰ ἀκούσετε πάλι τὸν ἦχο καὶ μάλιστα ἀρκετὰ δυνατότερα. Ἡ ταχύτητα τοῦ ἠχοῦ στὰ στερεὰ εἶναι πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ ὅ,τι στὸν ἀέρα καὶ φτάνει περίπου τὰ 5.000 μέτρα τὸ δευτερόλεπτο.

Τέλος, στὰ ὑγρά ὁ ἦχος μεταδίδεται ἐπίσης μὲ ταχύτητα ποὺ εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ταχύτητα στὸν ἀέρα ἀλλὰ μικρότερη ἀπὸ τὴν ταχύτητα στὰ στερεὰ. Στὸ νερὸ παραδείγματος χάρι ἡ ταχύτητα εἶναι περίπου 1400 μέτρα τὸ δευτερόλεπτο.

Σ' ὅλες τὶς περιπτώσεις, ὅπου βρήκαμε νὰ μεταδίδεται ὁ ἦχος, ὑπῆρχε κάποιον ὑλικὸ



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

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, γιατί τὰ μόριά του παίρνουν τὴν παλμικὴ κίνηση τῆς πηγῆς καὶ τὴν μεταδίδουν. Ἄν λοιπὸν ἡ ὑπόθεσή μας εἶναι σωστή, θὰ πρέπει νὰ πάψωμε ν' ἀκούμε 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, ἄς ποῦμε ἓνα ζυπνητήρι, μέσα σ' ἓνα κάλυμμα καὶ ν' ἀδειάσῃ τὸν ἀέρα. Ἄν μπορέσετε νὰ τὸ κάνετε, θὰ βεβαιωθῆτε ὅτι ὁ ἦχος παύει νὰ ἀκούγεται.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Θὰ χρειαστήτε δύο χάρτινα ποτήρια, δύο σπιρτόξυλα καὶ μερικά μέτρα σπάγκο.

Τρυπήστε στὸν πάτο τὰ ποτήρια, περάστε

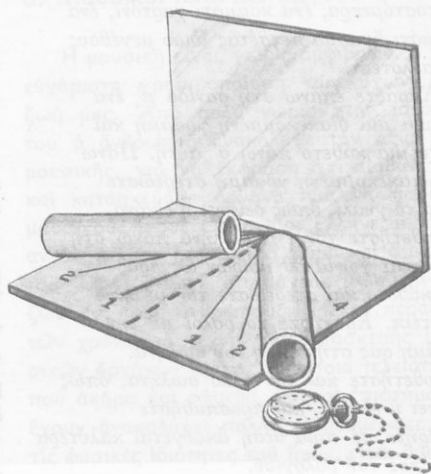


ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Ἐνα ἀπὸ τὴλέφωνο.

τὸ σπάγκο καὶ στερεώστε τὸν ἀπὸ τὶς δύο ἄκρες στὰ δύο ποτήρια, δένοντας τὰ δύο σπιρτόξυλα. Δύο παιδιὰ κρατήστε τὸ καθένα ἀπὸ ἓνα ποτήρι καὶ ἀπομακρυνθῆτε σὲ τέτοια ἀπόσταση, ὥστε ὁ σπάγκος νὰ εἶναι καλὰ τεττωμένος.

Ὅταν ὁ ἓνας μιλήσῃ σιγὰ στὸ ποτήρι του, ὁ ἄλλος προσπαθεῖ ν' ἀκούσῃ τὴ φωνὴ του βάζοντας τὸ ποτήρι στὸ αὐτί του. Προσπαθήστε νὰ συζητήσετε, χωρὶς νὰ ὑπάρχῃ ὁ σπάγκος ἀνάμεσά σας. Μπορεῖτε νὰ συνεννοηθῆτε μὲ τὴν ἴδια ἐνκόλια; 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 χρειαστήτε ἓνα χωνὶ καὶ ἓνα λαστιχένιο σωλήνα μὲ μῆκος 50 ἑκατοστὰ ὡς ἓνα μέτρο. Στερεώστε τὸ χωνὶ στὴ μιὰ ἄκρη τοῦ σωλήνα καὶ ἀκουμπήστε τὰ χεῖλη τοῦ χωνιοῦ στὸ στήθος τοῦ φίλου σας. Προσπαθήστε ν' ἀκούσετε



ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Το στηθοσκόπιο συγκεντρώνει τον ήχο και τον κατευθύνει στο αυτί μας.

τους κτύπους της καρδιάς του από την άλλη άκρη του σωλήνα. Ακούγονται πιο καλά τώρα ή όταν δεν υπάρχει ο σωλήνας ; Δοκιμάστε ν' ακούσετε μ' αυτό το όργανο που κατασκευάσατε και άλλους ήχους.

3) Θα έχετε ίσως παρατηρήσει σε αγώνες δρόμου ότι το σύνθημα για το ξεκίνημα δίνεται από τον αφέτη με ένα μικρό πιστόλι. "Αν είστε σε κάποια απόσταση, θα δήτε πρώτα τον καπνό της πιστολιάς και μετά θα ακούσετε τον ήχο. "Αν ο ήχος ακουστή 0,3 του δευτερολέπτου αφού δήτε τον καπνό, μπορείτε να υπολογίσετε την απόστασή σας από τον αφέτη ;

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Βάζοντας τον ένα σωλήνα σε διάφορες θέσεις μπορούμε να βρούμε σε ποιού κατεύθυνση ανακλάται ο ήχος του ρολογιού.

Είστε σε μία μικρή έκκλησία στην εξοχή και προσπαθήτε να μιλήσετε σιγά, ή φωνή σας ακούγεται πιο δυνατά από ό,τι περιμένετε και πιο δυνατά από ό,τι ή ίδια ή όμιλία σας ακούγεται, όταν είστε έξω από την έκκλησία. Τί συμβαίνει και δυναμώνει ή φωνή σας ; Θα παρατηρήσετε ότι, σ' όλες τις περιπτώσεις που συμβαίνει αυτό, υπάρχει κάποιο εμπόδιο που συναντούν τα ήχητικά κύματα που στέλνομε με τη φωνή μας. Για να απαντήσωμε λοιπόν στην παραπάνω ερώτηση, πρέπει να βρούμε τί συμβαίνει, όταν τα ήχητικά κύματα συναντούν κάποιο εμπόδιο.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε μια σανίδα 30×40 εκατοστόμετρα, ένα ρολόι της τσέπης, δύο σωλήνες με μήκος περίπου 30 εκατοστόμετρα και διάμετρο 6 ως 7 εκατοστόμετρα (μπορείτε να φτιάξετε από χοντρό χαρτόνι). Πάρτε ένα κομμάτι γυαλι περίπου 20×20

4. 'Ανάκλαση τῶν ἠχητικῶν κυμάτων

"Όλοι σας θα έχετε παρατηρήσει ότι ή φωνή σας γίνεται πιο δυνατή, όταν μιλάτε μπροστά σ' ένα ἄδειο μεταλλικό δοχείο. "Όταν

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

1) Χαράξτε επάνω στη σανίδα μ' ένα χάρακα μια διακεκομμένη γραμμή και φέρετε μια κάθετο πάνω σ' αυτή. Πάνω στη διακεκομμένη γραμμή στερεώστε ορθιο το γυαλί, όπως δείχνει η εικόνα. Τοποθετήστε τον ένα σωλήνα πάνω στη σανίδα σε γωνία 30 μοιρών ως προς την κάθετο και στερεώστε τον με λίγο σελοτέιπ. Κρατήστε το ρολόι με την παλάμη σας στην άκρη του σωλήνα. Τοποθετήστε και τον άλλο σωλήνα, όπως δείχνει η εικόνα, και προσπαθήστε να βρῆτε σε ποιά θέση ακούγεται καλύτερα ο κτύπος του ρολογιού.

2) 'Επαναλάβετε το πείραμα με το γυαλί σκεπασμένο με το ύφασμα και με το χαρτόνι.

Στο πρώτο μέρος της εργασίας σας βρήκατε ότι ο κτύπος του ρολογιού ακούγεται από τον δεύτερο σωλήνα και μάλιστα είναι πιο έντονος σε μια ορισμένη θέση. "Αν βγάλετε το γυαλί, ο ήχος δέν ακούγεται. "Αρα το γυαλί κάνει τον ήχο που φτάνει από το ρολόι να γυρίζη πίσω, προς μια άλλη διεύθυνση. Αυτό το φαινόμενο το ονομάζουμε **ανάκλαση** του ήχου. Στην εργασία που κάναμε περιορίσαμε τα ήχητικά κύματα από το ρολόι να διαδίδωνται στη διεύθυνση του σωλήνα. "Η γωνία που σχηματίζεται από τη διεύθυνση αυτή και την κάθετο λέγεται γωνία *προσπίσσεως*. "Εξακριβώσατε ότι ο κτύπος του ρολογιού μέσα από το δεύτερο σωλήνα ακούγεται δυνατότερα, όταν είναι τοποθετημένος στην ίδια γωνία ως προς την κάθετο αλλά από την αντίθετη πλευρά: "Η γωνία αυτή λέγεται γωνία *ανάκλασεως*. Βρήκατε λοιπόν ότι *στην ανάκλαση του ήχου η γωνία προσπίσσεως είναι ίση με τη γωνία ανάκλασεως*.

Με την παραπάνω εργασία μπορούμε επίσης να ερευνήσωμε αν όλα τα υλικά ανακλούν τον ήχο το ίδιο καλά. Στη θέση του γυαλιού μπορείτε να βάλετε το χαρτόνι ή να σκεπάσετε το γυαλί με το ύφασμα. Συγκρίνοντας τις παρατηρήσεις θα βρῆτε ότι ο ήχος ανακλάται λιγότερο στο χαρτόνι από ό,τι στο γυαλί κι ακόμη λιγότερο στο ύφασμα.

Πολλά φαινόμενα που παρατηρούμε κάθε μέρα οφείλονται στην ανάκλαση του ήχου. "Ενα από αυτά είναι το δυνάμωμα της φωνής που παρατηρείτε, όταν μιλάτε μπροστά σ' ένα άδειο μεταλλικό δοχείο ή μέσα σ' ένα μικρό δωμάτιο. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **άντηχηση**.

Σε πολλά μουσικά όργανα, όπως η κιθάρα και το μαντολίνο, υπάρχουν κοιλότητες με διάφορα σχήματα. Οί κοιλότητες αυτές συγκοινωνούν με τον αέρα γύρω μας με ένα άνοιγμα, που υπάρχει κάτω από τις τετνωμένες χορδές. "Όταν παίζωμε κιθάρα, προκαλούμε παλμικές κινήσεις στις χορδές και τα ήχητικά κύματα με πολλές ανακλάσεις στο έσωτερικό της κοιλότητας δυναμώνουν τους ήχους της κιθάρας, τους κάνουν με άλλα λόγια να άντηχούν. Γι' αυτό τις κοιλότητες αυτές, που έχουν πολλά μουσικά όργανα, τις ονομάζωμε *άντηχεία*.

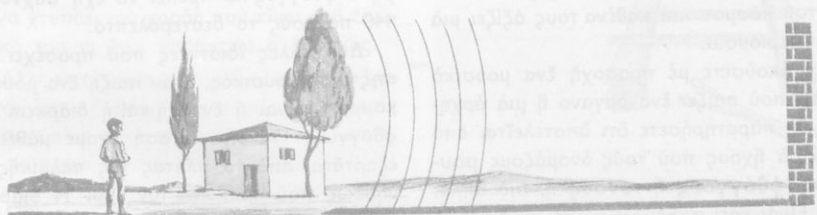
"Η **ήχώ** είναι ένα άλλο φαινόμενο που οφείλεται στην ανάκλαση του ήχου. Θα σᾶς ἔχη τύχει κάποτε να φωνάζετε και μετά από λίγο να ακούσετε πάλι τη φωνή σας. "Ο ήχος της φωνής σας διαδίδεται στον αέρα, ώσπου να φτάση σ' ένα εμπόδιο, όπου ανακλάται και φτάνει πάλι στ' αυτιά σας. Το εμπόδιο μπορεί να είναι ένα κτίριο ή η πλαγιά ενός λόφου. Γιατί όμως άλλοτε ἔχομε ήχώ και άλλοτε άντηχηση; Θα καταλάβετε τη διαφορά, αν μάθετε ότι το αὐτί μας κρατάει τον ίδιο ήχο για 0,1 του δευτερολέπτου. "Ετσι ένας ήχος που ξεκινά από τη θέση που βρισκόμαστε, διαδίδεται στον αέρα, ανακλάται σ' ένα εμπόδιο κι ἔρχεται πάλι στο αὐτί μας, θα άκουσῆ

ώς ήχω, μόνον αν ἔχη περάσει περισσότερο από 0,1 τοῦ δευτερολέπτου. Δηλαδή ὁ ἦχος 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 ἀποτελεσματικὰ τὸ φαινόμενο τῆς ἀνακλάσεως. Καθὼς εἶπαμε, μποροῦν νὰ παράγουν καὶ νὰ ἀκοῦν ὑπερήχους πού διαδίδονται καὶ ἀνακλῶνται σὲ ἐμπόδια στὸν ἀέρα. Μὲ τοὺς ὑπερήχους ἡ ἠχώ 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 πούμε ὅτι οἱ νυχτερίδες βλέπουν μὲ τὰ αὐτιά!

5. Μουσικοὶ ἦχοι καὶ ὄργανα

Ἡ μουσικὴ εἶναι, χωρὶς ἀμφιβολία, ἡ πιὸ εὐχάριστη χρησιμοποίηση τῶν ἠχῶν στὴ ζωὴ μας. Ἀπὸ πολὺ νωρὶς στὴν ἱστορία του ὁ ἄνθρωπος ἀνακάλυψε τὴν ἀξία τῆς μουσικῆς, γιὰ νὰ ἐκφράσει ὅ,τι αἰσθάνεται, καὶ κατασκεύασε ὄργανα, γιὰ νὰ παράγει μουσικοὺς ἠχούς. Οἱ ἀρχαῖοι Ἕλληνες πίστευαν ὅτι ἡ λύρα ἦταν θεϊκὸ δῶρο καὶ ὁ μῦθος τοῦ Ὁρφέα 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, πού ἀκόμα καὶ σήμερα, πού οἱ ἐπιστήμονες ἔχουν ἀνακαλύψει πολλὲς λεπτομέρειες γιὰ τὶς φυσικὲς ιδιότητες τοῦ ἠχου, εἶναι δύσκο-



Ὁ ἦχος πὸν ἀνακλάται σ' ἓνα ἐμπόδιο ἐπιστρέφει ὡς ἠχώ, ἀν ἡ ἀπόσταση ἀπὸ τὴν πηγὴ στὸ ἐμπόδιο εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ 17 μέτρα.

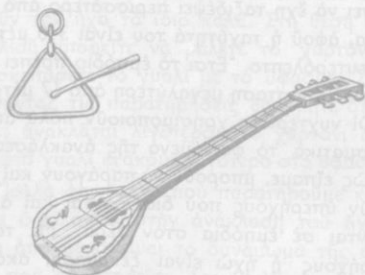


Στό τρομπόνι, ήχοι με διάφορες συχνότητες παράγονται αλλάζοντας το μήκος μιας στήλης αέρα που πάλλεται.

λο να κατασκευάσωμε όργανα τελειότερα απ' αυτά που κατασκεύασαν παλιοί τεχνίτες. Τά βιολιά του Άντόνιο Στραντιβάριους, που έζησε γύρω στα 1700, είναι άκομη τὰ τελειότερα του κόσμου και καθένα τους άζειζει μιá μικρή περιουσία.

Άν άκούσετε με προσοχή ένα μουσικό κομμάτι που παίζει ένα όργανο ή μιá όρχήστρα, θά παρατηρήσετε ότι άποτελείται άπο μιá σειρά ήχους που τούς όνομάζομε **μουσικούς φθόγγους** ή **τόνους** ή, πιό άπλά, **νότες**. Είναι κάτι παρόμοιο με τó συνδυασμό γραμμάτων σε λέξεις και σε φράσεις που κάνουν ένα ποίημα ή ένα διήγημα. Μάλιστα, όπως και για τὰ γράμματα, χρησιμοποιούμε σημάδια για τούς διάφορους φθόγγους κι έτσι γράφομε μουσική, όπως ίσως θά μάθετε στο μάθημα τής μουσικής. Έδω όμως μäs ενδιαφέρει περισσότερο να μάθωμε πώς διαφέρουν οι φθόγγοι με φυσικές ιδιότητες του ήχου που μελετήσαμε ως τώρα. Όπως θά φαντάζεστε, ή πιό σπουδαία διαφορά είναι στο ύψος, που όφείλεται στη συχνότητα τής παλμικής κινήσεως που παράγει ένα φθόγγο.

Οί φθόγγοι ντό, ρέ, μί, φά, σόλ, λά, σι και άλλοι ενδιάμεσοι, που χρησιμοποιούμε



Ένα κρουστό και ένα έγχορδο όργανο.

σ' ένα κομμάτι μουσικής, δέν είναι τίποτε άλλο παρὰ ήχοι με όρισμένη συχνότητα. Σ' ένα καλά κουρδισμένο πιάνο παραδείγματος χάρη ό φθόγγος λά πρέπει να έχη συχνότητα 440 παλμούς τó δευτερόλεπτο.

Δύο άλλες ιδιότητες που προσέχει επίσης ένας μουσικός, όταν παίξη ένα μουσικό κομμάτι, είναι ή ένταση και ή διάρκεια των φθόγγων. Για τήν ένταση έχομε μάθει ότι εξαρτάται άπο τó πλάτος τής παλμικής κινήσεως που προκαλεί τόν ήχο. Η διάρκεια μäs λέει πόσο χρόνο κρατάει κάθε φθόγγος.

Άκόμη κι αν οι παραπάνω ιδιότητες είναι οι ίδιες, πάλι μπορούμε να ξεχωρίσωμε δύο μουσικούς φθόγγους, που προέρχονται άπο διαφορετικά μουσικά όργανα. Άν παίζετε τη νότα λά σ' ένα πιάνο και σ' ένα κλαρίνο, δέν θά δυσκολευθήτε να άναγνωρίσετε τη διαφορά. Λέμε ότι οι δύο ήχοι διαφέρουν στην **ποιότητα** ή στη **χροιά**. Σε τί όφείλεται αυτή ή ιδιότητα; Μελετώντας τούς ήχους άπο διάφορα όργανα, οι έπιστήμονες βρήκαν ότι, μαζί με τη συχνότητα που κυριαρχεί και χαρακτηρίζει τó ύψος του φθόγγου που παράγει ένα όργανο, παράγονται και ήχοι λιγότερο έντονοι με άλλες συχνότητες, που έξαρ-

τώνται από το είδος του οργάνου και την κατασκευή του. Αυτές οι συχνότητες δίνουν στο μουσικό ήχο τη χροιά του. Φαίνεται ότι ο Στραντιβάριους είχε βρει το μουσικό να κατασκευάζει τα βιολιά του έτσι, ώστε η ποιότητα του ήχου τους να είναι άξεπεράστη.

Η μουσική που παίζει μια μεγάλη ορχήστρα προέρχεται από πολλά διαφορετικά μουσικά όργανα, που μπορεί κανείς να τα ξεχωρίσει από τον ήχο τους, ακόμη κι αν δεν είναι έμπειρος μουσικός. Καλύτερα όμως μπορούμε να κατατάξουμε τα όργανα ανάλογα με τον τρόπο που παράγουν τον ήχο.

Σε μια πρώτη κατηγορία ανήκουν τα όργανα όπου ο ήχος παράγεται από παλμικές κινήσεις χορδών, όπως παραδείγματος χάρη το βιολί, ή κιθάρα, το μαντολίνο, το μπουζούκι. Τα όργανα αυτά λέγονται **έγχορδα**. Το πιάνο είναι επίσης έγχορδο όργανο, μόνο που οι χορδές του δεν φαίνονται. Όταν πατάτε ένα πληκτρο, ένα σφυράκι ντυμένο με τσόχα χτυπάει μια χορδή που είναι στο έσωτερικό του κι έτσι παράγεται ο φθόγγος.

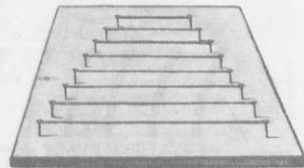
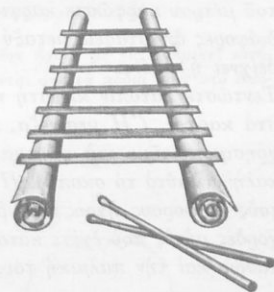
Άλλη κατηγορία μουσικών οργάνων είναι εκείνα όπου ο ήχος παράγεται με παλμικές κινήσεις μιας στήλης αέρα. Όργανα αυτής της κατηγορίας, που θα σάς είναι γνωστά, είναι το κλαρίνο, το σαξόφωνο και η φλογέρα. Άλλα, που ίσως δεν θα έχετε ακούσει αλλά χρησιμοποιούνται σε ορχήστρες, είναι το όμποε και το φαγκότο. Στην ίδια κατηγορία μπορούμε να βάλουμε και όργανα όπως οι τρομπέτες και τα τρομπόνια. Οι διάφορες συχνότητες στα όργανα αυτής της κατηγορίας, που τα ονομάζουμε **πνευστά**, παράγονται αλλάζοντας το μήκος της στήλης του αέρα που πάλλεται.

Τέλος υπάρχει μια κατηγορία οργάνων όπου ο ήχος παράγεται χτυπώντας διάφορα υλικά σώματα, όπως είναι ή τεντωμένη μεμβράνη σ' ένα τύμπανο ή ένα ντέφι ή τα μπρούντζινα κύμβαλα σε μια ορχήστρα. Τα όργανα αυτά τα λέμε **κρουστά**. Κρουστό όρ-

γανο είναι και το τρίγωνο που χρησιμοποιούμε, όταν λέμε τα κάλαντα τα Χριστούγεννα.

Σε μια ορχήστρα τα όργανα κάθε κατηγορίας είναι συγκεντρωμένα συνήθως μαζί, μπροστά τα έγχορδα, πιο πίσω τα πνευστά κι ακόμα πιο πίσω τα κρουστά. Την επόμενη φορά που θα δείτε ορχήστρα σε μια συναυλία ή στην τηλεόραση μπορείτε να παρατηρήσετε πώς είναι τοποθετημένα τα διάφορα είδη οργάνων.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Ενλόφονο και άλλα, που κατασκευάζονται με απλά υλικά.



ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Πώς να κατασκευάσετε ένα απλό ξυλόφωνο.

Από μιά 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 άκουστε τους ήχους που βγάζουν. Ποιά κομμάτια βγάζουν ύψηλότερους ήχους; Μπορείτε να το εξηγήσετε;

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

Τεντώστε κατόπιν κλωστή νάιλον ανάμεσα στα καρφιά. (Η μεσινέζα, που χρησιμοποιούμε για φάρμα, 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.

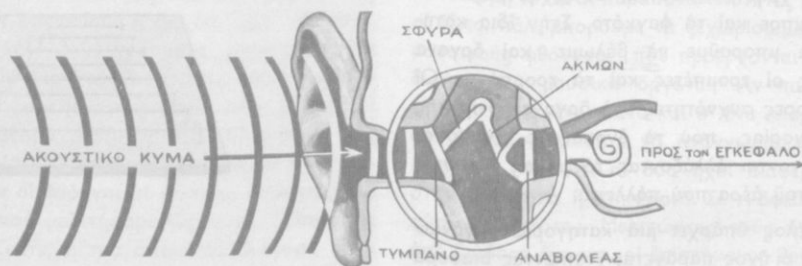
Με όσα ξέρετε τώρα για τον ήχο εξηγήστε σ' ένα συμμαθητή σας ή σ' ένα

μεγαλύτερό σας αυτά που παρατηρείτε.

6. Φωνητικά όργανα και όργανα ακοής

Ο ήχος είναι ένας από τους σημαντικότερους 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.

Στόν 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 μία μεμβράνη που λέγεται *τύμπανο*. Αυτή η κίνηση με τρία μικρά κόκαλα, τη *σφύρα*, τόν *άκμων* και τόν *ανάβολεα*, μεταδίδεται στο ύγρο που βρίσκεται μέσα σ' ένα σωλήνα τυλιγμένον σαν σαλιγκάρι. Πολλά νεύρα, που άκουμπούν



Απλοποιημένη εικόνα του έσωτερικού του αυτιού.

στην επιφάνεια του σωλήνα, οδηγούν το αίσθημα του ήχου στον εγκέφαλο. Πώς ακριβώς γίνεται αυτό και πώς ο εγκέφαλος καταγράφει τους διάφορους ήχους είναι κάτι που ακόμα οι επιστήμονες μελετούν, γιὰ νὰ τὸ καταλάβουν.

Μερικές σαλαμάντρες δὲν ἔχουν ἐξωτερικό αὐτί, ἀλλὰ «ἀκοῦν» μὲ τὰ πόδια τους. Ἐνας εὐλύγιστος μῦς συνδέει ἕνα πλατὺ κόκαλο στὴν πλάτη τους μὲ δύο λεπτὰ κοκαλάκια, πού εἶναι στερεωμένα σὲ μιά λεπτή μεμβράνη στὸ ἐσωτερικό αὐτί πού ἔχουν στὸ κεφάλι. Οἱ παλμικές 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 *φωνητικές χορδές*. Ὅταν δὲν μιλοῦμε, οἱ φωνητικές χορδές εἶναι χαλαρές. Ὅταν θέλωμε νὰ κάνωμε κάποιον ἤχο, οἱ φωνητικές χορδές τεντώνονται μὲ τοὺς μῦς τοῦ λαιμοῦ καὶ καθὼς βγάζομε τὸν ἀέρα ἀπὸ τοὺς πνεύμονες πάλλονται καὶ παράγουν ἤχο. Ἡ ἐπόμενη ἐργασία θὰ σᾶς βοηθήσει νὰ καταλάβετε πὼς γίνεται αὐτό.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

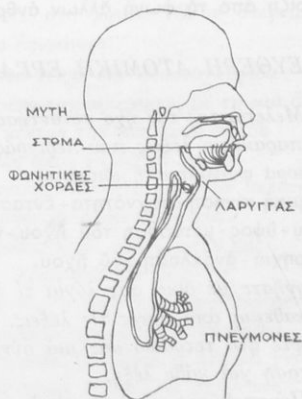
Θὰ χρειαστήτε ἕνα ἄδειο κοντί ἀπὸ κονσόβα καὶ ἕνα λάστιχο μὲ πλάτος περίπου μισὸ ἑκατοστὸ τοῦ μέτρου.

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

2) Φυσήξτε μὲ δύναμη πάνω στὸ λάστιχο. Ἀκοῦτε ἤχο; Τεντώστε περισσότερο τὸ λάστιχο καὶ ξαναφυσήξτε. Ἀλλάζει ὁ ἤχος; Φυσάτε συνεχῶς, ἀλλάζοντας τὴ δύναμη μὲ τὴν ὁποία τεντώνετε τὸ λάστιχο. Τί συμβαίνει μὲ τὸ ἔφος τοῦ ἤχου;

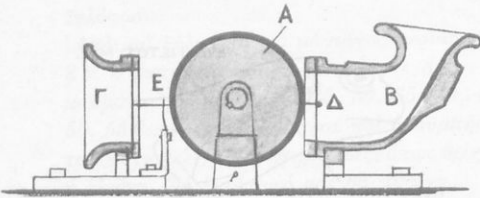


Μερικές σαῦρες ἀκοῦνε ἤχους μὲ τὶς παλμικές κινήσεις πού μεταβιβάζονται ἀπὸ τὰ πόδια τους στὸ ἐσωτερικό αὐτί.



Τὰ ὄργανα πού παράγουν τὴν ἀνθρώπινη φωνή.

Μιλήστε στην τάξη για τις πληροφορίες που βρήκατε.



Ο πρώτος φωνογράφος του Έντισον. Τα κυριότερα μέρη του είναι : Α τύμπανο, Β σημείο όπου μιλούμε, Γ μεγάρφονο, Δ βελόνα εγγράφης, Ε βελόνα αναπαραγωγής του ήχου. Το τύμπανο το γύριζε με μιὰ μαμβέλα. 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 ξεχωρίζη 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 - ήχων - υπέρηχοι - ανάκλαση του ήχου.

Εξηγήστε με δικά σας λόγια τί εννοούμε με καθενιά από αυτές τις λέξεις.

Γράψτε στο τετράδιό σας μιὰ σύντομη πρόταση για κάθε λέξη.

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

7. Ήχοληψία και αναπαραγωγή του ήχου

Μάθατε ότι ο ήχος είναι ή κινητική ενέργεια που μεταφέρεται με τὰ ήχητικά κύματα στα μόρια του υλικού μέσου όπου διαδίδεται. Θα έχετε ίσως παρατηρήσει ότι πολλές φορές ή 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 ή κινητική ενέργεια προκαλεί πολλές φορές παραμόρφωση ενός υλικού σώματος. Όταν αφήσετε μιὰ μεγάλη πέτρα από το χέρι σας να πέση επάνω στην άμμο, τί παρατηρείτε; Στη θέση που έπεσε ή πέτρα άνοιξε μιὰ λακκούβα. Η κινητική ενέργεια τής πέτρας άποτυπώθηκε στην άμμο και ή επιφάνεια τής άμμου παραμορφώθηκε. Σε μιὰ σύγκρουση δύο αυτοκίνητα καταστρέφονται, γιατί ή κινητική ενέργεια που είχαν ήταν άρκετη να παραμορφώση το σχήμα τους.

Αυτό το φαινόμενο, που τις περισσότερες φορές συνοδεύεται με κάποια ζημιὰ γύρω μας, στην περίπτωση του ήχου μπορεί να χρησιμοποιηθη για να καταγράψωμε τον ήχο. Ο πρώτος φωνογράφος που εφευρέθηκε από τον Thomas Edison βασιζόταν σ' αυτή την ιδέα. Τα ήχητικά κύματα τής φωνής, καθώς μιλάει κανείς μπροστά στη συσκευή, προκαλούν την παλμική κίνηση μιᾶς λεπτής μεμβράνης, στην όποια είναι στερεωμένη μιὰ βελόνα. Όταν ή μεμβράνη πάλλεται, ή βελόνα έκτελει κι αυτή παλμικές κινήσεις και ή αιχμηρή άκρη τής αυλακώνει τη μαλακή επιφάνεια ενός κυλίνδρου που περιστρέφεται. Έτσι άποτυπώνεται ο ήχος πάνω στον κύλινδρο του φωνογράφου του Edison.

Αν τώρα άρχισωμε να περιστρέφωμε τον κύλινδρο τοποθετώντας τη βελόνα στο χαραγμένο αυλάκι από την άρχη, τί θα συμβη;

Ἡ βελόνα θὰ ἐκτελῆ παλμικές κινήσεις ἀκολουθώντας τὰ ἴχνη της πού ἔχουν χαραχθῆ στὸν κύλινδρο. Ἡ κίνηση αὐτὴ προκαλεῖ μὲ τὴ σειρά της παλμικές κινήσεις 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 ἀναπαραγωγή τοῦ ἤχου. Ἐνας τρόπος εἶναι οἱ γνωστοὶ δίσκοι γραμμοφώνου. Τὰ αὐλάκια πού βλέπεται σ' ἓνα δίσκο εἶναι ἡ παραμόρφωση πού προκάλεσε στὸ ὑλικὸ 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 πικ-ἄπ, γιὰ νὰ ἀκούσῃμε τὴ μουσική, ἡ βελόνα κινεῖται ἀκολουθώντας τὰ αὐλάκια μὲ παλμικές κινήσεις πού ἀναπαράγουν ἀκριβῶς τὸν ἦχο πού ἔχει γραφῆ.

Στὰ μαγνητόφωνα ὁ ἦχος καταγράφεται μετατρέποντας τὴν ἐνέργεια τῶν ἠχητικῶν κυμάτων σὲ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια προκαλεῖ μεταβολές στοὺς μικροὺς μαγνήτες πού εἶναι ἀπλωμένοι στὴν ἐπιφάνεια τῆς μαγνητικῆς ταινίας. Θὰ καταλάβῃμε καλύτερα τὴ μέθοδο αὐτὴ, ὅταν θὰ μελετήσῃμε τὰ ἠλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στὴν ἐργασία αὐτὴ 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 χρειαστῆτε: Ἐνα ἄδειο, χαρτονένιο κοντὶ μὲ στρογγυλὸ πάτο. Ἐνα κομμάτι τσιγαροῦχαρτο. Μιὰ ξύλινη ὀδοντογλυφίδα. Κόλλα καὶ



Ἀκουμπώντας τὴ βελόνα τῆς συσκευῆς μας στὸ δίσκο μπορούμε νὰ ἀναπαράγῃμε τὸν ἦχο πού ἔχει ἀποτυπωθῆ στὰ αὐλάκια του.

μιὰ βελόνα. Στὸ σχολεῖο θὰ χρειαστῆτε ἓνα παλιὸ γραμμοφώνο καὶ ἓνα παλιὸ δίσκο γραμμοφώνου (78 στροφῶν).

1) Κόψτε τὸν πάτο τοῦ χαρτονένιου κοντιοῦ καὶ κολλήστε στὴ θέση του ἓνα κυκλικὸ κομμάτι ἀπὸ τσιγαροῦχαρτο καλὰ τεττωμένο. Θὰ ἐπιτύχετε νὰ τὸ τεττώσετε καλὰ, ἂν τὸ ὑγράνετε λίγο, πρὶν τὸ κολλήσετε στὸ κοντὶ. Ὅταν στεγνώσῃ, θὰ ἔχη λεῖα ἐπιφάνεια.

2) Κολλήστε τώρα τὴν ὀδοντογλυφίδα στὸ τεττωμένο τσιγαροῦχαρτο, μὲ τὴ μιὰ ἄκρη κοντὰ στὸ κέντρο τοῦ κυκλικοῦ πάτου καὶ τὴν ἄλλη ἄκρη νὰ ἐξέχῃ ἀπὸ τὸ κοντὶ. Ἐπειτα κολλήστε καλὰ μὲ σελοτέιπ τὴ βελόνα στὴν ἐλεύθερη ἄκρη τῆς ὀδοντογλυφίδας ἔτσι, πὸν ἡ μίτη 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 γυρῆ. Κάθε παιδὶ τώρα μπορεῖ νὰ πλησιάσῃ μὲ τὴ συσκευή του καὶ νὰ ἀφήσῃ τὴν ἄκρη τῆς βελόνας νὰ ἀγγίξῃ καλὰ τὰ αὐλάκια τοῦ δίσκου πού 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 βῆθη τοῦ διαστήματος, ἀπὸ ἄστρα καὶ μακρινοὺς γαλαξίες. Τὸ φῶς εἶναι ἀπαραίτητο, γιὰ νὰ θαυμάσωμε ἕνα τοπίο ἀλλὰ καὶ γιὰ τὸ διάβασμα ἑνὸς βιβλίου ποὺ ἀγαποῦμε. Θὰ γνωρίζετε ἀκόμα ὅτι τὰ περισσότερα φυτὰ καὶ δέντρα, γιὰ νὰ ἀναπτυχθοῦν, χρειάζονται φῶς. Ἄλλιῶς εἶναι καταδικασμένα στὸ μαρασμὸ καὶ τὸ θάνατο.

Μᾶς εἶναι λοιπὸν ἀδύνατο νὰ φανταστοῦμε τὴ ζωὴ πάνω στῆ γῆ δίχως τὸ φῶς. Ἡ παρουσία του εἶναι ἔντονη σὲ κάθε μας βῆμα. Γι' αὐτὸ καὶ τῆ νύχτα ποὺ δὲν ὑπάρχει τὸ ἡλιακὸ φῶς—τὸ **φυσικὸ φῶς**, ὅπως λέμε—χρησιμοποιοῦμε ἠλεκτρικοὺς λαμπτήρες, στὴν ἀνάγκη μάλιστα καὶ κεριὰ ἢ λάμπες πετρελαίου, γιὰ νὰ παράγωμε τεχνητὰ τὸ φῶς ποὺ μᾶς χρειάζεται. Δὲν εἶναι περιέργο, ὅστερα ἀπ' ὅλα αὐτὰ, τὸ ὅτι ἡ γλώσσα μας δίνει στὸ φῶς μιὰ ἰδιαίτερη μεταφορική 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 κρατήση κανεὶς στὴν παλάμη του, γιὰ νὰ τὸ μελετήση. Μπορεῖ ὅμως νὰ μελετήση τοὺς κανόνες, δηλαδὴ τοὺς **νόμους**, ποὺ ρυθμίζουν τὴ συμπεριφορὰ του. Ὅπως ὅποτε ἡ ἀπάντηση στὸ ἐρώτημα «τί εἶναι τὸ φῶς» ἀπέτελεσε γιὰ τοὺς ἐρευνητὲς ἕνα βασιανιστικὸ πρόβλημα. Σήμερα ξέρομε ὅτι :

τὸ φῶς εἶναι κι αὐτὸ μιὰ μορφή ἐνέργειας.

2. Το φῶς, ἐνέργεια ποὺ ἀκτινοβολεῖται

Δὲν εἶναι δύσκολο νὰ διαπιστώσωμε μερικὰ φαινόμενα στὸν ὑλικὸ κόσμον, ποὺ δείχνουν ὅτι καὶ τὸ φῶς εἶναι ἐνέργεια—ἔχει δηλαδὴ τὴν ἰκανότητα νὰ παράγῃ ἔργο. Ἐνα χρωματιστὸ χαρτί, ποὺ θὰ ἀφέθῃ στὸν ἥλιο γιὰ μερικὲς μέρες, ξεθωριάζει. Τὸ ἴδιο μας τὸ δέρμα «μαυρίζει», ὅταν ἐκτεθῇ στὸ 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.

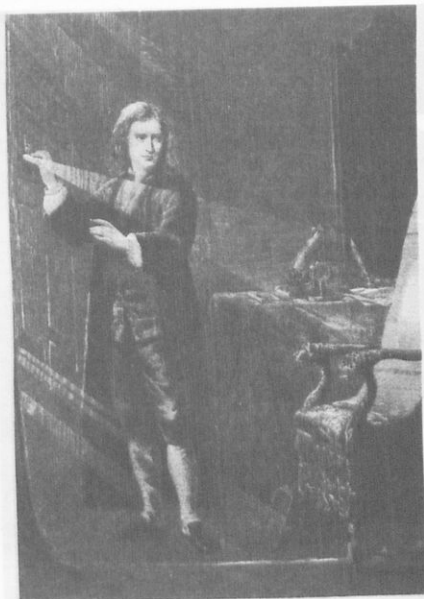
Σ' ὅλες αὐτὲς τὶς περιπτώσεις συμβαί-

νουν αλλαγές στην ύλη. Ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτός 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 ἠλιακὸ φῶς μᾶς ζεσταίνει, ἐπειδὴ ἡ ἐνέργειά του μετατρέπεται σὲ θερμικὴ.

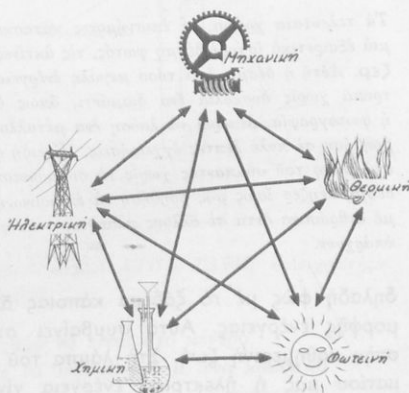
Τὸ ἠλιακὸ φῶς εἶναι ἡ πρωταρχικὴ πηγὴ ἐνέργειας γιὰ τὴ γῆ. Ταξιδεύει 150 ἑκατομμύρια χιλιόμετρα, γιὰ νὰ φτάσει ἀπὸ τὸν ἥλιο ὡς ἐδῶ. Στὴ γῆ μετατρέπεται σὲ ἄλλες μορφές ἐνέργειας, ποὺ εἶναι ἀπαραίτητες γιὰ τὴ ζωὴ καὶ τὸν κύκλο τῶν φυσικῶν φαινομένων. Τὸ φῶς τοῦ ἡλίου διατηρεῖ τὴ γῆ θερμῆ. Μὲ τὴ δική του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

Ἄκόμα πιὸ σημαντικό, ὅλα τὰ ζωντανὰ πλάσματα ὀφείλουν τὴν ἐνέργεια ποὺ ἔχουν στὸ ἠλιακὸ φῶς. Ὁ ἄνθρωπος καὶ τὰ ζῶα, γιὰ νὰ ἀναπυχοῦν 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 ἠλιακὸ 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 ἠλιακοῦ φωτός δημιουργεῖ καὶ ἀνανεώνει ὅλο τὸν θαυμαστὸ κύκλο τῆς ζωῆς.

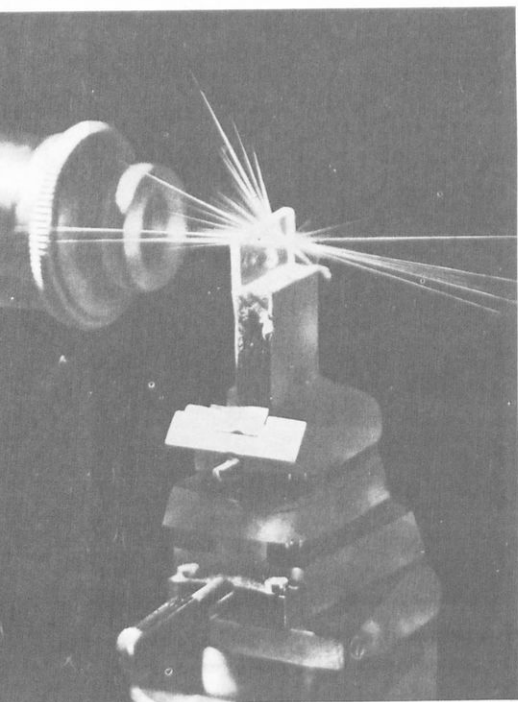
Ἄφοῦ τὸ φῶς εἶναι ἐνέργεια, θὰ πρέπει νὰ διαπιστώσωμε καὶ τὶς ἀντίστροφες μεταβολές στὸν ὑλικὸ κόσμο. Νὰ παράγεται



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 ἐξαιρετικὰ ἰσχυρὴ δέσμη φωτός, τὴς ἀκτίνες λέη-
ζερ. Ἀπὴν ἡ δέσμη ἔχει τόσο μεγάλη ἐνέργεια, ποὺ
τρηπᾶ χωρὶς ὀσκολία ἓνα διαμάντι, ὅπως δείχνει
ἢ φωτογραφία. Μπορεῖ νὰ λιώσει ἓνα μέταλλο ἢ νὰ
βοηθήσει σὲ πολὺ λεπτὲς ἐγχειρήσεις. Ἐπειδὴ φτάνει
στὰ βάρη τοῦ σύμπαντος χωρὶς νὰ διασκορπιστῆ, ἢ
δέσμη λέηζερ ἴσως μᾶς βοηθήσει νὰ ἐπικοινωνήσωμε
μὲ ἀνθρώπινα ὄντα σὲ ἄλλους πλανῆτες — ἂν φυσικὰ
ὑπάρχουν.

δηλαδὴ φῶς μὲ τὸ ζῶδεμα κάποιας ἄλλης
μορφῆς ἐνέργειας. Αὐτὸ συμβαίνει συχνὰ
στὴν καθημερινὴ ζωῆ. Στὴ λάμπα τοῦ δω-
ματίου μας ἢ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια γίνεται
φῶς. Ὅταν ἀνάψωμε ἓνα κερί, ἢ χημικὴ
ἐνέργεια ποὺ ὑπάρχει στὴν ὕλη του μετα-
τρέπεται σὲ φῶς καὶ σὲ θερμότητα. Ἀκόμα
καὶ δύο πέτρες ἂν χτυπήσωμε μεταξύ τους—
ἂν δηλαδὴ καταναλώσωμε μηχανικὴ ἐνέρ-

γεια—εἶναι δυνατόν νὰ πάρωμε μιὰ σπί-
θα φῶς.

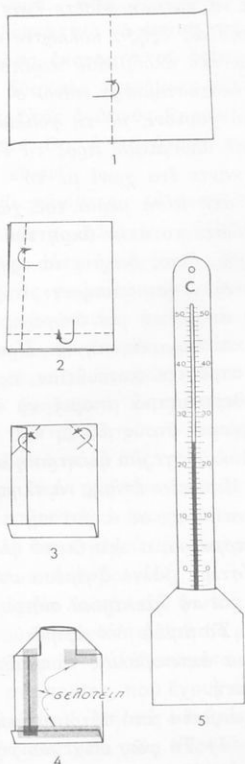
Πῶς παράγεται ὅμως τὸ ἡλιακὸ φῶς;
Ποιὰ μορφή ἐνέργειας μετατρέπεται στὸν
ἥλιο σὲ φωτεινὴ ἐνέργεια; Ἀσφαλῶς δὲν
«καίγονται» οὐσίες στὸν ἥλιο. Θὰ εἶχαν ἀπὸ
καιρὸ τελειώσει, ἀφήνοντας τὴ γῆ μας πα-
γωμένη καὶ δίχως ζωῆ. Ἡ ἐνέργεια τοῦ
ἡλιακοῦ φωτός ἔχει τὸ μυστικὸ τῆς βαθιὰ
μέσα στὴν ὕλη. Εἶναι μιὰ σπουδαία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

Τὸ φῶς λοιπὸν εἶναι ἐνέργεια. Ἔχει
ὅμως μερικὰ ἰδιαίτερα γνωρίσματα. Τὸ φῶς,
σὲ ἀντίθεση μὲ ἄλλες μορφές ἐνέργειας, π.χ.
τὸν ἤχο, δὲν χρειάζεται ὕλη, γιὰ νὰ διαδοθῆ.
Ταξιδεύει καὶ στὸ κενό. Ταξιδεύει συνε-
χῶς, χωρὶς νὰ μπορῆ νὰ σταματήσῃ, καὶ
μάλιστα μὲ τεράστια ταχύτητα. Εἶναι, ὅπως
λέμε, **ἐνέργεια ἀκτινοβολίας**. Τὸ φῶς ἀκτι-
νοβολεῖται ἀπὸ τὸν ἥλιο στὴ γῆ. Ἀπὸ τὰ
φανάρια τοῦ αὐτοκινήτου στὸ δρόμο. Ὑπάρ-
χουν κι ἄλλες μορφές ἐνέργειας ποὺ ἀκτι-
νοβολοῦνται, ὅπως ἡ θερμότητα. Τὸ φῶς
εἶναι τὸ μόνο ποὺ γίνεται ὀρατό, ἐπειδὴ
ἔχει τὴν ἰκανότητα νὰ ἐρεθίσῃ τὸ μηχανισμὸ
τοῦ ματιοῦ μας.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῆτε τὰ παρακάτω ὕλικά :
ἓνα θερμοόμετρο τῶν 50 °C, ἓνα κομμάτι
ἀλουμινόχαρτο, ἓνα κομμάτι σελοφάν,
κομμάτια χαρτί, ἄσπρο, γκρι καὶ μαῦρο
μὲ διαστάσεις 15 × 15 ἐκ. τοῦ μέτρον.

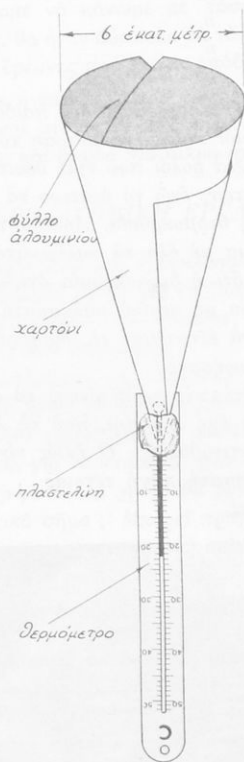
1) Πάρτε τὰ κομμάτια τὸ χαρτί, τὸ φύλλο
ἀλουμινίου (προσέξτε νὰ μὴ σαλακοθῆ),
ἓνα κομμάτι σελοφάν. Σ' ἓνα σκοτεινὸ
δωμάτιο ρίξτε τὸ φῶς ἐνὸς φακοῦ ἐπάνω
στὸ χαρτί, στὸ ἀλουμίνιο, στὸ σελοφάν.
Τὶ συμβαίνει μὲ τὸ φῶς ποὺ πέφτει



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Κατασκευή καλυμμάτων για το θερμοόμετρο.

σ' αυτά τὰ υλικά :

2) Έτοιμάστε καλύμματα για τὸ θερμοόμετρο διπλώνοντας κομμάτια χαρτί ἄσπρο, γκρι καὶ μαύρο, καθὼς καὶ φύλλα ἄλουμνίου, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα. Στερεώστε τὶς διπλωμένες ἄκρες μὲ σελοτέιπ καὶ βάλτε μέσα τὸ θερμοόμετρο, ὥστε ἡ μπαλίτσα πὸν περιέχει τὸν



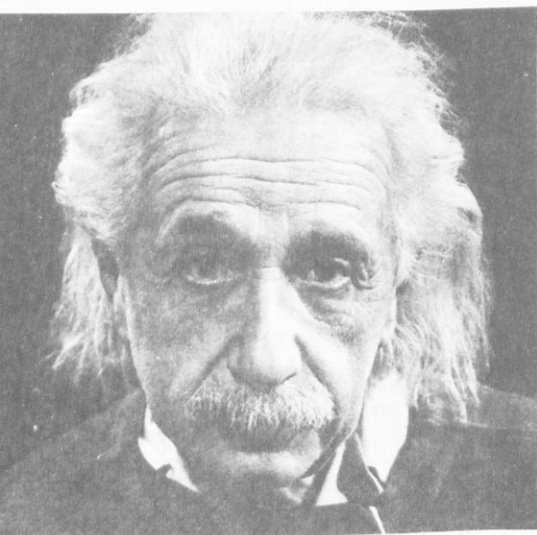
ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. «Ανεγκυρτῆς» ἀκτινοβολίας.

υδράργου νὰ εἶναι στὸ κέντρο. Πάρτε τὸ θερμοόμετρο μ' ἓνα κάλυμμα καὶ βάλτε το στὸν ἥλιο. Τὸ πείραμα πετυχαίνει καλύτερα, ὅταν ἔχη δυνατὸ ἥλιο καὶ δὲν φρεσάη ἀέρας. Παρακολουθήστε πῶς ἀνεβαίνει ἡ θερμοκρασία. Μπορεῖτε νὰ κάνετε ἓναν πίνακα ὡς ἑξῆς :

Χρόνος Θερμοκρασία

1 λεπτό
2 λεπτά
3 »
4 »
5 »

Χρειάζεται να δουλέψουν δύο παιδιά μαζί. Το ένα παιδί πρέπει να μετράει το χρόνο, μ' ένα ρολόι που έχει δείκτη δευτερολέπτων, ενώ το δεύτερο να διαβάζει τη θερμοκρασία. Δοκιμάστε το ίδιο πείραμα με όλα τα καλύμματα. Θα βρείτε ότι η θερμοκρασία ανεβαίνει πιο γρήγορα με μερικά καλύμματα. Μπορείτε να εξηγήσετε τις διαφορές που παρατηρήσατε ;
Σ' όλες αυτές τις περιπτώσεις το φως φαίνεται να έχει ενέργεια, που τη λέμε ενέργεια ακτινοβολίας. Ο ήλιος είναι μια πολύ δυνατή πηγή τέτοιας ακτινοβολίας.



Ο Άλβερτος Άινστάιν απόδειξε ότι το φως έχει τη μεγαλύτερη ταχύτητα που μπορεί να υπάρξει στη φύση.

3) Για να παρατηρήσετε παρόμοια αποτελέσματα με άλλες πηγές, χρειάζεται κάτι που να μαζεύει την ακτινοβολία. Μπορείτε να κατασκευάσετε έναν τέτοιο «άνιχνετή» ως εξής : κολλήστε ένα κομμάτι φύλλο αλουμινίου περίπου 15×20 εκατοστόμετρα πάνω σ' ένα όμοιο φύλλο από χαρτόνι, με τη γυαλιστερή πλευρά του αλουμινίου προς τα έξω. Μ' αυτό κάντε ένα χωρι με το αλουμίνιο στη μέσα μεριά του χωριού και στερεώστε το στην άκρη του θερμομέτρου, όπως δείχνει το σχήμα. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τώρα αυτόν τον «άνιχνετή» για διάφορες φυσικές και θερμοκτικές πηγές. Προσοχή : Αν τον στρέψετε κατευθείαν προς τον ήλιο, το θερμομέτρο μπορεί να ανεβεί πολύ γρήγορα στους 50°C και να σπάσει ! Δοκιμάστε μιά ηλεκτρική λάμπα, ένα φακό. Μπορείτε επίσης να πλησιάσετε τον «άνιχνετή» σας, σε απόσταση περίπου 50 εκατοστόμετρα, σ' ένα ζεστό ηλεκτρικό σίδερο. Ύστερα βάλτε ανάμεσα στον «άνιχνετή» και το ηλεκτρικό σίδερο ένα βιβλίο. Το βιβλίο δεν αφήνει την ενέργεια ακτινοβολίας να φτάσει τον «άνιχνετή». Τα συμπεράσματα από αυτό το πείραμα είναι ότι : 1) Το φως είναι μορφή ενέργειας. 2) Η ενέργεια του φωτός μπορεί να μετασχηματιστεί σε θερμοκή ενέργεια. 3) Το ζεστό ηλεκτρικό σίδερο στέλνει κι αυτό ενέργεια, που φαίνεται να έχει τις ίδιες ιδιότητες με το φως, δηλαδή είναι ενέργεια ακτινοβολίας.

Άς προχωρήσωμε όμως μελετώντας μεθοδικά τις ιδιότητές του.

3. Η ταχύτητα του φωτός

Μόλις ανάψωμε το φακό μας, το φως του φτάνει άκαριαία στο σημείο που θέλομε.

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

300.000 χιλιόμετρα τὸ δευτερόλεπτο.

Θὰ καταλάβετε καλύτερα πόσο ἀπίστευτα μεγάλη εἶναι αὐτὴ ἡ ταχύτητα, ἂν τὴν συγκρίνετε μὲ τὶς γνωστὲς σας ταχύτητες. Ἐνα αὐτοκίνητο, ἂς ποῦμε, τρέχει μὲ 110 χιλιόμετρα τὴν ὥρα, δηλαδή κάπου 30 μέτρα τὸ δευτερόλεπτο. Τὸ φῶς εἶναι 10.000.000 φορές πῶ γρήγορο! Ἐνας δρομέας, πού θὰ ἔτρεχε μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός, θὰ ἔκανε ὀκτῶ φορές τὸ γύρο τῆς γῆς, ὡστόσο ἡμεῖς προφέρουμε ἕναν τριψήφιο ἀριθμὸ. Μπορεῖτε τώρα νὰ πῆτε σὲ κάποιον φίλο σας, πού ἰσχυρίζεται ὅτι «τρέχει σὰν ἀστραπή», πῶς εἶναι μᾶλλον ὑπερβολικός...

Ἡ ταχύτητα λοιπὸν τοῦ φωτός εἶναι τόσο μεγάλη, πού ξεπερνᾷ τὴ φαντασία μας. Μήπως ὅμως ὑπάρχουν ὑλικά σῶματα, ἰσως στὰ βάθη τοῦ σύμπαντος, πού ἔχουν ἀκόμα μεγαλύτερη ταχύτητα; Μήπως ὁ ἄνθρωπος, καθὼς τελειοποιεῖ συνέχεια τοὺς πυραύλους του, θὰ φτάσει ἢ καὶ θὰ ξεπεράσει κάποτε σὲ ταχύτητα τὸ φῶς; Τὴν ἀπάντηση σὲ ὅλα αὐτὰ τὰ ἐρωτήματα ἔδωσε ἕνας διάσημος φυσικός τῆς ἐποχῆς μας, ὁ Ἄινσταϊν, πού ἀπόδειξε ὅτι :

Στὴ φύση δὲν μπορεῖ νὰ ὑπάρξει μεγαλύτερη ταχύτητα ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός.

Ἡ ταχύτητα τοῦ φωτός εἶναι ἕνα ὄριο, ἕνα ἀνώτερο ὄριο, πού κανένα ἀπὸ τὰ ὑλικά σῶματα δὲν θὰ μπορέσει ποτὲ νὰ ὑπερβῆ.

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

τητα καὶ ὅταν περνᾷ ἀπὸ κάποιο ὑλικὸ μέσο; Ποιὰ εἶναι ἡ ταχύτητά του στὸν ἀέρα, μέσα στὸ νερὸ μιᾶς λίμνης ἢ σ' ἕνα κομμάτι γυαλί; Ἄφου ἔχομε νὰ κάνουμε μὲ τόσο μεγάλες ταχύτητες, θὰ ἦταν δύσκολο νὰ τὸ ἐξακρίβωσωμε. Οἱ ἔρευνες πού ἔγιναν ἀπόδειξαν ὅτι :

Στὸν ἀέρα ἡ ταχύτητα τοῦ φωτός εἶναι σχεδὸν ὅση καὶ στὸ κενό. Στὰ ὕγρα εἶναι λίγο μικρότερη, καὶ ἀκόμα πῶ μικρὴ στὰ στερεά.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Διαβάστε ἀπὸ μιὰ ἐγκυκλοπαίδεια ἢ ἄλλο κατάλληλο βιβλίο γιὰ τὴ ζωὴ καὶ τὸ ἐπιστημονικὸ ἔργο τοῦ Ἄινσταϊν. Συζητήστε στὴν τάξη ὅσα διαβάσατε.

2) Τὴν ἀπόσταση γῆς - σελήνης μπορεῖτε πάλι νὰ τὴ βρῆτε σὲ μιὰ ἐγκυκλοπαίδεια. Πόσο χρόνο χρειάζεται ἕνα φωτεινὸ σῆμα ἀπὸ τὴ γῆ, γιὰ νὰ φτάσει σ' ἕναν ἀστροναῦτη στὴ σελήνη; Πόσο χρόνο θὰ χρειαζόταν ἕνα ἠχητικὸ σῆμα; Μπορεῖ πραγματικὰ ἕνα ἠχητικὸ κύμα νὰ φτάσει στὴ σελήνη;

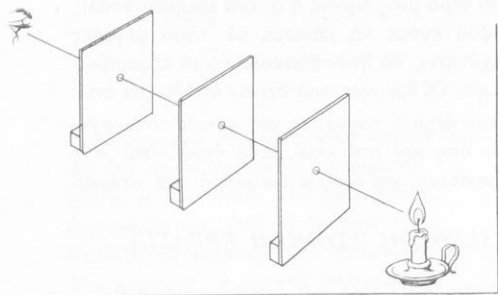
4. Τὸ φῶς διαδίδεται εὐθύγραμμα

Οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες, ἂν βέβαια δὲν συναντήσουν κάποιο ἐμπόδιο στὸ δρόμο τους, ταξιδεύουν σὲ εὐθεῖα γραμμῇ. Δὲν ἀλλάζουν κατεύθυνση οὔτε καὶ σχηματίζουν καμπύλες. Ἐνας φίλος πού ἔστριψε στὴ γωνία παύει νὰ φαίνεται, ἐπειδὴ οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες πού ξεκινοῦν ἀπ' αὐτὸν δὲν μποροῦν πιά νὰ φτάσουν στὰ μάτια μας. Στὴν αἴθουσα ἐνὸς κινηματογράφου, οἱ φωτεινὲς δέσμες φαίνονται νὰ ξεκινοῦν ἀπὸ τὸν προβολέα καὶ νὰ κατευθύνονται ὁλόισια στὴν ὀθόνη.

Ἐνα ἀπλό πείραμα μπορεῖ νὰ ἐπιβεβαιώσει τὶς παρατηρήσεις μας.

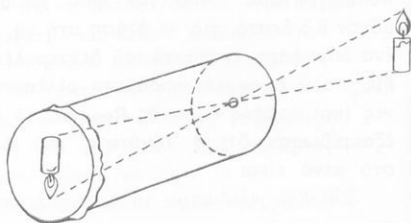
ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Κόψτε τρία τετράγωνα κομμάτια χαρτόνι περίπου ἴδιων διαστάσεων. Μ' ἕνα 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
 ἑνὸς κεριοῦ. Μετακινώντας τὰ χαρτόνια θὰ
 βρῆτε μιὰ θέση πὸν τὸ φῶς περνᾷ ἀπ' ὅλες
 τὶς τρύπες. Ποιὰ εἶναι αὐτὴ ἡ θέση; Τί
 συμπεραίνετε; Ἐπιβεβαιώστε τὸ συμπέρασμά
 σας μὲ ἓνα τεττωμένο σύρμα.



Μιὰ πρωτόγονη φωτογραφικὴ μηχανή.

Πολλὲς φορές ἔχετε παίξει οἱ ἴδιοι μὲ τὴ
 σκιά σας. Οἱ σκιές εἶναι μιὰ ἄμεση συνέπεια
 τῆς εὐθύγραμμης πορείας πὸν 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.

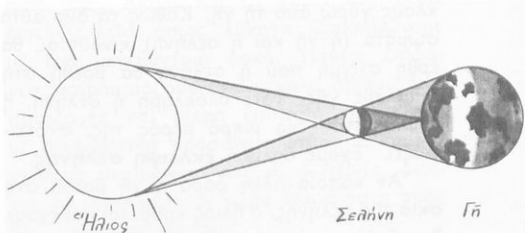
και διακόπτονται μόνο από το στερεό σώμα που παρεμβάλλεται στο δρόμο τους. Τέτοια μάλιστα σώματα, που δεν αφήνουν το φως να περάσει από την ύλη τους, ονομάζονται **άδιαφανή**.

Μιά διασκεδαστική εφαρμογή των όσων μάθατε είναι η κατασκευή μίας απλής «φωτογραφικής» μηχανής.

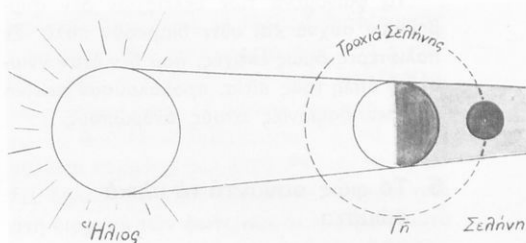
ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πάρτε ένα κυλινδρικό κουτί, από χαρτόνι ή τενεκέ, και μ' ένα καρφί ανοίξτε μια μικρή τρύπα στη βάση του, κοντά στο κέντρο. Με ένα λαστιχάκι προσαρμόστε σφιχτά ένα κομμάτι λαδόχαρτο στην άλλη άκρη του κυλινδρικού κουτιού, όπως δείχνει το σχήμα. Κρατήστε τώρα τη βάση του κουτιού μπροστά στη φλόγα ενός κεριοῦ. Στη μικρή «αθόνη» από λαδόχαρτο, που έχετε κατασκευάσει, θα δήτε το είδωλο της φλόγας — και μάλιστα ανάποδα! Αυτό είναι αποτέλεσμα της εθύγραμμης διαδόσεως του φωτός. Φωτεινές ακτίνες από την κορυφή της φλόγας περνούν από την τρύπα και φτάνουν στο κάτω μέρος της αθόνης, ενώ όσες ξεκινούν από το κάτω μέρος της φλόγας καταλήγουν σε ψηλότερο σημείο της αθόνης. Θα κατανοήσετε μάλιστα καλύτερα το πείραμα, αν σχεδιάσετε στο τετραδίό σας την πορεία των φωτεινών ακτίνων.

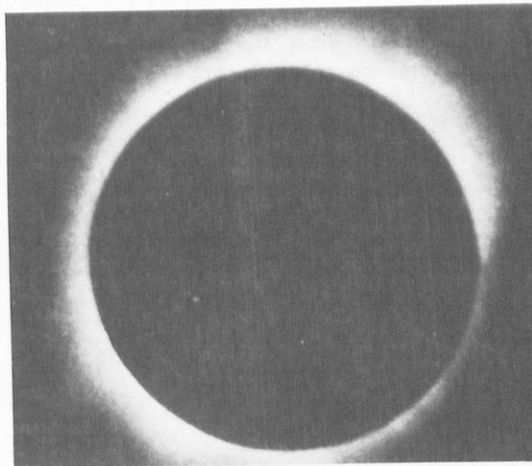
Το φως διαδίδεται εθύγραμμα και δημιουργεί σκιές και έξω από τη γη μας, στο άπειρο διάστημα. Έμεις που κατοικούμε στη γη παρατηρούμε έτσι τα θεαματικά ουράνια φαινόμενα, που είναι γνωστά ως **εκλείψεις**. Το σχήμα δείχνει παραστατικά τον ήλιο, τη σελήνη και τη γη. Ο ήλιος είναι ακίνητος και εκπέμπει το φως του προς όλες τις κατευθύνσεις. Η γη και η σελήνη δεν έχουν δικό τους φως, αλλά φωτίζονται από τον ήλιο. Ξέραμε ακόμα ότι η γη περιφέρεται γύρω από τον ήλιο, διαγράφοντας μια έλλειψη, και ότι η σελήνη διαγράφει κύ-



Εκλείψη ήλιου.



Εκλείψη σελήνης.



Φωτογραφία από την εκλείψη ήλιου το 1973. Ήταν η μεγαλύτερη σε διάμετρο στην ανθρώπινη ιστορία και έδωσε την ευκαιρία σε χιλιάδες έυσυτήμονες από όλο τον κόσμο να μελετήσουν τον ήλιο και τα φαινόμενα που σχετίζονται με την ήλιακη ακτινοβολία.

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

Ἄν κάποια ἄλλη φορά ἡ γῆ βρεθῇ στή 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 ὄμως ἐποχές, πού δὲν ἦταν γνωστὴ ἡ ἀπλὴ τους αἰτία, προκαλοῦσαν πανικὸ καὶ δεισιδαιμονίες στοὺς ἀνθρώπους.

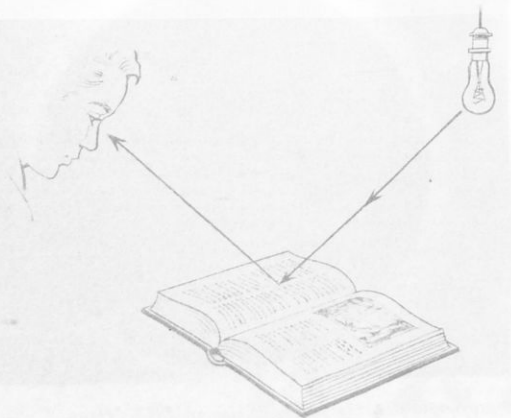
5. Τὸ φῶς συναντᾷ τὰ ὑλικά σώματα

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

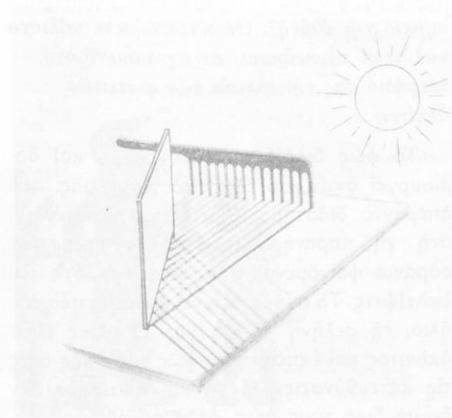
πορεία μ' αὐτὸ τὸν τρόπο— καὶ φεύγει τώρα πρὸς ἄλλη κατεύθυνση— κάθε φορά πού συναντᾷ ἓνα ἐμπόδιο.

Χάρη στὴν ἀνάκλαση— καὶ μάλιστα, ὅπως θὰ δοῦμε, τὴν ἀκανόνιστῃ 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 **ἑτερόφωτα** σώματα. Βλέπομε τὰ ἑτερόφωτα αὐτὰ σώματα, ἐπειδὴ ἀνακλοῦν καὶ πρὸς τὰ μάτια μας ἓνα μέρος ἀπὸ τὸ φῶς πού δέχονται τὰ ἴδια. Μὲ τὸ φῶς μιᾶς λάμπας μποροῦμε νὰ διακρίνωμε τὰ πράγματα ἐνὸς σκοτεινοῦ δωματίου. Ἄν σβήσωμε τὴ λάμπα, τὰ πράγματα ἐξακολουθοῦν νὰ βρίσκονται στὴν ἴδια θέση. Δὲν ὑπάρχουν ὅμως πιά οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες πού θὰ ἀνακλαστοῦν ἐπ' αὐτούς καὶ θὰ τὰ κάνουν ὁρατὰ.

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



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



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Τὸ φῶς ἀνακλᾶται ἀπὸ μιὰ ἐπιφάνεια μὲ τὴν ἴδια γωνία πού τὴν ἀναπτᾷ.

πού είναι, όπως και το φως, μιὰ μορφή ενέργειας—ίσως μαντεύομε τὴν ἀπάντησιν.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Τοποθετήστε ἓνα χτένι στὸ δρόμο τοῦ ἡλιακοῦ φωτός, πὸν πέφτει πλάγια σ' ἓνα ἄσπρο χαρτόνι. Δώστε τέτοια κλίση στὸ χαρτόνι, ὥστε οἱ φωτεινὲς δέσμες πὸν φεύγουν ἀπὸ τὸ χτένι νὰ ἔχουν μῆκος μισοῦ καὶ ἑκατοστῶμετρα. Τοποθετήστε διαγώνια στὴν τροχιά τους ἓναν καθρέφτη, ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα. Τί παρατηρεῖτε; Στρώψτε λίγο τὸν καθρέφτη. Ἀλλάζουν κατεύθυνση οἱ ἀνακλώμενες φωτεινὲς δέσμες; Τί συμπεραίνετε;

Οἱ παρατηρήσεις αὐτὲς μᾶς ὀδηγοῦν στὸ συμπέρασμα ὅτι στὸ φῶς, ὅπως καὶ στὸν ἤχο, ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἴση μὲ τὴ γωνία ἀνακλάσεως.

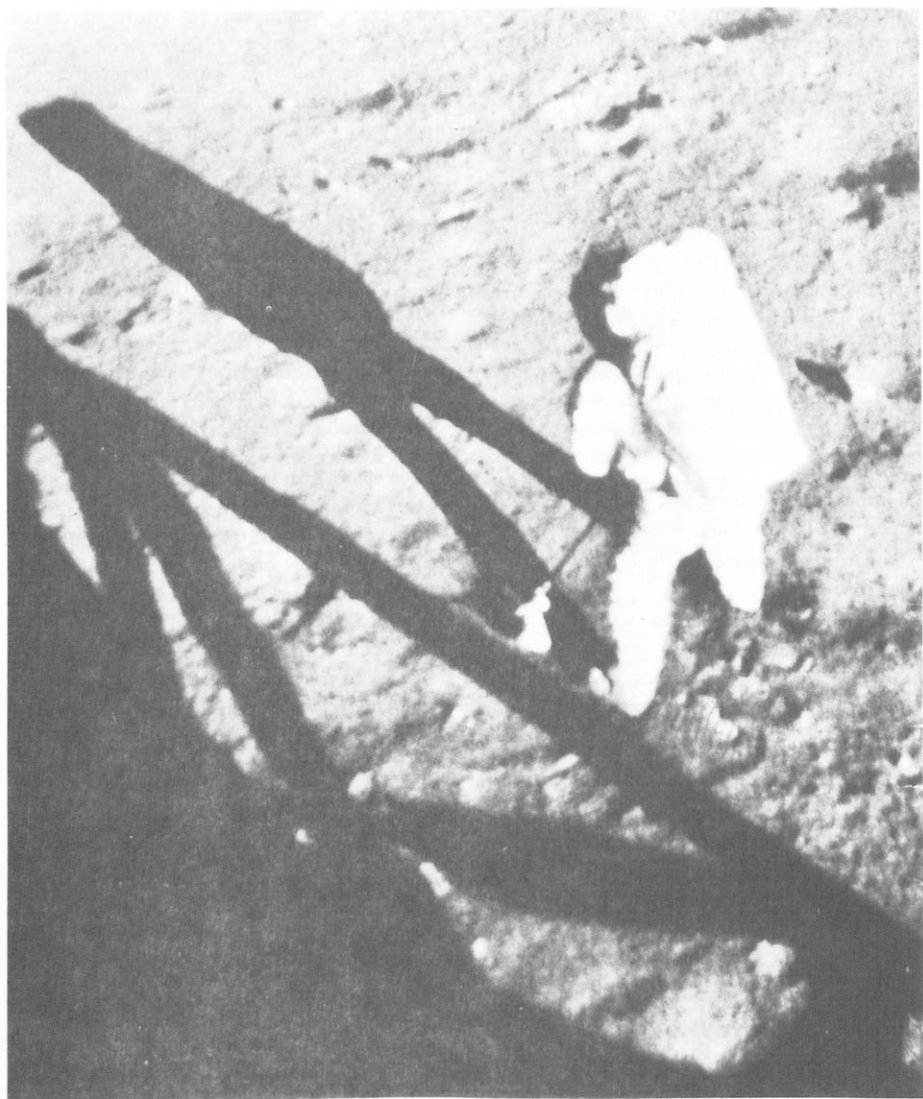
Στὶς πιὸ πολλὲς βέβαια περιπτώσεις οἱ ἐπιφάνειες τῶν σωμάτων πὸν συναντᾶ τὸ φῶς εἶναι σχετικὰ ἀνώμαλες. Ὁ καθρέφτης εἶναι λείος, ὄχι ὅμως ὁ πίνακας ἢ τὸ πουκά-

μισό μας. Ἀκόμα καὶ τὸ χαρτί δὲν εἶναι ἐντελῶς λείο, ὅπως εὐκολὰ ἐξακριβώνομε μὲ ἓνα μεγεθυντικὸ φακὸ. Τέτοιες ἐπιφάνειες παρουσιάζουν ἓνα μεγάλο ἀριθμὸ ἀπὸ προεξοχῆς καὶ μικρὰ ἐπίπεδα, τὸ καθένα μὲ διαφορετικὸ προσανατολισμὸ. Εἶναι λογικὸ νὰ περιμένωμε ὅτι οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες θὰ ἀνακλαστοῦν τῶρα ἀκανόνιστα πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις.

Αὐτὴ ἡ ἀκανόνιστη ἀνάκλαση τοῦ φωτός — ἡ **διάχυση**, ὅπως τὴν λέμε μὲ μιὰ λέξη — εἶναι πὸν κάνει ὁρατὰ τὰ γύρω μας ἀντικείμενα. Ἐχεῖ ὅμως κι ἄλλες ἐνδιαφέρουσες συνέπειες. Ἐὰν ἀνάψωμε τὸ φῶς τοῦ δωματίου μας, ἡ διάχυσὴ του ἀπὸ τὰ ἔπιπλα, τοὺς τοίχους καὶ τὴ σκόνη κάνει τὸ δωμάτιο νὰ φωτίζεται ὁμοίμορφα. Τὰ πιὸ μικρὰ μάλιστα κομμάτια τοῦ ἀέρα πὸν μᾶς περιβάλλει, δηλαδὴ τὰ μόρια του, βοηθοῦν σημαντικὰ στὴ διάχυση τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων. Γι' αὐτὸ καὶ «ξημερώνει» πολὺ πρὶν ἀνατελεῖ ὁ ἥλιος : τὸ ἡλιακὸ φῶς διαχεεῖται στὰ μόρια τῆς ἀτμόσφαιρας. Στὴ σελήνη, ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριά, πὸν δὲν ὑπάρχει ἀτμόσφαιρα, ἡ σκιά ἐνὸς ἀστροναύτη εἶναι «κοφτὴ» καὶ πολὺ σκοτεινὴ.



Ἀνάκλαση σὲ λείες καὶ ἀνώμαλες ἐπιφάνειες.



Ἐπειδὴ δὲν ὑπάρχει ἀτμόσφαιρα, ἡ σκιά ἑνὸς ἀστρωναύτη στὴ σελήνη εἶναι πολὺ ἔντονη.

“Ας προσπαθήσωμε τώρα νὰ ἀπαντήσωμε σ’ ἓνα ἄλλο ἐρώτημα : “Ὅλο ἄραγε τὸ φῶς— ἢ ἀκριβέστερα, ὀλη ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια— πού 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 ἓναν καθρέφτη μπροστὰ στὸ βιβλίον, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα. Τί παρατηρεῖτε; Τί συμβαίνει ἂν, ἀντὶ τοῦ καθρέφτη, χρησιμοποιήσετε ἓνα ἄσπρο φύλλον χαρτί; Ἐνα μαῦρο φύλλον χαρτί; Ἐνα 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

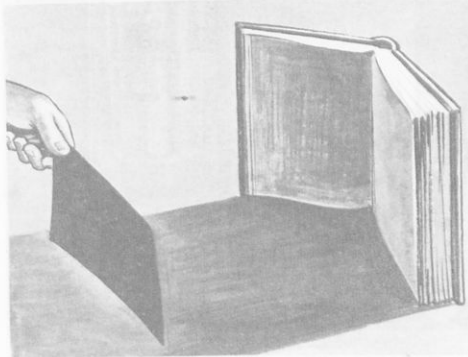
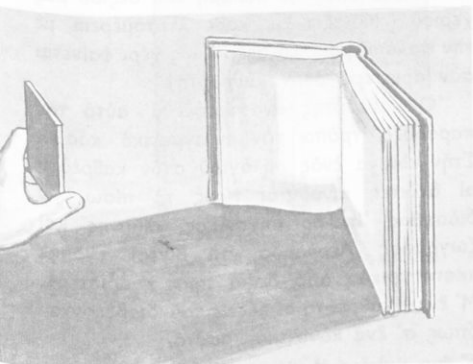
ἀφήνει τὸ περισσότερο νὰ περάσῃ ἀνενόχλητο ἀπὸ τὴν ὕλη του. Εἶναι, ὅπως λέμε, ἓνα **διαφανές** σῶμα. Ὁ ἀέρας, τὸ νερὸ, τὰ τζάμια στὰ παράθυρα εἶναι κι αὐτὰ διαφανῆ σῶματα.

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

6. Τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα καὶ τὰ εἰδωλά τους

Τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα— οἱ κοινοὶ καθρέφτες— εἶναι γνωστὰ σὲ ὅλους ἀπὸ τὴν καθημερινὴ ζωή. Ἐνας καθρέφτης κατασκευάζεται συνήθως ἀπὸ γυαλί, πού ἐπαργυρώνεται στὴ μιὰ του ἐπιφάνεια. Ἐτσι ἀνακλᾷ καλύτερα τὸ φῶς. Ἐπίπεδα κάτοπτρα εἶναι καὶ ἡ στιλπνὴ ἐπιφάνεια ἐνὸς μετάλλου ἢ τὸ ἡρεμο νερὸ μιᾶς στέρνας. Πολλὲς φορές θὰ ἔχωμε δεῖ σὲ τέτοια φυσικὰ κάτοπτρα τὸ πρόσωπό μας.

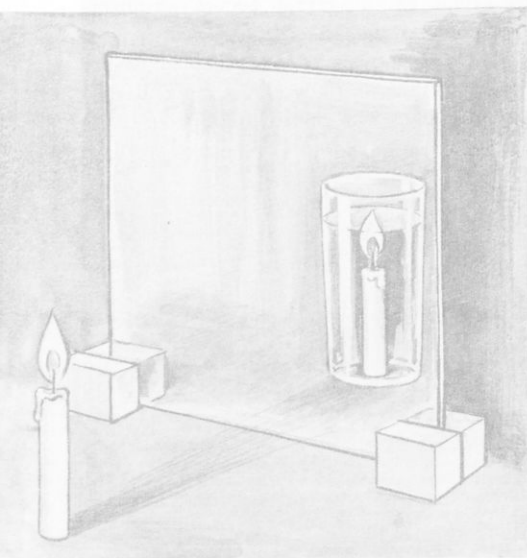
Ἄς ἐρευνήσωμε τώρα μεθοδικὰ τὰ **εἰδωλα**, δηλαδὴ τίς εἰκόνας τῶν ἀντικειμένων πού μᾶς δίνει ἓνα ἐπίπεδο κάτοπτρον. Ἄπὸ



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 Τ.Λ.Ξ.Η. Τὸ εἶδωλο τῆς φλόγας «καίει» ἀνενόητο μέσα στοῦ νεροῦ.

τὴν πείρα μας ζέρομε μερικὰ βασικὰ τοὺς χαρακτηριστικὰ. Ἄν φέρωμε μπροστὰ σ' ἓνα καθρέφτη τὸ μολύβι μας, θὰ σχηματισθῆ ἓνα ὅμοιο καὶ ἴσου μεγέθους εἶδωλό του στὸν καθρέφτη. Ἄν ἀπομακρύνωμε τὸ μολύβι, τὸ εἶδωλο φαίνεται νὰ ὑποχωρῆ σὲ ἀνάλογο βάθος. Ὁ καθρέφτης ὅμως εἶναι λεπτός. Ἄρα τὸ εἶδωλο δὲν ὑπάρχει πραγματικὰ ἐκεῖ ποὺ τὸ βλέπομε νὰ σχηματίζεται. Εἶναι, ὅπως λέμε, ἓνα φανταστικὸ εἶδωλο.

Ἄν ἔχετε ἀμφιβολίες, μ' ἓνα διασκεδαστικὸ πείραμα θὰ πεισθῆτε γιὰ τὴν ὑπάρξη φανταστικῶν εἰδώλων.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ Τ.Λ.Ξ.Η

Στηρίξτε ὄρθιο ἓνα κομμάτι τζάμι, ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα. Σὲ ἀπόσταση περίπου 30 ἐκατοστόμετρα ἀπὸ τὸ τζάμι τοποθετήστε ἓνα ἀναμμένο κερί. Ἄπὸ τὴν ἄλλη μεριά, σὲ ἴση ἀπόσταση, ἓνα ποτήρι νερό. Πίσω ἀπὸ τὸ ποτήρι τοποθετήστε ἓνα σκοῦρο χαρτόνι. Ἄν κοιτάξετε τὸ ποτήρι μέσα ἀπὸ τὸ τζάμι, θὰ δῆτε τὴ φλόγα τοῦ κεριοῦ νὰ καίη ἀνενόητη μέσα στοῦ νεροῦ!

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 χέρι φαίνεται σὰν ἄριστορὸ 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 Ἴταλὸς μηχανικός, γλύπτης καὶ ζωγράφος Λεονάρδο ντὰ Βίντσι ἔγραφε «κατοπτρικὰ» ἀπὸ δεξιά πρὸς τ' ἄριστέρα. Μ' ἓναν καθρέφτη οἱ λέξεις του διαβάζονταν ὅπως σ' ἓνα κανονικὸ γραφτὸ.

Σ' ἓναν καθρέφτη διαβάστε αὐτὴ τὴ φράση :

.μῑζγῶνὲ ἰονὲζ ρῶφ ὀτ

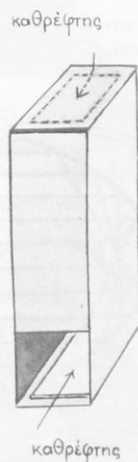
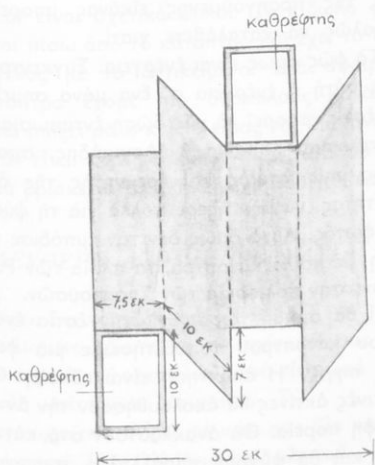
Ἡ δημιουργία εἰδώλων ἀπὸ τὰ κάτοπτρα δὲν ὀφείλεται σὲ κάποια περίεργη ἰδιότητα τῆς ὕλης τους. Μάθαμε ὅτι ἓνα κάτοπτρο ἀνακλᾷ τὸ φῶς. Φωτεινὲς ἀκτίνες ἀπὸ ἓνα ἀντικείμενο— τὸ πρόσωπό μας, ἓνα μολύβι, τὴ φλόγα τοῦ κεριοῦ— ἀνακλῶνται ἔτσι στὸ κάτοπτρο καὶ φτάνουν στὰ μάτια μας. Τὸ μάτι «συνθέτει» τὴν εἰκόνα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

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

Χρησιμοποιεῖ γι' αὐτὸν τὸ σκοπὸ τὸ περι-
σκοπίο.

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 σχηματιστῆ ἔτσι ἓνα ὀρθογώνιο κουτί, μὲ δύο «παράθυρα» ποῦ βλέπουν πρὸς τοὺς καθρέφτες. Συνδέστε μὲ κολλητικὴ ταινία

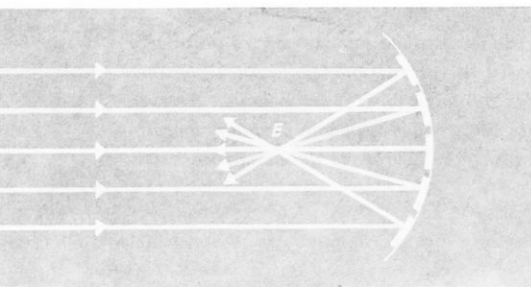


ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Κατασκευή ἑνὸς ἀπλοῦ περισκοπίου.

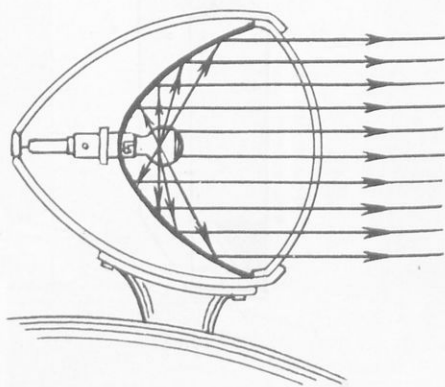
τις πλευρές του ὀρθογώνιου, ὥστε νὰ γίνῃ ἡ κατασκευὴ σας στέρεη. Ἔχετε ἔτσι κατασκευάσει ἕνα ἀπλό περισκόπιο, πὸν σὰς ἐπιτρέπει νὰ βλέπετε ἀπὸ γωνίες ἢ πίσω ἀπὸ στερεὰ ἀντικείμενα.

7. Σφαιρικά κάτοπτρα

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



Ἐνα κοίλο κάτοπτρο συγκεντρώνει στὴν ἑστία τὶς φωτεινὲς ἀκτίνες.



Ὁ προβολεὺς τοῦ αὐτοκινήτου εἶναι ἕνα κοίλο κάτοπτρο — ὄχι ἀκριβῶς σφαιρικό — μὲ ἕνα ἠλεκτρικὸ λαμπάκι στὴν ἑστία του.

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

Ἄς ἐξετάσωμε τί συμβαίνει, ἂν σ' ἕνα κοίλο κάτοπτρο— πού 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 πού προσπίπτουν.

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

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

Τί θὰ συμβῇ τώρα, ἂν στὴν ἑστία ἐνὸς 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 στηρίζουν τὴ λειτουργία τους οἱ προβολεῖς τῶν αὐτοκινήτων.

Ἐνα 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 ΤΛΞΗ

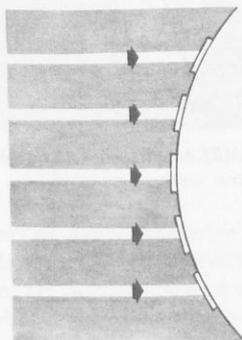
Τὸ σχῆμα δείχνει μιὰ δέσμη ἀπὸ παράλληλες ἀκτίνες, ποὺ πέφτουν στὴν ἐπιφάνεια ἐνὸς κυρτοῦ κατόπτρου. Ἐάν φαντασθῆτε πάλι ὅτι τὸ κάτοπτρο ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰ ἐπίπεδα κομμάτια, ποιά θὰ εἶναι ἡ πορεία τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων; Θὰ συναντηθοῦν, ὅπως σ' ἓνα κοίλο κάτοπτρο, σ' ἓνα σημεῖο; Μήπως συναντηθοῦν οἱ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

Ἐὰς 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 ἀπλοί. Τὸ εἰδῶλο φαίνεται πίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρο καὶ ἔχει τὸ ἴδιο μέγεθος μὲ τὸ ἀντικείμενο. Στὰ σφαιρικά κάτοπτρα ἔχομε πιὸ 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.

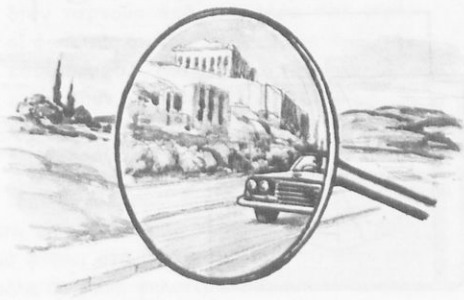
ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πάρτε ἓνα κοντάλι σούπας, καλὰ γυαλισμένο. Κοιτάξτε τὸ πρόσωπό σας στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ κονταλιοῦ, ποῦ εἶναι μιὰ κοίλη κατοπτρική ἐπιφάνεια. Τί παρατηρεῖτε; Φέρετε τὸ μάτι σας ὄλο καὶ πιὸ 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;

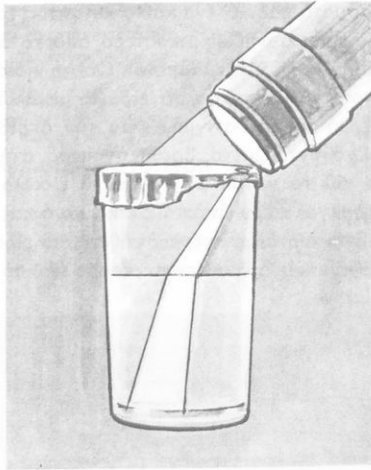
Μποροῦμε τώρα νὰ διατυπώσουμε τὰ συμπεράσματά μας. Σ' ἓνα κοίλο κάτοπτρο τὸ εἰδῶλο εἶναι συνήθως μικρότερο ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο καὶ ἀντεστραμμένο. Ὅσο πλησιάζουμε πρὸς τὸ κάτοπτρο, τὸ εἰδῶλο μεγαλώνει. Θὰ ἔρθη μάλιστα στιγμή — γιὰ τὴν ἀκρίβεια, ὅταν τὸ ἀντικείμενο βρεθῆ ἀνάμεσα στὴν ἐστία καὶ τὸ κάτοπτρο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



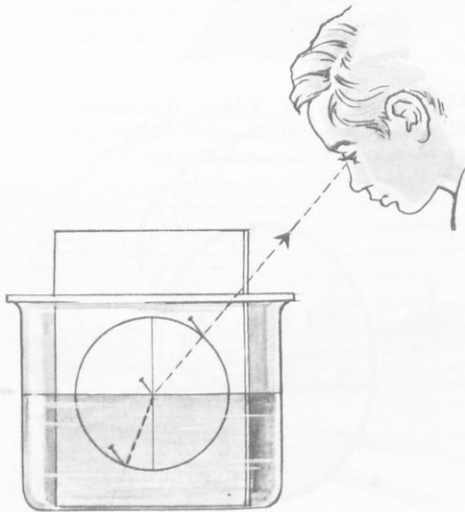
ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΛΞΗ. Προσπαθήστε νὰ μαντέψετε τὴν πορεία τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, ποὺ πέφτουν παράλληλες σ' ἓνα κυρτὸ κάτοπτρο.



Μὲ κυρτὰ κάτοπτρα παρακολοῦθοῦμε τὴν κίνηση, καθὼς ὁδηγοῦμε.



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



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

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

Τὰ κοίλα σφαιρικά κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται σὲ μικροσκοπία καὶ προβολεῖς, γιὰ νὰ συγκεντρώνουν τὸ φῶς. Μὲ κοίλα κάτοπτρα ζυρίζονται καμιά φορὰ οἱ μεγάλοι, ἐπειδὴ σχηματίζουν μεγεθυμένη τὴν εἰκόνα τοῦ προσώπου. Κυρτὰ κάτοπτρα, ἐξἄλλου, εἶναι οἱ καθρέφτες τῶν αὐτοκινήτων, ποὺ βοηθοῦν στὸ νὰ παρακολουθοῦμε τὴν κίνηση, καθὼς ὁδηγοῦμε. Παρόμοια κυρτὰ κάτοπτρα τοποθετοῦνται καὶ σὲ στροφῆς 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 γυάλι. Ἔτσι μιὰ φωτεινὴ δέσμη ὑποχρεώνεται νὰ ἐλαττώσῃ ταχύτητα, καθὼς περνᾷ ἀπὸ τὸν ἀέρα στὸ νερὸ. Συγχρόνως ὅμως, ὅπως θὰ διαπιστώσωμε ἀμέσως, ἀλλάζει τὴν ἀρχικὴ τῆς διεύθυνση.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῆτε ἕνα ποτήρι, λίγο γάλα, ἕνα ἀλουμινοχαρτο καὶ ἕναν ἠλεκτρικὸ φακό.

- 1) Γεμίστε τὸ ποτήρι κατὰ τὰ δύο τρίτα του μὲ νερὸ καὶ προσθέστε λίγες σταγόνες γάλα.
- 2) Σκεπάστε τὸ ποτήρι ἐφαρμοστά μὲ τὸ ἀλουμινοχαρτο. Ἀνοίξτε στὸ σκέπασμα

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

3) Με μια κολλητική ταινία εφαρμόστε τώρα καλά το σκέπασμα. Κατευθύνετε στη σχισμή τη φωτεινή δέσμη του φακού, όπως δείχνει η εικόνα. Τι παρατηρείτε; Το πείραμα θα είναι βέβαια ενδιαφέρον, 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 αποδείξαν οι επιστήμονες που μελέτησαν το φαινόμενο, το φως διαθλάται, επειδή έχει διαφορετική ταχύτητα στα δύο υλικά.

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

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

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

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

2) Καρφώστε μια καρφίτσα στο κέντρο του κύκλου και μια 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 αγγίξει 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 νερό. Φέρτε τις ευθείες που ενώνουν τις τρεις καρφίτσες. Τι παρατηρείτε; Από πού ξεκινά το φως και προς τα πού πάει; Πού είναι μεγαλύτερη ή ταχύτερά του;

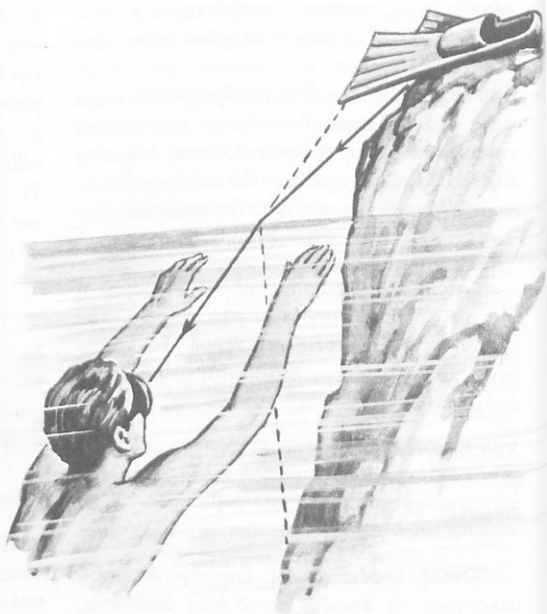
Το πείραμα έδειξε την πορεία που ακολουθεί μια φωτεινή ακτίνα, για να φτάσει από το νερό στο μάτι μας. Θα αφομοιώσω με καλύτερα τα συμπεράσματά μας με δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Παρατηρήστε προσεκτικά τις εικόνες της επόμενης σελίδας.

Στην πρώτη εικόνα μια 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 μια 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 στη γυάλα θα φανή ψηλότερα από ό,τι είναι στην πραγματικότητα. Ο ψαροντουφεκάς θα δει τα βατραχοπέδιλα μετακινημένα προς τ' άριστερά.



Ἡ διαθλώμενη ἀκτὴν πλησιάζει ἢ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κατακόρυφον.

Ἄν ἀκόμα δὲν ἔχετε πεισθῆ γιὰ τὸν τρόπον ποὺ διαθλάται τὸ φῶς—καὶ τίς διασκεδαστικές του, καμιά φορά, συνέπειες—δοκιμάστε οἱ ἴδιοι τὸ παρακάτω ἀπλό 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 μετακινήθητε, ρίξτε σιγὰ σιγὰ νερὸ στὸ δοχεῖο. Θὰ πετύχετε, κάποια στιγμή, νὰ δῆτε ὀλόκληρο τὸ νόμισμα. Μπορεῖτε νὰ ἐξηγήσετε τὸ φαινόμενο :

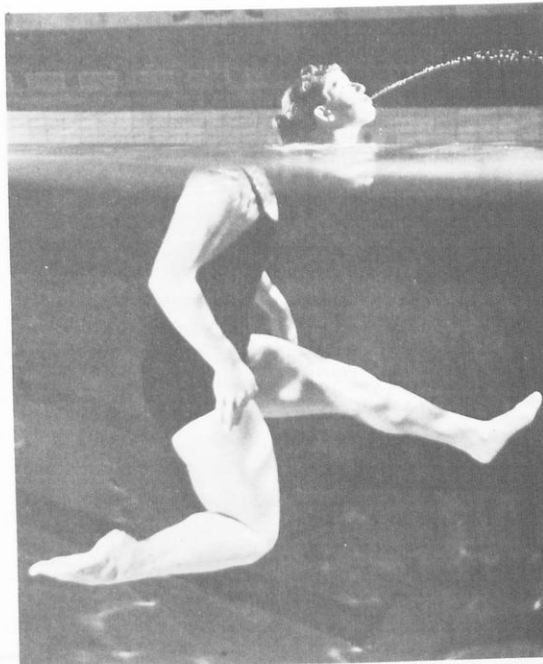
Στὴ διάθλαση ὀφείλονται πολλὲς παράδοξες ἐμπειρίες μας. Ἐνα κουτάλι μισοβυθισμένο σ' ἓνα ποτήρι νερὸ φαίνεται σπασμένο στὰ δύο. Ἄν κρατήσωμε ἓνα μπουκάλι μπροστὰ στὰ μάτια μας, ὁ κόσμος θὰ μᾶς φανῆ ἀγνώριστος καὶ παραμορφωμένος. Ἀκόμα καὶ οἱ ἠλιακὲς ἀκτίνες, καθὼς ἔρχονται ἀπὸ ψηλότερα ἀτμοσφαιρικὰ στρώματα—ποὺ 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, ἐνῶ δὲν ἔχει ἀκόμα ἀνατείλει!

9. Οι 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— μπορούμε νὰ ἐξετάσωμε μικροσκοπικὰ ἀντικείμενα. Τὰ ματογυάλια, ποὺ βελτιώνουν σὲ πολλὲς περιπτώσεις τὴν ἀνθρώπινη ὄραση, δὲν εἶναι παρά γυάλινοι φακοὶ ἐπεξεργασμένοι κατάλληλα. Μιά ἱστορική στιγμή «ἀπαθανάτιζε-ται», 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. Ἔχει ἔτσι διαφορετικὸ πάχος στὴ μέση ἀπὸ ὅ,τι στὰ ἄκρα του.

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



Ἐνα ἐντυπωσιακὸ ἀποτέλεσμα τῆς διαθλάσεως.

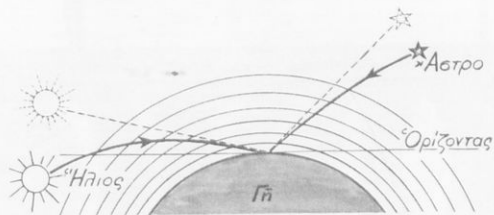
ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

1) Ψηλαφηστε ἓνα μεγεθυντικὸ φακὸ. Τί εἴδους ἐπιφάνειες τὸν ἀποτελοῦν;

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

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

3) Τοποθετήστε ἓνα χαρτί, κατὰ προτίμηση *μαῦρο*, 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!



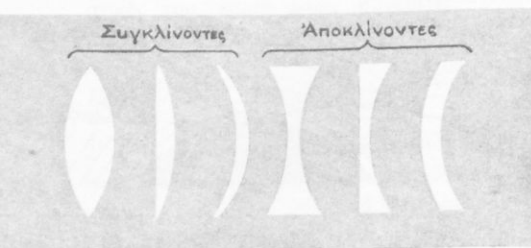
Ἡ φαινομενικὴ ἀνύψωση τοῦ ἡλιου ἢ ἐνὸς ἄστρου εἶναι ἀποτέλεσμα διαθλάσεως στὴν ἀτμόσφαιρα.



Οι αποκλίνοντες φακοί απομακρύνουν τις φωτεινές ακτίνες. Η έστία σ' αυτή την περίπτωση βρίσκεται εκεί από όπου φαίνεται να προερχόταν οι ακτίνες.



Ο συγκλίνων φακός συγκεντρώνει τις φωτεινές ακτίνες στην έστια.



Υπάρχει μεγάλη ποικιλία στην κατασκευή των φακών.

Ένας φακός με κυρτές επιφάνειες έχει λοιπόν την ιδιότητα να *συγκεντρώνει* τις φωτεινές ακτίνες. Αυτό συμβαίνει, επειδή τις υποχρεώνει ν' αλλάξουν πορεία, δηλαδή να διαθλαστούν, όταν περνούν από τον αέρα στο γυαλί και στη συνέχεια όταν βγαίνουν από το φακό. Κοντά στις άκρες οι φωτεινές ακτίνες κάμπτονται περισσότερο από ό,τι στο κέντρο του φακού.

Δέν είναι περίεργο που ένας τέτοιος φακός ονομάζεται **συγκλίνων**. Η παρουσία του επιβάλλει σε μια φωτεινή δέσμη να συγκλίνει—δηλαδή να συγκεντρωθή—σ' ένα ορισμένο σημείο. Αυτό το σημείο είναι η *έστια* του φακού. Η έστια του μεγεθυντικού φακού βρίσκεται περίπου στην απόσταση που είχε το χαρτί, όταν άρχισε να καίγεται. Αφού το φως είναι ενέργεια, δέν μάς εκπλήσσει το ότι συγκεντρωμένη αυτή η ενέργεια στην έστια μπορεί, όπως και στα κάτοπτρα, ν' ανάψει ένα εύφλεκτο υλικό.

Μελετήσαμε ένα είδος φακού, τον συγκλίνοντα, που *εστιάζει* τις φωτεινές ακτίνες. Σε μια άλλη κατηγορία ανήκουν οι **αποκλίνοντες** φακοί. Όπως περιμένουμε, οι φακοί αυτοί απομακρύνουν αντί να συγκεντρώνουν τις φωτεινές ακτίνες. Οι αποκλίνοντες φακοί περικλείονται συνήθως από κοίλες επιφάνειες.

Μερικοί φακοί έχουν τη μία τους επιφάνεια έντελως επίπεδη. Σε άλλους υπάρχει ένας συνδυασμός κυρτών και κοίλων επιφανειών. Παρ' όλες τις σημαντικές αυτές διαφορές στο σχήμα, όλοι οι φακοί ανήκουν στις δύο μεγάλες κατηγορίες που αναφέραμε. Η βασική τους λειτουργία είναι να συγκεντρώνουν ή να απομακρύνουν τις φωτεινές ακτίνες.

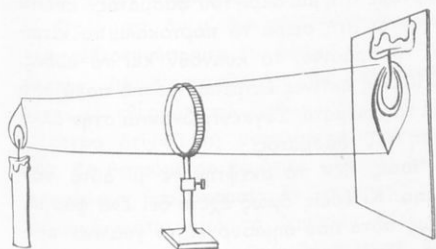
Η ποικιλία των φακών δίνει, ανάλογα με τις ανάγκες μας, διάφορα είδη ειδώλων, μεγεθυμένα ή όχι. Δέν είναι άπλο να διατυπώσω, όπως στα κάτοπτρα, γενικούς κανόνες. Εύκολα όμως ξεακριβώνομε ότι κι έδω το είδος και το μέγεθος του ειδώλου

έξαρτάται από τη θέση που έχει το αντικείμενο ως προς την έστια του φακού.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

1) Μὲ τὸν μεγεθυντικὸ φακὸ παρατηρήσετε ἀπὸ κοντὰ τὴ φλόγα ἐνὸς κεριοῦ. Ποῦ σχηματίζεται ἕνα καθαρὸ εἶδωλο τῆς φλόγας, μπροστὰ ἢ πίσω ἀπὸ τὸ φακὸ ; Πόσο περίπου πῶς μεγάλο εἶναι ἀπὸ τὸ ἀντικείμενο ; Τοποθετήστε ἕνα χαρτόνι στὴ θέση τοῦ εἰδώλου. Θὰ σχηματιστῆ στὸ χαρτόνι τὸ εἶδωλο ;

2) Ἀπομακρύνετε τὸ φακὸ ἀπὸ τὸ κερί. Τὸ ἀντικείμενο — ἡ φλόγα τοῦ κεριοῦ — βρίσκεται τώρα πέρα ἀπὸ τὴν έστία τοῦ φακοῦ. Σ' ἕνα χαρτόνι ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριά τοῦ φακοῦ εἶναι δυνατὸν νὰ σχηματίσετε ἕνα καθαρὸ εἶδωλο τῆς φλόγας. Παρατηρήσετε καὶ σχολιάστε αὐτὸ τὸ εἶδωλο. Τί συμβαίνει ἂν μεγαλώσετε ἢ μικρύνετε τὴν ἀπόσταση τοῦ φακοῦ ἀπὸ τὸ κερί ;

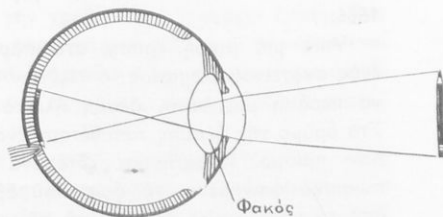


ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ὅταν τὸ ἀντικείμενο βρίσκεται πέρα ἀπὸ τὴν έστία τοῦ συγκλίνοντος φακοῦ, τὸ εἶδωλο ποὺ σχηματίζεται εἶναι ἀντεστραμμένο.

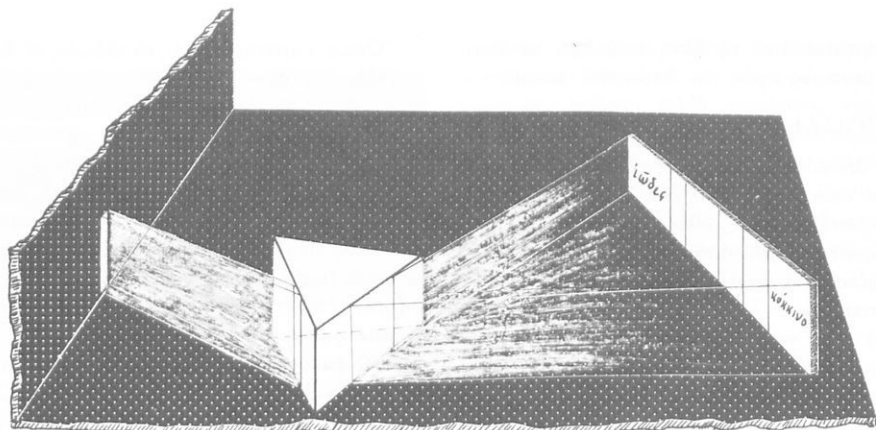
Ὅπως παρατηρήσαμε, τὸ εἶδωλο σ' ἕνα συγκλίνοντα φακὸ εἶναι ὄρθιο καὶ μεγαλύτερο, ὅταν τὸ ἀντικείμενο βρίσκεται πῶς κοντὰ ἀπὸ τὴν έστία. Ἀντίθετα τὸ εἶδωλο εἶναι ἀντεστραμμένο καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριά τοῦ φακοῦ, ὅταν τὸ ἀντικείμενο τοποθετηθῆ πέρα ἀπὸ τὴν έστία.

Ποῖός εἶναι ὁμως ὁ πολυτιμότερος, μάλιστα ἀναντικατάστατος, φακός ἀπ' ὄσους γνωρίζομε; Μὴν τὸν ἀναζητήσετε σὲ κινηματογραφικὲς μηχανές ἢ σὲ πολύπλοκα τηλεσκόπια. Ὁ φακός αὐτός βρίσκεται στὸ μάτι σας! Εἶναι συγκλίνων καὶ σχηματίζει τὰ εἶδωλα τῶν ἀντικειμένων στὸ πίσω μέρος τοῦ ματιοῦ.

Ὁ φακός αὐτός ἔχει τὴν καταπληκτικὴ ικανότητα νὰ προσαρμόζη, μὲ κατάλληλους μύς, τὸ σχῆμα του. Μ' αὐτὸν τὸν τρόπο μεταβάλλει τὴ θέση τῆς έστίας του, ἀνάλογα μὲ τὴν ἀπόσταση τῶν ἀντικειμένων. Ἐτσι βλέπομε καθαρὰ τὰ πράγματα ποὺ μᾶς ἐνδιαφέρουν, εἴτε βρίσκονται κοντὰ, εἴτε εἶναι ἀπομακρυσμένα.



Στὸ μάτι μᾶς ἔπαρχει ἕνας πολυτιμὸς φακός. Τὰ εἶδωλα τῶν ἀντικειμένων σχηματίζονται ἀνάποδα στὸν ἀμφιβληστροειδῆ χιτῶνα, ἀλλὰ ἡ ἐπέμβαση τοῦ ἐγκεφάλου μᾶς κάνει νὰ τὰ «βλέπομε» ὅπως πραγματικὰ εἶναι.



“Όταν περάσει από ένα γυάλινο πρίσμα, τὸ λευκὸ φῶς ἀναλύεται καὶ σχηματίζει ἕνα φάσμα ἀπὸ 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 πρώτες ἐνδείξεις, γιὰ τὸ τί εἶναι τὰ χρώματα, ἔδωσαν τὰ πειράματα ποὺ ἔκανε ὁ Νεύτων γύρω στὰ 1666.

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

Μποροῦμε νὰ ἐπαναλάβουμε τὸ πείραμα καὶ μὲ τὸ φῶς μιᾶς λάμπας ἠλεκτρικοῦ. Τὸ φάσμα ποὺ σχηματίζεται εἶναι λίγο πολὺ ὅμοιο μὲ τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός.

Τὸ λευκὸ φῶς εἶναι λοιπὸν κάτι 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 «ζουναρί τῆς Παναγιάς», ποὺ λένε στὰ χωριά μας. Τὸ οὐράνιο τόξο παρουσιάζεται, ὅταν ὁ ἥλιος προσπαθῆ νὰ βγῆ ξανά μιὰ βροχερὴ μέρα. Τὸ ρόλο τοῦ πρίσματος παίζουν 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

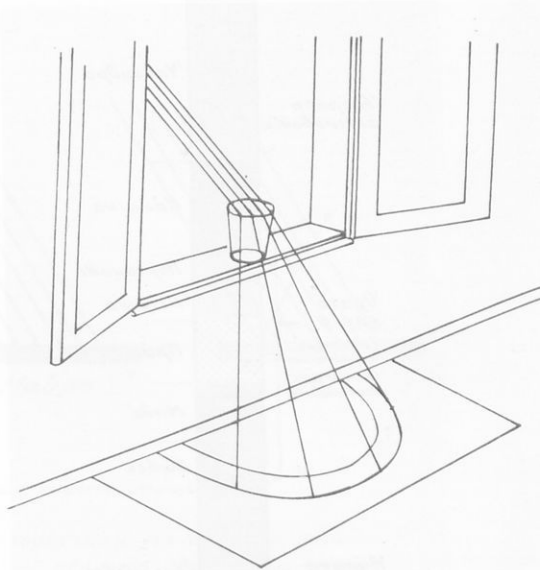
Μ' ένα απλό πείραμα μπορείτε να φτιάξετε το δικό σας (ουράνιο τόξο). Το πείραμα πρέπει να γίνει με ηλιόφωτη μέρα. Τοποθετήστε ένα ποτήρι γεμάτο νερό στο περβάζι του παραθύρου έτσι, ώστε να πέφτουν πάνω του οι ηλιακές ακτίνες. Βάλτε ένα άσπρο χαρτί στο πάτωμα. Δώστε στο ποτήρι μια ελαφριά κλίση προς τα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

11. Φώς που δεν βλέπομε

Είδαμε ότι το λευκό φως περιέχει πολλά χρώματα. Περιέχει ωστόσο και *άδοτες ακτινοβολίες*. Φως δηλαδή υπάρχει και πέρα από τα όρια που μπορεί ν' αντιληφθί το ανθρώπινο μάτι. Είναι φως που δεν βλέπομε! Αυτό δεν πρέπει να μās κάνη έντύπωση. Το φως είναι ενέργεια. Μπορεί έτσι να υπάρχει φωτεινή ενέργεια που δεν έρεθίζει 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. Έκει το θερμόμετρο δείχνει τη μεγαλύτερη θερμοκρασία. Το θερμόμετρο θα δείξη ωστόσο άκομα μεγαλύτερη θερμοκρασία, αν μετακινηθί στην περιοχή κάτω από το έρυθρό. Έκει δεν «βλέπομε» κανένα χρώμα. Η φωτεινή ακτινοβολία που υπάρχει κάτω από το έρυθρό είναι άορατη και ονομάζεται **υπέρυθρη**.

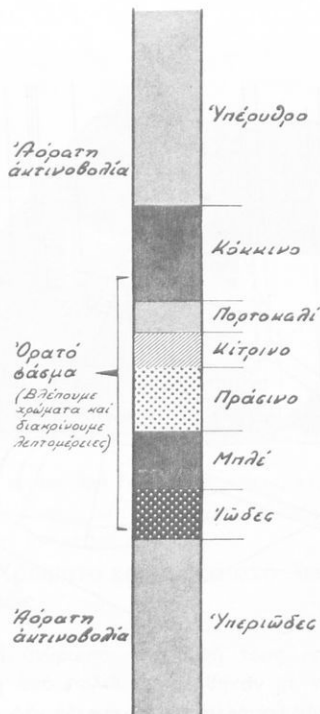
Μερικά ζώα μπορούν ν' αντιληφθούν την υπέρυθρη ακτινοβολία. Ένα τέτοιο ζώο είναι ο κροταλιάς. Με ειδικά όργανα ο κροταλιάς ανιχνεύει τις υπέρυθρες ακτίνες που εκπέμπονται από το ζεστό αίμα των ζώων και των πουλιών. Έτσι έντοπίζει ευ-



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 όρατου 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. Ευτυχώς 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 ορατό. Πέρα απ' αυτό υπάρχουν άορατες ακτινοβολίες: ή υπέρυθη και ή υπεριώδης.

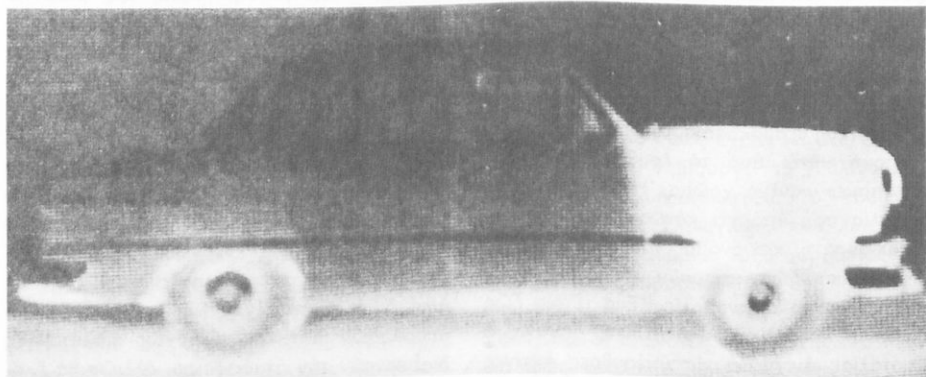
ήλιο είναι ένα σχετικά ανώδυνο αποτέλεσμα των υπεριωδών ακτίνων.

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

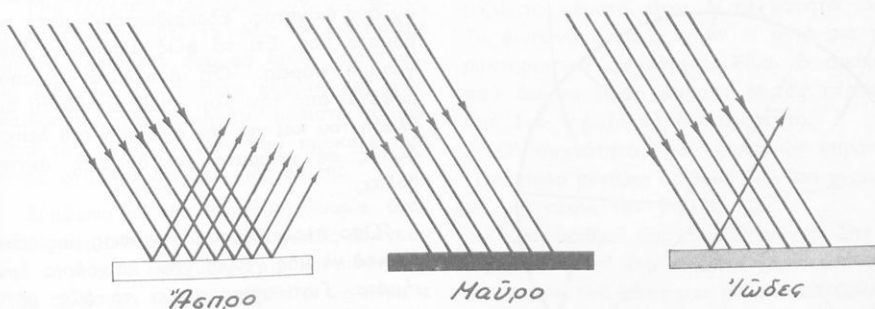
12. Το χρώμα τῶν σωμάτων

Στὴν εικόνα πού ἔχομε γιὰ τὸν κόσμο τὰ χρώματα παίζουν σημαντικό ρόλο. Τὸ χιόνι εἶναι λευκό. Ἐνα γαρίφαλο εἶναι κόκκινο. Σ' ἕνα ζωγραφικὸ πίνακα ὑπάρχει πλοῦτος χρωμάτων. Θὰ ἐξετάσωμε πῶς ἀποκοῦν τὸ χρώμα τους τὰ πράγματα πού μᾶς περιβάλλουν.

Ἄς θυμηθοῦμε πῶς «βλέπομε» ἕνα ἀδιαφανές σῶμα: τὸ φῶς διαχέεται στὴν ἐπιφάνειά του κι ἕνα μέρος του φτάνει στὰ μάτια μας. Μάθαμε ὥστόσο ὅτι τὸ λευκὸ φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ τὶς ἀκτινοβολίες πολλῶν χρωμάτων. Ἄπ' αὐτὲς μερικές ἀπορροφῶνται ἀπὸ τὸ ὕλικό τοῦ σώματος. Ἄλλες ἀνακλῶνται καὶ δίνουν στὸ σῶμα τὸ χαρακτηριστικὸ χρώμα του. Ἐνα ὕφασμα εἶναι κίτρινο, ἐπειδὴ ἀπὸ τὰ χρώματα τοῦ λευκοῦ



Φωτογραφία ἐνὸς αὐτοκινήτου βγαλμένη με ὑπερυθρες ἀκτίνες.



“Ένα σώμα αποκτᾷ τὸ χρῶμα τῶν ἀκτίνων ποὺ ἀνακλᾷ ἢ ἐπιφάνειά του.

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

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

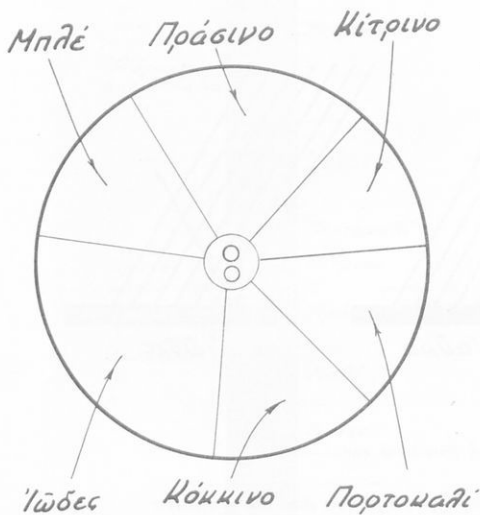
Ἡ σελίδα τοῦ βιβλίου μας εἶναι λευκὴ ἐπειδὴ, ἀπὸ τὸ φῶς τοῦ ἡλίου ἢ τῆς λάμπας ποὺ τὴ φωτίζει, δὲν ἀπορροφᾷ κανένα χρῶμα. Ἀντίθετα, ἓνα ἀντικείμενο φαίνεται μαῦρο, ἐπειδὴ δὲν ἀνακλᾷ σχεδὸν καθόλου τὸ φῶς. Τὸ ὑλικό του ἀπορροφᾷ ὅλα τὰ χρώματα.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μὲ μιὰ διασκεδαστικὴ κατασκευὴ — τὸ «δίσκο τοῦ Νεύτωνα» — εἶναι εὐκόλο νὰ ἐξακριβώσωμε ὅτι ὁ συνδυασμὸς τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος δίνει λευκὸ φῶς. Ἀντιγράψτε σ’ ἓνα χαρτόνι τὸ δίσκο ποὺ 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 ποὺ σχηματίζει ὁ σπάγκος, κάντε τὸ δίσκο νὰ περιστρέφεται ἀρχετὰ γυρήγορα. Τί παρατηρεῖτε ;

Ἄς ἐξετάσωμε τώρα πῶς ἀποκοῦν τὸ χρῶμα 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 ποὺ καθορίζουν τὸ χρῶμα του. Ἔτσι, ἓνα κομμάτι γυαλί φαίνεται πράσινο, ἐπειδὴ ἀπὸ τὸ λευκὸ φῶς ἀφήνει μόνο τὶς πράσινες ἀκτίνες νὰ περάσουν. Ὅταν ἓνα αὐτοκίνητο φρενάρη, τὰ πίσω του φανάρια ἀνάβουν κόκκινα. Τὸ λαμπάκι ποὺ ὑπάρχει στὰ φανάρια ἐκπέμπει βέβαια λευκὸ φῶς. Καλύπτεται ὁμως ἀπὸ ἓνα διαφανὲς πλαστικό, ποὺ ἀφήνει νὰ περάσει μόνο τὸ κόκκινο τμῆμα τῆς φωτεινῆς ἀκτινοβολίας.



Ὁ δίσκος τοῦ Νεύτωνα.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

- 1) Σ' ένα λευκό χαρτόνι χρωματίστε με διαφορετικό χρώμα τέσσερα τετράγωνα. Ένα να είναι μαύρο κι ένα λευκό. Έξηγηστε πώς άποκτά κάθε τετράγωνο τὸ χρώμα του. Βάλτε τὸ χαρτόνι σὲ μιὰ σκοτεινὴ ντουλάπα. Μπορείτε νὰ διακρίνετε τὰ χρώματα ; Πῶς ἐξηγεῖτε τὶς παρατηρήσεις σας ;
- 2) Καλύψτε ἕναν ἠλεκτρικὸ φακὸ μὲ διαφανῆ χαρτιά διαφόρων χρωμάτων. Παρατηρήστε καὶ ἐξηγήστε κάθε φορὰ τὸ χρώμα τῆς φωτεινῆς δέσμης τοῦ φακοῦ.

13. Ὑπάρχουν δύο θεωρίες γιὰ τὸ φῶς

Μελέτησαμε μὲ λεπτομέρειες τὸ φῶς καὶ τὰ πιὸ σπουδαῖα του γνωρίσματα. Εἶδαμε

ὅτι τὸ φῶς εἶναι ἐνέργεια ἀκτινοβολίας, ποὺ διαδίδεται μὲ ἐκπληκτικὴ ταχύτητα : σὲ σύγκριση μὲ τὸ φῶς ἕνας πύραυλος εἶναι σχεδὸν ἀκίνητος. Ἐξακριβώσαμε, μὲ τὰ πειράματά μας, ὅτι τὸ φῶς ἀκολουθεῖ εὐθύγραμμὴ πορεία. Ὅτι ἀνακλάται ἢ ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὴν ὕλη. Μάθαμε γιὰ τὴ διάθλασή του καὶ γιὰ τὴν ἀνάλυση τοῦ λευκοῦ φωτὸς σὲ χρώματα καὶ ἀόρατες ἀκτινοβολίες.

Ὅσο πλουτίζομε τὶς γνώσεις μας, εἶναι φυσικὸ νὰ μᾶς γεννιοῦνται καινούρια ἐρωτήματα. Γιατί παρουσιάζει τὸ φῶς αὐτὲς τὶς ιδιότητες; Πῶς διαδίδεται ἢ φωτεινὴ ἐνέργεια; Μήπως διαδίδεται μὲ κύματα, ὅπως ὁ ἦχος; Ἡ μὲ κάποιο ἄλλο τρόπο;

Γιὰ νὰ κατανοήσουν τὴν πραγματικὴ φύση τοῦ φωτὸς, οἱ ἐπιστήμονες ἀκολούθησαν περίπου τὸ δρόμο ποὺ ἀκολουθήσαμε κι ἐμεῖς. Μελέτησαν προσεκτικὰ τὶς ιδιότητές του. Προσπάθησαν ὕστερα νὰ φτιάξουν μιὰ ἐπιστημονικὴ θεωρία, ποὺ θὰ μπορούσε νὰ ἐξηγήσῃ ὅσα παρατηροῦσαν. Οἱ ἐπίμονες προσπάθειές τους κατέληξαν σ' ἕνα ἐντυπωσιακὸ συμπέρασμα.

Ὑπάρχουν φαινόμενα, ποὺ ἐξηγοῦνται μόνο ἂν τὸ φῶς εἶναι **κύματα**. Ὑπάρχουν ἄλλα φαινόμενα, ποὺ ἐξηγοῦνται μόνο ἂν τὸ φῶς εἶναι **σωμάτια**. Στὶς πιὸ πολλὲς ὅμως περιπτώσεις ἡ συμπεριφορὰ τοῦ φωτὸς ἐξηγεῖται σωστά, εἴτε παραδεχτοῦμε ὅτι τὸ φῶς εἶναι κύματα εἴτε παραδεχτοῦμε ὅτι εἶναι σωμάτια.

Τὸ φῶς παρουσιάζεται στὸν κόσμο μας μὲ δύο ταυτότητες. Ἡ μιὰ ποὺ γράφει : σωμάτιο. Ἡ ἄλλη ποὺ γράφει : κύμα. Σὲ ὅσους τὸ ρωτοῦν ποῖα εἶναι ἡ φύση του, δείχνει τὴν ταυτότητα ποὺ ταιριάζει περισσότερο μὲ τὴν περίστασή.

14. Το φῶς εἶναι κύματα

Μία ἐξήγηση τῶν ἰδιοτήτων τοῦ φωτὸς στηρίζεται στὸ ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται μὲ κύματα. Ἐκτὸν ἤχο θὰ ἔχετε ἀποκτήσει μὴ ἰδέα γιὰ τὸ τί εἶναι κύματα καὶ πῶς διαδίδονται. Παρομοιάσαμε μάλιστα τὰ κύματα τοῦ ἤχου μ' αὐτὰ πού προκαλεῖ μὴ πέτρα στὸ ἤρεμο νερὸ μίᾳ λίμνης.

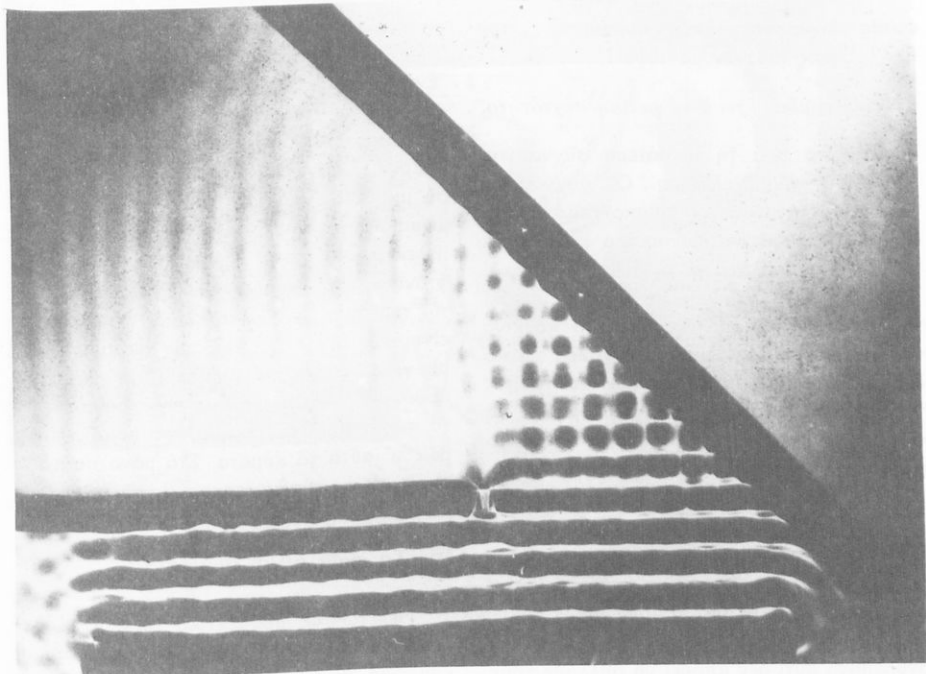
Σύμφωνα μὲ τὴν *κυματικὴ θεωρία*, ὅταν ἀνάβωμε μὴ λάμπα, κύματα φωτὸς φεύγουν ἀπὸ τὴ λάμπα πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις. Ἐκτὸν ἄστρα τὸ φῶς ταξιδεύει ὡς κύματα καὶ φθάνει στὴ γῆ μας. Δὲν εἶναι περιέργο ὅτι τὸ φῶς ἀνακλάται ἀπὸ τὶς ἐπιφάνειες τῶν σωμάτων: καὶ τὰ ἠχητικὰ καὶ τὰ ὑδά-

τινα κύματα γυρίζουν πίσω, ὅταν συναντήσουν κάποιον ἐμπόδιο.

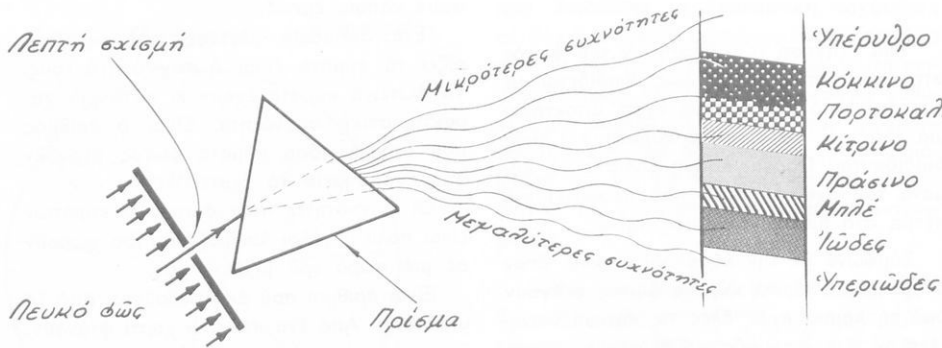
Ἐνα σπουδαῖο μέγεθος πού χαρακτηρίζει τὰ κύματα εἶναι ἡ **συχνότητά** τους. Τὰ φωτεινὰ κύματα ἔχουν καὶ αὐτὰ μὴ χαρακτηριστικὴ συχνότητα. Εἶναι ὁ ἀριθμὸς πού δείχνει πόσα κύματα φωτὸς περνοῦν ἀπὸ ἕνα σημεῖο τὸ δευτερόλεπτο.

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

Εἶναι ἀριθμοὶ πού ἀκολουθοῦνται ἀπὸ 14 μηδενικά. Ἐκτὸν ἕνα κόκκινο χαρτὶ φτάνουν, ἄς πούμε, στὰ μάτια μας 400.000.000.000.000 φωτεινὰ κύματα τὸ δευτερόλεπτο! Ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς εἶναι ἡ συχνότητα τῆς ἐρυθρᾶς ἀκτινοβολίας.



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



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

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

κάθε χρῶμα 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 τὸ 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 ὑπεριώδης ἀκτινοβολία ἔχει μεγαλύτερη συχνότητα ἀπὸ τὸ ἰώδες. Καμιά 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 ἦχους, δὲν ἔχει δυσκολία νὰ μελετήσῃ τοὺς κρατηρὲς 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 τηλεόρασεως. Ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα εἶναι καὶ οἱ ἀκτίνες X ποὺ χρησιμοποιοῦν οἱ γιατροί, γιὰ νὰ βγάλουν 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 φωτός ἦταν ἀδύνατο νὰ ἐξηγήσῃ. Ἴσως ἔχετε δεῖ ἓνα *φωτόμετρο*. Τὸ χρησιμοποιοῦν οἱ φωτογράφοι, γιὰ νὰ

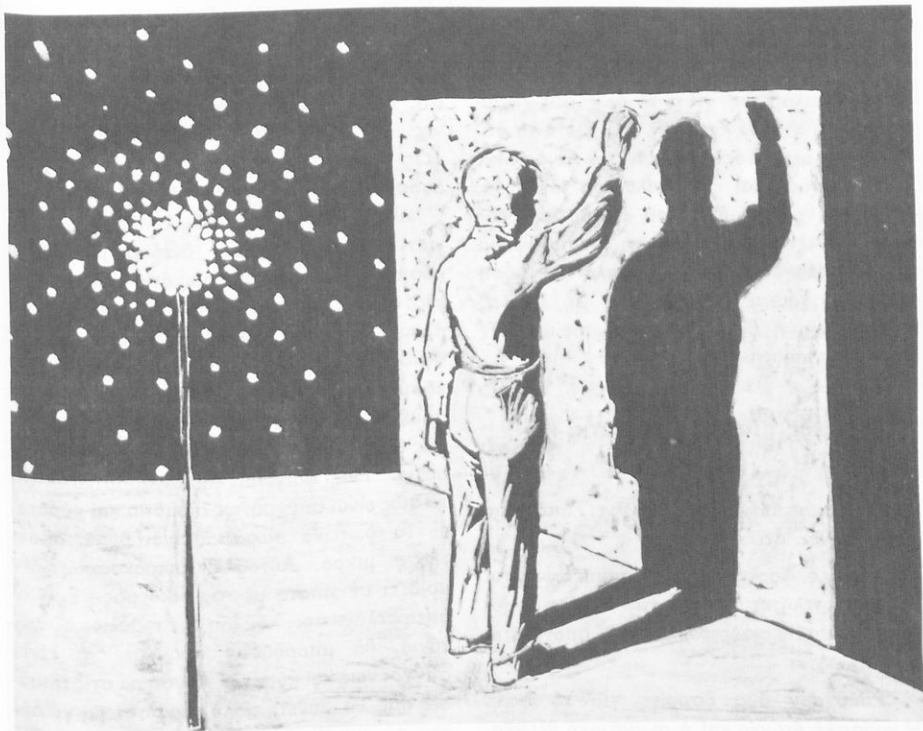
μετρήσουν την ένταση του φωτός και να ρυθμίσουν ανάλογα τη μηχανή τους. Η λειτουργία του φωτομέτρου στηρίζεται σε μια σπουδαία ανακάλυψη. Όταν πέσει φως σε ένα ειδικό μέταλλο, μπορεί να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα. Όχι βέβαια τόσο ισχυρό, ώστε να κινή το ραδιόφωνό μας να λειτουργήσει. Αρκετό όμως, για να μπορούμε να το μετρήσουμε. Η βελόνα του φωτομέτρου μας δείχνει το ρεύμα που παράγεται. Έτσι συμπεραίνουμε για το πόσο δυνατό είναι το φως στην περιοχή που φωτογραφίζουμε.

Αυτό το χρήσιμο όργανο δεν θα μπορούσε να λειτουργήσει, αν το φως διαδιδόταν με κύματα. Όπως απόδειξε ο Άινστάιν, για

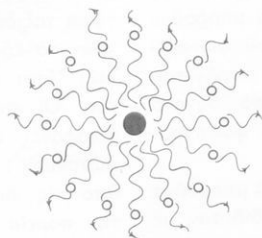
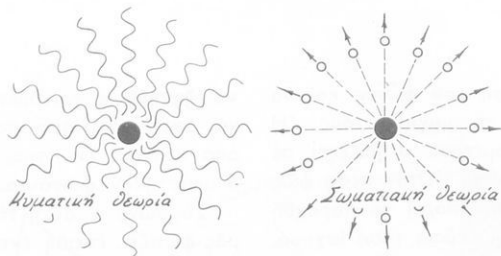
να εξηγηθεί το φαινόμενο, θα πρέπει το φως να αποτελείται από πολύ μικρά σωμάτια, από κόκκους ενέργειας. Τα σωμάτια αυτά ονομάστηκαν **φωτόνια**.

Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, μια λάμπα μας φωτίζει, επειδή εκπέμπει μυριάδες φωτόνια προς όλες τις κατευθύνσεις. Τα φωτόνια ταξιδεύουν ευθύγραμμα. Όταν συναντούν το έδαφος, αναπηδούν όπως οι μπάλες. Έτσι εξηγείται η ανάκλαση του φωτός. Οι σκιές σχηματίζονται, επειδή ένα αδιαφανές σώμα διακόπτει το δρόμο των φωτονίων: μόνο τα φωτόνια που περνούν από τις άκρες του σώματος συνεχίζουν την πορεία τους.

Με τη **σωματιακή θεωρία** είναι εύκολο



Οι σκιές σχηματίζονται, επειδή τα φωτόνια δεν μπορούν να διαπεράσουν τα αδιαφανή σώματα.



Συνδυασμός των δύο θεωριών

Τὸ φῶς εἶναι καὶ σωματῖα καὶ κύματα.

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

Ἄν μὲ τὰ σωματῖα τοῦ φωτός μπορούσαμε νὰ ἐξηγήσωμε ὅλη τὴ συμπεριφορά του, τὰ πράγματα θὰ ἦταν ἀπλά. Ἡ φύση ὅμως ἀποφάσισε διαφορετικά. Σὲ πολλὲς περιπτώσεις ἡ θεωρία τῶν φωτονίων δὲν δίνει ἱκανοποιητικὲς ἀπαντήσεις.

16. Τὸ φῶς εἶναι καὶ σωματῖα καὶ κύματα

Τὸ συμπέρασμα ποὺ βγαίνει ἀπὸ ὅσα εἴπαμε εἶναι ὅτι :

Μερικὲς φορές τὸ φῶς συμπεριφέρεται σὰ νὰ ἀποτελεῖται ἀπὸ κύματα. Ἄλλες φορές τὸ φῶς συμπεριφέρεται σὰ νὰ ἀποτελεῖται ἀπὸ σωματῖα.

Ἐπὶ τοῦ ὅτι ὑπάρχουν δύο θεωρίες γιὰ τὸ φῶς. Ἡ κυματικὴ θεωρία καὶ ἡ σωματιακὴ θεωρία. Ποιὰ εἶναι ἡ σωστὴ; Τὸ περίεργο εἶναι

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

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

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

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στη σελίδα αυτή είναι συροπισμένες μερικές λέξεις που μάθαμε στο κεφάλαιο τής οπτικής. Διαλέξτε με τή σειρά

που θέλετε λέξεις, βεβαιωθήτε ότι μπορείτε να εξηγήσετε τήν κάθε λέξη με δικά σας λόγια και γράψτε στο τετράδιό σας μιὰ σύντομη πρόταση για τήν 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

Το Φῶς είναι Ήνέργεια

ΑΝΑΛΥΣΗ του ΦΩΤΟΣ

ΣΚΙΕΣ

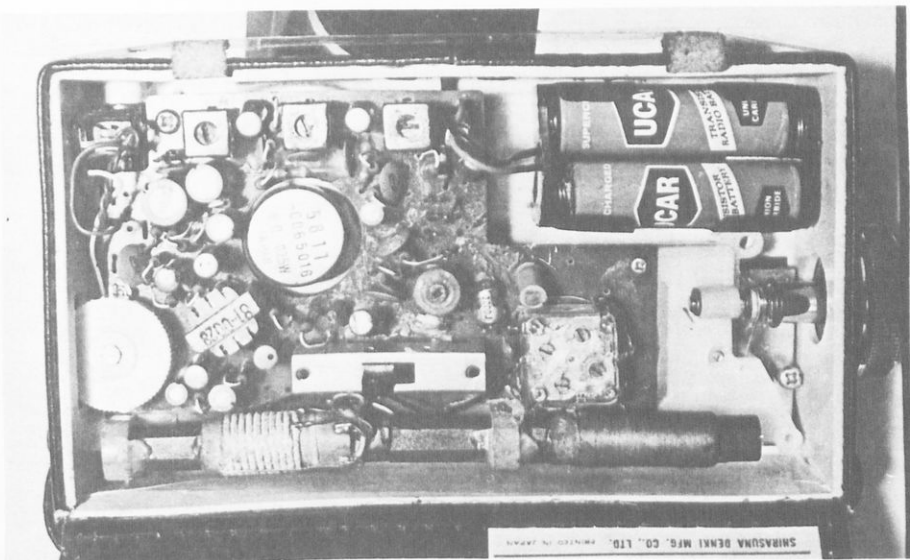
IV. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

Μπορούμε χωρίς μεγάλη δυσκολία να απεριθμήσωμε πολλά παραδείγματα στην καθημερινή μας ζωή, όπου ο ηλεκτρισμός παίζει κάποιο ρόλο. 'Ανάβομε τὸ φῶς μ' ἕνα διακόπτη, γυρίζομε ἕνα κουμπὶ στὸ ραδιόφωνο ἢ στὴν τηλεόραση καὶ ἀμέσως ἔρχεται κοντά μας ἡ μουσικὴ ἢ ἡ εἰκόνα ἀπὸ κάποιο μακρινὸ σταθμὸ. Στὰ σπίτια μας χρησιμοποιοῦμε ὅλο καὶ περισσότερο ἠλεκτρικὲς συσκευές γιὰ διάφορους σκοποὺς : ψυγεῖο γιὰ νὰ διατηροῦμε τὰ τρόφιμα, γιὰ τὸ μαγεῖρεμα, πλυντήριο γιὰ τὰ ρούχα. Οἱ περισσότεροι ἀπὸ σᾶς θὰ ἔχετε ἀνοίξει ἕνα 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 αὐτές οἱ συσκευές δουλεύουν μὲ ἠλεκτρισμό, ἀλλὰ ἐκεῖνο ποὺ μπορούμε νὰ παρατηρήσωμε εἶναι μόνον τὰ ἀποτελέσματά του. Τί εἶναι ὅμως ὁ ἠλεκτρισμὸς καὶ πῶς κάνει ὅλες αὐτές τὶς συσκευές νὰ δουλεύουν; Σ' αὐτές τὶς ἐρωτήσεις θὰ προσπαθήσωμε νὰ βροῦμε ἀπάντηση μὲ προσεκτικὴ παρατήρηση διαφόρων ἠλεκτρικῶν 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' ἕνα χαλί καὶ ἀκουμπήσωμε κατόπιν τὸ μετάλλιο πόμολο μιᾶς πόρτας, αἰσθανόμαστε ἕνα σπινθήρα ἀνάμεσα στὸ δάχτυλό μας καὶ στὸ πόμολο. Τὰ φαινόμενα αὐτὰ μᾶς δίνουν μιὰ πρώτη ιδέα 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 ἠλεκτρισμοῦ προήλθε ἀπὸ τὴ λέξη *ἤλεκτρον*, τὸ ὄνομα δηλαδή τοῦ κεχριμπαριοῦ στὴν ἀρχαία ἑλληνικὴ γλώσσα.

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



Το εσωτερικό ενός ραδιοφώνου τρανζίστορ. Ένα περίπλοκο σύστημα με διάφορα κομμάτια που μās επιτρέπουν νά χρησιμοποιήσωμε τόν ηλεκτρισμό, γιά ν' ακούσωμε ένα μακρινό σταθμό.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

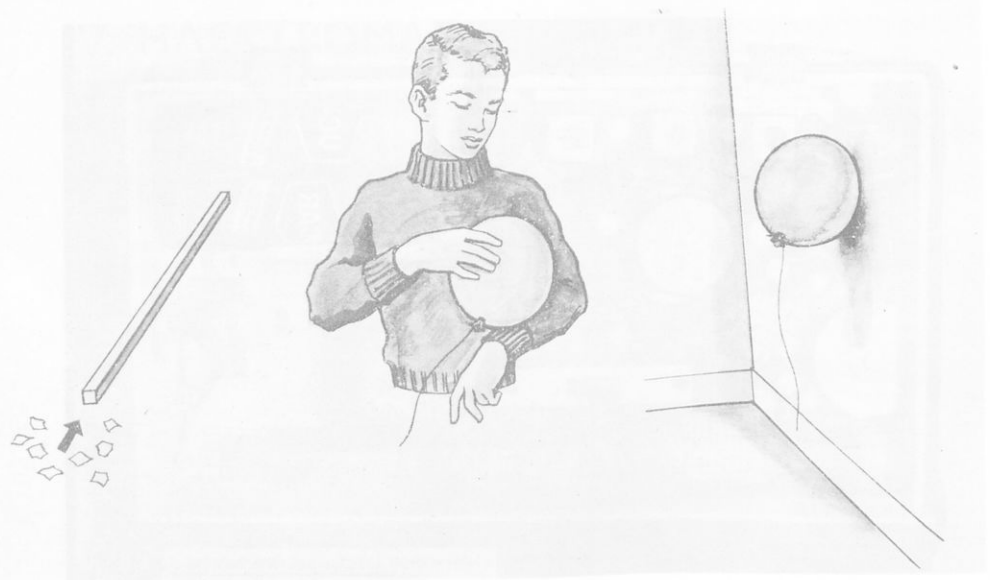
Θά χρειαστήτε έναν πλαστικό χάρακα, ένα μπίξ, ένα μολύβι, ένα μικρό μπαλόνι, ένα κομμάτι μάλλινο ύφασμα και μιá πλαστική σακούλα. Επίσης μικρά κομμάτια χαρτί σαν χαρτοπόλεμο.

1) Τρίψτε τó χάρακα δυνατά με τó μάλλινο ύφασμα και πλησιάστε σιγά τήν άκρη του σέ μερικά κομματάκια χαρτί. Τί παρατηρείτε; Κρατήστε τó χάρακα γιά μερικά λεπτά στόν άερα και παρατηρήστε τί συμβαίνει με τá κομματάκια τού χαρτιού. Επαναλάβετε τó πείραμα μερικές φορές παρατηρώντας προσεκτικά τί συμβαίνει, καθώς ó χάρακας πλησιάζει τá κομμάτια τού χαρτιού. Τρίψτε τó χάρακα με τó πλαστικό και κάνετε τίς ίδιες παρατηρήσεις.

2) Επαναλάβετε τήν παραπάνω εργασία χρησιμοποιώντας άντι γιά τó χάρακα τó μπίξ, τó μολύβι, τó μπαλόνι. Έτοιμάστε στό τετράδιό σας έναν πίνακα, όπως ó παρακάτω, και συμπληρώστε τον με τίς παρατηρήσεις σας γιά τó πόσο κάθε αντικείμενο τραβάί τá κομμάτια τού χαρτιού: πολύ, λίγο, καθόλου.

Αντικείμενο	Τρίψιμο με μάλλινο	Τρίψιμο με πλαστικό
ΧΑΡΑΚΑΣ		
ΜΠΙΚ		
ΜΟΛΥΒΙ		
ΜΠΑΛΟΝΙ		

3) Τρίψτε τó μπαλόνι δυνατά με τó μάλλινο ύφασμα και πλησιάστε το στόν τοίχο. Τί παρατηρείτε ;



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

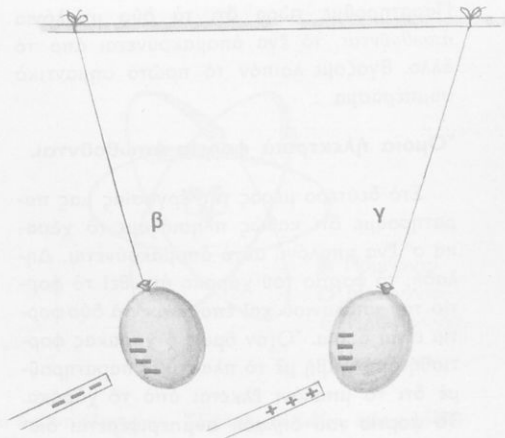
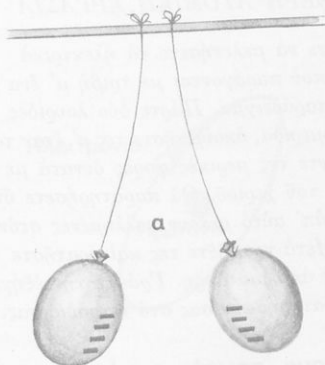
Στο πρώτο μέρος της εργασίας παρατηρήσαμε ότι, με το τρίψιμο με το μάλλινο ύφασμα, ο χάρακας απέκτησε την ιδιότητα να τραβά προς το μέρος του τα μικρά κομμάτια του χαρτιού. Παρατηρήσαμε ακόμη ότι η έλξη αυτή είναι τόσο πιο δυνατή, όσο πιο κοντά πλησιάζουμε την άκρη του χάρακα στα κομμάτια του χαρτιού.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

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

2. Θετικά και αρνητικά φορτία

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



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

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

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ

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

1) Φουσκώστε τα μπαλόνια και κοιμάστε τα με ένα μέτρο περίπου κλωστή από ένα κατάλληλο στήριγμα, ώστε να άκουμπουν το ένα στο άλλο. Τραβήξτε το ένα μπαλόνι προς το μέρος σας και τρίψτε το δυνατά με το μάλλινο ρούχο. Αφήστε το πάλι να κοιμάται 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 γνάλινη 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 *άπωθούνται*, το ένα άπομακρύνεται από το άλλο. Βγάζουμε λοιπόν το πρώτο σημαντικό συμπέρασμα :

“Όμοια ηλεκτρικά φορτία άπωθούνται.

Στο δεύτερο μέρος της έργασίας μας παρατηρούμε ότι καθώς πλησιάζουμε το χάρακα σ’ ένα μπαλόνι, αυτό άπομακρύνεται. Δηλαδή, το φορτίο του χάρακα άπωθει τὸ φορτίο του μπαλονιού και έπομένως τα δύο φορτία είναι όμοια. Όταν όμως ο χάρακας φορτισθῆ από τριβῆ με τὸ πλαστικό, παρατηρούμε ότι τὸ μπαλόνι έλκεται από τὸ χάρακα. Τὸ φορτίο του δηλαδή συμπεριφέρεται διαφορετικά από ὅ,τι στήν προηγούμενη περίπτωση. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε και με τὸ πείραμά μας με τῆ γυάλινη ράβδο.

Έπομένως :

“Υπάρχουν δύο εἶδη ηλεκτρικοῦ φορτίου. “Ανόμοια ηλεκτρικά φορτία έλκονται.

Στὰ παραδείγματά μας τα μπαλόνια και ὁ χάρακας που έχουν τριβῆ με τὸ μάλλινο ύφασμα έχουν τὸ ένα εἶδος φορτίου, ἡ γυάλινη ράβδος και ὁ χάρακας που έχουν τριβῆ με τὸ πλαστικό έχουν άλλο εἶδος φορτίου. Τὸ φορτίο τῶν μπαλονιῶν τὸ ονομάζουμε *ἀρνητικό* και τὸ συμβολίζουμε με ἕνα πλῆν (—) και τὸ φορτίο τῆς γυάλινης ράβδου *θετικό* και τὸ συμβολίζουμε με σύν (+).

Με ὅσα έχουμε ἀνακαλύψει ὡς τώρα για τὰ ηλεκτρικά φορτία, μπορούμε νὰ ἐξηγήσουμε ὅλα τὰ φαινόμενα που παρατηρήσαμε και ἄλλα ἀκόμη που θὰ δοῦμε πιὸ κάτω. Για τὸ σκοπὸ αὐτὸ ἀρκεῖ νὰ ὑποθέσουμε ὅτι ὅλα τὰ σώματα, ὅταν δὲν είναι ηλεκτρισμένα, περιέχουν ἀρνητικά και θετικά φορτία σὲ ἴσες ποσότητες. Πρὶν προχωρήσουμε ὅμως σ’ αὐτὸ τὸ θέμα, είναι ἐνδιαφέρον νὰ δοῦμε σὲ ποιὰ μορφή υπάρχουν τὰ φορτία στὰ ὑλικά σώματα.

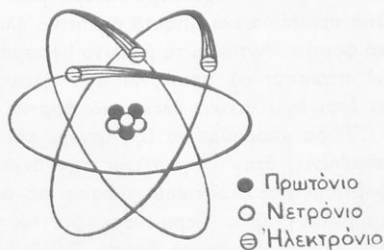
ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπορείτε νὰ μελετήσετε τὰ ηλεκτρικά φορτία που παράγονται με τριβῆ μ’ ἕνα ἀκόμη παράδειγμα. Πάρτε δύο λουρίδες από ἐφημερίδα, ἀκουμπήστε τες σ’ ἕναν τοῖχο και τρίψτε τες μερικὲς φορὲς δυνατὰ με τὴν παλάμη του χεριού. Θὰ παρατηρήσετε ὅτι ὕστερα ἀπ’ αὐτὸ μένον κολημένες στὸν τοῖχο. Μετὰ τραβήξτε τες και κρατήστε τες μαζί ἀπὸ μιὰ ἄκρη. Γράψτε τὴν ἐξήγηση τῶν παρατηρήσεών σας στὸ τετράδιό σας.

3. “Ατομα, πρωτόνια και ἠλεκτρόνια

“Έχουμε χρησιμοποιήσει πολλές φορὲς τὴν ἰδέα ὅτι τὰ ὑλικά σώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ μόρια, για νὰ ἐξηγήσουμε τὰ φυσικά φαινόμενα που παρατηρούμε. “Όπως εἶδαμε, τὰ μόρια είναι τὰ πιὸ μικρὰ κομμάτια ἐνὸς ὀρισμένου εἶδους ὕλης που υπάρχουν στῆ φύση. Ἄλλὰ, ὅπως ἴσως ξέρετε, οἱ ἐπιστήμονες έχουν ἀνακαλύψει, ἐδῶ και 160 χρόνια περίπου, ὅτι και τὰ μόρια ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρότερα μέρη, που τὰ λέμε **άτομα**. Είναι σημαντικό ὅτι, ἐνῶ υπάρχουν ἑκατοντάδες χιλιάδες διαφορετικά μόρια, τὰ διαφορετικά άτομα είναι πολὺ λιγότερα, περίπου ἑκατὸ. Είναι εὔκολο νὰ καταλάβωμε αὐτὴ τῆ διαφορά, ἂν σκεφτοῦμε πὼς κάτι παρόμοιο συμβαίνει με τῆ γλώσσα: με εἴκοσι τέσσερα γράμματα κατασκευάζουμε πολλές χιλιάδες λέξεις.

Θὰ ζαναγουρίσωμε στῆ μελέτη τῶν ἀτόμων ἀργότερα. Ἐκείνο που μᾶς ἐνδιαφέρει τώρα είναι οἱ ηλεκτρικὲς ἰδιότητες τῶν ἀτόμων. “Έχουν τὰ άτομα ηλεκτρικὸ φορτίο; και πὼς είναι κατασκευασμένο τὸ άτομο; ποιὰ είναι ἡ *δομή* του; Πολλὲς ἐρευνες που ἔγιναν γι’ αὐτὰ τὰ προβλήματα στα τελευταία 100 χρόνια μᾶς ἔδωσαν τὶς ἀπαντήσεις. Ξέρομε τώρα ὅτι τὰ άτομα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἕνα κεντρικὸ κομμάτι με θετικὸ ηλεκτρικὸ φορτίο που τὸ λέμε **πυρήνα** και σωματίδια με ἀρνη-



Τὸ ἄτομο τοῦ ὕδρογόνου ἔχει ἓνα πρωτόνιο στὸν πυρήνα καὶ ἓνα ἠλεκτρόνιο. Τὸ ἄτομο τοῦ λιθίου, ἐνὸς μετάλλου, ἔχει 3 πρωτόνια καὶ 3 νετρόνια στὸν πυρήνα καὶ 3 ἠλεκτρόνια.

τικό ἠλεκτρικὸ φορτίο ποὺ κινουναται διαρκῶς γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα καὶ τὰ ὀνομάζομε **ἠλεκτρόνια**. Ἀλλὰ καὶ ὁ πυρήνας περιέχει μικρότερα μέρη, ποὺ τὰ ὀνομάζομε **πρωτόνια**. Τὰ πρωτόνια ἔχουν θετικὸ φορτίο καὶ μάλιστα τὸ φορτίο κάθε πρωτονίου εἶναι ἀκριβῶς ἴσο μὲ τὸ φορτίο τοῦ ἠλεκτρονίου μὲ μόνη διαφορά τὸ εἶδος τοῦ φορτίου. Μποροῦμε τώρα νὰ φανταστοῦμε ποιὸ εἶναι τὸ ἀπλούστερο ἄτομο στῆ φύση. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα πρωτόνιο ὡς πυρήνα καὶ ἓνα ἠλεκτρόνιο. Αὐτὸ εἶναι τὸ ἄτομο τοῦ ὕδρογόνου.

Ἐφοῦ τὰ φορτία τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ τοῦ πρωτονίου εἶναι ἀντίθετα, σύμφωνα μὲ ὅσα ἔχομε βρεῖ γιὰ τὶς δυνάμεις ἀνάμεσα σὲ ἠλεκτρικὰ φορτία, πρέπει νὰ ἔλκωνται. Βλέπομε λοιπὸν ὅτι ἡ ἠλεκτρικὴ δύναμη εἶναι ἐκείνη ποὺ κρατᾷ κοντὰ τὸ ἓνα μὲ τὸ ἄλλο τὰ μέρη τοῦ ἀτόμου.

Μποροῦμε νὰ προχωρήσωμε στὴν κατασκευὴ ἄλλων ἀτόμων προσθέτοντας πρωτόνια. Πάντα ὅμως θὰ ἔχωμε καὶ ἓνα ἴσο ἀριθμὸ ἠλεκτρονίων ἔτσι, ὥστε στὸ σύνολό του τὸ ἄτομο θὰ φαίνεται νὰ μὴν ἔχη ἠλεκτρικὸ φορτίο ἢ ὅπως λέμε νὰ εἶναι ἠλεκτρικὰ *οὐδέτερο*. Τὸ ἄτομο τοῦ ὀξυγόνου παραδείγματος χάρι ἔχει ὀκτῶ πρωτόνια στὸν πυρήνα

καὶ ὀκτῶ ἠλεκτρόνια. Ἐδῶ θὰ μπορούσατε νὰ ρωτήσετε : ἀφοῦ τὰ πρωτόνια εἶναι θετικὰ φορτισμένα καὶ ἐπομένως ἀπωθοῦνται, γιατί ὁ πυρήνας δὲν σκορπίζει; Ἡ ἀπάντηση εἶναι ὅτι ἐκτὸς ἀπὸ τὶς ἠλεκτρικὲς δυνάμεις ὑπάρχουν, καὶ ἄλλες δυνάμεις μεταξὺ τῶν πρωτονίων ποὺ τὰ κρατοῦν μαζεμένα στὸ χῶρο τοῦ πυρήνα. Ἀκόμα, ὅπως ἀνακαλύφθηκε τὸ 1935, μέσα στὸν πυρήνα ὑπάρχουν καὶ ἄλλα σωματίδια ὅμοια μὲ τὰ πρωτόνια ἐκτὸς ἀπὸ τὸ ὅτι δὲν ἔχουν φορτίο καὶ γι' αὐτὸ ὀνομάζονται **οὐδετερόνια** ἢ **νετρόνια**. Θὰ μελετήσωμε ἀργότερα μὲ περισσότερη λεπτομέρεια τὶς ιδιότητες τοῦ πυρήνα. Ἄς ζαναγουρίσωμε τώρα στὶς ἠλεκτρικὲς ιδιότητες τῶν ἀτόμων.

Ὅπως εἶδαμε, ὁ ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων σ' ἓνα ἄτομο εἶναι ἀκριβῶς ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸ τῶν πρωτονίων ἔτσι, ὥστε τὸ ἄτομο φαίνεται νὰ μὴν ἔχη ἠλεκτρικὸ φορτίο. Καταλαβαίνομε λοιπὸν τώρα ὅτι ἓνα ὑλικὸ σῶμα, ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ μυριάδες ἄτομα, καθολικὰ δὲν ἔχει ἠλεκτρικὸ φορτίο. Ἄν ὅμως μὲ κάποιον τρόπο μπορέσωμε νὰ τοῦ προσθέσωμε ἢ νὰ τοῦ ἀφαιρέσωμε ἠλεκτρόνια, δὲν θὰ εἶναι πιὰ οὐδέτερο. Ἀπὸ τὶς ἐργασίες μας ὡς τώρα ξέρομε ὅτι αὐτὸ μπορούμε νὰ τὸ ἐπιτύχωμε μὲ τρίβῃ. Ὅταν τρίβωμε τὸ

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

Τώρα μποροῦμε 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. Ἄλλὰ ξέρομε ὅτι τὰ ἄτομά του ἔχουν θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία, πρωτόνια καὶ ἠλεκτρόνια. Ἄν ὁ χάρακας εἶναι ἀρνητικὸ φορτισμένος, θὰ ἀπωθῆσθαι τὰ ἠλεκτρόνια τοῦ χαρτιοῦ. Ἔτσι ἡ μεριά τοῦ χαρτιοῦ πού εἶναι κοντὰ στοῦ 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 πὸν 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 ἀτόμου καὶ τὸν τρόπο πὸν ἠλεκτρίζονται τὰ ὀλιγά σώματα προσπαθήστε νὰ ἐξηγήσετε γιατί ἓνα ἠλεκτροποιημένο μπαλόνι κολλᾷει στὸν τοίχο καὶ γιατί 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

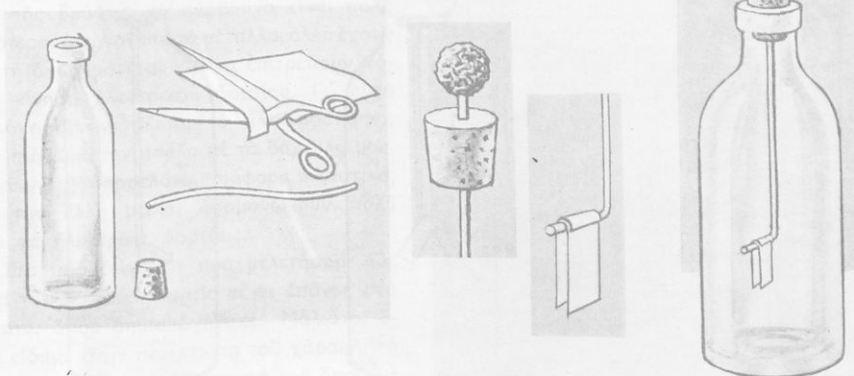
Μὲ τίς προηγούμενες ἐργασίες μας ἀνακα-

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

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστήτε ἓνα γυάλινο μπουκάλι ἢ βάζο, ἓνα φελλὸ πὸν νὰ ταιριάξῃ στὸ στόμιό του, λίγο χάλκινο σύρμα καὶ φύλλο ἀλουμίνιου. 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. Στραβῶστε τὸ σύρμα στὴν ἄκρη του σὲ μῆκος περίπου ἓνα ἑκατοστὸ καὶ κρεμάστε δύο λεπτὲς λουρίδες φύλλον ἀλουμινίου, ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα. Στὸ κομμάτι πὸν προεξέχει πάνω ἀπὸ τὸ φελλὸ καρφώστε μιὰ μπάλα ἀπὸ φύλλο ἀλουμινίου. Ἐχει 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 βεβαιωθῆτε 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 ἐλαφρὰ 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.
Τι παρατηρείτε ;

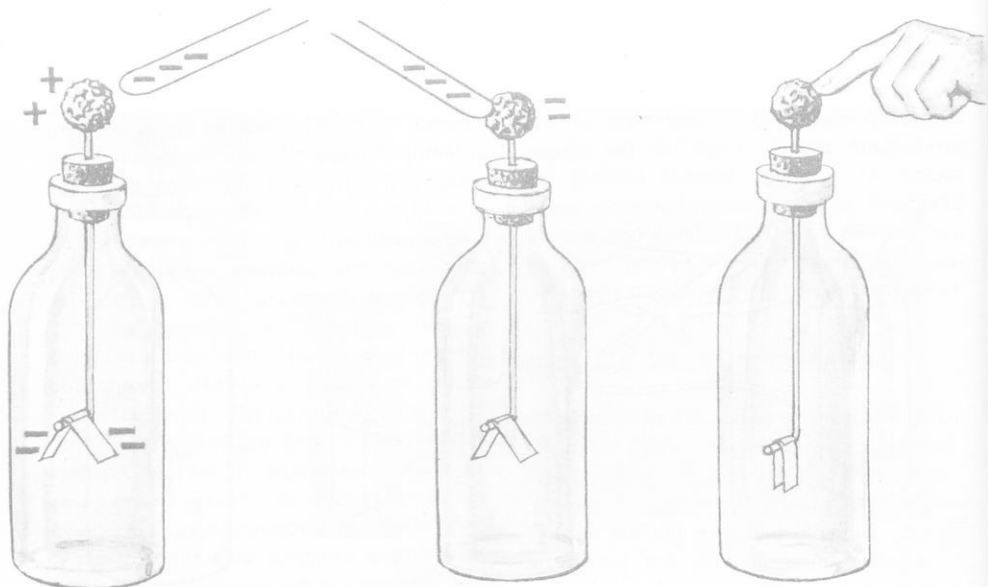
4) 'Επαναλάβετε το δεύτερο μέρος της εργασίας. Μετά βγάλτε το φορτίο από το χάρακα, τρίψτε τον δυνατά με την πλαστική σακούλα και άκουμπήστε την άκρη του στην μπάλα. Τι παρατηρείτε ;

“Ας δοῦμε τώρα πῶς μπορούμε νὰ ἐξηγήσωμε τὶς 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 εὐκόλα μὲ τὶς δυνάμεις ἀνάμεσα σὲ ηλεκτρικὰ φορτία. Κοιτάξτε τὴν εἰκόνα: Ὁ χάρακας, πού εἶναι φορτισμένος ἀρνητικά, ἀπωθεῖ τὰ ηλεκτρόνια τῆς μπάλας καὶ τοῦ σύρματος πρὸς τὶς λουρίδες τοῦ ἀλουμινίου. “Ἔτσι στὶς λουρίδες τὰ ηλεκτρόνια εἶναι περισσότερα ἀπὸ τὰ πρῶτόνια, δηλαδὴ ἀποκοτῶν 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 μὲ τὸ μάλινο καὶ τὸν ἀκουμπήσωμε πάλι στὴν μπάλα τοῦ ηλεκτροσκοπίου, θὰ δοῦμε τὶς λουρίδες νὰ ἀπωθοῦνται ἀκόμα περισσότερο, γιατί ἀπόκτησαν κι ἄλλο ηλεκτρικὸ φορτίο.

“Ὅταν κατόπιν πιάνωμε τὴν μπάλα μὲ τὰ δάχτυλά μας, οἱ λουρίδες ξαναπέφτουν. Τὸ φορτίο λοιπὸν ἔφυγε. Αὐτὸς εἶναι ἕνας τρόπος, γιὰ νὰ ἀποφορτίσωμε τὸ ηλεκτροσκόπιο. Πῶς ἀκριβῶς γίνεται αὐτὸ θὰ τὸ καταλάβωμε, ἀφοῦ συζητήσωμε τὸ ἐπόμενο μέρος τῆς ἐργασίας. “Ὅταν τρίβωμε τὸ χάρακα μὲ τὸ πλαστικὸ, φορτίζεται θετικά, δηλαδὴ ἔχει



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. α) Το άρνητικό 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 αποθωθούν μόνιμα. γ) Το ηλεκτροσκόπιο αποφορτίζεται, όταν άκουμπήσουμε 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 άκουμπήσουμε τον φορτισμένο θετικό χάρακα στην μπάλα του ηλεκτροσκοπίου, που το έχουμε φορτίσει προηγουμένως άρνητικά, παρατηρούμε ότι οι λουρίδες κατεβαίνουν, σαν να τους αφαιρέσαμε φορτίο. Εύκολα φανταζόμαστε τί συμβαίνει: το θετικό φορτίο του χάρακα έλκει το άρνητικό 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 άρνητικό 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 μιὰ άκρη του πλαστικού χάρακα, ως έλέγξωμε την άλλη άκρη, αν έχει φορτίο. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με το ηλεκτροσκόπιο είτε απλούστερα δοκιμάζοντας, αν έλκωνται μικρά κομμάτια χαρτί. Βρίσκομε ότι η άλλη άκρη του χάρακα δεν έχει φορτίο. "Αρα το φορτίο στο χάρακα δεν πηγαίνει από τη μιὰ 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 όρισμένων σωμάτων να επιτρέπουν την κίνηση ηλεκτρικού φορτίου την λέμε με μιὰ λέξη **άγωγιμότητα**. 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-

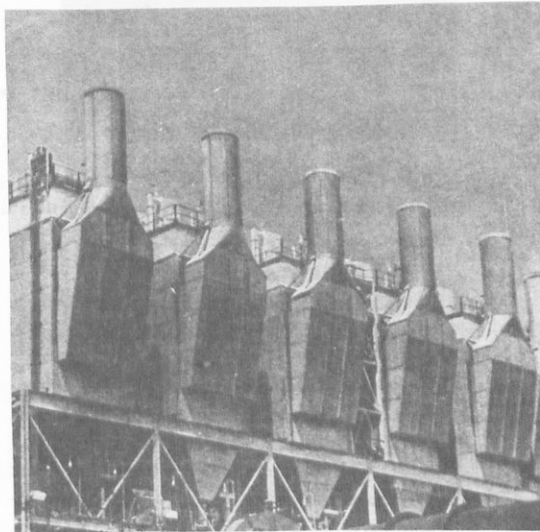
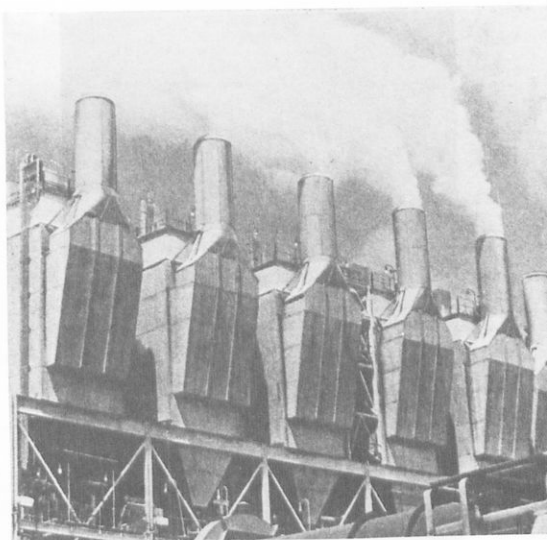
φορες ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούμε. Οί καλύτεροι άγωγοί του ηλεκτρισμού είναι τὰ μέταλλα. Τò σώμα μας, τò νερό τής βρύσης, τò κάρβουνο είναι πολύ χειρότεροι άγωγοί από τὰ μέταλλα, αλλά έχουν άρκετὴ άγωγιμότητα, για νὰ επιτρέπουν κάποια κίνηση ηλεκτρικοῦ φορτίου. Γι' αὐτὸ τὸ λόγο άποφορτίζεται τὸ ηλεκτροσκόπιο, όταν πιάνωμε τὴν μπάλα με τὰ δάχτυλά μας. Τὸ γυαλί, ἡ πορσελάνη, διάφορα πλαστικά, από τὴν ἄλλη μεριά, άπομονώνουν πολὺ καλά τὰ ηλεκτρικά φορτία.

Στὰ παραδείγματα που μελετήσαμε ὡς τώρα τὸ ηλεκτρικὸ φορτίο μένει ἐπάνω στὰ σώματα, ὅπου δημιουργήθηκε. Μάλιστα, ὅπως εἶδαμε στὴν περίπτωση τοῦ χάρακα, τὸ φορτίο που δημιουργήθηκε στὴ μιὰ ἄκρη με τὴν τριβὴ μένει ἐκεῖ καὶ δὲν ἀπλώνεται σ' ὅλο τὸ χάρακα. Στὸ ηλεκτροσκόπιο τὸ φορτίο ἀπλώνεται ἀπὸ τὴν μπάλα στὰ φύλλα ἀλλὰ καὶ πάλι μένει ἐκεῖ, ὅπως διαπιστώνομε ἀπὸ τὰ φύλλα που ἐξακολουθοῦν νὰ ἀπωθοῦνται. Γι' αὐτὸ λέμε ὅτι σ' ὅλες αὐτὲς τὶς περιπτώσεις ἔχομε *στατικὸ* ηλεκτρικὸ φορτίο ἢ μ' ἄλλα λόγια ὅτι τὰ φαινόμενα που παρατηροῦμε ὀφείλονται σὲ *στατικὸ* ἠλεκτρισμὸ.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Μὲ τὸ ηλεκτροσκόπιο που ἔχετε κατασκευάσει μελετήστε τὸ ηλεκτρικὸ φορτίο που ἀποκοτῶν διάφορα σώματα με τριβή. Χρησιμοποιήστε ἓνα χτένι, ἓνα μικρὸ μεταλόνι καὶ μιὰ γυάλινη ράβδο. Μπορεῖτε νὰ βοηθετὲ τὸ εἶδος τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου που ἀποκτᾶ καθένα ἀπὸ αὐτὰ τὰ σώματα; Γράψτε τὶς παρατηρήσεις σας στὸ τετράδιό σας.

2) Ἐτοιμάστε-στὸ τετράδιό σας δύο στήλες με ἐπικεφαλίδες **ΑΓΩΓΟΙ** καὶ **ΜΟΝΩΤΕΣ**. Ἀπὸ τὰ παρακάτω ἕλικὰ ποιὰ νομίζετε ὅτι είναι άγωγοί καὶ ποιὰ μονωτές; Γράψτε τα στὴν κατάλληλη στήλη: ξύλο, πλαστικὸ, σιδερένιο σῆμα, γυαλί, φύλλο ἀλουμινίου, λάστιχο.



Συσκευές που βασίζονται σὲ φαινόμενα στατικῦ ἠλεκτρισμοῦ χρησιμοποιοῦνται, για νὰ καθαρίσουν τὸν καπνὸ ἀπὸ τὶς καμινάδες ἐργοστασίων. Ἡ φωτογραφία αὐτὴ δείχνει τὴ διάφορα πρὶν καὶ μετὰ τὴν τοποθέτηση τῆς συσκευῆς.



Ὁ Φραγκλίνος πετάει τὸν ἀετὸ, γιὰ νὰ ἀποδείξῃ ὅτι ὁ κεραυνὸς προέρχεται ἀπὸ στατικό ἠλεκτρισμὸ στὰ σύννεφα.

5. Ὁ στατικός ἠλεκτρισμὸς γύρω μας

Πολλὰ φαινόμενα πού παρατηροῦμε καθημερινὰ ὀφείλονται σὲ στατικό ἠλεκτρισμό. Ἐναφέραμε προηγουμένως τὸ σπινθήρα πού δημιουργεῖται καμιά φορά, ὅταν ἀγγίζουμε τὸ πόμολο μιᾶς πόρτας καὶ αὐτὸ πού παρατηροῦμε, ὅταν βγαίσαμε μιὰ μάλλινη μπλούζα. Ἐνα ἄλλο συνηθισμένο φαινόμενο εἶναι ἡ σκόνη πού μαζεύουν οἱ δίσκοι τοῦ γραμμοφώνου, ἐπειδὴ ἠλεκτρίζονται μετὰ τὴν τριβὴ μετὰ τὴν βελόνα καὶ τὸν ἄερα, καθὼς καὶ τὸ χνοῦδι πού μαζεύεται σὲ συνθετικά ὑφάσματα.

Ἐκτὸς ὅμως ἀπ' αὐτὰ τὰ φαινόμενα πού μπορεῖ νὰ εἶναι λίγο ἐνοχλητικά ἢ ἀπλῶς περίεργα, ὁ στατικός ἠλεκτρισμὸς μπορεῖ νὰ προκαλέσῃ σοβαρὰ προβλήματα σὲ διάφορες βιομηχανικές ἐργασίες. Εἶναι δύσκολο, λόγου χάρι, νὰ μεταφερθοῦν ὑλικά ὅπως ζάχαρη ἢ ἀλεύρι μέσα ἀπὸ πλαστικούς σωλήνες, χωρὶς νὰ ἀναπτυχθῇ σημαντικό ἠλεκτρικό φορτίο ἀπὸ τὴν τριβὴ τους. Προβλήματα δημιουργοῦνται ἐπίσης σὲ βιομηχανίες πού παράγουν χαρτί ἢ διάφορα πλαστικά ὑλικά. Ἡ φόρτιση τῶν ὑλικῶν, καθὼς περνοῦν μετὰ ταχύτητα ἀπὸ διάφορα μηχανήματα, εἶναι τόσο μεγάλη, ὥστε μπορεῖ νὰ προκαλέσῃ σπινθήρες. Ἔτσι καμιά φορά χρειάζεται νὰ σταματήσῃ ἡ παραγωγή καὶ σὲ σπάνιες περιπτώσεις μπορεῖ νὰ προκληθῇ πυρκαγιά. Γι' αὐτὸ τὸ λόγο σ' αὐτὲς τὶς βιομηχανίες παίρνουν εἰδικὰ μέτρα, γιὰ νὰ μὴ μαζευτῇ μεγάλο ἠλεκτρικό φορτίο στὰ προϊόντα πού παράγουν.

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

Ἄσφαλῶς τὸ πιὸ θεαματικὸ φαινόμενο στατικοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι οἱ ἀστραπὲς καὶ οἱ κεραυνοί, πού παρατηροῦμε στὴν ἀτμόσφαιρα σὲ καιρὸ καταιγίδας. Ἡ ἀνακάλυψη ὅτι τὰ φαινόμενα αὐτὰ ὀφείλονται σὲ ἠλεκτρικά φορτία πού 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 οφείλονται και οι όνομασίες «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 κάνομε με τη βοήθεια μιās γυάλινης ράβδου που έχουμε τρίψει και μ' αυτό τον τρόπο αποδεικνύεται απόλυτα ότι ο κεραυνός είναι το ίδιο πράγμα με την ηλεκτρική ύλη».

Ο Φραγκλίνος ήταν αρκετά συνेतός ή τυχερός (!) να στέκεται κάτω από μια στέγη την ώρα που πετούσε τον αετό, ώστε η άκρη του σπάγκου να μην είναι βρεμένη. Άλλιως θα μπορούσε να είχε σκοτωθί από κεραυνό, όπως συνέβη μ' ένα Ρώσο επιστήμονα πού, μερικά χρόνια μετά, έπιχείρησε να επαναλάβη το πείραμα.

Πολλές έρευνες έχουν γίνει, για να βρεθί πώς ακριβώς χωρίζονται τα ηλεκτρικά φορτία στα σύννεφα και δημιουργούν τις άστραπές και τους κεραυνούς. Ο μηχανισμός είναι αρκετά περίπλοκος αλλά η ιδέα είναι απλή : "Όπως έχουμε μάθει προηγουμένως, τα σύννεφα δημιουργούνται σε καιρό καταιγίδας, καθώς ο ζεστός άερας που περιέχει ύγρασία ανεβαίνει σε ψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας, που είναι πιό κρύα. Εκεί μέρος του ύδατος υδροποιείται κι ακόμα, αν οί μικρές σταγόνες πάνε πιό ψηλά, γίνεται πάγος. Καθώς οί κόκκοι του πάγου αρχίζουν να πέφτουν, συναντούν στο δρόμο τους σταγόνες που ανεβαίνουν. Με τη σύγκρουση και την τριβή οί κόκκοι του πάγου αποκτούν αρνητικό φορτίο. Το ίδιο μπορεί να



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

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

Το φορτίο που μαζεύεται στο σύννεφο έχει επίδραση και στην επιφάνεια της γης. Έπειδη το αρνητικό φορτίο του σύννεφου είναι πιό κοντά στη γη, θετικά φορτία έλκονται και φορτίζουν την επιφάνεια της γης θετικά. Όταν τώρα το φορτίο που έχει συσσωρευθί είναι αρκετά μεγάλο, ένας γιγάντιος σπινθήρας μπορεί να δημιουργηθί ανάμεσα στα φορτία του σύννεφου, όποτε έχουμε άστραπή ή ανάμεσα στο σύννεφο και τη γη, όποτε



Τὰ ηλεκτρικὰ φορτία σ' ἓνα σύννεφο καὶ στὴ γῆ σὲ ὦρα καταιγίδας. Τὸ ἀλεξικέρανο χρησιμεύει, γιὰ νὰ δημιουργηθῆται ἐκεῖ ὁ κεραυνὸς καὶ νὰ διοχετευεῖται 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 ἀλεξικέρανου ποὺ χρησιμεύει ἀκριβῶς, γιὰ νὰ ὀδηγηθῆται ἐκεῖ ὁ κεραυνὸς καὶ νὰ διοχετευεῖται τὸ φορτίο στὸ ἔδαφος.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

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

ποὺ σέρεται 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 πολλές φορές ἀπὸ κεραυνούς. Ὁ ἀριθμὸς τῶν κεραυνῶν ἔφτασε τοὺς 42 σὲ ἓνα χρόνο καὶ τοὺς 12 σὲ μιὰ μόνο καταιγίδα. Πῶς ἐξηγεῖται αὐτό; Εἶναι ἀλήθεια λοιπὸν αὐτὸ ποὺ λένε συχνὰ ὅτι «ὁ κεραυνὸς δὲν χτυπᾷ στὸ ἴδιο μέρος δνὸ φορές»;

6. Τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα καὶ οἱ πηγές του

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

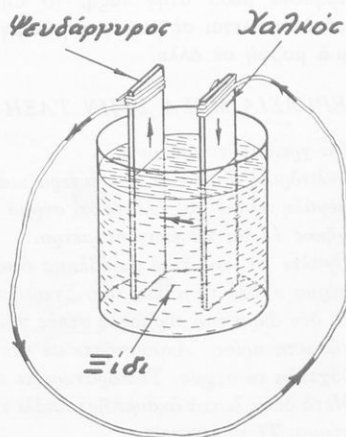
Ἐκτὸς ὅμως ἀπὸ μιὰ πηγὴ χρειαζόμαστε καὶ ἓναν τρόπο νὰ περιορίσωμε τὴν κίνηση τῶν ἠλεκτρονίων καὶ νὰ τὴν κατευθύνωμε ὅπως ἐπιθυμοῦμε γιὰ χρήσιμες ἐφαρμογές. Γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτὸ χρησιμοποιοῦμε ἀγωγούς, δηλαδὴ ὑλικά σώματα, ποὺ, ὅπως βρήκαμε στὴν ἐργασία μας μὲ τὸ ἠλεκτροσκόπιο, ἐπιτρέπουν ἐλεύθερη κίνηση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

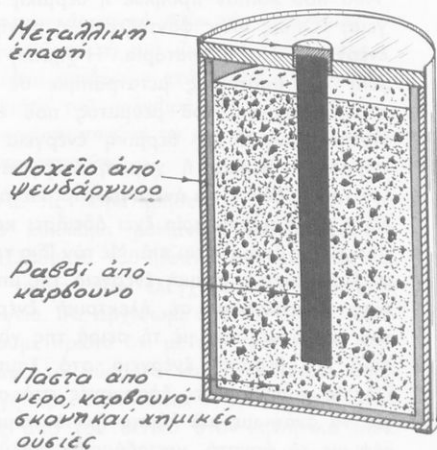
επιστήμονα Άλέξανδρο Βόλτα πριν 200 χρόνια περίπου. Στην πιό απλή του μορφή ένα ηλεκτρικό στοιχείο αποτελείται από δύο διαφορετικά μέταλλα, συνήθως χαλκό και ψευδάργυρο, βυθισμένα σ' ένα διάλυμα. Ο Βόλτα χρησιμοποίησε διάλυμα άλατιού καθώς και ξίδι, αλλά και άλλες χημικές ουσίες είναι τὸ ίδιο ἀποτελεσματικές. Μέσα στο διάλυμα συμβαίνουν διάφορα χημικά φαινόμενα, που οί λεπτομέρειές τους δὲν μᾶς ἐνδιαφέρουν ἐδῶ. Ἐκείνο που εἶναι σημαντικό, εἶναι τὸ τελικό ἀποτέλεσμα : ἠλεκτρόνια ἀφαιροῦνται ἀπὸ τὸ χαλκὸ καὶ προστίθενται στὸν ψευδάργυρο. Ἔτσι, ὁ χαλκὸς εἶναι φορτισμένος θετικά καὶ ὁ ψευδάργυρος ἀρνητικά. Δημιουργοῦνται δηλαδή δύο ἄκρα τοῦ στοιχείου, που τὰ ὀνομάζουμε **πόλους** ἢ **ἠλεκτρόδια**, με διαφορετικὸ φορτίο. Ἄν συνδέσωμε ἕνα σύρμα ἀπὸ τὸν ψευδάργυρο στο χαλκὸ, δημιουργοῦμε ἕναν κλειστὸ δρόμο, ἕνα **κύκλωμα**, ὅπου μποροῦν νὰ κινηθοῦν ἐλεύθερα τὰ ἠλεκτρόνια. Μὲ τὰ χημικὰ φαινόμενα που συμβαίνουν μέσα στο ἠλεκτρικὸ στοιχείο ἀναπληρώνονται συνεχῶς τὰ ἠλεκτρόνια στὸν ψευδάργυρο κι ἔτσι διατηρεῖται ἡ ροὴ τοῦ ρεύματος στο σύρμα.

Οἱ συνηθισμένες μπαταρίες εἶναι κατασκευασμένες με τὸν ἴδιο τρόπο, μόνο που ἀντὶ γιὰ διάλυμα χρησιμοποιεῖται μιὰ πάστα ἀπὸ νερὸ καὶ σκόνη ἀπὸ κάρβουνο που περιέχει τίς χημικὲς οὐσίες. Τὸ ἀρνητικὸ ἠλεκτρόδιο εἶναι ἕνα φύλλο ἀπὸ ψευδάργυρο που κατασκευάζεται σὲ μορφή ἑνὸς μικροῦ δοχείου μέσα στο ὁποῖο μπαίνει ἡ πάστα. Ὡς θετικὸ ἠλεκτρόδιο χρησιμοποιεῖται ἕνα ραβδί ἀπὸ κάρβουνο. Μπορεῖτε νὰ παρατηρήσετε αὐτὰ τὰ μέρη μιᾶς στρογγυλῆς μπαταρίας, ἀν' τὴν κόψετε μ' ἕνα πριόνι στὴ μέση, ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα.

Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα εἶναι χρήσιμες πηγές ἠλεκτρικοῦ ρεύματος μόνον ὅταν χρειάζομαστε λίγο ἠλεκτρικὸ ρεύμα γιὰ μικρὸ χρονικὸ διάστημα. Ὅλοι ξέρομε ὅτι, ἀν ἀφήσωμε ἕνα φακὸ ἀναμμένο γιὰ λίγες



Ἐνα ἀπλό ἠλεκτρικὸ στοιχείο ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο διαφορετικὰ μέταλλα βυθισμένα σὲ διάλυμα ξιδιοῦ.



Τὸ ἐσωτερικὸ μιᾶς κοινῆς κυλινδρικοῦς 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

Θά χρειαστήτε μιὰ μεγάλη κυλινδρική μπαταρία ή καλύτερα μιὰ μεγάλη πλακέ και ηλεκτρικό σύρμα με μήκος 15 ως 20 εκατοστόμετρα. Βγάλτε τὸ μονωτικό περίβλημα ἀπὸ τὸ σύρμα σ' ὅλο τὸ μήκος του. Στερεώστε τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος στοὺς πόλους τῆς μπαταρίας. Ἀκουμπήστε μετὰ δάχτυλα τὸ σύρμα. Τί παρατηρεῖτε; Μετὰ δέκα λεπτά ἀκουμπήστε πάλι τὸ σύρμα. Τί παρατηρεῖτε;

Ἡ παρατήρηση πού κάναμε εἶναι ἀπλή. Τὸ σύρμα θερμαίνεται ἢ μ' ἄλλα λόγια αὐξάνεται ἡ θερμική του ἐνέργεια. Ξέρομε ὅμως ὅτι ἡ ἐνέργεια οὔτε δημιουργεῖται οὔτε καταστρέφεται, ἀπλῶς ἀλλάζει μορφές. Ἀπὸ πού λοιπὸν προήλθε ἡ θερμική ἐνέργεια; Ὅπως ἴσως φαντάζεστε, ἡ πηγή τῆς ἐνέργειας εἶναι ἡ μπαταρία. Ἡ χημική ἐνέργεια τῆς μπαταρίας μετατράπηκε σὲ ηλεκτρική ἐνέργεια τοῦ ρεύματος πού ἐμφανίστηκε τελικά ὡς θερμική ἐνέργεια τοῦ σύρματος. Βέβαια ἡ χημική ἐνέργεια τῆς μπαταρίας δὲν εἶναι ἀνεξάντλητη. Μετὰ ἀπὸ λίγα λεπτά ἡ μπαταρία ἔχει ἀδειάσει και τὸ σύρμα δὲν θερμαίνεται πιά. Μὲ τὸν ἴδιο τρόπο σ' ἓνα φακὸ ἡ χημική ἐνέργεια τῆς μπαταρίας μετατρέπεται σὲ ηλεκτρική ἐνέργεια τοῦ ρεύματος, πού μετὰ τῆ σειρά τῆς γίνεται φῶς και θερμική ἐνέργεια σὸ λαμπάκι. Γιὰ τὶς συνηθισμένες ἐφαρμογές σὸ σπίτι, γιὰ νὰ ἀνάψωμε μιὰ λάμπα ἢ γιὰ νὰ μαγειρέψωμε τὸ φαγητό, χρειάζομαστε πολὺ περισσότερη ἐνέργεια ἀπὸ ὅση μπορεῖ νὰ δώση μιὰ μπαταρία.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπαταρίες χρησιμοποιοῦμε και στὰ αυτοκίνητα. Ὅταν σὰς δοθῇ ἐνκαυρία, ξεβιδώστε τὸ καπάκι μιᾶς μπαταρίας αυτοκινήτου και κοιτάξτε τὸ ἐσωτερικό της, ὅπου φαίνονται οἱ πλάκες τοῦ μετάλλου σκεπασμένες μετὸ ὑγρό. Βρῆστε πληροφορίες γιὰ τὸν τρόπο κατασκευῆς μιᾶς μπαταρίας αυτοκινήτου και γράψτε τες σὸ τετράδιό σας.

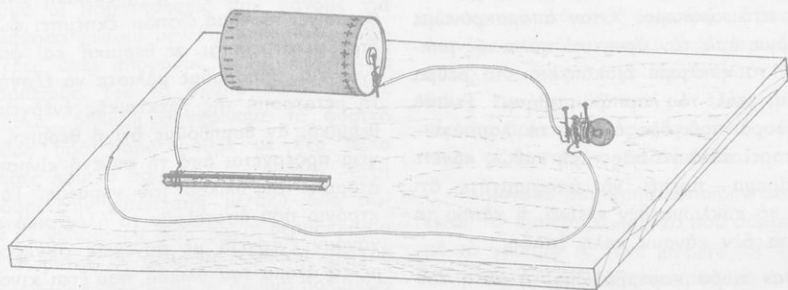
7. Ἐνα ἀπλὸ κύκλωμα

Εἶδαμε ὅτι, γιὰ νὰ παραχθῇ ηλεκτρικὸ ρεῦμα, χρειάζεται μιὰ πηγή και ἓνας κλειστός δρόμος ἀπὸ ἀγώγιμο ὑλικό, ἓνα κύκλωμα, ὅπου κινοῦνται ἐλεύθερα τὰ ηλεκτρόνια. Σχεδὸν σὲ ὅλες τὶς ἐφαρμογές τοῦ ηλεκτρισμοῦ χρησιμοποιοῦμε κυκλώματα, γιὰτὶ μιὰς ἐπιτρέπουν νὰ ἐλέγχωμε ἀποτελεσματικὰ τὴν ηλεκτρική ἐνέργεια, δηλαδὴ 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 στὴν επόμενη εργασία.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστήτε μιὰ *στρογγυλή* μπαταρία, περίπου 1 μέτρο σύρμα κοιδοννιοῦ, μερικὰ καρφὰ 3 εκατοστῶν περίπου, ἓνα λαμπάκι φακῶ, ἓνα μολύβι και μιὰ σανίδα μετὰ διαστάσεις περίπου 25 × 20 εκατοστόμετρα.

1) Παρατηρήστε μετὰ προσοχή τὴ μπαταρία. Βεβαιωθήτε πού εἶναι οἱ πόλοι της. Οἱ περισσότερες μπαταρίες ἔχουν σημειωμένα ἓνα + και ἓνα - γιὰ τὸν θετικὸ και ἀρνητικὸ πόλο. Παρατηρήστε ἐπίσης μετὰ προσοχή τὸ λαμπάκι. Ἐχει μέσα



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. "Ένα απλό κύκλωμα.

Ένα λεπτό σύρμα, που τα άκρα του συνδέονται το ένα με την προεξοχή στο κάτω μέρος του και το άλλο με το κίτρινο περίβλημα.

2) Καρφώστε τρία καρφιά, για να κάνετε μια θήκη για το λαμπάκι, όπως δείχνει ή εικόνα. Καρφώστε επίσης δύο καρφιά, ανάμεσα στα όποια να μπαίνει ή μπαταρία σφιχτά. Συνδέστε σύρματα ανάμεσα στα καρφιά, όπως δείχνει ή εικόνα, αφήνοντας ελεύθερη μόνο την άκρη του σύρματος που πάει από το λαμπάκι στον άρνητικό πόλο της μπαταρίας.

3) 'Ακουμπήστε την ελεύθερη άκρη του σύρματος στο άρνητικό πόλο της μπαταρίας. Τι παρατηρείτε; 'Επαναλάβετε αρκετές φορές αυτή την κίνηση παρατηρώντας πώς ανάβει το λαμπάκι καθώς κλείνετε το κύκλωμα.

4) Με ένα ξυραφάκι σχίστε το μολύβι στη μέση. Γυμνώστε λίγο σύρμα σε μια

άκρη του και τυλίξτε δύο γύρους σφιχτά σε μια άκρη του μολυβιού, ώστε να ακουμπάη καλά στη μύτη. Γυμνώστε την άλλη άκρη και συνδέστε την στο καρφί που είναι στον άρνητικό πόλο της μπαταρίας. 'Ακουμπήστε τη μια άκρη του σύρματος που είναι συνδεμένη στο λαμπάκι πάνω στη μύτη του μολυβιού και μετακινήστε το από τη μια άκρη στην άλλη. Τι παρατηρείτε;

Με τις παρατηρήσεις μας σ' αυτό το απλό κύκλωμα μαθαίνομε πολλά για τα αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος και τον τρόπο που ελέγχομε την ηλεκτρική ενέργεια. 'Ας αρχίσωμε από την αρχή. Παρατηρούμε πρώτα ότι με τον τρόπο που συνδέσαμε τα σύρματα και το λαμπάκι δημιουργήσαμε έναν κλειστό δρόμο από αγωγούς από τον θετικό στον άρνητικό πόλο της μπαταρίας. Σ' αυτό το κύκλωμα τα ηλεκτρόνια θα κινηθούν από τον άρνητικό πόλο μέσα από το σύρμα, έπειτα από το νήμα που

έχει τὸ λαμπάκι καὶ τέλος ἀπὸ τὸ ἄλλο κομμάτι σύρμα, γιὰ νὰ καταλήξουν στὸν θετικὸ πόλο. Ἡ μπαταρία κατόπιν μὲ τὴ χημικὴ τῆς δρᾶση μεταφέρει τὰ ἠλεκτρόνια 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. Γενικὰ κάθε φορὰ πού δὲν ἀνάβει τὸ λαμπάκι—καὶ μπορεῖ αὐτὸ νὰ σὰς τύχη καθὼς 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 αὐξομιώνεται, καθὼς μετακινούμε τὸ σύρμα ἀπὸ τὴ μιὰ ἄκρη στὴν ἄλλη. Αὐτὸ βέβαια τὸ καταλαβαίνομε, γιὰ 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. Ἐτσι ὅσο μεγαλύτερο μῆκος τοῦ μολυβιοῦ βάζομε στὸ κύκλωμα, τόσο μικρότερο γίνεται τὸ ρεῦμα. Ἐντίθετα πάλι, ἂν κάναμε τὴν ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος πολὺ μικρὴ, συνδέοντας παραδείγματος χάρι τούς δύο πόλους τῆς μπαταρίας μόνον μ' ἓνα κομμάτι σύρμα, τὸ ρεῦμα θὰ ἦταν πολὺ μεγάλο καὶ πολὺ σύντομα ἢ μπαταρία θὰ ἔπαυε νὰ δίνει ρεῦμα. Θὰ εἶχαμε 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 ἠλεκτρόνια ἀπὸ

τὸν θετικὸ στὸν ἀρνητικὸ πόλο. Ἐτσι μπορούμε νὰ δημιουργήσωμε ἓνα ἠλεκτρικὸ ρεῦμα στὸ κύκλωμα, ἢ χημικὴ ἐνέργεια δηλαδὴ μετατρέπεται σὲ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια. Στὸ λαμπάκι ἢ 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 συνεχῆ κίνηση τῶν ἀτόμων τοῦ ὑλικοῦ τοῦ νήματος. Τὰ ἠλεκτρόνια πού ἀποτελοῦν τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα χάνουν ἐνέργεια μὲ συνεχεῖς συγκρούσεις μὲ τὰ ἄτομα τοῦ ὑλικοῦ, 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 ἢ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται σὲ κάποια ἄλλη μορφή. Ἄλλὰ πρὶν ἐξετάσωμε τέτοια κυκλώματα, θὰ χρειασθῆ 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 δευτέρου μπαταρία ἢ ἓνα δεύτερο λαμπάκι κατὰ διάφορους τρόπους, ὥστε νὰ γίνεται πάλι ἓνα κλειστὸ κύκλωμα. Γράψτε τὶς παρατηρήσεις σας.

2) Ἄνοιξετε 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 φυσικῶν φαινομένων, ἔτσι καὶ στὸν ἠλεκτρισμὸ οἱ παρατηρήσεις ποὺ κάνομε γιὰ τὰ διάφορα φυσικὰ μεγέθη εἶναι πολὺ ἀκριβέστερες, ὅταν μπορούμε νὰ τὶς ἐκφράσωμε με ἀριθμούς. Γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτὸ κάνομε μετρήσεις, δηλαδὴ συγκρίνομε τὸ φυσικὸ μέγεθος ποὺ παρατηροῦμε με ἓνα ἄλλο ὁμοειδὲς ποὺ τὸ παίρνομε ὡς μονάδα. Ἔτσι μετροῦμε τὴν ἀπόσταση μεταξὺ δύο πόλεων σὲ χιλιόμετρα (km) καὶ τὴ θερμοκρασία ἐνὸς σώματος σὲ βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$) ἢ τὴ συχνότητα ἐνὸς ἤχου σὲ ἀριθμὸ παλμικῶν κινήσεων στὸ δευτερόλεπτο. Γιὰ τὸν ἴδιο σκοπὸ λοιπὸν πρέπει νὰ ὀρίσωμε μονάδες γιὰ τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα καὶ τὰ ἄλλα μεγέθη ποὺ παρατηροῦμε σ’ ἓνα ηλεκτρικὸ κύκλωμα. Μ’ αὐτὸ τὸν τρόπο μπορούμε νὰ ποῦμε ἀκριβῶς πόσο εἶναι τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα ἢ ἄλλα ηλεκτρικὰ μεγέθη σ’ ἓνα κύκλωμα. Σὲ τέτοιες μετρήσεις βασίζεται καὶ ἡ ηλεκτρικὴ ἔταιρεία, γιὰ νὰ στελεῖ τὸ λογαριασμὸ στὸ τέλος κάθε μῆνα.

Ἄς ἀρχίσωμε με τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα. Ὅπως εἶδαμε, τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα εἶναι ἡ κίνηση τῶν ηλεκτρονίων σ’ ἓνα κλειστὸ κύκλωμα ποὺ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀγωγούς. Θὰ μπορούσαμε λοιπὸν νὰ ὀρίσωμε τὴ μονάδα τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος με βάση τὸ ηλεκτρόνιο. Νὰ φανταστοῦμε δηλαδὴ σ’ ἓνα σημεῖο μέσα στὸ σύρμα ἐνὸς κυκλώματος ἓνα μικροσκοπικὸ παρατηρητὴ ποὺ νὰ μετράη πόσα ηλεκτρόνια περνοῦν ἀπ’ αὐτὸ τὸ σημεῖο κάθε δευτερόλεπτο. Ἡ μονάδα αὐτὴ ὅμως δὲν εἶναι πολὺ πρακτικὴ γιὰ ηλεκτρικὰ ρεύματα ποὺ παρατηροῦμε σὲ συνηθισμένα κυκλώματα. Κι ἂν ἀκόμα καταφέραμε νὰ βροῦμε ἓναν τρόπο νὰ μετροῦμε τὰ ηλεκτρόνια, ποὺ δὲν εἶναι καθόλου εὐκόλο, οἱ ἀριθμοὶ ποὺ θὰ βρίσκαμε θὰ ἦταν ὑπερβολικὰ μεγάλοι. Γιὰ τὸ ρεῦμα στὸ ἀπλὸ

κύκλωμα ποὺ μελετήσαμε θὰ βρίσκαμε περίπου 6.250.000.000.000.000 ηλεκτρόνια. Ἐξάλλου οἱ ἐπιστήμονες ποὺ μελέτησαν στὴν ἀρχὴ τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα δὲν ἤξεραν ὅτι ὑπάρχουν ηλεκτρόνια. Ἔτσι ἡ μονάδα τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος ὀρίστηκε με βάση ἄλλα φαινόμενα ποὺ προκαλεῖ τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα, ὅπως θὰ δοῦμε λίγο ἀργότερα. Μάλιστα, ὅπως ἔχει συμβῆ καὶ με ἄλλες μονάδες, πέρασε ἀρκετὸς καιρὸς γιὰ νὰ συμφωνήσουν οἱ φυσικοὶ σὲ μιὰ μονάδα.

Ἡ μονάδα ποὺ χρησιμοποιοῦν ὅλοι τώρα εἶναι τὸ ἀμπέρ (Ampère), ποὺ συμβολίζεται με τὸ γράμμα A. Ἐνα ampère σὲ ηλεκτρονία εἶναι ὁ ἀριθμὸς ποὺ γράψαμε πιὸ πάνω. Σ’ ἓνα ηλεκτρικὸ σίδερο κυκλοφορεῖ ρεῦμα περίπου 5A, ἐνῶ μιὰ κοινὴ ηλεκτρικὴ λάμπα παίρνει ρεῦμα 0,5A.

Ἐνα ἄλλο σημαντικὸ μέγεθος σ’ ἓνα κύκλωμα εἶναι ἡ ιδιότητα τοῦ ηλεκτρικοῦ στοιχείου νὰ μεταφέρη ηλεκτρόνια ἀπὸ τὸν θετικὸ στὸν ἀρνητικὸ πόλο. Θὰ μπορούσαμε νὰ παρομοιάσωμε τὸ ηλεκτρικὸ στοιχεῖο με μιὰ ἀντλία, ποὺ δημιουργεῖ τὴ δύναμη ποὺ σπρώχνει τὰ ηλεκτρόνια καὶ προκαλεῖ τὸ ρεῦμα στὸ ἐξωτερικὸ κύκλωμα. Τὴν ιδιότητα αὐτὴ τῆς μπαταρίας τὴν περιγράφομε μ’ ἓνα φυσικὸ μέγεθος ποὺ τὸ ὀνομάζομε **τάση**. Ὡς μονάδα τάσεως χρησιμοποιεῖται τὸ βόλτ (Volt) καὶ συμβολίζεται με τὸ γράμμα V. Οἱ συνηθισμένες κυλινδρικές μπαταρίες ἔχουν τάση 1,5 V, ὅπως θὰ τὸ δῆτε γραμμένο στὶς περισσότερες. Γενικὰ ἡ τάση εἶναι ἓνα μέγεθος ποὺ χαρακτηρίζει κάθε πηγὴ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Μᾶς περιγράφει με ἀκριβῆ τρόπο πόσο ἀποτελεσματικὴ εἶναι ἡ πηγὴ στὸ νὰ δημιουργήσῃ τὶς δυνάμεις ποὺ προκαλοῦν τὴν κυκλοφορία τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος στὸ κύκλωμα. Ἔτσι τὸ ηλεκτρικὸ ρεῦμα σ’ ἓνα κύκλωμα ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν τάση τῆς πηγῆς. Ἄν διπλασιάσωμε τὴν τάση, παίρνομε διπλάσιο ρεῦμα. Στὶς πρίζες τοῦ σπι-

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

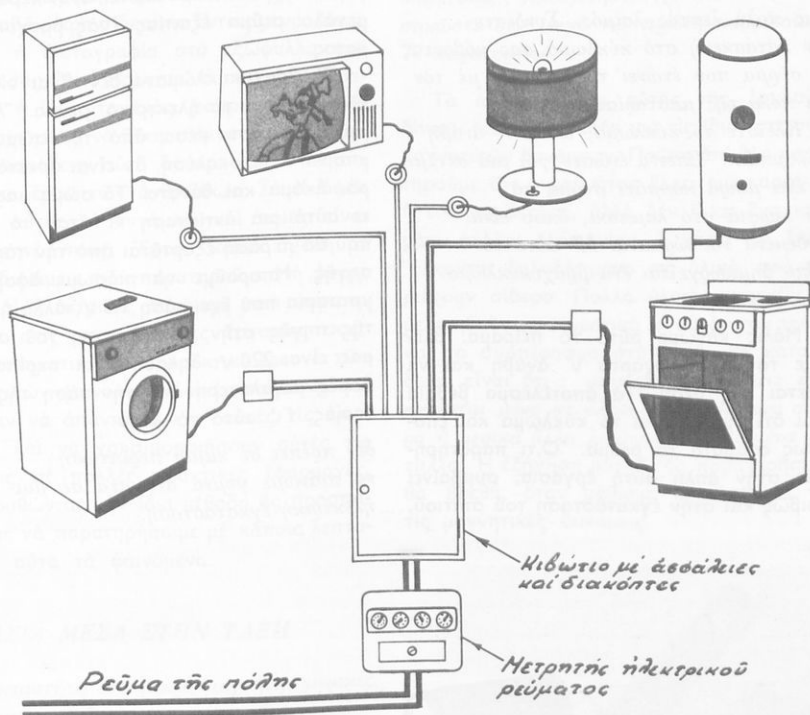
9. 'Ο ηλεκτρισμός στο σπίτι

'Αρχίζοντας από την εποχή που ό "Εντιςον, πρίν 100 χρόνια περίπου, έκανε την εφεύρεση τής ηλεκτρικής λάμπας, ό ηλεκτρισμός έγινε με τó πέρασμα του χρόνου απαραίτητος για πολλές εφαρμογές στην καθημερινή μας ζωή. Τó καταλαβαίνουμε αυτό πολύ καλά, όταν έστω και για μικρό χρονικό διάστημα έχωμε μιá διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος. Σε κάθε σπίτι, έκτός από τς ηλεκτρικές λάμπες, έχομε σήμερα και πολλές άλλες συσκευές που χρησιμοποιούν τόν ηλεκτρισμό για κάποια χρήσιμη έργασία. Βασικά στις περισσότερες περιπτώσεις οι συσκευές αυτές μετατρέπουν τήν 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. Τó ηλεκτρικό πλυντήριο μεταρέπει τήν ηλεκτρική ενέργεια σε κινητική. "Όλες αυτές οι συσκευές πρέπει να τροφοδοτηθούν με ηλεκτρισμό και γι' αυτό τó σκοπό κάθε σπίτι σήμερα έχει μιá ηλεκτρική έγκατάσταση. Με όσα έχομε μάθει ώς τώρα για τó ηλεκτρικό ρεύμα και τς ιδιότητές του μπορούμε να καταλάβωμε πώς λειτουργεί αυτό τó σύστημα με τρόπο ασφαλής. "Η εικόνα τής, έπόμενης σελίδας δείχνει με τρόπο άπλοποιημένο τς ηλεκτρικές έγκαταστάσεις ενός σπιτιού. Τά σύρματα που μεταφέρουν τó ηλεκτρικό ρεύμα από τά μακριά έργοστάσια παραγωγής του ηλεκτρισμού συνδέονται πρώτα με ένα *μετροπή*, που μετράει τήν ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται. Τά άκρα αυτών των συρμά-

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

"Ένα σημαντικό στοιχείο σε καθένα από αυτά τά κυκλώματα που τροφοδοτούν τς συσκευές είναι ό *διακόπτης*. Με τó διακόπτη μπορούμε να ανοίγωμε και να κλείνωμε τó κύκλωμα κι έτσι να ελέγωμε τή ροή του ηλεκτρικού ρεύματος. "Όταν θέλωμε φώς από μιá λάμπα, τήν ανάβομε πιέζοντας τó διακόπτη που έχει τó κύκλωμά της. Πολλές συσκευές όπως μιá ηλεκτρική κουζίνα ή ένα ραδιόφωνο έχουν τó διακόπτη έπάνω τους.

"Έκτός όμως από ένα διακόπτη τά ηλεκτρικά κυκλώματα του σπιτιού χρειάζονται και μιá πρόσθετη προστασία, για να αποφεύγωνατ επικίνδυνες άνωμαλίες. "Η πιό σοβαρή άνωμαλία είναι να περάσει ένα πολύ μεγάλο ρεύμα από ένα κύκλωμα εξαιτίας ενός βραχυκυκλώματος. Πώς μπορεί να συμβή αυτό; Τά σύρματα που óδηγούν τó ηλεκτρικό ρεύμα σε μιá συσκευή έχουν ένα περίβλημα συνήθως πλαστικό, που είναι κακός άγωγός του ηλεκτρισμού, είναι *μονωμένα*, όπως λέμε. "Έτσι εξασφαλίζομε ότι τó ρεύμα θα περνάη από τó ένα σύρμα μέσα στη συσκευή και θα επιστρέφη από τó άλλο σύρμα στην πηγή. "Αν όμως ή μόνωση των συρμάτων φθαρή και άκουμπήσουν, τó κύκλωμα δέν κλείνει πιá μέσα από τή συσκευή αλλά μόνο με τά σύρματα. "Έπειδή τά σύρματα έχουν πολύ μικρή αντίσταση, τó ρεύμα μπορεί να γίνη πολύ μεγάλο, έχομε δηλαδή ένα βραχυκύκλωμα. Τó αποτέλεσμα είναι να ζεσταθούν τόσο πολύ τά σύρματα, που είναι δυνατόν να προκαλέσουν



Σχεδιάγραμμα της ηλεκτρικής εγκατάστασης 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. Τόν τρόπο με τόν οποίο λειτουργεί μιá ασφάλεια θα τόν καταλάβουμε με τήν επόμενη έργασια.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστήτε τó άπλό κύκλωμα πού κατασκευάσατε σέ προηγούμενο μάθημα. Επίσης δύο συνδετήρες, λίγο αλουμινόχαρτο από ένα κοντί τσιγάρων και λίγο σύρμα.

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

δείχνει ή εικόνα. Κόψτε τó αλουμιινόχαρτο στο σχήμα πού φαίνεται στην εικόνα, ώστε στη μέση του νά μείνη μόνο ένας πολú λεπτός λαίμος. Συνδέστε τήν κατασκευή στο κύκλωμά σας κόβοντας τó σύρμα πού ένώνει τó λαμπάκι με τόν ένα πόλο τής μπαταρίας.

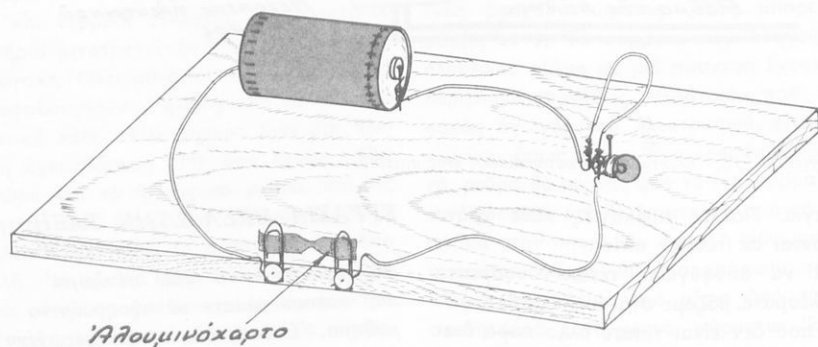
2) Κλείστε τó κύκλωμα, ώστε ν' ανάβη τó λαμπάκι. Έπειτα ένώστε για μιá στιγμή μ' ένα μικρό κομμάτι σύρμα τά δύο καρφιά στο λαμπάκι, όπou είναι συνδεμένα τά σύρματα. Μ' αυτό τόν τρόπο δημιουργείται ένα βραχονκύκλωμα. Τί παρατηρείτε;

Μόλις κάνουμε αυτό τó πείραμα, βλέπουμε τó αλουμιινόχαρτο ν' ανάβη και νά κόβεται στη μέση. Τó άποτέλεσμα βέβαια είναι ότι διακόπτεται τó κύκλωμα και επομένως σταματά τó ρεύμα. Ό,τι παρατηρήσαμε στην άπλή αυτή εργασία, συμβαίνει άκριβώς και στην έγκατάσταση του σπιτιού,

όταν γίνη ένα βραχυκύκλωμα. Οί ασφάλειες πού βρίσκονται στο κεντρικό κουτί έχουn ένα λεπτό συρματάκι πού λιώνει, όταν περάσει ένα μεγάλο ρεύμα εξαιτίας ένός βραχυκυκλώματος.

Τά βραχυκυκλώματα δέν είναι οί μόνοι κίνδυνοι από τó ηλεκτρικό ρεύμα. Άν ένα ρεύμα περάσει μέσα από τó σώμα μας, μπορεί νά προκαλέσει, αν είναι άρκετά ίσχυρό, άκόμα και θάνατο. Τó σώμα μας είναι κι αυτό μιá αντίσταση κι έτσι τó ρεύμα πού θα περάσει εξαρτάται από τήν τάση τής πηγής. Μπορούμε νά πιάσουμε άφοβα μιá μπαταρία πού έχει τάση 1,5 V, αλλά ή τάση τής πηγής στην έγκατάσταση του σπιτιού μας είναι 220 V, δηλαδή είναι περίπου 150 φορές μεγαλύτερη από τήν τάση τής μπαταρίας. Γι' αυτό τó λόγο

δέν πρέπει σέ καμιά περίπτωση νά πιάουμε γυμνά σύρματα σέ μιá ηλεκτρική έγκατάσταση.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ή ασφάλεια προστατεύει ένα κύκλωμα από βραχυκυκλώματα.

10. Μαγνητικές δυνάμεις

Είναι γνώριμο 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 *μαγνήτιτη*, 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 προσπαθήσωμε να παρατηρήσωμε 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 σπρίτο. "Αν δέν έχη 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, μιὰ καρφίτσα, ένα συνδετήρα, μιὰ πινέζα, ένα κομμάτι φύλλο αλουμινίου κλπ. Τί παρατηρείτε;

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

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

Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας δίνουν μιὰ πρώτη ιδέα για τις ιδιότητες των μαγνητικών δυνάμεων. Πρώτα απ' όλα παρατηρούμε ότι ο μαγνήτης έλκει μιὰ καρφίτσα ή ένα συνδετήρα, αλλά δέν 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 καταλήξωμε είναι ότι: *μαγνητικές δυνάμεις εξασκούνται μόνο σε υλικά που περιέχουν σίδηρο ή μερικά άλλα λιγότερο συνηθισμένα μέταλλα.* Η εξήγηση αυτής της παρατήρησης θα βρεθθί, όταν μάθωμε περισσότερα για τις μαγνητικές δυνάμεις.



Τρίβοντας μιὰ καρφίτσα στον ένα πόλο ενός μαγνήτη τη μαγνητίζωμε.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Μια μαγνητισμένη καρφίτσα εξασκεί δυνάμεις σε μια άλλη μαγνητισμένη καρφίτσα στην επιφάνεια του νερού.

Στη 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. Ή καρφίτσα που τρίψαμε επάνω στο ένα άκρο του μαγνήτη απόκτησε την ιδιότητα να έλκη μια άλλη καρφίτσα, απόκτησε δηλαδή τις ιδιότητες του μαγνήτη. Έτσι τώρα βλέπομε ότι εκτός από φυσικούς μαγνήτες, όπως ο μαγνητίτης που βρίσκομε στη φύση, μπορούμε να προκαλέσωμε μαγνητικές ιδιότητες σ' ένα αντικείμενο όπως η καρφίτσα με κατάλληλη κατεργασία. Ή παρατήρηση αυτή μας δίνει τώρα τη δυνατότητα να κατασκευάσωμε 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 μια 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 πέση. Με λίγη εξάσκηση θα πετύχετε να μη βουλιάζει η καρφίτσα, αλλά να πλέη στην επιφάνεια του νερού. Μ' αυτόν τον τρόπο γίνεται πολύ εύκολη 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 μια δεύτερη καρφίτσα, αφού βγάλετε την πρώτη από την επιφάνεια του νερού. Σε ποιά διεύθυνση σταματά;

2) Πλησιάστε με προσοχή τη μύτη μιας μαγνητισμένης καρφίτσας στο ένα άκρο μιας 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.

Τι 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 μια τρίτη καρφίτσα. Πώς προσδιορίζεται αυτή η κατεύθυνση; Αν είχατε μια μικρή πυξίδα, θα βρίσκατε εύκολα την απάντηση. Είναι η κατεύθυνση που δείχνει η πυξίδα δηλαδή

κατεύθυνση βορρᾶ - νότου στὸν τόπο τοῦ σχολείου σας. Στὴν πραγματικότητα καὶ ἡ πυξίδα δὲν εἶναι τίποτ' ἄλλο παρά μιὰ μαγνητισμένη βελόνα, ποὺ ἰσορροπεῖ δείχνοντας πρὸς τὸ βορρᾶ. Κι ἂν ἀκόμα δὲν ἔχετε πυξίδα, μπορείτε νὰ πειβεβαιώσετε αὐτὸ τὸ συμπέρασμα μ' ἕναν ἀπὸ τοὺς τρόπους ποὺ ἔχετε μάθει στὴ γεωγραφία, γιὰ νὰ προσδιορίζετε τὴν κατεύθυνση τοῦ βορρᾶ. Τὴν ἐξήγηση αὐτοῦ τοῦ φαινομένου θὰ τὴν βρούμε ἀργότερα. Πρὸς τὸ παρὸν αὐτὴ ἢ παρατήρηση μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ξεχωρίζουμε τὰ δύο ἄκρα τῆς μαγνητισμένης καρφίτσας ἢ ὅπως ἀλλιῶς λέμε τοὺς **πόλους** τῆς. Ὁ ἕνας εἶναι αὐτὸς ποὺ δείχνει πρὸς τὸ βορρᾶ, καὶ γι' αὐτὸ ὀνομάζεται **βόρειος πόλος** καὶ ὁ ἄλλος, ποὺ δείχνει πρὸς τὸ νότο, ὁ **νότιος πόλος**.

Ἄφου ἔχομε ἔτσι ξεχωρίσει τὰ δύο ἄκρα μιᾶς μαγνητισμένης καρφίτσας, μπορούμε νὰ περιγράψωμε μὲ ἀκρίβεια τὶς παρατηρήσεις ἀπὸ τὸ δεύτερο μέρος τῆς ἐργασίας. Οἱ δύο καρφίτσες ποὺ χρησιμοποιοῦμε ἔχουν ἢ καθεμιά τὸν βόρειο καὶ νότιο πόλο τῆς, ποὺ μπορούμε εὐκόλα νὰ βρούμε ἀπὸ τὴν κατεύθυνση στὴν ὁποία δείχνουν, ὅταν ἤρεμοῦν στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ. Ἀπὸ τὴν ἐργασία μας βρίσκομε ὅτι ἡ μαγνητικὴ δύναμη ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τῶν πόλων ποὺ πλησιάζουν ὁ ἕνας τὸν ἄλλο. Πιὸ συγκεκριμένα :

Ὅμοιοι πόλοι ἀπωθοῦνται, ὁ βόρειος πόλος ἀπωθεῖ τὸν βόρειο πόλο, ὁ νότιος ἀπωθεῖ τὸν νότιο. Ἀνόμοιοι πόλοι ἔλκονται, ὁ βόρειος πόλος ἔλκει τὸν νότιο πόλο.

Αὐτὲς οἱ παρατηρήσεις εἶναι ἕνα πρῶτο σημαντικό βῆμα στὴ μελέτη τῶν μαγνητικῶν δυνάμεων. Ἴσως σᾶς θυμίζουν πολὺ τὶς δυνάμεις μεταξὺ ἠλεκτρικῶν φορτίων. Καὶ στὰ ἠλεκτρικὰ φορτία ὑπάρχουν δύο εἶδη καὶ οἱ δυνάμεις εἶναι διαφορετικὲς μεταξὺ ὁμοίων καὶ ἀνόμοιων φορτίων. Ὑπάρ-

χουν πραγματικὰ πολλὲς ὁμοιότητες ποῦ, ὅπως θὰ δοῦμε ἀργότερα, δὲν εἶναι τυχαῖες. Τὰ ἠλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα ἔχουν πολὺ στενὴ σχέση. Ὡστόσο μεταξὺ μαγνητικῶν πόλων καὶ ἠλεκτρικῶν φορτίων ὑπάρχει μιὰ πολὺ σπουδαία διαφορά. Ἐνῶ μπορούμε νὰ ἔχωμε ξεχωριστὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, εἶναι ἀδύνατο νὰ παρατηρήσωμε χωριστὰ ἕνα βόρειο καὶ ἕνα νότιο πόλο. Ἄν σπᾶσωμε μιὰ καρφίτσα στὴ μέση, θὰ ἐμφανιστῇ ἀμέσως σὲ κάθε μισὸ ἕνας νέος πόλος στὸ σημεῖο τοῦ σπασίματος, ὥστε τὰ δύο κομμάτια νὰ ἔχουν πάλι ἕνα βόρειο καὶ ἕνα νότιο πόλο. Καὶ τὸ ἴδιο θὰ συμβῇ, ἂν σπᾶσωμε πάλι κάθε κομμάτι στὴ μέση. Μετὰ ἀπὸ πολλὲς μάταιες προσπάθειες νὰ παρατηρήσουν ξεχωριστοὺς πόλους, οἱ φυσικοὶ ἀναγκάστηκαν νὰ παραδεχτοῦν ὅτι οἱ μαγνητικοὶ πόλοι ἐμφανίζονται πάντοτε σὲ ζευγάρια. Τὸ ἐκφράζομε αὐτὸ καὶ ἀλλιῶς λέγοντας πῶς ὁ μαγνητισμὸς ἐμφανίζεται πάντα μὲ **δίπολα**.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ἐρευνῆστε περισσότερο, μὲ τὶς μαγνητισμένες καρφίτσες στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ, τὶς δυνάμεις μεταξὺ μαγνητῶν. Βάλτε δύο καρφίτσες στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ καὶ παρατηρήστε πῶς κινοῦνται. Ἐπίσης βυθίστε μιὰ καρφίτσα καὶ βάλτε μιὰ δεύτερη καρφίτσα στὴν ἐπιφάνεια σ' ἕνα κοτινὸ σημεῖο. Παρατηρήστε ποῦ ἰσορροπεῖ τελικὰ ἡ δεύτερη καρφίτσα. Μπορεῖτε νὰ ἐξηγήσετε τὶς παρατηρήσεις σας μὲ ὅσα ξέρετε γιὰ τὶς δυνάμεις μεταξὺ μαγνητικῶν πόλων;

II. Τὸ μαγνητικὸ πεδίο

Ἡ παρουσία ἐνὸς μαγνήτη γίνεται ἀμέσως φανερὴ στὸν περίγυρό του. Μόλις πλησιάσῃ ἕνα σιδερένιο ἀντικείμενο, ἔξα-

σκείται 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 πού μπορούν νὰ περιγραφοῦν μὲ τὸν ἴδιο τρόπο; Στὴ μελέτη τοῦ στατικού ἠλεκτρισμοῦ βρήκατε ὅτι ἕνας πλαστικός χάρακας, πού ἔχει φορτιστῆ ἠλεκτρικά μὲ τριβή, ἐξασκεῖ δυνάμεις ἐπάνω σὲ μικρὰ κομμάτια χαρτιοῦ, πού βρίσκονται κοντά του. Μποροῦμε νὰ ποῦμε ὅτι ἔχει δημιουργήσει γύρω του ἕνα **ἠλεκτρικὸ πεδίο**. Ἐνα ἄλλο πεδίο, πού τὰ ἀποτελέσματά του παρατηρήσατε στὴν πέμπτη τάξη, εἶναι τὸ **πεδίο τῆς βαρύτητας**. Εἶναι τὸ πεδίο τῶν δυνάμεων πού ἐξασκεῖ τῆ γῆ στὰ ὑλικά σώματα καὶ τὰ κάνει νὰ πέφτουν, ὅταν τ' ἀφήσουμε σὲ κάποιο σημεῖο πάνω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειά της.

Πῶς μπορούμε νὰ διαπιστώσουμε ὅτι ὑπάρ-

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

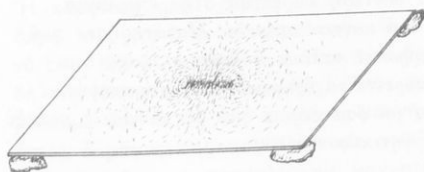
ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῆτε ἕνα μικρὸ μαγνήτη, ἕνα κομμάτι λεπτὸ χαρτόνι 20×20 ἑκατοστόμετρα, λίγο σύρμα χοιτροῦ, ἀπ' αὐτὸ πρὸς τρίβονν τὶς κατοσρόλες ἢ τὰ πατόματα, καὶ λίγη πλαστελίνη.

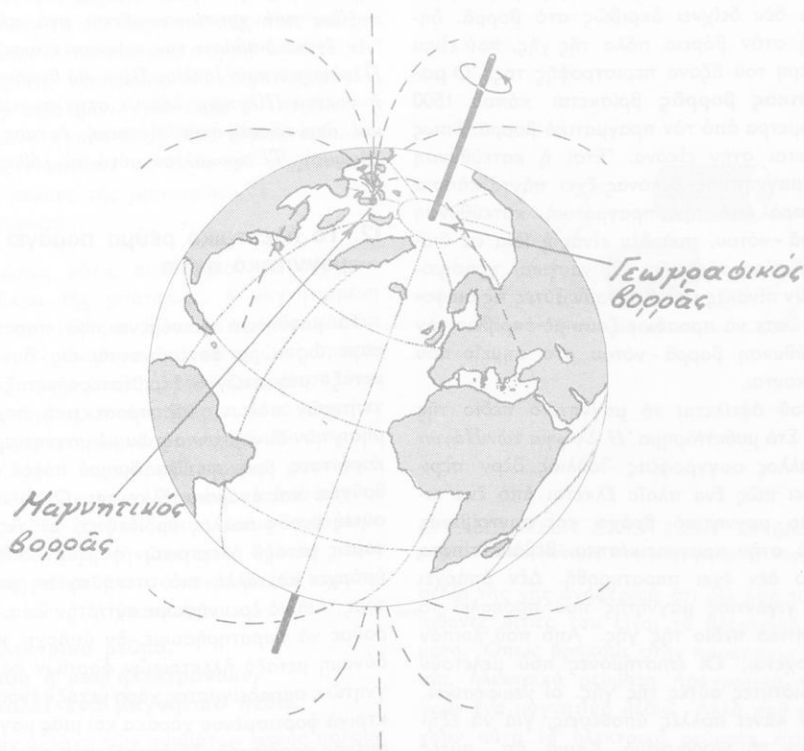
Βάλτε τὸ μαγνήτη ἐπάνω σ' ἕνα τραπέζι καὶ σκεπάστε τον μὲ τὸ χαρτόνι.

Στερεώστε τὸ χαρτόνι μὲ λίγη πλαστελίνη κάτω ἀπὸ τὶς τέσσερις γωνίες, ὥστε νὰ εἶναι παράλληλο πρὸς τὸ τραπέζι. Μ' ἕνα ψαλίδι κόψτε τὸ σύρμα σὲ πολὺ μικρὰ κομμάτια. Ρίξτε σιγὰ σιγὰ τὰ κομμάτια τὸ σύρμα πάνω στὸ χαρτόνι. Μπορεῖ νὰ χρειαστῆ νὰ χτυπήσετε ἐλαφρὰ τὸ χαρτόνι, γιὰ νὰ σχηματιστῆ ἕνα καθαρὸ σχῆμα. Τί παρατηρεῖτε;

Ὅπως ἴσως θὰ φανταστήκατε, τὰ συρματάκια δὲν σταματοῦν ἐκεῖ πού πέφτουν τυχαῖα, ἀλλὰ κινοῦνται ἀπὸ τὶς δυνάμεις πού ἐξασκεῖ ἐπάνω τους ὁ μαγνήτης. Τελικά, ἂν χρησιμοποιήσετε ἕνα μαγνήτη ἀπ' αὐτοὺς πού χρησιμοποιοῦνται στὶς πόρτες τῶν ντουλαπιῶν, θὰ σχηματιστῆ μιὰ εἰκόνα σὰν κι αὐτὴ πού δείχνει τὸ σκίσιμο 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 καταλάβουμε τὸ μαγνητικὸ πεδίο, μιλοῦμε γιὰ **μαγνητικὲς γραμμὲς**. Παρατηροῦμε ἀκόμα ὅτι τὰ συρματάκια συγ-



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Τὸ μαγνητικὸ πεδίο ἑνὸς μικροῦ μαγνήτη φανερῶνεται μὲ μικρὰ κομμάτια σύρμα.



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 ἀποτελέσματα 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 γης έδειξε ότι ή μαγνητική βελόνα δέν δείχνει άκριβώς στο βορρά, δηλαδή στον βόρειο πόλο της γης, που 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, που δέν είναι ή ίδια σε διάφορα μέρη της γης. Οί ναυτικοί χρησιμοποιούν πίνακες που δείχνουν αυτές τις διαφορές, ώστε να προσδιορίζουν με άκρίβεια την κατεύθυνση βορρά - νότου στο σημείο που βρίσκονται.

Που όφείλεται τό μαγνητικό πεδίο της γης; Στο μυθιστόρημα *Η Σφίγγα τών Πάγων* ό Γάλλος συγγραφέας 'Ιούλιος Βέρν περιγράφει πώς ένα πλοίο έλκεται από ένα τεράστιο μαγνητικό βράχο και συντρίβεται. Άλλά στην πραγματικότητα, βέβαια, τίποτα τέτοιο δέν έχει παρατηρηθή. Δέν υπάρχει ένας γιγάντιος μαγνήτης που προκαλεί τό μαγνητικό πεδίο της γης. Άπό πού λοιπόν προέρχεται; Οί επιστήμονες που μελετούν τις ιδιότητες αυτές της γης, οί *γεωφυσιστοί*, έχουν κάνει πολλές υποθέσεις, για να εξηγήσουν τό μαγνητισμό. Καμιά άπ' αυτές δέν είναι άκόμα άπόλυτα έξακριβωμένη. Μιά από τις πιο πιθανές αίτίες θά την καταλάβετε, άφου μελετήσετε παρακάτω τό ρόλο ενός ηλεκτρικού ρεύματος στη δημιουργία ενός μαγνητικού πεδίου.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βάλτε μιá μαγνητισμένη καρφίτσα στην επιφάνεια του νερού σ' ένα φλιτζάνι. Παρατηρήστε πώς προσανατολίζεται. Βάλτε τό φλιτζάνι επάνω σ' ένα σιδερένιο αντικείμενο που έχει σταθή σε μιá θέση για πολò χρόνο, παραδείγματος χάρη σ' ένα σώμα καλοριφέρ. Τι παρατηρείτε; Πώς εξηγείτε την παρατήρησή σας; Τι

σημασία έχει αυτή ή παρατήρηση για τις πωξίδες που χρησιμοποιούνται στα πλοία; Άν έχετε διαβάσει τον «Δεκαπενταετή Πλοίαρχο» του 'Ιουλίου Βέρν, θά θυμάστε ότι ή γολέτα Πίλγκριμ λάβειφε στην πορεία της και, αντί να πάη στην 'Αμερική, έφτασε στην 'Αφρική. Τι προκάλεσε αυτό τό λάθος;

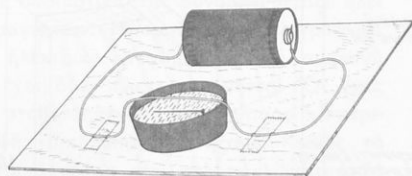
12. Τό ηλεκτρικό ρεύμα παράγει μαγνητικό πεδίο

Τά μαγνητικά φαινόμενα που παρατηρήσαμε ως τώρα φανερώνονται ως δυνάμεις μεταξύ μαγνητών ή άκριβέστερα μεταξύ μαγνητικών πόλων. Με προσεκτική παρατήρηση των δυνάμεων αυτών με μαγνητισμένες καρφίτσες βρήκαμε ότι όμοιοι πόλοι άπωθόνται και άνόμοιοι έλκονται. Οί δυνάμεις αυτές έχουν πολλές ομοιότητες με τις δυνάμεις μεταξύ ηλεκτρικών φορτίων. Μήπως υπάρχει και άλλη πιο στενή σχέση μεταξύ τους; Για να έρευνήσωμε αυτή την ιδέα, μπορούμε να παρατηρήσωμε, αν υπάρχει καμιά δύναμη μεταξύ ηλεκτρικών φορτίων και μαγνητών, παραδείγματος χάρη μεταξύ ενός ηλεκτρικά φορτισμένου χάρακα και μίας μαγνητισμένης καρφίτσας. Τό άποτέλεσμα αυτού του πειράματος είναι άρνητικό. Τά στατικά ηλεκτρικά φορτία δέν εξασκοϋν δύναμη σε ένα μικρό μαγνήτη. Μήπως όμως ένα ηλεκτρικό ρεύμα εξασκεί κάποια δύναμη; Οά τό έξακριβώσωμε αυτό με την επόμενη εργασία.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστήτε μιá μεγάλη κυλινδρική μπαταρία, ένα μικρό πλαστικό πιάτο, λίγο ηλεκτρικό σύρμα κουνουπιού και μιá μαγνητισμένη καρφίτσα. Βάλτε λίγο νερό στο πιάτο. Βάλτε την καρφίτσα να επιπλή. Στερεώστε τό σύρμα παράλληλα με την καρφίτσα με κολλητική 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;



Άμεσως 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. Άφου η καρφίτσα είναι μαγνητισμένη, το αποτέλεσμα αυτό σημαίνει ότι εμφανίστηκε μια μαγνητική δύναμη. Με άλλα λόγια δημιουργήθηκε ένα μαγνητικό πεδίο. Η δύναμη και επομένως και το μαγνητικό πεδίο εξαφανίζονται, μόλις διακόψουμε τη σύνδεση με τη μπαταρία, δηλαδή μόλις διακοπή το ρεύμα στο κύκλωμα. Οι παρατηρήσεις αυτές δείχνουν ότι:

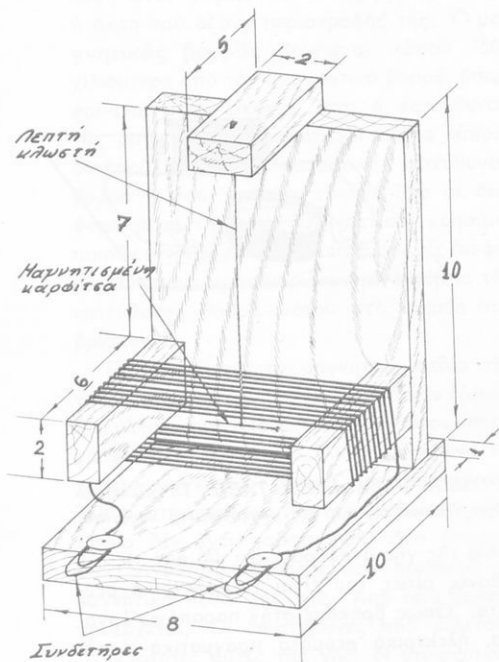
το ηλεκτρικό ρεύμα, δηλαδή η ροή ηλεκτρονίων, προκαλεί ένα μαγνητικό πεδίο.

Με την αλλαγή των συρμάτων στους πόλους της μπαταρίας παρατηρήσαμε ότι η καρφίτσα αποκλίνει προς την αντίθετη κατεύθυνση. Όταν δηλαδή αλλάξει η κατεύθυνση κινήσεως των ηλεκτρονίων, αλλάζει κατεύθυνση και η μαγνητική δύναμη. Τα μαγνητικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος ανακαλύφθηκαν για πρώτη φορά το 1820 από τον Δανό επιστήμονα Oersted και μελετήθηκαν λίγο αργότερα με λεπτομέρειες από δύο Γάλλους επιστήμονες, τους Biot και Savant. Οι εργασίες αυτές ήταν η αρχή μιας σειράς ανακαλύψεων για τη σχέση ηλεκτρικών και μαγνητικών φαινομένων, που εκτός από τη φυσική τους σημασία χρησιμοποιήθηκαν για πολλές εφαρμογές.

Μελετώντας προηγουμένως το μαγνητικό

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

πεδίο της γης αναφέραμε ότι μια από τις πιο πιθανές αιτίες του είναι τα ηλεκτρικά ρεύματα. Όπως βρήκαμε στην παραπάνω εργασία, ηλεκτρικά ρεύματα πραγματικά παράγουν ένα μαγνητικό πεδίο. Άλλα που υπάρχουν αυτά τα ηλεκτρικά ρεύματα στη γη; Οι γεωφυσικοί πιστεύουν ότι βαθιά στο έσωτερικό της γης, όπου οι θερμοκρασίες είναι πολύ μεγάλες, υπάρχουν μεγάλες ποσότητες από λιωμένα μέταλλα όπως σίδηρο και νικέλιο. Μέσα σ' αυτές τις πύρινες μάζες μπορεί να δημιουργούνται τα ηλεκτρικά ρεύματα, στα οποία οφείλεται το μαγνητικό πεδίο της γης. Ίσως μετά απ' αυτό δεν είναι δύσκολο να φανταστήτε ότι κάθε μαγνητικό πεδίο έχει την προέλευσή του σε κάποιο ηλεκτρικό ρεύμα, κάποια κίνηση ηλεκτρικού φορτίου. Ακόμα και το πεδίο των φυσικών μαγνητών που χρησιμοποιήσαμε σε προηγούμενες εργασίες πηγάζει από τα ηλεκτρικά ρεύματα της κινήσεως των ηλεκτρονίων στα πιο μικρά κομμάτια της ύλης, τα άτομα.



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

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μιά 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 η 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 φθάνη στο κέντρο, ανάμεσα από τις δύο σειρές σύρματος, όπως δείχνει η εικόνα. Η κλωστή δεν πρέπει να άκουμπά στο σύρμα. Το γαλβανόμετρο είναι έτοιμο. Μπορείτε να το δοκιμάσετε συνδέοντας μ' ένα σύρμα τους πόλους μιας μπαταρίας στους συνδετήρες. Θα χρειαστή 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 δημιουργή ένα μαγνητικό πεδίο χρησιμοποιείται σε πολλές σημαντικές εφαρμογές. Με ηλεκτρικά ρεύματα μπορούμε να κατασκευάσουμε ισχυρούς μαγνήτες και να ελέγξουμε το μαγνητικό τους πεδίο, ώστε να πετύχουμε το αποτέλεσμα που ζητούμε. Έναν τέτοιο απλό **ηλεκτρομαγνήτη** θα μελετήσαμε στην επόμενη εργασία.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε μια κυλινδρική μπαταρία, λίγο σύρμα κουδουνιού, ένα μεγάλο καρφί με μήκος περίπου 10 εκατοστόμετρα και μερικούς 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 στὸν συνδετήρα ἢ τὴ 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 διακοπῆ τὸ ρεῦμα, δὲν εἶναι δηλαδὴ *μόνιμος* μαγνήτης. Μποροῦμε ἐπομένως νὰ δημιουργοῦμε καὶ νὰ καταστρέφωμε τὴ μαγνήτιση τοῦ καρφιοῦ κλείνοντας καὶ ἀνοίγοντας ἀπλῶς ἓνα διακόπτη.

Μία ἀπὸ τὶς ἀπλούστερες ἐφαρμογὲς τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν εἶναι τὸ ἠλεκτρικὸ κουδούνι. Ὅταν πατοῦμε τὸ κουμπὶ τοῦ κουδουνοῦ, κλείνει ἓνα κύκλωμα καὶ ἓνας ἠλεκτρομαγνήτης ἔλκει ἓνα σιδερένιο ἔλασμα. Τὸ ἔλασμα λειτουργεῖ καὶ ὡς διακόπτης πού σταματᾷ τὸ ρεῦμα. Ἔτσι ὁ ἠλεκτρομαγνήτης παύει νὰ ἔλκη τὸ ἔλασμα πού ζαναγουρίζει στὴν ἀρχικὴ του θέση. Τὸ κύκλωμα κλείνει, πάλι, τὸ ἔλασμα ἔλκεται ξανά καὶ οὕτω καθεξῆς. Δηλαδὴ τὸ ἔλασμα ἀποκτᾷ μιὰ παλμικὴ κίνηση πού παράγει ἦχο. Στὰ περισσότερα κουδούνια ἢ παλμικὴ αὐτὴ κίνηση μεταδίδεται σ' ἓνα σφυράκι, πού χτυπάει τὸ καμπανάκι τοῦ κουδουνοῦ. Μπορεῖτε νὰ παρατηρήσετε αὐτὰ τὰ φαινόμενα μ' ἓνα παλιὸ κουδούνι;

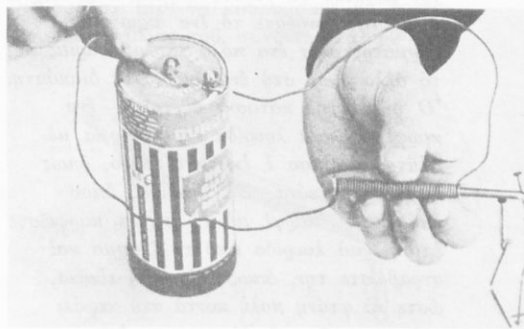
Στὴν πραγματικότητα ἓνας ἠλεκτρομαγνήτης ὅπως αὐτὸς ἐνὸς κουδουνοῦ δὲν εἶναι τίποτε ἄλλο παρὰ μιὰ συσκευή πού μετατρέπει τελικὰ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια σὲ μηχανικὴ ἐνέργεια. Μ' ἄλλα λόγια, ρυθμίζοντας τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα προκαλοῦμε διάφορες κινήσεις. Πολλὰ ἀπὸ τὰ αὐτόματα συστήματα πού χρησιμοποιοῦνται στὴ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

ρίζονται στὶς ἐφαρμογὲς ἠλεκτρομαγνητῶν. Καὶ στὶς σύγχρονες ἠλεκτρικὲς γραφομηχανές ἢ κίνηση τῶν στοιχείων πού γράφουν τὰ γράμματα γίνεται μὲ τὴ βοήθεια ἠλεκτρομαγνητῶν.

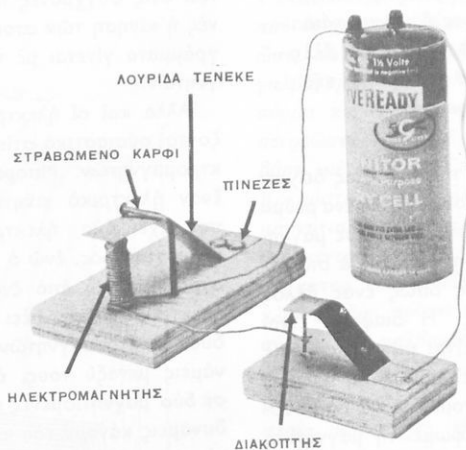
Ἄλλα καὶ οἱ ἠλεκτρικοὶ κινητήρες στηρίζονται οὐσιαστικὰ στὶς δυνάμεις μεταξὺ ἠλεκτρομαγνητῶν. Μποροῦμε νὰ περιγράψωμε ἓναν ἠλεκτρικὸ κινητήρα ὡς μιὰ συσκευή πού ἔχει δύο ἠλεκτρομαγνήτες. Ὁ ἓνας εἶναι σταθερὸς, ἐνῶ ὁ ἄλλος μπορεῖ νὰ περιστραφῆ γύρω ἀπὸ ἓναν ἄξονα. Καθὼς τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα ρεεῖ στὰ κυκλώματα τῶν δύο ἠλεκτρομαγνητῶν, ἀναπτύσσονται δυνάμεις μεταξὺ τους, ἀκριβῶς ὅπως γίνεται σὲ δύο μαγνητισμένες καρφίτσες. Αὐτὲς οἱ δυνάμεις κάνουν τὸν κινητὸ ἠλεκτρομαγνήτη νὰ περιστρέφεται καὶ κάνουν τὸν κινητήρα νὰ λειτουργῆ. Μήπως μπορεῖτε νὰ βρῆτε καὶ ἄλλα παραδείγματα, ὅπου πιστεύετε ὅτι χρησιμοποιοῦνται ἠλεκτρομαγνήτες;

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μὲ τὶς παρακάτω ὁδηγίες μπορεῖτε νὰ κατασκευάσετε ἓναν ἀπλὸ τηλεγράφο.
Θὰ χρειαστήτε μιὰ κλινδρική μπαταρία,



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



ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Πώς κατασκευάζεται ένας απλός τηλεγράφος.

σύρμα κουνουριού, μερικά καρφιά, μεταλλικό έλασμα από ένα κουτί κονσέρβας και δύο μικρές σανίδες. Καρφώστε ένα καρφί περίπου 4 εκατοστά του μέτρου μήκος στη μιὰ σανίδα και τυλίξτε γύρω τον περίπου 80 γύρους σύρμα, όπως δείχνει ή εικόνα, συνδέστε τὸ ἕνα ἄκρο τοῦ σύρματος στὸν ἕνα πόλο τῆς μπαταρίας και τὸ ἄλλο ἄκρο στὸ ἕνα ἄκρο ἐνὸς διακόπτη. Ὁ διακόπτης κατασκευάζεται μ' ἕνα καρφί και μιὰ λουρίδα ἀπὸ έλασμα μὲ πλάτος περίπου 1 εκατοστόμετρο, ὅπως δείχνει ή εικόνα. Στὴ σανίδα, ὅπου ἵπάρχει τὸ καρφί μὲ τὸ σύρμα, καρφώστε ἐπίσης μιὰ λουρίδα ἀπὸ τὸ έλασμα και στραβώστε την, ὅπως δείχνει ή εικόνα, ὥστε νὰ φτάνη πολὺ κοντὰ στὸ κεφάλι τοῦ καρφοῦ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτη. Καρφώστε ἀκόμα ἕνα καρφί κοντὰ στὸν ἠλεκτρομαγνήτη και στραβώστε το, ὅπως

δείχνει ή εικόνα, ὥστε νὰ ἀκουμπᾷ στὸ έλασμα.

Πατήστε τὸ διακόπτη, ὥστε νὰ κλείση τὸ κύκλωμα. Ἀφήστε τον. Τί παρατηρεῖτε; Τί ἀκούτε; Πῶς θὰ ἦταν δυνατόν μ' αὐτὸ τὸ σύστημα νὰ μεταδοθοῦν γράμματα; Ἔχετε ἀκούσει γιὰ τὸν κώδικα Μόρς; Βρῆστε πληροφορίες σχετικὰ μ' αὐτόν.

14. Μαγνητισμός τῶν ἀτόμων

Ὅπως ἀναφέραμε και προηγουμένως, μιὰ ἀπὸ τίς πιὸ σημαντικές ιδιότητες τοῦ μαγνητισμοῦ εἶναι ὅτι οἱ μαγνητικοὶ πόλοι ἐμφανίζονται πάντα σὲ ζευγάρια. Ἄν σπάσωμε στὴ μέση μιὰ μαγνητικὴ καρφίτσα, τὸ κάθε κομμάτι ἔχει πάλι ἕνα βόρειο και ἕνα νότιο πόλο και θὰ εἶναι ἕνας μικρὸς μαγνήτης. Ἄν σπάσωμε κάθε μισὸ στὴ μέση, θὰ ἔχωμε τέσσερις μικροὺς μαγνήτες. Ποῦ θὰ καταλή-

ξωμε, ἂν ἐξακολουθήσωμε ἔτσι, σπάζοντας κάθε μικρὸ μαγνήτη στὴ μέση; Δὲν εἶναι δύσκολο νὰ φαντασθῆτε ὅτι μ' αὐτὸ τὸν τρόπο θὰ φθάσωμε στὰ πιὸ μικρὰ κομμάτια τῆς ὕλης, τὰ ἄτομα. Λογικὰ λοιπὸν περιμένουμε ὅτι τὰ ἄτομα θὰ ἔχουν μαγνητικές ιδιότητες.

Ἡ ιδέα αὐτὴ ἐπιβεβαιώθηκε μὲ πολλὰς ἔρευνες γύρω ἀπὸ τὸ μαγνητισμὸ τῶν ἀτόμων. Μάθατε ὅτι κάθε ἄτομο περιέχει ἠλεκτρόνια, ποὺ περιφέρονται γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα. Ἐκτὸς ὅμως ἀπ' αὐτὴ τὴν κίνηση βρέθηκε ὅτι τὸ ἠλεκτρόνιο ἔχει καὶ μιὰ κίνηση περιστροφῆς σὰν σβούρα. Ἀφοῦ τὰ ἠλεκτρόνια ἔχουν ἠλεκτρικὸ φορτίο, αὐτὲς οἱ κινήσεις δὲν εἶναι τίποτε ἄλλο παρὰ μικροσκοπικὰ ἠλεκτρικὰ ρεύματα, ποὺ ὅπως κάθε ἠλεκτρικὸ ρεῦμα δημιουργοῦν ἓνα μαγνητικὸ πεδίο. Στὰ περισσότερα ἄτομα οἱ κινήσεις τῶν ἠλεκτρονίων συνδυάζονται μὲ τέτοιο τρόπο, ποὺ τελικὰ τὸ ἄτομο δὲν ἔχει μαγνητικές ιδιότητες. Σὲ μερικὰ ὅμως ἄτομα, ὅπως τοῦ σιδήρου ἢ τοῦ νικελίου, οἱ κινήσεις τῶν ἠλεκτρονίων 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 μπορούμε νὰ ἐξηγήσωμε τίς μαγνητικές ιδιότητες μὲ τὸν τρόπο ποὺ συνδυάζονται καὶ προσανατολίζονται αὐτοὶ οἱ μαγνήτες; Ἀς κάνωμε πρῶτα μερικές παρατηρήσεις.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειασθῆτε ἓνα μαγνήτη καὶ μερικὸς συνδετήρες. Σηκῶστε ἓνα συνδετήρα μὲ τὸ μαγνήτη.

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

Βγάλτε τοὺς συνδετήρες ἀπὸ τὸ μαγνήτη.

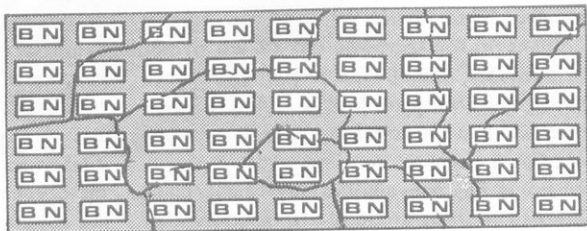
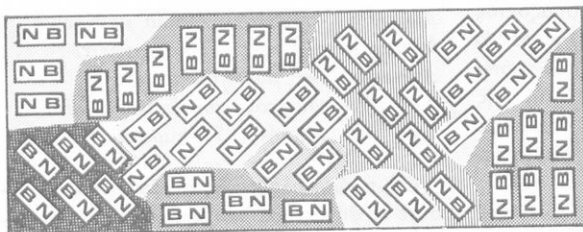
Δοκιμάστε ἂν ὑπάρχει κάποια μαγνητικὴ δύναμη μεταξύ τους. Τί παρατηρεῖτε; Δοκιμάστε νὰ μαγνητίσετε ἓνα συνδετήρα τρίβοντάς τον ἐπάνω σ' ἓνα πόλο ἑνὸς μαγνήτη. Τί παρατηρεῖτε;

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

Σ' ἓνα σιδερένιο ἀντικείμενο ὅπως ὁ συνδετήρας οἱ ἀτομικοὶ μαγνήτες σχηματίζονται 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 ὕλικὸ 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 βρεθή 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. Έπειδή η κατεύθυνση των ατομικών μαγνητών σε κάθε περιοχή είναι διαφορετική, ο συνδετήρας δεν είναι μαγνητισμένος. Όταν όμως τον φέρωμε κοντά σ' ένα μαγνήτη που εξασκεύει 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 απομακρυνθή 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. Άκόμα 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. Τι παρατηρείτε; Έξηγηστε 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 χτυπιούνται οἱ μαγνήτες
μὲ σφύρι καὶ νὰ προσέχουμε γενικὰ
νὰ μὴν πέφτουν κάτω. Γιατί;

15. Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἐπαγωγὴ

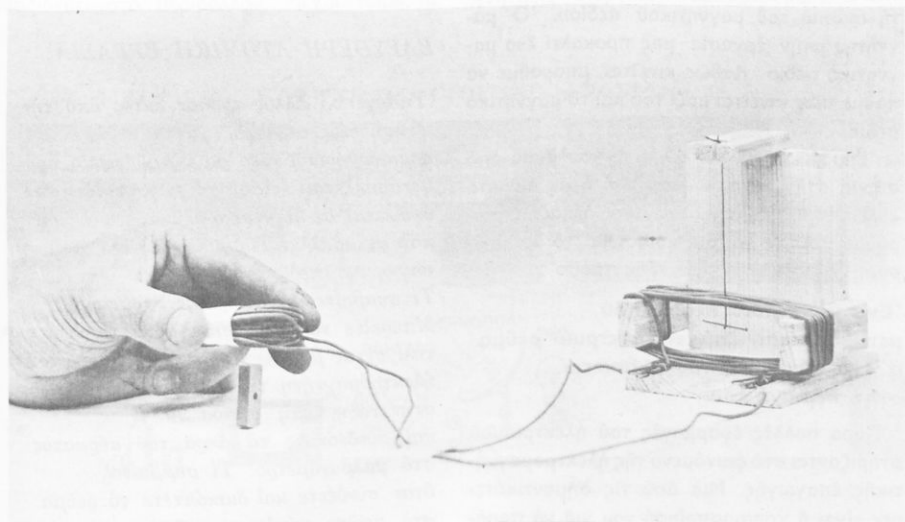
Βρήκαμε ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα ἐξασκεῖ
μαγνητικὲς δυνάμεις, δηλαδὴ δημιουργεῖ ἕνα
μαγνητικὸ πεδίο. Ἀκόμα, ἀπὸ τὴ μελέτη τῶν
μαγνητικῶν ἰδιοτήτων τῶν ἀτόμων γίνεται
φανερὸ ὅτι καὶ τὸ μαγνητικὸ πεδίο τῶν συνη-
θισμένων μαγνητῶν προέρχεται τελικὰ ἀπὸ
τὰ μικροσκοπικὰ ρεύματα ποὺ δημιουργοῦν-
ται ἀπὸ τὶς κινήσεις τῶν ἠλεκτρονίων στὰ
ἄτομα. Κάθε μαγνητικὸ πεδίο λοιπὸν παρά-
γεται ἀπὸ ἕνα ἠλεκτρικὸ ρεῦμα. Μήπως ὁμως
μπορεῖ νὰ συμβῆ καὶ τὸ ἀντίθετο; Εἶναι δυ-
νατὸν ἕνα μαγνητικὸ πεδίο νὰ δημιουργήσῃ
ἠλεκτρικὸ ρεῦμα σ' ἕνα ἀγωγό; Τὴν ἀπάντησιν
σ' αὐτὸ τὸ ἐρώτημα ἀναζήτησε ἐπίμονα ὁ
μεγάλος Ἕλληνας φυσικὸς Faraday (Φάραν-
τεῖ), στὸν ὁποῖο ὀφείλονται πολλὲς ἀνακα-
λύψεις γύρω ἀπὸ τὸν ἠλεκτρισμὸ καὶ μαγνη-

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

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστῆτε τὸ ἀπλὸ γαλβανόμετρο
ποὺ κατασκευάσατε σὲ προηγούμενη
ἐργασία, ἠλεκτρικὸ σύρμα κοδωνιοῦ
καὶ ἕνα μαγνήτη.

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



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ἡ κίνηση τοῦ μαγνήτη μέσα στὴν κοιλούρα δημιουργεῖ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα.

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

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

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

Έπομένως το κύκλωμα, ή κουλούρα από σύρμα στην έργασία μας, που ήταν άκίνητο «βλέπει» το μαγνητικό πεδίο ν' αλλάξει. Μπορούμε λοιπόν να διατυπώσουμε το συμπέρασμά μας και με τον εξής τρόπο :

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

Πάρα πολλές έφαρμογές του ηλεκτρισμού στηρίζονται στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής έπαγωγής. 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 ή κουλούρα της έργασίας μας. Άλλα και οι γιγαντιαίες ηλεκτρικές γεννήτριες στα έργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος στο ίδιο φαινόμενο βασίζονται.

Στην πραγματικότητα έχομε εδώ άλλη μία περίπτωση μετατροπής ενέργειας από τη μιά μορφή στην άλλη. Η κινητική ενέργεια του μαγνήτη μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια του ρεύματος. Και ή κινητική ενέργεια προήλθε με τη σειρά της από κάποια άλλη μορφή ενέργειας. Στο δυναμό του ποδηλάτου είναι ή 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 ή κινητική ενέργεια της μεγάλης γεννήτριας;

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

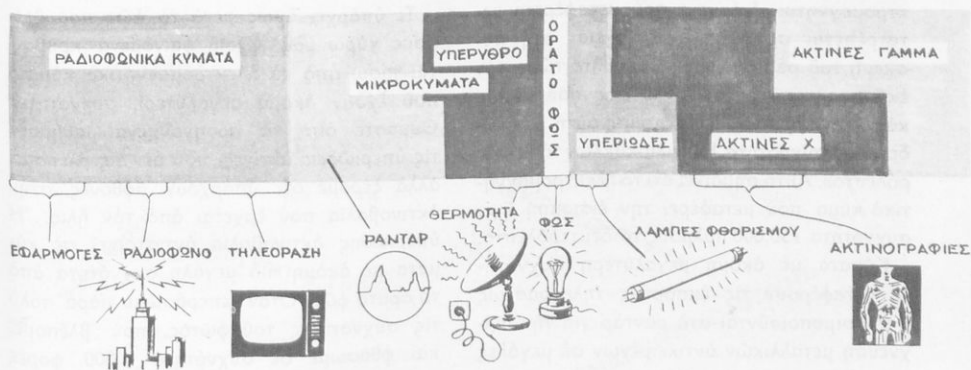
Υπάρχει κι άλλος τρόπος, εκτός από την κίνηση ενός μαγνήτη, για να δημιουργήσουμε ένα μαγνητικό πεδίο που μεταβάλλεται. Αφού το μαγνητικό πεδίο όφειλεται σε ηλεκτρικό ρεύμα, ένα ρεύμα, που μεταβάλλεται, δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο που αλλάζει. Τί συμβαίνει σ' αυτή την περίπτωση; Μπορείτε να έρευνήσετε αυτό το ερώτημα τυλίγοντας μια δεύτερη σειρά σύρμα στον ηλεκτρομαγνήτη της έργασίας 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 μελετήσωμε 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 ξεχύνεται 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 μās θυμίζει πολύ την ενέργεια του ήχου που ξεκινά από μια ήχητική πηγή και ταξιδεύει με τη μορφή ενός ήχητικού κύματος. Θα μπορούσαμε μάλιστα να ονομάσωμε ηλεκτρομαγνητικό κύμα τη διαταραχή που δημιουργεί ή 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 τὸ διακόπτη με τὴ λάμπα που ανάβει. Ἀκόμη εἶδατε με τὰ μάτια σας τὸ μαγνήτη νὰ τραβᾷ τις καρφίτσες, καὶ τὰ ἐλάσματα στὸ ηλεκτροσκόπιο νὰ ἀπωθοῦνται. Πῶς ὅμως θὰ πιστέψετε ὅτι ὑπάρχουν ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα; Αὐτὸ τὸ ἐρώτημα παίδεψε γιὰ πολλὰ χρόνια τοὺς ἐπιστήμονες, ὥσπου ἔγινε μιὰ ἀπὸ τις πιὸ ἐντυπωσιακὲς ἀνακαλύψεις στὴ φυσικὴ, ὅταν βρέθηκε ὅτι πολλὰ φαινόμενα γύρω μας εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ηλεκτρομαγνητικῆς ἐνέργειας πὺ ταξιδεύει με τὴ μορφή ηλεκτρομαγνητικὸυ κύματος. Ἡ ἐνέργεια πὺ τῆς δώσατε τὸ ὄνομα ἀκτινοβολία, ὅταν ἀναζητούσατε με ποῖὸ τρόπο μās θερμαίνει καὶ μās φωτίζει ὁ ἥλιος, εἶναι ἓνα παράδειγμα ηλεκτρομαγνητικῆς ἐνέργειας. Βρέθηκε μάλιστα ὅτι,

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ



Τὸ ηλεκτρομαγνητικὸ φάσμα καὶ οἱ ἐφαρμογὲς τῶν ηλεκτρομαγνητικῶν 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 στείλη από την Αγγλία στην Αμερική το πρώτο τηλεγράφημα, τον Δεκέμβριο του 1901. "Όταν η συχνότητα μεγαλώση 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 εκπέμπονται 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 εκφωνητή του ραδιοφώνου σας που κάπου κάπου αναγγέλλει: «η 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 μιας ραδιοφωνικής έκπομπής. Τί συμβαίνει, όταν η συχνότητα αυξηθεί ακόμη περισσότερο και φθάση 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 υπέρυθρη ακτινοβολία. Με λίγα λόγια, η θερμική ακτινοβολία είναι ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που ταξιδεύει με τη μορφή κύματος με πολύ μεγάλη συχνότητα. "Αν μεγαλώσωμε τη συχνότητα από την υπέρυθρη 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 βλέπομε 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 βλέπομε γύρω μας; Ποιά φαινόμενα κρύβονται πίσω από τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που έχουν ακόμη μεγαλύτερη συχνότητα; Θυμάστε από τα προηγούμενα μαθήματα τις υπεριώδεις ακτίνες, που δεν τις βλέπομε, 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 ξεπεράσωμε πάρα πολύ τις συχνότητες του φωτός, που βλέπομε, και φθάσωμε 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 έξωφρενικά μεγάλη, ως 1.000.000 φορές μεγαλύτερη από τη συχνότητα που έχει το κόκκινο φώς, τότε η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι πολύ ισχυρή, ονομάζεται **άκτινοβολία 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, όφείλονται όλα, όπως μάθαμε, στη διάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας με τη μορφή ενός κύματος. Έτσι μένομε κατάπληκτοι μαθαίνοντας ότι, για να στείλωμε ένα τηλεγράφημα σε μιὰ μακρινή πόλη, χρησιμοποιούμε το ίδιο φυσικό φαινόμενο, που χρησιμοποιεί η φύση, για να μās 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 ονομάζομε **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 φώς για οποιαδήποτε συχνότητα. "Όταν συναντήσουν κάποιο εμπόδιο, ένα μέρος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ανακλάται και το υπόλοιπο διαθλάται, όπως συμβαίνει με το φώς.

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 μιὰ σύντομη πρόταση για κάθε λέξη.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ
Μονωτής
Ηλεκτρόνιο
Μαγνητικό Πεδίο
Ηλεκτρομαγνητική έπαγωγή

ΗΛΕΚΤΡΟΣΚΟΠΙΟ
ΑΤΟΜΟ
Κύκλωμα
Πρωτόνιο
Μαγνητική Δύναμη
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ
ΑΓΩΓΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ
Ηλεκτρομαγνήτης

V. ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

1. 'Ο αιώνας μας, αιώνας του ατόμου

‘Ο αιώνας μας ονομάζεται καμιά φορά και «αίωνας 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. ‘Οδηγησε όμως και σε πολλές εφαρμογές. Στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από *πυρηνικά έργοστάσια*, 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 ούσιαστικά τον είκοστό αιώνα, οι πρώτες ιδέες για το άτομο βρίσκονται στην αρχαία Ελλάδα. *‘Ατομο* σημαίνει μια «μονάδα» ύλης που δεν διαιρείται, δεν *τέμνεται* άλλο (ἀ-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

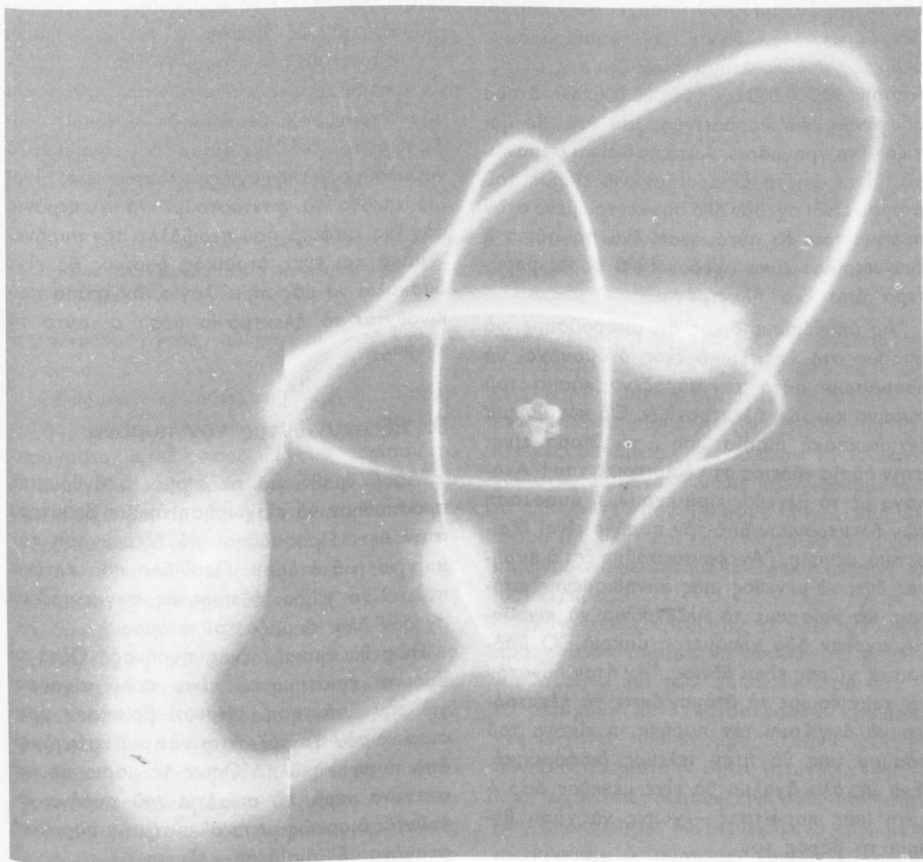
‘Η ύλη αποτελείται από άτομα. Τρίβοντας

μια κιμωλία μπορούμε να τη μετατρέψουμε σε σκόνη, δηλαδή σε μικρά κομματάκια ύλης. Καθένα απ' αυτά αποτελείται ωστόσο από εκατομμύρια άτομα. Για να καλύψωμε μήκος ενός εκατοστού, πρέπει να βάλωμε 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. Άκόμα 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 μια συμπαγής «κουκίδα» ύλης. Αντίθετα, παρουσιάζει ζωνηρή κίνηση στο έσωτερικό του. Στο κέντρο του ατόμου βρίσκεται ο **πυρήνας**. Ο πυρήνας είναι η «καρδιά» του ατόμου και αποτελείται — όπως ένα τσαμπί σταφύλι — από **πρωτόνια** και **νετρόνια**. Τη δομή του ατόμου συμπληρώνουν τα **ήλεκτρόνια**, που γυρίζουν



Αναπαράσταση ενός ατόμου λιθίου. Τρία ήλεκτρόνια 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 ἔλκονται 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 πῶ εὐαίσθητη ζυγαριὰ πού 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 πού εἶναι σημαντικὸ, εἶναι ὅτι τὸ ἀπειροελάχιστο βάρους τοῦ ἀτόμου εἶναι σχεδὸν ὅλο συγκεντρωμένο στὸν πυρήνα του. Κι αὐτό, γιατί ἓνα πρωτόνιο ἢ ἓνα νετρόνιο εἶναι σχεδὸν 1900 φορές βαρύτερο ἀπὸ ἓνα ἠλεκτρόνιο.

Ἄς ὑποθέσουμε ὅμως ὅτι μπορούσαμε νὰ μποῦμε στὸ ἐσωτερικὸ ἐνὸς ἀτόμου καὶ νὰ θαυμάσουμε αὐτὸ τὸν παράξενο κόσμον τοῦ πυρήνα καὶ τῶν ἠλεκτρονίων. Θὰ κάναμε μιὰ ἐντυπωσιακὴ διαπίστωση : τὸ ἄτομο εἶναι στὴν οὐσία «ἄδειο» στὸ ἐσωτερικὸ του! Ἀνάλογα μὲ τὸ μέγεθος πού ἔχουν, ἡ ἀπόσταση τῶν ἠλεκτρονίων ἀπὸ τὸν πυρήνα εἶναι ἐξαιρετικὰ 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 συμπίεσουμε τὰ ἄτομα, ὥστε τὰ ἠλεκτρόνια νὰ ἀγγίξουν τὸν πυρήνα, ἡ εἰκόνα τοῦ κόσμου μας θὰ ἦταν τελείως διαφορετικὴ. Ἐνα μεγάλο ἄγαλμα θὰ εἶχε μέγεθος ὅσο ἡ μύτη μιᾶς καρφίτσας — χωρὶς νὰ χάση βέβαια τὸ βάρους του.

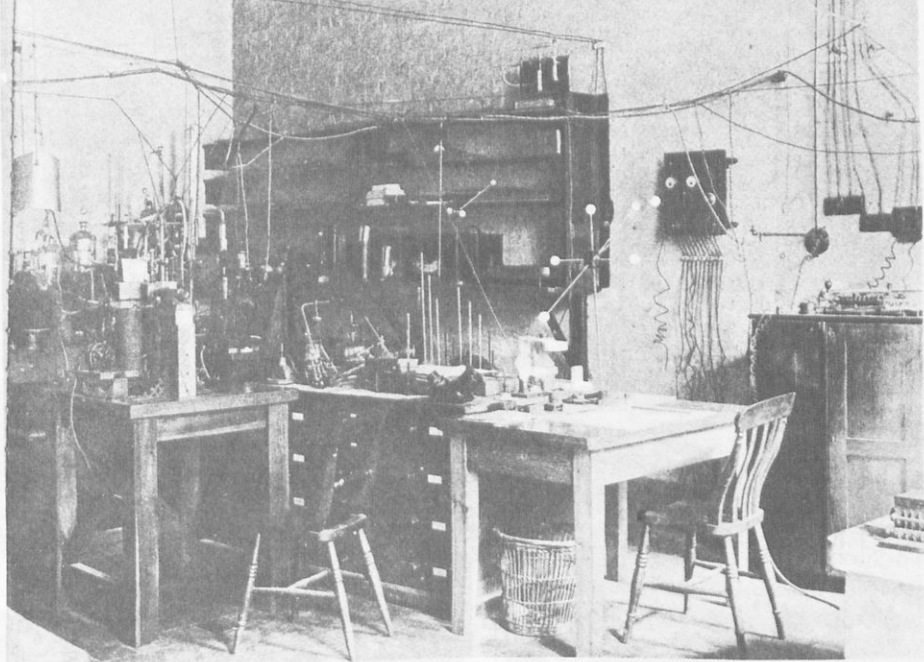
Μὲ ποιους νόμους ὅμως κινοῦνται τὰ ἠλεκτρόνια γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα; Εἶναι κυκλι-

κὲς οἱ τροχιές τους ἢ μήπως ἔλλειπτικές, ὅπως τῶν πλανητῶν γύρω ἀπὸ τὸν ἥλιο; Πόσα ἠλεκτρόνια κινοῦνται συγχρόνως στὴν ἴδια τροχιά; Ὅπως ξέρομε, τὴν κίνηση στὸν κόσμο πού μᾶς περιβάλλει — μιᾶς πέτρας πού πέφτει στὴ γῆ, ἐνὸς τροχοῦ πού γυρίζει — μελετᾶ καὶ περιγράφει ἡ μηχανικὴ, μὲ τοὺς νόμους πού διατύπωσε ὁ Νεύτων. Αὐτὴ ἡ μηχανικὴ δὲν μᾶς δίδει σωστὲς ἀπαντήσεις, ἂν τὴν ἐφαρμόσουμε στὸν κόσμο τῶν ἀτόμων: πράγμα πού δὲν πρέπει νὰ μᾶς κἀν ἐντύπωση. Ἄρκει νὰ θυμηθοῦμε τὶς ἀπειροελάχιστα μικρὲς διαστάσεις τῶν σωματίων, πού ἀποτελοῦν τὸ ἄτομο. 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 πιὸ σωστὸ νὰ φανταστοῦμε τὰ ἠλεκτρόνια ὡς ἓνα «νέφος» πού περιβάλλει τὸν πυρήνα. Ἄκόμα καὶ ἓνας ἀτομικὸς φυσικὸς θὰ εἶχε δυσκολία νὰ μᾶς πῆ μὲ λόγια τὸν τρόπο πού κινοῦνται τὰ ἠλεκτρόνια μέσα σ' αὐτὸ τὸ «νέφος».

3. Ἐξερευνώντας τὸν πυρήνα

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

Πῶς θὰ ἔμοιαζε ἓνας πυρήνας; Οὔτε οἱ ἴδιοι οἱ ἐπιστήμονες εἶναι πολὺ σίγουροι γιὰ τὴν ἀπάντηση. Μερικοὶ βρίσκουν χρῆσιμο νὰ τὸν φαντάζονται ὡς μιὰ «σταγόνα» ἀπὸ πυρηνικὴ ὕλη. Ὅπως τὰ μόρια σὲ μιὰ σταγόνα νερῶ, τὰ σωματῖα τοῦ πυρήνα κινοῦνται διαρκῶς μέσα σ' αὐτὴ τὴν πυρηνικὴ σταγόνα. Σ' ἀντίθεση μάλιστα μὲ τὸ ἀραιὸ «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 σωματία που τον αποτελούν.

τὰ νετρόνια σχεδόν «άκουμπούν» τὸ ἔνα μὲ τὸ ἄλλο.

Οἱ συγκάτοικοι αὐτοῦ τοῦ πυρήνα, τὰ πρωτόνια καὶ τὰ νετρόνια, μοιάζουν σὲ πολλὰ πράγματα μεταξύ τους. Ἐχουν περίπου τὸ ἴδιο μέγεθος καὶ βάρος. Διαφέρουν ὅμως στὸ ἠλεκτρικὸ φορτίο. Τὸ πρωτόνιο εἶναι θετικὰ φορτισμένο. Τὸ νετρόνιο εἶναι οὐδέτερο. Ἐπειδὴ δὲν ἔξασκούνται ἐπάνω του ἠλεκτρικὲς δυνάμεις, ἔνα νετρόνιο μπορεῖ νὰ περάσει σχεδὸν ἀνενόχλητο μέσα ἀπὸ τὴν ὕλη!

Πῶς ὅμως συγκρατοῦνται τὰ πρωτόνια καὶ τὰ νετρόνια στὸν πυρήνα; Ἀνάμεσά τους ἔξασκούνται πολὺ ἰσχυρὲς δυνάμεις: οἱ **πυρηνικὲς δυνάμεις**. Ἀλλιῶς τὰ σωματία τοῦ πυρήνα θὰ σκόρπιζαν. Ὁ κόσμος δὲν θὰ ἦταν ὅπως τὸν ξέρομε. Οἱ νόμοι τῶν πυρηνικῶν δυνάμεων καὶ ὁ τρόπος πὸν αὐτὲς δημιουργοῦνται ἀπασχολοῦν ἀκόμα καὶ σήμερα τοὺς ἐπιστήμονες. Τὸ μόνο πὸν ξέρομε μὲ βεβαιότητα εἶναι ὅτι οἱ πυρηνικὲς δυ-

νάμεις εἶναι οἱ ἰσχυρότερες πὸν ὑπάρχουν στὴ φύση. Εἶναι πὸν ἰσχυρὲς ἀπὸ τὶς δυνάμεις βαρύτητας, πὸν κάνουν ἔνα μῆλο νὰ πέφτη. Εἶναι πὸν ἰσχυρὲς καὶ ἀπὸ τὶς ἠλεκτρικὲς δυνάμεις, πὸν ἔλκουν τὰ ἠλεκτρόνια στὸν πυρήνα. Καθὼς προχωροῦμε ἀπὸ τὰ πράγματα πὸν βλέπομε γύρω μας στὰ ἄτομα τῆς ὕλης καὶ κατόπιν βαθιὰ μέσα στὸν πυρήνα, ἀνακαλύπτομε δυνάμεις ὁλοένα καὶ πὸν ἰσχυρές.

Ἐκατοντάδες ἐρευνητὲς σ' ὅλο τὸν κόσμο προσπαθοῦν σήμερα νὰ λύσουν τὰ μυστικὰ τοῦ πυρήνα καὶ τῶν σωματίων του. Γιὰ νὰ τὸ πετύχουν αὐτό, κατασκεύασαν πολὺπλοκες μηχανὲς πὸν «βομβαρδίζουν» τοὺς πυρῆνες μὲ βλήματα — ὅπως πρωτόνια — μεγάλης ταχύτητας. Ὅπως ἔνα ρόδι πὸν σπάει μᾶς ἀποκαλύπτει τὸ περιεχόμενό του, μὲ τὴ σύγκρουση ὁ πυρήνας κομματιάζεται καὶ μᾶς δίνει πολὺτιμες πληροφορίες γιὰ τὴ δομὴ του.



Το Ἑλληνικὸ Κέντρο Πυρηνικῶν Ἔρευνῶν «Δημόκριτος» στὴν Ἁγία Παρασκευὴ 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. Ἄλλὰ καὶ ὁ βάρραχος ἢ ὁ ἀέρας πὺν ἀναπνέομε εἶναι ὕλη. Μοιάζουν. τὰ ἄτομα σὲ ὅλα αὐτὰ τὰ εἶδη τῆς ὕλης;

Ἡ ἀπάντησι εἶναι ὄχι. Ὑπάρχουν ὡστόσο λιγότερα εἶδη ἀτόμων ἀπὸ ὅσα πιθανὸν φανταζόμαστε. Τὰ εἶδη τῶν ἀτόμων πὺν 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. Ὅποιοδήποτε κομμάτι ὕλης ἂν ἀναλύσωμε μὲ προσοχὴ, θὰ βρούμε 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 πὺν συναντοῦμε καὶ στὴ γῆ μᾶς.

Έκτός 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 ξέρομε στον κόσμο, φυσικά ή τεχνητά, είναι 105.

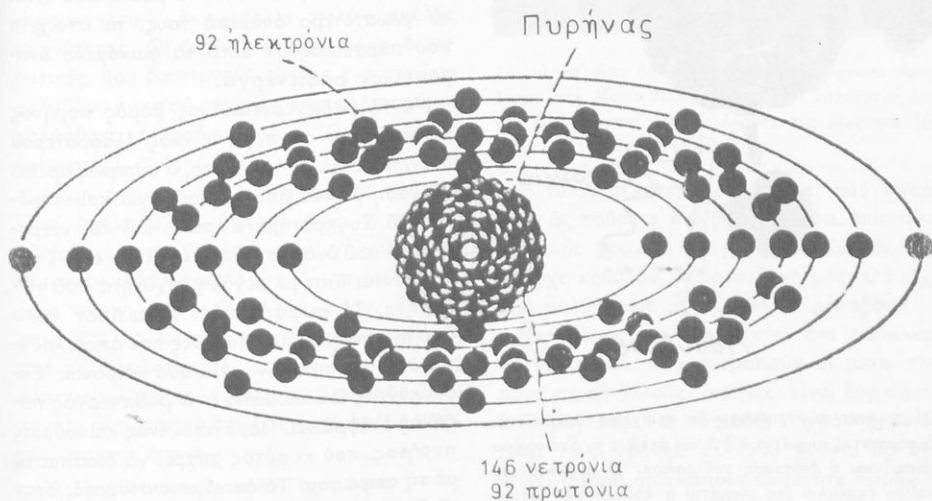
Τί κάνει όμως το άτομο ενός στοιχείου να διαφέρει από το άτομο ενός άλλου στοιχείου; Το άτομο του σιδήρου έχει περίπου το ίδιο μέγεθος με το άτομο του χρυσού. Ο σίδηρος όμως δεν είναι χρυσός!

Όπως υποπευόμαστε, 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.

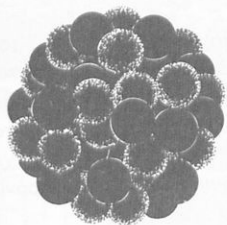
Το απλούστερο άτομο είναι το άτομο του υδρογόνου. Έχει μόνο ένα πρωτόνιο στον πυρήνα του. Γύρω από το πρωτόνιο περιφέρεται ένα ηλεκτρόνιο. Άμέσως μετά έρχεται το ήλιο, με ατομικό αριθμό 2. Το ήλιο έχει συνεπώς δύο πρωτόνια και δύο ηλεκτρόνια σε κάθε του άτομο.

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

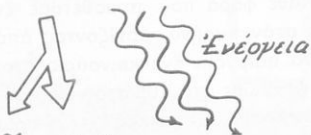


Το άτομο του ουρανίου έχει την πιο πολύπλοκη δομή από τα άτομα που υπάρχουν στη φύση.

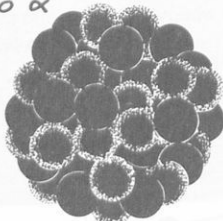
ΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΣΠΑΣΗ ΠΥΡΗΝΩΝ



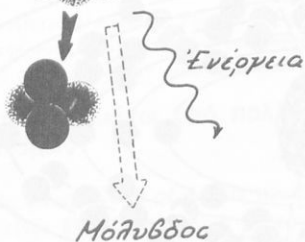
Ράδιο
88 πρωτόνια
138 νετρόνια



Σωματίο α
2 πρωτόνια
2 νετρόνια



Ραδόνιο
86 πρωτόνια
136 νετρόνια



Μόλυβδος

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 διασπαστή 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 πιό πολύπλοκο από τα στοιχεία που υπάρχουν στη φύση.

5. Πυρήνες που διασπώνται από μόνοι τους : ραδιενέργεια

Οί πυρήνες όρισμένων στοιχείων είναι άσταθείς. 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 γίνη 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 σωματία α δεν είναι τίποτ' άλλο από πυρήνες ήλιου : πυρήνες που αποτελούνται από δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια. Εκδιώκοντας ένα σωματίο α ο ραδιενεργός πυρήνας ελαφραίνει. Παράγεται ένας καινούριος πυρήνας, που κι αυτός μπορεί να διασπαστή με τη σειρά του. Το φαινόμενο σταματά, όταν με διαδοχικά «πηδήματα» φτάσωμε στον πυρήνα ενός στοιχείου που δεν είναι ραδιενεργό. Έτσι ο πυρήνας του ραδίου χάνοντας

δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια μετατρέπεται αρχικά σε ραδόνιο. Με τη σειρά του το ραδόνιο παθαίνει διαδοχικές διασπάσεις, ώσπου καταλήξει στον σταθερό μόλυβδο. "Ένα άτομο ουρανίου θα γίνη κι αυτό με τόν καιρό στο μολύβδου, δημιουργώντας στο δρόμο του μερικούς πυρήνες ήλιου.

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

Ἀπὸ τοὺς ραδιενεργοὺς πυρήνες ἀκτινοβολεῖται συχνὰ καὶ ἐνέργεια: οἱ **ἀκτίνες γ**. Οἱ ἀκτίνες γ μοιάζουν πολὺ μὲ τὶς ἀκτίνες Χ πού χρησιμοποιοῦν οἱ γιατροί. Εἶναι ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία πολὺ μεγάλης συχνότητας. Οἱ ἀκτίνες γ εἶναι τόσο διεισδυτικὲς, πού διαπεροῦν εὐκόλα ἕνα στρῶμα μολύβδου ἀρκετοῦ πάχους. Ἐτσι μάλιστα ἀνακαλύφθηκε ἡ ραδιενέργεια. "Ένας 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 ὄρυκτο ουρανίου. Συμπέρανε ὅτι τὸ μαύρισμα στὶς φωτογραφικὲς πλάκες ὀφειλόταν σὲ κάποιες μυστηριώδεις «ἀκτινοβολίες» πού ἐξέπεμπε τὸ οὐράνιο. "Ένα τυχαῖο περιστατικὸ ἄνοιξε ἔτσι τὸ δρόμο πρὸς τὴν ἀτομικὴ ἐποχὴ.

"Ἄς ὑποθέσωμε ὅμως ὅτι ἔχομε μιὰ ποσότητα ραδιενεργοῦ ὕλικου. Γιὸσο χρόνο θὰ χρειαστῆ αὐτὴ ἢ ποσότητα, γιὰ νὰ διασπαστῆ; Ἡ διάσπαση δὲν γίνετα 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' ἕνα βόλο ραδίου, διασπῶνται κάθε χρονικὴ στιγμή. Ἄλλιῶς δὲν θὰ ὑπῆρχε καθόλου ράδιο στὴ γῆ μας. Θὰ εἶχε ἀπὸ πολὺ παλιὰ μεταβληθῆ σὲ μόλυβδο.

Ὁ χρόνος πού χρειάζεται ἕνα ραδιενεργὸ ὕλικό, γιὰ νὰ μετατραποῦν οἱ μισοί του πυρήνες σὲ ἄλλους πυρήνες, εἶναι ἕνα σπουδαῖο μέγεθος. Γιὰ τὸ ράδιο ὁ χρόνος αὐτὸς εἶναι 1600 χρόνια. Σὲ 1600 χρόνια θὰ ἔχη μείνει ἢ μισὴ ἀπὸ κάποια ποσότητα πυρήνων ραδίου πού εἶχαμε. Σὲ ἀκόμα 1600 χρόνια ἢ μισὴ τῆς μισῆς κ.ο.κ. Σὲ ἄλλα ραδιενεργὰ ὕλικά ὁ ρυθμὸς τῆς διάσπασης εἶναι ἀκόμα

πιό βραδύς. Στο οὐράνιο μετριέται με δισεκατομμύρια χρόνια.

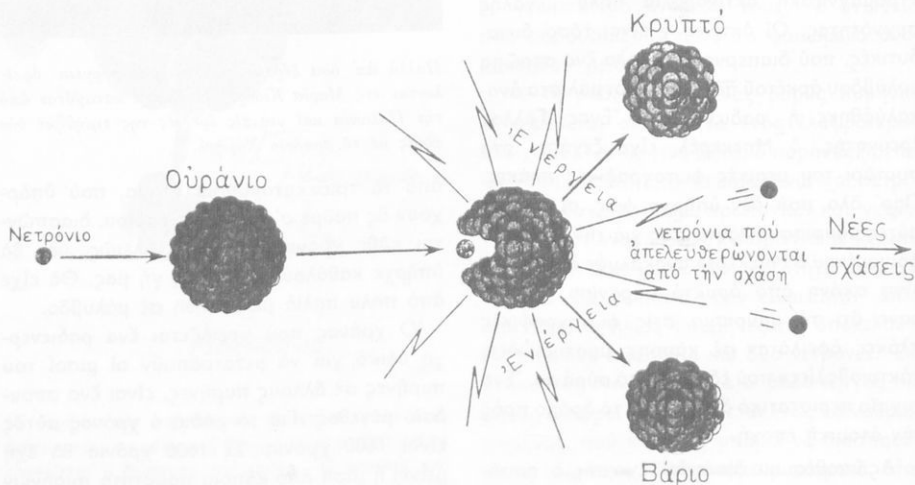
6. Πυρήνες που διασπώνται τεχνητά: σχάση

“Η άπελευθέρωση ενέργειας από τους ραδιενεργούς πυρήνες δεν έχει μεγάλη πρακτική αξία. Γίνεται με πολύ βραδύ ρυθμό και δεν είναι εύκολο να έλεγχθῆ. Ώστόσο λίγο πρίν από τόν Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο ανακαλύφθηκε μιá σπουδαία ιδιότητα του πυρήνα του οὐρανίου.” Όταν ο πυρήνας του οὐρανίου «βομβαρδιστῆ» με νετρόνια, κομματιάζεται σε δύο μέρη περίπου ίσα. Τò φαινόμενο αυτό ονομάστηκε **σχάση** του πυρήνα. Τά θραύσματα του πυρήνα κινούνται με μεγάλη ταχύτητα, έχουν δηλαδή μεγάλη ενέργεια. Με τῆ σχάση του πυρήνα του τò άτομο του οὐρανίου μετατρέπεται σε άτομα άλλων στοιχείων, ενώ συγχρόνως άπελευθερώνεται ένα τεράστιο ποσό ενέργειας.

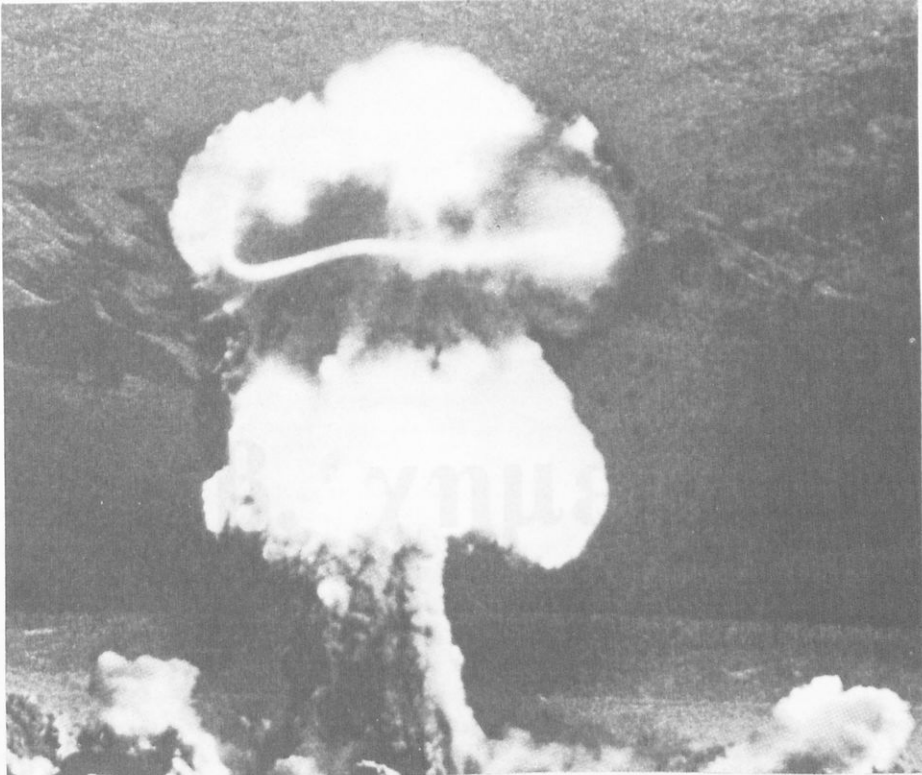
“Η σύγκρουση του νετρονίου με τόν πυρή-

να του οὐρανίου δεν έχει όμως ως μόνο άποτέλεσμα τῆ σχάση του πυρήνα. Κατά τῆ σχάση παράγονται ακόμα δύο τρία καινούρια νετρόνια. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό. Γιατί τὰ νετρόνια που παράγονται μπορούν να προκαλέσουν σχάση σε άλλους πυρήνες του οὐρανίου. Ένω δηλαδή για να άρχισῆ ἡ σχάση είναι άπαραίτητο ένα «βλήμα» νετρονίου να συγκρουσθῆ με τόν πυρήνα, από εκεί κι έπειτα τò φαινόμενο συνεχίζεται από μόνο του. “Ο πρώτος πυρήνας του οὐρανίου κομματιάζεται και συγχρόνως παράγει νετρόνια, και αυτά με τῆ σειρά τους προκαλούν καινούριες σχάσεις. Είναι, όπως λέμε, μιá *άλυσωτῆ αντίδραση*. Μ’ ένα μόνο αρχικό νετρόνιο ως «βλήμα» μπορούμε να επιτύχουμε (σε χρόνο λιγότερο από ένα εκατομμυριοστό του δευτερολέπτου!) σχάση σ’ ένα όλόκληρο χιλιόγραμμο οὐρανίου.

“Αν ἡ άλυσωτῆ αντίδραση τών πυρήνων άφθεθῆ μόνη της, θα οδηγῆσει σε μιá καταστροφική έκρηξη. Αυτό συμβαίνει στήν ατομική βόμβα. Στά πυρηνικά έργαστάρια, αντίθετα,



“Ένα νετρόνιο κάνει τόν πυρήνα του οὐρανίου να διασπαστῆ σε δύο κομμάτια περίπου ίσα. Συγχρόνως παράγονται νετρόνια, που με τῆ σειρά τους μπορούν να προκαλέσουν σχάσεις σε άλλους πυρήνες οὐρανίου.



Στήν ατομική βόμβα ή άλυσωτή διάσπαση τῶν πυρήνων ὁδηγεῖ σέ μιὰ ἰσχυρότατη ἐκρηξη.

ὁ ἄνθρωπος ἐλέγχει ὁ ἴδιος τὸ φαινόμενο. Μὲ τὴν ἐνέργεια ποὺ ἀπελευθερώνεται ἀπὸ τὴν σχάση παράγει ἠλεκτρικὸ ρεῦμα. Καθὼς τὰ ἀποθέματα πετρελαίου καὶ ἄνθρακα τῆς γῆς ἐξαντλοῦνται, ἡ παραγωγή ἐνέργειας ἀπὸ πυρηνικὲς σχάσεις μπορεῖ νὰ ἀποδειχθῆ πολὺτιμη γιὰ τὸν ἄνθρωπο.

Ἀπὸ ποῦ προέρχεται ὅμως ἡ ἐνέργεια ποὺ ἀπελευθερώνεται μὲ τὴν σχάση τῶν πυρήνων; Σὲ ἀντίθεση μὲ τὶς συνηθισμένες χημικὲς ἀντιδράσεις, κατὰ τὴν σχάση ἓνα μικρὸ μέρος τῆς ὕλης καταστρέφεται. Ὑπάρχει λιγότερη ὕλη μετὰ τὴν σχάση : ἂν μπορούσαμε νὰ ζυγίσουμε τὰ θραύσματα τοῦ πυρήνα, θὰ διαπιστώναμε ὅτι τὸ βᾶρος τους εἶναι λίγο μικρότερο ἀπὸ τὸ βᾶρος τοῦ ἀρχικοῦ πυρήνα. Ἡ μάζα ποὺ λείπει δὲν ἔχει πραγματικὰ «ἐξαφανιστῆ» ἀπὸ τὸν κόσμο. Ἔχει μετατραπῆ σὲ ἐνέργεια. Ἐνα ἐλάχιστο κομματάκι ὕλης «μετα-

μορφώνεται» σὸ τεράστιο ποσὸ ἐνέργειας τῶν πυρηνικῶν σχάσεων.

Τὸ ὅτι ἡ ὕλη μπορεῖ νὰ γίνῃ ἐνέργεια εἶχε προβλεφθῆ ἀπὸ τὸν Ἀϊνστάιν πολλὰ χρόνια πρὶν ἀπὸ τὴν σχάση τοῦ οὐρανίου. Ὁ Ἀϊνστάιν εἶχε ὑπολογίσει μ' ἓνα μαθηματικὸ τύπο, ποὺ μοιάζει κάπως ἔτσι

$$E = mc^2$$

πόση ἀκριβῶς ἐνέργεια ἀπελευθερώνει ἡ «ἐξαφάνιση» μιᾶς ὀρισμένης μάζας ὕλης. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ εἶναι τεράστια. Ἀπὸ ἓνα γραμμᾶριο ὕλης μπορεῖ νὰ παραχθῆ ἐνέργεια ποὺ θὰ ἔφτανε τὶς ἀνάγκες μιᾶς οἰκογένειας — τὴ θέρμανση, τὸ φωτισμό, τὴν ἠλεκτρικὴ κουζίνα — γιὰ 2500 χιλιάδες χρόνια!

Στὸν ἀπλὸ μαθηματικὸ τύπο ποὺ συνδέει τὴν μάζα μὲ τὴν ἐνέργεια κλείνεται μιὰ ἀπὸ τὶς σπουδαιότερες κατακτήσεις τοῦ ἀνθρώπου στὴν προσπάθειά του νὰ κατανοήσῃ τὴ φύση.

β. χημεία

Μόρια και άτομα

Το μόριο του οξυγόνου αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου που είναι δεσμευμένα μεταξύ τους με δύο ομοιοπολικούς δεσμούς. Αν ελπίσει ότι οι δεσμοί αυτοί είναι πολύ δυνατοί μπορούμε να υπολογίσουμε το μέγεθος της ενέργειας που κόβει τον κορμό τους μόλις που είναι που είναι η ενέργεια που απαιτείται για να τους σπάσει. Το αποτέλεσμα είναι ότι η ενέργεια που απαιτείται για να σπάσει ο δεσμός είναι περίπου 495 kJ/mol.



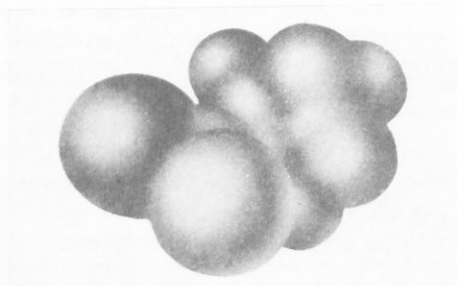
Το μόριο του νερού αποτελείται από ένα άτομο οξυγόνου που είναι δεσμευμένο με δύο άτομα υδρογόνου. Η ενέργεια που απαιτείται για να σπάσει ο δεσμός είναι περίπου 495 kJ/mol.

ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ

Α. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

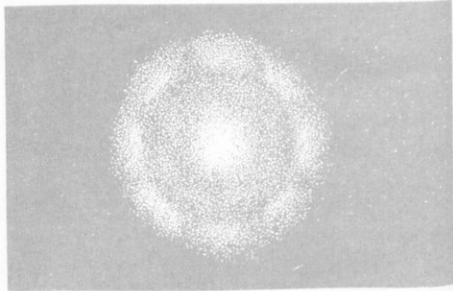
1. Μόρια και άτομα

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 ρωτούσε τί είναι αυτές οι σφαίρες, δὲν θὰ κάναμε λάθος, ἂν ἀπαντούσαμε ὅτι εἶναι τὰ ἄτομα πὺ ἀποτελοῦν τὸ μόριο τῆς πρωτεΐνης. Μάθατε ἐπί-

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



Τὸ σχῆμα αὐτὸ παριστάνει τὸ νέφος τῶν ἀρνητικὰ φορτισμένων ἠλεκτρονίων πὺ γυρίζουν πολὺ γρήγορα γύρω ἀπὸ τὸν θετικὰ φορτισμένο πυρήνα πὺ φαίνεται σὰν συμ-

μπαγής κηλίδα.

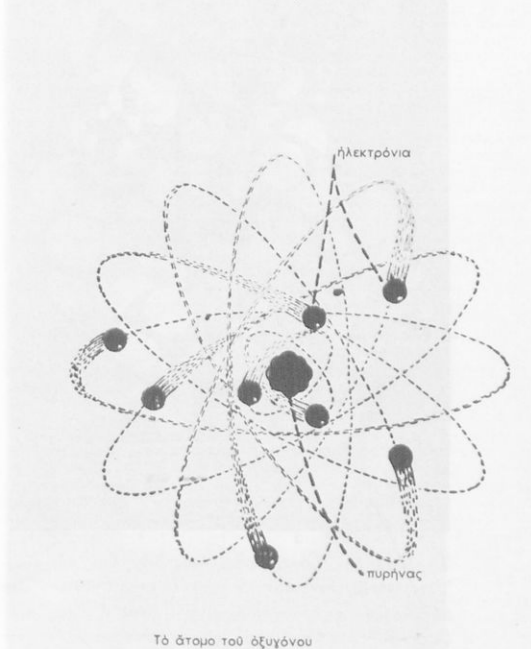
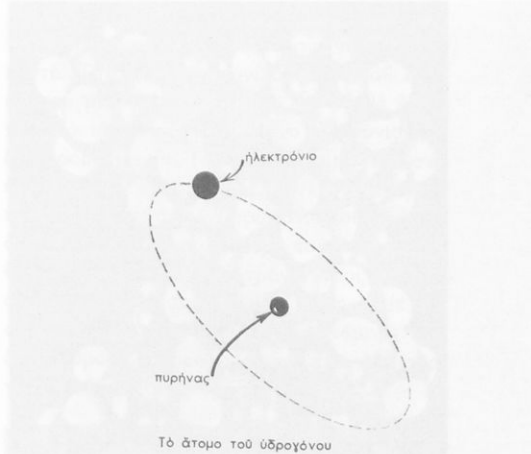
Τὴν εἰκόνα αὐτὴ τοῦ ἀτόμου, ὅπως καὶ τὴν εἰκόνα τῶν ἀτόμων ποὺ ἀποτελοῦν τὴν πρωτεΐνη μας, οἱ ἐπιστήμονες δὲν τὴν εἶδαν. Τὴν σχεδίασαν ὅμως μελετώντας τὴ συμπεριφορὰ τῶν ἀτόμων. Ἔτσι προσπαθοῦν νὰ πλησιάσουν τὴν ἀλήθεια γιὰ τὴ δομὴ τῆς ὕλης. Πιθανὸν τὴν εἰκόνα τοῦ ἀτόμου νὰ τὴν ἔχετε δεῖ ἐπίσης σχεδιασμένη ὅπως τὸ πλανητικὸ μας σύστημα. Δηλαδή τὸν πυρήνα στὸ κέντρο τοῦ ἀτόμου ὅπως ὁ ἥλιος καὶ τὰ ἠλεκτρόνια ὡς πλανῆτες νὰ γυρίζουν γύρω του.

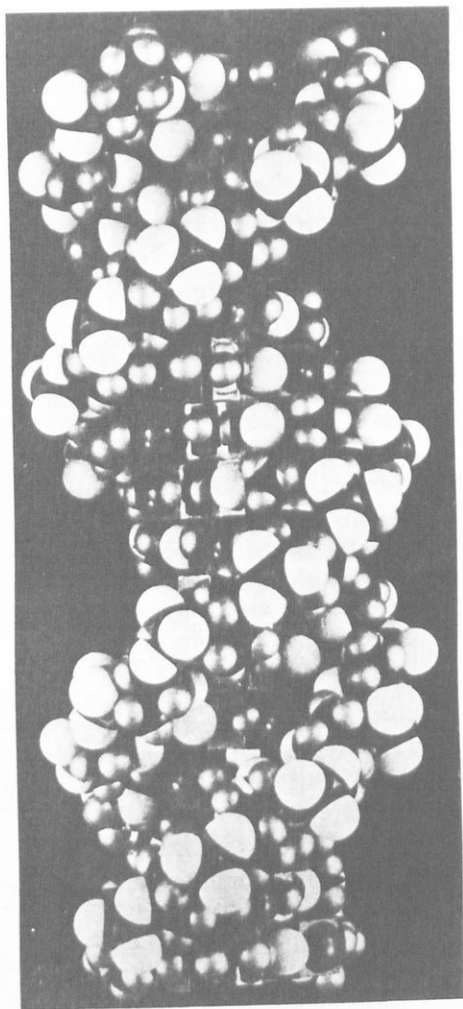
Καὶ οἱ δύο αὐτὲς ἀπεικονίσεις τοῦ ἀτόμου δὲν ἀποδίδουν παρὰ μόνο μέρος τῆς ἀλήθειας. Κάθε σχέδιο ὅμως εἶναι χρήσιμο καὶ μᾶς βοηθάει νὰ κατανοήσουμε τὴ δομὴ τῆς ὕλης. Τὶς διάφορες αὐτὲς ἀπεικονίσεις τοῦ ἀτόμου τὶς λέμε **μοντέλα δομῆς τοῦ ἀτόμου**.

Οἱ ἐπιστήμονες χρησιμοποιοῦν πολὺ συχνὰ μοντέλα ἀτόμων ποὺ ἀποτελοῦνται ἀπὸ σφαιρικές διαφορετικῶν μεγέθους, γιὰ νὰ κατασκευάζουν μόρια, ὅπως ἐσεῖς φτιάχνετε διάφορες κατασκευές 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 φορές τὴ φαντασίαν τους.

Πολλὰς φορές συμβαίνει οἱ ἐπιστήμονες νὰ κατασκευάζουν τὸ μοντέλο ἑνὸς πολύπλοκου μορίου, πρὶν ἀνακαλύψουν τὴν πραγματικὴ μορφή καὶ δομὴ του. Ἔτσι μελετώντας τὶς ιδιότητες διαφόρων μορίων φαντάζονται τὴ δομὴ τους καὶ κατασκευάζουν ὑποθετικὰ μοντέλα. Μὲ τὴ συνεχῆ ἔρευνα καὶ μελέτη προσπαθοῦν νὰ ἀποδείξουν ὅτι τὸ μοντέλο ποὺ φαντάστηκαν ἦταν σωστὸ.

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





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 μόνο τους στη φύση. Από τον πηλό που πλάσαμε 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-μικροσκόπιο» μας τα άτομα είναι δεμένα μεταξύ τους και σχηματίζουν **χημικές ενώσεις**.

Μάθατε ότι υπάρχουν 88 γνωστά χημικά στοιχεία. Το υδρογόνο, το οξυγόνο, 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 οξυγόνο 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 κάνομε πολλές χιλιάδες λέξεις, έτσι και με τα 88 διαφορετικά χημικά στοιχεία μπορούμε να κάνωμε εκατομμύρια μόρια. Όπως όμως ένα όρισμένο 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 εργασία στην τάξη :

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε 2-3 σπιρτόξυλα, ένα κομματάκι χαρτί, λίγη ζάχαρη, ένα καπάκι από κοντί τενεκεδένιο, μια λαβίδα και ένα καμινέτο οινόπνεύματος.

1) Ανάψτε το σπύρτο και κρατήστε το αναμμένο από τη μια άκρη ώσπου να σβήση. Αν η φλόγα προχωρήσει γρήγορα

φυσήξετε το να σβήσει, 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 σβήσει ή φλόγα, τί άτομμένα στο πιατάκι ;

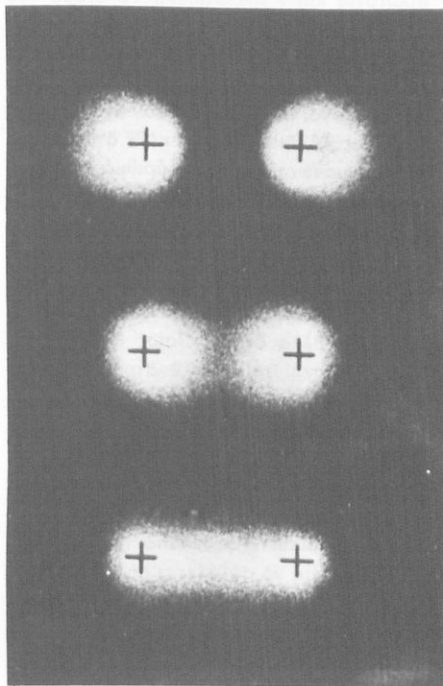
3) Βάλτε στο τενεκεδάκι καπάκι λίγη ζάχαρη. Πιάστε το τενεκεδάκι με μιὰ λαβίδα και κρατήστε το πάνω από τή φλόγα του καμινέτου, ώσπου να καή ή ζάχαρη. Τί παρατηρείτε ;

"Όταν κάψαμε τὰ τρία υλικά, είδαμε ότι έμεινε ένα μαύρο υπόλειμμα, που είναι τὸ γνωστό μας κάρβουνο. Έμεινε δηλαδή άνθρακας. Τὰ μόρια του ξύλου, του χαρτιού και τής ζάχαρης είναι διαφορετικά. Όλα όμως αποτελούνται από άνθρακα, όξυγόνο και υδρογόνο. Άλλά σε κάθε μόριο τὰ τρία αυτά στοιχεία είναι ένωμένα μεταξύ τους με διαφορετικό τρόπο. Με τήν καύση οί δεσμοί που κρατούσαν συνδεδεμένα τὰ τρία στοιχεία τὸ ένα με τὸ άλλο έσπασαν. Ο άνθρακας ένώθηκε με τὸ όξυγόνο του άέρα και σχημάτισε διοξειδίο του άνθρακα και τὸ υδρογόνο πάλι ένώθηκε με τὸ όξυγόνο του άέρα και έδωσε νερό. Και τὰ τρία όμως υλικά, τὸ ξύλο, τὸ χαρτί και ή ζάχαρη, άφησαν ένα υπόλειμμα από άνθρακα που δέν πρόλαβε να καή. Έτσι βλέπομε ότι και τὰ τρία υλικά περιείχαν άνθρακα.

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

"Άς δοϋμε τώρα πώς σχηματίζεται ένας χημικός δεσμός ανάμεσα σε δύο άτομα. Για να ένωθούν δύο ή περισσότερα άτομα μεταξύ τους, πρέπει να πλησιάσουν πολύ κοντά. Η άπόσταση 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 τὸ ηλεκτρονικό νέφος του ενός ατόμου με τὸ αρνητικό του φορτίο θα έλκεται από τὸ θετικά φορτισμένο πρωτόνιο του δεύτερου ατόμου. Τὸ ίδιο θα συμβή και στο ηλεκτρονικό νέφος του δεύτερου ατόμου, που θα έλκεται από τὸ πρωτόνιο του πρώτου ατόμου. Έτσι τὰ δύο άτομα του υδρογόνου θα μοιραστοϋν τὰ ηλεκτρονια τους και θα συνδεθοϋν. Με τή 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 σταυροί παριστάνουν τούς θετικά φορτισμένους πυρήνες τών ατόμων του υδρογόνου, που έλκουν τὸ αρνητικά φορτισμένο νέφος τών ηλεκτρονίων τους.

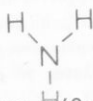
•Ο χημικός δεσμός συνήθως παριστάνεται απλά με μία εύθεια γραμμή ανάμεσα στα άτομα.

Το μόριο λοιπόν του υδρογόνου γράφεται H—H. Για να σχηματιστή χημικός δεσμός ανάμεσα σε δύο άτομα του υδρογόνου πήραν μέρος τὰ ηλεκτρόνια τους.

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

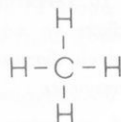
Τὸ άτομο τοῦ ὀξυγόνου ἔχει 8 πρωτόνια και 8 ηλεκτρόνια. Τὸ άτομο τοῦ ἄζωτου ἔχει 7 πρωτόνια και 7 ηλεκτρόνια. Τὸ άτομο τοῦ ἄνθρακα ἔχει 6 πρωτόνια και 6 ηλεκτρόνια. Πῶς ὅμως σχηματίζεται χημικός δεσμός με τὰ άτομα που ἔχουν πολλὰ ηλεκτρόνια ὅπως με τὸ ὀξυγόνο, τὸ ἄζωτο και τὸν ἄνθρακα. Οἱ ἐπιστήμονες βρῆκαν ὅτι τὸ κάθε άτομο χρησιμοποιεῖ μονάχα ὀρισμένο ἀριθμὸ ηλεκτρονίων, ἀπὸ τὰ πολλὰ που διαθέτει, για να συνδέεται με ἄλλα άτομα. •Ο ἀριθμὸς αὐτὸς εἶναι χαρακτηριστικὸς για τὸ κάθε στοιχεῖο. •Ἐτσι τὸ άτομο τοῦ ὀξυγόνου χρησιμοποιεῖ μονάχα 2 ἀπὸ τὰ ὀκτῶ ηλεκτρόνια του, για να συνδεθῇ με ἄλλα άτομα. •Ἴσως θυμάστε ὅτι τὸ νερὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ 2 άτομα υδρογόνου και ἓνα ὀξυγόνου. Τῶρα που ξέρομε για τὸν χημικὸ δεσμό, τὸ μόριο τοῦ νεροῦ μπορούμε να τὸ γράψωμε : H—O—H. Δηλαδή τὸ ὀξυγόνο μοιράστηκε 2 ἀπὸ τὰ ηλεκτρόνια του με τὰ δύο άτομα τοῦ υδρογόνου.

Τὸ ἄζωτο διαθέτει τρία ἀπὸ τὰ ἑπτὰ ηλεκτρόνια του, για να συνδέεται με ἄλλα άτομα. •Ἐτσι ἓνα μόριο ἀμμωνίας, που περιέχει ἓνα άτομο ἄζωτου και τρία άτομα υδρογόνου, μπορούμε να τὸ γράψωμε :

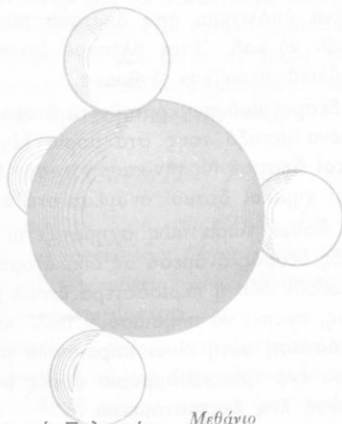


Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Ἐκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

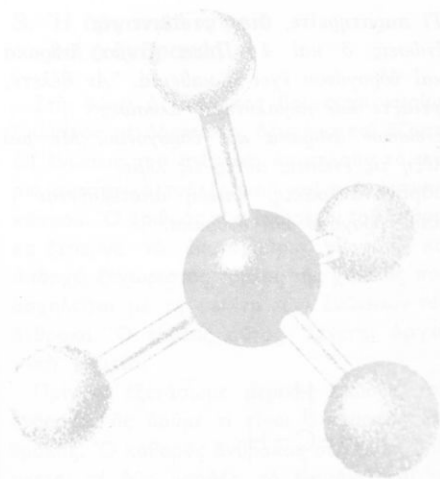
Τὸ ἄτομο τοῦ ἄνθρακα χρησιμοποιεῖ πάντα τέσσερα ἀπὸ τὰ ἔξι ηλεκτρόνια του, για να συνδέεται με ἄλλα άτομα. •Ἐτσι ὁ ἄνθρακας μπορεί να συνδεθῇ με τέσσερα άτομα υδρογόνου και να δώσῃ τὴν ἔνωση που λέγεται μεθάνιο.



Οἱ ἐπιστήμονες πολλές φορές χρησιμοποιοῦν διάφορα μοντέλα, για να παραστήσουν και να καταλάβουν τὸ μικρόκοσμο τῶν ἀτόμων και τῶν μορίων. •Ἐτσι μπορούμε να παραστήσωμε τὸ ἄτομο τοῦ ἄνθρακα με μιὰ μεγάλη σφαῖρα και τὰ άτομα τοῦ υδρογόνου με μικρότερες σφαῖρες, ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα, και να κατασκευάσωμε τὸ μόριο τοῦ μεθανίου. Μποροῦμε ὅμως να κάνωμε και μιὰ ἄλλη κατασκευὴ που να φαίνονται και οἱ χημικοὶ δεσμοὶ τοῦ ἄνθρακα με τὰ υδρογόνα. Παριστάνομε τὸ ἄτομο τοῦ ἄνθρακα με μιὰ σφαῖρα και συνδέομε με ζυλάκια τὰ άτομα τοῦ υδρογόνου, ὅπως φαίνεται στὸ σχῆμα στὴ σελίδα 117.

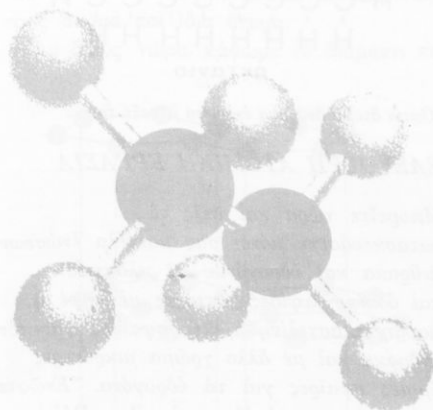
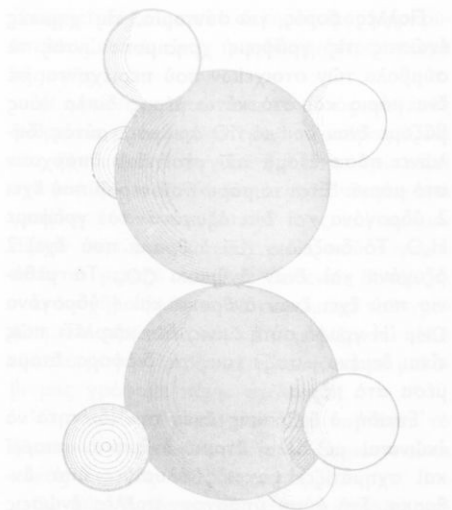


Μεθάνιο



Μεθάνιο

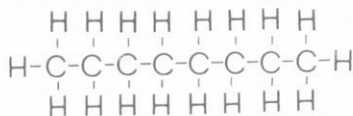
Ο άνθρακας είναι ένα από τα κυριότερα στοιχεία του ζωικού κόσμου και έχει μία καταπληκτική ιδιότητα να μπορεί να μοιράζεται τα ηλεκτρόνια του με πολλά άλλα άτομα άνθρακα και να σχηματίζει μακριές αλυσίδες, όπως θα δούμε πιο κάτω. Όταν δύο άτομα άνθρακα ενώνονται μεταξύ τους, τότε μπορούμε να κάνουμε τις κατασκευές που δείχνει το σχήμα. Είτε οι δύο μεγάλες σφαίρες του άνθρακα να άκουμπούν είτε οι δύο άνθρακες να ενώνονται με ένα ζυλάκι. 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 ζυγαράκι 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 γράφομε χρησιμοποιώντας τα σύμβολα των στοιχείων που περιέχονται σε ένα μόριο και στο κάτω μέρος δίπλα τους βάζομε 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 γράφομε H₂O. Το διοξείδιο του άνθρακα που έχει 2 οξυγόνα και έναν άνθρακα CO₂. Το μεθάνιο που έχει έναν άνθρακα και 4 υδρογόνα CH₄. 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.



οκτάνιο

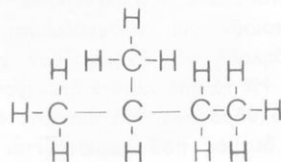
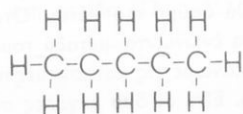
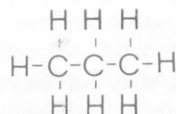
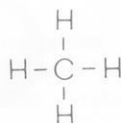
Όκτώ άτομα άνθρακα ενωμένα μεταξύ τους.

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 τόν άνθρακα και με άλλο χρώμα μικρότερες όμοιες σφαίρες για τὰ υδρογόνα. Ένωστε τούς άνθρακες με οδοντογλυφίδες. Βάλτε οδοντογλυφίδες στις υπόλοιπες μεριές από τις σφαίρες του άνθρακα και ενώστε τις μικρότερες σφαίρες του υδρογόνου πάνω στα ξυλάκια.

Κατασκευάστε τὰ μοντέλα τῶν ενώσεων του άνθρακα που είναι επόμενα.

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.

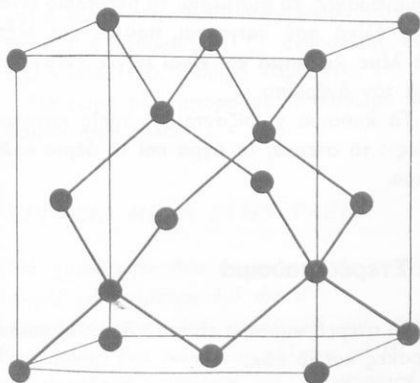


3. 'Η ὀργανική χημεία καὶ ὁ ἄνθρακας

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

Πρὶν νὰ ἐξετάσωμε μερικές 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-



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

μιουργεῖται ἕνας πολὺ σκληρὸς διαυγῆς κρυσταλλός, ποὺ εἶναι ἡ πολυτιμότερη πέτρα τῆς γῆς.

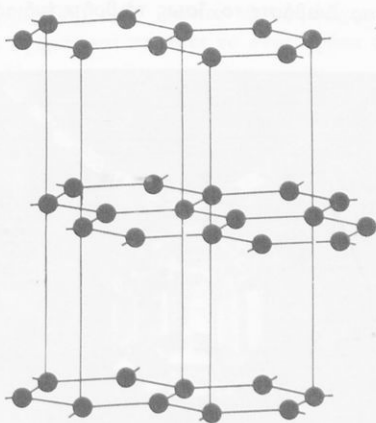
Ὁ **γραφίτης**, ποὺ εἶναι κι αὐτὸς καθαρὸς ἄνθρακας, εἶναι γυαλιστερός καὶ μαῦρος. Ὅλοι σας ἔχετε δεῖ ἢ ἀγγίζει γραφίτη. Βρίσκεται στὰ μολύβια σας. Τὰ ἄτομα τοῦ ἄνθρακα στὸ γραφίτη ἐνώνονται μεταξύ τους καὶ σχηματίζουν στρώματα ἀπὸ ἐξάγωνα ποὺ συγκρατιοῦνται μεταξύ τους με ἄσθενεῖς δυνάμεις.

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 ἀκόμα καὶ ἴδια ἄτομα.

Ἄν ὁμως τώρα κάψωμε τὸ διαμάντι καὶ

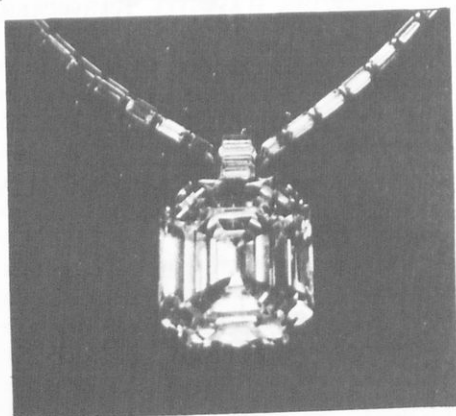


Πῶς εἶναι ἐνωμένα μεταξύ τους τὰ ἄτομα τοῦ ἄνθρακα στὸ γραφίτη.

τὸ γραφίτη, δηλαδή τὰ θερμάνωμε σὲ ὑψηλὴ θερμοκρασία μαζί με ὄξυγόνο, τότε καὶ τὰ δύο μετατρέπονται σὲ διοξείδιο τοῦ ἄνθρακα. Τὰ ἄτομα τοῦ ἄνθρακα, στὸ γραφίτη καὶ στὸ διαμάντι, ἄσχετα με τὸν τρόπο ποῦ εἶναι συνδεδεμένα μεταξύ τους, με τὴ βοήθεια τῆς θερμότητας ἐνώνονται με τὸ ὄξυγόνο καὶ σχηματίζουν τὴν ἴδια χημικὴ ἔνωση, τὸ διοξείδιο τοῦ ἄνθρακα. Θυμηθῆτε ὅτι τὸ ἴδιο παρατηρήσαμε, ὅταν κάψαμε ξύλο, χαρτὶ 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 ὑπάρχει καθόλου ὄξυγόνο 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 τριέσβαθα τῆς γῆς.

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



Ἕνα ἀληθινὸ διαμάντι

Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Ἐκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

Β. ΚΑΥΣΙΜΑ : ΓΑΙΑΝΘΡΑΚΕΣ, ΦΩΤΑΕΡΙΟ, ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Ὅλοι ἔχετε δεῖ ἕνα κομματάκι βαμβάκι νὰ καίγεται, ὅταν πλησιάσωμε ἕνα ἀναμμένο σπέρτο. Ἐχετε ἀκούσει ὅτι με τὴν καύση παράγεται διοξείδιο τοῦ ἄνθρακα καὶ νερὸ καὶ ἔχετε δεῖ ὅτι πάντα σχεδὸν ἀπομένει ἄνθρακας ποῦ δὲν πρόλαβε νὰ καῖ. Τὸ ξύλο καὶ τὸ βαμβάκι, ποῦ καίγονται, περιέχουν μιὰ χημικὴ οὐσία ποῦ λέγεται κυτταρίνη. Ἡ κυτταρίνη ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰ ἄτομα ἄνθρακα, ὄξυγόνο καὶ ὕδρογόνου. Με τὴν καύση τοῦ ξύλου ἔγιναν διάφορες χημικὲς μεταβολές. Ἔσπασαν οἱ δεσμοὶ στὰ μόρια τῆς κυτταρίνης καὶ ὁ ἄνθρακας καὶ τὸ ὕδρογόνο ἀντέδρασαν ξεχωριστὰ τὸ καθένα με τὸ ὄξυγόνο τοῦ ἀέρα καὶ σχημάτισαν διοξείδιο τοῦ ἄνθρακα καὶ νερὸ.

Ἐχομε ὅμως παρατηρήσει ὅτι με τὴν καύση τοῦ ξύλου παράγεται φῶς καὶ θερμότητα. Ἀπὸ ποῦ ἐμφάνιστηκαν 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 ὑλικά ποῦ καίγονται, ποῦ με μιὰ λέξη τὰ λέμε **καύσιμα** καὶ εἶναι πηγές ἐνέργειας γιὰ τὸν ἄνθρωπον.

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 κῶκ.

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 *γαιανθοαοφόρος περίοδος*, υπήρχαν πολλά έλη πάνω στη γη, όπου δέντρα και φτέρες μεγάλωναν σε τεράστια μεγέθη. Όταν τα φυτά πέθαιναν, έπεφταν μέσα στα έλη και με τον καιρό σκεπάζτηκαν από χώμα και βράχους με τις μετακινήσεις ύλικών στο φλοιό της γης. Έτσι άρχισαν να άπανθρακώνονται, δηλαδή να καίγονται άργά, και με την επίδραση μεγάλης θερμοκρασίας και πίεσεως σχηματίστηκαν οι γαιάνθρακες. Η ποιότητα των γαιανθράκων εξαρτάται από το πόσο άνθρακα περιέχει ο γαιάνθρακας στα 100 κιλά βάρους του. Οι σπουδαιότεροι γαιάνθρακες είναι ο λιγνίτης και οι λιθάνθρακες.

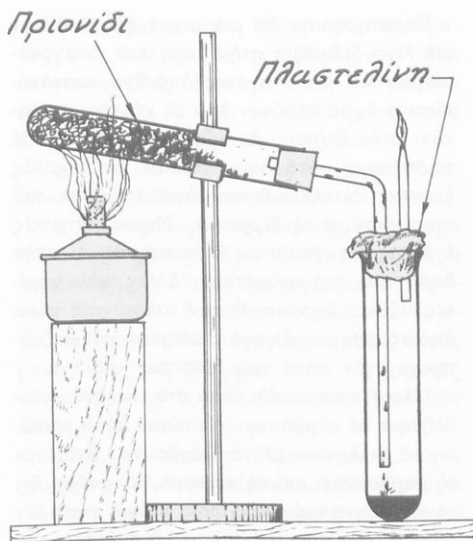
Ο *λιγνίτης* : είναι ένας καστανόμαυρος γαιάνθρακας, που δεν έχει τελείως άπανθρακωθή. Βρίσκεται συνήθως σε σχετικά μικρό βάθος κάτω από την επιφάνεια της γης, σε μέρη όπου υπήρχαν άποξηραμένες λίμνες ή έλη.

Οι *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 γης, όπου η θερμοκρασία και η πίεση ήταν πάρα πολύ ύψηλές, σχηματίστηκε ο *άνθρακίτης*. Ο άνθρακίτης είναι ένα γυαλιστερό, σκληρό κάρβουνο.

Νά τώρα πώς μπορούμε να κάνωμε κάρβουνο από ξύλο.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστήτε δύο δοκιμαστικούς σωλήνες πυρὲξ 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 καμνέτο οίνουσπνεύματος, ένα κοντί σπίρτα και πριονίδι.



Παρασκευή κάρβουνου

- 1) Βάλτε στον ένα δοκιμαστικό σωλήνα άροκετό χοντροκομμένο πριονίδι και πιέστε το καλά.
- 2) Ανγίστε το χάλκινο σωληνάκι, ώστε να σχηματίση όρθή γωνία, όπως δείχνει το σχήμα, και περάστε το στην τρύπα του φελλού.
- 3) Εφαρμόστε 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) Άρχίστε να θερμαίνετε με το καμνέτο 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 άναψε γιά λίγο διάστημα στην άκρη του σταγονομέτρου και ότι σταγόνες άπό ένα καστανοκίτρινο ύγρο στάζουν άπό τὸ χάλκινο σωληνάκι στὸν δεύτερο δοκιμαστικό σωλήνα. Μὲ τὸ πείραμα αὐτὸ διαπιστώσατε ὅτι χημικὲς ενώσεις ἐλευθερώθηκαν ἀπὸ τὸ ξύλο τοῦ πριονιδοῦ μὲ τὴν θέρμανση. Μερικὲς χημικὲς ενώσεις ξέφυγαν στὸν ἀέρα και κήκαν στην άκρη τοῦ σταγονομέτρου, άλλες πάλι χημικὲς οὐσίες ὑδροποιήθηκαν περνώντας μέσα ἀπὸ τὸ ψυχρὸ χάλκινο σωληνάκι και μαζεύτηκαν στὸν πάτο τοῦ δευτέρου σωλήνα.

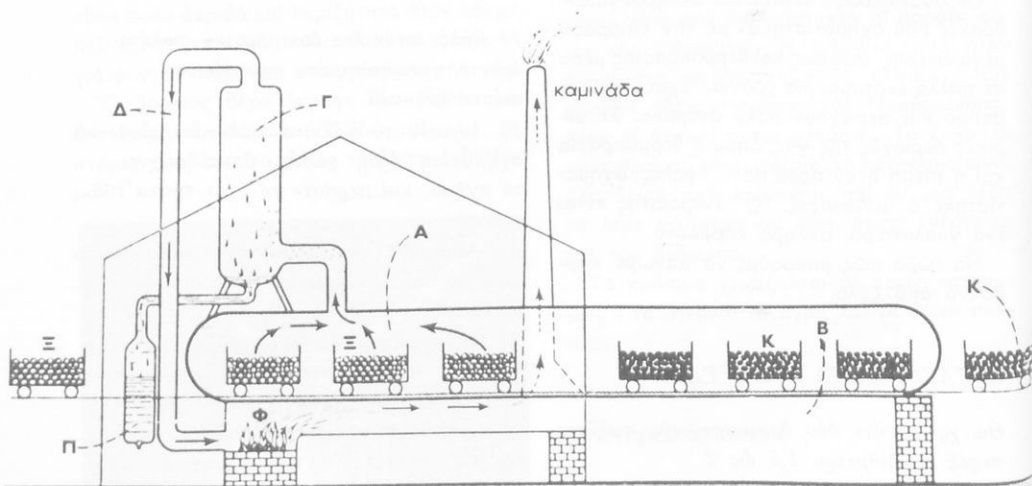
Τελικά, τὸ πριονίδι μέσα στὸ σωλήνα μεταβλήθηκε σὲ κάρβουνο. Ἄν τώρα, ἀφοῦ κρυώση τὸ σωληνάκι μὲ τὸ κάρβουνο, βγάλωμε τὸ καρβουνάκι και τὸ κάψωμε, θὰ δοῦμε ὅτι τὸ κάρβουνο καίγεται χωρὶς φλόγα, γιατί δὲν περιέχει πιὰ χημικὲς ενώσεις ποῦ ξεφεύγουν

μὲ τὴν θέρμανση ὡς ἀέρια. Τέτοιες ενώσεις ποῦ ξεφεύγουν εὐκόλα μὲ τὴ βοήθεια τῆς θερμότητας τὶς λέμε **πητικὲς** ἀπὸ τὴ λέξη πτήση, δηλαδὴ πέταγμα.

Τὸ κάρβουνο εἶναι μιὰ πολὺ καλὴ καύσιμη ὕλη, δηλαδὴ μᾶς δίνει μεγάλο ποσὸ θερμότητας γιά κάθε κιλὸ βάρους του. Ἐκτὸς ἀπὸ τὴ θερμικὴ του ἐνέργεια ποῦ περιέχει, τὸ κάρβουνο χρησιμεύει, γιά νὰ κάνωμε εἰδικούς χάλυβες και νὰ καθαρίζωμε τὸ πόσιμο νερὸ ἀπὸ ἀδιάλυτες οὐσίες.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ἡ φωτογραφία δείχνει ἕνα σχεδιάγραμμα βιομηχανικῆς παρασκευῆς κάρβουνο. Μελετήστε τὴν και γράψτε μὲ τὴ σειρά ποιὲς διεργασίες γίνονται στην εἰκόνα, γιά νὰ παρασκευαστῇ τὸ κάρβουνο.



Βιομηχανικὴ παρασκευὴ κάρβουνο. Α= θάλαμος θειμάνσεως, Β=θάλαμος ψύξεως, Γ= θάλαμος ὑδροποιήσεως, Ξ= ξύλα, Κ= κάρβουνα, Π= πίσσα και άλλες οὐσίες ποῦ 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 ποιὰ εἶναι τὰ καύσιμα ἀέρια.

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

Τὰ φυσικὰ ἀέρια βρισκονται 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 τὴν διανομὴ του στοὺς καταναλωτές.

Φυσικὸ ἀέριο ὑπάρχει κυρίως στὶς Ἠνωμένες Πολιτεῖες τῆς Ἀμερικῆς καὶ τὴ Σοβιετικὴ Ἐνωση.

Τὸ φωταέριο εἶναι ἓνα τεχνητὸ ἀέριο ποὺ παρασκευάζεται ἀπὸ τὴν ἀπόσταξη τῶν λιθανθράκων. Τῆ συσκευὴ ποὺ χρησιμοποιήσατε, γιὰ νὰ φτιάξετε κάρβουνο καὶ καύσιμο ἀέριο, ζεσταίνοντας πριονίδι, μπορεῖτε νὰ τὴν χρησιμοποιήσετε, γιὰ νὰ παρασκευάσετε φωταέριο καὶ κόκ ἀπὸ τοὺς λιθάνθρακες. Ἄντὶ γιὰ πριονίδι πρέπει νὰ χρησιμοποιήσετε κομματάκια λιθάνθρακα καὶ ἀντὶ τῆ φλόγα τοῦ καμινέτου οἰονοπνεύματος τῆ φλόγα ἐνὸς λύχνου ποὺ καίει πετρογκάζ. Μὲ τὴν ἰσχυρὴ θέρμανση ἀπὸ τοὺς λιθάνθρακες ἐλευθερώνονται οἱ πηθικὲς ἐνώσεις καὶ ζεφεύγουν ὡς ἀέριο. Τὸ ἀέριο ποὺ θὰ ἀνάψετε στὴν ἄκρη τοῦ σταγονομέτρου εἶναι τὸ φωταέριο. Ἄπὸ τὸ χάλκινο σωληνάκι τώρα θὰ τρέξη μιὰ παχύρρευση μαύρη πίσσα, ποὺ λέγε-

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

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

Τὸ φωταέριο, ὅπως ἐλευθερώνεται ἀπὸ τοὺς λιθάνθρακες, εἶναι ἀκάθαρο καὶ ἔχει δυσάρεστη μυρωδιά. Περιέχει ἀμμωνία, ὑδρόθειο (ἓνα πολὺ δυσάρεστο ἀέριο ποὺ μυρίζει σὰν χαλασμένο αὐγὸ) καὶ πολλὲς φορὲς μονοξειδιο τοῦ ἄνθρακα. Ἄπὸ τὶς χημικὲς αὐτὲς ἐνώσεις τὸ φωταέριο καθαρίζεται πρὶν δοθῆ στὴν κατανάλωση.

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

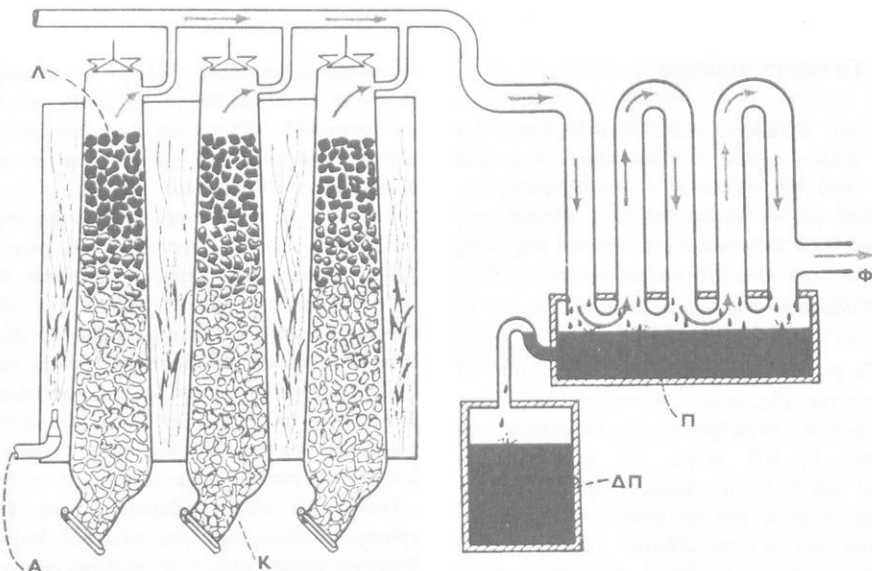
ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τὸ σχεδιάγραμμα στὸ βιβλίο σας δείχνει ἓνα βιομηχανικὸ τρόπο παρασκευῆς φωταερίου. Μελετώντας τὸ σχέδιο καὶ τὶς ἐπεξηγήσεις προσπαθήστε νὰ περιγράψετε μὲ λίγα λόγια στὸ τετράδιό σας τὶς ἐργασίες ποὺ γίνονται, γιὰ νὰ σχηματιστῆ 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. Ἐτσι τὰ μόρια θὰ



Βιομηχανική παρασκευή φωταερίων. Α = λιθάνθρακες, Α = αέρια καύσιμα για θέρμανση, Κ = κόκ. Π = πίσσα και άλλες ουσίες που υγροποιούνται, ΔΠ = δεξαμενή πίσας, Φ = άκαθαρο φωταέριο.

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

Τα υγραέρια αποτελούνται κυρίως από υδρογονάνθρακες, τὸ προπάνιο και τὸ βουτάνιο, που είναι αέρια. Μὲ τὴ συμπίεση τὰ μετατρέπομε σὲ υγρὰ καὶ τὰ κλείνομε μέσα σὲ ἰσχυρὰ σιδερένια δοχεῖα που εἶναι ἐφοδιασμένα μὲ μιὰ βαλβίδα, γιὰ νὰ ἀφήνῃ νὰ ξεφεύγῃ λίγο λίγο τὸ αέριο. Μέσα στὸ σιδερένιο δοχεῖο ὑπάρχει βουτάνιο υγροποιημένο καὶ πάνω ἀπ' αὐτὸ στὸν ἐλεύθερο χῶρο ὑπάρχει αέριο βουτάνιο. Ὅσο αέριο βουτάνιο ξοδεύομε, τόσο υγρὸ ἐξαερώνεται καὶ καταλαμβάνει τὸν ἐλεύθερο χῶρο. Ἐτσι σιγὰ σιγὰ ἡ φιάλη ἀδειάζει καὶ πρέπει νὰ τὴν ἀντικαταστήσωμε.

Τὰ αέρια καύσιμα πλεονεκτοῦν ἀπέναντι στὰ στερεὰ καύσιμα, γιατί καίγονται τελείως, χωρὶς νὰ ἀφήνουν ὑπολείμματα. Μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν ἀμέσως, χωρὶς νὰ χρειαστῇ χρόνος νὰ τὰ ἀνάψωμε καὶ μποροῦμε νὰ σβήνωμε τὴ φλόγα τους, ὅποτε δὲν μᾶς χρειάζεται.

3. Τὸ πετρέλαιο

Ζεσταίνομε τὰ στίπια μας μὲ πετρέλαιο. Ταξιδεύομε μὲ αὐτοκίνητα, τρένα, ἀεροπλάνα, βαπόρια. Παντοῦ, γιὰ νὰ κινήθοῦμε, χρησιμοποιοῦμε πετρέλαιο. Στρώνομε τοὺς δρόμους που κυκλοφοροῦμε μὲ ἄσφαλτο που βγαίνει ἀπὸ τὸ πετρέλαιο. Χρησιμοποιοῦμε χημικὲς οὐσίες που βγαίνουν ἀπὸ τὸ πετρέλαιο, γιὰ νὰ κάνωμε καουτσούκ, φάρμακα, χρώματα, ἀρώματα καὶ πλαστικά. Παντοῦ χρησιμοποιοῦμε πετρέλαιο. Τί εἶναι ὅμως τὸ πετρέλαιο; Πῶς βρέθηκε στὸν πλανήτη γῆ; Ἄφου οἱ ἄνθρωποι σήμερα ζοῦν μὲ τὸ πετρέλαιο καὶ ἀσχολοῦνται πῶς καὶ ποῦ θὰ τὸ βροῦν καὶ ποιὲς κοινωνίες θά'χουν περισσότερο πετρέλαιο, ἀξίζει τὸν κόπο νὰ μάθωμε πῶς σχηματίστηκε.

Αὐτὸ τὸ πολύτιμο υγρὸ εἶναι ἐλαιῶδες καὶ ἔχει μιὰ χαρακτηριστικὴ μυρωδιά που ὄλοι ζέρομε.

Ἐγὼτερα ἀπὸ πολλὲς ἐρευνες καὶ ὑποθέσεις οἱ ἐπιστήμονες πιστεύουν σήμερα ὅτι

τὸ πετρέλαιο σχηματίστηκε ἀπὸ φυτικά καὶ ζωικά ὑλικά ποῦ ἀποσυντέθηκαν μὲ τὴν ἐπίδραση βακτηριδίων.

Πρὶν ἑκατοντάδες ἑκατομμύρια χρόνια φυτὰ καὶ ζῶα θάφθηκαν κάτω ἀπὸ τὸ φλοιὸ τῆς γῆς καὶ μὲ τὴν ἐπίδραση βακτηριδίων στὴν ἀρχὴ καὶ ἀργότερα μὲ τὴν ὑψηλὴ θερμοκρασία καὶ ὑψηλὴ πίεση μετατράπηκαν σὲ ἐλαιῶδες ὑγρὸ, τὸ πετρέλαιο, καὶ σὲ ἀέρια, ποῦ λέγονται φυσικὰ ἀέρια. Τὰ δύο αὐτὰ εἶχαν ἐπικαλυφθῆ ἀπὸ βραχώδη συμπαγῆ στρώματα κι ἔτσι δὲν μπόρεσαν νὰ ζεφύγουν.

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

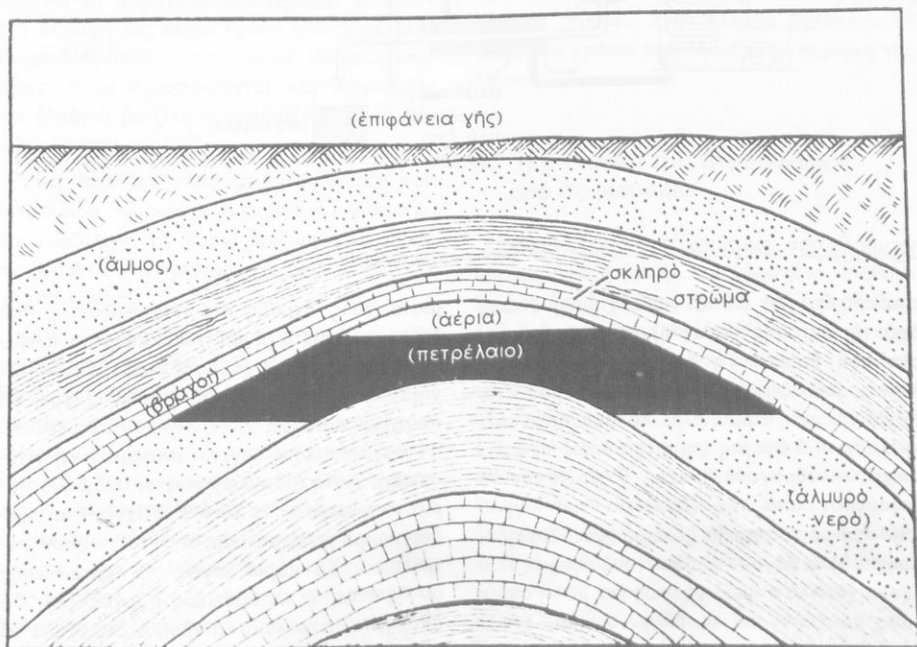
ἐξάγεται. Τὸ κατεργάζονται σὲ εἰδικὰ ἐργοστάσια ποῦ λέγονται *διωλιστήρια*.

Ἀπὸ τί ἀποτελεῖται τὸ πετρέλαιο

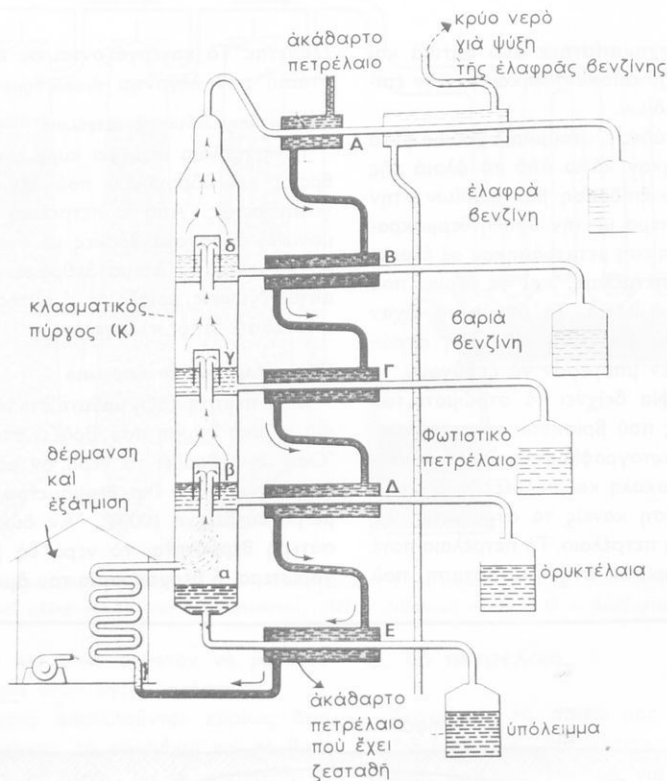
Τὸ πετρέλαιο περιέχει κυρίως ἐνώσεις ἀνθρακα καὶ ὑδρογόνου ποῦ λέγονται ὑδρογονάνθρακες. Ἀπὸ τὸ πετρέλαιο ἔχουν ἀπομονωθῆ ὑδρογονάνθρακες μὲ ἓνα ἄτομο ἀνθρακα μέχρι 60 ἄτομα ἀνθρακα. Οἱ χημικὲς αὐτὲς ἐνώσεις μοιάζουν μ' αὐτὲς ποῦ κατασκευάσατε ἀπὸ πλαστελίνη.

Πῶς καθαρίζεται τὸ πετρέλαιο

Στὴν πέμπτη τάξη μάθατε ὅτι τὸ νερὸ εἶναι μιὰ χημικὴ ἔνωση ποῦ βράζει στοὺς 100 °C. Ὅση ὥρα βράζει τὸ νερὸ, ἀν μετρήσετε τὴ θερμοκρασία μὲ ἓνα θερμόμετρο, τὸ θερμόμετρο θὰ δείχνη 100 °C. Ἄν δώσετε περισσότερη θερμότητα, τὸ νερὸ θὰ βράξη γρηγορώτερα, ἢ θερμοκρασία του ὅμως θὰ μείνη



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 αρχίσωμε να θερμαίνωμε τὸ ἀκάθαρτο πετρέλαιο, οἱ διάφορες χημικὲς οὐσίες που περιέχει, οἱ ὑδρογονάνθρακες, θ' ἀρχίσουν νὰ ξεφεύγουν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ ἀνάλογα μὲ τὸ σημείο ζέσεώς τους. Δηλαδή, πρῶτα θὰ ξεφύγουν οἱ ὑδρογονάνθρακες που ἔχουν χαμηλὸ σημείο ζέσεως καὶ μὲ τὴ σειρά τους θὰ ξεφύγουν οἱ ἐπόμενοι που ἔχουν ὑψηλότερο σημείο ζέσεως. "Αν τώρα βρισκαμε ἕναν τρόπο νὰ ὑγροποιήσωμε ξεχω-

ριστὰ τοὺς ἀτμούς τῆς κάθε ἐνώσεως που ξεφεύγει ἀπὸ τὸ μίγμα τοῦ ἀκάθαρτου πετρελαίου, θὰ παίρναμε χωριστὰ διάφορα εἶδη τῶν χημικῶν ἐνώσεων ἢ, ὅπως ἀλλιῶς λέμε, θὰ παίρναμε διάφορα κλάσματα τοῦ πετρελαίου. "Ἡ ἐργασία αὐτὴ λέγεται **κλασματικὴ ἀπόσταξη**. Αὐτὴ ἡ δουλειὰ γίνεται στὰ διυλιστήρια πετρελαίου. "Ἡ εἰκόνα δείχνει ἕνα σχεδιάγραμμα κλασματικῆς ἀποστάξεως τοῦ πετρελαίου. Τὸ κύριο μέρος τῆς κατασκευῆς αὐτῆς εἶναι ὁ κλασματικὸς πύργος (Κ). Τὸ ἀκάθαρτο πετρέλαιο κατεβαίνει ἀπὸ ψηλὰ σὲ διάφορα δοχεῖα Α, Β, Γ, Δ, Ε, καὶ ἡ θερμοκρασία του αὐξάνεται, ὅσο κατεβαίνει πρὸς τὰ

κάτω. Μετά, με τη βοήθεια περισσότερης θερμότητας, εξαερώνεται, δηλαδή γίνεται άτμος που μπαίνει στον κλασματικό πύργο (Κ). Έκει τὰ μόρια τῶν ὑδρογονανθράκων ξεφεύγουν καί προχωροῦν πρὸς τὰ πάνω στὴν ἀέρια κατάσταση. Τὸ πόσο ψηλὰ φτάνουν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν κινητικὴ ἐνέργεια ποὺ ἔχουν τὰ μόρια τοῦ κάθε ὑδρογονάνθρακα. Ἔτσι στὸ κάθε ὕψος ποὺ φτάνουν συναντοῦν ψυχρὲς ἐπιφάνειες α, β, γ, δ, ὅπου ὑγροποιοῦνται καί μεταφέρονται σὲ ξεχωριστὰ δοχεῖα. Οἱ σωλῆνες, ποὺ μεταφέρουν τὰ θερμὰ ὑγροποιημένα κλάσματα τοῦ πετρελαίου στὰ δοχεῖα τους, περνοῦν μέσα ἀπὸ τὰ δοχεῖα Α, Β, Γ, Δ, Ε, ποὺ κατεβαίνει τὸ ἀκάθαρτο πετρέλαιο. Ἔτσι τὸ ἀκάθαρτο πετρέλαιο κατεβαίνοντας πρὸς τὰ κάτω θερμαίνεται ὅλο καί περισσότερο, πρὶν μῆ στὸ θάλαμο, ὅπου εξαερώνεται.

Αὐτοὶ οἱ ὑδρογονάνθρακες ποὺ φτάνουν στὴ κορυφὴ ὡς ἀέρια ἔχουν ἀπὸ 5 μέχρι 8 ἄτομα ἀνθρακος. Ψύχονται σὲ εἰδικoὺς σωλῆνες, ὅπου ὑγροποιοῦνται καί ἀποτελοῦν τὴν ἑλαφρὰ βενζίνη ἢ γκαζολίνη, ὅπως ἀλλιῶς λέγεται.

Ἔτσι ἀπὸ τὴν κλασματικὴ ἀπόσταξη τοῦ πετρελαίου παίρνομε 5 περίπου κλάσματα: τὴν γκαζολίνη, τὴ βαριὰ βενζίνη ἢ λιγροΐνη, τὸ φωτιστικὸ πετρέλαιο, τὰ ὀρυκτέλαια καί τὸ ὑπόλειμμα.

Κάθε κλάσμα ἔχει ἄπειρες χρήσεις στὴν καθημερινὴ μας ζωὴ καί στὴ βιομηχανία. Ἡ βαριὰ καί ἑλαφρὰ βενζίνη χρησιμοποιεῖται γιὰ τὴν κίνηση τῶν αὐτοκινήτων καί ἀεροπλάνων. Τὸ φωτιστικὸ πετρέλαιο γιὰ φωτισμὸ καί γιὰ τὴν κίνηση βιομηχανικῶν κινητήρων. Τὰ ὀρυκτέλαια χρησιμοποιοῦνται, γιὰ νὰ λιπαίνουν διάφορους κινητήρες καί μηχανήματα. Τὸ ὑπόλειμμα, ποὺ εἶναι ἓνα μαῦρο παχύρρευστο ὑγρὸ, μπορεῖ νὰ καθαριστῆ καί ἀπὸ αὐτὸ νὰ ξεχωριστῆ ἢ παραφίνη, ποὺ τὴν χρησιμοποιοῦμε γιὰ νὰ κάνωμε κεριὰ, ἢ βαζελίνη ποὺ χρησιμοποιεῖται γιὰ λίπανση καί

γιὰ φαρμακευτικὲς ἀλοιφές καί τέλος μένει ἡ ἄσφαλτος ποὺ θὰ ἔχετε δεῖ πολλές φορές νὰ χρησιμοποιεῖται γιὰ τὸ στρώσιμο τῶν δρόμων.

Καθημερινὰ διαβάζομε στὶς ἐφημερίδες καί τὰ περιοδικὰ ὅτι οἱ ἄνθρωποι χρειάζονται περισσότερα καύσιμα σὰν τὶς βενζίνες. Γι' αὐτὸ οἱ ἐπιστήμονες βρῆκαν ἓναν τρόπο νὰ σπάζουν τὶς μακριὲς ἀλυσίδες τῶν μεγάλων ὑδρογονανθράκων ποὺ περιέχονται στὸ φωτιστικὸ πετρέλαιο καί νὰ παίρνουν μικρότερους ὑδρογονάνθρακες. Αὐτὴν τὴν ἐργασία τὴν λένε **πυρόλυση**. Θερμαίνουν ἰσχυρὰ τὸ πετρέλαιο μέσα σὲ χαλύβδινους θαλάμους βάζοντας ὑψηλὴ πίεση κι ἔτσι τὰ μεγάλα μόρια σπάζουν σὲ μικρότερα.

Κοιτάσματα πετρελαίου βρίσκονται σὲ πολλὰ μέρη τῆς γῆς. Στὶς Η.Π.Α., στὴ Ρωσία, στὴ Ρουμανία, στὴ Μ. Ἀνατολή, στὴ Βενεζουέλα, τὸ Μεξικὸ καί σὲ ἄλλα μέρη, ποὺ ἀκόμα ἴσως δὲν τὰ ξέρομε. Στὴν Ἑλλάδα βρέθηκαν τὰ τελευταῖα χρόνια πετρέλαια στὴν περιοχὴ τῆς Θάσου.

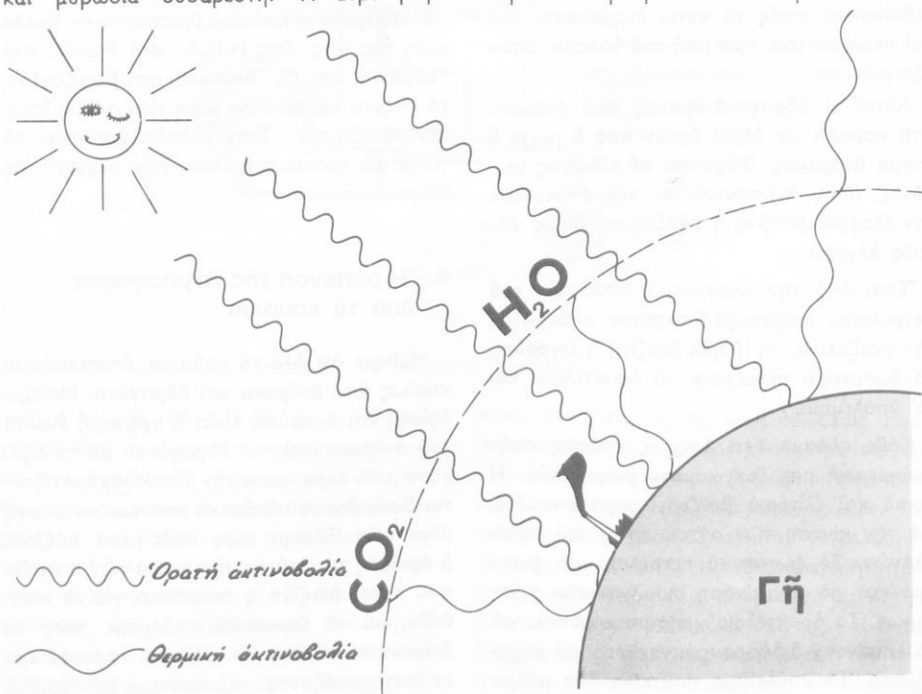
4. Ἡ ρύπανση τῆς ἀτμόσφαιρας ἀπὸ τὰ καύσιμα

Μάθαμε ὅτι ὅλα τὰ καύσιμα ἀποτελοῦνται κυρίως ἀπὸ ἄνθρακα καί ὑδρογόνου. Μάθαμε ἐπίσης ὅτι ἡ καύση εἶναι ἡ γρήγορη ἔνωση τοῦ ἄνθρακα καί τοῦ ὑδρογόνου μὲ τὸ ὀξυγόνο τοῦ ἀέρα, κατὰ τὴν ὁποία σχηματίζονται διοξειδίου τοῦ ἄνθρακα καί νερὸ σὲ μορφὴ ὑδρατμῶν. Ξέρομε πῶς κάθε μέρα αὐξάνει ὁ ἀριθμὸς τῶν αὐτοκινήτων καί τῶν σπιτιῶν ποὺ καίνε βενζίνη ἢ πετρέλαιο, γιὰ νὰ κινηθοῦν καί νὰ θερμανθοῦν. Ξέρομε πῶς οἱ ἄνθρωποι ταξιδεύουν σήμερα περισσότερο κι ἔτσι χρειάζονται περισσότερα μεταφορικὰ μέσα. Κάθε μέρα γύρω ἀπὸ τὶς πόλεις καί στὴν ὑπαιθρο βλέπομε νὰ ξεφυτρῶν καί ἓνα καινούριο ἐργοστάσιο, ποὺ οἱ καμινάδες του γεμίζουν τὴν ἀτμόσφαιρα μὲ καπνοὺς

δηλαδή διοξειδίο του άνθρακα, ύδρατμούς και ίσως πολλές φορές μονοξειδίο του άνθρακα και άλλα βλαβερὰ ἀέρια. Μάθαμε ὅμως πῶς ὁ ἀέρας πού μᾶς περιβάλλει εἶναι ἕνα μίγμα ἀπὸ 78% ἄζωτο καὶ 21% ὀξυγόνο: Κι ἀφοῦ, ὅ,τι καίγεται, χρησιμοποιεῖ τὸ ὀξυγόνο τοῦ ἀέρα, τὸ ὀξυγόνο λιγοστεύει καὶ ἡ ἀτμόσφαιρα γύρω μας πλουτίζεται σὲ διοξειδίο τοῦ άνθρακα καὶ ἄλλα ἀέρια, ὅπως τὸ μονοξειδίο τοῦ άνθρακα, τὰ ὀξειδία τοῦ ἀζώτου καὶ τὰ ὀξειδία τοῦ θείου, πού εἶναι δηλητηριώδη. Τὴ μόλυνση αὐτὴ τοῦ ἀέρα κυρίως στὶς πόλεις τὴν ἀντιλαμβανόμαστε ὅλοι μας, ὅταν κυκλοφοροῦμε. Ὁ ἀέρας πού ἀναπνέομε εἶναι βρώμικος, πολλές φορές ἀποκτᾶ καὶ μυρωδιὰ δυσάρεστη. Ἡ ἀτμόσφαιρα

εἶναι θολὴ ἀπὸ ὕδρατμούς, καπνοὺς καὶ ἄλλες οὐσίες, πού αἰωροῦνται μέσα σ' αὐτή. Μάλιστα μερικές μέρες, ἂν ἀνέβωμε σ' ἕνα ψηλὸ σημεῖο τῆς πόλης μας, δὲν μπορούμε νὰ δοῦμε πιά καθαρὰ τὰ καμπαναριὰ ἀπὸ τὶς ἐκκλησίες.

Ἄν ὁ καθέννας ἀπὸ μᾶς καταλάβῃ τὸ πρόβλημα, πρέπει νὰ φροντίσωμε νὰ ἐνημερώσωμε τοὺς φίλους, τοὺς γνωστοὺς μας καὶ 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 κοντὰ, καλύτερα θὰ ἦταν νὰ περπατήσωμε παρὰ νὰ πᾶμε μὲ τὸ αὐτοκίνητο.



Ἡ ὄρατὴ ἀκτινοβολία διαπερνᾷ τὸ στρώμα τῶν ὕδρατμῶν καὶ τοῦ διοξειδίου τοῦ άνθρακα πού σχηματίστηκε γύρω ἀπὸ τὴ γῆ ἀπὸ τὶς καύσεις. Ἡ γῆ θερμαίνεται καὶ ἔτσι διατηρεῖται ἡ ζωὴ πάνω στὸν πλανήτη μας. Ὅταν ὅμως ἡ γῆ ἐκπέμπῃ τὴ θερμικὴ τῆς ἀκτινοβολία πίσω στὴν ἀτμόσφαιρα, ἡ θερμικὴ ἀκτινοβολία ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὸ στρώμα τῶν ὕδρατμῶν καὶ τοῦ διοξειδίου τοῦ άνθρακα καὶ 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 αυτοκινήτων υποχρεωτικά. Τρίτο και σπουδαιότερο, πρέπει να φροντίζωμε να διατηρούνται τὰ δάση και ό,τι πράσινο υπάρχει γύρω μας. Μάλιστα, αν είναι δυνατόν, πρέπει να αυξήσωμε τις φυτεμένες επιφάνειες. Θυμάστε ίσως ότι τὰ φυτὰ με τή φωτοσύνθεση παίρνουν τὸ διοξείδιο τοῦ άνθρακα και δίνουν πίσω όξυγόνο.

Αν δέν πάρωμε τὰ μέτρα μας άμέσως, με τήν αύξηση τοῦ πληθυσμοῦ τῆς γῆς και τήν αύξηση τών ενεργειακών άναγκών οί ύδρατμοί και τὸ διοξείδιο τοῦ άνθρακα θα αύξάνωνται συνεχώς και θα σχηματίσουν ένα στρώμα γύρω από τόν πλανήτη μας, τή γῆ, που θα έχη πολύ καταστρεπτικές συνέπειες. Δῆτε στὴν εικόνα πώς τὸ στρώμα αυτό θα έμποδίξη τή *θεομικῆ* άκτινοβολία ν' ανακλαστή πίσω στὴν άτμόσφαιρα. Τὸ στρώμα αυτό θα τὴν άποροφά και θα αύξάνεται σιγά σιγά ή θερμοκρασία τῆς άτμόσφαιρας και τῆς γῆς. Τελικά θα μοιάζωμε σὰ να ζοῦμε σὲ θερμοκήπιο. Προσπαθήστε τώρα να σκεφτῆτε τί θα συμβῆ στὴ γῆ, αν άνέβῃ ή θερμοκρασία της, και άναπαύξτε τις σκέψεις σας στὴν τάξη σας.

Γ. ΣΑΚΧΑΡΑ, ΛΙΠΗ, ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ:

Ἀπαραίτητα καύσιμα για τὸν άνθρωπο

Ίσως έχετε άκούσει ότι τὸ ανθρώπινο σῶμα περιέχει ένα μεγάλο αριθμὸ χημικῶν ένώσεων.

Περίπου 60 % τοῦ βάρους του είναι νερό. Περιέχει σάκχαρο στο αίμα και άμυλο στο σκώτι. Κάτω από τὸ δέρμα υπάρχει λίπος

και πρωτεΐνες υπάρχουν σ' όλα σχεδόν τὰ μέρη τοῦ σώματος. Τὰ κόκαλα αποτελούνται κυρίως από άσβέστιο και φωσφόρο.

Έχετε άκούσει ότι τὸ ανθρώπινο σῶμα είναι ένα καταπληκτικά πολύπλοκο εργοστάσιο, που με άκρίβεια κατασκευάζει δεκάδες χιλιάδες χημικῆς ουσίες. Όπως όμως όλα τὰ εργοστάσια, και τὸ ανθρώπινο σῶμα χρειάζεται καύσιμα και ύλικά, για να δουλεύη εΐκοσι τέσσερις ώρες τὸ εικοσιτετράωρο και να μὴ σταματᾷ.

Ποιά λοιπόν είναι αυτά τὰ ύλικά και από που παίρνει τὰ καύσιμα ὁ ὀργανισμός;

Τὰ ύλικά και τὰ καύσιμα τὰ παίρνει ὁ ανθρώπινος ὀργανισμός από τις τροφές. Τρεις είναι οί κυριότερες κατηγορίες τροφῶν που χρησιμοποιούν τὰ ζῶα και ὁ άνθρωπος. Τὰ σάκχαρα, τὰ λίπη και οί πρωτεΐνες. Όλα αυτά είναι χημικῆς ένωσης. Ἄς δοῦμε από τί αποτελούνται και πώς τις χρησιμοποιεΐ ὁ ὀργανισμός μας.

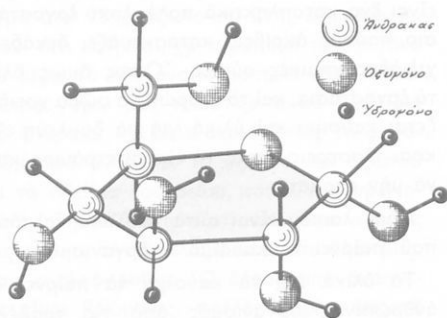
1. Σάκχαρα

Τὰ σάκχαρα αποτελούνται από άνθρακα, όξυγόνο και ήδρογόνο. Έπειδή στο κάθε μόριο τών σακχάρων τὸ ήδρογόνο βρίσκεται πάντα σὲ διπλάσια άναλογία από τὸ ήξυγόνο, δηλαδή, όπως στις άναλογίες του νεροῦ, 2 φορές ήδρογόνο και μία φορά ήξυγόνο, γι' αυτό τὰ σάκχαρα λέγονται και **υδατάνθρακες**. Ἡ λέξη, όπως καταλαβαίνετε, σημαίνει νερό και άνθρακας.

Όλοι σας ξέρετε πολλοὺς υδατάνθρακες, τὴ ζάχαρη που βάζετε στο γάλα σας, τὸ άμυλο που κάνομε γλυκίσματα και ψωμί. Ἀκόμα και τὸ ζύλο έχει υδατάνθρακες, τὴ χημικὴ ένωση που λέγεται κυτταρίνη.

Τὸ πιὸ άπλό σάκχαρο είναι ή *γλυκόζη*, που τὸ μόριό της αποτελείται από 6 άνθρακες, 12 ήδρογόνα και 6 ήξυγόνα. Τὰ άτομα αυτά

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. Από όλους τους υδατάνθρακες ο ανθρώπινος 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 :

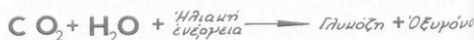


Όπως είδαμε στο πείραμα της σελίδας 114, η ζάχαρη καίγεται πολύ γρήγορα στον αέρα και παράγει θερμότητα και φως. Η καύση της γλυκόζης στον οργανισμό όμως είναι πάρα πολύ άργη κι έτσι ο οργανισμός χρησιμοποιεί σιγά σιγά την ενέργεια που παράγεται. Το οξυγόνο που χρειάζεται ο οργανισμός γι' αυτή την καύση 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 ηλιακής ενέργειας φτιάχνουν γλυκόζη και οξυγόνο.

Την εργασία αυτή μπορούμε να την γράψουμε :



Έτσι ο ζωικός οργανισμός χρησιμοποιεί την ηλιακή 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. Κατεργαζόμαστε 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 οξυγόνου, 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

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

και σε ένα είδος παντζάρια που λέγονται σακχαρότευτλα. Το καλαμοσάκχαρο αποτελείται από δύο μόρια άπλων σακχάρων ένωμένα μεταξύ τους, μία γλυκόζη και μία φρουκτόζη. "Αν παραστήσωμε τή γλυκόζη με ένα κύκλο και τή φρουκτόζη με ένα ρόμβο, μπορούμε να σχεδιάσωμε τή ζάχαρη κάπως έτσι :



Πώς παρασκευάζεται η ζάχαρη στα εργοστάσια. Κόβουν σε μικρά κομμάτια το σακχαρόκάλαμο ή τα σακχαρότευτλα και τα κατεργάζονται με ζεστό νερό. Το νερό διαλύει τή ζάχαρη και άλλες ουσίες. Μετά προσθέτουν άσβεστόνερο, για να κατακαθίσουν οι ξένες ουσίες. Το μίγμα αυτό το περνούν από διάφορα φίλτρα, για να γίνη διαυγές, μετά το περνούν από άνθρακα, που έχει τήν ιδιότητα να απορροφά τις χρωματιστές ουσίες, και τέλος το συμπυκνώνουν. "Η ζάχαρη κρυσταλλώνεται κι έχει τή μορφή που ξέρετε. "Αφού ξεχωριστούν οι κρύσταλλοι, άπομένει ένα παχύρρευστο σκούρο ύγρο που λέγεται μελάσα. Τή μελάσα τή χρησιμοποιούμε για τροφή τών ζώων και για να παρασκευάζωμε οινόπνευμα, όπως θα δοΐμε πιό κάτω. Στη χώρα μας υπάρχουν τρία εργοστάσια που παρασκευάζουν ζάχαρη από σακχαρότευτλα.

Πολυσακχαρίτες

Μία τρίτη κατηγορία ύδατανθράκων που ξέρετε είναι το άμυλο.

Το άμυλο αποτελείται από πάρα πολλά μόρια γλυκόζης ένωμένα μεταξύ τους και θα μπορούσαμε να το παραστήσωμε ως εξής :



Οί χημικές ενώσεις, όπως το άμυλο, που αποτελούνται από πολλά ίδια ή παρόμοια μόρια που συνδέονται μεταξύ τους λέγονται **πολυμερή**.

Το άμυλο λοιπόν είναι ένας πολυσακχαρίτης ή όπως άλλιώς μπορούμε να πούμε ένα *πολυμερές* τής γλυκόζης. "Ένα μόριο άμυλου μπορεί να περιέχει και 5.000 μόρια γλυκόζης.

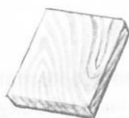
Το άμυλο, αντίθετα από τή σακχαρόζη και τή γλυκόζη, δέν διαλύεται στο νερό. Πολλές τροφές που είναι πολύ γνωστές περιέχουν άμυλο : το σιτάρι, το καλαμπόκι, το κριθάρι, το ρύζι, οί πατάτες, τα όσπρια, τα κάστανα, τα κάροτα και άλλα.

Ποϋ χρησιμοποιείται το άμυλο. "Από το άμυλο παρασκευάζωμε πολλές τροφές, από τις όποιες ή κυριότερη είναι το ψωμί. "Από το άμυλο φτιάχωμε γλυκόζη. "Όταν θερμάνωμε ένα μίγμα άμυλου και νερού και προσθέσωμε λίγο όξϋ, τότε οί δεσμοί που δένουν τα μόρια τής γλυκόζης μεταξύ τους σπάζουν και τα μόρια ελευθερώνονται. Καθαρό άμυλο χρησιμοποιείται για το κολλάρισμα τών ρούχων και το κολλάρισμα του χαρτιού.

Μπορούμε πολϋ εύκολα να άνακαλύψωμε αν μια τροφή περιέχει άμυλο. Στάζωμε μια δϋο σταγόνες από διάλυμα ιωδίου πάνω στην τροφή. "Αν ύπάρχει άμυλο, βλέπωμε άμέσως να σχηματίζονται κηλίδες με βαθϋ μπλε χρώμα. Το άμυλο έχει τήν ιδιότητα να βάφεται μπλε με το ιώδιο.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θα χρειαστήτε μια μεγάλη κόλλα χαρτί, μια πατάτα, μια φέτα ψωμί, ένα μήλο, ένα κομμάτι μακαρόνι, ένα κομμάτι ξύλο, ένα σταγονόμετρο και διάλυμα ιωδίου. Το διάλυμα ιωδίου μπορεíte να το πάρετε από τϋ φαρμακείο.



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) Σταίξτε με το σταγονόμετρο μιά 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 βάλате σε μιά πληγή σας οξυζενέ, που είναι υπεροξειδίο του υδρογόνου. Τί παρατηρήσατε; Είδατε τὸ ὑγρὸ νὰ ἀφρίζη. Ἄν ρωτήσατε κάποιον μεγαλύτερο σας τί συμβαίνει, σᾶς εἶπε πιθανὸν ὅτι βγαίνουν φυσαλίδες οξυγόνου. Πράγματι τὸ οξυζενέ πού περιέχει 2 ὑδρογόνα καὶ 2 οξυγόνα ἔσπασε καὶ ἔδωσε οξυγόνο καὶ νερό.



2. Ἐνζυμα

Τὸ άμυλο εἶναι βασική τροφή γιὰ τὸν ἄνθρωπο. Ἄς δοῦμε λοιπὸν πῶς χρησιμοποιεῖται ἀπὸ τὸν ὄργανισμό. Οἱ ζωικοὶ ὄργανισμοὶ ἔχουν τὴν ἱκανότητα νὰ καίνε μονάχα τὰ ἀπλά σάκχαρα, ὅπως τὴ γλυκόζη. Γιὰ νὰ χρησιμοποιήσῃ τὸ άμυλο ὁ ὄργανισμός, πρέπει νὰ τὸ σπάσῃ σὲ μόρια γλυκόζης ἢ, ὅπως ἀλλιῶς λέμε, νὰ τὸ **ἀποικοδομήσῃ**. Ἡ διεργασία αὐτὴ στὸν ὄργανισμό γίνεται μετὴ βοήθεια πολυπλοκῶν χημικῶν ἐνώσεων πού λέγονται **ἐνζυμα**.

Ἄς δοῦμε πρῶτα τί κάνουν τὰ ἐνζυμα καὶ ἂν ἔχωμε προσέξει τὴν ὑπαρξὴ τους.

Τὸ οξυγόνο εἶναι αὐτὸ πού ἀπολύμανε τὴν πληγὴ σας. Πῶς ὅμως ἐγίνε αὐτό; Στὰ ὑγρά τῆς πληγῆς ὑπάρχει μιά οὐσία, ἓνα ἐνζυμο, πού πολὺ γρήγορα διέσπασε τὸ οξυζενέ. Ἡ οὐσία αὐτὴ ἔμεινε ἀνέπαφη, γιατί κι ἄλλο οξυζενέ νὰ βάζατε, πάλι θὰ γίνονταν διάσπαση τοῦ οξυζενέ.

Τὸ ἴδιο μπορεῖτε νὰ παρατηρήσετε, ἂν βάλετε σ' ἓνα ποτηράκι λίγο οξυζενέ καὶ ρίξετε μέσα λίγα ρινίσματα σιδήρου. Θὰ δῆτε σὲ λίγη ὥρα νὰ βγαίνει ἀέριο οξυγόνο. Ὅταν διασπαστῇ ὅλο τὸ οξυζενέ σὲ νερό καὶ οξυγόνο, μπορεῖτε νὰ ξαναχρησιμοποιήσετε τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, γιὰ νὰ διασπάσετε

κι άλλο όξυζενέ. Ό σίδηρος λοιπόν έμεινε άνεπαφος. Οι χημικές ουσίες όπως ό σίδηρος που διασπούν άλλες χημικές ένώσεις, χωρίς οι ίδιες να μεταβάλλονται, λέγονται **καταλύτες**. Υπάρχουν όμως και καταλύτες που βοηθοούν δύο ή περισσότερες χημικές ένώσεις να άντιδράσουν και να σχηματίσουν μία καινούρια χημική ουσία.

Ό χημική ουσία που βρίσκεται στα ύγρα μιάς πληγής, ή όποια διέσπασε τό όξυζενέ, έκανε τήν ίδια δουλειά με τό σίδηρο. Είναι λοιπόν ένας καταλύτης. Τους καταλύτες που υπάρχουν στους ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς τους λέμε ένζυμα. Έχετε δεί κι άλλες χημικές άντιδράσεις στην καθημερινή ζωή που τά ένζυμα βοηθοούν για να γίνουν. Τό γάλα να ξινίζει, τό κρασί να γίνεται ξίδι, τό ψωμί να ζυμώνεται, δηλαδή να φουσκώνη.

Άν κόψετε ένα κομμάτι πατάτα και ρίξετε στο φρεσκοκομμένο μέρος μερικές σταγόνες όξυζενέ, θα δείτε να δημιουργούνται φυσαλίδες από αέριο. Καί ή πατάτα περιέχει ένα ένζυμο παρόμοιο με τό ένζυμο που έχει τό αίμα μας, που διασπá τό όξυζενέ σε νερό και όξυγόνο.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστήτε ένα άδειο, καθαρό μπουκάλι από άναφνκτικό, μιά πατάτα, ένα μαχαίρι, ένα μικρό μπαλόνι, ένα κομμάτι σπάγκο χοιτρό και όξυζενέ από τό φαρμακείο.

1) Κόψτε ένα κομμάτι πατάτα, καθαρίστε το από τή φλούδα και κόψτε το σε πολύ μικρά κομμάτια, που να περνοούν από τό στόμιο του μπουκαλιού.

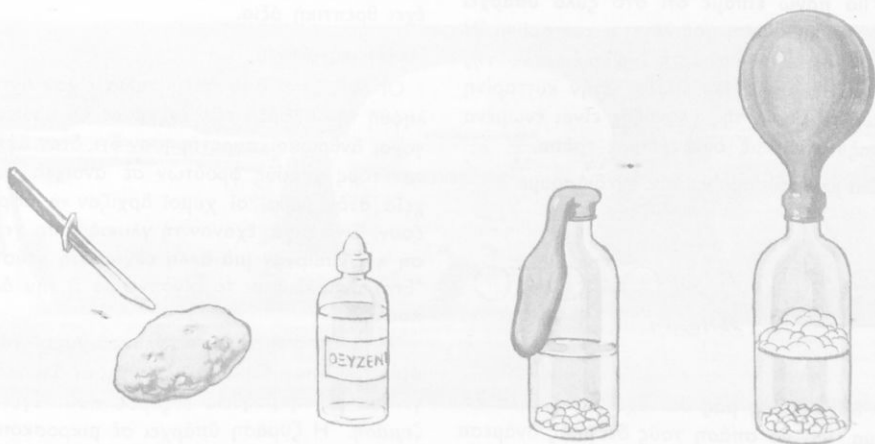
2) Βάλτε τά κομματάκια τής πατάτας στο μπουκάλι και ρίξτε μέσα αρκετό όξυζενέ.

Περάστε τό στόμιο του μπουκαλιού στο στόμιο του μπουκαλιού, όπως δείχνει τό σχήμα.

3) Άνακουνήστε προσεκτικά τό περιεχόμενο του μπουκαλιού και περιμένετε ένα τέταρτο. Τί παρατηρείτε;

4) Όταν τό μπαλόνι φουσκώσει, βγάλτε το από τό μπουκάλι σφίγγοντας τό στόμιο του.

5) Ένας άλλος μαθητής ή ό δάσκαλος πρέπει να άνάψη μ' ένα σπύργο τήν άκρη του χοιτρού σπάγκου και αφού πάρη φωτιά να τόν σβήση φουσκώντας τον. Άμέσως



Διάσπαση του όξυζενέ σε όξυγόνο και νερό από ένζυμο που περιέχεται στην πατάτα.

Ψηφιοποιήθηκε από τό Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὁ ἄλλος μαθητὴς πρέπει νὰ ἀνοίξη τὸ στόμιο τοῦ μπαλονιοῦ καὶ νὰ κατευθύνῃ τὸ ἀέριο πὸν εἶναι μέσα στὸ μπαλόνι στὸ μισοαναμμένο σπάγγο. Τί παρατηρεῖτε; Τί ἦταν τὸ ἀέριο μέσα στὸ μπαλόνι;

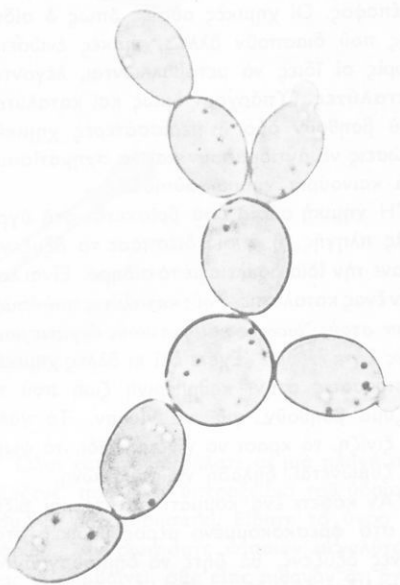
Γιὰ κάθε χημικὴ ἀντίδραση στὸν ὄργανισμό ὑπάρχει καὶ ἓνα εἰδικὸ ἔνζυμο. Ἔτσι τὸ ἄμυλο σπάζει στὸν ὄργανισμό μὲ τὴ βοήθεια διαφόρων ἐνζύμων, ποὺ ἀρχίζουν τὴ δουλειά τους, μόλις τὸ ἄμυλο μπῆ στὸ στόμα μας. Ἐκεῖ οἱ σιαλογόνοι ἀδένες ἐκκρίνουν τὸ σάλιο ποὺ περιέχει ἓνα ἔνζυμο, ποὺ λέγεται *ἀμυλάση*. Ἡ ἀμυλάση σπάζει τὸ ἄμυλο σὲ μικρότερα κομμάτια. Τὰ κομμάτια αὐτὰ σπάζουν σὲ ὅλο καὶ μικρότερα κομμάτια μὲ τὴ βοήθεια ἐνζύμων, ὥσπου νὰ φτάσουν στὸ λεπτὸ ἔντερο. Ἐκεῖ μὲ τὴ βοήθεια ἑνὸς ἄλλου εἰδικοῦ ἐνζύμου σπάζουν σὲ μόρια γλυκόζης, ποὺ εἶναι δυνατόν νὰ τὰ χρησιμοποιήσῃ ὁ ὄργανισμός. Ἀκόμα καὶ τὴ σακχαρόζη γιὰ νὰ τὴν χρησιμοποιήσῃ ὁ ὄργανισμός μας πρέπει νὰ τὴ σπάσῃ σὲ γλυκόζη καὶ φρουκτόζη. Αὐτὸ γίνεται μὲ ἓνα εἰδικὸ ἔνζυμο ποὺ ὑπάρχει στὰ ὑγρὰ τῶν ἐντέρων.

Πιὸ πάνω εἶπαμε ὅτι στὸ ξύλο ὑπάρχει μιὰ χημικὴ ἔνωση ποὺ λέγεται *κυτταρίνη*. Ἡ *κυτταρίνη* εἶναι καὶ αὐτὴ ἓνα *πολυμερὲς τῆς γλυκόζης*, ὅπως τὸ ἄμυλο. Στὴν *κυτταρίνη* ὅμως τὰ μόρια τῆς γλυκόζης εἶναι ἐνωμένα μεταξύ τους μὲ διαφορετικὸ τρόπο.

Θὰ μπορούσαμε νὰ τὴν σχεδιάσουμε :



Ὁ ὄργανισμός μας δὲν ἔχει κατάλληλα ἔνζυμα, γιὰ νὰ σπάσῃ τοὺς δεσμοὺς ἀνάμεσα στὰ μόρια τῆς γλυκόζης στὴν *κυτταρίνη* καὶ γι' αὐτὸ δὲν τρῶμε ξύλα. Μερικὰ ὅμως βα-



Κύτταρα ζύμης, ὅπως φαίνονται στὸ μικροσκόπιο.

κτήρια καὶ ζῶα ὅπως ἡ κασίκα ἔχουν τὰ κατάλληλα ἔνζυμα καὶ γι' αὐτὰ ἡ *κυτταρίνη* ἔχει θρεπτικὴ ἀξία.

Ἀλκοολικὴ ζύμωση

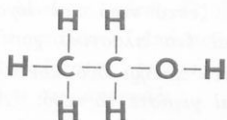
Οἱ ἄνθρωποι ἀπὸ πολὺ παλιὰ εἶχαν ἀντιληφθῆ τὴν ὕπαρξη τῶν ἐνζύμων. Οἱ πρωτόγονοι ἄνθρωποι παρατήρησαν ὅτι, ὅταν ἀφήναν τοὺς χυμοὺς φρούτων σὲ ἀνοιχτὰ δοχεῖα στὸν ἀέρα, οἱ χυμοὶ ἀρχίζαν νὰ ἀφρίζουν. Σιγὰ σιγὰ ἔχαναν τὴ γλυκιά τους γεύση καὶ ἔπαιρναν μιὰ ἄλλη εὐχάριστη γεύση. Ἔτσι ἀνακάλυψαν τὸ οἶνόπνευμα ἢ τὴν ἀλκοόλη.

Ἡ μετατροπὴ αὐτὴ τοῦ γλυκοῦ χυμοῦ τῶν φρούτων, ποὺ περιέχει γλυκόζη, σὲ ἀλκοόλη γίνεται μὲ τὴ βοήθεια ἐνζύμων ποὺ λέγονται *ζυμάση*. Ἡ *ζυμάση* ὑπάρχει σὲ μικροσκοπικὰ φυτὰ ποὺ λέγονται γενικὰ ζύμες. Τὰ μικροσκοπικὰ αὐτὰ φυτὰ ὑπάρχουν στίς φλοῦ-

δες τῶν φρούτων. Ἐτσι πάντα, ὅταν παίρνωμε χυμούς φρούτων, ὑπάρχουν μέσα καὶ ζύμες ποὺ περιέχουν τὴ ζυμάση.

Ἡ διεργασία ποὺ κάνει ἡ ζυμάση, γιὰ νὰ μετατρέψῃ τὴ γλυκόζη σὲ ἀλκοόλη, εἶναι πολύπλοκη. Ἐκεῖνο ποὺ κάνει εἶναι ὅτι σπάζει τὸ μόριο τῆς γλυκόζης σὲ ἀλκοόλη καὶ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακα.

Ἡ ἀλκοόλη εἶναι μιὰ ὀργανικὴ ἔνωση ποὺ περιέχει 2 ἄτομα ἄνθρακα, 6 ἄτομα ὑδρογόνου καὶ 1 ὀξυγόνο. Μποροῦμε νὰ τὴ γράψωμε :



Ἄλκοόλη

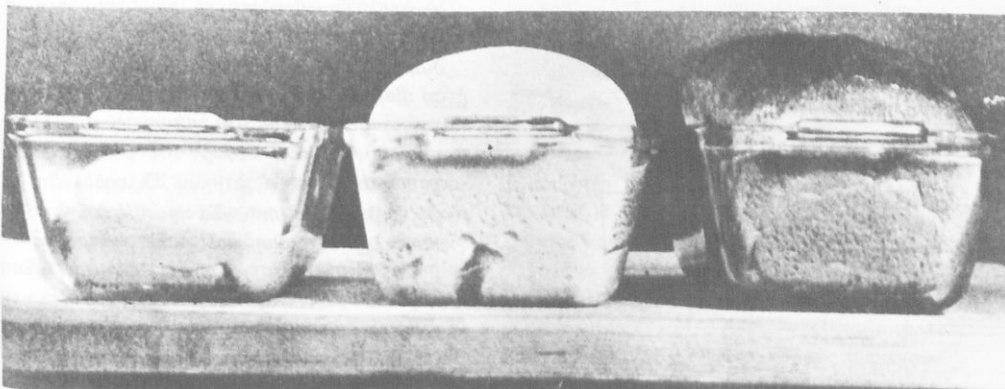
Τὸ διοξείδιο τοῦ ἄνθρακα εἶναι οἱ φυσαλίδες τοῦ ἀερίου ποὺ κάνουν τὸ σακχαροῦχο ὑγρὸ νὰ ἀφρίζῃ, ὅταν ζυμώνεται. Τὴ διεργασία αὐτὴ τὴν λέμε **ἀλκοολικὴ ζύμωση**.

Ἐτσι παρασκευάζομε τὰ κρασιά. Στὴ χώρα μας χρησιμοποιοῦμε τὸ χυμὸ ἀπὸ τὰ σταφύλια. Τὸ χυμὸ τῶν σταφυλιῶν, ποὺ λέγεται *γλεῦκος* ἢ *μούστος*, τὸν τοποθετοῦν μέσα σὲ μεγάλα ξύλινα βαρέλια. Ὁ μούστος περιέχει ἔνζυμα ποὺ βρίσκονται σὲ μικροσκοπικὰ φυτὰ στὶς φλοῦδες τῶν σταφυλιῶν.

Ὅταν ἀρχίσῃ ἡ ζύμωση, βλέπομε νὰ βγαίνουν φυσαλίδες ποὺ εἶναι τὸ διοξείδιο τοῦ ἄνθρακα. Τὸ γλεῦκος σιγὰ σιγὰ μετατρέπεται σὲ κρασί. Τὰ κρασιά περιέχουν περίπου 12 τοῖς ἑκατὸ οἶνόπνευμα. Τὸ ὑπόλοιπο εἶναι νερὸ καὶ ἄλλες οὐσίες ποὺ τοὺς δίνουν μιὰ χαρακτηριστικὴ γεύση.

Παρόμοια χημικὴ διεργασία γίνεται μὲ τὸ ζύμωμα τοῦ ψωμοῦ. Ὅταν ἀνακατέψωμε ἄλευρο ποὺ περιέχει κυρίως ἄμυλο καὶ νερό, γιὰ νὰ κάνωμε ψωμί, πάντα βάζομε μέσα λίγο προζύμι ποὺ περιέχει διάφορα ἔνζυμα.

Ὅταν ἀφήνωμε τὸ ζυμάρη σκεπασμένο σὲ ζεστὸ μέρος νὰ φουσκώσει, γίνονται οἱ παρακάτω διεργασίες : Πρῶτα ἓνα ἔνζυμο τῆς ζύμης σπάζει λίγο ἄμυλο σὲ γλυκόζη. Πάνω στὴ γλυκόζη ποὺ σχηματίστηκε ἐπιδρᾶ ἡ ζυμάση ποὺ ὑπάρχει πάλι στὴ ζύμη



Ἡ ζύμη φουσκώνει πρῶτα τὸ ψωμί. Μὲ τὸ ψήσιμο στὸ φούρνο τὸ ψωμί φουσκώνει περισσότερο. Ἐξηγήσατε γιὰτί.

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

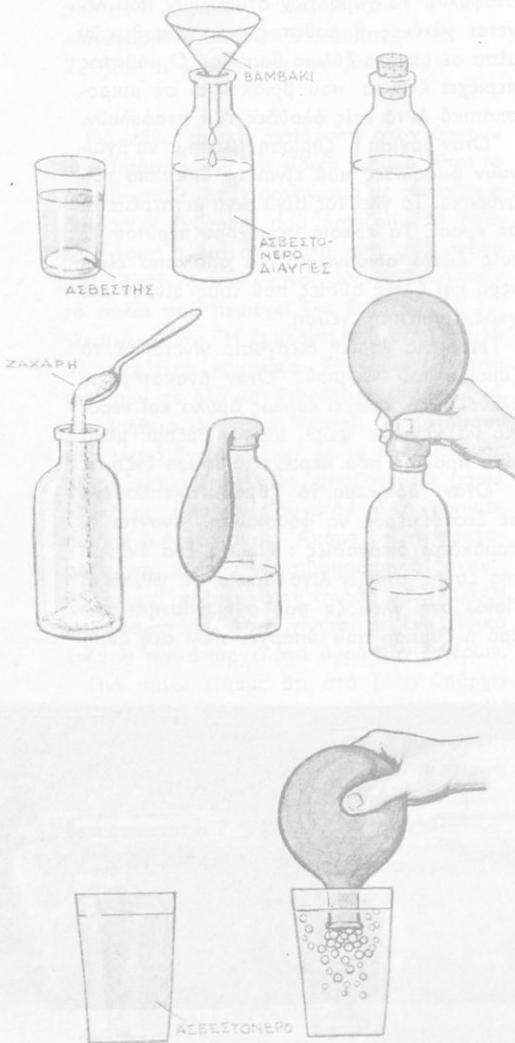
Θα χρειαστήτε δύο άδεια μπουκάλια από αναφωκτικό, ένα μικρό μπαλόνι, ένα ποτήρι του νερού, ένα κονταλάκι, ζάχαρη, ξερή ζύμη, ζεστό νερό και λίγο ασβέστη, βαμβάκι και ένα πλαστικό χωνί.

1) Ρίξτε στο ποτήρι δύο κονταλιές ασβέστη και γεμίστε το νερό. Ανακατέψτε το να διαλυθή ή ασβέστης και αφήστε το διάλυμα να ηρεμήσει, ώστε ό,τι δεν διαλύθηκε να κατακαθήσει στον πάτο του ποτηριού. Το ασβεστόνερο, για να γίνει διαγές, πρέπει να το διηθήσετε. Πάρτε ένα χωνί από πλαστικό και ένα άδειο καθαρό μπουκάλι από αναφωκτικό. Βάλτε στο χωνί άσχετο βαμβάκι και πιέστε το στο μέρος που αοχιζει 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 διαγές διάλυμα του ασβεστόνερου στο μπουκάλι σκεπασμένο με ένα φελλό, ώσπου να το χρησιμοποιήσετε.

2) Στο καθαρό μπουκάλι προσθέστε ένα κονταλάκι ζάχαρη και μισό κονταλάκι 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 μία ώρα σφίξτε το λαμπού από το



Μετατροπή ζάχαρης σε διοξείδιο του άνθρακα και αλκοόλη από ένζυμα που περιέχονται στη ζύμη.

μπαλόνι καλά με τὸ χέρι σας ἀκριβῶς πάνω ἀπὸ τὸ στόμιο τοῦ μπουκαλιοῦ καὶ τραβήξτε το με προσοχή, ὥστε νὰ μὴ χάσετε τὸ ἀέριο. Βάλτε τώρα τὸ ἀσβεστόνερο ἀπὸ τὸ μπουκάλι σ' ἓνα ποτήρι καὶ βουτήξτε τὸ στόμιο τοῦ μπαλονιοῦ μέσα στὸ ἀσβεστόνερο. Ἀφήστε ἐλεύθερο τὸ στόμιό του καὶ πιέστε τὸ μπαλόνι, γιὰ νὰ περάσῃ τὸ ἀέριο στὸ ἀσβεστόνερο.

5) Περιγράψτε τί συνέβη στὸ μπουκάλι στὴ μιὰ ὥρα πὺν πέρασε καὶ τί συνέβη στὸ ἀσβεστόνερο, ὅταν ἀδειάσατε τὸ μπαλόνι μέσα σ' αὐτό. Τί ἦταν τὸ ἀέριο μέσα στὸ μπαλόνι; Ἀπὸ ποῦ προήλθε; Πῶς ὀνομάζεται ἡ χημικὴ μεταβολὴ πὺν ἔγινε μέσα στὸ μπουκάλι;

Ὁξεικὴ ζύμωση

Ἐχετε παρατηρήσει ἴσως ὅτι ὅταν ἓνα μπουκάλι κρασί μείνῃ ἀνοιχτὸ σὲ ζεστὸ μέρος ζινίζει. Σ' αὐτὴ τὴ διεργασία ἡ ἀλκοόλη τοῦ κρασιοῦ μετατρέπεται στὸ γνωστὸ σας ζίδι. Ἡ ἀλκοόλη τοῦ κρασιοῦ με τὴ βοήθεια ἑνὸς εἰδικοῦ ἐνζύμου καὶ τοῦ ὀξυγόνου τοῦ ἀέρα ὀξειδώνεται καὶ μετατρέπεται σὲ **ὀξικὸ ὀξύ**. Τὸ ὀξικὸ ὀξύ εἶναι ἡ οὐσία πὺν δίνει τὴν ζινη γεύση στὸ ζίδι.

Τὸ ἐνζυμο πὺν βοήθησε στὴ δουλειὰ αὐτὴ περιέχεται σ' ἓνα μύκητα πὺν λέγεται μικρόκοκκος τοῦ ζιδιοῦ καὶ πὺν βρίσκεται στὸν ἀέρα. Οἱ μύκητες εἶναι κι αὐτοὶ μικροσκοπικὰ φυτὰ πὺν βρίσκονται καὶ στὸν ἀέρα. Τοὺς μύκητες τοῦ ζιδιοῦ πιθανὸν νὰ τοὺς ἔχετε δεῖ μαζεμένους στὸν πάτο ἑνὸς μπουκαλιοῦ με ζίδι πὺν ἔχει παραμείνει ἐκεῖ πολὺ καιρό. Τὴ γλοιώδη αὐτὴ μάζα μπορεῖτε νὰ τὴν βάλετε σ' ἓνα μπουκάλι κρασί, νὰ τὸ ἀφήσετε ἀνοιχτὸ κι ἔτσι νὰ φτιάξετε σὲ μερικὲς βδομάδες καλῆς ποιότητος ζίδι.

Τὸ ζίδι 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 χρειαστήτε δύο πιάτα τσίγκινα, δύο καθαρὰ κομμάτια ἀπὸ διαφανὲς πλαστικὸ, ἓνα κουταλάκι, 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 κουταλιὲς ἀλεύρι. Προσθέστε καὶ ἀπὸ μιὰ κουταλιά ζάχαρη. Προσθέστε τόσο νερό, ὥστε νὰ φτιάξετε ἓνα χυλό. Ἀπλώστε τὸ μίγμα ὀμοιόμορφα στὰ πιάτα.

2) Σκεπάστε καλά, χρησιμοποιώντας καὶ ἓνα λαστιχάκι, τὸ ἓνα πιάτο με τὸ ἓνα κομμάτι πλαστικὸ. Ἀφήστε τὸ ἄλλο πιάτο ἐκτεθειμένο στὸν ἀέρα γιὰ μιὰ ὥρα. Μετὰ σκεπάστε το κι αὐτὸ καλά με τὸ δεύτερο κομμάτι πλαστικὸ. Τοποθετήστε καὶ τὰ δύο πιάτα σ' ἓνα ζεστὸ σκιερὸ μέρος.

3) Μετὰ μιὰ μέρα, ἐξετάστε τὰ πιάτα, γιὰ νὰ δῆτε ἂν ἔχη ἀναπτυχθῆ μούχλα. Παρακολοθηστε τὰ δύο πιάτα γιὰ μερικὲς μέρες. Σὲ ποῖο πιάτο ἀναπτύχθηκε μούχλα; Γιατί; Τί χρησιμοποίησε γιὰ τροφή ἡ μούχλα;

3. Λίπη

Ἡ δεύτερη κατηγορία τροφῆς πὺν εἶναι ἀπαραίτητη γιὰ τὸν ἄνθρωπο εἶναι τὰ λίπη. Τὰ λίπη εἶναι χημικὲς ἐνώσεις πὺν ἀποτελοῦνται κι αὐτὲς ἀπὸ ἄνθρακα, ὀξυγόνο καὶ ὕδρογόνο. Στὴ θερμοκρασία τοῦ δωματίου εἶναι ἄλλα ὑγρὰ καὶ ἄλλα στερεὰ. Ξέρετε μερικὰ ἀπ' αὐτὰ : τὸ ἐλαϊόλαδο, τὸ σπορέλαιο, τὸ βούτυρο. Πολλὲς τροφὲς περιέχουν λίπη : τὸ γάλα, τὸ τυρί, τὸ κρέας καὶ ἄλλες.

Τὰ λίπη εἶναι ἀπαραίτητα γιὰ τὴ διατροφή καὶ τὴν ἀνάπτυξη τοῦ ἀνθρώπου. Ὅταν καίγονται στὸν ὀργανισμό μας, με τὴ βοήθεια

των ενζύμων, δίνουν περισσότερη ενέργεια από τους υδατάνθρακες. Μερικά λίπη χρειάζονται στον οργανισμό, για να συγκρατούν τα τοιχώματα των κυττάρων του σώματος. Άλλα πάλι αποθηκεύονται στον οργανισμό και χρησιμοποιούνται ως καύσιμα σε περιόδους που στερείται την τροφή.

Μιά καλή διαίτα πρέπει να περιέχει 65% υδατάνθρακες και περίπου 10% λίπη. Άπό τα λίπη κατασκευάζομε σαπούνι, που είναι απαραίτητο για την καθαριότητά μας.

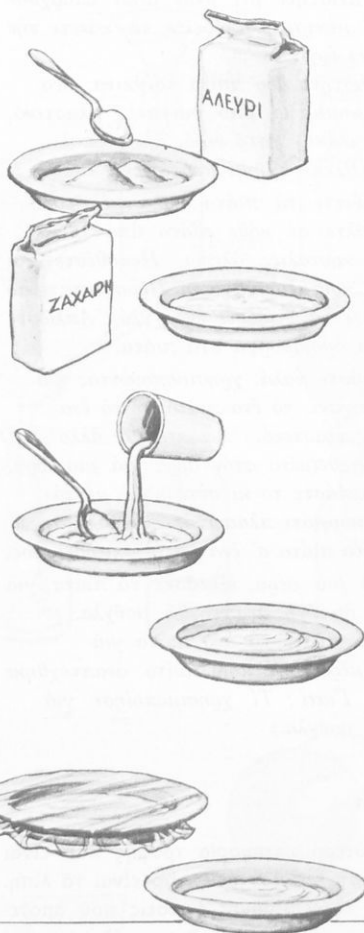
4. Πρωτεΐνες

Η τρίτη κατηγορία τροφής, απαραίτητη στον ανθρώπινο οργανισμό, είναι οι πρωτεΐνες. Σ' όλα τα μέρη του σώματος υπάρχουν πρωτεΐνες. Οί μύς μας αποτελούνται κυρίως από πρωτεΐνη, τὸ ίδιο και τὸ δέριμα και τὰ μαλλιά μας. Τὸ μαλλί, τὸ μετάξι, τὰ νύχια τῶν ἀνθρώπων και τῶν ζῶων και τὰ φτερά τῶν πουλιῶν εἶναι πρωτεΐνες. Τὰ αὐγά, τὸ γάλα, τὸ κρέας, τὸ τυρί, τὰ ψάρια και διάφορα λαχανικά ἔχουν πρωτεΐνες.

Μποροῦμε νὰ ποῦμε ὅτι οί πρωτεΐνες εἶναι τὰ δομικά λιθάρια τοῦ οργανισμοῦ. Ὁ οργανισμὸς τις χρησιμοποιεῖ, για νὰ φτιάχνη και νὰ ἐπιδιορθῶνη τὰ κύτταρά του. Καμιά ἄλλη τροφή δὲν μπορεῖ νὰ ἀντικαταστήη τις πρωτεΐνες.

Οί πρωτεΐνες εἶναι πολύπλοκες χημικές ἐνώσεις. Ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἄνθρακα, ὕδρογόνο, ὄξυγόνο, ἄζωτο και θεῖο. Πολλές πρωτεΐνες περιέχουν και φωσφόρο.

Οί ἐπιστήμονες ἐρευνοῦσαν, και συνεχίζουν νὰ ἐρευνοῦν, πῶς λειτουργεῖ ὁ ἀνθρώπινος οργανισμὸς. Ὅταν λοιπὸν πρὶν 140 περίπου χρόνια ἀπομόνωσαν ἀπὸ τοὺς ἴσους τῶν ζῶων μερικές ἀπὸ αὐτές τις πολύπλοκες οὐσίες, κατάλαβαν ὅτι ἦταν πολὺ σπουδαίες. Γι' αὐτὸ και ἕνας Ὁλλανδὸς ἐπιστήμονας τις ὀνόμασε **πρωτεΐνες** ἀπὸ τὴν ἑλληνική λέξη *πρωτός*, δηλαδή κάτι που κατέχει

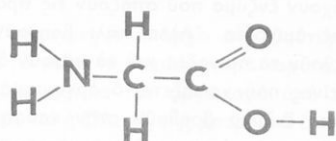


Μετὰ μία ὥρα σκεπάστε και τὸ δεῦτερο πιάτο με πλαστικό.

Μούχλα ἀναπτύσσεται, δταν ἀφήνωμε τὰ τρόφιμα στὸν ἀέρα.

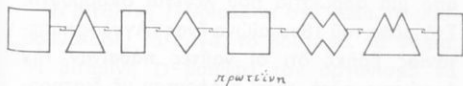
την πρώτη θέση, κάτι πολύ σημαντικό.

Οι πρωτεΐνες όπως και τα σάκχαρα είναι πολυμερείς ενώσεις. Αποτελούνται από άπλοστερες ουσίες που λέγονται **αμινοξέα**. Τα αμινοξέα μοιάζουν μεταξύ τους. Όλα περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο, όξυγόνο και άζωτο. Το πιό 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 :



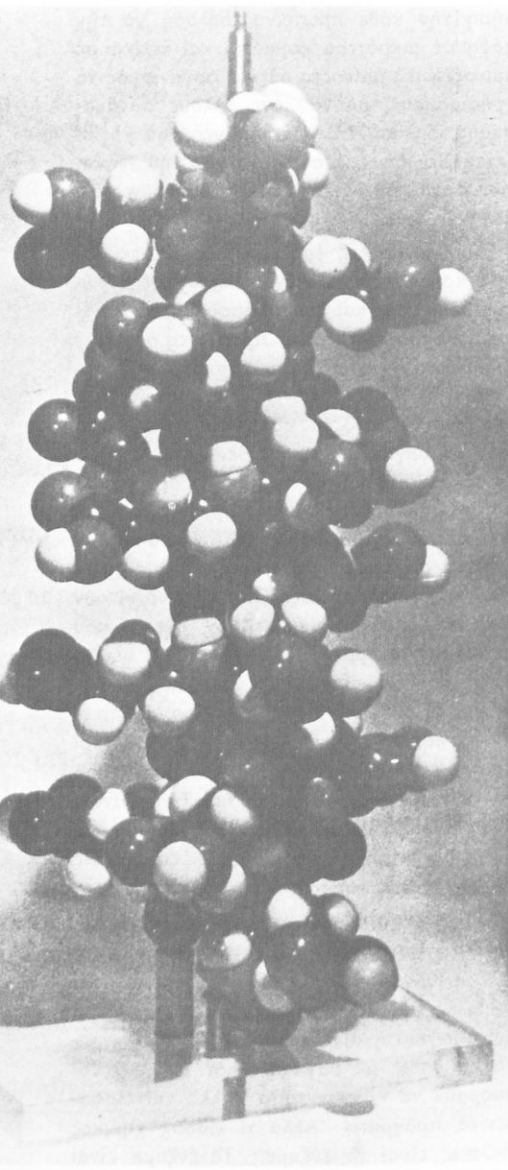
Όπως ξέρετε, με τα γράμματα του αλφαβήτου κάνουμε χιλιάδες λέξεις. Έτσι και με τα 20 διαφορετικά αμινοξέα θα μπορούσαμε να κάνουμε πάρα πολλές χιλιάδες συνδυασμούς. Μια πρωτεΐνη μπορεί να περιέχει και 500 αμινοξέα. Ο οργανισμός παίρνει τις πρωτεΐνες από τις διάφορες τροφές και χρησιμοποιεί διαφορετικά 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.

Ακούμε 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 πάρει 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 πιό 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 ειδους 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 δεν θα ξαφνιαστήτε, αν μάθετε ότι υπάρχουν πολλές χιλιάδες ένζυμα. Το καθένα είναι διαφορετικό και κάνει μια ειδική δουλειά. Ύπάρχουν ένζυμα, όπως η αμυλάση, που σπάζουν το μόριο του αμύλου, που είναι ένα πολυμερές. "Αλλα ένζυμα σπάζουν μικρότερα μόρια, όπως η ζυμάση σπάει το μόριο της γλυκόζης σε αλκοόλη και διοξείδιο του άνθρακα. Ύπάρχουν ένζυμα που σπάζουν τις πρωτεΐνες σε αμινοξέα. "Αλλα πάλι βοηθούν να συνδεθούν τα αμινοξέα και να κάνουν άλλες πρωτεΐνες που χρειάζεται ο οργανισμός.

Ειδικά ένζυμα βοηθούν στην καύση γλυκόζης στον οργανισμό, για να την μετατρέψουν σε CO_2 , H_2O και ενέργεια. "Αλλα ένζυμα βοηθούν στη φωτοσύνθεση, για να σχηματιστεί η γλυκόζη και το οξυγόνο από το CO_2 , το νερό και την ηλιακή ενέργεια. Ή ποικιλία των ενζύμων και οι δουλειές που κάνουν είναι από τις πιο πολύπλοκες και θαυμαστές διεργασίες στη ζωή των ζώων και των φυτών.

5. Βιταμίνες, ανόργανα άλατα, ορμόνες

Στα παλιά χρόνια οι ναύτες των караβιών στα μακρινά τους ταξίδια προσβάλλονταν από μια αρρώστια που λέγεται σκορβούτο. Στα μέσα του 18ου αιώνα ένας Άγγλος καπετάνιος βρήκε ότι οι ναύτες πάθαιναν την αρρώστια αυτή, γιατί τρέφονταν με διατηρημένες τροφές και πώς η αρρώστια γιατρευόταν, όταν έτρωγαν φρέσκα φρούτα. Έλυσε λοιπόν το πρόβλημα γεμίζοντας το καράβι του με λεμόνια. Μετά έναν αιώνα περίπου ένας Όλλανδος επιστήμονας απέδειξε ότι η ασθένεια beriberi (μπέρι-μπέρι), που μαστιζε τους κατοίκους στις Όλλανδικές Ίνδies, οφειλόταν στο ότι οι άνθρωποι έτρωγαν άποφλοιωμένο ρύζι. Ή αρρώστια μπορούσε να γιατρευτεί, όταν έτρωγαν το ρύζι με τη

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 ξέρομε πολλές βιταμίνες και τις ονομάζομε με τὰ γράμματα τοῦ λατινοῦ ἀλφαβήτου: βιταμίνες Α, Β, C, D, E, Κ. Οἱ βιταμίνες εἶναι πολύπλοκες ὀργανικές ἐνώσεις.

Ποιές τροφές περιέχουν βιταμίνες

Ἡ βιταμίνη Α ὑπάρχει στὸ βούτυρο, τὸ τυρὶ, τὸ γάλα, τὸ συκώτι καὶ τὰ καρότα. Προστατεύει γενικὰ τὸν ὀργανισμό ἀπὸ τὰ μικρόβια καὶ ἡ ἔλλειψή της μπορεῖ νὰ ἐπηρεάσῃ τὴν ὄραση.

Οἱ βιταμίνες Β εἶναι πολλές: Β₁, Β₂, Β₁₂. Βρίσκονται στὴ φλούδα τοῦ ρυζιοῦ, στὸ γάλα, στὴ ζύμη, στὸ κρέας, στὸ συκώτι. Βοηθοῦν στὴν καλὴ λειτουργία τοῦ νευρικοῦ συστήματος. Ἡ ἔλλειψή τους προκαλεῖ διάφορες ἀσθένειες καὶ γενικὰ ἐξασθενίζει τὸν ὀργανισμό.

Ἡ βιταμίνη C βρίσκεται στὰ πορτοκάλια, τὰ λεμόνια, τὶς ντομάτες, τὸ λάχανο καὶ ἄλλα λαχανικά. Ἡ ἔλλειψή της μπορεῖ νὰ προκαλέσῃ ἐλαττωματικὴ ἀνάπτυξη τῶν ὀστῶν καὶ τῶν δοντιῶν. Ἡ παρατεταμένη ἔλλειψή της προκαλεῖ τὴν ἀρρώστια πού λέγεται σκορβούτο.

Ἡ βιταμίνη D βρίσκεται στὸ γάλα, τὸ μουνόλαδο, τὰ αὔγα, τὸ βούτυρο, τὰ ψάρια. Ἡ βιταμίνη D βοηθεῖ τὸν ὀργανισμό νὰ παραλαμβάνῃ τὸ ἀσβέστιο καὶ τὸ φωσφόρο γιὰ τὰ ὀστά. Ἡ ἔλλειψή της προκαλεῖ τὴ ραχίτιδα, γι' αὐτὸ καὶ λέγεται ἀντιραχίτικη.

Ἡ βιταμίνη E βρίσκεται στὸ γάλα, τὰ αὔγα, τὸ σιτάρι καὶ τὸ κρέας. Ἡ ἔλλειψή της ἐμποδίζει τὴν ἀναπαραγωγή.

Ἡ βιταμίνη Κ βοηθεῖ ιδιαίτερα στὴν πήξη τοῦ αἵματος, ὅταν πληγωθοῦμε. Τὰ αὔγα, οἱ ντομάτες καὶ τὰ λαχανικά περιέχουν βιταμίνη Κ.

Ἄνόργανα ἔλαια

Ὁ ἀνθρώπινος ὀργανισμὸς ἔχει ἀνάγκη καὶ ἀπὸ διάφορα ἀνόργανα στοιχεῖα γιὰ τὴ συντήρηση καὶ τὴν ἀνάπτυξή του. Τὸ αἷμα περιέχει σίδηρο, τὰ κόκαλα ἀσβέστιο καὶ φωσφόρο. Τὰ παιδιά, ἐπειδὴ μεγαλώνουν, χρειάζονται φωσφόρο καὶ ἀσβέστιο ἀπὸ 1,5 g περίπου κάθε μέρα. Φωσφόρος ὑπάρχει στὰ αὔγα καὶ τὸ γάλα καὶ ἀσβέστιο στὸ γάλα, στὸ τυρὶ. Ὁ ὀργανισμὸς γενικὰ χρειάζεται μικρὲς ποσότητες ἀπὸ διάφορα ἄλλα ἀνόργανα στοιχεῖα ὅπως τὸ νάτριο, τὸ κάλιο, τὸ χλώριο καὶ τὸ ἰώδιο. Τὸ ἰώδιο εἶναι ἀπαραίτητο γιὰ τὴ λειτουργία τοῦ θυροειδοῦ ἀδένα. Ἰώδιο περιέχεται στὶς ζωικές τροφές τῆς θάλασσας. Γιὰ νὰ παίρῃ ὁ ὀργανισμὸς ἰώδιο σήμερα, τὸ προσθέτουν ὑποχρεωτικὰ στὸ ἀλάτι τῆς μαγειρικῆς ὡς ἰωδιούχο νάτριο.

Ὁρμόνες

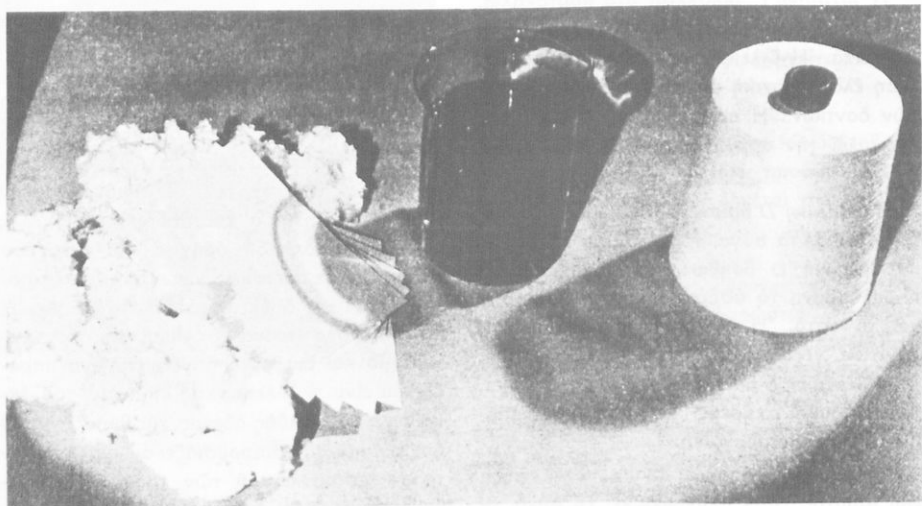
Στὴν ἀνθρωπολογία ἔχετε μάθει ὅτι στὸν ὀργανισμό μας ὑπάρχουν *ἀδένες* πού ἐκκρίνουν διάφορες οὐσίες ἀπαραίτητες γιὰ τὴ λειτουργία του: ὁ θυροειδοῦς ἀδένας, τὰ ἐπινεφρίδια καὶ ἄλλοι. Οἱ ἀδένες αὐτοὶ ἐκκρίνουν χημικὲς οὐσίες πού λέγονται **ὀρμόνες**. Οἱ ὀρμόνες σὲ πολλὴ μικρὲς ποσότητες βοηθοῦν στὶς διάφορες λειτουργίες τοῦ ὀργανισμοῦ. Ὁ τρόπος πού ἐπιδρoῦν οἱ ὀρμόνες δὲν εἶναι ἀπόλυτα γνωστός. Ἀπὸ ὅτι ξέρουν μέχρι σήμερα οἱ ἐπιστήμονες, οἱ ὀρμόνες δροῦν ὅπως ὁ διαιτητὴς σ' ἓνα ποδοσφαιρικὸ ἀγῶνα. Δίνουν δηλαδὴ ὀδηγίες καὶ ἐλέγχουν πῶς καὶ πότε πρέπει νὰ γίνονται μερικὲς πολὺ σημαντικὲς δουλειὲς στὸν ὀργανισμό. Ἡ ἔλλειψή τους προκαλεῖ ἀνωμαλίες στὸν ὀργανισμό καὶ διάφορες ἀσθένειες. Ἐνα παράδειγμα εἶναι ἡ ἔλλειψη τῆς ὀρμόνης πού ἐκκρίνει ὁ θυροειδοῦς ἀδένας, τῆς θυροξίνης. Ὁ ὀργανισμὸς τότε παρουσιάζει ἀνωμαλίες στὸν τρόπο μεταβολισμοῦ τῶν τροφῶν. Ὁ ἀνθρώπος κερδίζει βάρος καὶ πολλὲς φορὲς σχηματίζεται μιὰ διόγκωση στὸ λαιμὸ, πού 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 τί 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 *ύφαντικές 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 έργοστάσια της χαρτοβιομηχανίας.

Η επιστημονική όμως έρευνα και η περιέργεια δέν 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 καθόρθωσαν από την κυτταρίνη του ξύλου να φτιάξουν ένα είδος κλωστή που να είναι γυαλιστερή και να άντέχει 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 ούσια, 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 σα μέλι, όπως βλέπετε μέσα στο ποτήρι στη φωτογραφία. Την παχύρρευστη αυτή μάζα την διοχετεύουν σε σωλήνες και με πίεση την υποχρεώνουν να περάσει 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 κλωθεί σε κλωστή και τὸ ρεγίδον είναι έτοιμο. Παρατηρήστε τὸ σχήμα που ἐξηγεῖ τὴ μετατροπὴ τοῦ παχύρρευστου υγροῦ σε κλωστή.

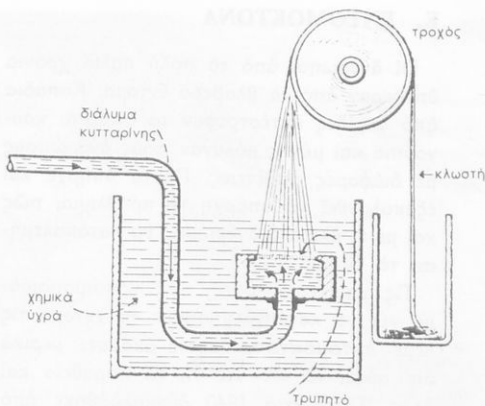
Αὐτὸς εἶναι ἕνας γενικὸς τρόπος που κατασκευάζουν στὰ ἐργοστάσια τεχνητὲς κλωστὲς. Τὸ τρυπητὸ μπορεί νὰ ἔχη ἀπὸ 10 ὡς 200 τρύπες· ἔτσι μπορούμε νὰ ἔχουμε ὅ,τι πάχους κλωστὲς θέλομε, χοντρές, ψιλές.

Ἀνάλογα μὲ τὰ χημικὰ υγρὰ που χρησιμοποιοῦν στὰ διάφορα ἐργοστάσια, γιὰ νὰ διαλύσουν τὴν κυτταρίνη, παρασκευάζονται κλωστὲς μὲ διάφορες ιδιότητες. Κλωστὲς γυαλιστερές, ἀνθεκτικὲς, που νὰ μὴ σαλακώνωνται, νὰ μὴ καταστρέφονται γρήγορα, νὰ πλένονται εὐκόλα.

Μὲ τὸν τρόπο που κατασκευάζονται οἱ τεχνητὲς κλωστὲς καταλαβαίνετε ὅτι μπορεί νὰ ἔχουν ὅσο μήκος και πάχος θέλομε. Ἔτσι στὸ ἐμπόριο κυκλοφοροῦν διάφοροι τύποι ἀπὸ τεχνητὲς κλωστὲς που ἔχουν διαφορετικὲς ιδιότητες και διαφορετικὰ ὀνόματα. Τὶς κλωστὲς 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 μὲ τὸ μετάξι, γυαλιστερὴ και πολὺ ἀνθεκτικὴ, πὸ 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 ὑδρογονάνθρακα, ὄξυγόνο, νερὸ και ἄμμωνία.

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 μὲ 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 χρησιμοποιοῦτε καθημερινά. Οἱ τσάντες τοῦ σχολείου σας εἶναι φτιαγμένες ἀπὸ πλαστικὸ, τὰ μολύβια σας και πολλὰ παιχνίδια τὸ ἴδιο. Νὰ θυμάστε ὅτι ὅλα τὰ πλαστικά εἶναι πολυμερῆ που οἱ ἐπιστήμονες μὲ διάφορες πολυπλοκές χημικὲς διεργασίες τὰ συνέθεσαν ἀπὸ ἀπλούστερες χημικὲς ἐνώσεις.

Ε. ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ

Οί άνθρωποι από τὰ πολὺ παλιὰ χρόνια ὑπέφεραν ἀπὸ τὰ βλαβερὰ ἔντομα. Κοπάδια ἀπὸ ἀκρίδες κατέστρεφαν τὰ σπαρτά, κουνοῦπια καὶ μύγες μόλυβαν τοὺς ἀνθρώπους μὲ διάφορες ἀσθένειες. Πάντα ὑπῆρχε καὶ ἐξακολουθεῖ νὰ ὑπάρχη τὸ πρόβλημα, πῶς καὶ μὲ τί ὕλικά ὁ ἄνθρωπος θὰ καταπολεμήσῃ τὰ ἔντομα.

Τὶς χημικὲς ἐνώσεις πού χρησιμοποιοῦμε γιὰ νὰ καταπολεμήσουμε τὰ ἔντομα τὶς λέμε **ἐντομοκτόνα**. Ἐχετε ἀκούσει μερικά ἀπ' αὐτά, τὸ ντὶ - ντὶ - τί, τὸ παραθεῖο καὶ ἄλλα. Γύρω στὰ 1940 ἀνακαλύφθηκε ἀπὸ ἕναν Ἑλβετὸ ἐπιστήμονα τὸ *ντὶ - ντὶ - τί* (DDT), πού εἶναι μιὰ πολὺπλοκὴ χημικὴ οὐσία. Αὐτὸ τὸ πολὺ ἰσχυρὸ ἐντομοκτόνο βοήθησε ἀποτελεσματικὰ στὴν καταπολέμηση τῶν ἐντόμων μετὰ τὸν Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Ἔτσι τὰ κουνοῦπια, πού μεταδίδουν στὸν ἄνθρωπο τὴν ἀρρώστια πού λέγεται ἐλονοσία, ἐξολοθρεύτηκαν. Πολλὲς καλλιέργειες σώθηκαν ἀπὸ βλαβερὰ ἔντομα. Τὸ ντὶ - ντὶ - τί ὅμως εἶναι δηλητηριῶδες γιὰ τὸν ἄνθρωπο καὶ ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ μὴ διαλύεται στὸ νερὸ καὶ νὰ μὴν καταστρέφεται εὐκόλα. Ἔτσι, ἀν ἀπορροφηθῇ ἀπὸ τὸ ἀνθρώπινο σῶμα, μαζεύεται στὰ μέρη ὅπου ὑπάρχει λίπος, καὶ μπορεῖ νὰ δηλητηριάσῃ σιγὰ σιγὰ τὸν ὄργανισμό. Πρὶν δύο χρόνια σ' ὅλη τὴ γῆ χρησιμοποιοῦσαν πολλὲς ἑκατοντάδες ἑκατομμύρια τόννους ντὶ - ντὶ - τί κάθε χρόνο. Τὸ ραντισμένο ντὶ - ντὶ - τί παρাসύρεται ἀπὸ τὰ νερὰ τῆς βροχῆς καὶ πέφτει στὰ ποτάμια, τὶς λίμνες καὶ τὶς θάλασσες. Ἐκεῖ ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὰ φύκια καὶ ἄλλα θαλάσσια φυτὰ. Τὰ μικρὰ ψάρια τρέφονται ἀπὸ τὰ φύκια, τὰ μεγάλὰ ψάρια τρῶνε τὰ μικρὰ. Ἄλλὰ καὶ τὰ πουλιὰ τρῶνε τὰ ψάρια. Ἔτσι τὰ τελευταῖα χρόνια βρέθηκε ὅτι τὰ ψάρια καὶ τὰ πουλιὰ σὲ πολλὰ μέρη τῆς γῆς περιεῖχαν ντὶ - ντὶ - τί. Τὸ ἴδιο συμβαίνει στὰ ζῶα, ὅταν τρῶνε τὰ χόρτα πού ἔχουν ραντισθῇ μὲ ντὶ - ντὶ - τί. Πρὶν

μερικά χρόνια βρέθηκε ντὶ - ντὶ - τί στὸ γάλα καὶ τὸ λίπος τῶν ζῶων. Καταλαβαίνετε τώρα ὅτι τελικὰ τὸ ντὶ - ντὶ - τί καταλήγει στὸν ἄνθρωπο πού τρῶει ψάρια, πουλιὰ, φυτοφάγα ζῶα καὶ λαχανικά. Σήμερα ἡ χρῆση τοῦ ντὶ - ντὶ - τί ἔχει ἀπαγορευθῆ σχεδὸν σ' ὅλα τὰ κράτη τῆς γῆς.

Συνήθως ὅλα τὰ ἐντομοκτόνα εἶναι βλαβερὰ γιὰ τὸν ἄνθρωπο. Γι' αὐτὸ πρέπει νὰ τὰ χρησιμοποιοῦμε μὲ μεγάλη προσοχὴ καὶ ποτὲ ἄσκοπα. Σήμερα ἡ ἐπιστῆμη ἀσχολεῖται νὰ βρῇ ἐντομοκτόνα πού νὰ μὴν εἶναι βλαβερὰ γιὰ τὸν ἄνθρωπο.

Ζ. ΦΑΡΜΑΚΑ

Οἱ πρωτόγονοι ἄνθρωποι χρησιμοποιοῦσαν βότανα, γιὰ νὰ γιαιτρέψουν διάφορες ἀσθένειες. Στὴν ἀρχαία Ἑλλάδα ὁ Ἄσκληπιὸς καὶ ὁ Ἴπποκράτης, δύο γιαιτροί, χρησιμοποιοῦσαν κι αὐτοὶ βότανα στὴν θεραπευτικὴ τους. Σήμερα ξέρομε ὅτι πολλὰ φάρμακα βγαίνουν ἀπὸ φυτὰ. Τὰ φάρμακα εἶναι χημικὲς ἐνώσεις. Οἱ χημικοὶ βρῆκαν ἀπὸ τί ἀποτελοῦνται καὶ μπόρεσαν νὰ τὰ συνθέσουν στὸ ἐργαστήριο. Ἔτσι σήμερα ἔχουν μιὰ μεγάλη ποικιλία ἀπὸ φάρμακα γιὰ κάθε ἀρρώστια καὶ κάθε κακοδιαθεσία. Ἡ ἀσπιρίνη, οἱ σουλφamideς καὶ ἡ κινίνη εἶναι ἴσως τὰ πιὸ γνωστὰ σας φάρμακα. Πολλὰ φάρμακα ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ σκοτώνουν τὰ μικρόβια, ὅπως ἡ κινίνη σκοτώνει τὸ μικρόβιο τῆς ἐλονοσίας. Ὑπάρχει ὅμως καὶ μιὰ ἄλλη κατηγορία φαρμάκων πού ὅλοι τὴν ἔχετε ἀκούσει. Εἶναι τὰ **ἀντιβιοτικά**. Τὰ ἀντιβιοτικά εἶναι χημικὲς οὐσίες πού παράγονται ἀπὸ μύκητες καὶ βακτήρια καὶ ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ σταματοῦν τὴν ἀνάπτυξη ἄλλων μικροβίων. Τὸ 1929 ἕνας Σκωτσέζος γιαιτρός, ὁ Φλέμινγκ, ἐνῶ μελετοῦσε τοὺς σταφυλόκοκκους, παρατήρησε ὅτι ἡ ἀνάπτυξή τους πολλὲς φορὲς σταματοῦσε. Ἐρευνώντας λοιπὸν προσεκτικὰ βρῆκε ὅτι οἱ καλλιέργειες τῶν στα-

φυλοκόκκων είχαν μολυνθῆ 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 συνθετικὰ στὰ ἔργαστήρια τῶν φαρμακευτικῶν βιομηχανιῶν. Καθημερινὰ ἀνακαλύπτονται καὶ καινούρια ἀντιβιοτικά, εἰδικὰ γιὰ τὴν καταπολέμηση διαφόρων μικροβίων ποὺ προσβάλλουν τὸν ἄνθρωπο καὶ τὰ ζῶα.



Μεγέθυνση φωτογραφίας τῆς μούχλας τῆς πενικιλίνης, ὅπως φωτογραφήθηκε ἀπὸ μιὰ καλλιέργεια.

Η. Η ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΜΑΣ ΖΩΗ

Ἀπὸ τὰ προηγούμενα κεφάλαια εἶδαμε ὅτι ἡ μελέτη τῆς χημείας τῶν ἐνώσεων τοῦ ἄνθρακα ἀπέδωσε στὸν ἄνθρωπο πολλὰ ἀγαθὰ. Μὲ τὴ βοήθεια τῆς φυσικῆς καὶ τῆς βιολογίας ἡ χημεία κατόρθωσε νὰ βρῆ ἀπὸ τί ἀποτελοῦνται οἱ διάφορες βασικὲς οὐσίες ἀπὸ τίς ὁποῖες εἶναι φτιαγμένος κάθε ζωντανὸς ὀργανισμὸς. Βρῆκε καὶ βρίσκει καθημερινὰ πῶς εἶναι συνδεδεμένα μεταξὺ τους τὰ ἄτομα ποὺ ἀποτελοῦν τὰ πολύπλοκα ὀργανικά μόρια. Κατορθώνει νὰ βρῆσκῃ τρόπους, γιὰ νὰ παρασκευάζῃ συνθετικὰ τὰ πολύπλοκα μόρια στὸ ἔργαστήριό. Ἴσως 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 ζωγραφίσουμε. Οἱ χημικοὶ ἀπομονώνουν τὰ ἀρώ-

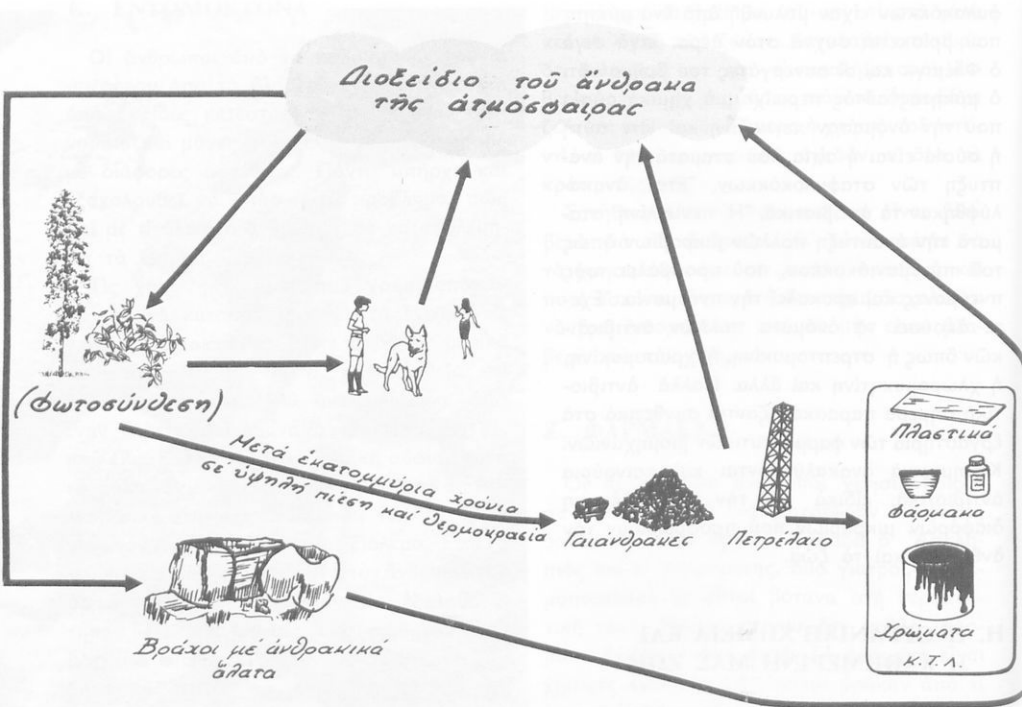
ματα ἀπὸ τὰ φυτὰ ἢ τὰ φτιάχνουν στὰ ἔργαστήρια, φτιάχνουν καλλυντικά, γιὰ νὰ περιποιούμαστε τὸ δέρμα μας, κι ἓνα σωρὸ ἄλλα προϊόντα χρήσιμα καὶ εὐχάριστα γιὰ τὴ ζωὴ μας.

Τώρα ποὺ πήραμε μιὰ ἰδέα γιὰ τίς ἐνώσεις τοῦ ἄνθρακα, ἂς κοιτάξουμε τὴν τελευταία εἰκόνα τοῦ βιβλίου μας, νὰ δοῦμε πῶς κυκλοφορεῖ ὁ ἄνθρακας στὸν πλανήτη μας, τὴ γῆ.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γράψτε, παρατηρώντας τὸ σχεδιάγραμμα, γιὰ τὸν κύκλο τοῦ ἄνθρακα.





Ο κύκλος του άνθρακα.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Προσπαθήστε να απαντήσετε με δικά σας λόγια στις παρακάτω ερωτήσεις :

- 1) Τι συμβαίνει στις χημικές ενώσεις του άνθρακα, όταν τις θερμαίνουμε 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 ηλεκτρόνιά τους ;
- 5) Πώς σχηματίστηκαν οι γαιάνθρακες ;
- 6) Γιατί το κάρβουνο όταν καίγεται δεν βγάζει καπνό ;
- 7) Τι είναι οι πεπτικές ουσίες ;
- 8) Τι είναι το διαμάντι ;
- 9) Ποιά είναι τα πλεονεκτήματα των αερίων καυσίμων, όταν τα συγκρίνουμε με τα υγρά ή τα στερεά καύσιμα ;
- 10) Τι είναι τα υγραέρια ;
- 11) Πώς σχηματίστηκε το πετρέλαιο ;
- 12) Πώς προκαλείται η ρύπανση της ατμόσφαιρας ;
- 13) Τι θα συμβή στους ζωντανούς οργανισμούς (φυτό, ζώα και ανθρώπους), όταν αναπνέουν συνέχεια ατμοσφαιρικό αέρα που περιέχει κανσαέρια ;
- 14) Τι 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 η ρύπανση του αέρα ;
- 16) Πώς προκαλείται η 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) Τι είναι πολυμερές ;
- 21) Τι είναι το άμυλο και ή κνιτταρίνη και από τί αποτελούνται ;
- 22) Πώς χρησιμοποιείται το άμυλο από τον ανθρώπινο οργανισμό ;
- 23) Γιατί οι άνθρωποι δεν τρώμε την κνιτταρίνη ;
- 24) Τι είναι τα ένζυμα ; Δώστε μερικά παραδείγματα για την ύπαρξή τους.
- 25) Σε τί διασπάται το δεξυζενέ από ένα ένζυμο που υπάρχει στην πατάτα ;
- 26) Τι είναι ζύμη ; Ποιό είναι το αποτέλεσμα της επιθράσεως 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) Ποιό βρίσκονται οι πρωτεΐνες ; 'Υπάρχουν πρωτεΐνες στα λαχανικά ;
- 30) Τι 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 ἴνες ; Μᾶς
 χρησιμεύουν καί σέ τί ;
- 35) Γιατί πρέπει νά χρησιμοποιοῦμε τὰ
 διάφορα ἔντομοκτόνα μὲ προσοχή ;
- 36) Τί είναι τὰ ἀντιβιοτικά ; Πῶς δοροῦν
 τὰ ἀντιβιοτικά ; Μήπως μπουρεῖτε

νά ἐξηγήσετε τί σημαίνει ἡ λέξη
 ἀντιβιοτικό ;

- 37) Συζητήστε γιά τὴν ὠφέλεια ἢ τὴ ζημία,
 πὺ 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, and 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.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

Στό εγχειρίδιο — χρήσιμο συμπλήρωμα στα επιστημονικά, κυρίως, βιβλία — είναι γραμμένοι οι όροι και οι λέξεις που κρίθηκε ότι έχουν κάποια ιδιαίτερη σημασία στο μάθημα της φυσικής και χημείας ή ονομάζουν κάποιες καινούριες έννοιες, που πρώτη φορά, ίσως, συναντούμε. Οι λέξεις είναι τοποθετημένες με αλφαβητική σειρά, όπως λόγου χάρι σ' ένα λεξικό, και όχι με τη σειρά που 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. Και, συνήθως, όχι τις σελίδες που είναι γραμμένες στον πίνακα των περιεχομένων.

Πολλοί όροι είναι γραμμένοι δύο φορές : στην αλφαβητική τους σειρά και κάτω από κάποια άλλη λέξη, με την οποία έχουν σχέση. Στη δεύτερη περίπτωση ο τυπογράφος τις έβαλε λίγο πιο μέσα από την αρχή της σειράς, για να μη μās μεπερδεύουν στο ψάξιμο. Έτσι τη μετατροπή της ενέργειας θα τη βρούμε, εκτός από την κανονική της θέση, και κάτω από τη λέξη *ένέργεια*. Τους όρους που αποτελούνται από δύο ή περισσότερες λέξεις — ένα επίθετο, ως πούμε, και ένα ουσιαστικό — μπορούμε να τις αναζητήσουμε και στις δύο θέσεις. Λόγου χάρι : *επιστημονική θεωρία* και *θεωρία, επιστημονική*.

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 υλικό 76
αγωγιμότητα 70
αγωγός 70, 74
αδένες 141
αδιαφανές σώμα 37
αέρια καύσιμα 123
—, φυσικά 123
αίσθημα ήχου 27
ακμονας 26
ακτίνες λέιζερ 32
—, φωτεινές 31
— X 58, 98, 107
ακτινοβολία 32
άνιχνευτής — 34

ακτινοβολία, άορατη 53, 98
— γ 99, 107
θερμική — 98
όρατη — 98 +
υπεριώδης — 53, 98
υπέριυθηρ — 53, 98
φάσμα ηλεκτρομαγνητικής — 99
ακτινογραφία 58
άκοη 26, 27
άλατα 141
άλεξικέραυνο 74
άλεξίπτωτο 143
άλκοολική ζύμωση 134
άλκοόλη 135
άλυσιωτή αντίδραση 108

άμινοξύ 139
άμπέρ 79
άμυλάση 134
άμυλο 131
άναβολέας 26
άνάκλαση του ήχου 22
 γωνία — 22
— του φωτός 38
άνάλυση του λευκού φωτός 52
άνθρακίτης 121
άνθρωπινη φωνή 27
άνιχνευτής άκτινοβολίας 34
άνηχεϊο 22
άνήχηση 22
άντιβιοτικό 144, 145
—, 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

γαϊάνθρακας 120
γαϊανθρακοφόρος περίοδος 121
γαλακτόζη 130
γαλαξίας 30
γαλβανόμετρο 90
γεννήτρια 96
γεωφυσικός 88, 89
γκαζολίνη 127
γλεΰκος 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 τής ενέργειας 11
διαφανές σώμα 41, 55
διάχυση του φωτός 39
δίπολα 85
δίσκος του Νεύτωνος 55
διυλιστήριο 125
δοκιμαστικός σωλήνας 121
δομή άτόμου 66, 101, 103, 113
— μορίου 9, 113
δυνάμεις, μαγνητικές 89

δυνάμεις, πυρηνικές 103

δυναμό 96

ε

έγχορδα 25

είδη μουσικών οργάνων 25

είδωλο 37, 41, 45, 51

φανταστικό — 42

έκλειψη 37

— ήλιου 38

— σελήνης 38

έλλειψη 37

έλξη μορίων 8

ένέργεια 10

διατήρηση — 11

ήλεκτρική — 10, 29, 76, 80

ήλεκτρομαγνητική — 97

ήλιακή — 10

κινητική — 10, 28

μετατροπή — 29, 31, 32, 76, 78, 80, 96

μεταφορά — 19

μορφές — 10, 12, 46

πηγές — 120

πυρηνική — 32

χημική — 10, 120

ένζυμο 139

ένταση ήχου 14, 24

έντομοκτόνο 144

ένωση, χημική 114

έπαγωγή, ήλεκτρομαγνητική 96

έπιπέδο κάτοπτρο 41

έπιστημονική θεωρία 56

έργο 9, 19

έστια 44

έτερόφωτο σώμα 38

ζ

ζυμάση 134

ζύμη 134, 135

ζύμωση 134

άλκοολική — 134

όξική — 137

η

ήλεκτρική γεννήτρια 96

ήλεκτρική έγκατάσταση 80

— ενέργεια 10, 29, 76, 80

— στήλη 74

ήλεκτρικό πεδίο 86

— ρεύμα 74, 79, 81

μονάδες — — 79

— στοιχείο 74

— φορτίο 65

άρνητικό — — 66, 68

θετικό — — 66, 68

στατικό — — 71

— — του σύννεφου 73

ήλεκτρικός κινητήρας 91

ήλεκτρισμός 62

άρνητικός — 73

θετικός — 73

κίνδυνοι — 82

στατικός — 71, 72

ήλεκτρόδιο 75

ήλεκτρομαγνήτης 90

ήλεκτρομαγνητική ενέργεια 97

— έπαγωγή 96

ήλεκτρομαγνητικό κύμα 97

συχνότητα — — 98

ήλεκτρονικό μικροσκόπιο 9

ήλεκτρόνιο 9, 67, 101

ροή — 89

ήλεκτροσκόπιο 68

ήλιακή ενέργεια 10

ήλιακο φώς 31

ήχητικό κύμα 18, 19

— σήμα 35

ήχοληψία 28

ήχος 12

άναπαγωγή — 29

άποτύπωση — 28

ένταση — 14, 24

συχνότητα — 14

ταχύτητα — 18, 19

ύψος — 14

χροιά — 24

ήχω 22

θ

«θερμότητα» χρώματος 53, 69

θετικό ηλεκτρικό φορτίο 66, 68
θετικός ηλεκτρισμός 73
θεωρία, επιστημονική 56
—, κυματική 57, 60
—, σωματιακή 59, 60
θυροσειδής αδέννας 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
— άερια — 123
— και ρύπανση τῆς ἀτμόσφαιρας 128
— στερεά — 121
κενὸ 32, 35
κεραυνὸς 72, 73, 74
κίνδυνοι ἀπὸ τὸν ἠλεκτρισμὸ 82
κίνηση μορίων 8
—, παλμική 13
κινητική ἐνέργεια 10, 28
κλάσμα πετρελαίου 126
κλασματική ἀπόσταξη 126, 127
κλασματικὸς πύργος 126
κοίλα κάτοπτρα 44
κὸς 123
κόκκος ἐνέργειας 59
κρουσὰ 25
κύκλος τοῦ ἄνθρακα 145, 146
κύκλωμα 75, 76, 77
— ἄπλο — 76
κύμα, ἠλεκτρομαγνητικὸ 58, 99
—, ἤχητικὸ 18, 19
—, φωτεινὸ 56, 60

κυματική θεωρία 56, 60
κύμβαλα 25
κυρτὸ κάτοπτρο 44
κυτταρίνη 120, 134, 142

λ

λέηζερ 32, 100
λευκὸ φῶς 52
λιγνίτης 121
λιγροΐνη 127
λιθάνθρακας 121
λίπος 137

μ

«μαγικὸς» καθρέφτης 40
μαγνήτης 29, 84
— ἀτομικὸς — 93
— μόνιμος — 91, 93, 95
— φυσικὸς — 84, 89
μαγνητικὲς γραμμὲς 86
— δυνάμεις 89
μαγνητική βελόνα 88
— περιοχή 94
— ταινία 29
μαγνητικὸ πεδίο 86, 95
— — τῆς γῆς 87
μαγνητικὸς βορρᾶς 88
μαγνητίτης 83, 84
μαγνητόφωνο 29
μέγεθος 14, 57
— φυσικὸ — 79
μελάσα 131
μετρατροπή ἐνέργειας 29, 31, 32, 76, 78, 80, 96
μεταφορὰ — 19
μετρητῆς 80
μικρόκοκκος τοῦ ξιδιοῦ 137
μικρόκοσμος 60
μικροσκόπιο 9
μονάδες ἠλεκτρικοῦ ρεύματος 79
μόνιμος μαγνήτης 91, 93
μοντέλο δομῆς τοῦ ἀτόμου 113
— — μορίου 113
μόνωση 80

μονωτής 70
μόριο 8, 112
 δομή — 9
 εΐδη — 8
μορφές ενέργειας 10, 12, 46
μουσικά όργανα 25
 εΐδη — — 25
μουσική 23
μουσικός ήχος 15, 24
— φθόγγος 24
μπαταρία 75, 77
μύκητες 137, 144, 145

ν

νάιλον 143
ναυτική πυξίδα 87
νετρόνιο 9, 67, 101
νέφος ηλεκτρονίων 102, 115
νόμος 30
νότα 24
ντι - ντι - τι 144

ο

οινόπνευμα 131, 135
όξική ζύμωση 137
όξικό όξύ 137
όρατη ακτινοβολία 58
όρατο φάσμα 53
όργανα άκοης 26, 27
—, μουσικά 25
—, φωνητικά 27
όργανική χημεία 119
όριο 35
όρμόνες 141
όρυκτέλαιο 127
ουδέτερο 67
ουδέτερόνιο 67
ουράνιο τόξο 52

π

παλμική κίνηση 13
 πλάτος — — 14
παλμός 14

παράτηρηση 11
παραφίνη 127
πεδίο 86
— βαρύτητας 86
πείραμα 11
πενικιλίνη 145
περισκόπιο 43
πετρέλαιο 124
 κλάσμα — 126
 κλασματική απόσταξη — 126, 127
πηγές ενέργειας 120
πλάτος παλμικής κινήσεως 14
πληροφορία 16
πνευμονιόκοκκος 145
πνευστά 25
ποιότητα ήχου 24
πόλος 75, 85, 92
 — ηλεκτρικού στοιχείου 75
 μαγνητικός — 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 ένωση 122
πυξίδα 85
 ναυτική — 87
πυρήνας 9, 66, 101, 102
 διάσπαση — 106
 σχάση — 108
πυρηνικές δυνάμεις 103
πυρηνική ενέργεια 32
πυρηνικό έργοστάσιο 100, 108
πυρόλυση 127

ρ

ραδιενεργό στοιχείο 106
ραδιόφωνο 63, 98

ραντάρ 98
ρεγιόν 142
ρεύμα, ηλεκτρικό 74, 79
ροή ηλεκτρονίων 89
ρύπανση τῆς ἀτμόσφαιρας 128
μέτρα ἐναντίον τῆς — — 129

σ

σάκχαρα 129
σακχαρόζη 130
σακχαρότευλα 131
σῆμα, ἤχητικό 35
—, φωτεινὸ 35
σημεῖο ζέσεως 126
σκιά 36, 38, 39
στατικό ηλεκτρικὸ φορτίο 71
στατικός 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 πυρῆνα 108
σωλήνας, δοκιμαστικός 121
σῶμα, ἀδιαφανὲς 37
—, διαφανὲς 41
—, ἐτερόφωτο 38
σωματιακὴ 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 φωτὸς 35
τεχνητὲς ἴνες 143
τεχνητὸ στοιχεῖο 105
τηλέγραφος 91, 92
τόνος 24
τρανζίστορ 62
τριβὴ 62, 67
τρομόνι 25
τύμπανο αὐτιοῦ 26
τύπος τοῦ Ἀϊνστάϊν 109

υ

ὕγραριο 123
ὕδατάνθρακες 129
ὕδρογονάνθρακες 118, 124
ὕλη 8, 104
ὕπερηχοι 14, 23, 58
ὕπεριώδης ἀκτινοβολία 53
ὕπερυθρη — 53
ὕπόηχοι 14, 58
ὕπθεση 11
ὕφαντικὲς 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
ὄρατο — 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
 ἠλιακὸ — 31
 «όρατὸ» — 58
 ταχύτητα τοῦ — 35
 φυσικὸ — 30
φωταέριο 123
φωτεινὲς ἀκτίνες 35
φωτεινὸ σῆμα 35
φωτιστικὸ πετρέλαιο 127

φωτοαντίγραφο 72
φωτογραφικὴ μηχανὴ 37
φωτόμετρο 58
φωτόνιο 59
φωτοσύνθεση 31, 130

Χ

χημεία 11
 ὀργανικὴ — 119
χημικὴ ἀντίδραση 134
— ἐνέργεια 10, 120
— ἔνωση 114
χημικὸς δεσμὸς 115
χιλιόκυκλοι 98
χλωρομυκητίνη 145
χορδὲς ἐγχόρδων 25
—, φωνητικὲς 14, 27
χροιὰ ἤχου 24
χρυσομυκίνη 145
χρῶμα 52, 54, 56
 «θερμότητα» τοῦ — 53



9 780202 000000

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΙΤΥΤΕΧΝΙΚΗ



0020556078

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ

ΕΚΔΟΣΙΣ Γ', 1976 (IV) - ΑΝΤΙΤΥΠΑ 186.000 - ΣΥΜΒΑΣΙΣ 2681 / 7-4-76

ΕΚΤΥΠΩΣΙΣ - ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ: ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΟΣ Α.Ε.

Φιλαδέλφειας 8 - Αθήναι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

