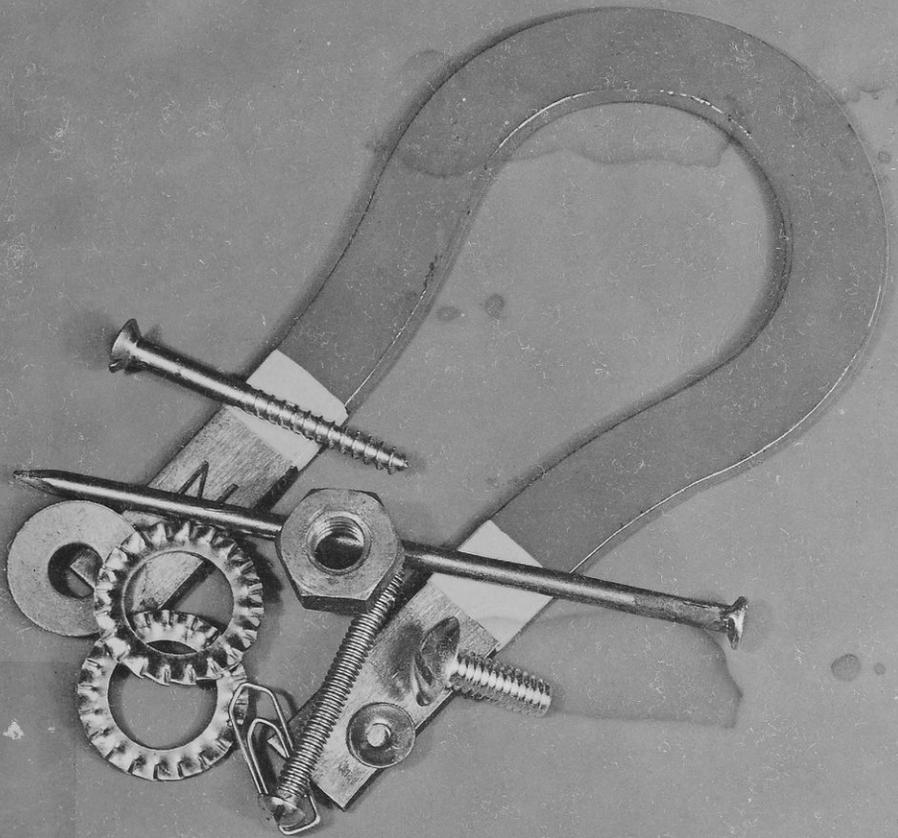


19313

Φυσική καὶ χημεία

ΕΚΤΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΑΘΗΝΑ 1977

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

19393

ΦΥΣΙΚΗ καί ΧΗΜΕΙΑ

ἑκτης δημοτικοῦ

Μέ ἀπόφαση τῆς Ἑλληνικῆς Κυβερνήσεως τά διδακτικά βιβλία τοῦ Δημοτικοῦ, Γυμνασίου καί Λυκείου τυπώνονται ἀπό τόν Ὄργανισμό Ἐκδόσεως Διδακτικῶν Βιβλίων καί μοιράζονται ΔΩΡΕΑΝ.

Ἀθήνα 1977

1977

ΦΥΣΙΚΗ και ΧΗΜΕΙΑ

Εκτής δημοτικού

Με άδεια της Ελληνικής Κυβερνήσεως τα διδακτικά βιβλία της Δημοτικού, Γυμνασίου και Λυκείου τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων και μοιράζονται ΔΩΡΕΑΝ.

Αθήνα 1977

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τό βιβλίό αυτό εἶναι ἀποτέλεσμα συλλογικῆς ἐργασίας. Τήν ομάδα ἐργασίας σύμφωνα μέ τήν πρώτη ἀνάθεση, ἀπέτελεσαν οἱ :

Νίκος Ἀντωνίου, φυσικός, ὑφηγητής Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν
Παναγιώτης Ἀσημακόπουλος, φυσικός, ΚΠΕ Δημόκριτος
Χριστίνα Ζιούδρου, χημικός, ΚΠΕ Δημόκριτος
Δημήτρης Κατάκης, χημικός, καθηγητής Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν
Γιάννης Καφούσης, καθηγητής Παιδαγωγικῆς Ἀκαδημίας
Θανάσης Κωστίνας, φυσικός, ΚΠΕ Δημόκριτος
Παντελής Μπουκάλας, δάσκαλος Ἐκπαιδευτηρίου «Διονύσιος Σολωμός»
Ἄνδρέας Ρεμπούλης, χημικός, καθηγητής Κολλεγίου Ἀθηνῶν
Ἀθηνᾶ Ρικάκη, δασκάλα Κολλεγίου Ἀθηνῶν
Ντίνα Χατζούδη - Γκέγκιου, χημικός, Γενικόν Χημεῖον τοῦ Κράτους.

Στήν ομάδα αὐτή πῆρε μέρος ἐπίσης ἀπό τήν ἀρχή καί ὁ Γιώργος Γραμματικάκης, φυσικός τοῦ ΚΠΕ Δημόκριτος, ἐνῶ ἡ Α. Ρικάκη διέκοψε τή συνδρομία της μετά τήν ἐκδοση τοῦ πρώτου τεύχους.

Ἡ μέθοδος ἐργασίας πού ὑπαγόρευσε τή συγγραφή τοῦ βιβλίου, ἡ συνδρομία δηλαδή ἀκαδημαϊκῶν δασκάλων, ἐρευνητῶν καί παιδαγωγῶν, ἀποτελεῖ μιά προσπάθεια εἰσαγωγῆς καί στή χώρα μας τῆς συνδυασμένης πείρας ἐπιστημῶν διαφόρων ειδικοτήτων, μέθοδος πού ἐφαρμόστηκε μέ ἐπιτυχία σέ πολλές προηγημένες χῶρες γιά τά βιβλία τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν, στή δημοτική καί μέση ἐκπαίδευση. Τά ἀρχικά κείμενα, πού ἀντιστοιχοῦν στά διάφορα

τιμήματα του βιβλίου, έχουν γραφεί από τα άρμοδιότερα μέλη της ομάδας, αλλά ή τελική διαμόρφωση έγινε ύστερα από συζητήσεις και κριτική όλων των μελών, ώστε τό τελικό αποτέλεσμα νά είναι και επιστημονικά έγκυρότερο και παιδαγωγικά πιο πρόσφορο στο επίπεδο αντίληψως των μαθητών, προς τους όποιους και απευθύνεται.

Γιά τή διεκπεραίωση του βιβλίου, από τό στάδιο του χειρογράφου ως τήν τελειωμένη εμφάνιση, εργάστηκαν ακόμα και άλλοι πολλοί συνεργάτες, στους όποιους όφείλεται κατά μεγάλο μέρος ή άρτια παρουσίαση. Ο Στέφανος Στεφάνου είχε τή γλωσσική επίμελεια των κειμένων και έγραφε τά εύρετήρια. Η Χρυσή Δασκαλοπούλου είχε τή γενική καλλιτεχνική επίμελεια του βιβλίου. Οί Σταμάτης Βασιλείου και Φίλιππος Τρουποσκιιάδης σχεδίασαν τίς εικόνες. Η Μπέττυ Μιχαήλ δακτυλογράφησε μέ ταχύτητα και ακρίβεια τά κείμενα στίς πολλαπλές τους μορφές. Τέλος, στην Έκδοτική Ελλάδος Α.Ε. και φυσικά στή φιλότιμη δουλειά του προσωπικού του τυπογραφείου όφείλεται ή τεχνική άριότητα της εκδόσεως.

Η ομάδα εργασίας δέ θά μπορούσε νά συντελέσει τό έργο της, αν δέν είχε προϋπάρξει ή άναγνωστική όρεξη του Υπουργού Παιδείας της προεκλογικής Κυβερνήσεως κ. Ν. Λούρου και ή συνδρομή των συνεργατών του. Στόν καθηγητή Δ. Ν. Μαρωνίτη, ειδικό σύμβουλο του Υπουργείου τότε, όφείλεται ή έγκαιρη προσθήκη αυτής της ιδέας. Έφεξής τό ενδιαφέρον του Δ. Ν. Μαρωνίτη υπήρξε συνεχές. Τό έργο ολοκληρώθηκε μετεκλογικά και μέ τή σύμφωνη γνώμη του άρμοδίου ύπουργού κ. Κ. Ζέπου.

| | | | |
|-----|----------------------------------------------|-----|------------------------------------------|
| 285 | 9. Ο ήλεκτρονόμος στο σπίτι | 285 | A. ΦΥΣΙΚΗ |
| 29 | 10. Μεταλλικές βολάντες | 29 | I. ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ |
| 33 | 11. Το ηλεκτρικό καλώδιο | 33 | 1. Ύψος |
| 37 | 12. Το ηλεκτρικό ρεύμα παράγει μηχανικό έργο | 37 | 2. Ένταση |
| 39 | 13. Ηλεκτρομαγνήτες και οι εφαρμογές τους | 39 | 3. Ποταμότητα - Υψόμετρο - Πλάτος |
| 41 | 14. Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή | 41 | II. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ |
| 42 | 15. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 42 | 1. Ο ήχος. Μία άπειρη ποσότητα ενέργειας |
| 43 | 16. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 43 | 2. Ένταση και ύψος του ήχου |
| 44 | 17. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 44 | 3. Η διάδοση του ήχου |
| 45 | 18. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 45 | 4. Ανάκλαση των ήχων |
| 46 | 19. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 46 | 5. Μονοκύβητος και δίσκος |
| 47 | 20. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 47 | 6. Φωνητική όργανα και όργανα άκουσης |
| 48 | 21. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 48 | 7. Ηχηρμία και ήχου |
| 49 | 22. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 49 | III. ΟΠΤΙΚΗ |
| 50 | 23. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 50 | 1. Το φως στη ζωή μας |
| 51 | 24. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 51 | 2. Το φως |
| 52 | 25. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 52 | 3. Το φως |
| 53 | 26. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 53 | 4. Το φως |
| 54 | 27. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 54 | 5. Το φως |
| 55 | 28. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 55 | 6. Το φως |
| 56 | 29. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 56 | 7. Το φως |
| 57 | 30. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 57 | 8. Το φως |
| 58 | 31. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 58 | 9. Το φως |
| 59 | 32. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 59 | 10. Το φως |
| 60 | 33. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 60 | 11. Το φως |
| 61 | 34. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 61 | 12. Το φως |
| 62 | 35. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 62 | 13. Το φως |
| 63 | 36. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 63 | 14. Το φως |
| 64 | 37. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 64 | 15. Το φως |
| 65 | 38. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 65 | 16. Το φως |
| 66 | 39. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 66 | 17. Το φως |
| 67 | 40. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 67 | 18. Το φως |
| 68 | 41. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 68 | 19. Το φως |
| 69 | 42. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 69 | 20. Το φως |
| 70 | 43. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 70 | 21. Το φως |
| 71 | 44. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 71 | 22. Το φως |
| 72 | 45. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 72 | 23. Το φως |
| 73 | 46. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 73 | 24. Το φως |
| 74 | 47. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 74 | 25. Το φως |
| 75 | 48. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 75 | 26. Το φως |
| 76 | 49. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 76 | 27. Το φως |
| 77 | 50. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 77 | 28. Το φως |
| 78 | 51. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 78 | 29. Το φως |
| 79 | 52. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 79 | 30. Το φως |
| 80 | 53. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 80 | 31. Το φως |
| 81 | 54. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 81 | 32. Το φως |
| 82 | 55. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 82 | 33. Το φως |
| 83 | 56. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 83 | 34. Το φως |
| 84 | 57. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 84 | 35. Το φως |
| 85 | 58. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 85 | 36. Το φως |
| 86 | 59. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 86 | 37. Το φως |
| 87 | 60. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 87 | 38. Το φως |
| 88 | 61. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 88 | 39. Το φως |
| 89 | 62. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 89 | 40. Το φως |
| 90 | 63. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 90 | 41. Το φως |
| 91 | 64. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 91 | 42. Το φως |
| 92 | 65. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 92 | 43. Το φως |
| 93 | 66. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 93 | 44. Το φως |
| 94 | 67. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 94 | 45. Το φως |
| 95 | 68. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 95 | 46. Το φως |
| 96 | 69. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 96 | 47. Το φως |
| 97 | 70. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 97 | 48. Το φως |
| 98 | 71. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 98 | 49. Το φως |
| 99 | 72. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 99 | 50. Το φως |
| 100 | 73. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 100 | 51. Το φως |
| 101 | 74. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 101 | 52. Το φως |
| 102 | 75. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 102 | 53. Το φως |
| 103 | 76. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 103 | 54. Το φως |
| 104 | 77. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 104 | 55. Το φως |
| 105 | 78. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 105 | 56. Το φως |
| 106 | 79. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 106 | 57. Το φως |
| 107 | 80. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 107 | 58. Το φως |
| 108 | 81. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 108 | 59. Το φως |
| 109 | 82. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 109 | 60. Το φως |
| 110 | 83. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 110 | 61. Το φως |
| 111 | 84. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 111 | 62. Το φως |
| 112 | 85. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 112 | 63. Το φως |
| 113 | 86. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 113 | 64. Το φως |
| 114 | 87. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 114 | 65. Το φως |
| 115 | 88. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 115 | 66. Το φως |
| 116 | 89. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 116 | 67. Το φως |
| 117 | 90. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 117 | 68. Το φως |
| 118 | 91. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 118 | 69. Το φως |
| 119 | 92. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 119 | 70. Το φως |
| 120 | 93. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 120 | 71. Το φως |
| 121 | 94. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 121 | 72. Το φως |
| 122 | 95. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 122 | 73. Το φως |
| 123 | 96. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 123 | 74. Το φως |
| 124 | 97. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 124 | 75. Το φως |
| 125 | 98. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 125 | 76. Το φως |
| 126 | 99. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 126 | 77. Το φως |
| 127 | 100. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 127 | 78. Το φως |
| 128 | 101. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 128 | 79. Το φως |
| 129 | 102. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 129 | 80. Το φως |
| 130 | 103. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 130 | 81. Το φως |
| 131 | 104. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 131 | 82. Το φως |
| 132 | 105. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 132 | 83. Το φως |
| 133 | 106. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 133 | 84. Το φως |
| 134 | 107. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 134 | 85. Το φως |
| 135 | 108. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 135 | 86. Το φως |
| 136 | 109. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 136 | 87. Το φως |
| 137 | 110. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 137 | 88. Το φως |
| 138 | 111. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 138 | 89. Το φως |
| 139 | 112. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 139 | 90. Το φως |
| 140 | 113. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 140 | 91. Το φως |
| 141 | 114. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 141 | 92. Το φως |
| 142 | 115. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 142 | 93. Το φως |
| 143 | 116. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 143 | 94. Το φως |
| 144 | 117. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 144 | 95. Το φως |
| 145 | 118. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 145 | 96. Το φως |
| 146 | 119. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 146 | 97. Το φως |
| 147 | 120. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 147 | 98. Το φως |
| 148 | 121. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 148 | 99. Το φως |
| 149 | 122. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 149 | 100. Το φως |
| 150 | 123. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 150 | 101. Το φως |
| 151 | 124. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 151 | 102. Το φως |
| 152 | 125. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 152 | 103. Το φως |
| 153 | 126. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 153 | 104. Το φως |
| 154 | 127. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 154 | 105. Το φως |
| 155 | 128. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 155 | 106. Το φως |
| 156 | 129. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 156 | 107. Το φως |
| 157 | 130. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 157 | 108. Το φως |
| 158 | 131. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 158 | 109. Το φως |
| 159 | 132. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 159 | 110. Το φως |
| 160 | 133. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 160 | 111. Το φως |
| 161 | 134. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 161 | 112. Το φως |
| 162 | 135. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 162 | 113. Το φως |
| 163 | 136. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 163 | 114. Το φως |
| 164 | 137. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 164 | 115. Το φως |
| 165 | 138. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 165 | 116. Το φως |
| 166 | 139. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 166 | 117. Το φως |
| 167 | 140. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 167 | 118. Το φως |
| 168 | 141. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 168 | 119. Το φως |
| 169 | 142. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 169 | 120. Το φως |
| 170 | 143. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 170 | 121. Το φως |
| 171 | 144. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 171 | 122. Το φως |
| 172 | 145. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 172 | 123. Το φως |
| 173 | 146. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 173 | 124. Το φως |
| 174 | 147. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 174 | 125. Το φως |
| 175 | 148. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 175 | 126. Το φως |
| 176 | 149. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 176 | 127. Το φως |
| 177 | 150. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 177 | 128. Το φως |
| 178 | 151. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 178 | 129. Το φως |
| 179 | 152. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 179 | 130. Το φως |
| 180 | 153. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 180 | 131. Το φως |
| 181 | 154. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 181 | 132. Το φως |
| 182 | 155. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 182 | 133. Το φως |
| 183 | 156. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 183 | 134. Το φως |
| 184 | 157. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 184 | 135. Το φως |
| 185 | 158. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 185 | 136. Το φως |
| 186 | 159. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 186 | 137. Το φως |
| 187 | 160. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 187 | 138. Το φως |
| 188 | 161. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 188 | 139. Το φως |
| 189 | 162. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 189 | 140. Το φως |
| 190 | 163. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 190 | 141. Το φως |
| 191 | 164. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 191 | 142. Το φως |
| 192 | 165. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 192 | 143. Το φως |
| 193 | 166. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 193 | 144. Το φως |
| 194 | 167. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 194 | 145. Το φως |
| 195 | 168. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 195 | 146. Το φως |
| 196 | 169. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 196 | 147. Το φως |
| 197 | 170. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 197 | 148. Το φως |
| 198 | 171. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 198 | 149. Το φως |
| 199 | 172. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 199 | 150. Το φως |
| 200 | 173. Ηλεκτρομαγνητική κίνηση | 200 | 151. Το φως |

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 κοκκίες σας, για να μάθετε τα μυστικά τους! Αδτή 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 θά ήταν αδιάφορος κι ο κόσμος δέ θά πρόκοβε.

Φέτος λοιπόν στο μάθημα της φυσικής και της χημείας θά έρευνήσετε μόνοι σας ν' ανακαλύψετε τά μεγάλα μυστικά της φύσης, γιατί μόνο ή γνώση που αποχτούμε μόνοι μας έχει αξία. Βέβαια θά σας βοηθήσει και ο δάσκαλός σας και τό βιβλίο που έχετε στα χέρια σας. Όμως θά θέλαμε μέ τη δική σας κυρίως προσπάθεια να μάθετε αυτά τά μυστικά. Νά παρατηρείτε μέ προσοχή τό καθετί που υπάρχει γύρω σας, νά κάνετε πειράματα — έτσι δέν κάνουν κι οί επιστήμονες; — νά διατυπώσετε τίς υπόθέσεις σας και νά βγάλετε τά συμπεράσματά σας.

Είπαμε πιο πάνω πώς τό φετινό βιβλίο θά σας βοηθήσει σ' αυτή τήν έρευνητική σας προσπάθεια. Όμως θά σας εμπιστευτούμε ένα μικρό μυστικό. Τό βιβλίο σας είναι έτσι γραμμένο, ώστε νά μή μπορέιτε νά τό άποστηθίσετε, γιατί γνώσεις που παπαγαλίζονται είναι άχρηστες γνώσεις. Μήν προσπαθήσετε λοιπόν κάτι τέτοιο, άφού ούτε και ο δάσκαλός σας θά σας τό ζητήσει.

Καλή επιτυχία!

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | Σελ. | Σελ. |
|-------------------------------------------------------------------|------|------|
| A. ΦΥΣΙΚΗ | | |
| I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ | | |
| 1. Ύλη | 8 | |
| 2. Ενέργεια | 9 | |
| 3. Παρατήρηση - Ύποθεση - Πείραμα | 11 | |
| II. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ | | |
| 1. Ό Ήχος. Μιά άλλη μορφή ενέργειας .. | 12 | |
| 2. Ένταση και ύψος του ήχου | 14 | |
| 3. Η διάδοση του ήχου | 16 | |
| 4. Ανάκλαση των ήχητικων κυμάτων | 21 | |
| 5. Μουσικοί ήχοι και όργανα | 23 | |
| 6. Φωνητικά όργανα και όργανα άκοης .. | 26 | |
| 7. Ήχοληψία και άναπαραγωγή του ήχου .. | 28 | |
| III. ΟΠΤΙΚΗ | | |
| 1. Τό φώς στή ζωή μας | 30 | |
| 2. Τό φώς, ενέργεια πού άκτινοβολείται .. | 30 | |
| 3. Η ταχύτητα του φωτός | 34 | |
| 4. Τό φώς διαδίδεται εϋθύγραμμο | 35 | |
| 5. Τό φώς συναντάει τά υλικά σώματα | 38 | |
| 6. Τά επίπεδα κάτοπτρα και τά είδωλά τους .. | 41 | |
| 7. Σφαιρικά κάτοπτρα | 44 | |
| 8. Η διάθλαση του φωτός | 46 | |
| 9. Οί φακοί και τά είδωλά τους. Τό μάτι μας .. | 49 | |
| 10. Χρώματα κρυμμένα στό λευκό φώς | 52 | |
| 11. Φώς πού δέν βλέπουμε | 53 | |
| 12. Τό χρώμα των σωμάτων | 54 | |
| 13. Ύπάρχουν δύο θεωρίες γιά τό φώς | 56 | |
| 14. Τό φώς είναι κύματα | 57 | |
| 15. Τό φώς είναι σωμάτια | 58 | |
| 16. Τό φώς είναι και σωμάτια και κύματα .. | 60 | |
| IV. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ | | |
| 1. Ύλικά σώματα ηλεκτρίζονται μέ τριβή .. | 62 | |
| 2. Θετικά και άρνητικά φορτία | 64 | |
| 3. Άτομα, πρωτόνια και ηλεκτρόνια | 66 | |
| 4. Τό ηλεκτροσκόπιο. Καλοί και κακοί άγωγοί του ηλεκτρισμού | 68 | |
| 5. Ό στατικός ηλεκτρισμός γύρω μας | 72 | |
| 6. Τό ηλεκτρικό ρεύμα και οί πηγές του .. | 74 | |
| 7. Ένα άπλό κύκλωμα | 76 | |
| 8. Μονάδες του ηλεκτρικού ρεύματος | 79 | |
| 9. Ό ηλεκτρισμός στό σπίτι | 80 | |
| 10. Μαγνητικές δυνάμεις | 83 | |
| 11. Τό μαγνητικό πεδίο | 85 | |
| 12. Τό ηλεκτρικό ρεύμα παράγει μαγνητικό πεδίο | 88 | |
| 13. Ήλεκτρομαγνήτες και οί εφαρμογές τους .. | 90 | |
| 14. Μαγνητισμός των άτόμων | 92 | |
| 15. Ήλεκτρομαγνητική άπαγωγή | 95 | |
| 16. Ήλεκτρομαγνητικά κύματα | 97 | |
| V. ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ | | |
| 1. Ό αιώνας μας, αιώνας του άτόμου | 100 | |
| 2. Τά άτομα και ή δομή τους | 100 | |
| 3. Έξερευνώνας τον πυρήνα | 102 | |
| 4. Η ύλη άποτελείται από πολλά είδη άτόμων | 104 | |
| 5. Πυρήνες πού διασπώνται από μόνοι τους : | 106 | |
| ραδιενέργεια | 106 | |
| 6. Πυρήνες πού διασπώνται τεχνητά : σχάση | 108 | |
| B. ΧΗΜΕΙΑ | | |
| A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ | | |
| 1. Μόρια και άτομα | 112 | |
| 2. Χημικές ενώσεις και χημικός δεσμός .. | 114 | |
| 3. Η οργανική χημεία και ό άνθρακας .. | 119 | |
| B. ΚΑΥΣΙΜΑ: ΓΑΙΑΝΘΡΑΚΕΣ, | | |
| ΦΩΤΑΕΡΙΟ, ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ | 120 | |
| 1. Στερεά καύσιμα | 120 | |
| 2. Τά άέρια καύσιμα | 123 | |
| 3. Τό πετρέλαιο | 124 | |
| 4. Η ρύπανση τής άτμόσφαιρας από τά καύσιμα | 127 | |
| Γ. ΣΑΚΧΑΡΑ, ΛΙΠΗ, ΠΡΩΤΕΪ-Ι-ΝΕΣ: | | |
| Άπαραίτητα καύσιμα γιά τον άνθρωπο .. | 129 | |
| 1. Σάκχαρα | 129 | |
| 2. Ένζυμα | 132 | |
| 3. Λίπη | 137 | |
| 4. Πρωτεΐνες | 138 | |
| 5. Βιταμίνες, άνόργανα άλατα, όρμόνες .. | 140 | |
| A. ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΙΝΕΣ | 142 | |
| E. ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ | 144 | |
| Z. ΦΑΡΜΑΚΑ | 144 | |
| H. Η ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΜΑΣ ΖΩΗ | 145 | |
| BΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 149 | |
| EΥΡΕΤΗΡΙΟ | 151 | |

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

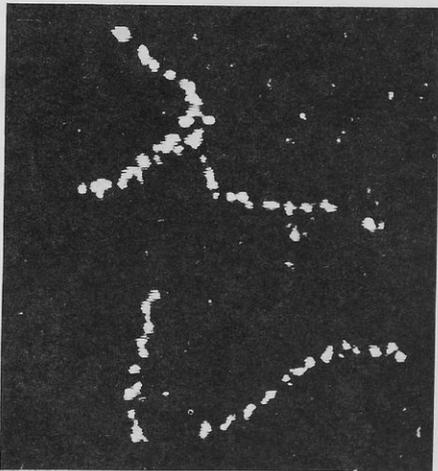
1. Ύλη

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.

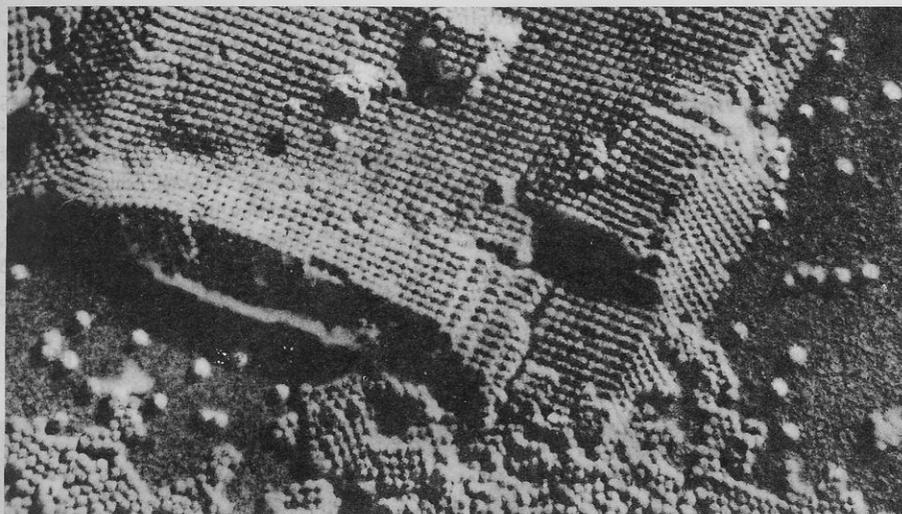
Η ύλη αποτελείται από πάρα πολύ μικρά κομματάκια ή, αλλιώς, από σωματίδια, που τα ονομάζουμε **μόρια**. Τα μόρια είναι τόσο μικρά, ώστε δεν μπορούμε να τα δούμε. Μέσα σε μία δαχτυλήθρα νερό υπάρχουν πολλά δισεκατομμύρια μόρια νερού. Άκόμα και σ' έναν κόκκο κιμωλίας υπάρχουν δισεκατομμύρια μόρια κιμωλίας.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

Τό μόριο είναι τό μικρότερο σωματίδιο ενός είδους ύλης. Τό μόριο του νερού είναι τό μικρότερο σωματίδιο του νερού. Τό μόριο της κιμωλίας είναι τό μικρότερο σωματίδιο

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



Φωτογραφία άτόμων ενός χημικού στοιχείου, που λέγεται θόριο.



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

Ένας μικρός αριθμός ατόμων. Ίσαμε σήμερα γνωρίζουμε συνολικά περίπου 105 είδη ατόμων. Μέ τους διάφορους συνδυασμούς αυτών των ατόμων φτιάνονται μυριάδες μόρια, που αποτελούν μυριάδες είδη ύλης. Άφου τα μόρια είναι τόσο μικρά, σκεφτείτε πόσο πολύ μικρά είναι τα άτομα. Παρ' όλα αυτά, οί άνθρωποι κατάφεραν με ισχυρά ηλεκτρονικά μικροσκόπια να δούν ακόμη και μερικά από τα άτομα.

Άλλά και τα άτομα δέν είναι τά πιά μικρά σωματίδια τής ύλης. Ύστερα από πολλές μελέτες βρέθηκε ότι έχουν κι αυτά τή **δομή** τους. Έχουν στό κέντρο τους έναν **πυρήνα**, που αποτελείται από δύο ειδών σωματίδια, **πρωτόνια** και **νετρόνια**. Γύρω από τόν πυρήνα γυρίζουν πολύ γρήγορα τά **ηλεκτρόνια**, που δημιουργούν και τό σχήμα του ατόμου.

Έτσι μετά από συστηματικές και πολύχρονες προσπάθειες πολλών έπιστημόνων

φτάσαμε στό θαυμαστό συμπέρασμα ότι όλη ή ύλη στό φυσικό κόσμο γύρω μας άποτελείται από σωματίδια τριών μόνον ειδών : *πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια*. Φαίνεται ίσως άπίστευτο, είναι όμως άληθινό, ότι όλη ή τεράστια ποικιλία των πραγμάτων που βλέπουμε γύρω μας, τά ζωντανά και τά άψυχα, ή γή, ό ήλιος και τό φεγγάρι είναι φτιαγμένα από τούς συνδυασμούς τριών μόνον σωματιδίων.

Μπορούμε λοιπόν τελικά νά πούμε ότι :

Ή ύλη άποτελείται από μόρια, τά μόρια από άτομα και τά άτομα μέ τή σειρά τους από ηλεκτρόνια, πρωτόνια και νετρόνια.

2. Ένέργεια

Όπου και νά γυρίσουμε, βλέπουμε νά παράγεται **έργο**. Λέμε ότι *παράγεται έργο, όταν*

μιά δύναμη κάνει ένα αντικείμενο να μετακινείται σε κάποια απόσταση. "Αν τό πρωί ήρθαμε στό σχολείο μέ λεωφορείο, τό λεωφορείο έκανε κάποιο έργο. "Αν ήρθαμε μέ τά πόδια, τότε τό έργο τό κάναμε έμείς. "Έργο παράγουμε κάθε λεπτό. "Όταν εργαζόμαστε, όταν περπατούμε, ακόμη και όταν παίζουμε.

"Όταν ένα κομμάτι ύλης έχει τήν ικανότητα να παράγει έργο, λέμε ότι αυτό τό κομμάτι τής ύλης περιέχει **ένέργεια**. "Η ενέργεια είναι πολύ σπουδαίο πράγμα στόν κόσμο. "Η ενέργεια κάνει τήν ύλη να κινείται, κάνει τά φυτά να πρασινίζουν, τά ποτάμια να

κυλούν, τό σπίτι μας να ζεσταίνεται κι έμάς τούς ίδιους να μεγαλώνουμε. Τίποτα στόν κόσμο δέ γίνεται χωρίς ενέργεια.

"Η ενέργεια παρουσιάζεται μέ διάφορες μορφές. Τά κινούμενα αντικείμενα έχουν *κινητική ενέργεια*. Τά φυτά μεγαλώνουν μέ τήν *ήλιακή ενέργεια*. Πολλές συσκευές στό σπίτι μας δουλεύουν μέ *ηλεκτρική ενέργεια*. Τά καύσιμα, όπως ή βενζίνη και τό κάρβουνο, έχουν *χημική ενέργεια*. Στο βιβλίο μας αυτό θά γνωρίσουμε καλύτερα μερικές από τίς μορφές τής ενέργειας.

Κάθε μεταβολή πού παρατηρούμε



* Η κινητική ενέργεια τού ανέμου κινεί τά ιστιοφόρα.

γύρω μας περιλαμβάνει μεταφορά καί αλλαγή τής ενέργειας από μιά μορφή σέ άλλη.

Ἡ χημική ἐνέργεια τῆς βενζίνης, πού κáι-
γεται στόν κινητήρα ἑνός αὐτοκινήτου, μετα-
τρέπεται σέ μηχανική ἐνέργεια, πού κινεῖ τό
αὐτοκίνητο. Ἡ ἠλεκτρική ἐνέργεια στό μάτι
μιάς ἠλεκτρικῆς κουζίνας μετατρέπεται σέ
θερμική ἐνέργεια, πού βράζει τό φαγητό. Τό
νερό πού πέφτει στούς καταρράκτες ἔχει κι-
νητική ἐνέργεια, πού μετατρέπεται σέ ἠλε-
κτρική στό ἐργοστάσιο παραγωγῆς ἠλεκτρι-
κῆς ἐνέργειας.

Μέ προσεκτική παρατήρηση τῶν διαφό-
ρων μεταβολῶν, πού συμβαίνουν στή φύση,
οἱ ἐπιστήμονες ἀνακάλυψαν μιά σπουδαία
ιδιότητα τῆς ἐνέργειας. Σ' ὅλες αὐτές τίς
μεταβολές ἡ ἐνέργεια μπορεῖ νά μεταφέρε-
ται ἀπό ἓνα ὑλικό σῶμα σ' ἓνα ἄλλο ἢ
ν' ἀλλάζει μορφές, ἀλλά οὔτε δημιουργεῖται
οὔτε καταστρέφεται. Αὐτή τῆ σπουδαία ιδιό-
τητα τήν ὀνομάζουμε **διατήρηση τῆς ἐνέρ-
γεια**s.

Τά περισσότερα φαινόμενα, πού παρατη-
ροῦμε γύρω μας, εἶναι πολύπλοκα. Ἐνα κομ-
μάτι ὕλης, πού παίρνει ἐνέργεια ἀπό κάπου,
μπορεῖ νά τῆ δώσει πάλι ὄχι μόνο σέ πολλά
ἄλλα κομμάτια ὕλης ἀλλά καί μέ πολλές μορ-
φές. Πολλές φορές εἶναι δύσκολο νά ἀνα-
γνωρίσουμε ὅλες τίς μορφές ἐνέργειας πού
δίνει. Ξέρουμε ὅμως ὅτι ὅση ἐνέργεια δί-
νομε, τόση ἐνέργεια παίρνομε, γιατί ἡ ἐνέρ-
γεια οὔτε αὐξάνεται οὔτε χάνεται.

3. Παρατήρηση - Ὑπόθεση - Πείραμα

Ἀπό μικρά παιδιά συνέχεια κοιτάζουμε
γύρω μας τόν κόσμο, πού μᾶς περιβάλλει.
Μέσα στήν τάξη μας βλέπουμε τό δάσκαλο,
τούς συμμαθητές μας, τά θρανία καί τόν
πόνο. Στή φύση βλέπομε τά πουλιά, τά
δέντρα, τό φεγγάρι, τῆ βροχή, τά βουνά καί

τίς πεδιάδες. *Τό νά βλέπουμε ὅμως κάτι εἶ-
ναι διαφορετικό ἀπό τό νά τό παρατηροῦμε.*
Τυχαίνει νά ἔχουμε δεῖ ἓνα ἀντικείμενο ἢ
ἓνα φαινόμενο πολλές φορές, ἀλλά ὅταν θελή-
σουμε νά τό περιγράψουμε, δέ μποροῦμε.
Ὅταν ὅμως παρατηρήσουμε κάτι μέ προσοχή,
μποροῦμε εὐκόλα νά περιγράψουμε τίς ιδιό-
τητές του. Μποροῦμε νά περιγράψουμε τό
σχήμα, τό χρῶμα, τήν ὄσμή καί τό μέγεθος
του.

Μέ τήν **παρατήρηση** γεννιοῦνται καί διά-
φορα ἐρωτήματα, γιατί θέλομε νά ἐξηγήσουμε
αὐτό πού παρατηροῦμε. Γιατί βρέχει; Πόσο
μακριά εἶναι τό φεγγάρι; Γιατί λιώνει ὁ πά-
γος; Ἡ παρατήρηση καί τά ἐρωτήματα εἶναι
ἡ ἀρχή γιά νά γνωρίσουμε τή φύση. Γιά νά
ἀπαντήσουμε στό ἐρωτηματά μας, συνήθως κά-
νομε διάφορες **ὑποθέσεις**, δηλαδή βρῖσκουμε
διάφορες ἀπαντήσεις, πού μᾶς φαίνονται λο-
γικές. Πῶς ὅμως μποροῦμε νά βεβαιωθοῦμε
ὅτι μιά ὑπόθεση, πού ἐξηγεῖ μιά παρατήρησή
μας, εἶναι σωστή ἢ νά διαλέξουμε ἀνάμεσα
σέ δύο διαφορετικές ὑποθέσεις; Χρειάζεται
γι' αὐτό νά παρατηρήσουμε φαινόμενα, πού
ἐμεῖς οἱ ἴδιοι δημιουργοῦμε γι' αὐτό τό σκο-
πό, νά κάνουμε δηλαδή **πειράματα**. Ξαναδια-
βάζοντας τώρα τό βιβλίο τοῦ περασμένου
χρόνου μπορεῖτε νά βρεῖτε πῶς μ' αὐτό τόν
τρόπο μελετήσατε πολλά φυσικά καί χημικά
φαινόμενα. Ἡ παρατήρηση, ἡ ὑπόθεση καί
τό πείραμα λοιπόν προχωροῦν χέρι χέρι.
Συνήθως ἡ μελέτη ἑνός φαινομένου ἀρχίζει
μέ μιά παρατήρηση, πού μᾶς κεντρίζει τό
ἐνδιαφέρον. Γιά νά καταλάβουμε τό φαινό-
μενο καί νά ἀπαντήσουμε στό ἐρωτηματά πού
μᾶς γεννιοῦνται, κάνουμε ὑποθέσεις καί ἐλέγ-
χουμε τίς ὑποθέσεις μας μέ πειράματα. Πολλές
φορές, ὅταν κάνουμε ἓνα πείραμα, παρατηροῦ-
με νέα φαινόμενα καί κάνουμε γι' αὐτά νέες
ὑποθέσεις καί νέα πειράματα. Ἐτσι, βῆμα
βῆμα, μέ τήν παρατήρηση, τήν ὑπόθεση καί
τό πείραμα προχωροῦμε στήν ἐξερεύνηση
τῆς φύσης, μέ ἄλλα λόγια προχωροῦμε στή
γνώση τῆς *φυσικῆς* καί τῆς *χημείας*.

II. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

1. Ό ήχος. Μιά άλλη μορφή ενέργειας

Έχετε μάθει ότι στο φυσικό κόσμο πού μās περιβάλλει ύπάρχει ύλη καί ενέργεια. Ή ενέργεια βρίσκεται σέ πολλές μορφές καί ίσως σās ζαφνιαίσει ότι ό ήχος είναι μία απ' αυτές τίς μορφές. Ή ενέργεια όμως εκδηλώνεται στή φύση μέ κάποια κίνηση τής ύλης. Τί σχέση μπορεί νά έχει μέ τόν ήχο ; Μέ άλλα λόγια, ποιά κίνηση στό φυσικό μας περιβάλλον συνδέεται μέ τό φαινόμενο του ήχου, καί πώς μπορούμε νά τό ανακαλύψουμε αυτό κάνοντας άπλές παρατηρήσεις γύρω μας ; Τήν άπάντηση σ' αυτές τίς ερωτήσεις θά προσπαθήσουμε νά βρούμε στή συνέχεια.

*Ήχους άκούμε διαρκώς γύρω μας κι έχουμε μάθει μέ τήν άκοή μας νά τούς ξεχωρίζουμε καί νά αναγνωρίζουμε άπό πού έρχονται. Καταλαβαίνουμε τή φωνή ενός φίλου, τό βούισμα ενός κουνουπιού, τόν ήχο ενός μουσικού όργάνου, άκούμε ένα αυτοκίνητο πού περνάει καί δέν τό βλέπουμε, τό τρίξιμο τής κιμωλίας επάνω στόν πίνακα. Τί είναι εκείνο πού προκαλεί αυτούς τούς ήχους καί άπό ποιές ιδιότητες τούς ξεχωρίζουμε ;

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστείτε έναν πλαστικό χάρακα μέ μήκος 20 ως 30 εκατοστά του μέτρου.

1) Άκουμπήστε τό χάρακα επάνω στό θρανίο, ώστε ό μισός ή λίγο παραπάνω νά βρίσκεται έξω άπό τό θρανίο.

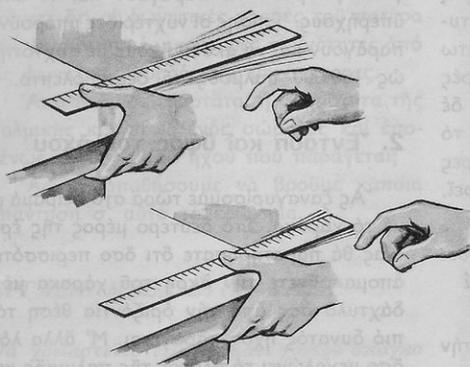
Κρατήστε μέ δύναμη τό μέρος του χάρακα πού βόσκειται επάνω στό θρανίο, πατήστε τήν άλλη άκρη του καί αφήστε την άπότομα, ώστε ν' άρχίσει νά κινείται πάνω κάτω.

Άκούτε ήχο; Πότε σταματάει ;

2) Επανάλαβετε μερικές φορές τό προηγούμενο πείραμα, κάθε φορά μέ διαφορετική δύναμη στήν ελεύθερη άκρη του χάρακα. Τί ξεχωρίζει τούς ήχους πού παράγονται ;

3) Τραβήξτε λίγο τό χάρακα προς τά μέσα, ώστε τό κομμάτι πού είναι έξω άπό τό θρανίο νά είναι τό μισό περίπου άπό ό,τι στήν προηγούμενη εργασία καί κάντε πάλι τήν άκρη του χάρακα νά κινείται. Είναι ό ήχος διαφορετικός; Βλέπετε καμιά διαφορά στήν κίνηση του χάρακα ; Είναι πύο γρήγορη ή πύο άργή ;

4) Δοκιμάστε τώρα κάτι άλλο. Πάρτε ένα



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ἡ παλμική κίνηση τοῦ χάρακα παράγει ἦχο. Στὸ τύμπανο ὁ ἦχος παράγεται ἀπὸ τὴν παλμική κίνηση τῆς μεμβράνης πού φανερῶνεται μὲ τὴν ἄμμο πού χοροπηδαίει.

τύμπανο καὶ χτυπήστε το δυνατὰ. Ἀκοῦστε τὸν ἦχο πού ἔρχεται ἀπὸ τὸ τύμπανο καὶ ἀκουμπήστε μὲ προσοχή τὸ δάχτυλό σας στὴν τενωμένη μεμβράνη. Τί αἰσθάνεστε; Σκορπίστε λίγη ἄμμο πάνω στὸ τύμπανο καὶ χτυπήστε το. Τί παρατηρεῖτε; Ἐπαναλάβετε τὸ πείραμα μερικὲς φορές χτυπώντας λιγότερο ἢ περισσότερο δυνατὰ. Τί παρατηρεῖτε;

λοῦν. Ὄταν ἀκουμπήσετε τὸ χέρι σας σ' ἕνα ραδιόφωνο πού παίζει, θὰ αἰσθανθεῖτε τὴν παλμική κίνηση. Στὸ δρόμο, ὅταν περάσει δίπλα σας μὲ θόρυβο ἕνα βαρὺ φορτηγὸ, αἰσθάνεστε τὸ ἔδαφος νὰ τρέμει κάτω ἀπὸ τὰ πόδια σας. Πολλὲς φορές μπορούμε ν' ἀντιληφθοῦμε συγχρόνως τοὺς ἦχους καὶ τίς παλμικὲς κινήσεις πού τοὺς συνοδεύουν, ὅπως στὰ προηγούμενα παραδείγματα. Ἄλλες φορές ὅμως δὲν εἶναι δυνατόν ν' ἀντιληφθοῦμε τίς παλμικὲς κινήσεις πού παράγουν ἕναν ἦχο. Πάντοτε ὅμως πρέπει νὰ εἴμαστε βέβαιοι ὅτι, ὅταν ἀκοῦμε κάτι, ἔπαρχει κάποιον ἄλλο σῶμα πού κάνει παλμικὲς κινήσεις.

Μέ τίς παραπάνω παρατηρήσεις μπορεῖτε τώρα νὰ ὑποπευθεῖτε ὅτι κάθε φορά πού ἕνα ὑλικὸ σῶμα κινεῖται πάνω κάτω ἢ ἐμπρός πίσω παράγει ἦχο. Λέμε ὅτι τὸ σῶμα, σὲ παράδειγμα μας ὁ χάρακας ἢ τὸ τύμπανο, κάνει **παλμική κίνηση**. Ὅπως παρατηροῦμε, ὅταν σταματάει ἡ παλμική κίνηση, σταματᾷ καὶ ὁ ἦχος. Τώρα πού ἔχετε κάνει αὐτὴ τὴν παρατήρηση μπορεῖτε ἴσως νὰ θυμηθεῖτε τοὺς διάφορους ἦχους πού ἀκοῦτε κάθε μέρα στὸ σπίτι, στὸ δρόμο ἢ στὸ σχολεῖο καὶ νὰ σκεφτεῖτε ποιὲς παλμικὲς κινήσεις τοὺς προκα-

κάνουν τὰ ὑλικά σῶματα παράγει ἕναν ἦχο, παρ' ὅλο πού ἐμεῖς δὲν τὸν ἀκοῦμε πάντοτε. Δοκιμάστε νὰ κινήσετε τὸ δάχτυλό σας δεξιά ἀριστερά, ὅσο γρήγορα γίνεται. Αὐτὴ εἶναι μιὰ παλμική κίνηση σάν κι ἐκείνη πού ἔκανε ὁ χάρακας πού εἶχατε στηρίξει στὸ τραπέζι. Ὅσο παρᾶξενο κι ἂν σᾶς φαίνεται, ὅση ὥρα τὸ δάχτυ-

λό σας κινείται, παράγεται ήχος αλλά έσεις δέν άκούτε τίποτα. Για ν' άκουστεί ό ήχος από τόν άνθρωπο, πρέπει ή παλμική κίνηση νά είναι άρκετά γρήγορη. Πρέπει τό δάχτυλό σας ή ό χάρακας νά κινήθουν πάνω κάτω ή δεξιά άριστερά περισσότερο από 16 φορές τό δευτερόλεπτο. Καταλαβαίνετε ότι δέ μπορεί νά κινήθει 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 παρατηρείτε για άρκετό χρόνο τήν παλμική κίνηση πού κάνει ένα υλικό σώμα, αυτό πού βλέπετε είναι μιά σειρά από όμοιες κινήσεις πού επαναλαμβάνονται. Καθεμιά άπ' αυτές όνομάζεται **παλμός**. Ό αριθμός τών παλμών πού γίνονται σ' ένα δευτερόλεπτο είναι ένα πολύ σημαντικό μέγεθος, πού όνομάζεται **συχνότητα**. Τώρα πού μάθατε τί είναι συχνότητα, μπορείτε νά περιγράψετε μέ πιό έπιστημονικό τρόπο τούς ήχους πού μπορεί ν' άκούσει ό άνθρωπος. Είναι εκείνοι πού έχουν συχνότητα μεγαλύτερη από 16 παλμούς περίπου τό δευτερόλεπτο. Όσοι ήχοι έχουν συχνότητα μικρότερη άπ' αυτήν όνομάζονται **υπόήχοι** και ό άνθρωπος δέ μπορεί νά τούς άκούσει. Μπορεί επίσης νά σάς γεννηθεί ή άπορία, άν έχουμε άκούσει ήχους μέ συχνότητα πολλά έκατομμύρια παλμούς τό δευτερόλεπτο. Η άπάντηση είναι ότι δέ μπορούμε ν' άκούσουμε ήχους μέ συχνότητα μεγαλύτερη από 20.000 παλμούς τό δευτερόλεπτο. Όσοι έχουν μεγαλύτερη συχνότητα άπ' αυτήν όνομάζονται **υπέρηχοι** και ποτέ δέν τούς έχει άκούσει αυτή άνθρωπου. Είναι κι αυτό ένα παράδειγμα ενός 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.

Οι σκύλοι άκούν ήχους μέ συχνότητες ώς 40.000 παλμούς τό δευτερόλεπτο και τά δελφίνια μπορούν νά παράγουν και ν' άκούν υπερήχους. Επίσης οι νυχτερίδες μπορούν νά παράγουν και νά άκούν ήχους μέ συχνότητες ώς 100.000 παλμούς τό δευτερόλεπτο.

2. Ένταση και ύψος του ήχου

Άς ζαναγουρίσουμε τώρα στό πείραμά μας μέ τό χάρακα. Στο δεύτερο μέρος τής εργασίας θά παρατηρήσετε ότι όσο περισσότερο άπομακρύνετε τήν άκρη του χάρακα μέ 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 κινήσεως πού τόν προκαλεί.

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

Οι ήχοι δέν διαφέρουν μόνο στήν ένταση. Στο τρίτο μέρος του πειράματός μας μέ τό χάρακα παρατηρήσατε ότι ό ήχος άκούγεται πιό λεπτός, όταν τό μήκος πού είναι έξω από τό θρανίο είναι μικρότερο. Αν κοιτάξετε προσεκτικά τήν κίνηση του χάρακα, θά δείτε ίσως ότι κάνει πιό γρήγορες παλμικές κινήσεις, δηλαδή έχει μεγαλύτερη συχνότητα. Η συχνότητα λοιπόν καθορίζει, άν ένας ήχος άκούγεται λεπτότερος ή βαρύτερος, καθορίζει όπωσδήποτε τό **ύψος** του ήχου. *Όσο πιό μεγάλη ή συχνότητα τόσο ύψηλότερος ό ήχος*. Μπορείτε εύκολα νά ξεχωρίσετε τή φωνή του πατέρα σας από τής μητέρας σας, γιατί ή γυναικεία φωνή έχει μεγαλύτερο ύψος από τήν άνδρική. Όπως όλοι οι ήχοι έτσι και ή φωνή παράγεται από παλμικές κινήσεις πού κάνουν οι φωνητικές χορδές πού έχουμε στό λάρυγγα.

Μπορείτε νά αισθανθείτε αυτές τίσ κινήσεις ἀκουμπώντας τά δάχτυλά σας στό λαιμό σας, καθώς μιλάτε ή τραγουδάτε. Τώρα καταλαβαίνετε ότι οί φωνητικές χορδές του πατέρα σας κινούνται μέ μικρότερες συχνότητες ἀπό τίσ φωνητικές χορδές τής μητέρας σας.

Ἐπίσης, ἀπό τί ὅμως ἐξαρτάται ἡ συχνότητα τής παλμικῆς κινήσεως ἑνός σώματος καί ἐπομένως τό ὕψος του ἤχου πού παράγεται;

Ἄς προσπαθήσουμε νά βροῦμε κάποια ἀπάντηση σ' αὐτό τό ἐρώτημα.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστείτε ἕνα κομμάτι χοιρτό σπάγκο (τό καλύτερο εἶναι χοιροδόνητο) καί ἕνα κομμάτι κλωστή.

1) Κρατήστε τή μιὰ ἄκρη του σπάγκου μέ τά δόντια σας καί τήν ἄλλη μέ τό ἕνα χέρι καί τεντώστε τον.

Μέ τό δάχτυλο του ἄλλου χεριοῦ χτυπήστε τό σπάγκο γιά ν' ἀκουστή ἤχος. Κάνετε τό ἴδιο μέ τό μισό μήκος του σπάγκου.

Ποῖος ἤχος ἔχει μεγαλύτερο ὕψος;

2) Ἐπαναλάβετε τό ἴδιο πείραμα πρῶτα μέ τό σπάγκο καί ἔπειτα μέ τήν κλωστή παίρνοντας ἕνα μήκος ἴσο μέ τό σπάγκο.

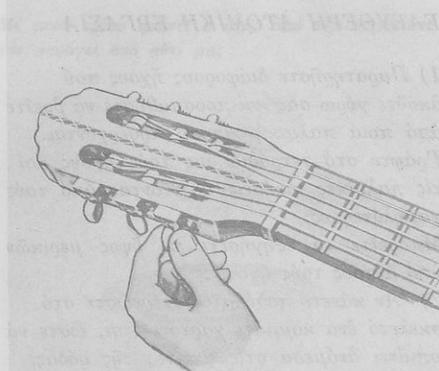
Ποῖος ἤχος ἔχει μεγαλύτερο ὕψος;

Ἐπίσης, ἀπό τό πρῶτο μέρος τής ἐργασίας διαπιστώσατε ότι τό μικρότερο κομμάτι σπάγκου παράγει ἤχο μέ μεγαλύτερο ὕψος, δηλαδή πάλ्लεται μέ μεγαλύτερη συχνότητα. Αὐτήν ἀκριβῶς τήν ιδιότητα χρησιμοποιεῖ ὁ βιολιστής, ὅταν μετακινεῖ τό δάχτυλο ἐπάνω στή χορδή. Τό μήκος πού πάλ्लεται ἀλλάζει καί ἔτσι παράγονται οἱ διάφοροι μουσικοί ἤχοι.

Στό δεύτερο μέρος τής ἐργασίας δέν θά δυσκολευθεῖτε νά βρεῖτε ότι ὁ ἤχος του σπάγκου ἦταν χαμηλότερος ἀπό τόν ἤχο τής κλωστής. Παρατηρήστε τώρα ότι ἡ κλωστή εἶναι πιό λεπτή ἀπό τό σπάγκο, ἀκριβέστερα ἔχει



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Τό ὕψος του ἤχου πού παράγει ὁ σπάγκος ἐξαρτάται ἀπό τό μήκος του.



Τεντώνοντας ἢ χαλαρώνοντας τίσ χορδές τής κιθάρας ἀλλάζουμε τό ὕψος του ἤχου πού παράγεται.

μικρότερη μάζα. Παρόμοιες παρατηρήσεις μπορείτε καλύτερα να κάνετε, αν βρείτε μία κιθάρα. Οί χοντρές χορδές δίνουν χαμηλούς ήχους, ενώ οί λεπτότερες δίνουν ύψηλους ήχους. Βγάζουμε λοιπόν τό συμπέρασμα ότι *ή συχνότητα μεγαλώνει όσο μικραίνει ή μάζα τής χορδής.*

Ή συχνότητα εξαρτάται επίσης από τό πόσο τεντωμένη είναι ή κλωστή. Μπορείτε κι αυτό νά τό έπαληθεύσετε πολύ καλά μέ τήν κιθάρα γυρίζοντας τά κλειδιά πού τεντώνουν ή χαλαρώνουν τίς χορδές. Τώρα πιά, αν κάποτε παρακολουθήσετε μία όρχήστρα πρίν άρχίσει νά παίζει, μπορείτε νά έξηγήσετε γιατί οί μουσικοί διορθώνουν τά κλειδιά τών βιολιών τους : θέλουν νά ταιριαζούν τίς συχνότητες τών μουσικών όργάνων τους.

Μάθαμε λοιπόν ότι ό ήχος παράγεται από παλμικές κινήσεις τών όλικών σωμάτων. Τό πύό σημαντικό μέγεθος σ' αυτή τήν κίνηση είναι ή συχνότητα, ό αριθμός τών παλμικών κινήσεων σ' ένα δευτερόλεπτο, πού καθορίζει και τό ύψος τού ήχου πού άκούμε. Τό πλάτος τής παλμικής κινήσεως καθορίζει τήν ένταση τού ήχου.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Παρατηρήστε διάφορους ήχους πού άκούτε γύρω σας και προσπαθήστε νά βρείτε από ποιά παλμική κίνηση προέρχονται.

Γράψτε στό τετράδιό σας τούς ήχους και τίς παλμικές κινήσεις άρχίζοντας από τούς χαμηλότερους.

Μπορείτε νά έξηγήσετε τό ύψος μερικών από αυτούς τούς ήχους ;

2) "Αν κάνετε ποδήλατο, στερεώστε στό σκελετό ένα κομμάτι χαρτόνι έτσι, ώστε νά μπαίνει ανάμεσα στίς άκτίνες τής ρόδας.

Καθώς θά τρέχετε, άκούτε ένα θόρυβο πού αλλάζει καθώς τό ποδήλατο αλλάζει ταχύτητα. Έξηγήστε ποιά ιδιότητα τού ήχου αλλάζει και γιατί.

3. Ή διάδοση τού ήχου

Καθώς κάθεστε στό δωμάτιό σας και διαβάσετε, άκούτε τή φωνή τού φίλου σας πού σάς καλεί άπ' έξω νά παίξετε. Όπως είδαμε στό προηγούμενο μάθημα, ό φίλος σας παράγει φωνή κάνοντας τίς φωνητικές χορδές του νά πάλλονται. Άλλά πώς φτάνει ώς τό αúτι σας ό ήχος ; Τό ίδιο μπορείτε νά άναρωτηθείτε και γιά τόν ήχο πού άκούτε από τίς παλμικές κινήσεις τού χάρακα, πού παρατηρήσαμε στό προηγούμενο μάθημα. Είναι μία έρώτηση πού γεννιέται πολλές φορές στή φυσική. Βλέπουμε δηλαδή σέ κάποιο σημείο νά συμβαίνει κάποιο φαινόμενο, οί φωνητικές χορδές τού φίλου σας πάλλονται, ό χάρακας κινείται πάνω κάτω. Τό άποτέλεσμα αúτων τών φαινομένων τό καταλαβαίνουμε ώς ήχο μέ τό αúτι μας σέ κάποια άπόσταση. Παίρουμε δηλαδή τήν πληροφορία ότι ό φίλος μας φωνάζει ή ότι ό χάρακας πάλλεται. Μέ ποίο τρόπο μεταδόθηκε αυτή ή πληροφορία ;

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστείτε μία οηχή λεκάνη μέ διάμετρο 30 ως 40 εκατοστά και ένα σταγονόμετρο.

Γεμίστε τή λεκάνη μέ νερό και περιμένετε, ώσπου τό νερό νά ήρεμήσει τελείως.

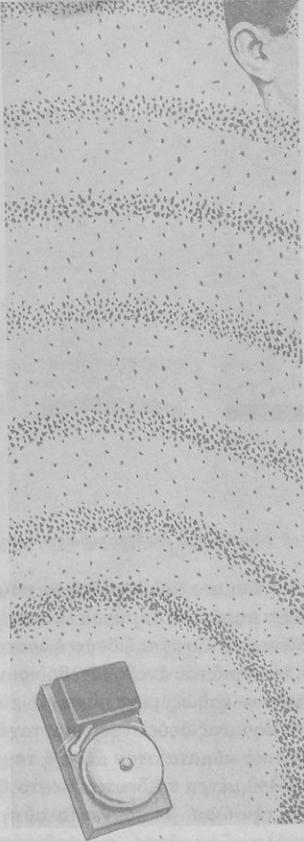
Άφήστε μέ προσοχή ένα λεπτό κομματάκι ξύλο, πού κόγατε από ένα σπίρτο, στήν επιφάνεια τού νερού, σέ κάποια άπόσταση από τό κέντρο τής λεκάνης. Άφήστε μία σταγόνα νερό νά πέσει στό κέντρο τής λεκάνης. Παρατηρήστε τί συμβαίνει στήν επιφάνεια τού νερού. Μπορεί νά χρειαστεί νά τό επαναλάβετε, γιά νά τό παρατηρήσετε προσεκτικά. Τί παρατηρείτε στήν επιφάνεια τού νερού και τί συμβαίνει στό ξύλο ;

Κάτι παρόμοιο μ' αυτό πού παρατηρήσατε θά έχετε ίσως δεί κι άλλες φορές, όταν

ρίχνετε μιά πέτρα στην ήρεμη επιφάνεια μιās λίμνης. Από τό σημείο πού πέφτει ή πέτρα, ή ή σταγόνα στην εργασία σας, ξεκινάει μιιά αναταραχή στην επιφάνεια του νερού, πού απλώνεται σάν ένας κύκλος πού μεγαλώνει συνεχώς καί σιγά σιγά σβήνει. Καθώς περνάει ό κύκλος από τό σημείο όπου είναι τό ξυλαράκι, τό κάνει νά άνεβοκατεβαίνει. Δημιουργήσαμε ένα κύμα, πού ξεκινάει από τό σημείο όπου πέφτει ή σταγόνα καί όταν φτάσει στή θέση πού είναι τό ξυλαράκι, τό κάνει νά άνεβοκατεβαίνει.

Μπορεί κάτι τέτοιο νά συμβαίνει μέ τόν ήχο; Στο προηγούμενο παράδειγμα έχουμε τό νερό ανάμεσα στό σημείο πού πέφτει ή σταγόνα καί στό ξυλαράκι. Άλλά τί υπάρχει ανάμεσα στό χάρακα καί στό ατί μας; Είναι ό άέρας. Είναι δύσκολο βέβαια νά δοϋμε κύματα στον άέρα, αλλά μπορούμε νά φανταστοϋμε πώς δημιουργούνται ξεροντας ότι ό άέρας άποτελείται από μόρια. Κοιτάζτε τήν εικόνα : καθώς ό χάρακας κινείται προς τά κάτω, σπρώχνει τά μόρια του άέρα καί δημιουργείται ένα πύκνωμα. Τά μόρια σ' αυτό τό πύκνωμα σπρώχνουν ατά πού βρίσκονται στό διπλανό τους στρώμα άέρα, πού μέ τή σειρά τους πυκνώνουν. Έτσι τό πύκνωμα μεταδίδεται μέσα στον άέρα, μέ τόν ίδιο τρόπο πού μιιά σπρωξιά σέ μιιά σειρά παιδιών φτάνει από τή μιιά άκρη στην άλλη.

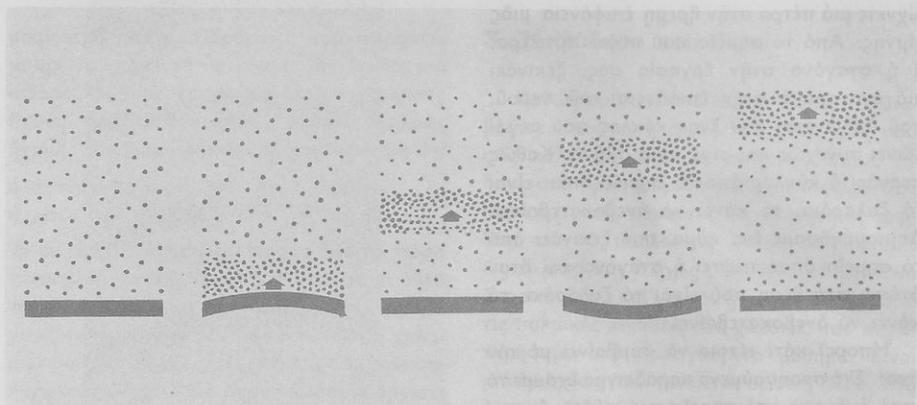
Γυρίζοντας προς τά πάνω ό χάρακας αφήνει χώρο πίσω του. Στο χώρο αυτό απλώνονται τώρα τά μόρια του άέρα καί δημιουργείται ένα αραιώμα, πού μεταδίδεται στό διπλανό στρώμα άέρα, όπως συμβαίνει καί μέ τό πύκνωμα. Καθώς ό χάρακας κινείται, δημιουργούνται διαδοχικά πυκνώματα καί αραιώματα πού ταξιδεύουν ή, όπως λέμε, διαδίδονται. Όπως καί στην επιφάνεια του νερού, έχουμε δημιουργήσει καί στον άέρα κύματα, πού όταν φτάνουν σ' ατιά μας, μās δίνουν τό αίσθημα του ήχου. Είναι ενδιαφέρον ότι τά μόρια του άέρα δέ μετακινούνται από τό χάρακα ως τό ατί μας.



Μέ ποιό τρόπο φτάνει ό ήχος από τήν πηγή πού τον παράγει στό ατί μας ;



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

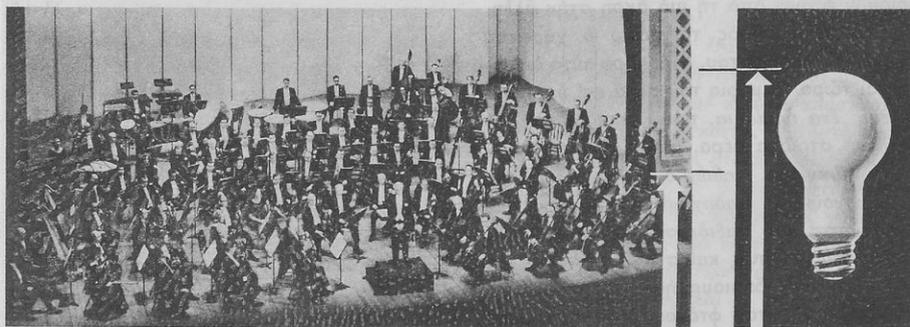


Ἡ ἄκρη τοῦ χάρακα πού ἀνεβοκατεβαίνει δημιουργεῖ πικνώματα καί ἀραιώματα, πού μεταδίδονται στὸν ἀέρα.

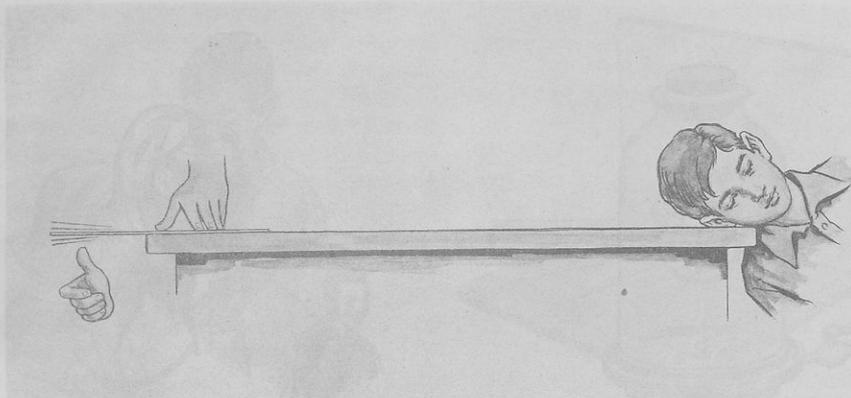
Εἶναι τὰ πικνώματα καὶ ἀραιώματα πού ταξιθεύουν. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει καὶ στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ. Ὄταν ταξιδεύει ἡ ἀναταραχὴ στό νερό, τὰ μόριά του ἀνεβοκατεβαίνουν ἀλλὰ δέν ταξιδεύουν καθὼς μεγαλώνει ὁ κύκλος.

Καθετὶ πού 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 φωνάζει ἀπὸ τὴ μιὰ ἄκρη τῆς αὐλῆς, ὁ ἦχος τῆς φωνῆς θὰ χρειαστεῖ περίπου 0,1 τοῦ δευτερολέπτου, γιὰ νὰ φτάσει στ' αὐτιά σας, δηλαδή λιγότερο ἀπὸ ὅ,τι κρατᾶει ἕνα ἀνοικοκλείσιμο τῶν ματιῶν. Πολλὲς φορές ὅμως καταλαβαίνουμε αὐτὴ τὴν καθυστέρηση. Ἴσως νὰ ἔχετε δεῖ σὲ καμιὰ νεροποντὴ ἀστραπὲς καὶ ἴσως νὰ ἔχετε παρατηρήσει ὅτι πρῶτα βλέπετε τὴ λάμψη καὶ ὕστερα ἀκοῦτε τὴ βροντὴ. Στὴν πραγματικότητα βέβαια καὶ τό



Ἡ ἐνέργεια τοῦ ἡχου πού παράγει μιὰ δοχὴστρα εἶναι μικρότερη ἀπὸ τὴν ἐνέργεια μιᾶς κοινῆς λάμπας ηλεκτροικῆς.



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 πιὸ γρήγορα ἀπὸ τὸν ἦχο, τὸ βλέπετε σχεδὸν ἀμέσως.

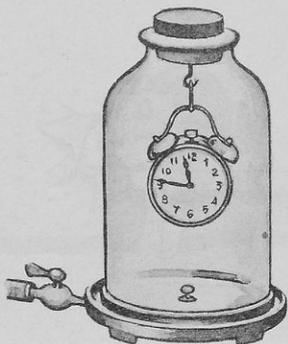
Θυμάστε ὅτι, μιλώντας σὲ προηγούμενα μαθήματα γιὰ τὶς μεταβολές πού παρατηροῦμε στὴ φύση, εἴπαμε ὅτι σὲ κάθε φαινόμενο ἔχουμε μιὰ μεταφορὰ ἐνέργειας. Πού εἶναι λοιπὸν ἡ μεταφορὰ ἐνέργειας στὰ φαινόμενα τοῦ ἦχου ; Ἄς ζαναγυρίσουμε στὸ πείραμα μέ τὸ χάρακα. Καθὼς τὸν πιέζουμε πρὸς τὰ κάτω, παράγομε ἔργο. Ὄταν τὸν ἀφήνουμε καὶ ἀρχίζει νὰ κινεῖται, ἔχει κινητικὴ ἐνέργεια. Ὅπως εἶδαμε ἡ κίνηση τοῦ χάρακα προκαλεῖ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα στὸν ἀέρα κι ἔτσι ἡ ἐνέργεια μεταφέρεται στὴν κίνηση τῶν μορίων καὶ διαδίδεται πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις μέ τὸ ἠχητικὸ κύμα. Ὡστόσο ἡ ἐνέργεια τοῦ ἠχητικοῦ κύματος εἶναι μικρὴ. Γιὰ νὰ πάρετε μιὰ ἰδέα, ἡ ἐνέργεια πού ἔχει ὁ ἦχος πού παράγει μιὰ μεγάλη ὀρχήστρα 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 ἐνὸς ὑλικοῦ σώματος. Μόνον γιὰ μερικοὺς πολὺ δυνατοὺς ἦχους ἀντιλαμβανό-

μαστε τέτοια ἀποτελέσματα. Ὁ πιὸ δυνατὸς ἦχος πού ἀκούστηκε ποτέ στὴ γῆ δημιουργήθηκε ἀπὸ τὴν ἔκρηξη τοῦ ἠφαιστείου Κρακατὰ στὸν Εἰρηνικὸ Ὑκεανὸ τὸ 1883. Ὁ ἦχος ἀκούστηκε χιλιάδες χιλιόμετρα μακριὰ καὶ τὸ κύμα πού δημιουργήθηκε στὸν ἀέρα ἔσπασε τζάμια καὶ ἀναποδογύρισε ἀντικείμενα σὲ ἀπόσταση 200 χιλιομέτρων, δηλαδὴ ἀπὸ τὴν Ἀθῆνα ὡς τὴ Λαμία περίπου.

Μέχρι τώρα μιλήσαμε μόνον γιὰ τὴ μετάδοση τοῦ ἦχου στὸν ἀέρα. Ἄλλὰ τί γίνεται μέ ὑλικά σώματα, πού βρίσκονται στὴ στερεὰ ἢ ὑγρὴ κατάσταση ; Ἄν ζανακάνετε τὸ πείραμα μέ τὸ χάρακα καὶ βάλετε τὸ αὐτί σας στὸ τραπέζι, θὰ ἀκούσετε πάλι τὸν ἦχο καὶ μάλιστα ἀρκετὰ δυνατώτερα. Ἡ ταχύτητα τοῦ ἦχου 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 μέ ταχύτητα πού 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 ξυπηγήρι δὲν ἀκούγεται, ἂν ἀδειάσουμε 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 τὴ μεταδίδουν. Ἄν λοιπὸν ἡ ὑπόθεσή μας εἶναι σωστή, θὰ πρέπει νὰ πάψουμε ν' ἀκοῦμε ἦχο ἀπὸ μιὰ πηγὴ, ἂν ἀφαιρέσουμε τὸν ἀέρα ἀνάμεσα σ' αὐτὴν καὶ τὸ αὐτί μας. Χρειάζεται γι' αὐτὸ νὰ βάλει κανεὶς τὴν πηγὴ τοῦ ἤχου, ἄς ποῦμε ἓνα ζυπηγήρι, μέσα σ' ἓνα κάλυμμα καὶ ν' ἀδειάσει τὸν ἀέρα. Ἄν μπορέσετε νὰ τὸ κάνετε, θὰ βεβαιωθεῖτε ὅτι ὁ ἦχος παύει νὰ ἀκούγεται.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Θὰ χρειαστεῖτε δύο χάρτινα ποτήρια, δύο σπιρωτόξυλα καὶ μερικά μέτρα σπάγκο.

Τρυπήστε στὸν πάτο τὰ ποτήρια, περάστε

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Ἐνα ἀπλό τηλέφωνο.

τὸ σπάγκο καὶ στερεώστε τον ἀπὸ τίς δύο ἄκρες στὰ δύο ποτήρια, δένοντας τὰ δύο σπιρωτόξυλα. Δύο παιδιά κρατήστε τὸ καθένα ἀπὸ ἓνα ποτήρι καὶ ἀπομακρυνθεῖτε σὲ τέτοια ἀπόσταση, ὥστε ὁ σπάγκος νὰ εἶναι καλὰ τεντωμένος. Ὅταν ὁ ἓνας μιλάει σιγὰ στὸ ποτήρι του, ὁ ἄλλος προσπαθεῖ ν' ἀκούσει τὴ φωνὴν του βάζοντας τὸ ποτήρι στὸ αὐτί του. Προσπαθήστε νὰ συζητήσετε, χωρὶς νὰ ὑπάρχει ὁ σπάγκος ἀνάμεσά σας. Μπορεῖτε νὰ συνεννοηθεῖτε μὲ τὴν ἴδια ἐγκοιλία; 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 χρειαστεῖτε ἓνα χωνί καὶ ἓνα λαστιχένιο σωλήνα μὲ μήκος 50 ἑκατοστά ὡς ἓνα μέτρο. Στερεώστε τὸ χωνί στὴ μιὰ ἄκρη τοῦ σωλήνα καὶ ἀκουμπήστε τὰ χεῖλη τοῦ χωνιοῦ στὸ στήθος τοῦ φίλου σας. Προσπαθήστε ν' ἀκούσετε



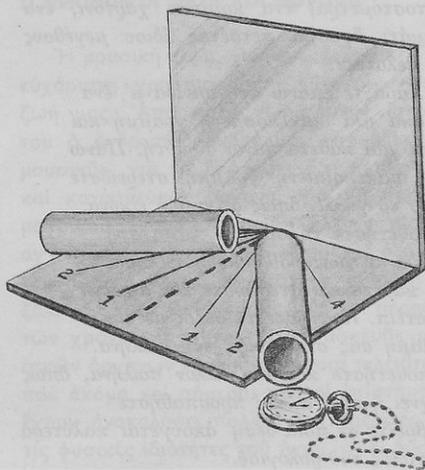
ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Τό στηθοσκοπιο συγκεντρώνει τόν ήχο και τόν κατευθύνει στό αὔτι μας.

τούς κτύπους τῆς καρδιάς του ἀπό τήν ἄλλη ἄκρη τοῦ σωλήρα. Ἀκούγονται πιό καλά τώρα ἢ ὅταν δέν ὑπάρχει ὁ σωλήρας ; Δοκιμάστε ν' ἀκούσετε μ' αὐτό τό ὄργανο πού κατασκευάσατε καί ἄλλους ἤχους.

3) Θά ἔχετε ἴσως παρατηρήσει σέ ἀγῶνες δρόμοιοι ὅτι τό σύνθημα γιά τό ξεκίνημα δίνεται ἀπό τόν ἀφέτη μέ ἓνα μικρό πιστόλι. Ἄν εἴστε σέ κάποια ἀπόσταση, θά δεῖτε πρῶτα τόν καπνό τῆς πιστολιάς καί μετὰ θά ἀκούσετε τόν ἤχο. Ἄν ὁ ἤχος ἀκουστεῖ 0,3 τοῦ δευτερολέπτου ἀφοῦ δεῖτε τόν καπνό, μπορεῖτε νά ὑπολογίσετε τήν ἀπόστασή σας ἀπό τόν ἀφέτη ;

4. Ἀνάκλαση τῶν ἠχητικῶν κυμάτων

Ὅλοιοι σας θά ἔχετε παρατηρήσει ὅτι ἡ φωνή σας γίνεται πιό δυνατή, ὅταν μιλάτε μπροστά σ' ἓνα ἄδειο μεταλλικό δοχεῖο. Ὅταν



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Βάζοντας τόν ἓνα σωλήρα σέ διάφορες θέσεις μποροῦμε νά βροῦμε σέ ποιά κατεύθυνση ἀνακλάται ὁ ἤχος τοῦ ρολοιοῦ.

εἴστε σέ μιά μικρή ἐκκλησία στήν ἐξοχή καί προσπαθεῖτε νά μιλήσετε σιγά, ἡ φωνή σας ἀκούγεται πιό δυνατά ἀπό ὅ,τι περιμένετε καί πιό δυνατά ἀπό ὅ,τι ἴδια ἡ ὁμιλία σας ἀκούγεται, ὅταν εἴστε ἐξω ἀπό τήν ἐκκλησία. Τί συμβαίνει καί δυναμώνει ἡ φωνή σας ; Θά παρατηρήσετε ὅτι, σ' ὄλες τίς περιπτώσεις πού συμβαίνει αὐτό, ὑπάρχει κάποιο ἐμπόδιο πού συναντοῦν τά ἠχητικά κύματα πού στέλνοιομε μέ τή φωνή μας. Γιά νά ἀπαντήσοιομε λοιπόν στήν παραπάνω ἐρώτηση, πρέπει νά βροῦμε τί συμβαίνει ὅταν τά ἠχητικά κύματα συναντοῦν κάποιο ἐμπόδιο.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστεῖτε μιά σανίδα 30 × 40 ἑκατοστόμετρα, ἓνα ρολοῖ τῆς στέπης, δύο σωλήρες μέ μήκος περίπου 30 ἑκατοστόμετρα καί διάμετρο 6 ὡς 7 ἑκατοστόμετρα (μπορεῖτε νά φτιάξετε ἀπό χοντροῦ χαρτόνι). Πάρτε ἓνα κομμάτι γυαλί περίπου 20 × 20

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

- 1) Χαράξτε επάνω στη σανίδα μ' ένα χάρακα μιά διακεκομμένη γραμμή και φέρετε μιά κάθετο πάνω σ' αυτή. Πάνω στη διακεκομμένη γραμμή στερεώστε ορθογώνιο τό γυαλί, όπως δείχνει η εικόνα. Τοποθετήστε τό σωλήνα πάνω στη σανίδα σέ γωνία 30 μοιρών ως προς τήν κάθετο και στερεώστε τον μέ λίγο σελοτέιπ. Κρατήστε τό ρολόι μέ τήν παλάμη σας στήν άκρη του σωλήνα. Τοποθετήστε και τόν άλλον σωλήνα, όπως δείχνει η εικόνα, και προσπαθήστε νά βρείτε σέ ποιά θέση ακούγεται καλύτερα ο κτύπος του ρολογιού.
- 2) Επαναλάβετε τό πείραμα μέ τό γυαλί σκεπασμένο μέ τό ύφασμα και μέ τό χαρτόνι.

Στό πρώτο μέρος τής εργασίας σας βρήκατε ότι ο κτύπος του ρολογιού ακούγεται από τό δεύτερο σωλήνα και μάλιστα είναι πιό έντονος σέ μιά ορισμένη θέση. Άν βγάλετε τό γυαλί, ο ήχος δέν ακούγεται. Άρα τό γυαλί κάνει τόν ήχο πού φτάνει από τό ρολόι νά γυρίζει πίσω, προς μιά άλλη διεύθυνση. Αυτό τό φαινόμενο τό ονομάζομε **ανάκλαση** του ήχου. Στήν εργασία πού κάναμε περιορίσαμε τά ήχητικά κύματα από τό ρολόι νά διαδίδονται στή διεύθυνση του σωλήνα. Ή γωνία πού σχηματίζεται από τή διεύθυνση αυτή και τήν κάθετο λέγεται γωνία *προσπτώσεως*. Έξακριβώσατε ότι ο κτύπος του ρολογιού μέσα από τό δεύτερο σωλήνα ακούγεται δυνατώτερα, όταν είναι τοποθετημένος στήν ίδια γωνία ως προς τήν κάθετο αλλά από τήν αντίθετη πλευρά. Ή γωνία αυτή λέγεται γωνία *ανάκλασεως*. Βρήκατε λοιπόν ότι *στήν ανάκλαση του ήχου η γωνία προσπτώσεως είναι ίση μέ τή γωνία ανάκλασεως*.

Μέ τήν παραπάνω εργασία μπορούμε επίσης νά ερευνήσουμε άν όλα τά υλικά ανακλούν τόν ήχο τό ίδιο καλά. Στή θέση του γυαλιού μπορείτε νά βάλετε τό χαρτόνι ή νά σκεπάσετε τό γυαλί μέ τό ύφασμα. Συγκρίνοντας τίσ παρατηρήσεις θά βρείτε ότι ο ήχος ανακλάται λιγότερο στό χαρτόνι από ότι στό γυαλί κι ακόμη λιγότερο στό ύφασμα.

Πολλά φαινόμενα πού παρατηρούμε κάθε μέρα οφείλονται στήν ανάκλαση του ήχου. Ένα από αυτά είναι τό δυνάμωμα τής φωνής πού παρατηρείτε, όταν μιλάτε μπροστά σ' ένα άδειο μεταλλικό δοχείο ή μέσα σ' ένα μικρό δωμάτιο. Τό φαινόμενο αυτό ονομάζεται **άντηχηση**.

Σέ πολλά μουσικά όργανα, όπως η κιθάρα και τό μαντολίνο, υπάρχουν κοιλότητες μέ διάφορα σχήματα. Οί κοιλότητες αυτές συγκοινωνούν μέ τόν άέρα γύρω μας μέ ένα άνοιγμα, πού υπάρχει κάτω από τίσ τεττωμένες χορδές. Όταν παίζουμε κιθάρα, προκαλούμε παλμικές κινήσεις στις χορδές και τά ήχητικά κύματα μέ πολλές ανακλάσεις στό έσωτερικό τής κοιλότητας δυναμώνουν τούς ήχους τής κιθάρας, τούς κάνουν μέ άλλα λόγια νά άντηχούν. Γι' αυτό τίσ κοιλότητες αυτές, πού έχουν πολλά μουσικά όργανα, τίσ ονομάζομε *άντηχεία*.

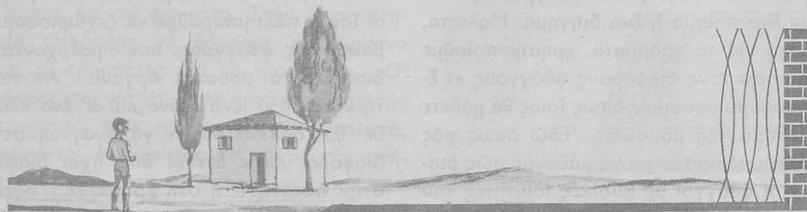
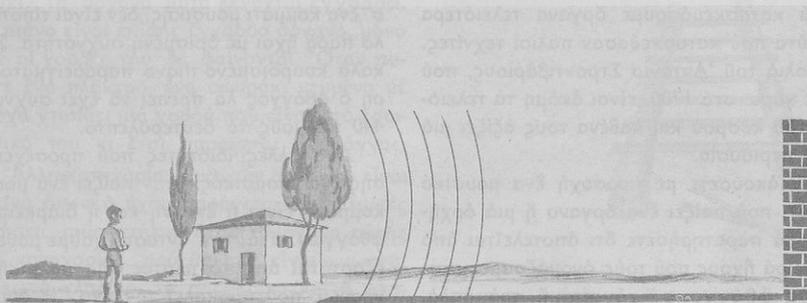
Ή **ήχώ** είναι ένα άλλο φαινόμενο πού οφείλεται στήν ανάκλαση του ήχου. Θά σās έχει τύχει κάποτε νά φωνάζετε και μετά από λίγο νά ακούσετε πάλι τή φωνή σας. Ο ήχος τής φωνής σας διαδίδεται στον άέρα, ώσπου νά φτάσει σ' ένα εμπόδιο, όπου ανακλάται και φτάνει πάλι σ' αυτιά σας. Τό εμπόδιο μπορεί νά είναι ένα κτίριο ή ή πλαγιά ενός λόφου. Γιατί όμως άλλοτε έχουμε ήχώ και άλλοτε άντηχηση ; Θά καταλάβετε τή διαφορά, άν μάθετε ότι τό αυτί μας κρατάει τόν ίδιο ήχο γιά 0,1 του δευτερολέπτου. Έτσι ένας ήχος πού ξεκινά από τή θέση πού βρισκόμαστε, διαδίδεται στον άέρα, ανακλάται σ' ένα εμπόδιο κι έρχεται πάλι στό αυτί μας, θά ακουστεί

ὡς ἤχῳ, μόνον ἂν ἔχει περάσει περισσότερο ἀπὸ 0,1 τοῦ δευτερολέπτου. Δηλαδή ὁ ἤχος πρέπει νὰ ἔχει ταξιδέψει περισσότερο ἀπὸ 34 μέτρα, ἀφοῦ ἡ ταχύτητά του εἶναι 340 μέτρα τὸ δευτερόλεπτο. Ἐτσι 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 τούτους ὑπερήχους ἡ ἡχώ εἶναι ξεκάθαρη, ἀκόμα κι ὅταν ἡ ἀνάκλαση γίνεται ἀπὸ μικρὰ ἐμπόδια. Ἐτσι ἡ νυχτερίδα τὰ αἰσθάνεται καθὼς πετάει καὶ κανονίζει τὸ δρόμο τῆς. Μποροῦμε κυριολεκτικὰ νὰ ποῦμε ὅτι οἱ νυχτερίδες βλέπουν μὲ τὰ αὐτιά !

5. Μουσικοὶ ἦχοι καὶ ὄργανα

Ἡ μουσικὴ εἶναι, χωρὶς ἀμφιβολία, ἡ πιὸ εὐχάριστη χρησιμοποίησις τῶν ἤχων στὴ ζωὴ μας. Ἀπὸ πολὺ νωρὴ στὴν ἱστορία του ὁ ἄνθρωπος ἀνακάλυψε τὴν ἀξία τῆς μουσικῆς, γιὰ νὰ ἐκφράσει ὅτι αἰσθάνεται, καὶ κατασκεύασε ὄργανα, γιὰ νὰ παράγει μουσικοὺς ἤχους. Οἱ ἀρχαῖοι Ἕλληνες πίστευαν ὅτι ἡ λύρα ἦταν θεϊκὸ δῶρο καὶ ὁ μῦθος τοῦ Ὀρφέα ἔλεγε ὅτι μάγευε μ' αὐτὴ 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 πολλὰς λεπτομέρειες γιὰ τὶς φυσικὰς ἰδιότητες τοῦ ἤχου, εἶναι δύσκο-



Ὁ ἤχος πού ἀνακλάται σ' ἓνα ἐμπόδιο ἐπιστρέφει ὡς ἤχῳ, ἂν ἡ ἀπόσταση ἀπὸ τὴν πηγὴ στό ἐμπόδιο εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ 17 μέτρα.

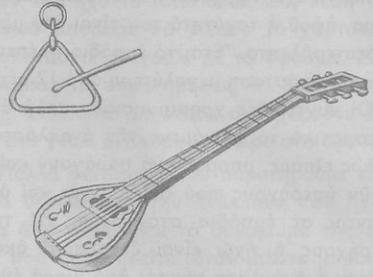


Στό τρομπόνι, ήχοι με διάφορες συχνότητες παράγονται αλλάζοντας τό μήκος μιάς στήλης άέρα πού πάλλεται.

λο νά κατασκευάσουμε όργανα τελειότερα άπ' αυτά πού κατασκεύασαν παλιοί τεχνίτες. Τά βιολιά τοῦ Ἄντονίο Στραντιβάριους, πού έξησε γύρω στό 1700, είναι ακόμη τά τελειότερα τοῦ κόσμου καί καθένα τους άξίζει μιά μικρή περιουσία.

Ἄν άκούσετε μέ προσοχή ένα μουσικό κομμάτι πού παίζει ένα όργανο ή μιά όρχήστρα, θά παρατηρήσετε ότι άποτελείται άπό μία σειρά ήχους πού τοῦς όνομάζουμε **μουσικούς φθόγγους** ή **τόνους** ή, πιό άπλά, *νότες*. Είναι κάτι παρόμοιο μέ τό συνδυασμό γραμμάτων σέ λέξεις καί σέ φράσεις πού κάνουν ένα ποίημα ή ένα διήγημα. Μάλιστα, όπως καί γιά τά γράμματα, χρησιμοποιοῦμε σημάδια γιά τοῦς διάφορους φθόγγους κι έτσι γράφουμε μουσική, όπως ίσως θά μάθετε στό μάθημα τής μουσικής. Ἐδῶ όμως μιάς ενδιαφέρει περισσότερο νά μάθουμε πώς διαφέρουν οί φθόγγοι μέ φυσικές ιδιότητες τοῦ ήχου πού μελετήσαμε ὡς τώρα. Ὅπως θά φαντάζεστε, ή πιό σπουδαία διαφορά είναι στό ὕψος, πρῶ όφείλεται στή συχνότητα τής παλμικής κινήσεως πού παράγει ένα φθόγγο.

Οί φθόγγοι ντό, ρέ, μί, φά, σόλ, λά, σί καί άλλοι ένδιάμεσοι, πού χρησιμοποιοῦμε



Ἐνα κροιστό καί ένα έγχορδο όργανο.

σ' ένα κομμάτι μουσικής, δέν είναι τίποτε άλλο παρά ήχοι μέ όρισμένη συχνότητα. Σ' ένα καλά κourδισμένο πιάνο παραδείγματος χάρη ό φθόγγος λά πρέπει νά έχει συχνότητα 440 παλμούς τό δευτερόλεπτο.

Δύο άλλες ιδιότητες πού προσέχει έπίσης ένας μουσικός, όταν παίζει ένα μουσικό κομμάτι, είναι ή ένταση καί ή διάρκεια τών φθόγγων. Γιά τήν ένταση έχουμε μάθει ότι έξαρτάται άπό τό πλάτος τής παλμικής κινήσεως πού προκαλεῖ τόν ήχο. Ἡ διάρκεια μās λέει πόσο χρόνο κρατάει κάθε φθόγγος.

Ἄκόμη κι αν οί παραπάνω ιδιότητες είναι οί ίδιες, πάλι μπορούμε νά ξεχωρίσουμε δύο μουσικούς φθόγγους, πού προέρχονται άπό διαφορετικά μουσικά όργανα. Ἄν παίξετε τή νότα λά σ' ένα πιάνο καί σ' ένα κλαρίνο, δέ θά δυσκολευθεῖτε νά αναγνωρίσετε τή διαφορά. Λέμε ότι οί δύο ήχοι διαφέρουν στήν **ποιότητα** ή στή **χροιά**. Σέ τί όφείλεται αὐτή ή ιδιότητα; Μελετώντας τοῦς ήχους άπό διάφορα όργανα, οί έπιστήμονες βρῆκαν ότι, μαζί μέ τή συχνότητα πού κυριαρχεῖ καί χαρακτηρίζει τό ὕψος τοῦ φθόγγου πού παράγει ένα όργανο, παράγονται καί ήχοι λιγότερο έντονοι μέ άλλες συχνότητες, πού έξαρ-

τώνται από τό είδος του όργάνου καί τήν κατασκευή του. Αútές οί συχνότητες δίνουν στό μουσικό ήχο τή χροιά του. Φαίνεται ότι ό Στραντιβάριους είχε βρεί τό μουσικό νά κατασκευάζει τά βιολιά του έτσι, ώστε ή ποιότητα του ήχου τους νά είναι άξεπέραστη.

Η μουσική πού παίζει μιά μεγάλη όρχήστρα προέρχεται από πολλά διαφορετικά μουσικά όργανα, πού μπορεί κανείς νά τά ξεχωρίσει από τόν ήχο τους, άκόμη κι άν δέν είναι έμπειρος μουσικός. Καλύτερα όμως μπορούμε νά κατατάξουμε τά όργανα άνάλογα μέ τόν τρόπο πού παράγουν τόν ήχο.

Σέ μιά πρώτη κατηγορία άνήκουν τά όργανα όπου ό ήχος παράγεται από παλμικές κινήσεις χορδών, όπως παραδείγματος χάρη τό βιολί, ή κιθάρα, τό μαντολίνο, τό μπουζούκι. Τά όργανα αυτά λέγονται **έγχορδα**. Τό πιάνο είναι επίσης έγχορδο όργανο, μόνο πού οί χορδές του δέ φαίνονται. Όταν πατάτε ένα πληκτρο, ένα σφυράκι ντυμένο μέ τσόχα χτυπάει μιά χορδή πού είναι στό έσωτερικό του κι έτσι παράγεται ό φθόγγος.

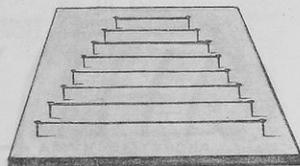
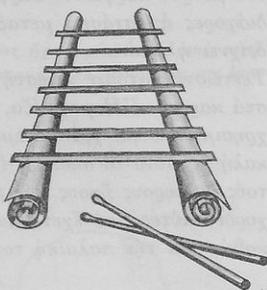
Άλλη κατηγορία μουσικών οργάνων είναι εκείνα όπου ό ήχος παράγεται μέ παλμικές κινήσεις μιάς στήλης άέρα. Όργανα αυτής τής κατηγορίας, πού θά σάς είναι γνωστά, είναι τό κλαρίνο, τό σαξόφωνο καί ή φλογέρα. Άλλα, πού ίσως δέ θά έχετε άκούσει αλλά χρησιμοποιούνται σέ όρχήστρες, είναι τό όμποε καί τό φαγκότο. Στήν ίδια κατηγορία μπορούμε νά βάλουμε καί όργανα όπως οί τρομπέτες καί τά τρομπόνια. Οί διάφορες συχνότητες στά όργανα αυτής τής κατηγορίας, πού τά ονομάζουμε **πνευστά**, παράγονται αλλάζοντας τό μήκος τής στήλης του άέρα πού πάλλεται.

Τέλος υπάρχει μιά κατηγορία οργάνων όπου ό ήχος παράγεται χτυπώντας διάφορα ύλικά σώματα, όπως είναι ή τετωμένη μεμβράνη σ' ένα τύμπανο ή ένα ντέφι ή τά μπρούντζινα κύμβαλα σέ μιά όρχήστρα. Τά όργανα αυτά τά λέμε **κρουστά**. Κρουστό όρ-

γανο είναι καί τό τρίγωνο πού χρησιμοποιούμε, όταν λέμε τά κάλαντα τά Χριστούγεννα.

Σέ μιά όρχήστρα τά όργανα κάθε κατηγορίας είναι συγκεντρωμένα συνήθως μαζί, μπροστά τά έγχορδα, πιο πίσω τά πνευστά κι άκόμα πιο πίσω τά κρουστά. Τήν έπόμενη φορά πού θά δείτε όρχήστρα σέ μιά συναυλία ή στήν τηλεόραση μπορείτε νά παρατηρήσετε πώς είναι τοποθετημένα τά διάφορα είδη οργάνων.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Ξυλόφωνο καί όργανα, πού κατασκευάζονται μέ άπλά ύλικά.



ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Πώς νά κατασκευάσετε ένα απλό ξυλόφωνο.

Από μιά ξύλινη βέργα μέ πάχος περίπου 2×2 εκατοστά τοῦ μέτρου κόψτε 8 κομμάτια μέ μήκος 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 εκατοστά τοῦ μέτρου καί ἀκουμπήστε τα σέ δύο τυλιγμένες ἐφημερίδες, ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα. Τό ξυλόφωνό σας θά πετύχει καλύτερα, ἂν ἔχετε ξύλα πλανισμένα καί χωρίς οἴζους. Μέ ἕνα λεπτό ραβδί ξύλινο χτυπήστε κάθε κομμάτι τῆς βέργας καί ἀκοῦστε τούς ἤχους πού βγάζουν. Ποιά κομμάτια βγάζουν ὑψηλότερους ἤχους; Μπορεῖτε νά τό ἐξηγήσετε;

2) Σέ ἕνα κομμάτι σαπίδα 40×40 εκατοστά τοῦ μέτρου κορφώστε καρφιά σέ διάφορες ἀποστάσεις μεταξύ τους, ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα.

Τεντώστε κατόπιν κλωστή νάilon ἀνάμεσα στά καρφιά. (Ἡ μεσινέζα, πού χρησιμοποιοῦμε γιά ψάρεμα, εἶναι πολὺ καλή γι' αὐτό τό σκοπό). Παρατηρήστε τούς διάφορους ἤχους πού βγάζουν οἱ χορδές αὐτές πού ἔχετε κατασκευάσει καθώς καί τήν παλμική τους κίνηση.

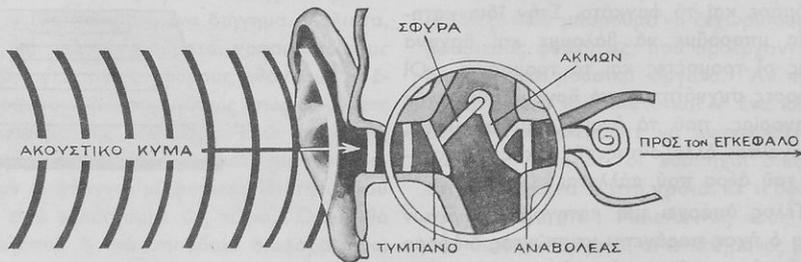
Δοκιμάστε ν' ἀλλάξετε τό ὕψος τεντώνοντας λιγότερο ἢ περισσότερο κάθε χορδή.

Μέ ὅσα ἔξερετε τώρα γιά τόν ἤχο ἐξηγήστε σ' ἕνα συμμαθητή σας ἢ σ' ἕνα μεγαλύτερό σας αὐτά πού παραιηοεῖτε.

6. Φωνητικά ὄργανα καί ὄργανα ἀκοῆς

Ὁ ἤχος εἶναι ἕνας ἀπό τούς σημαντικότερους τρόπους ἐπικοινωνίας ὄχι μόνο γιά τόν ἄνθρωπο ἀλλά καί γιά τά περισσότερα ζῶα. Γι' αὐτό τό σκοπό καί ὁ ἄνθρωπος καί τά ζῶα ἔχουν ὄργανα, πολλές φορές περίπλοκα, πού παράγουν καί αἰσθάνονται ἤχους.

Στόν ἄνθρωπο τό ὄργανο τῆς ἀκοῆς εἶναι τό αὐτί. Αὐτό πού βλέπουμε εἶναι τό ἐξωτερικό τμήμα καί χρησιμεύει, γιά νά μαζεῦει καί νά ὀδηγεῖ τά ἠχητικά κύματα. Στήν εἰκόνα βλέπετε ἀπλοποιημένα πῶς λειτουργεῖ τό αὐτί στό ἐσωτερικό του. Τά ἠχητικά κύματα προκαλοῦν παλμική κίνηση σέ μιά μεμβράνη πού λέγεται *τύμπανο*. Αὕτη ἡ κίνηση μέ τρία μικρά κόκαλα, τή *σφήρα*, τόν *ἄκμονα* καί τόν *ἀναβολέα*, μεταδίδεται στό ὑγρό πού βρίσκεται μέσα σ' ἕνα σωλήνα τυλιγμένο σάν σαλιγκάρι. Πολλά νεῦρα, πού ἀκουμποῦν

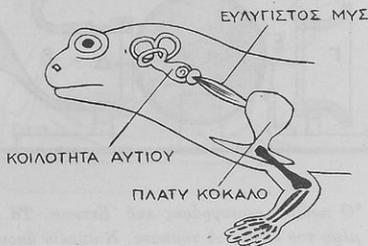


Ἀπλοποιημένη εἰκόνα τοῦ ἐσωτερικοῦ τοῦ αὐτιοῦ.

στήν επιφάνεια του σωλήνα, οδηγούν τό αίσθημα του ήχου στον έγκέφαλο. Πώς ακριβώς γίνεται αυτό και πώς ό έγκέφαλος καταγράφει τούς διάφορους ήχους είναι κάτι πού άκόμα οί επιστήμονες μελετοϋν, γιά νά τό καταλάβουν.

Μερικές σαλαμάντρες δέν έχουν έξωτε- ρικό αυτί, αλλά «άκοϋν» μέ τά πόδια τους. Ένας εύλύγιστος μϋς συνδέει ένα πλατύ κόκαλο στήν πλάτη τους μέ δύο λεπτά κοκαλάκια, πού είναι στερεωμένα σέ μία λεπτή μεμβράνη στό έσωτερικό αυτί πού έχουν στό κεφάλι. Οί παλμικές κινήσεις άπό τό έδαφος μετα- φέρονται άπό τά μπροστινά πόδια στό κόκαλο τής πλάτης και άπό εκεί στό έσωτερικό αυτί.

Η ανθρώπινη φωνή παράγεται στό λαιμό μας, στό πάνω μέρος του σωλήνα πού οδηγεί άπό τό στόμα στους πνεύμονες και λέγεται λάρυγγας. Στο λάρυγγα υπάρχουν λεπτές μεμβράνες, πού λέγονται *φωνητικές χορδές*. Όταν δέ μιλοϋμε, οί φωνητικές χορδές είναι χαλαρές. Όταν θέλομε νά κάνουμε κά- ποιο ήχο, οί φωνητικές χορδές τεντώνονται μέ τούς μϋς του λαιμού και καθώς βγάζου- με τόν άέρα άπό τούς πνεύμονες πάλλονται και παράγουν ήχο. Η έπόμενη εργασία θά σάς βοηθήσει νά καταλάβετε πώς γίνεται αυτό.



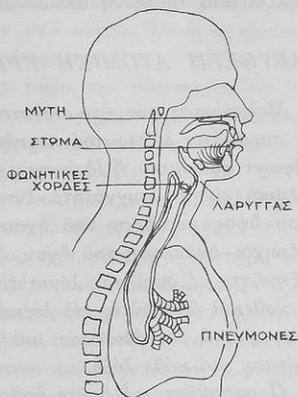
Μερικές σαῶρες άκοϋνε ήχους μέ τίς παλμικές κινή- σεις πού μεταβιβάζονται άπό τά πόδια τους στό έσω- τερικό αυτί.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

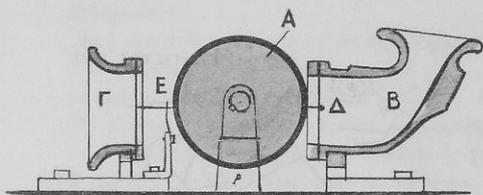
Θά χρειαστείτε ένα άδειο κουτί άπό κονσέρβα και ένα λάστιχο μέ πλάτος περίπου μισό εκατοστό του μέτρου.

1) Τεντώστε τό λάστιχο στό άνοιγμα του κουτιού. Τό κουτί παριστάνει τό λάρυγγα και τό λάστιχο τίς φωνητικές χορδές.

2) Φυσήξτε μέ δύναμη πάνω στό λάστιχο. Άκοϋτε ήχο; Τεντώστε περισσότερο τό λάστιχο και ξαναφυσήξτε. Άλλάζει ό ήχος; Φυσάτε συνεχώς, αλλάζοντας τή δύναμη μέ τήν οποία τεντώνετε τό λάστιχο. Τί συμβαίνει μέ τό ύψος του ήχου;



Τά όργανα πού παράγουν τήν ανθρώπινη φωνή.



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

Οί φωνητικές χορδές δέν είναι τό μόνο όργανο πού κανονίζει τή φωνή μας. Καθώς πάλλονται, δημιουργούν κύματα στόν άέρα πού είναι στό λάρυγγα, στό στόμα καί στό μύτη. Ακόμα κάνουν τούς μύς του στήθους καί του λαιμού νά πάλλονται. Όλες αυτές οί κινήσεις δίνουν στή φωνή σας τόν χαρακτηριστικό της ήχο, πού τήν κάνει νά ξεχωρίζει από τή φωνή άλλων ανθρώπων.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Μελετώντας τόν ήχο σανατήσαμε τίς παρακάτω λέξεις πού περιγράφουν διάφορα φαινόμενα ή ιδιότητες:

παλμική κίνηση-συχρότητα-ένταση του ήχου-ύψος-μετάδοση του ήχου-ήχώ-ύπερηχοι-ανάκλαση του ήχου.

Έξηγήστε μέ δικά σας λόγια τί έννοούμε μέ καθεμιά από αυτές τίς λέξεις.

Γράψτε στό τετράδιό σας μιά σύντομη πρόταση για κάθε λέξη.

2) Προσπαθήστε νά βρήτε από μιά ένγκυκλοπαίδεια ή από βιβλία πού έχετε στό σπίτι σας πληροφορίες για τούς ύπερήχους. Πώς παράγονται καί σε τί μās χρησιμεύουν.

Μιλήστε στην τάξη για τίς πληροφορίες πού βρήκατε.

7. Ήχοληψία καί άναπαραγωγή του ήχου

Μάθατε ότι ο ήχος είναι ή κινητική ένεργεια πού μεταφέρεται μέ τά ήχητικά κύματα στά μόρια του ύλικού μέσου όπου διαδίδεται. Θα έχετε ίσως παρατηρήσει ότι πολλές φορές ή κινητική ένεργεια ενός ύλικού σώματος παράγει κάποιο έργο, πού στά μάτια μας έμφανίζεται ως άλλαγή του σχήματος ενός άλλου στερεού ύλικού σώματος. Μέ άλλα λόγια ή κινητική ένεργεια προκαλεί πολλές φορές παραμόρφωση ενός ύλικού σώματος. Όταν άφήσετε μιά μεγάλη πέτρα από τό χέρι σας νά πέσει επάνω στην άμμο, τί παρατηρείτε; Στή θέση πού έπεσε ή πέτρα άνοιξε μιά λακούβα. Η κινητική ένεργεια τής πέτρας άποτυπώθηκε στην άμμο καί ή επιφάνεια τής άμμου παραμορφώθηκε. Σε μιά σύγκρουση δύο αυτοκίνητα καταστρέφονται, γιατί ή κινητική ένεργεια πού είχαν ήταν άρκετή νά παραμορφώσει τό σχήμα τους.

Αυτό τό φαινόμενο, πού τίς περισσότερες φορές συνοδεύεται μέ κάποια ζημιά γύρω μας, στην περίπτωση του ήχου μπορεί νά χρησιμοποιηθεί για νά καταγράψουμε τόν ήχο. Ο πρώτος φωνογράφος πού έφευρέθηκε από τόν Thomas Edison βασιζόταν σ' αυτή τήν ιδέα. Τά ήχητικά κύματα τής φωνής, καθώς μιλάει κανείς μπροστά στή συσκευή, προκαλούν τήν παλμική κίνηση μιάς λεπτής μεμβράνης, στην όποία είναι στερεωμένη μιά βελόνα. Όταν ή μεμβράνη πάλλεται, ή βελόνα έκτελεί κι αυτή παλμικές κινήσεις καί ή αίχμηρή άκρη της αϋλακώνει τή μαλακή επιφάνεια ενός κυλίνδρου πού περιστρέφεται. Έτσι άποτυπώνεται ο ήχος πάνω στον κύλινδρο του φωνογράφου του Edison.

Αν τώρα άρχίσουμε νά περιστρέφουμε τόν κύλινδρο τοποθετώντας τή βελόνα στό χαραγμένο αϋλάκι από τήν άρχή, τί θα συμβεί;

Ἡ βελόνα θά ἐκτελεῖ παλμικές κινήσεις ἀκολουθώντας τά ἴχνη της πού ἔχουν χαραχθεῖ στόν κύλινδρο. Ἡ κίνηση αὐτή προκαλεῖ μέ τή σειρά της παλμικές κινήσεις στή μεμβράνη καί ἔτσι ἀναπαράγεται ὁ ἦχος, πού ἦταν ἀποτυπωμένος στό τύμπανο. Μπορεῖτε τώρα νά ἐξηγήσετε μέ περισσότερες λεπτομέρειες πῶς λειτουργεῖ ὁ φωνογράφος πού βλέπετε στήν εἰκόνα ;

Σήμερα χρησιμοποιοῦμε πολύ πιά τελειοποιημένες μεθόδους γιά τήν ἀποτύπωση καί τήν ἀναπαραγωγή τοῦ ἤχου. Ἐνας τρόπος εἶναι οἱ γνωστοί δίσκοι γραμμοφώνου. Τά αὐλάκια πού βλέπετε σ' ἕνα δίσκο εἶναι ἡ παραμόρφωση πού προκάλεσε στό ὑλικό τοῦ δίσκου ἡ ἐνέργεια τοῦ ἤχου. Εἶναι κάτι παρόμοιο μέ τήν ἀποτύπωση τῆς ἐνέργειας τῆς πέτρας στή λακκούβα, πού ἀνοίγει στήν ἄμμο.

Ὄταν βάζουμε τόν δίσκο στό πίκ - ἄπ, γιά νά ἀκούσουμε τή μουσική, ἡ βελόνα κινεῖται ἀκολουθώντας τά αὐλάκια μέ παλμικές κινήσεις πού ἀναπαράγουν ἀκριβῶς τόν ἦχο πού ἔχει γραφεῖ.

Στά μαγνητόφωνα ὁ ἦχος καταγράφεται μετατρέποντας τήν ἐνέργεια τῶν ἡχητικῶν κυμάτων σέ ἠλεκτρική ἐνέργεια. Ἡ ἠλεκτρική ἐνέργεια προκαλεῖ μεταβολές στούς μικροῦς μαγνήτες πού εἶναι ἀπλωμένοι στήν ἐπιφάνεια τῆς μαγνητικῆς ταινίας. Θά καταλάβουμε καλύτερα τή μέθοδο αὐτή, ὅταν θά μελετήσουμε τά ἠλεκτρικά καί μαγνητικά φαινόμενα.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στήν ἐργασία αὐτή θά κατασκευάσετε στό σπίτι σας μιὰ ἀπλή συσκευή πού ἀναπαράγει τόν ἦχο καί θά κάνετε τό πείραμα τῆς ἀναπαραγωγῆς τοῦ ἤχου στό σχολεῖο. Στό σπίτι θά χρειαστεῖτε: Ἐνα ἄδειο, χαρτονένιο κουτί μέ στρογγυλό πάτο. Ἐνα κομμάτι τσιγαρόχαρτο. Μιά ξύλινη ὀδοντογλυφίδα. Κόλλα καί



Ἀκουμπώντας τή βελόνα τῆς συσκευῆς μας στό δίσκο μπορούμε νά ἀναπαράγουμε τόν ἦχο πού ἔχει ἀποτυπωθεῖ στά αὐλάκια του.

μιὰ βελόνα. Στό σχολεῖο θά χρειαστεῖτε ἕνα παλιό γραμμοφώνο καί ἕνα παλιό δίσκο γραμμοφώνου (78 στροφῶν).

1) Κόψτε τόν πάτο τοῦ χαρτονένιου κουτιοῦ καί κολλήστε στή θέση του ἕνα κυκλικό κομμάτι ἀπό τσιγαρόχαρτο καλά τετωμένο. Θά ἐπιτύχετε νά τό τετωσετε καλά, ἂν τό ὑγράνετε λίγο, πρῖν τό κολλήσετε στό κουτί. Ὄταν στεγνώσει, θά ἔχει λεία ἐπιφάνεια.

2) Κολλήστε τώρα τήν ὀδοντογλυφίδα στό τετωμένο τσιγαρόχαρτο, μέ τή μιὰ ἄκρη κοντά στό κέντρο τοῦ κυκλικοῦ πάτου καί τήν ἄλλη ἄκρη νά ἐξέχει ἀπό τό κουτί. Ἐπειτα κολλήστε καλά μέ σελοτέια τή βελόνα στήν ἐλεύθερη ἄκρη τῆς ὀδοντογλυφίδας ἔτσι, πού ἡ μύτη τῆς βελόνας νά ἐξέχει ἀπό τήν ἄκρη τῆς ὀδοντογλυφίδας περίπου 6 χιλιοστά τοῦ μέτρου.

3) Στό σχολεῖο τοποθετήστε τό δίσκο στό γραμμοφώνο καί ἀφήστε τον νά γυρῶ. Κάθε παιδί τώρα μπορεῖ νά πλησιάσει μέ τή συσκευή του καί νά ἀφήσει τήν ἄκρη τῆς βελόνας νά ἀγγίξει καλά τά αὐλάκια τοῦ δίσκου πού περιστρέφεται. Περιγράψτε καί ἐξηγήστε τί παρατηρεῖτε.

III. ΟΠΤΙΚΗ



1. Τό φῶς στή ζωή μας

Τά μάτια μας δέχονται συνέχεια φωτεινά μηνύματα ἀπό τόν κόσμο πού μᾶς περιβάλλει. Ἔτσι μαθαίνουμε γιά τό σχῆμα, τό χρῶμα καί τήν κίνηση τῶν ἀντικειμένων πού ὑπάρχουν γύρω μας. Φωτεινά μηνύματα φτάνουν σέ μᾶς καί ἀπό τά βᾶθη τοῦ διαστήματος, ἀπό ἄστρα καί μακρινούς γαλαξίες. Τό φῶς εἶναι ἀπαραίτητο, γιά νά θαυμάσουμε ἕνα τοπίο ἀλλά καί γιά τό διάβασμα ἑνός βιβλίου πού ἀγαποῦμε. Θά γνωρίζετε ἀκόμα ὅτι τά περισσότερα φυτά καί δέντρα, γιά νά ἀναπτυχθοῦν, χρειάζονται φῶς. Ἄλλιῶς εἶναι καταδικασμένα στό μαρasmus καί τό θάνατο.

Μᾶς εἶναι λοιπόν ἀδύνατο νά φανταστοῦμε τή ζωή πάνω στή γῆ δίχως τό φῶς. Ἡ παρουσία του εἶναι ἔντονη σέ κάθε μας βῆμα. Γι' αὐτό καί τή νύχτα πού δέν ὑπάρχει τό ἠλιακό φῶς—τό **φυσικό φῶς**, ὅπως λέμε— χρησιμοποιοῦμε ἠλεκτρικούς λαμπτήρες, στήν ἀνάγκη μάλιστα καί κεριά ἢ λάμπες πετρελαίου, γιά νά παράγουμε τεχνητά τό φῶς πού μᾶς χρειάζεται. Δέν εἶναι περίεργο, ὕστερα ἀπ' ὅλα αὐτά, τό ὅτι ἡ γλώσσα μας δίνει στό φῶς μιά ἰδιαίτερη μεταφορική σημασία. Ἔτσι χαρακτηρίζουμε σάν «φωτεινό» τό παράδειγμα ἑνός ἀνθρώπου ἢ μιλοῦμε γιά «φωτεινές

καί σκοτεινές περιόδους» τῆς ἱστορίας μας.

Τί εἶναι ὅμως στήν πραγματικότητα τό φῶς; Δέ μπορεῖ βέβαια νά τό κρατήσει κανείς στήν παλάμη του, γιά νά τό μελετήσει. Μπορεῖ ὅμως νά μελετήσει τούς κανόνες, δηλαδή τούς **νόμους**, πού ρυθμίζουν τή συμπεριφορά του. Ὅπωςδῆποτε ἡ ἀπάντηση στό ἐρώτημα «τί εἶναι τό φῶς» ἀποτέλεσε γιά τούς ἐρευνητές ἕνα βασανιστικό πρόβλημα. Σήμερα ξέρομε ὅτι :

τό φῶς εἶναι κι αὐτό μιά μορφή ἐνέργειας.

2. Τό φῶς, ἐνέργεια πού ἀκτινοβολεῖται

Δέν εἶναι δύσκολο νά διαπιστώσουμε μερικά φαινόμενα στόν ὑλικό κόσμο, πού δείχνουν ὅτι καί τό φῶς εἶναι ἐνέργεια—ἔχει δηλαδή τήν ἱκανότητα νά παράγει ἔργο. Ἐνα χρωματιστό χαρτί, πού θά ἀφεθεῖ στόν ἥλιο γιά μερικές μέρες, ξεθωριάζει. Τό ἴδιο μας τό δέρμα «μαυρίζει», ὅταν ἐκτεθεῖ στό φῶς τοῦ ἥλιου ἢ μιάς εἰδικῆς λάμπας. Τό φῶς εἶναι ἀπαραίτητο, γιά νά βγάλουμε μιά φωτογραφία. Ἡ ἐνέργειά του «προσβάλλει» τό φωτογραφικό φιλμ καί σχηματίζει τήν εἰκόνα τοῦ ἀντικειμένου.

Σ' ὅλες αὐτές τίς περιπτώσεις συμβαί-

νουν αλλαγές στην ύλη. Ή ενέργεια του φωτός μετασχηματίζεται σε μία άλλη μορφή ενέργειας, τή χημική ενέργεια. Άλλοτε ή ενέργεια πού έχει τό φώς *απορροφάται* μόνο από τά μόρια τής ύλης. Τά μόρια αποκτοῦν τώρα μεγαλύτερη ενέργεια, τό υλικό δηλαδή θερμαίνεται. Ένα μέρος από τό φώς πού ἐκπέμπει ή λάμπα του δωματίου μας απορροφάται από τούς τοίχους καί τόν ἀέρα καί γίνεται θερμική ενέργεια. Τό ἥλιακό φώς μᾶς ζεσταίνει, ἐπειδή ή ἐνέργειά του μετατρέπεται σε θερμική.

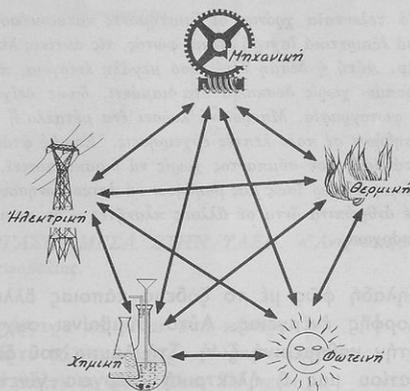
Τό ἥλιακό φώς εἶναι ή πρωταρχική πηγή ἐνέργειας γιά τή γῆ. Ταξιδεύει 150 ἑκατομμύρια χιλιόμετρα, γιά νά φτάσει ἀπό τόν ἥλιο ὡς ἐδῶ. Στή γῆ μετατρέπεται σε ἄλλες μορφές ἐνέργειας, πού εἶναι ἀπαραίτητες γιά τή ζωή καί τόν κύκλο τῶν φυσικῶν φαινομένων. Τό φώς του ἥλιου διατηρεῖ τή γῆ θερμή. Μέ τή δική του ἐνέργεια ἐξατμίζεται τό νερό καί δημιουργοῦνται τά σύννεφα καί οἱ βροχές.

Άκόμα πιά σημαντικό, ὄλα τά ζωντανά πλάσματα ὀφείλουν τήν ἐνέργεια πού ἔχουν στό ἥλιακό φώς. Ὁ ἄνθρωπος καί τά ζῶα, γιά νά ἀναπυχοῦν καί νά ἐπιβιώσουν, χρειάζονται ἀπαραίτητα τό φυτικό κόσμο. Ἀπό ἐκεῖ ἀντλοῦν μέ ἀμεσο ἢ ἔμμεσο τρόπο τήν τροφή τους. Τά φυτά πάλι, μέ τή σειρά τους, συντηροῦνται χάρη στό ἥλιακό φώς. Μέ τή **φωτοσύνθεση** παρασκευάζουν τήν τροφή τους ἀπό οὐσίες πού ὑπάρχουν στό ἔδαφος καί στόν ἀέρα. Δέν εἶναι ὑπερβολή νά πούμε ὅτι ή ἐνέργεια πού ἔχει ἕνας ἄνθρωπος—πού κάνει τήν καρδιά του νά κτυπά ή τά χέρια του νά κινοῦνται—φυλακίστηκε κάποτε στά φυτά μέ τή φωτοσύνθεση. Ή ἐνέργεια του ἥλιακοῦ φωτός δημιουργεῖ καί ἀνανεώνει ὄλο τό θαυμαστό κύκλο τής ζωῆς.

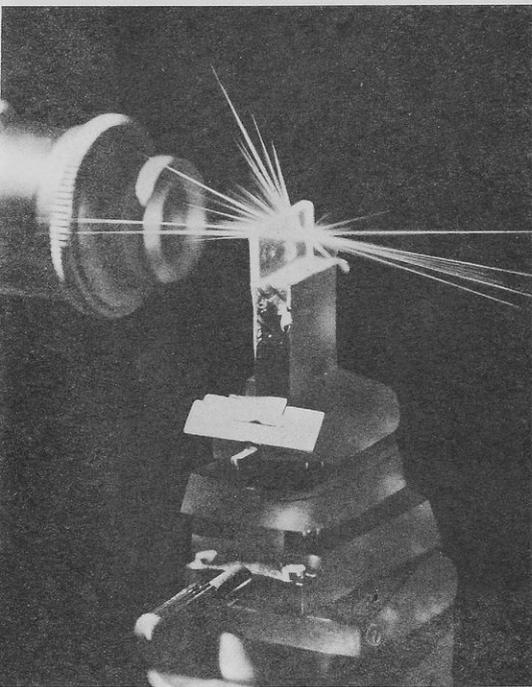
Άφοῦ τό φώς εἶναι ἐνέργεια, θά πρέπει νά διαπιστώσουμε καί τίς ἀντίστροφες μεταβολές στόν υλικό κόσμο. Νά παράγεται



Ὁ Ἰσαάκ Νεύτων μελετᾷ τίς ιδιότητες του φωτός.



Τό φώς εἶναι μιά μορφή ἐνέργειας. Στή φύση παρατηροῦμε συνέχεια μετασχηματισμούς τῶν μορφῶν ἐνέργειας.



Τά τελευταία χρόνια, οί επιστήμονες κατασκεύασαν μιά εξαιρετικά ισχυρή δέσμη φωτός, τίς ακτίνες λέιζερ. Αυτή ή δέσμη έχει τόσο μεγάλη ενέργεια, πού τρυπάει χωρίς δυσκολία ένα διαμάντι, όπως δείχνει ή φωτογραφία. Μπορεί νά λιώσει ένα μέταλλο ή νά βοηθήσει σέ πολύ λεπτές εγχειρήσεις. Ήπειδή φτάνει στά βάθη τού σώματος χωρίς νά διασκορπιστεί, ή δέσμη λέιζερ ίσως μās βοηθήσει νά επικοινωνήσουμε μέ ανθρώπινα όντα σέ άλλους πλανήτες — αν φυσικά υπάρχειν.

δηλαδή φώς μέ τό ζόδεμα κάποιας άλλης μορφής ενέργειας. Αυτό συμβαίνει συχνά στήν καθημερινή ζωή. Στή λάμπα τού δωματίου μας ή ηλεκτρική ενέργεια γίνεται φώς. Όταν ανάψουμε ένα κερι, ή χημική ενέργεια πού υπάρχει στήν ύλη του μετατρέπεται σέ φώς καί σέ θερμότητα. Άκόμα καί δύο πέτρες αν χτυπήσουμε μεταξύ τους— αν δηλαδή καταναλώσουμε μηχανική ένεργ-

για—είναι δυνατόν νά πάρουμε μιά σπίθα φώς.

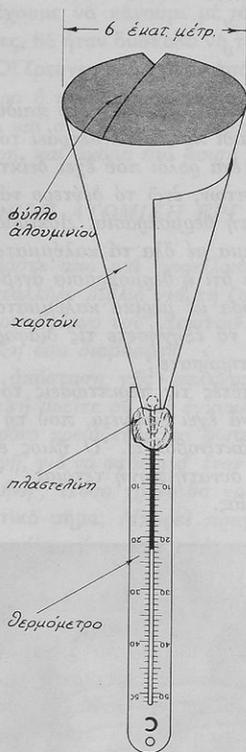
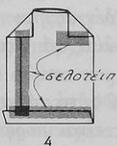
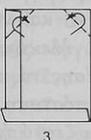
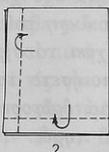
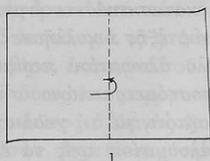
Πώς παράγεται όμως τό ήλιακό φώς ; Ποιά μορφή ενέργειας μετατρέπεται στόν ήλιο σέ φωτεινή ενέργεια ; Άσφαλώς δέν «καίγονται» ουσίες στόν ήλιο. Θά είχαν από καιρό τελειώσει, αφήνοντας τή γή μας παγωμένη καί δίχως ζωή. Ή ενέργεια τού ήλιακού φωτός έχει τό μυστικό της βαθιά μέσα στήν ύλη. Είναι μιά σπουδαία μορφή ενέργειας, πού τή λέμε **πυρηνική ενέργεια**. Αυτή δίνει τό φώς στόν ήλιο. Για έκατομμύρια χρόνια, σχεδόν ανεξάντλητα, ο ήλιος στέλνει τό φώς του στό Σύμπαν μετατρέποντας τήν πυρηνική του ενέργεια σέ φώς.

Τό φώς λοιπόν είναι ενέργεια. Έχει όμως μερικά ιδιαίτερα γνωρίσματα. Τό φώς, σέ αντίθεση μέ άλλες μορφές ενέργειας, π.χ. τόν ήχο, δέ χρειάζεται ύλη, για νά διαδοθεί. Ταξιδεύει καί στό κενό. Ταξιδεύει συνεχώς, χωρίς νά μπορεί νά σταματήσει, καί μάλιστα μέ τεράστια ταχύτητα. Είναι, όπως λέμε, **ένέργεια ακτινοβολίας**. Τό φώς ακτινοβολείται από τόν ήλιο στή γή. Άπό τά φανάρια τού αυτοκινήτου στό δρόμο. Ύπάρχουν κι άλλες μορφές ενέργειας πού ακτινοβολούνται, όπως ή θερμότητα. Τό φώς είναι τό μόνο πού γίνεται όρατό, επειδή έχει τήν ικανότητα νά ερεθίζει τό μηχανισμό τού ματιού μας.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστείτε τά παρακάτω όλικά: ένα θερμομέτρο τών 50 °C, ένα κομμάτι αλουμινόχαρτο, ένα κομμάτι σελοφάν, κομμάτια χαρτί, άσπρο, γρόι καί μαύρο μέ διαστάσεις 15 × 15 εκ. τού μέτρου.

1) Πάρτε τά κομμάτια τό χαρτί, τό φύλλο αλουμινίου (προσέξτε νά μήν τσαλακωθεί), ένα κομμάτι σελοφάν. Σ' ένα σκοτεινό δωμάτιο ρίξτε τό φώς ενός φακού επάνω στό χαρτί, στό αλουμίνιο, στό σελοφάν. Τί συμβαίνει μέ τό φώς πού πέφτει



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Κατασκευή καλυμμάτων για τό θερμόμετρο.

σ' αυτά τά υλικά ;

2) Έτοιμάστε καλύμματα για τό θερμόμετρο διπλώνοντας κομμάτια χαρτί άσπρο, γκρι και μαύρο, καθώς και φύλλα αλουμινίου, όπως δείχνει τό σχήμα.

Στερεώστε τίς διπλωμένες άκρες μέ σελοτέιπ και βάλτε μέσα τό θερμόμετρο, ώστε ή μπαλίτσα πού περιέχει τόν

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. «Ανιχνευτής» άκτινοβολίας.

υδράργυρο νά είναι στό κέντρο.

Πάρτε τό θερμόμετρο μ' ένα κάλυμμα και βάλτε το στόν ήλιο. Τό πείραμα πετυχαίνει καλύτερα, όταν έχει δυνατό ήλιο και δέ φυσάει άέρας.

Παρακολουθήστε πώς ανεβαίνει ή θερμοκρασία. Μπορείτε νά κάνετε έναν πίνακα ως έξης:

Χρόνος Θερμοκρασία

1 λεπτό

2 λεπτά

3 »

4 »

5 »

Χρειάζεται να δουλέψουν δύο παιδιά μαζί.

Τό ένα παιδί πρέπει να μετράει τό χρόνο, μ' ένα ρολόι πού έχει δείκτη δευτερολέπτων, ενώ τό δεύτερο να διαβάζει τή θερμοκρασία. Δοκιμάστε τό ίδιο πείραμα μέ όλα τά καλύμματα.

Θά βρείτε ότι ή θερμοκρασία άνεβαίνει πού γρήγορα μέ μερικά καλύμματα.

Μπορείτε να εξηγήσετε τίς διαφορές πού παρατηρήσατε ;

Σ' όλες αυτές τίς περιπτώσεις τό φώς φαίνεται να έχει ενέργεια, πού τή λέμε ενέργεια ακτινοβολίας. Ο ήλιος είναι μιά πολύ δυνατή πηγή τέτοιας ακτινοβολίας.

3) Για να παρατηρήσετε παρόμοια αποτελέσματα μέ άλλες πηγές, χρειάζεται και πού να μαζεύει τήν ακτινοβολία.

Μπορείτε να κατασκευάσετε έναν τέτοιο «άνιχνευτή» ως εξής : κολλήστε ένα κομμάτι φύλλο αλουμινίου περίπου

15 × 20 εκατοστόμετρα πάνω σ' ένα ομοιο φύλλο από χαρτόνι, μέ τή γυαλιστερή πλευρά του αλουμινίου προς τά έξω. Μ' αυτό κάντε ένα χωνί μέ τό αλουμίνιο στή μέσα μεριά του χωνιοῦ και στερεώστε το στην άκρη του θερμομέτρου, όπως δείχνει τό σχήμα.

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τώρα αυτόν τόν ανιχνευτή για διάφορες φωτεινές και θερμικές πηγές. Προσοχή :

“Αν τό στρέψετε κατευθείαν προς τόν ήλιο, τό θερμομέτρο μπορεί να άνεβεί πολύ γρήγορα στους 50 °C και να σπάσει! Δοκιμάστε μιά ηλεκτρική λάμπα, ένα φακό. Μπορείτε επίσης να πλησιάσετε τόν ανιχνευτή σας, σε απόσταση περίπου 50 εκατοστόμετρα, σ' ένα ζεστό ηλεκτρικό σίδερο. “Υστερα βάλτε ανάμεσα στον ανιχνευτή και τό ηλεκτρικό σίδερο ένα βιβλίο. Τό βιβλίο δέν αφήνει τήν ενέργεια ακτινοβολίας να φτάσει τόν ανιχνευτή.

Τά συμπεράσματα από αυτό τό πείραμα είναι ότι : 1) Τό φώς είναι μορφή ενέργειας. 2) Η ενέργεια του φωτός μπορεί να μετασχηματιστεί σε θερμική ενέργεια. 3) Τό ζεστό ηλεκτρικό σίδερο στέλνει κι αυτό ενέργεια, πού φαίνεται να έχει τίς ίδιες ιδιότητες μέ τό φώς, δηλαδή είναι ενέργεια ακτινοβολίας.

Τά συμπεράσματα από αυτό τό πείραμα είναι ότι :

1) Τό φώς είναι μορφή ενέργειας. 2) Η ενέργεια του φωτός μπορεί να μετασχηματιστεί σε θερμική ενέργεια. 3) Τό ζεστό ηλεκτρικό σίδερο στέλνει κι αυτό ενέργεια, πού φαίνεται να έχει τίς ίδιες ιδιότητες μέ τό φώς, δηλαδή είναι ενέργεια ακτινοβολίας.

“Ας προχωρήσουμε όμως μελετώντας μεθοδικά τίς ιδιότητές του.

3. Η ταχύτητα του φωτός

Μόλις άνάψουμε τό φακό μας, τό φώς του φτάνει άκαριαία στο σημείο πού θέλουμε.

Ο Άλβέρτος Άινστάιν άπόδειξε ότι τό φώς έχει τή μεγαλύτερη ταχύτητα πού μπορεί να άπάρξει στή φύση.

‘Ακόμα και τό φώς ενός φάρου φτάνει δίχως καθυστέρηση σ’ ένα πλοίο πού βρίσκεται πολλά μίλια μακριά. Τό φώς λοιπόν τρέχει πολύ γρήγορα. ‘Από τόν ήλιο χρειάζεται μόνον 8,5 λεπτά, γιά νά φτάσει στή γή. ‘Από ένα δορυφόρο, εκατοστά τού δευτερόλεπτου. Μέ πολύ δύσκολα πειράματα οί επιστήμονες (καί πρώτος ό Δανός Roemer, τό 1675) εξακριβώσαν ότι ή ταχύτητα τού φωτός στό κενό είναι

300.000 χιλιόμετρα τό δευτερόλεπτο.

Θά καταλάβετε καλύτερα πόσο άπίστευτα μεγάλη είναι αυτή ή ταχύτητα, άν τήν συγκρίνετε μέ τίς γνωστές σας ταχύτητες. ‘Ενα αυτοκίνητο, άς πούμε, τρέχει μέ 110 χιλιόμετρα τήν ώρα, δηλαδή κάπου 30 μέτρα τό δευτερόλεπτο. Τό φώς είναι 10.000.000 φορές πιά γρήγορο ! ‘Ενας δρομέας, πού θά έτρεχε μέ τήν ταχύτητα τού φωτός, θά έκανε όκτώ φορές τό γύρο τής γής, ώστόσο έμείς προφέρουμε έναν τριψήφιο αριθμό. Μπορείτε τώρα νά πείτε σέ κάποιο φίλο σας, πού ίσχυρίζεται ότι «τρέχει σάν άστραπή», πώς είναι μάλλον υπερβολικός...

‘Η ταχύτητα λοιπόν τού φωτός είναι τόσο μεγάλη, πού ξεπερνάει τή φαντασία μας. Μήπως όμως υπάρχουν υλικά σώματα, ίσως στά βάθη τού σύμπαντος, πού έχουν ακόμα μεγαλύτερη ταχύτητα ; Μήπως ό άνθρωπος, καθώς τελειοποιεί συνέχεια τούς πυραύλους του, θά φτάσει ή και θά ξεπεράσει κάποτε σέ ταχύτητα τό φώς ; Τήν άπάντηση σέ όλα αυτά τά έρωτήματα έδωσε ένας διάσημος φυσικός τής εποχής μας, ό ‘Αινστάιν, πού άπόδειξε ότι :

Στή φύση δέ μπορεί νά υπάρξει μεγαλύτερη ταχύτητα άπό τήν ταχύτητα τού φωτός.

‘Η ταχύτητα τού φωτός είναι ένα *δριο*, ένα *άνώτερο δριο*, πού κανένα άπό τά υλικά σώματα δέ θά μπορέσει ποτέ νά υπερβεί.

Είδαμε ότι ή ταχύτητα τού φωτός είναι 300.000 χλμ. *στό κενό*, έκει δηλαδή πού δέν υπάρχει καθόλου ύλη, όπως στό μακρινό διάστημα. ‘Εχει όμως τό φώς τήν ίδια ταχύ-

τητα και όταν περνάει άπό κάποιο υλικό μέσο ; Ποιά είναι ή ταχύτητά του στον άέρα, μέσα στό νερό μιάς λίμνης ή σ’ ένα κομμάτι γυαλί ; ‘Αφού έχουμε νά κάνουμε μέ τόσο μεγάλες ταχύτητες, θά ήταν δύσκολο νά τό εξακριβώσουμε. Οί έρευνες πού έγιναν άπόδειξαν ότι : *Στόν άέρα ή ταχύτητα τού φωτός είναι σχεδόν όση και στό κενό. Στά υγρά είναι λίγο μικρότερη, και ακόμα πιά μικρή στά στερεά.*

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Διαβάστε άπό μιά *έγκυκλοπαίδεια* ή άλλο κατάλληλο βιβλίο γιά τή ζωή και τό επιστημονικό έργο τού ‘Αινστάιν. Συζητήστε στήν τάξη όσα διαβάσατε.

2) Τήν *άπόσταση γής-σελήνης* μπορείτε πάλι νά τή βρείτε σέ μιά *έγκυκλοπαίδεια*. Πόσο χρόνο χρειάζεται ένα φωτεινό σήμα *άπό τή γή*, γιά νά φτάσει σ’ έναν *αστροναύτη στή σελήνη* ; Πόσο χρόνο θά *χρειάζοταν* ένα *ήχητικό σήμα* ; Μπορεί πραγματικά ένα *ήχητικό κύμα* νά φτάσει στή *σελήνη* ;

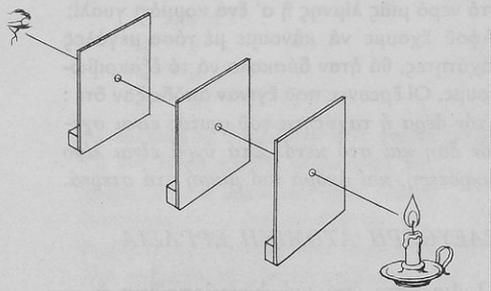
4. Τό φώς διαδίδεται εϋθύγραμμα

Οί φωτεινές άκτίνες, άν βέβαια δέ συναντήσουν κάποιο έμπόδιο στό δρόμο τους, ταξιδεύουν σέ εϋθεία γραμμή. Δέν αλλάζουν κατεύθυνση ούτε και σχηματίζουν καμπύλες. ‘Ενας φίλος πού έστριψε στή γωνία παύει νά φαίνεται, επειδή οί φωτεινές άκτίνες πού ξεκινούν άπ’ αυτόν δέ μπορούν πιά νά φτάσουν στό μάτια μας. Στήν αίθουσα ενός κινηματογράφου, οί φωτεινές δέσμες φαίνονται νά ξεκινούν άπό τόν προβολέα και νά κατευθύνονται όλόισια στήν όθόνη.

‘Ενα άπλό πείραμα μπορεί νά επιβεβαιώσει τίς παρατηρήσεις μας.

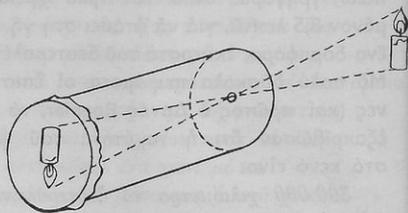
ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Κόψτε τρία τετράγωνα κομμάτια χαρτόνι περίπου ίδιων διαστάσεων. Μ’ ένα καρφι



Τό φῶς διαδίδεται εὐθύγραμμα.

ἀνοίξτε μιά τρύπα καί στά τρία μαζί.
 Τοποθετήστε τά χαρτόνια σέ κάποια ἀπόσταση
 μεταξύ τους καί μπροστά ἀπό τή φλόγα
 ἑνός κεριοῦ. Μετακινώντας τά χαρτόνια θά
 βρεῖτε μιά θέση πού τό φῶς περνᾷ ἀπ' ὅλες
 τίς τρύπες. Ποιά εἶναι αὐτή ἡ θέση; Τί
 συμπεραίνετε; Ἐπιβεβαιώστε τό συμπέρασμα
 σας μέ ἓνα τετρωμένο σόμα.



Μιά πρωτόγονη φωτογραφική μηχανή.

Πολλές φορές ἔχετε παίξει οἱ ἴδιοι μέ τή
 σκιά σας. Οἱ σκίές εἶναι μιά ἄμεση συνέπεια
 τῆς εὐθύγραμμης πορείας πού ἀκολουθεῖ τό
 φῶς. Ἄν φέρετε τό χέρι σας κάτω ἀπό μιά
 λάμπα, θά σχηματιστεῖ ἀμέσως τό σκοτεινὸ
 ἀποτύπωμα τοῦ χεριοῦ—ἡ σκιά του—στό
 τραπέζι ἢ στό πάτωμα. Αὐτό συμβαίνει, γιατί
 οἱ φωτεινές ἀκτίνες ταξιδεύουν εὐθύγραμμα



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

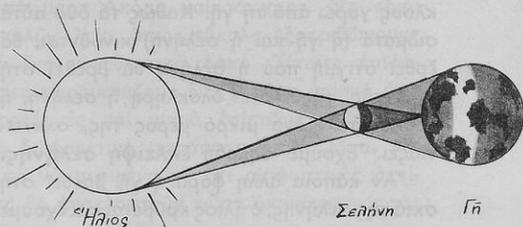
καί διακόπτονται μόνο από τό στερεό σῶμα πού παρεμβάλλεται στο δρόμο τους. Τέτοια μάλιστα σώματα, πού δέν αφήνουν τό φῶς νά περάσει από τήν ὕλη τους, ὀνομάζονται **ἀδιαφανή**.

Μιά διασκεδαστική ἐφαρμογή τῶν ὄσων μάθατε εἶναι ἡ κατασκευή μιᾶς ἀπλῆς «φωτογραφικῆς» μηχανῆς.

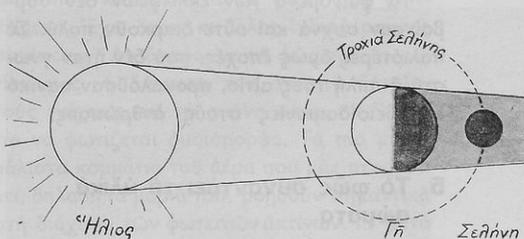
ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πάρτε ἕνα κυλινδρικό κοντί, ἀπό χαρτόνι ἢ τενεκέ, καί μ' ἕνα καρφί ἀνοίξτε μιᾶ μικρή τρύπα στή βάση του, κοντά στό κέντρο. Μέ ἕνα λαστιγάκι προσαρμόστε σφιχτά ἕνα κομμάτι λαδόχαρτο στήν ἄλλη ἄκρη τοῦ κυλινδρικοῦ κοντιοῦ, ὅπως δείχνει τό σχῆμα. Κρατήστε τώρα τή βάση τοῦ κοντιοῦ μπροστά στή φλόγα ενός κεριοῦ. Στή μικρή «θόνη» ἀπό λαδόχαρτο, πού ἔχετε κατασκευάσει, θά δεῖτε τό εἶδωλο τῆς φλόγας — καί μάλιστα ἀνάποδα! Αὐτό εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς εὐθύγραμμης διαδόσεως τοῦ φωτός. Φωτεινές ἀκτίνες ἀπό τήν κορυφή τῆς φλόγας περνοῦν ἀπό τήν τρύπα καί φτάνουν στό κάτω μέρος τῆς θόνης, ἐνῶ ὅσες ξεκινοῦν ἀπό τό κάτω μέρος τῆς φλόγας καταλήγουν σέ ψηλότερο σημεῖο τῆς θόνης. Θά κατανοήσετε μάλιστα καλύτερα τό πείραμα, ἂν σχεδιάσετε στό τετραδίό σας τήν πορεία τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων.

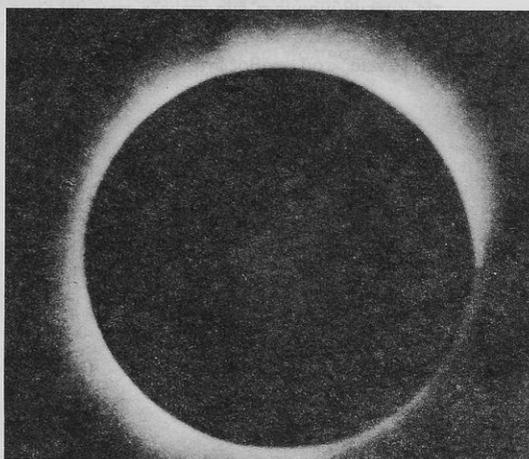
Τό φῶς διαδίδεται εὐθύγραμμα καί δημιουργεῖ σκίεσ καί ἔξω ἀπό τή γῆ μας, στό ἀπέραντο διάστημα. Ἐμεῖς πού κατοικοῦμε στή γῆ παρατηροῦμε ἔτσι τά θεαματικά οὐράνια φαινόμενα, πού εἶναι γνωστά ὡς **ἐκλείψεις**. Τό σχῆμα δείχνει παραστατικά τόν ἥλιο, τή σελήνη καί τή γῆ. Ὁ ἥλιος εἶναι ἀκίνητος καί ἐκπέμπει τό φῶς του πρὸς ὅλες τίς κατευθύνσεις. Ἡ γῆ καί ἡ σελήνη δέν ἔχουν δικό τους φῶς, ἀλλά φωτίζονται ἀπό τόν ἥλιο. Ξέρουμε ἀκόμα ὅτι ἡ γῆ περιφέρειται γύρω ἀπό τόν ἥλιο, διαγράφοντας μιᾶ ἔλλειψη, καί ὅτι ἡ σελήνη διαγράφει κύ-



Ἐκλείψη ἡλιου.



Ἐκλείψη σελήνης.



Φωτογραφία ἀπό τήν ἔκλειψη ἡλιου τό 1973. Ἦταν ἡ μεγαλύτερη σέ διάρκεια στήν ἀνθρώπινη ἱστορία καί ἔδωσε τήν εὐκαιρία σέ χιλιάδες ἐπιστήμονες ἀπό ὅλο τόν κόσμο νά μελετήσουν τόν ἥλιο καί τά φαινόμενα πού σχετίζονται μέ τήν ἡλιακή ἀκτινοβολία.

κλους γύρω από τή γή. Καθώς τά δύο αυτά σώματα (ή γή και ή σελήνη) κινούνται, θά έρθει στιγμή πού ή σελήνη θά βρεθεί στή σκιά τής γής. Τότε όλόκληρη ή σελήνη, ή τουλάχιστον ένα μικρό μέρος της, σκοτεινιάζει. Έχουμε δηλαδή **έκλειψη σελήνης**.

Αν κάποια άλλη φορά ή γή βρεθεί στή σκιά τής σελήνης, ό ήλιος κρύβεται και έχουμε ένα ανάλογο φαινόμενο, τήν **έκλειψη ήλιου**. Ό κόσμος γύρω μας σκοτεινιάζει απότομα και τά ζώα τρέχουν νά κρυφτούν.

Τά φαινόμενα τών εκλείψεων δέν συμβαίνουν συχνά και ούτε διαρκούν πολύ. Σέ παλιότερες όμως εποχές, πού δέν ήταν γνωστή ή άπλη τους αίτία, προκαλούσαν πανικό και δεισιδαιμονίες στους ανθρώπους.

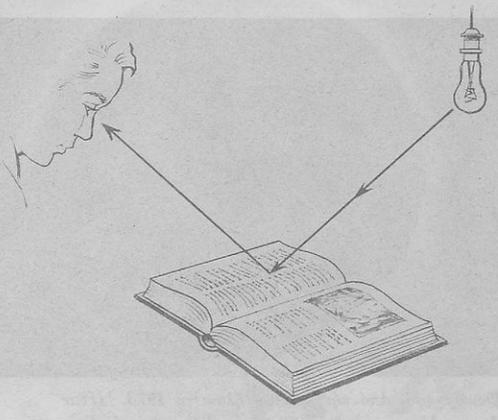
5. Τό φως συναντάει τά υλικά σώματα

Μ' ένα καθρέφτη είναι δυνατόν νά αλλάξουμε τήν πορεία τών ήλιακών ακτίνων και νά τίς κατευθύνουμε σ' ένα σημείο πού θέλουμε. Τό φως, όπως λέμε, **ανακλάται** στή λεία επιφάνεια του καθρέφτη. Τό φως αλλάζει

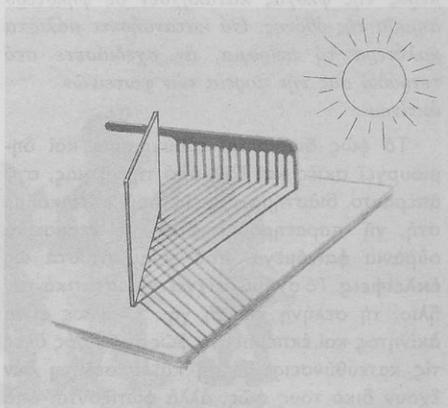
πορεία μ' αυτόν τόν τρόπο—και φεύγει τώρα πρós άλλη κατεύθυνση—κάθε φορά πού συναντάει ένα έμπόδιο.

Χάρη στήν ανάκλαση—και μάλιστα, όπως θά δούμε, τήν άκανόνιστη ανάκλαση—γίνονται όρατά τά πιο πολλά από τά υλικά σώματα. Η σελήνη, τό βιβλίο μας ή ένα λουλούδι δέν εκπέμπουν από μόνα τους φως. Είναι **ετερόφωτα** σώματα. Βλέπουμε τά ετερόφωτα αυτά σώματα, επειδή ανακλούν και πρós τά μάτια μας ένα μέρος από τό φως πού δέχονται τά ίδια. Μέ τό φως μιά λάμπας μπορούμε νά διακρίνουμε τά πράγματα ενός σκοτεινού δωματίου. Αν σβήσουμε τή λάμπα, τά πράγματα εξακολουθούν νά βρίσκονται στήν ίδια θέση. Δέν υπάρχουν όμως πιά οι φωτεινές ακτίνες πού θά ανακλαστούν επάνω τους και θά τά κάνουν όρατά.

Ας δοκιμάσουμε τώρα νά άπαντήσουμε σέ ένα σημαντικό έρώτημα. Οι φωτεινές ακτίνες συναντούν μιά επίπεδη επιφάνεια μέ μιά όρισμένη γωνία. Πρós τά πού κατευθύνονται όμως, άφου ανακλαστούν; Μέ ποιά γωνία δηλαδή θά αφήσουν τήν επιφάνεια; Από όσα μάθαμε για τήν ανάκλαση του ήχου—



Μπορούμε νά διαβάσουμε, επειδή τό φως ανακλάται στις σελίδες του βιβλίου.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Τό φως ανακλάται από μιά επιφάνεια μέ τήν ίδια γωνία πού τήν συναντάει.

πού είναι, όπως και το φώς, μία μορφή ενέργειας—ίσως μαντεύουμε την απάντηση.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

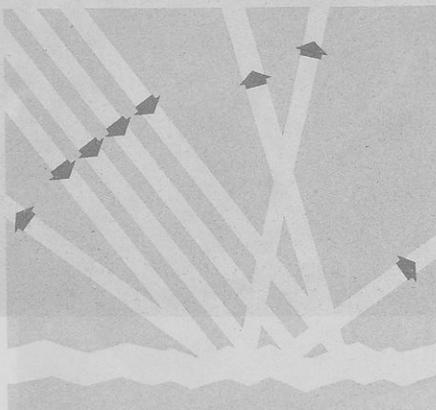
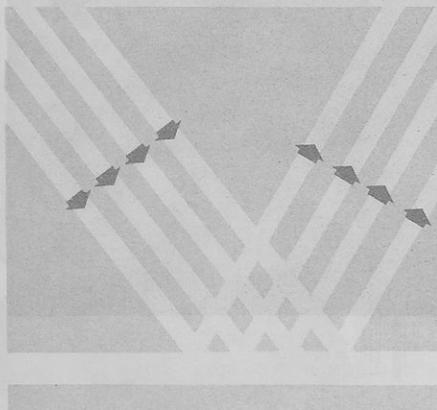
Τοποθετήστε ένα χτένι στο δρόμο του ηλιακού φωτός, πού πέφτει πλάγια σ' ένα άσπρο χαρτόνι. Δώστε τέτοια κλίση στο χαρτόνι, ώστε οι φωτεινές δέσμες πού φεύγουν από το χτένι νά έχουν μήκος μερικά εκατοστόμετρα. Τοποθετήστε διαγώνια στην τροχιά τους έναν καθρέφτη, όπως δείχνει η εικόνα. Τί παρατηρείτε;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

Οί παρατηρήσεις αυτές μᾶς οδηγούν στο συμπέρασμα ότι στο φώς, όπως και στον ήχο, η γωνία προσπτώσεως είναι ἴση με τή γωνία ανακλάσεως.

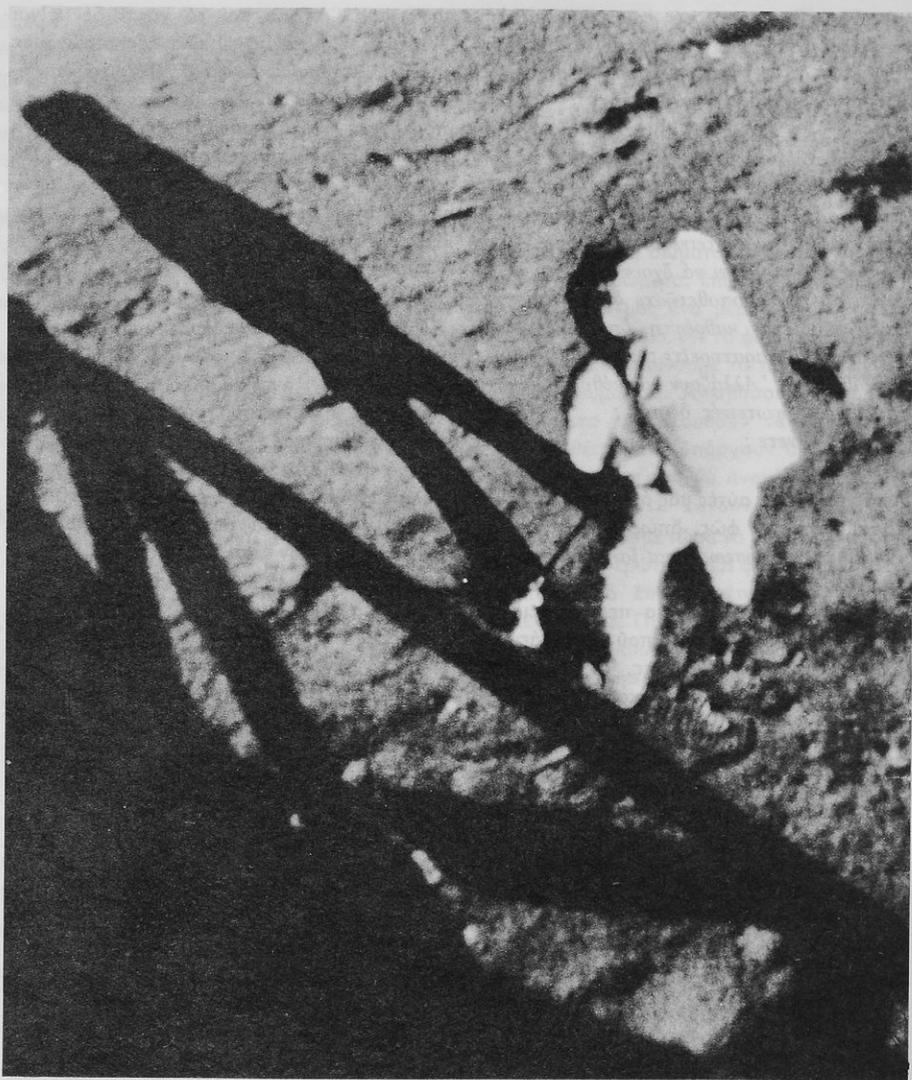
Στίς πίο πολλές βέβαια περιπτώσεις οί επιφάνειες τῶν σωμάτων πού συναντάει τό φώς είναι σχετικά ἀνώμαλες. Ὁ καθρέφτης είναι λείος, ὄχι ὅμως ὁ πίνακας ἢ τό πουκά-

μισό μας. Ἀκόμα καί τό χαρτί δέν είναι ἐντελῶς λείο, ὅπως εὐκόλα ἐξακριβώνουμε μέ ἕνα μεγεθυντικό φακό. Τέτοιες ἐπιφάνειες παρουσιάζουν ἕνα μεγάλο ἀριθμό ἀπό προεξοχές καί μικρά ἐπίπεδα, τό καθένα μέ διαφορετικό προσανατολισμό. Εἶναι λογικό νά περιμένουμε ὅτι οί φωτεινές ἀκτίνες θά ἀνακλαστοῦν τώρα ἀκανόνιστα πρὸς ὅλες τίς κατευθύνσεις.

Αὐτή ἡ ἀκανόνιστη ἀνάκλαση τοῦ φωτός—ἡ **διάχυση**, ὅπως τήν λέμε μέ μία λέξη—εἶναι πού κάνει ὁρατά τά γύρω μας ἀντικείμενα. Ἐχει ὅμως κι ἄλλες ἐνδιαφέρουσες συνέπειες. Ἄν ἀνάψουμε τό φώς τοῦ δωματίου μας, ἡ διάχυσή του ἀπό τά ἐπιπλα, τοῦς τοίχους καί τή σκόνη κάνει τό δωμάτιο νά φωτίζεται ὁμοίμορφα. Τά πίο μικρά μάλιστα κομμάτια τοῦ ἀέρα πού μᾶς περιβάλλει, δηλαδή τά μόριά του, βοηθοῦν σημαντικά στή διάχυση τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων. Γι' αὐτό καί «ζημερώνει» πολύ πρὶν ἀνατείλει ὁ ἥλιος : τό ἡλιακό φώς διαχέεται στά μόρια τῆς ἀτμόσφαιρας. Στή σελήνη, ἀπό τήν ἄλλη μεριά, πού δέν ὑπάρχει ἀτμόσφαιρα, ἡ σκιά ἐνός ἀστροναύτη εἶναι «κοφτή» καί πολύ σκοτεινή.



Ἀνάκλαση σέ λείες καί ἀνώμαλες ἐπιφάνειες.



Επειδή δεν υπάρχει ατμόσφαιρα, η σκιά ενός αστροναύτη στη σελήνη είναι πολύ έντονη.

Ἄς προσπαθήσουμε τώρα νά ἀπαντήσουμε σ' ἕνα ἄλλο ἐρώτημα : Ὅλο ἄραγε τό φῶς— ἢ ἀκριβέστερα, ὅλη ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια— πού πέφτει σ' ἕνα σῶμα ἀνακλάται ; Μήπως ὀρισμένα ὑλικά ἀνακλοῦν τό φῶς καλύτερα ἀπό ἄλλα ;

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Ἀνοίξτε ἕνα βιβλίον σέ μιὰ ἄσπρη σελίδα. Τοποθετῆστε τό βιβλίον μέ τή ράχη στό φῶς, ὥστε ἡ ἄσπρη του σελίδα νά εἶναι σκιασμένη. Κρατῆστε τώρα ἕναν καθρέφτη μπροστά στό βιβλίον, ὅπως δείχνει τό σχῆμα. Τί παρατηρεῖτε ; Τί συμβαίνει ἂν, ἀντί τοῦ καθρέφτη, χρησιμοποιήσετε ἕνα ἄσπρο φύλλον χαρτί ; Ἐνα μαῦρο φύλλον χαρτί ; Ἐνα κομμάτι γυαλί ;

Στίς δύο πρώτες περιπτώσεις τό φῶς ἀνακλάται—περισσότερο στόν καθρέφτη, λιγότερο στό ἄσπρο χαρτί— καί φωτίζει τή σκιασμένη σελίδα τοῦ βιβλίου. Τό μαῦρο χαρτί, ἀντίθετα, **ἀπορροφᾷ** τό μεγαλύτερο μέρος ἀπό τό φῶς. Πολύ λίγο ἀνακλάει. Τό γυαλί, τέλος, ἀνακλάει ἐλάχιστο φῶς, ἐνῶ

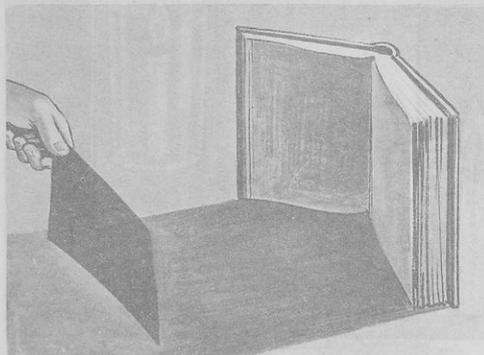
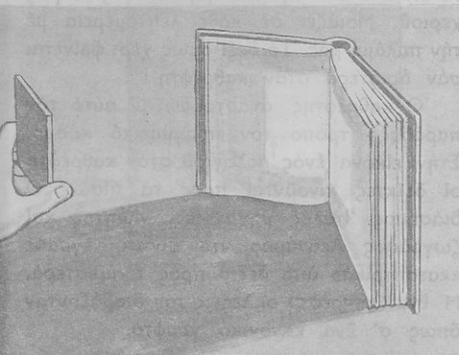
ἀφήνει τό περισσότερο νά περάσει ἀνενόχλητο ἀπό τήν ὕλη του. Εἶναι, ὅπως λέμε, ἕνα **διαφανές** σῶμα. Ὁ ἀέρας, τό νερό, τά τζάμια στά παράθυρα εἶναι κι αὐτά διαφανῆ σῶματα.

Εἶδαμε λοιπόν ὅτι τά διάφορα σῶματα ἀνακλοῦν τό φῶς, τό ἀπορροφοῦν ἢ τό ἀφήνουν νά περάσει ἀπό τήν ὕλη τους. Ἀνάλογα μέ τό ὑλικό καί τή μορφή πού ἔχει ἡ ἐπιφάνεια τοῦ σώματος, ἕνα ἀπ' αὐτά τά φαινόμενα παρουσιάζεται πιά ἔντονα.

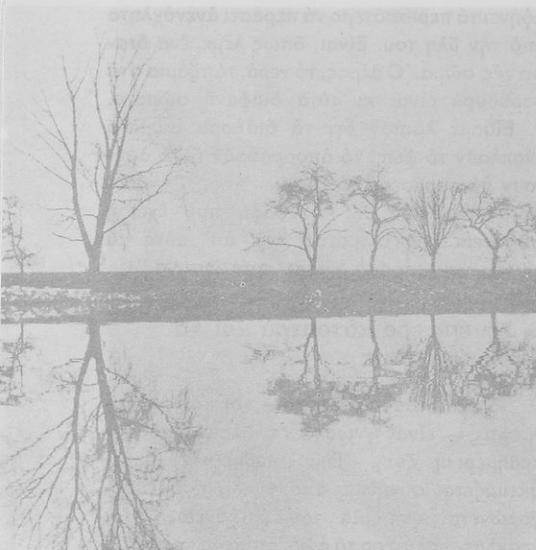
6. Τά ἐπίπεδα κάτοπτρα καί τά εἶδωλά τους

Τά ἐπίπεδα κάτοπτρα— οἱ κοινοί καθρέφτες— εἶναι γνωστά σέ ὅλους ἀπό τήν καθημερινή ζωή. Ἐνας καθρέφτης κατασκευάζεται συνήθως ἀπό γυαλί, πού ἐπαργυρώνεται στή μιὰ του ἐπιφάνεια. Ἐτσι ἀνακλάει καλύτερα τό φῶς. Ἐπίπεδα κάτοπτρα εἶναι καί ἡ στιλπνὴ ἐπιφάνεια ἐνός μετάλλου ἢ τό ἡρεμο νερό μιᾶς στέρνας. Πολλές φορές θά ἔχουμε δεῖ σέ τέτοια φυσικά κάτοπτρα τό πρόσωπό μας.

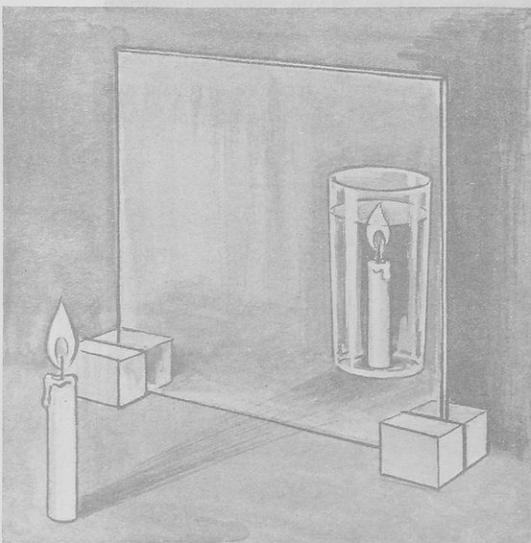
Ἄς ἐρευνήσουμε τώρα μεθοδικά τά **εἶδωλα**, δηλαδή τίς εἰκόνας τῶν ἀντικειμένων πού μᾶς δίνει ἕνα ἐπίπεδο κάτοπτρον. Ἀπό



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ὁ καθρέφτης ἀνακλάει, ἐνῶ ἕνα μαῦρο χαρτί ἀπορροφᾷ τό φῶς.



Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ εἶναι ἓνα μεγάλο ἐπίπεδο κάτοπτρο.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Τό εἶδωλο τῆς φλόγας «καίει» ἀνενόητο μέσα στό νερό.

τήν πείρα μας ξέρουμε μερικά βασικά τους χαρακτηριστικά. Ἄν φέρομε μπροστά σ' ἓναν καθρέφτη τό μολύβι μας, θά σχηματιστεῖ ἓνα ὅμοιο καί ἴσου μεγέθους εἶδωλό του στόν καθρέφτη. Ἄν ἀπομακρύνουμε τό μολύβι, τό εἶδωλο φαίνεται νά ὑποχωρεῖ σέ ἀνάλογο βάθος. Ὁ καθρέφτης ὅμως εἶναι λεπτός. Ἄρα τό εἶδωλο δέν ὑπάρχει πραγματικά ἐκεῖ πού τό βλέπουμε νά σχηματίζεται. Εἶναι, ὅπως λέμε, ἓνα φανταστικό εἶδωλο.

Ἄν ἔχετε ἀμφιβολίες, μ' ἓνα διασκεδαστικό πείραμα θά πεισεῖτε γιά τήν ὑπαρξη φανταστικῶν εἰδώλων.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Στηρίζετε ὄρθιο ἓνα κομμάτι τζάμι, ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα. Σέ ἀπόσταση περίπου 30 ἑκατοστόμετρα ἀπό τό τζάμι τοποθετήστε ἓνα ἀναμμένο κερί. Ἄπό τήν ἄλλη μεριά, σέ ἴση ἀπόσταση, ἓνα ποτήρι νερό. Πίσω ἀπό τό ποτήρι τοποθετήστε ἓνα σκοῦρο χαρτόνι. Ἄν κοιτάξετε τό ποτήρι μέσα ἀπό τό τζάμι, θά δεῖτε τή φλόγα τοῦ κεριοῦ νά καίει ἀνενόηλη μέσα στό νερό!

Εἶναι ὅμως τό εἶδωλο πού σχηματίζουν τά ἐπίπεδα κάτοπτρα ἐντελῶς ὅμοιο μέ τό ἀντικείμενο ; Σ' ἓναν καθρέφτη παρατηροῦμε τό εἶδωλο ἀπό τήν παλάμη τοῦ δεξιοῦ μας χεριοῦ. Μοιάζει σέ κάθε λεπτομέρεια μέ τήν παλάμη μας. Τό δεξί ὅμως χέρι φαίνεται σάν ἄριστερό στόν καθρέφτη !

Ὁ καθρέφτης ἀναστρέφει μ' αὐτό τόν παράδοξο τρόπο τόν πραγματικό κόσμο. Στήν εἰκόνα ἓνος ρολογιοῦ στόν καθρέφτη οἱ δείκτες κινοῦνται πρὸς τά πίσω. Ὁ διάσημος Ἴταλός μηχανικός, γλύπτης καί ζωγράφος Λεονάρδο ντά Βίντσι ἔγραφε «κατοπτρικά» ἀπό δεξιά πρὸς τ' ἄριστερά. Μ' ἓναν καθρέφτη οἱ λέξεις του διαβάζονταν ὅπως σ' ἓνα κανονικό γραφτό.

Σ' ἓναν καθρέφτη διαβάστε αὐτή τή φράση :

.διεργανὲν ἰανὶν ζῶφ ὀτ

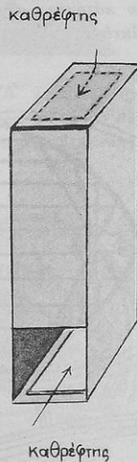
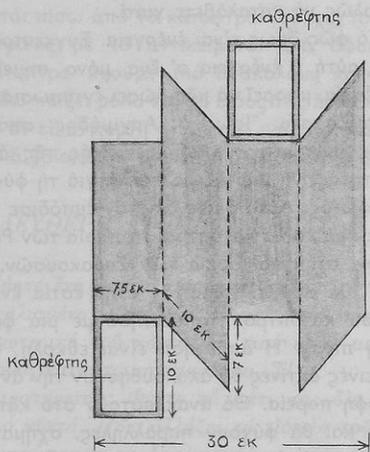
Ἡ δημιουργία εἰδώλων ἀπὸ τὰ κάτοπτρα δὲν ὀφείλεται σὲ κάποια ἰδιότητα περιεργῆ τῆς ὕλης τους. Μάθαμε ὅτι ἓνα κάτοπτρο ἀνακλάει τὸ φῶς. Φωτεινὲς ἀκτίνες ἀπὸ ἓνα ἀντικείμενο— τὸ πρόσωπό μας, ἓνα μολύβι, τὴ φλόγα τοῦ κεριοῦ— ἀνακλῶνται ἔτσι στὸ κάτοπτρο καὶ φτάνουν στὰ μάτια μας. Τὸ μάτι «συνθέτει» τὴν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

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

Χρησιμοποιεῖ γι' αὐτὸν τὸ σκοπὸ τὸ περισκόπιο.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

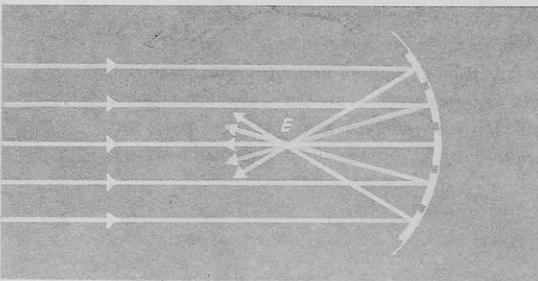
Θά κατασκευάσετε μόνοι σας ἓνα ἀπλό περισκόπιο. Σᾶς χρειάζονται ἓνα ὀρθογώνιο κομμάτι χαρτόνι, περίπου 40×30 ἑκατοστόμετρα, καὶ δύο κοινὰ καθρεφτάκια, περίπου 8×6 ἑκατοστόμετρα τὸ καθένα. Χωρίστε τὸ χαρτόνι σὲ τέσσερις ἴσες λουρίδες καὶ κόψτε το, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα. Διπλώστε τώρα προσεκτικὰ τὸ χαρτόνι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



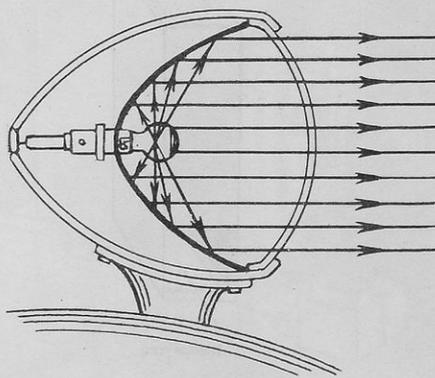
τίς πλευρές τοῦ ὀρθογωνίου, ὥστε νά γίνει ἡ κατασκευή σας στέρεη. Ἔχετε ἔτσι κατασκευάσει ἕνα ἀπλό περισκόπιο, πού σας ἐπιτρέπει νά βλέπετε ἀπό γωνίες ἢ πίσω ἀπό στερεά ἀντικείμενα.

7. Σφαιρικά κάτοπτρα

Ὅπως εὐκόλα διαπιστώνουμε, οἱ καθρέφτες πορείας ἑνός αὐτοκινήτου παρουσιάζουν μιά ἐλαφρά καμπυλότητα. Εἶναι **σφαι-**



Ἕνα κοίλο κάτοπτρο συγκεντρώνει στήν ἐστία τίς φωτεινές ἀκτίνες.



Ὁ προβολέας τοῦ αὐτοκινήτου εἶναι ἕνα κοίλο κάτοπτρο—ὄχι ἀκριβῶς σφαιρικό— μέ ἕνα ἠλεκτρικό λαμπάκι στήν ἐστία του.

ρικά κάτοπτρα. Παρόμοια σφαιρικά κάτοπτρα, **κυρτά ἢ κοίλα**, συναντοῦμε σέ χρήσιμες ἐφαρμογές στή ζωή μας.

Ἄς ἐξετάσουμε τί συμβαίνει, ἂν σ' ἕνα κοίλο κάτοπτρο— πού θυμίζει τήν ἐσωτερική ἐπιφάνεια μιᾶς σφαίρας—κατευθύνουμε μιά δέσμη φωτός. Ὅπως περιμένουμε, τό μεγαλύτερο μέρος τῆς δέσμης θά ἀνακλασθεῖ. Δέν εἶναι μάλιστα δύσκολο νά παρακολουθήσουμε τήν πορεία τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων. Ἄρκει νά φανταστοῦμε ὅτι ἡ σφαιρική ἐπιφάνεια ἀποτελεῖται ἀπό πολλά ἐπίπεδα κάτοπτρα. Στό καθένα ἀπ' αὐτά οἱ φωτεινές ἀκτίνες ἀνακλῶνται μέ τήν ἴδια γωνία πού προσπίπτουν.

Ὅπως συμπεραίνουμε ἀπό τό σχῆμα, τό κοίλο κάτοπτρο συγκεντρώνει τίς παράλληλες φωτεινές ἀκτίνες σ' ἕνα μόνο σημεῖο. Τό σημεῖο αὐτό ὀνομάζεται **ἐστία** τοῦ κατόπτρου. Ἡ ἐστία βρίσκεται τόσο πιά μακριά ἀπό τό κάτοπτρο, ὅσο μεγαλύτερη ἀκτίνα ἔχει ἡ σφαιρική του ἐπιφάνεια. Μέ τή βοήθεια τῆς προηγούμενης εἰκόνας μπορεῖτε ἀσφαλῶς νά καταλάβετε γι'αὐτή.

Τό φῶς ὅμως εἶναι ἐνέργεια. Συγκεντρωμένη αὐτή ἡ ἐνέργεια σ' ἕνα μόνο σημεῖο, τήν ἐστία, μπορεῖ νά μᾶς δώσει ἐντυπωσιακά ἀποτελέσματα. Ἴσως ὁ Ἄρχιμήδης, σπουδαῖος μαθηματικός καί ἐρευνητής τῆς ἀρχαιότητος, νά μὴν ἤξερε πολλά γιά τή φύση τοῦ φωτός. Αὐτό ὅμως δέν τόν ἐμπόδισε νά κάψει, μέ κοίλα κάτοπτρα, τά πλοῖα τῶν Ρωμαίων, στήν πολιορκία τῶν Συρακοσῶν.

Τί θά συμβεῖ τώρα, ἂν στήν ἐστία ἑνός κοίλου κατόπτρου τοποθετήσουμε μιά φωτεινή πηγή; Ἡ ἀπάντηση εἶναι εὐκόλη. Οἱ φωτεινές ἀκτίνες θά ἀκολουθήσουν τήν ἀντίστροφη πορεία. Θά ἀνακλαστοῦν στό κάτοπτρο καί θά φύγουν παράλληλες, σχηματίζοντας μιά ἰσχυρή φωτεινή δέσμη. Ἐκεῖ στηρίζουν τή λειτουργία τους οἱ προβολεῖς τῶν αὐτοκινήτων.

Ἕνα ἄλλο εἶδος κατόπτρων, τά κυρτά κάτοπτρα, μοιάζουν μέ τήν ἐξωτερική ἐπι-

φάναει μιᾶς γυαλισμένης σφαίρας. Δέν εἶναι δύσκολο νά μαντέψουμε καί στά κυρτά κάτοπτρα τήν πορεία τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

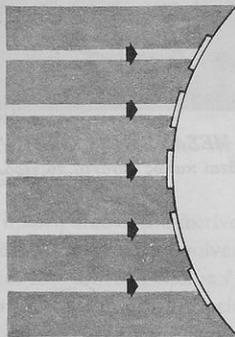
Τό σχῆμα δείχνει μιᾶ δέσμη ἀπό παράλληλες ἀκτίνες, πού πέφτουν στήν ἐπιφάνεια ἐνός κυρτοῦ κάτοπτρου. Ἄν φανταστεῖτε πάλι ὅτι τό κάτοπτρο ἀποτελεῖται ἀπό πολλά ἐπίπεδα κομμάτια, πού θά εἶναι ἡ πορεία τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων; Θά συναντηθοῦν, ὅπως σ' ἕνα κοίλο κάτοπτρο, σ' ἕνα σημεῖο; Μήπως συναντηθοῦν οἱ προεκτάσεις τους; Διατυπώστε τά συμπεράσματά σας.

Ἄς δοκιμάσουμε τώρα νά ἀπαντήσουμε σ' ἕνα ἄλλο ἐρώτημα. Τί εἶδους εἰδῶλα μᾶς δίνουν οἱ σφαιρικές κατοπτρικές ἐπιφάνειες; Ὅπως μάθαμε, στά ἐπίπεδα κάτοπτρα οἱ νόμοι εἶναι σχετικά ἀπλοί. Τό εἶδῶλο φαίνεται πίσω ἀπό τό κάτοπτρο καί ἔχει τό ἴδιο μέγεθος μέ τό ἀντικείμενο. Στά σφαιρικά κάτοπτρα ἔχουμε πιά δύσκολους κανόνες. Ἐδῶ παίζει ρόλο καί τό εἶδος τῆς ἐπιφάνειας — ἂν εἶναι κυρτή ἢ κοίλη— καί τό πόσο μακριά βρίσκεται τό ἀντικείμενο ἀπό τήν ἐστία.

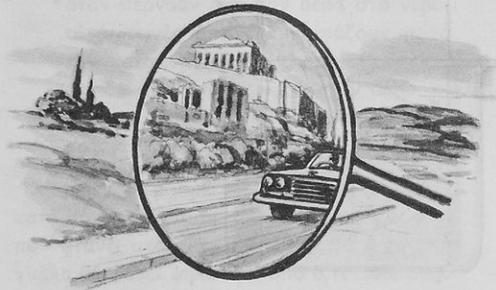
ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πάρτε ἕνα κοντάλι σούπας, καλά γυαλισμένο. Κοιτάξτε τό πρόσωπό σας στό ἐσωτερικό τοῦ κονταλιοῦ, πού εἶναι μιᾶ κοίλη κατοπτρική ἐπιφάνεια. Τί παρατηρεῖτε; Φέρετε τό μάτι σας ὄλο καί πιά κοντά. Πῶς ἀλλάζει τό εἶδῶλο τοῦ προσώπου σας; Γυρίστε τό κοντάλι ἀπό τήν ἄλλη μεριά. Ἐχετε τώρα μιᾶ κυρτή κατοπτρική ἐπιφάνεια. Πῶς εἶναι τό εἶδῶλο τοῦ προσώπου σας; Ἀλλάζει σέ τίποτα τό εἶδῶλο, ἂν φέρετε κοντύτερα τό κοντάλι;

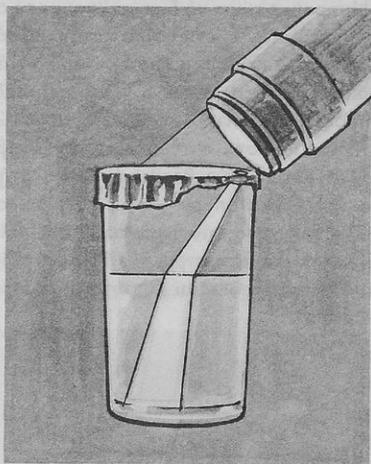
Μποροῦμε τώρα νά διατυπώσουμε τά συμπεράσματά μας. Σ' ἕνα κοίλο κάτοπτρο τό εἶδῶλο εἶναι συνήθως μικρότερο ἀπό τό ἀντικείμενο καί ἀντεστραμμένο. Ὅσο πλησιάζουμε πρὸς τό κάτοπτρο, τό εἶδῶλο μεγαλώνει. Θά ἔρθει μάλιστα στιγμή—γιά τήν ἀκρίβεια, ὅταν τό ἀντικείμενο βρεθεῖ ἀνάμεσα στήν ἐστία καί τό κάτοπτρο— πού τό εἶδῶλο θά εἶναι μεγαλύτερο ἀπό τό ἀντικείμενο καί ὄρθιο. Στά κυρτά κάτοπτρα, ἀντίθετα, τό εἶδῶλο εἶναι πάντοτε ὄρθιο καί μικρότερο ἀπό τό ἀντικείμενο.



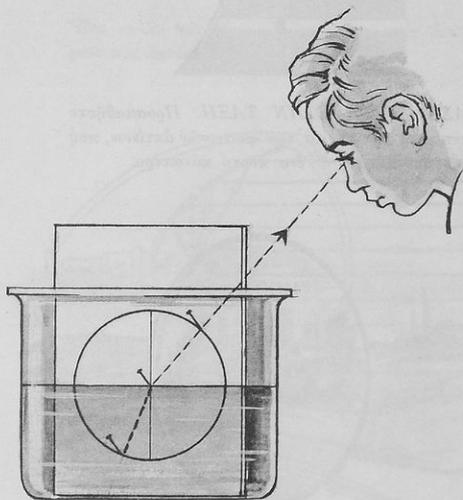
ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Προσπαθήστε νά μαντέψετε τήν πορεία τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, πού πέφτουν παράλληλες σ' ἕνα κυρτό κάτοπτρο.



Μέ κυρτά κάτοπτρα παρακολοθοῦμε τήν κίνηση, καθὼς ὁδηγοῦμε.



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



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ἡ διάθλαση κάνει τίς τρεῖς καρφίτσες νά φαίνονται σέ μιά εὐθεία.

Τά σφαιρικά κάτοπτρα μᾶς δίνουν λοιπόν μιά ποικιλία εἰδώλων. Ὅσα μάλιστα ἔχουν μεγάλη καμπυλότητα σχηματίζουν εἰδῶλα λίγο πολύ παραμορφωμένα. Ἐτσι τὸ πρῶ- σωπὸ μας παίρνει ἓνα αὐγοειδές σχῆμα, ὅταν καθρεφτίζεται στό μπουκάλι. Οἱ δια- σκεδαστικοὶ «μαγικοί» καθρέφτες δέν εἶναι καθόλου μαγικοί. Εἶναι ἓνας ἔξυπνος συν- δυασμός ἀπὸ κατοπτρικές ἐπιφάνειες, πού παραμορφώνουν τὸ σῶμα μας ἢ τοῦ δίνουν ὑπερφυσικές διαστάσεις.

Τά κοίλα σφαιρικά κάτοπτρα χρησιμο- ποιοῦνται σέ μικροσκοπία καί προβολεῖς γιὰ νά συγκεντρώνουν τὸ φῶς. Μὲ κοίλα κάτοπτρα ξυρίζονται καμιά φορά οἱ μεγάλοι, ἐπειδὴ σχηματίζουν μεγεθυμένη τήν εἰκόνα τοῦ προσώπου. Κυρτά κάτοπτρα, ἐξάλλου, εἶναι οἱ καθρέφτες τῶν αὐτοκινήτων, πού βοηθοῦν στό νά παρακολουθοῦμε τήν κίνηση, καθὼς ὀδηγοῦμε. Παρόμοια κυρτά κάτοπτρα τοποθετοῦνται καί σέ στροφές τῶν δρόμων μέ κακή ὄρατότητα.

8. Ἡ διάθλαση τοῦ φῶτος

Μάθαμε ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται μέ δια- φορετικὴ ταχύτητα στά διάφορα ὑλικά. Ἡ ταχύτητά του εἶναι μεγαλύτερη στόν ἀέρα ἀπὸ ὅ,τι στό νερό ἢ στό γυαλί. Ἐτσι μιά φω- τεινὴ δέσμη ὑποχρεώνεται νά ἐλαττώσει ταχύ- τητά, καθὼς περνáει ἀπὸ τὸν ἀέρα στό νερό. Συγχρόνως ὁμως, ὅπως θά διαπιστώσουμε ἀμέσως, ἀλλάζει τήν ἀρχικὴ τῆς διεύθυνση.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστεῖτε ἓνα ποτήρι, λίγο γάλα, ἓνα ἄλουμενόχαρτο καί ἓναν ἠλεκτρικὸ φακὸ.

- 1) Γεμίστε τὸ ποτήρι κατὰ τὰ δύο τρίτα του μέ νερό καί προσθέστε λίγες σταγόνες γάλα.
- 2) Σκεπάστε τὸ ποτήρι ἐφαρμοστὰ μέ τὸ ἄλουμενόχαρτο. Ἀνοίξτε στό σκέπασμα

μιά λεπτή σχισμή κοντά στή χείλη τοῦ ποτηριοῦ. Σηκώνοντας τό σκέπασμα ἀπό κάποια ἄκρη, γεμίστε — καίγοντας π.χ. ἓνα χαρτάκι — μέ καπνό τό χῶρο πάνω ἀπό τό νερό.

3) Μέ μιά κολλητική ταινία ἐφαρμόστε τώρα καλά τό σκέπασμα. Κατευθύνετε στή σχισμὴ τή φωτεινὴ δέσμη τοῦ φακοῦ, ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα. Τί παρατηρεῖτε; Τό πείραμα θά εἶναι βέβαια ἐκκρινέστερο, ἂν συσκοτιστεῖ ἢ τάξη.

“Ὅπως ἐξακριβώσαμε μέ τό πείραμα, ἡ φωτεινὴ δέσμη «λυγίζει», στό σημεῖο πού συναντᾶ τήν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ. Τό φαινόμενο αὐτό ὀνομάζεται **διάθλαση τοῦ φωτός**. Δηλαδή :

Διάθλαση εἶναι ἡ ἀλλαγὴ τῆς πορείας τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, ὅταν περνοῦν ἀπὸ ἓνα διαφανές ὕλικό σέ ἄλλο.

“Ὅπως ἀπόδειξαν οἱ ἐπιστήμονες πού μελέτησαν τό φαινόμενο, τό φῶς διαθλάται, ἐπειδὴ ἔχει διαφορετικὴ ταχύτητα στά δύο ὕλικά.

“Ἄς ἐξετάσουμε κάπως περισσότερο τήν κατεύθυνση πού ἀκολουθεῖ μιά διαθλωμένη φωτεινὴ ἀκτίνα.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστεῖτε ἓνα ποτήρι, ἓνα κομμάτι φελλό ἢ χοντρό χαρτόνι καί τρεῖς καρφίτσες.

1) Μέ τό διαβήτη σας κάντε ἓναν κύκλο στό κάτω μέρος τοῦ φελλοῦ. Στόν κύκλο αὐτό τραβήξτε δύο κάθετες διαμέτρους.

2) Καρφώστε μιά καρφίτσα στό κέντρο τοῦ κύκλου καί μιά δεύτερη καρφίτσα στήν περιφέρεια τοῦ κύκλου, κοντά στήν κατακόρυφη διάμετρο, ὅπως στό σχῆμα.

3) Βάλτε τό φελλό μέσα στό ποτήρι καί κρατήστε τον κατακόρυφα μέ τό χέρι σας, ὥστε νά ἀγγίζει τόν πάτο τοῦ ποτηριοῦ.

4) Προσθέστε νερό στό ποτήρι ὡς τήν ὀριζόντια διάμετρο.

5) Πάρτε τήν τρίτη καρφίτσα στό χέρι σας καί σημαδεύοντας μέ τό μάτι καρφώστε την στό φελλό, ὥστε οἱ τρεῖς καρφίτσες νά φαίνονται σέ εὐθεία γραμμῇ.

6) Βγάλτε τό φελλό ἀπό τό νερό. Φέρετε τίς εὐθείες πού ἐνώνουν τίς τρεῖς καρφίτσες. Τί παρατηρεῖτε; Ἐπίσης, ἀπό πού ξεκινáει τό φῶς καί πρὸς τά πού πάει; Ποῦ εἶναι μεγαλύτερη ἡ ταχύτητά του;

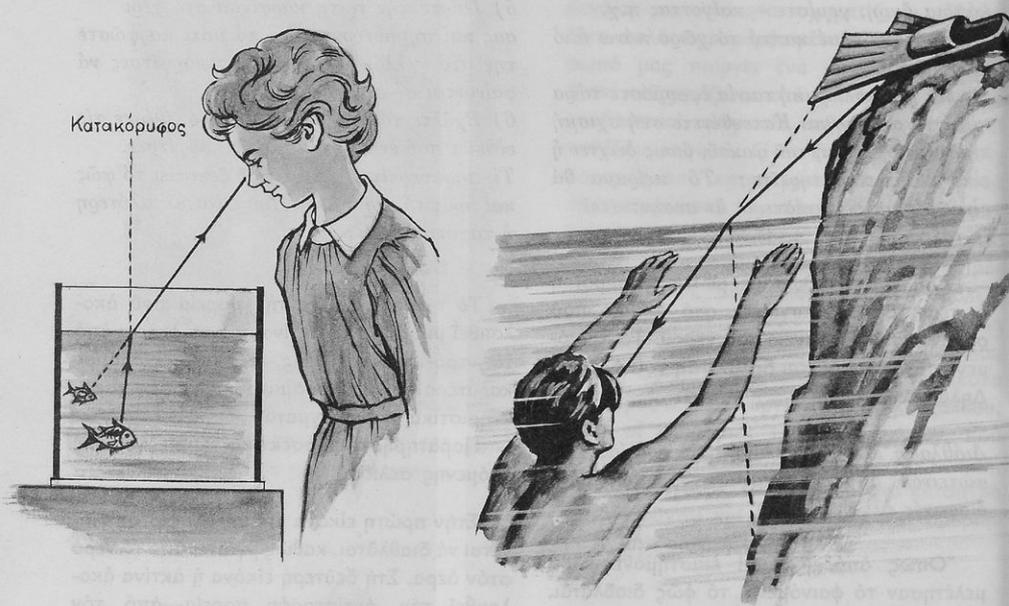
Τό πείραμα ἔδειξε τήν πορεία πού ἀκολουθεῖ μιά φωτεινὴ ἀκτίνα, γιά νά φτάσει ἀπό τό νερό στό μάτι μας. Θά ἀφομοιώσουμε καλύτερα τά συμπεράσματά μας μέ δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Παρατηρήστε προσεκτικὰ τίς εἰκόνες τῆς ἐπόμενης σελίδας.

Στήν πρώτη εἰκόνα μιά ἀκτίνα φωτός φαίνεται νά διαθλάται, καθὼς βγαίνει ἀπό τό νερό στόν ἀέρα. Στή δεύτερη εἰκόνα ἡ ἀκτίνα ἀκολουθεῖ τήν ἀντίστροφη πορεία—ἀπό τόν ἀέρα στό νερό. Καί στίς δύο περιπτώσεις μπορεῖ κανεῖς νά φανταστεῖ μιά εὐθεῖα κάθετη στήν ἐπιφάνεια, στό σημεῖο πού οἱ φωτεινές ἀκτίνες συναντοῦν τό νερό. Αὐτήν τήν εὐθεῖα τήν λέμε *κατακόρυφο*. Ὅπως παρατηρήσαμε,

ὅταν περνοῦν ἀπό τόν ἀέρα στό νερό, οἱ φωτεινές ἀκτίνες πλησιάζουν πρὸς τήν κατακόρυφο. Ἀντίστροφα, ὅταν ταξιδεύουν ἀπό τό νερό στόν ἀέρα, οἱ ἀκτίνες ἀπομακρύνονται ἀπό τήν κατακόρυφο.

Ἐμεῖς βλέπουμε ἓνα ἀντικείμενο πάντα κατὰ τήν προέκταση τῆς φωτεινῆς ἀκτίνας, πού φτάνει στό μάτι μας. Ἐτσι τό ψάρι στή γυάλα θά φανεῖ ψηλότερα ἀπὸ ὅ,τι εἶναι στήν πραγματικότητα. Ὁ ψαροντουφεκάς θά δεῖ τά βατραχοπέδιλα μετακινημένα πρὸς τ' ἀριστερά.



Κατακόρυφος

Ἡ διαθλώμενη ἀκτίνα πλησιάζει ἢ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κατακόρυφο.

Ἄν ἀκόμα δὲν ἔχετε πεισθεῖ γιὰ τὸν τρόπο πού διαθλάται τὸ φῶς—καί τίς διασκεδαστικές του, καμιά φορά, συνέπειες—δοκιμάστε οἱ ἴδιοι τὸ παρακάτω ἄπλο πείραμα.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σ' ἓνα μεταλλικό δοχεῖο τοποθετήστε ἓνα νόμισμα. Παρατηρήστε τὸ δοχεῖο ἀπὸ τὰ πλάγια ἔτσι, ὥστε μόλις νὰ διακρίνετε τὴν ἄκρη τοῦ νομίσματος. Χωρὶς νὰ μετακινήθετε, ρίξτε σιγά σιγά νερὸ στὸ δοχεῖο. Θὰ πετύχετε, κάποια στιγμή, νὰ δεῖτε δλόκληρο τὸ νόμισμα. Μπορεῖτε νὰ ἐξηγήσετε τὸ φαινόμενο ;

Στὴ διάθλαση ὀφείλονται πολλές παράδοξες ἐμπειρίες μας. Ἐνα κουτάλι μισοβυθισμένο σ' ἓνα ποτήρι νερὸ φαίνεται σπασμένο στὰ δύο. Ἄν κρατήσουμε ἓνα μπουκάλι μπροστὰ στὰ μάτια μας, ὁ κόσμος θὰ μᾶς φανεῖ ἀγνώριστος καὶ παραμορφωμένος. Ἄκόμα καὶ οἱ ἠλιακές ἀκτίνες, καθὼς ἔρχονται ἀπὸ ψηλότερα ἀτμοσφαιρικά στρώματα—πού εἶναι ἀραιότερα—σέ 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 ἀνατελεῖ !

9. Οι φακοί καί τά είδωλά τους. Τό μάτι μας

Ἡ χρήση τῶν φακῶν εἶναι συχνή στήν καθημερινή μας ζωή. Μ' ἓναν εἰδικό φακό—τό μεγεθυντικό φακό ὅπως λέμε—μποροῦμε νά ἐξετάσουμε μικροσκοπικά ἀντικείμενα. Τά ματογυάλια, πού βελτιώνουν σέ πολλές περιπτώσεις τήν ἀνθρώπινη ὄραση, δέν εἶναι παρά γυάλινοι φακοί ἐπεξεργασμένοι κατάλληλα. Μιά ἱστορική στιγμή «ἀπαθανάτιζε-ται», ἐξάλλου, ἀπό τό φακό τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς !

Ὅπως εἶναι εὐκόλο νά διαπιστώσουμε, ἓνας φακός ἔχει πρῶτα πρῶτα ἓνα χαρακτηριστικό σχῆμα. Περικλείεται ἀπό *κυρτές* ἢ *κοίλες* ἐπιφάνειες. Ἐχει ἔτσι διαφορετικό πάχος στή μέση ἀπό ὅ,τι στά ἄκρα του.

Ποιά εἶναι ὁμως ἡ συμπεριφορά τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, ὅταν περνοῦν ἀπό ἓνα φακό ;



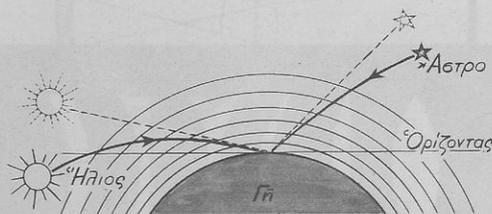
Ἐνα ἐντυπωσιακό ἀποτέλεσμα τῆς διαθλάσεως.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

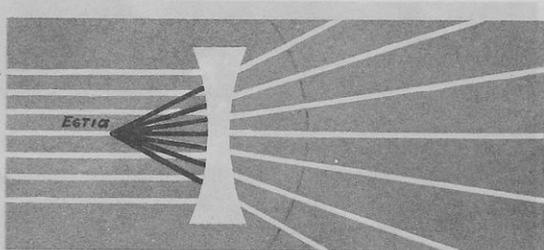
1) Ψηλαφήστε ἓνα μεγεθυντικό φακό. Τί εἴδους ἐπιφάνειες τόν ἀποτελοῦν ; Ἀσφαλῶς σᾶς θυμίζον τήν ἐξωτερική ἐπιφάνεια μιᾶς σφαίρας. Εἶναι δηλαδή *κυρτές* ἐπιφάνειες.

2) Κρατήστε τό φακό ἀνάμεσα στόν ἥλιο καί σ' ἓνα χαρτόνι. Θά σχηματιστεῖ μιᾶ φωτεινή κηλίδα. Μετακινήστε τό χαρτόνι μπρός πίσω. Τί παρατηρεῖτε ;

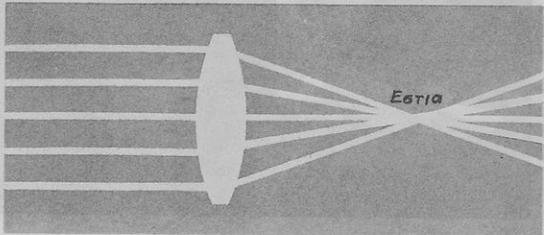
3) Τοποθετήστε ἓνα χαρτί, κατά προτίμηση μαύρο, σ' ἓνα τασάκι. Μετακινώντας τό φακό ἐπιδιώξτε νά σχηματίσετε τή μικρότερη δυνατή κηλίδα τῶν ἡλιακῶν ἀκτίνων πάνω στό χαρτί. Κρατήστε τό φακό μέ σταθερότητα. Σέ λίγα δευτερόλεπτα τό χαρτί θ' ἀρχίσει νά καίγεται !



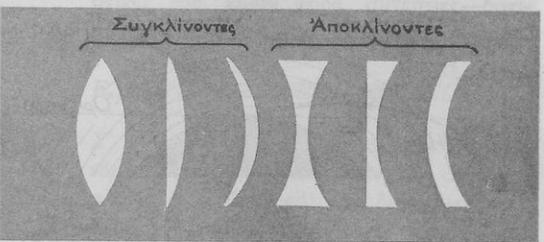
Ἡ φαινομενική ἀνύψωση τοῦ ἡλιου ἢ ἐνός ἄστρου εἶναι ἀποτέλεσμα διαθλάσεων στήν ἀτμόσφαιρα.



Οι αποκλίνοντες φακοί απομακρύνουν τις φωτεινές ακτίνες. Η εστία σ' αυτή την περίπτωση βρίσκεται εκεί που συναντῶνται οι προεκτάσεις τους.



Ο συγκλίνων φακός συγκεντρώνει τις φωτεινές ακτίνες στην εστία.



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 νά διαθλαστούν, όταν περνούν από τον αέρα στο γυαλί και στή συνέχεια όταν βγαίνουν από το φακό. Κοντά στις άκρες οι φωτεινές ακτίνες κάμπτονται περισσότερο από ό,τι στο κέντρο του φακού.

Δέν είναι περίεργο πού ένας τέτοιος φακός ονομάζεται **συγκλίνων**. Η παρουσία του επιβάλλει σέ μία φωτεινή δέσμη νά συγκλίνει—δηλαδή νά συγκεντρωθεί—σ' ένα ορισμένο σημείο. Αυτό τό σημείο είναι ή *εστία* του φακού. Η εστία του μεγεθυντικού φακού βρίσκεται περίπου στήν απόσταση πού είχε τό χαρτί, όταν άρχισε νά καίγεται. Αφού τό φώς είναι ενέργεια, δέ μās εκπλήσσει τό ότι συγκεντρωμένη αυτή ή ενέργεια στήν εστία μπορεί, όπως και στά κάτοπτρα, ν' ανάψει ένα εύφλεκτο υλικό.

Μελετήσαμε ένα είδος φακού, τόν συγκλίνοντα, πού *εστιάζει* τις φωτεινές ακτίνες. Σέ μία άλλη κατηγορία ανήκουν οί **αποκλίνοντες** φακοί. Όπως περιμένουμε, οί φακοί αυτοί απομακρύνουν αντί νά συγκεντρώνουν τις φωτεινές ακτίνες. Οί αποκλίνοντες φακοί περικλείονται συνήθως από κοίλες επιφάνειες.

Μερικοί φακοί έχουν τή μία τους επιφάνεια έντελώς επίπεδη. Σέ άλλους υπάρχει ένας συνδυασμός κυρτών και κοίλων επιφανειών. Παρ' όλες τις σημαντικές αυτές διαφορές στό σχήμα, όλοι οί φακοί ανήκουν στις δύο μεγάλες κατηγορίες πού αναφέραμε. Η βασική τους λειτουργία είναι νά συγκεντρώνουν ή νά απομακρύνουν τις φωτεινές ακτίνες.

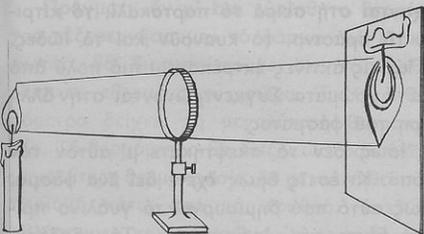
Η ποικιλία των φακών δίνει, ανάλογα μέ τις ανάγκες μας, διάφορα είδη ειδώλων, μεγεθμένα ή όχι. Δέν είναι άπλό νά διατυπώσουμε, όπως στά κάτοπτρα, γενικούς κανόνες. Εύκολα όμως εξακριβώνουμε ότι κι εδώ τό είδος και τό μέγεθος του ειδώλου

ἐξαρτάται από τή θέση πού ἔχει τό ἀντικείμενο ὡς πρὸς τήν ἐστία τοῦ φακοῦ.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

1) Μέ τό μεγεθυντικό φακό παρατηρήστε ἀπό κοντά τή φλόγα ἑνὸς κεριοῦ. Ποῦ σχηματίζεται ἕνα καθαρό εἶδωλο τῆς φλόγας, μπροστά ἢ πίσω ἀπό τό φακό; Πόσο περίπου πιο μεγάλο εἶναι ἀπό τό ἀντικείμενο; Τοποθετήστε ἕνα χαρτόνι στή θέση τοῦ εἰδώλου. Θά σχηματιστεῖ στό χαρτόνι τό εἶδωλο;

2) Ἀπομακρύνετε τό φακό ἀπό τό κεριό. Τό ἀντικείμενο — ἢ φλόγα τοῦ κεριοῦ — βρίσκεται τώρα πέρα ἀπό τήν ἐστία τοῦ φακοῦ. Σ' ἕνα χαρτόνι ἀπό τήν ἄλλη μεριά τοῦ φακοῦ εἶναι δυνατόν νά σχηματίσετε ἕνα καθαρό εἶδωλο τῆς φλόγας. Παρατηρήστε καί σχολιάστε ἀπό τό εἶδωλο. Τί συμβαίνει ἂν μεγαλώσετε ἢ μικρύνετε τήν ἀπόσταση τοῦ φακοῦ ἀπό τό κεριό;

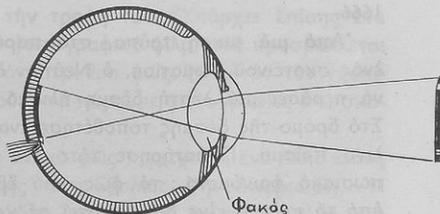


ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ὅταν τό ἀντικείμενο βρίσκεται πέρα ἀπό τήν ἐστία τοῦ συγκλίνοντος φακοῦ, τό εἶδωλο πού σχηματίζεται εἶναι ἀντεστραμμένο.

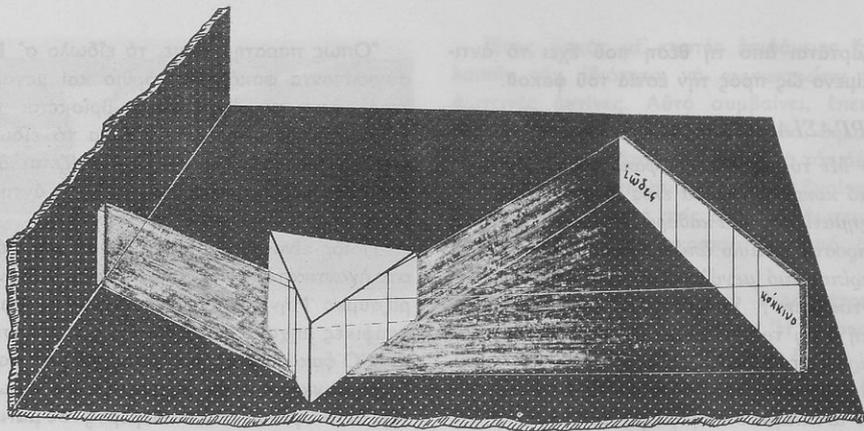
Ὅπως παρατηρήσαμε, τό εἶδωλο σ' ἕνα συγκλίνοντα φακό εἶναι ὄρθιο καί μεγαλύτερο, ὅταν τό ἀντικείμενο βρίσκεται πιο κοντά ἀπό τήν ἐστία. Ἀντίθετα τό εἶδωλο εἶναι ἀντεστραμμένο καί σχηματίζεται ἀπό τήν ἄλλη μεριά τοῦ φακοῦ, ὅταν τό ἀντικείμενο τοποθετηθεῖ πέρα ἀπό τήν ἐστία.

Ποίος εἶναι ὅμως ὁ πολυτιμότερος, μάλιστα ἀναντικατάστατος, φακός ἀπ' ὅσους γνωρίζουμε; Μήν τόν ἀναζητήσετε σέ κινηματογραφικές μηχανές ἢ σέ πολύπλοκα τηλεσκόπια. Ὁ φακός αὐτός βρίσκεται στό μάτι σας! Εἶναι συγκλίνων καί σχηματίζει τά εἶδωλα τῶν ἀντικειμένων στό πίσω μέρος τοῦ ματιοῦ.

Ὁ φακός αὐτός ἔχει τήν καταπληκτική ικανότητα νά προσαρμόζει, μέ κατάλληλους μῦς, τό σχῆμα του. Μ' αὐτόν τόν τρόπο μεταβάλλει τή θέση τῆς ἐστίας του, ἀνάλογο μέ τήν ἀπόσταση τῶν ἀντικειμένων. Ἔτσι βλέπουμε καθαρά τά πράγματα πού μᾶς ἐνδιαφέρουν, εἴτε βρίσκονται κοντά, εἴτε εἶναι ἀπομακρυσμένα.



Στό μάτι μᾶς δπάρχει ἕνας πολύτιμος φακός. Τά εἶδωλα τῶν ἀντικειμένων σχηματίζονται ἀνάποδα στόν ἀμφιβληστροειδῆ χιτώνα, ἀλλά ἡ ἐπέμβαση τοῦ ἐγκεφάλου μᾶς κάνει νά τά «βλέπουμε» ὥπως πραγματικά εἶναι.



"Όταν περάσει από ένα γυάλινο πρίσμα, τό λευκό φώς αναλύεται καί σχηματίζει ένα φάσμα από χρώματα. Μέ τίς μογομές σας χρωματίστε τίς περιοχές τοῦ φάσματος. Θά ἀποκτήσετε ἔτσι μιὰ ἰδέα γιά τό πῶς φαίνεται τό φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός.

10. Χρώματα κρυμμένα στό λευκό φώς

Οἱ ἄνθρωποι στή ζωή τους καί στήν τέχνη ἀπό παλιά ἀσχολήθηκαν μέ τά χρώματα. Δέν ἤξεραν ὅμως πολλά γιά τήν πραγματική τους φύση. Τίς πρώτες ἐνδείξεις, γιά τό τί εἶναι τά χρώματα, ἔδωσαν τά πειράματα πού ἔκανε ὁ Νεύτων γύρω στά 1666.

Ἀπό μιὰ μικρή τρύπα, στό παράθυρο ἑνός σκοτεινοῦ δωματίου, ὁ Νεύτων ἄφησε νά περάσει μιὰ λεπτή δέσμη ἥλιακοῦ φῶς. Στό δρόμο τῆς δέσμης τοποθέτησε ἕνα γυάλινο πρίσμα. Παρατήρησε τότε ἕνα ἐντυπωσιακό φαινόμενο : τό φῶς πού ἔβγαινε ἀπό τό πρίσμα εἶχε διαχωριστεῖ σέ χρωματιστές λουρίδες. Σέ μιὰ λευκή θόνη πίσω ἀπό τό πρίσμα σχηματίστηκε ἕνα ὀλόκληρο **φάσμα** ἀπό διαδοχικά χρώματα.

Μποροῦμε νά ἐπαναλάβουμε τό πείραμα καί μέ τό φῶς μιᾶς λάμπας ἠλεκτρικοῦ. Τό φάσμα πού σχηματίζεται εἶναι λίγο πολύ ὁμοιο μέ τό φάσμα τοῦ ἥλιακοῦ φωτός.

Τό λευκό φῶς εἶναι λοιπόν κάτι σύνθετο. Περιέχει ἀκτινοβολίες πολλῶν χρωμάτων.

Τό γυάλινο πρίσμα ἀναλύει τό λευκό φῶς στά χρώματα πού τό ἀποτελοῦν. Αὐτό συμβαίνει, ἐπειδή οἱ φωτεινές ἀκτίνες διαθλώνται καθώς περνοῦν ἀπό τό γυαλί. Ἀνάλογα μέ τό χρῶμα τους ἄλλες διαθλώνται λιγότερο κι ἄλλες περισσότερο. Τό ἐρυθρό μέ τή διάθλαση ἐκτρέπεται ἀπό τήν πορεία του πιο λίγο ἀπό ὅλα τά χρώματα. Ἐτσι τό παίρνουμε στή μιὰ ἄκρη τοῦ φάσματος. Ἐπειτα ἔρχονται στή σειρά τό πορτοκαλί, τό κίτρινο, τό πράσινο, τό κυανοῦν καί τό ἰώδες. Οἱ ἰώδεις ἀκτίνες ἐκτρέπονται πιο πολύ ἀπό ὅλα τά χρώματα. Συγκεντρώνονται στήν ἄλλη ἄκρη τοῦ φάσματος.

Ἴσως δέν τό σκεφτήκατε μ' αὐτόν τόν τρόπο. Κι ἐσεῖς ὅμως ἔχετε δεῖ ἕνα φάσμα, ὅπως αὐτό πού δημιουργεῖ τό γυάλινο πρίσμα. Εἶναι τό *οὐράνιο τόξο*. Τό «δοξαρί» ἢ «ζουνάρι τῆς Παναγιάς», πού λένε στά χωριά μας. Τό οὐράνιο τόξο παρουσιάζεται, ὅταν ὁ ἥλιος προσπαθεῖ νά βγεῖ ξανά μιὰ βροχερή μέρα. Τό ρόλο τοῦ πρίσματος παίξουν ἔδῳ οἱ σταγόνες τῆς βροχῆς. Τό ἥλιακό φῶς ἀναλύεται ἀπό τίς σταγόνες τῆς βροχῆς καί μέσα ἀπό τά σύννεφα προβάλλει ἕνα θεαματικό χρωματιστό τόξο.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ

Μ' ένα απλό πείραμα μπορείτε να φτιάξετε το δικό σας «ουράνιο τόξο». Το πείραμα πρέπει να γίνει μιά ηλιόφωτη μέρα.

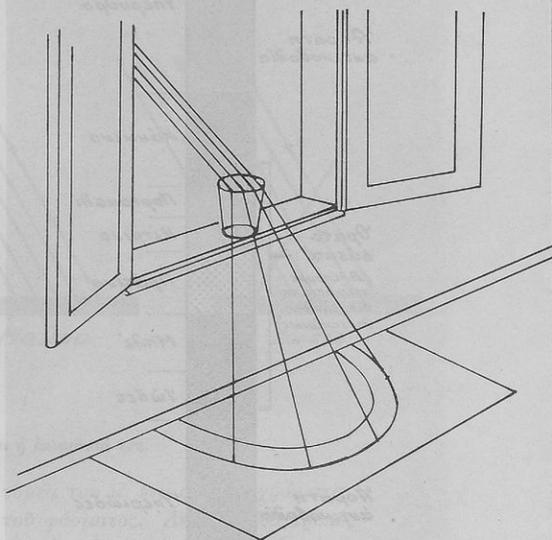
Τοποθετήστε ένα ποτήρι γεμάτο νερό στο περβάζι του παραθύρου έτσι, ώστε να πέφτουν πάνω του οι ηλιακές ακτίνες. Βάλτε ένα άσπρο χαρτί στο πάτωμα. Δώστε στο ποτήρι μιά ελαφριά κλίση προς τα μέσα. Στο χαρτί θα σχηματιστεί τό χρωματιστό φάσμα του ηλιακού φωτός. Ένα μικρό ουράνιο τόξο.

11. Φως πού δέ βλέπουμε

Είδαμε ότι τό λευκό φώς περιέχει πολλά χρώματα. Περιέχει ωστόσο και *άορατες ακτινοβολίες*. Φώς δηλαδή υπάρχει καί πέρα από τά όρια πού μπορεί ν' αντιληφθεί τό ανθρώπινο μάτι. Είναι φώς πού δέν βλέπουμε ! Αυτό δέν πρέπει νά μās κάνει εντύπωση. Τό φώς είναι ενέργεια. Μπορεί έτσι νά υπάρχει φωτεινή ενέργεια πού δέν έρεθίζει τό μηχανισμό του ματιού μας. Έκδηλώνει όμως άλλως τήν παρουσία της.

Πράγματι, αν μ' ένα ευαίσθητο θερμομέτρο «έξερευνήσουμε» τό φάσμα του λευκού φωτός, θά διαπιστώσουμε ότι τό έρυθρό είναι τό «θερμότερο» χρώμα. Έκει τό θερμομέτρο δείχνει τή μεγαλύτερη θερμοκρασία. Τό θερμομέτρο θά δείξει ωστόσο άκόμα μεγαλύτερη θερμοκρασία, αν μετακινηθεί στην περιοχή κάτω από τό έρυθρό. Έκει δέ «βλέπουμε» κανένα χρώμα. Η φωτεινή ακτινοβολία πού υπάρχει κάτω από τό έρυθρό είναι άορατη, καί ονομάζεται **υπέρυθρη**.

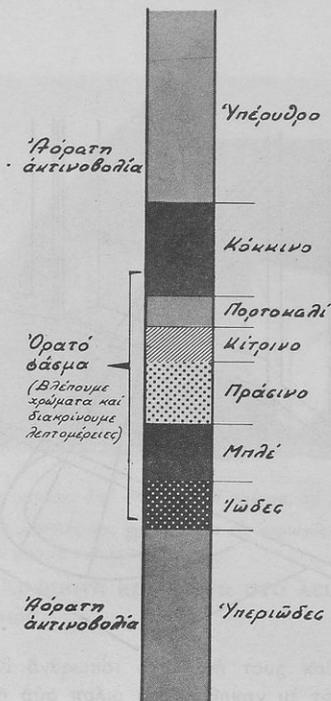
Μερικά ζώα μπορούν ν' αντιληφθούν τήν υπέρυθη ακτινοβολία. Ένα τέτοιο ζώο είναι ο κροταλιάς. Μέ ειδικά όργανα ο κροταλιάς ανιχνεύει τίς υπέρυθρες ακτίνες πού εκπέμπονται από τό ζεστό αίμα των ζώων καί των πουλιών. Έτσι εντοπίζει ευ-



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ. Τό ηλιακό φώς πού περνάει από ένα ποτήρι μέ νερό σχηματίζει ένα μικρό ουράνιο τόξο.

κολα τήν τροφή του. Υπάρχει επίσης ένα ειδικό φωτογραφικό φίλμ, πού προσβάλλεται από τό υπέρυθρο φώς. Μ' αυτόν τόν τρόπο μπορούμε νά πάρουμε φωτογραφίες στά σκοτεινά !

Τό λευκό φώς περιέχει κι ένα άλλο είδος άορατης ακτινοβολίας. Τήν **υπεριώδη**. Η υπεριώδης ακτινοβολία βρίσκεται πέρα από τό ιώδες του όρατου φάσματος. Μόνο μερικά έντομα μπορούν ν' αντιληφθούν τήν παρουσία της. Η ενέργειά της προκαλεί ωστόσο σημαντικές αλλαγές στην ύλη. Τό ηλιακό φώς περιέχει ένα μεγάλο αριθμό υπεριωδών ακτίνων. Ευτυχώς πολύ λίγες διαπερνούν τήν ατμόσφαιρα, άλλως θά έκαναν κακό στους ζώντες οργανισμούς πάνω στή γή. Τό μαύρισμα του δέρματος στόν



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

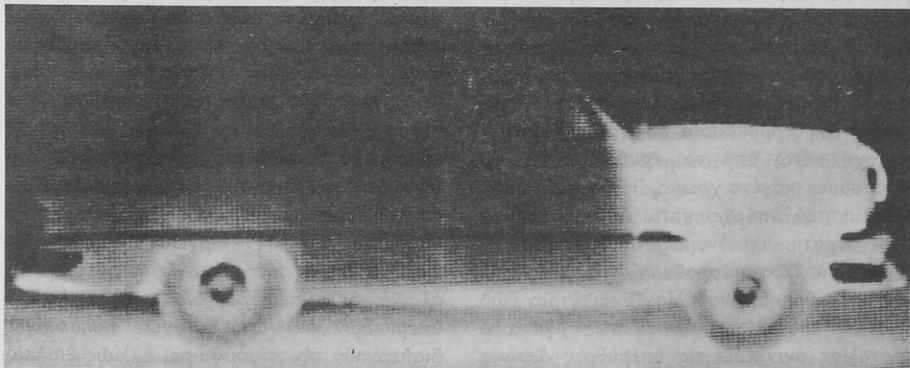
ήλιο είναι ένα σχετικά ανώδυνο αποτέλεσμα των υπεριωδών ακτίνων.

Τό λευκό φώς δέν είναι συνεπώς καθόλου άπλό πράγμα. Μ' ένα πρίσμα αναλύεται όχι μόνο σέ πολλά χρώματα αλλά και σέ άορατες ακτινοβολίες !

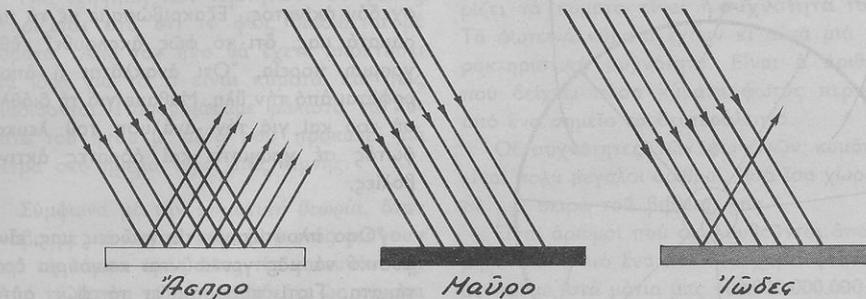
12. Τό χρώμα τῶν σωμάτων

Στήν εικόνα πού έχουμε γιά τόν κόσμο τά χρώματα παίζουν σημαντικό ρόλο. Τό χιόνι είναι λευκό. Ένα γαρίφαλο είναι κόκκινο. Σ' ένα ζωγραφικό πίνακα υπάρχει πλούτος χρωμάτων. Θά εξετάσουμε πώς αποκτοῦν τό χρώμα τους τά πράγματα πού μάς περιβάλλουν.

Άς θυμηθοῦμε πώς «βλέπουμε» ένα άδιαφανές σῶμα : τό φώς διαχέεται στήν επιφάνειά του κι ένα μέρος του φτάνει στά μάτια μας. Μάθαμε ώστόσο ότι τό λευκό φώς αποτελείται από τίς ακτινοβολίες πολλῶν χρωμάτων. Άπ' αυτές μερικές *άπορροφούνται* από τό ὑλικό τοῦ σώματος. Άλλες *ανακλῶνται* και δίνουν στό σῶμα τό χαρακτηριστικό χρώμα του. Ένα ὕφασμα είναι κίτρινο, ἐπειδή από τά χρώματα τοῦ λευκοῦ



Φωτογραφία ενός αυτοκινήτου βγαλμένη με υπέρυθρες ακτίνες.



“Ένα σώμα αποκτάει τό χρώμα τῶν ἀκτίνων πού ἀνακλάει ἢ ἐπιφάνειά του.

φωτός ἀνακλάει μόνο τό κίτρινο. Ἀπορροφάει ὅλα τ' ἄλλα. Τά φύλλα ἑνός δέντρου εἶναι πράσινα, ἐπειδὴ στέλνουν στά μάτια μας μόνο πράσινες ἀκτίνες τοῦ ἠλιακοῦ φωτός.

Κάθε ὑλικό, πού ἀνακλάει περισσότερα χρώματα ἀπό ἕνα, ἀποκτάει τό χρώμα πού δίνει ἢ σύνθεσή τους. Εἶναι συντεπῶς εὐκόλο νά καταλάβουμε γιατί ἕνα ἀντικείμενο φαίνεται λευκό. Ἡ ἐπιφάνειά του ἀνακλάει τίς ἀκτίνες ὅλων τῶν χρωμάτων τοῦ λευκοῦ φωτός.

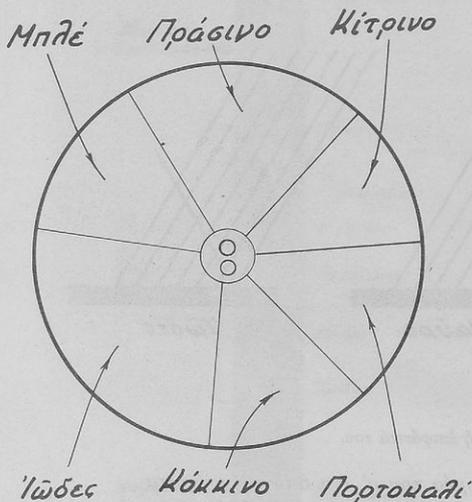
Ἡ σελίδα τοῦ βιβλίου μας εἶναι λευκή ἐπειδὴ, ἀπό τό φῶς τοῦ ἡλίου ἢ τῆς λάμπας πού τή φωτίζει, δέν ἀπορροφάει κανένα χρώμα. Ἀντίθετα, ἕνα ἀντικείμενο φαίνεται μαῦρο, ἐπειδὴ δέν ἀνακλάει σχεδόν καθόλου τό φῶς. Τό ὑλικό του ἀπορροφάει ὅλα τά χρώματα.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μέ μιά διασκεδαστική κατασκευή — τό (ἀδίσκο τοῦ Νεύτωνα) — εἶναι εὐκόλο νά ἐξακριβώσουμε ὅτι ὁ συνδυασμός τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος δίνει λευκό φῶς. Ἀντιγράψτε σ' ἕνα χαρτόνι τό δίσκο πού δείχνει τό σχῆμα. Χρωματίστε κάθε

τομέα του μ' ἕνα ἀπό τά χρώματα τοῦ φάσματος. Ἀνοίξτε δύο τρύπες κοντά στό κέντρο τοῦ δίσκου καί περάστε ἕνα σπάγκο. Βάζοντας τά δάχτυλά σας στίς ἄκρες τῆς θηλιάς πού σχηματίζει ὁ σπάγκος, κάντε τό δίσκο νά περιστρέφεται ἀρκετά γρήγορα. Τί παρατηρεῖτε ;

Ἄς ἐξετάσουμε τώρα πῶς ἀποκοῦν τό χρώμα τους τά διαφανῆ σώματα. Κι ἐδῶ ἔχουμε παρόμοια φαινόμενα. Μερικές ἀπό τίς ἀκτινοβολίες τοῦ λευκοῦ φωτός ἀπορροφοῦνται ἀπό τό ὑλικό τοῦ σώματος. Ὅσες περνοῦν μέ κάποια ἔνταση εἶναι πού καθορίζουν τό χρώμα του. Ἔτσι, ἕνα κομμάτι γυαλί φαίνεται πράσινο, ἐπειδὴ ἀπό τό λευκό φῶς ἀφήνει μόνο τίς πράσινες ἀκτίνες νά περάσουν. Ὅταν ἕνα αὐτοκίνητο φρενάρει, τά πίσω του φανάρια ἀνάβουν κόκκινα. Τό λαμπάκι πού ὑπάρχει στά φανάρια ἐκπέμπει βέβαια λευκό φῶς. Καλύπτεται ὅμως ἀπό ἕνα διαφανές πλαστικό, πού ἀφήνει νά περάσει μόνο τό κόκκινο τμήμα τῆς φωτεινῆς ἀκτινοβολίας.



Ο δίσκος του Νεύτωνα.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

- 1) Σ' ένα λευκό χαρτόνι χρωματίστε με διαφορετικό χρώμα τέσσερα τετράγωνα. Ένα να είναι μαύρο κι ένα λευκό. Ξηγήστε πώς αποκτάει κάθε τετράγωνο τό χρώμα του. Βάλτε τό χαρτόνι σέ μιá σκοτεινή ντουλάπα. Μπορείτε νά διακρίνετε τά χρώματα ; Πώς ξηγήτε τίς παρατηρήσεις σας ;
- 2) Καλύψτε έναν ηλεκτρικό φακό μέ διαφανή χαρτιά διαφόρων χρωμάτων. Παρατηρήστε καί ξηγήστε κάθε φορά τό χρώμα τής φωτεινής δέσμης τού φακού.

13. Υπάρχουν δύο θεωρίες γιά τό φῶς

Μελετήσαμε μέ λεπτομέρειες τό φῶς καί τά πιό σπουδαία του γνωρίσματα. Είδαμε

ὅτι τό φῶς εἶναι ἐνέργεια ἀκτινοβολίας, πού διαδίδεται μέ ἐκπληκτική ταχύτητα : σέ σύγκριση μέ τό φῶς ἕνας πύραυλος εἶναι σχεδόν ἀκίνητος. Ἐξακριβώσαμε μέ τά πειράματά μας, ὅτι τό φῶς ἀκολουθεῖ εὐθύγραμμη πορεία. Ὅτι ἀνακλᾶται ἢ ἀπορροφᾶται ἀπό τήν ὕλη. Μάθαμε γιά τή διάθλασή του καί γιά τήν ἀνάλυση τοῦ λευκοῦ φωτός σέ χρώματα καί ἀόρατες ἀκτινοβολίες.

Ὅσο πλουτίζουμε τίς γνώσεις μας, εἶναι φυσικό νά μᾶς γεννιοῦνται καινούρια ἐρωτήματα. Γιατί παρουσιάζει τό φῶς αὐτές τίς ιδιότητες ; Πῶς διαδίδεται ἡ φωτεινή ἐνέργεια ; Μήπως διαδίδεται μέ κύματα, ὅπως ὁ ἤχος ; Ἡ μέ κάποιο ἄλλο τρόπο ;

Γιά νά κατανοήσουν τήν πραγματική φύση τοῦ φωτός, οἱ ἐπιστήμονες ἀκολούθησαν περίπου τό δρόμο πού ἀκολουθήσαμε κι ἐμεῖς. Μελέτησαν προσεκτικά τίς ιδιότητές του. Προσπάθησαν ὕστερα νά φτιάξουν μιá ἐπιστημονική θεωρία, πού θά μπορούσε νά ἐξηγήσει ὅσα παρατηροῦσαν. Οἱ ἐπίμονες προσπαθίες τους κατέληξαν σ' ἕνα ἐντυπωσιακό συμπέρασμα.

Υπάρχουν φαινόμενα, πού ἐξηγοῦνται μόνο ἂν τό φῶς εἶναι **κύματα**. Υπάρχουν ἄλλα φαινόμενα, πού ἐξηγοῦνται μόνο ἂν τό φῶς εἶναι **σωμάτια**. Στίς πιό πολλές ὁμως περιπτώσεις ἡ συμπεριφορά τοῦ φωτός ἐξηγεῖται σωστά, εἴτε παραδεχτοῦμε ὅτι τό φῶς εἶναι κύματα εἴτε παραδεχτοῦμε ὅτι εἶναι σωμάτια.

Τό φῶς παρουσιάζεται στόν κόσμο μας μέ δύο ταυτότητες. Ἡ μιá πού γράφει : σωμάτιο. Ἡ ἄλλη πού γράφει : κύμα. Σέ ὅσους τό ρωτοῦν ποιá εἶναι ἡ φύση του, δείχνει τήν ταυτότητα πού ταιριάζει περισσότερο μέ τήν περίσταση.

14. Τό φῶς εἶναι κύματα

Μιά ἐξήγηση τῶν ἰδιοτήτων τοῦ φωτός στηρίζεται στό ὅτι τό φῶς διαδίδεται μέ κύματα. Ἄπό τόν ἦχο θά ἔχετε ἀποκτήσει μιά ἰδέα γιά τό τί εἶναι κύματα καί πῶς διαδίδονται. Παρομοιάσαμε μάλιστα τά κύματα τοῦ ἤχου μ' αὐτά πού προκαλεῖ μιά πέτρα στό ἤρεμο νερό μιᾶς λίμνης.

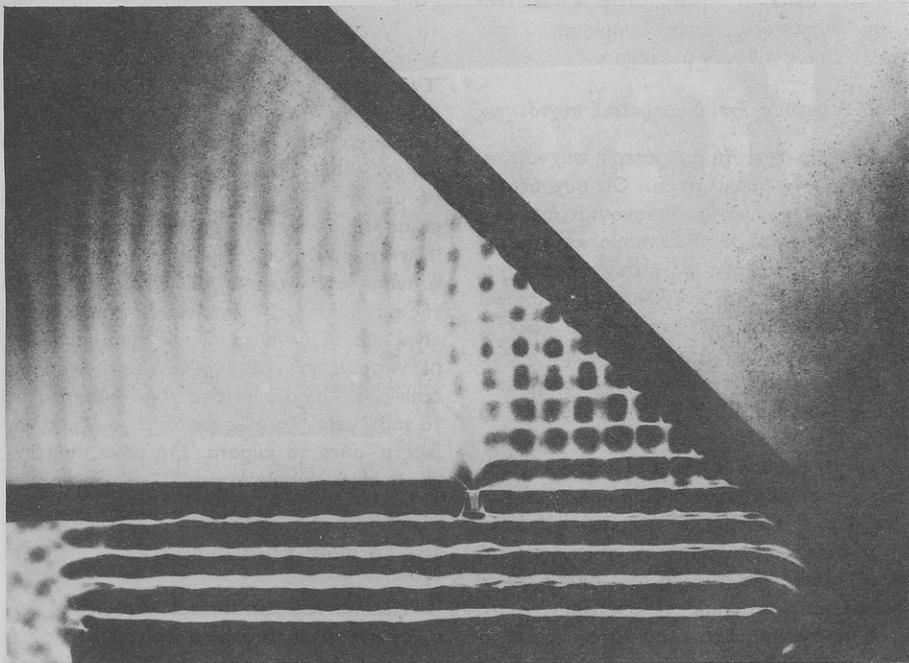
Σύμφωνα μέ τήν *κυματική θεωρία*, ὅταν ἀνάβουμε μιά λάμπα, κύματα φωτός φεύγουν ἀπό τή λάμπα πρὸς ὅλες τίς κατευθύνσεις. Ἄπό τά ἄστρα τό φῶς ταξιδεύει ὡς κύματα καί φθάνει στή γῆ μας. Δέν εἶναι περιεργό ὅτι τό φῶς ἀνακλᾶται ἀπό τίς ἐπιφάνειες τῶν σωμάτων : καί τά ἠχητικά καί τά ὑδά-

τινα κύματα γυρίζουν πίσω, ὅταν συναντήσουν κάποιο ἐμπόδιο.

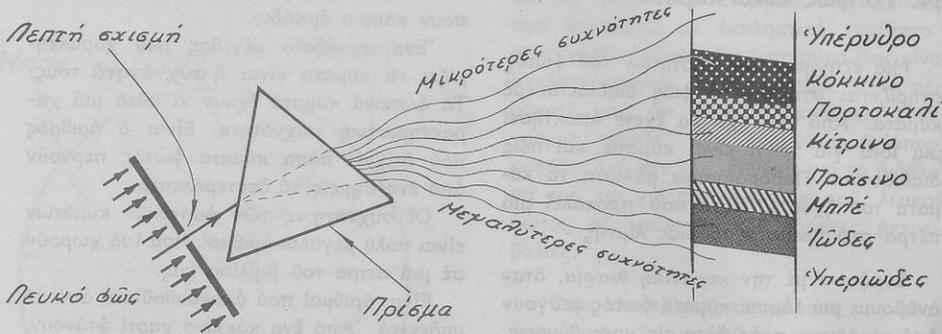
Ἐνα σπουδαῖο μέγεθος πού χαρακτηρίζει τά κύματα εἶναι ἡ **συχνότητά** τους. Τά φωτεινά κύματα ἔχουν κι αὐτά μιά χαρακτηριστική συχνότητα. Εἶναι ὁ ἀριθμός πού δείχνει πόσα κύματα φωτός περνοῦν ἀπό ἓνα σημεῖο τό δευτερόλεπτο.

Οἱ συχνότητες τῶν φωτεινῶν κυμάτων εἶναι πολύ μεγάλοι ἀριθμοί. ἴσα ἴσα χωροῦν σέ μιά σειρά τοῦ βιβλίου μας.

Εἶναι ἀριθμοί πού ἀκολουθοῦνται ἀπό 14 μηδενικά. Ἄπό ἓνα κόκκινο χαρτί φτάνουν, ἄς ποῦμε, στά μάτια μας 400.000.000.000.000 φωτεινά κύματα τό δευτερόλεπτο ! Ὁ ἀριθμός αὐτός εἶναι ἡ συχνότητα τῆς ἐρυθρᾶς ἀκτινοβολίας.



Τό φῶς ἀνακλᾶται σ' ἓναν καθρέφτη μέ τόν ἴδιο τρόπο πού κύματα νεροῦ, ὅπως δείχνει ἡ φωτογραφία, ἀνακλώνται σ' ἓνα ἐμπόδιο. Μήπως λοιπόν καί τό φῶς εἶναι κύματα ;



Τό φώς είναι κύματα. "Όσο προχωρούμε από τό υπέρυθρο πρός τό υπεριώδες, ή συχνότητα των φωτεινών κυμάτων μεγαλώνει.

Παρουσιάζεται όμως τό φώς μέ διάφορες συχνότητες, όπως συμβαίνει μέ τόν ήχο ; "Όπως πιθανόν μαντέψατε,

κάθε χρώμα έχει διαφορετική συχνότητα.

Τό κόκκινο έχει τή μικρότερη συχνότητα. Τό ιώδες τή μεγαλύτερη. Οί συχνότητες των άλλων χρωμάτων βρίσκονται ανάμεσα στά δύο αυτά άκρα. Τό πρίσμα κατατάσσει τά χρώματα ανάλογα μέ τή συχνότητά τους.

Ξέρουμε ότι τό ανθρώπινο μάτι μπορεί νά αντιληφθεί τά χρώματα από τό κόκκινο ως τό ιώδες. Αυτό μπορούμε τώρα νά τό διατυπώσουμε μέ πιό επιστημονικό τρόπο : τό ανθρώπινο μάτι ερεθίζεται μόνο από τά φωτεινά κύματα πού έχουν συχνότητα ανάμεσα-στό έρυθρό καί στό ιώδες. 'Η υπέρυθη ακτινοβολία έχει μικρότερη συχνότητα από τό έρυθρό. 'Η υπεριώδης ακτινοβολία έχει μεγαλύτερη συχνότητα από τό ιώδες. Καμιά άπ' αυτές τίς ακτινοβολίες δέν γίνεται όρατή από τό ανθρώπινο μάτι. Κάτι παρόμοιο μάθαμε καί στόν ήχο : τό ανθρώπινο αυτί δέ μπορεί νά συλλάβει τούς ύπόηχους καί τούς ύπέρηχους.

"Όσο καί αν μās φαίνεται περίεργο, τά

φωτεινά κύματα δέ χρειάζονται ύλη γιά νά διαδοθούν. Διαδίδονται καί στό κενό. Σ' αυτό διαφέρουν από τά ήχητικά κύματα. "Ένας άστροναύτης στή σελήνη, ενώ δέν άκούει ήχους, δέν έχει δυσκολία νά μελετήσει τούς κρατήρες γύρω του ή νά θαυμάσει τή μακρινή γή. Τά φωτεινά κύματα άνήκουν σέ μία σπουδαία κατηγορία κυμάτων, πού μέ μία λέξη ονομάζονται **ήλεκτρομαγνητικά**. 'Ηλεκτρομαγνητικά είναι καί τά κύματα πού φτάνουν στήν κεραία του ραδιοφώνου καί τής τηλεόρασεως. 'Ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι καί οί ακτίνες X πού χρησιμοποιούν οί γιατροί, γιά νά βγάξουν ακτινογραφίες άσθενών. Μπορεί νά σās είναι δύσκολο νά τό πιστέψετε. Τό φώς ώστόσο μοιάζει άκριβώς μ' αυτά τά κύματα. Στο μόνο πού διαφέρει είναι ή συχνότητα.

15. Τό φώς είναι σωματία

Μελετώντας προσεκτικά τό φώς, οί φυσικοί ανακάλυψαν μερικά φαινόμενα πού ή κυματική θεωρία του φωτός ήταν άδύνατο νά εξηγήσει. "Ισως έχετε δει ένα **φωτόμετρο**. Τό χρησιμοποιούν οί φωτογράφοι, γιά νά

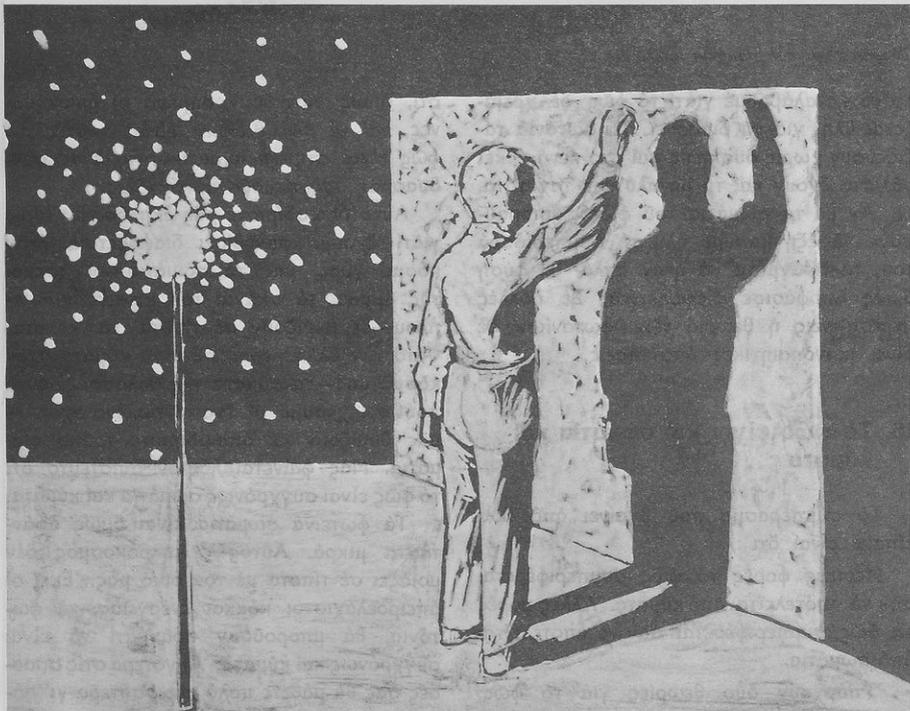
μετρήσουν την ένταση του φωτός και να ρυθμίσουν ανάλογα τη μηχανή τους. Η λειτουργία του φωτομέτρου στηρίζεται σε μία σπουδαία ανακάλυψη. "Όταν πέσει φώς σ' ένα ειδικό μέταλλο, μπορεί να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα. Όχι βέβαια τόσο ισχυρό, ώστε να κάνει το ραδιόφωνό μας να λειτουργήσει. Άρκετο όμως για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

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

νά εξηγηθεί τό φαινόμενο, θά πρέπει τό φώς νά αποτελείται από πολύ μικρά σωμάτια, από *κόκκους ενέργειας*. Τά σωμάτια αυτά ονομάστηκαν **φωτόνια**.

Σύμφωνα μ' αυτήν τή θεωρία, μία λάμπα μάς φωτίζει, επειδή εκπέμπει μυριάδες φωτόνια προς όλες τίσ κατευθύνσεις. Τά φωτόνια ταξιδεύουν εϋθύγραμμα. Όταν συναντούν τό έδαφος, αναπηδούν όπως οί μπάλες. Έτσι εξηγείται ή ανάκλαση του φωτός. Οί σκιές σχηματίζονται, επειδή ένα άδιαφανές σώμα διακόπτει τό δρόμο των φωτονίων : μόνο τά φωτόνια που περνούν από τίσ άκρες του σώματος συνεχίζουν τήν πορεία τους.

Μέ τή **σωματιακή θεωρία** είναι εύκο-



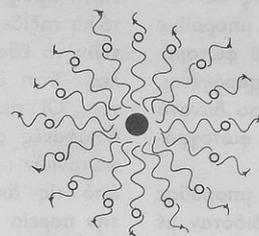
Οί σκιές σχηματίζονται, επειδή τά φωτόνια δέν μπορούν νά διαπεράσουν τά άδιαφανή σώματα.



Κυματική θεωρία



Σωματιακή θεωρία



Συνδυασμός των δύο θεωριών

Τό φῶς εἶναι καί σωμάτια καί κύματα.

λο νά καταλάβουμε γιατί τό φῶς δέ χρειάζεται ὕλη, γιά νά διαδοθεῖ. Τά φωτόνια ταξιθεύουν χωρίς δυσκολία καί στό κενό. Ἐκεῖ μάλιστα ἔχουν καί τή μεγαλύτερη ταχύτητα.

Ἄν μέ τά σωμάτια τοῦ φωτός μπορούσαμε νά ἐξηγήσουμε ὅλη τή συμπεριφορά του, τά πράγματα θά ἦταν ἀπλά. Ἡ φύση ὅμως ἀποφάσισε διαφορετικά. Σέ πολλές περιπτώσεις ἡ θεωρία τῶν φωτονίων δέ δίνει ἱκανοποιητικές ἀπαντήσεις.

16. Τό φῶς εἶναι καί σωμάτια καί κύματα

Τό συμπέρασμα πού βγαίνει ἀπό ὅσα εἶπαμε εἶναι ὅτι :

Μερικές φορές τό φῶς συμπεριφέρεται σάν νά ἀποτελεῖται ἀπό κύματα. Ἄλλες φορές τό φῶς συμπεριφέρεται σάν νά ἀποτελεῖται ἀπό σωμάτια.

Ἐπάρχουν δύο θεωρίες γιά τό φῶς. Ἡ κυματική θεωρία καί ἡ σωματιακή θεωρία. Ποιά εἶναι ἡ σωστή ; Τό περίεργο εἶναι

ὅτι, ὅπως πιστεύουν σήμερα οἱ ἐπιστήμονες, καί οἱ δύο θεωρίες εἶναι σωστές. Τό φῶς εἶναι στήν πραγματικότητα ἕνας συνδυασμός ἀπό τίς δύο αὐτές ἰδέες.

Αὐτό ὅπως ὁδηγεῖ μᾶς ἐκπλήσσει. Ἴσως γιάτί ἔχουμε συνηθίσει διαφορετικά. Στόν κόσμο γύρω μας τά σωμάτια—οἱ κόκκοι τῆς ἄμμου, τά σκάγια τοῦ κυνηγετικοῦ ὄπλου—δέ θυμίζουν σέ τίποτα τά κύματα. Ἄπό τήν ἄλλη μεριά, οὔτε τά κύματα στόν κόσμο μας—τά κύματα τῆς θάλασσας, αὐτά πού φτιάχνουμε μ' ἕνα τεντωμένο σχοινί—μᾶς θυμίζουν μέ ὁποιοδήποτε τρόπο σωμάτια. Μᾶς φαίνεται λοιπόν ἀπίστευτο ὅτι τό φῶς εἶναι συγχρόνως σωμάτια καί κύματα.

Τά φωτεινά σωμάτια εἶναι ὅμως ἀφάνταστα μικρά. Αὐτός ὁ μικρόκοσμος δέν μοιάζει σέ τίποτα μέ τόν δικό μας. Ἐκεῖ οἱ ἀπειροελάχιστοι κόκκοι ἐνέργειας, τά φωτόνια, θά μπορούσαν πράγματι νά εἶναι συγχρόνως καί κύματα. Ἀργότερα στίς σπουδές σας θά μάθετε πολύ περισσότερα γι' αὐτόν τό μικρόκοσμο καί τούς νόμους πού τόν κυβερνοῦν.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στή σελίδα αυτήν είναι σκορπισμένες μερικές λέξεις πού μάθαμε στο κεφάλαιο τής οπτικής. Διαλέξτε μέ τή σειρά

πού θέλετε λέξεις, βεβαιωθείτε ότι μπορείτε νά εξηγήσετε τήν κάθε λέξη μέ δικά σας λόγια καί γράψτε στό τετράδιό σας μιά σύντομη πρόταση γιά τήν κάθε λέξη.

Συγκλίνων Φακός

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ του ΦΩΤΟΣ

ΦΩΤΟΝΙΑ

ΔΙΑΘΛΑΣΗ

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Ηλεκτρομαγνητικά Κύματα

Υπέρυθρη Ακτινοβολία

ΔΙΑΧΥΣΗ

ΤΟ ΦΩΣ ΕΙΝΑΙ ΚΥΜΑΤΑ

ΕΣΤΙΑ ΦΑΚΟΥ

ΧΡΩΜΑΤΑ

Κοίλο Κάτοπτρο

Τό Φώς είναι Ένέργεια

ΑΝΑΛΥΣΗ του ΦΩΤΟΣ

ΣΚΙΕΣ

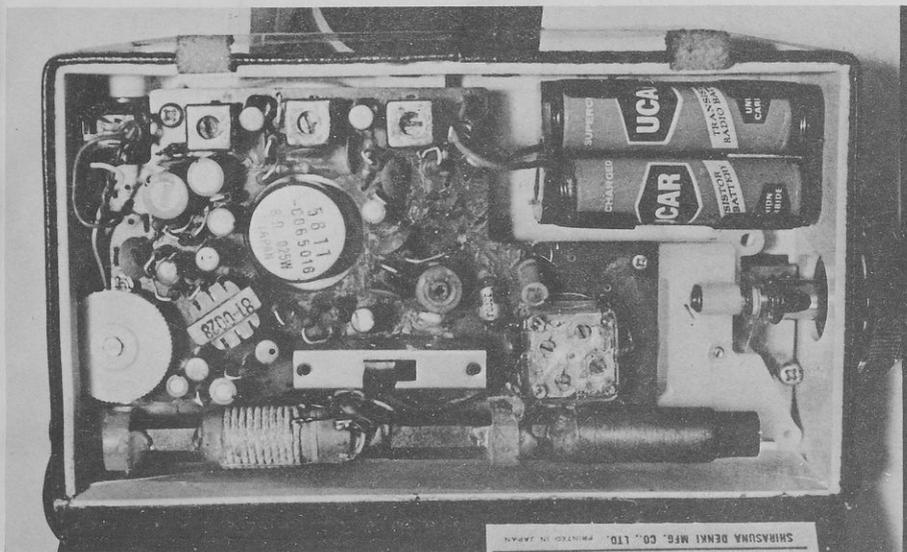
IV. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

Μπορούμε χωρίς μεγάλη δυσκολία να άπαριθμήσουμε πολλά παραδείγματα στην καθημερινή μας ζωή, όπου ο ηλεκτρισμός παίζει κάποιο ρόλο. Άνάβουμε τό φώς μ' ένα διακόπτη, γυρίζουμε ένα κουμπί στό ραδιόφωνο ή στην τηλεόραση καί άμέσως έρχεται κοντά μας ή μουσική ή ή εικόνα από κάποιο μακρινό σταθμό. Στά σπίτια μας χρησιμοποιούμε όλο καί περισσότερο ηλεκτρικές συσκευές γιά διάφορους σκοπούς : ψυγείο γιά νά διατηρούμε τά τρόφιμα, κουζίνα γιά τό μαγείρεμα, πλυντήριο γιά τά ρούχα. Οί περισσότεροι από σās θά έχετε άνοιξει ένα ραδιόφωνο τρανζίστορ, γιά νά αλλάξετε μιά μπαταρία καί θά έχετε δεϊ στό έξωτερικό του πολλά μικρά κομμάτια καί σύρματα πού τά συνδέουν. Ξέρουμε ότι όλες αυτές οί συσκευές δουλεύουν μέ ηλεκτρισμό, αλλά εκείνο πού μπορούμε νά παρατηρήσουμε είναι μόνο τά άποτελέσματά του. Τί είναι όμως ο ηλεκτρισμός καί πώς κάνει όλες αυτές τίς συσκευές νά δουλεύουν ; Σ' αυτές τίς έρωτήσεις θά προσπαθήσουμε νά βρούμε άπάντηση μέ προσεκτική παρατήρηση διάφόρων ηλεκτρικών φαινομένων, πού θά συζητήσουμε σ' αυτό τό κεφάλαιο.

1. Ύλικά σώματα ήλεκτρίζονται μέ τριβή

Πολλές φορές συμβαίνει, όταν βγάσουμε μιά μάλλινη μπλούζα, νά άκούμε μικρά τριξίματα καί νά αισθανόμαστε τσιμπήματα, καθώς βγαίνει από τό χέρι μας τό μανίκι. Ή άκόμα όταν περπατήσουμε γιά άρκετή ώρα σ' ένα χαλί καί άκουπήσουμε κατόπιν τό μετάλλιο πόμολο μίς πόρτας, αισθανόμαστε ένα σπινθήρα άνάμεσα στό δάχτυλό μας καί στό πόμολο. Τά φαινόμενα αυτά μās δίνουν μιά πρώτη ιδέα ότι έχουμε νά κάνουμε μέ μιά νέα ιδιότητα πού άποκτούν τά υλικά σώματα μέ τήν τριβή. Στην πραγματικότητα παρόμοια φαινόμενα είχε παρατηρήσει πρίν 2.500 χρόνια περίπου ο Θαλής ο Μιλήσιος τρίβοντας κεχριμπάρι. Μάλιστα τό όνομα του ηλεκτρισμού προήλθε από τή λέξη *ήλεκτρον*, τό όνομα δηλαδή του κεχριμπαριού στην άρχαία ελληνική γλώσσα.

Άς προσπαθήσουμε τώρα νά βρούμε περισσότερες πληροφορίες γι' αυτά τά φαινόμενα μέ μιά έργασία.



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

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

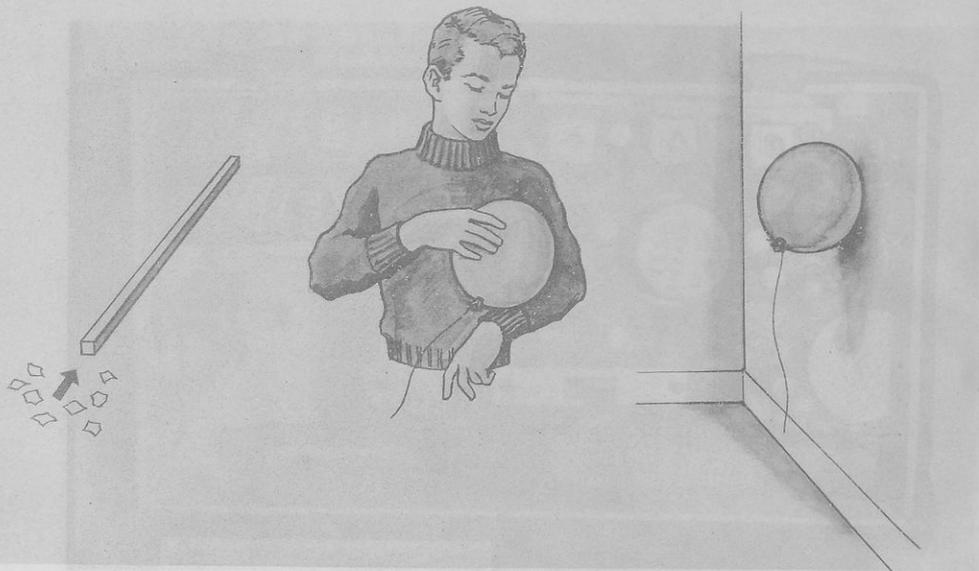
Θά χρειαστείτε ἕναν πλαστικό χάρακα, ἕνα μπίκ, ἕνα μολύβι, ἕνα μικρό μπαλόνι, ἕνα κομμάτι μάλλινο ὄφρασμα καί μιᾶ πλαστική σακούλα. Ἐπίσης μικρά κομμάτια χαρτί σάν χαρτοπόλεμο.

1) Τρίψτε τό χάρακα δυνατά μέ τό μάλλινο ὄφρασμα καί πλησιάστε σιγά τήν ἄκρη του σέ μερικά κομματάκια χαρτί. Τί παρατηρεῖτε; Κρατήστε τό χάρακα γιά μερικά λεπτά στόν ἀέρα καί παρατηρήστε τί συμβαίνει μέ τά κομματάκια τοῦ χαρτιοῦ. Ἐπιναλάβετε τό πείραμα μερικές φορές παρατηρώντας προσεκτικά τί συμβαίνει, καθώς ὁ χάρακας πλησιάζει τά κομμάτια τοῦ χαρτιοῦ. Τρίψτε τό χάρακα μέ τό πλαστικό καί κάνετε τίς ἴδιες παρατηρήσεις.

2) Ἐπιναλάβετε τήν παραπάνω ἐργασία χρησιμοποιώντας ἀντί γιά τό χάρακα τό μπίκ, τό μολύβι, τό μπαλόνι. Ἐτοιμάστε στό τετραδίο σας ἕναν πίνακα, ὅπως ὁ παρακάτω, καί συμπληρώστε τον μέ τίς παρατηρήσεις σας γιά τό πόσο κάθε ἀντικείμενο τραβᾷ τά κομμάτια τοῦ χαρτιοῦ: πολῦ, λίγο, καθόλου.

| Ἀντικείμενο | Τρίψιμο μέ μάλλινο πλαστικό |
|-------------|--------------------------------|
| ΧΑΡΑΚΑΣ | |
| ΜΠΙΚ | |
| ΜΟΛΥΒΙ | |
| ΜΠΑΛΟΝΙ | |

3) Τρίψτε τό μπαλόνι δυνατά μέ τό μάλλινο ὄφρασμα καί πλησιάστε τό στόν τοίχο. Τί παρατηρεῖτε;



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ. Ο χάρακας πού ηλεκτρίστηκε με τριβή έλκει τά κομματάκια τού χαρτιού. Τό ηλεκτρισμένο μπαλόνι κολλάει στόν τοίχο.

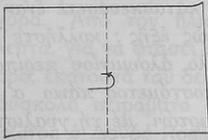
Στό πρώτο μέρος τής εργασίας παρατηρήσαμε ότι, μέ τό τρίψιμο μέ τό μάλλινο ύφασμα, ό χάρακας άπόκτησε τήν ιδιότητα νά τραβάει πρός τό μέρος του τά μικρά κομμάτια τού χαρτιού. Παρατηρήσαμε άκόμη ότι ή έλξη αυτή είναι τόσο πιό δυνατή, όσο πιό κοντά πλησιάζουμε τήν άκρη τού χάρακα στό κομμάτια τού χαρτιού. Άπό τήν άλλη μεριά, άν περιμένουμε λίγα λεπτά, παρατηρούμε ότι τά κομμάτια τού χαρτιού πού είναι κολλημένα στό χάρακα άποσπώνται καί πέφτουν, άλλά μπορούμε πάλι νά τά τραβήξουμε, άν πλησιάσουμε τό χάρακα. Λέμε ότι ό χάρακας *ηλεκτρίστηκε* ή ότι άπόκτησε **ηλεκτρικό φορτίο** άπό τήν τριβή μέ τό μάλλινο. Τό ίδιο παρατηρούμε ότι συμβαίνει καί όταν τρίβουμε τό χάρακα μέ τό πλαστικό. Άπό τά άλλα άντικείμενα πού χρησιμοποιήσαμε στό δεύτερο μέρος τής εργασίας παρατηρούμε ότι δέν ηλεκτρίζονται όλα τό ίδιο. Τό μπίκ ηλεκτρίζεται λιγότερο άπό

τό χάρακα καί τό μολύβι σχεδόν καθόλου. Άντίθετα τό μπαλόνι τραβάει εύκολα τά κομμάτια τού χαρτιού καί έπομένως άποκτάει εύκολα ήλεκτρικό φορτίο. Αυτό τό διαπιστώνουμε κι άπό τό τρίτο μέρος τής εργασίας, όπου παρατηρούμε ότι τό μπαλόνι κολλάει στόν τοίχο. Μέ τίς προηγούμενες παρατηρήσεις μας μπορούμε νά εξηγήσουμε τό φαινόμενο αυτό ως άποτέλεσμα τής έλξης πού προκαλεί τό ήλεκτρικό φορτίο τού μπαλονιού. Έτσι καταλήγουμε τελικά στό συμπέρασμα ότι :

Τά υλικά σώματα μπορούν νά άποκτήσουν μέ τήν τριβή ήλεκτρικό φορτίο, πού φανερώνεται μέ δυνάμεις πού εξασκεί σέ άλλα υλικά σώματα.

2. Θετικά καί άρνητικά φορτία

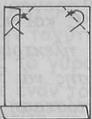
Μέ τήν άνακάλυψή μας αυτή ίσως δημιουργήθηκαν άλλα έρωτήματα : 'Υπάρχουν δια-



1



2



3



4



5

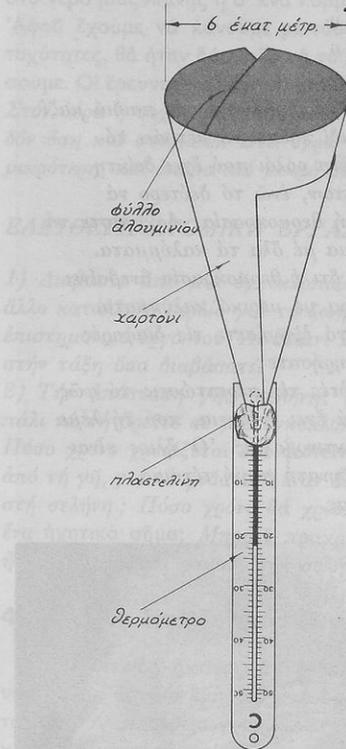
ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Κατασκευή καλωμάτων για τό θερμόμετρο.

σ' αυτά τά υλικά :

2) Έτοιμάστε καλώμματα για τό θερμόμετρο διπλώνοντας κομμάτια χαρτί άσπρο, γκρι και μαύρο, καθώς και φύλλα άλουμνίου, όπως δείχνει τό σχήμα.

Στερεώστε τίς διπλωμένες άκρες μέ σελοτέιπ και βάλτε μέσα τό θερμόμετρο, ώστε ή μπαλίτσα πού περιέχει τόν

Χρόνος
Γραφείο



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. «Ανιχνευτής» άκτινοβολίας.

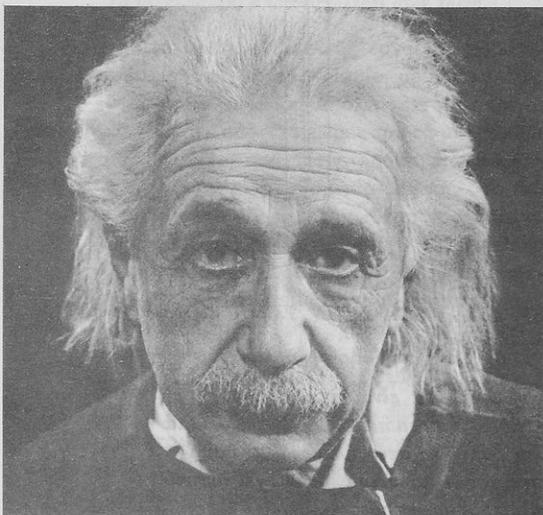
υδρογόνο νά είναι στό κέντρο.

Πάρτε τό θερμόμετρο μ' ένα κάλυμμα και βάλτε τό στόν ήλιο. Τό πείραμα πετυχαίνει καλύτερα, όταν έχει δυνατό ήλιο και δέ φυσάει άέρας.

Παρακολουθήστε πώς ανεβαίνει ή θερμοκρασία. Μπορείτε νά κάνετε έναν πίνακα ως έξής:

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

Χρειάζεται να δουλέψουν δύο παιδιά μαζί. Τό ένα παιδί πρέπει να μετράει τό χρόνο, μ' ένα ρολόι πού έχει δείκτη δευτερολέπτων, ενώ τό δεύτερο να διαβάζει τή θερμοκρασία. Δοκιμάστε τό ίδιο πείραμα μέ όλα τά καλύμματα. Θά βρείτε ότι ή θερμοκρασία ανεβαίνει πιο γρήγορα μέ μερικά καλύμματα. Μπορείτε να εξηγήσετε τίς διαφορές πού παρατηρήσατε ; Σ' όλες αυτές τίς περιπτώσεις τό φώς φαίνεται να έχει ενέργεια, πού τή λέμε ενέργεια ακτινοβολίας. Ο ήλιος είναι μία πολύ δυνατή πηγή τέτοιας ακτινοβολίας.



Ο 'Αλβέρτος 'Αινστάιν απόδειξε ότι τό φώς έχει τή μεγαλύτερη ταχύτητα πού μπορεί να υπάρξει στή φύση.

3) Για να παρατηρήσετε παρόμοια αποτελέσματα μέ άλλες πηγές, χρειάζεται να κάτι πού να μαζεύει τήν ακτινοβολία. Μπορείτε να κατασκευάσετε έναν τέτοιο «άνιχνευτή» ως εξής : κολλήστε ένα κομμάτι φύλλο αλουμινίου περίπου 15×20 εκατοστόμετρα πάνω σ' ένα όμοιο φύλλο από χαρτόνι, μέ τή γυαλιστερή πλευρά του αλουμινίου προς τά έξω. Μ' αυτό κάντε ένα χωνί μέ τό αλουμίνιο στή μέσα μεριά του χωνιοῦ καί στερεώστε το στήν άκρη του θερμομέτρου, όπως δείχνει τό σχήμα. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τώρα αυτόν τόν άνιχνευτή για διάφορες φωτεινές καί θερμικές πηγές. Προσοχή : Άν τό στρέψετε κατευθείαν προς τόν ήλιο, τό θερμομετρο μπορεί να ανεβεί πολύ γρήγορα στους 50°C καί να σπάσει! Δοκιμάστε μία ηλεκτρική λάμπα, ένα φακό. Μπορείτε επίσης να πλησιάσετε τόν άνιχνευτή σας, σε απόσταση περίπου 50 εκατοστόμετρα, σ' ένα ζεστό ηλεκτρικό σίδερο. Ύστερα βάλτε ανάμεσα στον άνιχνευτή καί τό ηλεκτρικό σίδερο ένα βιβλίο. Τό βιβλίο δέν αφήνει τήν ενέργεια ακτινοβολίας να φτάσει τόν άνιχνευτή. Τά συμπεράσματα από αυτό τό πείραμα είναι ότι : 1) Τό φώς είναι μορφή ενέργειας. 2) Η ενέργεια του φωτός μπορεί να μετασχηματιστεί σε θερμική ενέργεια. 3) Τό ζεστό ηλεκτρικό σίδερο στέλνει κι αυτό ενέργεια, πού φαίνεται να έχει τίς ίδιες ιδιότητες μέ τό φώς, δηλαδή είναι ενέργεια ακτινοβολίας.

Άς προχωρήσουμε όμως μελετώντας μεθοδικά τίς ιδιότητές του.

3. Η ταχύτητα του φωτός

Μόλις ανάψουμε τό φακό μας, τό φώς του φτάνει άκριαία στο σημείο πού θέλουμε.

‘Ακόμα και τό φῶς ἐνός φάρου φτάνει δίχως καθυστέρηση σ’ ἕνα πλοῖο πού βρίσκεται πολλά μίλια μακριά. Τό φῶς λοιπόν τρέχει πολύ γρήγορα. Ἀπό τόν ἥλιο χρειάζεται μόνον 8,5 λεπτά, γιά νά φτάσει στή γῆ. Ἀπό ἕνα δορυφόρο, ἑκατοστά τοῦ δευτερολέπτου. Μέ πολύ δύσκολα πειράματα οἱ ἐπιστήμονες (καί πρώτος ὁ Δανός Roemer, τό 1675) ἐξακρίβωσαν ὅτι ἡ ταχύτητα τοῦ φωτός στό κενό εἶναι

300.000 χιλιόμετρα τό δευτερόλεπτο.

Θά καταλάβετε καλύτερα πόσο ἀπίστευτα μεγάλη εἶναι αὐτή ἡ ταχύτητα, ἂν τήν συγκρίνετε μέ τίς γνωστές σας ταχύτητες. Ἐνα αὐτοκίνητο, ἄς ποῦμε, τρέχει μέ 110 χιλιόμετρα τήν ὥρα, δηλαδή κάπου 30 μέτρα τό δευτερόλεπτο. Τό φῶς εἶναι 10.000.000 φορές πῖο γρήγορο ! Ἐνας δρομέας, πού θά ἔτρεχε μέ τήν ταχύτητα τοῦ φωτός, θά ἔκανε ὀκτώ φορές τό γύρο τῆς γῆς, ὥστόσο ἕμεῖς προφέρομε ἕναν τριψῆφιο ἀριθμό. Μπορεῖτε τώρα νά πείτε σέ κάποιο φίλο σας, πού ἰσχυρίζεται ὅτι «τρέχει σάν ἀστραπή», πῶς εἶναι μάλλον ὑπερβολικός...

Ἡ ταχύτητα λοιπόν τοῦ φωτός εἶναι τόσο μεγάλη, πού ξεπερνάει τή φαντασία μας. Μήπως ὁμως ὑπάρχουν ὑλικά σώματα, ἴσως στά βάρη τοῦ σύμπαντος, πού ἔχουν ἀκόμα μεγαλύτερη ταχύτητα ; Μήπως ὁ ἄνθρωπος, καθώς τελειοποιεῖ συνέχεια τούς πυραύλους του, θά φτάσει ἢ καί θά ξεπεράσει κάποτε σέ ταχύτητα τό φῶς ; Τήν ἀπάντηση σέ ὅλα αὐτά τά ἐρωτήματα ἔδωσε ἕνας διάσημος φυσικός τῆς ἐποχῆς μας, ὁ Ἄϊνσταϊν, πού ἀπόδειξε ὅτι :

Στή φύση δέ μπορεῖ νά ὑπάρξει μεγαλύτερη ταχύτητα ἀπό τήν ταχύτητα τοῦ φωτός.

Ἡ ταχύτητα τοῦ φωτός εἶναι ἕνα ὄριο, ἕνα ἀνώτερο ὄριο, πού κανένα ἀπό τά ὑλικά σώματα δέ θά μπορέσει ποτέ νά ὑπερβεῖ.

Εἶδαμε ὅτι ἡ ταχύτητα τοῦ φωτός εἶναι 300.000 χλμ. στό κενό, ἔκει δηλαδή πού δέν ὑπάρχει καθόλου ὕλη, ὅπως στό μακρινό διάστημα. Ἐχει ὁμως τό φῶς τήν ἴδια ταχύ-

τητα καί ὅταν περνάει ἀπό κάποιο ὑλικό μέσο ; Ποιά εἶναι ἡ ταχύτητά του στόν ἀέρα, μέσα στό νερό μιᾶς λίμνης ἢ σ’ ἕνα κομμάτι γυαλί ; Ἀφοῦ ἔχουμε νά κάνουμε μέ τόσο μεγάλες ταχύτητες, θά ἦταν δύσκολο νά τό ἐξακριβώσουμε. Οἱ ἔρευνες πού ἔγιναν ἀπόδειξαν ὅτι :

Στόν ἀέρα ἡ ταχύτητα τοῦ φωτός εἶναι σχεδόν ὅση καί στό κενό. Στά ὑγρά εἶναι λίγο μικρότερη, καί ἀκόμα πῖο μικρή στά στερεά.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

1) Διαβάστε ἀπό μιᾶ ἐγκυκλοπαίδεια ἢ ἄλλο κατάλληλο βιβλίο γιά τή ζωῆ καί τό ἐπιστημονικό ἔργο τοῦ Ἄϊνσταϊν. Συζητήστε στήν τάξη ὅσα διαβάσατε.

2) Τήν ἀπόσταση γῆς - σελήνης μπορεῖτε πάλι νά τή βρεῖτε σέ μιᾶ ἐγκυκλοπαίδεια. Πόσο χρόνο χρειάζεται ἕνα φωτεινό σῆμα ἀπό τή γῆ, γιά νά φτάσει σ’ ἕναν ἀστροναῦτη στή σελήνη ; Πόσο χρόνο θά χρειαζόταν ἕνα ἠχητικό σῆμα ; Μπορεῖ πραγματικά ἕνα ἠχητικό κύμα νά φτάσει στή σελήνη ;

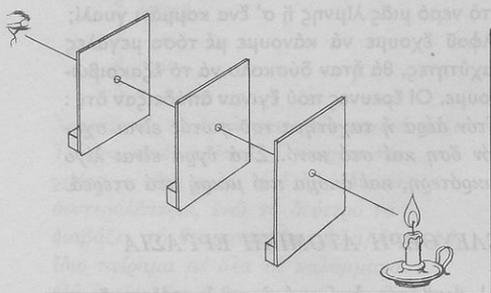
4. Τό φῶς διαδίδεται εὐθύγραμμα

Οἱ φωτεινές ἀκτίνες, ἂν βέβαια δέ συναντήσουν κάποιο ἐμπόδιο στό δρόμο τους, ταξιδεύουν σέ εὐθεία γραμμῆ. Δέν ἀλλάζουν κατεύθυνση οὔτε καί σχηματίζουν καμπύλες. Ἐνας φίλος πού ἔστριψε στή γωνία παύει νά φαίνεται, ἐπειδή οἱ φωτεινές ἀκτίνες πού ξεκινοῦν ἀπ’ αὐτόν δέ μποροῦν πιά νά φτάσουν στό μάτια μας. Στήν αἴθουσα ἐνός κινηματογράφου, οἱ φωτεινές δέσμες φαίνονται νά ξεκινοῦν ἀπό τόν προβολέα καί νά κατευθύνονται ὀλοῖσια στήν ὀθόνη.

Ἐνα ἀπλό πείραμα μπορεῖ νά ἐπιβεβαιώσει τίς παρατηρήσεις μας.

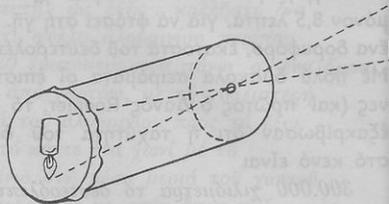
ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Κόψτε τρία τετράγωνα κομμάτια χαρτόνι περίκτον ἴδιων διαστάσεων. Μ’ ἕνα καρφί



Τό φώς διαδίδεται εὐθύγραμμα.

ἀνοίξτε μιά τρύπα καί στά τρία μαζί.
 Τοποθετήστε τά χαρτόνια σέ κάποια ἀπόσταση
 μεταξύ τους καί μισροστά ἀπό τή φλόγα
 ἑνός κεριοῦ. Μετακινώντας τά χαρτόνια θά
 βροῖτε μιά θέση πού τό φώς περνά ἀπ' ὅλες
 τίς τρύπες. Ποιά εἶναι αὐτή ἡ θέση; Τί
 συμπεραίνετε ; Ἐπιβεβαιώστε τό συμπέρασμα
 σας μέ ἕνα τεττωμένο σύρμα.



Μιά πρωτόγονη φωτογραφική μηχανή.

Πολλές φορές ἔχετε παίξει οἱ ἴδιοι μέ τή
 σκιά σας. Οἱ σκίές εἶναι μιά ἄμεση συνέπεια
 τῆς εὐθύγραμμης πορείας πού ἀκολουθεῖ τό
 φῶς. Ἄν φέρετε τό χέρι σας κάτω ἀπό μιά
 λάμπα, θά σχηματιστεῖ ἄμεσως τό σκοτεινῶ
 ἀπότύπωμα τοῦ χεριοῦ—ἡ σκιά του—στό
 τραπέζι ἢ στό πάτωμα. Αὐτό συμβαίνει, γιατί
 οἱ φωτεινές ἀκτίνες ταξιδεύουν εὐθύγραμμα



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

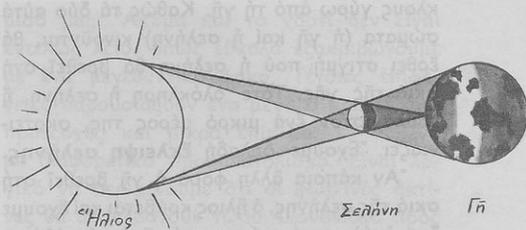
καί διακόπτονται μόνο από τό στερεό σώμα πού παρεμβάλλεται στό δρόμο τους. Τέτοια μάλιστα σώματα, πού δέν αφήνουν τό φώς νά περάσει από τήν ύλη τους, ονομάζονται **άδιαφανή**.

Μιά διασκεδαστική εφαρμογή τών ὄσων μάθατε εἶναι ἡ κατασκευή μιᾶς ἀπλῆς «φωτογραφικῆς» μηχανῆς.

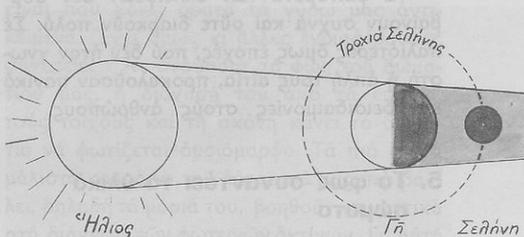
ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πάρτε ἕνα κυλινδρικό κοντί, ἀπό χαρτόνι ἢ τενεκέ, καί μ' ἕνα κομμάτι ἀνοίξετε μιᾶ μικρή τρύπα στή βάση του, κοντά στό κέντρο. Μέ ἕνα λαστιχάκι προσαρμόστε σφιχτά ἕνα κομμάτι λαδόχαρτο στήν ἄλλη ἄκρη τοῦ κυλινδρικοῦ κοντιοῦ, ὅπως δείχνει τό σχῆμα. Κρατήστε τώρα τή βάση τοῦ κοντιοῦ μπροστά στή φλόγα ἐνός κεριοῦ. Στή μικρή «ὀθόνη» ἀπό λαδόχαρτο, πού ἔχετε κατασκευάσει, θά δεῖτε τό εἶδωλο τῆς φλόγας — καί μάλιστα ἀνάποδα! Αὐτό εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ἐθῆνυγραμμῆς διαδόσεως τοῦ φωτός. Φωτεινές ἀκτίνες ἀπό τήν κορυφή τῆς φλόγας περνοῦν ἀπό τήν τρύπα καί φτάνουν στό κάτω μέρος τῆς ὀθόνης, ἐνῶ ὅσες ξεκινοῦν ἀπό τό κάτω μέρος τῆς φλόγας καταλήγουν σέ ψηλότερο σημεῖο τῆς ὀθόνης. Θά κατανοήσετε μάλιστα καλύτερα τό πείραμα, ἂν σχεδιάσετε στό τετράδιό σας τήν πορεία τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων.

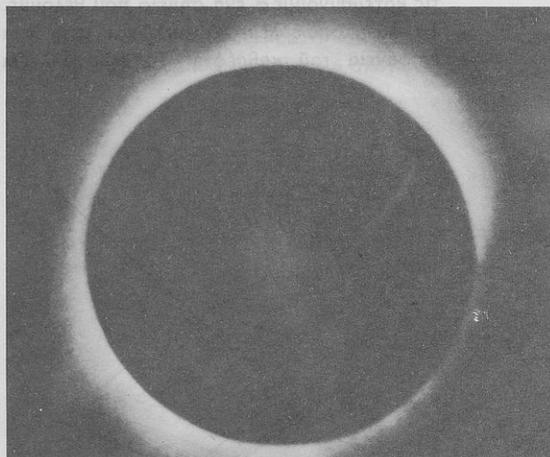
Τό φῶς διαδίδεται εὐθύγραμμα καί δημιουργεῖ σκιές καί ἐξῶ ἀπό τή γῆ μας, στό ἀπέραντο διάστημα. Ἐμεῖς πού κατοικοῦμε στή γῆ παρατηροῦμε ἔτσι τά θεαματικά οὐράνια φαινόμενα, πού εἶναι γνωστά ὡς **ἐκλείψεις**. Τό σχῆμα δείχνει παραστατικά τόν ἥλιο, τή σελήνη καί τή γῆ. Ὁ ἥλιος εἶναι ἀκίνητος καί ἐκπέμπει τό φῶς του πρὸς ὅλες τίς κατευθύνσεις. Ἡ γῆ καί ἡ σελήνη δέν ἔχουν δικό τους φῶς, ἀλλά φωτίζονται ἀπό τόν ἥλιο. Ξέρουμε ἀκόμα ὅτι ἡ γῆ περιφέρεται γύρω ἀπό τόν ἥλιο, διαγράφοντας μιᾶ ἑλλειψη, καί ὅτι ἡ σελήνη διαγράφει κύ-



* Ἐκλειψη ἡλίου.



* Ἐκλειψη σελήνης.



Φωτογραφία ἀπό τήν Ἐκλειψη ἡλίου τό 1973. Ἦταν ἡ μεγαλύτερη σέ διάρκεια στήν ἀνθρώπινη ἱστορία καί ἔδωσε τήν εὐκαιρία σέ χιλιάδες ἐπιστήμονες ἀπό ὅλο τόν κόσμο νά μελετήσουν τόν ἥλιο καί τά φαινόμενα πού σχετίζονται μέ τήν ἠλιακή ἀκτινοβολία.

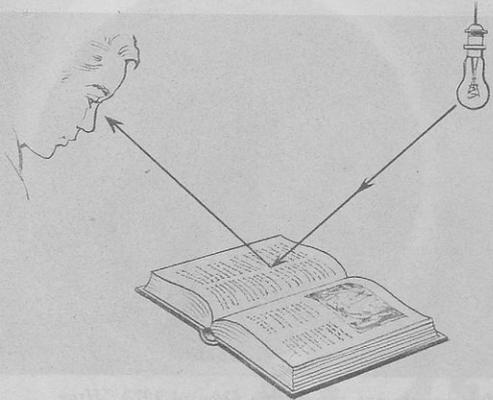
κλους γύρω από τη γη. Καθώς τὰ δύο αὐτὰ σώματα (ἡ γῆ καί ἡ σελήνη) κινοῦνται, θά ἔρθει στιγμή πού ἡ σελήνη θά βρεθεῖ στή σκιά τῆς γῆς. Τότε ὀλόκληρη ἡ σελήνη, ἢ τουλάχιστον ἓνα μικρό μέρος της, σκοτεινιάζει. Ἔχουμε δηλαδή **ἔκλειψη σελήνης**.

Ἄν κάποια ἄλλη φορά ἡ γῆ βρεθεῖ στή σκιά τῆς σελήνης, ὁ ἥλιος κρύβεται καί ἔχουμε ἓνα ἀνάλογο φαινόμενο, τήν **ἔκλειψη ἡλίου**. Ὁ κόσμος γύρω μας σκοτεινιάζει ἀπότομα καί τὰ ζῶα τρέχουν νά κρυφτοῦν.

Τὰ φαινόμενα τῶν ἐκλείψεων δέν συμβαίνουν συχνά καί οὔτε διαρκοῦν πολύ. Σέ παλιότερες ὅμως ἐποχές, πού δέν ἦταν γνωστή ἡ ἀπλή τους αἰτία, προκαλοῦσαν πανικό καί δεισιδαιμονίες στοὺς ἀνθρώπους.

5. Τό φῶς συναντάει τὰ ὑλικά σώματα

Μ' ἓναν καθρέφτη εἶναι δυνατόν νά ἀλλάξουμε τήν πορεία τῶν ἠλιακῶν ἀκτίνων καί νά τίς κατευθύνουμε σ' ἓνα σημείο πού θέλουμε. Τό φῶς, ὅπως λέμε, **ἀνακλάται** στή λεία ἐπιφάνεια τοῦ καθρέφτη. Τό φῶς ἀλλάζει

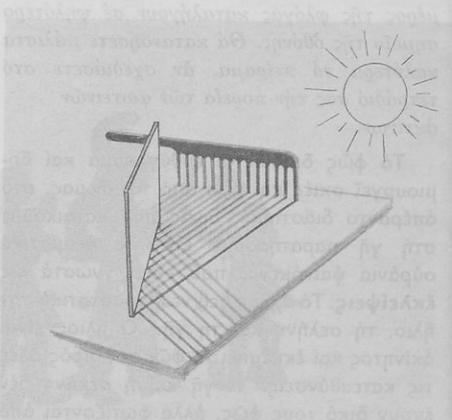


Μποροῦμε νά διαβάσουμε, ἐπειδή τό φῶς ἀνακλάται στίς σελίδες τοῦ βιβλίου.

πορεία μ' αὐτόν τόν τρόπο—καί φεύγει τώρα πρὸς ἄλλη κατεύθυνση—κάθε φορά πού συναντάει ἓνα ἐμπόδιο.

Χάρη στήν ἀνάκλαση—καί μάλιστα, ὅπως θά δοῦμε, τήν ἀκανόνιστη ἀνάκλαση—γίνονται ὀρατά τὰ πιο πολλά ἀπό τὰ ὑλικά σώματα. Ἡ σελήνη, τό βιβλίο μας ἢ ἓνα λουλούδι δέν ἐκπέμπουν ἀπό μόνα τους φῶς. Εἶναι **ἑτερόφωτα** σώματα. Βλέπουμε τὰ ἑτερόφωτα αὐτά σώματα, ἐπειδή ἀνακλοῦν καί πρὸς τὰ μάτια μας ἓνα μέρος ἀπό τό φῶς πού δέχονται τὰ ἴδια. Μέ τό φῶς μιᾶς λάμπας μποροῦμε νά διακρίνουμε τὰ πράγματα ἐνός σκοτεινοῦ δωματίου. Ἄν σβήσουμε τή λάμπα, τὰ πράγματα ἐξακολουθοῦν νά βρίσκονται στήν ἴδια θέση. Δέν ὑπάρχουν ὅμως πιά οἱ φωτεινές ἀκτίνες πού θά ἀνακλαστοῦν ἐπάνω τους καί θά τὰ κάνουν ὀρατά.

Ἄς δοκιμάσουμε τώρα νά ἀπαντήσουμε σέ ἓνα σημαντικό ἐρώτημα. Οἱ φωτεινές ἀκτίνες συναντοῦν μιά ἐπίπεδη ἐπιφάνεια μέ μιά ὀρισμένη γωνία. Πρὸς τὰ πού κατευθύνονται ὅμως, ἀφοῦ ἀνακλαστοῦν; Μέ ποιά γωνία δηλαδή θά ἀφήσουν τήν ἐπιφάνεια; Ἄπό ὅσα μάθαμε γιά τήν ἀνάκλαση τοῦ ἤχου—



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Τό φῶς ἀνακλάται ἀπό μιά ἐπιφάνεια μέ τήν ἴδια γωνία πού τήν συναντάει.

πού είναι, όπως και το φως, μία μορφή ενέργειας—ίσωςμαντεύουμε την απάντηση.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

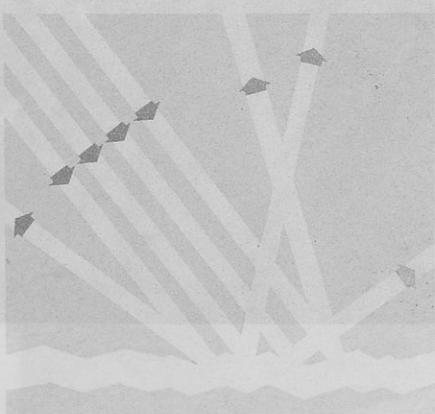
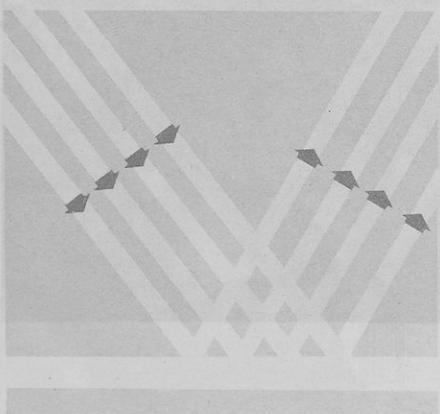
Τοποθετήστε ένα χτένι στο δρόμο του ήλιακού φωτός, που πέφτει πλάγια σ' ένα άσπρο χαρτόνι. Δώστε τέτοια κλίση στο χαρτόνι, ώστε οι φωτεινές δέσμες που φεύγουν από το χτένι να έχουν μήκος μερικά εκατοστόμετρα. Τοποθετήστε διαγώνια στην τροχιά τους έναν καθρέφτη, όπως δείχνει η εικόνα. Τι παρατηρείτε;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

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

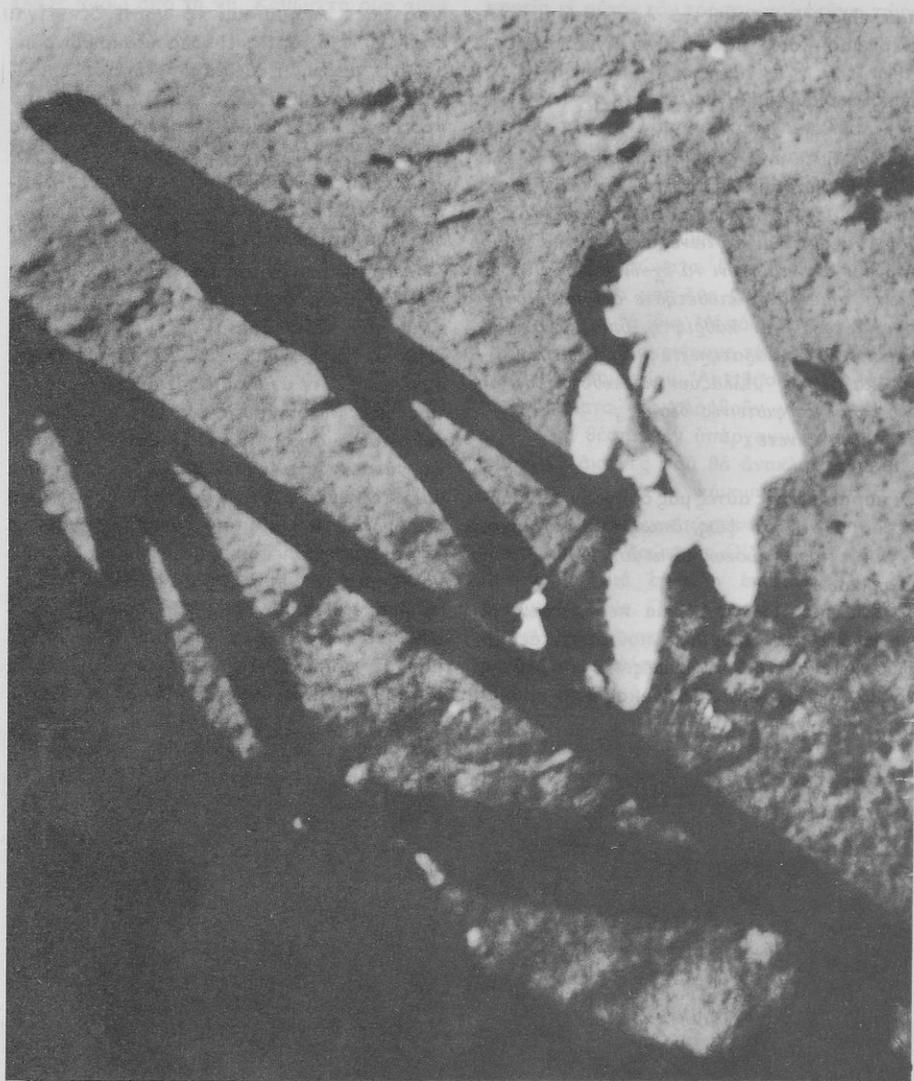
Στίς πιό πολλές βέβαια περιπτώσεις οι επιφάνειες των σωμάτων που συναντάει το φως είναι σχετικά ανώμαλες. Ο καθρέφτης είναι λείος, όχι όμως ο πίνακας ή το πουκά-

μισό μας. Άκόμα και το χαρτί δέν είναι έντελώς λείο, όπως εύκολα εξακριβώνουμε με ένα μεγεθυντικό φακό. Τέτοιες επιφάνειες παρουσιάζουν ένα μεγάλο αριθμό από προεξοχές και μικρά επίπεδα, τό καθένα με διαφορετικό προσανατολισμό. Είναι λογικό να περιμένουμε ότι οι φωτεινές ακτίνες θα ανακλαστούν τώρα άκανόνιστα προς όλες τις κατευθύνσεις.

Αυτή η άκανόνιστη ανάκλαση του φωτός—ή **διάχυση**, όπως την λέμε με μία λέξη—είναι που κάνει όρατά τά γύρω μας αντικείμενα. Έχει όμως κι άλλες ενδιαφέρουσες συνέπειες. Αν ανάψουμε τό φως του δωματίου μας, ή διάχυσή του από τά έπιπλα, τούς τοίχους και τή σκόνη κάνει τό δωμάτιο να φωτίζεται όμοιόμορφα. Τά πιό μικρά μάλιστα κομμάτια του άέρα που μας περιβάλλει, δηλαδή τά μόριά του, βοηθούν σημαντικά στή διάχυση των φωτεινών ακτίνων. Γι' αυτό και «ξημερώνει» πολύ πρίν ανατείλει ό ήλιος : τό ήλιακό φως διαχέεται στά μόρια τής ατμόσφαιρας. Στή σελήνη, από τήν άλλη μεριά, πού δέν ύπάρχει ατμόσφαιρα, ή σκιά ενός άστροναύτη είναι «κοφτή» και πολύ σκοτεινή.



² Ανάκλαση σε λείες και ανώμαλες επιφάνειες.



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

Ἄς προσπαθήσουμε τώρα νά ἀπαντήσουμε σ' ἓνα ἄλλο ἐρώτημα : "Ὅλο ἄραγε τό φῶς— ἢ ἀκριβέστερα, ὅλη ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια— πού πέφτει σ' ἓνα σῶμα ἀνακλάται ; Μήπως ὀρισμένα ὑλικά ἀνακλοῦν τό φῶς καλύτερα ἀπό ἄλλα ;

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Ἐνοῦστε ἓνα βιβλίον σέ μιὰ ἄσπρη σελίδα. Τοποθετήστε τό βιβλίον μέ τή ράχη στό φῶς, ὥστε ἡ ἄσπρη του σελίδα νά εἶναι σκιασμένη. Κρατήστε τώρα ἓναν καθρέφτη μπροστά στό βιβλίον, ὅπως δείχνει τό σχῆμα. Τί παρατηρεῖτε ; Τί συμβαίνει ἂν, ἀντί τοῦ καθρέφτη, χρησιμοποιήσετε ἓνα ἄσπρον φύλλον χαρτί ; Ἐνα μαῦρον φύλλον χαρτί ; Ἐνα κομμάτι γυαλί ;

Στίς δύο πρώτες περιπτώσεις τό φῶς ἀνακλάται—περισσότερο στόν καθρέφτη, λιγότερο στό ἄσπρον χαρτί— καί φωτίζει τή σκιασμένη σελίδα τοῦ βιβλίου. Τό μαῦρον χαρτί, ἀντίθετα, **ἀπορροφάει** τό μεγαλύτερο μέρος ἀπό τό φῶς. Πολύ λίγο ἀνακλάει. Τό γυαλί, τέλος, ἀνακλάει ἐλάχιστο φῶς, ἐνῶ

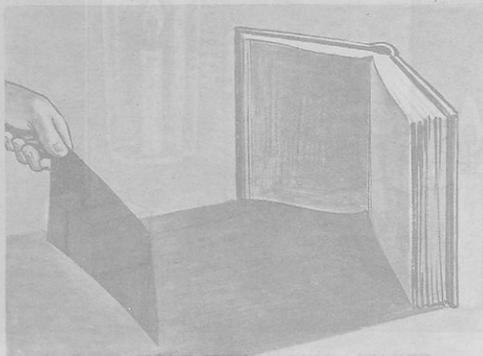
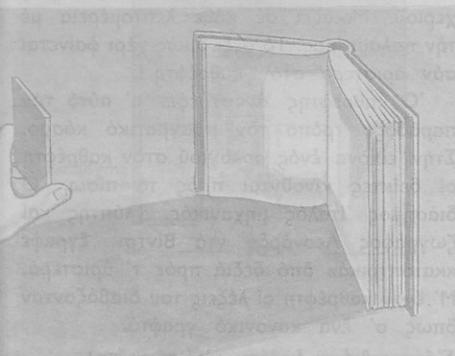
ἀφήνει τό περισσότερο νά περάσει ἀνενόχλητο ἀπό τήν ὕλη του. Εἶναι, ὅπως λέμε, ἓνα **διαφανές** σῶμα. Ὁ ἀέρας, τό νερό, τά τζάμια στά παράθυρα εἶναι κι αὐτά διαφανῆ σῶματα.

Εἶδαμε λοιπόν ὅτι τά διάφορα σῶματα ἀνακλοῦν τό φῶς, τό ἀπορροφοῦν ἢ τό ἀφήνουν νά περάσει ἀπό τήν ὕλη τους. Ἀνάλογα μέ τό ὑλικό καί τή μορφή πού ἔχει ἡ ἐπιφάνεια τοῦ σώματος, ἓνα ἀπ' αὐτά τά φαινόμενα παρουσιάζεται πιό ἔντονα.

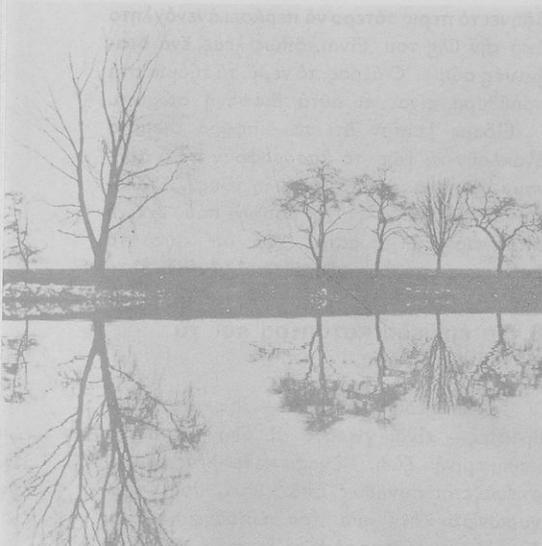
6. Τά ἐπίπεδα κάτοπτρα καί τά εἶδωλά τους

Τά ἐπίπεδα κάτοπτρα— οἱ κοινοί καθρέφτες— εἶναι γνωστά σέ ὅλους ἀπό τήν καθημερινή ζωή. Ἐνας καθρέφτης κατασκευάζεται συνήθως ἀπό γυαλί, πού ἐπαργυρώνεται στή μιὰ του ἐπιφάνεια. Ἐτσι ἀνακλάει καλύτερα τό φῶς. Ἐπίπεδα κάτοπτρα εἶναι καί ἡ στιλπνὴ ἐπιφάνεια ἐνός μεταλλοῦ ἢ τοῦ ἡρεμο νερό μιᾶς στέρνας. Πολλές φορές θά ἔχουμε δεῖ σέ τέτοια φυσικά κάτοπτρα τό πρόσωπό μας.

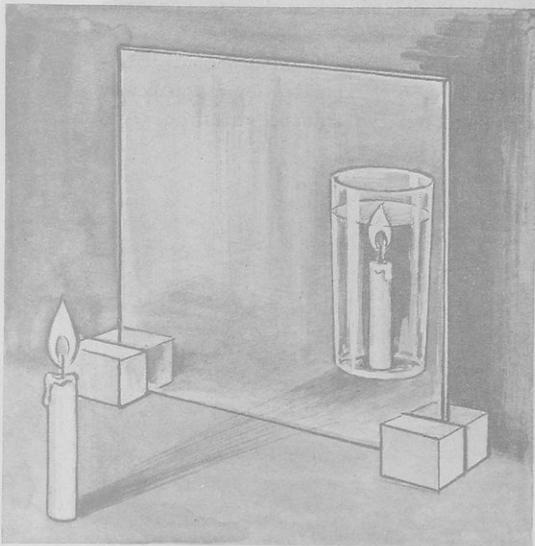
Ἄς ἐρευνήσουμε τώρα μεθοδικά τά εἶδωλα, δηλαδή τίς εἰκόνες τῶν ἀντικειμένων πού μᾶς δίνει ἓνα ἐπίπεδο κάτοπτρον. Ἀπό



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ὁ καθρέφτης ἀνακλάει, ἐνῶ ἓνα μαῦρον χαρτί ἀπορροφάει τό φῶς.



Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ εἶναι ἓνα μεγάλο ἐπίπεδο κάτοπτρο.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Τό εἶδωλο τῆς φλόγας «καίει» ἀνενόηχτο μέσα στό νερό.

τήν πείρα μας ξέρομε μερικά βασικά τους χαρακτηριστικά. Ἄν φέρομε μπροστά σ' ἓναν καθρέφτη τό μολύβι μας, θά σχηματιστεῖ ἓνα ὅμοιο καί ἴσου μεγέθους εἶδωλό του στόν καθρέφτη. Ἄν ἀπομακρύνουμε τό μολύβι, τό εἶδωλο φαίνεται νά ὑποχωρεῖ σέ ἀνάλογο βάθος. Ὁ καθρέφτης ὅμως εἶναι λεπτός. Ἄρα τό εἶδωλο δέν ὑπάρχει πραγματικά ἐκεῖ πού τό βλέπουμε νά σχηματίζεται. Εἶναι, ὅπως λέμε, ἓνα φανταστικό εἶδωλο.

Ἄν ἔχετε ἀμφιβολίες, μ' ἓνα διασκεδαστικό πείραμα θά πεισεῖτε γιά τήν ὑπαρξη φανταστικῶν εἰδώλων.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Στηρίξτε ὄρθιο ἓνα κομμάτι τζάμι, ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα. Σέ ἀπόσταση περίπου 30 ἐκατοστόμετρα ἀπό τό τζάμι τοποθετήστε ἓνα ἀναμμένο κερί. Ἄπό τήν ἄλλη μεριά, σέ ἴση ἀπόσταση, ἓνα ποτήρι νερό. Πίσω ἀπό τό ποτήρι τοποθετήστε ἓνα σκοῦρο χαρτόνι. Ἄν κοιτάξετε τό ποτήρι μέσα ἀπό τό τζάμι, θά δεῖτε τή φλόγα τοῦ κεριοῦ νά καίει ἀνενόηχτη μέσα στό νερό!

Εἶναι ὅμως τό εἶδωλο πού σχηματίζουν τά ἐπίπεδα κάτοπτρα ἐντελῶς ὅμοιο μέ τό ἀντικείμενο ; Σ' ἓναν καθρέφτη παρατηροῦμε τό εἶδωλο ἀπό τήν παλάμη τοῦ δεξιοῦ μας χεριοῦ. Μοιάζει σέ κάθε λεπτομέρεια μέ τήν παλάμη μας. Τό δεξιό ὅμως χέρι φαίνεται σάν ἄριστερό στόν καθρέφτη !

Ὁ καθρέφτης ἀναστρέφει μ' αὐτό τόν παράδοξο τρόπο τόν πραγματικό κόσμο. Στήν εἰκόνα ἐνός ρολογιοῦ στόν καθρέφτη οἱ δείκτες κινοῦνται πρὸς τά πίσω. Ὁ διάσημος Ἴταλός μηχανικός, γλύπτης καί ζωγράφος Λεονάρδο ντά Βίντσι ἔγραφε «κατοπτρικά» ἀπό δεξιά πρὸς τ' ἄριστερά. Μ' ἓναν καθρέφτη οἱ λέξεις του διαβάζονταν ὅπως σ' ἓνα κανονικό γραφτό.

Σ' ἓναν καθρέφτη διαβάστε αὐτή τή φράση :

Διαιγρᾶνῆς ἰωνῆς ρῶφ ὀτ

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

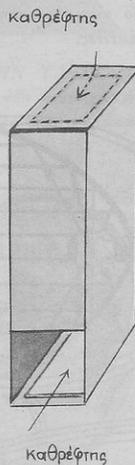
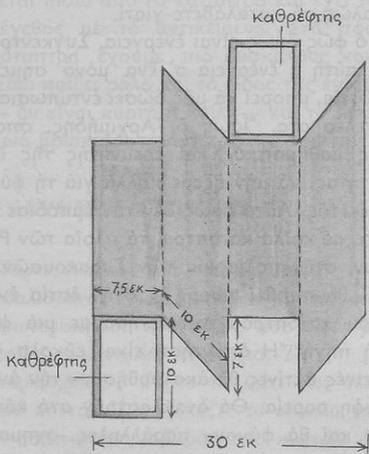
Ὁ συνδυασμὸς κατοπτρικῶν ἐπιφανειῶν μᾶς ἐπιτρέπει ἐξάλλου νὰ βλέπουμε ψηλότερα ἀπὸ τὴ θέση μας. Ἔτσι, ἓνα ὑποβρύχιο δὲν χρειάζεται νὰ ἀναδύεται στὴν ἐπιφάνεια τῆς θάλασσας γιὰ νὰ ἀνιχνεύει τὸν ὀρίζοντα.

Χρησιμοποιεῖ γι' αὐτὸν τὸ σκοπὸ τὸ περι-
σκοπίο.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θὰ κατασκευάσετε μόνοι σας ἓνα ἀπλό περι-
σκοπίο. Σᾶς χρειάζονται ἓνα ὀρθογώνιο κομμάτι χαρτόνι, περίπου 40×30
ἐκατοστόμετρα, καὶ δύο κοινὰ καθρεφτάκια, περίπου 8×6 ἐκατοστόμετρα
τὸ καθένα. Χωρίστε τὸ χαρτόνι
σὲ τέσσερις ἴσες λουρίδες καὶ
κόψτε το, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα.

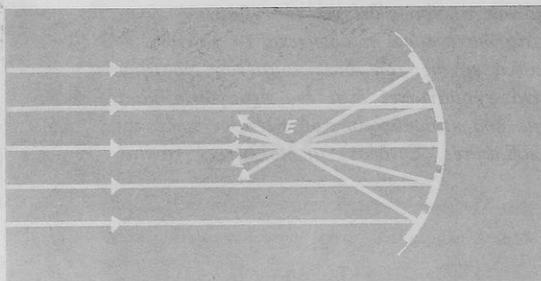
Διπλώστε τώρα προσεκτικὰ τὸ χαρτόνι
κατὰ μῆκος τῶν διακεκομμένων γραμμῶν.
Θὰ σχηματιστεῖ ἔτσι ἓνα ὀρθογώνιο κουτί,
μὲ δύο «παράθυρα» πού βλέπουν πρὸς τοὺς
καθρέφτες. Συνδέστε μὲ κολλητικὴ ταινία



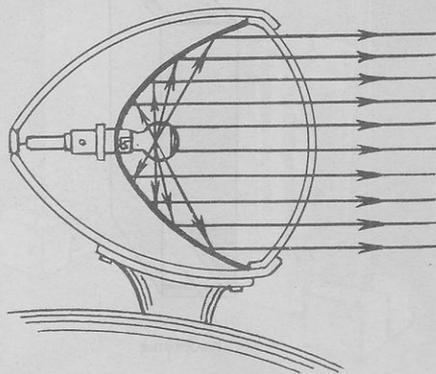
τις πλευρές του ὀρθογωνίου, ὥστε νά γίνει ἡ κατασκευή σας στέρεη. Ἔχετε ἔτσι κατασκευάσει ἕνα ἀπλό περισκόπιο, πού σᾶς ἐπιτρέπει νά βλέπετε ἀπό γωνίες ἢ πίσω ἀπό στερεά ἀντικείμενα.

7. Σφαιρικά κάτοπτρα

Ὅπως εὐκόλα διαπιστώνουμε, οἱ καθρέφτες πορείας ἑνός αυτοκινήτου παρουσιάζουν μιά ἐλαφρά καμπυλότητα. Εἶναι **σφαι-**



Ἐνα κοίλο κάτοπτρο συγκεντρώνει στήν ἐστία τίς φωτεινές ἀκτίνες.



Ὁ προβολέας τοῦ αυτοκινήτου εἶναι ἕνα κοίλο κάτοπτρο—ὄχι ἀκριβῶς σφαιρικό— μέ ἕνα ἠλεκτρικό λαμπάκι στήν ἐστία του.

ρικά κάτοπτρα. Παρόμοια σφαιρικά κάτοπτρα, **κυρτά ἢ κοίλα**, συναντοῦμε σέ χρήσιμες ἐφαρμογές στή ζωή μας.

Ἄς ἐξετάσουμε τί συμβαίνει, ἂν σ' ἕνα κοίλο κάτοπτρο— πού θυμίζει τήν ἐσωτερική ἐπιφάνεια μιᾶς σφαιράς—κατευθύνουμε μιά δέσμη φωτός. Ὅπως περιμένουμε, τό μεγαλύτερο μέρος τῆς δέσμης θά ἀνακλασθεῖ. Δέν εἶναι μάλιστα δύσκολο νά παρακολουθήσουμε τήν πορεία τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων. Ἄρκει νά φανταστοῦμε ὅτι ἡ σφαιρική ἐπιφάνεια ἀποτελεῖται ἀπό πολλά ἐπίπεδα κάτοπτρα. Στό καθένα ἀπ' αὐτά οἱ φωτεινές ἀκτίνες ἀνακλῶνται μέ τήν ἴδια γωνία πού προσπίπτουν.

Ὅπως συμπεραίνουμε ἀπό τό σχῆμα, τό κοίλο κάτοπτρο συγκεντρώνει τίς παράλληλες φωτεινές ἀκτίνες σ' ἕνα μόνο σημεῖο. Τό σημεῖο αὐτό ὀνομάζεται **ἐστία** τοῦ κάτοπτρου. Ἡ ἐστία βρίσκεται τόσο πιά μακριά ἀπό τό κάτοπτρο, ὅσο μεγαλύτερη ἀκτίνα ἔχει ἡ σφαιρική του ἐπιφάνεια. Μέ τή βοήθεια τῆς προηγούμενης εἰκόνας μπορεῖτε ἀσφαλῶς νά καταλάβετε γιατί.

Τό φῶς ὅμως εἶναι ἐνέργεια. Συγκεντρωμένη αὐτή ἡ ἐνέργεια σ' ἕνα μόνο σημεῖο, τήν ἐστία, μπορεῖ νά μᾶς δώσει ἐντυπωσιακά ἀποτελέσματα. Ἴσως ὁ Ἄρχιμήδης, σπουδαῖος μαθηματικός καί ἐρευνητής τῆς ἀρχαιότητος, νά μὴν ἤξερε πολλά γιά τή φύση τοῦ φωτός. Αὐτό ὅμως δέν τόν ἐμπόδισε νά κάψει, μέ κοίλα κάτοπτρα, τά πλοῖα τῶν Ῥωμαίων, στήν πολιορκία τῶν Συρακουσῶν.

Τί θά συμβεῖ τώρα, ἂν στήν ἐστία ἑνός κοίλου κάτοπτρου τοποθετήσουμε μιά φωτεινή πηγῆ; Ἡ ἀπάντηση εἶναι εὐκόλη. Οἱ φωτεινές ἀκτίνες θά ἀκολουθήσουν τήν ἀντίστροφη πορεία. Θά ἀνακλαστοῦν στό κάτοπτρο καί θά φύγουν παράλληλες, σχηματίζοντας μιά ἰσχυρή φωτεινή δέσμη. Ἐκστὶ στηρίζουν τή λειτουργία τους οἱ προβολεῖς τῶν αυτοκινήτων.

Ἐνα ἄλλο εἶδος κάτοπτρων, τά κυρτά κάτοπτρα, μοιάζουν μέ τήν ἐξωτερική ἐπι-

φάνεια μιά γυαλισμένη σφαίρας. Δέν είναι δύσκολο νά μαντέψουμε καί στά κυρτά κάτοπτρα τήν πορεία τών φωτεινών ακτίνων.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

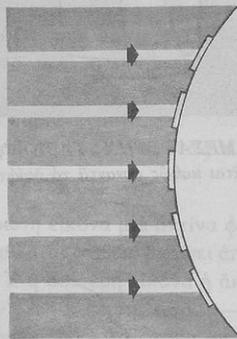
Τό σχήμα δείχνει μιá δέσμη από παράλληλες ακτίνες, πού πέφτουν στήν επιφάνεια ενός κυρτού κατόπτρου. "Αν φανταστείτε πάλι ότι τό κάτοπτρο αποτελείται από πολλά επίπεδα κομμάτια, ποιá θά είναι ή πορεία τών φωτεινών ακτίνων; Θά συναντηθοῦν, όπως σ' ένα κοίλο κάτοπτρο, σ' ένα σημείο; Μήπως συναντηθοῦν οί προεκτάσεις τους; Διατυπώστε τά συμπεράσματά σας.

Ἐς δοκιμάσουμε τώρα νά ἀπαντήσουμε σ' ένα ἄλλο ἐρώτημα. Τί εἶδους εἰδωλά μᾶς δίνουν οί σφαιρικές κατοπτρικές ἐπιφάνειες; Ὅπως μάθαμε, στά επίπεδα κάτοπτρα οί νόμοι εἶναι σχετικά ἄπλοι. Τό εἶδωλο φαίνεται πίσω ἀπό τό κάτοπτρο καί ἔχει τό ἴδιο μέγεθος μέ τό ἀντικείμενο. Στά σφαιρικά κάτοπτρα ἔχουμε πιό δύσκολους κανόνες. Ἐδῶ παίζει ρόλο καί τό εἶδος τῆς ἐπιφάνειας — ἂν εἶναι κυρτή ἢ κοίλη— καί τό πόσο μακριά βρίσκεται τό ἀντικείμενο ἀπό τήν ἐστία.

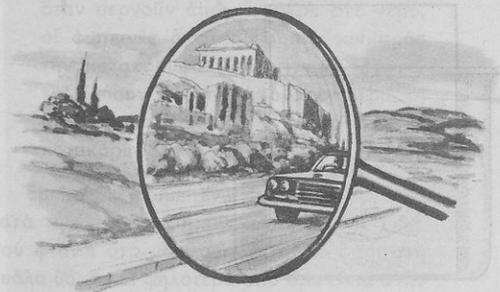
ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πάρτε ένα κοντάλι σούπας, καλά γυαλισμένο. Κοιτάξτε τό πρόσωπό σας στό ἐσωτερικό τοῦ κονταλιοῦ, πού εἶναι μιá κοίλη κατοπτρική ἐπιφάνεια. Τί παρατηρεῖτε; Φέрте τό μάτι σας ὄλο καί πιό κοντά. Πῶς ἀλλάζει τό εἶδωλο τοῦ προσώπου σας; Γυρίστε τό κοντάλι ἀπό τήν ἄλλη μεριά. Ἐχετε τώρα μιá κυρτή κατοπτρική ἐπιφάνεια. Πῶς εἶναι τό εἶδωλο τοῦ προσώπου σας; Ἀλλάζει σέ τίποτα τό εἶδωλο, ἂν φέρετε κοντύτερα τό κοντάλι;

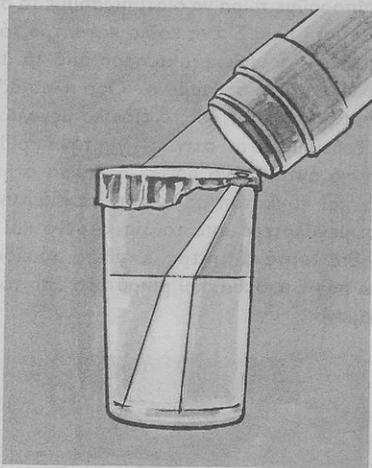
Μποροῦμε τώρα νά διατυπώσουμε τά συμπεράσματά μας. Σ' ένα κοίλο κάτοπτρο τό εἶδωλο εἶναι συνήθως μικρότερο ἀπό τό ἀντικείμενο καί ἀντεστραμμένο. Ὅσο πλησιάζουμε πρὸς τό κάτοπτρο, τό εἶδωλο μεγαλώνει. Θά ἔρθει μάλιστα στιγμή—γιά τήν ἀκρίβεια, ὅταν τό ἀντικείμενο βρεθεῖ ἀνάμεσα στήν ἐστία καί τό κάτοπτρο— πού τό εἶδωλο θά εἶναι μεγαλύτερο ἀπό τό ἀντικείμενο καί ὄρθιο. Στά κυρτά κάτοπτρα, ἀντίθετα, τό εἶδωλο εἶναι πάντοτε ὄρθιο καί μικρότερο ἀπό τό ἀντικείμενο.



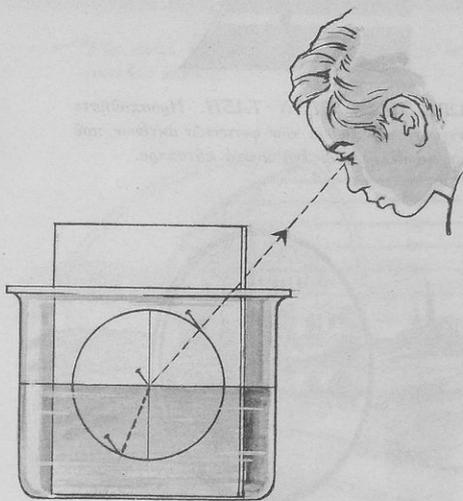
ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Προσπαθήστε νά μαντέψετε τήν πορεία τών φωτεινών ακτίνων, πού πέφτουν παράλληλες σ' ένα κυρτό κάτοπτρο.



Μέ κυρτά κάτοπτρα παρακολουθοῦμε τήν κίνηση, καθὼς ὀδηγοῦμε.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ. 'Η φωτεινή δέσμη διαθλάται καθώς συναντά τὸ νερό.



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ. 'Η διάθλαση κάνει τίς τρεῖς καρφίτσες νά φαίνονται σέ μιά εὐθεία.

Τά σφαιρικά κάτοπτρα μᾶς δίνουν λοιπόν μιά ποικιλία εἰδώλων. Ὅσα μάλιστα ἔχουν μεγάλη καμπυλότητα σχηματίζουν εἰδῶλα λίγο πολύ παραμορφωμένα. Ἐτσι τό πρόσωπό μας παίρνει ἕνα αὐγοειδές σχῆμα, ὅταν καθρεφτίζεται στό μπουκάλι. Οἱ διασκεδαστικοί «μαγικοί» καθρέφτες δέν εἶναι καθόλου μαγικοί. Εἶναι ἕνας ἐξυπνος συνδυασμός ἀπό κατοπτρικές ἐπιφάνειες, πού παραμορφώνουν τό σῶμα μας ἢ τοῦ δίνουν ὑπερφυσικές διαστάσεις.

Τά κοῖλα σφαιρικά κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται σέ μικροσκοπία καί προβολεῖς γιά νά συγκεντρώνουν τό φῶς. Μέ κοῖλα κάτοπτρα ζυρίζονται καμιά φορά οἱ μεγάλοι, ἐπειδὴ σχηματίζουν μεγεθυμένη τήν εἰκόνα τοῦ προσώπου. Κυρτά κάτοπτρα, ἐξάλλου, εἶναι οἱ καθρέφτες τῶν αὐτοκινήτων, πού βοηθοῦν στό νά παρακολουθοῦμε τήν κίνηση, καθώς ὀδηγοῦμε. Παρόμοια κυρτά κάτοπτρα τοποθετοῦνται καί σέ στροφές τῶν δρόμων μέ κακή ὄρατότητα.

8. Ἡ διάθλαση τοῦ φωτός

Μάθαμε ὅτι τό φῶς διαδίδεται μέ διαφορετική ταχύτητα στά διάφορα ὑλικά. Ἡ ταχύτητά του εἶναι μεγαλύτερη στόν ἀέρα ἀπό ὅ,τι στό νερό ἢ στό γυαλί. Ἐτσι μιά φωτεινή δέσμη ὑποχρεώνεται νά ἐλαττώσει ταχύτητα, καθώς περνάει ἀπό τόν ἀέρα στό νερό. Συγχρόνως ὅμως, ὅπως θά διαπιστώσουμε ἀμέσως, ἀλλάζει τήν ἀρχική της διεύθυνση.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ

Θά χρειαστεῖτε ἕνα ποτήρι, λίγο γάλα, ἕνα ἀλουμινοχαρτο καί ἕναν ἠλεκτρικό φακό.

- 1) Γεμίστε τό ποτήρι κατά τά δύο τρίτα του μέ νερό καί προσθέστε λίγες σταγόνες γάλα.
- 2) Σκεπάστε τό ποτήρι ἐφαρμοστά μέ τό ἀλουμινοχαρτο. Ἀνοίξτε στό σκέπασμα

μιά λεπτή σχισμή κοντά στά χείλη τοῦ ποτηριοῦ. Σηκώνοντας τό σκέπασμα ἀπό κάποια ἄκρη, γεμίστε — καίγοντας π.χ. ἓνα χαρτάκι — μέ καπνό τό χῶρο πάνω ἀπό τό νερό.

3) Μιά μιά κολλητική ταινία εφαρμόστε τώρα καλά τό σκέπασμα. Κατευθύνετε στή σχισμὴ τὴ φωτεινὴ δέσμη τοῦ φακοῦ, ὅπως δείχνει ἡ εἰκόνα. Τί παρατηρεῖτε ; Τό πείραμα θά εἶναι βέβαια εὐκρινέστερο, ἂν συσκοτιστεῖ ἡ τάξη.

“Ὅπως ἐξακριβώσαμε μέ τό πείραμα, ἡ φωτεινὴ δέσμη «λυγίζει», στό σημεῖο πού συναντᾶ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ. Τό φαινόμενο αὐτό ὀνομάζεται **διάθλαση τοῦ φωτός**.
Δηλαδή :

Διάθλαση εἶναι ἡ ἀλλαγὴ τῆς πορείας τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, ὅταν περνοῦν ἀπὸ ἓνα διαφανές ὕλικό σέ ἄλλο.

“Ὅπως ἀπόδειξαν οἱ ἐπιστήμονες πού μελέτησαν τό φαινόμενο, τό φῶς διαθλάται, ἐπειδὴ ἔχει διαφορετικὴ ταχύτητα στά δύο ὕλικά.

“Ἄς ἐξετάσουμε κάπως περισσότερο τὴν κατεύθυνση πού ἀκολουθεῖ μιά διαθλωμένη φωτεινὴ ἀκτίνα.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστεῖτε ἓνα ποτήρι, ἓνα κομμάτι φελλό ἢ χοντρὸ χαρτόνι καὶ τρεῖς καρφίτσες.

1) Μὲ τό διαβήτη σας κάντε ἓναν κύκλο στό κάτω μέρος τοῦ φελλοῦ. Στόν κύκλο αὐτό τραβήξτε δύο κάθετες διαμέτρους.

2) Καρφώστε μιά καρφίτσα στό κέντρο τοῦ κύκλου καὶ μιά δεύτερη καρφίτσα στήν περιφέρεια τοῦ κύκλου, κοντά στήν κατακόρυφη διάμετρο, ὅπως στό σχῆμα.

3) Βάλτε τό φελλό μέσα στό ποτήρι καὶ κρατήστε τον κατακόρυφα μέ τό χέρι σας, ὥστε νά ἀγγίζει τόν πάτο τοῦ ποτηριοῦ.

4) Προσθέστε νερό στό ποτήρι ὡς τὴν ὀριζόντια διάμετρο.

5) Πάρτε τὴν τρίτη καρφίτσα στό χέρι σας καὶ σημαδεύοντας μέ τό μάτι καρφώστε τὴν στό φελλό, ὥστε οἱ τρεῖς καρφίτσες νά φαίνοται σέ εὐθεία γραμμὴ.

6) Βγάλτε τό φελλό ἀπὸ τό νερό. Φέρετε τίς εὐθείες πού ἐκκλίνουν τίς τρεῖς καρφίτσες. Τί παρατηρεῖτε ; Ἐκκλινεῖται ἡ εὐθεῖα καὶ πρὸς τὰ πού πάει ; Ποῦ εἶναι μεγαλύτερη ἡ ταχύτητά του ;

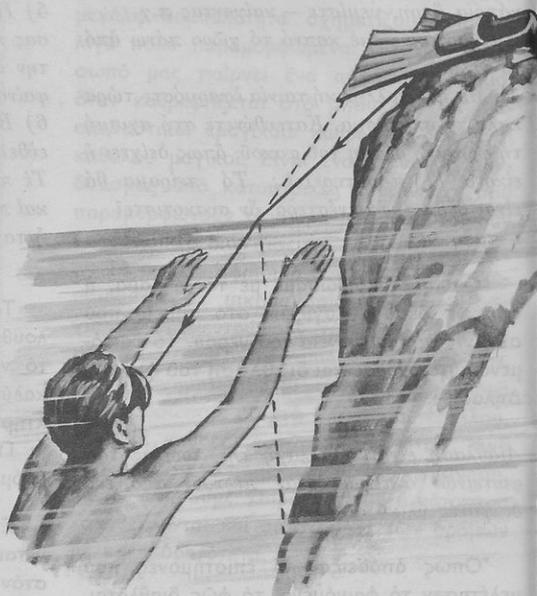
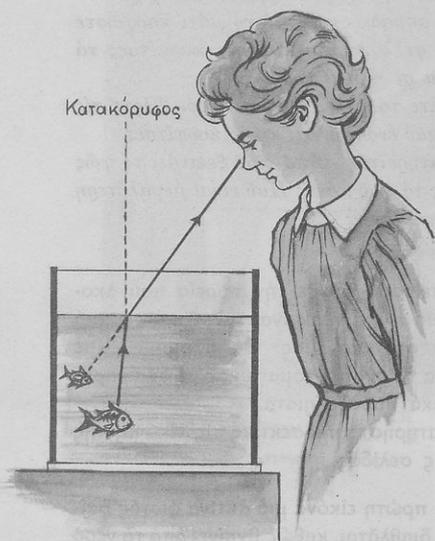
Τό πείραμα ἔδειξε τὴν πορεία πού ἀκολουθεῖ μιά φωτεινὴ ἀκτίνα, γιὰ νά φτάσει ἀπὸ τό νερό στό μάτι μας. Θά ἀφομοιώσουμε καλύτερα τὰ συμπεράσματά μας μέ δύο χαρακτηριστικὰ παραδείγματα.

Παρατηρήστε προσεκτικὰ τίς εἰκόνας τῆς ἐπόμενης σελίδας.

Στὴν πρώτη εἰκόνα μιά ἀκτίνα φωτός φαίνεται νά διαθλάται, καθώς βγαίνει ἀπὸ τό νερό στόν ἀέρα. Στὴ δεύτερη εἰκόνα ἡ ἀκτίνα ἀκολουθεῖ τὴν ἀντίστροφη πορεία—ἀπὸ τὸν ἀέρα στό νερό. Καὶ στίς δύο περιπτώσεις μπορεῖ κανεῖς νά φανταστεῖ μιά εὐθεία κάθετη στήν ἐπιφάνεια, στό σημεῖο πού οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες συναντοῦν τό νερό. Αὐτὴν τὴν εὐθεία τὴν λέμε *κατακόρυφο*. “Ὅπως παρατηρήσαμε,

ὅταν περνοῦν ἀπὸ τὸν ἀέρα στό νερό, οἱ φωτεινὲς ἀκτίνες πλησιάζουν πρὸς τὴν κατακόρυφο. Ἀντίστροφο, ὅταν ταξιδεύουν ἀπὸ τό νερό στόν ἀέρα, οἱ ἀκτίνες ἀπομακρύνονται ἀπὸ τὴν κατακόρυφο.

Ἐμεῖς βλέπουμε ἓνα ἀντικείμενο πάντα κατὰ τὴν προέκταση τῆς φωτεινῆς ἀκτίνας, πού φτάνει στό μάτι μας. Ἐτσι τό ψάρι στή γυάλα θά φανεῖ ψηλότερα ἀπὸ ὅ,τι εἶναι στήν πραγματικότητα. Ὁ ψαροντουφεκάς θά δεῖ τὰ βατραχοπέδιλα μετακινημένα πρὸς τ' ἀριστερά.



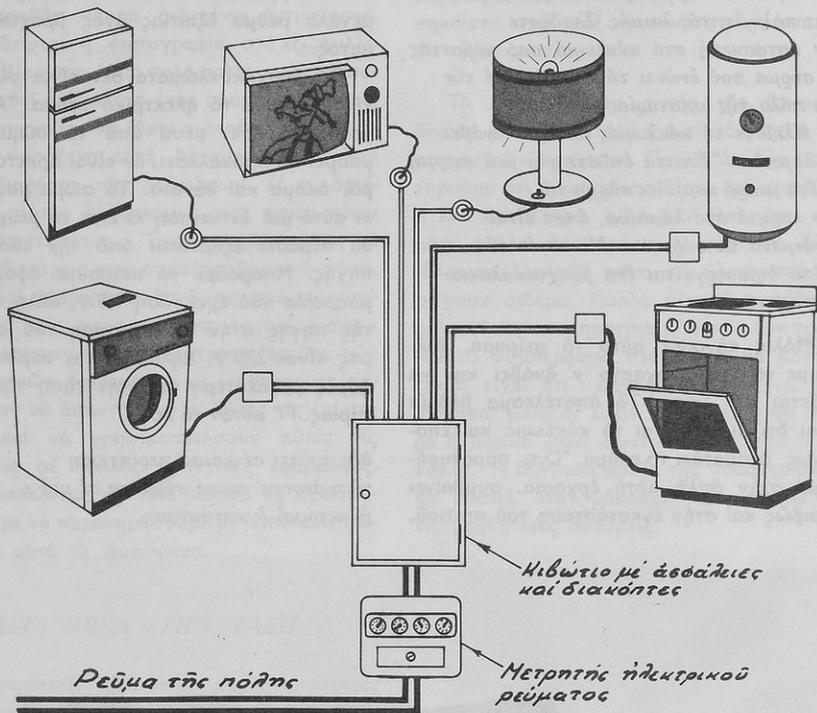
Ἡ διαθλώμενη ἀκτὴν πλησιάζει ἢ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κατακόρυφον.

Ἄν ἀκόμα δὲν ἔχετε πεισθεῖ γιὰ τὸν τρόπον πού διαθλάται τὸ φῶς—καί τις διασκεδαστικές του, καμιὰ 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 ἄκρην τοῦ νομίσματος. Χωρὶς νὰ μετακινήθετε, ρίξτε σιγά σιγά νερὸ στὸ δοχεῖο. Θὰ πετύχετε, κάποια στιγμή, νὰ δεῖτε δόλοκληρο τὸ νόμισμα. Μπορεῖτε νὰ ἐξηγήσετε τὸ φαινόμενο ;

Στὴ διάθλαση ὀφείλονται πολλές παράδοξες ἐμπειρίες μας. Ἐνα κουτάλι μισοβυθισμένο σ' ἓνα ποτήρι νερὸ φαίνεται σπασμένο στὰ δύο. Ἄν κρατήσουμε ἓνα μπουκάλι μπροστά στὰ μάτια μας, ὁ κόσμος θὰ μᾶς φανεῖ ἀγνώριστος καὶ παραμορφωμένος. Ἄκόμα καὶ οἱ ἠλιακές ἀκτίνες, καθὼς ἔρχονται ἀπὸ ψηλότερα ἀτμοσφαιρικά στρώματα—πού 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 ὄριζοντα, ἐνῶ δὲν ἔχει ἀκόμα ἀνατελεῖ !



Σχεδιάγραμμα της ηλεκτρικής εγκατάστασης ενός σπιτιού.

πυρκαγιά. Πολλές πυρκαγιές κάθε χρόνο οφείλονται σε τέτοιες αιτίες.

Γιά να αποφύγουμε τέτοια δυσάρεστα αποτελέσματα, βάζουμε στα κυκλώματα ασφάλειες, πού δέν είναι τίποτε άλλο παρά διακόπτες πού διακόπτουν αυτόματα τό κύκλωμα, όταν περάσει μεγάλο ρεύμα. Τόν τρόπο μέ τόν όποιο λειτουργεί μιά ασφάλεια θά τόν καταλάβουμε μέ τήν επόμενη εργασία.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστείτε τό άπλό κύκλωμα πού κατασκευάσατε sé προηγούμενο μάθημα. Επίσης δύο συνδετήρες, λίγο αλουμινόχαρτο από ένα κοντί τσιγάρων και λίγο σύρμα.

1) Έτοιμάστε μιά μικρή κατασκευή πάνω σ' ένα κομμάτι ξύλο μέ τούς συνδετήρες και τό αλουμινόχαρτο, όπως

δείχνει ή εικόνα. Κόψτε τό αλουμιινόχαρτο στό σχήμα πού φαίνεται στήν εικόνα, ώστε στή μέση του νά μείνει μόνο ένας πολύ λεπτός λαιμός. Συνδέστε τήν κατασκευή στό κύκλωμά σας κόβοντας τό σύρμα πού ένώνει τό λαμπάκι μέ τόν ένα πόλο τής μπαταρίας.

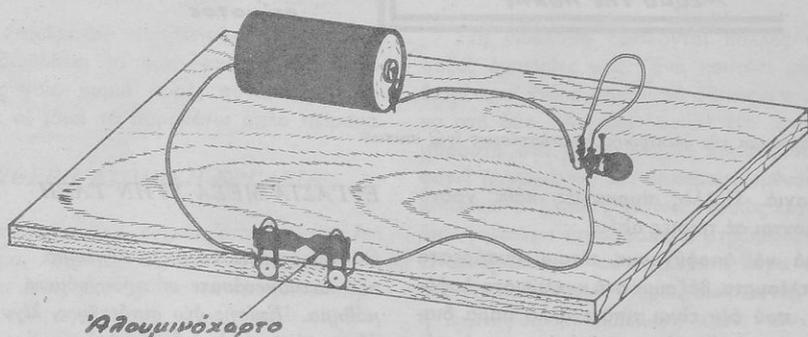
2) Κλείστε τό κύκλωμα, ώστε ν' ανάβει τό λαμπάκι. Έπειτα ένώστε για μία στιγμή μ' ένα μικρό κομμάτι σύρμα τά δύο καροφιά στό λαμπάκι, όπον είναι συνδεδεμένα τά σύρματα. Μ' αυτόν τόν τρόπο δημιουργείται ένα βραχυκύκλωμα. Τί παρατηρείτε;

Μόλις κάνουμε αυτό τό πείραμα, βλέπουμε τό αλουμιινόχαρτο ν' ανάβει και νά κόβεται στή μέση. Τό αποτέλεσμα βέβαια είναι ότι διακόπτεται τό κύκλωμα και έπομένως σταματάει τό ρεύμα. Ό,τι παρατηρήσαμε στήν άπλή αυτή εργασία, συμβαίνει άκριβώς και στήν έγκατάσταση του σπιτιού,

όταν γίνει ένα βραχυκύκλωμα. Οί ασφάλειες πού βρίσκονται στό κεντρικό κουτί έχουν ένα λεπτό συρματάκι πού λιώνει, όταν περάσει ένα μεγάλο ρεύμα εξαιτίας ενός βραχυκυκλώματος.

Τά βραχυκυκλώματα δέν είναι οί μόνο κίνδυνοι από τό ηλεκτρικό ρεύμα. Άν ένα ρεύμα περάσει μέσα από τό σώμα μας, μπορεί νά προκαλέσει, άν είναι αρκετά ισχυρό, άκόμα και θάνατο. Τό σώμα μας είναι κι αυτό μία αντίσταση κι έτσι τό ρεύμα πού θά περάσει εξαρτάται από τήν τάση τής πηγής. Μπορούμε νά πιάσουμε άφοβα μία μπαταρία πού έχει τάση 1,5 V, αλλά ή τάση τής πηγής στήν έγκατάσταση του σπιτιού μας είναι 220 V, δηλαδή είναι περίπου 150 φορές μεγαλύτερη από τήν τάση τής μπαταρίας. Γι' αυτόν τό λόγο

δέν πρέπει σε καμιά περίπτωση νά πιάνουμε γυμνά σύρματα σε μία ηλεκτρική έγκατάσταση.



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

10. Μαγνητικές δυνάμεις

Είναι γνώριμο τό φαινόμενο ενός μαγνήτη πού τραβάει μικρά σιδερένια αντικείμενα, όπως δείχνει ή φωτογραφία στό έξώφυλλο τοῦ βιβλίου σας. Ἀπό πολύ παλιά, πού εἶχε παρατηρηθεῖ ή ιδιότητα ενός μαύρου ὀρυκτοῦ, τοῦ *μαγνητίτη*, νά ἔλκει σιδερένια αντικείμενα, ή παράξενη αὐτή δύναμη εἶχε κινήσει τό ἐνδιαφέρον τῶν ἀνθρώπων. Σέ τί ὀφείλονται αὐτές οἱ δυνάμεις καί ποιές εἶναι οἱ ιδιότητές τους; Ἐχουν καμιά σχέση μέ ἄλλες δυνάμεις πού παρατηροῦμε στή φύση, όπως οἱ ἠλεκτρικές δυνάμεις πού παρατηρήσατε στίς προηγούμενες ἐργασίες σας; Μέ συστηματική καί προσεκτική ἔρευνα τῶν μαγνητικῶν φαινομένων οἱ ἐπιστήμονες κατάφεραν νά ἀπαντήσουν σ' αὐτές τίς ἐρωτήσεις καί νά χρησιμοποιήσουν αὐτές τίς γνώσεις σέ πολλές πρακτικές ἐφαρμογές. Ἀκολουθώντας τήν ἴδια μέθοδο ἄς προσπαθήσουμε νά παρατηρήσουμε μέ κάποια λεπτομέρεια αὐτά τά φαινόμενα.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

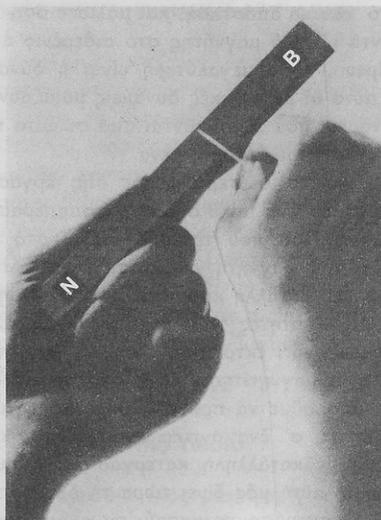
Θά χρειαστεῖτε ἓνα μικρό μαγνήτη, μερικές καρφίτσες, συνδετήρες, πινέζες, ἓνα μικρό κομμάτι φύλλο ἀλουμινίου, χαρτιῶ καί κομματάκια ἀπό ἓνα σπύροτο. Ἄν δέν ἔχει στό σχολεῖο σας μαγνήτη, μπορείτε νά πάρετε ἀπό ἓνα σιδηροπωλεῖο ἓναν ἀπό τούς μικρούς μαγνήτες πού χρησιμοποιοῦνται, γιά νά κλείνουν τά ντουλάπια.

1) Πλησιάστε σιγά σιγά τό μαγνήτη στά διάφορα αντικείμενα τῆς ἐργασίας σας, μιά καρφίτσα, ἓνα συνδετήρα, μιά πινέζα, ἓνα κομμάτι φύλλο ἀλουμινίου κλπ. Τί παρατηρεῖτε;

2) Πάρτε μιά καρφίτσα καί τρίψτε την μερικές φορές σ' ἓνα ἀπό τά ἄκρα τοῦ μαγνήτη πού ἔλκουν τά σιδερένια

αντικείμενα. Ἐπειτα πλησιάστε τήν ἄκρη τῆς καρφίτσας στήν ἄκρη μιᾶς ἄλλης καρφίτσας. Ἀκουμπήστε την καί σηκώστε σιγά σιγά τήν πρώτη καρφίτσα. Τί παρατηρεῖτε;

Τά ἀποτελέσματα αὐτῆς τῆς ἐργασίας δίνουν μιά πρώτη ἰδέα γιά τίς ιδιότητες τῶν μαγνητικῶν δυνάμεων. Πρῶτα ἀπ' ὅλα παρατηροῦμε ὅτι ὁ μαγνήτης ἔλκει μιά καρφίτσα ἢ ἓνα συνδετήρα, ἀλλά δέν ἔλκει ἓνα κομμάτι φύλλο ἀλουμινίου ἢ χαρτί ἢ ξύλο. Ἐλκονται δηλαδή μόνο τά ὑλικά πού περιέχουν σίδηρο. Πολλά ὑλικά μποροῦν νά μελετηθοῦν συστηματικά μ' αὐτόν τόν τρόπο καί τό συμπέρασμα στό ὁποῖο θά καταλήξουμε εἶναι ὅτι : *μαγνητικές δυνάμεις ἐξασκοῦνται μόνο σέ ὑλικά πού περιέχουν σίδηρο ἢ μερικά ἄλλα λιγότερο συνηθισμένα μέταλλα.* Ἡ ἐξήγηση αὐτῆς τῆς παρατηρήσεως θά βρεθεῖ, ὅταν μάθουμε περισσότερα γιά τίς μαγνητικές δυνάμεις.



Τρίβοντας μιά καρφίτσα στόν ἓνα πόλο ενός μαγνήτη τή μαγνητίζουμε.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ



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

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

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

Θά χρειαστείτε ένα μαγνήτη, όπως στην προηγούμενη εργασία, μερικές καρφίτσες και ένα βαθύ πιάτο.

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

Πλησιάστε την καρφίτσα στο πιάτο παράλληλα με την επιφάνεια του νερού και με προσοχή αφήστε τη νά πέσει. Με λίγη εξάσκηση θά πετύχετε νά μή βουλιάξει ή καρφίτσα, αλλά νά πλέει στην επιφάνεια του νερού. Μ' αυτόν τον τρόπο γίνεται πολύ ενδίκνητη και δίνει τή δυνατότητα νά παρατηρήσετε με λεπτομέρεια τίς μαγνητικές δυνάμεις.

Παρατηρήστε πώς κινείται ή καρφίτσα και τή διεύθυνση στην οποία σταματάει.

Επαναλάβετε τό πείραμα με μία δεύτερη καρφίτσα, αφού βγάλετε την πρώτη από την επιφάνεια του νερού. Σέ ποιά διεύθυνση σταματάει;

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

Τί παρατηρείτε;

Ή πρώτη παρατήρηση από αυτήν την εργασία είναι ότι οι καρφίτσες στην επιφάνεια του νερού, όταν ηρεμήσουν, δείχνουν πρὸς τήν ίδια κατεύθυνση. Τό ίδιο θά βρίσκαμε, αν δοκιμάζαμε και με μία τρίτη καρφίτσα. Πώς προσδιορίζεται αυτή ή κατεύθυνση; Αν είχατε μία μικρή πυξίδα, θά βρίσκατε εύκολα τήν απάντηση. Είναι ή κατεύθυνση που δείχνει ή πυξίδα δηλαδή ή

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

Αφού έχουμε έτσι ξεχωρίσει τά δύο άκρα μιās μαγνητισμένης καρφίτσας, μπορούμε να περιγράψουμε με ακρίβεια τίς παρατηρήσεις από τό δεύτερο μέρος τής εργασίας. Οί δύο καρφίτσες που χρησιμοποιούμε έχουν η καθεμιά τό βόρειο και νότιο πόλο τής, που μπορούμε εύκολα να βρούμε από τήν κατεύθυνση στήν οποία δείχνουν, όταν ήρεμοϋν στήν επιφάνεια του νεροϋ. Από τήν εργασία μας βρίσκουμε ότι η μαγνητική δύναμη εξαρτάται από τό είδος των πόλων που πλησιάζουν ο ένας τόν άλλο. Πίο συγκεκριμένα :

“Όμοιοι πόλοι άπωθούνται, ο βόρειος πόλος άπωθει τό βόρειο πόλο, ο νότιος άπωθει τό νότιο. Ανόμοιοι πόλοι έλκονται, ο βόρειος πόλος έλκει τό νότιο πόλο.

Αυτές οί παρατηρήσεις είναι ένα πρώτο σημαντικό βήμα στή μελέτη των μαγνητικών δυνάμεων. Ίσως σās θυμίζουν πολύ τίς δυνάμεις μεταξύ ηλεκτρικών φορτίων. Καί στά ηλεκτρικά φορτία υπάρχουν δύο είδη και οί δυνάμεις είναι διαφορετικές μεταξύ όμοιων και ανόμοιων φορτίων. Ύπαρ-

χουν πραγματικά πολλές ομοιότητες, πού, όπως θά δοϋμε αργότερα, δεν είναι τυχαίες. Τά ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα έχουν πολύ στενή σχέση. Όστόσο μεταξύ μαγνητικών πόλων και ηλεκτρικών φορτίων υπάρχει μία πολύ σπουδαία διαφορά. Ένώ μπορούμε να έχουμε ξεχωριστά θετικά και αρνητικά ηλεκτρικά φορτία, είναι αδύνατο να παρατηρήσουμε χωριστά ένα βόρειο και ένα νότιο πόλο. Αν σπάσουμε μία καρφίτσα στή μέση, θά εμφανιστεί άμέσως σέ κάθε μισό ένας νέος πόλος στο σημείο του σπασίματος, ώστε τά δύο κομμάτια να έχουν πάλι ένα βόρειο κι ένα νότιο πόλο. Καί τό ίδιο θά συμβεί, αν σπάσουμε πάλι κάθε κομμάτι στή μέση. Μετά από πολλές μάταιες προσπάθειες να παρατηρήσουν ξεχωριστούς πόλους, οί φυσικοί αναγκάστηκαν να παραδεχτοϋν ότι οί μαγνητικοί πόλοι εμφανίζονται πάντοτε σέ ζευγάρια. Τό εκφράζουμε αυτό και άλλως λέγοντας πώς ο μαγνητισμός εμφανίζεται πάντα με **δίπολα**.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Έρευνήστε περισσότερο, με τίς μαγνητισμένες καρφίτσες στήν επιφάνεια του νεροϋ, τίς δυνάμεις μεταξύ μαγνητών. Βάλτε δύο καρφίτσες στήν επιφάνεια του νεροϋ και παρατηρήστε πώς κινούνται.

Επίσης βυθίστε μία καρφίτσα και βάλτε μία δεύτερη καρφίτσα στήν επιφάνεια σ' ένα κοντινό σημείο. Παρατηρήστε πού ισορροπεί τελικά η δεύτερη καρφίτσα. Μπορείτε να εξηγήσετε τίς παρατηρήσεις σας με όσα ξέρετε για τίς δυνάμεις μεταξύ μαγνητικών πόλων;

11. Τό μαγνητικό πεδίο

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

σκεϊται επάνω του μιά δύναμη. Κι αν ακόμα ό μαγνήτης ήταν κρυμμένος και δέν τόν βλέπαμε, πάλι θά μπορούσαμε νά διαπιστώσουμε τήν παρουσία του. Μπορούμε νά πούμε ότι ό χώρος γύρω από τό μαγνήτη έχει αλλάξει εξαιτίας τής παρουσίας του. "Αν δέν ύπήρχε ό μαγνήτης, δέ θά παρατηρούσαμε δυνάμεις επάνω σέ σιδερένια αντικείμενα. Γι' αὐτήν τήν κατάσταση έχουμε ένα ιδιαίτερο όνομα. Λέμε ότι γύρω από τό μαγνήτη δημιουργήθηκε ένα **μαγνητικό πεδίο**.

Μήπως έχουμε παρατηρήσει κι άλλα φαινόμενα πού μπορούν νά περιγραφούν μέ τόν ίδιο τρόπο; Στή μελέτη τοῦ στατικού ηλεκτρισμοῦ βρήκατε ότι ένας πλαστικός χάρακας, πού έχει φορτιστεῖ ηλεκτρικά μέ τριβή, εξασκεῖ δυνάμεις επάνω σέ μικρά κομμάτια χαρτιοῦ, πού βρίσκονται κοντά του. Μπορούμε νά πούμε ότι έχει δημιουργήσει γύρω του ένα **ηλεκτρικό πεδίο**. "Ενα άλλο πεδίο, πού τά αποτελέσματά του παρατηρήσατε στήν πέμπτη τάξη, είναι τό **πεδίο τής βαρύτητας**. Είναι τό πεδίο τῶν δυνάμεων πού εξασκεῖ ἡ γῆ στά ὑλικά σώματα καί τά κάνει νά πέφτουν, ὅταν τ' ἀφήσουμε σέ κάποιο σημείο πάνω ἀπό τήν ἐπιφάνειά της.

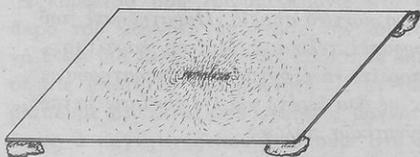
Πῶς μπορούμε νά διαπιστώσουμε ότι υπάρ-

χει σέ κάποια περιοχή ένα μαγνητικό πεδίο; Ἡ ἀπάντηση εἶναι φανερή, αν σκεφτοῦμε τί ἀποτελέσματα έχει ένα μαγνητικό πεδίο. Στήν περιοχή του μικρά σιδερένια αντικείμενα ἢ μικροὶ μαγνήτες θά ὀφίστανται μιά δύναμη. Μάλιστα μ' αὐτόν τόν τρόπο μπορούμε νά ἀποκτήσουμε μιά εἰκόνα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὅπως θά δείξει ἡ ἐπόμενη ἐργασία.

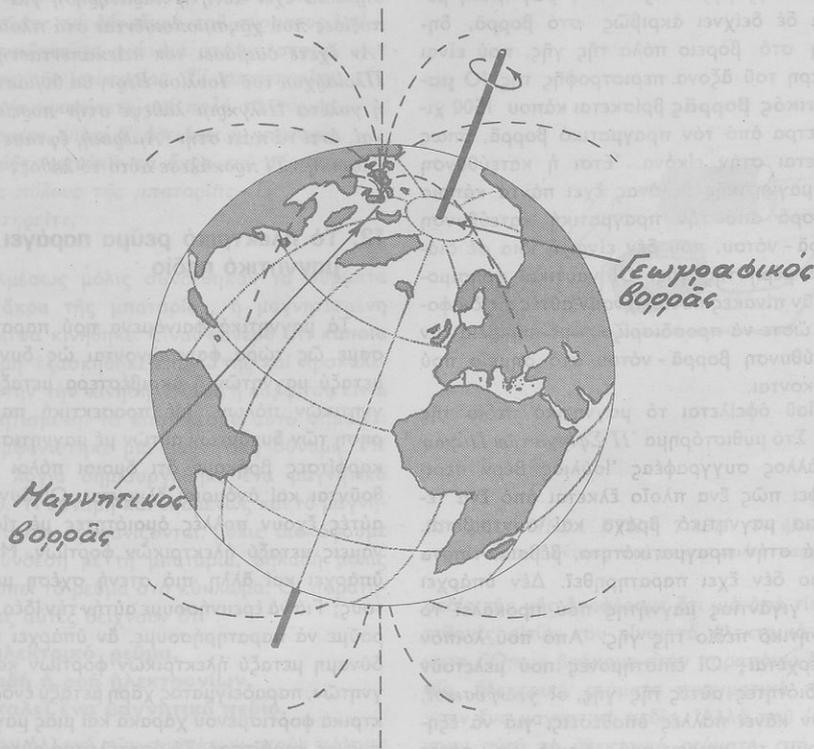
ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ

Θά χρειαστεῖτε ένα μικρό μαγνήτη, ένα κομμάτι λεπτό χαρτόνι 20×20 εκατοστόμετρα, λίγο σύρμα χοντρό, ἀπ' αὐτό πού τριβούν τίς κατσαρόλες ἢ τά πατώματα, καί λίγη πλαστελίνη. Βάλτε τό μαγνήτη επάνω σ' ένα τραπέζι καί σκεπάστε τον μέ τό χαρτόνι. Στερεώστε τό χαρτόνι μέ λίγη πλαστελίνη κάτω ἀπό τίς τέσσερις γωνίες, ὥστε νά εἶναι παράλληλο πρὸς τό τραπέζι. Μ' ένα φαλίδι κόψτε τό σύρμα σέ πολύ μικρά κομμάτια. Ρίξτε σιγά σιγά τά κομμάτια τό σύρμα πάνω στό χαρτόνι. Μπορεῖ νά χρειαστεῖ νά χτυπήσετε ἐλαφρά τό χαρτόνι, γιά νά σχηματιστεῖ ένα καθαρό σχῆμα. Τί παρατηρεῖτε;

"Ὅπως ἴσως θά φανταστήκατε, τά συρματάκια δέ σταματοῦν ἐκεῖ πού πέφτουν τυχαῖα, ἀλλά κινοῦνται ἀπό τίς δυνάμεις πού εξασκεῖ επάνω τους ό μαγνήτης. Τελικά, αν χρησιμοποιήσετε ένα μαγνήτη ἀπ' αὐτοῦς πού χρησιμοποιοῦνται στίς πόρτες τῶν ντουλαπιῶν, θά σχηματιστεῖ μιά εἰκόνα σάν κι αὐτή πού δείχνει τό σκίτσο αὐτῆς τῆς σελίδας. Μπορούμε νά πούμε ότι μ' αὐτόν τόν τρόπο κάναμε τό μαγνητικό πεδίο ὄρατό. Παρατηροῦμε ότι τά συρματάκια φαίνονται νά κάνουν γραμμές καί πραγματικά, γιά νά βοηθηθοῦμε στό νά καταλάβουμε τό μαγνητικό πεδίο, μιλοῦμε γιά **μαγνητικές γραμμές**. Παρατηροῦμε ακόμα ότι τά συρματάκια συγ-



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ. Τό μαγνητικό πεδίο ενός μικροῦ μαγνήτη φανερόνεται μέ μικρά κομμάτια σύρμα.



Ο μαγνητικός βόρειος πόλος δε συμπύπτει ακριβώς με το γεωγραφικό βόρειο πόλο.

κεντρώνονται περισσότερο επάνω από το μαγνήτη, δηλαδή εκεί που οι δυνάμεις είναι πιο ισχυρές.

Έχουμε ήδη παρατηρήσει τὰ αποτελέσματα ενός πολύ σημαντικού μαγνητικού πεδίου. Στην έργασία με τις μαγνητισμένες καρφίτσες στην επιφάνεια του νερού παρατηρήσαμε ότι, όπως κι αν τις τοποθετήσουμε, θα κινηθούν, ώστε τελικά νά πάρουν τή διεύθυνση βορρά-νότου. Αυτό όμως σημαίνει, σύμφωνα με όσα είπαμε πιο πάνω, ότι βρίσκονται σ' ένα μαγνητικό πεδίο. Είναι

τό μαγνητικό πεδίο τής γής, και οι μαγνητισμένες καρφίτσες προσανατολίζονται σύμφωνα μ' αυτό. Το φαινόμενο του προσανατολισμού μικρών μαγνητών στην κατεύθυνση βορρά-νότου ήταν γνωστό από πολύ παλιά στους Κινέζους και ή σημασία του για τήν ανάπτυξη τής ναυσιπλοίας ήταν πολύ μεγάλη. Η κοινή ναυτική πυξίδα δεν είναι τίποτε άλλο παρά μιά μαγνητισμένη βελόνα, που είναι κρεμασμένη έτσι, ώστε νά μπορεί νά περιστρέφεται ελεύθερα.

Προσεκτική παρατήρηση του μαγνητικού

πεδίου τῆς γῆς ἔδειξε ὅτι ἡ μαγνητική βελόνα δέ δείχνει ἀκριβῶς στό βορρᾶ, δηλαδή στό βόρειο πόλο τῆς γῆς, πού εἶναι ἡ ἀκρὴ τοῦ ἄξονα περιστροφῆς τῆς. Ὁ **μαγνητικός βορρᾶς** βρίσκεται κάπου 1500 χιλιόμετρα ἀπὸ τὸν πραγματικὸ βορρᾶ, ὅπως φαίνεται στὴν εἰκόνα. Ἔτσι ἡ κατεύθυνση τῆς μαγνητικῆς βελόνας ἔχει πάντα κάποια διαφορά ἀπὸ τὴν πραγματικὴ κατεύθυνση βορρᾶ - νότου, πού δὲν εἶναι ἡ ἴδια σὲ διάφορα μέρη τῆς γῆς. Οἱ ναυτικοὶ χρησιμοποιοῦν πίνακες πού δείχνουν αὐτὲς τὶς διαφορὲς, ὥστε νὰ προσδιορίζουν μὲ ἀκρίβεια τὴν κατεύθυνση βορρᾶ - νότου στό σημεῖο πού βρίσκονται.

Ποῦ ὀφείλεται τὸ μαγνητικὸ πεδίο τῆς γῆς; Στὸ μυθιστόρημα *Ἡ Σφίγγα τῶν Πάγων* ὁ Γάλλος συγγραφέας Ἰούλιος Βέρν περιγράφει πῶς ἓνα πλοῖο ἔλκεται ἀπὸ ἓνα τεράστιο μαγνητικὸ βράχο καὶ συντρίβεται. Ἄλλὰ στὴν πραγματικότητα, βέβαια, τίποτα τέτοιο δὲν ἔχει παρατηρηθεῖ. Δὲν ὑπάρχει ἓνας γιγάντιος μαγνήτης πού προκαλεῖ τὸ μαγνητικὸ πεδίο τῆς γῆς. Ἀπὸ ποῦ λοιπὸν προέρχεται; Οἱ ἐπιστήμονες πού μελετοῦν τὶς ιδιότητες αὐτῆς τῆς γῆς, οἱ *γεωφυσικοί*, ἔχουν κάνει πολλές ὑποθέσεις, γιὰ νὰ ἐξηγήσουν τὸ μαγνητισμὸ. Καμιὰ ἀπ' αὐτῆς δὲν εἶναι ἀκόμα ἀπόλυτα ἐξακριβωμένη. Μιὰ ἀπὸ τὶς πιὸ πιθανὲς αἰτίες θὰ τὴν καταλάβετε, ἀφοῦ μελετήσετε παρακάτω τὸ ρόλο ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος στὴ δημιουργία ἑνὸς μαγνητικοῦ πεδίου.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Βάλτε μιὰ μαγνητισμένη καρφίτσα στὴν ἐπιφάνεια τοῦ νεροῦ σ' ἓνα φλιτζάνι.

Παρατηρήστε πῶς προσανατολίζεται.

*Βάλτε τὸ φλιτζάνι ἐπάνω σ' ἓνα σιδερένιο ἀντικείμενο πού ἔχει σταθεῖ σὲ μιὰ θέση γιὰ πολὺ χρόνο, παραδείγματος χάρι σ' ἓνα σώμα *καλοριφέρ*. Τί παρατηρεῖτε; Πῶς ἐξηγεῖτε τὴν παρατήρησή σας; Τί*

σημασία ἔχει αὐτὴ ἡ παρατήρηση γιὰ τὶς πυξίδες πού χρησιμοποιοῦνται στὰ πλοῖα; Ἄν ἔχετε διαβάσει τὸν «Δεκαπενταετὴ Πλοίαρχο» τοῦ Ἰουλίου Βέρν, θὰ θυμάστε ὅτι ἡ γολέτα Πίλγκρομ λάβειψε στὴν πορεία τῆς καί, ἀντὶ νὰ πάει στὴν Ἀμερικὴ, ἔφτασε στὴν Ἀφρική. Τί προκάλεσε αὐτὸ τὸ λάθος;

12. Τὸ ἠλεκτρικὸ ρεῦμα παράγει μαγνητικὸ πεδίο

Τὰ μαγνητικὰ φαινόμενα πού παρατηρήσαμε ὡς τώρα φανερώνονται ὡς δυνάμεις μεταξύ μαγνητῶν ἢ ἀκριβέστερα μεταξύ μαγνητικῶν πόλων. Μὲ προσεκτικὴ παρατήρηση τῶν δυνάμεων αὐτῶν μὲ μαγνητισμένες καρφίτσες βρήκαμε ὅτι ὅμοιοι πόλοι ἀπωθοῦνται καὶ ἀνόμοιοι ἔλκονται. Οἱ δυνάμεις αὐτῆς ἔχουν πολλὲς ὁμοιότητες μὲ τὶς δυνάμεις μεταξύ ἠλεκτρικῶν φορτίων. Μήπως ὑπάρχει καὶ ἄλλη πιὸ στενὴ σχέση μεταξύ τους; Γιὰ νὰ ἐρευνησοῦμε αὐτὴν τὴν ἰδέα, μπορούμε νὰ παρατηρήσουμε, ἂν ὑπάρχει καμιὰ δύναμη μεταξύ ἠλεκτρικῶν φορτίων καὶ μαγνητῶν, παραδείγματος χάρι μεταξύ ἑνὸς ἠλεκτρικὰ φορτισμένου χάρακα καὶ μιᾶς μαγνητισμένης καρφίτσας. Τὸ ἀποτέλεσμα αὐτοῦ τοῦ πειράματος εἶναι ἀρνητικὸ. Τὰ στατικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία δὲν ἐξασκοῦν δύναμη σὲ ἓνα μικρὸ μαγνήτη. Μήπως ὅμως ἓνα ἠλεκτρικὸ ρεῦμα ἐξασκεῖ κάποια δύναμη; Θὰ τὸ ἐξακριβώσουμε αὐτὸ μὲ τὴν ἐπόμενη ἐργασία.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θὰ χρειαστεῖτε μιὰ μεγάλη κυλινδρική ματαταρία, ἓνα μικρὸ πλαστικὸ πιάτο, λίγο ἠλεκτρικὸ σύρμα κουνδουνοῦ καὶ μιὰ μαγνητισμένη καρφίτσα. Βάλτε λίγο νερὸ στό πιάτο. Βάλτε τὴν καρφίτσα νὰ ἐπιπλέει. Στερεώστε τὸ σύρμα παράλληλα μὲ τὴν καρφίτσα μὲ κολλητικὴ ταινία

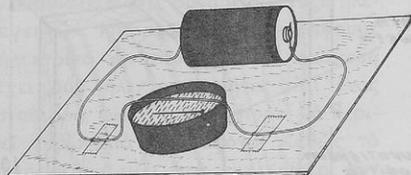
από τις δύο μεριές, όπως δείχνει η εικόνα. Γυμνώστε τα δύο άκρα του σύρματος και άκουμπήστε τα για μιά στιγμή στους πόλους της μπαταρίας. Τι παρατηρείτε; Νά μὴν κρατήσετε γιά πολύ τό σύρμα συνδεδεμένο, γιατί θ' αδειάσει η μπαταρία. Ἀλλάξτε κατόπιν τά ἄκρα τοῦ σύρματος στους πόλους τῆς μπαταρίας. Τι παρατηρείτε;

Ἀμέσως μόλις συνδέθηκαν τά σύρματα στά ἄκρα τῆς μπαταρίας, ἡ μαγνητισμένη καρφίτσα κινήθηκε. Είναι φανερό ὅτι κάποια δύναμη ἐξασκήθηκε ἐπάνω τῆς καί προκάλεσε αὐτήν τήν κίνηση. Ἀφοῦ ἡ καρφίτσα εἶναι μαγνητισμένη, τό ἀποτέλεσμα αὐτό σημαίνει ὅτι ἐμφανίστηκε μιά μαγνητική δύναμη. Μέ ἄλλα λόγια δημιουργήθηκε ἕνα μαγνητικό πεδίο. Ἡ δύναμη καί ἐπομένως καί τό μαγνητικό πεδίο ἐξαφανίζονται, μόλις διακόψουμε τή σύνδεση μέ τή μπαταρία, δηλαδή μόλις διακοπεί τό ρεῦμα στό κύκλωμα. Οἱ παρατηρήσεις αὐτές δείχνουν ὅτι :

**τό ἠλεκτρικό ρεῦμα,
δηλαδή ἡ ροή ἠλεκτρονίων,
προκαλεῖ ἕνα μαγνητικό πεδίο.**

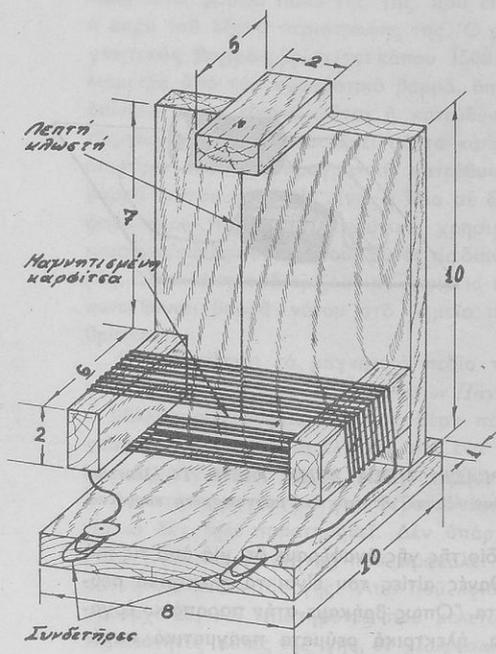
Μέ τήν ἀλλαγὴ τῶν συρμάτων στους πόλους τῆς μπαταρίας παρατηρήσαμε ὅτι ἡ καρφίτσα ἀποκλίνει πρὸς τήν ἀντίθετη κατεύθυνση. Ὅταν δηλαδή ἀλλάζει ἡ κατεύθυνση κινήσεως τῶν ἠλεκτρονίων, ἀλλάζει κατεύθυνση καί ἡ μαγνητική δύναμη. Τά μαγνητικά ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἀνακαλύφθηκαν γιά πρώτη φορά τό 1820 ἀπό τό Δανό ἐπιστήμονα Oersted καί μελετήθηκαν λίγο ἄργότερα μέ λεπτομέρειες ἀπό δύο Γάλλους ἐπιστήμονες, τούς Biot καί Savant. Οἱ ἐργασίες αὐτές ἦταν ἡ ἀρχὴ μιάς σειρᾶς ἀνακαλύψεων γιά τή σχέση ἠλεκτρικῶν καί μαγνητικῶν φαινομένων, πού ἐκτός ἀπὸ τή φυσική τους σημασία χρησιμοποιήθηκαν γιά πολλές ἐφαρμογές.

Μελετώντας προηγουμένως τό μαγνητικό



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Τό ἠλεκτρικό ρεῦμα ἐξασκεῖ δύναμη στή μαγνητισμένη καρφίτσα.

πεδίο τῆς γῆς ἀναφέραμε ὅτι μιά ἀπό τίς πιό πιθανές αἰτίες του εἶναι τά ἠλεκτρικά ρεύματα. Ὅπως βρήκαμε στήν παραπάνω ἐργασία, ἠλεκτρικά ρεύματα πραγματικά παράγουν ἕνα μαγνητικό πεδίο. Ἀλλά πού ὑπάρχουν αὐτά τά ἠλεκτρικά ρεύματα στή γῆ; Οἱ γεωφυσικοὶ πιστεύουν ὅτι βαθιά στό ἐσωτερικό τῆς γῆς, ὅπου οἱ θερμοκρασίες εἶναι πολύ μεγάλες, ὑπάρχουν μεγάλες ποσότητες ἀπό λιωμένα μέταλλα ὅπως σίδηρο καί νικέλιο. Μέσα σ' αὐτές τίς πύρινες μάζες μπορεῖ νά δημιουργοῦνται τά ἠλεκτρικά ρεύματα, στά ὁποῖα ὀφείλεται τό μαγνητικό πεδίο τῆς γῆς. Ἴσως μετὰ ἀπ' αὐτό δέν εἶναι δύσκολο νά φανταστεῖτε ὅτι κάθε μαγνητικό πεδίο ἔχει τήν προέλευσή του σέ κάποιο ἠλεκτρικό ρεῦμα, κάποια κίνηση ἠλεκτρικοῦ φορτίου. Ἀκόμα καί τό πεδίο τῶν φυσικῶν μαγνητῶν πού χρησιμοποιήσαμε σέ προηγούμενες ἐργασίες πηγάζει ἀπό τά ἠλεκτρικά ρεύματα τῆς κινήσεως τῶν ἠλεκτρονίων στά πιό μικρά κομμάτια τῆς ὕλης, τά ἄτομα.



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 μιά 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 κουνουπιού στο πλαίσιο και στερεώστε τα άκρα του σύρματος στη βάση με δύο πινέζες και δύο συνδετήρες. Κρεμάστε με μιά λεπτή κλωστή μιά μαγνητισμένη καρφίτσα, ώστε να φθάνει στο κέντρο, ανάμεσα από τις δύο σειρές σύρματος, όπως δείχνει η εικόνα. Η κλωστή δεν πρέπει να άκουμπάει στο σύρμα. Το γαλβανόμετρο είναι έτοιμο. Μπορείτε να το δοκιμάσετε συνδέοντας μ' ένα σύρμα τους πόλους μιάς μπαταρίας στους συνδετήρες. Θά χρειαστεί και σε επόμενες εργασίες και μπορείτε να το φυλάξετε για τήν έκθεση του σχολείου στο τέλος του χρόνου.

13. Ήλεκτρομαγνήτες και οι εφαρμογές τους

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

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστείτε μιά κυλινδρική μπαταρία, λίγο σύρμα κουνουπιού, 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

Άκρο τοῦ σύρματος στόν ἓνα πόλο τῆς μπαταρίας, πλησιάστε τή μύτη τοῦ καρφιοῦ στούς συνδετήρες ἢ τά καρφάκια καί ἀκουμπήστε γιά μιά στιγμή τήν ἄλλη ἄκρη τοῦ σύρματος στόν ἄλλο πόλο τῆς μπαταρίας. Τί παρατηρεῖτε;

Τό ἀποτέλεσμα αὐτῆς τῆς ἐργασίας δείχνει ξεκάθαρα ὅτι, μόλις δημιουργήθηκε ἓνα ρεῦμα μέσα στό σύρμα, τό καρφί ἀπόκτησε μαγνητικές ιδιότητες καί τράβηξε τά μικρά σιδερένια ἀντικείμενα ἀκριβῶς ὅπως ἓνας ἄλλος συνηθισμένος μαγνήτης. Ἡ διαφορά εἶναι ὅτι τό καρφί παύει νά εἶναι μαγνήτης, μόλις διακοπῆί τό ρεῦμα, δέν εἶναι δηλαδή *μόνιμος* μαγνήτης. Μποροῦμε ἐπομένως νά δημιουργοῦμε καί νά καταστρέφουμε τή μαγνήτιση τοῦ καρφιοῦ κλείνοντας καί ἀνοίγοντας ἄπλως ἓνα διακόπτη.

Μιά ἀπό τίς ἀπλούστερες ἐφαρμογές τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν εἶναι τό ἠλεκτρικό κουδούνι. Ὅταν πατοῦμε τό κουμπί τοῦ κουδουνιοῦ, κλείνει ἓνα κύκλωμα καί ἓνας ἠλεκτρομαγνήτης ἔλκει ἓνα σιδερένιο ἔλασμα. Τό ἔλασμα λειτουργεῖ καί ὡς διακόπτης πού σταματάει τό ρεῦμα. Ἔτσι ὁ ἠλεκτρομαγνήτης παύει νά ἔλκει τό ἔλασμα πού ξαναγυρίζει στήν ἀρχική του θέση. Τό κύκλωμα κλείνει, πάλι, τό ἔλασμα ἔλκεται ξανά καί οὕτω καθεξῆς. Δηλαδή τό ἔλασμα ἀποκτάει μιά παλμική κίνηση πού παράγει ἤχο. Στά περισσότερα κουδούνια ἡ παλμική αὐτή κίνηση μεταδίδεται σ' ἓνα σφυράκι, πού χτυπάει τό καμπανάκι τοῦ κουδουνιοῦ. Μπορεῖτε νά παρατηρήσετε αὐτά τά φαινόμενα μ' ἓνα παλιό κουδούνι;

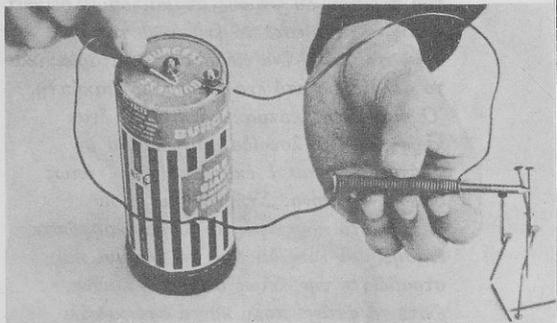
Στήν πραγματικότητα ἓνας ἠλεκτρομαγνήτης ὅπως αὐτός ἐνός κουδουνιοῦ δέν εἶναι τίποτε ἄλλο παρά μιά συσκευή πού μετατρέπει τελικά ἠλεκτρική ἐνέργεια σέ μηχανική ἐνέργεια. Μ' ἄλλα λόγια, ρυθμίζοντας τό ἠλεκτρικό ρεῦμα προκαλοῦμε διάφορες κινήσεις. Πολλά ἀπό τά αὐτόματα συστήματα πού χρησιμοποιοῦνται στή βιομηχανία στη-

ρίζονται στίς ἐφαρμογές ἠλεκτρομαγνητῶν. Καί στίς σύγχρονες ἠλεκτρικές γραφομηχανές ἡ κίνηση τῶν στοιχείων πού γράφουν τά γράμματα γίνεται μέ τή βοήθεια ἠλεκτρομαγνητῶν.

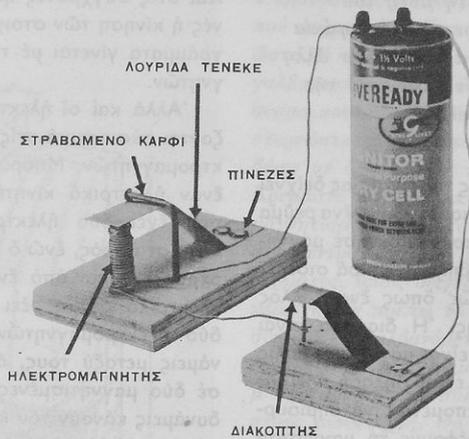
Ἄλλα καί οἱ ἠλεκτρικοί κινητήρες στηρίζονται οὐσιαστικά στίς δυνάμεις μεταξύ ἠλεκτρομαγνητῶν. Μποροῦμε νά περιγράψουμε ἓναν ἠλεκτρικό κινητήρα ὡς μιά συσκευή πού ἔχει δύο ἠλεκτρομαγνήτες. Ὁ ἓνας εἶναι σταθερός, ἐνῶ ὁ ἄλλος μπορεῖ νά περιστραφεῖ γύρω ἀπό ἓναν ἄξονα. Καθῶς τό ἠλεκτρικό ρεῦμα ρέει στά κυκλώματα τῶν δύο ἠλεκτρομαγνητῶν, ἀναπτύσσονται δυνάμεις μεταξύ τους, ἀκριβῶς ὅπως γίνεται σέ δύο μαγνητισμένες καρφίτσες. Αὐτές οἱ δυνάμεις κάνουν τόν κινητό ἠλεκτρομαγνήτη νά περιστρέφεται καί κάνουν τόν κινητήρα νά λειτουργεῖ. Μήπως μπορεῖτε νά βρεῖτε καί ἄλλα παραδείγματα, ὅπου πιστεύετε ὅτι χρησιμοποιοῦνται ἠλεκτρομαγνήτες;

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μέ τίς παρακάτω οδηγίες μπορεῖτε νά κατασκευάσετε ἓναν ἄπλό τηλέγραφο. Θά χρειαστεῖτε μιά κυλινδρική μπαταρία,



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Τό ἠλεκτρικό ρεῦμα μαγνητίζει τό καρφί.



ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. Πώς κατασκευάζεται ένας απλός τηλεγραφος.

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

δείχνει ή εικόνα, ώστε να άκουμπάει στο έλασμα.

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

14. Μαγνητισμός τῶν ἀτόμων

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

ζουμε, αν εξακολουθήσουμε έτσι, σπάζοντας κάθε μικρό μαγνήτη στη μέση; Δέν είναι δύσκολο νά φανταστείτε ότι μ' αυτόν τόν τρόπο θά φθάσουμε στά πιά μικρά κομμάτια τής ύλης, τά άτομα. Λογικά λοιπόν περιμένουμε ότι τά άτομα θά έχουν μαγνητικές ιδιότητες.

Ἡ ιδέα αὐτή ἐπιβεβαιώθηκε μέ πολλές ἐρευνες γύρω ἀπό τό μαγνητισμό τῶν ἀτόμων. Μάθατε ότι κάθε ἄτομο περιέχει ἠλεκτρόνια, πού περιφέρονται γύρω ἀπό τόν πυρήνα. Ἐκτός ὅμως ἀπ' αὐτήν τήν κίνηση βρέθηκε ότι τό ἠλεκτρόνιο ἔχει καί μιά κίνηση περιστροφῆς σάν σβούρα. Ἀφοῦ τά ἠλεκτρόνια ἔχουν ἠλεκτρικό φορτίο, αὐτές οἱ κινήσεις δέν εἶναι τίποτε ἄλλο παρά μικροσκοπικά ἠλεκτρικά ρεύματα, πού ὅπως κάθε ἠλεκτρικό ρεῦμα δημιουργοῦν ἓνα μαγνητικό πεδίο. Στά περισσότερα άτομα οἱ κινήσεις τῶν ἠλεκτρονίων συνδυάζονται μέ τέτοιον τρόπο, πού τελικά τό ἄτομο δέν ἔχει μαγνητικές ιδιότητες. Σέ μερικά ὅμως ἄτομα, ὅπως τοῦ σιδήρου ἢ τοῦ νικελίου, οἱ κινήσεις τῶν ἠλεκτρονίων, συνδυάζονται, ὥστε τά ἄτομα αὐτά νά συμπεριφέρονται σάν μικροσκοπικοί μαγνήτες. Ἐνα συνηθισμένο μικρό σιδερένιο ἀντικείμενο ὅπως ἓνας συνδετήρας ἢ μιά καρφίτσα περιέχουν μυριάδες ἄτομα, δηλαδή μυριάδες μικροσκοπικούς μαγνήτες. Μήπως μπορούμε νά ἐξηγήσουμε τίς μαγνητικές ιδιότητες μέ τόν τρόπο πού συνδυάζονται καί προσανατολίζονται αὐτοί οἱ μαγνήτες; Ἀς κάνουμε πρώτα μερικές παρατηρήσεις.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ

Θά χρειαστεῖτε ἓνα μαγνήτη καί μερικούς συνδετήρες. Σηκώστε ἓνα συνδετήρα μέ τό μαγνήτη.

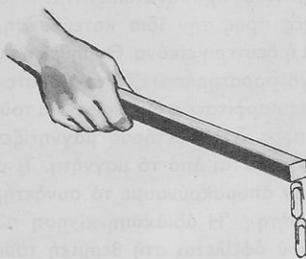
Ἀγγίξτε κατόπιν μέ τήν ἄκρη αὐτοῦ τοῦ συνδετήρα ἓναν ἄλλο συνδετήρα. Τί παρατηρεῖτε; Πόσους συνδετήρες μπορεῖτε νά σηκώσετε ἔτσι τόν ἓνα μετά τόν ἄλλο;

Βγάλτε τούς συνδετήρες ἀπό τό μαγνήτη.

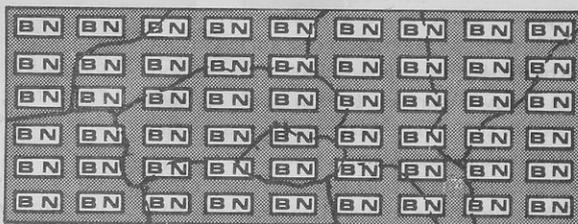
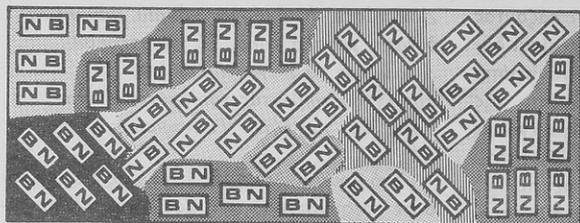
Δοκιμάστε ἄν ὑπάρχει κάποια μαγνητική δύναμη μεταξύ τους. Τί παρατηρεῖτε; Δοκιμάστε νά μαγνητίσετε ἓνα συνδετήρα τρίβοντάς τον ἐπάνω σ' ἓνα πόλο ἐνός μαγνήτη. Τί παρατηρεῖτε;

Στό πρώτο πλάνο τῆς ἐργασίας παρατηρήσατε τό συνδετήρα πού κρέμεται ἀπό τό μαγνήτη νά ἔλκει καί νά κραταίει ἓνα δεύτερο συνδετήρα. Αὐτό σημαίνει ότι ὁ συνδετήρας ἀπόκτησε μαγνητικές ιδιότητες. Ἄλλα ἀπό τή συνείδηση τῆς ἐργασίας βγαίνει τό συμπέρασμα ότι οἱ συνδετήρες χάνουν τίς μαγνητικές τους ιδιότητες, ὅταν ἀπομακρυνθοῦν ἀπό τό μαγνήτη. Ἀκόμα κι ἄν τρίψουμε τό συνδετήρα ἐπάνω στοῦς πόλους τοῦ μαγνήτη, δέν ἀποκταίει μαγνητικές ιδιότητες ὅπως μιά καρφίτσα. Ἀπό τήν ἄλλη μεριά ἓνας μόνιμος μαγνήτης, ὅπως αὐτός πού χρησιμοποιήσαμε στήν ἐργασία, κραταίει τό μαγνητισμό του γιά πολύ χρόνο. Μήπως μπορούμε νά ἐξηγήσουμε αὐτές τίς διαφορές μέ τόν τρόπο πού προσανατολίζονται οἱ μικροσκοπικοί ἀτομικοί μαγνήτες;

Σ' ἓνα σιδερένιο ἀντικείμενο ὅπως ὁ συνδετήρας οἱ ἀτομικοί μαγνήτες σχηματίζουν μικρές ὁμάδες. Μέσα σέ κάθε ὁμάδα ὅλοι οἱ μαγνήτες δείχνουν πρὸς τήν ἴδια κατεύθυνση, ἀλλά ἢ κατεύθυνση ἀλλάζει ἀπό ὁμάδα σέ ὁμάδα. Ἐτσι θά μπορούσαμε νά φανταστοῦμε τό ὑλικό τοῦ συνδετήρα χωρισμένο



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ. Ὁ μαγνήτης μαγνητίζει πρόσκαιρα τούς συνδετήρες.



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

σε μικρές μαγνητικές περιοχές, όπως δείχνει η πρώτη εικόνα αυτής της σελίδας. Ήπειδή η κατεύθυνση των ατομικών μαγνητών σε κάθε περιοχή είναι διαφορετική, ο συνδετήρας δεν είναι μαγνητισμένος. Όταν όμως τον φέρουμε κοντά σ' ένα μαγνήτη που εξασκεί δυνάμεις επάνω στους ατομικούς μαγνήτες, αυτοί προσανατολίζονται σ' όλες τις περιοχές προς την ίδια κατεύθυνση, όπως δείχνει η δεύτερη εικόνα. Ουμμηείτε πώς κάτι ανάλογο παρατηρήσατε, όταν βάζατε μαγνητισμένες καρφίτσες στην επιφάνεια του νερού. Έτσι τώρα ο συνδετήρας μαγνητίζεται και γι' αυτό έλκεται από το μαγνήτη. Τί συμβαίνει, όταν απομακρύνουμε 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. Μιά καρφίτσα όμως κρατάει τις

μαγνητικές της ιδιότητες, και όταν απομακρυνθεί από ένα μαγνήτη. Η καρφίτσα είναι πιο σκληρή από το συνδετήρα: οι ατομικοί μαγνήτες χάνουν δυσκολότερα τον προσανατολισμό τους. Μέ το χρόνο όμως και η καρφίτσα θά χάσει το μαγνητισμό της. Ακόμα και οι μόνιμοι μαγνήτες δε 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 κεριού. Τί παρατηρείτε; Ξηγήστε τις παρατηρήσεις σας. Επίσης θερμάνετε μία μαγνητισμένη καρφίτσα και δοκιμάστε αν διατηρεί τις μαγνητικές της ιδιότητες. Γράψτε την εξήγηση των παρατηρήσεών σας στο τετράδιό σας.

2) Οι κατασκευαστές μαγνητών συνιστούν

*νά μή χτυπιούνται οι μαγνήτες
μέ σφύρι και νά προσέχουμε γενικά
νά μὴ πέφτουν κάτω. Γιατί;*

15. Ἡλεκτρομαγνητική ἐπαγωγή

Βρήκαμε ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸ ρεύμα ἐξασκεῖ μαγνητικὲς δυνάμεις, δηλαδὴ δημιουργεῖ ἕνα μαγνητικὸ πεδίο. Ἄκόμα, ἀπὸ τῆ μελέτη τῶν μαγνητικῶν ἰδιοτήτων τῶν ἀτόμων γίνεται φανερό ὅτι καὶ τὸ μαγνητικὸ πεδίο τῶν συνηθισμένων μαγνητῶν προέρχεται τελικὰ ἀπὸ τὰ μικροσκοπικὰ ρεύματα πού δημιούργου-
νται ἀπὸ τὶς κινήσεις τῶν ἠλεκτρονίων στὰ ἄτομα. Κάθε μαγνητικὸ πεδίο λοιπὸν παρά-
γεται ἀπὸ ἕνα ἠλεκτρικὸ ρεύμα. Μήπως ὅμως
μπορεῖ νά συμβεῖ καὶ τὸ ἀντίθετο ; Εἶναι δυ-
νατὸν ἕνα μαγνητικὸ πεδίο νά δημιουργήσῃ
ἠλεκτρικὸ ρεύμα σ' ἕναν ἀγωγό ; Τὴν ἀπάντη-
ση σ' αὐτὸ τὸ ἐρώτημα ἀναζήτησε ἐπίμονα ὁ
μεγάλος Ἕλληνας φυσικός Faraday (Φάραν-
τει), στὸν ὁποῖο ὀφείλονται πολλές ἀνακα-
λύψεις γύρω ἀπὸ τὸν ἠλεκτρισμὸ καὶ μαγνη-

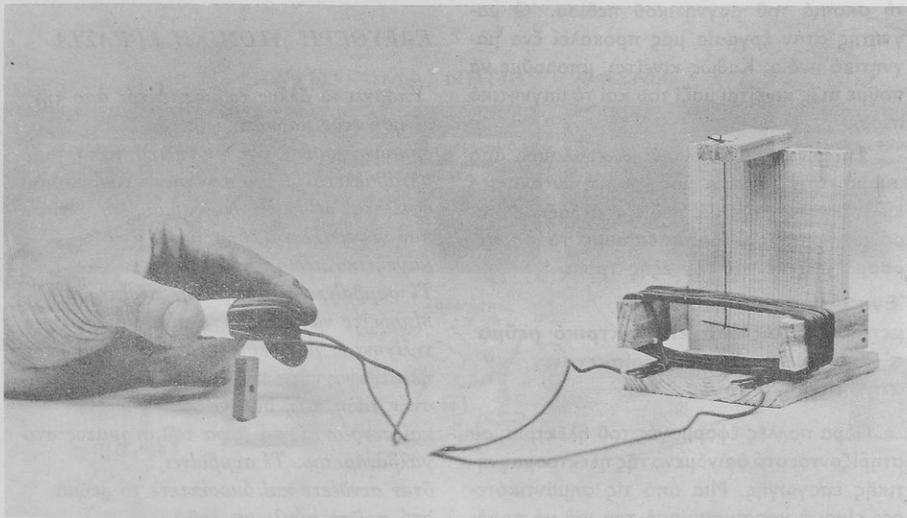
τισμὸ. Τὸ συμπέρασμα τῆς ἔρευνάς του ἦταν
ὅτι πραγματικὰ ἕνας μαγνήτης μπορεῖ νά
δημιουργήσῃ ἠλεκτρικὸ ρεύμα σ' ἕνα ἠλε-
κτρικὸ κύκλωμα. Ἡ ἐπόμενη ἐργασία θά
δείξῃ πῶς συμβαίνει αὐτό.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

*Θά χρειαστεῖτε τὸ ἀπλό γαλβανόμετρο
πού κατασκευάσατε σέ προηγούμενη
ἐργασία, ἠλεκτρικὸ σύρμα κουνουριῶ
κι ἕνα μαγνήτη.*

*Τυλίξετε 20 γύρους σύρμα ἐπάνω σ' ἕνα
κυλινδρικό ἀντικείμενο (παράδειγματος
χάρα ἕνα βάζο μαρμελάδας) καὶ
στερεώστε τὴν κουνούρα μέ λίγη
κολλητικὴ ταινία. Ἀφήστε περίπου 30
ἐκατοστά σύρμα στὶς ἄκρες καὶ συνδέστε
τες μέ τὰ ἄκρα τοῦ γαλβανομέτρου.*

*Πλησιάστε τὸν ἕνα πόλο τοῦ μαγνήτη
ἀπὸτομα μέσα στὴν κουνούρα. Κατόπιν
ἀπομακρύνετε τον. Τί συμβαίνει μέ τὴν*



ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ. Ἡ κίνηση τοῦ μαγνήτη μέσα στὴν κουνούρα δημιουργεῖ ἠλεκτρικὸ ρεύμα.

*καρφίτσα του γαλβανομέτρου; Ἡ
κουλούρα μέ τό σύρμα πρέπει νά εἶναι
ἀρκετά μακριά ἀπό τή μαγνητισμένη
καρφίτσα του γαλβανομέτρου, ὥστε ὁ
μαγνήτης νά μήν ἐπηρεάζει τήν καρφίτσα.*

Ἐπαναλάβετε αὐτές τίς κινήσεις ρυθμικά.
Τί παρατηρεῖτε; Καθώς ὁ πόλος τοῦ μαγνήτη
κινεῖται πρὸς τήν κουλούρα μέ τό σύρμα, ἡ
μαγνητισμένη καρφίτσα ἀποκλίνει. Ἄλλά αὐτό
σημαίνει ὅτι κάποιο ρεῦμα περνάει ἀπό τό σύρ-
μα πού εἶναι τυλιγμένο στό γαλβανόμετρο.
Ὅταν σταματάει ἡ κίνηση τοῦ μαγνήτη, ἡ
καρφίτσα ξαναγυρίζει στήν ἀρχική της θέση,
ἄρα καί τό ρεῦμα σταματάει. Ἐπομένως *δέ
φθάνει μόνον ἡ παρουσία τοῦ μαγνήτη, γιά νά
προκαλέσει τό ρεῦμα. Χρειάζεται καί ἡ κίνηση.*
Λέμε ὅτι ὁ κινούμενος μαγνήτης **ἐπάγει** ἕνα
ἠλεκτρικό ρεῦμα στό κύκλωμα καί ὀνομά-
ζουμε αὐτό τό φαινόμενο **ἠλεκτρομαγνητι-
κή ἐπαγωγή**.

Μποροῦμε νά περιγράψουμε τό φαινόμενο
τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς καί ἀπό
τή σκοπιὰ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ὁ μα-
γνήτης στήν ἐργασία μας προκαλεῖ ἕνα μα-
γνητικό πεδίο. Καθώς κινεῖται, μποροῦμε νά
ποῦμε πῶς κινεῖται μαζί του καί τό μαγνητικό
πεδίο.

Ἐπομένως τό κύκλωμα, ἡ κουλούρα ἀπό
σύρμα στήν ἐργασία μας, πού ἦταν ἀκίνητο
«βλέπει» τό μαγνητικό πεδίο ν' ἀλλάζει. Μπο-
ροῦμε λοιπόν νά διατυπώσουμε τό συμπέ-
ρασμά μας καί μέ τόν ἐξῆς τρόπο :

**Ἐνα μαγνητικό πεδίο, πού
μεταβάλλεται, ἐπάγει ἠλεκτρικό ρεῦμα
σ' ἕνα κύκλωμα πού βρίσκεται
στήν περιοχή του.**

Πάρα πολλές ἐφαρμογές τοῦ ἠλεκτρισμοῦ
στηρίζονται στό φαινόμενο τῆς ἠλεκτρομαγνη-
τικῆς ἐπαγωγῆς. Μιά ἀπό τίς σημαντικότε-
ρες εἶναι ἡ χρησιμοποίησή του γιά νά παρά-
γεται ἠλεκτρικό ρεῦμα. Τό δυναμό τοῦ ποδη-

λάτου εἶναι ἕνα παράδειγμα μιᾶς μηχανῆς
πού λέγεται καί *ἠλεκτρική γεννήτρια*. Τό ἠλε-
κτρικό ρεῦμα παράγεται μέ τήν περιστροφή
ένός μαγνήτη μέσα σ' ἕνα κύκλωμα πού ἀπο-
τελεῖται ἀπό πολλοῦς γύρους σύρμα ὅπως ἡ
κουλούρα τῆς ἐργασίας μας. Ἄλλά καί οἱ
γίγαντιαῖες ἠλεκτρικές γεννήτριες στά ἐργο-
στάσια παραγωγῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος στό
ἴδιο φαινόμενο βασίζονται.

Στήν πραγματικότητα ἔχουμε ἐδῶ ἄλλη
μιὰ περίπτωση μετατροπῆς ἐνέργειας ἀπό
τή μιὰ μορφή στήν ἄλλη. Ἡ κινητική ἐνέρ-
γεια τοῦ μαγνήτη μετατρέπεται σέ ἠλεκτρική
ἐνέργεια τοῦ ρεύματος. Καί ἡ κινητική ἐνέρ-
γεια προήλθε μέ τή σειρά της ἀπό κάποια
ἄλλη μορφή ἐνέργειας. Στό δυναμό τοῦ πο-
δηλάτου εἶναι ἡ κινητική ἐνέργεια τῆς ρόδας
πού προέρχεται ἀπό τήν κίνηση τῶν πετα-
λιῶν, πού μέ τή σειρά της προέρχεται ἀπό
τήν κίνηση τῶν ποδιῶν. Ποιά μορφή ἐνέρ-
γειας προκαλεῖ τήν κίνηση τῶν ποδιῶν ; Ἄπό
πού προέρχεται ἡ κινητική ἐνέργεια τῆς με-
γάλης γεννήτριας ;

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

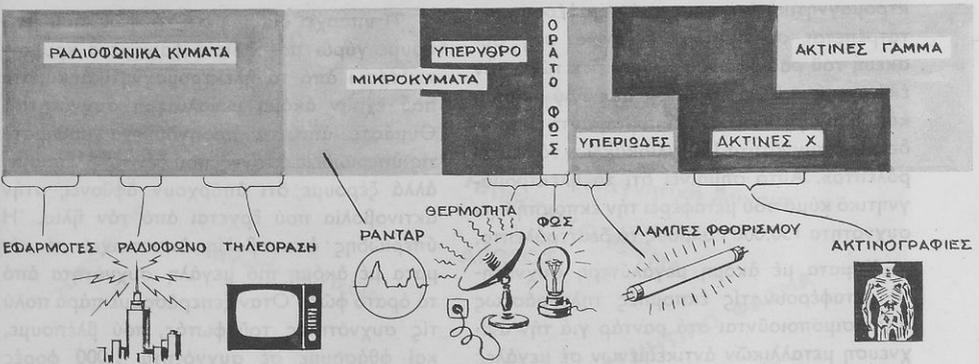
*Ἐπάρχει κι ἄλλος τρόπος, ἐκτός ἀπό τήν
κίνηση ἑνός μαγνήτη, γιά νά
δημιουργήσουμε ἕνα μαγνητικό πεδίο πού
μεταβάλλεται. Ἀφοῦ τό μαγνητικό πεδίο
ὀφείλεται σέ ἠλεκτρικό ρεῦμα, ἕνα ρεῦμα
πού μεταβάλλεται, δημιουργεῖ ἕνα
μαγνητικό πεδίο πού ἀλλάζει.*
Τί συμβαίνει σ' αὐτήν τήν περίπτωση;
Μπορεῖτε νά ἐξηγήσετε αὐτό τό ἐρώτημα
τυλιγόντας μιὰ δεύτερη σειρά σύρμα στόν
ἠλεκτρομαγνήτη τῆς ἐργασίας μέσα
στήν τάξη, στή σελίδα 90,
καί συνδέοντας τά ἄκρα τοῦ σύρματος στό
γαλβανόμετρο. Τί συμβαίνει,
ὅταν συνδέετε καί διακόπτετε τό ρεῦμα
στό πρότο κύκλωμα τοῦ
ἠλεκτρομαγνήτη;

16. Ηλεκτρομαγνητικά 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 αυτήν την ιδιότητα ξεκινήσαμε για να μελετήσουμε τα ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα και να βρούμε τις πηγές του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού. Μάθατε ακόμη ότι γύρω από ένα ηλεκτρικό ρεύμα εξαπολύονται ηλεκτρικές και μαγνητικές δυνάμεις. Σε όλα αυτά τα φαινόμενα αυτό που 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 μας θυμίζει πολύ την ενέργεια του ήχου που ξεκινάει από μία ήχητική πηγή και ταξιδεύει με τη μορφή ενός ήχητικού κύματος. Θα μπορούσαμε μάλιστα να ονομάσουμε ηλεκτρομαγνητικό κύμα τη διαταραχή που δημιουργεί η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που ταξιδεύει στο περιβάλλον. Μέχρι τώρα τα

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

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ



Τό ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και οι εφαρμογές τών ηλεκτρομαγνητικών κομάτων.

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

Τά ηλεκτρομαγνητικά κύματα με συχνότητα 10.000 έως 100.000 παλμούς το δευτερόλεπτο, ή όπως λέμε απλούστερα με συχνότητα 10 έως 100 χιλιοκύκλους το δευτερόλεπτο, είναι αυτά που μεταφέρουν μηνύματα σε μεγάλες αποστάσεις με τις τηλεγραφικές συσκευές. "Όλοι σας έχετε ακούσει για τα σήματα Morse που πρώτος ο Ίταλός μηχανικός Marconi τα χρησιμοποίησε για να στείλει από την Αγγλία στην Αμερική το πρώτο τηλεγράφημα το Δεκέμβριο του 1901. "Όταν η συχνότητα μεγαλώσει ακόμη, το ηλεκτρομαγνητικό κύμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις έκπομπές του ραδιοφώνου. "Όταν ακούτε μία ραδιοφωνική έκπομπή, φανταστήκατε ποτέ πώς φθάνει από το 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 : «ή έκπομπή αυτή μεταδίδεται σε συχνότητα 150 χιλιοκύκλων το δευτερόλεπτο». Αυτό σημαίνει ότι το ηλεκτρομαγνητικό κύμα που μεταφέρει την έκπομπή έχει συχνότητα 150.000 παλμούς το δευτερόλεπτο.

Κύματα με ακόμη μεγαλύτερη συχνότητα μεταφέρουν τις έκπομπές τηλεοράσεως 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 φθάσει σε τιμές 1.000 φορές έως 10.000 φορές μεγαλύτερες από τις συχνότητες που χρησιμοποιούν τα ραντάρ; Θά ξαφνιαστείτε, αλλά τα φαινόμενα που συναντούμε σ' αυτές τις τιμές της συχνότητας είναι τα φαινόμενα της θερμικής ακτινοβολίας, που είναι άορατη υπέρυθη ακτινοβολία. Μέ λίγα λόγια, η θερμική ακτινοβολία είναι ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που ταξιδεύει με τη μορφή κύματος με πολύ μεγάλη συχνότητα. Αν μεγαλώσουμε τη συχνότητα από την υπέρυθη ακτινοβολία έως 10 φορές τό 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 τό φώς είναι κύμα. Καταλαβαίνετε τώρα ότι τό κύμα που μεταφέρει τη φωτεινή ενέργεια είναι ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Τό φώς που βλέπουμε με τα διάφορα χρώματα αποτελεί ένα μέρος της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που υπάρχει στο σύμπαν και διαδίδεται με κύματα που έχουν συχνότητα 10.000 έως 100.000 φορές μεγαλύτερη από τη συχνότητα ενός κύματος ραντάρ.

Τί υπάρχει όμως μετά τό φώς που βλέπουμε γύρω μας; Ποιά φαινόμενα κρύβονται πίσω από τά ηλεκτρομαγνητικά κύματα που έχουν ακόμη μεγαλύτερη συχνότητα; Θυμάστε από τά προηγούμενα μαθήματα τίς υπεριώδεις ακτίνες, που δέν τίς βλέπουμε, αλλά ξέρουμε ότι υπάρχουν άφθονες στην ακτινοβολία που έρχεται από τόν ήλιο. Η υπεριώδης ακτινοβολία αντιστοιχεί σε κύματα με ακόμη πιό μεγάλη συχνότητα από τό όρατό φώς. Όταν ξεπεράσουμε πάρα πολύ τίς συχνότητες του φωτός, που βλέπουμε, και φθάσουμε σε συχνότητα 1.000 φορές μεγαλύτερη από τό κόκκινο φώς, τότε ανακαλύπτουμε τίς ακτίνες Χ που χρησιμοποιούν οί γιατροί για άκτινογραφίες.

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

Τή μεγάλη ποικιλία συχνότητων που συναντήσαμε σ' αυτήν τή διαδρομή τήν ονομάζουμε **φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινο-**

βολίας. Αυτό που είναι αξιοσημείωτο είναι ότι όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του φάσματος διαδίδονται με τήν ταχύτητα του φωτός που είναι 300.000 km τό δευτερόλεπτο. 'Ακόμη, τά ηλεκτρομαγνητικά κύματα έχουν τίς ίδιες ιδιότητες με τό φώς γιά όποιαδήποτε συχνότητα. Όταν συναντήσουν κάποιο εμπόδιο, ένα μέρος τής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ανακλάται και τό υπόλοιπο διαθλάται, όπως συμβαίνει με τό φώς.

Μπορείτε τώρα να σκεφτείτε τί ομοιότητες υπάρχουν στήν πορεία του φωτός που πέφτει σ' ένα κάτοπτρο και στήν πορεία των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που στέλνει ένα ραντάρ ;

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στή σελίδα αυτή είναι σκορπισμένες μερικές λέξεις από τό κεφάλαιο του ηλεκτρομαγνητισμού. Διαλέξτε, με τή σειρά που θέλετε, λέξεις, εξηγήστε με δικά σας λόγια τί σημαίνουν και γράψτε στό τετράδιό σας μιά σύντομη πρόταση γιά κάθε λέξη.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ

Μονωτής

ΗΛΕΚΤΡΟΣΚΟΠΙΟ

ΑΤΟΜΟ

Κύκλωμα

Πρωτόνιο

Ηλεκτρόνιο

Μαγνητικό Πεδίο

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

Μαγνητική Δύναμη

ΑΓΩΓΟΣ

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ

Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή

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. Οδήγησε όμως και σε πολλές εφάρμογες. Στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από *πυρηνικά εργοστάσια*, στη διάγνωση και θεραπεία ασθενειών, στην ανάπτυξη νέων μεθόδων έρευνας στη χημεία, αλλά και στη γεωργία. Πολλές σπουδαίες ανακαλύψεις, που γίνονται ακόμη 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,

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

Αν όμως η φυσική του ατόμου αναπτύχθηκε ουσιαστικά τον εικοστό αιώνα, οι πρώτες ιδέες για το άτομο βρίσκονται στην αρχαία Ελλάδα. *Ατομο* σημαίνει μία «μονάδα» ύλης που δέ διαιρείται, δέν *τέμνεται* άλλο (ἄ-τμητο). Ο Δημόκριτος έφτασε με τη σκέψη του στο συμπέρασμα ότι η ύλη πρέπει να αποτελείται από άτομα. Δέν είχε βέβαια τη δυνατότητα να επαληθεύσει τά συμπεράσματά του πειραματικά. Σήμερα ξέρουμε ότι τό άτομο δέν είναι στην πραγματικότητα τό μικρότερο κομματάκι ύλης. Τό ίδιο τό άτομο περιέχει άλλα, ακόμη πιό μικρά υλικά σωματία, που διαφέρουν μεταξύ τους στις ιδιότητές και στη συμπεριφορά.

2. Τά άτομα και ή δομή τους

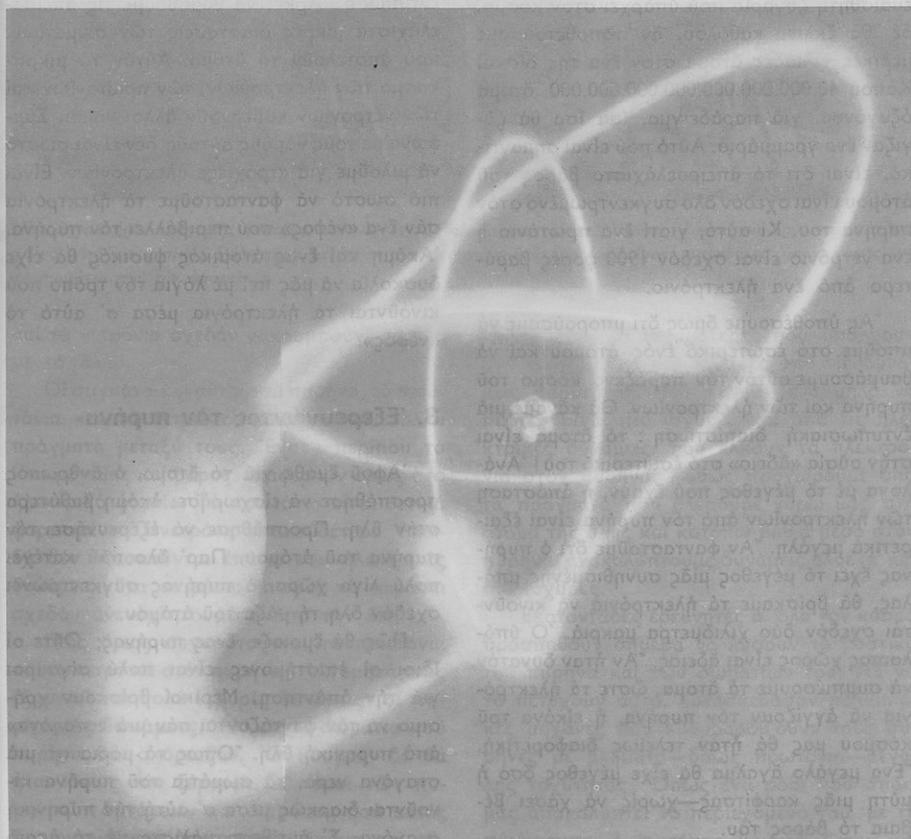
Η ύλη αποτελείται από άτομα. Τρίβοντας

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

Παρ' όλο που τά άτομα είναι τόσο μικρά, οί επιστήμονες βρήκαν τρόπους να βεβαιωθούν για τήν ύπαρξή τους. Άκόμη περισσότερο, μπόρεσαν να συμπεράνουν, λίγο πολύ,

για τό πώς μοιάζει ένα άτομο : να μελετήσουν δηλαδή τή *δομή* του.

Όπως διαπίστωσαν, τό άτομο δέν είναι στήν πραγματικότητα μία συμπαγής «κουκίδα» ύλης. Αντίθετα, παρουσιάζει ζωηρή κίνηση στό έσωτερικό του. Στο κέντρο του ατόμου βρίσκεται ό **πυρήνας**. Ό πυρήνας είναι ή «καρδιά» του ατόμου καί αποτελείται —όπως ένα τσαμπί σταφύλι— από **πρωτόνια** καί **νετρόνια**. Τή δομή του ατόμου συμπληρώνουν τά **ηλεκτρόνια**, πού γυρίζουν



Αναπαράσταση ενός ατόμου λιθίου. Τρία ηλεκτρόνια περιστρέφονται γύρω από τόν πυρήνα. Όπως όλα τά άτομα, τό άτομο του λιθίου είναι σχεδόν άδειο στό έσωτερικό του.

πολύ γρήγορα—κάπου 100 τρισεκατομμύρια φορές τό δευτερόλεπτο!—γύρω από τόν πυρήνα. Όπως είδαμε στόν ηλεκτρισμό, ό πυρήνας έχει θετικό ηλεκτρικό φορτίο. Τά ηλεκτρόνια έχουν άρνητικό φορτίο. Γι' αυτό και *έλκονται* από τόν πυρήνα. Τά ηλεκτρόνια δηλαδή συγκρατούνται στίς τροχιές τους από ηλεκτρικές δυνάμεις. Μέ παρόμοιο τρόπο ή δύναμη τής βαρύτητας συγκρατεί τούς πλανήτες στίς τροχιές τους γύρω από τόν ήλιο.

Πόσο «βαρύ» είναι ένα άτομο; Καί ή πιό εύαισθητη ζυγαριά πού υπάρχει στόν κόσμο, δέ θά έκλινε καθόλου, άν τοποθετούσαμε μερικές χιλιάδες άτομα στόν ένα της δίσκο. Κάπου 40.000.000.000.000.000.000.000 άτομα όξυγόνου, γιά παράδειγμα, ίσα ίσα θά ζύγιζαν ένα γραμμάριο. Αυτό πού είναι σημαντικό, είναι ότι τό άπειροελάχιστο βάρος του άτόμου είναι σχεδόν όλο συγκεντρωμένο στόν πυρήνα του. Κι αυτό, γιατί ένα πρωτόνιο ή ένα νετρόνιο είναι σχεδόν 1900 φορές βαρύτερο από ένα ηλεκτρόνιο.

Άς υποθέσουμε όμως ότι μπορούσαμε νά μπουέμε στό έσωτερικό ενός άτόμου καί νά θαυμάσουμε αυτόν τόν παράξενο κόσμο του πυρήνα καί τών ηλεκτρονίων. Θά κάναμε μιά έντυπωσιακή διαπίστωση : τό άτομο είναι στήν ουσία «άδειο» στό έσωτερικό του! Άνάλογα μέ τό μέγεθος πού έχουν, ή άπόσταση τών ηλεκτρονίων από τόν πυρήνα είναι έξαιρετικά μεγάλη. Άν φανταστούμε ότι ό πυρήνας έχει τό μέγεθος μιάς συνηθισμένης μπάλας, θά βρίσκαμε τά ηλεκτρόνια νά κινούνται σχεδόν δύο χιλιόμετρα μακριά. Ό υπόλοιπος χώρος είναι άδειος. Άν ήταν δυνατόν νά συμπίεσουμε τά άτομα, ώστε τά ηλεκτρόνια νά άγγίζουσαν τόν πυρήνα, ή εικόνα του κόσμου μας θά ήταν τελείως διαφορετική. Ένα μεγάλο άγαλμα θά είχε μέγεθος όσο ή μύτη μιάς καρφίτσας—χωρίς νά χάσει βέβαια τό βάρος του.

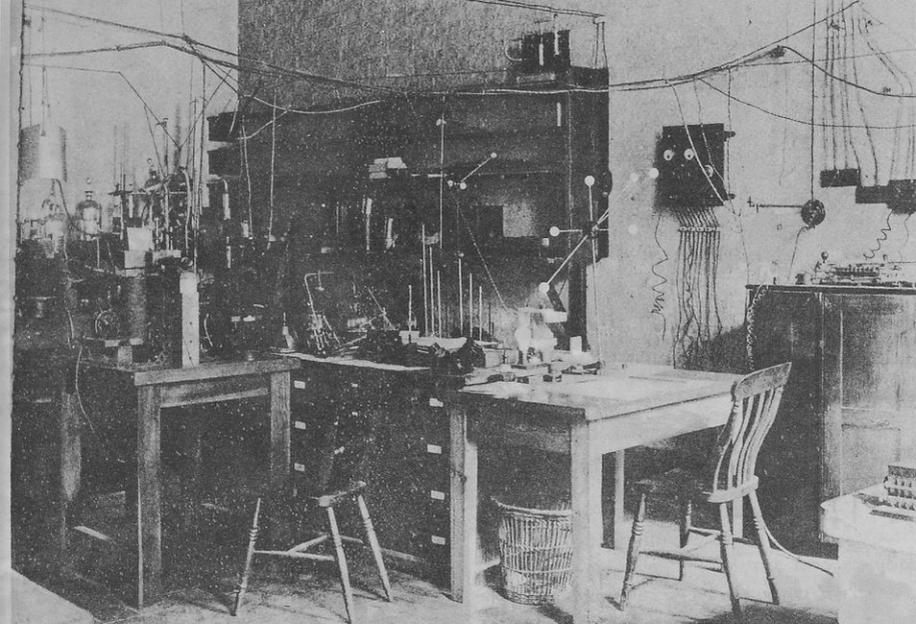
Μέ ποιούς νόμους όμως κινούνται τά ηλεκτρόνια γύρω από τόν πυρήνα; Είναι κυκλι-

κές οί τροχιές τους ή μήπως έλλειπτικές, όπως τών πλανητών γύρω από τόν ήλιο; Πόσα ηλεκτρόνια κινούνται συγχρόνως στήν ίδια τροχιά; Όπως ξέρουμε, τήν κίνηση στόν κόσμο πού μäs περιβάλλει—μιάς πέτρας πού πέφτει στή γή, ενός τροχού πού γυρίζει—μελετάει καί περιγράφει ή μηχανική, μέ τούς νόμους καί διατύπωσε ό Νεύτων. Αυτή ή μηχανική δέ μäs δίδει σωστές άπαντήσεις, άν τήν εφαρμόσουμε στόν κόσμο τών άτόμων· πράγμα πού δέν πρέπει νά μäs κάνει έντύπωση. Άρκεί νά θυμηθούμε τίς άπειροελάχιστα μικρές διαστάσεις τών σωματιών, πού αποτελούν τό άτομο. Αυτόν τό μικρόκοσμο τών ηλεκτρονίων, τών πρωτονίων καί τών νετρονίων κυβερνοούν άλλοι νόμοι. Σύμφωνα μέ τούς νόμους αυτούς δέν είναι σωστό νά μιλούμε γιά «τροχιές» ηλεκτρονίων. Είναι πιό σωστό νά φανταστούμε τά ηλεκτρόνια σάν ένα «νέφος» πού περιβάλλει τόν πυρήνα. Άκόμη καί ένας άτομικός φυσικός θά είχε δυσκολία νά μäs πεί μέ λόγια τόν τρόπο πού κινούνται τά ηλεκτρόνια μέσα σ' αυτό τό «νέφος».

3. Έξερευώνοντας τόν πυρήνα

Άφού έμαθε γιά τό άτομο, ό άνθρωπος προσπάθησε νά εισχωρήσει άκόμη βαθύτερα στήν ύλη. Προσπάησε νά έξερευήσει τόν πυρήνα του άτόμου. Παρ' όλο πού κατέχει πολύ λίγο χώρο, ό πυρήνας συγκεντρώνει σχεδόν όλη τή μάζα του άτόμου.

Πώς θά έμοιαζε ένας πυρήνας; Ούτε οί ίδιοι οί επιστήμονες είναι πολύ σίγουροι γιά τήν άπάντηση. Μερικοί βρίσκουν χρήσιμο νά τόν φαντάζονται σάν μιά «σταγόνα» από πυρηνική ύλη. Όπως τά μόρια σε μιά σταγόνα νερό, τά σωματία του πυρήνα κινούνται διαρκώς μέσα σ' αυτή τήν πυρηνική σταγόνα. Σ' αντίθεση μάλιστα μέ τό άραιό «νέφος» τών ηλεκτρονίων, στόν πυρήνα υπάρχει σχετικός συνωστισμός. Τά πρωτόνια



“Ένα εργαστήριο πηρηνικής φυσικής, στις αρχές του αιώνα μας. Μέσα σ’ αυτό το φτωχικό εργαστήριο ο μεγάλος Άγγλος φυσικός Ράδερφοντ μελέτησε τόν πυρήνα του ατόμου και έκανε σπουδαίες ανακαλύψεις για τά σωματία πού τόν αποτελούν.

καί τά νετρόνια σχεδόν «άκουμπούν» τό ένα μέ τό άλλο.

Οί συγκατάκοι αὐτοί του πυρήνα, τά πρωτόνια καί τά νετρόνια, μοιάζουν σέ πολλά πράγματα μεταξύ τους. Έχουν περίπου τό ίδιο μέγεθος καί βάρος. Διαφέρουν όμως στό ηλεκτρικό φορτίο. Τό πρωτόνιο είναι θετικά φορτισμένο. Τό νετρόνιο είναι ουδέτερο. Έπειδή δέν εξασκοῦνται επάνω του ηλεκτρικές δυνάμεις, ένα νετρόνιο μπορεί νά περάσει σχεδόν ανενόχλητο μέσα από τήν ὕλη !

Πῶς ὅμως συγκρατοῦνται τά πρωτόνια καί τά νετρόνια στόν πυρήνα ; Ἀνάμεσά τους εξασκοῦνται πολύ ἰσχυρές δυνάμεις : οἱ **πηρηνικές δυνάμεις**. Ἀλλιῶς τά σωματία τοῦ πυρήνα θά σκόρπιζαν. Ὁ κόσμος δέ θά ἦταν ὅπως τόν ξέρουμε. Οἱ νόμοι τῶν πηρηνικῶν δυνάμεων καί ὁ τρόπος πού αὐτές δημιουργοῦνται ἀπασχολοῦν ἀκόμη καί σήμερα τούς ἐπιστήμονες. Τό μόνο πού ξέρουμε μέ βεβαιότητα είναι ὅτι οἱ πηρηνικές δυνάμεις

είναι οἱ ἰσχυρότερες πού ὑπάρχουν στή φύση. Εἶναι πῶς ἰσχυρές ἀπό τίς δυνάμεις βαρύτητας, πού κάνουν ένα μῆλο νά πέφτει. Εἶναι πῶς ἰσχυρές καί ἀπό τίς ηλεκτρικές δυνάμεις, πού ἔλκουν τά ἠλεκτρόνια στόν πυρήνα. Καθῶς προχωροῦμε ἀπό τά πράγματα πού βλέπουμε γύρω μας στά ἄτομα τῆς ὕλης καί κατόπιν βαθιά μέσα στόν πυρήνα, ἀνακαλύπτουμε δυνάμεις ὁλοένα καί πῶς ἰσχυρές.

Ἐκατοντάδες ἐρευνητές σ’ ὅλο τόν κόσμο προσπαθοῦν σήμερα νά λύσουν τά μυστικά τοῦ πυρήνα καί τῶν σωματίων του. Γιά νά τό πετύχουν αὐτό, κατασκεύασαν πολύπλοκες μηχανές πού «βομβαρδίζουν» τούς πυρήνες μέ βλήματα—ὅπως πρωτόνια—μεγάλης ταχύτητας. Ὅπως ένα ρόδι πού σπάει μᾶς ἀποκαλύπτει τό περιεχόμενό του, μέ τή σύγκρουση ὁ πυρήνας κομματιάζεται καί μᾶς δίνει πολὺτιμες πληροφορίες γιά τή δομή του.



Τό Ἑλληνικό Κέντρο Πυρηνικῶν Ἐρευνῶν «Δημόκλειτος» στήν Ἁγία Παρασκευή Ἀττικῆς. Ὁνομάστηκε ἔτσι πρὸς τιμὴν τοῦ ἀρχαίου Ἑλλῆνα φιλοσόφου πού πρῶτος συνέλαβε τήν ἰδέα τῶν ἀτόμων. Οἱ ἔρευνες στήν πυρηνική φυσική ἀπαιτοῦν σήμερα πολὺπλοκα μηχανήματα καί τή συνεργασία πολλῶν ἐπιστημόνων.

4. Ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἀπό πολλὰ εἶδη ἀτόμων

Ἡ ὕλη μᾶς φανερώνεται σέ πολλές μορφές. Ὁ χαλκός εἶναι ὕλη. Ἄλλά καί ὁ βράτραχος ἢ ὁ ἀέρας πού ἀναπνέουμε εἶναι ὕλη. Μοιάζουν τὰ άτομα σέ ὅλα αὐτά τὰ εἶδη τῆς ὕλης;

Ἡ ἀπάντηση εἶναι ὄχι. Ὑπάρχουν ὡστόσο λιγότερα εἶδη ἀτόμων ἀπό ὅσα πιθανόν φανταζόμαστε. Τά εἶδη τῶν ἀτόμων πού φτιάχνουν ὅλη αὐτήν τήν ποικιλία τῆς ὕλης εἶναι μόνο 88. Ὅπως οἱ λέξεις γίνονται ἀπό τά

γράμματα τοῦ ἀλφαβήτου, τά εἶδη τῶν ἀτόμων συνδυάζονται, γιά νά δημιουργήσουν τήν ὕλη, ὅπως παρουσιάζεται στόν κόσμο μας.

Τά εἶδη αὐτά τῶν ἀτόμων ὀνομάζονται **στοιχεῖα**. Τό ὕδρογόνο εἶναι ἓνα στοιχεῖο. Ὁ ἄνθρακας καί ὁ χρυσός εἶναι κι αὐτά στοιχεῖα. Ὅποιοδήποτε κομμάτι ὕλης ἂν ἀναλύσουμε μέ προσοχή, θά βροῦμε νά τό ἀποτελοῦν μερικά ἀπό αὐτά τὰ 88 στοιχεῖα. Ὅπως ἀνακάλυψαν μάλιστα οἱ ἐπιστήμονες, ἡ ὕλη στό φεγγάρι ἢ σ' ἓνα μετεωρίτη ἀποτελεῖται ἀπό τά ἴδια εἶδη ἀτόμων πού συναντοῦμε καί στή γῆ μας.

Έκτός από τὰ στοιχεῖα πού υπάρχουν στή φύση, ὁ ἄνθρωπος κατάφερε νά κατασκευάσει μερικά στοιχεῖα μόνος του. Τό πλουτώνιο εἶναι ἓνα ἀπό τὰ στοιχεῖα πού κατασκεύασε ὁ ἄνθρωπος. Ὑπάρχουν 17 τέτοια *τεχνητά* στοιχεῖα. Συνολικά, δηλαδή, ὅλα τὰ εἶδη ἀτόμων πού ξέρουμε στόν κόσμο, φυσικά ἢ τεχνητά, εἶναι 105.

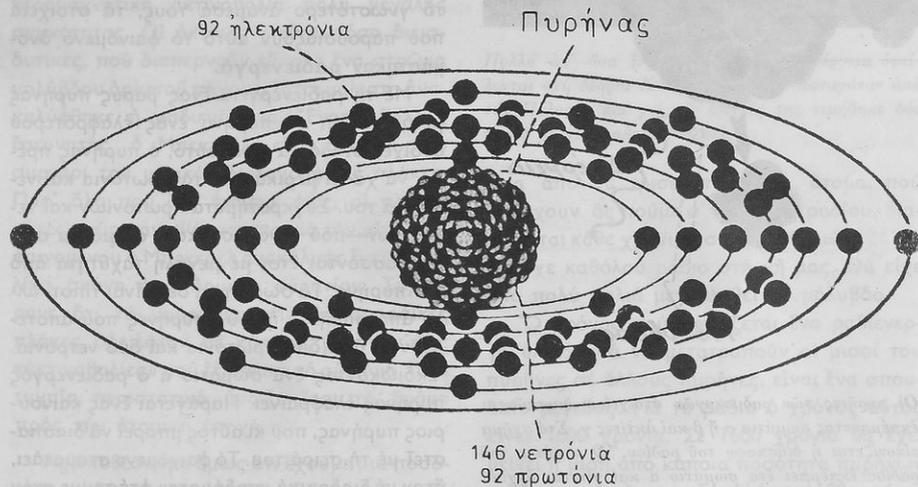
Τί κάνει ὁμως τό ἄτομο ἑνός στοιχείου νά διαφέρει ἀπό τό ἄτομο ἑνός ἄλλου στοιχείου ; Τό ἄτομο τοῦ σιδήρου ἔχει περίπου τό ἴδιο μέγεθος μέ τό ἄτομο τοῦ χρυσοῦ. Ὁ σίδηρος ὁμως δέν εἶναι χρυσός !

Ὅπως ὑποπτευόμαστε, ἡ διαφορά πρέπει νά ἀναζητηθεῖ στή δομή τοῦ ἀτόμου τους. Τό ἄτομο κάθε στοιχείου ἔχει στόν πυρήνα του ἓναν ὀρισμένο ἀριθμό πρωτονίων. Ὁ ἀριθμός τῶν πρωτονίων εἶναι πού δίνει σέ κάθε στοιχεῖο τήν «ταυτότητά» του. Τίς ξεχωριστές του δηλαδή ιδιότητες. Ὁ χαρακτηριστικός αὐτός ἀριθμός ὀνομάζεται **ατομικός ἀριθμός** τοῦ στοιχείου.

Ἡ ὕλη ὁμως εἶναι συνήθως ἠλεκτρικά οὐδέτερη. Αὐτό σημαίνει ὅτι τό φορτίο τῶν πρωτονίων πρέπει νά ἐξουδετερώνεται ἀπό τό «νέφος» τῶν ἠλεκτρονίων, πού περιβάλλει τόν πυρήνα. Τά ἠλεκτρόνια τοῦ ἀτόμου πρέπει συνεπῶς νά εἶναι ὅσα καί τὰ πρωτόνια τοῦ πυρήνα. Ἴσα δηλαδή μέ τόν ατομικό ἀριθμό.

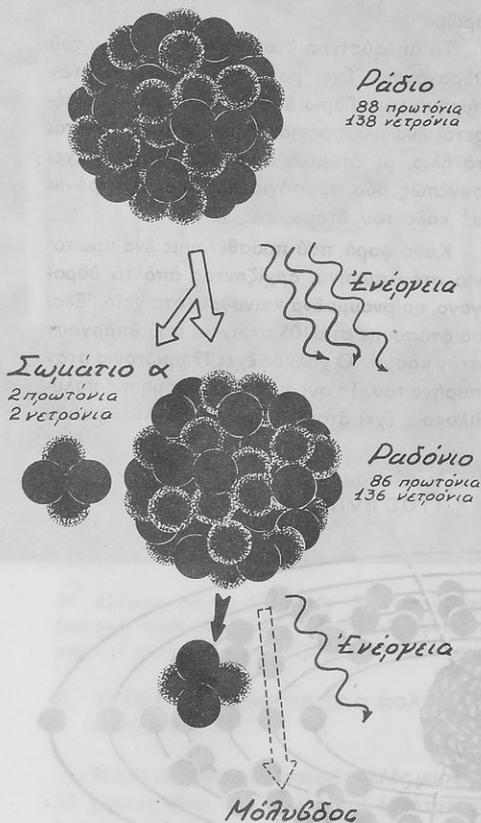
Τό ἀπλούστερο ἄτομο εἶναι τό ἄτομο τοῦ ὕδρογόνου. Ἐχει μόνο ἓνα πρωτόνιο στόν πυρήνα του. Γύρω ἀπό τό πρωτόνιο περιφέρεται ἓνα ἠλεκτρόνιο. Ἀμέσως μετά ἔρχεται τό ἥλιο, μέ ατομικό ἀριθμό 2. Τό ἥλιο ἔχει συνεπῶς δύο πρωτόνια καί δύο ἠλεκτρόνια σέ κάθε του ἄτομο.

Κάθε φορά πού προσθέτουμε ἓνα πρωτόνιο στόν πυρήνα, ἀρχίζοντας ἀπό τό ὕδρογόνο, παίρνουμε ἓνα καινούριο στοιχεῖο. Ἐτσι θά φτάσουμε στά 105 στοιχεῖα πού υπάρχουν στόν κόσμο. Ὁ χαλκός ἔχει 29 πρωτόνια στόν πυρήνα του. Τό οὐράνιο εἶναι ἀκόμη πιά πολύπλοκο : ἔχει ατομικό ἀριθμό 92. Αὐτός εἶναι



Τό ἄτομο τοῦ οὐρανίου ἔχει τήν πιά πολύπλοκη δομή ἀπό τὰ ἄτομα πού υπάρχουν στή φύση.

ΦΥΣΙΚΗ ΔΙΑΣΠΑΣΗ ΠΥΡΗΝΩΝ



Οι 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 άρρηκτα πυρήνας ραδονίου, που κι αυτός θα διασπαστεί με τη σειρά του. Το φαινόμενο σταματάει, όταν φτάσουμε στο σταθερό πυρήνα του μολύβδου.

συνεπώς και ο αριθμός των πρωτονίων και ηλεκτρονίων του.

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

5. Πυρήνες που διασπώνται από μόνοι τους: ραδιενέργεια

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

Με τη ραδιενέργεια ένας βαρύς πυρήνας μετατρέπεται σε πυρήνα ενός ελαφρότερου στοιχείου. Για να γίνει αυτό, ο πυρήνας πρέπει να χάσει μερικά από τα πρωτόνια και νετρόνιά του. Συγκροτήματα πρωτονίων και νετρονίων—που ονομάστηκαν **σωμάτια α**—έκτινάζονται 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. Έκδιώκοντας ένα σωματίο α ο ραδιενεργός πυρήνας ελαφραίνει. Παράγεται ένας καινούριος πυρήνας, που κι αυτός μπορεί να διασπαστεί με τη σειρά του. Το φαινόμενο σταματάει, όταν με διαδοχικά «πηδήματα» φτάσουμε στον πυρήνα ενός στοιχείου που δεν είναι ραδιενεργό. Έτσι ο πυρήνας του ραδίου χάνοντας

δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια μετατρέπεται αρχικά σε ραδόνιο. Μέ τη σειρά του τό ραδόνιο παθαίνει διαδοχικές διασπάσεις, ώσότου καταλήξει στο σταθερό μόλυβδο. Ένα άτομο ουρανίου θά γίνει κι αυτό μέ τόν καιρό άτομο μολύβδου, δημιουργώντας στο δρόμο του μερικούς πυρήνες ήλιου.

Τά σωμάτια α δέν είναι τά μόνα πού εκπέμπονται κατά τή διάσπαση τών ραδιενεργών πυρήνων. Μερικές φορές εκπέμπονται σωμάτια πολύ ελαφρότερα, πού ονομάστηκαν **σωμάτια β**. Τά σωμάτια β είναι τά γνωστά μας ηλεκτρόνια. Δέν έχουν όμως σε τίποτα νά κάνουν μέ τά ηλεκτρόνια πού περιφέρονται γύρω από τόν πυρήνα. Τά σωμάτια β δημιουργούνται μέσα στον πυρήνα τή στιγμή τής διασπάσεώς του. Μόλις «γεννηθούν», εγκαταλείπουν τόν πυρήνα μέ ταχύτητα πού πλησιάζει τήν ταχύτητα του φωτός!

Από τούς ραδιενεργούς πυρήνες ακτινοβολείται συχνά και ενέργεια: οί **ακτίνες γ**. Οί ακτίνες γ μοιάζουν πολύ μέ τίς ακτίνες X πού χρησιμοποιούν οί γιατροί. Είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία πολύ μεγάλης συχνότητας. Οί ακτίνες γ είναι τόσο διεισδυτικές, πού διαπερνούν εύκολα ένα στρώμα μολύβδου άρκετου πάχους. Έτσι μάλιστα άνακαλύφθηκε ή ραδιενέργεια. Ένας Γάλλος έρευνητής, ό Μπεκερέλ, είχε ξεχάσει στο συρτάρι του μερικές φωτογραφικές πλάκες. Παρ' όλο πού δέν υπήρχε φώς, οί πλάκες αυτές μαύρισαν. Ψάχνοντας για τήν αίτία του φαινομένου ό Μπεκερέλ άνακάλυψε εκεί κοντά λίγη σκόνη από όρυκτό ουρανίου. Συμπέρανε ότι τό μαύρισμα στις φωτογραφικές πλάκες όφειλόταν σε κάποιες μυστηριώδης «ακτινοβολίες» πού εξέπεμπε τό ουράνιο. Ένα τυχαίο περιστατικό άνοιξε έτσι τό δρόμο πρós τήν άτομική εποχή.

Ας υποθέσουμε όμως ότι έχουμε μία ποσότητα ραδιενεργού υλικού. Πόσο χρόνο θά χρειαστεί αυτή ή ποσότητα, για νά διασπαστεί; Η διάσπαση δέν γίνεται άκαριαία. Πολύ



Πολλά απ' όσα ξέρουμε για τή ραδιενέργεια όφείλονται στη Μαρία Κιουρί. Η Κιουρί καταγόταν από τήν Πολωνία και για τίς έρευνές της τιμήθηκε δύο φορές μέ τό βραβείο Νόμπελ.

λίγα από τά τρισεκατομμύρια άτομα, πού υπάρχουν άς πούμε σ' ένα βόλο ραδίου, διασπώνται κάθε χρονική στιγμή. Άλλιώς δέ' θά υπήρχε καθόλου ράδιο στη γή μας. Θά είχε από πολύ παλιά μεταβληθεί σε μόλυβδο.

Ό χρόνος πού χρειάζεται ένα ραδιενεργό υλικό, για νά μετατραπούν οί μισοί του πυρήνες σε άλλους πυρήνες, είναι ένα σπουδαίο μέγεθος. Για τό ράδιο ό χρόνος αυτός είναι 1600 χρόνια. Σε 1600 χρόνια θά έχει μείνει ή μισή από κάποια ποσότητα πυρήνων ραδίου πού είχαμε. Σε άκόμα 1600 χρόνια ή μισή τής μισής κ.ο.κ. Σε άλλα ραδιενεργά υλικά ό ρυθμός τής διάσπασης είναι άκόμη

πό βραδύς. Στο οὐράνιο μετριέται μέ δισεκατομμύρια χρόνια.

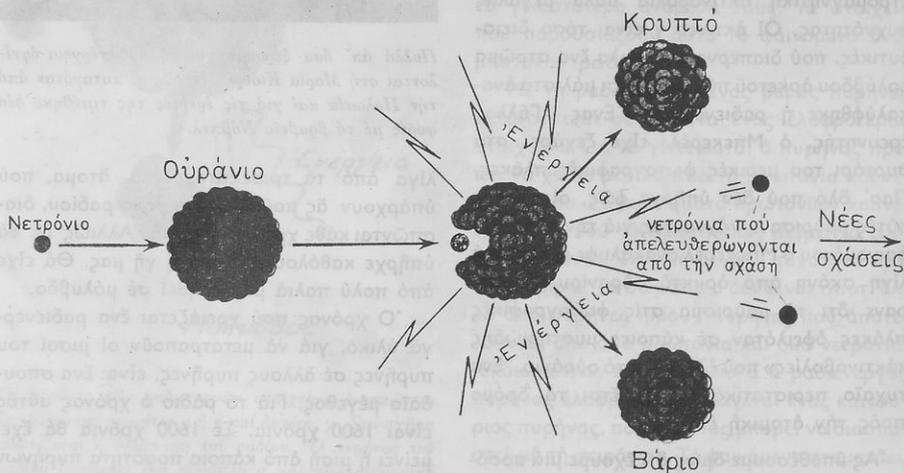
6. Πυρήνες πού διασπώνται τεχνητά: σχάση

Ἡ ἀπελευθέρωση ἐνέργειας ἀπό τούς ραδιενεργούς πυρήνες δέν ἔχει μεγάλη πρακτική ἀξία. Γίνεται μέ πολύ βραδύ ρυθμό καί δέν εἶναι εὐκόλο νά ἐλεγχθεῖ. Ὡστόσο λίγο πρίν ἀπό τό Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο ἀνακαλύφθηκε μία σπουδαία ιδιότητα τοῦ πυρήνα τοῦ οὐρανίου. Ὄταν ὁ πυρήνας τοῦ οὐρανίου «βομβαρδιστεῖ» μέ νετρόνια, κομματιάζεται σέ δύο μέρη περίπου ἴσα. Τό φαινόμενο αὐτό ὀνομάστηκε **σχάση** τοῦ πυρήνα. Τά θραύσματα τοῦ πυρήνα κινούνται μέ μεγάλη ταχύτητα, ἔχουν δηλαδή μεγάλη ἐνέργεια. Μέ τή σχάση τοῦ πυρήνα του τό ἄτομο τοῦ οὐρανίου μετατρέπεται σέ ἄτομα ἄλλων στοιχείων, ἐνῶ συγχρόνως ἀπελευθερώνεται ἕνα τεράστιο ποσό ἐνέργειας.

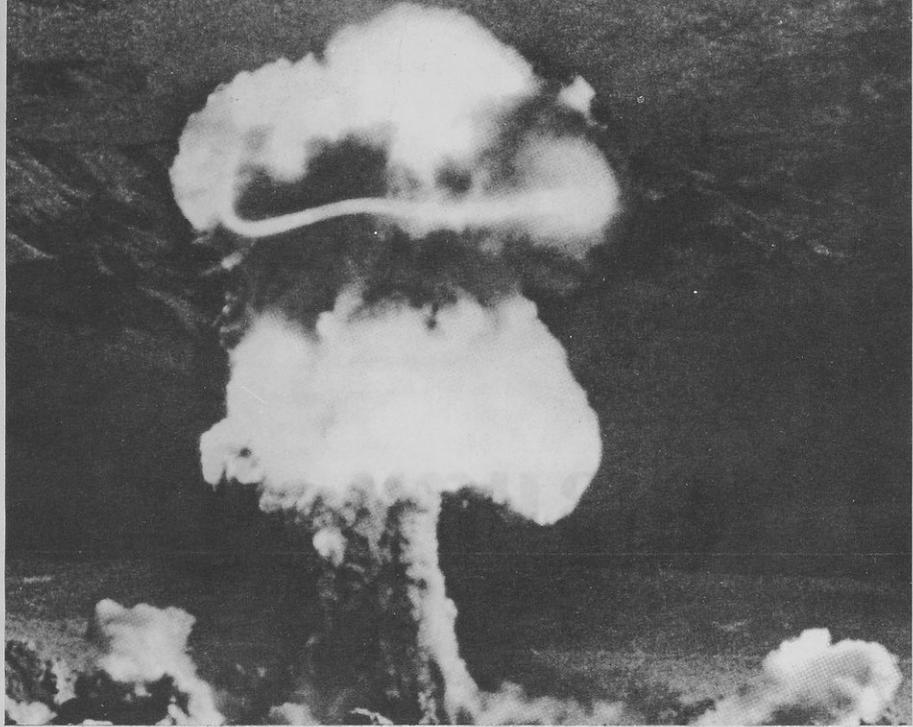
Ἡ σύγκρουση τοῦ νετρονίου μέ τόν πυρή-

να τοῦ οὐρανίου δέν ἔχει ὅμως ὡς μόνο ἀποτέλεσμα τή σχάση τοῦ πυρήνα. Κατά τή σχάση παράγονται ἀκόμα δύο τρία καινούρια νετρόνια. Αὐτό εἶναι ιδιαίτερα σημαντικό. Γιατί τά νετρόνια πού παράγονται μπορούν νά προκαλέσουν σχάση σέ ἄλλους πυρήνες τοῦ οὐρανίου. Ἐνῶ δηλαδή γιά νά ἀρχίσει ἡ σχάση εἶναι ἀπαραίτητο ἕνα «βλήμα» νετρονίου νά συγκρουσθεῖ μέ τόν πυρήνα, ἀπό ἐκεῖ κι ἔπειτα τό φαινόμενο συνεχίζεται ἀπό μόνο του. Ὁ πρῶτος πυρήνας τοῦ οὐρανίου κομματιάζεται καί συγχρόνως παράγει νετρόνια, καί αὐτά μέ τή σειρά τους προκαλοῦν καινούριες σχάσεις. Εἶναι, ὅπως λέμε, μία *ἀλυσωτή ἀντίδραση*. Μ' ἕνα μόνο ἀρχικό νετρόνιο ὡς «βλήμα» μπορούμε νά ἐπιτύχουμε (σέ χρόνο λιγότερο ἀπό ἕνα ἑκατομμυριοστό τοῦ δευτερολέπτου!) σχάση σ' ἕνα ὀλόκληρο χιλιόγραμμο οὐρανίου.

Ἄν ἡ ἀλυσωτή ἀντίδραση τῶν πυρήνων ἀφεθεῖ μόνη της, θά ὀδηγήσει σέ μία καταστροφική ἔκρηξη. Αὐτό συμβαίνει στήν ἀτομική βόμβα. Στά πυρηνικά ἐργοστάσια, ἀντίθετα,



Ἐνα νετρόνιο κάνει τόν πυρήνα τοῦ οὐρανίου νά διασπαστεῖ σέ δύο κομμάτια περίπου ἴσα. Συγχρόνως παράγονται νετρόνια, πού μέ τή σειρά τους μπορούν νά προκαλέσουν σχάσεις σέ ἄλλους πυρήνες οὐρανίου.



Στήν ατομική βόμβα ή άλυσωτή διάσπαση τών πυρήνων οδηγεί σέ μιά ισχυρότατη έκρηξη.

ὁ ἄνθρωπος ἐλέγχει ὁ ἴδιος τό φαινόμενο. Μέ τήν ἐνέργεια πού ἀπελευθερώνεται ἀπό τή σχάση παράγει ἠλεκτρικό ρεύμα. Καθώς τά ἀποθέματα πετρελαίου καί ἄνθρακα τῆς γῆς ἐξαντλοῦνται, ἡ παραγωγή ἐνέργειας ἀπό πυρηνικές σχάσεις μπορεῖ νά ἀποδειχθεῖ πολὺτιμη γιά τόν ἄνθρωπο.

Ἄπό ποῦ προέρχεται ὅμως ἡ ἐνέργεια πού ἀπελευθερώνεται μέ τή σχάση τών πυρήνων; Σέ ἀντίθεση μέ τίς συνηθισμένες χημικές ἀντιδράσεις, κατά τή σχάση ἕνα μικρό μέρος τῆς ὕλης καταστρέφεται. Ὑπάρχει λιγότερη ὕλη μετά τή σχάση: ἂν μπορούσαμε νά ζυγίσουμε τά θραύσματα τοῦ πυρήνα, θά διαπιστώναμε ὅτι τό βάρος τους εἶναι λίγο μικρότερο ἀπό τό βάρος τοῦ ἀρχικοῦ πυρήνα. Ἡ μάζα πού λείπει δέν ἔχει πραγματικά «ἐξαφανιστεῖ» ἀπό τόν κόσμο. Ἐχει μετατραπεῖ σέ ἐνέργεια. Ἐνα ἐλάχιστο κομματάκι ὕλης «μετα

μορφώνεται» στό τεράστιο ποσό ἐνέργειας τών πυρηνικῶν σχάσεων.

Τό ὅτι ἡ ὕλη μπορεῖ νά γίνει ἐνέργεια εἶχε προβλεφθεῖ ἀπό τόν Ἄϊνσταϊν πολλά χρόνια πρὶν ἀπό τή σχάση τοῦ οὐρανίου. Ὁ Ἄϊνσταϊν εἶχε ὑπολογίσει μ' ἕνα μαθηματικό τύπο, πού μοιάζει κάπως ἔτσι

$$E = mc^2$$

πόση ἀκριβῶς ἐνέργεια ἀπελευθερώνει ἡ «ἐξαφάνιση» μιᾶς ὀρισμένης μάζας ὕλης. Ἡ ἐνέργεια αὐτή εἶναι τεράστια. Ἄπό ἕνα γραμμάριο ὕλης μπορεῖ νά παραχθεῖ ἐνέργεια πού θά ἔφτανε τίς ἀνάγκες μιᾶς οἰκογένειας—τή θέρμανση, τό φωτισμό, τήν ἠλεκτρική κουζίνα—γιά 2500 χιλιάδες χρόνια!

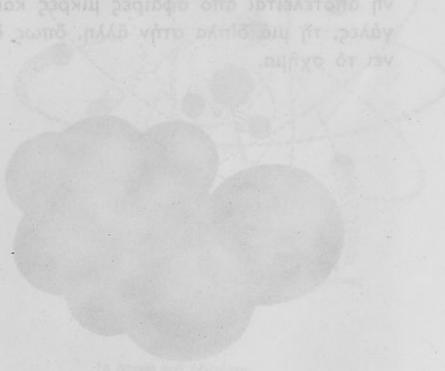
Στόν ἀπλό μαθηματικό τύπο πού συνδέει τή μάζα μέ τήν ἐνέργεια κλείνεται μιά ἀπό τίς σπουδαιότερες κατακτήσεις τοῦ ἀνθρώπου στήν προσπάθειά του νά κατανοήσῃ τή φύση.

β. χημεία

Το μόριο του σπινθηρικού οξυγόνου αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου που συνδέονται με διπλό δεσμό. Η μοριακή του δομή είναι η εξής:

$$O=O$$

Η μοριακή μάζα του οξυγόνου είναι 32 α.μ.μ. Η πυκνότητα του οξυγόνου είναι 1,43 γραμμάρια ανά λίτρο. Η θερμοκρασία τήξης του οξυγόνου είναι -218,8°C και η θερμοκρασία βρασμού του είναι -183°C. Το οξυγόνο είναι ένα αέριο άχρωμο και άγευστο. Είναι πολύ σημαντικό για την ζωή, καθώς αποτελεί το 21% της ατμόσφαιρας. Το οξυγόνο οξειδώνει τα περισσότερα μέταλλα και οργανικά υλικά. Η οξείδωση είναι μια χημική αντίδραση στην οποία ένα άτομο χημικό χάνει ηλεκτρόνια. Το οξυγόνο είναι ένα από τα πιο ενεργά χημικά στοιχεία. Είναι απαραίτητο για την αναπνοή των ζώων και την φωτοσύνθεση των φυτών. Το οξυγόνο είναι επίσης ένα από τα πιο κοινά στοιχεία στον ήλιο. Είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία για την ζωή. Το οξυγόνο είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία για την ζωή. Το οξυγόνο είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία για την ζωή.



Το νερό αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Η μοριακή του δομή είναι η εξής:

$$H_2O$$

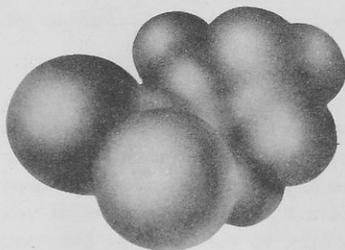
Η μοριακή μάζα του νερού είναι 18 α.μ.μ. Η πυκνότητα του νερού είναι 1 γραμμάρια ανά εκατοστό κυβικό. Η θερμοκρασία τήξης του νερού είναι 0°C και η θερμοκρασία βρασμού του είναι 100°C. Το νερό είναι ένα άχρωμο, άγευστο υγρό. Είναι πολύ σημαντικό για την ζωή, καθώς αποτελεί το 70% του σώματος των ζώων. Το νερό είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία για την ζωή. Το νερό είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία για την ζωή. Το νερό είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία για την ζωή.

ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ

Α. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

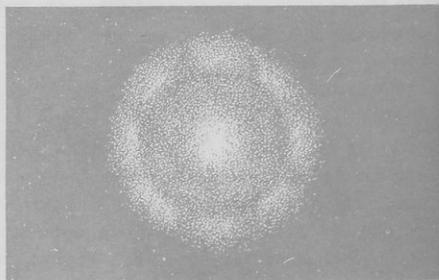
1. Μόρια και άτομα

Στό μάθημα του στατικού ηλεκτρισμού και στην ατομική φυσική μάθατε ότι τα μόρια αποτελούνται από άτομα. *Αν είχαμε στή διάθεσή μας ένα πάρα πολύ δυνατό μικροσκόπιο και μπορούσαμε να μεγεθύνουμε 1.000 άκρη φορές τον κόκκο ενός μορίου πρωτεΐνης που είδατε στή σελίδα 9 του βιβλίου σας τής φυσικής, θά βλέπαμε ότι η πρωτεΐνη αποτελείται από σφαίρες μικρές και μεγάλες, τή μιά δίπλα στήν άλλη, όπως δείχνει τό σχήμα.



*Αν τώρα κάποιος μās ρωτούσε τί είναι αυτές οί σφαίρες, δέ θά κάναμε λάθος, αν απαντούσαμε ότι είναι τά άτομα που αποτελούν τό μόριο τής πρωτεΐνης. Μάθατε επί-

σης ότι τά άτομα αποτελούνται από τά ηλεκτρόνια που είναι αρνητικά φορτισμένα και από έναν πυρήνα που περιέχει τά πρωτόνια που είναι θετικά φορτισμένα. Τά ηλεκτρόνια είναι πάρα πολύ μικρά, 1900 φορές ελαφρότερα από τά πρωτόνια και γυρίζουν πάρα πολύ γρήγορα γύρω από τόν πυρήνα. *Αν τώρα μπορούσαμε μέ τό φανταστικό μας μικροσκόπιο να μεγεθύνουμε μιά από τίς σφαίρες που παριστάνει ένα άτομο, θά βλέπαμε ότι τό άτομο μοιάζει σάν σφαίρα χωρίς καθαρό περίγραμμα. Στό κέντρο θά διακρίναμε μιά κάπως συμπαγή κηλίδα, όπως δείχνει τό σχήμα.



Τό σχήμα αυτό παριστάνει τό νέφος των αρνητικά φορτισμένων ηλεκτρονίων που γυρίζουν πολύ γρήγορα γύρω από τόν θετικά φορτισμένο πυρήνα που φαίνεται σάν συ-

μπαγής κηλίδα.

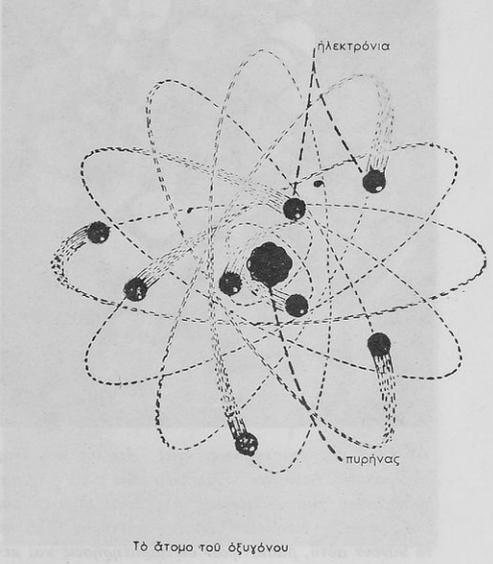
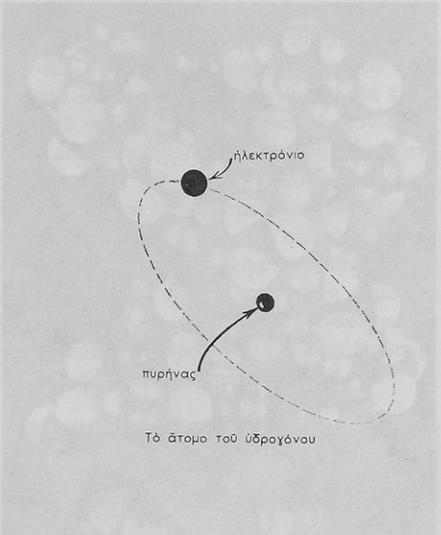
Τήν εικόνα του ατόμου, όπως και την εικόνα των ατόμων που αποτελούν την πρωτεΐνη μας, οι επιστήμονες δεν την είδαν. Τήν σχεδίασαν όμως μελετώντας τη συμπεριφορά των ατόμων. Έτσι προσπαθούν να πλησιάσουν την αλήθεια για τη δομή της ύλης. Πιθανόν την εικόνα του ατόμου να την έχετε δει επίσης σχεδιασμένη όπως το πλανητικό μας σύστημα. Δηλαδή τον πυρήνα στο κέντρο του ατόμου όπως ο ήλιος και τα ηλεκτρόνια ως πλανήτες να γυρίζουν γύρω του.

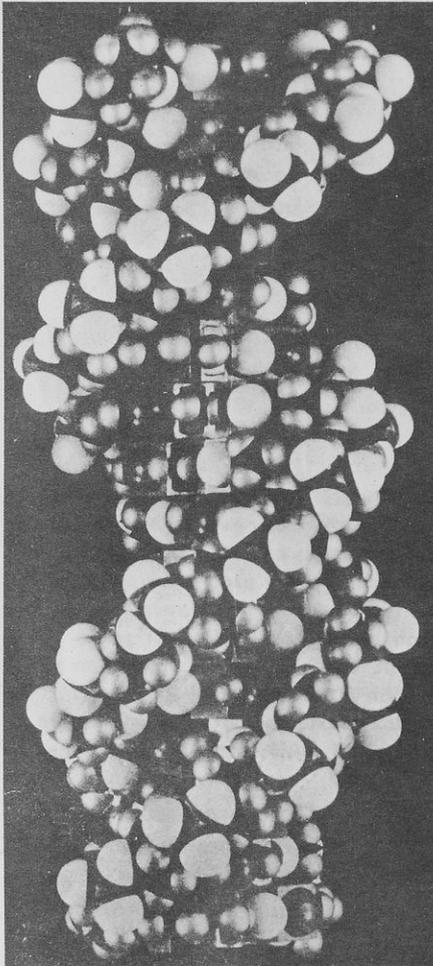
Και οι δύο αυτές απεικονίσεις του ατόμου δεν αποδίδουν παρά μόνο μέρος της αλήθειας. Κάθε σχέδιο όμως είναι χρήσιμο και μάς βοηθάει να κατανοήσουμε τη δομή της ύλης. Τις διαφορές αυτές απεικονίσεις του ατόμου τις λέμε **μοντέλα δομής του ατόμου**.

Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν πολύ συχνά μοντέλα ατόμων που αποτελούνται από σφαίρες διαφορετικού μεγέθους, για να κατασκευάζουν μόρια, όπως έσείς φτιάχνετε διάφορες κατασκευές με ξυλάκια διαφόρων διαστάσεων και σχημάτων. Ζωγραφίζοντας μοντέλα ή φτιάχνοντας μοντέλα οι χημικοί και φυσικοί προσπαθούν να κάνουν την εικόνα ενός μικρού κομματιού του φυσικού κόσμου. Σ' αυτήν τη δουλειά χρησιμοποιούν τις γνώσεις τους και πολλές φορές τη φαντασία τους.

Πολλές φορές συμβαίνει οι επιστήμονες να κατασκευάζουν το μοντέλο ενός πολύπλοκου μορίου, πριν ανακαλύψουν την πραγματική μορφή και δομή του. Έτσι μελετώντας τις ιδιότητες διαφόρων μορίων φαντάζονται τη δομή τους και κατασκευάζουν υποθετικά μοντέλα. Μέ τη συνεχή έρευνα και μελέτη προσπαθούν να αποδείξουν ότι το μοντέλο που φαντάστηκαν ήταν σωστό.

Στήν άλλη σελίδα βλέπετε το μοντέλο ενός πολύπλοκου μορίου που κατασκευάστηκε πριν ανακαλυφθεί η δομή του. Ή έρευνα απέδειξε ότι η κατασκευή ήταν σωστή. Βλέπε σελ. 114.





Τό 1953 δύο επιστήμονες, ένας Άγγλος και ένας Αμερικανός, έφτιαξαν τό μοντέλο ενός γιγάντιου και πολύπλοκου χημικού μορίου, πού είναι ή βάση τής ζωής κάθε φυτικού και ζωικού κυττάρου. Γιά νά τό κάνουν αυτό, βασίστηκαν σέ παρατηρήσεις και μελέτες πού είχαν κάνει άλλοι επιστήμονες γιά τό μόριο αυτό μέχρι τότε. Μετά 10 περίπου χρόνια αποδείχτηκε ότι τό μοντέλο τους ήταν σωστό. Στη φωτογραφία βλέπετε μόνο ένα μικρό μέρος από τό μοντέλο τού γιγάντιου μορίου.

2. Χημικές ενώσεις και χημικός δεσμός

Τά άτομα σπάνια βρίσκονται μόνο τους στή φύση. Από τόν πηλό πού πλάθουμε βόλους, τό νερό και τό γάλα πού πίνουμε, τή ζάχαρη και τό άλάτι πού βάζουμε στά φαγητά μας μέχρι τήν πρωτεΐνη πού είδαμε μέ τό «ύπερ-μικροσκοπικό μας» τά άτομα είναι δεμένα μεταξύ τους και σχηματίζουν **χημικές ενώσεις**.

Μάθατε ότι υπάρχουν 88 γνωστά χημικά στοιχεία. Τό ύδρογόνο, τό όξυγόνο, τό άζωτο, ό άνθρακας, τό θείο, ό φωσφόρος, ό σίδηρος, τό άλουμίνιο είναι μερικά από τά στοιχεία πού ξέρετε ή τά έχετε άκούσει. Τά στοιχεία συμβολίζονται μ' ένα γράμμα, πού συνήθως είναι τό άρχικό λατινικό γράμμα τού ονόματός τους. Έτσι τό ύδρογόνο συμβολίζεται μέ Η, τό όξυγόνο μέ Ο, τό άζωτο μέ Ν, ό άνθρακας μέ С, τό θείο μέ S κλπ. Τά 88 αυτά διαφορεικά στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους μέ διάφορους τρόπους και σχηματίζουν πολλά εκατομμύρια χημικές ενώσεις ή μόρια όπως τά λέμε. Όπως μέ τά 24 γράμματα τού άλφαβήτου κάνουμε πολλές χιλιάδες λέξεις, έτσι και μέ τά 88 διαφορετικά χημικά στοιχεία μπορούμε νά κάνουμε εκατομμύρια μόρια. Όπως όμως ένα όρισμένο γράμμα τού άλφαβήτου τό συναντούμε σέ πολλές διαφορετικές λέξεις, έτσι και ένα χημικό στοιχείο μπορεί νά βρίσκεται σέ πάρα πολλά διαφορετικά μόρια. Αυτό μπορούμε νά τό δούμε μέ τήν εργασία στήν τάξη :

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστείτε 2-3 σπιρτόξυλα, ένα κομματάκι χαρτί, λίγη ζάχαρη, ένα καπάκι από κουτί τενεκεδένιο, μία λαβίδα και ένα καμινέτο οινόπνεύματος.

1) Άνάψτε τό σπύρτο και κρατήστε τό άναμμένο από τή μία άκρη ώσπου νά σβήσει. Άν ή φλόγα προχωρήσει γρήγορα,

φωσήτε το να σβήσει, για να μην καεί το δάχτυλό σας. Τι παρατηρείτε;

2) Τσαλακώστε το χαρτάκι, βάλτε το σ' ένα πιατάκι και ανάψτε το μ' ένα σπρίτο.

"Όταν σβήσει η φλόγα, τι απομένει στο πιατάκι;

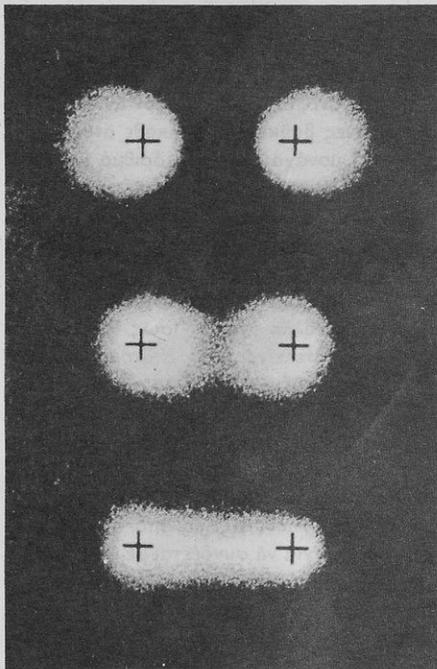
3) Βάλτε στο τενεκεδάκι καπάκι λίγη ζάχαρη. Πιάστε το τενεκεδάκι με μία λαβίδα και κρατήστε το πάνω από τη φλόγα του καμινέτου, ώσπου να καεί η ζάχαρη. Τι παρατηρείτε;

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

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

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

"Ας πάρουμε για παράδειγμα δύο άτομα του υδρογόνου που πλησιάζουν πάρα πολύ κοντά. Τότε τό ηλεκτρονικό νέφος του ενός ατόμου με τό αρνητικό του φορτίο θα έλκεται από τό θετικά φορτισμένο πρωτόνιο του δεύτερου ατόμου. Τό ίδιο θα συμβεί και στό ηλεκτρονικό νέφος του δεύτερου ατόμου, που θα έλκεται από τό πρωτόνιο του πρώτου ατόμου. Έτσι τά δύο άτομα του υδρογόνου θα μοιρασούν τά ηλεκτρόνια τους και θα συνδεθούν. Με την σύνδεση αυτή λέμε ότι σχηματίστηκε **χημικός δεσμός** ανάμεσα στά δύο άτομα του υδρογόνου και έτσι δημιουργήθηκε ένα μόριο υδρογόνου.



Δύο άτομα υδρογόνου έρχονται πολύ κοντά και σχηματίζουν χημικό δεσμό ανάμεσά τους. Οί στανροί παριστάνουν τούς θετικά φορτισμένους πυρήνες τών ατόμων του υδρογόνου, που έλκουν τό αρνητικά φορτισμένο νέφος τών ηλεκτρονίων τους.

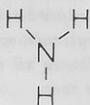
Ό χημικός δεσμός συνήθως παριστάνεται άπλά με μία ευθεία γραμμή ανάμεσα στα άτομα.

Τό μόριο λοιπόν του ύδρογόνου γράφεται H — H. Για νά σχηματιστεί χημικός δεσμός άνάμεσα σε δύο άτομα του ύδρογόνου πή-ραν μέρος τά ηλεκτρόνια τους.

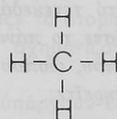
Μάθατε ότι τά διάφορα άτομα διαφέρουν μεταξύ τους στον αριθμό των ηλεκτρονίων καί πρωτονίων πού περιέχουν καί ότι για νά είναι ένα άτομο ούδέτερο πρέπει νά έχει τόσα πρωτόνια όσα καί ηλεκτρόνια.

Τό άτομο του όξυγόνου έχει 8 πρωτόνια καί 8 ηλεκτρόνια. Τό άτομο του άζώτου έχει 7 πρωτόνια καί 7 ηλεκτρόνια. Τό άτομο του άνθρακα έχει 6 πρωτόνια καί 6 ηλεκτρόνια. Πώς όμως σχηματίζεται χημικός δεσμός με τά άτομα πού έχουν πολλά ηλεκτρόνια όπως με τό όξυγόνο, τό άζωτο καί τόν άνθρακα; Οί επιστήμονες βρήκαν ότι τό κάθε άτομο χρησιμοποιεί μονάχα όρισμένο αριθμό ηλεκτρονίων, από τά πολλά πού διαθέτει, για νά συνδέεται με άλλα άτομα. Ό αριθμός αυτός είναι χαρακτηριστικός για τό κάθε στοιχείο. Έτσι τό άτομο του όξυγόνου χρησιμοποιεί μονάχα 2 από τά όκτώ ηλεκτρόνια του, για νά συνδεθεί με άλλα άτομα. Ίσως θυμάστε ότι τό νερό αποτελείται από 2 άτομα ύδρογόνου καί ένα όξυγόνου. Τώρα πού ξέρουμε για τό χημικό δεσμό, τό μόριο του νερού μπορούμε νά τό γράψουμε : H—O—H. Δηλαδή τό όξυγόνο μοιράστηκε 2 από τά ηλεκτρόνια του με τά δύο άτομα του ύδρογόνου.

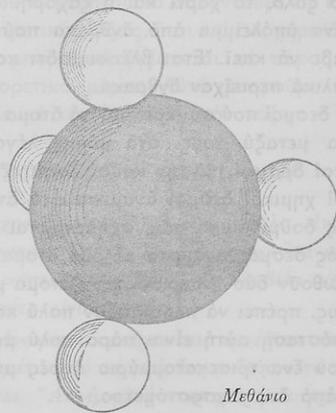
Τό άζωτο διαθέτει τρία από τά επτά ηλεκτρόνια του, για νά συνδέεται με άλλα άτομα. Έτσι ένα μόριο άμμωνίας, πού περιέχει ένα άτομο άζώτου καί τρία άτομα ύδρογόνου, μπορούμε νά τό γράψουμε :



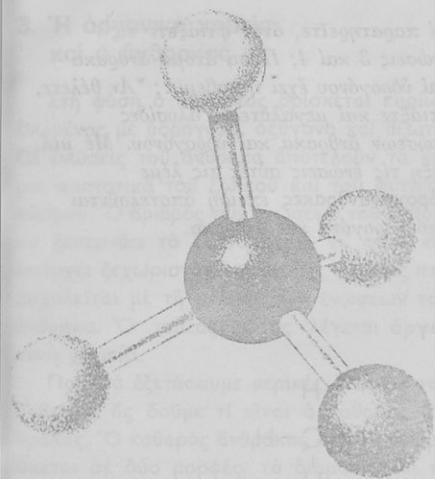
Τό άτομο του άνθρακα χρησιμοποιεί πάντα τέσσερα από τά έξι ηλεκτρόνια του, για νά συνδέεται με άλλα άτομα. Έτσι ό άνθρακας μπορεί νά συνδεθεί με τέσσερα άτομα ύδρογόνου καί νά δώσει τήν ένωση πού λέγεται μεθάνιο.



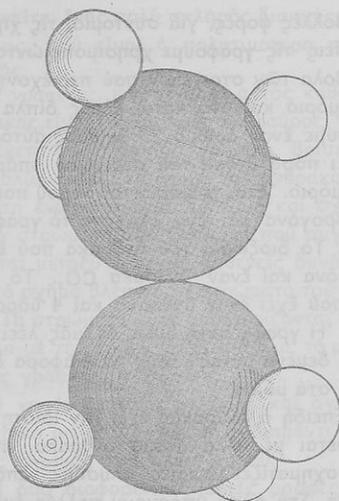
Οί επιστήμονες πολλές φορές χρησιμοποιούν διάφορα μοντέλα, για νά παραστήσουν καί νά καταλάβουν τό μικρόκοσμο των ατόμων καί των μορίων. Έτσι μπορούμε νά παραστήσουμε τό άτομο του άνθρακα με μία μεγάλη σφαίρα καί τά άτομα του ύδρογόνου με μικρότερες σφαίρες, όπως δείχνει η εικόνα, καί νά κατασκευάσουμε τό μόριο του μεθανίου. Μπορούμε όμως νά κάνουμε καί μία άλλη κατασκευή πού νά φαίνονται καί οι χημικοί δεσμοί του άνθρακα με τά ύδρογόνα. Παριστάνουμε τό άτομο του άνθρακα με μία σφαίρα καί συνδέουμε με ζυλάκια τά άτομα του ύδρογόνου, όπως φαίνεται στό σχήμα στή σελίδα 117.



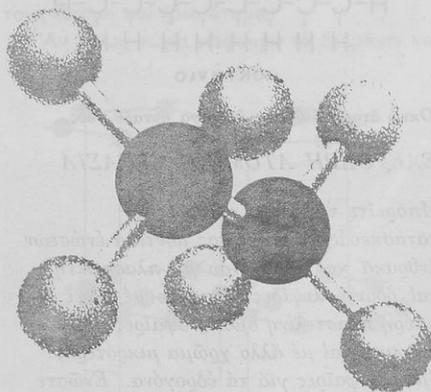
Μεθάνιο



Μεθάνιο



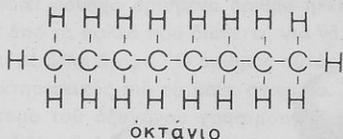
Ο άνθρακας είναι ένα από τα κυριότερα στοιχεία του ζωικού κόσμου και έχει μία καταπληκτική ιδιότητα να μπορεί να μοιράζεται τα ηλεκτρόνια του με πολλά άλλα άτομα άνθρακα και να σχηματίζει μακριές αλυσίδες, όπως θα δούμε πιά κάτω. Όταν δύο άτομα άνθρακα ενώνονται μεταξύ τους, τότε μπορούμε να κάνουμε τίς κατασκευές που δείχνει τό σχήμα. Είτε οί δύο μεγάλες σφαίρες του άνθρακα να άκουμπούν είτε οί δύο άνθρακες να ενώνονται μέ ένα ζυλάκι. Στην περίπτωση αυτή τά δύο άτομα του άνθρακα μοιράζονται 2 από τά 8 ηλεκτρόνια τους που χρησιμοποιούν, γιά να συνδέονται μέ άλλα άτομα, δηλαδή να σχηματίζουν χημικούς δεσμούς. Μέ τά υπόλοιπα 6 ηλεκτρόνια συνδέονται 6 ύδρογόνα. Νά θυμάστε οτι ένας χημικός δεσμός που παριστάνεται μέ μία γραμμή ή ένα ζυλαράκι χρειάζεται δύο ηλεκτρόνια, γιά να σχηματιστεί. Ένα από τό κάθε άτομο.



Δύο άτομα άνθρακα ένωμένα μεταξύ τους.

Πολλές φορές, για συντομία, τις χημικές ενώσεις τις γράφουμε χρησιμοποιώντας τὰ σύμβολα τῶν στοιχείων πού περιέχονται σέ ἕνα μόριο καί στό κάτω μέρος διπλα τους βάζουμε ἕναν ἀριθμό. Ὁ ἀριθμός αὐτός δηλώνει πόσα ἄτομα τοῦ στοιχείου ὑπάρχουν στό μόριο. Ἔτσι τό μόριο τοῦ νεροῦ πού ἔχει 2 ὕδρογόνα καί ἕνα ὀξυγόνο τό γράφουμε H₂O. Τό διοξειδιο τοῦ ἄνθρακα πού ἔχει 2 ὀξυγόνα καί ἕναν ἄνθρακα CO₂. Τό μεθάνιο πού ἔχει ἕναν ἄνθρακα καί 4 ὕδρογόνα CH₄. Ἡ γραφή αὐτή ὅμως δέ μᾶς λέει πῶς εἶναι δεμένα μεταξύ τους τὰ διάφορα ἄτομα μέσα στά μόρια.

Ἐπειδή ὁ ἄνθρακας ἔχει τήν ιδιότητα νά ἐνώνεται μέ ἄλλα ἄτομα ἄνθρακα, μπορεῖ καί σχηματίζει μακριές ἀλυσίδες ἀπό ἄνθρακα. Στή φύση ὑπάρχουν πολλές ενώσεις πού περιέχουν μακριές ἀλυσίδες μέ ἄτομα ἄνθρακα.



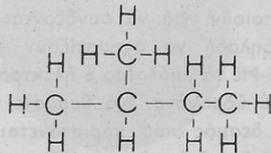
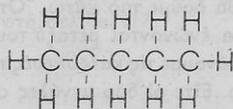
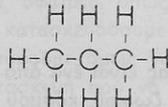
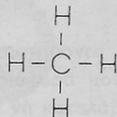
Ἐκτὼ ἄτομα ἄνθρακα ἐνωμένα μεταξύ τους.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μπορεῖτε τώρα καί σεῖς νά κατασκευάσετε μόνοι σας μοντέλα ἐνώσεων ἄνθρακα καί ὕδρογόνου μέ πλαστελίνη καί ὀδοντογλυφίδες. Φτιάξτε μέ καφέ ἢ μαύρη πλαστελίνη ὅμοιες σφαῖρες γιά τόν ἄνθρακα καί μέ ἄλλο χροῶμα μικρότερες ὅμοιες σφαῖρες γιά τὰ ὕδρογόνα. Ἐνώστε τοὺς ἄνθρακες μέ ὀδοντογλυφίδες. Βάλτε ὀδοντογλυφίδες στίς ὑπόλοιπες μεριές ἀπό τίς σφαῖρες τοῦ ἄνθρακα καί ἐνώστε τίς μικρότερες σφαῖρες τοῦ ὕδρογόνου πάνω στά ξυλάκια.

Κατασκευάστε τὰ μοντέλα τῶν ἐνώσεων τοῦ ἄνθρακα πού εἶναι ἀπέναντι.

Τί παρατηρεῖτε, ὅταν φτιάξετε τίς ἐνώσεις 3 καί 4; Πόσα ἄτομα ἄνθρακα καί ὕδρογόνου ἔχει ἡ καθεμιᾶ; Ἄν θέλετε, φτιάξτε καί μεγαλύτερες ἀλυσίδες ἐνώσεων ἄνθρακα καί ὕδρογόνου. Μέ μιὰ λέξη τίς ἐνώσεις αὐτές τίς λέμε ὕδρογονάνθρακες ἐπειδή ἀποτελοῦνται ἀπό ὕδρογόνο καί ἄνθρακα.

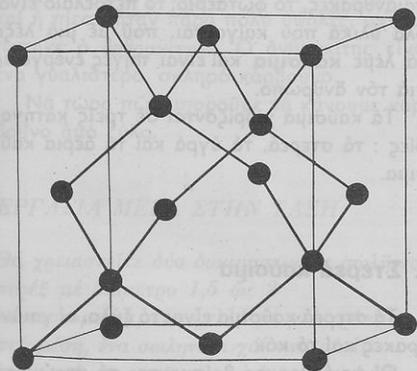


3. 'Η οργανική χημεία καί ὁ ἄνθρακας

Στή φύση ὁ ἄνθρακας βρίσκεται κυρίως ἐνωμένος με ὑδρογόνο, ὀξυγόνο καί ἄζωτο. Οἱ ἐνώσεις τοῦ ἄνθρακα ἀποτελοῦν τὰ κύρια συστατικά τοῦ ζωικοῦ καί τοῦ φυτικοῦ κόσμου. Ὁ ἀριθμός τῶν ἐνώσεων τοῦ ἄνθρακα ξεπερνάει τό ἑκατομμύριο γι' αὐτό καί ὑπάρχει ξεχωριστός τομέας τῆς χημείας πού ἀσχολεῖται μέ τή μελέτη τῶν ἐνώσεων τοῦ ἄνθρακα. Ὁ τομέας αὐτός λέγεται **ὀργανική χημεία**.

Πρὶν νά ἐξετάσουμε μερικές ἐνώσεις τοῦ ἄνθρακα ἄς δοῦμε τί εἶναι ὁ καθαρὸς ἄνθρακας. Ὁ καθαρὸς ἄνθρακας στή φύση βρίσκεται σέ δύο μορφές, τό διαμάντι καί τό γραφίτη.

Τό **διαμάντι** σχηματίστηκε, ὅταν ἄτομα τοῦ ἄνθρακα βρέθηκαν πολύ κοντά, οἱ θερμοκρασίες τῆς γήινης μάζας ἦταν πολύ ὑψηλές καί οἱ πιέσεις πάρα πολύ μεγάλες. Στό διαμάντι τὰ ἄτομα τοῦ ἄνθρακα εἶναι ἐνωμένα μεταξύ τους καί σχηματίζουν ἕνα πυκνὸ πλέγμα, ὅπως βλέπετε στό σχῆμα. Ἔτσι δη-



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

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

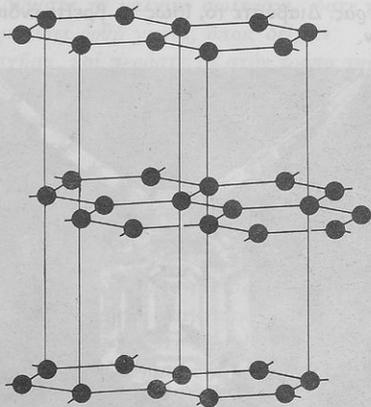
Ὁ **γραφίτης**, πού εἶναι κι αὐτὸς καθαρὸς ἄνθρακας, εἶναι γυαλιστερός καί μαῦρος. Ὅλοι σας ἔχετε δεῖ ἢ ἀγγίξει γραφίτη. Βρίσκεται σὰ μολύβια σας. Τὰ ἄτομα τοῦ ἄνθρακα στό γραφίτη ἐνώνονται μεταξύ τους καί σχηματίζουν στρώματα ἀπὸ ἐξάγωνα πού συγκρατιοῦνται μεταξύ τους μέ ἀσθενεῖς δυνάμεις.

Στό σχῆμα βλέπετε τὰ στρώματα τοῦ γραφίτη. Τὰ στρώματα αὐτὰ ἀποχωρίζονται πολὺ εὐκόλα μέ τὴν τριβὴ καί γι' αὐτό μέ τό μολύβι μας γράφουμε πάνω στό χαρτί.

Ὁ γραφίτης εἶναι μαλακὸς καί ἄγει τό ἠλεκτρικὸ ρεῦμα. Ἀντίθετα τό διαμάντι εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

Οἱ δύο διαφορετικὲς αὐτὲς μορφές τοῦ καθαροῦ ἄνθρακα ἔχουν διαφορετικὲς ιδιότητες, πού ὀφείλονται στόν τρόπο πού εἶναι συνδεμένα τὰ ἄτομα τοῦ ἄνθρακα μεταξύ τους. Βλέπουμε λοιπὸν πόσο μεγάλη σημασία ἔχει ὁ τρόπος πού ἐνώνονται μεταξύ τους ἀκόμη καί ἴδια ἄτομα.

Ἄν ὁμως τώρα κάψουμε τό διαμάντι καί

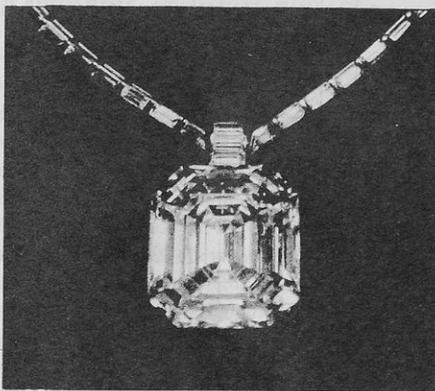


Πῶς εἶναι ἐνωμένα μεταξύ τους τὰ ἄτομα τοῦ ἄνθρακα στό γραφίτη.

τό γραφίτη, δηλαδή τά θερμάνουμε σέ ύψηλή θερμοκρασία μαζί μέ όξυγόνο, τότε και τά δύο μετατρέπονται σέ διοξείδιο του άνθρακα. Τά άτομα του άνθρακα, στό γραφίτη και στό διαμάντι, άσχετα μέ τόν τρόπο που είναι συνδεμένα μεταξύ τους, μέ τή βοήθεια τής θερμότητας ένώνονται μέ τό όξυγόνο και σχηματίζουν τήν ίδια χημική ένωση, τό διοξείδιο του άνθρακα. Ουμηθείτε ότι τό ίδιο παρατηρήσαμε, όταν κάψαμε ζύλο, χαρτί και ζάχαρη.

Τό ότι ή ύψηλή πίεση και ή θερμοκρασία ήταν άπαραίτητες, γιά νά σχηματιστεί τό διαμάντι πρίν εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια, τό απέδειξαν οί έπιστήμονες τό 1955. Πήραν γραφίτη και τόν θέρμαναν χωρίς νά ύπάρχει καθόλου όξυγόνο σέ 2400 °C και σέ πάρα πολύ ύψηλή πίεση. Έτσι κατόρθωσαν νά φτιάξουν μικρά κομματάκια από διαμάντι. Αύτή είναι μία δύσκολη και πολυέξοδη δουλειά. Γι' αυτό τά διαμάντια έξακολουθούν νά είναι πολύ άκριβά και περιζήτητα στόν κόσμο και οί άνθρωποι έξακολουθούν νά ψάχνουν γιά φυσικά διαμάντια στά τρίσβαθα τής γής.

Ο Ίούλιος Βέρν έγραψε ένα βιβλίο γιά ένα διαμάντι. Λέγεται *Ο Μεσημβρινός Άστέρας*. Διαβάστε το, ίσως τό βρείτε ενδιαφέρον.



Ένα άληθινό διαμάντι

Β. ΚΑΥΣΙΜΑ : ΓΑΙΑΝΘΡΑΚΕΣ, ΦΩΤΑΕΡΙΟ, ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

“Ολοι έχετε δεί ένα κομματάκι βαμβάκι νά καίγεται, όταν πλησιάσουμε ένα αναμμένο σπίρτο. Έχετε άκούσει ότι μέ τήν καύση παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό και έχετε δεί ότι πάντα σχεδόν απομένει άνθρακας που δέν πρόλαβε νά καεί. Τό ζύλο και τό βαμβάκι, που καίγονται, περιέχουν μία χημική ουσία που λέγεται κυτταρίνη. Η κυτταρίνη αποτελείται από πολλά άτομα άνθρακα, όξυγόνου και ύδρογόνου. Μέ τήν καύση του ζύλου έγιναν διάφορες χημικές μεταβολές. Έσπασαν οί δεσμοί στά μόρια τής κυτταρίνης και ό άνθρακας και τό ύδρογόνο άντέδρασαν ξεχωριστά τό καθένα μέ τό όξυγόνο του άέρα και σχημάτισαν διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

Έχουμε όμως παρατηρήσει ότι μέ τήν καύση του ζύλου παράγεται φώς και θερμότητα. Από πού έμφανίστηκαν οί μορφές αυτές τής ένέργειας; Η ένέργεια αύτή ήταν φυλαγμένη στους χημικούς δεσμούς των μορίων τής κυτταρίνης και έλευθερώθηκε, όταν οί δεσμοί αυτοί έσπασαν. Τό ζύλο, οί γαιάνθρακες, τό φωταέριο, τό πετρέλαιο είναι όλα ύλικά που καίγονται, που μέ μία λέξη τά λέμε **καύσιμα** και είναι πηγές ένέργειας γιά τόν άνθρωπο.

Τά καύσιμα χωρίζονται σέ τρεις κατηγορίες : τά στερεά, τά ύγρά και τά άέρια καύσιμα.

1. Στερεά καύσιμα

Τά στερεά καύσιμα είναι τό ζύλο, οί γαιάνθρακες και τό κόκ.

Οί γαιάνθρακες βρίσκονται σέ στρώματα στό φλοιό τής γής και έξάγονται στά άνθρακωρυχεία. Πώς όμως σχηματίζονται οί γαιάνθρακες; Έκατομμύρια χρόνια πρίν, τήν

έποχή που λέγεται *γαιανθρακοφόρος περίοδος*, υπήρχαν πολλά Έλη πάνω στη γη, όπου δέντρα και φτέρες μεγάλωναν σε τεράστια μεγέθη. Όταν τα φυτά πέθαιναν, έπεφταν μέσα στά Έλη και μέ τόν καιρό σκεπάστηκαν από χώμα και βράχους μέ τίς μετακινήσεις υλικών στό φλοιό τής γής. Έτσι άρχισαν νά άπανθρακώνονται, δηλαδή νά καίγονται άργά, και μέ τήν επίδραση μεγάλης θερμοκρασίας και πίεσως σχηματίστηκαν οί γαιάνθρακες. Η ποιότητα τών γαιανθράκων εξαρτάται από τό πόσο άνθρακα περιέχει ό γαιάνθρακας στά 100 κιλά βάρους του. Οί σπουδαιότεροι γαιάνθρακες είναι ό λιγνίτης και οί λιθάνθρακες.

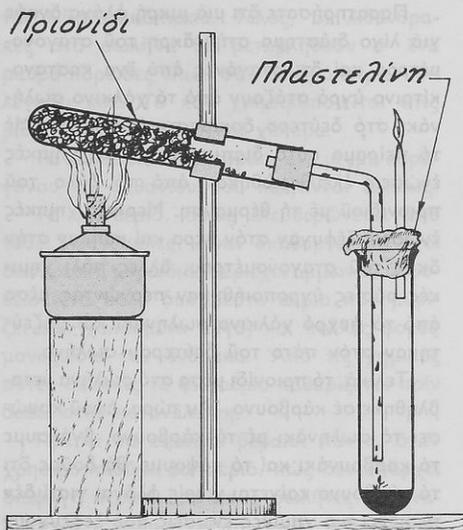
Ο λιγνίτης : είναι ένας καστανόμαυρος γαιάνθρακας, πού δέν έχει τελείως άπανθρακωθεί. Βρίσκεται συνήθως σε σχετικά μικρό βάθος κάτω από τήν επιφάνεια τής γής, σε μέρη όπου υπήρχαν άποξηραμένες λίμνες ή Έλη.

Οί λιθάνθρακες: είναι πολύ σκληροί γαιάνθρακες πού σχηματίστηκαν μέ τήν επίδραση μεγαλύτερης πίεσως και θερμοκρασίας μέσα σε πολλά έκατομμύρια χρόνια. Έχουν χρώμα μαύρο και περιέχουν πολύ άνθρακα. Σε μερικές περιοχές τής γής, όπου ή θερμοκρασία και ή πίεση ήταν πάρα πολύ ύψηλές, σχηματίστηκε ό *άνθρακίτης*. Ο άνθρακίτης είναι ένα γυαλιστερό, σκληρό κάρβουνο.

Νά τώρα πώς μπορούμε νά κάνουμε κάρβουνο από ξύλο.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστείτε δύο δοκιμαστικούς σωλήνες πυρέξ μέ διάμετρο 1,5 ως 2 έκατοστόμετρα, ένα φελλό μέ μιά τρύπα στό μέση, ένα σωληνάκι χάλκινο μέ 10 έκατοστόμετρα μήκος και διάμετρο 4 - 5 χιλιοστόμετρα, ένα σταγονόμετρο, λίγη πλαστελίνη, ένα καμινέτο οινόπνεύματος, ένα κοντί σπέρτα και πριονίδι.



Παρασκευή κάρβουνου

- 1) Βάλτε στόν ένα δοκιμαστικό σωλήνα άρκετό χοντροκομμένο πριονίδι και πιέστε το καλά.
- 2) Αυγίστε τό χάλκινο σωληνάκι, ώστε νά σχηματίσει όρθή γωνία, όπως δείχνει τό σχήμα, και περάστε το στόν τρύπα τού φελλού.
- 3) Εφαρμόστε τό φελλό στό δοκιμαστικό σωλήνα πού περιέχει τό πριονίδι και στερεώστε τον, όπως δείχνει τό σχήμα.
- 4) Περάστε τήν ελεύθερη άκρη τού χάλκινου σωλήνα στό δεύτερο δοκιμαστικό σωλήνα και προσπαθήστε μέ πλαστελίνη νά κλείσετε τό στόμιο τού σωλήνα, αφού στερεώσετε και τό σταγονόμετρο ανάποδα, όπως δείχνει τό σχήμα.
- 5) Άρχίστε νά θεομαίνεται μέ τό καμινέτο τό σωλήνα πού περιέχει τό πριονίδι. Μετά 5 - 7 λεπτά ανάψτε ένα σπέρτα και πλησιάστε τό στό στόμιο τού σταγονομέτρου. Τί παρατηρείτε ;

Παρατηρήσατε ότι μία μικρή φλόγα άναψε για λίγο διάστημα στην άκρη του σταγονομέτρου και ότι σταγόνες από ένα καστανοκίτρινο υγρό στάζουν από τό χάλκινο σωληνάκι στό δεύτερο δοκιμαστικό σωλήνα. Μέ τό πείραμα αυτό διαπιστώσαμε ότι χημικές ενώσεις έλευθερώθηκαν από τό ξύλο του πριονιδιού μέ τή θέρμανση. Μερικές χημικές ενώσεις ζέφυγαν στόν άέρα και κάηκαν στην άκρη του σταγονομέτρου, άλλες πάλι χημικές ούσιες ύγροποιήθηκαν περνώντας μέσα από τό ψυχρό χάλκινο σωληνάκι και μαζεύτηκαν στόν πάτο του δεύτερου σωλήνα.

Τελικά, τό πριονίδι μέσα στό σωλήνα μεταβλήθηκε σέ κάρβουνο. Άν τώρα, άφου κρυσώσει τό σωληνάκι μέ τό κάρβουνο, βγάλουμε τό καρβουνάκι και τό κάψουμε, θά δούμε ότι τό κάρβουνο καίγεται χωρίς φλόγα, γιατί δέν περιέχει πιά χημικές ενώσεις πού ζεφεύγουν

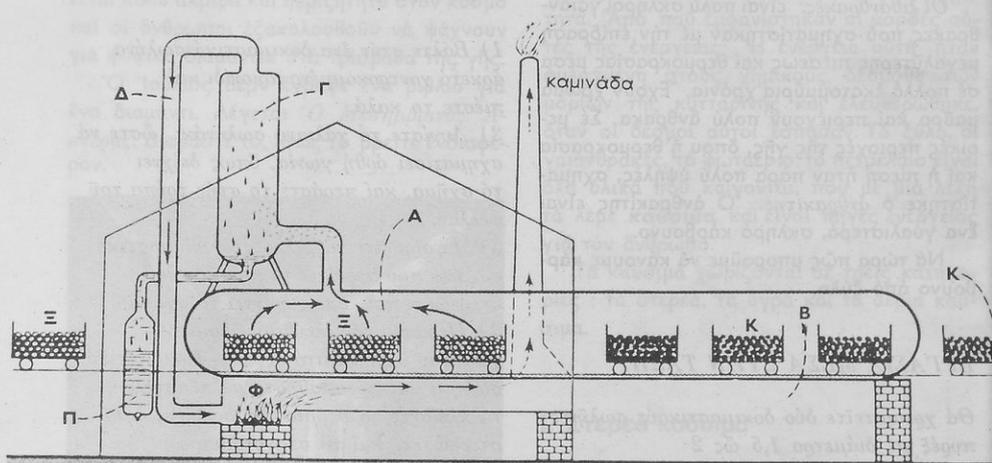
μέ τή θέρμανση ως άέρια. Τέτοιες ενώσεις πού ζεφεύγουν εύκολα μέ τή βοήθεια τής θερμότητας τής λέμε **πτητικές** από τή λέξη πτήση, δηλαδή πέταγμα.

Τό κάρβουνο είναι μία πολύ καλή καύσιμη ύλη, δηλαδή μάς δίνει μεγάλο ποσό θερμότητας για κάθε κιλό βάρους του. Έκτός από τή θερμική του ενέργεια πού περιέχει, τό κάρβουνο χρησιμεύει, για νά κάνουμε ειδικούς χάλυβες και νά καθαρίζουμε τό πόσιμο νερό από άδιάλυτες ούσιες.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η φωτογραφία δείχνει ένα σχεδιάγραμμα βιομηχανικής παρασκευής κάρβουνου.

Μελετήστε την και γράψτε μέ τή σειρά ποιές διεργασίες γίνονται στην εικόνα, για νά παρασκευαστεί τό κάρβουνο.



Βιομηχανική παρασκευή κάρβουνου. Α=θάλαμος θέρμανσης, Β=θάλαμος ψύξεως, Γ=θάλαμος ύγροποιήσεως Ξ=ξύλα, Κ=κάρβουνα, Π=πίσσα και άλλες ούσιες πού ύγροποιούνται, Δ=πτητικά άέρια, Φ=φωτιά.

2. Τά άέρια καύσιμα

Στήν Έλλάδα σήμερα όλοι θά έχετε δεί τίς φιάλες άερίου πού περιέχουν ύγραέρια καί πού τίς συνδέουμε μέ κατάλληλους λύχνους, γιά νά μαγειρέψουμε τά φαγητά μας, ή γιά νά θερμάνουμε τά σπίτια μας. Άς δοϋμε ποιά είναι τά καύσιμα άέρια.

Υπάρχουν δύο ειδών καύσιμα άέρια, τά φυσικά άέρια καί τό φωταέριο.

Τά φυσικά άέρια βρίσκονται κάτω από τό φλοιό τής γής, κυρίως κοντά sé μέρη, όπου υπάρχουν γαιάνθρακες ή πετρέλαιο, sé βάθος 50-500 μέτρα. Τό φυσικό άέριο είναι μία πολύτιμη θερμαντική ύλη καί περιέχει κυρίως τόν άπλουστερο ύδρογονάνθρακα πού λέγεται μεθάνιο. Τό άέριο αυτό δημιουργήθηκε τήν έποχή πού σχηματίζονταν οί γαιάνθρακες ή τό πετρέλαιο καί έγκλωβίστηκε μέσα στό φλοιό τής γής. Στά σημεία τής γής πού βρίσκεται τό φυσικό άέριο χτίζονται έργοστάσια γιά τήν εξαγωγή καί τή διανομή του στους καταναλωτές.

Φυσικό άέριο υπάρχει κυρίως στίς Ήνωμένες Πολιτείες τής Άμερικής καί τή Σοβιετική Ένωση.

Τό φωταέριο είναι ένα τεχνητό άέριο πού παρασκευάζεται από τήν απόσταξη των λιθανθράκων. Τή συσκευή πού χρησιμοποιήσατε, γιά νά φτιάξετε κάρβουνο καί καύσιμο άέριο ζεσταίνοντας πριονίδι, μπορείτε νά τή χρησιμοποιήσετε, γιά νά παρασκευάσετε φωταέριο καί κόκ από τούς λιθάνθρακες. Άντί γιά πριονίδι πρέπει νά χρησιμοποιήσετε κομματάκια λιθάνθρακα καί αντί τή φλόγα του καμινέτου οίνοπνεύματος τή φλόγα ενός λύχνου πού καίει πετρογκάζ. Μέ τήν ίσχυρή θέρμανση από τούς λιθάνθρακες ελευθερώνονται οί πηκτικές ένώσεις καί ξεφεύγουν ως άέριο. Τό άέριο πού θά άνάψετε στήν άκρη του σταγονομέτρου είναι τό φωταέριο. Άπό τό χάλκινο σωληνάκι τώρα θά τρέξει μία παχύρρευστη μαύρη πίσσα, πού λέγε-

ται λιθανθρακόπισσα. Τέλος, οί λιθάνθρακες στό σωλήνα θά μεταβληθούν σ' ένα μαύρο πορώδες ύλικό σάν έλαφρόπετρα, πού λέγεται κόκ. Τό κόκ χρησιμοποιείται στίς βιομηχανίες σιδήρου καί χάλυβα.

Τό φωταέριο είναι κυρίως ένα μίγμα ύδρογόνου καί μεθανίου πού καίγονται τελείως.

Τό φωταέριο, όπως ελευθερώνεται από τούς λιθάνθρακες, είναι άκάθαρο καί έχει δυσάρεστη μυρωδιά. Περιέχει άμμωνία, ύδροθειο (ένα πολύ δυσάρεστο άέριο πού μυρίζει σάν χαλασμένο αυγό) καί πολλές φορές μονοξειδιο του άνθρακα. Άπό τίς χημικές αυτές ένώσεις τό φωταέριο καθαρίζεται πρίν δοθεί στήν κατανάλωση.

Πρέπει νά είμαστε βέβαιοι πάντα, όταν χρησιμοποιούμε φωταέριο, πώς δέν υπάρχει διαφυγή άερίου από τούς σωλήνες καταναλώσεως. Άλλιώς είναι πολύ επικίνδυνο, γιατί πρώτο μπορεί ν' άνάψει, άν συναντήσει μία άρκετά θερμή επιφάνεια, καί δεύτερο νά δηλητηριαστούμε.

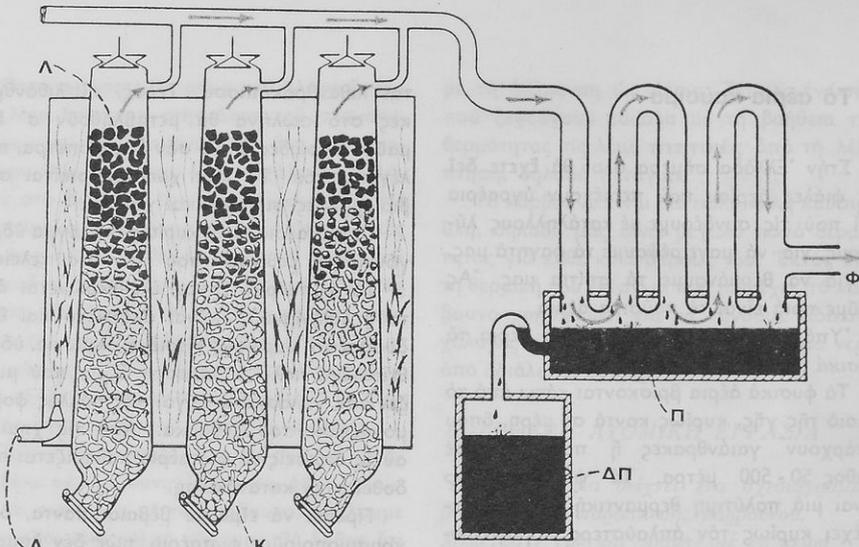
ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τό σχεδιάγραμμα στό βιβλίο σας δείχνει ένα βιομηχανικό τρόπο παρασκευής φωταερίου. Μελετώντας τό σχέδιο καί τίς επεξηγήσεις προσπαθήστε νά περιγράψετε μέ λίγα λόγια στό τετράδιό σας τίς εργασίες πού γίνονται, γιά νά σχηματιστεί τό φωταέριο καί τό κόκ.

Τί είναι τά καύσιμα ύγραέρια

Θυμάστε από τήν άρχή του βιβλίου σας τής φυσικής ότι στήν άέρια κατάσταση τά μόρια κινούνται πάρα πολύ γρήγορα πρός όλες τίς κατευθύνσεις.

Άν τώρα περιορίσουμε πολύ τό χώρο ενός όρισμένου όγκου άερίου εφαρμόζοντας μεγάλη πίεση, μπορούμε νά έλαττώσουμε τήν κινητικότητα των μορίων. Έτσι τά μόρια θά



Βιομηχανική παρασκευή φωταερίων. Λ = λιθάνθρακες, Δ = αέρια καύσιμα για θέρμανση, K = κόκ. Π = πίσσα και άλλες ουσίες που υγροποιούνται, $\Delta\Pi$ = δεξαμενή πίσσης, Φ = άκαθαρο φωταέριο.

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

Τά υγραέρια αποτελούνται κυρίως από υδρογόνάνθρακες, τό προπάνιο και τό βουτάνιο, πού είναι αέρια. Μέ τή συμπίεση τά μετατρέπουμε σέ υγρά και τά κλείνουμε μέσα σέ ισχυρά σιδερένια δοχεία πού είναι εφοδιασμένα μέ μιά βαλβίδα, γιά νά αφήνει νά ξεφεύγει λίγο λίγο τό αέριο. Μέσα στό σιδερένιο δοχείο υπάρχει βουτάνιο υγροποιημένο και πάνω άπ' αυτό στόν ελεύθερο χώρο υπάρχει αέριο βουτάνιο. Όσο αέριο βουτάνιο ζοδεύουμε, τόσο υγρό εξαερώνεται και καταλαμβάνει τόν ελεύθερο χώρο. Έτσι σιγά σιγά ή φιάλη αδειάζει και πρέπει νά τήν αντικαταστήσουμε.

Τά αέρια καύσιμα πλεονεκτούν άπέναντι στά στερεά καύσιμα, γιατί καίγονται τελείως, χωρίς νά αφήνουν ύπολείμματα. Μπορούν νά χρησιμοποιηθούν άμέσως, χωρίς νά χρειαστεί χρόνος νά τά ανάψουμε και μπορούμε νά σβήνουμε τή φλόγα τους, όποτε δέ μās χρειάζεται.

3. Τό πετρέλαιο

Ζεσταίνουμε τά σπίτια μας μέ πετρέλαιο. Ταξιδεύουμε μέ αυτοκίνητα, τρένα, αεροπλάνα, βαπόρια. Παντού, γιά νά κινηθούμε, χρησιμοποιούμε πετρέλαιο. Στρώνουμε τούς δρόμους πού κυκλοφορούμε μέ άσφαλτο πού βγαίνει άπό τό πετρέλαιο. Χρησιμοποιούμε χημικές ουσίες πού βγαίνουν άπό τό πετρέλαιο, γιά νά κάνουμε καουτσούκ, φάρμακα, χρώματα, άρώματα και πλαστικά. Παντού χρησιμοποιούμε πετρέλαιο. Τί είναι όμως τό πετρέλαιο; Πώς βρέθηκε στόν πλανήτη γή; Άφού οί άνθρωποι σήμερα ζούν μέ τό πετρέλαιο και άσχολούνται πώς και πού θά τό βρουν και ποιές κοινωνίες θά 'χουν περισσότερο πετρέλαιο, άξίζει τόν κόπο νά μάθουμε πώς σχηματίστηκε.

Αυτό τό πολύτιμο υγρό είναι ελαιώδες και έχει μιά χαρακτηριστική μυρωδιά πού όλοι ξέρουμε.

Όστερα άπό πολλές έρευνες και υποθέσεις οί επιστήμονες πιστεύουν σήμερα ότι

τό πετρέλαιο σχηματίστηκε από φυτικά και ζωικά υλικά που αποσυντέθηκαν με την επίδραση βακτηριδίων.

Πριν εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια φυτά και ζώα θάφτηκαν κάτω από το φλοιό της γης και με την επίδραση βακτηριδίων στην αρχή και αργότερα με την υψηλή θερμοκρασία και υψηλή πίεση μετατράπηκαν σε ελαιώδεις υγρό, τό πετρέλαιο, και σε αέρια, που λέγονται φυσικά αέρια. Τά δύο αυτά είχαν επικαλυφθεϊ από βραχώδη συμπαγή στρώματα κι έτσι δέν μπόρεσαν νά ξεφύγουν.

Ή φωτογραφία δείχνει τά στρώματα του φλοιού της γης που βρίσκεται τό πετρέλαιο. Βλέποντας τή φωτογραφία μπορείτε νά φανταστείτε πόσο δύσκολη και πολυέξοδη δουλειά είναι νά τρυπήσει κανείς τά στρώματα της γης, γιά νά βρεϊ πετρέλαιο. Τό πετρέλαιο ποτέ δέ χρησιμοποιείται στην κατάσταση που

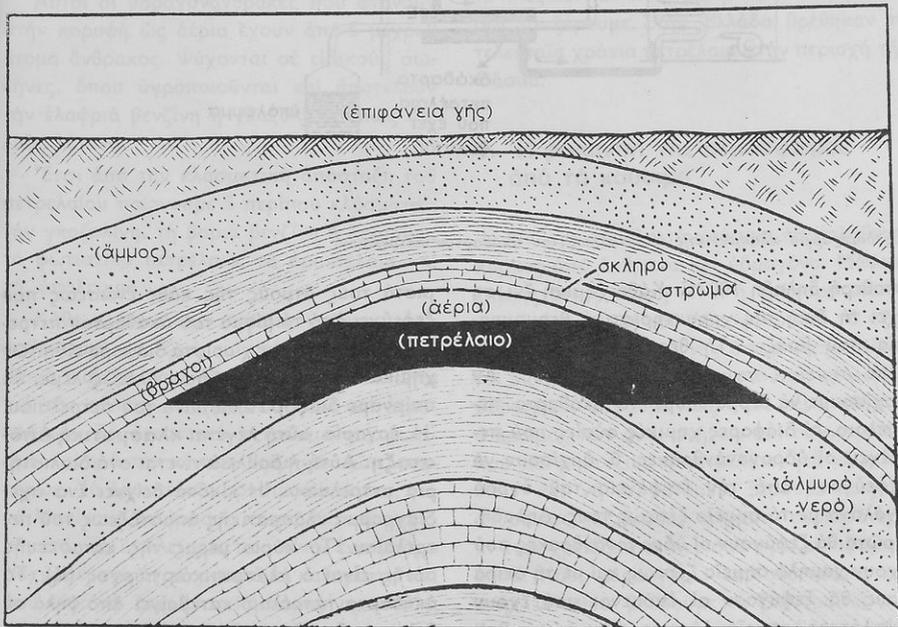
εξάγεται. Τό κατεργάζονται σε ειδικά εργοστάσια που λέγονται *διωλιστήρια*.

Ύπό τί αποτελείται τό πετρέλαιο

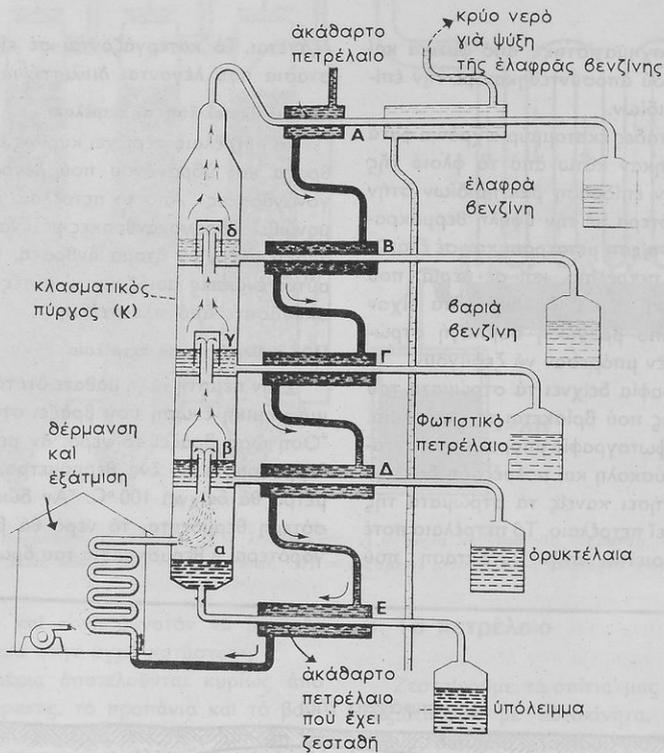
Τό πετρέλαιο περιέχει κυρίως ενώσεις άνθρακα και υδρογόνου που λέγονται υδρογονάνθρακες. Ύπό τό πετρέλαιο έχουν απομονωθεί υδρογονάνθρακες με ένα άτομο άνθρακα μέχρι 60 άτομα άνθρακα. Οί χημικές αυτές ενώσεις μοιάζουν μ' αυτές που κατασκευάσατε από πλαστελίνη.

Πώς καθαρίζεται τό πετρέλαιο

Στήν πέμπτη τάξη μάθατε ότι τό νερό είναι μιά χημική ένωση που βράζει στους 100 °C. Όση ώρα βράζει τό νερό, αν μετρήσετε τή θερμοκρασία με ένα θερμομέτρο, τό θερμομέτρο θά δείχνει 100 °C. Αν δώσετε περισσότερη θερμότητα, τό νερό θά βράζει γρηγορότερα, ή θερμοκρασία του όμως θά μείνει



Στρώματα του φλοιού της γης, όπου βρίσκεται τό πετρέλαιο και τά φυσικά αέρια.



Σχεδιάγραμμα κλασματικής αποστάξεως του ακάθαρτου πετρελαίου.

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

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

κάτω. Μετά, μέ τή βοήθεια περισσότερης θερμότητας, εξαερώνεται, δηλαδή γίνεται ατμός πού μπαίνει στόν κλασματικό πύργο (Κ). Έκεϊ τά μόρια τών υδρογονανθράκων ξεφεύγουν καί προχωροῦν πρὸς τά πάνω στήν αέρια κατάσταση. Τό πόσο ψηλά φτάνουν εξαρτᾶται ἀπό τήν κινητική ἐνέργεια πού ἔχουν τά μόρια τοῦ κάθε υδρογονάνθρακα. Ἔτσι στό κάθε ὕψος πού φτάνουν συναντοῦν ψυχρές ἐπιφάνειες α, β, γ, δ, ὅπου ὑγροποιοῦνται καί μεταφέρονται σέ ξεχωριστά δοχεῖα. Οἱ σωλῆνες, πού μεταφέρουν τά θερμά ὑγροποιημένα κλάσματα τοῦ πετρελαίου στά δοχεῖα του, περνοῦν μέσα ἀπό τά δοχεῖα Α, Β, Γ, Δ, Ε, πού κατεβαίνει τό ἀκάθαρτο πετρέλαιο. Ἔτσι τό ἀκάθαρτο πετρέλαιο κατεβαίνοντας πρὸς τά κάτω θερμαίνεται ὅλο καί περισσότερο, πρὶν μπεῖ στό θάλαμο, ὅπου εξαερώνεται.

Αὐτοί οἱ υδρογονάνθρακες πού φτάνουν στήν κορυφή ὡς αέρια ἔχουν ἀπό 5 μέχρι 8 άτομα ἄνθρακος. Ψύχονται σέ εἰδικούς σωλῆνες, ὅπου ὑγροποιοῦνται καί ἀποτελοῦν τήν ἐλαφριά βενζίνη ἢ γκαζολίνη, ὅπως ἀλλιῶς λέγεται.

Ἔτσι ἀπό τήν κλασματική ἀπόσταση τοῦ πετρελαίου παίρνομε 5 περίπου κλάσματα : τήν γκαζολίνη, τή βαριά βενζίνη ἢ λιγροΐνη, τό φωτιστικό πετρέλαιο, τά ὀρυκτέλαια καί τό ὑπόλειμμα.

Κάθε κλάσμα ἔχει ἀπειρες χρήσεις στήν καθημερινή μας ζωή καί στή βιομηχανία. Ἡ βαριά καί ἐλαφριά βενζίνη χρησιμοποιεῖται γιά τήν κίνηση τών αὐτοκινήτων καί ἀεροπλάνων. Τό φωτιστικό πετρέλαιο γιά φωτισμό καί γιά τήν κίνηση βιομηχανικῶν κινητήρων. Τά ὀρυκτέλαια χρησιμοποιοῦνται, γιά νά λιπαίνουν διάφορους κινητήρες καί μηχανήματα. Τό ὑπόλειμμα, πού εἶναι ἓνα μαῦρο παχύρρευστο ὑγρό, μπορεῖ νά καθαριστεῖ καί ἀπό αὐτό νά ξεχωριστεῖ ἡ παραφίνη, πού τή χρησιμοποιοῦμε γιά νά κάνουμε κεριά, ἢ βαζελίνη πού χρησιμοποιεῖται γιά λίπανση καί

γιά φαρμακευτικές ἀλοιφές καί τέλος μένει ἡ ἄσφαλτος πού θά ἔχετε δεῖ πολλές φορές νά χρησιμοποιεῖται γιά τό στρώσιμο τών δρόμων.

Καθημερινά διαβάζομε στίς ἐφημερίδες καί τά περιοδικά ὅτι οἱ ἄνθρωποι χρειάζονται περισσότερο καύσιμα σάν τίς βενζίνες. Γι' αὐτό οἱ ἐπιστήμονες βρῆκαν ἓναν τρόπο νά σπάζουν τίς μακριές ἀλυσίδες τών μεγάλων υδρογονανθράκων πού περιέχονται στό φωτιστικό πετρέλαιο καί νά παίρνομε μικρότερος υδρογονάνθρακες. Αὐτήν τήν ἐργασία τή λένε **πυρόλυση**. Θερμαίνουν ἰσχυρά τό πετρέλαιο μέσα σέ χαλύβδινους θαλάμους βάζοντας ὑψηλή πίεση κι ἔτσι τά μεγάλα μόρια σπάζουν σέ μικρότερα.

Κοιτάσματα πετρελαίου βρίσκονται σέ πολλά μέρη τῆς γῆς. Στίς Η.Π.Α., στή Ρωσία, στή Ρουμανία, στή Μ. Ἀνατολή, στή Βενεζουέλα, τό Μεξικό καί ἄλλα μέρη, πού ἀκόμη ἴσως δέν τά ξέρομε. Στὴν Ἑλλάδα βρέθηκαν τά τελευταῖα χρόνια πετρέλαια στήν περιοχή τῆς Θάσου.

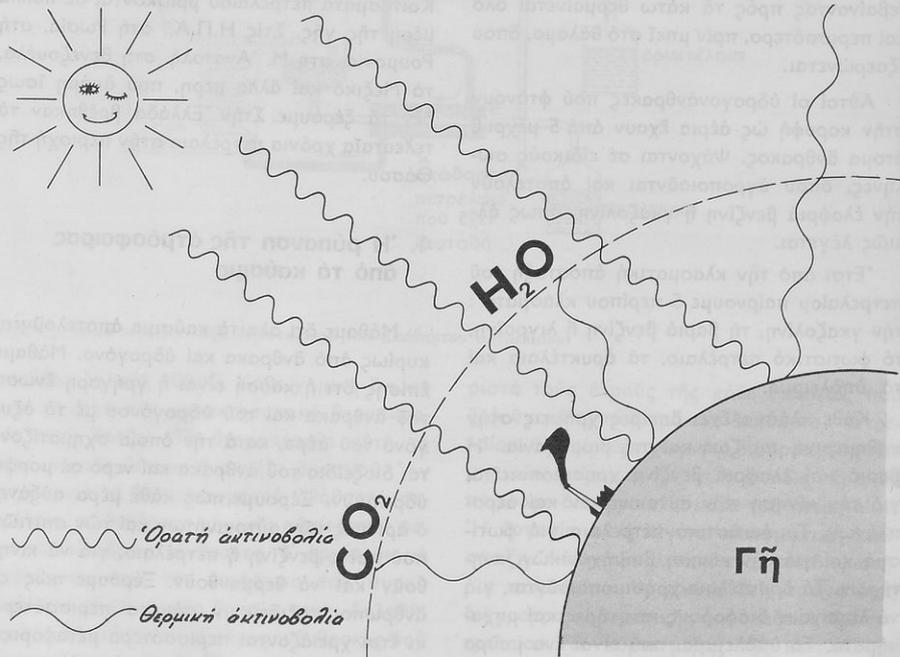
4. Ἡ ρύπανση τῆς ἀτμόσφαιρας ἀπό τά καύσιμα

Μάθαμε ὅτι ὅλα τά καύσιμα ἀποτελοῦνται κυρίως ἀπό ἄνθρακα καί υδρογόνο. Μάθαμε ἐπίσης ὅτι ἡ καύση εἶναι ἡ γρήγορη ἔνωση τοῦ ἄνθρακα καί τοῦ υδρογόνου μέ τό ὀξυγόνο τοῦ ἀέρα, κατὰ τήν ὁποία σχηματίζονται διοξειδίου τοῦ ἄνθρακα καί νερό σέ μορφή ὑδρατμῶν. Ξέρομε πῶς κάθε μέρα αὐξάνει ὁ ἀριθμὸς τών αὐτοκινήτων καί τών σπιτιῶν πού καίνε βενζίνη ἢ πετρέλαιο, γιά νά κινηθοῦν καί νά θερμανθοῦν. Ξέρομε πῶς οἱ ἄνθρωποι ταξιδεύουν σήμερα περισσότερο κι ἔτσι χρειάζονται περισσότερο μεταφορικά μέσα. Κάθε μέρα γύρω ἀπό τίς πόλεις καί στήν ὑπαίθρο βλέπομε νά ξεφυτρώνει καί ἓνα καινούριο ἐργοστάσιο, πού οἱ καμινάδες του γεμίζουν τήν ἀτμόσφαιρα μέ καπνοῦς

δηλαδή διοξείδιο του άνθρακα, ύδρατμούς κι ίσως πολλές φορές μονοξείδιο του άνθρακα και άλλα βλαβερά αέρια. Μάθαμε όμως πως ο αέρας που μας περιβάλλει είναι ένα μίγμα από 78% άζωτο και 21% οξυγόνο. Κι άφου, ό,τι καίγεται, χρησιμοποιεί το οξυγόνο του αέρα, τό οξυγόνο λιγοστεύει και ή ατμόσφαιρα γύρω μας πλουτίζεται σε διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αέρια, όπως τό μονοξείδιο του άνθρακα, τά οξείδια του άζώτου και τά οξείδια του θείου, που είναι δηλητηριώδη. Τή μόλυνση αυτή του αέρα κυρίως στις πόλεις τήν αντιλαμβανόμαστε όλοι μας, όταν κυκλοφορούμε. Ο αέρας που άναπνέουμε είναι βρώμικος, πολλές φορές άποκτάει και μία μυρωδιά δυσάρεστη. Η ατμόσφαιρα

είναι θολή από ύδρατμούς, καπνούς και άλλες ουσίες, που αιώρουνται μέσα σ' αυτή. Μάλιστα μερικές μέρες, αν άνέβουμε σ' ένα ψηλό σημείο τής πόλης μας, δέν μπορούμε νά δούμε πιά καθαρά τά καμπαναριά από τίς έκκλησίες.

Αν ό καθένας από μās καταλάβει τό πρόβλημα, πρέπει νά φροντίσουμε νά ενημερώσουμε τούς φίλους, τούς γνωστούς μας και τήν πολιτεία, γιά νά τό πολεμήσουμε. Πώς μπορούμε νά τό κάνουμε αυτό; Υπάρχουν πολλοί τρόποι. Μερικοί είναι : πρώτα, πρέπει νά φροντίζουμε νά μήν καταναλώνουμε άσκοπα καύσιμπα. Αν πρόκειται νά πάμε κάπου κοντά, καλύτερα θά ήταν νά περπατήσουμε παρά νά πάμε μέ τό αυτοκίνητο.



Η ορατή ακτινοβολία διαπερνάει τό στρώμα των ύδρατμών και του διοξειδίου του άνθρακα που σχηματίστηκε γύρω από τή γη από τίς καύσεις. Η γη θερμαίνεται και έτσι διατηρείται ή ζωή πάνω στον πλανήτη μας. Όταν όμως ή γη εκπέμπει τή θερμική της ακτινοβολία πίσω στην ατμόσφαιρα, ή θερμική ακτινοβολία απορροφάται από τό στρώμα των ύδρατμών και του διοξειδίου του άνθρακα και δέν μπορεί νά ξεφύγει.

Δεύτερο, πρέπει οι πολίτες και η πολιτεία να πάρουμε μέτρα, γιά να ελαττωθεί ή ρύπανση στό ελάχιστο από τά εργοστάσια καί τά μέσα συγκοινωνίας. Γιά να γίνει αυτό, πρέπει να χρησιμοποιούνται παγίδες στίς καπνοδόχους καί τούς εξατμιστήρες τών αυτοκινήτων υποχρεωτικά. Τρίτο καί σπουδαιότερο, πρέπει να φροντίζουμε να διατηρούνται τά δάση καί ό,τι πράσινο υπάρχει γύρω μας. Μάλιστα, αν είναι δυνατόν, πρέπει να αυξήσουμε τίς φυτεμένες επιφάνειες. Θυμάστε ίσως ότι τά φυτά μέ τή φωτοσύνθεση παίρνουν τό διοξειδιο του άνθρακα καί δίνουν πίσω όξυγόνο.

"Αν δέν πάρουμε τά μέτρα μας άμέσως, μέ τήν αύξηση του πληθυσμού τής γής καί τήν αύξηση τών ενεργειακών αναγκών οι ύδρατμοί καί τό διοξειδιο του άνθρακα θά αυξάνονται συνεχώς καί θά σχηματίσουν ένα στρώμα γύρω από τόν πλανήτη μας, τή γή, πού θά έχει πολύ καταστρεπτικές συνέπειες. Δείτε στήν εικόνα πώς τό στρώμα αυτό θά εμποδίζει τή *θερμική* άκτινοβολία ν' ανακλαστεί πίσω στήν άτμόσφαιρα. Τό στρώμα αυτό θά τήν άπορροφάει καί θά αυξάνεται σιγά σιγά ή θερμοκρασία τής άτμόσφαιρας καί τής γής. Τελικά θά μοιάζουμε σάν να ζούμε σέ θερμοκήπιο. Προσπαθήστε τώρα να σκεφτείτε τί θά συμβεί στή γή, αν ανέβει ή θερμοκρασία της, καί αναπτύξτε τίς σκέψεις σας στήν τάξη σας.

Γ. ΣΑΚΧΑΡΑ, ΛΙΠΗ, ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ:

'Απαραίτητα καύσιμα γιά τόν άνθρωπο

"Ίσως έχετε άκούσει ότι τό ανθρώπινο σώμα περιέχει ένα μεγάλο άριθμό χημικών ένώσεων.

Περίπου 60% του βάρους του είναι νερό. Περιέχει σάκχαρο στό αίμα καί άμυλο στό σκυώτι. Κάτω από τό δέρμα υπάρχει λίπος

καί πρωτεΐνες υπάρχουν σ' όλα σχεδόν τά μέρη του σώματος. Τά κόκαλα αποτελούνται κυρίως από άσβέστιο καί φωσφόρο.

"Έχετε άκούσει ότι τό ανθρώπινο σώμα είναι ένα καταπληκτικά πολύπλοκο εργοστάσιο, πού μέ άκριβεια κατασκευάζει δεκάδες χιλιάδες χημικές ουσίες. Όπως όμως όλα τά εργοστάσια, καί τό ανθρώπινο σώμα χρειάζεται καύσιμα καί ύλικά, γιά να δουλεύει είκοσι τέσσερις ώρες τό είκοσιτετράωρο καί να μή σταματάει.

Ποιά λοιπόν είναι αυτά τά ύλικά καί από πού παίρνει τά καύσιμα ό οργανισμός;

Τά ύλικά καί τά καύσιμα τά παίρνει ό άνθρωπος οργανισμός από τίς τροφές. Τρείς είναι οι κυριότερες κατηγορίες τροφών πού χρησιμοποιούν τά ζώα καί ό άνθρωπος. Τά σάκχαρα, τά λίπη καί οι πρωτεΐνες. Όλα αυτά είναι χημικές ένώσεις. "Ας δούμε από τί αποτελούνται καί πώς τίς χρησιμοποιεί ό οργανισμός μας.

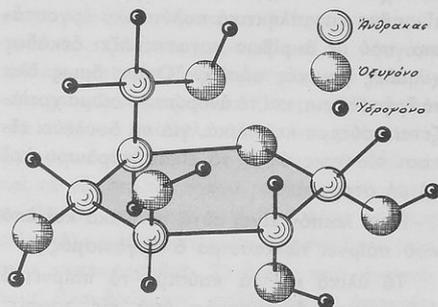
1. Σάκχαρα

Τά σάκχαρα αποτελούνται από άνθρακα, όξυγόνο καί ύδρογόνο. 'Επειδή στό κάθε μόριο τών σακχάρων τό ύδρογόνο βρίσκεται πάντα σέ διπλάσια αναλογία από τό όξυγόνο, δηλαδή, όπως στίς αναλογίες του νερού, 2 φορές ύδρογόνο καί μία φορά όξυγόνο, γι' αυτό τά σάκχαρα λέγονται καί **υδατάνθρακες**. Η λέξη, όπως καταλαβαίνετε, σημαίνει νερό καί άνθρακας.

"Όλοι σας ξέρετε πολλούς υδατάνθρακες, τή ζάχαρη πού βάζετε στό γάλα σας, τό άμυλο πού κάνουμε γλυκίσματα καί ψωμί. Ακόμη καί τό ζύλο έχει υδατάνθρακες, τή χημική ένωση πού λέγεται κυτταρίνη.

Τό πιό άπλό σάκχαρο είναι ή *γλυκόζη*, πού τό μόριο της αποτελείται από 6 άνθρακες, 12 ύδρογόνα καί 6 όξυγόνα. Τά άτομα αυτά

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



Γλυκόζη

Ἡ γλυκόζη βρίσκεται στό σταφύλια, στό διάφορα γλυκά, φρούτα καί στό μέλι. Μικρά ποσά γλυκόζης υπάρχουν στό αίμα τοῦ ἀνθρώπου. Ἄπ' ὅλους τοὺς ὑδατάνθρακες ὁ ἀνθρώπινος ὄργανισμός εἶναι σέ θέσι νά κάψει τή γλυκόζη καί νά σχηματίσει τελικά διοξειδίο τοῦ ἄνθρακα, νερό καί ἐνέργεια.

Τήν ἐργασία αὐτήν μπορούμε νά τή γράψουμε :

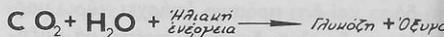


Ὅπως εἶδαμε στό πείραμα τῆς σελίδας 114, ἡ ζάχαρη καίγεται πολύ γρήγορα στόν ἀέρα καί παράγει θερμότητα καί φῶς. Ἡ καύση τῆς γλυκόζης στόν ὄργανισμό ὅμως εἶναι πάρα πολύ ἀργή κι ἔτσι ὁ ὄργανισμός χρησιμοποιεῖ σιγά σιγά τήν ἐνέργεια πού παράγεται. Τό ὄξυγόνο πού χρειάζεται ὁ ὄργανισμός γι' αὐτήν τήν καύση τό βρίσκει στό αίμα, πού ἔχει μεταφερθεῖ ἐκεῖ ἀπό τοὺς πνεύμονες, ὅταν ἀναπνέουμε τόν ἀέρα.

Ἴσως θυμάστε ὅτι ἡ χημική ἀντίδραση τῆς καύσης τῆς γλυκόζης στόν ὄργανισμό εἶναι ἡ ἀνάποδη ἀπ' αὐτήν πού κάνουν τά

φυτά μέ τή φωτοσύνθεση. Τά φυτά παίρνουν τό διοξειδίο τοῦ ἄνθρακα ἀπ' τόν ἀέρα, νερό ἀπό τό χῶμα μέ τίς ρίζες τους καί μέ τή βοήθεια τῆς ἡλιακῆς ἐνέργειας φτιάχνουν γλυκόζη καί ὄξυγόνο.

Τήν ἐργασία αὐτήν μπορούμε νά τή γράψουμε :



Ἔτσι ὁ ζωικός ὄργανισμός χρησιμοποιεῖ τήν ἡλιακή ἐνέργεια πού αἰχμαλωτίστηκε στό φυτά μέσα στό μόριο τῆς γλυκόζης.

Βλέπουμε λοιπόν ὅτι ἡ γλυκόζη εἶναι μία πολύτιμη πηγή ἐνέργειας γιά τόν ἀνθρώπινο ὄργανισμό.

Πῶς παρασκευάζεται ἡ γλυκόζη. Τή γλυκόζη πολλές φορές στόν τόπο μας τήν παρασκευάζουμε ἀπό τή σταφίδα. Κατεργαζόμεστε τίς σταφίδες μέ ζεστό νερό. Ἡ γλυκόζη διαλύεται στό νερό καί τό γλυκό χυμό τόν συμπυκνώνουμε, δηλαδή ἐξατμίζουμε τό περισσότερο νερό καί τελικά τό ἀφήνουμε νά κρυώσει. Ἔτσι ἡ γλυκόζη ἀπό τό πικνό διάλυμα κατακαθίζει σέ μορφή ἄσπρων κρυστάλλων.

Ἐπάρχουν πολλά εἶδη ἀπό ἀπλά σάκχαρα σάν τή γλυκόζη. Ὅλα ἔχουν 6 ἄτομα ἄνθρακα, 12 ἄτομα ὑδρογόνου καί 6 ὄξυγόνο, διαφέρουν ὅμως στόν τρόπο πού συνδέονται τά ἄτομα αὐτά μεταξύ τους. Ἔτσι ἔχουμε τή φρουκτόζη πού βρίσκεται σέ διάφορα φρούτα, τή γαλακτόζη πού βρίσκεται στό γάλα καί ἄλλα.

Τό καλαμοσάκχαρο ἢ σακχαρόζη

Μιά δεύτερη κατηγορία ὑδατανθράκων πού γνῶριμή σας εἶναι ἡ ζάχαρη ἢ ὅπως ἀλλιῶς λέγεται ἡ σακχαρόζη. Τό καλαμοσάκχαρο βρίσκεται σέ πολλά φρούτα, σέ μεγάλες ὅμως ποσότητες βρίσκεται στό σακχαροκάλαμο, ἔνα φυτό πού μεγαλώνει στό θερμά κλίματα

καί σέ ἕνα εἶδος παντζάρια πού λέγονται σακχαρότευτλα. Τό καλαμοσάκχαρο ἀποτελεῖται ἀπό δύο μόρια ἀπλῶν σακχάρων ἐνωμένα μεταξύ τους, μιά γλυκόζη καί μιά φρουκτόζη. Ἄν παραστήσουμε τή γλυκόζη μέ ἕνα κύκλο καί τή φρουκτόζη μέ ἕνα ῥόμβο, μπορούμε νά σχεδιάσουμε τή ζάχαρη κάπως ἔτσι :



Πῶς παρασκευάζεται ἡ ζάχαρη στά ἐργοστάσια. Κόβουν σέ μικρά κομμάτια τό σακχαρόκάλamo ἢ τά σακχαρότευτλα καί τά κατεργάζονται μέ ζεστό νερό. Τό νερό διαλύει τή ζάχαρη καί ἄλλες οὐσίες. Μετά προσθέτουν ἀσβεστόνερο, γιά νά κατακαθίσουν οἱ ξένες οὐσίες. Τό μίγμα αὐτό τό περνοῦν ἀπό διάφορα φίλτρα, γιά νά γίνει διαυγές, μετά τό περνοῦν ἀπό ἄνθρακα, πού ἔχει τήν ιδιότητα νά ἀπορροφάει τίς χρωματιστές οὐσίες, καί τέλος τό συμπυκνώνουν. Ἡ ζάχαρη κρυσταλλώνεται κι ἔχει τή μορφή πού ξέρετε. Ἄφοῦ ξεχωριστοῦν οἱ κρύσταλλοι, ἀπομένει ἕνα παχύρρευστο σκοῦρο ὑγρό πού λέγεται *μελάσα*. Τή μελάσα τή χρησιμοποιοῦμε γιά τροφή τῶν ζώων καί γιά νά παρασκευάζουμε οἰνόπνευμα, ὅπως θά δοῦμε πῶς κάτω. Στή χώρα μας ὑπάρχουν τρία ἐργοστάσια πού παρασκευάζουν ζάχαρη ἀπό σακχαρότευτλα.

Πολυσακχαρίτες

Μία τρίτη κατηγορία ὕδατανθράκων πού ξέρετε εἶναι τό ἄμυλο.

Τό ἄμυλο ἀποτελεῖται ἀπό πάρα πολλά μόρια γλυκόζης ἐνωμένα μεταξύ τους καί θά μπορούσαμε νά τό παραστήσουμε ὡς ἑξῆς :



Οἱ χημικές ἐνώσεις, ὅπως τό ἄμυλο, πού ἀποτελοῦνται ἀπό πολλά ἴδια ἢ παρόμοια μόρια πού συνδέονται μεταξύ τους λέγονται **πολυμερή**.

Τό ἄμυλο λοιπόν εἶναι ἕνας πολυσακχαρίτης ἢ ὅπως ἀλλιῶς μπορούμε νά ποῦμε ἕνα *πολυμερές* τῆς γλυκόζης. Ἐνα μόριο ἄμυλου μπορεῖ νά περιέχει καί 5.000 μόρια γλυκόζης.

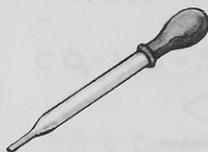
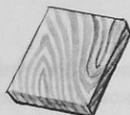
Τό ἄμυλο, ἀντίθετα ἀπό τή σακχαρόζη καί τή γλυκόζη, δέ διαλύεται στό νερό. Πολλές τροφές πού εἶναι πολύ γνωστές περιέχουν ἄμυλο : τό σιτάρι, τό καλαμπόκι, τό κριθάρι, τό ρύζι, οἱ πατάτες, τά ὄσπρια, τά κάστανα, τά καρότα καί ἄλλα.

Ποῦ χρησιμοποιεῖται τό ἄμυλο. Ἀπό τό ἄμυλο παρασκευάζουμε πολλές τροφές, ἀπό τίς ὁποῖες ἡ κυριότερη εἶναι τό ψωμί. Ἀπό τό ἄμυλο φτιάχνουμε γλυκόζη. Ὅταν θερμάνουμε ἕνα μίγμα ἄμυλου καί νεροῦ καί προσθέσουμε λίγο ὄξι, τότε οἱ δεσμοί πού δένουν τά μόρια τῆς γλυκόζης μεταξύ τους σπάζουν καί τά μόρια ἐλευθερώνονται. Καθαρό ἄμυλο χρησιμοποιεῖται γιά τό κολλάρισμα τῶν ρούχων καί τό κολλάρισμα τοῦ χαρτιοῦ.

Μποροῦμε πολύ εὔκολα νά ἀνακαλύψουμε ἄν μιά τροφή περιέχει ἄμυλο. Στάζουμε μιά δύο σταγόνες ἀπό διάλυμα ἰωδίου πάνω στήν τροφή. Ἄν ὑπάρχει ἄμυλο, βλέπουμε ἀμέσως νά σχηματίζονται κηλίδες μέ βαθύ μπλέ χῶμα. Τό ἄμυλο ἔχει τήν ιδιότητα νά βάφεται μπλέ μέ τό ἰώδιο.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστεῖτε μιά μεγάλη κόλλα χαρτί, μιά πατάτα, μιά φέτα ψωμί, ἕνα μῆλο, ἕνα κομμάτι μακαρόνι, ἕνα κομμάτι ξόλο, ἕνα σταγονόμετρο καί διάλυμα ἰωδίου. Τό διάλυμα ἰωδίου μπορεῖτε νά τό πάρετε ἀπό τό φαρμακεῖο.



Ποιές τροφές περιέχουν άμυλο;

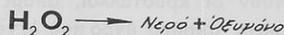
- 1) Κόψτε ένα κομμάτι πατάτα και ένα κομμάτι μήλο.
- 2) Βάλτε πάνω στο χαρτί, στή σειρά, τήν πατάτα, τό μήλο, τή φέτα τοῦ ψωμοῦ, τό ξύλο και τό μακαρόνι.
- 3) Στάξτε μέ τό σταγονόμετρο μία δνό σταγόνες ἀπό τό διάλυμα τοῦ ἰωδίου πάνω στό κάθε ὕλικό. Σέ ποιά ὕλικά ἄλλαξε τό χρώμα τοῦ ἰωδίου; Ποιά ὕλικά περιέχουν ἄμυλο;

2. Ἔνζυμα

Τό ἄμυλο εἶναι βασική τροφή γιά τόν ἄνθρωπο. Ἄς δοῦμε λοιπόν πῶς χρησιμοποιεῖται ἀπό τόν ὄργανισμό. Οἱ ζωικοί ὄργανισμοί ἔχουν τήν ἱκανότητα νά καίνε μονάχα τά ἀπλά σάκχαρα, ὅπως τή γλυκόζη. Γιά νά χρησιμοποιήσῃ τό ἄμυλο ὁ ὄργανισμός, πρέπει νά τό σπάσει σέ μόρια γλυκόζης ἤ, ὅπως ἀλλιῶς λέμε, νά τό **ἀποικοδομήσῃ**. Ἡ διεργασία αὐτή στόν ὄργανισμό γίνεται μέ τή βοήθεια πολύπλοκων χημικῶν ἐνώσεων πού λέγονται **ἐνζυμα**.

Ἄς δοῦμε πρώτα τί κάνουν τά ἐνζυμα καί ἄν ἔχουμε προσέξῃ τήν ὑπαρξή τους.

“Ολοι κάποτε θά βάλατε σέ μία πληγή σας ὄξυζενέ, πού εἶναι ὑπεροξειδίο τοῦ ὕδρογόνου. Τί παρατηρήσατε; Εἶδατε τό ὑγρό νά ἀφρίζει. Ἄν ρωτήσατε κάποιον μεγαλύτερό σας τί συμβαίνει, σᾶς εἶπε πιθανόν ὅτι βγαίνουν φυσαλίδες ὄξυγόνου. Πράγματι τό ὄξυζενέ πού περιέχει 2 ὕδρογόνα καί 2 ὄξυγόνα ἔσπασε καί ἔδωσε ὄξυγόνο καί νερό.



Τό ὄξυγόνο εἶναι αὐτό πού ἀπολύμανε τήν πληγή σας. Πῶς ὅμως ἔγινε αὐτό; Στά ὑγρά τῆς πληγῆς ὑπάρχει μία οὐσία, ἕνα ἐνζυμο, πού πολύ γρήγορα διέσπασε τό ὄξυζενέ. Ἡ οὐσία αὐτή ἔμεινε ἀνεπαφή, γιατί κι ἄλλο ὄξυζενέ νά βάζατε, πάλι θά γινόταν διάσπαση τοῦ ὄξυζενέ.

Τό ἴδιο μπορεῖτε νά παρατηρήσετε, ἂν βάλετε σ' ἕνα ποτηράκι λίγο ὄξυζενέ καί ρίξετε μέσα λίγα ρινίσματα σιδήρου. Θά δεῖτε σέ λίγη ὥρα νά βγαίνει ἀέριο ὄξυγόνο. Ὄταν διασπαστεῖ ὅλο τό ὄξυζενέ σέ νερό καί ὄξυγόνο, μπορεῖτε νά ζαναχρησιμοποιήσετε τά ρινίσματα τοῦ σιδήρου, γιά νά διασπάσετε

κι άλλο δξυζενέ. Ο σίδηρος λοιπόν έμεινε άνέπαφος. Οί χημικές ούσιες όπως ό σίδηρος πού διασπούν άλλες χημικές ένώσεις, χωρίς οι ίδιες νά μεταβάλλονται, λέγονται **καταλύτες**. Υπάρχουν όμως και καταλύτες πού βοηθούν δύο ή περισσότερες χημικές ένώσεις νά αντιδράσουν και νά σχηματίσουν μία καινούρια χημική ούσία.

Η χημική ούσία πού βρίσκεται στα ύγρά μιās πληγής, ή όποια διέσπασε τό δξυζενέ, έκανε τήν ίδια δουλειά μέ τό σίδηρο. Είναι λοιπόν ένας καταλύτης. *Τούς καταλύτες πού υπάρχουν στους ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς τούς λέμε ένζυμα.* Έχετε δεί κι άλλες χημικές αντιδράσεις στην καθημερινή ζωή πού τά ένζυμα βοηθούν γιά νά γίνουν. Τό γάλα νά ξινίζει, τό κρασί νά γίνεται ξίδι, τό ψωμί νά ζυμώνεται, δηλαδή νά φουσκώνει.

Αν κόψετε ένα κομμάτι πατάτα και ρίξετε στο φρεσκοκομμένο μέρος μερικές σταγόνες δξυζενέ, θά δείτε νά δημιουργούνται φυσαλίδες από αέριο. Και ή πατάτα περιέχει ένα ένζυμο παρόμοιο μέ τό ένζυμο πού έχει τό αίμα μας, πού διασπάει τό δξυζενέ σε νερό και δξυγόνο.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστείτε ένα άδειο, καθαρό μπουκάλι από αναφλεκτικό, μία πατάτα, ένα μαχαίρι, ένα μικρό μπαλόνι, ένα κομμάτι σπάγκο χοντρού και δξυζενέ από τό φαρμακείο.

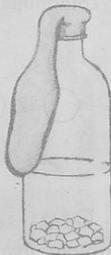
1) Κόψτε ένα κομμάτι πατάτα, καθαρίστε το από τή φλούδα και κόψτε το σε πολύ μικρά κομμάτια πού νά περνούν από τό στόμιο του μπουκαλιού.

2) Βάλτε τά κομματάκια τής πατάτας στο μπουκάλι και ρίξτε μέσα αρκετό δξυζενέ. Περάστε τό στόμιο του μπαλονιού στο στόμιο του μπουκαλιού, όπως δείχνει τό σχήμα.

3) Ανακονήστε 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 νά ανάφει μ' ένα σπύργο τήν άκρη του χοντρού σπάγκου και αφού πάρει φωτιά νά τόν σβήσει φουσκώντας τον. Αμέσως



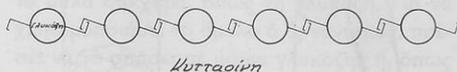
Διάσπαση του δξυζενέ σε δξυγόνο και νερό από ένζυμο πού περιέχεται στην πατάτα.

ὁ ἄλλος μαθητὴς πρέπει νὰ ἀνοίξει τὸ στόμιο τοῦ μπαλονιοῦ καὶ νὰ κατευθύνει τὸ ἀέριο πού εἶναι μέσα στό μπαλόνι στό μισοαναμμένο σπάγκο. Τί παρατηρεῖτε ; Τί ἦταν τὸ ἀέριο μέσα στό μπαλόνι ;

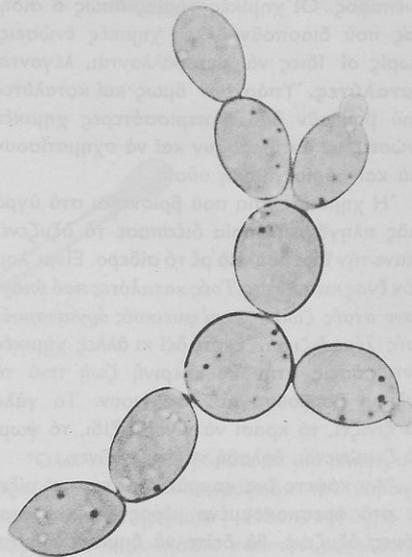
Γιὰ κάθε χημικὴ ἀντίδραση στὸν ὄργανισμό ὑπάρχει καὶ ἓνα εἰδικὸ ἔνζυμο. Ἔτσι τὸ ἄμυλο σπάζει στὸν ὄργανισμό μὲ τὴ βοήθεια διαφόρων ἐνζύμων, πού ἀρχίζουν τὴ δουλειὰ τους, μόλις τὸ ἄμυλο μπεῖ στό στόμα μας. Ἐκεῖ οἱ σιελογόνοι ἀδένες ἐκκρίνουν τὸ σάλιο πού περιέχει ἓνα ἔνζυμο, πού λέγεται *ἀμυλάση*. Ἡ ἀμυλάση σπάζει τὸ ἄμυλο σὲ μικρότερα κομμάτια. Τὰ κομμάτια αὐτὰ σπάζουν σὲ ὅλο καὶ μικρότερα κομμάτια μὲ τὴ βοήθεια ἐνζύμων, ὥσπου νὰ φτάσουν στό λεπτὸ ἔντερο. Ἐκεῖ μὲ τὴ βοήθεια ἑνὸς ἄλλου εἰδικοῦ ἐνζύμου σπάζουν σὲ μόρια γλυκόζης, πού εἶναι δυνατόν νὰ τὰ χρησιμοποιοῦσι ὁ ὄργανισμός. Ἀκόμη καὶ τὴ σακχαρόζη γιὰ νὰ τὴ χρησιμοποιοῦσι ὁ ὄργανισμός μας πρέπει νὰ τὴ σπάσει σὲ γλυκόζη καὶ φρουκτόζη. Αὐτὸ γίνεται μὲ ἓνα εἰδικὸ ἔνζυμο πού ὑπάρχει στὰ ὑγρά τῶν ἐντέρων.

Πιὸ πάνω εἴπαμε ὅτι στό ξύλο ὑπάρχει μιὰ χημικὴ ἔνωση πού λέγεται κυτταρίνη. Ἡ κυτταρίνη εἶναι καὶ αὐτὴ ἓνα *πολυμερές τῆς γλυκόζης*, ὅπως τὸ ἄμυλο. Στὴν κυτταρίνη ὅμως τὰ μόρια τῆς γλυκόζης εἶναι ἐνωμένα μεταξὺ τους μὲ διαφορετικὸ τρόπο.

Θὰ μπορούσαμε νὰ τὴ σχεδιάσουμε :



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



Κύτταρα ζύμης, ὅπως φαίνονται στό μικροσκόπιο.

κτῆρια καὶ ζῶα ὅπως ἡ κασίκα ἔχουν γιὰ κατάλληλα ἔνζυμα καὶ γι' αὐτὰ ἡ κυτταρίνη ἔχει θρεπτικὴ ἀξία.

Ἄλκοολικὴ ζύμωση

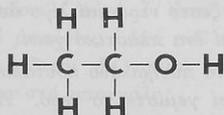
Οἱ ἄνθρωποι ἀπὸ πολὺ παλιὰ εἶχαν ἀντιληφθεῖ τὴν ὕπαρξη τῶν ἐνζύμων. Οἱ πρωτόγονοι ἄνθρωποι παρατήρησαν ὅτι, ὅταν ἀφήνουν τοὺς χυμοὺς φρούτων σὲ ἀνοιχτὰ δοχεῖα στὸν ἀέρα, οἱ χυμοὶ ἀρχίζουν νὰ ἀφρίζουν. Σιγὰ σιγὰ ἔχαναν τὴ γλυκιά τους γεύση καὶ ἔπαιρναν μιὰ ἄλλη εὐχάριστη γεύση. Ἔτσι ἀνακάλυψαν τὸ οἶνόπνευμα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

Ἡ μετατροπὴ αὐτὴ τοῦ γλυκοῦ χυμοῦ τῶν φρούτων, πού περιέχει γλυκόζη, σὲ ἀλκοόλη γίνεται μὲ τὴ βοήθεια ἐνζύμου πού λέγεται ζυμάση. Ἡ ζυμάση ὑπάρχει σὲ μικροσκοπικά φυτὰ πού λέγονται γενικὰ ζύμες. Τὰ μικροσκοπικὰ αὐτὰ φυτὰ ὑπάρχουν στὶς φλοῦ-

δες των φρούτων. Έτσι πάντα, όταν παίρνουμε χυμούς φρούτων, υπάρχουν μέσα και ζύμες που περιέχουν τη ζυμάση.

Η διεργασία που κάνει ή ζυμάση, για να μετατρέψει τη γλυκόζη σε αλκοόλη, είναι πολύπλοκη. Εκείνο που κάνει είναι ότι σπάει το μόριο της γλυκόζης σε αλκοόλη και διοξείδιο του άνθρακα.

Η αλκοόλη είναι μία οργανική ένωση που περιέχει 2 άτομα άνθρακα, 6 άτομα υδρογόνου και 1 οξυγόνο. Μπορούμε να τη γράψουμε :



Αλκοόλη

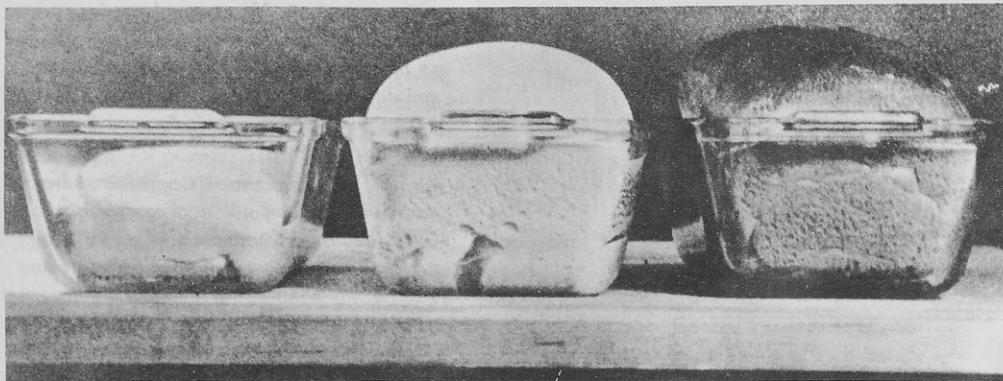
Τό διοξείδιο του άνθρακα είναι οι φυσαλίδες του αερίου που κάνουν τό σακχαρούχο υγρό νά αφρίζει όταν ζυμώνεται. Τή διεργασία αυτή τή λέμε **άλκοολική ζύμωση**.

Έτσι παρασκευάζουμε τά κρασιά. Στή χώρα μας χρησιμοποιούμε τό χυμό από τά σταφύλια. Τό χυμό των σταφυλιών, που λέγεται *γλεῦκος* ή μούστος, τόν τοποθετούν μέσα σε μεγάλα ξύλινα βαρέλια. Ό μούστος περιέχει ένζυμα που βρίσκονται σε μικροσκοπικά φυτά στίς φλοῦδες των σταφυλιών.

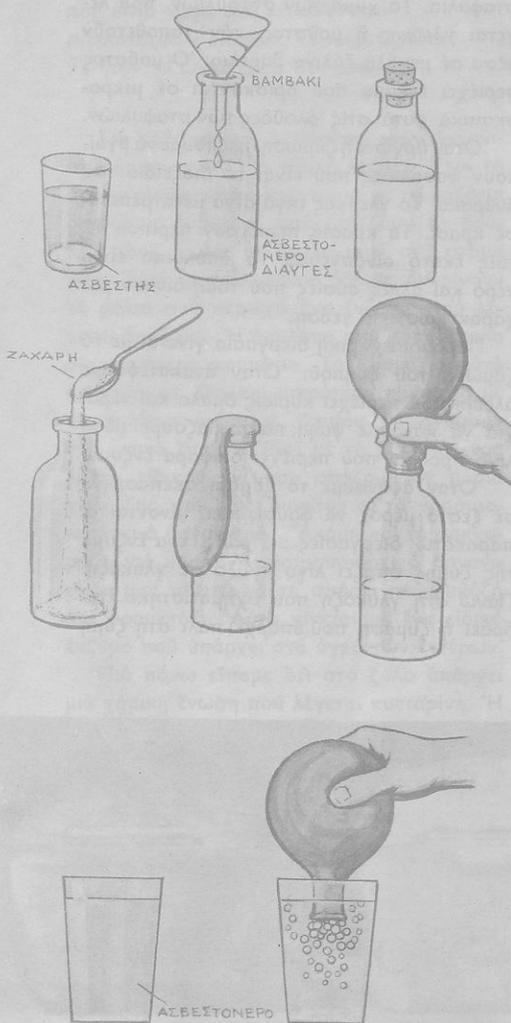
Όταν αρχίσει ή ζύμωση, βλέπουμε νά βγαίνουν φυσαλίδες που είναι τό διοξείδιο του άνθρακα. Τό γλεῦκος σιγά σιγά μετατρέπεται σε κρασί. Τά κρασιά περιέχουν περίπου 12 τοίς εκατό οινόπνευμα. Τό υπόλοιπο είναι νερό και άλλες ουσίες που τούς δίνουν μία χαρακτηριστική γεύση.

Παρόμοια χημική διεργασία γίνεται μέ τό ζύμωμα του ψωμιού. Όταν ανακατέψουμε αλεύρι που περιέχει κυρίως άμυλο και νερό, για νά κάνουμε ψωμί, πάντα βάζουμε μέσα λίγο προζύμι που περιέχει διάφορα ένζυμα.

Όταν αφήνουμε τό ζυμάρι σκεπασμένο σε ζεστό μέρος νά φουσκώσει, γίνονται οι παρακάτω διεργασίες : Πρώτα ένα ένζυμο της ζύμης σπάει λίγο άμυλο σε γλυκόζη. Πάνω στή γλυκόζη που σχηματίστηκε επιδράει ή ζυμάση που υπάρχει πάλι στή ζύμη



Η ζύμη φουσκώνει πρώτα τό ψωμί. Μέ τό ψήσιμο στό φούενο τό ψωμί φουσκώνει περισσότερο. Έξηγηστε γιατί.



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

καί τή μετατρέπει σέ CO_2 καί αλκοόλη. Τό CO_2 φουσκώνει τό ζυμάρι μας καί λέμε ὅτι τό ψωμί «άνέβηκε». Μέ τό ψήσιμο στό φούρνο οἱ φυσαλίδες πού δημιουργήθηκαν μεγαλώνουν, γιατί τό αέριο διαστέλλεται καί τέλος στή θερμοκρασία τοῦ φούρνου φεύγει ἢ αλκοόλη καί τό CO_2 .

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗΝ ΤΑΞΗ

Θά χρειαστεῖτε δύο ἄδεια μπουκαλῖα ἀπό ἀναψυκτικό, ἓνα μικρό μπαλόνι, ἓνα ποτήρι τοῦ νεροῦ, ἓνα κονταλάκι, ζάχαρη, ξερή ζύμη, ζεστό νερό καί λίγο ἀσβέστη, βαμβάκι καί ἓνα πλαστικό χωνί.

1) Ρίξτε στό ποτήρι δύο κονταλῖες ἀσβέστη καί γεμίστε το νερό. Ἀνακατέψτε το νά διαλυθεῖ ὁ ἀσβέστης καί ἀφήστε τό διάλυμα νά ἡρεμησεῖ, ὥστε ὅ,τι δέ διαλύθηκε νά κατακαθίσει στόν πάτο τοῦ ποτηριοῦ. Τό ἀσβεστόνερο, γιά νά γίνει διαυγές, πρέπει νά τό διηθήσετε. Πάρτε ἓνα χωνί ἀπό πλαστικό καί ἓνα ἄδειο καθαρό μπουκαλί ἀπό ἀναψυκτικό. Βάλτε στό χωνί ἀρκετό βαμβάκι καί πιέστε το στό μέρος πού ἀρχίζει τό στένωμα τοῦ χωνιοῦ. Τοποθετήστε τό χωνί στό στόμιο τοῦ μπουκαλιοῦ. Μέ προσοχή περάστε τό διάλυμα τοῦ ἀσβεστόνερου ἀπό τό χωνί μέ τό βαμβάκι. Κρατήστε τό διαυγές διάλυμα τοῦ ἀσβεστόνερου στό μπουκαλί σκεπασμένο μέ ἓνα φελλό, ὥσπου νά τό χρησιμοποιήσετε.

2) Στό καθαρό μπουκαλί προσθέστε ἓνα κονταλάκι ζάχαρη καί μισό κονταλάκι ζύμη. Γεμίστε τό μπουκαλί μέχρι τή μέση περίπου μέ χλιαρό νερό. Ἀνακατέψτε το ἑλαφρά.

3) Περάστε τό στόμιο ἀπό τό μπαλόνι στό στόμιο τοῦ μπουκαλιοῦ, ὅπως δείχνει τό σχῆμα. Ἀφήστε τό μπουκαλί σέ ζεστό μέρος καί παρακολουθήστε τί συμβαίνει.

4) Μετά μιά ὥρα σφίξτε τό λαιμό ἀπό τό

μπαλόνι καλά με τό χέρι σας ἀκριβῶς πάνω ἀπό τό στόμιο τοῦ μπαλονιοῦ καί τραβήξτε το μέ προσοχή, ὥστε νά μή χάσετε τό ἀέριο. Βάλτε τώρα τό ἀσβεστόνερο ἀπό τό μπουνκάλι σ' ἕνα ποτήρι καί βουτήξτε τό στόμιο τοῦ μπαλονιοῦ μέσα στό ἀσβεστόνερο. Ἀφήστε ἐλεύθερο τό στόμιό του καί πύστε τό μπαλόνι, γιά νά περάσει τό ἀέριο στό ἀσβεστόνερο.

5) Περιγράψτε τί συνέβη στό μπουνκάλι στή μιά ὥρα πού πέρασε καί τί συνέβη στό ἀσβεστόνερο, ὅταν ἀδειάσατε τό μπαλόνι μέσα σ' αὐτό. Τί ἦταν τό ἀέριο μέσα στό μπαλόνι; Ἀπό πού προήλθε; Πῶς ὀνομάζεται ἡ χημική μεταβολή πού ἔγινε μέσα στό μπουνκάλι;

Ὁξική ζύμωση

Ἔχετε παρατηρήσει ἴσως ὅτι ὅταν ἕνα μπουκάλι κρασί μείνει ἀνοιχτό σέ ζεστό μέρος ζινίζει. Σ' αὐτήν τή διεργασία ἡ ἀλκοόλη τοῦ κρασιοῦ μετατρέπεται στό γνωστό σας ζῦδι. Ἡ ἀλκοόλη τοῦ κρασιοῦ μέ τή βοήθεια ἑνός ἐιδικοῦ ἐνζύμου καί τοῦ ὀξυγόνου τοῦ ἀέρα ὀξειδώνεται καί μετατρέπεται σέ **ὀξικό ὀξύ**. Τό ὀξικό ὀξύ εἶναι ἡ οὐσία πού δίνει τήν ξινή γεύση στό ζίδι.

Τό ἐνζυμο πού βοήθησε στή δουλειά αὐτή περιέχεται σ' ἕνα μύκητα πού λέγεται μικρόκοκκος τοῦ ζιδιοῦ καί πού βρίσκεται στόν ἀέρα. Οἱ μύκητες εἶναι κι αὐτοί μικροσκοπικά φυτά πού βρίσκονται καί στόν ἀέρα. Τούς μύκητες τοῦ ζιδιοῦ πιθανόν νά τούς ἔχετε δεῖ μαζεμένους στόν πάτο ἑνός μπουκαλιοῦ μέ ζίδι πού ἔχει παραμείνει ἐκεῖ πολύ καιρό. Τή γλοιώδη αὐτή μάζα μπορείτε νά τή βάλετε σ' ἕνα μπουκάλι κρασί, νά τό ἀφήσετε ἀνοιχτό κι ἔτσι νά φτιάξετε σέ μερικές βδομάδες καλῆς ποιότητας ζίδι.

Τό ζίδι χρησιμεύει στή μαγειρική καί γιά τή διατήρηση λαχανικῶν ὅπως τά τουρσιά.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γιά νά πειστεῖτε ὅτι στόν ἀέρα ὑπάρχουν διάφοροι μύκητες, μπορείτε νά κάνετε τήν παρακάτω ἐργασία.

Θά χρειαστεῖτε δύο πιάτα τσίγκινα, δύο καθαρά κομμάτια ἀπό διαφανές πλαστικό, ἕνα κονταλάκι, ζεστό νερό, ἀλεύρι καί ζάχαρη. Βλέπε σχῆμα στή σελίδα 138.

1) Ξεπλύνετε τά πιάτα καλά μέ ζεστό νερό. Βάλτε σέ κάθε πιάτο ἀπό τρεῖς γεμάτες κονταλιές ἀλεύρι. Προσθέστε καί ἀπό μιά κονταλιά ζάχαρη. Προσθέστε τόσο νερό, ὥστε νά φτιάξετε ἕνα χυλό. Ἀπλώστε τό μίγμα ὁμοιόμορφα στά πιάτα.

2) Σκεπάστε καλά, χρησιμοποιώντας καί ἕνα λαστικό, τό ἕνα πιάτο μέ τό ἕνα κομμάτι πλαστικό. Ἀφήστε τό ἄλλο πιάτο ἐκτεθειμένο στόν ἀέρα γιά μιά ὥρα. Μετά σκεπάστε το κι αὐτό καλά μέ τό δεύτερο κομμάτι πλαστικό. Τοποθετήστε καί τά δύο πιάτα σ' ἕνα ζεστό σκιερό μέρος.

3) Μετά μιά μέρα, ἐξετάστε τά πιάτα, γιά νά δεῖτε ἂν ἔχει ἀναπτυχθεῖ μούχλα. Παρακολοθηστε τά δύο πιάτα γιά μερικές μέρες. Σέ ποῖο πιάτο ἀναπτύχθηκε μούχλα; Γιατί; Τί χρησιμοποίησε γιά τροφή ἡ μούχλα;

3. Λίπη

Ἡ δεύτερη κατηγορία τροφῆς πού εἶναι ἀπαραίτητη γιά τόν ἄνθρωπο εἶναι τά λίπη. Τά λίπη εἶναι χημικές ἐνώσεις πού ἀποτελοῦνται κι αὐτές ἀπό ἄνθρακα, ὀξυγόνο καί ὕδρογόνο. Στή θερμοκρασία τοῦ δωματίου εἶναι ἄλλα ὑγρά καί ἄλλα στερεά. Ξέρετε μερικά ἀπ' αὐτά: τό ἐλαιόλαδο, τό σπορέλαιο, τό βούτυρο. Πολλές τροφές περιέχουν λίπη: τό γάλα, τό τυρί, τό κρέας, καί ἄλλες.

Τά λίπη εἶναι ἀπαραίτητα γιά τή διατροφή καί τήν ἀνάπτυξη τοῦ ἀνθρώπου. Ὄταν καίγονται στόν ὄργανισμό μας, μέ τή βοήθεια

των ενζύμων, δίνουν περισσότερη ενέργεια από τους υδατάνθρακες. Μερικά λίπη χρειάζονται στον οργανισμό, για να συκρατούν 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. Από τα λίπη κατασκευάζουμε σαπούνι, που είναι απαραίτητο για την καθαριότητά μας.

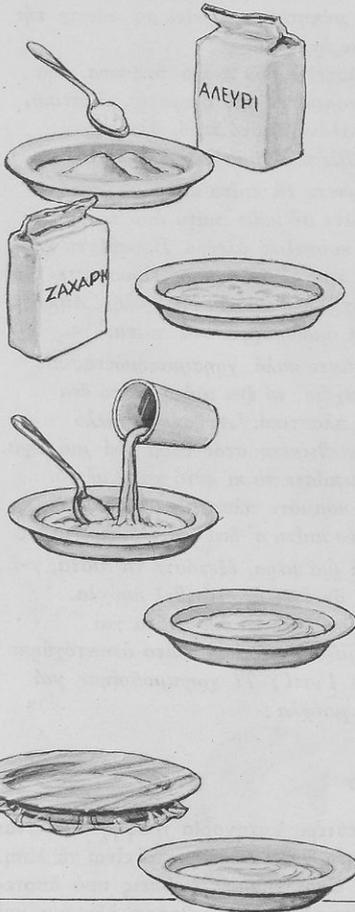
4. Πρωτεΐνες

Η τρίτη κατηγορία τροφής, απαραίτητη στον ανθρώπινο οργανισμό, είναι οι πρωτεΐνες. Σ' όλα τα μέρη του σώματος υπάρχουν πρωτεΐνες. Οι μύς μας αποτελούνται κυρίως από πρωτεΐνη, τό ίδιο και τό δέρμα και τό μαλλιά μας. Τό μαλλί, τό μετάξι, τό νύχια των ανθρώπων και των ζώων και τό φτερά των πουλιών είναι πρωτεΐνες. Τά αυγά, τό γάλα, τό κρέας, τό τυρί, τό ψάρια και διάφορα λαχανικά έχουν πρωτεΐνες.

Μπορούμε να πούμε ότι οι πρωτεΐνες είναι τό δομικά λιθάρια του οργανισμού. Ο οργανισμός τίς χρησιμοποιεί, για να φτιάχνει και να επιδιορθώνει τό κύτταρά του. Καμιά άλλη τροφή δέν μπορεί να αντικαταστήσει τίς πρωτεΐνες.

Οί πρωτεΐνες είναι πολύπλοκες χημικές ένώσεις. Αποτελούνται από άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο και θεϊο. Πολλές πρωτεΐνες περιέχουν και φωσφόρο.

Οί επιστήμονες έρευνούσαν, και συνεχίζουν να έρευνούν, πώς λειτουργεί ο ανθρώπινος οργανισμός. Όταν λοιπόν πριν 140 περίπου χρόνια απομόνωσαν από τόυς ιστούς των ζώων μερικές από αυτές τίς πολύπλοκες ούσιες, κατάλαβαν ότι ήταν πολύ σπουδαίες. Γι' αυτό και ένας Όλλανδός επιστήμονας τίς ονόμασε **πρωτεΐνες** από την ελληνική λέξη *πρωτος*, δηλαδή κάτι που κατέχει

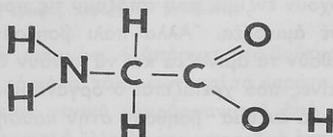


Μετά μία ώρα σκεπάστε και τό δεύτερο πιάτο μέ πλαστικό.

Μούχλα αναπτύσσεται, όταν αφήνουμε τά τρόφιμα στον αέρα.

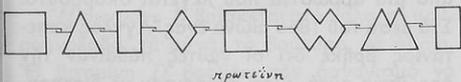
τήν πρώτη θέση, κάτι πολύ σημαντικό.

Οι πρωτεΐνες όπως και τα σάκχαρα είναι πολυμερείς ενώσεις. Αποτελούνται από απλούστερες ουσίες που λέγονται **άμινοξέα**. Τα άμινοξέα μοιάζουν μεταξύ τους. Όλα περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο και άζωτο. Το πιο απλό άμινοξύ γράφεται :



Ένα άμινοξύ

Υπάρχουν 20 διαφορετικά άμινοξέα, όσα περιπίου και τα γράμματα του αλφαβήτου, που ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν τις πρωτεΐνες. Μπορούμε, όπως τη γλυκόζη στο άμυλο, να ζωγραφίσουμε τα διάφορα άμινοξέα με διάφορα σχήματα όπως τετράγωνα, ορθογώνια, τρίγωνα, ρόμβους και άλλα. Και έτσι μπορούμε να απεικονίσουμε μία πρωτεΐνη :



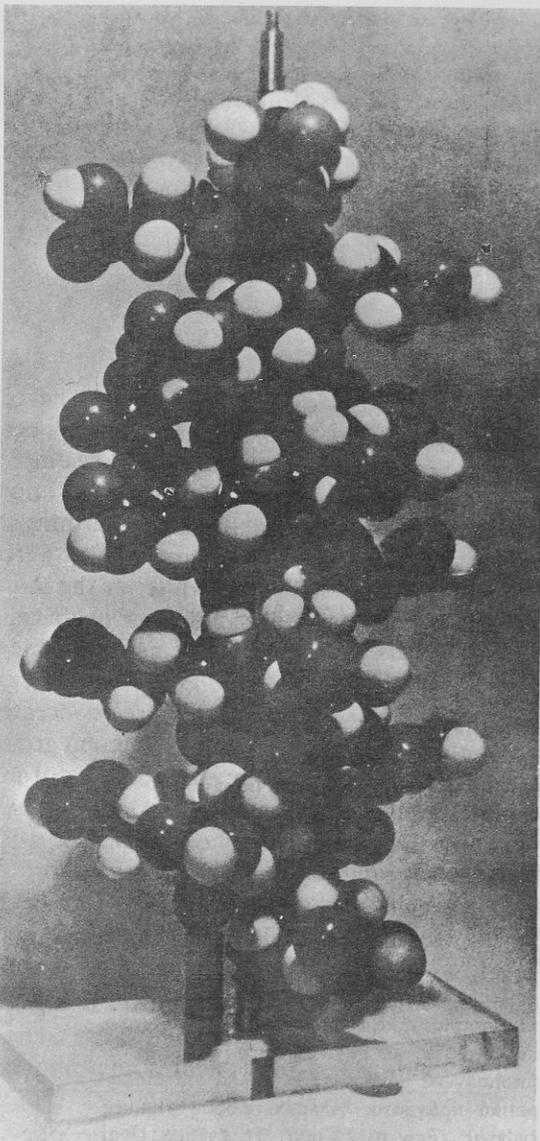
Όπως ξέρετε, με τα γράμματα του αλφαβήτου κάνουμε χιλιάδες λέξεις. Έτσι και με τα 20 διαφορετικά άμινοξέα θα μπορούσαμε να κάνουμε πάρα πολλές χιλιάδες συνδυασμούς. Μία πρωτεΐνη μπορεί να περιέχει και 500 άμινοξέα. Ο οργανισμός παίρνει τις πρωτεΐνες από τις διάφορες τροφές και χρησιμοποιεί διαφορετικά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

μήσει την κάθε πρωτεΐνη, δηλαδή να την κόψει σε μικρότερα κομμάτια και τελικά σε άμινοξέα. Τα άμινοξέα αυτά ο οργανισμός τα χρησιμοποιεί, γιὰ να κάνει άλλους συνδυασμούς, δηλαδή άλλες πρωτεΐνες που χρειάζεται. Στη δουλειά αυτή, δηλαδή την ένωση των άμινοξέων μεταξύ τους, βοηθούν πάλι άλλα ένζυμα.

Ακοῦμε πολλές φορές να λένε ότι το βοδινο κρέας ή το γάλα έχουν πρωτεΐνες *πρώτης ποιότητας* και ότι τα φασόλια, τα λαχανικά, τα μπιζέλια έχουν πρωτεΐνες *δευτέρης ποιότητας*. Η ποιότητα μίας πρωτεΐνης εξαρτάται από το είδος των άμινοξέων που έχει. Υπάρχουν άμινοξέα 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 άμινοξέα για τον οργανισμό, τις λέμε πρώτης ποιότητας. Άλλα πάλι άμινοξέα 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 άμινοξέα όπως οι πρωτεΐνες των λαχανικών δεν είναι τόσο απαραίτητες για τον οργανισμό. Τα λαχανικά όμως είναι απαραίτητα στον οργανισμό για άλλες πολύτιμες ουσίες που περιέχουν, όπως θα δούμε πιο κάτω.

Γιὰ να διατρέφεται καλά ένας άνθρωπος, πρέπει να τρώει 20 % πρωτεΐνη καθημερινά στη διαίτα του.

Πολλές φορές αναφέραμε τη λέξη ένζυμα και υποψιαστήκατε ότι πρέπει να είναι χημικές ενώσεις με μαγικές ιδιότητες, μιά και μπορούν να κάνουν τόσο πολλά και διαφορετικά πράγματα. Άλλά τί είδους χημικές ενώσεις είναι τα ένζυμα; Τα ένζυμα είναι κι αυτά πρωτεΐνες που περιέχουν πάρα πολλά άμινοξέα. 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 δέ θα ξαφνιαστείτε, αν μάθετε ότι υπάρχουν πολλές χιλιάδες ένζυμα. Τό καθένα είναι διαφορετικό καί κάνει μιά ειδική δουλειά. Υπάρχουν ένζυμα, όπως ή άμυλάση, πού σπάζουν τό μόριο του άμύλου, πού είναι ένα πολυμερές. Άλλα ένζυμα σπάζουν μικρότερα μόρια, όπως ή ζυμάση σπάει τό μόριο τής γλυκόζης σε άλκοόλη καί διοξειδίο του άνθρακα. Υπάρχουν ένζυμα πού σπάζουν τίς πρωτεΐνες σε άμινοξέα. Άλλα πάλι βοηθοῦν νά συνδεθοῦν τά άμινοξέα καί νά κάνουν άλλες πρωτεΐνες πού χρειάζεται ο οργανισμός.

Ειδικά ένζυμα βοηθοῦν στήν καύση τής γλυκόζης στόν οργανισμό, γιά νά τή μετατρέψουν σε CO₂, H₂O καί ενέργεια. Άλλα ένζυμα βοηθοῦν στή φωτοσύνθεση γιά νά σχηματιστεί ή γλυκόζη καί τό όξυγόνο από τό CO₂, τό νερό καί τήν ήλιακή ενέργεια. Η ποικιλία τών ενζύμων καί οί δουλειές πού κάνουν είναι από τίς πιό πολύπλοκες καί θαυμαστές διεργασίες στή ζωή τών ζώων καί τών φυτῶν.

5. Βιταμίνες, άνόργανα άλατα, όρμόνες

Στά παλιά χρόνια οί ναῦτες τών καραβιῶν στά μακρινά τους ταξίδια προσβάλλονταν από μιά άρρώστια πού λέγεται σκορβούτο. Στά μέσα του 18ου αιώνα ένας Άγγλος καπετάνιος βρήκε ότι οί ναῦτες πάθιαν τήν άρρώστια αυτή, γιατί τρέφονταν μέ διατηρημένες τροφές καί πώς ή άρρώστια γιαιρευόταν, όταν έτρωγαν φρέσκα φρούτα. Έλυσε λοιπόν τό πρόβλημα γεμίζοντας τό καράβι του μέ λεμόνια. Μετά έναν αιώνα περίπου ένας Όλλανδός επιστήμονας απέδειξε ότι ή άσθένεια beri - beri (νμπέρι - μπέρι), πού μάλιστα τούς κατοίκους σίς Όλλανδικές Ίνδies, όφειλόταν στό ότι οί άνθρωποι έτρωγαν άποφλοιωμένο ρύζι. Η άρρώστια μπορούσε νά γιαιρευτεί, όταν έτρωγαν τό ρύζι μέ τή

φλούδα του. Έτσι βρέθηκε ότι ουσίες που υπάρχουν στα τρόφιμα είναι απαραίτητες για τη διατροφή και την καλή υγεία. Τίς ουσίες αυτές τις ονόμασαν **βιταμίνες**. Σήμερα ξέρουμε πολλές βιταμίνες και τις ονομάζουμε με τα γράμματα του λατινικού αλφαβήτου : βιταμίνες Α, Β, C, D, Ε, Κ. Οι βιταμίνες είναι πολύπλοκες οργανικές ενώσεις.

Ποιές τροφές περιέχουν βιταμίνες

Η βιταμίνη Α υπάρχει στο βούτυρο, το τυρί, το γάλα, το συκώτι και τα καρότα. Προστατεύει γενικά τον οργανισμό από τα μικρόβια και η έλλειψή της μπορεί να επηρεάσει την όραση.

Οι βιταμίνες Β είναι πολλές : Β₁, Β₂, Β₁₂. Βρίσκονται στη φλούδα του ρυζιού, στο γάλα, στη ζύμη, στο κρέας, στο συκώτι, Βοηθούν στην καλή λειτουργία του νευρικού συστήματος. Η έλλειψή τους προκαλεί διάφορες ασθένειες και γενικά εξασθενίζει τον οργανισμό.

Η βιταμίνη C βρίσκεται στα πορτοκάλια, τα λεμόνια, τις ντομάτες, το λάχανο και άλλα λαχανικά. Η έλλειψή της μπορεί να προκαλέσει ελαττωματική ανάπτυξη των οστών και των δοντιών. Η παρατεταμένη έλλειψή της προκαλεί την αρρώστια που λέγεται σκορβούτο.

Η βιταμίνη D βρίσκεται στο γάλα, το μουνόλαδο, τα αυγά, το βούτυρο, τα ψάρια. Η βιταμίνη D βοηθάει τον οργανισμό να παραλαμβάνει το ασβέστιο και το φωσφόρο για τα οστά. Η έλλειψή της προκαλεί τη ραχίτιδα, γι' αυτό και λέγεται αντιραχίτική.

Η βιταμίνη Ε βρίσκεται στο γάλα, τα αυγά, το σιτάρι και το κρέας. Η έλλειψή της εμποδίζει την αναπαραγωγή.

Η βιταμίνη Κ βοηθάει ιδιαίτερα στην πήξη του αίματος, όταν πληγωθούμε. Τα αυγά, οι ντομάτες και τα λαχανικά περιέχουν βιταμίνη Κ.

Άνόργανα άλατα

Ο άνθρωπος οργανισμός έχει ανάγκη και από διάφορα άνοργανα στοιχεία για τη συντήρηση και την ανάπτυξη του. Το αίμα περιέχει σίδηρο, τα κόκαλα ασβέστιο και φωσφόρο. Τα παιδιά, επειδή μεγαλώνουν χρειάζονται φωσφόρο και ασβέστιο από 1,5 g περίπου κάθε μέρα. Φωσφόρος υπάρχει στα αυγά και το γάλα και ασβέστιο στο γάλα, στο τυρί. Ο οργανισμός γενικά χρειάζεται μικρές ποσότητες από διάφορα άλλα άνοργανα στοιχεία όπως το νάτριο, το κάλιο, το χλώριο και το ιώδιο. Το ιώδιο είναι απαραίτητο για τη λειτουργία του θυρεοειδή αδένου. Ιώδιο περιέχεται στις ζωικές τροφές της θάλασσας. Για να παίρνει ο οργανισμός ιώδιο σήμερα, το προσθέτουν υποχρεωτικά στο άλατι της μαγειρικής ως ιωδιούχο νάτριο.

Όρμόνες

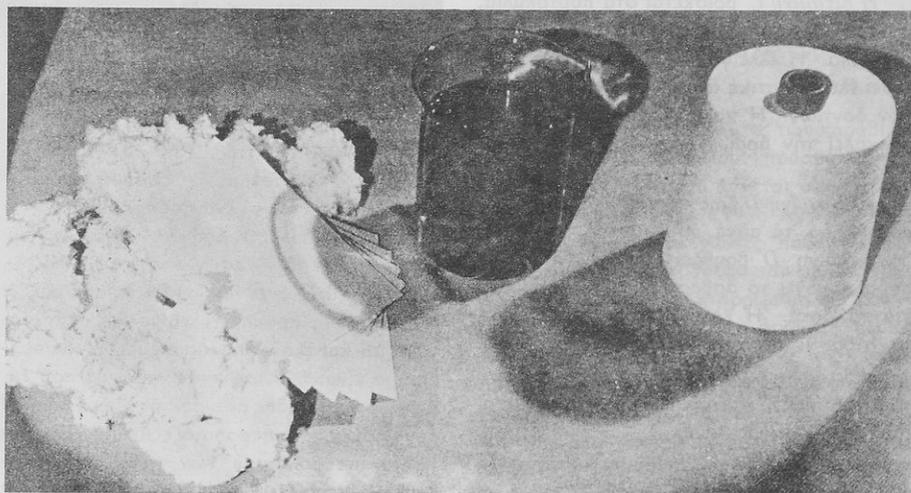
Στην ανθρωπολογία έχετε μάθει ότι στον οργανισμό μας υπάρχουν *αδένες* που εκκρίνουν διάφορες ουσίες απαραίτητες για τη λειτουργία του : ο θυρεοειδής αδένος, τα επινεφρίδια και άλλοι. Οι αδένες αυτοί εκκρίνουν χημικές ουσίες που λέγονται **ορμόνες**. Οι ορμόνες σε πολύ μικρές ποσότητες βοηθούν στις διάφορες λειτουργίες του οργανισμού. Ο τρόπος που επιδρούν οι ορμόνες δεν είναι απόλυτα γνωστός. Από ό,τι ξέρουν μέχρι σήμερα οι επιστήμονες, οι ορμόνες δρουν όπως ο διαιτητής σ' ένα ποδοσφαιρικό αγώνα. Δίνουν δηλαδή οδηγίες και ελέγχουν πώς και πότε πρέπει να γίνονται μερικές πολύ σημαντικές δουλειές στον οργανισμό. Η έλλειψή τους προκαλεί ανωμαλίες στον οργανισμό και διάφορες ασθένειες. Ένα παράδειγμα είναι η έλλειψη της ορμόνης που εκκρίνει ο θυρεοειδής αδένος, της θυροξίνης. Ο οργανισμός τότε παρουσιάζει ανωμαλίες στον τρόπο μεταβολισμού των τροφών. Ο άνθρωπος κερδίζει βάρος και πολλές φορές σχηματίζεται μία διόγκωση στο λαιμό, που λέγεται βρογχοκήλη.

Δ. ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΙΝΕΣ

Πολλούς αιώνες πριν, ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε τὰ φυσικά προϊόντα γιά τή διατροφή καί τίσ ανάγκες του. Ἀργότερα ἄρχισε νά χρησιμοποιεῖ καί ἄλλα φυσικά ὑλικά ὅπως τό ξύλο, τό μαλλί, τό βαμβάκι, τό μετάξι καί τό καουτσούκ. Μέ τήν πρόοδο τῆς φυσικῆς καί τῆς χημείας ἀπό τίσ ἀρχές τοῦ 20οῦ αἰώνα οἱ ἐπιστήμονες ἄρχισαν νά ἐξετάζουν τὰ ὑλικά αὐτά, γιά νά βροῦν ἀπό τί ἀποτελοῦνται. Ἀνακάλυψαν λοιπόν ὅτι τὰ μόρια ἀπό τό ξύλο, τό μαλλί, τό βαμβάκι, τό μετάξι καί τό καουτσούκ εἶναι ὅλα πολύ μεγάλα. Τό χαρακτηριστικό τους εἶναι ὅτι τό καθένα ἀποτελεῖται ἀπό πάρα πολλά ὅμοια μόρια ἐνωμένα μεταξύ τους. Βρῆκαν δηλαδή ὅτι εἶναι πολυμερή. Μάθαμε ὅτι τό μόριο τῆς κυτταρίνης πού ὑπάρχει στό ξύλο ἀποτελεῖται ἀπό χιλιάδες μόρια γλυκόζης ἐνωμένα μεταξύ τους. Τό βαμβάκι ἀποτελεῖται κι αὐτό ἀπό κυτταρίνη. Ἀντίθετα τό μαλλί καί τό μετάξι εἶναι πολυμερεῖς ἐνώσεις πού ἀπο-

τελοῦνται ἀπό ἀμινοξέα, δηλαδή εἶναι πρωτεΐνες. Τά τέσσερα αὐτά φυσικά προϊόντα τὰ χρησιμοποιεῖ ὁ ἄνθρωπος, ὅπως ξέρετε, γιά νά ὑφαίνει ὑφάσματα καί τὰ λέμε *ύφαντικές ὕλες*. Ἐνα ἀκόμα ὑλικό πού τό χρησιμοποιεῖτε κάθε μέρα στό σχολεῖο εἶναι τό χαρτί. Αὐτό φτιάχνεται ἀπό τήν κυτταρίνη τοῦ ξύλου ἢ τοῦ βαμβακιοῦ. Τά διάφορα εἶδη χαρτιοῦ πού βλέπετε, γυαλιστερά, μαλακά, χοντρά, χρωματιστά, ἔχουν ὑποστεί κατάλληλες ἐπεξεργασίες στό ἐργοστάσιο τῆς χαρτοβιομηχανίας.

Ἡ ἐπιστημονική ὁμως ἔρευνα καί ἡ περιέργεια δέ σταματάει ποτέ κι ἔτσι οἱ ἐπιστήμονες προσπάθησαν νά κατασκευάσουν πολυμερεῖς ἐνώσεις πού νά ἔχουν ιδιότητες ὅμοιες μέ τίσ ὑφαντικές ὕλες καί μερικές φορές καλύτερες. Πρὶν ἀπό ἐξήντα περίπου χρόνια κατόρθωσαν ἀπό τήν κυτταρίνη τοῦ ξύλου νά φτιάξουν ἕνα εἶδος κλωστή πού νά εἶναι γυαλιστερή καί νά ἀντέχει σάν τό μετάξι. Ἡ κλωστή αὐτή λέγεται *ρεγιόν*. Παρακολουθήστε τώρα πῶς γίνεται τό ρεγιόν.



Τρόπος παρασκευῆς ρεγιόν: Φύλλα ἀπό ξύλο καί βαμβάκι διαλύονται σέ χημικά ὄξυρά καί μετατρέπονται σέ μία παχύρρευστη οὐσία, ὅπως βλέπετε στό ποτήρι. Τέλος ἡ παχύρρευστη μάζα μετατρέπεται σέ κλωστή ρεγιόν.

Διαλύουν λεπτά φύλλα από ξύλο σε κατάλληλα χημικά υγρά και έτσι παίρνουν ένα παχύρρευστο υγρό σαν μέλι, όπως βλέπετε μέσα στο ποτήρι στη φωτογραφία. Τήν παχύρρευστη αυτή μάζα τή διοχετεύουν σε σωλήνες και με πίεση τήν υποχρεώνουν να περάσει από ένα τρυπητό που είναι βυθισμένο μέσα σ' ένα χημικό υγρό. Η μάζα, καθώς περνάει μέσα από τό υγρό, στερεοποιείται σε λεπτές ίνες και πετιέται προς τά πάνω. Έκει ένας τροχός τήν κλώθει σε κλωστή και τό ρεγιόν είναι έτοιμο. Παρατηρήστε τό σχήμα πού εξηγεί τή μετατροπή του παχύρρευστου υγρού σε κλωστή.

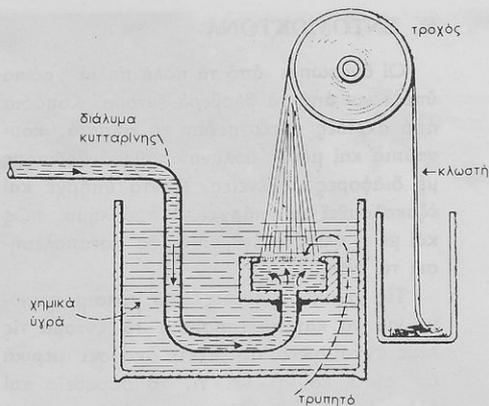
Αυτός είναι ένας γενικός τρόπος πού κατασκευάζουν στά εργοστάσια τεχνητές κλωστές. Τό τρυπητό μπορεί νά έχει από 10 ως 200 τρύπες· έτσι μπορούμε νά έχουμε ό,τι πάχους κλωστές θέλουμε, χοντρές, ψιλές.

Ανάλογα μέ τά χημικά υγρά πού χρησιμοποιούν στά διάφορα εργοστάσια, γιά νά διαλύσουν τήν κυτταρίνη, παρασκευάζονται κλωστές μέ διάφορες ιδιότητες. Κλωστές γυαλιστερές, ανθεκτικές, πού νά μήν τσαλακώνονται, νά μήν καταστρέφονται γρήγορα, νά πλένονται εύκολα.

Μέ τόν τρόπο πού κατασκευάζονται οί τεχνητές κλωστές καταλαβαίνετε ό,τι μπορεί νά έχουν όσο μήκος και πάχος θέλουμε. Έτσι στό έμπόριο κυκλοφορούν διάφοροι τύποι από τεχνητές κλωστές πού έχουν διαφορετικές ιδιότητες και διαφορετικά όνόματα. Τίς κλωστές αυτές μ' ένα όνομα τίς λέμε **τεχνητές ίνες ή συνθετικές ίνες.**

Τό 1935 όμως οί χημικοί κατόρθωσαν νά παρασκευάσουν μία συνθετική κλωστή πού νά μοιάζει μέ τό μετάξι, γυαλιστερή και πολύ ανθεκτική, πιό ανθεκτική κι από τό μετάξι. Τήν κλωστή αυτή τήν ξέρετε όλοι σας, είναι τό νάιλον.

Τό νάιλον είναι κι αυτό πολυμερές. Γιά τήν κατασκευή του όμως δέ χρησιμοποιήθηκαν φυσικά υλικά όπως ή κυτταρίνη του



Σχεδιάγραμμα μετατροπής του διαλύματος της κυτταρίνης σε κλωστή.

ξύλου. Τό νάιλον παρασκευάζεται από άπλές χημικές ουσίες, από έναν ύδρογονάνθρακα, όξυγόνο, νερό και άμμωνία.

Πολλά υλικά πού πρέπει νά είναι ανθεκτικά, όπως τό ύφασμα γιά τά άλεξίπτωτα, τά γερά σκοινιά και άλλα, κατασκευάζονται από νάιλον.

Η βιομηχανία των τεχνητών ινών μέ τήν έρευνα καί τήν πρόοδο τής χημείας κάθε μέρα κατασκευάζει και καινούρια υλικά γιά τίς ανάγκες του πληθυσμού τής γής πού αυξάνεται συνέχεια. Τά φυσικά υλικά δέν έπαρκούν και θά λιγοστεύουν καθημερινά, έτσι θά χρειαζόμαστε όλο και περισσότερες καινούριες τεχνητές ύλες.

Συνθετικές ύλες βλέπετε και χρησιμοποιείτε καθημερινά. Οί τσάντες του σχολείου σας είναι φτιαγμένες από πλαστικό, τά μολύβια σας και πολλά παιχνίδια τό ίδιο. Νά θυμάστε ό,τι όλα τά πλαστικά είναι πολυμερή πού οί έπιστήμονες μέ διάφορες πολύπλοκες χημικές διεργασίες τά συνέθεσαν από άπλούστερες χημικές ένώσεις.

Ε. ENTOMOKTONA

Οί άνθρωποι από τὰ πολύ παλιά χρόνια υπέφεραν από τὰ βλαβερά έντομα. Κοπάδια από άκριδες κατέστρεφαν τὰ σπαρτά, κουνούπια καί μύγες μόλυναν τούς ανθρώπους μέ διάφορες ασθένειες. Πάντα υπήρχε καί εξακολουθεί νά υπάρχει τό πρόβλημα, πώς καί μέ τί ύλικά ό άνθρωπος θά καταπολεμήσει τά έντομα.

Τίς χημικές ένώσεις πού χρησιμοποιούμε γιά νά καταπολεμήσουμε τά έντομα τίς λέμε **έντομοκτόνα**. Έχετε άκούσει μερικά άπ' αυτά, τό ντί - ντί - τί, τό παραθεϊο καί άλλα. Γύρω στά 1940 άνακαλύφθηκε άπό έναν Έλβετό έπιστήμονα τό *ντί - ντί - τί* (DDT), πού είναι μία πολύπλοκη χημική ούσία. Αυτό τό πολύ ίσχυρό έντομοκτόνο βοήθησε άποτελεσματικά στήν καταπολέμηση τών έντόμων μετά τό Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Έτσι τά κουνούπια, πού μεταδίδουν στόν άνθρωπο τήν άρρώστια πού λέγεται έλονοσία, έξολοθρεύτηκαν. Πολλές καλλιέργειες σώθηκαν άπό βλαβερά έντομα. Τό ντί - ντί - τί όμως είναι δηλητηριώδες γιά τόν άνθρωπο καί έχει τήν ιδιότητα νά μή διαλύεται στό νερό καί νά μήν καταστρέφεται εύκολα. Έτσι, άν άπορροφηθεί από τό ανθρώπινο σώμα, μαζεύεται στά μέρη όπου υπάρχει λίπος, καί μπορεί νά δηλητηριάσει σιγά σιγά τόν οργανισμό. Πρίν δύο χρόνια σ' όλη τή γή χρησιμοποιούσαν πολλές έκατοντάδες έκατομμύρια τόννους ντί - ντί - τί κάθε χρόνο. Τό ραντισμένο ντί - ντί - τί παρασύρεται από τά νερά τής βροχής καί πέφτει στά ποτάμια, τίς λίμνες καί τίς θάλασσες. Έκεί άπορροφάται από τά φύκια καί άλλα θαλάσσια φυτά. Τά μικρά ψάρια τρέφονται από τά φύκια, τά μεγάλα ψάρια τρώνε τά μικρά. Άλλά καί τά πουλιά τρώνε τά ψάρια. Έτσι τά τελευταία χρόνια βρέθηκε ότι τά ψάρια καί τά πουλιά σέ πολλά μέρη τής γής περιείχαν ντί - ντί - τί. Τό ίδιο συμβαίνει στά ζώα, όταν τρώνε τά χόρτα πού έχουν ραντιστεί μέ ντί - ντί - τί. Πρίν

μερικά χρόνια βρέθηκε ντί - ντί - τί στό γάλα καί τό λίπος τών ζώων. Καταλαβαίνετε τώρα ότι τελικά τό ντί - ντί - τί καταλήγει στόν άνθρωπο πού τρώει ψάρια, πουλιά, φυτοφάγα ζώα καί λαχανικά. Σήμερα ή χρήση του ντί - ντί - τί έχει άπαγορευθεί σχεδόν σ' όλα τά κράτη τής γής.

Συνήθως όλα τά έντομοκτόνα είναι βλαβερά γιά τόν άνθρωπο. Γι' αυτό πρέπει νά τά χρησιμοποιούμε μέ μεγάλη προσοχή καί ποτέ άσκοπα. Σήμερα ή έπιστήμη άσχολείται νά βρει έντομοκτόνα πού νά μήν είναι βλαβερά γιά τόν άνθρωπο.

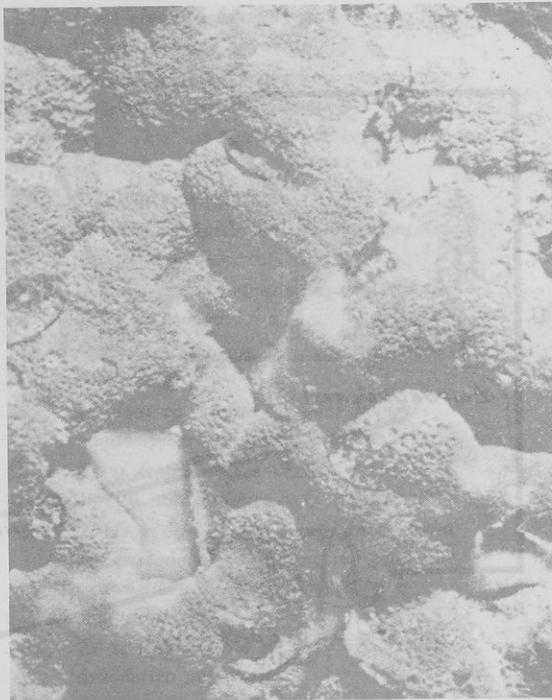
Ζ. ΦΑΡΜΑΚΑ

Οί πρωτόγονοι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν βότανα γιά νά γιατρέψουν διάφορες ασθένειες. Στήν άρχαία Έλλάδα ό Άσκληπιός καί ό Ίπποκράτης, δύο γιατροί, χρησιμοποίησαν κι αυτοί βότανα στήν θεραπευτική τους. Σήμερα ξέρουμε ότι πολλά φάρμακα βγαίνουν από φυτά. Τά φάρμακα είναι χημικές ένώσεις. Οί χημικοί βρήκαν από τί άποτελούνται καί μπόρεσαν νά τά συνθέσουν στό εργαστήριο. Έτσι σήμερα έχουν μία μεγάλη ποικιλία από φάρμακα γιά κάθε άρρώστια καί κάθε κακοδιαθεσία. Η άσπιδίνη, οί σουλφαμίδες καί ή κινίνη είναι ίσως τά πιο γνωστά σας φάρμακα. Πολλά φάρμακα έχουν τήν ιδιότητα νά σκοτώνουν τά μικρόβια, όπως ή κινίνη σκοτώνει τό μικρόβιο τής έλονοσίας. Υπάρχει όμως καί μία άλλη κατηγορία φαρμάκων πού όλοι τήν έχετε άκούσει. Είναι τά **άντιβιοτικά**. Τά αντιβιοτικά είναι χημικές ούσιες πού παράγονται από μύκητες καί βακτήρια καί έχουν τήν ιδιότητα νά σταματούν τήν ανάπτυξη άλλων μικροβίων. Τό 1929 ένας Σκωτσέζος γιατρός, ό Φλέμινγκ, ένώ μελετούσε τούς σταφυλόκοκκους, παρατήρησε ότι ή ανάπτυξη τους πολλές φορές σταματούσε. Έρευνώντας λοιπόν προσεκτικά βρήκε ότι οί καλλιέργειες τών στα-

φυλοκόκκων είχαν μολυνθεί από ένα μύκητα που βρίσκεται συχνά στον αέρα. Σιγά σιγά ο Φλέμιγκ και οι συνεργάτες του βρήκαν ότι ο μύκητας αυτός περιείχε μία χημική ουσία που την ονόμασαν *πενικιλίνη* και ότι αυτή ή ουσία είναι η αιτία που σταματάει την ανάπτυξη των σταφυλοκόκκων. Έτσι ανακαλύφθηκαν τα αντιβιοτικά. Η πενικιλίνη σταματάει την ανάπτυξη πολλών μικροβίων όπως του πνευμονιόκοκκου, που προσβάλλει τους πνεύμονες και προκαλεί την πνευμονία. Έχετε ακούσει τα ονόματα πολλών αντιβιοτικών όπως η στρεπτομυκίνη, ή χρυσομυκίνη, ή χλωρομυκητίνη και άλλα. Πολλά αντιβιοτικά σήμερα παρασκευάζονται συνθετικά στα έργαστήρια των φαρμακευτικών βιομηχανιών. Καθημερινά ανακαλύπτονται και καινούρια αντιβιοτικά, ειδικά για την καταπολέμηση διαφόρων μικροβίων που προσβάλλουν τον άνθρωπο και τα ζώα.

Η. Η ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΜΑΣ ΖΩΗ

Από τα προηγούμενα κεφάλαια είδαμε ότι η μελέτη της χημείας των ενώσεων του άνθρακα απέδωσε στον άνθρωπο πολλά αγαθά. Μέ τη βοήθεια της φυσικής και της βιολογίας η χημεία κατόρθωσε να βρει από τι αποτελούνται οι διάφορες βασικές ουσίες από τις οποίες είναι φτιαγμένος κάθε ζωντανός οργανισμός. Βρήκε και βρίσκει καθημερινά πώς είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους τα άτομα που αποτελούν τα πολύπλοκα οργανικά μόρια. Καθορίζει να βρίσκει τρόπους, για να παρασκευάζει συνθετικά τα πολύπλοκα μόρια στο εργαστήριο. Ίσως τώρα καταλαβαίνετε ότι η έρευνα της χημείας δε σταματάει ποτέ. Εκτός από τα υλικά που αναφέραμε, οι χημικοί ασχολούνται να φτιάχνουν κι άλλα πράγματα όπως χρώματα, που τα χρησιμοποιούμε για να βάψουμε ή να ζωγραφίσουμε. Οι χημικοί απομονώνουν τα άρω-



Μεγέθυνση φωτογραφίας της μούχλας της πενικιλίνης, όπως φωτογραφήθηκε από μία καλλιέργεια.

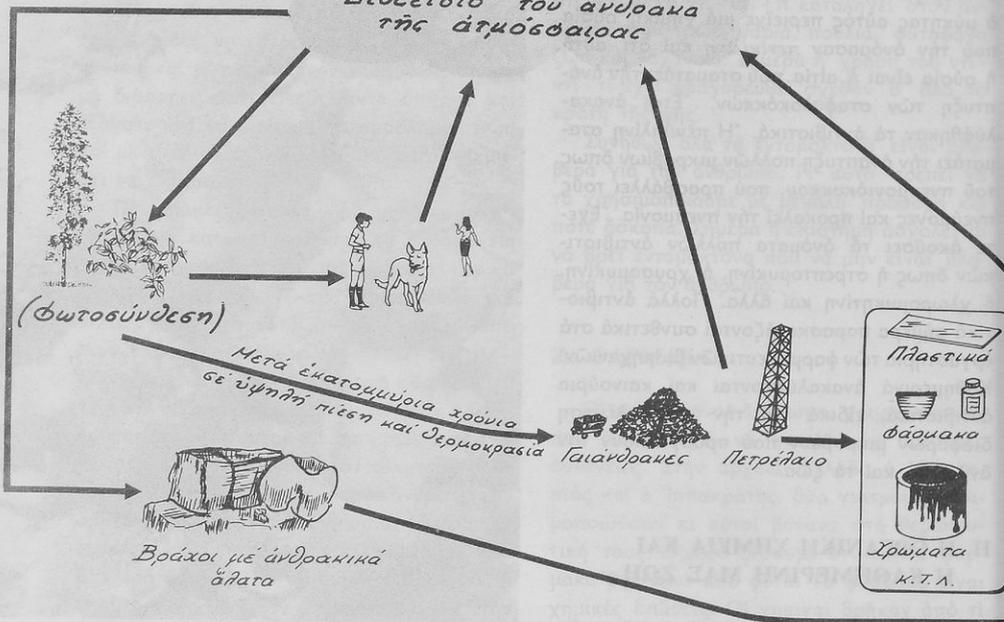
ματα από τα φυτά ή τα φτιάχνουν στα εργαστήρια, φτιάχνουν καλλυντικά, για να περιποιούμαστε το δέρμα μας, κι ένα σωρό άλλα προϊόντα χρήσιμα και ευχάριστα για τη ζωή μας.

Τώρα που πήραμε μία ιδέα για τις ενώσεις του άνθρακα, ας κοιτάσουμε την τελευταία εικόνα του βιβλίου μας, να δούμε πώς κυκλοφορεί ο άνθρακας στον πλανήτη μας, τη γη.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γράψτε, παρατηρώντας το σχεδιάγραμμα, για τον κύκλο του άνθρακα.

Διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας



Ο κύκλος του άνθρακα.

ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΑΤΟΜΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Προσπαθήστε να απαντήσετε με δικά σας λόγια στις παρακάτω ερωτήσεις ;

- 1) Τί συμβαίνει στις χημικές ενώσεις του άνθρακα, όταν τις θερμάνουμε ή τις κάβουμε ;
- 2) Πώς σχηματίζεται ένας χημικός δεσμός ανάμεσα σε δύο ή και περισσότερα άτομα ;
- 3) Ποιά σωματίδια των ατόμων παίρνουν μέρος στο χημικό δεσμό, τά πρωτόνια, τά ηλεκτρόνια ή τά νετρόνια ;
- 4) Πώς γράφουμε ένα χημικό δεσμό ανάμεσα σε δύο άτομα που μοιράζονται δύο από τά ηλεκτρόνια τους ;
- 5) Πώς σχηματίστηκαν οι γαϊάνθρακες ;
- 6) Γιατί τό κάρβουνο καίγεται όταν δέ βγάξει καπνό ;
- 7) Τί είναι οι πεπτικές ουσίες ;
- 8) Τί είναι τό διαμάντι ;
- 9) Ποιά είναι τά πλεονεκτήματα των αερίων καυσίμων, όταν τά συγκρίνουμε με τά υγρά ή τά στερεά καύσιμα ;
- 10) Τί είναι τά υγραέρια ;
- 11) Πώς σχηματίστηκε τό πετρέλαιο ;
- 12) Πώς προκαλείται ή ρύπανση της ατμόσφαιρας ;
- 13) Τί θά συμβεί στους ζωντανούς οργανισμούς (φυτά, ζώα και ανθρώπους), όταν αναπνέουν συνέχεια ατμοσφαιρικό άερα που περιέχει καυσάερια ;
- 14) Τί προτείνετε, για να καταπολεμήσουμε την ρύπανση του ατμοσφαιρικού άερα ;
- 15) Είναι ή ρύπανση της θάλασσας, των ποταμών και των λιμνών τό ίδιο επικίνδυνη όσο και ή ρύπανση του άερα ;
- 16) Πώς προκαλείται ή ρύπανση της θάλασσας, των ποταμών και των λιμνών ;
- 17) Ποιά είναι τά απαραίτητα καύσιμα του ανθρώπινου οργανισμού ;
- 18) Από τί αποτελούνται τά σάκχαρα και πώς άλλως τά ονομάζουμε ;
- 19) Ποιά είναι τά πιο κοινά σάκχαρα που ξέρετε ;
- 20) Τί είναι πολυμερές ;
- 21) Τί είναι τό άμυλο και ή κνιταρίνη και από τί αποτελούνται ;
- 22) Πώς χρησιμοποιείται τό άμυλο από τον ανθρώπινο οργανισμό ;
- 23) Γιατί οι άνθρωποι δέν τρώμε τήν κνιταρίνη ;
- 24) Τί είναι τά ένζυμα ; Δώστε μερικά παραδείγματα για τήν ύπαρξή τους.
- 25) Σε τί διασπάται τό δεξζενέ από ένα ένζυμο που ύπαρχει στην πατάτα ;
- 26) Τί είναι ζύμη ; Ποιό είναι τό αποτέλεσμα της επιδράσεως της ζύμης στο χυμό των σταφυλιών ; Πώς λέγεται αυτή ή διεργασία ;
- 27) Σε τί χρησιμεύουν τά λίπη στον ανθρώπινο οργανισμό ;
- 28) Από τί αποτελούνται οι πρωτεΐνες και σε τί χρησιμεύουν στον ανθρώπινο οργανισμό ;
- 29) Ποϋ βρίσκονται οι πρωτεΐνες ; Υπάρχουν πρωτεΐνες στα λαχανικά ;
- 30) Τί είδους χημικές ενώσεις είναι τά ένζυμα, τά σάκχαρα, οι πρωτεΐνες και τά λίπη ;
- 31) Ποιές άλλες χημικές ενώσεις εκτός από τά σάκχαρα, τις πρωτεΐνες και τά λίπη είναι απαραίτητες για τήν καλή λειτουργία του οργανισμού ;
- 32) Γιατί κατασκευάζουμε μοντέλα ατόμων και μορίων ; Σε τί χρησιμεύουν ;
- 33) Έχει σημασία τό πώς τά διάφορα άτομα είναι συνδεμένα μεταξύ τους στα μόρια ; Δώστε μερικά σχετικά παραδείγματα.

- 34) Τί είναι οι τεχνητές ίνες; Μᾶς
χρησιμεύουν καί σέ τί;
- 35) Γιατί πρέπει νά χρησιμοποιοῦμε τά
διάφορα ἐντομοκτόνα μέ προσοχή;
- 36) Τί είναι τά ἀντιβιοτικά; Πῶς δροῦν
τά ἀντιβιοτικά; Μήπως μωροῦν

- νά ἐξηγήσετε τί σημαίνει ἡ λέξη
ἀντιβιοτικό;
- 37) Συζητήστε γιά τήν ὀφέλεια ἢ τή ζημιά,
πού μπορεῖ νά προκαλέσει ἡ πρόσδος
τῆς ὀργανικῆς χημείας στήν ἀνθρώπινη
κοινωνία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Στα πρώτα — γρήγορα συμπληρώσει στο ερωτηματολόγιο, φίλοι — είναι δυνατό να βρω και οι λέξεις που γράφω θα έχουν κάποια ιδιαίτερη σημασία στο μάθημα της φυσικής και γι' αυτός ή ίσως να μην είναι πάντως άσχετες, που είναι το ίδιο, ίσως σημαντικότερη. Οι λέξεις είναι τοποθετημένες με ιδιαίτερη σημασία, όπως είναι και οι λέξεις που έχει με τη σειρά που τις συναντάμε στο κείμενο — έτσι θα βοηθήσει πολύ, δι' αίτιαν, στον πίνακα των περιγραμμένων. Αλλά τους είναι προτιμότερο να είναι περισσότερα δοκίμια. Διαχρον τις σκέψεις τους θα βοηθήσει τις λέξεις μέσα στο βιβλίο. Όχι γιατί έτσι, αλλά επειδή είναι άσχετες ή άσχετες ή κάποια ιδιαίτερα γρήγορα πληροφορίες με αυτές. Και, φυσικά, για τις σκέψεις που είναι προτιμότερο, στον πίνακα των περιγραμμένων.

Πολλοί δεν είναι γρήγοροι ή οι φωνές, στην αλφάβητική τους σειρά και κεντρικά κάποια άλλα λέξη, με την οποία είναι γρήγορα. Στη συνέχεια παρατηρείται ο παρατηρούμενος τις λέξεις είναι και είναι και την λέξη της σειράς, αλλά με τη σειρά, αποφεύγοντας στο γρήγορο. Είναι η κατάσταση της ύλης, γιατί θα τη βοηθήσει, όπως στο τη μηχανή του. Είναι και είναι και είναι η λέξη ύλη. Ταυτόχρονα και διακρίνεται από τις ή παρατηρούμενες λέξεις.

Η ομάδα εργασίας για τη συγγραφή του βιβλίου ακολουθήσε το αναλυτικό πρόγραμμα των μαθημάτων του Δημοτικού Σχολείου, όπως δημοσιεύεται στο φύλλο της Εφημερίδος της Κυβερνήσεως ΦΕΚ 218 / 31 - 10 - 69· επίσης συμβουλευθήκε και τα 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. Sichelshmidt, L. Stiegler, und H. Vestner, NATUR UND TECHNIK, Cornelsen - Velhagen - und Klasing, 1974.
13. E. Halberstadt und A. Berghändler, PHYSIK UND CHEMIE FÜR HAUPTSCHULEN, Verlag Moritz Diesterweg, 1971.
14. M. Chassaing et Cl. Latour, EXERCISES D' OBSERVATION, Société Universitaire d' Editions et de Librairie, 1969.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Οι πληροφορίες για αυτήν την εργασία είναι διαθέσιμες στο ιστορικό των αλλαγών της σελίδας 117.

Αυτή η εργασία είναι διαθέσιμη στο ιστορικό των αλλαγών της σελίδας 117.

Η ομάδα εργασίας για τη συγγραφή του βιβλίου αναζητούσε βιβλία που περιλάμβαναν τον μαθητή του δημοτικού σχολείου, έτσι ώστε να είναι κατάλληλα για την εκπαίδευση των παιδιών.

1. Hanton and Nina Schneider, Brenda Lantz, *down, SCIENCE IN YOUR LIFE*, D.C. Heath Co., 1966.
2. G. C. Mallinson, J. B. Mallinson, D. G. Brown and W. J. Smalwood, *SCIENCE UNDERSTANDING YOUR ENVIRONMENT*, General Learning Co., 1978.
3. COPEX (Conceptually Oriented Program in Elementary Science), Preliminary Edition, New York University, 1972.
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., 1952.
7. J. Jardine, *PHYSICS IS FUN*, Heinemann Educational Books Ltd., London, 1962.
8. J. E. Dye, *EXPERIMENTAL SCIENCE*, Longmans, 1967.
9. Nutfield Chemistry, *INTRODUCTION AND GUIDE*, Longmans/Penguin Books, 1968.
10. Nutfield Chemistry, *THE SAMPLE SCHEME STAGE I AND II: THE BASIC COURSE*, Longmans/Penguin Books, 1971.
11. Nutfield Chemistry, *COLLECTED EXPERIMENTS*, Longmans/Penguin Books, 1967.
12. W. Schröder, E. Stiebelstrahl, J. Stiegler, and H. Vestner, *NATUR UND TECHNIK*, Cornelsen-Verlagsges und Kösting, 1974.
13. E. Halberstadt and A. Bergstränder, *PHYSIK UND CHEMIE FÜR HAUPTSCHULEN*, Verlag Moritz Diesterweg, 1971.
14. M. Grossmann et Cl. Lafont, *EXERCICES D'OBSERVATION*, Société Universitaire d'Éditions et de Librairie, 1969.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

Στό εγχειρίδιο — χρήσιμο συμπλήρωμα στα έπιστημονικά, 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 χάρη σ' ένα λεξικό, και όχι με τή σειρά που τις συναντούμε στο κείμενο — έτσι θα βρούμε πολλές απ' αυτές στον πίνακα των περιεχομένων. Δίπλα τους είναι γραμμένοι ένα ή περισσότεροι αριθμοί. Δείχνουν τις σελίδες όπου θα βρούμε τις λέξεις μέσα στο βιβλίο. Όχι, φυσικά, όλες, αλλά εκείνες όπου δίνεται ο όρισμός ή κάποιες ιδιαίτερα χρήσιμες πληροφορίες γι' αυτές. 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 τήν οποία έχουν σχέση. Στη δεύτερη περίπτωση ο τυπογράφος τις έβαλε λίγο πιο μέσα από τήν αρχή της σειράς, γιά να μή μας μπερδεύουν στο ψάξιμο. Έτσι τή μετατροπή τής ενέργειας θά τή βρούμε, εκτός από τή κανονική της θέση, και κάτω από τή λέξη ενέργεια. Τούς όρους που αποτελούνται από δύο ή περισσότερες λέξεις — ένα επίθετο, ως πούμε, και ένα ουσιαστικό — μπορούμε να τις αναζητήσουμε και στις δύο θέσεις. Λόγου χάρη : έπιστημονική θεωρία και θεωρία, έπιστημονική.

Τέλος, όπου συναντούμε μεγάλες παύλες, να έχουμε υπόψη ότι μπαίνουν στη θέση κάποιας λέξεως μιάς προηγούμενης σειράς. Στην κάθε περίπτωση είναι φανερό ποιά λέξη αντικαθιστούν.

α

αγώγιμο υλικό 76
αγωγιμότητα 70
αγωγός 70, 74
αόδενες 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, άόρατη 53, 98
— γ 99, 107
θερμική — 98
όρατή — 98
ύπεριώδης — 53, 98
ύπερυβρη — 53, 98
φάσμα ηλεκτρομαγνητικής — 99
ακτινογραφία 58
ακοή 26, 27
άλατα 141
άλεξικέραυνο 74
άλεξίπτωτο 143
άλκοολική ζύμωση 134
άλκοολη 135
άλουστώη αντίδραση 108

άμινοξύ 139
άμπερ 79
άμυλάση 134
άμυλο 131
άναβολέας 126
άνάκλαση του ήχου 22
 γωνία — 22
— του φωτός 38
άνάλυση του λευκού φωτός 52
άνθρακίτης 121
άνθρωπινη φωνή 27
άνιχνευτής άκτινοβολίας 34
άντηχειο 22
άντηχηση 22
άντιβιοτικό 144, 145
άντίδραση, άλυσώτη 108
—, χημική 134
άντίσταση 78
άνώτερο όριο 35
άόρατη άκτινοβολία 53
άπλό κύκλωμα 76
άποικοδόμηση 132
άποκλίνοντες φακοί 50
άπορρόφηση του φωτός 31, 41
άπόσταση, 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
γαϊάνθρακοφόρος περίοδος 121
γαλακτόζη 130
γαλαξίας 30
γαλβανόμετρο 90
γεννήτρια 96
γεωφυσικός 88, 89
γκαζολίνη 127
γλεύκος 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 του 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
ηλεκτρομαγνητική — 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, 20

ένζυμο 139
ένταση ήχου 14, 24
έντομοκτόνο 144
ένωση, χημική 114
έπαγωγή, ηλεκτρομαγνητική 96
έπίπεδο κάτοπτρο 41
έπιστημονική θεωρία 56
έργο 9, 19
έστια 44
έτερόφωτο σώμα 38

Ζ

ζυμάση 134
ζύμη 134, 135
ζύμωση 134
άλκοολική — 134
όξινη — 137

Η

ήλεκτρική γεννήτρια 96

ήλεκτρική έγκατάσταση 80
— ενέργεια 10, 29, 76, 80
— σήληη 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

ήλεκτροδίο 75
ήλεκτρομαγνήτης 90
ηλεκτρομαγνητική ενέργεια 97
— έπαγωγή 96
ηλεκτρομαγνητικό κύμα 97
— συχνότητα — — 98

ήλεκτρονικό μικροσκόπιο 9
ήλεκτρόνιο 9, 67, 101
ροή — 89

ήλεκτροσκόπιο 68
ήλιακή ενέργεια 10
ήλιακό φώς 31
ήχητικό κύμα 18, 19
— σήμα 35
ήχοληψία 28
ήχος 12

άναπαραγωγή — 29
άποτύπωση — 28
ένταση — 14, 24
— συχνότητα — 14
ταχύτητα — 18, 19
ύψος — 14
χροιά — 24
ήχώ 22

Θ

«θερμότητα» χρώματος 53, 69

θετικό ηλεκτρικό φορτίο 66, 68
θετικός ηλεκτρισμός 73
θεωρία έπισημονική 56
—, κυματική 57, 60
—, σωματιακή 69, 60
θυροσειδής αδένας 141
θυροξίνη 141

ι

ίνες 143

κ

καλαμοσάκχαρο 131
κατακόρυφος 47
καταλύτης 133
«κατοπτρική» γραφή 42
κάτοπτρο 41, 44
— επίπεδο — 41
— σφαιρικό — 44
καύση 115, 120, 130
καύσιμα 120
— άερια — 123
— και ρύπανση τής ατμόσφαιρας 128
στερεά — 121
κενό 32, 35
κεραυνός 72, 73, 74
κίνδυνοι από τον ηλεκτρισμό 82
κίνηση μορίων 8
—, παλμική 13
κινητική ενέργεια 10, 28
κλάσμα πετρελαίου 126
κλασματική απόσταξη 126, 127
κλασματικός πύργος 126
κοίλα κάτοπτρα 44
κόκ 123
κόκκος ενέργειας 59
κρουστά 25
κύκλος του άνθρακα 145, 146
κύκλωμα 75, 76, 77
— άπλο — 76
κύμα, ηλεκτρομαγνητικό 58, 99
—, ήχητικό 18, 19
—, φωτεινό 56, 60

κυματική θεωρία 56, 60
κύμβαλα 25
κυρτό κάτοπτρο 44
κuttleρήνη 120, 134, 142

λ

λέιζερ 32, 100
λευκό φώς 52
λιγνίτης 121
λιγροΐνη 127
λιθάνθρακας 121
λίπος 137

μ

«μαγικός» καθρέφτης 40
μαγνήτης 29, 84
— άτομικός — 93
— μόνιμος — 91, 93, 95
— φυσικός — 84, 89
μαγνητικές γραμμές 86
— δυνάμεις 89
μαγνητική βελόνα 88
— περιοχή 94
— ταινία 29
μαγνητικό πεδίο 86, 95
— — τής γής 87
μαγνητικός βορράς 88
μαγνητίτης 83, 84
μαγνητόφωνο 29
μέγεθος 14, 57
— φυσικό — 79
μελάσα 131
μετατροπή ενέργειας 29, 31, 32, 76, 78, 80, 96
μεταφορά — 19
μετρητής 80
μικρόκοκκος του ζιδιού 137
μικρόκοσμος 60
μικροσκόπιο 9
μονάδες ηλεκτρικού ρεύματος 79
μόνιμος μαγνήτης 91, 93
μοντέλο δομής του ατόμου 113
— — μορίου 113
μόνωση 80

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

▼

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

ο

οινόπνευμα 131, 135
όξινη ζύμωση 137
όξικό όξύ 137
όρατή ακτινοβολία 58
όρατό φάσμα 53
όργανα άκοης 26, 27
—, μουσικά 25
—, φωνητικά 27
όργανική χημεία 119
όριο 35
όρμονες 141
όρυκτέλαιο 127
ουδέτερο 67
ουδετερόνιο 67
ουράνιο τόξο 52

π

παλμική κίνηση 13
πλάτος — — 14
παλμός 14

παρατήρηση 11
παραφίνη 127
πεδίο 86
— βαρύτητας 86
πείραμα 11
πενικιλίνη 145
περισκόπιο 43
πετρέλαιο 124
 κλάσμα — 126
 κλασματική άπόσπαση — 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
πητική 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 τής ατμόσφαιρας 128
μέτρα έναντίον τής — — 129

σ

σάκχαρα 129
σακχαρόζη 130
σακχαρότευτλα 131
σήμα ήχητικό 35
—, φωτεινό 35
σημείο ζέσεως 126
σκιά 36, 38, 39
στατικό ηλεκτρικό φορτίο 71
στατικός ηλεκτρισμός 71, 72
σταφυλόκοκκος 144, 145
στερεά καύσιμα 121
στηθοσκόπιο 21
στοιχείο 104
 ραδιενεργό — 106
 «ταυτότητα» — 105
 τεχνητό — 105
 φυσικό — 104
στρεπτομυκίνη 145
συγκλίνοντες φακοί 50
συνθετικές ίνες 143
σύννεφο, ηλεκτρισμός του — 73
συχρότητα ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων 98
— ήχου 14
— φωτεινών κυμάτων 57, 58
σφαιρικό κάτοπτρο 44
σφύρα 26
σχάση πυρήνα 108
σωλήνας δοκιμαστικός 121
σώμα, αδιαφανές 37
—, διαφανές 41
—, έτερόφωτο 38
σωματιακή θεωρία 59, 60
σωματίδια ύλης 9
σωμάτιο 56, 60, 102
 — α 106
 — β 107

τ

τάση 79
«ταυτότητα» στοιχείου 105
ταχύτητα του ήχου 18
— του φωτός 35
τεχνητές ίνες 143
τεχνητό στοιχείο 105
τηλέγραφοι 91, 92
τόνος 24
τρανζίστορ 62
τριβή 62, 67
τρομπόνι 25
τύμπανο αὐτιοῦ 26
τύπος του 'Αινστάιν 109

υ

ύγραέριο 123
ύδατάνθρακες 129
ύδρογονάνθρακες 118, 124
ύλη 8, 104
ύπερηχοι 13, 23, 58
ύπεριώδης ακτινοβολία 53
ύπερυθρη — 53
ύπόηχοι 14, 58
ύπόθεση 11
ύφαντικές ύλες 142
ύψος ήχου 14

φ

φαγκότο 25
φακοί 49
 ἀποκλίνοντες — 50
 εἴδωλα — 51
 συγκλίνοντες — 50
φανταστικό εἶδωλο 42
φάσμα 52
 — ηλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας 97, 99
 όρατό — 53
φθόγγος 24
φορτίο βλ. ηλεκτρικό
φόρτιση 68
φρουκτόζη 13
φυσική 11

φυσικό αέριο 123
— μέγεθος 79
— στοιχείο 104
— φώς 30
φυσικός μαγνήτης 84, 89
φωνή 27
φωνητικές χορδές 14, 27
φωνογράφος 28, 29
φώς 30

ανάκλαση του — 38
ανάλυση του λευκού — 52
διάδοση — 37
διάθλαση — 47
διάχυση — 39
ήλιακό — 31
«όρατό» — 58
ταχύτητα του — 35
φυσικό — 30

φωταέριο 123
φωτεινές ακτίνες 35
φωτεινό σήμα 35
φωτιστικό πετρέλαιο 127

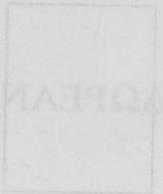
φωτοαντίγραφο 72
φωτογραφική μηχανή 37
φωτόμετρο 58
φωτόνιο 59
φωτοσύνθεση 31, 130

X

χημεία 11
— οργανική — 119
χημική αντίδραση 134
— ενέργεια 10, 120
— ένωση 114
χημικός δεσμός 115
χιλιόκυκλοι 98
χλωρομυκητίνη 145
χορδές έγχόρδων 25
—, φωνητικές 14, 27
χροιά ήχου 24
χρυσομυκίνη 145
χρώμα 52, 54, 56
«θερμότητα» του — 53

φασμα 96
 φασμα 141
 φασμα 27
 φασμα 28
 φασμα 29
 φασμα 31
 φασμα 32
 φασμα 33
 φασμα 34
 φασμα 35
 φασμα 36
 φασμα 37
 φασμα 38
 φασμα 39
 φασμα 40
 φασμα 41
 φασμα 42
 φασμα 43
 φασμα 44
 φασμα 45
 φασμα 46
 φασμα 47
 φασμα 48
 φασμα 49
 φασμα 50
 φασμα 51
 φασμα 52
 φασμα 53
 φασμα 54
 φασμα 55
 φασμα 56
 φασμα 57
 φασμα 58
 φασμα 59
 φασμα 60
 φασμα 61
 φασμα 62
 φασμα 63
 φασμα 64
 φασμα 65
 φασμα 66
 φασμα 67
 φασμα 68
 φασμα 69
 φασμα 70
 φασμα 71
 φασμα 72
 φασμα 73
 φασμα 74
 φασμα 75
 φασμα 76
 φασμα 77
 φασμα 78
 φασμα 79
 φασμα 80
 φασμα 81
 φασμα 82
 φασμα 83
 φασμα 84
 φασμα 85
 φασμα 86
 φασμα 87
 φασμα 88
 φασμα 89
 φασμα 90
 φασμα 91
 φασμα 92
 φασμα 93
 φασμα 94
 φασμα 95
 φασμα 96
 φασμα 97
 φασμα 98
 φασμα 99
 φασμα 100

φασμα 101
 φασμα 102
 φασμα 103
 φασμα 104
 φασμα 105
 φασμα 106
 φασμα 107
 φασμα 108
 φασμα 109
 φασμα 110
 φασμα 111
 φασμα 112
 φασμα 113
 φασμα 114
 φασμα 115
 φασμα 116
 φασμα 117
 φασμα 118
 φασμα 119
 φασμα 120
 φασμα 121
 φασμα 122
 φασμα 123
 φασμα 124
 φασμα 125
 φασμα 126
 φασμα 127
 φασμα 128
 φασμα 129
 φασμα 130
 φασμα 131
 φασμα 132
 φασμα 133
 φασμα 134
 φασμα 135
 φασμα 136
 φασμα 137
 φασμα 138
 φασμα 139
 φασμα 140
 φασμα 141
 φασμα 142
 φασμα 143
 φασμα 144
 φασμα 145
 φασμα 146
 φασμα 147
 φασμα 148
 φασμα 149
 φασμα 150
 φασμα 151
 φασμα 152
 φασμα 153
 φασμα 154
 φασμα 155
 φασμα 156
 φασμα 157
 φασμα 158
 φασμα 159
 φασμα 160
 φασμα 161
 φασμα 162
 φασμα 163
 φασμα 164
 φασμα 165
 φασμα 166
 φασμα 167
 φασμα 168
 φασμα 169
 φασμα 170
 φασμα 171
 φασμα 172
 φασμα 173
 φασμα 174
 φασμα 175
 φασμα 176
 φασμα 177
 φασμα 178
 φασμα 179
 φασμα 180
 φασμα 181
 φασμα 182
 φασμα 183
 φασμα 184
 φασμα 185
 φασμα 186
 φασμα 187
 φασμα 188
 φασμα 189
 φασμα 190
 φασμα 191
 φασμα 192
 φασμα 193
 φασμα 194
 φασμα 195
 φασμα 196
 φασμα 197
 φασμα 198
 φασμα 199
 φασμα 200



ΕΚΔΟΣΗ Δ' 1977 (II) - ΑΝΤΙΤΥΠΑ 202.000 - ΣΥΜΒΑΣΗ Σ190(9-8-77)
ΕΚΤΥΠΩΣΗ - ΜΗΧΑΝΕΙΑ: ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΛΛΑΣΟΣ Α.Ε.
Φωτοτυπία 8 - Αθήνα

Τα αντίτυπα του βιβλίου φέρουν το κάτωθι βιβλιόσημο για απόδειξη της γνησιότητας αυτών.

Αντίτυπο στερούμενο του βιβλιοσήμου τούτου θεωρείται κλεψίτυπο. Ο διαθέτων, πωλών ή χρησιμοποιών αυτό διώκεται κατά τις διατάξεις του άρθρου 7 του Νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (Έφ. Κυβ. 1946, Α' 108).

ΔΩΡΕΑΝ



024000039846

ΕΚΔΟΣΗ Δ', 1977 (II) - ΑΝΤΙΤΥΠΑ 205.000 - ΣΥΜΒΑΣΗ 2790/9-2-77

ΕΚΤΥΠΩΣΗ - ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ: ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΟΣ Α.Ε.

Φιλαδέλφειας 8 - Αθήνα

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

