

ΠΑΡΑΝΟΗΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ
ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

MICHAEL ALLEN

ΠΑΡΑΝΟΗΣΕΙΣ
ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ
ΣΤΗΝ
ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

Μαριάννα Καλαϊτζιδάκη

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ

Ανδρέας Βαλαδάκης



ΕΚΔΟΣΕΙΣ GUTENBERG

Michael Allen

ΠΑΡΑΝΟΗΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ
ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

Μαριάννα Καλαϊτζιδάκη

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ

Ανδρέας Βαλαδάκης

ΤΙΤΛΟΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΥ

Misconceptions in Primary Science

© Copyright Michael Allen, 2014

Open International Publishing Limited. All rights reserved

Αρ. έκδ. 3201 - Κωδ. κατ. 9557371

ISBN 978-960-01-2041-7



© Copyright Gutenberg 2019 για την ελληνική γλώσσα.

ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗ

Κ. Καπένης

ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ

Δ. Διώτης

ΜΑΚΕΤΑ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ

Χρ. Παρασκευοπούλου



ΕΚΔΟΣΕΙΣ - ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟ

Διδότου 37 - 106 80, Αθήνα

Τηλ.: 210 3642003 - 210 3641996

210 3611404 - Fax: 210 3642030

ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΗΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Ιασωνίδου 13 - 546 35

Τηλ. - Fax: 2310 271147

www.dardanosnet.gr – e-mail: info@dardanosnet.gr

e-shop: www.dardanosnet.gr

Απαγορεύεται η αναδημοσίευση και γενικά η ολική, μερική ή περιληπτική αναπαραγωγή και μετάδοση έστω και μιας σελίδας του παρόντος βιβλίου, κατά παράφραση ή διασκευή με οποιονδήποτε τρόπο (μηχανικό, ηλεκτρονικό, φωτοτυπικό κ.λπ. – Ν. 2121/93, άρθρο 51). Η απαγόρευση αυτή ισχύει και για τις δημόσιες υπηρεσίες, βιβλιοθήκες, οργανισμούς κ.λπ. (άρθρο 18). Οι παραβάτες διώκονται (άρθρο 13) και τους επιβάλλονται κατάσχεση, αστικές και ποινικές κυρώσεις σύμφωνα με το νόμο (άρθρα 64-66).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<i>Κατάλογος σχημάτων/εικόνων</i>	13
<i>Κατάλογος ένθετων κειμένων</i>	19
<i>Πρόλογος</i>	23
<i>Πρόλογος ελληνικής έκδοσης</i>	27
<i>Ευχαριστίες</i>	29
<i>Πώς να χρησιμοποιήσετε αυτό το βιβλίο</i>	31

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α: Πώς οι άνθρωποι μαθαίνουν Φυσικές Επιστήμες;	37
Τι είναι η εποικοδόμηση της γνώσης ή κονστρουκτιβισμός;	37
Τι είναι παρανόηση στις Φυσικές Επιστήμες;	39
Είναι δυνατό να διορθωθούν οι παρανοήσεις στις Φυσικές Επιστήμες;	41
Τι είναι τα επιστημονικά αποδεικτικά στοιχεία (scientific evidence);	42
Περίληψη	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β: Πώς μπορούμε να εκμαιεύσουμε, να αναγνωρίσουμε και να αναδομήσουμε παρανοήσεις στις Φυσικές Επιστήμες;	46
Εκμαίευση (elicitation)	46
Αναγνώριση (recognition).	50
Αναδόμηση (reconstruction).	50
Περίληψη	53

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Η έννοια της ζωής	57
1.1 Πότε θεωρούμε ότι κάτι είναι έμβιο;	57
1.2 Σπόροι	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ταξινόμηση	60
2.1 Τι είναι ζώο;	60
2.2 Τα έντομα είναι ζώα;	62
2.3 Η ομοιότητα μεταξύ των αμφιβίων και των ερπετών	63
2.4 Θηλαστικά που ζουν στη θάλασσα	65
2.5 Ποια είναι η διαφορά μεταξύ των σπονδυλωτών και των ασπόνδυλων;	67
2.6 Φίδια και γεωσκώληκες	69
2.7 Τι ακριβώς είναι τα έντομα;	70
2.8 Περισσότερα για τα έντομα	72
2.9 Οι άνθρωποι είναι ζώα;	73
2.10 Τι είναι τα φυτά;	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η κυκλοφορία του αίματος	77
3.1 Η θέση της καρδιάς	77
3.2 Η καρδιά και οι μύες συνδέονται μεταξύ τους;	80
3.3 Τι προκαλεί αύξηση των καρδιακών παλμών;	82
3.4 Το χρώμα του αίματος	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Αναπνοή	86
4.1 Πατί αναπνέουμε;	86
4.2 Πώς η καρδιά συνδέεται με τους πνεύμονες;	87
4.3 Τι υπάρχει στον αέρα που εκπνέουμε;	91
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Διατροφή	94
5.1 Πού βρίσκεται το στομάχι;	94
5.2 Πώς το πεπτικό σύστημα επεξεργάζεται τη στερεή και την υγρή τροφή;	96
5.3 Το εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος	99
5.4 Πατί πρέπει να τρώμε;	100
5.5 Πατί είναι σημαντικό να τρώμε πρωτεΐνες;	101
5.6 Μπορεί η κατανάλωση λίπους να μας κάνει καλό;	102

5.7 Η θρεπτική αξία των γαλακτοκομικών προϊόντων.	105
5.8 Ποιες τροφές περιέχουν λίπη;	106
5.9 Τα φυτά χρειάζονται τροφή;	108
5.10 Είναι όλα τα φάρμακα βλαβερά;	110
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Τροφικές σχέσεις	112
6.1 Κανόνες σχεδιασμού τροφικών αλυσίδων	112
6.2 Τροφικές αλυσίδες και μεγέθη πληθυσμών.	114
6.3 Οι θηρευτές στις τροφικές αλυσίδες	116
6.4 Τι είναι η αλληλεξάρτηση;	117
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Μικρόβια και ασθένειες	119
7.1 Όλα τα μικρόβια είναι βλαβερά;	119
7.2 Έντομα και βακτήρια	120
7.3 Τι υπάρχει στο εσωτερικό ενός βακτηρίου;	121
7.4 Όλα τα μικρόβια είναι έμβια όντα;	122
7.5 Είναι δυνατόν να υπάρξουν μικρόβια μέσα στο ανθρώπινο σώμα;	123
7.6 Εξάπλωση των ασθενειών	125
7.7 Πώς κρυολογούμε;	127
7.8 Τα αντιβιοτικά θεραπεύουν τα πάντα;	128
7.9 Πώς λειτουργεί ο εμβολιασμός;	129
7.10 Είναι δυνατόν κάποιος συγχρόνως να είναι υγιής και ασθενής;	131
7.11 Τι συμβαίνει και οι τροφές χαλάνε;	132
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Κληρονομικότητα και ποικιλομορφία	134
8.1 Κληρονομικότητα μόνο στο ίδιο φύλο	134
8.2 Γιατί οι καμηλοπαρδάλεις έχουν μακρύ λαιμό	136
8.3 Ο γιός του μποντιμπίντερ	138
8.4 Εξαφανίζονται ορισμένα ανθρώπινα χαρακτηριστικά;	140
8.5 Γιατί οι οργανισμοί είναι προσαρμοσμένοι στο περιβάλλον που ζουν;	142
8.6 Βιολογική ποικιλότητα	144
8.7 Αν έχουμε εξελιχθεί από τους πιθήκους, γιατί υπάρχουν ακόμα πίθηκοι;	145

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ ΧΗΜΕΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: Χημικές μεταβολές	151
9.1 Τι είναι τα υλικά;	151
9.2 Όταν κάτι καίγεται, γιατί εξαφανίζεται;	152
9.3 Τι συμβαίνει όταν καίγεται ένα κερί;	154
9.4 Ορολογία σχετικά με τις χημικές μεταβολές και τις μεταβολές φάσεων που προκαλεί σύγχυση	155
9.5 Υπάρχουν ασφαλή οξέα;	157
9.6 Από τι αποτελείται η σκουριά;	158
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: Σωματίδια	160
10.1 Σωματίδια μέσα σε στερεά και υγρά	160
10.2 Ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος για να σχεδιάσουμε εικόνες σωματιδίων; ..	164
10.3 Πόσος αέρας υπάρχει σ' ένα ξεφούσκωτο λάστιχο;	167
10.4 Ελαφρότερος από τον αέρα;	169
10.5 Όταν μέσα σ' ένα φλιτζάνι με τσάι ρίχνουμε ζάχαρη, το βάρος αυξάνεται; ..	172
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: Καταστάσεις της ύλης	174
11.1 Είναι δυνατό ένα σώμα να είναι κούφιο και συγχρόνως στερεό;	174
11.2 Μεταβάλλεται το βάρος ενός στερεού, όταν το τριψουμε και γίνει σκόνη; ..	177
11.3 Ποιο είναι βαρύτερο ο πάγος ή το νερό;	178
11.4 Τι συμβαίνει στο νερό από τη στιγμή που θα βράσει;	180
11.5 Η εξαφάνιση της λιμονούλας	181
11.6 Από τι είναι φτιαγμένα τα σύννεφα;	183
11.7 Πατί ορισμένα αντικείμενα γεμίζουν υγρασία, όταν τα βγάζουμε από το ψυγείο; ..	186
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12: Επιστήμες της Γης	188
12.1 Υπάρχει διαφορά μεταξύ ενός βράχου και μιας πέτρας;	188
12.2 Τι ακριβώς είναι το πέτρωμα;	189
12.3 Τι ακριβώς είναι ένα ορυκτό;	191
12.4 Τι προκαλεί τους σεισμούς;	192
12.5 Ποια είναι η κατεύθυνση «κάτω»;	195
12.6 Πώς αναπνέουν οι οργανισμοί που ζουν μέσα στο χώμα;	198
12.7 Τι μπορούμε να κάνουμε για να ελαττώσουμε την υπερθέρμανση της Γης; ..	200
12.8 Τι είναι η αραιώση της στιβάδας του όζοντος;	203

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ ΦΥΣΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13: Δυνάμεις	209
13.1 Η μάζα επηρεάζει την ταχύτητα πτώσης;.	209
13.2 Ποιες δυνάμεις ασκούνται στα βλήματα;.	212
13.3 Σε κάθε δύναμη υπάρχει πάντοτε η αντίθετή της;.	215
13.4 Σ' ένα κινούμενο σώμα μια μεγάλη δύναμη ασκείται προς την κατεύθυνση της κίνησής του και μια μικρή δύναμη αντίθετα από αυτή	218
13.5 Δυνάμεις αντίδρασης.	221
13.6 Υπάρχει βαρύτητα στο διάστημα;.	228
13.7 Η βαρύτητα μεταβάλλεται;.	232
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14: Πλεύση και βύθιση	235
14.1 Γιατί άλλα σώματα επιπλέουν και άλλα βυθίζονται;.	235
14.2 Είναι δυνατό ένα αντικείμενο να επιπλέει και συγχρόνως να είναι βυθισμένο;.	238
14.3 Περισσότερα στοιχεία για την πλεύση	241
14.4 Ένα σώμα μπορεί να χάσει το βάρος του;.	244
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15: Ηλεκτρισμός και μαγνητισμός	250
15.1 Με ποιους τρόπους ένα λαμπάκι μπορεί να συνδεθεί με μια μπαταρία;.	250
15.2 Πώς ο ηλεκτρισμός διατρέχει το κύκλωμα;.	253
15.3 Τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα;.	255
15.4 Τι είναι η ηλεκτρική τάση;.	262
15.5 Όλα τα μέταλλα έλκονται από τους μαγνήτες;.	266
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16: Φως	268
16.1 Πού υπάρχει φως;.	268
16.2 Πώς βλέπουμε;.	271
16.3 Γιατί η Σελήνη λάμπει;.	276
16.4 Πώς δημιουργούνται οι σκιές;.	277
16.5 Γιατί βλέπουμε χρώματα του ουράνιου τόξου, όταν φως περνά μέσα από ένα πρίσμα;.	279

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17: Ο ήχος	285
17.1 Πώς διαδίδεται ο ήχος;	285
17.2 Τα ηχητικά κύματα μπορούν να σταματήσουν;	288
17.3 Τι είναι τα ηχητικά κύματα;	290
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18: Γη και Διάστημα.	296
18.1 Επίπεδη Γη.	296
18.2 Τι βρίσκεται στο κέντρο του ηλιακού συστήματος;	301
18.3 Γιατί η ημέρα γίνεται νύχτα;	305
18.4 Πώς ο Ήλιος ανατέλλει και δύει;	309
18.5 Πόσο μεγάλη είναι η Γη, ο Ήλιος και η Σελήνη;	312
18.6 Η τροχιά της Σελήνης	314
18.7 Πώς προκαλούνται οι φάσεις της Σελήνης;	316
18.8 Την ημέρα είναι δυνατό να δούμε τη Σελήνη;.	321
18.9 Τι προκαλεί τις εποχές;	321
18.10 Η διάρκεια της ημέρας από εποχή σε εποχή	326
18.11 Πόσο συχνά συμβαίνει έκλειψη Ηλίου;	329
18.12 Πόσοι πλανήτες υπάρχουν στο ηλιακό σύστημα;.	331
18.13 Πώς κινούνται οι πλανήτες;	332
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19: Ενέργεια	334
19.1 Τι είναι η ενέργεια;.	334
19.2 Η μεταφορά θερμότητας.	338
<i>Γλωσσάρι επιστημονικών όρων.</i>	<i>343</i>
<i>Βιβλιογραφία.</i>	<i>351</i>
<i>Ευρετήριο.</i>	<i>369</i>

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ/ΕΙΚΟΝΩΝ

A.1	Η σχέση ανάμεσα στη θεωρία και στα εμπειρικά δεδομένα.	45
2.1	Η ταξινόμηση των έμβιων όντων. Κάθε βασίλειο έχει υποδιαιρέσεις (Φύλο)..	61
2.2	Απεικόνιση της ιεραρχίας της ταξινόμησης των ζωντανών οργανισμών με διαγράμματα Venn	63
2.3α	Σαλαμάνδρα	64
2.3β	Σαύρα.	65
2.4α	Σύγκριση της ουράς της φάλαινας (αριστερά) με την ουρά του ξιφία (δεξιά)	66
2.4β	Παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά διαφορετικών ζώων της ίδιας ταξινομικής ομάδας (ψάρια)	67
2.5α	Ταξινόμηση των σπονδυλωτών	68
2.5β	Ταξινόμηση των ασπόνδυλων.	68
2.5γ	Παραδείγματα ασπόνδυλων.	68
2.7	Σύγκριση εντόμου, αραχνίδας και καρκινοειδούς.	70
2.8α	Λανθασμένη σχεδίαση ενός μυρμηγκιού (παρανόηση)	72
2.8β	Και τα έξι πόδια του μυρμηγκιού είναι προσαρμοσμένα στο θώρακα	72
2.10	Το βασίλειο των φυτών	75
3.1α	Η καρδιά μου βρίσκεται στο αριστερό μέρος του στήθους μου (παρανόηση)	78
3.1β	Η ανατομική θέση της καρδιάς	79
3.1γ	Απλός τρόπος για να σχεδιαστεί η καρδιά	79
3.2	Ανταλλαγή υλικών μεταξύ του αίματος και του κυττάρου	81
4.1	Σύγκριση της σύστασης του εκπνεόμενου αέρα και του εισπνεόμενου (ατμοσφαιρικού).	87
4.2α	Αεραγωγοί συνδέουν τους πνεύμονες με την καρδιά (παρανόηση).	88
4.2β	Ανταλλαγή αερίων στους πνεύμονες.	89
4.2γ	Απλουστευμένο διάγραμμα της διπλής κυκλοφορίας του αίματος	89
4.3α	Σύγκριση της σύστασης του εισπνεόμενου με τον εκπνεόμενο αέρα σε ορισμένο όγκο ξηρού δείγματος	92
4.3β	Τα ζώα δίνουν διοξείδιο του άνθρακα στα δένδρα και τα δένδρα δίνουν οξυγόνο στα ζώα	92
5.1α	Το στομάχι είναι ένα μεγάλο όργανο που βρίσκεται γύρω από τον αφαλό (παρανόηση)	95

5.1β	Η ανατομική θέση του στομάχου	95
5.2	Το πεπτικό σύστημα αποτελείται από δύο ξεχωριστούς σωλήνες (παράνοηση)	96
5.3	Το σώμα είναι ένας άδειος σάκος (παράνοηση)	99
5.6α	Η σημασία των λιπών για το σώμα.	103
5.6β	Η προτεινόμενη αναλογία μιας ισορροπημένης διατροφής.	104
5.8	Πείραμα για την επίδειξη του ενεργειακού περιεχομένου τροφών.	107
5.9	Οι παράγοντες της φωτοσύνθεσης	109
6.1α	Τροφική αλυσίδα με αντίστροφα βέλη (παράνοηση)	112
6.1β	Τροφική αλυσίδα με βέλη προς τη σωστή κατεύθυνση.	112
6.1γ	Μνημονικός κανόνας του Packman.	113
6.1δ	Τροφικές αλυσίδες με εικόνες των οργανισμών	113
6.2	Μια απλή τροφική αλυσίδα	114
6.3	Τροφική αλυσίδα με πολλούς θηρευτές	116
7.3	Βακτήριο ζωγραφισμένο με πνεύμονες (παράνοηση)	121
7.8α	Πέντε βακτήρια E. coli.	128
7.8β	Ιός βακτηριοφάγος.	129
7.10	Η υγεία και η ασθένεια ως ένα συνεχές.	132
8.1α	Τα παιδιά κληρονομούν ίσο αριθμό χρωμοσωμάτων από κάθε γονιό	135
8.1β	Καταγραφή φυσικών χαρακτηριστικών	135
8.3	Η θέση ενός γονιδίου σε κάποιο χρωμόσωμα.	139
8.6	Εμφανής ποικιλομορφία μέσα στο είδος Canis familiaris (κατοικίδιος σκύλος)	144
8.7α	Η χρήση της έννοιας «εξάδελφος» ως αναλογία	147
8.7β	Σύγκριση του σκελετού του σύγχρονου ανθρώπου με το σκελετό του χιμπατζή	147
9.2	Απλή, λεκτική περιγραφή της χημικής εξίσωσης πλήρους καύσης του ξύλου	152
10.1α	Σωματίδια σε ένα στερεό.	161
10.1β	Σωματίδια σε ένα υγρό (παράνοηση)	161
10.1γ	Επιστημονική απεικόνιση σωματιδίων σε ένα αέριο.	161
10.1δ	Επιστημονική απεικόνιση σωματιδίων σε ένα υγρό	162
10.2α	Απεικονίσεις σωματιδίων που έχουν σχεδιαστεί από μαθητές (παράνοηση)	165
10.2β	Άτομα σε συνηθισμένο στερεό, π.χ. σε χαλκό	165
10.2γ	Απλουστευμένο σχεδιάγραμμα ολόκληρου ατόμου	166
10.3	Η συγκέντρωση των σωματιδίων του αέρα μέσα σε και έξω από ένα φουσκωμένο λάστιχο (αριστερά) κι ένα ξεφούσκωτο (δεξιά).	168
10.4α	Η συγκέντρωση των σωματιδίων του αέρα σε ένα φουσκωμένο (αριστερά) κι ένα ξεφούσκωτο μπαλόνι (δεξιά)	170
10.4β	Η συγκέντρωση των σωματιδίων αέρα στο εσωτερικό και στο εξωτερικό ενός αερόστατου.	171
11.1α	Χαρακτηριστικά των τριών καταστάσεων της ύλης	175
11.1β	Προσδιορισμός του σημείου τήξης του βουτύρου.	176
11.2	Μικροσκοπική απεικόνιση του τρόπου με τον οποίο οι κόκκοι ενός υλικού σε σκόνη ταιριάζουν μεταξύ τους	177
11.3	Η φαινομενική ελάττωση του όγκου του όγκου, όταν ο πάγος λιώνει	179

11.4	Αλλαγές κατάστασης της ύλης.....	180
11.5	Απλή απεικόνιση του κύκλου του νερού.....	183
11.6	Οι διαφορετικές καταστάσεις του νερού που συνδέονται με νερό που βράζει.....	185
12.3	Μικροσκοπική εικόνα δείγματος πετρώματος που αποτελείται από διαφορετικά ορυκτά.....	191
12.4α	Οι περισσότεροι σεισμοί συμβαίνουν ως αποτέλεσμα της τριβής μεταξύ μεγάλων μαζών πετρωμάτων.....	193
12.4β	Επίκεντρα σεισμών 1963-1998 (NASA).....	194
12.4γ	Ηφαιστειακές εκρήξεις (United States Geological Survey).....	195
12.5α	Η κατεύθυνση προς τα κάτω είναι η κατεύθυνση προς την επιφάνεια της Γης, στο σημείο όπου στεκόμαστε.....	196
12.5β	Η σωστή κατεύθυνση προς τα κάτω.....	196
12.5γ	Η εσωτερική δομή της Γης (όχι σε κλίμακα).....	197
12.5δ	Εκμείωση των ιδεών των μαθητών για την έννοια «κάτω».....	197
12.6	Η βασική δομή του εδάφους.....	199
12.7α	Πώς ο Ήλιος θερμαίνει τη Σελήνη (εκτός κλίμακας).....	200
12.7β	Ερμηνεία του φαινομένου του θερμοκηπίου (εκτός κλίμακας).....	201
12.8	Εικόνα του Νοτίου Πόλου κατασκευασμένη από υπολογιστή που δείχνει την αραίωση του όζοντος το 2004 (NASA).....	204
13.1	Αντικείμενα διαφορετικής μάζας πέφτουν με ίδια ταχύτητα.....	210
13.2α	Στην εκτοξευμένη μπάλα ασκείται μια δύναμη κατά την κατεύθυνση κίνησής της (παράνοηση).....	213
13.2β	Δυνάμεις που ασκούνται κατά τη ρίψη μιας μπάλας.....	214
13.3α	Ίσες και αντίθετες δυνάμεις σε έναν αλεξιπτωτιστή.....	216
13.3β	Δύο δυνάμεις που αποτελούν ζεύγος είναι δυνατό να μη βρίσκονται σε ισορροπία.....	217
13.4α	Οι δυνάμεις που ασκούνται σ' έναν ποδηλάτη που κινείται με σταθερή ταχύτητα (παράνοηση).....	218
13.4β	Δυνάμεις σε ισορροπία σε διαγωνισμό διελκυστίδας.....	219
13.4γ	Δυνάμεις που δεν βρίσκονται σε ισορροπία σ' ένα διαγωνισμό διελκυστίδας.....	219
13.4δ	Δυνάμεις που βρίσκονται σε ισορροπία και δυνάμεις που δεν βρίσκονται σε ισορροπία κατά τη διάρκεια της κίνησης ποδηλάτη.....	219
13.5α	Σ' ένα αντικείμενο που ηρεμεί πάνω σε κάποιο τραπέζι, δεν ασκείται δύναμη (παράνοηση).....	221
13.5β	Το βιβλίο έλκεται προς το κέντρο της Γης, λόγω του βάρους του.....	222
13.5γ	Η δύναμη της αντίδρασης στο βάρος (παράνοηση).....	222
13.5δ	Το βιβλίο έλκει τη Γη προς τα πάνω με μια ίση και αντίθετη δύναμη από το βάρος.....	223
13.5ε	Η δύναμη επαφής που ασκείται από το βιβλίο στο τραπέζι και η αντίδρασή της.....	223
13.5ζ	Όλες οι δυνάμεις που ασκούνται στο βιβλίο καθώς και οι δυνάμεις τις οποίες ασκεί το βιβλίο στο τραπέζι και στη Γη.....	224
13.5η	Οι ασκούμενες δυνάμεις όταν ένα άτομο δεν βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος.....	225

13.5θ	Οι δυνάμεις που ασκούνται όταν ένα άτομο στέκεται στο ένα πόδι του	226
13.5ι	Οι δυνάμεις που ασκούνται όταν ένα άτομο στέκεται στα δύο πόδια του	226
13.6α	Η μάζα κύβων σιδήρου και αλουμινίου	229
13.6β	Μάζες και βάρη μεταλλικών αντικειμένων στη Γη και στη Σελήνη.	230
14.1α	Η εξίσωση ορισμού της πυκνότητας ενός υλικού	235
14.1β	Σύγκριση μεταξύ των πυκνοτήτων και της ικανότητας πλεύσης.	236
14.1γ	Μια ασφάλινη, κούφια, στεγανοποιημένη σφαίρα επιπλέει σε νερό	236
14.2α	Όταν ένα παγόβουνο επιπλέει, το κάτω τμήμα του είναι βυθισμένο (παράνοηση)	238
14.2β	Επιπλέει ή είναι βυθισμένο; Τα βέλη δείχνουν την κατεύθυνση της κίνησης. . .	239
14.2γ	Πίνακας με τα κριτήρια πλεύσης και βύθισης	240
14.3α	Υγρά διαφορετικών πυκνοτήτων σχηματίζουν στρώματα (με την προϋπόθεση ότι τα υγρά γειτονικών στρωμάτων δεν αναμειγνύονται μεταξύ τους)	243
14.3β	Πυκνότητα και ικανότητα πλεύσης.	244
14.4α	Οι δυνάμεις που δρουν σ' ένα σώμα που επιπλέει εξισορροπούνται μεταξύ τους.	245
14.4β	Οι δυνάμεις που δρουν σε ένα μεταλλικό αντικείμενο, όταν το ζυγίζουμε στον αέρα χρησιμοποιώντας δυναμόμετρο	246
14.4γ	Οι δυνάμεις που δρουν σε ένα σώμα βυθισμένο σε υγρό	246
15.1α	Το μοντέλο της σύνδεσης μόνο με τον ένα πόλο της μπαταρίας (παράνοηση)	250
15.1β	Σύρματα συνδεδεμένα με λάμπα	251
15.1γ	Σχέδιο μαθητή (ηλικίας 10 χρόνων) στο οποίο ο μαθητής πιθανόν απεικονίζει το μοντέλο της σύνδεσης μόνο με τον ένα πόλο (παράνοηση)	252
15.2α	Το μοντέλο της σύγκρουσης των ηλεκτρικών ρευμάτων (παράνοηση)	254
15.2β	Το επιστημονικό μοντέλο της συμβατικής ροής του ηλεκτρισμού.	255
15.3α	Το μοντέλο κατανάλωσης του ρεύματος (παράνοηση)	256
15.3β	Απλό μοντέλο της ροής των ηλεκτρονίων μέσα σε κύκλωμα (τα ηλεκτρόνια δεν είναι σχεδιασμένα με κλίμακα)	257
15.3γ	Το επιστημονικό μοντέλο ροής των ηλεκτρονίων	257
15.3δ	Η φωτοβολία της λάμπας εξαρτάται από τη θέση του αντιστάτη (παράνοηση)	259
15.3ε	Η συμβατική φορά του ρεύματος.	260
15.3ζ	Η πραγματική φορά του ρεύματος	260
15.4α	Μέτρηση της τάσης σ' ένα απλό κύκλωμα συνεχούς ρεύματος (DC)	264
15.4β	Πτώση της τάσης κατά μήκος ενός απλού κυκλώματος συνεχούς ρεύματος (DC)	265
16.1α	Φως υπάρχει μόνο στις φωτισμένες περιοχές (παράνοηση)	269
16.1β	Φως υπάρχει και μέσα στην περιοχή της φωτεινής δέσμης	269
16.1γ	Ένα κερί φωτίζει μια περιορισμένη περιοχή ενός δωματίου (παράνοηση). . . .	269
16.2α	Φως από τα μάτια μας διαδίδεται προς το αντικείμενο (παράνοηση)	272
16.2β	Φως από το αντικείμενο διαδίδεται προς τα μάτια μας	272
16.2γ	Φωτεινή πηγή φωτίζει ένα αντικείμενο και το αντικείμενο γίνεται ορατό. . . .	273
16.2δ	Διάφορες παρανοήσεις	273

16.2ε	Εικόνα που σχεδιάστηκε από μαθητή 11 ετών, στην οποία φαίνεται ότι φως από ένα φακό μπαίνει στο μάτι και φως από το μάτι διαδίδεται προς ένα αντικείμενο	274
16.2ζ	Χρησιμοποιώντας ένα φακό κι έναν καθρέφτη μπορούμε να διορθώσουμε την παρανόηση	275
16.4	Σκιά που δημιουργείται όταν ένα αδιαφανές σώμα εμποδίζει τη διάδοση του φωτός	278
16.5α	Διασκεδασμός του λευκού φωτός και ανάλυσή του στα χρώματα από τα οποία αποτελείται	280
16.5β	Σε τι οφείλεται το χρώμα των αντικειμένων;.	282
16.5γ	Ανάμειξη των βασικών χρωμάτων του φωτός	283
16.5δ	Ο δίσκος-σβούρα του Νεύτωνα	283
17.1α	Ο ήχος διαδίδεται μόνο προς τον ακροατή (παρανόηση)	286
17.1β	Με αυτή την εικόνα ένα παιδί 7 ετών εξηγεί πώς ακούμε τους ήχους	287
17.3α	Ηχητικά κύματα που διαδίδονται μακριά από την πηγή που βρίσκεται στο κέντρο τους	290
17.3β	Διάδοση ενός ηχητικού κύματος	291
17.3γ	Μήκος κύματος και πλάτος	293
17.3δ	Οξύτητα και ένταση.	294
18.1α	Η Γη έχει άπειρη έκταση (παρανόηση)	296
18.1β	Η Γη είναι ένας κύλινδρος άπειρης διάστασης (παρανόηση)	297
18.1γ	Η Γη είναι ένας δίσκος (παρανόηση).	297
18.1δ	Η Γη είναι σφαιρική και περιβάλλει όλο το Διάστημα (παρανόηση)	298
18.1ε	Η Γη είναι σφαιρική με ένα τμήμα της επίπεδο (παρανόηση)	298
18.1ζ	Ο Μπλε Βώλος	299
18.1η	Ένα πλοίο που πλησιάζει τον παρατηρητή εμφανίζεται στον ορίζοντα	300
18.2α	Το κλασσικό γεωκεντρικό μοντέλο του ηλιακού συστήματος στο οποίο φαίνονται τρία σώματα να στρέφονται γύρω από τη Γη (παρανόηση)	301
18.2β	Ιστορική απεικόνιση του γεωκεντρικού συστήματος (παρανόηση)	302
18.2γ	Το σύγχρονο ηλιοκεντρικό μοντέλο του ηλιακού συστήματος (φαίνονται μόνο τρεις πλανήτες να στρέφονται γύρω από τον Ήλιο, συμπεριλαμβανομένης της Γης)	302
18.2δ	Πλανήτες που κινούνται στην ίδια τροχιά	303
18.2ε	Ηλιοκεντρικό μοντέλο όπου η Γη και η Σελήνη κινούνται στην ίδια τροχιά	303
18.2ζ	Γεωκεντρικό μοντέλο όπου ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται στη ίδια τροχιά.	304
18.3α	Το γεωκεντρικό μοντέλο (παρανόηση).	305
18.3β	Στην περιοχή Χ είναι ημέρα	306
18.3γ	Στην περιοχή Χ είναι νύχτα.	306
18.3δ	Η Σελήνη εμποδίζει τον Ήλιο (παρανόηση)	308
18.3ε	Εναλλαγή μεταξύ του Ήλιου και της Σελήνης (παρανόηση).	309
18.4α	Ανατολή (παρανόηση)	310
18.4β	Δύση (παρανόηση).	310

18.4γ	Παιδική ζωγραφιά που δείχνει τη θέση του Ήλιου το πρωί (α), το μεσημέρι (b) και το απόγευμα (c) (παραινόηση)	311
18.4δ	Η φαινομενική κίνηση του Ήλιου κατά μήκος του ουρανού στη διάρκεια μιας ημέρας	311
18.5α	Συγκρίσιμο μέγεθος της Γης και της Σελήνης καθώς και τμήμα του Ήλιου με κλίμακα 5%	313
18.5β	Απεικόνιση της Γης και του Ήλιου με σωστή κλίμακα των μεγεθών τους	313
18.6α	Η Σελήνη έχει τη δική της ξεχωριστή τροχιά γύρω από τον Ήλιο (παραινόηση)	315
18.6β	Η επιστημονική άποψη	315
18.7α	Οι φάσεις της Σελήνης: Πανσέληνος, τρία τέταρτα, ημισέληνος, ένα τέταρτο και νέα Σελήνη	316
18.7β	Φωτισμένη σφαίρα	316
18.7γ	Η σχέση των φάσεων της Σελήνης με τις θέσεις της γύρω από τη Γη	317
18.8	Η σχετική θέση της Γης, του Ήλιου και της Σελήνη σε δύο περιπτώσεις που απέχουν χρονικά μεταξύ τους 14 ημέρες.	320
18.9α	Όταν η Γη βρίσκεται πλησιέστερα στον Ήλιο, έχουμε καλοκαίρι (παραινόηση)	322
18.9β	Η εναλλαγή των εποχών και η κλίση του άξονα της Γης.	323
18.9γ	Η ένταση του ηλιακού φωτός σε δύο διαφορετικά σημεία στην επιφάνεια της Γης	324
18.9δ	Η ένταση του ηλιακού φωτός στο σημείο Α	324
18.9ε	Η ένταση του ηλιακού φωτός στο σημείο Β	324
18.9ζ	Κρατώντας ένα λευκό χαρτόνι διαστάσεων Α4 σε διάφορα σημεία πάνω στην υδρόγειο φαίνεται η μεταβολή της έντασης του φωτός	326
18.10α	Η φαινομενική κίνηση του Ήλιου κατά τη διάρκεια του χειμώνα	327
18.10β	Η φαινομενική κίνηση του Ήλιου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού	327
18.11α	Ο Ήλιος, η Γη και η Σελήνη βρίσκονται ακριβώς στο ίδιο επίπεδο (παραινόηση)	329
18.11β	Το επίπεδο της τροχιάς της Γης γύρω από τον Ήλιο είναι λίγο διαφορετικό από το επίπεδο της τροχιάς της Σελήνης γύρω από τη Γη	330
18.13	Η Γη στρέφεται γύρω από τον Ήλιο ενώ οι πλανήτες και τ' αστέρια σχηματίζουν ένα ακίνητο υπόβαθρο στο Διάστημα (παραινόηση)	332
19.1α	Διαφορετικές μορφές ενέργειας	335
19.1β	Απλές ενεργειακές μετατροπές σε αναμμένο κερί.	336
19.2α	Όταν διαφορετικές ποσότητες αέρα έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες, έχουν επίσης διαφορετικές πυκνότητες	338
19.2β	Οι διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους μεταφέρεται η θερμότητα από ένα φλιτζάνι τσάι στο περιβάλλον: 1 Ακτινοβολία· 2 Ρεύματα μεταφοράς· 3 Αγωγή	339
19.2γ	Το «φίδι της φωτιάς»	340

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΝΘΕΤΩΝ ΚΕΙΜΕΝΩΝ

Εισαγωγή

Γνωρίζετε ότι; Συνήθεις παιδαγωγικές στρατηγικές επικοδόμησης της γνώσης 52

1 Η έννοια της ζωής

Γνωρίζετε ότι; Ιοί 58

2 Ταξινόμηση

Διάσημοι επιστήμονες Carl von Linné 62

Γνωρίζετε ότι; Οι άλγες 76

4 Αναπνοή

Διάσημοι επιστήμονες William Harvey 91

5 Διατροφή

Γνωρίζετε ότι; Το ουροποιητικό σύστημα 97

Προσοχή στην ασφάλεια! Φλόγα στην αίθουσα διδασκαλίας 107

6 Διατροφικές σχέσεις

Γνωρίζετε ότι; Ο φρύνος του ζαχαροκάλαμου 115

7 Μικρόβια και ασθένειες

Διάσημοι επιστήμονες Ο Δρ Edward Jenner 125

Γνωρίζετε ότι; Εμβόλια που μπορούν να προσφέρουν θεραπεία 130

8 Κληρονομικότητα και ποικιλομορφία

<i>Γνωρίζετε ότι; Ο δημιουργισμός στα σχολεία</i>	138
<i>Γνωρίζετε ότι; Επιγενετική κληρονομικότητα</i>	140
<i>Γνωρίζετε ότι; Υπολειμματικά χαρακτηριστικά</i>	141
<i>Διάσημοι επιστήμονες Mary Anning</i>	148

9 Χημικές μεταβολές

<i>Γνωρίζετε ότι; Το ισχυρότερο οξύ</i>	158
---	-----

10 Σωματίδια

<i>Γνωρίζετε ότι; Θερμική διαστολή</i>	162
<i>Προσοχή στην ασφάλειά σας! Μέτρα ασφαλείας σχετικά με τα μπαλόνια</i>	171

12 Επιστήμες της Γης

<i>Γνωρίζετε ότι; Σημαιολογικές διαφορές στις διαφορετικές χώρες</i>	189
<i>Γνωρίζετε ότι; Ποιο είναι το πιο ενεργό ηφαίστειο του Κόσμου;</i>	194

13 Δυνάμεις

<i>Γνωρίζετε ότι; Μια δυσκολία.</i>	211
<i>Διάσημοι επιστήμονες Και οι επιστήμονες μπορεί να έχουν παρανοήσεις</i>	214

14 Πλεύση και βύθιση

<i>Γνωρίζετε ότι; Παγόβουνα</i>	240
<i>Διάσημοι επιστήμονες Ο Αρχιμήδης και το χρυσό στέμμα του βασιλιά</i>	248

15 Ηλεκτρισμός και μαγνητισμός

<i>Προσοχή στην ασφάλειά σας! Δραστηριότητες με ηλεκτρικά κυκλώματα</i>	251
<i>Γνωρίζετε ότι; Σε ένα κύκλωμα χάνεται ενέργεια και όχι ρεύμα</i>	261

16 Φως

<i>Προσοχή στην ασφάλειά σας! Χρήση δείκτη λείξερ στην αίθουσα διδασκαλίας</i>	270
<i>Διάσημοι επιστήμονες Σερ Ισαάκ Νεύτων</i>	284

18 Γη και Διάστημα

<i>Διάσημοι επιστήμονες Μια επικίνδυνη άποψη.</i>	304
<i>Προσοχή στην ασφάλειά σας! Άμεση παρατήρηση του Ήλιου.</i>	310
<i>Γνωρίζετε ότι; Πράγματι η μεταβολή της απόστασης της Γης από τον Ήλιο επηρεάζει τη θερμοκρασία της Γης</i>	326

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Βασική επιδίωξη αυτής της έκδοσης ήταν η συγγραφή ενός βιβλίου, που θα ήταν κατανοητό από αναγνώστες οι οποίοι δεν θα είχαν διδαχθεί Φυσικές Επιστήμες, παρόι μόνο κατά τη διάρκεια της υποχρεωτικής εκπαίδευσής τους. Ωστόσο σε καμία περίπτωση το τελικό αποτέλεσμα δεν είναι ένα βιβλίο που περιλαμβάνει όλα όσα χρειάζονται οι εκπαιδευτικοί της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, για να συμπληρώσουν τις γνώσεις και την κατανόησή τους στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ). Υπάρχουν άλλες, πολύ καλές εκδόσεις στην αγορά που εξυπηρετούν καλύτερα αυτό το σκοπό. Το βιβλίο *Παρανοήσεις στις Φυσικές Επιστήμες στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση* μελετά με μεγάλη λεπτομέρεια τη διδασκαλία επιλεγμένων εννοιών, κάτι που λείπει από τα άλλα γενικά εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών για το Δημοτικό Σχολείο, ακριβώς επειδή τα εν λόγω εγχειρίδια ακολουθούν την προσέγγιση «όλα σε ένα» ως προς την ύλη των ΦΕ του Δημοτικού. Γι' αυτό το λόγο, το παρόν βιβλίο θα πρέπει να συνδυαστεί με ένα από τα πιο περιεκτικά εγχειρίδια.

Ο σκοπός του παρόντος βιβλίου είναι διπλός: Βασικός στόχος του είναι να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να ανεβάσουν το επίπεδο των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο, αναγνωρίζοντας τις παρανοήσεις των μαθητών τους σ' αυτό το μάθημα και βοηθώντας τους στη συνέχεια να αναδομήσουν αυτές τις αντιλήψεις τους, όταν εκφραστούν στο μάθημα. Το βιβλίο προσπαθεί να επιτύχει αυτό τον στόχο ευαισθητοποιώντας τους εκπαιδευτικούς για την πληθώρα των παρανοήσεων που έχει αποκαλύψει η παιδαγωγική έρευνα, με το σκεπτικό ότι εάν ο εκπαιδευτικός γνωρίζει εκ των προτέρων ποιες μπορεί να είναι οι αντιλήψεις των μαθητών του, είναι πιο πιθανό να εντοπίσει τις παρανοήσεις τους. Όπως με κάθε πρόβλημα, μια παρανόηση πρέπει πρώτα να αναγνωριστεί για να αντιμετωπιστεί στη συνέχεια.

Ελπίζουμε ότι εξαιτίας αυτού του βιβλίου οι αναγνώστες θα γίνουν περισσότερο γνώστες των ιδεών που φέρνουν οι μαθητές στην τάξη που διαφέρουν από τις επιστημονικές έννοιες που περιέχει το Αναλυτικό Πρόγραμμα Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού Σχολείου. Επίσης ελπίζουμε ότι θα αντιληφθούν ότι μετά τη διδασκαλία ενός θέματος, οι μαθητές είναι δυνατό να διαμορφώσουν ορισμένες αντιλήψεις διαφορετικές από αυτές που σχεδίαζαν οι δάσκαλοί τους. Όπως αναφέρθηκε οι παρανοήσεις στις Φυσικές Επιστήμες στο παρόν βιβλίο, δεν αφορούν όλες τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών που υπάρχουν στο Αναλυτικό Πρόγραμμα αλλά μόνο εκείνες οι οποίες έχουν μελετηθεί από τους ερευ-

νητές. Το βιβλίο ωστόσο περιλαμβάνει έννοιες από όλες τις ενότητες της ύλης του **Νέου Προγράμματος Σπουδών** του Δημοτικού Σχολείου (**επίπεδα KS1 και KS2**), που άρχισε να ισχύει στην Αγγλία από τον Σεπτέμβριο του 2014. Η έκταση που καταλαμβάνει κάθε ενότητα στο παρόν βιβλίο αντανakλά και την έκταση των παιδαγωγικών ερευνών στο αντίστοιχο επιστημονικό πεδίο. Οι παρανοήσεις για τις έννοιες της Φυσικής καταλαμβάνουν τη μερίδα του λέοντος ενώ της Χημείας καταλαμβάνουν μικρότερη έκταση. Οι παρανοήσεις που σχετίζονται με την εργαστηριακή δραστηριότητα,¹ δηλαδή την πρόβλεψη, τη συλλογή και την ερμηνεία αποδεικτικών στοιχείων, τη διατύπωση συμπερασμάτων κ.λπ., δεν περιλαμβάνονται στο βιβλίο, αφού στόχος ήταν το περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών. Επειδή υπάρχουν μυριάδες τέτοιες παρανοήσεις, αξίζει να γραφεί μελλοντικά ένα βιβλίο γι' αυτό το σημαντικό θέμα της σχολικής επιστήμης.

Η δεύτερη έκδοση του βιβλίου *Παρανοήσεις στις Φυσικές Επιστήμες στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση* που κρατάτε στα χέρια σας περιέχει επίσης δοκιμασμένα και ελεγμένα παραδείγματα πρακτικών δραστηριοτήτων και άλλων **διδασκικών στρατηγικών** που είναι δυνατό να βοηθήσουν ώστε οι ιδέες των μαθητών να εναρμονιστούν με τις αποδεκτές επιστημονικές αντιλήψεις. Πια να επιτύχουν αυτό το στόχο οι εκπαιδευτικοί προτρέπονται να ακολουθήσουν στη διδασκαλία τους τις αρχές της θεωρίας της εποικοδόμησης της γνώσης.

Ο δεύτερος στόχος αυτού του βιβλίου είναι οι αναγνώστες να αναπτύξουν τις γνώσεις τους στις Φυσικές Επιστήμες, μια ωφέλιμη παρενέργεια, που προκύπτει από τη μελέτη της φύσης των παρανοήσεων. Οι επιστημονικές έννοιες που μελετάμε ξεπερνούν το επίπεδο του Δημοτικού (KS2) ώστε το νόημά τους να αποσαφηνίζεται, και, μιλώντας γενικά, όσο βαθύτερα κατανοούν οι εκπαιδευτικοί ένα θέμα, με τόσο μεγαλύτερη σαφήνεια το εξηγούν στους μαθητές τους. Σε κάθε περίπτωση, σε πολλά Δημοτικά Σχολεία της Αγγλίας, το επίπεδο διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών συχνά υπερβαίνει την ύλη του Εθνικού Προγράμματος Σπουδών KS2, προσεγγίζοντας αφηρημένες έννοιες, όπως είναι έννοιες σχετικές με τα **σωματίδια** και την **ενέργεια**.

Σ' αυτή τη δεύτερη εμπλουτισμένη έκδοση έχουν συμπεριληφθεί νέες παρανοήσεις. Οι περισσότερες από αυτές αντανakλούν τις αλλαγές που έγιναν στην Αγγλία το 2014 στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών του Δημοτικού (KS1 και KS2). Επίσης παρέχονται πρόσθετες πληροφορίες για προϋπάρχουσες παρανοήσεις. Το νέο υλικό αντανakλά τις πιο πρόσφατες έρευνες όπως έχουν καταγραφεί στη βιβλιογραφία της διδασκικής των Φυσικών Επιστημών και γι' αυτό το βιβλίο είναι ενημερωμένο με τα πιο πρόσφατα ευρήματα αυτών των ερευνών. Το Πρώτο Μέρος είναι εκτενέστερο, με μια νέα ενότητα, όπου συζητείται η σχέση των επιστημονικών αποδεικτικών στοιχείων με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό καθώς και με την καθημερινή ζωή. Βιβλιογραφικές αναφορές που παρατίθενται θα βοηθήσουν φοιτητές Παιδαγωγικών Τμημάτων που συγγράφουν σεμιναρακίες ή άλλες ακαδημαϊκές εργασίες. Οι ζωγραφιές και οι δηλώσεις των μαθητών δίνουν ζωντάνια στις συζητήσεις σχετικά με τις επιστημονικές έννοιες. Επίσης δόθηκε προσοχή σε δραστηριότητες για τις πρώτες τάξεις του Δημοτικού (KS1), στις οποίες συμπερι-

1. (ΣτΕ): Τις επιστημονικές δεξιότητες.

λαμβάνονται απλά πειράματα και υποδείξεις για βιβλία με παιδικές ιστορίες που θα βοηθήσουν τους μικρότερους μαθητές να εμπλακούν με τις επιστημονικές ιδέες.

Αν και σε κάθε παρουσίαση μιας παρανόησης υπάρχει μια υποενότητα με τον τίτλο «Αναδόμηση», θα πρέπει να δηλώσουμε ότι δεν εγγυόμαστε ότι πάντοτε θα επιτευχθεί η αναδόμηση. Ορισμένες παρανοήσεις είναι πολύ επίμονες και οι μαθητές χρειάζονται αρκετό χρόνο για να μπορέσουν να δημιουργήσουν και να αφομοιώσουν τις αντίστοιχες επιστημονικές αντιλήψεις. Οι ιδέες που προσφέρονται σ' αυτό το βιβλίο είναι προτάσεις που διευκολύνουν αυτή τη διαδικασία η οποία ωστόσο χρειάζεται χρόνο. Τελικά αν σκοπεύουμε να δημιουργήσουμε έναν επιστημονικά εγγράμματο πληθυσμό, ο ρόλος των εκπαιδευτικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης είναι κρίσιμος, διότι βοηθούν τους μαθητές να οικοδομήσουν με επιτυχία επιστημονικά αποδεκτές αντιλήψεις και μ' αυτό τον τρόπο δημιουργούν γερά θεμέλια για να στηριχθούν οι πιο σύνθετες έννοιες, που θα συναντήσουν οι μαθητές στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση αλλά και μετά από αυτή. Αυτό θα επιτευχθεί μόνο αν οι διδάσκοντες είναι σε θέση να εκμειεύσουν και να διακρίνουν τις παρανοήσεις των μαθητών τους στις Φυσικές Επιστήμες και κατόπιν να βοηθήσουν τους μαθητές να τις αναδομήσουν.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

Γνώρισα το βιβλίο *Misconceptions in Primary Science* του Michael Allen στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού έργου PriSciNet¹ στο οποίο συμμετείχα εκπροσωπώντας το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Κρήτης. Το έργο αυτό είχε σκοπό να διαδώσει τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών που βασίζεται στη διερεύνηση (inquiry) σε παιδιά 3-11 ετών στην Ευρώπη μέσω της ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού² και της επιμόρφωσης εκπαιδευτικών. Οι συνάδελφοι από την Αγγλία Jenny Byrne και Willeke Rietdijk ανέφεραν το βιβλίο αυτό ως βιβλιογραφική πηγή στις δραστηριότητες που ανέπτυξαν στο PriSciNet και στις ομιλίες που έκαναν στα επιμορφωτικά σεμινάρια.

Καιρό αναζητούσα ένα βιβλίο που να περιλαμβάνει παρανοήσεις στις Φυσικές Επιστήμες που συναντά κανείς στους μαθητές και μαθήτριες στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Τις παρανοήσεις αυτές είχα συναντήσει στις σχολικές αίθουσες Δημοτικών Σχολείων εποπτεύοντας τη σχολική πρακτική φοιτητών και φοιτητριών μου στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Κρήτης. Τις είχα συναντήσει στο αμφιθέατρο διδάσκοντας Βιολογία και Οικολογία σε φοιτητές και φοιτήτριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης από το 1999. Τις είχα συναντήσει και σε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς σε μεταεκπαιδευτικά σεμινάρια.

Το προηγούμενο βιβλίο με τίτλο *Οικοδομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών*³ των Driver, Squires, Rushworth και Wood-Robinson έχει μεταφραστεί πριν 20 χρόνια, είναι αρκετά συμπυκνωμένο και αφορά περισσότερο τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση (ο αγγλικός τίτλος είναι *Making sense of secondary science*).

Η πρωτοτυπία του παρόντος βιβλίου είναι ότι α) περιλαμβάνει τις πιο κοινές παρανοήσεις στις Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό Σχολείο που έχει αναδείξει η παιδαγωγική

1. Πληροφορίες για το PriSciNet στην ιστοσελίδα του ΙΠΤΑΕ Πανεπιστημίου Κρήτης, <http://ptde.edc.uoc.gr/professor/pri-sci-net>.

2. Στην ιστοσελίδα του ΙΠΤΑΕ Κρήτης βρίσκεται και το εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε από το PriSciNet: Gatt, S. (2014) (επιμέλεια ελληνικής έκδοσης Καλαϊτζιδάκη, Μ.) *Δραστηριότητες Φυσικών Επιστημών με διερεύνηση για παιδιά από 3 έως 11 ετών-PriSciNet*. Ειδικός Λογαριασμός Πανεπιστημίου Κρήτης, Ρέθυμνο. ISBN 978-960-7143-42-6., <https://app.box.com/s/jihc-su9asjbcogotz2w8yfixqr9wbsr2>.

3. Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. και Wood-Robinson, V. (1998) (επιμέλεια Π. Κόκοτας) *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών*, Τυπωθήτω, Αθήνα.

έρευνα μέχρι περίπου το 2011, αλλά δεν εξαντλείται στην περιγραφή. β) Στη συνέχεια αναφέρεται η επιστημονική άποψη με απλή και κατανοητή γλώσσα ώστε να είναι προσιτή σε όλους και όλες τους/τις εκπαιδευτικούς του Δημοτικού σχολείου. γ) Τέλος προτείνονται ιδέες και διδακτικές στρατηγικές για την εννοιολογική αναδόμηση των αντιλήψεων των μαθητών και μαθητριών που είναι και το μεγάλο ζητούμενο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σύμφωνα με τη θεωρία της εποικοδόμησης της γνώσης.

Οι ιδέες και οι παρανοήσεις των μαθητών και μαθητριών για τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών αποτελούν ακόμη αντικείμενο έρευνας και ανακοινώσεων στα συνέδρια, όπως για παράδειγμα της Ευρωπαϊκής Εταιρείας Διδακτικής Φυσικών Επιστημών (ESERA) ή της Ένωσης Ερευνητών Διδακτικής της Βιολογίας (eridob). Οι ιδέες και οι παρανοήσεις των μαθητών και μαθητριών ερευνώνται και στη χώρα μας από τις ερευνητικές ομάδες Διδακτικής Φυσικών Επιστημών κυρίως των Παιδαγωγικών Τμημάτων (Δημοτικής/Προσχολικής Εκπαίδευσης) σε όλες τις βαθμίδες – Πρωτοβάθμια, Δευτεροβάθμια, Τριτοβάθμια Εκπαίδευση, ακόμη και σε εκπαιδευτικούς. Όμως πολλοί και πολλές εκπαιδευτικοί της πράξης και προπτυχιακοί φοιτητές και φοιτήτριες δεν συνηθίζουν να αναζητούν και να χρησιμοποιούν τη βιβλιογραφία.

Ελπίζω ότι οι εκπαιδευτικοί της χώρας μας θα βρουν σ' αυτό το βιβλίο έναν χρήσιμο σύμβουλο για τη διδακτική τους πράξη, όπως ήταν στις προθέσεις του συγγραφέα Michael Allen.

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά τις εκδόσεις Gutenberg και τον κύριο Γεώργιο Λαρδανό που αποδέχτηκαν την πρότασή μου για την έκδοση του βιβλίου στην ελληνική γλώσσα. Να ευχαριστήσω το μεταφραστή κύριο Ανδρέα Βαλαδάκη για την άριστη συνεργασία που είχαμε στο δύσκολο τελικά έργο της μετάφρασης ενός επιστημονικού κειμένου. Οι γνώσεις του και η πολύτιμη εμπειρία του στη μετάφραση συγγραμμάτων Φυσικής είχαν ως αποτέλεσμα ελάχιστη παρέμβαση από την πλευρά μου στην αντίστοιχη ενότητα του παρόντος. Η παρέμβασή μου ήταν μεγαλύτερη στο εισαγωγικό κομμάτι για τη θεωρία μάθησης της εποικοδόμησης της γνώσης (κονστрукτιβισμού), στην ενότητα για τη Βιολογία και στα θέματα περιβάλλοντος στην ενότητα για τις Επιστήμες της Ζωής, κεφάλαια στα οποία στην ουσία απέδωσα εκ νέου το αγγλικό κείμενο. Επειδή εγώ χρησιμοποιώ μια πιο απλή, άμεση και κατανοητή γλώσσα στον επιστημονικό προφορικό και γραπτό μου λόγο, πράξη που εναρμονίζεται και με την αρχική πρόθεση του συγγραφέα Michael Allen να γράψει ένα βιβλίο κατανοητό από άτομα που δεν έχουν εξειδίκευση στις Φυσικές Επιστήμες, δεν έχουν πτυχίο Φυσικής, Χημείας, Βιολογίας, ίσως ο αναγνώστης να παρατηρήσει μια διαφορά στο ύφος γραφής στα κεφάλαια Βιολογίας και Φυσικής.

Θέλω να ευχαριστήσω επίσης το προσωπικό των εκδόσεων Gutenberg που με την εμπειρία τους συνέβαλαν στην υλοποίηση αυτής της έκδοσης αλλά και για την κατανόησή τους για τις καθυστερήσεις που οι πολλαπλές υποχρεώσεις του ακαδημαϊκού μου βίου επιφύλαξαν στην ολοκλήρωση της επιμέλειας του βιβλίου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Εκφράζω συνεχώς τις ευχαριστίες μου προς στους φιλικούς εργαζόμενους της Avanquest Software Publishing Ltd για την ευγενική παραχώρηση του δικαιώματος χρήσης εικόνων του λογισμικού πακέτου *80.000 Pictures* σε αυτή τη δεύτερη έκδοση.

Ιδιαιτέρως ευχαριστώ την ταλαντούχα καλλιτέχνιδα Marianne Johns που σχεδίασε τα διαγράμματα ανατομίας του Δεύτερου Μέρους.

ΠΩΣ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΕΤΕ ΑΥΤΟ ΤΟ ΒΙΒΛΙΟ

Σκοπός του βιβλίου *Παρανοήσεις στις Φυσικές Επιστήμες στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση* είναι να χρησιμοποιηθεί από τους αναγνώστες με ποικίλους τρόπους. Ο συνηθέστερος τρόπος είναι να μελετήσετε τις σχετικές ενότητες πριν διδάξετε το αντίστοιχο θέμα ώστε να γνωρίζετε τις πιθανές, προϋπάρχουσες παρανοήσεις των μαθητών σας ή παρανοήσεις που μπορεί να αναπτυχθούν ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας. Αυτή η γνώση ίσως σας παρακινήσει να δώσετε στους μαθητές μια κατάλληλη άσκηση στην αρχή της διδασκαλίας για να εκμαιεύσετε τις αρχικές αντιλήψεις τους. Επίσης μπορεί να τροποποιήσετε τα εργαλεία αξιολόγησης που χρησιμοποιούσατε μέχρι τώρα, όπως το διαγώνισμα στο τέλος μιας διδακτικής ενότητας, αφού λάβετε υπόψη σας το ενδεχόμενο να υπάρχουν παρανοήσεις πριν τη διδασκαλία ή να δημιουργηθούν κατά τη διάρκειά της.

Ίσως θα θέλατε να ενσωματώσετε ενδεχόμενες παρανοήσεις των μαθητών στις προσωπικές σημειώσεις που χρησιμοποιείτε στη διδασκαλία σας και να επινοήσετε διδακτικές στρατηγικές με τις οποίες θα αναζητήσετε αυτές τις παρανοήσεις και θα τις αντιμετωπίσετε, όταν εμφανιστούν στην αίθουσα διδασκαλίας. Σε πιο επίσημο πλαίσιο ένας Συντονιστής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών θα μπορούσε να δημιουργήσει ένα υλικό με παρανοήσεις των μαθητών στο συγκεκριμένο μάθημα, ώστε να βελτιώσει τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε ολόκληρη την περιφέρειά του.

Ορισμένες από τις έννοιες και τις διδακτικές προσεγγίσεις που περιγράφονται στο κυρίως κείμενο ίσως δεν είναι εφαρμόσιμες στις πρώτες τάξεις του Δημοτικού (KS1), διότι είναι πολύ προχωρημένες για τα παιδιά αυτής της ηλικίας. Για παράδειγμα παρανοήσεις που αφορούν την έννοια **δύναμη**, στο πρώτο έτος. Ωστόσο είναι πιθανό νεότεροι μαθητές να έχουν οικοδομήσει παρανοήσεις τις οποίες χρειάζεται να αντιμετωπίσετε. Εσείς λοιπόν θα επιλέξετε το επίπεδο στο οποίο θα διδάξετε Φυσικές Επιστήμες. Μαζί με άλλους παράγοντες αυτό εξαρτάται από τις γενικές ικανότητες των μαθητών της τάξης σας και τη διδακτέα ύλη η οποία αφορά συγκεκριμένα το σχολείο σας. Στο κυρίως κείμενο του παρόντος βιβλίου όταν ένα θέμα αναφέρεται σε σύνδεση με το ηλικιακό επίπεδο μαθητών, αυτό αντιστοιχεί στο Εθνικό Αναλυτικό Πρόγραμμα Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών της Αγγλίας («POS»).

Στο Πρώτο Μέρος το βιβλίου παρουσιάζεται ένα θεωρητικό υπόβαθρο, που καλύπτει την έρευνα που αφορά παρανοήσεις των μαθητών, διδακτικές στρατηγικές εποικο-

δόμησης της γνώσης και τη φύση των επιστημονικών αποδείξεων.¹ Το κύριο περιεχόμενο του βιβλίου διαιρείται σε τρία μέρη που αντανακλούν την παραδοσιακή οργάνωση της σχολικής ύλης των Φυσικών Επιστημών, με την οποία είναι εξοικειωμένοι οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί: Βιολογία, Χημεία και Φυσική. Σε καθένα από αυτά τα μέρη παρατίθενται οι παρανοήσεις με την εξής οργάνωση:

Παρανόηση. Πρόκειται για ισχυρισμό που από επιστημονική άποψη είναι λανθασμένος με τη λεκτική διατύπωση που χρησιμοποιούν οι μαθητές. Η παρανόηση, όταν είναι απαραίτητο, συνοδεύεται από αντίστοιχη απεικόνιση.

Η επιστημονική άποψη. Παρουσιάζεται η επιστημονικά ακριβής εξήγηση, η οποία, όπου χρειάζεται, συνοδεύεται με κατάλληλα σχήματα. Επειδή ο τρόπος που παρουσιάζονται οι επιστημονικές έννοιες ξεπερνούν το επίπεδο του Δημοτικού Σχολείου (KS2) δεν είναι απαραίτητο να διδαχθούν στους μαθητές του Δημοτικού με αυτό τον τρόπο. Παρατίθενται εδώ με σκοπό τον εμπλουτισμό των γνώσεων των εκπαιδευτικών. Η συγκεκριμένη ενότητα περιλαμβάνει σύντομη συζήτηση για την προέλευση της παρανόησης και τις νοητικές διαδικασίες που οδηγούν στην οικοδόμησή της.

Αναδόμηση. Προτείνονται διδακτικές προσεγγίσεις που είναι πιθανό να βοηθήσουν τους μαθητές να οικοδομήσουν με επιτυχία επιστημονικά αποδεκτές αντιλήψεις. Όπου είναι δυνατό προτείνονται συγκεκριμένοι τρόποι διόρθωσης των παρανοήσεων. Σ' αυτό το πλαίσιο, για να ελέγξουν οι μαθητές από μόνοι τους τη διαδικασία της μάθησης και να απορρίψουν τις παρανοήσεις, χρησιμοποιούνται ερωτήσεις του είδους που θέτουν οι επιστήμονες.

Πηγές. Παρατίθεται βιβλιογραφία από τη διδακτική των Φυσικών επιστημών. Επειδή πολλές θεμελιώδεις εργασίες στην έρευνα των παρανοήσεων εμφανίστηκαν τις δεκαετίες του '80 και του '90, οι περισσότερες αναφορές ανήκουν σ' αυτή την περίοδο της εντατικής έρευνας. Ωστόσο υπάρχουν επίσης αρκετές πιο πρόσφατες αναφορές.

Έχει γίνει προσπάθεια ώστε το στυλ της γραφής να είναι όσο το δυνατό πιο κατανοητό – όμως, αναπόφευκτα, χρησιμοποιούνται συχνά επιστημονικοί όροι σε όλο το βιβλίο. Για να βοηθηθούν οι αναγνώστες με ελλιπές επιστημονικό υπόβαθρο στο τέλος του βιβλίου υπάρχει γλωσσάρι επιστημονικών όρων. Όταν ένας όρος που περιέχεται στο γλωσσάρι εμφανίζεται για πρώτη φορά στο κείμενο, είναι τυπωμένος με έντονους χαρακτήρες. Για την υποστήριξη και την αποσαφήνιση του κυρίως κειμένου χρησιμοποιούνται Εικόνες, στις οποίες απεικονίζεται η σωστή χρήση των επιστημονικών ιδεών εκτός κι αν επισημαίνεται ότι πρόκειται για παρανόηση.

Ο αναγνώστης θα διαπιστώσει ότι όταν εισάγεται μια παρανόηση, συχνά υπάρχουν παραπομπές σε άλλες ενότητες του βιβλίου. Σπανίως οι παρανοήσεις βρίσκονται απομονωμένες στο μυαλό του μαθητή. Αντιθέτως συνδέονται με άλλες σχετικές παρανοήσεις ή βασιίζονται σ' αυτές. Όλες αυτές οι παρανοήσεις έχουν κοινό υπόβαθρο και σχηματίζουν ένα σύνθετο εννοιολογικό πλέγμα που ονομάζεται ευλογοφανές αλλά λανθασμένο εννοιολογικό

1. (ΣτΕ): Αποδεικτικών στοιχείων.

δίκτυο. Ορισμένες φορές λοιπόν ο διδάσκων δεν μπορεί να αντιμετωπίσει μια παρανόηση με επιτυχία εάν δεν αντιμετωπίσει προηγουμένως, άλλες, πιο θεμελιώδεις παρανοήσεις. Μια πρακτική υπόδειξη είναι να βάζετε στον πίνακα περιεχομένων χρωματιστούς σελιδοδείκτες σε κάθε παρανόηση για να τις βρίσκετε εύκολα όταν συναντάτε τις αντίστοιχες παραπομπές. Παράλληλα με το κύριο κείμενο στο βιβλίο, υπάρχουν τρία είδη ένθετων κειμένων που δίνουν πρόσθετες πληροφορίες που μπορεί να είναι ενδιαφέρουσες για τους μαθητές, με τους τίτλους: «Γνωρίζετε ότι;», «Διάσημοι επιστήμονες», «Προσοχή στην ασφάλειά σας!».

Τέλος η βιβλιογραφία παρέχει πηγές για τους αναγνώστες που ενδιαφέρονται για να βρουν περισσότερες πληροφορίες, σχετικά με τις παρανοήσεις που περιλαμβάνονται σ' αυτό το βιβλίο. Πρόκειται κυρίως για δημοσιεύσεις παιδαγωγικών ερευνών, στις οποίες η πρόσβαση πιθανόν είναι δύσκολη, εκτός κι αν ο αναγνώστης είναι μέλος πανεπιστημιακής βιβλιοθήκης. Μάλιστα, μια κατευθυντήρια δύναμη για τη συγγραφή αυτού του βιβλίου ήταν η αποκάλυψη αυτού του «κρυμμένου θησαυρού» σε ένα ευρύτερο κοινό, αντί αυτά τα ευρήματα της έρευνας να «μαζεύουν σκόνη» στις ακαδημαϊκές βιβλιοθήκες. Τα επιστημονικά περιοδικά *Primary Science* και *School Science Review* της Ένωσης για την Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Association for Science Education, ASE) συχνά περιέχουν άρθρα σχετικά με παρανοήσεις των μαθητών και στέλνονται ηλεκτρονικά στα μέλη της ASE (μπορείτε να γίνει μέλη).

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α

ΠΩΣ ΜΑΘΑΙΝΟΥΝ ΟΙ ΑΝΘΡΩΠΟΙ
ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ;

Τι είναι η εποικοδόμηση της γνώσης ή κονστρουκτιβισμός;

ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ πολλών εκατομμυρίων ετών η εξέλιξη εφοδίασε τους ανθρώπους με την ικανότητα να αναπτύσσουν ερμηνευτικά νοητικά μοντέλα, για να αντιλαμβάνονται τον κόσμο γύρω τους. Οι Αζτέκοι για παράδειγμα, θεωρούσαν ότι ο Ήλιος ήταν ένας θεός που διέσχισε τον ουρανό και δώριζε τη δύναμή του στην ανάπτυξη των καλλιεργειών. Έπρεπε λοιπόν να τον κατευνάζουν συνεχώς με λατρείες και αφιερώματα αλλιώς κάποια μέρα ήταν δυνατό να πάψει να ανατέλλει και οι άνθρωποι να πεινάσουν. Ομοίως, στην καθημερινή ζωή δημιουργούμε νοητικά μοντέλα που μας βοηθούν να αντιμετωπίσουμε τις προκλήσεις που εκδηλώνονται σε διάφορες καταστάσεις. Λόγου χάρη συνδέοντας τις μέρες του καλοκαιριού με υψηλές θερμοκρασίες αποφασίζουμε να μη φορέσουμε χοντρά ρούχα. Ορισμένες φορές εξελίσσουμε τα μοντέλα μας για τα φυσικά φαινόμενα σε υψηλότερο βαθμό πολυπλοκότητας. Για παράδειγμα εμπλουτίζοντας το προηγούμενο μοντέλο μπορεί να θεωρήσουμε ότι το καλοκαίρι ο καιρός είναι πιο ζεστός, διότι τότε η Γη βρίσκεται πλησιέστερα στον Ήλιο.

Δημιουργούμε νοητικά μοντέλα, ή *νοητικές κατασκευές*, ανάλογα με τις προηγούμενες εμπειρίες μας. Κατόπιν για να κατανοήσουμε ένα νέο γεγονός ή μια νέα έννοια πρέπει να μπορέσουμε να τα εντάξουμε σε μοντέλο που ήδη διαθέτουμε. Αν αυτό δεν συμβεί, είναι λιγότερο πιθανό να μπορέσουμε να ανακαλέσουμε αργότερα αυτή την καινούρια πληροφορία. Αυτή η διαδικασία μάθησης συμβαίνει συνεχώς μέσα στην αίθουσα διδασκαλίας. Εκεί οι μαθητές δεν απορροφούν απλώς σα σφουγγάρια τα γεγονότα αλλά υποσυνείδητα αναζητούν αυτόματα κατάλληλες νοητικές κατασκευές, από αυτές που ήδη διαθέτουν, για να συνδέσουν το νέο υλικό. Αυτή είναι η ιδέα της *εποικοδόμησης της γνώσης*.

Οι νοητικές κατασκευές των μαθητών είναι προσωπικές. Δηλαδή όταν ο δάσκαλος παρουσιάσει μια νέα έννοια σε μια τάξη τριάντα μαθητών, κάθε μαθητής θα οικοδομήσει τη δική του προσωπική εκδοχή για αυτή την έννοια που θα διαφέρει, σε

κάποιο βαθμό, από των άλλων. Αυτό συμβαίνει διότι κάθε μαθητής έρχεται στην τάξη με διαφορετικές εμπειρίες. Έτσι, στο τέλος του μαθήματος ο δάσκαλος θα έχει απέναντί του ίσως και τριάντα διαφορετικές ιδέες, ορισμένες πιο κοντά στην παρουσίαση της έννοιας όπως έγινε από το δάσκαλο απ' όσο άλλες. Στην πράξη ωστόσο συνήθως υπάρχει ένας μικρός αριθμός αντιλήψεων στους μαθητές που είναι κοινές, στα διάφορα μέρη του κόσμου. Ένας σκοπός αυτού του βιβλίου είναι να κάνει γνωστές στον αναγνώστη τις διαφορετικές αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες των Φυσικών Επιστημών.

Στο παρελθόν –αλλά από κάποιους και σήμερα– η διδασκαλία και η μάθηση θεωρούνταν ως μεταφορά γεγονότων από το δάσκαλο στο μαθητή τα οποία είτε μάθαινε ο μαθητής είτε όχι. Αυτή η άποψη για τη μάθηση έχει ονομαστεί *μεταβιβαστική* μάθηση και προεβέβει ότι η γνώση περνά (μεταβιβάζεται) αναλλοίωτη από τον μέντορα στο μαθητή. Τον 20ό αιώνα η δημοτικότητα της θετικιστικής θεωρίας του συμπεριφορισμού έδωσε μια θεωρητική τεκμηρίωση σ' αυτές τις απόψεις, συνδέοντας την επιτυχημένη μάθηση με την αναπαραγωγή επιθυμητών συμπεριφορών σε σχέση με κίνητρα, ενθάρρυνση και τιμωρία. Οι αντιλήψεις αυτές επιβιώνουν ακόμη και σήμερα. Μαθητές μεγαλύτερης ηλικίας (αλλά και σχεδιαστές αναλυτικών προγραμμάτων) συχνά ακολουθούν θετικιστικές αντιλήψεις και οι καλοί μαθητές έχουν την τάση να μαθαίνουν μηχανικά επιδιώκοντας υψηλές βαθμολογίες. Αυτές οι στρατηγικές μάθησης χρησιμοποιούνται, διότι οι Φυσικές Επιστήμες θεωρούνται απλώς ως μια συλλογή γεγονότων, τα οποία οι μαθητές πρέπει να αποστηθίσουν ή να χρησιμοποιήσουν. Σε πολλές περιπτώσεις οι μαθητές δεν ανακαλύπτουν μόνοι τους τη γνώση αλλά στηρίζονται στους δασκάλους για να τους «την ταΐσουν με το κουτάλι» και πρέπει να την απορροφήσουν αναλλοίωτη. Θεωρούν ότι οι Φυσικές Επιστήμες είναι στατικές και ότι υπάρχει μία μόνο σωστή απάντηση σε κάθε ερώτημα που είναι έγκυρη για πάντα.

Υπήρξαν αντιδράσεις στις συμπεριφοριστικές παιδαγωγικές. Στην αρχή του 20ού αιώνα ο John Dewey υποστήριξε ότι οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα ανακαλύπτοντας τη γνώση και ότι η ελεύθερη αλληλεπίδρασή τους με το περιβάλλον προωθεί την ενεργό μάθηση σε αντίθεση με την παθητική πρόσληψη αναλλοίωτης γνώσης. Πριν από 50 χρόνια ο Σουηδός ψυχολόγος Jean Piaget, «ο πατέρας της θεωρίας της εποικοδόμησης της γνώσης», ισχυρίστηκε ότι υπάρχουν στάδια στην ανάπτυξη της ανθρώπινης αντίληψης και ότι το παιδί προσεγγίζει το επόμενο στάδιο αφού οικοδομήσει προσωπικές θεωρίες στηριγμένες σε προηγούμενο στάδιο. Επόμενοι στοχαστές όπως ο David Ausubel, επέκτειναν τη θεωρία της εποικοδόμησης, δίνοντας έμφαση στη σημασία της σύνδεσης του νέου υλικού με ιδέες που οι μαθητές ήδη διαθέτουν. Θεωρείται επίσης ότι οι μαθητές που ακολουθούν παιδαγωγικές μεθόδους εποικοδόμησης (βλέπε επόμενες ενότητες) χρησιμοποιούν στρατηγικές ουσιαστικής μάθησης (meaningful learning), εμπλέκονται σε πιο ενεργητική μάθηση και υλοποιούν πρακτικές δραστηριότητες χωρίς επίβλεψη (για να φθάσουν σε κάποιες απαντήσεις). Γι' αυ-

τούς τους μαθητές οι Φυσικές Επιστήμες είναι δυναμικές και αναζητούν γενικές αρχές για να συνδέσουν μεταξύ τους τις επί μέρους γνώσεις τους.

Όπως αναφέραμε, οι μαθητές οικοδομούν ιδέες που είναι κοινές σε πολλούς από αυτούς, δηλαδή οι ερευνητές έχουν βρει ότι κάποιες ιδέες εμφανίζονται ξανά και ξανά σε διαφορετικά δείγματα μαθητών δείχνοντας μια παγκοσμιότητα στην ανθρώπινη σκέψη. Ωστόσο υπάρχουν ιδέες που εμφανίζονται μόνο σε ορισμένους πολιτισμούς. Λόγου χάρη ακόμη και σήμερα στη νότια Αφρική μαθητές απορρίπτουν επιστημονικές ιδέες και προτιμούν παραδοσιακές πεποιθήσεις που στηρίζονται στη λαϊκή ιατρική και τη μαγεία. Αυτές οι περιπτώσεις δείχνουν ότι οι μαθητές δεν οικοδομούν τα νοητικά μοντέλα τους ανεξάρτητα από τον κοινωνικό περιγυρό τους αλλά επηρεάζονται από τις ιδέες των ανθρώπων του περιβάλλοντός τους που μπορεί να παίξουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της σκέψης τους. Τη δεκαετία του 1930 ο Ρώσος ψυχολόγος Lev Vygotsky ισχυρίστηκε ότι όλη η γνώση οικοδομείται κοινωνικά με αυτό τον τρόπο. Σύγχρονα κείμενα στη βιβλιογραφία της θεωρίας της εποικοδόμησης της γνώσης τείνουν να συμφωνήσουν μ' αυτή την άποψη. Λόγου χάρη όταν σε ένα μάθημα Φυσικών Επιστημών οι μαθητές εργάζονται ομαδικά, οικοδομούν γνώση αλληλεπιδρώντας κοινωνικά μεταξύ τους: καθώς συζητούν και επιχειρηματολογούν για την προσωπική ερμηνεία που έδωσε ο καθένας στα αποτελέσματα ενός πειράματος, τελικά καταλήγουν σε μια κοινά αποδεκτή αντίληψη: αυτό είναι η εννοιολογική σύγκλιση.

Τι είναι παρανόηση στις Φυσικές Επιστήμες;

Από τη συζήτηση που προηγήθηκε γίνεται φανερό ότι τα παιδιά διαθέτουν κάποιες «γνώσεις» Φυσικών Επιστημών, πριν διδαχθούν τα σχετικά θέματα στο σχολείο και ότι οι αντιλήψεις ενός ατόμου δεν οικοδομούνται σε άγραφο χαρτί. Έχουν αποκτήσει αυτές τις αντιλήψεις από τη σχολική εμπειρία τους καθώς και από μη τυπικές διαδικασίες μάθησης (καθημερινότητα, παιχνίδι). Συνεπώς η νέα γνώση δεν ιχνογραφείται πάνω σε άγραφο χαρτί αλλά ενσωματώνεται σε προϋπάρχουσες δομές. Για να διευκολυνθεί η ουσιαστική μάθηση, λοιπόν, πριν την οικοδόμηση της νέας γνώσης, στην αρχή της διδασκαλίας ενός θέματος ή μιας διδακτικής ενότητας είναι καλύτερα ο δάσκαλος να προσπαθήσει να ανακαλύψει τις ιδέες των μαθητών του για τις έννοιες του μαθήματος. Οι προϋπάρχουσες νοητικές κατασκευές που δεν συμφωνούν με τις αποδεκτές επιστημονικές αντιλήψεις αποτελούν ασταθή βάση για την κατανόηση νέων εννοιών. Πάρα πολλές έρευνες έχουν δημοσιευτεί στη βιβλιογραφία της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, πολλές από τις οποίες ασχολούνται με τέτοιες όχι σωστά δομημένες επιστημονικές ιδέες, τις παρανοήσεις των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες.¹ Στην αρ-

1. Στη βιβλιογραφία οι εν λόγω παρανοήσεις αναφέρονται επίσης ως «επιστήμη των παιδιών», «απλοϊκές αντιλήψεις», «ιδιωτικές αντιλήψεις», «εναλλακτικές αντιλήψεις», «εναλλακτι-

χή της παρούσας ενότητας αναφέραμε μια τέτοια παρανόηση που αφορά την εξήγηση του καλοκαιριού σε σχέση με την εγγύτητα της Γης με τον Ήλιο: «Το καλοκαίρι η Γη βρίσκεται πιο κοντά στον Ήλιο».

Σε πολλές περιπτώσεις από τη στιγμή που οι μαθητές κατασκευάσουν μοντέλα, που γι' αυτούς έχουν απόλυτο νόημα και μ' αυτά ερμηνεύουν ποικίλα φαινόμενα, είναι δύσκολο να τα τροποποιήσουν ή να απαλλαγούν από αυτά, ιδιαίτερος αν τα μοντέλα έχουν δομηθεί σε πρώιμη παιδική ηλικία. Αν αυτά τα μοντέλα περιέχουν παρανοήσεις, η κατάσταση είναι προβληματική.

Πολλά από αυτά τα μοντέλα είναι αποτέλεσμα καθημερινού πειραματισμού με τη μέθοδο της δοκιμής και απόρριψης (trial and error). Λόγου χάρη θεωρείται ότι η βαθιά ριζωμένη γνώση για τη δράση των δυνάμεων στον πραγματικό κόσμο οικοδομείται σε μικρή ηλικία, κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, και είναι δυνατό να αποτελέσει πηγή παρανοήσεων που αποκαλύπτεται αργότερα, όταν το παιδί αρχίσει να μελετά Φυσική στο σχολείο. Ωστόσο το παιδί είναι επίσης πιθανό να μην έχει συναντήσει ορισμένες έννοιες στην καθημερινή ζωή του, πριν εκτεθεί σ' αυτές κατά τη διάρκεια ενός μαθήματος Φυσικών Επιστημών, όπως για παράδειγμα τον τρόπο που σχεδιάζουμε τις τροφικές αλυσίδες. Τότε παρανοήσεις είναι δυνατό να δημιουργηθούν κατά τη διάρκεια του ίδιου του μαθήματος.

Οι νοητικές κατασκευές μπορεί να είναι περίπλοκες όταν στο μυαλό του μαθητή πολλές παρανοήσεις συνδέονται με λογικό τρόπο μεταξύ τους. Σε τούτη την περίπτωση οι παρανοήσεις έχουν την τάση να ισχυροποιούνται: Η μια παρανόηση στηρίζει την άλλη και όλες μαζί συνθέτουν ένα ευλογοφανές αλλά λανθασμένο νοητικό πλέγμα. Σχετικό παράδειγμα είναι η άποψη ορισμένων μαθητών ότι η λειτουργία των πνευμόνων είναι να στέλνουν αέρα στην καρδιά. Οι μαθητές συνδέουν αυτή την ιδέα με την αντίληψη ότι κατά τη διάρκεια σωματικής άσκησης η καρδιά χτυπά γρηγορότερα για να εφοδιάζει τους μύες με περισσότερο αέρα, προερχόμενο από τους πνεύμονες (βλέπε 3.2 και 4.2 στο Δεύτερο Μέρος του βιβλίου).

Είναι πλέον τεκμηριωμένο ότι οι παρανοήσεις στις Φυσικές Επιστήμες αποτελούν εμπόδιο στη μάθηση σε κάθε βαθμίδα εκπαίδευσης. Οι παρανοήσεις που παρατίθενται στο βιβλίο που κρατάτε στα χέρια σας προέρχονται από δημοσιευμένες ερευνητικές εργασίες από τα μέσα της δεκαετίας του '70 μέχρι σήμερα. Ορισμένες από αυτές θεωρούνται «κλασικές» άλλες είναι λιγότερο γνωστές. Ένας κύριος στόχος του βιβλίου είναι να ευαισθητοποιήσει τους δασκάλους ότι οι μαθητές τους είναι ικανοί να οικοδομήσουν προσωπικές ιδέες για τις επιστημονικές έννοιες που διδάσκονται, διαφορετικές από τον τρόπο που τις παρουσίασε ο δάσκαλος, να τους ενημερώσει ποιες είναι αυτές οι αντιλήψεις, καθώς και να προτείνει τρόπους για τη μετατροπή τους σε αποδεκτές επιστημονικές ιδέες.

κά πλαίσια», «διαισθητικές θεωρίες», «προϋπάρχουσες αντιλήψεις», και «περιορισμένες ή ακατάλληλες προτασιακές ιεραρχίες».

Είναι δυνατό να διορθωθούν οι παρανοήσεις στις Φυσικές Επιστήμες;

Ο προσδιορισμός των παρανοήσεων των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες είναι το εύκολο μέρος της δουλειάς των δασκάλων, η διόρθωσή τους όμως είναι πιο σύνθετη και λιγότερο εφικτή. Στη βιβλιογραφία υπάρχει πληθώρα προσπαθειών –εμπεισμένων από την ιδέα της εποικοδόμησης– για την αντικατάσταση των παρανοήσεων με επιστημονικά αποδεκτές ιδέες (εννοιολογική αλλαγή) που ανάγονται στην ιδέα του Piaget για την «προσαρμογή» (accommodation): όταν οι νέες ιδέες έρχονται σε σύγκρουση με υπάρχοντα μοντέλα έχουν αποτέλεσμα μια αλλαγή στο μοντέλο, ή εξισορρόπηση (equilibrium). Πιο πρόσφατες απόψεις εστιάζουν λιγότερο στη θεωρία των σταδίων που διατύπωσε ο Piaget και περισσότερο στη φύση των ιδεών που διαθέτουν οι μαθητές σχετικά με τα φυσικά φαινόμενα. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 η έρευνα έχει επικεντρωθεί σε μεγάλο βαθμό στον τρόπο που οι μαθητές οικοδομούν ιδέες παρατηρώντας φυσικά φαινόμενα. Πολλές από τις εν λόγω έρευνες εστιάζουν στον κοινωνικό εποικοδομητισμό του Vygotsky και στην οικοδόμηση της γνώσης σε ένα κοινωνικό πλαίσιο.

Οι αρχές του σύγχρονου μοντέλου εννοιολογικής αλλαγής ανάγονται στην πολύ συχνά αναφερόμενη στη βιβλιογραφία εργασία του 1982 των Posner, Strike, Hewson και Gertzog από το Πανεπιστήμιο Cornell. Οι συγγραφείς ισχυρίζονται ότι οι μαθητές έχουν την τάση να αποδεχτούν νέες έννοιες μόνον όταν *δεν ικανοποιούνται* με τις δομές που διαθέτουν (δηλαδή όταν με αυτές τις δομές δεν μπορούν να επιλύσουν ένα νέο πρόβλημα). Η νέα θεωρία που θα αντικαταστήσει την προηγούμενη πρέπει να είναι *κατανοητή, εύλογη* (δηλαδή να είναι εφαρμόσιμη και να μπορεί να λύσει τα προβλήματα ασυνέπειας του υπάρχοντος μοντέλου), καθώς και *παραγωγική* (δηλαδή να μπορεί να λύσει προβλήματα που θα παρουσιαστούν στο μέλλον σε διαφορετικές συνθήκες, τα οποία δεν θα μπορούσαν να λυθούν με τις υπάρχουσες αντιλήψεις). Οι παρεμβάσεις που αποσκοπούν σε εννοιολογική αλλαγή πρέπει να λαμβάνουν δεόντως υπόψη τις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών. Η μάθηση είναι απαραίτητο να ενσωματωθεί σε συνθήκες διδασκαλίας που στηρίζουν αυτό το στοιχείο. Παρ' όλα αυτά από πολλές μελέτες έχει βρεθεί ότι οι παρανοήσεις αντιστέκονται σε κάθε προσπάθεια μεταβολή τους. Αυτό ίσως οφείλεται εν μέρει στο γεγονός ότι οι εν λόγω παρανοήσεις είναι λειτουργικά χρήσιμες στο μαθητή: Με αυτές ερμηνεύει φαινόμενα της καθημερινής ζωής του.

Εννοιολογική αλλαγή σημαίνει ότι, αν ο μαθητής αντιληφθεί ότι μια ιδέα του δεν τον ικανοποιεί, την αναδομεί ώστε να ταιριάζει στα νεότερα δεδομένα. Οι εποικοδομητικές παιδαγωγικές μάς έχουν εφοδιάσει με συγκεκριμένες τακτικές, για να προκαλέσουμε *γνωστική σύγκρουση* στη σκέψη των μαθητών: Παρουσιάζουμε μια προβληματική κατάσταση, όπως για παράδειγμα ένα πειραματικό δεδομένο, που δεν συμ-

φώνει με τις αντιλήψεις των μαθητών, για να δημιουργήσουμε γνωστική ανισορροπία. Εκθέτοντας τους μαθητές σε εναλλακτικές ιδέες τους βοηθάμε να στοχαστούν για τις δικές τους και ή να τις απορρίψουν ή να τις τροποποιήσουν ή να τις διατηρήσουν. Επιπλέον, η αναγνώριση των προϋπαρχουσών ιδεών ενός ατόμου είναι απαραίτητη για εννοιολογική αλλαγή.

Οι έρευνες δείχνουν ότι ακόμη και όταν οι μαθητές δομήσουν επιτυχώς επιστημονικές ιδέες με κατάλληλες δραστηριότητες μέσα στην αίθουσα διδασκαλίας, μπορεί να επανέλθουν στις αρχικές παρανοήσεις τους αργότερα, ή εάν τους δοθεί ένα πρόβλημα διαφορετικό από αυτό που έκαναν προηγουμένως. Συχνά οι παρανοήσεις παραμένουν μέχρι την ενηλικίωση των μαθητών. Φαίνεται ότι οι παρανοήσεις ουδέποτε εξαλείφονται εντελώς αλλά συνυπάρχουν δίπλα-δίπλα με τις ορθές επιστημονικές αντιλήψεις και χρησιμοποιούνται εναλλακτικά ανάλογα με την περίσταση. Σ' αυτές τις συνθήκες οι ιδέες ανταγωνίζονται μεταξύ τους για να επικρατήσουν στη σκέψη του μαθητή. Αυτό έχει ονομασθεί *εννοιολογικός ανταγωνισμός*. Το γεγονός ότι πολλές παρανοήσεις είναι δύσκολο να αντιμετωπισθούν οφείλεται στο ότι υπάρχουν επιστημονικές έννοιες, που έρχονται σε αντίθεση με τη διαίσθηση και την κοινή λογική. Λόγου χάρη η παρανόηση που περιγράψαμε, δηλαδή ότι το καλοκαίρι η Γη βρίσκεται πλησιέστερα στον Ήλιο, φαίνεται πιο λογική από αυτό που συμβαίνει πραγματικά – τον Ιούλιο η Γη βρίσκεται πιο μακριά από το Ήλιο από οποιαδήποτε άλλη περίοδο του έτους (βλέπε 18.9).

Τι είναι τα επιστημονικά αποδεικτικά στοιχεία (scientific evidence);²

Αυτό που μπορεί να αποτελεί έκπληξη για ένα νέο δάσκαλο είναι ότι στα μαθήματα Φυσικών Επιστημών θέλουμε τα παιδιά να σκέπτονται με λίγο διαφορετικό τρόπο από αυτόν με τον οποίο σκέπτονται στα άλλα μαθήματα. Πράγματι, από πολλές πλευρές ο επιστημονικός τρόπος σκέψης διαφέρει από τον τρόπο που σκεφτόμαστε στην καθημερινή ζωή. Στον επιστημονικό τρόπο σκέψης χρειάζονται αποδεικτικά στοιχεία κάτι που δεν συμβαίνει στην καθημερινή ζωή.

Όταν ζητάμε από μαθητές του Δημοτικού να ορίσουν τις Φυσικές Επιστήμες, συχνά δυσκολεύονται. Μπορεί να αναφερθούν στον εξοπλισμό που χρησιμοποιούν, για παράδειγμα: «Φυσικές Επιστήμες είναι όταν δουλεύουμε με τους δοκιμαστικούς σωλήνες». Ένας απλός ορισμός για τις Φυσικές Επιστήμες θα μπορούσε να είναι «ο τρό-

2. (ΣΤΕ): Ο όρος «scientific evidence» έχει μεταφραστεί στη γλώσσα μας ως επιστημονική απόδειξη, αποδεικτικά στοιχεία, αποδεικτικά τεκμήρια, επιστημονικά δεδομένα. Πιο σωστή φαίνεται να είναι η μετάφραση «επιστημονικές ενδείξεις» [βλέπε Μουντοκαλάκης (2015). «Αποσαφηνίζοντας τον όρο 'evidence based medicine'». *Αρχαία Ελληνικής Ιατρικής*, 32(5): 650-660].

πος με τον οποίο κατανοούμε τα φυσικά φαινόμενα». Στη γλώσσα των παιδιών: «Φυσικές Επιστήμες είναι να ανακαλύψουμε πώς λειτουργούν τα πράγματα», όχι μόνο τα μηχανικά αντικείμενα όπως μια μηχανή αυτοκινήτου αλλά και η φύση γενικότερα, δηλαδή το Σύμπαν, οι ζωντανοί οργανισμοί, τα οικοσυστήματα και το ανθρώπινο μυαλό. Η διαδικασία που ακολουθούν οι επιστήμονες συστηματικά, για να βρουν πώς λειτουργούν τα πράγματα ακολουθεί ένα σύστημα που ονομάζεται επιστημονική μέθοδος. Θεμελιώδη χαρακτηριστικά της μεθόδου είναι η απαίτηση κάθε επιστημονικός ισχυρισμός να στηρίζεται σε εμπειρικά δεδομένα (δηλαδή σε δεδομένα που είναι δυνατό να επιβεβαιωθούν με την παρατήρηση) και αυτά τα δεδομένα θα πρέπει να έχουν συλλεχθεί όσο πιο αντικειμενικά γίνεται. Ένας επιστήμονας δεν αρκεί να διαμορφώσει απλώς μια άποψη, όσο λογική κι αν είναι. Είναι απαραίτητο να υπάρχουν πειστικά δεδομένα από πειράματα ή παρατηρήσεις, τα οποία θα εγγυώνται την ορθότητα της άποψης.

Βεβαίως στην καθημερινή ζωή διαμορφώνουμε γνώμες συνέχεια που στηρίζονται σε αβέβαια δεδομένα ή δεν στηρίζονται καθόλου σε δεδομένα, όπως συμβαίνει σχετικά με την ύπαρξη ιπτάμενων δίσκων. Σε ένα πάρτυ οι καλεσμένοι μπορεί να υποστηρίξουν ότι υπάρχουν ιπτάμενοι δίσκοι. Όμως ένας τέτοιος ισχυρισμός δεν θα δημοσιευόταν ποτέ σε κάποιο επιστημονικό περιοδικό, διότι δεν θα συνοδευόταν από πειστικά τεκμήρια. Οι γνώμες στηρίζονται σε προσωπικές κρίσεις και όχι κατ' ανάγκη σε αντικειμενικά δεδομένα. Παράδειγμα ο διευθυντής μιας επιχείρησης μπορεί να έχει κάποια θετική άποψη για έναν εργαζόμενο στηριζόμενος εν μέρει στην –υποκειμενική– διαίσθησή του. Ωστόσο κάποιος άλλος διευθυντής είναι δυνατό να είχε αντίθετη άποψη για τον ίδιο εργαζόμενο. Οι θρησκευτικές πεποιθήσεις είναι επίσης είδος προσωπικής άποψης: Δεν απαιτούνται αποδεικτικά στοιχεία για τον έλεγχό τους, η πίστη σ' αυτές αρκεί. Σε αντίθεση με τις Φυσικές Επιστήμες, η κριτική των θεμελιωδών θρησκευτικών ιδεών δεν είναι εφικτή και οι θρησκευτικές δοξασίες μένουν αναλλοίωτες στο πέρασμα του χρόνου. Πολλοί θρησκευόμενοι θεωρούν λοιπόν ότι η διατήρηση των θεμελιωδών αξιών που γεννήθηκαν πριν από χιλιάδες χρόνια αποδεικνύει την ισχύ της θρησκείας τους. Αντιθέτως η επιστημονική μέθοδος υποστηρίζει ότι, ένα υπάρχον σώμα γνώσης πρέπει κάθε φορά να αλληλεπιδρά με τα νέα δεδομένα που προκύπτουν. Αυτή η αλληλεπίδραση είναι δυνατό να οδηγήσει σε νέα ερμηνεία των φαινομένων και των διαδικασιών. Έτσι με το πέρασμα του χρόνου θεμελιώδεις επιστημονικές ιδέες έχουν μεταβληθεί, διότι αναδύθηκαν πειστικότερα μοντέλα κι αυτό θα συνεχιστεί και στο μέλλον. Ένας συνηθισμένος μύθος στις Φυσικές Επιστήμες είναι ότι όταν η ορθότητα μιας θεωρίας «αποδειχθεί», η θεωρία θα ισχύει για πάντα.

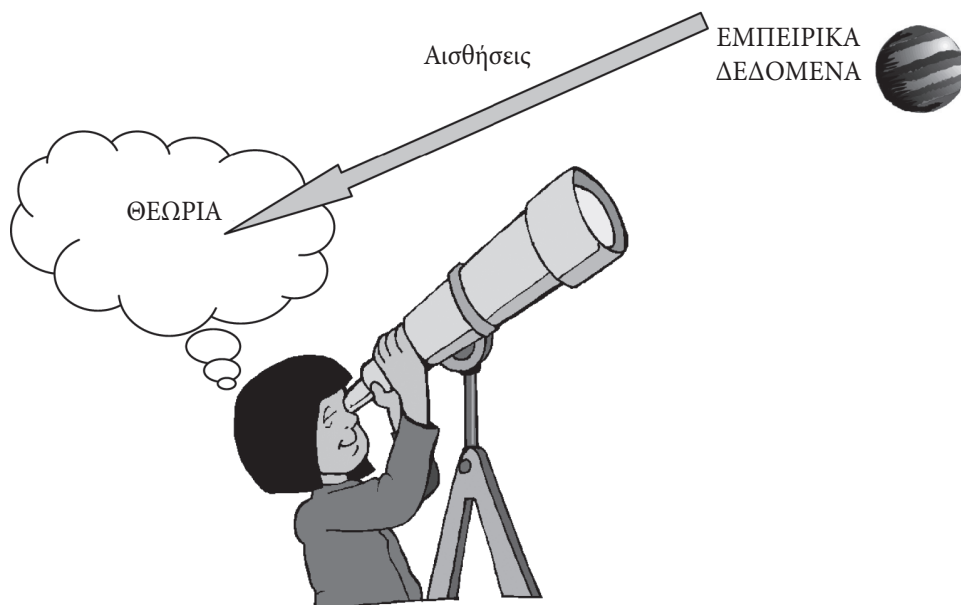
Οι απόψεις είναι λανθασμένες όταν δεν υποστηρίζονται από αξιόπιστα και αντικειμενικά δεδομένα. Παρ' όλα αυτά κάποιες απόψεις μπορεί να είναι σωστές και καθένας έχει απόλυτο δικαίωμα να έχει την άποψή του. Ωστόσο δεν είναι επιστημονικά αποδεκτό να διατυπώνουμε αστήρικτους ισχυρισμούς. Μια γνώμη μπορεί να γίνει επι-

στημονική θεωρία μόνο όταν υπάρχουν αρκετά πειστικά τεκμήρια που την υποστηρίζουν. Η επιτυχία των Φυσικών Επιστημών οφείλεται στις έντονες προσπάθειες των επιστημόνων να διαψεύσουν κάθε υπάρχουσα θεωρία. Οι επιστημονικές ιδέες ελέγχονται εξονυχιστικά από σκεπτικιστές επιστήμονες που τις υποβάλουν συνεχώς σε δοκιμασίες. Κάτω από αυτή τη συνθλιπτική πίεση μόνο οι πειστικότερες και εγκυρότερες ιδέες επιζούν, και οι άκαρπες **ψευδοεπιστήμες**, που αρχικά είχαν γίνει αποδεκτές, τελικώς απορρίφθηκαν. Σε αυτές συμπεριλαμβάνονται η αστρολογία, η αλχημεία, η μαγεία, ο Δημιουργισμός και μορφές παραφυσικών δραστηριοτήτων. Σημειώστε ωστόσο ότι αντίθετα από τη θρησκεία, οι Φυσικές Επιστήμες δεν είναι απόλυτες: Στο μέλλον είναι δυνατό να προκύψουν πειστικά εμπειρικά δεδομένα ώστε κάποιες απ' αυτές τις ψευδοεπιστήμες να προαχθούν στο επίπεδο των αποδεκτών επιστημών. Στο πλαίσιο των Φυσικών Επιστημών ουδεμία ιδέα απορρίπτεται απολύτως και για πάντα.

Μπορούμε να φανταστούμε τις επιστημονικές θεωρίες ως διαφορετικές οντότητες από τα εμπειρικά δεδομένα (Εικόνα Α.1). Ο Γάλλος μαθηματικός και φιλόσοφος Καρτέσιος (Rene Descartes, 1596-1650) ταξιδεύοντας με βάρκα παρατήρησε ότι, τα κουπιά μέσα στο νερό, έμοιαζαν να είναι σπασμένα.³ Συνειδητοποίησε λοιπόν ότι οι αισθήσεις του τον εξαπατούσαν. Στην περίπτωση των «σπασμένων κουπιών» ο εξωτερικός κόσμος ήταν διαφορετικός από αυτό που ο ίδιος αντιλαμβανόταν. Επεκτείνοντας αυτό τον τρόπο σκέψης αναρωτήθηκε αν είναι ποτέ δυνατό να αποκτήσουμε ορθή αντίληψη για τον κόσμο μέσω των αισθήσεών μας. Αμφέβαλε ακόμη κι αν όντως υπάρχει αυτός ο κόσμος αφού τον αντιλαμβανόμαστε μόνο μέσω των αναξιόπιστων αισθήσεών μας. Αναρωτήθηκε μήπως απλώς τον ονειρευόμαστε. Τελικώς άρχισε να αμφιβάλει αν όντως υπάρχει κι ο ίδιος. Ωστόσο διστάζοντας να προχωρήσει περισσότερο διατύπωσε τη διάσημη φράση του «*Cogito ergo sum*» (Σκέπτομαι, άρα υπάρχω). Ακόμη και σήμερα, στο πλαίσιο της φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών υπάρχουν ιδέες που απηχούν την ουσία του Καρτεσιανού διύισμού, δηλαδή ότι υπάρχει ένας εσωτερικός κόσμος (ο νους) που είναι ξεχωριστός από έναν εξωτερικό κόσμο (τη πραγματικότητα) που συνδέονται μεταξύ τους μόνο δια μέσου των αισθήσεων, οι οποίες όμως ορισμένες φορές είναι αναξιόπιστες.

Στην αίθουσα διδασκαλίας ο δάσκαλος είναι δυνατό να εξηγήσει την έννοια «δεδομένο» ως κάτι που χρησιμοποιούμε για να δούμε αν οι ιδέες μας είναι σωστές. Είναι σημαντικό να αποσυνδέσει το δεδομένο, δηλαδή αυτό που παρατηρούμε ή μετράμε σε κάποιο πείραμα, από τη θεωρία (ή την πρόβλεψη, την υπόθεση ή το συμπέρασμα), δηλαδή αυτό που συλλαμβάνουμε με τη φαντασία μας. Τα παιδιά θα πρέπει να αντιληφθούν ότι στις Φυσικές Επιστήμες η πίστη μας σε κάποια ιδέα δεν αποδεικνύει

3. Σήμερα γνωρίζουμε πολύ καλά αυτή την οφθαλμαπάτη και μπορούμε να την αναπαράγουμε βυθίζοντας ένα μολύβι σε ένα ποτήρι νερό.



Σχήμα Α.1 Η σχέση ανάμεσα στη θεωρία και στα εμπειρικά δεδομένα

την ορθότητα ή την ακρίβεια της ιδέας. Για να βεβαιωθούμε πρέπει να συλλέξουμε δεδομένα τα οποία πρέπει να είναι αξιόπιστα.

Περίληψη

Οι άνθρωποι επανειλημμένα κατασκευάζουν νοητικά μοντέλα για να συλλάβουν το νόημα του κόσμου που τους περιβάλλει (εποικοδόμηση της γνώσης ή κονστρουκτιβισμός). Αν οι συγκεκριμένες κατασκευές βρίσκονται σε σύγκρουση με τις αποδεκτές επιστημονικές ιδέες, είναι παρανοήσεις και λειτουργούν ως εμπόδια στη διαδικασία της μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες. Ένα μεγάλο μέρος της παιδαγωγικής έρευνας έχει ασχοληθεί με την αναζήτηση παρανοήσεων στις Φυσικές Επιστήμες και τη διόρθωσή τους μέσω εννοιολογικής αλλαγής σε συμφωνία με τις θεωρίες της μάθησης του Piaget, του Vygotsky και άλλων. Προσπάθειες αντικατάστασης των παρανοήσεων από επιστημονικές ιδέες είχαν ανάμεικτες επιτυχίες. Ο επιστημονικός τρόπος σκέψης διαφέρει από τον καθημερινό, κάτι που γίνεται φανερό στα μαθήματα Φυσικών Επιστημών, καθώς κάθε θεωρία, υπόθεση, πρόβλεψη ή συμπέρασμα πρέπει να υποστηρίζεται από εύλογα εμπειρικά δεδομένα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β

ΠΩΣ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΕΚΜΑΙΕΥΣΟΥΜΕ, ΝΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΟΥΜΕ ΚΑΙ ΝΑ ΑΝΑΔΟΜΗΣΟΥΜΕ ΠΑΡΑΝΟΗΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ;

ΚΙΝΗΤΗΡΙΑ ΔΥΝΑΜΗ για τη συγγραφή αυτού του βιβλίου ήταν αφενός μεν η αναγνώριση ότι οι μαθητικές παρανοήσεις στις Φυσικές Επιστήμες παραμένουν ένα σημαντικό πρόβλημα για όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης και αφετέρου η πεποίθηση της αναγκαιότητας να αντιμετωπίσουμε τις εν λόγω παρανοήσεις νωρίς, από την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Σκοπός του βιβλίου είναι να ενημερώσει τους δασκάλους για την πληθώρα των εναλλακτικών ιδεών που μπορεί να δομήσουν οι μαθητές είτε πριν την επίσημη παρουσίαση των επιστημονικών εννοιών στην τάξη είτε ως αποτέλεσμα της ίδιας της διδασκαλίας. Όταν οι δάσκαλοι έχουν μάθει ποιες παρανοήσεις είναι δυνατό να συναντήσουν διδάσκοντας ένα θέμα, θα είναι καλύτερα προετοιμασμένοι να τις αναγνωρίσουν, όταν οι μαθητές πουν ή γράψουν κάτι που φανερώνει παρανόηση. Έτσι, αντί να περιμένουμε παθητικά να εκδηλωθούν οι παρανοήσεις κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, είναι προτιμότερο οι δάσκαλοι να τις αναζητήσουν ενεργά με ειδικές διδακτικές τεχνικές που αποσκοπούν να τις επισημάνουν. Αυτή είναι η *εκμαίευση* των παρανοήσεων.

Εκμαίευση (elicitation)

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται τρόποι με τους οποίους οι δάσκαλοι μπορούν να εκμαεύσουν τις ιδέες των μαθητών τους ώστε να αποκαλυφθούν παρανοήσεις τους. Έτσι όχι μόνο ο δάσκαλος πληροφορείται για τις πεποιθήσεις των μαθητών του σχετικά με τα φυσικά φαινόμενα αλλά και οι ίδιοι οι μαθητές συνειδητοποιούν τις πραγματικές πεποιθήσεις τους. Αυτή η διαδικασία είναι θεμελιώδης στην αναδόμηση των εννοιών.

Ρωτήστε ευθέως τους μαθητές για τις ιδέες τους

Ο απλούστερος τρόπος για να αποκαλυφθούν οι αντιλήψεις των άλλων είναι να τους ρωτήσουμε ευθέως. Σε ορισμένες περιπτώσεις αυτή η προσέγγιση είναι δυνατό να έχει πλεονεκτήματα. Ωστόσο ζητώντας κατευθείαν την άποψη των μαθητών για κάποιο ζήτημα οι μαθητές προβάλλουν μάλλον ό,τι θέλει να ακούσει ο δάσκαλός τους παρά την πραγματική άποψή τους. Έμμεσες προσεγγίσεις, που θα δούμε λεπτομερέστερα στη συνέχεια, ίσως είναι απαραίτητες για να προκύψουν πιο αξιόπιστοι τύποι αξιολόγησης. Είναι δυνατό να απευθύνουμε άμεσες ερωτήσεις προς όλη την τάξη και να λάβουμε γραπτώς τις απαντήσεις τους, για παράδειγμα σε μια σειρά ερωτήσεων σωστού-λάθους. Στις ενότητες του βιβλίου αναφέρονται χρήσιμες ερωτήσεις για την εκμείευση ιδεών των μαθητών.

Ασκήσεις «Συμπλήρωσε τη φράση»

Αυτές οι ασκήσεις είναι δυνατό να λάβουν τη μορφή φύλλων εργασίας με στόχο να ελεγχθεί μια επιστημονική έννοια. Επίσης είναι δυνατό να λάβουν τη μορφή γραπτών τεστ, κουίζ σε υπολογιστή, όπως αυτό του ιστότοπου του BBC *Bitesize* κ.λπ. Ίσως όμως κι αυτές οι ασκήσεις να μην αποκαλύψουν τις πραγματικές πεποιθήσεις των μαθητών, αν και αυτό συμβαίνει λιγότερο συχνά απ' όσο στις άμεσες ερωτήσεις. Αν θέλετε να εκμαιεύσετε ιδέες από όλους τους μαθητές, είναι πιο αποτελεσματικό οι μαθητές να εκτελέσουν ατομικά τις δραστηριότητες. Διότι αν εργασθούν ομαδικά τελικώς εκμαιεύονται απλώς οι ιδέες του κυριάρχου μέλους ή των κυριάρχων μελών κάθε ομάδας.

Ταξινόμηση καρτών

Σε μικρότερους μαθητές που δυσκολεύονται να εκφράσουν γραπτώς τις ιδέες τους, θα πρέπει να προτιμήσουμε περισσότερο κιναισθητικές δοκιμασίες, λόγω χάρη ζητώντας τους να κατηγοριοποιήσουν ένα πλήθος καρτών. Συνηθισμένο παράδειγμα στην πρωτοβάθμια επιστήμη είναι η ταξινόμηση καρτών που απεικονίζουν ποικίλα υλικά σε ομάδες στερεών, υγρών και αερίων. Αυτές οι μη λεκτικές προσεγγίσεις έχουν το επιπλέον πλεονέκτημα ότι είναι κατάλληλες και για άτομα με χαμηλό μορφωτικό επίπεδο ή άτομα που διδάσκονται σε γλώσσα άλλη από τη μητρική. Συνήθως οι μαθητές ταξινομούν τις κάρτες σε ομάδες με όποιο κριτήριο θεωρούν κατάλληλο και, κατόπιν, αλλάζουν θέσεις μεταξύ τους, να ελέγξουν τις ταξινομήσεις των άλλων μαθητών. Ο δάσκαλος περιφερόμενος στην αίθουσα παρατηρεί αν μεμονωμένοι μαθητές ή ολόκληρη η τάξη εκδηλώνουν παρανοήσεις.

Ζωγραφίες μαθητών

Ζητώντας από τους μαθητές να σχεδιάσουν για παράδειγμα «διαφορετικά ζώα», ο δάσκαλος είναι δυνατό να ανακαλύψει πώς αντιλαμβάνονται την έννοια του ζώου. Αν ένα παιδί σχεδιάσει μόνο ζώα με τέσσερα πόδια και τρίχωμα μπορούμε να τους ρωτήσουμε γιατί δεν σχεδίασαν ψάρια ή σκουλήκια. Ο δάσκαλος μπορεί να χρησιμοποιήσει την ανάγνωση μιας ιστορίας ως εναρκτήρια δραστηριότητα για την παρουσίαση μιας έννοιας την οποία θέλει να εκμαιεύσει από αυτούς. Μετά μπορεί να τους ζητήσει να ζωγραφίσουν σκηνές από την ιστορία που θα εκφράζουν τις προσωπικές αντιλήψεις τους. Συνηθισμένο παράδειγμα είναι το παραμύθι *Μια πολύ πεινασμένη κάμπια* (1969) που χρησιμοποιείται στο Ηνωμένο Βασίλειο για να εκμαιευθούν παρανοήσεις που αφορούν τους κύκλους ζωής. Ζωγραφίες των μαθητών έχουν χρησιμοποιηθεί και από ερευνητές ως βάση για να θέτουν ερωτήματα με σκοπό να αποκαλύψουν λεπτομερώς τις ιδέες των μαθητών για διάφορα θέματα.

Χάρτες εννοιών (concept maps)

Οι χάρτες εννοιών βοηθούν τόσο στην εκμαίευση παρανοήσεων στην αρχή της διδασκαλίας όσο και στην αξιολόγηση της κατανόησης μετά τη διδασκαλία. Υπάρχουν πολλοί τρόποι να κατασκευαστεί ένας χάρτης εννοιών. Η πιο συνηθισμένη εκδοχή είναι να δώσει ο δάσκαλος στους μαθητές σε μια σελίδα χαρτί τυπωμένες όλες τις λέξεις που θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν. Οι μαθητές, εργαζόμενοι σε ζευγάρια θα πρέπει να κόψουν τις λέξεις και να τις τοποθετήσουν σε ένα άλλο χαρτί κολλώντας τις λέξεις που σχετίζονται μεταξύ τους, τη μία κοντά στην άλλη και συνδέοντάς τις με μια γραμμή. Κάθε γραμμή θα πρέπει να συνοδεύεται με γραπτό σχόλιο με το οποίο οι μαθητές θα επεξηγούν πώς συνδέονται οι συγκεκριμένες λέξεις. Για παράδειγμα:

Άμμος _____ Και τα δύο στερεά _____ Ξύλο

Παρουσίαση εννοιών με καρτούν (Concept Cartoon)

Το βιβλίο με τίτλο *Concept Cartoons in Science Education* των Naylor, Koegh και Mitchell (2000) περιλαμβάνει ιδέες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Επιστημονικές ιδέες απεικονίζονται σε σκηνές όπου χαρακτήρες καλούνται εκφράζουν διαφορετικές απόψεις για μια συγκεκριμένη κατάσταση που απεικονίζεται. Οι μαθητές πρέπει να αποφασίσουν ποιος χαρακτήρας διατυπώνει τη σωστή άποψη ή να διατυπώσουν τη δική τους ερμηνεία. Μ' αυτό τον τρόπο εκμαιεύονται παρανοήσεις τους.

Χρήση παιχνιδιών

Συχνά πιο αξιόπιστες ενδείξεις είτε για τις σκέψεις είτε για τα συναισθήματά τους προκύπτουν από τη συμπεριφορά των ανθρώπων κι όχι από τα λόγια τους. Αυτή η υπόθεση δημιουργεί τη βάση για να μελετήσουμε τη γλώσσα του σώματος. Όταν οι μαθητές παίζουν με παιχνίδια χαλαρώνουν και απορροφώνται από το παιχνίδι, μπαίνουν σ' ένα διαφορετικό κόσμο και απορρίπτουν τις αναστολές τους. Η προσεκτική παρατήρηση των μαθητών όταν παίζουν μπορεί να σώσει πολύτιμες πληροφορίες για τις επιστημονικές πεποιθήσεις τους. Λόγου χάρη ζητάμε από τους μαθητές να φτιάξουν με Lego ένα αυτοκίνητο που θα πάει όσο το δυνατό πιο μακριά σε μια κεκλιμένη ράμπα. Κάποιοι μαθητές θα επιλέξουν μεγάλες ρόδες, άλλοι θα προσθέσουν βάρος, άλλοι θα συνδυάσουν διαφορετικές παραμέτρους κ.λπ.

Χρήση επιστημονικών συσκευών

Μπορούμε να επεκτείνουμε την παρατήρησή μας από τα παιχνίδια των μαθητών σε πιο τυπικές δοκιμασίες όταν οι μαθητές εκτελούν πειράματα ή πρακτικές δραστηριότητες. Για παράδειγμα σε μαθητή που πιστεύει ότι ο μαγνήτης έλκει όλα τα μέταλλα μπορούμε να του ζητήσουμε να δοκιμάσει με ένα κουτί αναψυκτικού από αλουμίνιο (δεν έλκεται). Ο μαθητής θα διαπιστώσει ότι το κουτάκι δεν «κολλά» στο μαγνήτη. Παρατηρώντας πώς χειρίζονται οι μαθητές τα όργανα στο γυμναστήριο την ώρα της Φυσικής Αγωγής¹ βοηθά να εκμαιεύσουμε παρανοήσεις τους για τις δυνάμεις.

Παιχνίδι ρόλων

Ορισμένες φορές είναι πιο εύκολο για τα παιδιά να εκφράσουν τις αληθινές σκέψεις και τα συναισθήματά τους όταν υποκρίνονται ότι είναι κάποιοι ή κάτι άλλο. Έρευνες με τη χρήση μαριονέτας από τους μαθητές έδειξαν ότι βοηθούν τους μαθητές να εκφραστούν. Οι μαριονέτες μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την εκμείευση ιδεών. Ο δάσκαλος θέτει ερωτήματα στην κούκλα (και όχι στο μαθητή) στα πλαίσια ενός κατάλληλου σεναρίου.

Παιχνίδια συσχετισμού λέξεων

Οι ερευνητές έχουν αποκαλύψει παρανοήσεις μαθητών λέγοντας κάτι στους μαθητές και κατόπιν του ζητούν να αναφέρουν την πρώτη φράση που τους έρχεται στο μυαλό. Παράδειγμα: Ο δάσκαλος λέει «η θέση της Γης στο Διάστημα το καλοκαίρι». Οι μαθητές συνήθως απαντούν «η Γη είναι πολύ κοντά στον Ήλιο». Οι αυθόρμητες απαντήσεις θεωρείται ότι συνδέονται με τις πεποιθήσεις ενός ατόμου και όπως οι «φροϊ-

1. (ΣτΕ): Στη Μεγάλη Βρετανία τα σχολεία έχουν γυμναστήρια.

δικές ολισθήσεις» της γλώσσας κυβερνώνται από διαδικασίες του ασυνείδητου, που το άτομο δεν γνωρίζει και δεν μπορεί να ελέγξει.

Ακούοντας τι λένε οι μαθητές

«Κρυφακούοντας» τι λένε τα παιδιά όταν εργάζονται ομαδικά ή όταν συζητάνε με το διπλανό τους στο θρανίο (ή στο χαλί στην Α' τάξη Δημοτικού) μπορεί να μας βοηθήσει να συλλέξουμε πολύτιμα στοιχεία για να αξιολογήσουμε τις ιδέες τους.

Αναγνώριση (recognition)

Οι παρανοήσεις που αναφέρονται στη συνέχεια του βιβλίου έχουν σκοπό να διευκολύνουν τους δασκάλους να αναγνωρίσουν ενδεχόμενες παρανοήσεις των μαθητών κατά τη διάρκεια των ασκήσεων εκμείευσης. Η λογική είναι η εξής: Έχοντας διαβάσει γι' αυτές πριν την εκδήλωσή τους οι δάσκαλοι είναι προετοιμασμένοι να τις εντοπίσουν όταν εμφανισθούν στην αίθουσα διδασκαλίας. Αν οι δάσκαλοι δεν είναι πληροφορημένοι για τις ποικίλες παρανοήσεις που σχετίζονται με ένα ιδιαίτερο θέμα ή έννοια, ίσως τις παραβλέψουν, ιδιαιτέρως όταν μοιάζουν με τις επιστημονικές έννοιες, δηλαδή όταν είναι σχεδόν σωστές αλλά όχι απολύτως.

Αναδόμηση (reconstruction)

Από τη στιγμή που οι παρανοήσεις εκμαιευθούν και αναγνωρισθούν, ακολουθεί η αναδόμησή τους. Σαφείς ιδέες για την αναδόμηση των παρανοήσεων παρατίθενται στο κύριο τμήμα αυτού του βιβλίου. Υπάρχουν γενικές αρχές της κονστρουκτιβιστικής παιδαγωγικής που όταν εφαρμοσθούν είναι χρήσιμες για την αναδόμηση. Το Πλαίσιο 1, στο τέλος αυτής της ενότητας, περιέχει ορισμένα γενικά χαρακτηριστικά της διδακτικής προσέγγισης της εποικοδόμησης.

Κρίσιμο σημείο αφετηρίας για την αναδόμηση των παρανοήσεων είναι η σύνδεση οποιασδήποτε παρέμβασης με τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών. Αυτό μπορεί να γίνει αξιοποιώντας δεδομένα που προέκυψαν από δοκιμασίες εκμείευσης ώστε να οδηγηθούμε στο κατάλληλο είδος παρέμβασης. Λόγου χάρη μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε εκείνη τη μέθοδο αναδόμησης που αποσκοπεί στη θεραπεία της πιο διαδεδομένης παρανόησης η οποία κυριαρχεί στους μαθητές μιας τάξης. Είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί με απλούστερο τρόπο συνδέοντας απλώς μια δραστηριότητα με μια προηγούμενη, οικεία εμπειρία των μαθητών, όπως μια τηλεοπτική εκπομπή που παρουσιάζει (λανθασμένα) μια ηχηρή έκρηξη στο διάστημα² ή πώς λειτουργεί το

2. (ΣτΕ): Ενώ δεν υπάρχει αέρας.

κουμπί που ρυθμίζει την ένταση σ' ένα MP3 (ρυθμίζει την ένταση του ρεύματος σ' ένα κύκλωμα). Όπως αναφέραμε σημαντική αρχή της εποικοδόμησης της γνώσης είναι η παραδοχή ότι θυμόμαστε καλύτερα όταν ενσωματώνουμε τη νέα γνώση σε προϋπάρχουσες δομές.

Άλλη θεμελιώδης παραδοχή είναι ότι οι άνθρωποι μαθαίνουν καλύτερα όταν εκτελούν δοκιμασίες με τα ίδια τους τα χέρια (hands-on). Στις Φυσικές Επιστήμες αυτό συχνά σημαίνει υλοποίηση πειραμάτων. Γι' αυτό το σκοπό στην πρωτοβάθμια (και τη δευτεροβάθμια) εκπαίδευση οι μαθητές διδάσκονται να συμπεριφέρονται σαν «μικροί επιστήμονες», σχεδιάζοντας πειράματα, παρατηρώντας φαινόμενα, καταγράφοντας και ερμηνεύοντας αποτελέσματα, εξαγόντας συμπεράσματα και τελικώς αξιολογώντας ολόκληρη τη διαδικασία αναστοχαζόμενοι τι έκαναν. Συνήθως στο πλαίσιο προσέγγισης εποικοδόμησης υποστηρίζεται μια ιδιαίτερη διαδικασία εκτέλεσης πειραμάτων: Αντί να δίνονται στους μαθητές «συνταγές» τις οποίες πρέπει να ακολουθήσουν αυστηρά, τους δίνεται κάποια ελευθερία για να σχεδιάσουν και να εκτελέσουν πρακτικές δραστηριότητες. Αρχίζουν κάνοντας προβλέψεις και κατόπιν χρησιμοποιώντας επιστημονικές συσκευές ελέγχουν την ορθότητα των προβλέψεών τους. Λόγου χάρι ένας μαθητής είναι δυνατό να προβλέψει ότι ένα σώμα θα πέσει γρηγορότερα από ένα ελαφρότερο, αν και όταν δύο βώλοι διαφορετικού μεγέθους αφεθούν να πέσουν, φθάνουν ταυτόχρονα στο έδαφος. Έτσι η πρόβλεψή τους αποδεικνύεται λανθασμένη. Αυτό συγκρούεται με την πεποίθηση του μαθητή και αυτή η σύγκρουση ιδανικά καταλήγει στην απόρριψη της αρχικής του άποψης και στη συγκρότηση της αντίληψης επιστημονικά (η μάζα δεν επηρεάζει καθόλου την ταχύτητα στην ελεύθερη πτώση). Τότε λέμε ότι η παρανόηση *απορρίφθηκε*. Πιο σύνθετη προσέγγιση είναι να δώσουμε στους μαθητές διαφορετικά αποτελέσματα ή υποθέσεις και να τους ζητήσουμε να εκτελέσουν ελέγχους για να βρουν ποιο είναι σωστό.

Η αρχή στην οποία στηρίζεται η πρακτική εργασία στην εποικοδόμηση είναι να δώσουμε ελευθερία στους μαθητές να δομήσουν μια επιστημονική έννοια με ό,τι ανακαλύπτουν οι ίδιοι και όχι με τις απαντήσεις που τους δίδονται έτοιμες από τον δάσκαλο. Οι παιδαγωγικές μεθοδολογίες της εποικοδόμησης δεν μοιάζουν με την ανακαλυπτική μάθηση όπου τα παιδιά αφήνονται να λειτουργήσουν με τα δικά τους εφόδια, με λίγη ή καθόλου καθοδήγηση. Αντίθετα, εδώ ο δάσκαλος κατευθύνει σε ορισμένο βαθμό τους μαθητές ώστε να εστιάζουν σε φαινόμενα που σχετίζονται με το θέμα που μελετούν. Επίσης τα αποτελέσματα των πρακτικών δραστηριοτήτων πρέπει να είναι αξιόπιστα, διότι η επιστημονική έννοια που μελετάται ή διερευνάται, αντανακλάται στα αποτελέσματα που συλλέγουν οι μαθητές, αλλιώς οι παρανοήσεις τους ενισχύονται, δεν απορρίπτονται. Σημειώστε ότι σε ορισμένες περιπτώσεις η αναδόμηση μπορεί να μην είναι απαραίτητη διότι οι μαθητές ήδη διαθέτουν την επιστημονική άποψη. Σ' αυτή την περίπτωση οι ασκήσεις πρέπει και να ενισχύουν την επιστημονική άποψη και να απορρίπτουν τις παρανοήσεις.

Η συνηθισμένη άποψη για τον επαγγελματία επιστήμονα ότι είναι μοναχικό άτομο που δουλεύει μόνος στο εργαστήριό του ανακαλύπτοντας θεωρίες είναι στην ουσία εντελώς αντίθετη από μάθηση μέσω εποικοδόμησης σύμφωνα με την οποία οι άνθρωποι μαθαίνουν καλύτερα Φυσικές Επιστήμες όταν αλληλεπιδρούν σε ομάδες και συζητούν ελεύθερα για τα φαινόμενα που παρατηρούν. Σε μια τάξη που λειτουργεί με τη μέθοδο της εποικοδόμησης εκφράζονται ελεύθερα προβλέψεις και παρατηρήσεις και γίνεται συζήτηση με επιχειρήματα για την ερμηνεία τους. Αυτό μοιάζει περισσότερο με τον τρόπο που εργάζονται οι επιστήμονες. Οι θεωρίες είναι υποθέσεις για τις οποίες η επιστημονική κοινότητα έχει συμφωνήσει συλλογικά ότι είναι «η καλύτερη εικασία». Τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο πρέπει να θεωρούνται ως μια συμμετοχική δραστηριότητα όπου η βοήθεια από τους συμμαθητές και η συνεισφορά των συμμαθητών έχουν μεγάλη σημασία.

Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας ενός θέματος είναι χρήσιμο να παρακολουθούμε τις ιδέες των μαθητών για να δούμε πόσο έχουν μεταβληθεί. Τα «βιβλία εδάφους» είναι ένα καλό εργαλείο: Οι μαθητές κολλάνε εικόνες από τις εργασίες τους, σχετικές με το θέμα που θέλουν να παρουσιάσουν, οι δάσκαλοι σημειώνουν ενδιαφέροντες απόψεις των μαθητών, φωτογραφίες των πειραμάτων, προβλέψεις και αποτελέσματα κ.λπ. Εναλλακτικά το ίδιο αποτέλεσμα είναι δυνατό να επιτευχθεί με την κατασκευή αφισών ή άλλων παρουσιάσεων τοίχου.

Γνωρίζετε ότι;

Συνήθεις παιδαγωγικές στρατηγικές εποικοδόμησης της γνώσης

- Διευκολύνετε τους μαθητές να δομήσουν προσωπική γνώση και να ενσωματώσουν τη νέα γνώση στις προϋπάρχουσες ιδέες τους (assimilation – αφομοίωση).
- Προσφέρετε στους μαθητές ευκαιρίες για μάθηση που δεν περιλαμβάνει μόνο απόκτηση ή επέκταση γνώσεων αλλά επίσης αναδιοργάνωση ή απόρριψη των υπαρχουσών (accommodation – προσαρμογή).
- Προσφέρετε στους μαθητές πρακτική εργαστηριακή εργασία ώστε να βοηθηθούν να οικοδομήσουν γνώση μέσα από την προσωπική εμπειρία τους με τον φυσικό κόσμο.
- Προσφέρετε στους μαθητές εμπειρίες που συγκρούονται με τις απόψεις τους (γνωστική σύγκρουση).
- Προωθήστε τη μάθηση στο πλαίσιο της ομάδας και της τάξης.
- Επιτρέψτε στους μαθητές αυτονομία, εμπλοκή, κίνητρα και πρωτοβουλίες.
- Να θέτετε ερωτήματα ανοικτού τύπου.
- Να προωθείτε τις ανώτερες γνωστικές δεξιότητες.
- Ενθαρρύνετε το διάλογο μεταξύ των μαθητών.
- Αφήνετε την τελική ευθύνη της μάθησης στους ίδιους του μαθητές.

Περίληψη

Οι παρανοήσεις στις Φυσικές Επιστήμες αντιμετωπίζονται στη διδακτική προσέγγιση της εποικοδόμησης με εργαλεία την εκμαίευση, τη διαπίστωση και την αναδόμηση. Όποτε είναι δυνατό οι μαθητές θα πρέπει να οικοδομούν τις επιστημονικές έννοιες με πρακτικές δραστηριότητες με κάποια ελευθερία στο σχεδιασμό, εκτέλεση, ερμηνεία. Η συνεισφορά των συμμαθητών είναι ζωτικής σημασίας σ' αυτές τις διαδικασίες. Οι δραστηριότητες θα πρέπει σαφώς να απορρίπτουν τις παρανοήσεις και να προκαλούν γνωστική σύγκρουση ώστε οι μαθητές να αφομοιώνουν με επιτυχία την αποδεκτή επιστήμη.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

1.1 Πότε θεωρούμε ότι κάτι είναι έμβιο;

Παρανόηση

Η φωτιά έχει ζωή, διότι κινείται, αναπνέει, αναπαράγεται, μεγαλώνει, εκκρίνει και καταναλώνει.

Η επιστημονική άποψη

Για να ταξινομήσουμε κάτι ως έμβιο είναι απαραίτητο να μπορεί να εκτελεί και τις επτά λειτουργίες της ζωής. (Από αυτές σχηματίζεται το ακρωνύμιο: ΚΑΑΑΑΘΕ)

- Κίνηση
- Αναπνοή
- Αίσθηση
- Αύξηση
- Αναπαραγωγή
- Θρέψη
- Έκκριση

Η φωτιά φαίνεται ότι διαθέτει έξι από αυτά τα χαρακτηριστικά. Ωστόσο επειδή δεν αισθάνεται το περιβάλλον της, δεν μπορούμε να την κατατάξουμε στα έμβια. Όπως και με την παρανόηση με τη φωτιά, μαθητές χαρακτηρίζουν μια οντότητα ως έμβια εξετάζοντας μόνο κάποια από τα επτά χαρακτηριστικά, συνήθως την κίνηση και την αναπνοή.¹ Έτσι, μπορεί να θεωρήσουν τον Ήλιο, τα αυτοκίνητα, τα ρομπότ, τον αέρα και τα σύννεφα έμβια. Πρόκειται για σφάλμα που σχετίζεται με «ικανή και ανα-

1. Τα φυτά δεν θεωρούνται από κάποιους μαθητές ζωντανά, επειδή θεωρούν ότι δεν κινούνται ούτε αναπνέουν (βλ. 1.2).

γκαία συνθήκη»: Αν και είναι *απαραίτητο* μια οντότητα να μπορεί να κινείται για να χαρακτηριστεί έμβια, αυτή η συνθήκη *δεν είναι αρκετή*.

Αναδόμηση

Στην αρχή της διδασκαλίας ρωτήστε τους μαθητές ποιο θεωρούν σημαντικότερο χαρακτηριστικό της ζωής. Με αυτό τον τρόπο θα αποκαλυφθεί ποιοι μαθητές διαθέτουν πιο περιορισμένες απόψεις για την έννοια «ζωή» από αυτές στη λίστα ΚΑΑΑΑΘΕ.

Ορισμένοι μαθητές θα διαφωνήσουν μαζί σας θεωρώντας ότι ορισμένες άβιες οντότητες φαίνεται να έχουν ζωή. Για παράδειγμα, ίσως επιμείνουν ότι η φωτιά αισθάνεται οτιδήποτε υπάρχει στο περιβάλλον της, διότι γνωρίζει ποιο θα είναι το επόμενο πράγμα που θα κάψει. Μια απαίτηση, που όμως δεν καλύπτεται από τις λειτουργίες που περιλαμβάνονται στο ακρωνύμιο ΚΑΑΑΑΘΕ, είναι η οντότητα να αποτελείται από **κύτταρα**. Αυτή η απαίτηση αποκλείει τη φωτιά και τα άλλα παραδείγματα που αναφέρθηκαν.

Γνωρίζετε ότι;

Ιοί. Οι ιοί είναι πάρα πολύ μικρές μολυσματικές μονάδες που φαίνεται ότι ικανοποιούν όλες τις απαιτήσεις του ΚΑΑΑΑΘΕ. Ωστόσο επειδή δεν έχουν κυτταρική δομή υπάρχει διαφωνία στην επιστημονική κοινότητα σχετικά με το αν πρόκειται για έμβιους οργανισμούς ή όχι.

Πηγές: Arnold και Simpson (1979)· Piaget (1929)· Sere (1983).

1.2 Σπόροι

Παρανόηση

Οι σπόροι δεν είναι ζωντανοί.

Η επιστημονική άποψη

Οι μαθητές πιστεύουν ότι οι σπόροι ζωντανεύουν μόνο όταν τους φυτέψουμε και αρχίσουν να αναπτύσσονται. Είναι πιθανό να εφάρμοσαν τα κριτήρια ΚΑΑΑΑΘΕ και να κατέληξαν στο (φαινομενικά) σωστό συμπέρασμα ότι οι σπόροι δεν είναι έμβιοι. Σ' αυτή την περίπτωση λοιπόν τα συγκεκριμένα κριτήρια, που συνήθως είναι χρήσιμα, καταρρέουν. Πριν τη βλάστησή του ένας σπόρος δεν αναπνέει, δεν αναπτύσσεται κ.λπ. Ωστόσο επειδή διαθέτει την ικανότητα, όταν βρεθεί στις κατάλληλες συνθήκες να εκδηλώσει αυτά τα χαρακτηριστικά, θεωρείται έμβιος αλλά σε **λήθαργο**. Ο λήθαρ-

γος είναι ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος επιβίωσης του φυτού (με μορφή σπόρου) σε δυσμενείς συνθήκες, για μεγάλο χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα σπόροι φοίνικα ηλικίας 2000 ετών που ανακαλύφθηκαν στη Masada του Ισραήλ, στο παλάτι του Ηρώδη, βλάστησαν με επιτυχία και αναπτύχθηκαν.

Οι μαθητές που θεωρούν ότι οι σπόροι δεν είναι ζωντανοί δυσκολεύονται να αντιληφθούν ότι ο κύκλος της ζωής ενός ζωντανού οργανισμού δεν μπορεί να διακόπτεται από προσωρινές άβιες καταστάσεις. Σχετική με αυτή την παρανόηση είναι η (λανθασμένη) πεποίθηση ότι, αν και η κάμπια είναι έμβια, όταν γίνεται χρυσалиδα πεθαίνει, και όταν εμφανίζεται ως πεταλούδα αποκτά ξανά ζωή.

Αναδόμηση

Η εφαρμογή των κριτηρίων ΚΑΑΑΑΘΕ θα βοηθήσει ελάχιστα στο να πειστούν οι μαθητές ότι οι σπόροι είναι έμβιοι. Όπως και στην Ενότητα 1.1 δείξτε στους μαθητές ότι επειδή οι σπόροι αποτελούνται από ζωντανά κύτταρα μπορούμε να θεωρήσουμε ότι είναι έμβια όντα. Επίσης επισημάνετε ότι κάθε διακοπή στον κύκλο της ζωής έχει αποτέλεσμα το μόνιμο θάνατο του οργανισμού. Η κατανόηση των μαθητών θα διευκολυνθεί αν αυτές οι παρανοήσεις συζητηθούν, στο πλαίσιο της συνηθισμένης στο Δημοτικό σχολείο πρακτικής δραστηριότητας βλάστησης σπόρων φακής ή εκκόλαψης χρυσалиδων.²

Πηγές: Stavy και Wax (1989)· Tamir κ.ά. (1981).

2. (ΣτΕ): Συνηθισμένη δραστηριότητα στα Δημοτικά Σχολεία στο Ηνωμένο Βασίλειο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

2.1 Τι είναι ζώο;

Παρανόηση

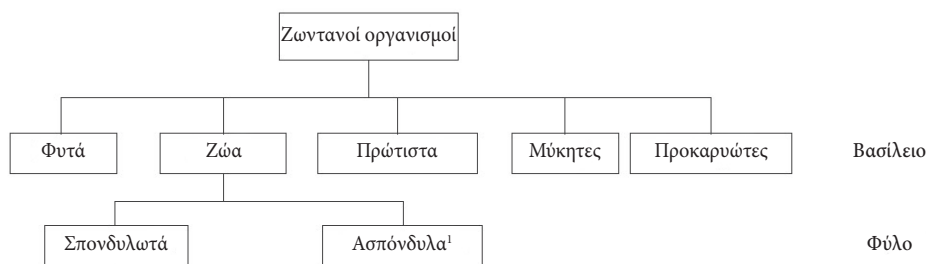
Όλα τα ζώα έχουν τρίχωμα και τέσσερα πόδια.

Η επιστημονική άποψη

Ορισμένες φορές οι μαθητές ταυτίζουν το νόημα που αποδίδουμε σε μια λέξη όπως τη χρησιμοποιούμε στην καθημερινή ζωή με την αντίστοιχη επιστημονική έννοια. Τα «ζώα» που γνωρίζουν συνήθως τα μικρά παιδιά είναι θηλαστικά που ζουν στην ξηρά, στο σπίτι ή στα αγροκτήματα ή είναι λούτρινα παιχνίδια. Έχουν τρίχωμα/μαλλιά, τέσσερα πόδια και τη δική τους ιδιαίτερη φωνή. Οτιδήποτε άλλο μπορεί να μη θεωρηθεί ζώο – ειδικά τα **ασπόνδυλα**, όπως η μέδουσα, το σαλιγκάρι, ο γεωσκώληκας, ο κάβουρας και τα έντομα. Τα **σπονδυλωτά** που δεν πληρούν τα κριτήρια «τρίχωμα-τέσσερα πόδια-χερσαίο» μπορεί τα παιδιά να μην τα θεωρήσουν ζώα, όπως τα ψάρια, τα φίδια και τα πουλιά.

Στη Βιολογία, οι ζωντανοί οργανισμοί κατατάσσονται σε πέντε βασιλεία. Η Εικόνα 2.1 δείχνει αυτή την ταξινόμηση. Σημειώστε ότι τα πρώτιστα είναι συνήθως απλές, μονοκύτταρες μορφές ζωής, όπως η αμοιβάδα. Οι προκαρυώτες είναι βακτήρια.

Για να κατατάξουμε έναν οργανισμό στα ζώα πρέπει ο οργανισμός να καταναλώνει τροφή (αντί να παρασκευάζει την τροφή του μέσω της **φωτοσύνθεσης**), να μπορεί να κινείται, και συνήθως να είναι **πολυκύτταρος**. Αν ένας ζωντανός οργανισμός που δεν θεωρείται από μαθητή ζώο (όπως ο καρχαρίας) δεν ανήκει σε κανένα από τα άλλα βασιλεία, χρησιμοποιώντας την εις άτοπο απαγωγή ο μαθητής θα το κατατάξει στα ζώα. Όλοι οι οργανισμοί που αναφέρονται στην πρώτη παράγραφο ανήκουν στο βασίλειο των ζώων.



Εικόνα 2.1 Η ταξινόμηση των έμβιων όντων. Κάθε βασίλειο έχει υποδιαιρέσεις (Φύλο)

Αναδόμηση

Είναι δυνατό να εκμαιεύσουμε παρανοήσεις ζητώντας από τους μαθητές να γράψουν πώς πρέπει να είναι ένας ζωντανός οργανισμός για να είναι ζώο. Εναλλακτικά οι μαθητές μπορούν να ζωγραφίσουν «διάφορα ζώα».

Στο Δημοτικό σχολείο μπορούμε να απλοποιήσουμε την ταξινόμηση παρουσιάζοντας στους μαθητές μόνο τα τέσσερα βασίλεια: τα φυτά, τα ζώα, τους μύκητες και τους «μονοκύτταρους οργανισμούς» (μ' αυτό τον τρόπο έχουμε συμπτύξει τα πρώτιστα με τους προκαρυωτικούς οργανισμούς). Στην αίθουσα διδασκαλίας θα πρέπει να αναρτήσουμε ένα διάγραμμα με τα τέσσερα βασίλεια ώστε όταν πρόκειται να κατατάξουν ένα έμβιο οι μαθητές να θυμούνται ποιες επιλογές έχουν. Ρωτήστε τους μαθητές: *Τι είναι ο καρχαρία; φυτό, μύκητας ή μονοκύτταρος οργανισμός;* Επειδή είναι φανερό ότι δεν μπορούμε να κατατάξουμε τον καρχαρία σε κανένα από αυτά τα βασίλεια, αναπόφευκτα, η μόνη ομάδα που μένει είναι τα «ζώα». Αυτό μπορεί να γίνει σε επίπεδο τάξης με κατασκευή διαγραμμάτων Venn² βάζοντας λέξεις ή εικόνες μέσα σε κύκλους (Εικ. 2.2). Η προσέγγιση με διαγράμματα Venn μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε περίπτωση ταξινόμησης για να γίνει πιο παραστατική για τους μαθητές. Εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθούν δραστηριότητες «κόβω και κολλώ» λέξεις σε χαρτί ή «μεταφέρω και αφήνω» (drag and drop) σε διαδραστικό πίνακα.

Πηγές: Bell (1981)· Patrick και Tunnicliffe (2001)· Trowbridge και Mintzes (1985,1988).

1. (ΣΤΕ): Η λέξη «Ασπόνδυλα» δεν αποτελεί γνήσια ταξινομική ομάδα. Βλέπε ενότητα 2.5.
2. (ΣΤΕ): Τα διαγράμματα Venn επιτρέπουν την αναπαράσταση υποσυνόλων ενός συνόλου συνήθως με κύκλους.

Διάσημοι επιστήμονες

Carl von Linné (περισσότερο γνωστός ως Κάρολος Λινναίος). Σουηδός βοτανολόγος του 18ου αιώνα. Επινόησε σύστημα ταξινόμησης των έμβιων όντων, που χρησιμοποιείται (τροποποιημένο) μέχρι σήμερα, σχεδόν 240 χρόνια μετά το θάνατό του. Επίσης δημιούργησε μια ονοματολογία, με δύο λέξεις³ για κάθε είδος. Για παράδειγμα οι σύγχρονοι άνθρωποι λέγονται *Homo sapiens*. Αντί για τα πέντε βασίλεια, που δεχόμαστε σήμερα, αρχικά ο Λινναίος αναγνώρισε μόνο τρία: το βασίλειο των ζώων, των φυτών και των ορυκτών.

2.2 Τα έντομα είναι ζώα;

Παρανόηση

Η μέλισσα δεν είναι ζώο... είναι έντομο.

Η επιστημονική άποψη

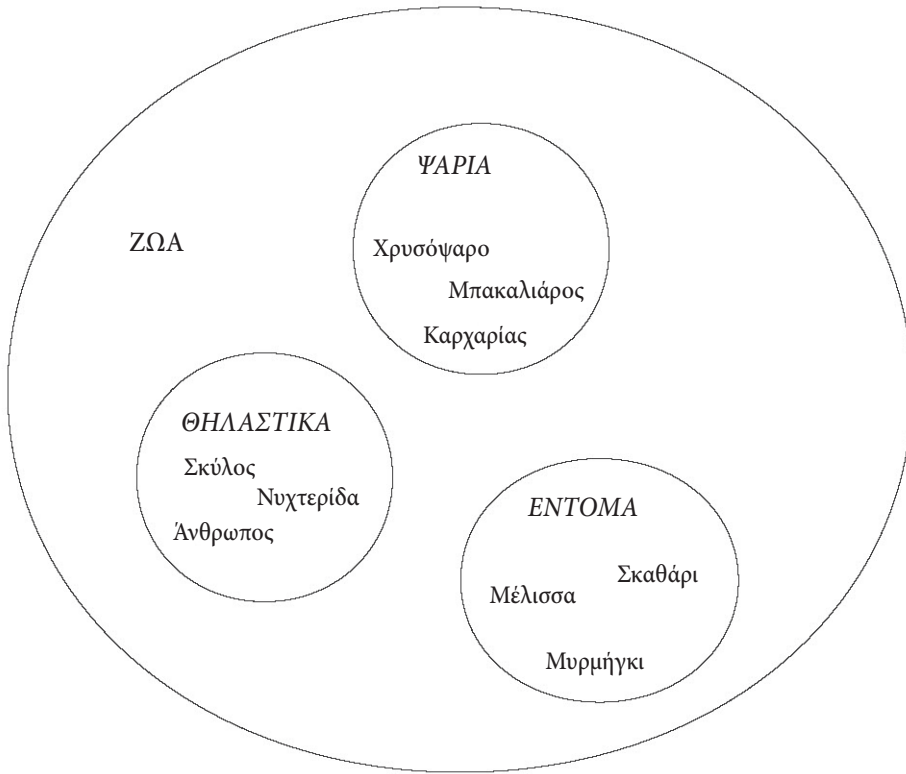
Πράγματι η μέλισσα είναι έντομο. Όμως όταν οι μαθητές διατυπώνουν αυτή την άποψη δεν αντιλαμβάνονται ότι τα «έντομα» είναι υποσύνολο της μεγαλύτερης ταξινομικής ομάδας «ζώα». Πρέπει να γίνει σαφές ότι η μέλισσα είναι ταυτόχρονα και έντομο και ζώο.

Αναδόμηση

Τα διαγράμματα Venn μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να αντιληφθούν την ταξινόμηση των ζωντανών οργανισμών. Αν και πρόκειται για απλούστευση, οι μαθητές είναι ευκολότερο να κατανοήσουν την ταξινόμηση των ζώων έτσι παρά με τις πιο επιστημονικές απεικονίσεις τύπου «δένδρο της ζωής». Μπορούμε να τους ζητήσουμε να χωρίσουν κάρτες ζώων σε υποσύνολα, χρησιμοποιώντας πλαστικά στεφάνια διαφόρων μεγεθών (Εικ. 2.2).

Πηγή: Leach κ.ά. (1992).

3. (ΣΤΕ): Κάθε είδος ζωντανού οργανισμού έχει ένα επιστημονικό όνομα στα Λατινικά, που αποτελείται από δύο λέξεις, που κατά σύμβαση γράφεται στο κείμενο με πλάγια γράμματα. Να σημειωθεί ότι οι σύγχρονες απόψεις για την ταξινόμηση των ζωντανών οργανισμών περιγράφουν τρεις επικράτειες (domains): Αρχαία, Βακτήρια και Ευκάρυα.



Εικόνα 2.2 Απεικόνιση της ιεραρχίας της ταξινόμησης των ζωντανών οργανισμών με διαγράμματα Venn

2.3 Η ομοιότητα μεταξύ των αμφιβίων και των ερπετών

Παρανόηση

Οι σαύρες και τα φίδια είναι αμφίβια.

Η επιστημονική άποψη

Παραδοσιακά στα σχολεία της Αγγλίας και της Ουαλίας οι μαθητές από νεαρή ηλικία μαθαίνουν για ζωντανούς οργανισμούς που ζουν στις κοντινές λίμνες. Οι δάσκαλοι συζητούν με τα παιδιά για τον κύκλο ζωής των βατράχων, κάποιες φορές διατηρώντας αυγά βατράχων, γυρίνους ή ανήλικους βάτραχους σε μικρό ενυδρείο μέσα στην τάξη. Πολλοί μαθητές λοιπόν γνωρίζουν ότι οι βάτραχοι, και σε μικρότερο βαθμό οι σαλαμάνδρες, είναι αμφίβια.

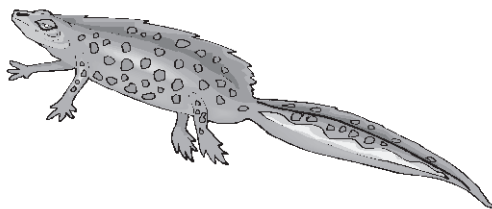
Στο Ηνωμένο Βασίλειο και σε χώρες με παρόμοιο κλίμα σπάνια βλέπουμε ερπετά στη φύση. Σαύρες υπάρχουν μόνο σε συγκεκριμένες αγροτικές περιοχές και τα φίδια κρύβονται. Όταν δείξουμε στους μαθητές εικόνες ερπετών, μπορεί να διακρίνουν ομοιότητες με τα ζώα των λιμνών με τα οποία είναι εξοικειωμένοι – τους βατράχους και τις σαλαμάνδρες: το πράσινο ή καφέ χρώμα του δέρματος, το γεγονός ότι γεννούν αυγά και ότι είναι ψυχρόαιμα. Έτσι θεωρούν λοιπόν ότι και τα ερπετά είναι αμφίβια. Η παρανόηση ενισχύεται από την εντυπωσιακή ομοιότητα μεταξύ της σαλαμάνδρας και της σαύρας (Εικ. 2.3α και 2.3β).

Αναδόμηση

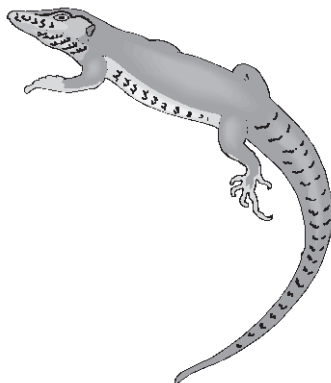
Υπενθυμίστε στους μαθητές τις επιστημονικές διαφορές μεταξύ των ερπετών και των αμφιβίων. Τα ερπετά έχουν λέπια, δερματώδη αυγά και δεν μπορούν να αναπνεύσουν μέσα στο νερό. Αντίθετα τα αμφίβια έχουν λείο δέρμα, γεννούν μαλακά αυγά και μπορούν να αναπνέουν τόσο στον αέρα όσο και στο νερό. Ιδιαίτερως τονίστε την υδρόβια φάση στη ζωή των αμφιβίων. Ζητήστε από τους μαθητές να συγκρίνουν εικόνες ερπετών, για παράδειγμα σαύρας gecko ή φιδιού, με εικόνες αμφιβίων, βατράχων και σαλαμάνδρες. Αυτό θα τους βοηθήσει να αντιληφθούν τις διαφορές.

Πριν μάθουν οι μαθητές να χωρίζουν τα ζώα σε ομάδες ταξινόμησης, μπορείτε να εισάγετε την ταξινόμηση συνηθισμένων αντικείμενων σε σύνολα ανάλογα με τα φυσικά χαρακτηριστικά: το περιεχόμενο μιας μαθητικής κασετίνας ή επιστημονικές συσκευές που χρησιμοποιούνται συχνά. Πείτε στους μαθητές ότι όταν κατατάσσουν ένα αντικείμενο σε κάποιο σύνολο, πρέπει να έχει τουλάχιστον ένα κοινό στοιχείο με κάθε άλλο μέλος του συνόλου. Μετά από αυτή την άσκηση ακολουθούν πιο συνηθισμένες δοκιμασίες όπου οι μαθητές τοποθετούν εικόνες έμβιων όντων σε σύνολα, για παράδειγμα σε σύνολα φυτών/ζώων. Αυτή η εισαγωγική άσκηση θα βοηθήσει τους μαθητές να κατηγοριοποιήσουν έμβια όντα με βάση τα παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά τους.

Παίξτε το παιχνίδι *Μάντεψε Ποιος Είμαι*. Ένας μαθητής υποδύεται ένα ζωντανό οργανισμό που πρέπει να μαντέψουν οι συμμαθητές κάνοντας ερωτήσεις για τα



Εικόνα 2.3α Σαλαμάνδρα



Εικόνα 2.3β Σάυρα

φυσικά χαρακτηριστικά του (Οι απαντήσεις πρέπει να είναι μονολεκτικές: Ναι ή Όχι). Σε μαθητές νηπιαγωγείου και Α' τάξης Δημοτικού εισάγετε τα αμφίβια και το σύνθετο κύκλο της ζωής τους, διαβάζοντάς τους την ιστορία *Oscar and the Frog* του Geoff Waring.

Πηγές: Allen και Choudhary (2012)· Trowbridge και Mintzes (1988)· Waring (2009).

2.4 Θηλαστικά που ζουν στη θάλασσα

Παρανόηση

Η φάλαινα είναι ψάρι διότι ζει στη θάλασσα.

Η επιστημονική άποψη

Ορισμένες φορές οι μαθητές χρησιμοποιούν το περιβάλλον στο οποίο ζει ένας οργανισμός για να τον ταξινομήσουν, αντί για τα παρατηρήσιμα, εξωτερικά χαρακτηριστικά του οργανισμού. Άλλα συνηθισμένα λάθη είναι να θεωρούν οι μαθητές ότι οι φώκιες, οι πιγκουίνοι, και οι χελώνες είναι αμφίβια διότι ζουν τόσο στην ξηρά όσο και στη θάλασσα. Επίσης ότι η νυχτερίδα είναι είδος πουλιού, διότι πετά. Αυτές οι ιδέες μπορεί να ενισχυθούν περισσότερο από τα εξωτερικά χαρακτηριστικά των ζώων που δεν βοηθούν τη σωστή ταξινόμηση, για παράδειγμα οι φάλαινες και οι νυχτερίδες δεν είναι τυπικά θηλαστικά, οι πιγκουίνοι δεν είναι τυπικά πουλιά ούτε οι χελώνες τυπικά ερπετά.

Μια σχετική παρανόηση είναι οι μαθητές να μπερδεύονται στην ταξινόμηση από τα ονόματα των ζώων. Για παράδειγμα επειδή στα αγγλικά ο αστερίας ονομάζεται

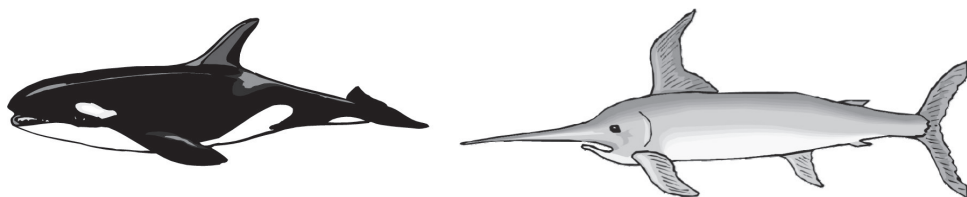
star-fish και η μέδουσα jelly-fish, οι αγγλόφωνοι μαθητές μπορεί να τα θεωρήσουν ψάρια (fish).

Αναδόμηση

Υπενθυμίστε στους μαθητές ότι η ταξινόμηση βασίζεται στα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που έχει ένας ζωντανός οργανισμός και όχι στο περιβάλλον στο οποίο ζει. Επαναλαμβάνοντας τα χαρακτηριστικά των σπονδυλωτών και των άλλων ομάδων ταξινόμησης βοηθάμε να απορριφθούν οι παρανοήσεις, για παράδειγμα η φάλαινα δεν είναι ψάρι διότι δεν έχει βράγχια ούτε λέπια· η νυχτερίδα δεν είναι πουλί διότι έχει τριχωμα κι όχι πτέρωμα. Ο πιγκουίνος δεν είναι αμφίβιο διότι έχει πτέρωμα και αν και ζει τόσο στην ξηρά όσο και στη θάλασσα, δεν μπορεί να αναπνέει και στον αέρα και στο νερό όπως τα αμφίβια. Πρακτικός κανόνας για να διαπιστώσουμε αν ένα ζώο της θάλασσας είναι φάλαινα ή ψάρι είναι να παρατηρήσουμε την ουρά του: το περύγιο της ουράς της φάλαινας, του δελφινιού κι άλλων κητών είναι οριζόντιο ενώ των ψαριών είναι κατακόρυφο (Εικ. 2.4α).

Πα να εξασκηθούν οι μαθητές στην παρατήρηση, μπορούμε να τους ζητήσουμε να συγκρίνουν εικόνες ζώων που ανήκουν στη ίδια ομάδα ταξινόμησης, για παράδειγμα τις εικόνες διαφορετικών ψαριών. Παρατηρώντας τις εικόνες πρέπει να εντοπίσουν όσο το δυνατό περισσότερα από τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης ομάδας. Πα να αποφανθούμε ότι ένας οργανισμός είναι ψάρι, θα πρέπει να έχει όλα τα χαρακτηριστικά του πίνακα στην Εικόνα 2.4β. Ένα πρόβλημα που προκύπτει από μια τέτοια απλοποιημένη ταξινόμηση είναι ότι υπάρχουν εξαιρέσεις. Πα παράδειγμα αν και ο ιππόκαμπος δεν έχει λέπια, από τεχνική άποψη είναι ψάρι. Το βιβλίο του Nicola Davies *Big Blue Whale (Η Μεγάλη Μπλε Φάλαινα)* είναι κατάλληλο για να εισαχθούν οι μαθητές των πρώτων τάξεων του Δημοτικού στα θαλάσσια θηλαστικά.

Πηγές: Davies (1997)· Trowbridge και Mintzes (1988).



Εικόνα 2.4α. Σύγκριση της ουράς της φάλαινας (αριστερά) με την ουρά του ξιφία (δεξιά)

Ζώο	Έχει Λέπια;	Έχει Βράγχια;	Έχει Πτερύγια;
Καρχαρίας			
Χρύσοψαρο			
Λαγοκέφαλος			

Εικόνα 2.4β Παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά διαφορετικών ζώων της ίδιας ταξινομικής ομάδας (ψάρια)

2.5 Ποια είναι η διαφορά μεταξύ των σπονδυλωτών και των ασπόνδυλων

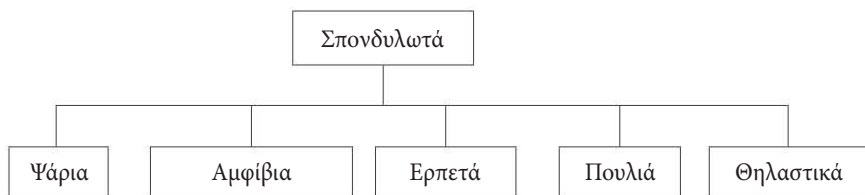
Παρανόηση

Ο κάβουρας είναι σπονδυλωτό διότι έχει σκληρό κέλυφος.

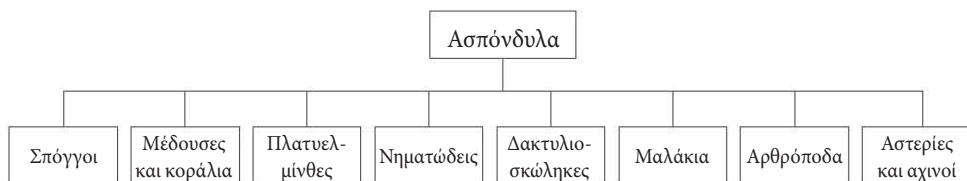
Η επιστημονική άποψη

Οι ενήλικοι και τα μεγάλα παιδιά γνωρίζουν ότι τα ζώα με σπονδυλική στήλη ονομάζονται σπονδυλωτά, κι εκείνα χωρίς σπονδυλική στήλη ονομάζονται ασπόνδυλα. Ο κάβουρας δεν έχει σπονδυλική στήλη, αν και η εμφάνισή του μπορεί να κάνει τα παιδιά να νομίσουν το αντίθετο. Όταν τα παιδιά κρίνουν αν ένα συγκεκριμένο ζώο έχει σπονδυλική στήλη ή όχι, έχουν την τάση να στηρίζονται στα ανατομικά χαρακτηριστικά, ειδικότερα στο σχήμα του σώματος, στην υφή του, στην ευλυγισία του και στην καμπυλότητα της πλάτης. Συνήθως θεωρούν ότι η χελώνα είναι ασπόνδυλο, διότι οι μαθητές φαντάζονται ότι κάτω από το κέλυφός της υπάρχει ένα μαλακό σώμα χωρίς κόκκαλα που χρειάζεται το κέλυφος για στήριξη. Με παρόμοιο τρόπο θεωρούν ασπόνδυλα τα ζώα που είναι ευλύγιστα όταν κινούνται, όπως είναι τα ψάρια, διότι θεωρούν ότι σε ένα τόσο ευλύγιστο σώμα δεν μπορεί να υπάρχει σπονδυλική στήλη. Για τον ίδιο λόγο, οι μαθητές που γνωρίζουν ότι τα φίδια μπορούν να κουλουριάζονται πολύ σφιχτά, συμπεραίνουν ότι τα φίδια είναι ασπόνδυλα. Ή θεωρούν ότι επειδή το σώμα των φιδιών είναι πολύ μακρύ, δεν είναι δυνατό να έχουν σπονδυλική στήλη (δείτε την Ενότητα 2.6). Όμως, οι χελώνες, τα ψάρια και τα φίδια είναι όλα σπονδυλωτά. Αντίθετα, οι μαθητές θεωρούν (σωστά) ότι τα ζώα με έντονα κυρτή πλάτη, όπως ο ελέφαντας, είναι σπονδυλωτά. Μπορεί επίσης να θεωρούν λανθασμένα ότι τα **αρθρόποδα**, όπως είναι ο κάβουρας και η σαρανταποδαρούσα, είναι σπονδυλωτά διότι η ράχη τους καλύπτεται από ένα σκληρό **εξωσκελετό**.

Όπως είδαμε προηγουμένως στην Εικόνα 2.1, το βασίλειο των ζώων χωρίζεται σε δύο μεγάλες ομάδες, τα σπονδυλωτά (Εικ. 2.5α) και τα «ασπόνδυλα» (Εικ. 2.5β). Η Εικόνα 2.1 είναι μια απλούστευση διότι στην πραγματικότητα υπάρχουν οκτώ Φύ-



Εικόνα 2.5α Ταξινόμηση των σπονδυλωτών



Εικόνα 2.5β Ταξινόμηση των ασπόνδυλων



Εικόνα 2.5γ Παραδείγματα ασπόνδυλων

λα ασπόνδυλων. Στη Βιολογία η λέξη ασπόνδυλα χρησιμοποιείται για να περιγράψει κάθε ζώο που δεν έχει σπονδυλική στήλη, αν και δεν υπάρχει ομάδα ταξινόμησης που ονομάζεται ασπόνδυλα – πρόκειται απλώς για μια λέξη που χρησιμοποιείται κατά σύμβαση για να συμπεριληφθούν όσα ζώα δεν είναι σπονδυλωτά σε μία ομάδα.

Αναδόμηση

Η έρευνα έχει δείξει ότι τα παιδιά που έχουν δει σκελετούς ψαριών και φιδιών σε μουσεία ή αλλού αμέσως αντιλαμβάνονται ότι αυτά τα ζώα είναι σπονδυλωτά. Οι μαθητές που τρώνε ψάρια στο σπίτι από τα οποία έχουν αφαιρεθεί τα κόκκαλα από τους γονείς, πρέπει να μάθουν ότι τα ψάρια είναι σπονδυλωτά.

Πηγές: Braund (1986)· Prokop κ.ά.(2008)· Trowbridge και Mintzes (1985, 1988).

2.6 Φίδια και γεωσκώληκες

Παρανόηση

Τα φίδια είναι ασπόνδυλα όπως οι γεωσκώληκες.

Η επιστημονική άποψη

Σε πολλές περιπτώσεις αυτή η παρανόηση είναι αποτέλεσμα της εξωτερικής ομοιότητας των φιδιών με τους γεωσκώληκες επειδή και τα δύο έχουν κυλινδρικό σώμα χωρίς άκρα και κινούνται έρποντας. Ορισμένοι μαθητές που έχουν μάθει σωστά ότι οι γεωσκώληκες δεν έχουν σπονδυλική στήλη, άρα είναι ασπόνδυλα, συμπεριλαμβάνουν αυτομάτως τα φίδια στην ίδια κατηγορία. Τα φίδια ωστόσο έχουν σπονδυλική στήλη και ανήκουν στην τάξη των ερπετών, που συμπεριλαμβάνεται στη μεγαλύτερη ταξινομική ομάδα, το φύλο των σπονδυλωτών (Εικ. 2.5α).

Όπως είδαμε στην Ενότητα 2.5, σχετική είναι και η παρανόηση ότι τα χέλια (ψάρια) και οι χελώνες (ερπετά) είναι ασπόνδυλα. Οι μαθητές μπορεί να κάνουν αυτό το λάθος αν από την εξωτερική εμφάνιση του ζώου δεν φαίνεται να υπάρχει σπονδυλική στήλη ή άλλη οστέινη δομή.

Αναδόμηση

Αν δείξετε στην τάξη μια εικόνα ή αν είναι δυνατό έναν πραγματικό σκελετό φιδιού, οι μαθητές αντιλαμβάνονται αμέσως ότι αυτό το ζώο είναι σπονδυλωτό, διότι είναι φανερό ότι ο σκελετός του αποτελείται από σπονδυλική στήλη και τα οστά των πλευρών. Συγκρίνετε αυτές τις εικόνες με μια φωτογραφία ή σχέδιο του εσωτερικού ενός γεωσκώληκα, ο οποίος δεν έχει οστά. Το εσωτερικό αυτού του ζώου είναι κυρίως μαλακό και ρευστό. Η (υδροστατική) πίεση αυτού του ρευστού προς τα έξω βοηθά στη διατήρηση του σχήματος του σκώληκα, διατηρώντας το σώμα «φουσκωμένο». Επίσης παίζει ρόλο στην κίνησή του. Αντιθέτως, όπως συμβαίνει και στους ανθρώπους, ο οστέινος σκελετός στηρίζει το σώμα του φιδιού και είναι σημαντικός στην κίνησή του.

Υπενθυμίστε στους μαθητές τα κριτήρια ταξινόμησης που εξασφαλίζουν ότι τα φίδια ανήκουν στα ερπετά: το δέρμα τους έχει λέπια και γεννούν δερματώδη αυγά. Τα ερπετά ανήκουν στη μεγαλύτερη ομάδα των σπονδυλωτών (Εικ. 2.5α). Αντιθέτως επειδή οι γεωσκώληκες όχι μόνο δεν έχουν σπονδυλική στήλη αλλά έχουν υγρό και λείο δέρμα, δεν είναι ούτε ερπετά ούτε σπονδυλωτά.

Στην τάξη οι μαθητές μπορούν να κατασκευάσουν ένα ομοίωμα σκελετού κόβοντας ένα πλαστικό καλαμάκι σε μικρά κομμάτια και περνώντας τα σε μια κλωστή. Αυτό τους βοηθά να διαπιστώσουν ότι, αν και η σπονδυλική στήλη στους ανθρώπους

έχει περιορισμένη ελαστικότητα, σπονδυλωτά όπως τα φίδια, μπορούν να κουλουριάζονται διότι η σπονδυλική στήλη τους είναι πολύ εύκαμπτη.

Πηγές: Trowbridge και Mintzes (1988).

2.7 Τι ακριβώς είναι τα έντομα;

Παρανόηση

Όλα τα «μαμούνια» (τα ζώφια) είναι έντομα

Η επιστημονική άποψη

Η προηγούμενη δήλωση φανερώνει μια συνηθισμένη γενίκευση για την κατηγορία «έντομα» και μπορεί να εμφανισθεί όταν παρουσιάζεται για πρώτη φορά η ταξινόμηση των ζώων στους μαθητές. Στα έντομα οι μαθητές είναι δυνατό να συμπεριλάβουν άλλα αρθρόποδα όπως τις αραχνίδες (παραδείγματα αράχνες, ακάρεα, σκορπιοί), τα μυριάποδα (παράδειγμα οι σαρανταποδαρούσες) και τα καρκινοειδή (παράδειγμα το ισόποδο που καθημερινά αναφέρεται ως καβρομαμούνα).

Τα έντομα διακρίνονται από τα άλλα αρθρόποδα από το γεγονός ότι το σώμα τους αποτελείται από τρία τμήματα (το κεφάλι, το **θώρακα** και την κοιλία), έχουν ένα ζευγάρι κεραίες και τρία ζευγάρια πόδια (Εικ. 2.7). Το σώμα των αραχνών αποτελείται από μόνο δύο τμήματα και τέσσερα ζευγάρια πόδια. Το σώμα των μυριάποδων, όπως οι σαρανταποδαρούσες, αποτελείται από πολλά τμήματα με ζεύγη ποδιών σε καθένα από αυτά. Ο αριθμός των τμημάτων και των ποδιών στο σώμα των καρκινοειδών ποικίλλει.

Όταν δείξουμε στα παιδιά άγνωστα αρθρόποδα μπορεί αυτόματα να τα αποκαλέσουν «έντομα» χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τους κανόνες της ταξινόμησης. Για παράδειγμα ένα λάθος που γίνεται συχνά είναι να θεωρούν ότι η αράχνη με τα μεγάλα πόδια που συναντούμε στις αποθήκες των σπιτιών είναι έντομο, αν και στην πραγματικότητα πρόκειται για είδος αραχνίδας που ονομάζεται φαλάγγι. Άλλη συνηθισμέ-



Εικόνα 2.7 Σύγκριση εντόμου, αραχνίδας και καρκινοειδούς

νη λανθασμένη ιδέα είναι να θεωρούν την καβρομαμούνα⁴ έντομο, ενώ στην πραγματικότητα είναι καρκινοειδές.

Αναδόμηση

Όπως συμβαίνει και με την αντιμετώπιση και άλλων παρανοήσεων σχετικά με την ταξινόμηση, που αναφέρονται σ' αυτό το βιβλίο, θα συμβουλευάμε οι μαθητές να αποκτήσουν τη συνήθεια να αναφέρονται στους κανόνες που προσδιορίζουν με μοναδικό τρόπο τις επιμέρους ομάδες. Για παράδειγμα προκειμένου ένα ζώο να ονομασθεί έντομο θα πρέπει να έχει έξι πόδια κ.λπ. Έχοντας πλαστικά μοντέλα αρθρόποδων στην αίθουσα διδασκαλίας, για παράδειγμα ακρίδες, γιγάντιες κατσαρίδες ή γιγάντια μυριόποδα, βοηθάμε τη διαδικασία της ταξινόμησης.

Η χρήση κλείδας προσδιορισμού⁵ μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να ξεχωρίσουν τις διαφορετικές ταξινομικές ομάδες αρθρόποδων. Αυτό μπορεί να γίνει με εικόνες ή με αληθινά ζώα που έχουν συλληφθεί σε δείγματα εδάφους. Οι δραστηριότητες αυτές μπορεί να επεκταθούν σε μικρές ερευνητικές εργασίες, όπου οι μαθητές θα πρέπει να ανακαλύψουν ένα συγκεκριμένο αρθρόποδο από βιβλία ή το διαδίκτυο και να ετοιμάσουν ένα πόστερ με όλες τις πληροφορίες που βρήκαν.

Τα παιδιά νηπιαγωγείου μπορούν να συλλάβουν έντομα και άλλα μικρά ζώα που ζουν στο έδαφος με παγίδες εδάφους. Σκάψτε μια μικρή τρύπα στο έδαφος ώστε να μπορείτε να τοποθετήσετε ένα μικρό δοχείο ή ένα πλαστικό κύπελο μέσα σ' αυτή. Το χείλος του σκεύους να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με το έδαφος. Σκεπάστε την παγίδα με ένα πλαστικό ή ξύλινο καπάκι για να μη μπαίνει η βροχή μέσα στο σκεύος. Θυμηθείτε ωστόσο να αφήσετε ένα μικρό άνοιγμα στο χείλος για να μπορούν τα ζώα να μουν μέσα στο σκεύος. Χρησιμοποιήστε λίγη ζάχαρη ή φρούτο σαν δόλωμα και αφήστε το όλη νύχτα. Κάθε ζώο που συλλαμβάνεται φέρτε το στην αίθουσα διδασκαλίας για να το παρατηρήσουν οι μαθητές με μεγεθυντικό φακό. Ζητήστε από τους μαθητές να χειριστούν τα ζώα με σεβασμό και στο τέλος του μαθήματος επιστρέψτε τα στον τόπο όπου τα συλλάβατε και αφαιρέστε τις παγίδες.

Για το νηπιαγωγείο είναι κατάλληλα βιβλία όπως *The Very Hungry Caterpillar* του Eric Carle για να εξηγήσουν τον κύκλο ζωής ο οποίος για τα περισσότερα έντομα είναι πολύπλοκος.

Πηγές: Carle (1969)· Shepardson (2002).

4. (ΣτΕ): Το ισόποδο Ονίσκος.

5. (ΣτΕ): Οι κλείδες προσδιορισμού χρησιμοποιούνται από τους επιστήμονες για την αναγνώριση ενός άγνωστου είδους από τα (εξωτερικά) χαρακτηριστικά του. Υπάρχουν κλείδες για τα φυτά, για τα έντομα, για τα πουλιά. Για τους μαθητές του Δημοτικού χρειάζονται απλουστευμένες κλείδες που μπορεί να δημιουργήσει ο δάσκαλος, ή να βρει από το διαδίκτυο.

2.8. Περισσότερα για τα έντομα

Παρανόηση

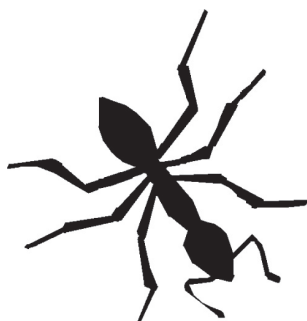
Τα έντομα έχουν ένα ζευγάρι πόδια σε κάθε τμήμα του σώματός τους.

Η επιστημονική άποψη

Στην Εικόνα 2.8α ο μαθητής έχει σχεδιάσει (λανθασμένα) το μυρμηγκι με ένα ζευγάρι πόδια σε κάθε τμήμα του σώματος και ένα ζευγάρι κεραίες στο κεφάλι. Οι μαθητές μαθαίνουν ότι τα τυπικά χαρακτηριστικά των εντόμων είναι τα τρία τμήματα του σώματός τους (το κεφάλι, ο θώρακας και η κοιλία), ένα ζευγάρι κεραίες και τρία ζευγάρια πόδια. Συνήθως οι δάσκαλοι συγκρίνουν τη μορφολογία των εντόμων με τη μορφολογία των αραχνιδών (π.χ. της αράχνης), που το σώμα τους αποτελείται από μόνο δύο τμήματα και τέσσερα ζευγάρια πόδια. Και τα έξι πόδια ενός ενήλικου εντόμου βρίσκονται στο μεσαίο τμήμα τους σώματος του – στο θώρακα (Εικ. 2.8β). Αντιθέτως στο στάδιο της κάμπιας (π.χ. του σκαθαριού, της πεταλούδας ή της μύγας) το σώμα



Εικόνα 2.8α Λανθασμένη σχεδίαση ενός μυρμηγκιού (παρανόηση)



Εικόνα 2.8β Και τα έξι πόδια του μυρμηγκιού είναι προσαρμοσμένα στο θώρακα

των εντόμων αποτελείται από πολλά τμήματα με ένα ζευγάρι πόδια σε κάθε τμήμα. Ίσως αυτό είναι μια αιτία για τη σύγχυση που υπάρχει. Επιπλέον σε ορισμένα έντομα όπως είναι ο μπούμπουρας είναι δύσκολο να διακρίνουμε τα τρία τμήματα του σώματος και δεν είναι σαφές που βρίσκονται τα πόδια.

Σχετική παρανόηση είναι οι μαθητές να μετρούν και τις κεραίες σαν πόδια με αποτέλεσμα να θεωρούν λανθασμένα ότι τα έντομα έχουν οκτώ πόδια.

Αναδόμηση

Δείχνοντας στην τάξη εικόνες διαφορετικών ενηλίκων εντόμων οι μαθητές παρατηρούν ότι, αν και υπάρχει μεγάλη ποικιλία στο σχήμα του σώματος των εντόμων, σε όλες τις περιπτώσεις τα πόδια βρίσκονται στο θώρακα. Αυτή η άσκηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε οι μαθητές να παρατηρήσουν και άλλα κοινά χαρακτηριστικά των εντόμων, όπως είναι ο σκληρός εξωσκελετός και οι κεραίες.

Πηγή: Brass και Jobling (1994).

2.9 Οι άνθρωποι είναι ζώα;

Παρανόηση

Δεν είμαστε ζώα, διότι είμαστε άνθρωποι.

[Το κοριτσάκι δεν είναι ζώο διότι] *κατοικεί σε σπίτι, μαζεύει λουλούδια στον κήπο... και διότι είναι άνθρωπος όπως εμείς.* (Μαθητής 7 ετών, από Chen & Ku, 1988, σ. 60)

Η επιστημονική άποψη

Αρκετά διαδεδομένη αντίληψη τόσο μεταξύ παιδιών όσο και μεταξύ ενηλίκων είναι ότι οι άνθρωποι δεν θεωρούνται ζώα. Οι μαθητές αιτιολογούν αυτή την αντίληψη από το γεγονός ότι ο άνθρωπος δεν ικανοποιεί τα κριτήρια του αρχέτυπου που υπάρχει για τα ζώα, δηλαδή τετράποδο/τριχωτό/χερσαίο (δείτε Ενότητα 2.1). Άλλοι λόγοι συνδέονται με τις ηθικές και θρησκευτικές αντιλήψεις σύμφωνα με τις οποίες τα ζώα θεωρούνται κατώτερα από τον άνθρωπο, δηλαδή είναι κτήνη. Ο άνθρωπος θεωρείται το μοναδικό είδος έμβιου όντος που καταλαμβάνει ιδιαίτερη θέση στον κόσμο και δεν εντάσσεται στους κανόνες ταξινόμησης των ζωντανών οργανισμών. Επίσης στην καθημερινή ζωή, όταν αποκαλούμε κάποιον «ζώο», το εννοούμε ως προσβολή, αναφερόμαστε σε κάτι κατώτερης αξίας και εκφυλισμένο.

Όμως κάθε έμβιο ον έχει τη θέση του στο σύστημα βιολογικής ταξινόμησης συμπεριλαμβανομένου του είδους *Homo sapiens*, που κατατάσσεται στην οικογένεια

Hominidae (Ανθρωπίδες) μαζί με παρόμοια είδη όπως ο χιμπατζής και ο γορίλας. Η **οικογένεια** Ανθρωπίδες, είναι υποσύνολο της **τάξης** των πρωτευόντων, που είναι υποσύνολο της **κλάσης** των θηλαστικών, που είναι υποσύνολο του **φύλου** των σπονδυλωτών, που είναι υποσύνολο του **βασιλείου** των ζώων. Επομένως στη συστηματική κατάταξη των ζωντανών οργανισμών ο άνθρωπος ταξινομείται ως είδος ζώου.

Σχετική παρανόηση είναι ότι ο θάνατος αφορά μόνο τον άνθρωπο, όχι τα άλλα έμβια όντα.

Αναδόμηση

Όπως συμβαίνει και σε άλλες παρανοήσεις στην ταξινόμηση, οι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν τη θέση των ανθρώπων στο ζωικό βασίλειο όταν τους υποδείξουμε την ακριβή θέση του ανθρώπινου είδους μέσα στην ευρύτερη κατάταξη. Διδάσκοντας τα πέντε βασίλεια με τη μορφή του *δένδρου της ζωής* θα έχει ως αποτέλεσμα να αντιληφθούν με σαφήνεια ότι ο άνθρωπος είναι πράγματι είδος ζώου. Συζητώντας τις ομοιότητες μεταξύ των ανθρώπων και των πιθήκων οδηγούμαστε σε μια συζήτηση για την *εξέλιξη* του ανθρώπινου είδους, δηλαδή στον τρόπο που όλα τα πρωτεύοντα (συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων) έχουν εξελιχθεί από έναν κοινό πρόγονο που έχει εξαφανισθεί (δείτε την Ενότητα 8.7 για περισσότερες πληροφορίες).

Το θέμα είναι ευαίσθητο, ορισμένα παιδιά θα εκπλαγούν ή ακόμα και θα σοκαριστούν ακούγοντας ότι στην πραγματικότητα είμαστε είδος ζώου, με όλα τα αρνητικά που συνοδεύουν αυτή τη λέξη στην καθημερινή ζωή. Επιπλέον θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας στις συζητήσεις για την εξέλιξη του ανθρώπου ότι η επιστημονική άποψη ίσως συγκρούεται με τις αντιλήψεις μαθητών που έχουν ισχυρές θρησκευτικές πεποιθήσεις.

Πηγές: Chen και Ku (1998)· Inagaki και Hatano (1987)· Securia και Freitas (1986)· Tema (1980)· Yen κ.ά. (2007).

2.10 Τι είναι τα φυτά;

Παρανόηση

Όλα τα φυτά έχουν λουλούδια με χρωματιστά πέταλα, πράσινα φύλλα, και μίσχο. Επίσης μπορούν να αναπτυχθούν σε γλάστρα.

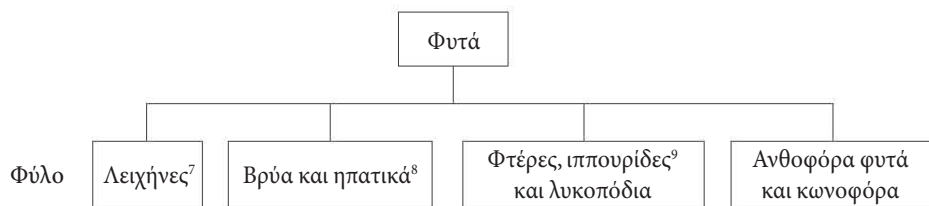
Η επιστημονική άποψη

Πράγματι πολλά φυτά ικανοποιούν τα κριτήρια που αναφέρονται στην παραπάνω δήλωση. Όμως άλλα φυτά που δεν ικανοποιούν αυτά τα κριτήρια ίσως δεν θεωρούν-

νται φυτά από τους μαθητές όπως για παράδειγμα τα δέντρα, το γρασίδι, τα λαχανικά και φυτά που δεν έχουν άνθη όπως τα βρύα και οι φτέρες. Αυτές οι αντιλήψεις ίσως στηρίζονται στη σχετική παρανόηση ότι «λουλούδι» είναι ολόκληρο το φυτό με το βλαστό, τα φύλλα και τα άνθη. Η παρανόηση αυτή μπορεί να προέρχεται από τα φυτά που έχουμε στα σπίτια μας, σε γλάστρες ή στον κήπο, με τα οποία τα παιδιά είναι εξοικειωμένα, που συνήθως έχουν μεγάλα, ελκυστικά, χρωματιστά πέταλα για καλλωπιστικούς λόγους. Σχετική παρανόηση είναι ότι στους κήπους φυτρώνουν δύο είδη φυτών, τα φυτά που καλλιεργούν οι άνθρωποι και τα παράσιτα που φυτρώνουν μόνα τους. Σε αυτή την περίπτωση το κριτήριο είναι αν καλλιεργούνται ή όχι από τον άνθρωπο.

Από την άποψη της ταξινόμησης υπάρχει μεγάλη ποικιλία οργανισμών στο βασίλειο των φυτών (Εικ. 2.10). Σημαντικό κριτήριο που θα πρέπει να ισχύει για να ονομάσουμε κάτι φυτό είναι ότι πρέπει να χρησιμοποιεί το ηλιακό φως για να παράγει την τροφή του, δηλαδή να φωτοσυνθέτει. Πρακτικός κανόνας λοιπόν είναι ότι κάθε τι που μοιάζει με φυτό και είναι πράσινο μάλλον είναι φυτό, διότι τα φυτά έχουν την πράσινη φωτοσυνθετική χρωστική **χλωροφύλλη**. Όμως υπάρχει μια μικρή μειονότητα φυτών που δεν φωτοσυνθέτουν (τα μυκο-ετερότροφα φυτά). Αντιθέτως είναι παράσιτα και αποκτούν τα θρεπτικά συστατικά τους από άλλα έμβια όντα.

Κάποιοι μαθητές θεωρούν τους μύκητες φυτά διότι από πρώτη άποψη φαίνεται να μοιάζουν με φυτά και βγαίνουν από το χώμα. Παλιά οι μύκητες ταξινομούσανταν σαν φυτά, όμως στη σύγχρονη ταξινόμηση έχουν δικό τους βασίλειο αφού δεν φωτοσυνθέτουν. Αυτός είναι ο λόγος που τα μανιτάρια και οι ζύμες⁶ σπάνια είναι πράσινα. Ορισμένοι μονοκύτταροι οργανισμοί όπως η χλαμυδομονάδα, αν και φωτοσυνθέτουν δεν κατατάσσονται στα φυτά, αλλά στο βασίλειο των πρωτίστων (εδώ ανήκουν μονοκύτταροι οργανισμοί που δεν είναι βακτήρια). Αυτό περιπλέκει ακόμα περισσότερο την κατάσταση.



Εικόνα 2.10 Το βασίλειο των φυτών

6. (ΣτΕ): Μονοκύτταροι μύκητες μη ορατοί με γυμνό μάτι.

7. (ΣτΕ): Συμβίωση μύκητα και άλγους.

8. (ΣτΕ): Ατελή φυτά.

9. (ΣτΕ): Πρωτόγονα φυτά της ξηράς.

Γνωρίζετε ότι;

Οι άλγες. Περιλαμβάνουν φύκια¹⁰ της θάλασσας και το φυτοπλαγκτόν και ίσως αποτελεί έκπληξη ότι δεν κατατάσσονται στα φυτά, παρόλο που φωτοσυνθέτουν. Όμως δεν έχουν διαφοροποιημένη ρίζα, βλαστό και φύλλα που κανονικά βρίσκουμε στα φυτά και κατατάσσονται στο βασίλειο των Πρωτίστων (δείτε την Ενότητα 2.1).

Αναδόμηση

Όπως και στην Ενότητα 2.1 μπορούμε να δείξουμε στους μαθητές τα βασίλεια των ζώων των φυτών, των μυκήτων και των μονοκύτταρων οργανισμών και να τους ρωτήσουμε *ποια είναι η καταλληλότερη κατηγορία για να κατατάξουμε τη φτέρη*. Επιπλέον, αν και το θέμα ξεπερνά την ύλη των πρώτων τάξεων του Δημοτικού, αν επιτύχουμε να εξηγήσουμε στους μαθητές την ιεραρχία της Εικόνας 2.10, αυτό θα τους βοηθήσει να αντιληφθούν την ποικιλία που υπάρχει στο βασίλειο των φυτών. Ως επέκταση ζητήστε από τους μαθητές να κατατάξουν εικόνες φυτών ή πραγματικά φυτά που ανήκουν σε διαφορετικά φύλλα.

Πηγή: Bell (1981).

10. (ΣτΕ): Στα «φύκια» της θάλασσας όπως τα εννοεί ο περισσότερος κόσμος μπορεί να περιλαμβάνονται λανθασμένα και φυτά της θάλασσας, όπως η Ποσειδωνία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΤΟΥ ΑΙΜΑΤΟΣ

3.1. Η θέση της καρδιάς

Παρανόηση

Η καρδιά βρίσκεται στην αριστερή πλευρά του στήθους.

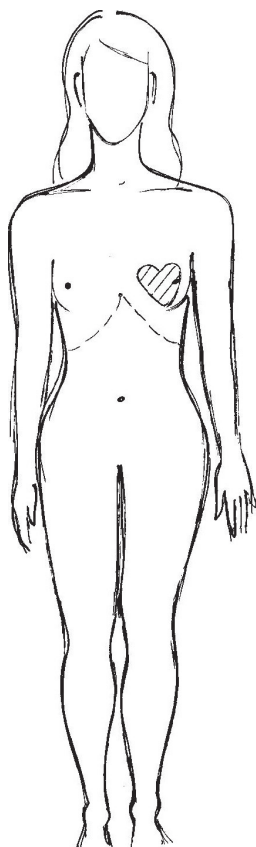
Η επιστημονική άποψη

Συχνά οι μαθητές σχεδιάζουν την καρδιά με το γνωστό γραφιστικό σχήμα στο αριστερό μέρος του στήθους (Εικ. 3.1α).¹ Αυτή είναι μια διαδεδομένη παρανόηση που εμφανίζεται και στα κινούμενα σχέδια και στις ταινίες.

Όμως η καρδιά βρίσκεται στο κέντρο του στήθους, πίσω από το στέρνο και έχει περίπου το μέγεθος της σφιχτής γροθιάς του ανθρώπου (Εικ. 3.1β). Το σχήμα της ανθρώπινης καρδιάς περίπου μοιάζει με το σχήμα της καρδιάς στις κάρτες του Αγίου Βαλεντίνου, μυτερή στο κάτω μέρος και με ένα χώρισμα στο πάνω μέρος (που χωρίζει τις δύο κοιλίες). Ωστόσο πρέπει να γίνει σαφές στους μαθητές ότι αυτή η απεικόνιση της καρδιάς δεν είναι επιστημονικά ακριβής. Στο Δημοτικό σχολείο είναι καλύτερη η απεικόνιση της καρδιάς με μυτερό, ασύμμετρο οβάλ σχήμα (Εικ. 3.1γ). Σημειώστε ότι επειδή το κάτω μέρος της καρδιάς είναι στραμμένο προς τα αριστερά, λίγο περισσότερη μάζα καρδιάς υπάρχει πράγματι στο αριστερό τμήμα του στήθους (Εικόνα 3.1β).

Μπορούμε να αισθανθούμε τον «κτύπο» της καρδιάς μας (σφυγμό) αν με την παλάμη μας πιέσουμε σταθερά λίγο πιο πάνω από την αριστερή θηλή. Αν τοποθετήσετε το χέρι σας πάνω στο στέρνο, εκεί όπου πράγματι βρίσκεται η καρδιά, δεν θα αισθανθείτε κανένα παλμό. Αυτή ίσως είναι η αιτία της παρανόησης σχετικά με τη θέση της

1. Η διακεκομμένη γραμμή Λ στις Εικόνες 3.1α και 3.1β παριστάνει το κάτω μέρος των πλευρών.



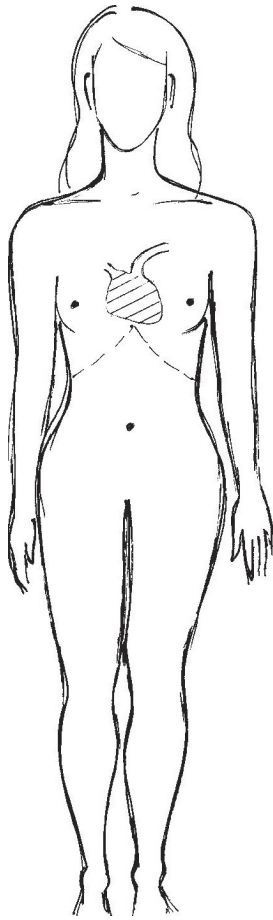
Εικόνα 3.1α Η καρδιά μου βρίσκεται στο αριστερό μέρος του στήθους μου (παρανόηση)

καρδιάς. Όμως αυτό που αισθανόμαστε στο αριστερό τμήμα του στήθους δεν είναι άμεσα ο «κτύπος» της καρδιάς αλλά το κύμα του παλμού διαμέσου της αορτής και των μεγάλων αρτηριών που βγαίνουν από το αριστερό τμήμα της καρδιάς.

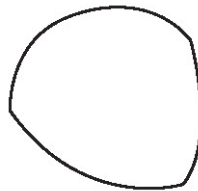
Αναδόμηση

Ζωγραφιές των μαθητών με το ανθρώπινο σώμα μπορούν να αναδείξουν τις ιδέες των μαθητών στην αρχή του μαθήματος, ή ως αξιολόγηση της μάθησης στο τέλος της διδασκαλίας (δείτε και παρακάτω στην Ενότητα 5.1). Η επίδειξη της θέσης της καρδιάς σε πλαστικά μοντέλα του ανθρώπινου σώματος του εμπορίου θα βοηθήσει τους μαθητές να δουν τη σωστή θέση της καρδιάς.

Ζητήστε από τους μαθητές να αισθανθούν με το αριστερό χέρι τους πού τελειώνει το κάτω μέρος του στέρνου, εκεί όπου αρχίζει η κοιλιά και να κρατήσουν το χέρι



Εικόνα 3.1β Η ανατομική θέση της καρδιάς



Εικόνα 3.1γ Απλός τρόπος για να σχεδιαστεί η καρδιά

τους σε αυτή τη θέση. Κατόπιν ζητήστε τους να κλείσουν σφιχτά τη γροθιά του δεξιού χεριού τους και να την τοποθετήσουν απάνω στο αριστερό χέρι τους. Η θέση και το μέγεθος της δεξιάς γροθιάς δίνει τη θέση και το μέγεθος της καρδιάς. Αναφέρετε επίσης

ότι κατά τη διάρκεια της καρδιοαναπνευστικής ανάνηψης (**ΚΑΡΠΑ**) γίνονται μαλάξεις στην καρδιά εμμέσως, πιέζοντας το στέρνο και όχι την αριστερή πλευρά του στήθους.

Πηγές: Bartoszeck κ.ά. (2011)· Osborne κ.ά (1992).

3.2 Η καρδιά και οι μύες συνδέονται μεταξύ τους;

Παρανόηση

Όταν γυμναζόμαστε η καρδιά μας χτυπά γρηγορότερα για να λειτουργήσουν οι μύες.

Η επιστημονική άποψη

Ορισμένοι μαθητές πιστεύουν ότι η καρδιά και οι μύες συνδέονται μεταξύ τους με ένα είδος μηχανικού συστήματος πεπιεσμένου αέρα. Θεωρούν ότι η καρδιά λειτουργεί σαν αντλία που στέλνει αέρα (και όχι αίμα) στους μύες διαμέσου σωληνώσεων, κι έτσι οι μύες λειτουργούν. Ίσως η συγκεκριμένη ιδέα προέρχεται από την εμπειρία που έχουν οι μαθητές με τις τρόμπες ποδηλάτων: καταβάλλουμε προσπάθεια στο ένα άκρο του συστήματος, στο χερούλι της τρόμπας, ωθείται αέρας μέσα στους σωλήνες και κάτι φουσκώνει στην άλλη άκρη του συστήματος.

Στην πραγματικότητα η καρδιά λειτουργεί σαν αντλία ωθώντας αίμα, και όχι αέρα, σε ολόκληρο το σώμα. Όταν το αίμα απομακρύνεται από την καρδιά και κατευθύνεται προς τους μύες περιέχει οξυγόνο και τροφή που χρειάζονται τα μυϊκά κύτταρα για να συντηρηθούν (χρησιμοποιούνται στην **κυτταρική αναπνοή**). Όταν γυμναζόμαστε, επειδή οι μύες εργάζονται πιο έντονα, χρειάζονται μεγαλύτερη ποσότητα οξυγόνου και τροφής. Ανταποκρινόμενη η καρδιά λειτουργεί ταχύτερα και με μεγαλύτερη δύναμη για να αυξηθεί η ροή του αίματος και τα απαραίτητα υλικά να φθάνουν στους μύες με ταχύτερο ρυθμό. Επιπλέον, το αίμα αφαιρεί από τους μύες άχρηστα υλικά, όπως το διοξείδιο του άνθρακα. Όταν γυμναζόμαστε παράγονται περισσότερα άχρηστα υλικά και επειδή το αίμα ρέει ταχύτερα, αυτά τα υλικά αφαιρούνται πιο γρήγορα.

Σχετική παρανόηση, η οποία μπορεί να ανήκει σε εύλογο αλλά λανθασμένο εννοιολογικό δίκτυο, είναι ότι όταν γυμναζόμαστε αναπνέουμε ταχύτερα ώστε οι μύες να τροφοδοτηθούν με «περισσότερο αέρα» (δείτε επίσης την Ενότητα 3.3).

Αναδόμηση

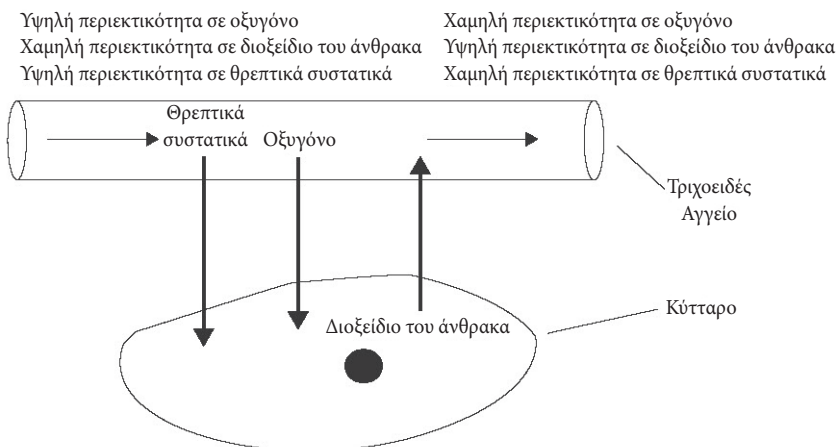
Το μυϊκό σύστημα προστέθηκε πρόσφατα στο Αναλυτικό Πρόγραμμα του Δημοτικού Σχολείου στο Ηνωμένο Βασίλειο (στην τρίτη τάξη). Παρόλο που ξεπερνά τις απλές ιδέες που παρατίθενται στο Πρόγραμμα Διδασκαλίας, η κατανόηση των βασικών γνώ-

σεων της ανταλλαγής υλικών μεταξύ των κυττάρων και του αίματος θα βοηθήσει τους μαθητές να οικοδομήσουν ένα κατάλληλο νοητικό μοντέλο: το αίμα μεταφέρει οξυγόνο και τροφή στους μύες και αφαιρεί από αυτούς διοξείδιο του άνθρακα και άλλα άχρηστα υλικά (Εικ. 3.2). Ενσωματώνοντας αυτές τις ιδέες στο ευρύτερο πλαίσιο του κυκλοφορικού συστήματος, συμπεριλαμβάνοντας και το ρόλο των πνευμόνων, οι μαθητές έχουν στη διάθεσή τους μια πιο ολοκληρωμένη ερμηνεία. Οι μαθητές μπορούν να εξασκηθούν στην κατανόηση αυτού του μοντέλου ανταλλαγής υλικών με ένα παιχνίδι ρόλων: οι μαθητές κυκλοφορούν μέσα στην αίθουσα διδασκαλίας παριστάνοντας «το αίμα» αφήνοντας και παίρνοντας ουσίες από διάφορα σημεία της αίθουσας που παριστάνουν μέρη του σώματος. Αυτό το παιχνίδι ρόλων για την ανταλλαγή των υλικών μπορεί να συνδεθεί με παιχνίδια ρόλων για άλλες σωματικές λειτουργίες, όπως την ανταλλαγή αερίων στους πνεύμονες και την προσθήκη θρεπτικών συστατικών στο αίμα από το σπυκώτι.

Στο εμπόριο διατίθενται μοντέλα που δείχνουν πώς οι δικέφαλοι και οι τρικέφαλοι μύες συστέλλονται και χαλαρώνουν ο ένας αντίθετα από τον άλλο ώστε να κινηθεί ο βραχίονας.

Όμως επειδή αυτά τα μοντέλα λειτουργούν με σύστημα αντλίας αέρα υπάρχει κίνδυνος να ενισχυθεί η παρανόηση της καρδιάς ως αντλίας πεπιεσμένου αέρα. Αν χρησιμοποιηθούν αυτά τα μοντέλα στην τάξη πρέπει να υπενθυμίσουμε στους μαθητές ότι στην πραγματικότητα οι μύες δεν λειτουργούν με αέρα.

Πηγή: Westbrook και Marek (1992).



Εικόνα 3.2 Ανταλλαγή υλικών μεταξύ του αίματος και του κυττάρου

3.3 Τι προκαλεί αύξηση των καρδιακών παλμών;

Παρανόηση

Η καρδιά μου χτυπά γρηγορότερα από το κανονικό, μόνον όταν γυμνάζομαι.

Η επιστημονική άποψη

Τα παιδιά που έχουν την παρανόηση ότι «η καρδιά δουλεύει σαν αντλία για να κάνει τους μύες να λειτουργούν» (δείτε την Ενότητα 3.2) μπορεί επίσης να πιστεύουν ότι όταν οι μύες δεν δουλεύουν έντονα, η καρδιά δεν χτυπά γρηγορότερα, ανεξάρτητα από άλλες καταστάσεις. Όμως ακόμα και όταν το σώμα ηρεμεί οι καρδιακοί παλμοί μπορεί να είναι αυξημένοι. Ουσίες, όπως η καφεΐνη, η νικοτίνη, η κοκαΐνη, το χάπι έκσταση και τα φάρμακα για το άσθμα, αυξάνουν τους καρδιακούς παλμούς χωρίς να γυμναζόμαστε. Επίσης σε περίπτωση ασθενειών, για παράδειγμα προβλήματα του θυρεοειδούς, διαταραχή άγχους, υπέρταση ή απλώς όταν έχουμε πυρετό λόγω λοίμωξης, είναι δυνατό οι καρδιακοί παλμοί μας να είναι αυξημένοι.

Οι άνθρωποι (και γενικότερα τα σπονδυλωτά) έχουν εξελίξει σωματικές αντιδράσεις που τους βοηθούν να αντιδράσουν κατάλληλα όταν αντιληφθούν κάποιο κίνδυνο – που ονομάζονται προσαρμογές σε *πάλη ή φυγή*. Το σώμα προετοιμάζεται για άμεση δράση αυξάνοντας τη ροή του αίματος στους μύες ώστε να λειτουργήσουν πιο αποτελεσματικά και ο άνθρωπος ή να παλέψει με τον κίνδυνο ή να τραπεύσει σε φυγή. Η πίεση του αίματος αυξάνεται, η αναπνοή γίνεται πιο βαθιά και πιο γρήγορη, τα επίπεδα γλυκόζης αυξάνονται στο αίμα για να τροφοδοτηθούν οι μύες με περισσότερα θρεπτικά συστατικά και το πεπτικό σύστημα σταματά να λειτουργεί ώστε περισσότερο αίμα να κατευθυνθεί προς τους μύες. Η αντίδραση «πάλη ή φυγή» μπορεί να προκληθεί και από μη-απειλητικές για τη ζωή καταστάσεις όπως το άγχος κατά τη διάρκεια μιας συνέντευξης για θέση εργασίας, ή μέσα στο γρήγορο τρενάκι του λούνα πάρκ ή όταν παρακολουθούμε ταινίες τρόμου.

Σχετική παρανόηση είναι η αντίληψη ότι, κατά τη διάρκεια σωματικής άσκησης ο ρυθμός των καρδιακών παλμών και της αναπνοής αυξάνονται για να διατηρηθεί η θερμοκρασία του σώματος.

Αναδόμηση

Για την αναδόμηση της αντίληψης σχετικά με την αύξηση των καρδιακών παλμών συνηθισμένη δραστηριότητα είναι η εξής: Αρχικά χρησιμοποιώντας χρονόμετρο οι μαθητές μετρούν τους παλμούς της καρδιάς τους σε ηρεμία. Στη συνέχεια εκτελούν κάποια έντονη φυσική δραστηριότητα, για παράδειγμα ανεβαίνουν τρέχοντας μια

σκάλα. Αμέσως μετά μετρούν πάλι το ρυθμό των παλμών της καρδιάς τους, για να διαπιστώσουν αν έχει αυξηθεί. Αυτή τη μέτρηση την επαναλαμβάνουν κάθε δύο λεπτά, μέχρι να αποκατασταθεί ο ρυθμός που αντιστοιχεί σε ήρεμη κατάσταση. Η ταχύτητα με την οποία ο ρυθμός της ήρεμης κατάστασης επανέρχεται, μετρά το επίπεδο της φυσικής κατάστασής μας και ονομάζεται ρυθμός αποκατάστασης. Συχνά οι μαθητές δυσκολεύονται να βρουν το σφυγμό τους και είναι γενικά ευκολότερο να εντοπίσουν το σφυγμό στην καρωτίδα (που βρίσκεται στο λαιμό) και όχι το σφυγμό στον καρπό του χεριού τους. Ο πιο σύντομος τρόπος για να βρουν το σφυγμό της καρωτίδας τους είναι να σχηματίσουν με το χέρι τους ένα κύπελο και μετά να τοποθετήσουν τα δάκτυλα και τον αντίχειρα γύρω από το «μήλο του Αδάμ» στο λάρυγγά τους. Πιέζοντας απαλά προς τα μέσα γύρω από το λάρυγγα θα αισθανθούν τον σφυγμό. **Σε καμιά περίπτωση δεν πρέπει να πιέσουν απευθείας το λάρυγγα.** Να σημειωθεί ότι αντίθετα στην κοινή αντίληψη και τα κορίτσια έχουν «μήλο του Αδάμ» αλλά είναι λιγότερο εμφανές. Εναλλακτικά οι μαθητές μπορεί να χρησιμοποιήσουν –αν είναι διαθέσιμα– ηλεκτρονικά πιεσόμετρα. Στο Ηνωμένο βασίλειο κοστίζουν 10 λίρες έκαστο.

Πα να διαλυθεί η παρανόηση ότι μόνο η σωματική άσκηση επηρεάζει τον καρδιακό ρυθμό, το παιδί είναι απαραίτητο να βιώσει μια σύντομη περίοδο μικρού στρες.

Χρησιμοποιήστε ένα παιχνίδι τύπου «ενώστε τις τελείες» με τελείες και αριθμούς από το οποίο έχετε σβήσει με μπλάνκο έναν αριθμό στη μέση του σχήματος (μπορείτε να φωτοτυπήσετε το διορθωμένο παιχνίδι για να μη φαίνεται η τροποποίηση). Κατόπιν ζητήστε από κάποιο παιδί να φορέσει ένα ηλεκτρονικό πιεσόμετρο – κατά προτίμηση συνδεδεμένο με ηλεκτρονικό υπολογιστή ώστε να προβάλλονται οι μετρήσεις στην οθόνη και να τις παρακολουθούν όλοι οι μαθητές. Ζητήστε από το μαθητή που φορά το πιεσόμετρο να ξεκινήσει το παιχνίδι και να το ολοκληρώσει όσο το δυνατό γρηγορότερα. Όταν ο μαθητής φτάσει στον αριθμό που λείπει, δεν θα μπορεί να συνεχίσει το σχέδιο και θα αισθανθεί μεταβατικό άγχος και οι καρδιακοί παλμοί θα αυξηθούν, διότι το σώμα θα αισθανθεί απειλή και θα υπάρξει απόκριση «πάλης ή φυγής». Όταν αυξηθούν οι καρδιακοί παλμοί, σταματήστε την άσκηση και φανερώστε το μυστικό στο μαθητή, εξηγώντας του ότι είναι δυνατό να αυξηθούν οι παλμοί της καρδιάς ακόμα κι όταν δεν γυμναζόμαστε.

Πηγή: Westbrook και Marek (1992).

3.4 Το χρώμα του αίματος

Παρανόηση

Το αίμα στις φλέβες μας είναι μπλε.

Η επιστημονική άποψη

Η κοινή αντίληψη είναι ότι το **αρτηριακό** αίμα είναι κόκκινο και το **φλεβικό** μπλε. Η υπόθεση πίσω από αυτή την άποψη είναι ότι το αρτηριακό αίμα, πλούσιο σε οξυγόνο έχει ζωηρό κόκκινο χρώμα, και καθώς κυκλοφορεί στο σώμα, επειδή τα κύτταρα παίρνουν οξυγόνο από το αίμα και αποβάλλουν διοξείδιο του άνθρακα σ' αυτό, τα επίπεδα του οξυγόνου ελαττώνονται (Εικ. 3.2). Το αίμα πλέον φτωχό σε οξυγόνο (αποξυγονωμένο), εισέρχεται στο φλεβικό σύστημα και έχει χρώμα σκούρο μπλε. Οι μαθητές μπορεί να πιστεύουν επίσης ότι όταν το φλεβικό αίμα έλθει σε επαφή με τον αέρα, π.χ. όταν τραυματισθούμε, το χρώμα του γίνεται αμέσως ζωηρό κόκκινο, διότι απορροφά ατμοσφαιρικό οξυγόνο.

Στην πραγματικότητα το φλεβικό αίμα είναι βαθύ κόκκινο, όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε όταν ο γιατρός μάς παίρνει αίμα με μια διαφανή σύριγγα. Το αρτηριακό αίμα έχει πιο ζωηρό κόκκινο χρώμα λόγω του αυξημένου επιπέδου σε οξυγόνο. Η χημική ουσία αιμοσφαιρίνη δίνει στο αίμα το κόκκινο χρώμα του και η απόχρωσή του αίματος εξαρτάται από την περιεκτικότητά του σε οξυγόνο. Το μπλε χρώμα των φλεβών, όπως φαίνεται μέσα από ένα ανοιχτόχρωμο δέρμα, είναι πηγή αυτής της παρανόησης και ενισχύεται από τις εικόνες στα σχολικά εγχειρίδια που απεικονίζουν το αρτηριακό σύστημα με κόκκινο χρώμα και το φλεβικό σύστημα με γαλάζιο.

Αν και το φλεβικό αίμα είναι βαθύ κόκκινο, φαίνεται μπλε μέσα από το δέρμα – αυτό είναι μια οφθαλμαπάτη (προκαλείται εν μέρει από ένα φαινόμενο που ονομάζεται *σκέδαση Rayleigh*). Καθώς το φως ανακλάται από το κόκκινο –φτωχό σε οξυγόνο– αίμα των φλεβών, περνά μέσα από το δέρμα για να φθάσει στα μάτια του παρατηρητή. Οι φλέβες φαίνονται μπλε επειδή απορροφούν φως χαμηλής συχνότητας, επιτρέποντας μόνο τα υψηλότερης ενέργειας μπλε μήκη κύματος να διεισδύσουν μέσα από τη φλέβα, να διαπεράσουν το δέρμα και έτσι αυτό είναι το χρώμα που αντανακλάται πίσω στο θεατή. Αυτό το φαινόμενο το παρατηρούμε και στην *κνάνωση*, σύμπτωμα χαμηλής περιεκτικότητας του αίματος σε οξυγόνο. Εμφανίζεται σε κρίση άσθματος, καρδιακή ανεπάρκεια, ασφυξία ή άλλες καταστάσεις. Τότε τα χείλια και το δέρμα γίνονται μπλε.

Αναδόμηση

Αν και στην Αγγλία και Ουαλία έχει εισαχθεί η διδασκαλία του αίματος και των αγγείων στην έκτη τάξη Δημοτικού, μια επιστημονική ερμηνεία της οφθαλμαπάτης που συνδέεται με το μπλε χρώμα του φλεβικού αίματος πιθανόν υπερβαίνει τις δυνατότητες των περισσότερων μαθητών. Όμως αν δείξετε ένα σύντομο βίντεο από το διαδίκτυο με λήψη αίματος από τη φλέβα ασθενούς, βοηθάτε τους μαθητές να θυμούνται ότι στην πραγματικότητα το αίμα στις φλέβες είναι κόκκινο. Όμως έχετε υπόψη ότι ορισμένοι μαθητές δεν μπορούν να δουν αίμα με άνεση ακόμη και σε βίντεο.

Πηγές: Schoon και Boone (1998).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΝΑΠΝΟΗ

4.1 Γιατί αναπνέουμε;

Παρανόηση

Εισπνέουμε και εκπνέουμε αέρα, χωρίς ο αέρας να εξυπηρετεί κάποια λειτουργία του οργανισμού.

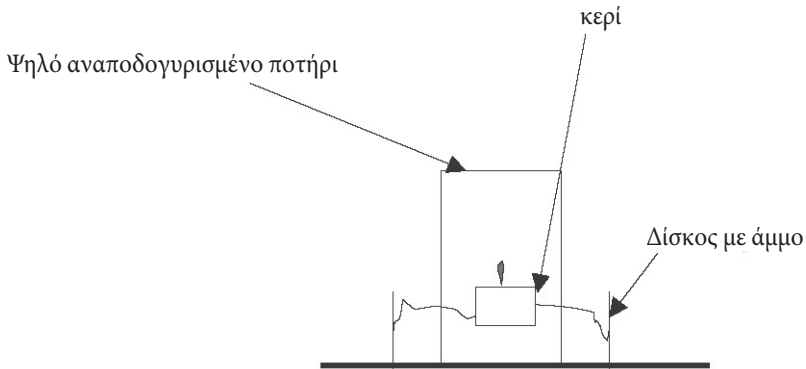
Η επιστημονική άποψη

Νεαροί μαθητές οι οποίοι έχουν διδαχθεί έστω και λίγο το ρόλο του ανθρώπινου αναπνευστικού συστήματος γνωρίζουν ότι για να διατηρηθούμε στη ζωή πρέπει να αναπνέουμε. Ορισμένοι συνδέουν την αναπνοή με τους πνεύμονες και μπορούν να εντοπίζουν αυτά τα όργανα στην κοιλότητα του στήθους ή στην περιοχή του λαιμού. Μπορεί να μην αντιλαμβάνονται γιατί αναπνέουμε πέραν του λόγου «για να μένουμε ζωντανοί» και δεν έχουν κανένα λόγο να πιστεύουν ότι η σύσταση του εκπνεόμενου αέρα είναι διαφορετική από αυτή του εισπνεόμενου.

Όπως θα εξηγήσουμε στην Ενότητα 4.3 υπάρχουν διαφορές μεταξύ του εισπνεόμενου και εκπνεόμενου αέρα, αν και αυτές οι διαφορές δεν είναι τόσο έντονες όπως πιστεύουμε. Οι διαφορές αντανakλούν τη διαδικασία απορρόφησης οξυγόνου και αποβολής διοξειδίου του άνθρακα και νερού (βλέπε παρακάτω στην Ενότητα 4.3). Σχετική παρανόηση είναι η ιδέα ότι, ο εισπνεόμενος αέρας παραμένει στο κεφάλι μας, όπου κυκλοφορεί για λίγο μέχρι να τον εκπνεύσουμε, χωρίς να υφίσταται μεταβολή.

Αναδόμηση

Είναι απαραίτητο να αντιμετωπίσουμε αυτή την παρανόηση μελετώντας την ευρύτερη λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος, κατά την οποία απορροφάται οξυγόνο και αποβάλλεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Δείχνοντας ότι υπάρχουν δια-



Εικόνα 4.1 Σύγκριση της σύστασης του εκπνεόμενου αέρα και του εισπνεόμενου (ατμοσφαιρικού)

φορές μεταξύ του εισπνεόμενου και του εκπνεόμενου αέρα βοηθάμε τους μαθητές να κατανοήσουν ότι συμβαίνουν αλλαγές μέσα στους πνεύμονές μας. Με δύο αντεστραμμένα ψηλά ποτήρια, από τα οποία το ένα περιέχει κανονικό ατμοσφαιρικό αέρα και το άλλο εκπνεόμενο, σκεπάστε δύο αναμμένα κεριά και παρατηρήστε σε πόσο χρόνο σβήνει κάθε κερί (Εικ. 4.1). Τα κεριά σβήνουν, όταν καταναλώσουν όλο το οξυγόνο του αέρα που υπάρχει εγκλωβισμένος σε κάθε ποτήρι και λόγω της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα στα σφραγισμένα ποτήρια. Στο ποτήρι που περιέχει εκπνεόμενο αέρα η φλόγα σβήνει πρώτη, διότι τα επίπεδα του εκπνεόμενου αέρα σε οξυγόνο είναι χαμηλότερα απ' όσο του ατμοσφαιρικού ενώ τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα είναι υψηλότερα.

Θα πρέπει να γνωρίζετε ότι, όταν δείξουμε ότι ο εισπνεόμενος αέρας είναι διαφορετικός από τον εκπνεόμενο, είναι δυνατό να προκαλέσουμε μια άλλη παρανόηση, ότι ο εκπνεόμενος αέρας αποτελείται μόνο από διοξείδιο του άνθρακα (Ενότητα 4.3). Θα πρέπει να καταρρίψουμε κι αυτή την παρανόηση.

Πηγές: Arnaudín και Mintzes (1985)· Gellert (1962).

4.2 Πώς η καρδιά συνδέεται με τους πνεύμονες;

Παρανόηση

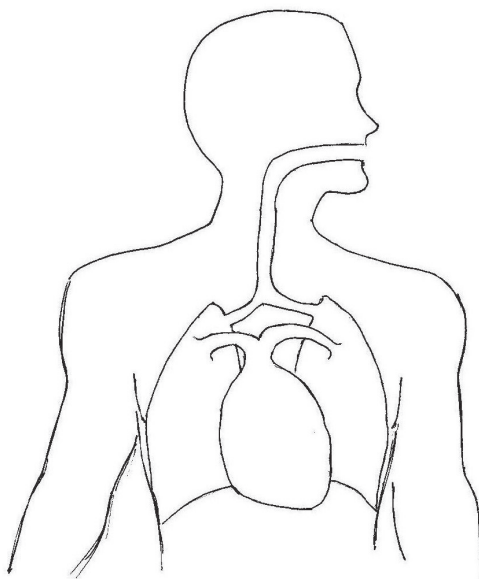
Οι πνεύμονες συνδέονται με την καρδιά με αεραγωγούς.

[Η καρδιά] μάς βοηθά να αναπνέουμε. (Μαθητής 9 ετών, από Osborne κ.ά., 1992, σ. 33)

Η επιστημονική άποψη

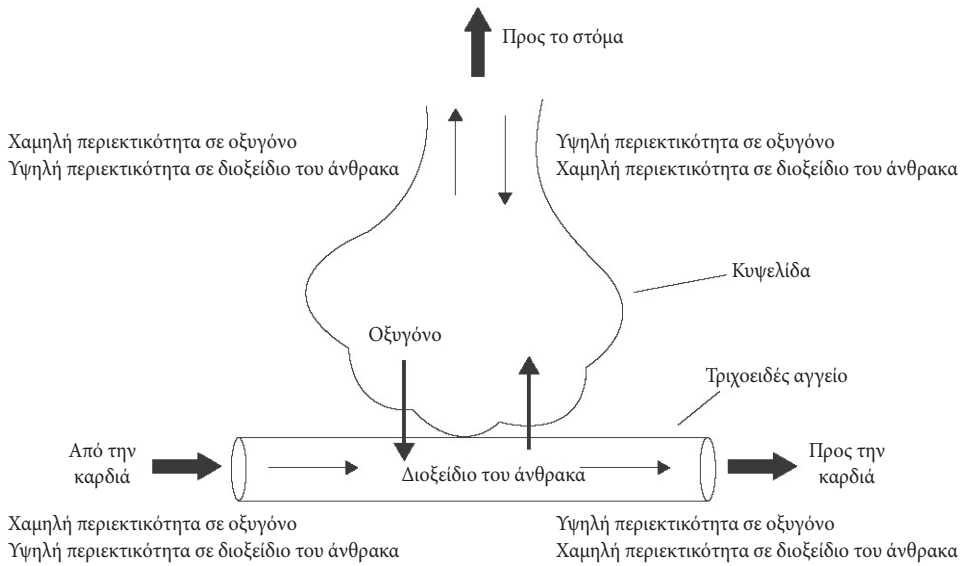
Στο Δημοτικό οι μαθητές μαθαίνουν ότι, κατά τη διάρκεια της αναπνοής ο αέρας εισέρχεται από το στόμα και τη μύτη στο σώμα και μέσω «αεραγωγών»¹ φθάνει στους πνεύμονες (Εικόνα 4.2α). Οι μαθητές μαθαίνουν επίσης ότι το οξυγόνο από τον αέρα εισέρχεται στο αίμα, το οποίο μεταφέρει το οξυγόνο (μαζί με άλλα υλικά, όπως θρεπτικά συστατικά) σε όλο το σώμα. Για πολλούς μαθητές η μεταφορά του αέριου οξυγόνου από τον ατμοσφαιρικό αέρα στο υγρό αίμα είναι μια μυστηριώδης διαδικασία. Υποθέτουν λοιπόν ότι ο εισπνεόμενος αέρας που φθάνει στους πνεύμονες μεταφέρεται κατευθείαν στην καρδιά, πάλι μέσω αεραγωγών, και όταν φθάνει στην καρδιά εισέρχεται στη ροή του αίματος (Εικ. 4.2α).

Στην πραγματικότητα η διαδικασία είναι πιο σύνθετη. Ο εισπνεόμενος αέρας καταλήγει σε μικρούς σάκους αέρα που λέγονται **κυψελίδες** και βρίσκονται βαθιά μέσα στους πνεύμονες. Στις κυψελίδες οξυγόνο που περιέχεται στον εισπνεόμενο αέρα διαλύεται στο αίμα σε μικροσκοπικά αγγεία με λεπτά τοιχώματα που ονομάζονται **τριχοειδή** (Εικόνα 4.2β). Συγχρόνως, διοξείδιο του άνθρακα, δηλαδή το αέριο που παράγεται από όλα τα κύτταρα του σώματος, φεύγει από το αίμα και εισέρχεται στις κυψελίδες για να αποβληθεί από το σώμα μας με τον εκπνεόμενο αέρα. Το αίμα, που

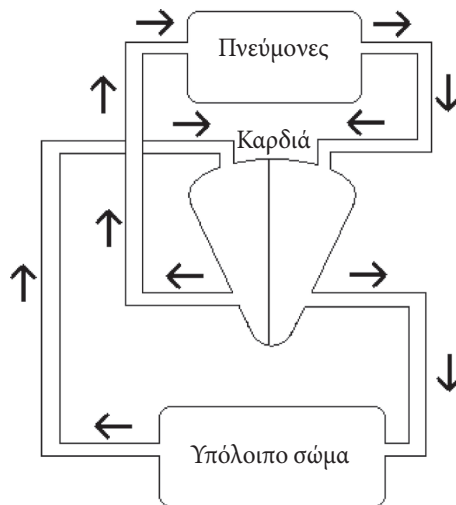


Εικόνα 4.2α Αεραγωγοί συνδέουν τους πνεύμονες με την καρδιά (παράνοηση)

1. Ο όρος «αεραγωγός» είναι απλουστευτικός. Οι ανατομικοί όροι είναι τραχεία, βρόγχοι και βρογχιόλια.



Εικόνα 4.2β Ανταλλαγή αερίων στους πνεύμονες



Εικόνα 4.2γ Απλουστευμένο διάγραμμα της διπλής κυκλοφορίας του αίματος

ωθείται συνεχώς μέσα στα τριχοειδή αγγεία, φεύγει από τις κυψελίδες «ανανεωμένο», πλούσιο σε οξυγόνο και φτωχό σε διοξείδιο του άνθρακα, ενώ ο αέρας που φεύγει από τους πνεύμονες και αποβάλλεται είναι πλούσιος σε διοξείδιο του άνθρακα και φτωχός σε οξυγόνο.

Στην πραγματικότητα η καρδιά εκτελεί δύο ξεχωριστές λειτουργίες. Η πρώτη είναι η πιο γνωστή: Η καρδιά στέλνει αίμα σε όλο το σώμα εφοδιάζοντας με οξυγόνο τα κύτταρα και αφαιρώντας από αυτά διοξείδιο του άνθρακα (Εικ. 4.2β). Η δεύτερη λειτουργία είναι να αναπληρώνει το οξυγόνο του αίματος και να αποβάλλει το διοξείδιο του άνθρακα που πραγματοποιείται στέλνοντας αίμα μέσω μιας ξεχωριστής διαδρομής στους πνεύμονες (Εικόνα 4.2γ). Όπως δείχνει το διάγραμμα μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το κυκλοφορικό σύστημα αποτελείται από δύο ξεχωριστά συστήματα που συναντώνται στην καρδιά. Μετά από ένα ταξίδι σε όλο το σώμα το φτωχό σε οξυγόνο και πλούσιο σε διοξείδιο του άνθρακα «χρησιμοποιημένο» αίμα εισέρχεται στην καρδιά. Επειδή αυτό το αίμα πρέπει να ανανεωθεί στέλνεται στους πνεύμονες. Όταν επιστρέφει στην καρδιά από τους πνεύμονες, είναι πάλι πλούσιο σε οξυγόνο και φτωχό σε διοξείδιο του άνθρακα. Είναι λοιπόν έτοιμο για ένα νέο ταξίδι σε όλο το σώμα. Αυτές τις ιδέες διατυπώθηκαν για πρώτη φορά από τον Άγγλο γιατρό William Harvey τον 17ο αιώνα (δείτε το ένθετο κείμενο).

Λόγω της πολυπλοκότητας της διπλής κυκλοφορίας του αίματος δεν πρέπει να μας εκπλήσσει ότι ορισμένοι μαθητές για να εξηγήσουν πώς εισέρχεται το οξυγόνο στο αίμα, θεωρούν ότι ο αέρας από τους πνεύμονες εισέρχεται στην καρδιά δια μέσου ανοικτών σωλήνων, επιτρέποντας στο οξυγόνο να εισέλθει κατ' ευθείαν στο αίμα (Εικόνα 4.2α).

Αναδόμηση

Χρησιμοποιώντας πλαστικά μοντέλα ανατομίας του ανθρώπινου θώρακα μπορούμε να δείξουμε ότι, το στόμα συνδέεται με τους πνεύμονες με αεραγωγούς, και όχι οι πνεύμονες με την καρδιά. Μπορούμε επίσης να συμπληρώσουμε αυτή την επίδειξη χρησιμοποιώντας το διαδίκτυο: Υπάρχουν πολλές χρήσιμες προσομοιώσεις που παρουσιάζουν πώς η πνευμονική κυκλοφορία ενώνεται με τη συστηματική κυκλοφορία.² Κάνετε αναζήτηση στο Google με τη φράση «animation pulmonary system». Παραδοσιακά στα σχολεία του Ηνωμένου Βασιλείου γίνεται εργαστήριο ανατομίας καρδιάς και πνευμόνων προβάτου για να αναδειχθεί η σύνδεση μεταξύ του κυκλοφορικού και του αναπνευστικού συστήματος. Όμως σε κάποια σχολεία είναι πιθανόν να υπάρχουν ηθικές αντιρρήσεις γι' αυτή τη μέθοδο διδασκαλίας.

Πηγές: Arnaudin και Mintzes (1985)· Garcia-Barros κ.ά. (2011)· Osborne κ.ά (1992)· Symons κ.ά (1992)· Tracana κ.ά (2012).

2. (ΣτΕ): Η κυκλοφορία από την καρδιά προς το σώμα.

Διάσημοι επιστήμονες

William Harvey. Πριν προτείνει ο Harvey το μοντέλο του για τη διπλή κυκλοφορία του αίματος το 1628, οι γιατροί πίστευαν όσα δίδασκε ο Γαληνός, ένας γιατρός που έζησε στην αρχαία ρωμαϊκή εποχή. Ο Γαληνός είχε θεωρήσει ότι το αρτηριακό σύστημα είναι εντελώς χωριστό από το φλεβικό και ότι ο ρόλος των πνευμόνων ήταν απλώς να ψύχουν το αίμα και ο ρόλος της καρδιάς να το θερμαίνει. Αυτές οι πεποιθήσεις ήταν αναμειγμένες με μυστηριακές απόψεις, σύμφωνα με τις οποίες η καρδιά ήταν ο τόπος όπου βρισκόταν εγκατεστημένο «το πνεύμα». Πολλοί γιατροί της εποχής δεν αποδέχονταν τη θεωρία του Harvey, παρά τα σαφή ανατομικά δεδομένα που παρουσίασε διότι η ιατρική σκέψη ήταν τότε πολύ συντηρητική και δεν δεχόταν εύκολα νέες ιδέες.

4.3 Τι υπάρχει στον αέρα που εκπνέουμε;

Παρανόηση

Ο εκπνεόμενος αέρας είναι κυρίως διοξείδιο του άνθρακα και πολύ λίγο οξυγόνο.

Η επιστημονική άποψη

Αυτή είναι μια συνηθισμένη παρανόηση που συχνά διατυπώνεται ως εξής: «Εισπνέουμε οξυγόνο και εκπνέουμε διοξείδιο του άνθρακα». Επειδή οι μαθητές μαθαίνουν ότι η λειτουργία των πνευμόνων είναι να απορροφούν οξυγόνο και να αποβάλλουν διοξείδιο του άνθρακα, θεωρούν λογικό ότι το μεγαλύτερο μέρος του εκπνεόμενου αέρα ακόμα και ολόκληρη η ποσότητά του είναι διοξείδιο άνθρακα. Αυτή η αντίληψη ίσως συνδέεται με την σχετική παρανόηση ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας (εισπνεόμενος) αποτελείται αποκλειστικά από οξυγόνο. Έτσι δημιουργείται ένα εννοιολογικό δίκτυο, το οποίο αν και έχει νόημα για το μαθητή, είναι λανθασμένο.

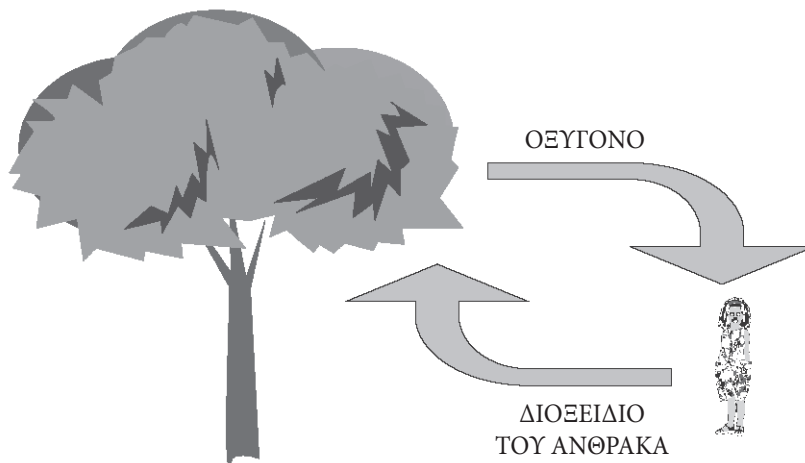
Στην πραγματικότητα ο εκπνεόμενος αέρας περιέχει μόνο 4% διοξείδιο του άνθρακα, ενώ ο εισπνεόμενος αέρας περιέχει 0,04% διοξείδιο του άνθρακα. Επιπλέον, η περιεκτικότητα σε οξυγόνο του αέρα που εισπνέουμε είναι 21% και αντίθετα από τη συνηθισμένη αντίληψη οι πνευμόνες μας δεν απορροφούν όλο αυτό το οξυγόνο, αλλά μόνο περίπου το ένα πέμπτο από αυτό. Μπορούμε λοιπόν να ισχυριστούμε ότι ο αέρας που εκπνέουμε δεν είναι σημαντικά διαφορετικός από αυτόν που εισπνέουμε, αν και στον εκπνεόμενο αέρα το διοξείδιο του άνθρακα είναι 100 φορές περισσότερο απ' όση στον εισπνεόμενο (Εικόνα 4.3α). Ο αέρας που εισπνέουμε ή εκπνέουμε, αν και περιέχει οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα, αποτελείται κυρίως από άζωτο. Το άζωτο εισέρχεται στους πνεύμονες και εξέρχεται από αυτούς χωρίς να μεταβάλλεται η συγκέντρωσή του (78%). Σημειώστε ότι οι συγκεκριμένες τιμές αφορούν τον ξηρό αέρα. Συνήθως

ο εισπνεόμενος αέρας περιέχει **υδρατμούς** η ποσότητά των οποίων εξαρτάται από την υγρασία του περιβάλλοντος (έως 5% του συνολικού). Επειδή στο αναπνευστικό σύστημα υπάρχει πολύ υγρασία, ο εκπνεόμενος αέρας είναι κορεσμένος σε υδρατμούς δηλαδή οι υδρατμοί αποτελούν το 5% του συνολικού όγκου. Γι' αυτό το λόγο τις κρύες ημέρες μπορούμε να δούμε τα σταγονίδια υδρατμών ως λεπτή ομίχλη όταν εκπνέουμε.

Στην παρανόηση αυτή συμβάλλουν και οι συνήθειες απεικονίσεις στα σχολικά εγχειρίδια που δημιουργούν την εντύπωση ότι τα δέντρα εκλύουν μόνο οξυγόνο και οι άνθρωποι εκπνέουν μόνο διοξείδιο του άνθρακα (Εικόνα 4.3β).

Αέριο	Εισπνεόμενος αέρας (%)	Εκπνεόμενος αέρας (%)
Διοξείδιο του άνθρακα	0,04	4
Οξυγόνο	21	17
Άζωτο	78	78
Άλλα	1	1

Εικόνα 4.3α Σύγκριση της σύστασης του εισπνεόμενου με τον εκπνεόμενο αέρα σε ορισμένο όγκο ξηρού δείγματος



Εικόνα 4.3β Τα ζώα δίνουν διοξείδιο του άνθρακα στα δένδρα και τα δένδρα δίνουν οξυγόνο στα ζώα

Αναδόμηση

Ζητήστε από τους μαθητές να κάνουν αέρα απαλά σε ένα **καιόμενο σκλήθρο** με ένα κομμάτι χαρτόνι διαστάσεων Α4. Γιατί το σκλήθρο (ξυλαράκι) φωτοβολεί εντονότερα; Τροφοδοτώντας τη φωτιά που σιγοκαίει με ρεύμα ατμοσφαιρικού αέρα, που πε-

ριέχει 21% οξυγόνο, αυξάνουμε το ρυθμό καύσης και το ξυλαράκι φωτοβολεί εντονότερα. Κατόπιν ζητήστε από τους μαθητές να φυσήξουν το ξυλαράκι με ένα καλαμάκι. Όπως προηγουμένως το ξυλαράκι φωτοβολεί εντονότερα. Όταν φυσάμε ένα αντικείμενο, μεταφέρεται εκπνεόμενος αέρας από τους πνεύμονες στο αντικείμενο. Το ξυλαράκι φωτοβολεί εντονότερα, διότι στον εκπνεόμενο αέρα υπάρχει 17% οξυγόνο, δηλαδή ακόμη παραμένει σημαντικό ποσοστό οξυγόνου – μόλις 4% λιγότερο από το ποσοστό που υπάρχει στον ατμοσφαιρικό (εισπνεόμενο) αέρα. Αν εκπνέαμε καθαρό διοξείδιο του άνθρακα ή αέρα με υψηλή συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα, το αναμμένο ξυλαράκι θα έσβηνε.

Πα να ενισχύσετε αυτό το επιχείρημα, αναφέρετε στους μαθητές ότι, αν ο εκπνεόμενος αέρας ήταν πλούσιος σε διοξείδιο του άνθρακα και φτωχός σε οξυγόνο, το «φιλί της ζωής» δεν θα ήταν αποτελεσματικό.

Πηγή: Yip (1998).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΔΙΑΤΡΟΦΗ

5.1. Πού βρίσκεται το στομάχι;

Παρανόηση

Το στομάχι βρίσκεται γύρω από τον αφαλό.

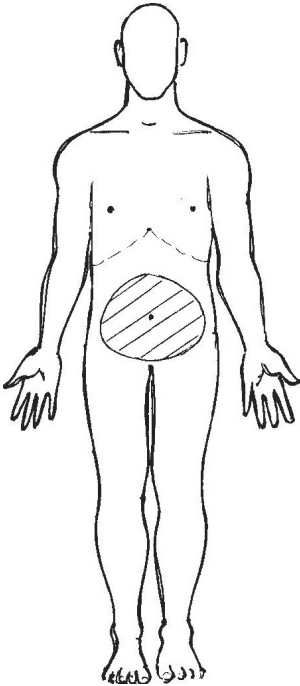
Η επιστημονική άποψη

Στην Εικόνα 5.1α το στομάχι έχει σχεδιασθεί σαν ένα μεγάλο όργανο γύρω από τον αφαλό. Αυτή είναι συνηθισμένη άποψη, διότι στην καθημερινή γλώσσα χρησιμοποιούμε τη λέξη «στομάχι» για να περιγράψουμε όλη την περιοχή στο μπροστινό τμήμα του σώματός μας, κάτω από τα πλευρά και πάνω από τη λεκάνη. Όταν λέμε λοιπόν ότι πονάει το στομάχι μας ή η κοιλιά μας, αναφερόμαστε σε πόνο σε οποιοδήποτε σημείο αυτής της περιοχής.

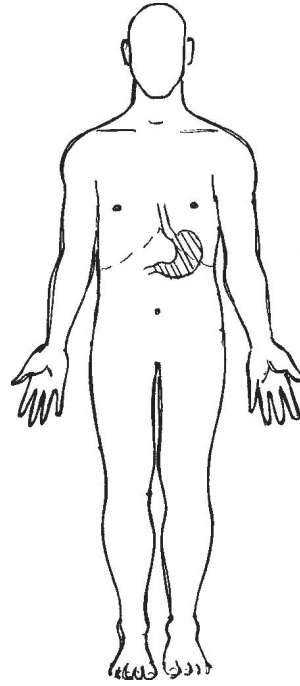
Στην πραγματικότητα το στομάχι βρίσκεται στο ύψος των πλευρών, στην αριστερή πλευρά του σώματος και είναι πολύ μικρότερο απ' όσο νομίζουμε (Εικόνα 5.1β). Στην Εικόνα 5.1α η σκιασμένη περιοχή, εκεί όπου συνήθως νομίζουμε ότι βρίσκεται το στομάχι, αντιστοιχεί ανατομικά σε τμήμα της κοιλιακής χώρας και περιέχει αρκετά όργανα: τα έντερα, το συκώτι, τη σπλήνα, την ουροδόχο κύστη, το πάγκρεας και το ίδιο το στομάχι. Σημειώστε ότι, μετά από ένα καλό γεύμα προσωρινά το στομάχι διαστέλλεται (φουσκώνει) μέσα στην κοιλιακή χώρα, λειτουργώντας σαν αποθήκη τροφής και προκαλώντας το αίσθημα του κορεσμού.

Αναδόμηση

Ζητήστε από τους μαθητές να σχεδιάσουν το περίγραμμα του σώματός τους σε χαρτί σε πραγματικό μέγεθος και να κολλήσουν εικόνες των οργάνων τους στη σωστή θέση. Εναλλακτικά σε ένα παλιό μπλουζάκι να κολλήσουν ή να ράψουν κομμάτια από ύφα-



Εικόνα 5.1α Το στομάχι είναι ένα μεγάλο όργανο που βρίσκεται γύρω από τον αφαλό (παράνοηση)



Εικόνα 5.1β Η ανατομική θέση του στομάχου

σμα κομμένα στο σχήμα των οργάνων και μετά να το φορέσουν. Αυτές οι δραστηριότητες στην αρχή της διδασκαλίας εκμαιεύουν σχετικές παρανοήσεις. Στο τέλος της διδασκαλίας οι δραστηριότητες να επαναληφθούν για να αντιληφθούν οι μαθητές τι έχουν μάθει. Όταν κατασκευάζουν ή σχεδιάζουν μια αφίσα με το εσωτερικό του σώματός τους συνηθισμένο πρόβλημα είναι ότι, αποφεύγουν να τοποθετήσουν ένα όργανο πάνω σε κάποιο άλλο, με αποτέλεσμα να κάνουν λάθη στο μέγεθος και στη θέση των οργάνων. Για παράδειγμα, στην πραγματικότητα το στομάχι καλύπτει ή καλύπτεται από το παχύ έντερο και τον αριστερό πνεύμονα, η καρδιά καλύπτει τους πνεύμονες και τα νεφρά είναι στρωμαγμένα στο πίσω μέρος το σώματος καλυπτόμενα από αρκετά όργανα.

Ζητήστε από τους μαθητές να εντοπίσουν τη θέση του στομάχου τους αγγίζοντας το κάτω μέρος των πλευρών τους, ακριβώς αριστερά από το στήρνο. Το πλαστικό μοντέλο ανατομίας του ανθρώπινου θώρακα, που διατίθεται στο εμπόριο, είναι πολύ χρήσιμο, διότι ενισχύει την αντίληψη της σωστής θέσης και του πραγματικού μεγέθους του στομάχου.

Πηγή: Mintzes (1984).

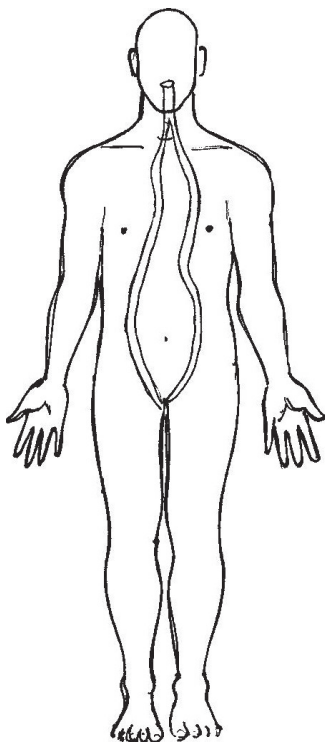
5.2 Πώς το πεπτικό σύστημα επεξεργάζεται τη στερεή και την υγρή τροφή;

Παρανόηση

Το πεπτικό σύστημα αποτελείται από δύο διαφορετικούς σωλήνες, έναν σωλήνα για τα κόπρανα και έναν για τα σύρα.

Η επιστημονική αντίληψη

Πριν διδαχθούν στο σχολείο τη λειτουργία της πέψης, ορισμένοι μαθητές πιστεύουν ότι κάθε στερεή τροφή που καταναλώνουν εισέρχεται διαμέσου ενός σωλήνα «στερεών» στο σώμα τους και οτιδήποτε πίνουν εισέρχεται διαμέσου ενός ξεχωριστού σωλήνα «υγρών» (Εικόνα 5.2). Ο σωλήνας των «στερεών» συνδέεται κατ' ευθείαν με τον πρωκτό απ' όπου τα κόπρανα αποβάλλονται ως άχρηστα υλικά από το σώμα, αφού προηγουμένως από τις τροφές έχουν αφαιρεθεί τα ωφέλιμα συστατικά. Ομοίως ο σωλήνας των «υγρών» συνδέεται με το ουροποιητικό σύστημα με το οποίο αποβάλλεται οτιδήποτε



Εικόνα 5.2 Το πεπτικό σύστημα αποτελείται από δύο ξεχωριστούς σωλήνες (παρανόηση)

ποτε έχει παραμείνει στα υγρά, αφού το σώμα κρατήσει οτιδήποτε είναι απαραίτητο στον οργανισμό.

Αυτές οι παρανοήσεις είναι αποτέλεσμα της προσπάθειας των μαθητών να δομήσουν μια λογική εξήγηση για να συνδέσουν τη διαδικασία της κατανάλωσης στερεής τροφής με τη αφόδευση και της κατανάλωσης υγρών με την ούρηση, διότι αντιλαμβάνονται ότι, υπάρχει σχέση αιτίου-αποτελέσματος μεταξύ όσων εισέρχονται και όσων εξέρχονται. Γνωρίζουν ιδιαίτερος ότι η κατανάλωση μεγάλου όγκου υγρών προκαλεί έντονη ανάγκη για ούρηση. Κατανοούν με σαφήνεια πώς αρχίζουν και πώς τελειώνουν τα γεγονότα αλλά η ενδιάμεση διαδικασία είναι μυστήριο γι' αυτούς, διότι συμβαίνει μέσα στο «μαύρο κουτί» του σώματός τους.

Οτιδήποτε φάμε ή πούμε ακολουθεί την ίδια διαδρομή διαμέσου του πεπτικού συστήματος. Πολλά παιδιά αντιλαμβάνονται ότι, η «στερεή» τροφή ταξιδεύει από το στόμα στον πρωκτό. Σε πολλά σημεία αυτής της διαδρομής θρεπτικά συστατικά απορροφώνται από την τροφή στο αίμα. Τα «υγρά» (π.χ. ποτά, σουπες) αν και συνήθως έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό, ακολουθούν ακριβώς την ίδια διαδρομή. Το νερό απορροφάται από το αίμα στο στομάχι, στο παχύ έντερο και σε άλλες περιοχές. Όταν ο εγκέφαλος διαπιστώσει ότι υπάρχει επάρκεια νερού στο αίμα «λέει» στα νεφρά να αποβάλλουν περισσότερο νερό. Η ισορροπία λοιπόν αποκαθίσταται (βλέπε ένθετο κείμενο) και παράγεται το γνώριμο αίσθημα της ανάγκης για ούρηση. Όπως συμβαίνει και με τις περισσότερες στερεές τροφές, κάθε θρεπτικό συστατικό που περιέχεται στα υγρά απορροφάται από το πεπτικό σύστημα και εισέρχεται στο αίμα, για παράδειγμα η ζάχαρη των αναψυκτικών και οι πρωτεΐνες του γάλακτος (αν και αρχικά οι πρωτεΐνες διασπώνται σε απλούστερες ουσίες, δηλαδή **μεταβολίζονται**).

Είναι δυνατόν να αντιληφθούμε καλύτερα τη λειτουργία του ουροποιητικού συστήματος αν τη θεωρήσουμε μηχανισμό αποβολής των αχρήστων αποβλήτων του μεταβολισμού που συμβαίνει σε ολόκληρο τον οργανισμό. Έτσι γίνεται σαφές ότι τα ούρα δεν είναι απλώς το υπόλειμμα των υγρών που καταναλώνουμε (δείτε το ένθετο κείμενο). Σχετικές με αυτή τη λανθασμένη αντίληψη είναι και οι παρανοήσεις ότι οι τροφές που καταναλώνουμε λειώνουν μέσα στο σώμα και το στομάχι λειτουργεί σαν φίλτρο που διαχωρίζει τα καλά από τα άχρηστα συστατικά των τροφών.

Γνωρίζετε ότι;

Το ουροποιητικό σύστημα. Τόσο οι μαθητές όσο και οι ενήλικοι φαίνεται ότι δεν κατανοούν πλήρως την ανάγκη της λειτουργίας της ούρησης, αν και υπάρχει προφανής συσχέτιση μεταξύ της κατανάλωσης υγρών και της ούρησης. Το αίμα εισέρχεται στα νεφρά που λειτουργούν σαν φίλτρα, αφαιρώντας τις ουσίες που είναι άχρηστες για τον οργανισμό, ιδιαίτερος την ουρία (παραπροϊόν του μεταβολισμού των πρωτεϊνών) και φάρμακα, όπως είναι η αλκοόλη. Μπορούμε να πούμε με απλά

λόγια ότι τα νεφρά καθαρίζουν το αίμα. Για να αποβληθούν αυτές οι ουσίες από το αίμα πρέπει να διαλυθούν σε νερό: έτσι τα ούρα είναι σε υγρή κατάσταση. Η διαδικασία είναι περισσότερο σύνθετη από ό,τι περιγράψαμε καθώς τα νεφρά μπορούν και ρυθμίζουν την ποσότητα νερού που αποβάλλεται, ανάλογα με τις ανάγκες του σώματος. Για παράδειγμα τις ζεστές ημέρες χάνουμε πολύ νερό με τον ιδρώτα μέσω του δέρματος. Τότε παράγονται λιγότερα ούρα επειδή το σώμα χρειάζεται να εξοικονομήσει νερό για να μην αφυδατωθεί. Αν πάψουν να λειτουργούν και τα δύο νεφρά επέρχεται ο θάνατος, από τις τοξίνες που συσσωρεύονται στο αίμα.

Αναδόμηση

Επειδή η αρχική παρανόηση, δηλαδή ότι υπάρχει ένας σωλήνας τροφής και ένας σωλήνας υγρών είναι εν μέρει αληθινή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση για την οικοδόμηση περισσότερο σωστών επιστημονικών ιδεών. Αναφέρετε στους μαθητές ότι, αν απορρίψουν την ιδέα ότι υπάρχει σωλήνας υγρών, θα βρίσκονται στη σωστή κατεύθυνση, διότι όλες οι τροφές σε στερεή ή υγρή μορφή ακολουθούν τη διαδρομή μέσα από το σωλήνα των «στερεών τροφών» και το πεπτικό σύστημα τις επεξεργάζεται με τον ίδιο τρόπο.

Επισημάνετε ότι το χρώμα των ούρων δεν μεταβάλλεται ανάλογα με το είδος του υγρού που έχουμε πιεί, δηλαδή ανεξάρτητα από το αν έχετε πιεί νερό, αναψυκτικό ή γάλα, τα ούρα είναι κίτρινα. Αν καταναλώνετε μεγάλες ποσότητες γάλακτος, τα κόπρανα παίρνουν μια πιο λευκή απόχρωση λόγω της αυξημένης περιεκτικότητας σε λίπος. Αυτό το γεγονός στηρίζει ακόμα περισσότερο την άποψη ότι υπάρχει ένας σωλήνας τόσο για τα υγρά όσο και για τα στερεά. Περαιτέρω συζήτηση θα μπορούσε να γίνει για ορισμένες απλές ιδέες που βασίζονται στην ισορροπία του νερού, π.χ. το γεγονός ότι η απόχρωση των ούρων αλλάζει όχι λόγω του χρώματος των υγρών που πίνουμε αλλά από το αν το σώμα εξοικονομεί ή αποβάλλει νερό. Τις ζεστές μέρες το σώμα μας αποβάλλει λιγότερο νερό μέσω των ούρων, διότι έχει χάσει μεγάλες ποσότητες νερού μέσω του ιδρώτα. Σ' αυτή την περίπτωση τα ούρα έχουν μια πιο σκούρα κίτρινη απόχρωση, διότι περιέχουν λιγότερο νερό.

Πηγές: Brinkman και Boschhuizen (1989)· Equit κ.ά. (2013).

5.3. Το εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος

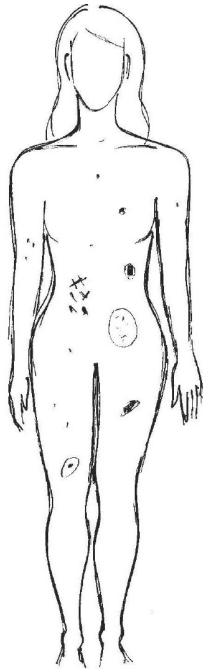
Παρανόηση

Ολόκληρο το εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος είναι ένας άδειος σάκος, που περιέχει αίμα, τροφή και άχρηστες ουσίες.

Η επιστημονική άποψη

Παρόλο που παιδιά μικρής ηλικίας αντιλαμβάνονται ότι το ανθρώπινο σώμα περιέχει διάφορα όργανα, ίσως δεν μπορούν να διακρίνουν σε ποια σημεία εκτελούνται οι απαραίτητες λειτουργίες για τη ζωή, όπως η πέψη και η απέκκριση. Γι' αυτά όλο το σώμα είναι ένα μεγάλος σάκος, όπου επιπλέουν οι τροφές που έχουν καταναλωθεί και αναμειγνύονται μαζί με άλλα πράγματα που υπάρχουν στο εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος. Για παράδειγμα, ορισμένα παιδιά έχουν σχεδιάσει τις τροφές να εισέρχονται σ' αυτό το σάκο και κατόπιν τις δείχνουν να κατευθύνονται προς τα κάτω προς τα πόδια, που τα θεωρούν επίσης κούφια εσωτερικά (Εικόνα 5.3).

Επειδή δεν μπορούμε άμεσα να παρατηρήσουμε το εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος, δεν πρέπει να μας εκπλήσσει ότι τα παιδιά χρησιμοποιούν τη φαντασία τους



Εικόνα 5.3 Το σώμα είναι ένας άδειος σάκος (παρανόηση)

για να δομήσουν μια εύλογη απεικόνιση του εσωτερικού του σώματός τους (δείτε επίσης τις Ενότητες 3.1 και 5.1).

Αναδόμηση

Όταν οι μαθητές διδάσκονται τη θέση των οργάνων του ανθρώπινου σώματος σε σχέση με τη λειτουργία τους, θα πρέπει να τους γίνει σαφές ότι η άποψη ότι το σώμα είναι ένας «άδειος σάκος» δεν είναι σωστή. Για να δείξουμε τη σωστή θέση των οργάνων στο εσωτερικό του σώματος μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις δραστηριότητες που προτείνονται στην Ενότητα 5.1. Ιδιαίτερως χρήσιμες είναι οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις, όπως τα πλαστικά μοντέλα του ανθρώπινου σώματος, διότι με αυτά καταρρίπτεται η άποψη ότι στο εσωτερικό του σώματος υπάρχει κενός χώρος. Σημειώστε ότι η χρήση πλαστικού ανθρώπινου σκελετού στη διδασκαλία μπορεί να ενισχύσει την παρανόηση του «άδειου σάκου» διότι τα οστά των πλευρών, η σπονδυλική στήλη και η λεκάνη δημιουργούν λανθασμένη εντύπωση κενού εσωτερικού χώρου.

Πηγές: Fraiberg (1959)· Osborne κ.ά. (1992).

5.4 Γιατί πρέπει να τρώμε;

Παρανόηση

Ο μόνος λόγος για τον οποίο τρώμε είναι διότι οι τροφές μας δίνουν ενέργεια.

Η επιστημονική άποψη

Σε αναλογία με τα «καύσιμα», οι τροφές μας εφοδιάζουν με την απαραίτητη ενέργεια ώστε να εκτελούνται οι λειτουργίες της ζωής (Ενότητα 2.1). Το ενεργειακό περιεχόμενο κάθε τροφής δίνεται σε kilojoules ή χιλιοθερμίδες (kcal).

Οι μαθητές ωστόσο είναι δυνατό να ξεχάσουν ότι πολλά θρεπτικά συστατικά έχουν κι άλλο ρόλο μέσα στο σώμα. Μετά την πέψη και την απορρόφησή τους από το αίμα οι πρωτεΐνες και τα λίπη αναδιατάσσονται (ανασυντάσσονται) σε νέα **μόρια** πρωτεϊνών και λιπών, τα οποία ενσωματώνονται στη δομή του σώματός μας. Για παράδειγμα, αμινοξέα από τις πρωτεΐνες μιας χοιρινής μπριζόλας μπορεί να γίνουν τελικά μέρος του δικέφαλου μυός μας. Δομικά στοιχεία του ζωικού λίπους από την ίδια μπριζόλα μπορεί να ενσωματωθούν στις μεμβράνες των κυττάρων που επενδύουν τους πνεύμονες. Επομένως, οι τροφές είναι απαραίτητες στα χρόνια της ανάπτυξης, διότι παρέχουν τις πρώτες ύλες για τη δομή του σώματός μας. Ακόμα και όταν η ανάπτυξη σταματήσει, οι τροφές είναι απαραίτητες, καθώς το σώμα «αυτο-επιδιορθώ-

νεται» συνέχεια λόγω απώλειας κυττάρων από τη φυσιολογική φθορά ή εξαιτίας ασθένειας.

Επιπλέον, οι υδατάνθρακες (που περιέχονται στα φρούτα, στο ψωμί, στο ρύζι και στη ζάχαρη) διασπώνται συνήθως σε γλυκόζη, η οποία χρησιμοποιείται ως «καύσιμο» στην κυτταρική αναπνοή παρέχοντας ενέργεια. Η κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων δημιουργεί περίσσεια γλυκόζης που μετατρέπεται σε σωματικό λίπος και αποθηκεύεται κάτω από το δέρμα, στην κοιλιά κ.α. Το ίδιο αποτέλεσμα συμβαίνει από την υπερβολική κατανάλωση τροφών με πολύ λίπος. Επίσης, **μεταλλικά στοιχεία** από τις τροφές ενσωματώνονται στις δομές του σώματός μας. Παραδείγματος χάρη το ασβέστιο ενσωματώνεται στα κόκκαλα και στα δόντια, οι βιταμίνες είναι απαραίτητες για ορισμένες χημικές αντιδράσεις μέσα στο σώμα. Τέλος, αν και οι φυτικές ίνες δεν χωνεύονται, χρειάζονται για την αποτελεσματική κίνηση των υλικών μέσα στα έντερα.

Αναδόμηση

Τα παιδιά του Δημοτικού γνωρίζουν γενικά ότι αν δεν φάνε «σωστές» τροφές, το σώμα τους δεν θα αναπτυχθεί. Οι γονείς το υπενθυμίζουν συχνά στα γεύματα. Επιπλέον, οι γονείς προειδοποιούν τα παιδιά τους ότι, αν καταναλώνουν «ακατάλληλες» τροφές θα γίνουν παχύσαρκα. Σ' αυτό το υπόβαθρο μπορεί να παρουσιαστεί η άποψη ότι, οι τροφές δεν παρέχουν μόνο ενέργεια αλλά γίνονται και δομικά στοιχεία στο σώμα μας, δηλαδή «είμαστε ό,τι τρώμε».

Το σώμα των μωρών αναπτύσσεται πολύ γρήγορα κατά τους πρώτους μήνες της ζωής τους. Κατόπιν η ανάπτυξη συνεχίζεται με μικρότερο ρυθμό μέχρι τα μέσα ή το τέλος της εφηβείας. Ρωτήστε τους μαθητές: *Από πού προέρχεται η μάζα που έχει προστεθεί στο σώμα τους; Δεν μπορεί απλώς να εμφανίστηκε χωρίς να προέρχεται από κάπου. Αν η επιστήμη είχε προοδεύσει αρκετά, θα μπορούσαμε να συσχετίσουμε κάθε τμήμα του σώματος με ένα συγκεκριμένο γεύμα που καταναλώσαμε στο παρελθόν.*

Πηγές: Smith και Anderson (1986).

5.5 Γιατί είναι σημαντικό να τρώμε πρωτεΐνες;

Παρανόηση

Είναι σημαντικό να τρώμε πρωτεΐνες, διότι είναι η κύρια πηγή ενέργειας του σώματός μας.

Η επιστημονική άποψη

Η συγκεκριμένη ιδέα σχετίζεται με την παρανόηση ότι ο μόνος λόγος που οι άνθρωποι τρέφονται είναι διότι η τροφή αποτελεί πηγή ενέργειας για τις λειτουργίες της ζωής (Ενότητα 5.4). Ωστόσο παραλείπεται το γεγονός ότι οι τροφές χρησιμεύουν επίσης ως πρώτες ύλες για την ανάπτυξη του οργανισμού και για την «επισκευή» του. Η σημασία των πρωτεϊνών ως ζωτικών θρεπτικών συστατικών είναι ιδιαίτερα γνωστή και ενισχύεται από τα μέσα ενημέρωσης και την αγωγή υγείας. Στην παρανόηση που αναφέρθηκε, ο μαθητής έχει αναμείξει μια (σωστή) αντίληψη για τη διατροφική αξία των πρωτεϊνών με τη (σωστή) αντίληψη ότι, τρεφόμαστε για να εφοδιάσουμε το σώμα μας, μεταξύ άλλων, με ενέργεια. Όμως, όπως συζητήθηκε στην Ενότητα 5.4, ο διατροφικός ρόλος των πρωτεϊνών δεν είναι η παροχή ενέργειας. Οι κύριες πηγές ενέργειας στο ανθρώπινο σώμα είναι οι υδατάνθρακες και τα λίπη. Σημειώστε ότι σε ειδικές περιπτώσεις, για παράδειγμα σε περιόδους αστίας, νηστείας ή έντονης σωματικής άσκησης, το σώμα *μπορεί* αντί για υδατάνθρακες να χρησιμοποιήσει πρωτεΐνες ως «επίγουσα» πηγή ενέργειας, αλλά αυτή δεν είναι η κανονική διαδικασία.

Σχετικές είναι και οι παρανοήσεις ότι το νερό και οι βιταμίνες είναι σημαντικές πηγές ενέργειας για το σώμα.

Αναδόμηση

Οι διδακτικές προσεγγίσεις που παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 5.4 είναι δυνατό να εφαρμοσθούν και εδώ.

Πηγές: Boyes και Stanisstreet (1990). Dreyfus και Jungwirth (1988). Lucas (1987).

5.6 Μπορεί η κατανάλωση λίπους να μας κάνει καλό;

Παρανόηση

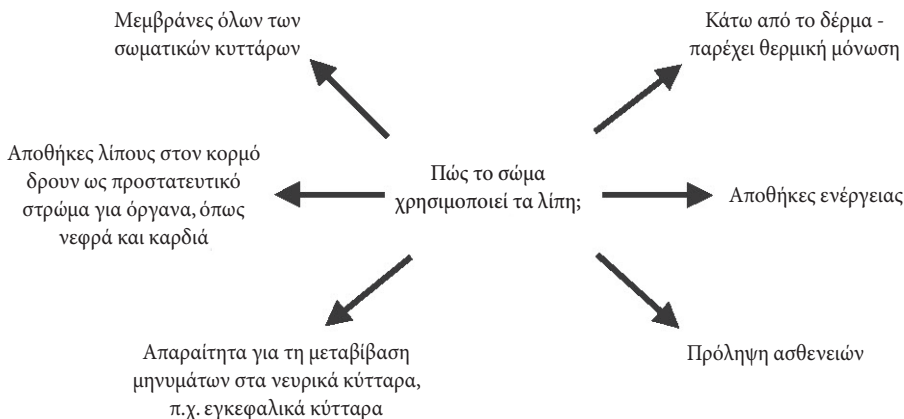
Το λίπος κάνει πάντοτε κακό.

Η επιστημονική άποψη

Τα προγράμματα αγωγής υγείας στο σχολείο και εκτός σχολείου εστιάζουν στο πρόβλημα της αύξησης της παχυσαρκίας στον αναπτυγμένο κόσμο. Στη Μεγάλη Βρετανία τα προβλήματα υγείας που προκύπτουν από την παχυσαρκία, δηλαδή οι καρδιοπάθειες (και γενικά καρδιαγγειακές παθήσεις), ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2, η αρθρίτιδα και η χαμηλή αυτοεκτίμηση είναι σοβαρό θέμα για τη δημόσια υγεία και

σπατάλη ιατρικών πόρων. Η κατανάλωση ζωικού λίπους από τροφές, όπως το κρέας, το βούτυρο και άλλα γαλακτοκομικά προϊόντα, έχει επισημανθεί ως σημαντικός παράγοντας τόσο της πρόκλησης παχυσαρκίας όσο και της διατήρησής της, και έχει οδηγήσει στα σύγχρονα δημοφιλή προληπτικά μέτρα, όπως είναι οι δίαιτες χαμηλών λιπαρών.

Επειδή αυτές οι ιδέες φαίνονται αυτονόητες οδηγούμαστε στη λανθασμένη αντίληψη ότι, *κάθε* πρόσληψη τροφικού λίπους είναι βλαβερή. Στην πραγματικότητα τα λίπη είναι ζωτικής σημασίας για τις λειτουργίες του οργανισμού μας (Εικόνα 5.6α) και αν σταματήσουμε να τρώμε λίπη θα ασθενήσουμε. Αν και υπάρχουν διαφορετικές απόψεις, συνήθως μια ισορροπημένη διατροφή περιλαμβάνει 45-65% υδατάνθρακες, 10-35% πρωτεΐνες και 20-35% λίπη (Εικόνα 5.6β). Για να αποτρέψουμε την παχυσαρκία αντί να αποφεύγουμε εντελώς τα λίπη, οι διατροφολόγοι συμβουλεύουν να μην ξεπερνάμε τα ποσοστά που αναφέρθηκαν. Ο κύριος ρόλος του διατροφικού λίπους είναι να εφοδιάζει το σώμα μας με ενέργεια, όπως συμβαίνει και με τους υδατάνθρακες. Για την ακρίβεια ίδια μάζα λίπους παρέχει διπλάσια ποσότητα ενέργειας απ' ό,τι ίση μάζα υδατανθράκων. Αυτή η υψηλή περιεκτικότητα του λίπους σε θερμίδες συμβάλλει στο πρόβλημα της παχυσαρκίας. Ορισμένα είδη διατροφικού λίπους είναι λιγότερο υγιεινά από άλλα. Για παράδειγμα τα κορεσμένα λίπη (π.χ. γαλακτοκομικά και κόκκινο κρέας) έχουν συνδεθεί με σοβαρές καρδιαγγειακές παθήσεις και με εμφάνιση καρκίνου. Ακόρεστα λίπη (ιχθυέλαια, ελαιόλαδο, ξηροί καρποί) έχουν συσχετισθεί σε μικρότερο βαθμό με προβλήματα υγείας. Όμως τα ακόρεστα τρανς λιπαρά (π.χ. το βούτυρο και ορισμένα μαγειρικά έλαια) αποτελούν εξαίρεση, διότι έχουν συνδεθεί στενά με καρδιακές παθήσεις.



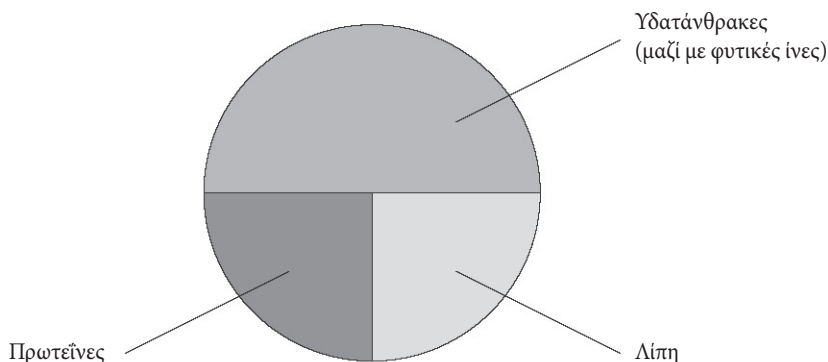
Εικόνα 5.6α Η σημασία των λιπών για το σώμα

Αναδόμηση

Όταν σε μεγάλες τάξεις του Δημοτικού διδάσκουμε υγιεινή διατροφή, συνήθως πληροφορούμε τους μαθητές ποιες τροφές διαθέτουν σε αφθονία συγκεκριμένα θρεπτικά συστατικά (π.χ. το κρέας, το ψάρι, τα αυγά κ.ά. περιέχουν πρωτεΐνες) κι αυτό συνήθως παρουσιάζεται ως διάγραμμα με μορφή πίτας. Σε κάθε κομμάτι πίτας υπάρχει η εικόνα μιας διαφορετικής τροφής και το μέγεθος του κομματιού παριστάνει το ποσοστό της τροφής που θα πρέπει να καταναλώνουμε σε μια ισορροπημένη διατροφή (στην Εικόνα 5.6β παρουσιάζεται ένα τέτοιο απλό διάγραμμα). Ο Βρετανικός Οργανισμός Προτύπων Διατροφής έχει δημοσιεύσει τη δική του εκδοχή που την ονομάζει «Πιάτο Καλής Διατροφής». Αυτές οι ιδέες είναι δυνατό να επεκταθούν και σε άλλες δραστηριότητες. Για παράδειγμα οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις πληροφορίες που αναγράφονται στις ετικέτες των συσκευασιών σχετικά με τη θρεπτική αξία των τροφίμων και να σχεδιάσουν ένα πρόγραμμα διατροφής για μια εξερευνητική αποστολή στην έρημο. Θα πρέπει να αποφασίσουν ποιες τροφές θα πάρουν μαζί τους για τρεις μέρες, αφού λάβουν υπόψη τις οδηγίες για μια ισορροπημένη διατροφή.

Ζητήστε από τους μαθητές να δημιουργήσουν μια αφίσα του ανθρώπινου σώματος χρησιμοποιώντας βιβλία ή το διαδίκτυο, όπου θα φαίνεται σε ποια σημεία υπάρχουν αποθήκες λίπους και πού παίζει το λίπος σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό.¹ Πληροφορήστε τους ότι μια διάσημη δίαιτα αδυνατίσματος που συνιστά πρόσληψη σημαντικά υψηλότερου ποσοστού λίπους από το κανονικό, οδηγεί σε απώλεια σωματικής μάζας –χωρίς φανερές μόνιμες βλαβερές συνέπειες– λόγω δραστικού περιορισμού των υδατανθράκων.

Πηγή: Turner (1997).



Εικόνα 5.6β Η προτεινόμενη αναλογία μιας ισορροπημένης διατροφής

1. Χειριστείτε το θέμα με διακριτικότητα και ευαισθησία καθώς πολλοί μαθητές δημοτικού μπορεί να είναι υπέρβαροι.

5.7 Η θρεπτική αξία των γαλακτομικών προϊόντων

Παρανόηση

Όλα τα γαλακτοκομικά προϊόντα μας κάνουν καλό.

Η επιστημονική άποψη

Στη Μεγάλη Βρετανία, από το 1950 μέχρι το 1990, το αγελαδινό γάλα και τα παράγωγά του (π.χ. το βούτυρο, η κρέμα, το γιαούρτι, το παγωτό, το σοκολατούχο γάλα κ.ά.) προβλήθηκαν ως τροφές με διατροφική αξία. Διαφημιστικές καμπάνιες που μας έλεγαν να πίνουμε ένα ποτήρι γάλα κάθε μέρα καλλιέργησαν στην εθνική συνείδηση την ιδέα ότι, τα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι σημαντικά για έναν υγιεινό τρόπο ζωής. Πράγματι ιδιαιτέρως το γάλα διαθέτει σημαντικά θρεπτικά συστατικά. Το πλήρες γάλα («κατ' ευθείαν από την αγελάδα») περιέχει περίπου 4% λίπος, 4% ζάχαρη, 4% πρωτεΐνες, λιγότερο από 1% ανόργανα συστατικά (συμπεριλαμβανομένου του ασβεστίου) και το υπόλοιπο είναι νερό. Επίσης κατά τη διάρκεια της τεχνητής επεξεργασίας του προστίθενται απαραίτητες βιταμίνες και ανόργανα συστατικά. Γενικά τα γαλακτοκομικά προϊόντα έχουν υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο, λόγω του σημαντικού ποσοστού λίπους που περιέχουν. Το ποσοστό λίπους είναι ακόμα μεγαλύτερο στα παράγωγα του γάλακτος, όπως το τυρί και η κρέμα γάλακτος (και στα δύο έως 50%) καθώς και το βούτυρο (έως 80%).

Αν λάβουμε υπόψη μας αυτές τις τιμές, τα προϊόντα του γάλακτος μπορούν να συμπεριληφθούν σε μια ισορροπημένη διατροφή, στην οποία η πρόσληψη λίπους προτείνεται να είναι 20-35%. Σε άλλη ενότητα αυτού του βιβλίου συζητήσαμε τις βλαβερές συνέπειες της υπερβολικής κατανάλωσης τροφών υψηλής περιεκτικότητας σε λίπος, καθώς και την υψηλή περιεκτικότητα κορεσμένων λιπών στα γαλακτοκομικά προϊόντα, η οποία έχει συσχετισθεί με καρδιακές παθήσεις (Ενότητα 5.6). Επίσης διατίθεται επεξεργασμένο «υγιεινότερο» γάλα με λιγότερα λιπαρά. (Υπάρχουν δύο κατηγορίες: με περιεκτικότητα σε λιπαρά 1,5% και 0,25%.) Η ένταξη γάλακτος χαμηλών λιπαρών στη διατροφή έχει συσχετισθεί με μείωση της παχυσαρκίας και των καρδιοαγγειακών παθήσεων. Επιπλέον πρόβλημα με τα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι η μη ανοχή στη λακτόζη, που υπάρχει στο 4% του πληθυσμού της Μεγάλης Βρετανίας. Επίσης, έχουν υπάρξει δημόσιες αντιπαραθέσεις και διαμάχες γύρω από την ύπαρξη φαρμάκων στο αγελαδινό γάλα, όπως αναβολικά στεροειδή, αυξητικές ορμόνες και αντιβιοτικά, που δίνονται στις αγελάδες. Όμως μέχρι σήμερα δεν έχουν αποκαλυφθεί παθήσεις που να σχετίζονται με αυτά τα συστατικά.

Αναδόμηση

Ενημερώστε τους μαθητές ότι τα γαλακτοκομικά προϊόντα περιέχουν πολλά ωφέλιμα διατροφικά συστατικά, όπως πρωτεΐνες, σάκχαρα, λίπη, βιταμίνες, και μεταλλικά στοιχεία (όπως το ασβέστιο). Όμως πρόβλημα υπάρχει στην περιεκτικότητα σε λίπος διαφορετικών γαλακτοκομικών προϊόντων (στην περίπτωση του γάλακτος με «λιγότερα λιπαρά» δεν υπάρχει τέτοιο πρόβλημα, διότι η περιεκτικότητα σε λίπος είναι χαμηλή). Για παράδειγμα το βούτυρο, η κρέμα γάλακτος και το τυρί με «πλήρη λιπαρά» είναι τροφές υψηλής περιεκτικότητας σε λίπη. Στο πλαίσιο μιας ισορροπημένης και υγιεινής διατροφής λοιπόν θα πρέπει να καταναλώνονται με μέτρο.

Πηγή: Turner (1997).

5.8 Ποιες τροφές περιέχουν λίπη;

Παρανόηση

Οι τροφές περιέχουν λίπος, αν μπορούμε να το διακρίνουμε.

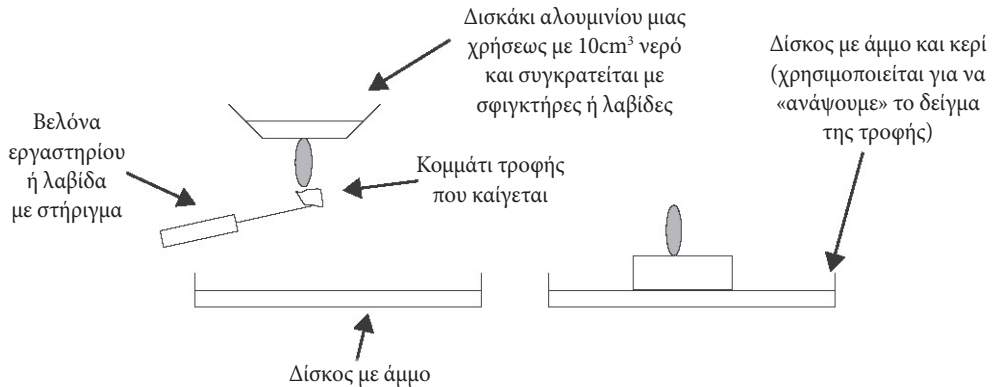
Η επιστημονική άποψη

Σε ορισμένα είδη κρέατος μπορούμε να διακρίνουμε το λίπος (π.χ. στο μπέικον, στα αρνίσια παϊδάκια, στις χοιρινές μπιριζόλες, στο χοιρινό μπούτι κ.α.). Όσοι προσέχουν τη διατροφή τους αφαιρούν αυτά τα μέρη από τα γεύματά τους. Όμως επειδή σε άλλες τροφές (πατατάκια, ξηρούς καρπούς, τυριά, στις κρέμες, στα γλυκά κ.ά.) το λίπος δεν είναι ορατό, οι μαθητές θεωρούν ότι αυτές οι τροφές δεν περιέχουν λίπος.

Αναδόμηση

Αναρτώντας στην αίθουσα διδασκαλίας μια αφίσα σαν αυτή που απεικονίζει το «Πιάτο Καλής Διατροφής» (Εικόνα 5.6β) βοηθάμε τους μαθητές να κατανοήσουν ότι, πολλά φαγητά είναι πλούσια σε λίπη, ακόμα κι όταν το λίπος δεν είναι ορατό. Η αντίληψη των μαθητών είναι δυνατό να ενισχυθεί αν εξετάσουν ετικέτες σε συσκευασίες τροφίμων. Πρακτικός κανόνας είναι ο εξής: Αν μετά την κατανάλωση μιας τροφής αισθανόμαστε τα χέρια μας λαδωμένα, τότε η τροφή περιέχει υψηλά επίπεδα λίπους (αυτό συμβαίνει με τα πατατάκια, τις τηγανητές πατάτες, τα παϊδάκια κ.ά.).

Ο διδάσκων μπορεί να δείξει το ενεργειακό περιεχόμενο των τροφών καίγοντας ίση μάζα διαφορετικών τροφών κάτω από ένα δοχείο που περιέχει μικρή ποσότητα νερού και να μετρήσει την αντίστοιχη αύξηση της θερμοκρασίας του νερού (Εικόνα



Εικόνα 5.8 Πείραμα για την επίδειξη του ενεργειακού περιεχομένου τροφών

5.8). Τροφές όπως είναι τα πατατάκια και τα φιστίκια κάσιους θερμαίνουν το νερό περισσότερο απ' όσο οι φρυγανιές σικάλεως ή τα ζυμαρικά, λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητάς τους σε λίπος. Το λίπος περιέχει δύο φορές περισσότερη ενέργεια από τους υδατάνθρακες.²

Πηγή: Turner (1997).

Προσοχή στην ασφάλεια!

Φλόγα στην αίθουσα διδασκαλίας. Επειδή οι φλόγες κεριών είναι επικίνδυνες τόσο για την πρόκληση πυρκαγιάς όσο και εγκαύματος, όταν πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε φλόγες στην αίθουσα διδασκαλίας, είναι απαραίτητο να αξιολογήσουμε τους κινδύνους και να προετοιμαστούμε κατάλληλα. Λόγω του σχήματος που συνήθως έχουν τα κεριά είναι πιθανό να ανατραπούν. Γι' αυτό μπορείτε να κάνετε το εξής. Μέσα σ' ένα μικρό δίσκο αλουμινίου μιας χρήσεως, διαμέτρου περίπου 20cm, τοποθετήστε μια ποσότητα άμμου. Κατόπιν, πριν ανάψετε το κερί, τοποθετήστε το στην άμμο. Βεβαιωθείτε ότι η βάση του κεριού είναι αρκετά βυθισμένη μέσα στην άμμο, ώστε δύσκολα να ανατρέπεται. Ασφαλέστερα είναι τα κεριά «ρεσώ» που χρησιμοποιούμε για να διατηρούμε το φαγητό ζεστό διότι έχουν χαμηλά το κέντρο βάρους. Πληροφορήστε τους μαθητές ότι όταν εργάζονται με γυμνή φλόγα υπάρχει κίνδυνος να πάθουν εγκαύματα στα δάκτυλα ή να πάρουν φωτιά τα ρούχα τους. Θα πρέπει να γνωρίζετε πού βρίσκεται ο πυροσβεστήρας μέσα στην αίθουσα διδασκαλίας και πώς χρησιμοποιείται (διαβάστε τις οδηγίες χρήσης πά-

2. Με μεγαλύτερους και πιο ώριμους μαθητές, και μόνο μετά από κατάλληλη εκπαίδευση σε θέματα ασφαλείας, θα μπορούσατε να εξετάσετε την περίπτωση να εκτελέσουν οι ίδιοι οι μαθητές αυτό το πείραμα.

νω στον πυροσβεστήρα). Κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων με γυμνή φλόγα θα πρέπει ο πυροσβεστήρας να βρίσκεται κοντά και να είναι άμεσα διαθέσιμος. Η απόφαση για το αν θα χρησιμοποιήσετε κεριά στην αίθουσα διδασκαλίας είναι ζήτημα αξιολόγησης του κινδύνου. Γενικά κάτι τέτοιο είναι αρκετά ασφαλές με μαθητές Δημοτικού μεγάλων τάξεων με ώριμη συμπεριφορά. Σε κάθε περίπτωση οι μαθητές δεν θα ανάψουν μόνοι τα κεριά, με σπέρτα ή αναπτήρες, αλλά θα τα ανάψει ο/η εκπαιδευτικός.

5.9 Τα φυτά χρειάζονται τροφή;

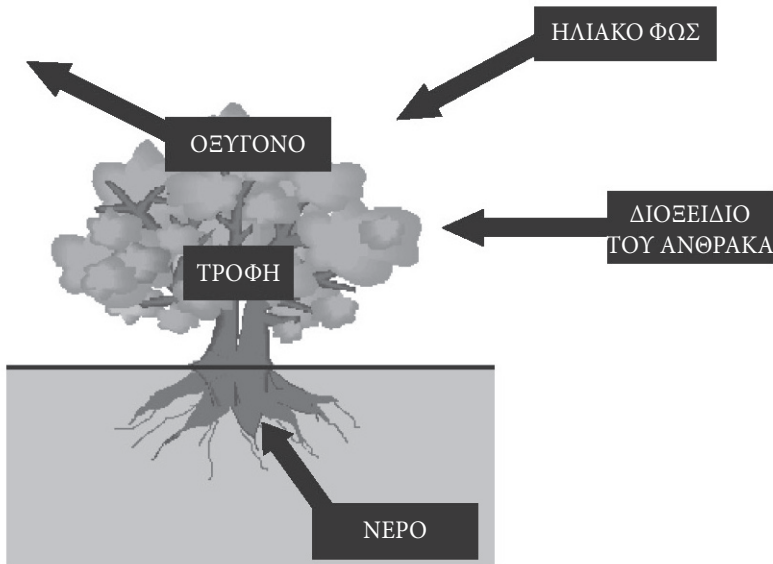
Παρανόηση

Τα φυτά παίρνουν την τροφή τους από το έδαφος.

Η επιστημονική άποψη

Αυτή είναι πολύ συνηθισμένη άποψη και φαίνεται λογική στους μαθητές, διότι συνδέουν δύο γνώσεις που έχουν για τα φυτά, δηλαδή ότι το φυτό παίρνει νερό με τις ρίζες του από το έδαφος και ότι το φυτό αναπτύσσεται διαρκώς. Πράγματι ορισμένα συστατικά που είναι ζωτικής σημασίας για τη ζωή του φυτού λαμβάνονται από το φυτό διαμέσου των ριζών του, για παράδειγμα το νερό, αζωτούχες ενώσεις για τη σύνθεση των πρωτεϊνών και μαγνήσιο για τη σύνθεση της χλωροφύλλης. Όμως αυτά τα συστατικά δεν αποτελούν τροφή του με αυστηρά επιστημονικά κριτήρια. Για να χαρακτηριστεί μια χημική ουσία ως τροφή θα πρέπει να παρέχει ενέργεια στον οργανισμό, διασπώμενη, κατά τη διάρκεια της κυτταρικής αναπνοής. Στα φυτά μόνο οι υδατάνθρακες, όπως είναι η γλυκόζη και το άμυλο, είναι τροφές από επιστημονική άποψη. Οι υδατάνθρακες σχηματίζονται στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, όπου, το φυτό μετατρέπει το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό σε γλυκόζη (τροφή) και σε οξυγόνο, παρουσία ηλιακού φωτός. Επομένως, ένα φυτό δεν λαμβάνει την τροφή του έτοιμη από το περιβάλλον, όπως κάνουν τα ζώα, αλλά το ίδιο είναι ένα είδος «εργοστασίου παραγωγής τροφής»: συνθέτει τη γλυκόζη που χρειάζεται από πρώτες ύλες και την αποθηκεύει στη συνέχεια ως άμυλο (Εικόνα 5.9).

Στο πλαίσιο της καθημερινής αντίληψης σαν «τροφή» θεωρείτε γενικά οτιδήποτε προσλαμβάνουν οι οργανισμοί για τη διατροφή τους. Έτσι, ό,τι προσλαμβάνουν τα φυτά από το έδαφος θεωρείται τροφή. Σ' αυτό το πλαίσιο, γίνεται κατανοητή η αντίληψη ότι «τα φυτά λαμβάνουν την τροφή τους από το έδαφος». Όμως αυτό είναι ένα παράδειγμα σύγκρουσης της καθημερινής με την επιστημονική αντίληψη και δημιουργεί σύγχυση στους μαθητές. Η σήμανση «φυτική τροφή» στις συσκευασίες των λιπασμάτων ενισχύει αυτή την καθημερινή, αλλά επιστημονικά λανθασμένη αντίληψη.



Εικόνα 5.9 Οι παράγοντες της φωτοσύνθεσης

Αυτή η παρανόηση είναι δυνατό να εκμαιευθεί με ερωτήσεις όπως «Όταν από ένα βελανίδι μετά από χρόνια μπορεί να αναπτυχθεί μια ολόκληρη βελανιδιά, από που προέρχεται αυτή η έξτρα μάζα;». Είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι μέρος της μάζας του φυτού πράγματι προέρχεται από το έδαφος με τη μορφή του νερού που απορροφάται από τις ρίζες και μετατρέπεται σε υδατάνθρακες. Επίσης νερό παραμένει στους ιστούς του φυτού. Όμως αυτό το νερό δεν μπορεί να θεωρηθεί τροφή, διότι με τη μορφή με την οποία απορροφάται, δεν λειτουργεί ως πηγή ενέργειας για το φυτό.

Αναδόμηση

Αυτή η παρανόηση απορρίπτεται με απλό τρόπο. Ζητήστε από τους μαθητές να φυτέψουν ένα σπόρο, π.χ. φασολιού, σε ένα μικρό γλαστράκι με χώμα. Πριν φυτέψουν το φασόλι θα ζυγίσουν τη γλάστρα με το χώμα και μετά θα ζυγίσουν και το φασόλι μόνο του. Φυτεύουν το φασόλι και το αφήνουν να μεγαλώσει για μερικές εβδομάδες, σε ένα ηλιόλουστο σημείο της τάξης, ποτίζοντάς το συχνά. Στο τέλος να ζυγίσουν ξανά τη γλάστρα με το χώμα αφαιρώντας προσεκτικά το φυτό, και το φυτό χωριστά. Η μάζα του φυτού θα έχει αυξηθεί ενώ η μάζα του χώματος (και της γλάστρας) θα έχει μείνει σχεδόν σταθερή. Επισημάνετε στους μαθητές ότι η σημαντική αύξηση της μάζας του φυτού δεν μπορεί να οφείλεται στο χώμα, ακόμα κι αν η τελική μάζα του χώ-

ματος είναι λίγο μικρότερη από την αρχική. Χρησιμοποιήστε αυτή την ιδέα ως αφετηρία για να εξηγήσετε ότι η αύξηση της μάζας οφείλεται στο νερό του χώματος και στο διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας.³

Συνηθισμένη δραστηριότητα στο νηπιαγωγείο είναι η αποτύπωση φύλλων φυτών. Χρησιμοποιούμε τα φύλλα σαν σφραγίδες χρωματίζοντάς τα από τη μία πλευρά και πιέζοντας αυτή την πλευρά πάνω σε χαρτί. Στο χαρτί αποτυπώνονται εντυπωσιακά σχέδια. Το παραμύθι *Fran's Flower* της Lisa Bruce μπορεί να αποτελέσει κατάλληλη εισαγωγή για να αντιληφθούν τα μικρά παιδιά τον τρόπο που τρέφονται τα φυτά.

Πηγές: Barker (1985)· Bell και Brook (1984)· Bruce (2000)· Smith και Anderson (1984)· Stavrou κ.ά. (1987)· Wandersee (1983).

5.10 Είναι όλα τα φάρμακα βλαβερά;⁴

Παρανόηση (αφορά μόνο την αγγλική γλώσσα)

Όλα τα φάρμακα είναι βλαβερά, παράνομα και προκαλούν εθισμό.

Η επιστημονική άποψη

Στην καθημερινότητα, για τους αγγλόφωνους μαθητές, η λέξη «drug» (φάρμακο) πα-
ραπέμπει στα ναρκωτικά που προκαλούν «ανεβασμένη διάθεση», είναι παράνομα, εί-
ναι βλαβερά για τον οργανισμό (ακόμη και θανατηφόρα σε υπερβολικές ποσότητες)
και προκαλούν εθισμό. Οι μαθητές ακούν φράσεις όπως «έχει πέσει στα ναρκωτικά»,
«έμπορος ναρκωτικών», «ναρκομανής». Όμως από επιστημονική άποψη ο όρος «drug»
έχει ευρύτερη σημασία και περιλαμβάνει κάθε χημική ουσία που έχει επίδραση στα
κύτταρα των ζωντανών οργανισμών, ευεργετική ή επιβλαβή. Στα φάρμακα (drugs)

3. (ΣΤΕ): Στην ουσία δεν είναι αυτή η εξήγηση! Η αύξηση του φυτού οφείλεται στα νέα κύτ-
ταρα που παράγονται συνέχεια με τη διαδικασία της διαίρεσης. Όλες οι χημικές ενώσεις που συ-
γκροτούν τα κύτταρα σχηματίζονται μέσα σ' αυτά με χημικές αντιδράσεις. Με τη φωτοσύνθεση
μπαίνει στα κύτταρα του φυτού ο άνθρακας που χρειάζεται για τη σύνθεση της γλυκόζης και για
όλες τις οργανικές ενώσεις που συγκροτούν τα κύτταρα του φυτού. Η γλυκόζη αποτελεί επίσης
και την πηγή ενέργειας, καθώς ο μεταβολισμός της στα πλαίσια μιας σειράς αντιδράσεων που λέ-
γονται «κυτταρική αναπνοή» παρέχει την απαραίτητη χημική ενέργεια στα φυτικά κύτταρα.

4. (ΣΤΕ): Στον τίτλο της ενότητας και στην παρανόηση αναφέρεται η αγγλική λέξη «drug».
Στην Αγγλική γλώσσα η λέξη «drug» σημαίνει και φάρμακο και ναρκωτικό. Επομένως η συγκε-
κριμένη παρανόηση αφορά μόνο αγγλόφωνους μαθητές και δεν έχει νόημα στην ελληνική γλώσ-
σα. Για την καλύτερη απόδοση της συγκεκριμένης ενότητας θα χρησιμοποιηθεί και ο αγγλικός
όρος στο κείμενο.

περιλαμβάνονται οι φαρμακευτικές ουσίες (medicines) που πωλούνται στα φαρμακεία, εθιστικές ουσίες που διατίθενται νόμιμα στο εμπόριο όπως το αλκοόλ, η νικοτίνη και η καφεΐνη και παράνομες ουσίες, όπως η τετραϋδροκαρβιννόλη (που βρίσκεται στην κάνναβη), η κοκαΐνη και η ηρωίνη. Επομένως τα περισσότερα φάρμακα (drugs) είναι ωφέλιμα, η κατοχή τους είναι νόμιμη (αν και για κάποια χρειάζεται ιατρική συνταγή) και δεν προκαλούν εθισμό.

Η άλλη λέξη για τα φάρμακα στην αγγλική γλώσσα («medicine») έχει πιο ειδική σημασία. Πρόκειται για μια φαρμακευτική ουσία που χρησιμοποιείται για την πρόληψη, τη διάγνωση ή τη θεραπεία μιας ασθένειας. Όλες οι φαρμακευτικές ουσίες (medicines) είναι φάρμακα (drugs), όμως κάθε φάρμακο (drug) δεν είναι και φαρμακευτική ουσία (medicine). Σε γενικές γραμμές, υπάρχει θετική εικόνα για οτιδήποτε ονομάζεται «medicine» και αρνητική εικόνα για οτιδήποτε γίνεται αντιληπτό ως «drug».

Αναδόμηση

Στη Μεγάλη Βρετανία οι μεγαλύτεροι μαθητές μαθαίνουν για τα φάρμακα και τα ναρκωτικά συνήθως στο μάθημα αγωγής υγείας. Έτσι θα έχουν ακούσει γι' αυτά εκτός του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών. Στην έκτη τάξη, στη Μεγάλη Βρετανία, υπάρχει μια ενότητα για τον υγιεινό τρόπο ζωής, τη διατροφή και τη σωματική άσκηση στο αναλυτικό πρόγραμμα των Φυσικών Επιστημών. Μπορεί να επιλέξετε να διδάξετε για τα ναρκωτικά και τα φάρμακα στις Φυσικές Επιστήμες. Στο νηπιαγωγείο ο εκπαιδευτικός μπορεί να παρουσιάσει πάνω σε ένα τραπέζι αντικείμενα που βρίσκονται στο σπίτι, από τα οποία άλλα είναι επιβλαβή για τον άνθρωπο κι άλλα ασφαλή. Στα επικίνδυνα περιλαμβάνονται το λάδι αυτοκινήτων, το καθαριστικό φούρνου ηλεκτρικής κουζίνας, τα χρώματα, οι διαλύτες χρωμάτων. Θυμίστε στους μαθητές ότι οι φαρμακευτικές ουσίες μπορεί να είναι πολύ επικίνδυνες εκτός αν μας τις έχει συνταγογραφήσει ο γιατρός.

Πηγές: Bjornsdottir κ.ά. (2009)· Cruikshank (2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΤΡΟΦΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

6.1 Κανόνες σχεδιασμού τροφικών αλυσίδων

Παρανόηση

Σε μια τροφική αλυσίδα το βέλος σημαίνει «τρώει».

Η επιστημονική άποψη

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.1α, συχνά οι μαθητές σχεδιάζουν τροφικές αλυσίδες με τα βέλη αντεστραμμένα, που λανθασμένα δείχνουν ότι ο λαγός είναι **θηρευτής** της αλεπούς, αν και οι μαθητές όταν ερωτηθούν ποιος τρώει ποιον, θα απαντήσουν το αντίθετο. Το λάθος οφείλεται στη διαδεδομένη αντίληψη ότι, όταν χρησιμοποιούμε ένα βέλος ως σύμβολο, η κατεύθυνσή του δείχνει την **κατεύθυνση μιας δράσης**. Δηλαδή στη μύτη του βέλους τοποθετείται το σώμα στο οποίο εκτελείται η δράση. Για παράδειγμα στη Φυσική το διάνυσμα της δύναμης σχεδιάζεται με κατεύθυνση από το σώμα που ασκεί τη δύναμη προς το σώμα στο οποίο δρα η δύναμη. Στα κόμικς τα βέλη παριστάνουν την κίνηση ενός σώματος από μία θέση σε κάποια άλλη. Στις τροφικές αλυσίδες και στα τροφικά πλέγματα ζητάμε από τους μαθητές να αντιστρέψουν το συμβολισμό του βέλους με τον οποίο είναι εξοικειωμένοι, και να θυμούνται ότι η κατεύθυνση του βέλους που εδώ σημαίνει «τρώγεται από», δείχνει τον οργανισμό που τρώει τον προηγούμενο. Μια σωστή τροφική αλυσίδα απεικονίζεται στην Εικόνα 6.1β.

Χόρτα ← Λαγός ← Αλεπού

Εικόνα 6.1α Τροφική αλυσίδα με αντίστροφα βέλη (παρανόηση)

Χόρτα → Λαγός → Αλεπού

Εικόνα 6.1β Τροφική αλυσίδα με βέλη προς τη σωστή κατεύθυνση

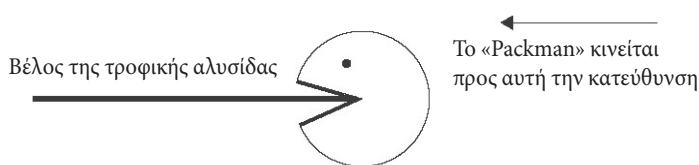
Οι μαθητές θα εντοπίσουν το λάθος τους αν τους ρωτήσουμε τι δείχνει η τροφική αλυσίδα που σχεδίασαν. Να ρωτήσουμε: οι λαγοί τρώνε τις αλεπούδες, είναι σωστό αυτό; Όμως αν δεν γνωρίζουν τους οργανισμούς στην τροφική αλυσίδα, δεν θα καταλάβουν το λάθος τους. Για παράδειγμα αν και το πουλί τσίχλα και οι αφίδες¹ αναφέρονται συχνά σε τροφικές αλυσίδες, πολλοί μαθητές δεν γνωρίζουν αυτούς τους οργανισμούς.

Αναδόμηση

Το θέμα αυτό δεν είναι εύκολο να αντιμετωπιστεί, καθώς οι μαθητές πρέπει να απομνημονεύσουν έναν κανόνα που συγκρούεται με το νόημα του συμβολισμού με βέλη που έχουν συνηθίσει. Έχουν λοιπόν την τάση τη μια μέρα να θυμούνται σωστά τη χρήση των βελών στις τροφικές αλυσίδες και την επόμενη να την ξεχνούν, επιστρέφοντας στην παρανόηση. Όπως συμβαίνει στη μάθηση με απομνημόνευση, η επανάληψη και η εξάσκηση θα βοηθήσουν.

Ένα τέχνασμα είναι να χρησιμοποιήσουμε τον «Μνημονικό Κανόνα του Packman», που παραπέμπει στο γνωστό βιντεοπαιχνίδι (Εικόνα 6.1γ). Πείτε στους μαθητές να σχεδιάζουν με μολύβι ένα «Packman» στο τέλος κάθε βέλους στην τροφική αλυσίδα και να φανταστούν ότι το «Packman» κινείται. Μπορεί να κινηθεί μόνο προς την κατεύθυνση που είναι το στόμα του. Έτσι και οι οργανισμοί στην τροφική αλυσίδα τρέφονται προς την κατεύθυνση που είναι στραμμένο το στόμα του «Packman». Να μην ξεχνούν να οβήνουν τα «Packman» στο τέλος της εργασίας τους.

Στην απεικόνιση των τροφικών αλυσίδων επειδή ορισμένοι οργανισμοί είναι άγνωστοι στους μαθητές, είναι καλή ιδέα να χρησιμοποιούνται φωτογραφίες ή σκίτσα οργανισμών, όχι μόνο τα ονόματα (Εικόνα 6.1δ). Όταν κάθε οργανισμός απεικονίζεται με αυτό



Εικόνα 6.1γ Μνημονικός κανόνας του Packman



Εικόνα 6.1δ Τροφικές αλυσίδες με εικόνες των οργανισμών

1. (ΣτΕ): Η μελίγκρα των φυτών.

τον τρόπο, είναι προφανές ποιος είναι ο θηρευτής και ποιο το **θήραμα**. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις εικόνες που χρησιμοποιήσατε στις ασκήσεις ταξινόμησης (Ενότητα 2.2).

Πηγή: Schollum (1983).

6.2 Τροφικές αλυσίδες και μεγέθη πληθυσμών

Παρανόηση

Αν πεθάνουν πολλές κάμπιες, αυτό δεν επηρεάζει καθόλου τον αριθμό των τσουκνίδων ή των σκαντζόχοιρων.

Τσουκνίδα —————> Κάμπια —————> Σκαντζόχοιρος

Εικόνα 6.2 Μια απλή τροφική αλυσίδα

Η επιστημονική άποψη

Οι μαθητές μπορεί να μην αντιλαμβάνονται τις συνέπειες των αλλαγών στα μεγέθη των πληθυσμών σε ένα οικοσύστημα. Η δήλωση που αναφέρθηκε ως παρανόηση δείχνει ότι η μείωση ενός πληθυσμού δεν επηρεάζει τους άλλους πληθυσμούς στην ίδια τροφική αλυσίδα. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα αν οι κάμπιες μειωθούν αριθμητικά, επειδή οι κάμπιες είναι η τροφή των σκαντζόχοιρων, θα ελαττωθεί και ο αριθμός των σκαντζόχοιρων, διότι κάποιοι θα πεθάνουν αφού δεν θα βρίσκουν τροφή. Επιπλέον, λόγω της ελάττωσης της διαθέσιμης τροφής, θα ελαττωθεί και ο ρυθμός αναπαραγωγής των σκαντζόχοιρων που επιβίωσαν (Εικόνα 6.2). Άλλο αποτέλεσμα της μείωσης του πληθυσμού της κάμπιας θα είναι η αύξηση των τσουκνίδων, διότι στο οικοσύστημα θα υπάρχουν τώρα λιγότερες κάμπιες και θα φάνε λιγότερες τσουκνίδες.

Στην πραγματικότητα θα μπορούσε να προκύψει μια πιο σύνθετη κατάσταση: ίσως αυξηθεί ο πληθυσμός ενός άλλου οργανισμού που ανταγωνίζεται με τις κάμπιες² και αυτοί οι οργανισμοί θα φάνε περισσότερες τσουκνίδες, με αποτέλεσμα ο πληθυσμός των τσουκνίδων να μένει σταθερός. Επίσης, οι σκαντζόχοιροι μπορεί να τρώνε και άλλες τροφές, και μετά την ελάττωση του πλήθους των καμπιών να αρχίσουν να τρώνε άλλο θήραμα, κι έτσι αποφεύγουν την αιτία. Όμως, επειδή τα μόνα στοιχεία που διαθέτουμε είναι η τροφική αλυσίδα της Εικόνας 6.2, είμαστε υποχρεωμένοι να περιορίσουμε τις προβλέψεις μας για τις αλλαγές στους πληθυσμούς του οικοσυστήματος, μόνο στους οργανισμούς στη συγκεκριμένη τροφική αλυσίδα.

2. (ΣτΕ): Δηλαδή τρώει κι αυτός τσουκνίδες.

Άλλες παρανοήσεις περιλαμβάνουν το γεγονός ότι οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται ότι η τροφική αλυσίδα είναι ενιαίο σύστημα, όπου το πλήθος ενός οργανισμού επηρεάζει το πλήθος όλων των υπολοίπων. Μαθητές που κατορθώνουν να προβλέψουν την επίδραση της μεταβολής ενός πληθυσμού όταν υπάρχει σχέση θηρευτή και θηράματος, ορισμένες φορές ξεχνούν να συμπεριλάβουν την επίδρασή της στο πλήθος των *παραγωγών* (δηλαδή των φυτών) και συνήθως προβλέπουν ότι αυτό το πλήθος μένει σταθερό. Σε άλλη περίπτωση θεωρούν ότι αν και η μεταβολή του πλήθους των θηραμάτων επηρεάζει το πλήθος των θηρευτών, δεν ισχύει το αντίστροφο. Για παράδειγμα θεωρούν ότι, αν το πλήθος των σκαντζόχοιρων ελαττωθεί, ο πληθυσμός των καμπιών θα αυξηθεί, αλλά αν ελαττωθεί το πλήθος των καμπιών δεν θα επηρεασθεί ο πληθυσμός των σκαντζόχοιρων. Άλλη μία παρανόηση είναι η εξής: Όταν μεταβληθεί ένας πληθυσμός, επηρεάζεται μόνο το είδος που βρίσκεται σε άμεση τροφική σύνδεση. Για παράδειγμα, η ελάττωση των τσουνκνίδων θα επηρεάσει μόνο τις κάμπιες αλλά όχι τους σκαντζόχοιρους. Όταν δεν έχουμε κατανοήσει τα αποτελέσματα της μεταβολής των πληθυσμών σε όλη την έκτασή τους, δεν αντιλαμβανόμαστε τι σημαίνει ο χαρακτηρισμός «απειλούμενο είδος» όταν το ακούμε στις ειδήσεις. Θεωρούμε ότι κινδυνεύει μόνο το συγκεκριμένο είδος, ενώ στην πραγματικότητα μάλλον θα επηρεαστούν και άλλα είδη στο οικοσύστημα.

Γνωρίζετε ότι;

Ο φρύνος του ζαχαροκάλαμου. Οι φρύνοι του ζαχαροκάλαμου εισάχθηκαν στην Αυστραλία το 1930 για να ελεγχθεί ο πληθυσμός των σκαθαριών που κατέστρεφαν τις φυτείες ζαχαροκάλαμου. Όπως αναμενόταν, μετά την εισαγωγή των φρύνων ο πληθυσμός των σκαθαριών ελαττώθηκε. Όμως η παρουσία των φρύνων επηρέασε τις τοπικές τροφικές αλυσίδες. Κροκόδειλοι και άλλα ζώα που έτρωγαν τους φρύνους άρχισαν να πεθαίνουν διότι το δέρμα των συγκεκριμένων φρύνων είναι δηλητηριώδες. Οι φρύνοι έγιναν τώρα η νέα απειλή. Στη συνέχεια εισήχθη είδος μυρμηγκιών, που τρέφεται με τους φρύνους.

Αναδόμηση

Όσο περισσότερες ασκήσεις με μεταβολές πληθυσμών σε τροφικές αλυσίδες κάνουν οι μαθητές, τόσο περισσότερο κατανοούν ότι, οι τροφικές αλυσίδες αναπαριστούν ένα αλληλοεξαρτώμενο σύστημα κι όχι απλώς μια σειρά από απομονωμένους θηρευτές και θηράματα ή σχέσεις μεταξύ *καταναλωτών* και *παραγωγών*.

Στα πραγματικά περιστατικά που περιγράφετε στους μαθητές ως παραδείγματα θα μπορούσατε να συμπεριλάβετε την προσπάθεια να ελεγχθούν οι καταστροφές που συμβαίνουν στη γεωργία, για παράδειγμα την εισαγωγή πληθυσμών πασχαλίτσας σε ένα οικοσύστημα με σκοπό την ελάττωση του πληθυσμού της αφίδας, ψείρας των φυτών που καταστρέφει τις καλλιέργειες.

Η μετάβαση από τις απλές ευθείες τροφικές αλυσίδες σε πιο σύνθετα τροφικά δίκτυα μπορεί να προκαλέσει προβλήματα. Ωστόσο είναι δυνατό να απλοποιήσουμε αυτή τη διαδικασία χρησιμοποιώντας οικοσυστήματα στα οποία ζουν είδη που γνωρίζουν οι μαθητές³ όπως τα λιβάδια της Αφρικής. Αρχικά να τοποθετήσουμε το λιοντάρι, τη ζέβρα, τον κροκόδειλο, την ακρίδα, την αντιλόπη, την ακακία, τη χλόη, τη λεοπάρδαλη κ.ά. σε γραμμικές τροφικές αλυσίδες, τις οποίες αργότερα θα μετατρέψουμε σε τροφικά δίκτυα ενώνοντας τις αλυσίδες μεταξύ τους με επιπλέον βέλη. Μια αφίσσα με ένα τροφικό δίκτυο στην τάξη είναι χρήσιμη, με εικόνες οργανισμών και χρωματιστές κλωστές αντί για βέλη.

Πηγές: Gotwals και Songer (2010)· Griffiths και Grant (1985)· Leach κ.ά. (1992).

6.3 Οι θηρευτές στις τροφικές αλυσίδες

Παρανόηση

Το γεράκι τρώει τα πουλιά τσίχλες, τις πασχαλίτσες και τις αφίδες.⁴



Εικόνα 6.3 Τροφική αλυσίδα με πολλούς θηρευτές

Η επιστημονική άποψη

Σε μια τροφική αλυσίδα, οι μαθητές θεωρούν ότι το ζώο που βρίσκεται στο τέλος τρώει όλους τους οργανισμούς που προηγούνται. Ίσως αυτό να οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές θεωρούν ότι μια τροφική αλυσίδα δείχνει ιεραρχία, όπως συμβαίνει στο στρατό: Οι βαθμίδες οπλίτης, δεκανέας, λοχίας, επιλοχίας κ.λπ. αποτελούν μια ιεραρχική σειρά όπου κάθε επόμενη βαθμίδα κυριαρχεί, έχει εξουσία στους κατώτερους βαθμούς. Δεν βοηθάει λοιπόν να λέμε στους μαθητές ότι το γεράκι είναι ο **ανώτερος θηρευτής**, διότι αυτός ο όρος παραπέμπει σε κυριαρχία.

Κάθε βέλος στην τροφική αλυσίδα παριστάνει μια μοναδική τροφική σχέση. Από την Εικόνα 6.3 μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το γεράκι τρέφεται με το πουλί τσίχλα. Το πουλί τσίχλα τρέφεται με πασχαλίτσες κ.ο.κ. Έχετε υπόψη ότι οι τροφικές

3. (ΣτΕ): Από την τηλεόραση και τα βιβλία.

4. (ΣτΕ): Με άλλη διατύπωση: *Ο τελευταίος οργανισμός σε μια τροφική αλυσίδα, τρώει όλους τους προηγούμενους.*

αλυσίδες είναι γραμμικές αναπαραστάσεις που δείχνουν μόνο μια διαδρομή,⁵ είναι απλουστεύσεις και δεν δείχνουν τη συνολική εικόνα. Μέσα σε ένα οικοσύστημα το γεράκι μπορεί να τρώει και άλλα είδη εκτός από τις τσίχλες. Αυτό για να το δείξουμε θα έπρεπε να βάλουμε ένα επιπλέον βέλος, από το άλλο είδος προς το γεράκι. Όμως τότε δεν θα είχαμε μια απλή *τροφική αλυσίδα* αλλά θα ήταν η αρχή για το σχεδιασμό ενός *τροφικού πλέγματος*.

Αναδόμηση

Θα πρέπει να γίνει σαφές στους μαθητές ότι σε μια τροφική αλυσίδα έχουν τροφική σχέση οι οργανισμοί που συνδέονται άμεσα μεταξύ τους. Δεν υπάρχει τροφική σχέση η οποία μπορεί να υπερβεί το **τροφικό επίπεδο**. Υπενθυμίστε στους μαθητές ότι όταν ένα ζώο είναι ο ανώτερος θηρευτής,⁶ δεν θα έπρεπε να έχει αναφερθεί ξανά), αυτό απλώς σημαίνει ότι δεν τρώγεται από άλλο ζώο στο οικοσύστημα, δεν έχει καμιά σχέση με κυριαρχία.

Εκδρομές και επισκέψεις σε διάφορα οικοσυστήματα θα βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν τις τροφικές αλυσίδες και τα τροφικά δίκτυα με άμεση παρατήρηση των τροφικών σχέσεων των οργανισμών στο φυσικό περιβάλλον τους.

Πηγές: Barman κ.ά. (1995)· Griffiths και Grant (1985).

6.4 Τι είναι η αλληλεξάρτηση;

Παρανόηση

Στα άγρια ζώα ουδέποτε εμφανίζεται έλλειψη τροφής.

Η επιστημονική άποψη

Τα μικρά παιδιά έχουν την τάση να θεωρούν ότι υπάρχει πάντα επάρκεια τροφής για τα άγρια ζώα τα οποία ζουν ειρηνικά μεταξύ τους διότι έχουν παρόμοιες ανάγκες – και καταβάλλουν κάθε προσπάθεια για να συνυπάρξουν. Αντιλαμβάνονται τα φυτά και τα ζώα σαν χωριστές, απομονωμένες οντότητες και δεν αντιλαμβάνονται ότι τα διάφορα είδη αποτελούν πληθυσμούς μιας κοινότητας και εξαρτώνται από τα υπόλοιπα για την επιβίωσή τους. Σε κάθε οικοσύστημα, επειδή οι διαθέσιμοι πόροι είναι

5. (ΣτΕ): Στις τροφικές σχέσεις στο οικοσύστημα.

6. (ΣτΕ): Πριν λίγο αναφέρθηκε ότι αυτός ο όρος ενισχύει την παρανόηση, δεν θα έπρεπε να έχει αναφερθεί ξανά.

συγκεκριμένοι,⁷ ανάμεσα στα είδη υπάρχει ανταγωνισμός μέχρι θανάτου για την επιβίωση. Σε αυτό τον ανταγωνισμό ορισμένα είδη θριαμβεύουν, ενώ κάποια άλλα που δεν τα καταφέρνουν τόσο καλά, μπορεί ακόμη και να εξαφανισθούν από το οικοσύστημα. Στην οικολογία, η ιδέα ότι οι οργανισμοί δεν ζουν απομονωμένοι αλλά υπάρχει ζωτική εξάρτηση ανάμεσά τους έχει εξαιρετική σημασία. Συνήθως αυτή η **αλληλεξάρτηση** εκδηλώνεται με τις τροφικές σχέσεις, ένας οργανισμός αποτελεί τροφή για κάποιον άλλο. Όμως η αλληλεξάρτηση δεν περιορίζεται μόνο στην τροφή. Ένας σπουργίτης έχει ανάγκη τη βελανιδιά για να φτιάξει τη φωλιά του. Υπάρχουν αλληλεπιδράσεις των ζωντανών οργανισμών με τα αβιοτικά στοιχεία του περιβάλλοντός τους. Για παράδειγμα τα φυτά προσλαμβάνουν ανόργανα συστατικά από το έδαφος.

Η παρανόηση αυτή ότι οι φυσικοί πόροι είναι ανεξάντλητοι μέσα σε ένα οικοσύστημα είναι προβληματική διότι θα υπονομεύσει αργότερα τη σωστή κατανόηση της έννοιας «βιωσιμότητα».

Σχετικές παρανοήσεις περιλαμβάνουν την ιδέα ότι τα άγρια ζώα τα φροντίζει και τα ταΐζει ο άνθρωπος και γι' αυτό ουδέποτε τους λείπει η τροφή, και ότι η τροφική αλυσίδα υπάρχει μόνο και μόνο για να παρέχει τροφή στους ανθρώπους.

Αναδόμηση

Όταν τα παιδιά μελετούν γραμμικές τροφικές αλυσίδες, δεν διακρίνουν με σαφήνεια την πραγματική κατάσταση, δηλαδή ότι υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ διαφορετικών οργανισμών για την ίδια πηγή τροφής. Η παρουσίαση **τροφικών πλεγμάτων** θα βοηθήσει τα παιδιά να κατανοήσουν ότι στην πραγματικότητα οι τροφικές αλυσίδες⁸ συνδέονται μεταξύ τους και ότι οι πληθυσμοί είναι δυνατό να αυξηθούν ή να μειωθούν εξαιτίας του ανταγωνισμού (δείτε την Ενότητα 6.2). Είναι καλύτερο τα παιδιά να αρχίσουν να σκέφτονται τις σχέσεις μεταξύ **σαρκοφάγων** και **φυτοφάγων** κι όχι μεταξύ των φυτοφάγων και παραγωγών, διότι είναι πιο εύκολο να κατανοήσουν τον ανταγωνισμό ανάμεσα σε ένα λιοντάρι και μια λεοπάρδαλη για αντιλόπες, παρά τον ανταγωνισμό ανάμεσα στις αντιλόπες και ένα άλλο φυτοφάγο είδος για τα χόρτα. Βασικές ιδέες για τη σχέση ζήτησης και προσφοράς ίσως βοηθήσουν τα παιδιά να αντιληφθούν πλήρως τι σημαίνει αλληλεξάρτηση. Οι φυσικοί πόροι της Γης δεν είναι απεριόριστοι. Σε ένα οικοσύστημα όταν ένας φυσικός πόρος βρίσκεται σε μικρή ποσότητα, η ζήτηση αυξάνεται. Για να ικανοποιηθεί αυτή η ζήτηση, ο αριθμός των ανταγωνιστών πρέπει να μειωθεί.

Πηγές: Leach κ.ά. (1992, 1996)· Munson (1994).

7. (ΣτΕ): Και δεν φτάνουν για όλους.

8. (ΣτΕ): Σε ένα οικοσύστημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΜΙΚΡΟΒΙΑ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΕΙΕΣ

7.1 Όλα τα μικρόβια είναι βλαβερά;

Παρανόηση

Όλα τα μικρόβια είναι βλαβερά για τον άνθρωπο.

Η επιστημονική άποψη

Είναι αξιοσημείωτο ότι συνδέουμε αυτόματα τα βακτήρια και τους ιούς με ασθένειες. Τα βλέπουμε σαν κάτι από τα οποία πρέπει να προστατευθούμε. Επιπλέον οι μαθητές μαθαίνουν ότι τα **μικρόβια** είναι εν μέρει υπεύθυνα για το γεγονός ότι οι τροφές χαλάνε. Αν και αυτές οι απόψεις είναι έγκυρες και ενισχύονται από τα θέματα στο αναλυτικό πρόγραμμα Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού για τις μολυσματικές ασθένειες και τον εμβολιασμό, οι μαθητές είναι δυνατό να παραγνωρίσουν ή να ξεχάσουν τη χρησιμότητα των μικροβίων στη ζωή μας. Τα βακτήρια και οι μύκητες χρησιμοποιούνται σε μεγάλη έκταση στη βιομηχανία τροφίμων και τη βιομηχανία φαρμάκων. Επίσης βοηθούν μέσω της *αποσύνθεσης* στην απαλλαγή του περιβάλλοντος από τα νεκρά φυτά και τα ζώα. Βακτηρίδια που ζουν στο εσωτερικό των εντέρων μας εκτελούν ζωτικές λειτουργίες μεταξύ των οποίων την πέψη των τροφών και την παραγωγή βιταμινών.

Αναδόμηση

Υπενθυμίστε στους μαθητές τι θα στερούμασταν αν δεν υπήρχαν τα μικρόβια, για παράδειγμα, το τυρί, το ψωμί, το γιαούρτι, τα αλκοολούχα ποτά, τα αντιβιοτικά αλλά και τα προϊόντα της γενετικής μηχανικής (όπως τα γενετικά τροποποιημένα φυτά). Επίσης τα μικρόβια παίζουν ζωτικό ρόλο σαν «καθαριστές της Φύσης» μέσω της διαδικασίας της αποσύνθεσης. Γι' αυτό χρησιμοποιούνται στη διαχείριση των αποβλή-

των. Σήμερα θεωρούμε ότι τα βιολογικά ποτά ζύμωσης και τα «ζωντανά» γιαούρτια είναι υγιεινά. Ενημερώστε τους μαθητές ότι αυτά τα προϊόντα περιέχουν ζωντανά βακτήρια. Παραδοσιακές δραστηριότητες, όπως η παρασκευή ψωμιού ή γιαουρτιού, δείχνουν στους μαθητές τη χρησιμότητα των μικροβίων.

Πηγές: Barenholz και Tamir (1987)· Byrne και Sharp (2006).

7.2 Έντομα και βακτήρια

Παρανόηση

Τα βακτήρια και τα έντομα ανήκουν στην ίδια ομάδα ζών γιατί είναι ζώφια.

Η επιστημονική άποψη

Στην καθομιλουμένη αγγλική γλώσσα η λέξη «bugs» χρησιμοποιείται και για τα αρθρόποδα και για τα μικρόβια και αυτό προκαλεί σύγχυση στα παιδιά. Αυτή η παρανόηση φανερώνεται όταν ζητήσουμε από τους μαθητές να σχεδιάσουν βακτήρια και εκείνοι τελικά σχεδιάζουν όντα που μοιάζουν με έντομα ή αράχνες. Στα πρώτα χρόνια της ζωής τους πολλά παιδιά διδάσκονται μια απλουστευμένη κατηγοριοποίηση για τα αρθρόποδα που υπάρχουν στα σπίτια όπως τα έντομα, οι αράχνες ή το ισόποδο γουρουνάκι, αποκαλώντας τα μαμούνια ή ζώφια. Ο όρος «μικρόβιο» εισάγεται σε μεγαλύτερες τάξεις του Δημοτικού, όμως οι μαθητές στην καθημερινότητα ακούνε τη λέξη «bug» για τα βακτήρια ακόμη και σε τηλεοπτικές σειρές όπως το *CSI* ή σε ιατρικά σήριαλ.

Στην αγγλική γλώσσα υπάρχει άλλη μια παρόμοια παρανόηση για τα βακτήρια που σχετίζεται με την καθημερινή χρήση της λέξης «germ» για κάθε τι μικρό και βλαβερό για τον άνθρωπο. Μαθητές που τους ζητήθηκε να σχεδιάσουν «germs» σχεδίασαν έντομα, αράχνες και μικρόβια.

Αναδόμηση

Είναι δυνατό να εκμαιεύσουμε αυτές τις παρανοήσεις ζητώντας από τους μαθητές να σχεδιάσουν μερικά μικρόβια. Με αφορμή αυτά τα σχέδια μπορούμε να αρχίσουμε να αποτρέπουμε τους μαθητές να αντιλαμβάνονται τα μικρόβια σαν έντομα, αράχνες κ.λπ. και να μάθουν να χρησιμοποιούν τους σωστούς όρους, αντί για τις λέξεις «ζώφια» και «μαμούνια». Υπενθυμίζοντας στους μαθητές τους κανόνες της βιολογικής ταξινόμησης τους βοηθάμε να αποσαφηνίσουν ότι τα μικρόβια και τα αρθρόποδα είναι εντελώς διαφορετικές ομάδες έμβιων όντων. Τα μικρόβια είναι μικροσκοπικοί μο-

νοκύτταροι οργανισμοί ενώ τα αρθρόποδα είναι πολύ μεγαλύτεροι, το σώμα τους χωρίζεται σε μέρη και διαθέτουν ζευγάρια ποδιών.

Πηγή: Nagy (1953).

7.3 Τι υπάρχει στο εσωτερικό ενός βακτηρίου;

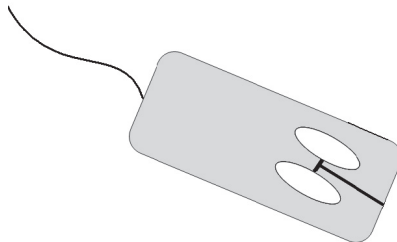
Παρανόηση

Τα βακτήρια έχουν έντερα και πνεύμονες.

Η επιστημονική άποψη

Όταν οι μαθητές κατανοήσουν ότι τα μικρόβια είναι μικροί, ανεξάρτητοι οργανισμοί, ίσως αρχίσουν να τους αποδίδουν ένα πλήθος ιδιοτήτων που διαθέτουν οι πολυκύτταροι οργανισμοί (Εικόνα 7.3). Σκέφτονται: Αφού τα μεγαλύτερα ζώα έχουν όργανα απολύτως απαραίτητα για τη ζωή τους, το ίδιο θα συμβαίνει και στα μικρόβια. Σχεδιάζουν λοιπόν τα βακτήρια με καρδιά, στόμα και αναπνευστικό και πεπτικό σύστημα.

Τα όργανα όπως οι πνεύμονες, που συναντάμε σε μεγαλύτερα ζώα είναι πολύπλοκα σύνολα ιστών που αποτελούνται από εκατομμύρια κύτταρα. Ένας οργανισμός λοιπόν, όπως είναι το βακτήριο, δεν είναι δυνατό να περιέχει τέτοια όργανα αφού είναι μονοκύτταρος οργανισμός. Πράγματι τα βακτήρια εκτελούν τις ίδιες βασικές λειτουργίες με αυτές των μεγαλύτερων οργανισμών¹, όπως είναι η κυτταρική αναπνοή και η θρέψη. Όμως επειδή το μέγεθός τους είναι τόσο μικρό, έχουν βρει απλούστερους μηχανισμούς για να εκτελούν αυτές τις λειτουργίες. Για παράδειγμα τα αερόβια βακτήρια δεν «αναπνέουν». Το οξυγόνο που είναι απαραίτητο για την κυτταρική αναπνοή απλώς εισχωρεί (**διαχέεται**) μέσα στο βακτήριο διαμέσου των εξωτερικών στρωμάτων



Εικόνα 7.3 Βακτήριο ζωγραφισμένο με πνεύμονες (παρανόηση)

1. Όμως στο ένθετο κείμενο που υπάρχει στην Ενότητα 1.1 δείτε τη συζήτηση για τους ιούς.

(του κυτταρικού τοιχώματος και της κυτταρικής μεμβράνης) και το ίδιο συμβαίνει με άλλα μόρια, όπως είναι της γλυκόζης που χρειάζεται στη θρέψη του βακτηρίου.

Αυτή η παρανόηση μοιάζει με τον τρόπο που ζωγραφίζουν τα παιδιά τα ζώα. Συχνά τα ζωγραφίζουν με ανθρώπινα χαρακτηριστικά (π.χ. πρόσωπο) για να τους δώσουν προσωπικότητα (ανθρωπομορφισμός).

Αναδόμηση

Η λεπτομερής περιγραφή του βακτηριακού κυττάρου ξεπερνά κατά πολύ την ύλη του δημοτικού, αν και τάξεις με προχωρημένα παιδιά θα μπορούσαν να προσεγγίσουν μερικώς ή εξ ολοκλήρου μια απλουστευμένη επιστημονική εξήγηση, όπως αυτή που προηγήθηκε.

Πηγές: Dreyfus και Jungwirth (1988, 1989).

7.4 Όλα τα μικρόβια είναι έμβια όντα;

Παρανόηση

Μέσα στο σώμα μας τα μικρόβια είναι ζωντανά, ενώ αυτό δεν συμβαίνει όταν είναι ελεύθερα στο περιβάλλον.

Επιστημονική άποψη

Οι μαθητές είναι δυνατό να αντιληφθούν ότι τα μικρόβια, όπως είναι τα βακτήρια που μολύνουν το ανθρώπινο σώμα και προκαλούν ασθένειες, είναι έμβια όντα, διότι έχουν ακούσει για τη «μάχη» μεταξύ του ανοσοποιητικού συστήματος και των μικροβίων που εισβάλλουν στον οργανισμό. Όμως, αν και οι μαθητές κατανοούν ότι τα μικρόβια υπάρχουν στο εξωτερικό περιβάλλον και χρειάζεται να προστατευόμαστε από τις μολύνσεις, π.χ. καθαρίζοντας τις πληγές, δεν αντιλαμβάνονται απαραίτητα ότι, όταν τα μικρόβια υπάρχουν ελεύθερα, είναι ζωντανοί οργανισμοί. Αντίθετα τα φαντάζονται σαν αφηρημένες οντότητες που έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν μολύνσεις και των οποίων την εμφάνιση και τη συμπεριφορά δυσκολεύονται να περιγράψουν. Μια παρόμοια παρανόηση είναι να θεωρούν ότι το ψωμί μουχλιάζει λόγω μη-βιοτικών περιβαλλοντικών παραγόντων, σε αναλογία με την οξείδωση του σιδήρου.

Είτε τα μικρόβια βρίσκονται μέσα στο ανθρώπινο σώμα είτε έξω από αυτό, είναι συνεχώς έμβια όντα. Σύγχυση είναι δυνατό να προκληθεί όταν οι μαθητές μάθουν ότι ορισμένα βακτήρια και μύκητες στο περιβάλλον παράγουν σπόρια. Όμως αν και τα

σπόρια είναι αδρανή και σε λανθάνουσα κατάσταση («κοιμούνται»), είναι ζωντανά και όταν ενεργοποιηθούν γίνονται μικροβιακά κύτταρα, όπως από ένα σπόρο βλαστάνει ολόκληρο φυτό σε ευνοϊκές συνθήκες.

Αναδόμηση

Όπως αναφέραμε στην Ενότητα 7.5 υπενθυμίστε στους μαθητές ότι τα μικρόβια, πριν προσβάλλουν έναν ανθρώπινο οργανισμό, προϋπήρχαν στο περιβάλλον του, έξω από αυτόν. Όταν τα μικρόβια ζούσαν στο περιβάλλον πρέπει να ήταν επίσης ζωντανά, διότι ο κύκλος της ζωής δεν μπορεί αν διακοπεί, εκτός κι αν τα μικρόβια πεθάνουν. Τα μικρόβια λοιπόν είναι ζωντανά ανεξάρτητα από το αν μολύνουν ή όχι έναν οργανισμό.² Η παρατήρηση φωτογραφιών του ίδιου μικρόβιου μέσα σε έναν οργανισμό και στο εξωτερικό περιβάλλον θα βοηθήσει τους μαθητές, όπως και η παρακολούθηση πολλαπλασιασμού βακτηρίων (π.χ. *E. coli*) στο περιβάλλον σε βίντεο που θα βρείτε στο διαδίκτυο. Αν είστε τυχεροί και το σχολείο σας διαθέτει μικροσκόπιο, οι μαθητές μπορεί να παρατηρήσουν έτοιμα³ παρασκευάσματα βακτηρίων και μυκήτων που θα κινήσει περισσότερο το ενδιαφέρον των μαθητών.

Ένα πείραμα για τη μελέτη της δράσης της μαγιάς (ζυμομύκητα) σε ποικίλες συνθήκες θερμοκρασίας, οξύτητας, προσθήκης ζάχαρης ή όχι, φωτός κ.λπ. προτείνεται για να μπορέσουν να αντιληφθούν οι μαθητές ότι, τα μικρόβια ζουν και εκτός του ανθρώπινου σώματος. Σε δοκιμαστικό σωλήνα ή σε μικρό μπουκάλι που περιέχει μικρή ποσότητα νερού τοποθετούμε μικρή ποσότητα μαγιάς και στερεώνουμε στο σωλήνα ή το μπουκάλι ένα μπαλόνι. Καθώς τα κύτταρα της μαγιάς ενεργοποιούνται, παράγουν διοξείδιο του άνθρακα με αποτέλεσμα το μπαλόνι σιγά-σιγά να φουσκώνει.

Πηγές: Maxted (1984)· Sequeria και Freitas (1987).

7.5 Είναι δυνατόν να υπάρξουν μικρόβια μέσα στο ανθρώπινο σώμα;

Παρανόηση

Δεν υπάρχουν μικρόβια μέσα στο ανθρώπινο σώμα, αν και είναι άφθονα στο περιβάλλον.

2. Δείτε τη συζήτηση σχετικά με το αν οι ιοί είναι ζωντανοί ή όχι στο ένθετο κείμενο της Ενότητας 1.1.

3. (ΣΤΕ): Αγορασμένα από το εμπόριο.

Η επιστημονική άποψη

Μεγάλα παιδιά του Δημοτικού κατανοούν ότι οι ασθένειες μπορεί είτε να είναι μολυσματικές, δηλαδή να τις κολλάμε από άλλον (π.χ. ιλαρά, AIDS κ.ά.) ή υπάρχουν από άλλες αιτίες (π.χ. καρκίνος των πνευμόνων, κατάθλιψη.) Ορισμένοι ίσως πιστεύουν ότι και στις δύο περιπτώσεις αυτών των ασθενειών δεν συμμετέχουν μικρόβια. Αντιθέτως στην περίπτωση των μολυσματικών ασθενειών κάποιοι μαθητές αναφέρονται αόριστα σε «κάτι» που περνά από άτομο σε άτομο.

Μαθητές που διαθέτουν αυτές τις λανθασμένες απόψεις γνωρίζουν πολύ καλά ότι πρέπει να παίρνουν προφυλάξεις κατά των μικροβίων που υπάρχουν στο περιβάλλον, για παράδειγμα να πλένουν τα χέρια τους. Όμως δεν μπορούν να κάνουν το εννοιολογικό άλμα και να αντιληφθούν ότι το ανθρώπινο σώμα προσβάλλεται από **παθογόνους** μικροβιακούς οργανισμούς. Μπορούν να ονομάσουν τους αντίστοιχους περιβαλλοντικούς κινδύνους («βακτήρια» ή «ιούς») αλλά περιγράφουν ανεπαρκώς την εμφάνιση ή τη συμπεριφορά τους. Ομοίως αντιλαμβάνονται ως ένα βαθμό αφηρημένα τη φύση αυτών των ασθενειών, αν και μπορούν να περιγράψουν τα συμπτώματά τους. Μπορούν επίσης να συνδέσουν αιτία με αποτέλεσμα με την έννοια ότι αντιλαμβάνονται ότι *ένα συγκεκριμένο* μικρόβιο είναι υπεύθυνο για *μία συγκεκριμένη* μόλυνση, όμως δεν φαντάζονται ότι τα μικρόβια ζουν μέσα στο ανθρώπινο σώμα, πολλαπλασιάζονται μέσα σ' αυτό και μας χρησιμοποιούν ως ξενιστή. Γι' αυτό το λόγο αυτοί οι μαθητές δεν μπορούν να αντιληφθούν με σαφήνεια πώς λειτουργεί το ανοσοποιητικό σύστημα για την εξόντωση των μικροβίων που εισβάλλουν στον οργανισμό. Επίσης δεν μπορούν να κατανοήσουν τον εμβολιασμό.

Σε αυτή την περίπτωση αντανακλώνται οι παρανοήσεις που περιγράψαμε στην Ενότητα 7.4, δηλαδή τα μικρόβια μέσα σε έναν οργανισμό θεωρούνται διαφορετικά από τα μικρόβια που βρίσκονται έξω από αυτόν. Επίσης αυτή η άποψη βρίσκεται σε συμφωνία με την ιδέα ότι υπάρχει μόνο ένα είδος μικροβίου που είναι υπεύθυνο για όλες τις μολυσματικές ασθένειες. Αυτό το «παντοδύναμο μικρόβιο» δρα ως μεταφορικό σχήμα λόγου για την αφηρημένη αντίληψη της ύπαρξης μολυσματικού παράγοντα που περιγράψαμε προηγουμένως. Άλλη μια σχετική παρανόηση είναι ότι όλες οι ασθένειες είναι μεταδοτικές.

Αναδόμηση

Η ιστορία του Edward Jenner, ο οποίος ανέπτυξε τον εμβολιασμό, συνήθως διδάσκεται στην 6η τάξη του Δημοτικού, στο πλαίσιο της ενότητας για τα μικρόβια. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί λοιπόν ως όχημα για να εξηγήσουμε με ποιον τρόπο ακριβώς τα μικρόβια μολύνουν, πολλαπλασιάζονται και καταστρέφονται (δείτε το ένθετο κείμενο). Επίσης η διδακτική προσέγγιση που περιγράψαμε στην Ενότητα 7.4 μπορεί να εφαρμοστεί κι εδώ.

Διάσημοι επιστήμονες

Ο Δρ. Edward Jenner. Στο τέλος του 18ου αιώνα η ευλογιά είχε προσβάλλει το μεγαλύτερο μέρος των κατοίκων της Ευρώπης με πολύ υψηλά επίπεδα θανάτων. Τότε ο Άγγλος αγροτικός γιατρός Jenner παρατήρησε ότι κτηνοτρόφοι που προσβάλλονταν από την ευλογιά των αγελάδων, μια λιγότερο επικίνδυνη ασθένεια από την ανθρώπινη ευλογιά, τελικά δεν ασθενούσαν από την ανθρώπινη. Αντιλαμβανόμενος ότι η ευλογιά των αγελάδων μεταφέρει κάποιον παράγοντα που προκαλεί ανοσία, μόλυνε με ευλογιά των αγελάδων ένα νεαρό αγόρι που το έλεγαν James Phipps. Κατόπιν μόλυνε σκόπιμα το ίδιο αγόρι με ανθρώπινη ευλογιά. Όπως είχε προβλέψει ο Jenner, ο James δεν ασθένησε. Αυτό το πείραμα έθεσε τα θεμέλια για τη σύγχρονη ανοσολογία και σήμερα είναι ρουτίνα ο εμβολιασμός νέων παιδιών με αδρανή ή λίγο ενεργά μολυσματικά στελέχη σοβαρών ασθενειών, όπως είναι η πολιομυελίτιδα και ο τέτανος. Από ηθική άποψη βεβαίως η μέθοδος του Jenner έχει γίνει αντικείμενο έντονης κριτικής. Όμως τότε ήταν αποδεκτή η πρακτική να εισάγεται μικρή ποσότητα μολυσματικού υλικού σε ανθρώπους, για να προκληθεί μια ελαφρότερη μορφή της ασθένειας και οι άνθρωποι να δημιουργήσουν ανοσία.

Πηγές: Maxted (1984)· Nagy (1953).

7.6 Εξάπλωση των ασθενειών

Παρανόηση

Αν έρθουμε σε στενή επαφή με κάποιον που έχει προσβληθεί από μολυσματική ασθένεια, θα προσβληθούμε αυτόματα και άμεσα από αυτή την ασθένεια.

Η επιστημονική άποψη

Μια κολλητική ασθένεια δεν εξαπλώνεται αυτόματα από άνθρωπο σε άνθρωπο και η εξάπλωσή της εξαρτάται από μια σειρά παραγόντες. Επίσης είναι ευκολότερο να κολλήσουμε ορισμένες ασθένειες απ' όσο άλλες. Για παράδειγμα το κοινό κρυολόγημα είναι εξαιρετικά κολλητικό, διότι ο ιός είναι δυνατό να περνά από άτομο σε άτομο διαμέσου του εκπνεόμενου αέρα, χωρίς να είναι απαραίτητη οποιαδήποτε φυσική επαφή. Αντιθέτως η λέπρα είναι δύσκολο να μεταβιβασθεί ακόμα και μετά από μακροχρόνια επαφή. Μικρόβια που προκαλούν ασθένειες (παθογόνα μικρόβια) είναι δυνατό να εισέλθουν στο αίμα του ανθρώπου (μόλυνση) χωρίς το άτομο να ασθενήσει, διότι είτε η ποσότητα των μικροβίων δεν είναι αρκετή για να προκληθούν τα συμπτώματα της ασθένειας είτε το ανοσοποιητικό σύστημα κινητοποιείται γρήγορα και καταπολεμά τους εισβολείς. Αν τα παθογόνα μικρόβια δεν έχουν την

ευκαιρία να πολλαπλασιασθούν σε αρκετό βαθμό μέσα στον οργανισμό που τα φιλοξενεί (τον ξενιστή), δεν θα εμφανισθούν συμπτώματα. Ένα άτομο λοιπόν αν έρθει σε στενή επαφή με κάποιον που πάσχει από κολλητική ασθένεια, δεν είναι απαραίτητο ότι θα κολλήσει. Όμως με εξαιρετικά μολυσματικές ασθένειες ή ασθένειες δυνητικά επιβλαβείς, όπως είναι η παρωτίτιδα, συνήθως συνιστάται η απομόνωση του ασθενούς.

Ακόμα κι αν η ασθένεια οφείλεται σε μόλυνση, σπάνια εμφανίζεται αμέσως μετά τη μόλυνση, διότι τα παθογόνα μικρόβια χρειάζονται χρόνο για να πολλαπλασιασθούν και να υπερνικήσουν την αντίσταση του ανοσοποιητικού συστήματος του ατόμου το οποίο τα φιλοξενεί. Επίσης η περίοδος επώασης εξαρτάται από το είδος της ασθένειας. Για παράδειγμα στην περίπτωση του κοινού κρουολογήματος τα συμπτώματα εμφανίζονται μέσα σε 24 ώρες μετά τη μόλυνση από τον ιό. Η λύσσα μπορεί να εκδηλωθεί μετά από δύο χρόνια.

Αναδόμηση

Υπενθυμίστε στους μαθητές τις επιστημονικές ιδέες που παρουσιάζονται σ' αυτή τη ενότητα. Σύγχρονο παράδειγμα είναι η απομόνωση των φορέων HIV από την κοινωνία. Οι άνθρωποι φοβούνται ότι θα μολυνθούν μέσω της καθημερινής φυσικής επαφής, αν και είναι γεγονός ότι ο HIV μεταβιβάζεται μόνο μέσω της σεξουαλικής επαφής ή μέσω του μολυσμένου αίματος.

Σε μαθητές πρώτης και δευτέρας δημοτικού μπορούμε να εξηγήσουμε τη φύση και τον τρόπο μεταφοράς των μολυσματικών ασθενειών διαβάζοντάς τους το παραμύθι *Germes* του Ross Collins. Για μαθητές των πρώτων τάξεων του Δημοτικού κατάλληλη δραστηριότητα είναι η εξής: Αρχικά κυλήστε μια μπάλα φελιζόλ σε πολύχρωμα γκλίτερ. Κατόπιν ζητήστε κάθε παιδί να δώσει την μπάλα στον διπλανό του, μέχρι να κολλήσει γκλίτερ στα χέρια όλων των παιδιών. Τότε εξηγήστε ότι ορισμένα μικρόβια πηγαίνουν με παρόμοιο τρόπο από άτομο σε άτομο. Όμως επειδή είναι μικροσκοπικά δεν τα βλέπουμε με γυμνό μάτι και δεν γνωρίζουμε αν κάποιος μεταφέρει μικρόβια. Ζητήστε από τα παιδιά να πλύνουν τα χέρια τους και να ελέγξουν αν αφαιρέθηκαν όλα τα γκλίτερ. Με αυτή την εμπειρία μπορεί να καταδειχθεί πόσο σημαντικό είναι να πλένουμε συχνά και σωστά τα χέρια μας.

Παράδειγμα μικροβίου που μεταφέρεται με επαφή είναι ο ιός που προκαλεί το κοινό κρουολόγημα, αν και ο ιός διασπείρεται συχνότερα μέσω αερομεταφερόμενων σταγονιδίων που παράγονται κατά το φτέρνισμα.

Πηγές: Collins (2005)· Keselman κ.ά. (2007)· Nagy (1953).

7.7 Πώς κρυολογούμε;

Παρανόηση

Κρυολογούμε μόνο αν εκτεθούμε σε υγρασία και στο κρύο.

Η επιστημονική άποψη

Συχνά οι γονείς προειδοποιούν τα παιδιά τους που πρόκειται να βγουν έξω μια χειμωνιάτικη νύχτα ντυμένα ελαφρά με φράσεις όπως: «Ρίξε κάτι πάνω σου γιατί θα κρυώσεις άσχημα». Αυτή η φράση αντανακλά μια πολύ διαδεδομένη αλλά λανθασμένη άποψη που παραγνωρίζει το γεγονός ότι το κοινό κρυολόγημα προκαλείται από ιό και μπορούμε να ασθενήσουμε από αυτό μόνον αν έρθουμε σε επαφή με άτομο που έχει ήδη προσβληθεί.

Είναι αλήθεια ότι οι άνθρωποι κρυολογούν συχνότερα στο τέλος του Φθινοπώρου, το Χειμώνα και στην αρχή της Άνοιξης. Θεωρούμε ότι αυτό είναι δυνατό να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες. Για παράδειγμα όταν κάνει κρύο οι άνθρωποι συνωστίζονται σε κλειστούς χώρους. Η πιθανότητα εξάπλωσης του ιού λοιπόν αυξάνεται. Αυτό το γεγονός έχει επίσης αποδοθεί στην έναρξη του σχολικού έτους το Σεπτέμβριο, διότι τότε ξαφνικά πολλά παιδιά έρχονται σε επαφή μεταξύ τους. Υπάρχει πληθώρα λαϊκών φαρμάκων και ψευδοεπιστημονικών συμβουλών για την αποφυγή του κρυολογήματος, όπως είναι η λήψη βιταμίνης C. Αυτή η στρατηγική δεν έχει αποδειχθεί ιατρικά ότι έχει κάποιο σημαντικό αποτέλεσμα.

Συμπερασματικά αν αποφεύγουμε τον κρύο και υγρό καιρό ή αν φοράμε περισσότερα ρούχα δεν επηρεάζεται η πιθανότητα να κρυολογήσουμε. Ο μόνος τρόπος για να αποφύγουμε να κολλήσουμε είναι να μην πλησιάζουμε άτομα που έχουν προσβληθεί. Όμως λόγω της συχνότητας εμφάνισης του κοινού κρυολογήματος σε μεγάλα ποσοστά του ανθρώπινου πληθυσμού, αυτή η λύση δεν είναι πρακτική.

Αναδόμηση

Ενημερώστε τους μαθητές για τις επιστημονικές ιδέες που αναφέρονται σ' αυτή την ενότητα. Υπενθυμίστε τους ότι ορισμένες ασθένειες οφείλονται σε μολύνσεις που προκαλούνται από μικρόβια ενώ άλλες όχι (Ενότητα 7.5). Το κοινό κρυολόγημα ανήκει στην πρώτη κατηγορία. Για να εξαπλωθεί λοιπόν θα πρέπει ο ιός να μεταφερθεί από ένα άτομο που έχει προσβληθεί σε κάποιο άλλο. Αυτό για να συμβεί πρέπει τα δύο άτομα να έλθουν σε στενή επαφή μεταξύ τους.

Πηγές: Byrne (2011)· Maxted (1984).

7.8 Τα αντιβιοτικά θεραπεύουν τα πάντα;

Παρανόηση

Τα αντιβιοτικά αντιμετωπίζουν τόσο τα βακτήρια όσο και τους ιούς.

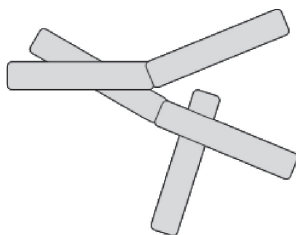
Η επιστημονική άποψη

Αυτή η φράση υποδηλώνει ότι οι μαθητές έχουν την άποψη ότι τα βακτήρια και οι ιοί κατατάσσονται στο ίδιο είδος οργανισμών. Στην πραγματικότητα αυτά τα δύο είδη μικροβίων είναι πολύ διαφορετικά μεταξύ τους. Τα βακτήρια αποτελούνται από ένα μοναδικό κύτταρο και έχουν πιο στενή σχέση με τα ζωικά ή τα φυτικά κύτταρα απ' όσο οι ιοί. Παρ' όλ' αυτά τα βακτήρια κατατάσσονται σε διαφορετικό βασίλειο (Ενότητα 2.1). Από την άλλη πλευρά οι ιοί δεν έχουν κυτταρική δομή είναι απλές δομές νουκλεϊνικού οξέος (όπως το DNA) με ένα πρωτεϊνικό κάλυμμα. Γι' αυτό το λόγο ορισμένοι επιστήμονες θεωρούν ότι οι ιοί δεν θα πρέπει να κατατάσσονται καθόλου στα έμβια όντα. Στις Εικόνες 7.8α και 7.8β φαίνονται συγκριτικά οι μορφολογίες βακτηρίων *E. coli* και ενός ιού βακτηριοφάγου. Σημειώστε ότι τα σχήματα δεν είναι υπό κλίμακα: κάθε βακτήριο είναι περίπου 20 φορές μεγαλύτερο από έναν ιό.

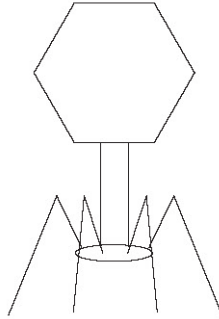
Τα αντιβιοτικά όπως είναι η τετρακυκλίνη σκοτώνουν τα βακτήρια εμποδίζοντας την εκτέλεση ορισμένων εσωτερικών χημικών αντιδράσεων που γίνονται στο εσωτερικό των βακτηρίων και έτσι η ισορροπία μέσα στο κύτταρο διαταράσσεται. Όμως επειδή στους ιούς δεν υπάρχει εσωτερική χημεία δεν επηρεάζονται από τα αντιβιοτικά και είναι πολύ δύσκολο να αντιμετωπιστούν με οποιοδήποτε διαθέσιμο φάρμακο. Για παράδειγμα δεν υπάρχει θεραπεία για ιώσεις όπως είναι η γρίπη, η ιλαρά, η ανεμοβλογιά, το AIDS και το κοινό κρυολόγημα.

Αναδόμηση

Παρόλο που είναι ύλη Γυμνασίου, αν πείτε στους μαθητές τα χαρακτηριστικά των βακτηρίων και των ιών θα τους βοηθήσει να καταλάβουν ότι διαφέρουν πάρα πολύ με-



Εικόνα 7.8α Πέντε βακτήρια *E. coli*



Εικόνα 7.8β Ιός βακτηριοφάγος

ταξύ τους. Συνηθισμένη δραστηριότητα στο Γυμνάσιο είναι η εξής: Ο εκπαιδευτικός αναθέτει σε ζευγάρια μαθητών να αναζητήσουν πληροφορίες για διαφορετικά μικρόβια στη βιβλιοθήκη και κατόπιν να δημιουργήσουν μια αφίσα ή μια παρουσίαση με διαφάνειες (power point).

Ο δάσκαλος μπορεί να προκαλέσει τους μαθητές να θυμηθούν τη δικιά τους εμπειρία όταν είχαν αρρωστήσει, για παράδειγμα από κοινό κρυολόγημα, για να τους δείξει ότι οι ιώσεις δεν θεραπεύονται με φάρμακα και μόνο τα συμπτώματά τους μπορούν να αντιμετωπιστούν, για παράδειγμα ο πυρετός με χάπια παρακεταμόλης. Η πιο συχνή ιατρική συμβουλή σε μια ίωση είναι να αφήσουμε την ασθένεια να ολοκληρώσει τον κύκλο της ώστε να επιτρέψουμε στους φυσικούς αμυντικούς μηχανισμούς του οργανισμού⁴ να αντιμετωπίσει τον ιό με το δικό του ρυθμό.

Πηγές: Barenholz και Tamir (1987)· Prout (1985).

7.9 Πώς λειτουργεί ο εμβολιασμός;

Παρανόηση

Όταν η γιαγιά μου αρρωστήσει από γρίπη, ο γιατρός της κάνει ένα εμβόλιο.

Η επιστημονική άποψη

Αυτή η φράση υποδηλώνει την άποψη ότι μπορούμε με εμβολιασμό να θεραπεύσουμε αποτελεσματικά μια ασθένεια. Οι μαθητές πιθανόν δεν διακρίνουν τη διαφορά μεταξύ της πρόληψης και της θεραπείας μιας ασθένειας και βάζουν όλες τις ιατρικές

4. (ΣτΕ): Ανοσοποιητικό σύστημα.

διαδικασίες στην ίδια κατηγορία. Άλλο παράδειγμα είναι η άποψη ότι αν οι άνθρωποι που πάσχουν από καρκίνο των πνευμόνων σταματήσουν το κάπνισμα μπορούν να θεραπευτούν.

Η άποψη ότι το εμβόλιο της γρίπης θεραπεύει την ασθένεια είναι λανθασμένη. Τα εμβόλια γίνονται προληπτικά σε υγιή άτομα ώστε στο μέλλον να αντιμετωπισθεί κάποια μόλυνση, αναγκάζοντας ένα μέρος του ανοσοποιητικού συστήματος (τα λευκά αιμοσφαίρια) να παράξουν **αντισώματα**. Αργότερα όταν οι άνθρωποι που έχουν εμβολιαστεί εκτεθούν στην ασθένεια για την οποία εμβολιάστηκαν μπορούν άμεσα να την αντιμετωπίσουν διότι πολύ γρήγορα μπορούν να παράξουν τα αντίστοιχα αντισώματα.

Με αυτή την παρανόηση σχετίζεται και η λανθασμένη άποψη ότι κάθε ιατρική αγωγή οδηγεί πάντοτε σε μόνιμη θεραπεία.

Αναδόμηση

Πληροφορήστε τους μαθητές ότι η πρόληψη και η θεραπεία είναι δύο διαφορετικοί τρόποι για την αντιμετώπιση των ασθενειών που τους εφαρμόζουμε σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Από τη στιγμή που θα αρρωστήσουμε, τα προληπτικά μέτρα εγκαταλείπονται και σημασία έχουν πλέον τα μέσα θεραπείας. Αναφερθείτε σε γνωστά παραδείγματα όπως είναι η γρίπη (πρόληψη: εμβολιασμός/αποφυγή επαφής με άτομα που έχουν μολυνθεί· θεραπεία: παραμονή στο κρεβάτι/κατανάλωση πολλών υγρών) ή οι καρδιοπάθειες (πρόληψη: προσεκτική διατροφή/σωματική άσκηση· θεραπεία: φάρμακα/εγχείρηση).

Συζητήστε σχετικές παρανοήσεις αναφέροντας ότι η θεραπεία δεν οδηγεί πάντοτε σε θεραπεία. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, ορισμένες ασθένειες είναι σχεδόν πάντοτε μη θεραπεύσιμες, όσο κι αν ορισμένα συμπτώματα είναι πιθανόν να θεραπευθούν σε κάποιο βαθμό, όπως είναι ο καρκίνος των πνευμόνων.

Γνωρίζετε ότι;

Εμβόλια που μπορούν να προσφέρουν θεραπεία. Σε λίγες πρόσφατες περιπτώσεις στην αιχμή της ιατρικής έρευνας η διάκριση μεταξύ της πρόληψης και της θεραπείας είναι συγκεχυμένη, διότι ορισμένα εμβόλια είναι δυνατό να χορηγηθούν αφού ο ασθενής ήδη έχει προσβληθεί από την ασθένεια. Ορισμένα εμβόλια για το AIDS, που βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο, λειτουργούν με αυτό τον τρόπο.

Πηγές: Barenholz και Tamir (1987)· Nagy (1953).

7.10 Είναι δυνατόν κάποιος συγχρόνως να είναι υγιής και ασθενής;

Παρανόηση

Μπορείς να είσαι ή υγιής ή ασθενής, δεν υπάρχει ενδιάμεση κατάσταση.

Η επιστημονική άποψη

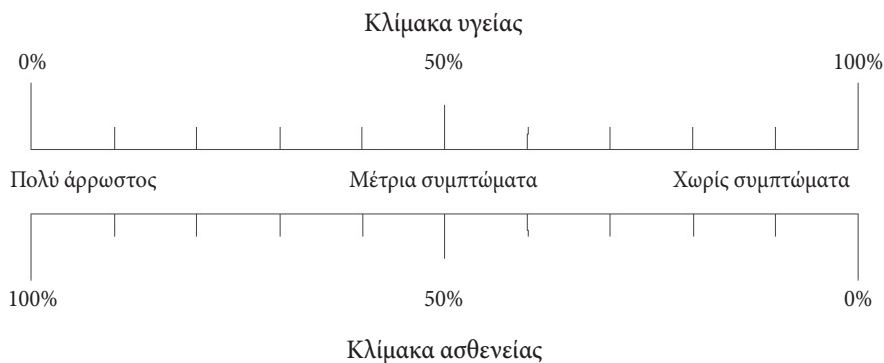
Αυτή η φράση αντανακλά την πεποίθηση ότι υγεία και ασθένεια είναι δύο διακριτές μεταξύ τους καταστάσεις και όχι ένα συνεχές. Όταν οι άνθρωποι προσβάλλονται από τον ιό της γρίπης, τα πρώτα συμπτώματα είναι δυνατό να μοιάζουν με τα συμπτώματα του κοινού κρυολογήματος (π.χ. χαμηλός πυρετός, καταρροή κ.ά.) και σ' αυτό το αρχικό στάδιο μπορούμε να συνεχίσουμε κανονικά τις δραστηριότητές μας. Τα επόμενα συμπτώματα μπορεί να είναι πιο σοβαρά και συνήθως είναι απαραίτητο να μείνουμε στο κρεβάτι για μερικές μέρες. Τελικά τα συμπτώματα εξασθενούν και ο ασθενής αισθάνεται ικανός να αρχίσει να επιστρέφει στις καθημερινές ασχολίες του. Σε ποιο σημείο αυτής της διαδοχής των γεγονότων ο άνθρωπος παύει να είναι υγιής και αρχίζει να θεωρείται ασθενής... και αντιστρόφως; Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι κάποιος είναι υγιής όταν επιστρέφει στην εργασία του ακόμη κι αν δεν έχει απαλλαγεί εντελώς από όλα τα συμπτώματα ή όταν έχει απαλλαγεί εντελώς; Όταν η προσβολή από γρίπη συνδυαστεί με μόλυνση στους πνεύμονες, τότε ένας συριγμός⁵ μπορεί να παραμείνει για εβδομάδες αφού πάψουν να υπάρχουν τα συμπτώματα της γρίπης, ενώ από κάθε άλλη άποψη το άτομο ζει κανονικά. Σ' αυτή την περίπτωση είναι δυνατό να θεωρήσουμε ότι το άτομο ακόμα είναι άρρωστο; Τι μπορούμε να πούμε και για τους ανθρώπους με χρόνιους πόνους στη μέση που έρχονται και παύουν; Ασθενούν μόνον όταν υπάρχουν αυτά τα συμπτώματα και είναι υγιείς σε όλο το υπόλοιπο χρονικό διάστημα; Ή διαρκώς είναι ασθενείς διότι υποφέρουν από αυτή τη χρόνια πάθηση;

Αντί να χρησιμοποιούμε τους χαρακτηρισμούς «υγιής» και «ασθενής» που ο ένας αποκλείει τον άλλο, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούμε το όρο «βαθμός υγείας» (Εικόνα 7.10). Έτσι, ένας άνθρωπος μπορεί να είναι υγιής ως ένα βαθμό παρόλο που έχει τα συμπτώματα κάποιας ασθένειας.

Αναδόμηση

Είναι εύκολο να δούμε πώς δημιουργείται αυτή η παρανόηση αν σκεφτούμε μόνο ασθένειες όπως είναι η ανεμοβλογιά, που εμφανίζονται και εξαφανίζονται απότομα. Ίσως πιο κατάλληλο παράδειγμα για την έννοια «βαθμός υγείας» είναι ο χρόνιος πό-

5. (ΣτΕ): Ήχος στην εξέταση των πνευμόνων με ακουστικά.



Εικόνα 7.10 Η υγεία και η ασθένεια ως ένα συνεχές

νος στη μέση. Πολλοί άνθρωποι μ' αυτή την κατάσταση θεωρούν ότι δεν είναι ούτε υγιείς ούτε ασθενείς. Απλώς λένε ότι κάποιες μέρες αισθάνονται καλύτερα από άλλες, ενισχύοντας την ιδέα ενός συνεχούς υγείας και ασθένειας.

Πηγές: Natapoff (1978).

7.11 Τι συμβαίνει και οι τροφές χαλάνε;

Παρανόηση

Το μήλο σαπίζει από μόνο του.

Η επιστημονική αντίληψη

Η παρανόηση αυτή υποδηλώνει την άποψη ότι όταν η ύλη αποσυντίθεται με φυσικό τρόπο, εξαφανίζεται από μόνη της χωρίς την επίδραση κάποιου εξωτερικού παράγοντα. Στην πραγματικότητα αυτή η άποψη είναι μερικώς σωστή, διότι η ύλη δεν διασπάται μόνη της.

Κάθε νεκρός οργανισμός διασπάται λόγω της δράσης μικροβίων όπως είναι τα βακτήρια και οι μύκητες, που βρίσκονται μέσα στον οργανισμό όταν ζούσε, και μικροβίων που βρίσκονται στο περιβάλλον του οργανισμού μετά το θάνατό του. Μεγαλύτεροι οργανισμοί που τρέφονται από το υλικό που προκύπτει από τη διάσπαση, όπως είναι τα έντομα και τα ποντίκια, διευκολύνουν αυτή τη μικροβιακή διαδικασία. Ένα σάπιο μήλο μέσα σε μια φρουτιέρα είναι εν μέρει αποτέλεσμα της δράσης μικροβίων που υπήρχαν στο περιβάλλον, παρασύρθηκαν από τον αέρα και κατέληξαν στην επιφάνεια του μήλου. Επειδή τα μικρόβια διασπούν το μήλο και το χρησιμοποιούν ως τρο-

φή, μετά από αρκετό χρόνο το μήλο, αφού σαπίσει εντελώς, σχεδόν θα εξαφανιστεί: τα μικρόβια θα το καταναλώσουν ως τροφή κομμάτι-κομμάτι. Γι' αυτό το λόγο σκεπάζοντας τις τροφές στην κουζίνα επιβραδύνουμε τη διαδικασία σήψης, διότι αφήνουμε απ' έξω τα μικρόβια, τα έντομα και άλλους εξωτερικούς παράγοντες αποσύνθεσης.

Η άποψη ότι τα μήλα σαπίζουν από μόνα τους ενισχύεται από το γεγονός ότι, σε λίγα λεπτά αφού εκτεθεί στον αέρα το κομμένο μήλο μαυρίζει και αλλοιώνεται. Όμως αυτό οφείλεται σε ένα ένζυμο που υπήρχε ήδη μέσα στα κύτταρα του μήλου και αντιδρά με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας, και όχι σε μικροβιακή δράση. Σημειώστε ότι ιδιαίτερα στη ζωική, ύλη, στα πρώτα στάδια της αποσύνθεσης τα κύτταρα πράγματι καταστρέφονται από μόνα τους με την επίδραση δικών τους ενζύμων (αυτόλυση) χωρίς την παρέμβαση μικροβίων, αν και ταυτόχρονα, μολυσματικά μικρόβια αρχίζουν να δρουν στους ιστούς.

Συναφής παρανόηση είναι ότι για τη διάσπαση της νεκρής ύλης είναι υπεύθυνοι μόνο μεγάλοι οργανισμοί, για παράδειγμα έντομα και σκουλήκια. Οι μαθητές εύκολα ξεχνούν ότι τα μικρόβια, αν και είναι αόρατα, είναι συνεχώς παρόντα στο περιβάλλον και ότι είναι ο αιτιατός παράγοντας για την αποσύνθεση. Οι μαθητές συνήθως αναφέρονται στο πρόβλημα της αλλοίωσης των τροφών και συμπεραίνουν ότι η διαδικασία της αποσύνθεσης είναι εντελώς ανώφελη, αντί να αντιληφθούν ότι είναι μέρος της διαδικασίας με την οποία, η νεκρή ύλη διασπάται με φυσικό τρόπο μέσα σε ένα οικοσύστημα ανακυκλώνοντας ουσίες, που είναι χρήσιμες στα φυτά, όπως τα ανόργανα άλατα.

Αναδόμηση

Η παροιμία «Το σάπιο μήλο σαπίζει και το γερό» αν και χρησιμοποιείται για να δείξει την αρνητική επίδραση που μπορεί να έχει ένα «κακό» άτομο σε άλλους ανθρώπους, μπορεί να τη χρησιμοποιήσουμε για να διδάξουμε ότι αν ανάμεσα σε γερά φρούτα υπάρχει ένα σάπιο, είναι καλό να το αφαιρέσουμε για να προλάβουμε τα υπόλοιπα φρούτα. Αυτή η εξήγηση μπορεί να συνδεθεί και με τις συνήθεις πρακτικές δραστηριότητες στο Δημοτικό, όπως την έρευνα της αποσύνθεσης ψωμιού σε διαφορετικά σημεία της αίθουσας διδασκαλίας. Μπορείτε να δείξετε βίντεο από το διαδίκτυο που δείχνουν την αποσύνθεση διάφορων τροφών,⁶ δηλαδή συμπυκνώνουν σε ένα ή δύο λεπτά κάτι που γίνεται σε μεγάλα χρονικά διαστήματα) που ενισχύουν τις επιστημονικές απόψεις για την αποσύνθεση.

Πηγές: Leach κ.ά. (1992)· Smith και Anderson (1986).

6. (ΣτΕ): «Time lapse».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΟΙΚΙΛΟΜΟΡΦΙΑ

8.1 Κληρονομικότητα μόνο στο ίδιο φύλο

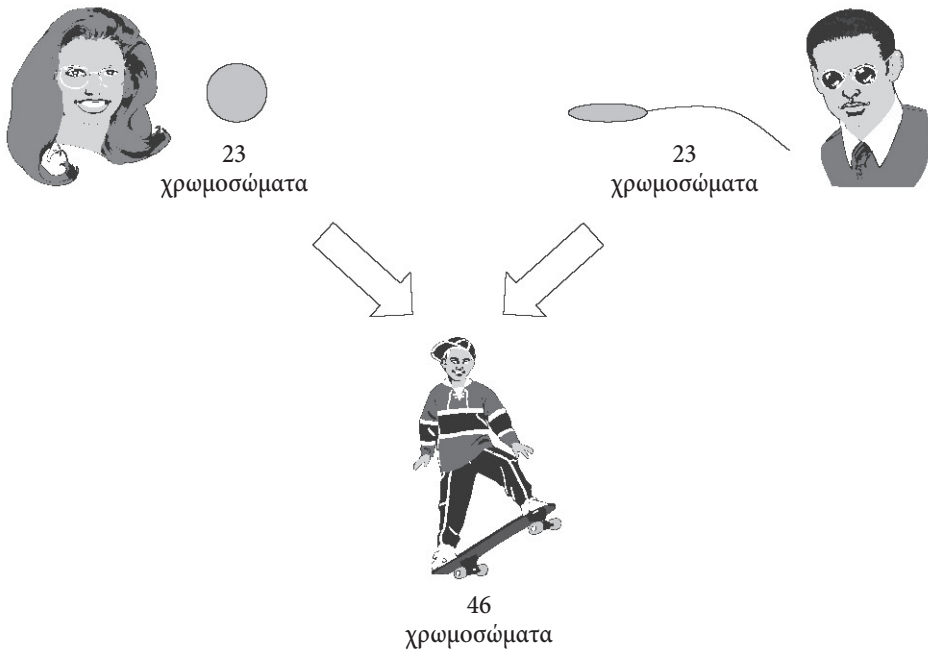
Παρανόηση

Οι γιοί μοιάζουν στον πατέρα τους και οι κόρες στη μητέρα τους.

Η επιστημονική άποψη

Οι μαθητές ίσως πιστεύουν ότι έχουν κληρονομήσει χαρακτηριστικά μόνο από τον ένα γονέα – αυτόν που έχει το ίδιο φύλο με αυτούς. Κάθε οργανισμός που αναπαράγεται με φυλετική αναπαραγωγή, από τα φυτά μέχρι τους ανθρώπους, έχει πάρει γενετικό υλικό και από τους δύο γονείς, για την ακρίβεια ίσο αριθμό χρωμοσωμάτων (Εικόνα 8.1α). Τα παιδιά λοιπόν είναι δυνατό να εμφανίζουν εξωτερικά κληρονομικά χαρακτηριστικά (**φαινότυπος**) και της μητέρας και του πατέρα. Σ' αυτά συμπεριλαμβάνονται το χρώμα των μαλλιών και των ματιών, το μέγεθος και το σχήμα του σώματός τους καθώς και η προδιάθεση να ασθενήσουν αργότερα στη ζωή από ορισμένες ασθένειες. Οι μαθητές παρατηρούν ότι τα αγόρια έχουν περισσότερα κοινά, φανερά χαρακτηριστικά που συνδέονται με το φύλο, με τον πατέρα τους, όπως το αναπαραγωγικό σύστημα, και υποθέτουν ότι ολόκληρο το σώμα τους προέρχεται αποκλειστικά από αυτόν το γονιό. Με παρόμοιο τρόπο ακόμη και μαθητές που σωστά συμπεραίνουν ότι χαρακτηριστικά κληρονομούνται και από τους δύο γονείς, θεωρούν λανθασμένα ότι τα αγόρια κληρονομούν τα περισσότερα χαρακτηριστικά από τον πατέρα και τα κορίτσια από την μητέρα.

Σχετική παρανόηση είναι η πεποίθηση ότι και τα αγόρια και τα κορίτσια κληρονομούν τα περισσότερα χαρακτηριστικά από τη μητέρα, αφού η κύηση συμβαίνει εξ ολοκλήρου μέσα στο σώμα της μητέρας.



Εικόνα 8.1α Τα παιδιά κληρονομούν ίσο αριθμό χρωμοσωμάτων από κάθε γονιό

Φυσικά χαρακτηριστικά	Από τον πατέρα	Από τη μητέρα	Αβέβαιο από ποιον

Εικόνα 8.1β Καταγραφή φυσικών χαρακτηριστικών

Αναδόμηση

Ζητήστε από τους μαθητές να συμπληρώσουν έναν πίνακα (Εικόνα 8.1β) με τα σωματικά χαρακτηριστικά που θεωρούν ότι έχουν κληρονομήσει από τον πατέρα και τη μητέρα τους. Αν οι μαθητές φέρουν φωτογραφίες των γονιών τους, οι συμμαθητές τους θα μπορέσουν να αποφανθούν σε ποιον γονιό μοιάζουν. Αν υπάρχουν στην τάξη παιδιά που δεν έχουν γονείς ή δεν ζουν μαζί τους, η δραστηριότητα αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί με φωτογραφίες διάσημων ζευγαριών με τα παιδιά τους από το διαδίκτυο.

Οι μαθητές μπορούν επίσης να σχεδιάσουν το οικογενειακό δέντρο τους ξεκινώντας από παππούδες και γιαγιάδες και να εντοπίσουν σωματικά χαρακτηριστικά που εμφανίζονται σε κάθε γενιά, και άλλα που παραλείποντας μια γενιά εμφανίζονται στα εγγόνια.

Απλές ιδέες σχετικά με την κληρονομικότητα είναι δυνατό να διδαχθούν στις πρώτες δύο τάξεις του Δημοτικού συνδέοντάς τις με εμπειρίες γνωστές στους μαθητές. Για παράδειγμα μια κόκκινη γάτα συνήθως κάνει κόκκινα γατάκια. Τα σκυλάκια που προέρχονται από καθαρόαιμους γονείς θα μοιάζουν με τους γονείς, δηλαδή από τη διασταύρωση δύο λαμπραντόρ δεν μπορεί να προκύψουν σκυλάκια μπουλντόγκ.

Πηγές: Engel-Clough και Wood-Robinson (1985)· Kargbo κ.ά. (1980).

8.2 Γιατί οι καμηλοπαρδάλεις έχουν μακρύ λαιμό;

Παρανόηση

Οι σύγχρονες καμηλοπαρδάλεις έχουν μακρύ λαιμό, διότι καθώς οι πρόγονοί τους τέντωναν όλο και περισσότερο το λαιμό τους για να φθάσουν και να φάνε φύλλα στις κορυφές των ψηλών δέντρων, ο λαιμός μάκρυνε.

Η επιστημονική άποψη

Συνήθως τόσο τα παιδιά όσο και οι ενήλικοι πιστεύουν ότι εμφανίζονται προσαρμογές στους οργανισμούς εξαιτίας αλλαγών που συμβαίνουν στο περιβάλλον τους κατά τη διάρκεια της ζωής. Για παράδειγμα αρχικά οι καμηλοπαρδάλεις είχαν κοντό λαιμό και μπορούσαν να φτάσουν (και να φάνε) μόνο φύλλα σε μικρό ύψος στα δένδρα. Καθώς τέντωναν το λαιμό τους για να φτάσουν φύλλα σε ψηλότερα κλαδιά, οι λαιμοί τους έγιναν λίγο μακρύτεροι. Αυτή η προσαρμογή μεταβιβάστηκε στην επόμενη γενιά, όπου η διαδικασία επαναλήφθηκε και μετά από αρκετές γενιές οι καμηλοπαρδάλεις κατέληξαν να έχουν πολύ μακρύ λαιμό, αυτό που βλέπουμε σήμερα.

Αυτή η ευρέως διαδεδομένη ιδέα είναι *Λαμαρκιανή*, από τον Jean-Baptiste Lamarck, που θεμελίωσε μια θεωρία εξέλιξης που σήμερα έχει εγκαταλειφθεί. Οι επιστήμονες δέχονται τη *Δαρβινική θεωρία της εξέλιξης*, που βασίζεται στην ιδέα της *φυσικής επιλογής*. Ο Κάρολος Δαρβίνος πρότεινε ότι οι πρόγονοι των καμηλοπαρδαλέων δεν είχαν όλες κοντό λαιμό, αλλά υπήρχε ποικιλία στο μήκος του λαιμού τους, την ίδια χρονική περίοδο. Εξαιτίας κάποιου γεγονότος, όπως μια ξηρασία, η *χλωρίδα* μειώθηκε δραματικά, τα χαμηλά φυτά άρχισαν να σπανίζουν λόγω της υπερβόσκησης τους. Συνεπώς οι καμηλοπαρδάλεις με κοντό λαιμό άρχισαν να πεθαίνουν από την πείνα. Αντίθετα οι καμηλοπαρδάλεις με το μακρύτερο λαιμό μπορούσαν να φθάσουν (και να φάνε) φύλλα σε μεγαλύτερο ύψος. Η βασική αρχή πίσω από τη θεωρία της εξέλιξης του Δαρβίνου είναι ότι, οι οργανισμοί που υπάρχουν σήμερα έχουν κάποια ιδιαίτερη *προσαρμογή* διότι σε κάποια στιγμή στο παρελθόν η προσαρμογή

αυτή (αυτό το γνώρισμα) έδωσε κάποιο συγκριτικό πλεονέκτημα σε έναν πρόγονό τους σε σχέση με τους ανταγωνιστές του, δηλαδή *επιβίωσε ο πιο προσαρμοσμένος* («survival of the fittest»).

Βεβαίως αλλαγές στο σώμα ενός οργανισμού είναι δυνατό να συμβούν λόγω γεγονότων που συμβαίνουν στη διάρκεια της ζωής. Για παράδειγμα, το μήκος των οστών είναι δυνατό να μεταβληθεί λόγω σωματικής άσκησης.¹ Όμως, οι αλλαγές αυτές δεν μεταβιβάζονται στην επόμενη γενιά αφού η αντίστοιχη πληροφορία δεν κωδικοποιείται στα *γονίδια*.

Αναδόμηση

Η Εξέλιξη είναι νέα ενότητα στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Φυσικών Επιστημών του Δημοτικού στη Μεγάλη Βρετανία (τάξη 6η) και οι μαθητές θα πρέπει να κατανοήσουν τις βασικές έννοιες που υποστηρίζουν τη θεωρία του Δαρβίνου. Η παρανόηση που αναφέραμε όμως μπορεί να αναδυθεί και στα μαθήματα σχετικά με τις προσαρμογές των φυτών και των ζώων. Στη διδασκαλία αυτών των θεμάτων συνηθίζεται να ζητάμε από τους μαθητές να σημειώσουν φυσικά χαρακτηριστικά διαφορετικών ειδών ζωντανών οργανισμών, να τα συνδέσουν με το βιότοπο (habitat) και να εξηγήσουν γιατί ταιριάζουν, γιατί είναι κατάλληλα για την επιβίωση στο συγκεκριμένο περιβάλλον. Στο σημείο αυτό μάς δίνεται ιδανική ευκαιρία να εισάγουμε την ιδέα της φυσικής επιλογής, για να περιγράψουμε πώς ένα χαρακτηριστικό κάποιου οργανισμού που ενώ φαίνεται σαν να έχει σκοπίμως αναπτυχθεί για να ταιριάζει ο οργανισμός στο περιβάλλον που ζει, είναι στην πραγματικότητα αποτέλεσμα τυχαίων γεγονότων που συνέβησαν στο πολύ μακρινό παρελθόν.

Οι Λαμαρκιανές ιδέες μπορούν να καταρριφθούν αν προωθήσουμε την αντίληψη ότι οι γενετικές πληροφορίες μπορούν να μεταβιβαστούν από τους γονείς στο παιδί, μόνο αν βρίσκονται μέσα στα γονίδια και δεν μπορούν να μεταβληθούν ως απόκριση σε γεγονότα που συμβαίνουν στη διάρκεια της ζωής (Ενότητα 8.3). Επομένως, δεν έχει σημασία πόσο τέντωναν τους λαιμούς τους οι πρόγονοι των καμηλοπαρδάλων, διότι αυτό το στοιχείο δεν μπορούσε να εισαχθεί στα γονίδιά τους κι έτσι δεν μπορούσε να μεταβιβαστεί στους απογόνους τους.

Στο διαδίκτυο υπάρχει εκπαιδευτικό υλικό με προσομοιώσεις για τη διαδικασία της φυσικής επιλογής. Αν και υπερβαίνει την ύλη του δημοτικού, υπάρχουν σχετικά παιχνίδια και δραστηριότητες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν με μικρότερους μαθητές.

1. (ΣΤΕ): Πιο κατανοητό παράδειγμα είναι οι αλλαγές στα σώματα των αθλητών εξαιτίας της έντονης γυμναστικής.

Γνωρίζετε ότι;

Ο δημιουργισμός στα σχολεία. Στο εξωτερικό έχουν γίνει προσπάθειες από θρησκευτικές ομάδες που υποστηρίζουν τη Δημιουργία του κόσμου από το Θεό να αναδείξουν την ψευδοεπιστημονική ιδέα του Ευφυούς Σχεδιασμού (Intelligent Design) και να την εντάξουν στην ύλη των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο μαζί με τις πραγματικές επιστημονικές θεωρίες. Ο Ευφυής Σχεδιασμός αντιτίθεται στη φυσική επιλογή του Δαρβίνου διότι υποστηρίζει ότι οι προσαρμογές των ειδών είναι αποτέλεσμα της παρέμβασης του Δημιουργού. Ορισμένοι μαθητές μπορεί να προβάλλουν αυτή την ιδέα από θρησκευτικές πεποιθήσεις ή από αθώα περιέργεια. Ως διδάσκοντες Φυσικών Επιστημών θα πρέπει να ξεκαθαρίσουμε στους μαθητές ότι ο Ευφυής Σχεδιασμός δεν είναι επιστημονική θεωρία, δηλαδή δεν στηρίζεται σε πειστικά αποδεικτικά στοιχεία και δεν είναι κατάλληλος να τον συζητάμε σε μαθήματα Φυσικών Επιστημών. Όμως επειδή πρόκειται για θρησκευτική άποψη, μπορεί να συζητηθεί στο μάθημα των θρησκευτικών.

Πηγές: Adeniyi (1985)· Jensen και Finley (1995).

8.3. Ο γιός του μποντιμπίντερ

Παρανόηση

Ο γιός του μποντιμπίντερ έχει πάντα μεγάλους μυς.

Η επιστημονική άποψη

Μαθητές από μικρή ηλικία γνωρίζουν ότι έχουν κληρονομήσει ορισμένα χαρακτηριστικά από τους γονείς τους διότι έχουν ακούσει φράσεις όπως: «Έχει τα μάτια του πατέρα του!». Ορισμένοι μαθητές υποθέτουν ότι όλα τα χαρακτηριστικά κληρονομούνται, ακόμα κι αν αυτά τα χαρακτηριστικά είναι αποτέλεσμα γεγονότων που συμβαίνουν στη ζωή ενός ανθρώπου, όπως ένα κούρεμα στα μαλλιά, ο ακρωτηριασμός ενός άκρου ή όπως στο παράδειγμα που αναφέραμε, η αύξηση των μυών από τη γυμναστική.

Για να κληρονομήσουμε ένα χαρακτηριστικό θα πρέπει να είναι γενετικά κωδικοποιημένο, δηλαδή να υπάρχει στα γονίδια. Το χρώμα των ματιών και τα χαρακτηριστικά του προσώπου είναι παραδείγματα τέτοιας *γενετικής ποικιλότητας*; Σωματικές μεταβολές που συμβαίνουν ως αποτέλεσμα έκθεσης στο περιβάλλον, όπως είναι το μαύρισμα του δέρματος από τον ήλιο, οι επεμβάσεις πλαστικής χειρουργικής, ένα κάταγμα, ονομάζονται *περιβαλλοντικές μεταβολές*, και δεν μεταβιβάζονται στα παιδιά. Ιστορικά, οι συζητήσεις που σχετίζονται με αυτές τις ιδέες έχουν ονομαστεί αντιπαράθεση φύσης και ανατροφής, αν και οι μαθητές αναμειγνύουν τις δύο περιπτώσεις και βάζουν όλα τα χαρακτηριστικά στην κατηγορία των κληρονομούμενων. Ση-

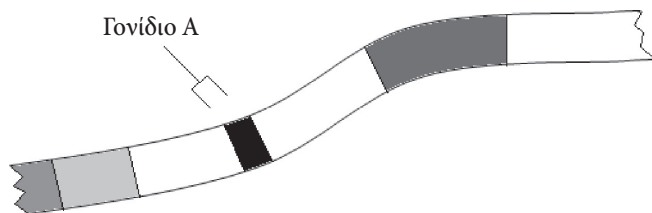
μειώστε ότι ορισμένα χαρακτηριστικά οφείλονται σε συνδυασμό περιβαλλοντικών και γενετικών παραγόντων, όπως είναι το ύψος και το σωματικό βάρος.

Αναδόμηση

Οι μαθητές θα πρέπει να μπορούν να διακρίνουν τις αλλαγές που συμβαίνουν αποκλειστικά λόγω γεγονότων στη διάρκεια της ζωής ενός ανθρώπου από αυτές που δεν μπορούν να ελέγξουν διότι οφείλονται σε χαρακτηριστικά κληρονομημένα από τους γονείς τους. Εξηγήστε τους ότι για να μεταβιβαστεί ένα χαρακτηριστικό στο παιδί θα πρέπει να βρίσκεται ήδη στο γενετικό υλικό των γονιών. Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει να υπάρχει στα γονίδια μέσα στο **σπερματοζωάριο** ή στο **ωάριο**, τα οποία ενώνονται για να δημιουργήσουν ένα νέο άτομο. Δεν μπορούν να αλλάξουν, να προσθέσουν ή να αφαιρέσουν πληροφορία που ήδη υπάρχει στα γονίδια τους. Ό,τι και να κάνετε στη διάρκεια της ζωής σας λοιπόν, αυτό δεν θα επηρεάσει τους απογόνους σας.²

Ζητήστε από τους μαθητές να σχεδιάσουν το οικογενειακό δέντρο τους που θα ξεκινά δύο γενιές πριν από αυτούς. Αυτό βοηθά να φανεί ότι ορισμένα χαρακτηριστικά όπως είναι το χρώμα των μαλλιών και των ματιών κληρονομούνται. Αν στην τάξη υπάρχουν μαθητές που δεν γνωρίζουν την ιστορία της οικογένειάς τους ή έναν από τους γονείς τους, τότε ο διδάσκων μπορεί να σχεδιάσει ένα εικονικό οικογενειακό δέντρο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη συζήτηση με όλη την τάξη. Για τη δημιουργία αυτού του δέντρου ο εκπαιδευτικός μπορεί να στηριχθεί στα μέλη μιας οικογένειας την οποία γνωρίζει.

Αν και ξεπερνά το επίπεδο των μαθητών των πρώτων τάξεων του Δημοτικού, ο σχεδιασμός ενός χρωμοσώματος με απλό τρόπο θα βοηθήσει τους μαθητές να σχηματίσουν στο μυαλό τους μια εικόνα για το γονίδιο, δηλαδή ότι είναι κατασκευασμένο από DNA, αντιγράφει τον εαυτό του και το ένα αντίγραφο μεταβιβάζεται στον απόγονο του οργανισμού (Εικόνα 8.3). Αναφέρετε στους μαθητές ότι γεννήθηκαν με αυ-



Εικόνα 8.3 Η θέση ενός γονιδίου σε κάποιο χρωμόσωμα

2. Εξαιρείται η περίπτωση που μια έγκυος εκτίθεται σε περιβαλλοντικούς παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το έμβρυο, όπως είναι φάρμακα ή ρυπαντές. Όμως αυτή η περίπτωση δεν είναι γενετική κληρονομικότητα.

τά τα γονίδια και θα τα μεταβιβάσουν στα παιδιά τους. Κατά τη διάρκεια της ζωής τους δεν θα μεταβληθούν· εμείς απλώς τα μεταφέρουμε. Αν στο γυμναστήριο δημιουργήσουμε ένα καλογυμνασμένο σώμα, αυτό δεν αλλάζει τα γονίδια και το χαρακτηριστικό αυτό δεν θα μεταβιβαστεί στα παιδιά μας.

Όπως συμβαίνει μερικές φορές στα σχολικά μαθήματα Φυσικών Επιστημών, η πραγματικότητα έρχεται σε αντίθεση με τις απλουστευμένες έννοιες που διδάσκουμε στους μαθητές του Δημοτικού διότι υπάρχουν αξιοσημείωτες εξαιρέσεις του κανόνα. Πράγματι τα γονίδια *είναι δυνατό να αλλάξουν* αν εκτεθούν σε περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως είναι η υπεριώδης ακτινοβολία, οι ακτίνες x και ορισμένα τοξικά χημικά. Αυτές οι αλλαγές είναι *μεταλλάξεις* και σχεδόν πάντοτε έχουν καταστροφικές συνέπειες. Για παράδειγμα εκτενής έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία προκαλεί μεταλλάξεις στα κύτταρα του δέρματος και είναι η αιτία για τον καρκίνο του δέρματος. Ωστόσο μόνο μεταλλάξεις στο DNA των σπερματοζωαρίων ή των ωαρίων μπορούν να κληρονομηθούν.

Γνωρίζετε ότι;

Επιγενετική κληρονομικότητα. Υπάρχουν πρόσφατες εξελίξεις στο πεδίο των επιγενετικών θεωριών σύμφωνα με τις οποίες αλλαγές στα χρωμοσώματα μπορεί να συμβούν κατά τη διάρκεια της ζωής ενός ατόμου σε απόκριση σε περιβαλλοντικούς παράγοντες και είναι δυνατό να μεταβιβαστούν στους απογόνους του. Αυτό σημαίνει ότι τα γονίδια θα εκφραστούν με διαφορετικό τρόπο, αλλάζοντας τα χαρακτηριστικά των παιδιών. Για παράδειγμα αρσενικά ποντίκια στα οποία δόθηκαν δόσεις μορφίνης, απέκτησαν απογόνους με ορμονικές ανωμαλίες. Αυτό αποδεικνύει ότι γεγονότα κατά τη διάρκεια της ζωής ενός οργανισμού είναι δυνατό να έχουν συνέπειες στις επόμενες γενιές. Είναι σημαντικό να επισημάνουμε ότι όταν συμβαίνουν επιγενετικές μεταβολές, αλλάζουν μόνο τα χρωμοσώματα στα οποία βρίσκονται τα γονίδια και όχι τα ίδια τα γονίδια. Αυτές οι αλλαγές έχουν αποτέλεσμα τα γονίδια να ενεργοποιούνται και να απενεργοποιούνται.

Πηγές: Nehm και Schonfeld (2008).

8.4 Εξαφανίζονται ορισμένα ανθρώπινα χαρακτηριστικά;

Παρανόηση

Το μικρό δάκτυλο μικραίνει συνεχώς διότι δεν το χρησιμοποιούμε.

Η επιστημονική άποψη

Η άποψη ότι η μη χρήση ενός χαρακτηριστικού έχει αποτέλεσμα την εξαφάνισή του από έναν πληθυσμό είναι άλλη μία παραλλαγή της Λαμαρκιανής παρανόησης (Ενότητα 8.2), δηλαδή ότι γεγονότα που συμβαίνουν στη ζωή ενός ατόμου είναι δυνατό να επιδράσουν στη γενετική κληρονομικότητα.

Αν η ελάττωση του μεγέθους του μικρού δακτύλου έδινε εξελικτικό πλεονέκτημα, τότε άτομα με αυτό το χαρακτηριστικό θα ανταγωνίζονταν καλύτερα άτομα με μεγαλύτερο μικρό δάκτυλο και μέσω της φυσικής εξέλιξης το ποσοστό των ατόμων με μικρότερο μικρό δάκτυλο στον πληθυσμό θα αυξανόταν (8.2). Όμως αυτό είναι απίθανο να συμβεί, διότι κάποιος με μεγαλύτερο μικρό δάκτυλο δεν φαίνεται να έχει σημαντικό μειονέκτημα.

Στο ανθρώπινο σώμα έχουν παραμείνει ορισμένα χαρακτηριστικά που δεν μας χρησιμεύουν και τα οποία κληρονομήσαμε από τους μακρινούς προγόνους μας. Αυτά τα χαρακτηριστικά ονομάζονται υπολειμματικά (δείτε το ένθετο κείμενο). Ακόμα έχουμε τα γονίδια αυτών των χαρακτηριστικών, αν και αυτά τα χαρακτηριστικά βρίσκονται σε αχρηστία. Το πυκνό τρίχωμα είναι απαραίτητο για τους τριχωτούς πιθήκους όπως είναι οι γορίλλες, διότι μονώνει θερμικά το σώμα όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή όπως συμβαίνει με τον ανθρώπινο ρουχισμό. Ο κοινός πρόγονος του ανθρώπου και του γορίλα μάλλον διέθετε τρίχωμα, όπως αυτό των σύγχρονων γορίλων, αλλά κάποια στιγμή στην εξελικτική ιστορία του ανθρώπου φαίνεται ότι η έλλειψη πυκνού τριχώματος έγινε πλεονέκτημα, διότι οι Ανθρωπίδες (είδη που έμοιαζαν με τον άνθρωπο) έχασαν το πυκνό τρίχωμά τους και εξελίχθηκαν στον σύγχρονο άνθρωπο με το αραιό τρίχωμα. Έχει διατυπωθεί η υπόθεση ότι οι πρόγονοί μας πήγαν να ζήσουν κοντά στη θάλασσα ή κοντά σε περιβάλλον που υπήρχε γλυκό νερό, όπου το πυκνό τρίχωμα θα δυσκόλευε σημαντικά την κίνησή τους μέσα στο νερό (υπόθεση του υδροβίου πιθήκου).

Γνωρίζετε ότι;

Υπολειμματικά χαρακτηριστικά. Στο ανθρώπινο σώμα έχουν παραμείνει ίχνη που δηλώνουν ότι έχουμε κοινούς προγόνους με διάφορους οργανισμούς. Ο ανθρώπινος κόκκυγας είναι μια μικρή άχρηστη ουρά που έχει απομείνει. Ήδη συζητήσαμε για το ανθρώπινο τρίχωμα που επίσης έχει απομείνει. Αυτό σχετίζεται με το γεγονός ότι ανατριχιάζουμε ως αντίδραση στο κρύο. Αυτή είναι μια χρήσιμη λειτουργία στα ζώα με τρίχωμα, διότι με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται το πάχος του τριχώματος με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμική μόνωση.

Οι πρόγονοι του ανθρώπινου είδους λοιπόν δεν έχασαν την πυκνή τριχοφυΐα διότι τους ήταν πλέον άχρηστη. Αντιθέτως είναι πιθανό να τους δημιουργούσε κάποιο εξελικτικό μειονέκτημα που είχε ως αποτέλεσμα οι Ανθρωπίδες με πυκνό τρίχωμα να

εξαφανισθούν. Ομοίως το μικρό δάκτυλο του χεριού δεν θα εξαφανιζόταν με την πάροδο των γενεών επειδή δεν το χρησιμοποιούμε πάρα πολύ. Αντιθέτως στον αναπτυσσόμενο κόσμο ο ρόλος αυτού του δακτύλου γίνεται όλο και πιο σημαντικός διότι με την έκρηξη της Πληροφορικής τη δεκαετία του '80 οι περισσότεροι έχουμε γίνει σε κάποιο βαθμό χρήστες του πληκτρολογίου, ενώ ένα ποσοστό πληκτρολογεί με τυφλό σύστημα στο οποίο είναι απαραίτητα όλα τα δάκτυλα.

Αναδόμηση

Αν οι μαθητές θεωρούν ότι σε κάθε νέα γενιά το μικρό δάκτυλο γίνεται όλο και μικρότερο, τότε είναι απαραίτητο να υπάρξουν παρεμβάσεις, όπως τις περιγράψαμε λεπτομερώς στις Ενότητες 8.2 και 8.3 για να βοηθηθούν οι μαθητές να συγκροτήσουν την επιστημονικά αποδεκτή άποψη ότι μόνο πληροφορίες που μεταβιβάζονται μέσω γονιδίων κληρονομούνται, συμπεριλαμβανομένου του σχήματος και του μεγέθους μερών του σώματος. Οι πληροφορίες αυτές υπάρχουν σ' εμάς από τη στιγμή της σύλληψής μας, δεν αλλάζουν και μεταβιβάζονται στους απογόνους μας, ανεξάρτητα από το πόσο συχνά χρησιμοποιούμε ένα συγκεκριμένο τμήμα του σώματός μας στη διάρκεια της ζωής μας.

Πηγή: Bishop και Anderson (1990).

8.5 Γιατί οι οργανισμοί είναι προσαρμοσμένοι στο περιβάλλον που ζουν;

Παρανόηση

Οι πολικές αρκούδες αναπτύσσουν πυκνό τρίχωμα διότι ζουν σε πολύ κρύο περιβάλλον.

Η επιστημονική άποψη

Ορισμένοι μαθητές πιστεύουν ότι στη διάρκεια της ζωής τους οι οργανισμοί αντιδρούν στο άμεσο περιβάλλον τους προσαρμοζόμενοι κατάλληλα. Σε πολύ μικρή ηλικία λοιπόν οι νεαρές αρκούδες αισθάνονται το κρύο και αντιδρούν αναπτύσσοντας πυκνή γούνα. Αυτή η αντίληψη είναι παρόμοια με την παρανόηση για το μήκος του λαιμού της καμηλοπάρδαλης που μελετήσαμε στην Ενότητα 8.2. Διαφέρει όμως από αυτή διότι η παρανόηση για την προσαρμογή της πολικής αρκούδας³ δεν περιλαμβάνει κληρονομικότητα: Κάθε νέα γενιά αρκούδων αντιδρά στις περιβαλλοντικές συνθήκες⁴ και

3. (ΣτΕ): Το πυκνό τρίχωμα.

4. (ΣτΕ): Στο κρύο.

αναπτύσσει την προσαρμογή.⁵ Άλλο παράδειγμα αυτής της παρανόησης είναι η πεποίθηση ότι οι γατόπαρδοι τρέχουν γρήγορα διότι απλώς έτσι έμαθαν. Αν έτρεχαν αργά, δεν θα μπορούσαν να πιάσουν τα θηράματά τους και θα πέθαιναν από την πείνα.

Όπως συζητήσαμε στην Ενότητα 8.2 προσαρμογές όπως είναι το πυκνό τρίχωμα της πολικής αρκούδας υπάρχουν επειδή κάποτε υπήρχε ποικιλότητα σε κάποιον πληθυσμό προγονικό των σημερινών αρκούδων και οι αρκούδες είχαν ποικιλότητα ως προς την πυκνότητα του τριχώματός τους. Όταν το κλίμα έγινε πιο ψυχρό οι αρκούδες με πυκνή γούνα είχαν ένα συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με τις υπόλοιπες, που ή, μετανάστευσαν προς θερμότερες περιοχές ή πέθαναν από το κρύο. Συνεπώς στην περιοχή που σήμερα ονομάζουμε Αρκτική, οι πολικές αρκούδες έχουν πυκνό τρίχωμα διότι οι πρόγονοί τους με πυκνό τρίχωμα ήταν τα μόνα άτομα που επέζησαν, κι αυτή η προσαρμογή⁶ μεταβιβάστηκε στις επόμενες γενιές διαμέσου των γονιδίων.

Παρόμοια παρανόηση είναι η άποψη ότι όλη η ποικιλότητα μεταξύ των ατόμων προκύπτει ως αντίδραση στο άμεσο περιβάλλον του (περιβαλλοντική ποικιλότητα), όπως το υπερβολικό φαγητό έχει αποτέλεσμα αύξηση του σωματικού βάρους. Αντίθετα, θα πρέπει να θυμόμαστε ότι μέρος της ποικιλότητας είναι κληρονομική και οφείλεται στις διαφορές της γενετικής δομής μεταξύ των οργανισμών (γενετική ποικιλότητα), διότι με την ανάμειξη των γονιδίων στη φυλετική αναπαραγωγή⁷ παράγονται διαφορετικοί μεταξύ τους απόγονοι. Τα παιδιά μιας οικογένειας δεν μοιάζουν ποτέ απόλυτα μεταξύ τους αν και έχουν τους ίδιους γονείς (εκτός κι αν είναι δίδυμα). Οι διαφορές οφείλονται κυρίως στον ανασυνδυασμό των γονιδίων⁸ και στην ανάμειξη των χρωμοσωμάτων όταν δημιουργούνται τα σπερματοζωάρια και τα ωάρια. Οι πολικές αρκούδες που γεννιούνται σε ζωολογικούς κήπους σε θερμές χώρες έχουν πυκνό τρίχωμα, παρά το θερμό κλίμα στο οποίο βρίσκονται, διότι αυτό το γνώρισμα καθορίζεται γενετικά.⁹

Αναδόμηση

Επειδή αυτή η παρανόηση σε κάποιο βαθμό είναι παραλλαγή της Λαμαρκιανής αντίληψης, για την αντιμετώπισή της προτείνονται οι διδακτικές μέθοδοι που περιγράψαμε στις Ενότητες 8.2 και 8.3, για να βοηθήσουν τους μαθητές να οικοδομήσουν αντιλήψεις σύμφωνες με τη φυσική επιλογή.

Πηγές: Deadman και Kelly (1978).

5. (ΣτΕ): Πυκνό τρίχωμα.

6. (ΣτΕ): Το πυκνό τρίχωμα.

7. (ΣτΜ): Αναπαραγωγή με δύο φύλα.

8. (ΣτΕ): Gene cross over.

9. (ΣτΕ): Έχουν το/τα σχετικό/-ά γονίδιο/-α.

8.6 Βιολογική ποικιλότητα

Παρανόηση

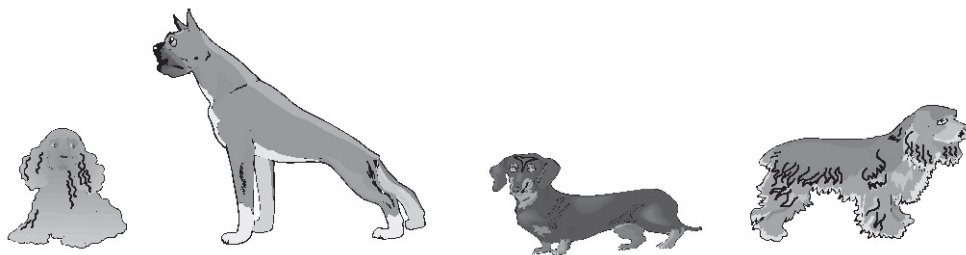
Ο σκύλος φαίνεται διαφορετικός από τη γάτα. Αυτό είναι παράδειγμα ποικιλότητας.

Η επιστημονική αντίληψη

Αυτή η φράση υποδηλώνει την αντίληψη ότι η ποικιλότητα μεταξύ των οργανισμών αναφέρεται στις διαφορές μεταξύ των διαφορετικών ειδών. Στην πραγματικότητα στην βιολογική «ποικιλότητα» περιλαμβάνονται οι διαφορές στα άτομα **του ίδιου είδους**. Μεταξύ των σκύλων διαφορετικής ράτσας υπάρχει μεγάλη ποικιλία στο μέγεθος, χρώμα και σε άλλα φυσικά χαρακτηριστικά. Όμως όλοι ανήκουν στο ίδιο είδος διότι είναι δυνατό να διασταυρωθούν μεταξύ τους και να δώσουν γόνιμους απογόνους (Εικόνα 8.6). Συχνά οι μαθητές επηρεάζονται από την καθημερινή χρήση της λέξης «ποικιλότητα» που αναφέρεται σε οποιαδήποτε διαφορά. Και έτσι θεωρούν ότι οποιαδήποτε διαφορά μεταξύ των οργανισμών περιλαμβάνεται στην έννοια ποικιλότητα.

Αναδόμηση

Για να βοηθήσουμε τους μαθητές να αντιληφθούν το νόημα του όρου ποικιλότητα, συνήθως χρησιμοποιούμε τη σύγκριση μεταξύ ανθρώπινων χαρακτηριστικών. Ζητήστε από τους μαθητές να συγκρίνουν τον εαυτό τους με το συμμαθητή που κάθεται δίπλα τους και να γράψουν πέντε παραδείγματα ποικιλότητας, δηλαδή σε τι διαφέρουν. Πείτε στους μαθητές να μην κάνουν προσωπικά ή δυσάρεστα σχόλια για το διπλανό τους. Επεκτείνοντας αυτή τη δραστηριότητα μπορούμε να συμπεριλάβουμε και ποσοτικά μεγέθη, για παράδειγμα το ύψος, το νούμερο του παλπουτσιού και να κατασκευάσουν ραβδογράμματα¹⁰ εξασκώντας και μαθηματικές δεξιότητες.



Εικόνα 8.6 Εμφανής ποικιλομορφία μέσα στο είδος *Canis familiaris* (κατοικίδιος σκύλος)

10. (ΣΤΕ): Με την κατανομή τους στην τάξη.

Αυτή η δραστηριότητα είναι δυνατό να συνδεθεί με συζητήσεις σχετικά με τις προσαρμογές (adaptations). Το γεγονός ότι άτομα του ίδιου είδους διαφέρουν μεταξύ τους σημαίνει ότι αν το περιβάλλον τους αλλάξει, ορισμένα άτομα θα είναι καταλληλότερα από άλλα για να επιβιώσουν, έτσι οι προσαρμογές που έχουν¹¹ γίνονται πιο συχνές στον πληθυσμό (δείτε Ενότητα 8.2).

Όσα αναφέρθηκαν μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν την ποικιλιότητα, όμως δεν τους αποτρέπουν από το να συγκρίνουν και διαφορετικά είδη μεταξύ τους. Τελικά ίσως κάποιοι μαθητές απλώς να αποστηθίσουν ότι η ποικιλιότητα αφορά μόνο άτομα του ίδιου είδους. Μια πιο εκτενής συζήτηση για τη γενετική ποικιλιότητα και την περιβαλλοντική ποικιλιότητα θα διευκολύνει την κατανόησή τους (Ενότητα 8.3).

Πηγές: Hackling και Treagust (1982).

8.7 Αν έχουμε εξελιχθεί από τους πιθήκους, γιατί υπάρχουν ακόμα πίθηκοι;

Παρανόηση

Οι άνθρωποι εξελίχθηκαν από τους χιμπατζήδες.

Η επιστημονική άποψη

Αυτή η συχνή άποψη αντανακλά ένα γραμμικό μοντέλο εξέλιξης, σύμφωνα με το οποίο σε κάποια ιστορική στιγμή, οι χιμπατζήδες εξελίχθηκαν απευθείας σε ανθρώπους. Αυτή η παρανόηση είναι ουσιαστικά Λαμαρκιανή, με τα είδη να μεταμορφώνονται σωματικά κατά τη διάρκεια της ζωής τους και κατόπιν γεννούν απογόνους που κληρονομούν αυτές τις σωματικές μεταμορφώσεις. Οι πρόγονοι μεταμορφώνονται απευθείας σε απογόνους και τα δύο είδη δεν μπορούν να συνυπάρχουν.

Αν και από γενετική άποψη ο *Homo sapiens* και οι χιμπατζήδες συνδέονται πολύ στενά από γενετική άποψη, μεταξύ τους, δεν υπάρχει άμεση σχέση καταγωγής. Όμως και τα δύο είδη εξελίχθηκαν από έναν κοινό πιθηκοειδή πρόγονο που έζησε πριν από περίπου 15 εκατομμύρια χρόνια. Οι χιμπατζήδες εξελίχθηκαν πριν από τους ανθρώπους – ο πρώτος χιμπατζής εμφανίστηκε πριν από περίπου 4 εκατομμύρια χρόνια ενώ ο άνθρωπος είναι πολύ νεότερο είδος. Ο πρώτος *Homo sapiens*, με τα σύγχρονα ανατομικά χαρακτηριστικά, εμφανίστηκε πριν από μόλις διακόσιες πενήντα χιλιά-

11. (ΣτΕ): Δηλαδή το χαρακτηριστικό που δίνει το πλεονέκτημα στην επιβίωση στις συγκεκριμένες συνθήκες.

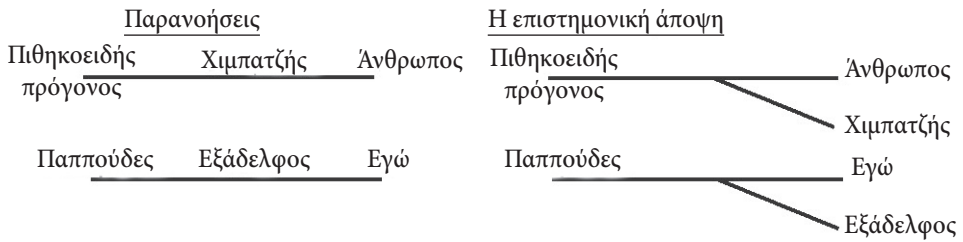
δες χρόνια. Ωστόσο οι χιμπατζήδες δεν ήταν οι προ-προ-προ-παππούδες μας, μάλλον είναι οι εξελικτικοί εξάδελφοί μας (δείτε το εδάφιο «Αναδόμηση» που ακολουθεί).

Ακόμα κι αν οι άνθρωποι κατάγονταν άμεσα από τους χιμπατζήδες, τα δύο είδη θα μπορούσαν να συνυπάρχουν σήμερα. Επειδή ένα είδος εξελίσσεται από κάποιο άλλο, αυτό δεν σημαίνει ότι αυτομάτως το προγονικό είδος εξαφανίζεται και αντικαθίσταται από το είδος-απόγονο. Για παράδειγμα ο κατοικίδιος σκύλος εξελίχθηκε πριν από 20.000 χρόνια από τον γκρι λύκο, όμως και τα δύο είδη ακόμη υπάρχουν. Το ερώτημα «Αν έχουμε εξελιχθεί από τους πιθήκους, γιατί υπάρχουν ακόμη πίθηκοι;» έχει χρησιμοποιηθεί λανθασμένα από τους Δημιουργιστές στην προσπάθειά τους να καταρρίψουν το Δαρβινισμό και να προωθήσουν την ιδέα του Ευφυούς Σχεδιασμού (δείτε το ένθετο κείμενο στην Ενότητα 8.2).

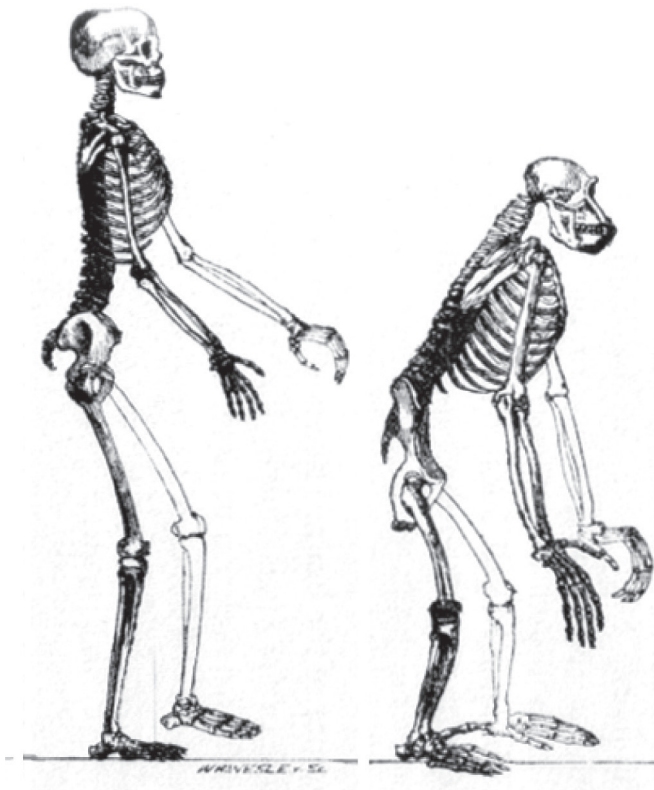
Αναδόμηση

Για την αντιμετώπιση αυτής της παρανόησης οι Meikle και Scott (2010) πρότειναν την ιδέα του «εξαδέλφου». Αν και συγγενεύουμε με τους εξάδελφους μας, δεν προερχόμαστε από αυτούς. Αντιθέτως έχουμε κοινούς προγόνους, τους παππούδες μας. Αν θεωρήσουμε λοιπόν τους χιμπατζήδες εξελικτικά ξαδέλφια τότε η σχέση μας με τους χιμπατζήδες είναι παρόμοια με τη σχέση μεταξύ εξαδέλφων. Και τα δύο είδη είχαν έναν κοινό πρόγονο, ο οποίος έζησε πριν από εκατομμύρια χρόνια. Δηλαδή ο άνθρωπος και οι χιμπατζήδες είναι μακρινοί συγγενείς και όπως ακριβώς εμείς δεν προερχόμαστε από τα εξάδελφους μας, ομοίως ο άνθρωπος δεν εξελίχθηκε από τους χιμπατζήδες (Εικόνα 8.7α).

Αυτό μπορείτε να το διδάξετε στην τελευταία τάξη του Δημοτικού, στο πλαίσιο μιας πιο γενικής ενότητας ή συζήτησης σχετικά με την ανθρώπινη εξέλιξη. Στην αποσαφήνιση του θέματος βοηθά η παρουσίαση του τρόπου με τον οποίο ο ανθρώπινος σκελετός προσαρμόστηκε στις ανάγκες του νέου είδους, από τη στιγμή που το είδος μας απέκλινε από τα άλλα πρωτεύοντα. Κύρια ιδιότητα που πρέπει να λάβουμε υπόψη μας είναι ο διποδισμός, δηλαδή το γεγονός ότι οι πιθηκοειδείς πρόγονοί μας μπορούσαν να περπατούν με τα δύο πόδια, αντί για τα τέσσερα. Για να είναι αυτή η βάδιση αποτελεσματική, ήταν απαραίτητες προσαρμογές στο σκελετό (Εικόνα 8.7β). Τα πέλματα απόκτησαν καμάρα και τα δάκτυλα των ποδιών έγιναν μικρότερα. Πράγματι δεν τους ήταν πλέον απαραίτητα για να αρπάζονται από τα κλαδιά και να μετακινούνται από δέντρο σε δέντρο μέσα στα δάση. Αυτή η αλλαγή διευκόλυνε το βήδισμα με τα δύο πόδια. Επίσης το σχήμα της σπονδυλικής στήλης άλλαξε ώστε να διευκολυνθεί η όρθια στάση. Οι σύνδεσμοι των γονάτων μεγάλωσαν ώστε, κατά το βήδισμα και το τρέξιμο, να μπορούν να στηρίζουν ολόκληρο το βάρος του όρθιου σώματος. Το μηριαίο οστό στράφηκε προς το εσωτερικό, από τη λεκάνη προς το γόνατο, για να επιτρέψει την άνετη όρθια στάση για μεγάλες περιόδους. Τα πόδια έγιναν μακρύτερα,



Εικόνα 8.7α Η χρήση της έννοιας «εξάδελφος» ως αναλογία¹²



Εικόνα 8.7β Σύγκριση του σκελετού του σύγχρονου ανθρώπου με το σκελετό του χιμπατζή. Φαίνονται οι σκελετικές αλλαγές που ήταν απαραίτητες για το διποδισμό

και επειδή οι βραχίονες δεν ήταν πια απαραίτητοι στη μετακίνηση, έγιναν πιο κοντοί. Αυτές οι προσαρμογές επέτρεψαν στους δίποδους προγόνους μας να στέκονται όρθιοι και να έχουν ελεύθερα χέρια να χειρίζονται εργαλεία, κι αυτή η ικανότητα ήταν

12. Η εικόνα προέρχεται από το άρθρο των Meikle και Scott (2010).

ζωτικής σημασίας στην ανάπτυξη της ανθρώπινης τεχνολογίας. Τα στοιχεία που αναφέραμε θα μπορούσαν να αποτελέσουν μέρος μιας γενικότερης διαπραγμάτευσης της θεωρίας της εξέλιξης, στην οποία θα μπορούσατε να συμπεριλάβετε απολιθώματα προγόνων του ανθρώπου ώστε να στηρίζετε τις απόψεις του Δαρβίνου.

Ένα χρήσιμο βιβλίο για να εισάγουμε τα απολιθώματα και απλές ιδέες για την εξέλιξη σε παιδιά των πρώτων δυο τάξεων (επίπεδο KS1) είναι το παιδικό βιβλίο *Gum-drop and the Dinosaur* της Val Biro. Επίσης το βιβλίο *Dinosaur* της Meredith Cooper είναι πολύ καλό για μεγαλύτερα παιδιά KS1 και μικρότερα παιδιά επιπέδου KS2.

Διάσημοι επιστήμονες

Mary Anning. Αν και στην εποχή της ήταν διάσημη, σήμερα η Mary είναι γνωστή μόνο μεταξύ των παλαιοντολόγων και των συλλεκτών απολιθωμάτων. Γεννήθηκε το 1799 σε φτωχική οικογένεια της εργατικής τάξης. Έλαβε μόνο στοιχειώδη μόρφωση, ουδέποτε απέκτησε πτυχίο επαγγελματία γεωλόγου και ήταν αυτοδίδακτη. Σ' αυτήν αποδίδεται η ανακάλυψη πολλών σημαντικών απολιθωμάτων από ανασκαφές της στις απότομες παραθαλάσσιες πλαγιές, γύρω από το Lyme Regis στο Dorset, Σ' αυτά τα απολιθώματα συμπεριλαμβάνονται ο πρώτος πλησιόσαυρος (πρόκειται για μια εξαφανισμένη θαλάσσια σαύρα). Οι εργασίες της Anning οδήγησαν άμεσα στην ανάπτυξη σημαντικών επιστημονικών θεωριών, όπως είναι οι θεωρίες για την εξαφάνιση των ειδών. Αργότερα σ' αυτές τις θεωρίες βασίστηκαν ισχυρισμοί ότι πριν από τους ανθρώπους υπήρχε προϊστορία, δηλαδή μια περίοδος πριν εμφανιστεί ο άνθρωπος ενώ οι δεινόσαυροι κυριαρχούσαν πάνω στη Γη, μια ιδέα αντίθετη με όσα δίδασκε η Βίβλος. Η Mary πέτυχε όλα αυτά, παρά τα κοινωνικά εμπόδια της ταπεινής της καταγωγής και του γεγονότος ότι ήταν γυναίκα, που λόγω των αντιλήψεων της εποχής την εμπόδισαν να ακολουθήσει ακαδημαϊκή καριέρα. Το 2010 η Βασιλική Ακαδημία¹³ την αναγνώρισε ως μία από τις δέκα γυναίκες με τη μεγαλύτερη επιρροή στην ιστορία των Φυσικών Επιστημών στη Μεγάλη Βρετανία.

Πηγές: Biro (2004)· Hooper (1996)· Meikle και Scott (2010).

13. (ΣτΕ): Royal Society, η πιο διακεκριμένη Ακαδημία Επιστημών της Μεγάλης Βρετανίας και η πιο παλιά στον κόσμο – ιδρύθηκε το 1660.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΧΗΜΕΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ

9.1. Τι είναι τα υλικά;

Παρανόηση

Υλικά είναι αυτά που χρησιμοποιούμε για να χτίζουμε, να ντυνόμαστε ή στο γραφείο.

Η επιστημονική άποψη

Οι μαθητές χρησιμοποιούν τη λέξη *υλικό* με το νόημα που έχει στην καθημερινή γλώσσα, δηλαδή τα τούβλα είναι οικοδομικά υλικά, τα υφάσματα είναι υλικά ένδυσης και τα τετράδια είναι υλικά γραφείου. Η λέξη αυτή χρησιμοποιείται επίσης συχνά στον τομέα της πληροφορίας (ερευνητικό υλικό) και για κάτι γήινο, («Ο Ιησούς εμφανίστηκε με υλική υπόσταση»). Οι μαθητές λοιπόν πιθανόν να κατατάσσουν οτιδήποτε δεν ανήκει σε αυτές τις κατηγορίες ως άυλο.

Στην επιστήμη ένα υλικό είναι οτιδήποτε αποτελείται από ύλη, δηλαδή από άτομα, μόρια ή ιόντα. Σ' αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται τα αέρια. Όμως συχνά οι μαθητές δεν θεωρούν ότι τα αέρια είναι υλικά, διότι δεν ταιριάζουν με την καθημερινή αντίληψη που αναφέραμε, ότι δηλαδή τα υλικά είναι στερεά. Άυλες είναι οι οντότητες που δεν αποτελούνται από ύλη, για παράδειγμα η ενέργεια.

Ο όρος *ακατέργαστο υλικό*, που σημαίνει το υλικό που χρησιμοποιείται στο αρχικό στάδιο της βιομηχανικής παραγωγής, ίσως δημιουργεί σύγχυση, αν και, από επιστημονική άποψη, όλα τα *ακατέργαστα υλικά* είναι υλικά.

Αναδόμηση

Αυτή η παρανόηση εμφανίζεται όταν ο όρος «υλικό» για πρώτη φορά εισάγεται στο μάθημα Φυσικές Επιστήμες στις πρώτες τάξεις του Δημοτικού. Κατά διάρκεια της εισαγωγής θεμάτων Χημείας λοιπόν, όπου οι μαθητές εκτελούν δραστηριότητες με υγρά

και αέρια, ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να χρησιμοποιεί με κάθε ευκαιρία τη λέξη «υλικό». Μ' αυτό τον τρόπο ελπίζουμε ότι οι μαθητές θα διαμορφώσουν με έμμεσο τρόπο μια συνολική αντίληψη της λέξης υλικό που θα διαφέρει από την καθημερινή. Αυτή η διαδικασία είναι δυνατό να διευκολυνθεί με ασκήσεις ταξινόμησης. Για παράδειγμα μπορούμε να ζητήσουμε από τους μαθητές να δημιουργήσουν ξεχωριστές ομάδες αντικειμένων που καθεμιά να περιλαμβάνει μόνο στερεά, μόνο υγρά και μόνο αέρια αντίστοιχα και κάθε φορά να αποκαλούμε όλα αυτά υλικά.

Πηγή: Bouma κ.ά. (1990).

9.2 Όταν κάτι καίγεται, γιατί εξαφανίζεται;

Παρανόηση

Όταν ένα αντικείμενο καίγεται, μέρη του εξαφανίζονται και δεν υπάρχουν πλέον.

Η επιστημονική άποψη

Όταν ένα κομμάτι ξύλο καίγεται, φλόγες εμφανίζονται που το κατατρώγουν και το ξύλο μετατρέπεται σε κάτι μικρότερο, δηλαδή σε στάχτη. Ορισμένοι μαθητές δεν μπορούν να εξηγήσουν γιατί το μέγεθος ελαττώνεται και βρίσκονται σε σύγχυση όταν τους ρωτούν τι απέγινε το ξύλο που υπήρχε στην αρχή. Ίσως θεωρούν ότι κατά την καύση η φλόγες μετατρέπουν μέρος του ξύλου σε στάχτη και ότι το υπόλοιπο ξύλο καταστρέφεται χωρίς να υφίσταται πλέον με οποιαδήποτε μορφή. Άλλοι ίσως συμπεραίνουν ότι το ξύλο μετατρέπεται σε καπνό. Αν κι αυτή η αντίληψη βρίσκεται πιο κοντά στην πραγματικότητα, όταν οι μαθητές πειστούν, επιμένουν ότι ο καπνός «εξαφανίζεται εντελώς» και πλέον παύει να υπάρχει.

Όπως συμβαίνει σε κάθε **χημική μεταβολή**, κατά τη διάρκεια της **καύσης** η μάζα του σώματος πάντοτε διατηρείται. Αυτό σημαίνει ότι αν ζυγίσουμε τις αρχικές ουσίες και τις ουσίες που παράγονται λόγω της καύσης, οι τιμές τους θα είναι ίσες, διότι η ύλη δεν μπορεί να εξαφανιστεί ούτε να δημιουργηθεί. Κατά την καύση τα σωματίδια από τα οποία αποτελείται το ξύλο και το οξυγόνο αναδιατάσσονται ώστε να σχηματιστούν νέα υλικά, διοξείδιο του άνθρακα και νερό (Εικόνα 9.2).

Αν παρατηρήσουμε ένα κομμάτι ξύλο που καίγεται και το ξύλο συρρικνώνεται και μετατρέπεται σε στάχτη, φαίνεται σαν η μάζα να χάνεται. Όμως επειδή με την



Εικόνα 9.2 Απλή, λεκτική περιγραφή της χημικής εξίσωσης πλήρους καύσης του ξύλου

καύση παράγεται αέριο διοξείδιο του άνθρακα και νερό (με τη μορφή **ατμού**), αυτά τα αέρια προϊόντα ανεβαίνουν με ρεύματα **θερμότητας** και διασκορπίζονται στον περιβάλλοντα αέρα. Δεν παύουν λοιπόν να υπάρχουν, αν και είναι δύσκολο να τα ανιχνεύσουμε. Όμως η σύγχυση επιτείνεται διότι η κατάσταση είναι λίγο πιο σύνθετη: Επειδή συχνά η καύση είναι ατελής, παράγονται κι άλλα προϊόντα όπως είναι το μονοξείδιο του άνθρακα και ο στερεός άνθρακας. Μέρος αυτού του άνθρακα ανεβαίνει με τη μορφή καπνού και το υπόλοιπο μένει στην στάχτη, στην οποία υπάρχουν επίσης τα ορυκτά συστατικά του ξύλου, που δεν καίγονται. Αν η καύση συμβεί μέσα σε σφραγισμένο δοχείο, τότε όλα τα προϊόντα της καύσης δεν μπορούν να διαφύγουν. Αν λοιπόν πριν και μετά την καύση ζυγίσουμε το περιεχόμενο του δοχείου, θα διαπιστώσουμε ότι δεν ελαττώνεται.

Σχετική με αυτή την παρανόηση είναι και η άποψη ότι κατά τη διάρκεια της καύσης το ξύλο εξαφανίζεται διότι μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια.

Αναδόμηση

Ενώ ένα κερί καίγεται πάνω σε κάποιο τραπέζι, ρωτήστε τους μαθητές: «Πιατί το κερί μικραίνει; Τι απογίνεται το υλικό του κεριού;». Αυτές οι ερωτήσεις βοηθούν να εκμαιευτούν ορισμένες από τις παρανοήσεις που συζητήσαμε. Κατόπιν τοποθετήστε το κερί μέσα σ' ένα σφραγισμένο διαφανές δοχείο, π.χ. σ' ένα μεγάλο βάζο μαρμελάδας ή συντήρησης τροφίμων κ.λπ., και ζυγίστε το κερί μαζί με το δοχείο. Ανάψτε το κερί και βεβαιωθείτε ότι κλείσατε γρήγορα το καπάκι. Αφήστε το να καίει μέχρι να σβήσει. Σ' ένα μεγάλο βάζο μαρμελάδας αυτό θα συμβεί σε λιγότερο από μισό λεπτό. Κρατώντας το βάζο κλειστό ζυγίστε πάλι το δοχείο με το περιεχόμενό του εξηγώντας ότι αν και ίσως είναι εκπληκτικό ότι το βάρος δεν έχει μεταβληθεί, αυτή η διατήρηση τη μάζας συμβαίνει διότι τα αέρια που παράγονται από την καύση έχουν παγιδευτεί μέσα στο δοχείο. Αυτά τα προϊόντα διαφεύγουν από τη φλόγα και σκορπίζονται στον περιβάλλοντα αέρα. Παρουσιάστε λοιπόν το συμπέρασμα ότι η καύση δεν εξαυλώνει το υλικό του κεριού· αυτό το υλικό απλώς μετατρέπεται σε κάτι άλλο, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

Αν και ορισμένοι μαθητές θεωρούν ότι μέσα στο κλειστό δοχείο χάνεται μάζα, άλλοι ίσως πιστεύουν ότι η καύση έχει αποτέλεσμα την αύξηση της μάζας, διότι θεωρούν ότι ο καπνός που παράγεται προστίθεται στην αρχική μάζα. Όπως συμβαίνει και με την κύρια παρανόηση, αυτό το είδος σκέψης συμπεριλαμβάνεται στην αντίληψη ότι στις χημικές μεταβολές η μάζα δεν διατηρείται.

Πηγή: Watson κ.ά. (1997).

9.3 Τι συμβαίνει όταν καίγεται ένα κερί;

Παρανόηση

Το κερί δεν καίγεται· απλώς λιώνει.

Η επιστημονική άποψη

Σε ένα αναμμένο κερί, γύρω από το φυτίλι το υλικό του κεριού λιώνει και συγχρόνως καταναλώνεται ως καύσιμο. Επειδή το πλεονάζον ρευστό υλικό, που δεν καίγεται, κυλά στο εξωτερικό μέρος του κεριού και ξαναστερεοποιείται, δημιουργείται η εντύπωση ότι η φλόγα απλώς λιώνει το υλικό του κεριού. Όμως συμβαίνει μια χημική μεταβολή διότι παράγονται ουσίες που δεν υπήρχαν αρχικά, τα προϊόντα της καύσης. Σ' αυτά περιλαμβάνονται διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα καθώς και νερό, τα οποία διαφεύγουν σε αέρια μορφή (Ενότητα 9.2).

Αναδόμηση

Η καύση ενός κεριού πάνω σε ζυγαριά δείχνει μια αργή και σταθερή ελάττωση της μάζας, καθώς διαφεύγουν τα προϊόντα της καύσης. Αν το υλικό του κεριού απλώς έλιωνε, η μάζα θα παρέμενε σταθερή.

Παρατηρώντας κάθε τόσο ένα κερί, από αυτά που χρησιμοποιούμε για να διατηρούμε ζεστό το φαγητό, να καίγεται, διαπιστώνουμε ότι αρχικά υλικό του κεριού λιώνει και υγροποιείται εντελώς. Καθώς η καύση συνεχίζεται, το υγροποιημένο υλικό σιγά-σιγά εξαφανίζεται εντελώς. Αυτό το γεγονός μπορούμε να το συνδέσουμε με τη μετατροπή του υλικού του κεριού σε αόρατα αέρια προϊόντα καύσης, που διαφεύγουν στον περιβάλλοντα αέρα. Να έχετε κατά νου ότι λόγω της εμφάνισής του ορισμένοι μαθητές νομίζουν ότι το υγρό κερί είναι νερό.

Επίσης επειδή ορισμένοι μαθητές πιστεύουν ότι όλα τα υγρά είναι ελαφρότερα από τα στερεά (Ενότητα 11.3), θεωρούν ότι η μάζα του αναμμένου κεριού ελαττώνεται, διότι το κερί λιώνει. Ανάψτε ένα κερί από αυτά που χρησιμοποιούμε για να ζεσταίνουμε το φαγητό. Αφού το κερί λιώσει εντελώς, ζυγίστε το. Αμέσως μετά σβήστε το κερί, περιμένετε να στερεοποιηθεί και ζυγίστε το. Θα διαπιστώσετε ότι το βάρος του υγρού κεριού είναι ίσο με το βάρος του στερεού.

Πηγή: Meheut κ.ά. (1985).

9.4 Ορολογία σχετικά με τις χημικές μεταβολές και τις μεταβολές φάσεων που προκαλεί σύγχυση

Παρανόηση

Όταν ένα χαρτί καίγεται ζαρώνει και στο τέλος γίνεται στάχτη, ενώ μέρος του εξατμίζεται.

Η επιστημονική άποψη

Στο πλαίσιο μια συνηθισμένης δραστηριότητας σε μεγάλες τάξεις του Δημοτικού οι εκπαιδευτικοί δημιουργούν τις κατάλληλες προϋποθέσεις ώστε οι μαθητές να παρατηρήσουν τις αλλαγές που συμβαίνουν καθώς διάφορα υλικά της καθημερινής ζωής, π.χ. χαρτί, ξύλο ή κλωστές, καίγονται προσεκτικά στη φλόγα ενός κεριού. Κατόπιν αυτές οι παρατηρήσεις είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν σαν βάση συζήτησης για τις **αντιστρεπτές** και τις **μη αντιστρεπτές** μεταβολές που συμβαίνουν στα υλικά. Για παράδειγμα η καύση είναι μη αντιστρεπτή μεταβολή. Ο μαθητής που έχει διατυπώσει τη λανθασμένη άποψη που αναφέρθηκε προηγουμένως αντιλαμβανόταν σωστά ότι το χαρτί υπέστη κάποια αλλαγή ενώ ένα μικρό μέρος του διέφυγε. Όπως συμβαίνει σε πολλές περιπτώσεις στο μάθημα Φυσικές Επιστήμες (για παράδειγμα δείτε την Ενότητα 9.1), οι Αγγλόφωνοι μαθητές για να περιγράψουν τη διαφυγή κάποιας ουσίας κατά την καύση σφάλλουν χρησιμοποιώντας τη λέξη «evaporate» με την καθημερινή σημασία της κι όχι με την επιστημονική. Στην καθομιλουμένη Αγγλική γλώσσα «evaporate» σημαίνει διασκορπίζομαι ή εξαφανίζομαι, όπως στη φράση «on the arrival of the police the crowd evaporated».¹ Όμως στις Φυσικές Επιστήμες αυτή η λέξη έχει ιδιαίτερο νόημα: σημαίνει τη μεταβολή ενός υγρού σε αέριο, όταν η θερμοκρασία είναι μικρότερη από το σημείο βρασμού, όπως στη φράση «during the course of the day the puddle evaporated».² Όταν λοιπόν ένα χαρτί καίγεται δεν εξατμίζεται, διότι δεν είναι υγρό.

Πολλούς ανθρώπους τους εκπλήσσει το γεγονός ότι μία από τις ουσίες που παράγονται όταν τα περισσότερα σώματα καίγονται είναι το νερό (Ενότητα 9.2), διότι έχουν συνδέσει το νερό με το σβήσιμο της φωτιάς. Όταν το χαρτί καίγεται παράγεται νερό, αν και αμέσως μόλις εμφανιστεί βράζει λόγω της υψηλής θερμοκρασίας που αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια της χημικής αντίδρασης της καύσης και διαφεύγει στον αέρα ως ατμός. Όμως μιλώντας με αυστηρότητα, ακόμα και σ' αυτή την περίπτωση, δεν πρόκειται για εξατμισμό διότι η μετατροπή σε αέριο συμβαίνει πάνω από το σημείο βρασμού του νερού, που είναι στους 100°C. Από επιστημονική άποψη λοιπόν αυτή η μετατροπή είναι **βρασμός**. Σημειώστε ότι όταν ορισμένες ουσίες καίγονται, είναι δυνατό να συμβαίνουν συγ-

1. (ΣτΜ): Μόλις έφθασε η αστυνομία, το πλήθος εξαφανίστηκε.

2. (ΣτΜ): Κατά τη διάρκεια της ημέρας η λιμνούλα εξατμίστηκε.

χρόνως η διαδικασία της τήξης (δείτε την επόμενη ενότητα) και της εξάτμισης. Για παράδειγμα όταν η σοκολάτα καίγεται, απλώς λιώνει, ενώ όταν το κερί καίγεται, αρχικά λιώνει και μετά εξατμίζεται. Προφανώς αυτό δεν συμβαίνει στην καύση κάθε ουσίας.

Γνωρίζουμε πλέον ότι οι Αγγλόφωνοι μαθητές χρησιμοποιούν την αγγλική λέξη «melt» με παρόμοιο τρόπο, δηλαδή συγχέουν το νόημα της λέξης όπως τη χρησιμοποιούν στην καθημερινή ζωή με την επιστημονική ονομασία της. Στην καθημερινή ζωή σημαίνει μια μυστηριώδη εξαφάνιση, όπως στη φράση «she melted away into the night».³ Θεωρούν λοιπόν ότι όταν τα ξύλα καίγονται στο ύπαιθρο, λιώνουν σιγά-σιγά και μετατρέπονται σε στάχτη. Όμως, όπως συμβαίνει και με τη λέξη «evaporation», η επιστημονική σημασία της λέξης «melt» είναι πολύ συγκεκριμένη: σημαίνει τη μετατροπή ενός στερεού σώματος σε υγρό. Άλλος λόγος για τον οποίο οι μαθητές χρησιμοποιούν λέξεις που δεν αποδίδουν με ακρίβεια το νόημα είναι ότι υπάρχει ασάφεια στους επιστημονικούς ορισμούς λέξεων που υπεισέρχονται σε παρόμοια κείμενα. Για παράδειγμα όταν οι μαθητές αναφέρονται σε **μεταβολές φάσης** συγχέουν τις έννοιες **τήξη** και **πήξη** και χρησιμοποιούν τη μία αντί για την άλλη, όπως συμβαίνει και με τις λέξεις **εξάτμιση** και **συμπύκνωση**, διότι δεν κατανοούν σε βάθος το νόημα αυτών των λέξεων και απλώς προσπαθούν να τις αποστηθίσουν.

Ομοίως θεωρούν λανθασμένα ότι το κερί λιώνει αλλά δεν καίγεται (Ενότητα 9.3) και συγχέουν τις φυσικές με τις χημικές μεταβολές (βάζουν χωρίς διάκριση όλες μεταβολές στην ίδια κατηγορία).

Αναδόμηση

Η συχνή χρήση επιστημονικής ορολογίας από τον εκπαιδευτικό βοηθά τους μαθητές να αποστηθίσουν σωστά τους ορισμούς των όρων. Αν όροι, όπως η καύση, η εξάτμιση και η τήξη παρουσιάζονται σε ποικίλα επιστημονικά περιβάλλοντα, συμπεριλαμβανομένων πρακτικών δραστηριοτήτων, το περιεχόμενο των ορισμών ενισχύεται και οι μαθητές βοηθούνται στη σωστή χρήση τους. Επίσης αναφέροντας τις διαφορές μεταξύ των φυσικών και των χημικών μεταβολών βοηθάμε τους μαθητές να θυμηθούν ότι η καύση, η εξάτμιση και η τήξη είναι απολύτως διαφορετικές διαδικασίες.

Είναι δυνατό να παρουσιάσουμε την έννοια «μη αντιστρεπτή» χημική μεταβολή σε μαθητές των πρώτων τάξεων του Δημοτικού μέσω της απλής δραστηριότητας ψησίματος ψωμιού. Ετοιμάστε μια απλή ζύμη και μοιράστε μια χούφτα σε κάθε παιδί για να το ζυμώσει και να του δώσει όποιο σχήμα θέλει. Κατόπιν τοποθετήστε τα κομμάτια της ζύμης για 20 λεπτά σε φούρνο για να γίνουν ψωμάκια.

Πηγή: Papageorgiou κ.ά. (2010).

3. (ΣτΜ): Εξαφανίστηκε μέσα στη νύχτα.

9.5 Υπάρχουν ασφαλή οξέα;

Παρανόηση

Όλα τα οξέα είναι διαβρωτικά.

Η επιστημονική άποψη

Συχνά η λέξη *οξύ* συνδέεται στενά με τις λέξεις κίνδυνος, κάψιμο και επιστημονικά εργαστήρια. Επειδή εργαστηριακά οξέα όπως είναι το υδροχλωρικό οξύ, το θειικό και το νιτρικό σπάνια χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο επίπεδο του Δημοτικού, σχεδόν ποτέ ο δάσκαλος δεν χρησιμοποιεί επίσημα τον όρο *οξύ*. Όμως μαθητές μεγάλων τάξεων είναι δυνατό να είναι εξοικειωμένοι με τη λέξη και φράσεις που αποδίδουν αυτόν τον όρο. Δεν βρίσκουμε οξέα μόνο μέσα στα επιστημονικά εργαστήρια· πολλά από αυτά χρησιμοποιούνται στο σπίτι. Πράγματι αρκετά από αυτά είναι συνηθισμένα συστατικά των τροφίμων. Άρα δεν είναι διαβρωτικά ή βλαβερά για την υγεία.

Αναδόμηση

Οι μαθητές χρειάζεται να είναι ενήμεροι ότι πολλές συνηθισμένες ουσίες της καθημερινής ζωής είναι οξέα. Ορισμένα από αυτά έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν βλάβες (π.χ. το οξύ της *μπυτατρίας* των αυτοκινήτων, το καθαριστικό της αποχέτευσης κ.ά.) ενώ άλλα είναι ασφαλή (π.χ. το κιτρικό οξύ που υπάρχει στο χυμό του λεμονιού, το ταννικό οξύ που υπάρχει στο τσάι κ.ά.) Αυτά τα παραδείγματα δείχνουν ότι οξέα δεν υπάρχουν μόνο μέσα στα επιστημονικά εργαστήρια ούτε όλα είναι επικίνδυνα. Αν στην αίθουσα διδασκαλίας δείξετε ορισμένα καθημερινά παραδείγματα οι μαθητές θα βοηθηθούν στις σχετικές συζητήσεις.⁴

Στο Δημοτικό συνηθισμένο διδακτικό εργαλείο είναι η επίδειξη της ανάμειξης ξυδιού με διττανθρακική σόδα κατά την οποία παράγονται άφθονες φυσαλίδες. Αυτή η αντίδραση χρησιμοποιείται για να επιδειχθούν διάφορα φαινόμενα, π.χ. η συμπεριφορά των αερίων, για την κατασκευή μιας προσομοίωσης ηφαιστείου στο μάθημα της Γεωγραφίας κ.ά. Σ' αυτές τις περιπτώσεις οι δάσκαλοι έχουν την ευκαιρία να αναφέρουν ότι το ξύδι οι επιστήμονες το αποκαλούν *οξικό οξύ* και ότι αυτό είναι παράδειγμα μα οξέος που χρησιμοποιούμε καθημερινά και με ασφάλεια.

4. Επειδή η έννοια οξύ εισάγεται με συστηματικό τρόπο μόνο στο έτος 7 των σπουδών στη Μεγάλη Βρετανία στο Δημοτικό, δεν χρειάζεται να αφιερώσετε πολύ χρόνο σε λεπτομερή συζήτηση για τη χημική συμπεριφορά των οξέων και τις καθημερινές χρήσεις τους.

Γνωρίζετε ότι;

Το ισχυρότερο οξύ. Οι μαθητές από περιέργεια ίσως σας ρωτήσουν πιο είναι το ισχυρότερο οξύ απ' όλα τα οξέα που υπάρχουν. Οι πηγές διαφοροποιούνται ως προς το πιο διαβρωτικό οξύ (από επιστημονική άποψη η ικανότητα διάβρωσης ενός οξέως είναι διαφορετική από την ισχύ του οξέως), αν και η επικρατούσα άποψη είναι ότι πρόκειται για υδροφθορικό οξύ, που είναι ικανό να διαλύσει πολύ εύκολα το γυαλί και όταν έλθει σε επαφή με το δέρμα το υγροποιεί. Σε μικρότερες συγκεντρώσεις το δέρμα δεν καταστρέφεται αλλά το οξύ περνά μέσα από αυτό και αρχίζει να διαλύει τα κόκαλα. Στο άλλο άκρο του φάσματος υπάρχουν τα μη διαβρωτικά οξέα, όπως είναι το ανθρακικό οξύ που ανευρίσκεται στην όξινη βροχή. Ορισμένοι μαθητές θεωρούν λανθασμένα ότι η όξινη βροχή είναι δυνατόν άμεσα να προκαλέσει διάβρωση σε εκτεθειμένα μέρη του δέρματός τους.

Πηγή: Hand και Treagust (1988).

9.6 Από τι αποτελείται η σκουριά;

Παρανόηση

Η σκουριά είναι είδος φθοράς που προκαλείται από μύκητες.

Η επιστημονική άποψη

Ορισμένοι μαθητές ίσως γνωρίζουν ότι αν για μεγάλο χρονικό διάστημα αφήσουν στο ύπαιθρο σιδερένια ή ατσάλινα αντικείμενα και ο καιρός είναι υγρός αυτά τα αντικείμενα σκουριάζουν. Συνηθισμένο παράδειγμα είναι η σκουριασμένη αλυσίδα ενός ποδηλάτου που το αφήσαμε χωρίς κάλυμμα στον κήπο όλο το χειμώνα. Ορισμένες φορές επειδή η σκουριά έχει σχέση με την υγρασίας υπάρχει σύγχυση με το γεγονός ότι οργανικά υλικά αφημένα στις χωματερές, όπου επίσης υπάρχει υγρασία, σαπίζουν. Παρόμοια παραδείγματα είναι η πάνω επιφάνεια ενός κομμένου κορμού, το μouxλιασμένο περιεχόμενο ενός κάδου κομποστοποίησης, πεσμένα μήλα που σαπίζουν στο έδαφος και ένα σάπιο ξύλινο υπόστεγο ή φράκτης που δεν ήταν αρκετά προφυλαγμένα από την υγρασία. Σ' αυτές τις περιπτώσεις τα υλικά διασπώνται λόγω της δράσης ζωντανών οργανισμών, όπως είναι οι μύκητες (μούχλα), τα βακτηρίδια και τα έντομα. Οι μαθητές λοιπόν αποδίδουν την ίδια αιτία στη φαινομενικά παρόμοια περίπτωση της σκουριάς των μετάλλων.

Όταν ο σίδηρος ή το ατσάλι εκτεθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα σε συνθήκες υγρασίας συμμετέχουν σε μια χημική αντίδραση. Ο σίδηρος ενώνεται είτε με το οξυγόνο του αέρα είτε με το οξυγόνο του νερού και γίνεται καφέ ή κόκκινο οξείδιο του

σιδήρου, που στην καθημερινή ζωή το ονομάζουμε σκουριά. Πρόκειται εξ ολοκλήρου για χημική μεταβολή και δεν απαιτεί τη δράση οποιουδήποτε οργανισμού, όπως είναι οι μύκητες ή τα βακτήρια.

Σχετική παρανόηση είναι ότι η σκουριά προέρχεται από το ίδιο το μέταλλο και από το εσωτερικό του σιγά-σιγά ανεβαίνει στην επιφάνειά του. Άλλη συνηθισμένη παρανόηση είναι ότι, όταν ο σίδηρος σκουριάζει, η μάζα του ελαττώνεται, διότι πλέον δεν είναι συμπαγής, είναι λιγότερο σκληρός και φαίνεται σαν να αποτελείται από λιγότερη ύλη. Όμως στην πραγματικότητα ο σκουριασμένος σίδηρος έχει μεγαλύτερη μάζα από τον σίδηρο χωρίς σκουριά διότι η διαδικασία της σκουριάς περιλαμβάνει σύλληψη ατόμων οξυγόνου από τον αέρα τα οποία προσθέτουν τη δική τους μάζα στο σύστημα (δείτε την Ενότητα 9.2).

Αναδόμηση

Επειδή η φυσική εμφάνιση του σκουριασμένου σιδήρου μοιάζει πολύ με την εμφάνιση των οργανικών ουσιών που αποσυντίθενται, λειτουργεί ως πηγή παρανόησης. Επίσης τα μικρά παιδιά αντιλαμβάνονται τόσο τη σκουριά όσο και την αποσύνθεση των οργανικών ουσιών ως κάτι κακό και ανεπιθύμητο αποτέλεσμα. Για παράδειγμα όταν διδάσκονται υγιεινή διατροφή τούς επισημαίνεται ότι θα πρέπει να αποφεύγουν τροφές που έχουν αρχίσει να σαπίζουν. Αυτή η σύνδεση λοιπόν αυξάνει τις πιθανότητες να θεωρήσουν αιτία τόσο για τη σκουριά όσο και για την αποσύνθεση των τροφών ότι είναι οι ίδιοι έμβιοι παράγοντες, όπως είναι οι μύκητες.

Στο επίπεδο του Δημοτικού είναι δύσκολο να εξηγήσουμε κατάλληλα τη διαφορά μεταξύ της οργανικής αποσύνθεσης και της σκουριάς χωρίς να χρησιμοποιήσουμε έννοιες που εισάγονται σε μεγαλύτερες τάξεις, όπως είναι οι χημικές αντιδράσεις οξειδωσης. Σε στοιχειώδες επίπεδο είναι απαραίτητο να διορθώσουμε αυτή την παρανόηση αναφέροντας απλώς ότι η σκουριά είναι καθαρά χημικό φαινόμενο, διαφορετικό από την οργανική αποσύνθεση, η οποία για να συμβεί είναι απαραίτητη η παρουσία οργανισμών, όπως είναι τα βακτήρια και οι μύκητες. Ένας τρόπος για να επισημάνετε αυτή τη διάκριση είναι να δείξετε ότι η σκουριά συμβαίνει και σε χαμηλές θερμοκρασίες μέσα σ' ένα ψυγείο, ενώ μέσα στο ψυγείο η αποσύνθεση πολλών τροφίμων επιβραδύνεται σε μεγάλο βαθμό, διότι η αύξηση των μικροβίων εμποδίζεται. Αυτό είναι δυνατό να γίνει τοποθετώντας περίπου δύο εβδομάδες ένα σιδερένιο καρφί μέσα σ' ένα κλειστό βάζο με νερό. Η συζήτηση της σκουριάς μαζί με άλλες χημικές μεταβολές, όπως είναι η καύση, διευκολύνει τη σωστή κατηγοριοποίησή της.

Πηγή: DES (1984).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

10.1 Σωματίδια μέσα σε στερεά και υγρά

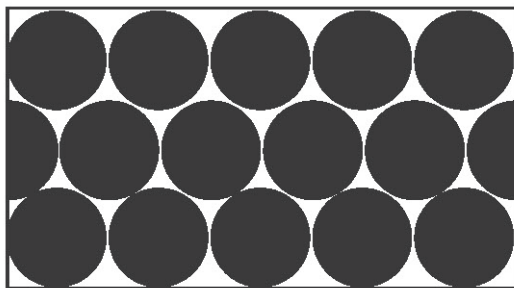
Παρανόηση

Τα σωματίδια στα υγρά απέχουν περισσότερο μεταξύ τους απ' όσο στα στερεά.

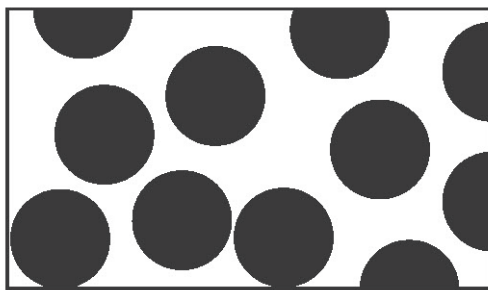
Η επιστημονική άποψη

Αν και στη Μεγάλη Βρετανία η θεωρία των στοιχειωδών σωματιδίων δεν αποτελεί μέρος του αναλυτικού προγράμματος στο Δημοτικό Σχολείο, σε πολλά σχολεία διδάσκεται στο πλαίσιο της διδακτικής ενότητας «Καταστάσεις της Ύλης». Μετά τη διδασκαλία συνήθως οι μαθητές μπορούν να απεικονίσουν την κατανομή των σωματιδίων σε ένα συνηθισμένο στερεό (Εικόνα 10.1α). Όμως συχνά σχεδιάζουν λανθασμένα τα σωματίδια σε ένα υγρό απεικονίζοντάς τα σε μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ τους απ' όσο σ' ένα στερεό (Εικόνα 10.1β), θεωρώντας ότι η κατανομή των σωματιδίων έχει ενδιάμεση μορφή από την κατανομή που έχουν στα στερεά και τα αέρια.

Η αιτία αυτής της παρανόησης ίσως προέρχεται από τη σύγχυση σχετικά με τη συμπεριφορά των σωματιδίων όταν ένα υλικό βράζει ή εξατμίζεται. Οι μαθητές μαθαίνουν ότι όταν ένα υγρό μετατρέπεται σε αέριο, στο υγρό τα σωματίδια κινούνται τόσο γρήγορα ώστε διαφεύγουν από την επιφάνεια του υγρού και διασκορπίζονται στο δωμάτιο. Συνηθισμένη επίδειξη είναι ο βρασμός του νερού μέσα σε μια κατσαρόλα. Μ' αυτή την επίδειξη καταγράφεται στη μνήμη των μαθητών ότι στο αέριο τα σωματίδια απέχουν περισσότερο μεταξύ τους απ' όσο απέχουν στο υγρό (Εικόνα 10.1γ). Διδάσκονται ότι όταν το νερό βράζει μέσα στην κατσαρόλα, μετατρέπεται σε ατμό που γεμίζει ένα ολόκληρο δωμάτιο. Ορισμένοι μαθητές λοιπόν επεκτείνουν αυτή την εξήγηση στην περίπτωση της τήξης. Δηλαδή θεωρούν ότι όταν ένα στερεό υγροποιείται, επειδή τα σωματίδια κινούνται πιο έντονα, ξεκολλάνε μεταξύ τους (σωστή άποψη). Τελικά καθένα κινείται μακρύτερα από το άλλο, κι έτσι προκύπτει υγρό (λανθασμένη άποψη).



Εικόνα 10.1α Σωματίδια σε ένα στερεό



Εικόνα 10.1β Σωματίδια σε ένα υγρό (παράνοηση)



Εικόνα 10.1γ Επιστημονική απεικόνιση σωματιδίων σε ένα αέριο
(Η κλίμακα των αποστάσεων μεταξύ των σωματιδίων δεν είναι πραγματική)

Στην Εικόνα 10.1δ παρουσιάζεται με μεγαλύτερη ακρίβεια η κατανομή των σωματιδίων στη φάση του υγρού. Τα σωματίδια παραμένουν σε επαφή, όπως στο στερεό, αλλά δεν υπάρχει κανονικότητα στη διάταξή τους. Οι θέσεις τους είναι τυχαίες και σε τρεις διαστάσεις αλληλοεπικαλύπτονται. Επειδή οι θέσεις τους δεν είναι σταθερές, τα σωματίδια μπορούν να κυλούν το ένα πάνω στο άλλο. Αυτή η συμπεριφορά δίνει στο



Εικόνα 10.1δ Επιστημονική απεικόνιση σωματιδίων σε ένα υγρό

υγρό τη χαρακτηριστική ικανότητά του να ρέει, να χύνεται και να παίρνει το σχήμα του δοχείου μέσα στο οποίο βρίσκεται. Από την άλλη πλευρά τα στερεά έχουν σταθερό σχήμα, διότι τα σωματίδιά τους είναι στοιβαγμένα σε συγκεκριμένες θέσεις όπως τα τούβλα σε έναν τοίχο, αν και ταλαντώνονται γύρω από αυτές. Συνεπώς οι αποστάσεις μεταξύ των σωματιδίων στην υγρή κατάσταση είναι ίδιες με τις αποστάσεις τους στη στερεή, δηλαδή βρίσκονται σε στενή επαφή μεταξύ τους (όμως δείτε την ασυνήθιστη συμπεριφορά του νερού, που αναφέρεται στην επόμενη παράγραφο).

Η υπόθεση ότι στο υγρό τα σωματίδια είναι πιο απομακρυσμένα μεταξύ τους είναι δυνατό να οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι το υγρό καταλαμβάνει περισσότερο χώρο απ' όσο το στερεό. Όμως αυτό δεν συμβαίνει. Στην πραγματικότητα στην περίπτωση του νερού συμβαίνει το αντίθετο. Στη στερεή φάση τα σωματίδια καταλαμβάνουν περισσότερο χώρο απ' όσο καταλαμβάνουν στην υγρή. Γι' αυτό ορισμένες φορές είναι δύσκολο να βγάλουμε τα παγάκια από ένα δοχείο μέσα στο οποίο έχουν παγώσει. Δηλαδή, επειδή στον πάγο τα σωματίδια απέχουν περισσότερο μεταξύ τους απ' όσο στο νερό, όταν το νερό γίνεται πάγος, διαστέλλεται. Επίσης αυτό προκαλεί τη θραύση των σωλήνων νερού όταν η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας γίνει μικρότερη από 0°C . Για να αντιμετωπίσουμε αυτό το πρόβλημα αναμειγνύουμε το νερό στο ψυγείο της μηχανής του αυτοκινήτου με αντιψυκτικό.

Γνωρίζετε ότι;

Θερμική διαστολή. Είναι σωστό να λέμε ότι, όταν ένα υλικό από στερεό γίνεται υγρό ή αντίστροφα (με εξαίρεση το νερό), οι αποστάσεις μεταξύ των σωματιδίων μένουν σταθερές. Ωστόσο αυτή η αντίληψη δεν πρέπει να συγχέεται με το γεγονός ότι, όταν θερμαίνουμε μια ουσία, που βρίσκεται συνεχώς στην ίδια φάση, το υλικό διαστέλλεται, διότι τα σωματίδια όντως απομακρύνονται μεταξύ τους. Για παράδειγμα αν με μια φλόγα θερμάνουμε πάρα πολύ ένα ατσάλινο κλειδί, το κλειδί θα διασταλεί τόσο πολύ που δεν θα ταιριάζει στην κλειδαριά. Αν θερμάνουμε

το κλειδί μέχρι να λιώσει (περίπου στους 1400 °C) και κατόπιν συνεχίσουμε να θερμαίνουμε το υγρό ατσάλι, για παράδειγμα μέχρι τους 2000 °C, το υγρό θα συνεχίσει να διαστέλλεται ανταποκρινόμενο άμεσα στη μεταφορά σ' αυτό επιπλέον ενέργειας.

Αναδόμηση

Πρόκειται για παρανόηση που δύσκολα αντιμετωπίζεται, διότι η (σωστή) άποψη, ότι δηλαδή το υγρό είναι ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ του στερεού και του αερίου, ταιριάζει απόλυτα με τη (λανθασμένη) άποψη των μαθητών σχετικά με τις αποστάσεις μεταξύ των σωματιδίων στη στερεή και την υγρή φάση. Δηλαδή οι μαθητές επεκτείνουν αυτή την άποψη και θεωρούν ότι, όπως τα σωματίδια απομακρύνονται μεταξύ τους στο βρασμό ή την εξάτμιση, το ίδιο συμβαίνει και όταν το στερεό λιώνει. Τρισδιάστατα μοντέλα, ιδιαιτέρως τα *Molymod*¹ και παρόμοια προϊόντα, είναι χρήσιμα για την εισαγωγή της έννοιας κατανομή σωματιδίων. Χρησιμοποιώντας τέτοια προϊόντα επισημάνετε ότι καθώς τα στερεά λιώνουν, τα σωματίδια διεγείρονται περισσότερο και οι δεσμοί μεταξύ τους σπάνε και κινούνται πλέον ελεύθερα, όμως χωρίς να έχουν την τάση να απομακρυνθούν μεταξύ τους. Για τη συμπεριφορά των σωματιδίων σε ένα υγρό κατάλληλη αναλογία είναι οι χρωματιστές πλαστικές μπάλες που υπάρχουν στους παιδότοπους, όπου οι μπάλες είναι σε επαφή μεταξύ τους, κινούνται ανεξάρτητα η μία από την άλλη (δηλαδή μπορούν να ρέουν) και συγκεντρώνονται πάντοτε στον πάτο του κουτιού που τις περιέχει. Τα παιδιά επιπέδου KS1 βεβαίως διαθέτουν αυτή την εμπειρία. Επιπλέον παράδειγμα με το οποίο ακόμη και μικρότεροι μαθητές είναι εξοικειωμένοι, είναι οι νιφάδες δημητριακών που τρώνε στο πρωινό τους: συγκεντρώνονται στο κάτω μέρος του κουτιού που τα περιέχει, χύνονται κ.λπ.

Από μια άποψη το νερό δεν είναι κατάλληλο παράδειγμα, λόγω της ανώμαλης διαστολής του που αναφέραμε. Καταλληλότερο υλικό θα ήταν το κερί, το οποίο μπορούμε να λιώσουμε προσεκτικά μέσα σ' ένα δοκιμαστικό σωλήνα (ή μέσα σε ένα γυάλινο δοχείο ανθεκτικό σε υψηλή θερμοκρασία), χρησιμοποιώντας ως πηγή θερμότητας ένα άλλο κερί. Μόλις το κερί που βρίσκεται μέσα στο δοχείο λιώσει, σημειώνουμε μ' ένα μαρκαδόρο το ύψος της στάθμης του και το αφήνουμε να κρυώσει. Το στερεοποιημένο κερί θα έχει το ίδιο ύψος με αυτό που είχε το λιωμένο, δηλαδή τόσο σε ρευστή κατάσταση όσο και σε στερεή το κερί καταλαμβάνει τον ίδιο όγκο. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι, όταν ένα υγρό μετατρέπεται σε στερεό ή αντίστροφα, οι αποστάσεις μεταξύ των σωματιδίων μένουν σταθερές.

1. (ΣΤΕ): Μικρά πλαστικά κομμάτια σφαίρες και σύνδεσμοι – που μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους ώστε να δημιουργηθεί ένα τρισδιάστατο μοριακό μοντέλο μιας χημικής ένωσης.

Από μία άλλη άποψη μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το παράδειγμα του νερού για να δείξουμε ότι δεν υπάρχουν κενά μεταξύ των σωματιδίων ενός υγρού, διότι μια σύριγγα εντελώς γεμάτη με νερό είναι ασυμπίεστη.

Πηγές: Novick και Nussbaum (1978)· Papageorgiou κ.ά. (2010).

10.2 Ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος για να σχεδιάσουμε εικόνες «σωματιδίων»;

Παρανόηση

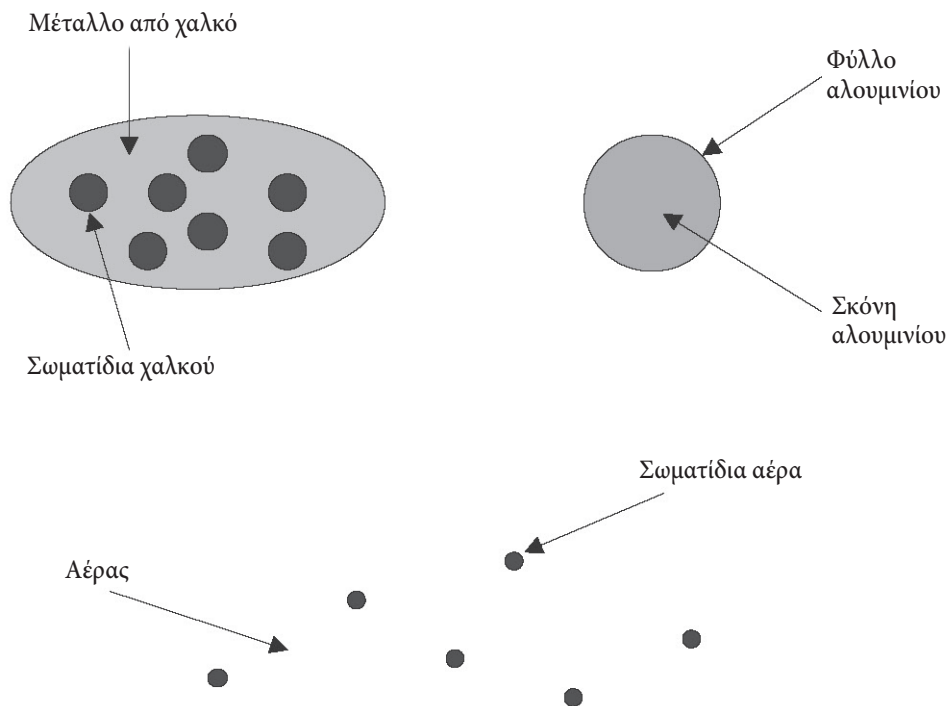
Τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά των υλικών παραμένουν και στο επίπεδο των σωματιδίων.

Η επιστημονική άποψη

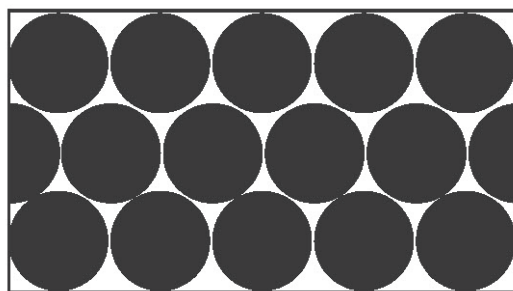
Τα σχεδιαγράμματα στην Εικόνα 10.2α δείχνουν (λανθασμένες) απεικονίσεις σωματιδίων, τα οποία σχεδιάζουν οι μαθητές όταν τους ζητηθεί να δείξουν πώς φαντάζονται τα «σωματίδια». Από αυτές τις απεικονίσεις λοιπόν προκύπτει ότι οι μαθητές θεωρούν ότι τα **μακροσκοπικά** χαρακτηριστικά όλου του υλικού (του χαλκού, του αλουμινίου και του αέρα) παραμένουν και στο ατομικό επίπεδο.

Η απεικόνιση των σωματιδίων του χαλκού, όπως αυτή που φαίνεται στην Εικόνα 10.2α, έχει ονομαστεί το μοντέλο του σταφιδόψωμου. Σ' αυτήν τα σωματίδια (ή άτομα) του χαλκού βρίσκονται μέσα σ' ένα υπόστρωμα χαλκού. Στην πραγματικότητα τα άτομα του χαλκού δεν είναι βυθισμένα σε κάποιο φυσικό υλικό, αλλά είναι απλώς σφιχτά συνδεδεμένα μεταξύ τους και σχηματίζουν συμμετρικές διατάξεις (Εικόνα 10.2β). Ο χώρος λοιπόν μεταξύ των σωματιδίων δεν είναι γεμάτος κάτι, είναι απλώς **κενός**.

Στην Εικόνα 10.2α οι μαθητές έχουν σχεδιάσει ένα **άτομο** αλουμινίου σαν να είναι φτιαγμένο από διαφορετικές μορφές αλουμινίου (από ένα φύλλο αλουμινίου και σκόνη αλουμινίου). Όμως αυτή η εικόνα δεν συμφωνεί με ό,τι οι επιστήμονες πιστεύουν ότι υπάρχει σε κάθε άτομο. Όπως συμβαίνει με όλα τα άτομα, ένα μεμονωμένο άτομο αλουμινίου αποτελείται από ακόμα πιο μικρούς δομικούς λίθους, ή υποατομικές μονάδες, που ονομάζονται νετρόνια, πρωτόνια και **ηλεκτρόνια**. (Εικόνα 10.2γ). Ομοίως καθεμία από αυτές τις μονάδες θεωρούμε ότι αποτελείται από ακόμα μικρότερα **υποατομικά** σωματίδια. Υποατομικά σωματίδια είναι τα κουάρκ, τα λεπτόνια και τα γκλουόνια. Επιπλέον, σύμφωνα με μια θεωρία αυτά τα μικρότερα κομματάκια αποτελούνται από οντότητες που ονομάζονται *υπερχορδές*. Τα άτομα κάθε υλικού λοιπόν αποτελούνται από το ίδιο είδος θεμελιωδών δομικών λίθων, είτε πρόκειται για αλουμίνιο,

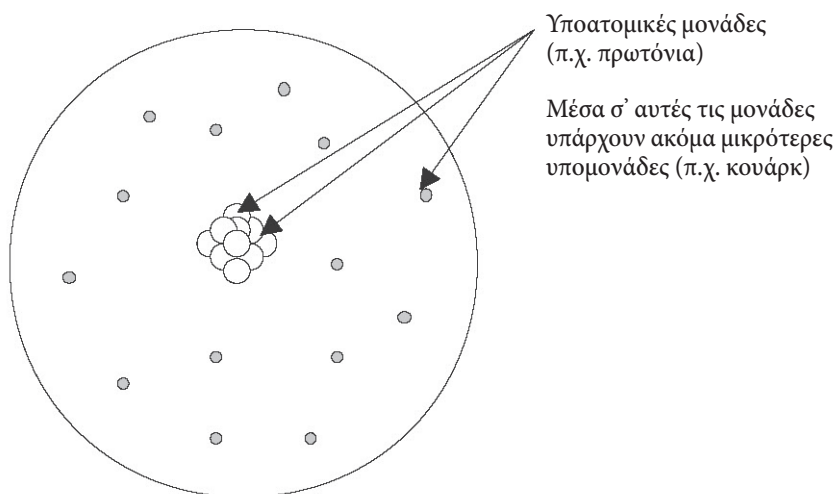


Εικόνα 10.2α Απεικονίσεις σωματιδίων που έχουν σχεδιαστεί από μαθητές (παρανόηση)



Εικόνα 10.2β Άτομα σε συνηθισμένο στερεό, π.χ. σε χαλκό

χαλκό, οξυγόνο, άνθρακα ή κάτι άλλο. Μοιάζει αρκετά με τον τρόπο που χρησιμοποιούμε τα τουβλάκια Lego: από το ίδιο είδος παίρνουμε διαφορετικό πλήθος και ενώνοντάς τα μεταξύ τους με διαφορετικούς τρόπους προκύπτουν διαφορετικές κατασκευές. Δεν είναι λογικό να πούμε ότι τα άτομα του αλουμινίου αποτελούνται από αλουμίνιο, όπως ακριβώς δεν είναι λογικό να πούμε ότι τα τούβλα με τα οποία χτίζονται τα σπίτια έχουν το σχήμα των σπιτιών.



Εικόνα 10.2γ Απλουστευμένο σχεδιάγραμμα ολόκληρου ατόμου

Στην Εικόνα 10.2α η απεικόνιση του αέρα είναι παραλλαγή του μοντέλου του σταφιδόψωμου, όπου τα σωματίδια βρίσκονται μέσα σ' ένα συνεχές μέσο, το οποίο αποτελείται από το ίδιο υλικό όπως αυτά. Στην πραγματικότητα, όπως συμβαίνει και με τη απεικόνιση της δομής του χαλκού, ο χώρος μεταξύ των «σωματιδίων του αέρα» είναι κενός, δηλαδή δεν περιέχει καθόλου ύλη.

Υπάρχουν αρκετές παρόμοιες και πολύ συνηθισμένες παρανοήσεις των μαθητών, όπου οι μαθητές αποδίδουν μακροσκοπικές ιδιότητες στα σωματίδια. Θεωρούν ότι είναι σκληρά και ότι μπορούν να λιώνουν, να διαστέλλονται, να συστέλλονται, να θερμαίνονται κ.λπ. Στην πραγματικότητα όμως όταν μακροσκοπικά δείγματα του υλικού μεταβάλλονται με αυτούς τους τρόπους, η φυσική δομή των σωματιδίων δεν μεταβάλλεται με κανέναν από αυτούς. Για παράδειγμα όταν ένα παγάκι λιώνει, τα σωματίδιά του δεν λιώνουν· αφού οι συνδέσεις μεταξύ τους χαλαρώσουν απλώς αναδιατάσσονται και από τη στερεή φάση το νερό περνά στην υγρή.

Αναδόμηση

Αν οι μαθητές έχουν τη λανθασμένη άποψη ότι τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά ολόκληρου του υλικού διατηρούνται στο επίπεδο των μορίων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 10.2α, προκαλέστε τους να σκεφτούν θέτοντας ερωτήματα όπως: «Από τι είναι φτιαγμένο το φύλλο αλουμινίου και από τι η σκόνη αλουμινίου;». Το άτομο του αλουμινίου είναι το μικρότερο κομμάτι αλουμινίου που μπορεί να υπάρξει. Δεν έχει νόημα λοιπόν να λέμε, όπως φαίνεται στα σχεδιαγράμματα των μαθητών, ότι, τα άτομα του

αλουμινίου αποτελούνται από αλουμίνιο. Παρόμοιο επιχείρημα ισχύει και για το υπόστρωμα του χαλκού και για το συνεχές μέσο που παρεμβάλλεται μεταξύ των σωματιδίων του αέρα.

Στο επίπεδο της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης λεπτομερής συζήτηση σχετικά με τα υποατομικά σωματίδια ίσως δεν είναι χρήσιμη, διότι απέχει πολύ από το πρόγραμμα σπουδών αυτής της βαθμίδας. Από μία άλλη άποψη η απλή γνώση του γεγονότος ότι τα σωματίδια αποτελούνται από ακόμα μικρότερα σωματίδια είναι δυνατό να βοηθήσει τους μαθητές να φανταστούν ένα πιο επιστημονικό μοντέλο. Χρησιμοποιώντας την αναλογία με τα Lego που αναφέραμε προηγουμένως, βοηθάμε τους μαθητές να αντιληφθούν αυτή τη διαδικασία.

Πηγές: Brook κ.ά. (1984)· Nussbaum (1985)· Renstrom κ.ά. (1990).

10.3 Πόσος αέρας υπάρχει σ' ένα ξεφούσκωτο λάστιχο;

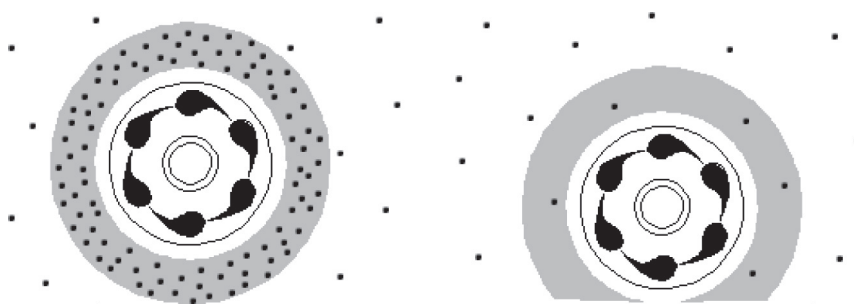
Παρανόηση

Τα ξεφούσκωτα λάστιχα δεν περιέχουν αέρα.

Η επιστημονική αντίληψη

Αν ένα λάστιχο ποδηλάτου ή μια μπάλα ξεφουσκώσει επειδή τρύπησε, συνήθως είναι αποδεκτό να πούμε ότι όλος ο αέρας έφυγε. Από τη στιγμή που θα επιδιορθώσουμε την τρύπα, για να ξαναφουσκώσουμε το λάστιχο, θα πρέπει μέσα σ' αυτό να βάλουμε αέρα. Όμως όταν λέμε ότι ένα δοχείο, όπως είναι το λάστιχο, δεν περιέχει καθόλου αέρα δημιουργείται η εντύπωση ότι δεν υπάρχει τίποτε μέσα σ' αυτό, δηλαδή ότι στο εσωτερικό υπάρχει κενό αέρος. Αυτή η άποψη επιστημονικά είναι λανθασμένη. Σχετικά μ' αυτό μελετήστε την Εικόνα 10.3.

Στο εσωτερικό του φουσκωμένου λάστιχου η συγκέντρωση των σωματιδίων του αέρα είναι μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση του αέρα στο εξωτερικό του λάστιχου (αριστερό σχεδιάγραμμα στην Εικόνα 10.3). Αυτό συμβαίνει διότι κατά τη διάρκεια που φουσκώνουμε το λάστιχο ωθούμε **συμπιεσμένο αέρα** μέσα στο λάστιχο και μέσα σ' αυτό ο αέρας παραμένει συμπιεσμένος. Γι' αυτό όταν πιάζουμε με το δάκτυλό μας ένα φουσκωμένο λάστιχο το αισθανόμαστε σαν σκληρό ελατήριο. Επειδή στο εσωτερικό του λάστιχου η συγκέντρωση των σωματιδίων του αέρα είναι μεγάλη, τα σωματίδια σπρώχνουν προς τα έξω τα τοιχώματα του λάστιχου. Συμπεριφέρονται σαν να θέλουν να δραπετεύσουν στον περιβάλλοντα αέρα, διότι στο εσωτερικό συνωστίζονται πολύ. Πράγματι αν το λάστιχο τρυπήσει, τα σωματίδια ορμούν να περάσουν μέσα από την τρύπα, με αποτέλεσμα η πίεση στο εσωτερικό να πέσει, και το λάστιχο να



Εικόνα 10.3 Η συγκέντρωση των σωματιδίων του αέρα μέσα σε και έξω από ένα φουσκωμένο λάστιχο (αριστερά) κι ένα ξεφούσκωτο (δεξιά)

ξεφουσκώσει (δεξιά σχεδιάγραμμα στην Εικόνα 10.3). Όταν πιέζουμε ένα ξεφούσκωτο λάστιχο δεν το αισθανόμαστε σαν σκληρό ελατήριο, διότι δεν περιέχει συμπιεσμένο αέρα αλλά απλώς αέρα σε συνηθισμένη ατμοσφαιρική πίεση. Σ' αυτή την περίπτωση η συγκέντρωση των σωματιδίων στο εσωτερικό του λάστιχου είναι ίση με τη συγκέντρωση των σωματιδίων του περιβάλλοντος αέρα.

Αναδόμηση

Ο αέρας είναι αόρατος και σε καθημερινές καταστάσεις συνήθως δεν αντιλαμβανόμαστε την ύπαρξή του. Για παράδειγμα δεν αντιλαμβανόμαστε τον αέρα που υπάρχει μέσα σ' ένα «άδειο» φλιτζάνι. Αρχίζουμε να αντιλαμβανόμαστε την ύπαρξή του μόνο όταν τον αισθανθούμε. Για παράδειγμα σ' ένα φουσκωμένο μπαλόνι αισθανόμαστε την πίεση που ο αέρας ασκεί προς τα έξω. Επίσης αισθανόμαστε ένα ρεύμα κρύου αέρα που μπαίνει από την ανοιχτή εξώπορτα και ακούμε τον αέρα όταν βγαίνει από ένα τρύπιο λάστιχο. Αναφέροντας αυτά τα παραδείγματα στους μαθητές τους βοηθάμε να συνειδητοποιήσουν ότι αν και αέρας υπάρχει συνεχώς γύρω μας, δύσκολα τον αντιλαμβανόμαστε. Αν και ξεπερνά το πρόγραμμα σπουδών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, ίσως βοηθά να χρησιμοποιήσουμε ένα μοντέλο επεξήγησης με σωματίδια. Προχωρημένοι μαθητές των μεγαλύτερων τάξεων (KS2) μπορούν να το αντιληφθούν κι έτσι θέτουμε τα θεμέλια για γνώσεις που θα αποκτηθούν αργότερα.

Πηγή: Sere (1985).

10.4 Ελαφρότερος από τον αέρα;

Παρανόηση

Όταν φουσκώνουμε ένα μπαλόνι, το μπαλόνι γίνεται ελαφρότερο.

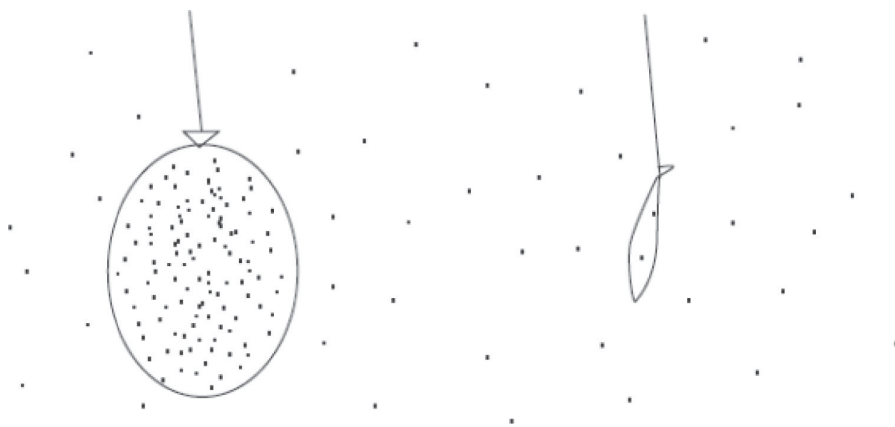
Η επιστημονική άποψη

Ένα φουσκωμένο μπαλόνι φαίνεται να έχει μικρό ή καθόλου **βάρος**, μπορεί και αναπηδά εύκολα γύρω στο δωμάτιο και, όταν το αφήσουμε ελεύθερο, **πέφτει** αργά στο δάπεδο. Αντιθέτως ένα ξεφούσκωτο μπαλόνι συμπεριφέρεται σαν ένα λεπτό κομμάτι λάστιχο κι όταν το αφήσουμε πέφτει αμέσως. Αυτά τα φαινόμενα είναι δυνατό να οδηγήσουν στην παρανόηση ότι μόλις φουσκάσουμε το μπαλόνι, επειδή πια περιέχει αέρα, γίνεται ελαφρότερο σε βάρος (δείτε την Ενότητα 10.3).

Αν και πολλοί μαθητές δεν το περιμένουν, στην πραγματικότητα το φουσκωμένο μπαλόνι είναι βαρύτερο από το ξεφούσκωτο. Αυτό συμβαίνει διότι όταν φουσκώνουμε ένα μπαλόνι αναγκάζουμε συμπιεσμένο αέρα να μπει μέσα σ' αυτό κι έτσι μέσα στο μπαλόνι η συγκέντρωση των σωματιδίων είναι μεγαλύτερη από τον περιβάλλοντα αέρα (αριστερό σχεδιάγραμμα στην Εικόνα 10.4α). Επειδή κάθε ξεχωριστό σωματίδιο έχει μάζα, ο αέρας έχει μάζα και βάρος. Άρα όταν η συγκέντρωση των σωματιδίων μέσα στο μπαλόνι αυξάνεται, το βάρος του μπαλονιού επίσης αυξάνεται. Αυτό συνήθως περιγράφεται με τη διατύπωση: «βαρύτερος από τον αέρα». Οι δύτες γνωρίζουν ότι αυτός είναι ο λόγος που όταν αδειάσει μια φιάλη αέρα, το βάρος της ελαττώνεται αισθητά. Επειδή η συγκέντρωση των σωματιδίων του αέρα μέσα σ' ένα ξεφούσκωτο μπαλόνι² είναι ίση με τη συγκέντρωσή τους στον περιβάλλοντα αέρα (δεξιό σχεδιάγραμμα στην Εικόνα 10.4α), το ξεφούσκωτο μπαλόνι περιέχει λιγότερα σωματίδια αέρα. Ζυγίζει λοιπόν λιγότερο απ' όσο όταν είναι φουσκωμένο.

Αυτά τα φαινόμενα εξηγούνται επίσης με τη βοήθεια της έννοιας «**πυκνότητα**» (δείτε την Ενότητα 14.1 σχετικά με την πυκνότητα). Ένα φουσκωμένο μπαλόνι ζυγίζει περισσότερο απ' όσο ίσος όγκος του περιβάλλοντος αέρα, διότι μέσα στο μπαλόνι ο αέρας είναι πυκνότερος. Επίσης φανταστείτε τη γήινη ατμόσφαιρα σαν μια θάλασσα από αέρα. Αν αφήσουμε λοιπόν το μπαλόνι ελεύθερο, θα βυθιστεί στο βυθό αυτής της «θάλασσας», όπως ένα κομμάτι μέταλλο βυθίζεται στο βυθό της θάλασσας μόλις το αφήσουμε στο νερό. Όμως ένα μπαλόνι γεμάτο με ήλιο ζυγίζει λιγότερο από τον περιβάλλοντα αέρα, διότι τα σωματίδια του ηλίου έχουν πολύ μικρό βάρος από τα σωματίδια του αέρα, δηλαδή το ήλιο είναι λιγότερο πυκνό. Αν αφήσουμε λοιπόν ένα μπαλόνι με ήλιο, το μπαλόνι ανεβαίνει προσπαθώντας να επιπλέψει στη «θάλασ-

2. Όπως και στην περίπτωση που μελετήσαμε στην Ενότητας 10.3, ένα μπαλόνι, ακόμα κι όταν ξεφουσκώσει, περιέχει αέρα.



Εικόνα 10.4α Η συγκέντρωση των σωματιδίων του αέρα σε ένα φουσκωμένο (αριστερά) κι ένα ξεφούσκωτο μπαλόνι (δεξιά)

σα αέρα», όπως θα συμβεί αν αφήσουμε ένα φελλό κάτω από το νερό. Σ' αυτή τη περίπτωση συνήθως λέμε ότι το μπαλόνι είναι *ελαφρότερο από το αέρα*.

Τα αερόστατα είναι δυνατό να προκαλέσουν μεγαλύτερη σύγχυση στους μαθητές. Το αερόστατο³ σηκώνεται, διότι ο αέρας στο εσωτερικό του καθώς θερμαίνεται⁴ διαστέλλεται. Μέσα στο αερόστατο λοιπόν η συγκέντρωση των σωματιδίων είναι μικρότερη απ' όσο στον περιβάλλοντα αέρα κι αυτή η ποσότητα αέρα είναι λιγότερο πυκνή, ή ελαφρότερη, από τον εξωτερικό αέρα (Εικόνα 10.4β).

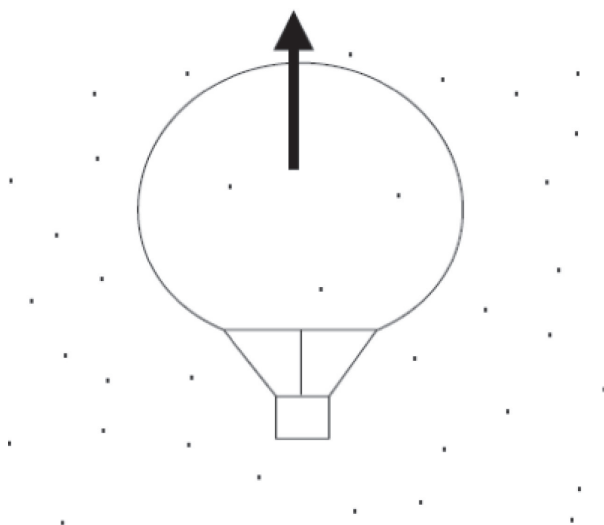
Αναδόμηση

Τα παιδιά ίσως έχουν ακούσει την ιστορία *Winnie the Pooh and the Honey Tree*, όπου ο Winnie δανείζεται ένα μπαλόνι από τον Christopher Robin και το χρησιμοποιεί για να ανυψωθεί, να φθάσει σ' ένα δέντρο και να κλέψει μέλι. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτή την ιστορία ως εισαγωγή σε μια μικρή έρευνα με σκοπό να επιτύχουμε την ανύψωση αντικειμένου, με τη βοήθεια ενός μπαλονιού φουσκωμένου με αέρα. Οι μαθητές σύντομα θα διαπιστώσουν ότι αυτό είναι αδύνατο κι έτσι απορρίπτεται η παρανόηση ότι τα φουσκωμένα μπαλόνια με αέρα είναι ελαφρότερα από τον περιβάλλοντα αέρα. Μπορούμε να συγκρίνουμε μπαλόνια φουσκωμένα με αέρα με μπαλόνια φουσκωμένα με ήλιο τα οποία είναι ελαφρότερα.

Μπορούμε να γεμίσουμε μπαλόνια με διοξείδιο του άνθρακα προσαρμόζοντας ένα μπαλόνι στο στόμιο ενός μικρού μπουκαλιού που περιέχει ξύδι και διττανθρακι-

3. (ΣτΕ): Αερόστατο θερμού αέρα.

4. (ΣτΕ): Από πηγή θερμότητας, συνήθως φλόγα.



Εικόνα 10.4β Η συγκέντρωση των σωματιδίων αέρα στο εσωτερικό και στο εξωτερικό ενός αερόστατου

κή σόδα. Πρώτα βάζουμε ξύδι στο μπουκάλι και μ' ένα κοντάλι προσθέτουμε μερικές κουταλιές διττανθρακικής σόδας στο ξεφούσκωτο μπαλόνι. Κατόπιν εφαρμόζουμε αεροστεγώς το στόμιο του μπαλονιού στο λαμμό του μπουκαλιού με αποτέλεσμα να αναμιχθεί η σόδα με το ξύδι. Το αέριο που απελευθερώνεται συγκεντρώνεται στο μπαλόνι. Τέλος βγάζουμε το φουσκωμένο μπαλόνι από το μπουκάλι και το κλείνουμε. Αφήνοντας το μπαλόνι ελεύθερο παρατηρούμε ότι πέφτει αρκετά γρήγορα στο δάπεδο αποδεικνύοντας ότι όλα τα αέρια δεν είναι ελαφρότερα από τον αέρα.

Ζητήστε από τους μαθητές να προβλέψουν πώς θα μεταβληθεί η μάζα ενός μπαλονιού, όταν το φουσκώσουμε. Κατόπιν ζητήστε τους να ελέγξουν την πρόβλεψή τους χρησιμοποιώντας μια πολύ ευαίσθητη ζυγαριά και συγκρίνοντας τη μάζα ενός ξεφούσκωτου μπαλονιού με τη μάζα ενός φουσκωμένου.

Προσοχή στην ασφάλειά σας!

Μέτρα ασφαλείας σχετικά με τα μπαλόνια. Συνίσταται ενήλικοι να επιβλέπουν το φούσκωμα μπαλονιών επειδή υπάρχει (μικρός) κίνδυνος πνιγμού. Στο εμπόριο διατίθενται χειροκίνητες αντλίες με τις οποίες μπορούμε να φουσκώσουμε γρήγορα πολλά μπαλόνια. Επίσης να λάβετε υπόψη σας ότι ορισμένα παιδιά είναι αλλεργικά στα μπαλόνια που είναι φτιαγμένα από λάτεξ.

10.5 Όταν μέσα σ' ένα φλιτζάνι με τσάι ρίχνουμε ζάχαρη, το βάρος αυξάνεται;

Παρανόηση

Όταν ένα στερεό διαλύεται σε νερό, δεν αυξάνεται η μάζα του διαλύματος.

Η επιστημονική άποψη

Αν μέσα σε 100g νερό διαλυθούν εντελώς 3g αλάτι, οι περισσότεροι μαθητές προβλέπουν ότι η μάζα του μίγματος θα είναι 100g. Όταν μια ουσία, όπως είναι το αλάτι, διαλυθεί, δεν παύει να υπάρχει, ανεξάρτητα από το γεγονός ότι πλέον δεν τη διακρίνουμε. Κατά διάρκεια της διάλυσης τα σωματίδια του νατρίου και του χλωρίου, από τα οποία αποτελείται το αλάτι, αποχωρίζονται μεταξύ τους και διασκορπίζονται μέσα στο νερό, σε τόσο μεγάλο βαθμό ώστε το λευκό χρώμα του αλατιού δεν είναι πλέον ορατό. Φανταστείτε ότι ενώ τρέχετε σε μια αμμουδερή παραλία σκορπίζεται μαύρο πιπέρι. Είναι πολύ δύσκολο να επιστρέψετε και να βρείτε του κόκκους του πιπεριού στην άμμο. Κάθε σωματίδιο νατρίου και χλωρίου έχει τη δική του μάζα, η οποία προστίθεται στη συνολική μάζα του διαλύματος και τελικά γίνεται μέρος της. Όταν λοιπόν 3g άλατος διαλύονται σε 100g νερό, το διάλυμα ζυγίζει ακριβώς 103g.

Εναλλακτικά, ορισμένοι μαθητές πιστεύουν ότι όταν το αλάτι διαλύεται σε νερό, η συνολική μάζα του διαλύματος *ελαττώνεται*, διότι το αλάτι συμπεριφέρεται σαν σφουγγάρι και απορροφά μάζα του νερού.

Αναδόμηση

Μπορούμε να εκμαιεύσουμε αυτή την παρανόηση, ρωτώντας τους μαθητές τι συμβαίνει στη μάζα μιας ποσότητας νερού αν μέσα σ' αυτό διαλύσουμε εντελώς αλάτι. Εναλλακτικό και πιο οικείο σενάριο⁵ είναι να διαλύσουμε ζάχαρη μέσα σε τσάι. Ωστόσο αν αυτό το πραγματοποιήσουμε στην αίθουσα διδασκαλίας κι από απροσεξία το τσάι χυθεί, το χυμένο τσάι κολλάει και δημιουργείται ακαταστασία. Συνήθως λοιπόν προτιμάμε το αλατόνερο. Μετά οι μαθητές μπορούν να ελέγξουν τις προβλέψεις τους ζυγίζοντας το αλάτι και το νερό. Στη συνέχεια αφού τα αναμείξουν, ζυγίζουν το διάλυμα που σχηματίζεται. Σημειώστε ότι σ' αυτή την πρακτική δραστηριότητα υπάρχει μεγάλη πιθανότητα πειραματικού σφάλματος, διότι κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μπορεί να χαθεί από απροσεξία ποσότητα μάζας εάν χυθεί μία από τις δύο ουσίες. Γι' αυτό ίσως χρειαστεί να γίνει μια τελική επίδειξη από τον εκπαιδευτικό ο οποίος θα

5. (ΣτΕ): Για τους μαθητές της Αγγλίας.

πρέπει να επαναλάβει τη διαδικασία με ελεγχόμενο τρόπο. Στηρίξτε το επιχείρημά σας αναφέροντας ότι αφού το διάλυμα έχει αλμυρή γεύση, υπάρχει αλάτι συνεχώς μέσα σ' αυτό, και συνεπώς θα πρέπει η μάζα του να είναι μέρος τη μάζας όλου του διαλύματος. Μη ζητήσετε από τους μαθητές να δοκιμάσουν το αλατόνερο, εκτός κι αν υπάρχουν οι κατάλληλες προϋποθέσεις υγιεινής. Χρησιμοποιώντας αντί για αλάτι, ένα έγχρωμο στερεό, όπως είναι ο θεικός χαλκός, βοηθάτε τους μαθητές να αντιληφθούν ότι όταν κάτι γίνεται μέρος ενός διαλύματος, τα σωματίδιά του συνεχίζουν να υπάρχουν μέσα στο διάλυμα.

Για να υπογραμμίσετε αυτό το γεγονός διαλύστε με μια σπάτουλα 40 δόσεις αλάτι μέσα σε 100ml ζεστού νερού. Η αύξηση της μάζας είναι προφανής καθώς το διάλυμα γίνεται σαφώς βαρύτερο, όπως μπορείτε να διαπιστώσετε απλώς σηκώνοντάς το.

Πηγή: Piaget και Inhelder (1974).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

11.1 Είναι δυνατό ένα σώμα να είναι κούφιο και συγχρόνως στερεό;

Παρανόηση

Η μπάλα ποδοσφαίρου δεν είναι στερεή.

«Το ταλκ είναι είδος υγρού αλλά δεν είναι υγρό... Είναι είδος στερεού αλλά δεν είναι στερεό». (Μαθητής 4-5 ετών, από Russel κ.ά., 1991, σ. 120)

Η επιστημονική άποψη

Στο Δημοτικό οι μαθητές διδάσκονται να λαμβάνουν υπόψη τους τις παρατηρήσιμες ιδιότητες των υλικών για να τα κατατάξουν στις γνωστές κατηγορίες των στερεών, των υγρών και των αερίων. Οι κατηγορίες αυτές αποκλείονται αμοιβαία μεταξύ τους, δηλαδή οι μαθητές μαθαίνουν ότι κάθε υλικό ανήκει μόνο σε μία από αυτές. Όμως ορισμένες φορές οι μαθητές δυσκολεύονται να αποφασίσουν με σιγουριά σε ποια κατηγορία ανήκουν ορισμένα σώματα. Για παράδειγμα θεωρούν ότι η μπάλα ποδοσφαίρου δεν είναι στερεό επειδή είναι κούφια. Σ' αυτή την περίπτωση η επιστημονική σημασία της λέξης συγκρούεται με την καθημερινή της σημασία σύμφωνα με την οποία όταν ένα σώμα δεν είναι κούφιο θεωρείται «στερεό», όπως «το τείχος ενός κάστρου είναι στερεό». Άλλα αντικείμενα που μπορεί να θεωρούνται μη-στερεά από τους μαθητές για τον ίδιο λόγο είναι τα φτερά, το βαμβάκι, υφάσματα, τα συρμάτινα αντικείμενα, το σφουγγάρι και οι σκόνες.

Αν και στο εσωτερικό μιας μπάλας ποδοσφαίρου υπάρχει αέρας, η μπάλα είναι φτιαγμένη από πλαστικό, δέρμα ή λάστιχο. Δηλαδή αν και μέσα σ' αυτή υπάρχουν περιοχές με αέρα, η μπάλα είναι στερεό. Παρόμοια παραδείγματα είναι οι φιάλες των δυτών και τα φουσκωμένα μπαλόνια: πρόκειται για στερεά σώματα, μέσα στα οποία έχει παγιδευτεί αέρας. Το ίδιο συμβαίνει και με τους αφρούς, όπως τον αφρό της μπύ-

ρας ή τον αφρό του ξυρίσματος: πρόκειται για υγρά που περιέχουν αέρα. Περισσότερα, όταν οι μαθητές δεν είναι σίγουροι για την κατάταξη αντικειμένων, όπως είναι η μπάλα ποδοσφαίρου, τα κατατάσσουν σε μια φανταστική ενδιάμεση κατηγορία στερεών/αερίων.

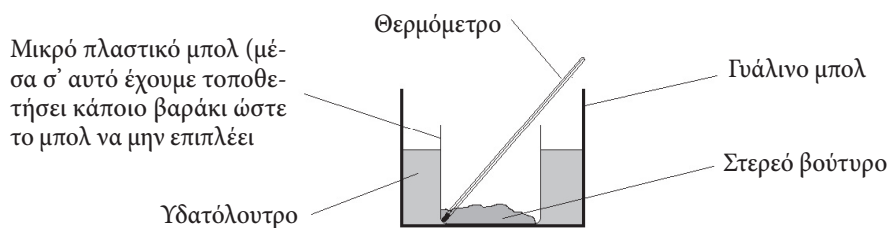
Ένας δεύτερος λόγος για τον οποίο αντικείμενα μπορεί να μη θεωρηθούν στερεά από τους μαθητές είναι διότι τα θεωρούν υγρά. Μαλακά υλικά όπως είναι η πλαστελίνη, αντιτίθενται στη (λανθασμένη) αντίληψη των μαθητών ότι όλα τα στερεά είναι σκληρά και άκαμπτα, άρα αφού μπορεί να πάρει διάφορα σχήματα, την κατατάσσουν στα υγρά. Το κερί και το βούτυρο είναι επίσης υλικά τα οποία ορισμένοι μαθητές θεωρούν υγρά διότι λιώνουν εύκολα. Αντίθετα, έχουν την άποψη ότι, το σιρόπι είναι στερεό, διότι είναι πιο **παχύρρευστο** από το νερό. Το ζελέ συχνά δεν το θεωρούν στερεό, διότι είναι πολύ μαλακό και έχει παρασκευαστεί με προσθήκη νερού, δηλαδή με ένα υγρό. Επίσης κάποιοι μαθητές πιστεύουν ότι οι σκόνες, όπως ή άμμος ή το ταλκ είναι υγρά, διότι μπορούν να ρέουν, χύνονται και παίρνουν το σχήμα του δοχείου μέσα στο οποίο βρίσκονται, αν και κάθε κόκκος άμμου ή αλευριού είναι σε στερεή φάση (Εικόνα 11.1α).

Αναδόμηση

Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, εκτός από τα επιχειρήματα που παρουσιάσαμε προηγουμένως, κατάλληλος τρόπος, για ν' αρχίσουμε να αντιμετωπίζουμε αυτές τις παρανοήσεις, είναι να εισάγουμε στους μαθητές την ιδέα της αλλαγής της κατάστασης της ύλης. Πληροφορήστε τους μαθητές ότι τα υλικά δεν είναι συνεχώς στερεά,

Στερεό	Υγρό	Αέρια
Έχει δικό του σχήμα	Παίρνει το σχήμα του κατώτερου μέρους του δοχείου μέσα στο οποίο βρίσκεται	Γεμίζουν το δοχείο μέσα στο οποίο βρίσκονται
Ο όγκος του δεν μπορεί να αλλάξει	Ο όγκος του δεν αλλάζει	Ο όγκος τους είναι δυνατό να αλλάξει (είναι δυνατό να συμπιεστούν)
	Μπορεί να ρέει	Μπορούν να ρέουν
	Μπορεί να χυθεί	
Τα σωματίδια βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους σε κανονική διάταξη	Τα σωματίδια βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους αλλά δεν έχουν σταθερές θέσεις	Τα σωματίδια βρίσκονται μακριά το ένα από το άλλο, κινούνται με τυχαίο τρόπο και με μεγάλες ταχύτητες

Εικόνα 11.1α Χαρακτηριστικά των τριών καταστάσεων της ύλης



Εικόνα 11.1β Προσδιορισμός του σημείου τήξης του βουτύρου

υγρά ή αέρια αλλά η κατάσταση τους εξαρτάται από τη θερμοκρασία.¹ Στην αποσαφήνιση αυτού του φαινομένου βοηθά ένα πείραμα σχεδιασμένο για την ανακάλυψη του σημείου τήξης του βουτύρου. Αυτό μπορεί πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας ζεστό νερό το οποίο προσθέτουμε σταδιακά σε μία λεκάνη (υδατόλουτρο) μέσα στην οποία έχουμε τοποθετήσει ένα μπολ με βούτυρο (Εικόνα 11.1β). Πρώτα βάζουμε νερό από τη βρύση και μετά, προσεκτικά, προσθέτουμε ζεστό νερό από ένα βραστήρα, σιγά-σιγά ώστε η θερμοκρασία του βουτύρου να ανεβαίνει σταδιακά. Όταν το βούτυρο αρχίζει να ρευστοποιείται γύρω από τη βάση του θερμομέτρου η ένδειξη του θερμομέτρου είναι ίση με τη θερμοκρασία του σημείου τήξης του βουτύρου. Επειδή αυτή η θερμοκρασία είναι περίπου 30°C , οι πολύ ζεστές μέρες δεν είναι κατάλληλες για την εκτέλεση αυτού του πειράματος. Ολοκληρώστε αναφέροντας ότι χαρακτηρίζουμε ένα υλικό στερεό, υγρό ή αέριο παρατηρώντας την κατάσταση του σε *θερμοκρασία δωματίου*, κι έτσι το βούτυρο, αν και λιώνει εύκολα, είναι στερεό. Μπορούμε να ενισχύσουμε αυτές τις ιδέες με μια δραστηριότητα παρασκευής ζελέ.

Τα μικρότερα παιδιά μπορούν να αρχίσουν να περιγράφουν διάφορα υλικά χρησιμοποιώντας ένα κουτί αφής. Μέσα στο κουτί τοποθετήστε ένα αντικείμενο κάθε φορά και ζητήστε από τους μαθητές να σας πουν το επίθετο που περισσότερο ταιριάζει στο αντικείμενο. Στο τέλος ζητήστε τους να μαντέψουν το αντικείμενο. Χρησιμοποιήστε ποικιλία υλικών συμπεριλαμβανομένων σκληρών και μαλακών στερεών, ένα μπολ με αλάτι, ένα μπολ με υγρό σαπούνι κ.λπ.

Αν οι μαθητές δεν είναι βέβαιοι σε ποια κατηγορία να κατατάξουν κάποιο υλικό, αναφέρετε τη συνθήκη του αμοιβαίου αποκλεισμού για τις τρεις καταστάσεις της ύλης και ζητήστε τους να πουν σε ποια κατηγορία ταιριάζει περισσότερο. Ωθήστε τους να αποκτήσουν τη συνήθεια να κατατάσσουν ένα υλικό στα στερεά, τα υγρά ή τα αέρια χωρίς να αναζητούν ενδιάμεσες λύσεις.

Πηγές: Jones και Lynch (1989)· Russell κ.ά. (1991)· Stavy (1994)· Stavy και Stachel (1984).

1. Η πίεση επίσης επηρεάζει την αλλαγή φάσης, όμως ίσως είναι προτιμότερο να αφήσουμε αυτή την περίπτωση για το Γυμνάσιο.

11.2 Μεταβάλλεται το βάρος ενός στερεού, όταν το τρίψουμε και γίνει σκόνη;

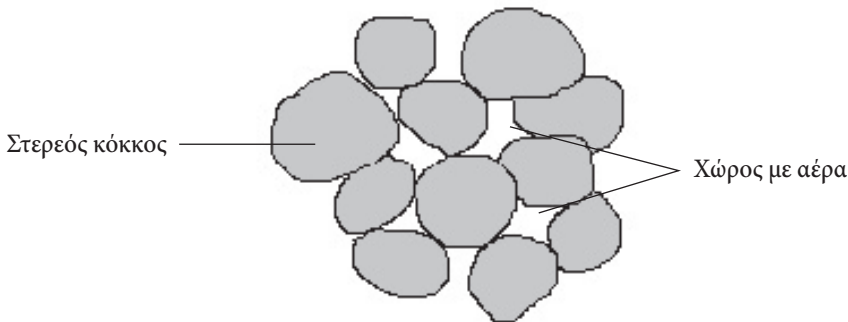
Παρανόηση

Ένα στερεό γίνεται ελαφρότερο όταν πάρει τη μορφή σκόνης.

Η επιστημονική αντίληψη

Ίσως οι μαθητές νομίζουν ότι αν τρίψουμε ένα σώμα και το μετατρέψουμε σε σκόνη, φυσιολογικά γίνεται ελαφρότερο. Ίσως αυτή η αντίληψη προκύπτει από τη σωστή παρατήρηση ότι αν κρατήσουμε μια χούφτα από ένα συνηθισμένο υλικό που είναι σε μορφή σκόνης, όπως είναι το αλάτι, η ζάχαρη, η άμμος και ο καφές τα αισθανόμαστε αρκετά ελαφριά, όταν βάλουμε μια ποσότητα στη χούφτα μας.

Αυτή η οικεία αίσθηση έχει κάποια αληθινή βάση. Αν στο ένα χέρι κρατήσετε μια χούφτα ενός υλικού σε σκόνη (π.χ. ρινίσματα σιδήρου) και στο άλλο χέρι ένα ίσου μεγέθους συμπαγές κομμάτι του από το ίδιο υλικό (π.χ. 100g μάζας σιδήρου), θα αισθάνεστε πράγματι τη σκόνη πιο ελαφριά. Αυτό συμβαίνει διότι μεταξύ των κόκκων της σκόνης υπάρχει χώρος με αέρα (Εικόνα 11.2). Ένα υλικό σε σκόνη λοιπόν είναι λιγότερο πυκνό απ' όση όταν το υλικό είναι συμπαγές. Άρα ένα κομμάτι συμπαγές υλικό που θα είχε ίσο όγκο με το όγκο της σκόνης, θα ήταν βαρύτερο από τη σκόνη. Όμως θα πρέπει να έχετε κατά νου ότι επειδή κάθε ξεχωριστός κόκκος του υλικού σε σκόνη αποτελείται από την ίδια ακριβώς ουσία, όπως ένα συμπαγές κομμάτι του ίδιου υλικού, ο κόκκος και το συμπαγές υλικό έχουν ακριβώς την ίδια πυκνότητα. Αν λοιπόν ζυγίσετε ένα μεγάλο κομμάτι συμπαγούς υλικού, κατόπιν το τρίψετε μέχρι να γίνει σκόνη και το ξαναζυγίσετε, θα διαπιστώσετε ότι το βάρος παρέμεινε το ίδιο, διότι δεν χάθηκε μάζα. Επειδή το συμπαγές υλικό έγινε απλώς σκόνη, δεν σημαίνει ότι έγινε ελαφρότερο.



Εικόνα 11.2 Μικροσκοπική απεικόνιση του τρόπου με τον οποίο οι κόκκοι ενός υλικού σε σκόνη ταιριάζουν μεταξύ τους

Επίσης μια ποσότητα σκόνης φαίνεται άυλη, διότι γλιστρά με ευκολία ανάμεσα στα δάκτυλά μας. Είναι δύσκολο λοιπόν να συγκρατήσουμε στη χούφτα μας αρκετό υλικό με μορφή σκόνης, ώστε να αισθανθούμε σημαντικό βάρος. Αυτή η αίσθηση ενισχύει την παρανόηση που αναφέραμε σχετικά με το βάρος της σκόνης.

Αναδόμηση

Ζυγίστε ένα μικρό κομμάτι ξύλο. Με μια λίμα τρίψτε για λίγο το ξύλο και προσεκτικά συλλέξτε τα ροκανίδια. Κατόπιν ζυγίστε τα ροκανίδια μαζί με το ξύλο που έχει περισσέψει. Μ' αυτό τον τρόπο θα δείξετε ότι δε έχει χαθεί μάζα. Επειδή είναι πιθανό να χαθεί μάζα λόγω της σκόνης που παράγεται κατά τη διάρκεια που τρίβουμε το ξύλο, θα πρέπει να έχετε εξασκηθεί κατάλληλα ώστε να μη χαθεί σημαντική μάζα ξύλου.

Αν δώσετε στους μαθητές να κρατήσουν ένα δοχείο με ρινίσματα σιδήρου ή χαλκού θα αντιληφθούν ότι δεν είναι όλα τα υλικά, όταν πάρουν τη μορφή σκόνης, ελαφρά και άυλα.

Πηγή Galili και Bar (1997).

11.3 Ποιο είναι βαρύτερο, ο πάγος ή το νερό;

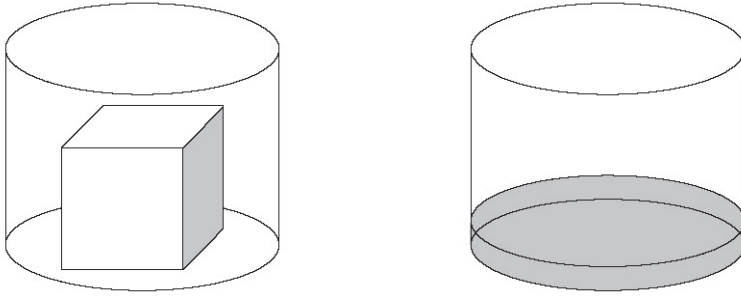
Παρανόηση

Όταν ένα στερεό λιώνει γίνεται ελαφρότερο.

Η επιστημονική αντίληψη

Αν ζυγίσουμε ένα κομμάτι πάγο, κατόπιν το αφήσουμε μέσα σ' ένα φλιτζάνι να λιώσει και ζυγίσουμε το νερό που προκύπτει, ορισμένοι μαθητές περιμένουν ότι η μάζα θα έχει ελαττωθεί. Θεωρούν ότι αυτό συμβαίνει, διότι το νερό, επειδή είναι μαλακό και δεν μπορούμε να το συγκρατήσουμε, φαίνεται να είναι περισσότερο άυλο από τον πάγο. Όταν οι μαθητές έχουν παρατηρήσει ότι όταν ένας κύβος πάγου λιώσει, το υγρό που προκύπτει έχει μικρότερο όγκο από τον πάγο (Εικόνα 11.3), συμπεραίνουν ότι η μάζα του νερού επίσης ελαττώνεται. Ομοίως θεωρούν ότι όταν το κερί λιώνει, η μάζα του κεριού ελαττώνεται.

Όταν ένα υλικό λιώνει, η μάζα του διατηρείται, διότι, αν και η κατάσταση του αλλάζει, τόσο στο στερεό όσο και στο υγρό το πλήθος των σωματιδίων είναι το ίδιο. Αυτό βεβαίως ισχύει με την προϋπόθεση ότι κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας δεν έχουμε απώλειες που οφείλονται σε εξάτμιση (σχετικά με τη μάζα και τα σωματίδια δείτε την Ενότητα 13.6). Η μάζα διατηρείται ανεξάρτητα από τη μεταβο-



Εικόνα 11.3 Η φαινομενική ελάττωση του όγκου του όγκου, όταν ο πάγος λιώνει

λή του όγκου που συμβαίνει όταν το νερό σε υγρή κατάσταση γίνεται πάγος και αντιστρόφως. Για παράδειγμα πολλοί μαθητές γνωρίζουν ότι είναι δύσκολο να βγάλουν τα παγάκια από την παγοθήκη, διότι, όταν το νερό πάγωσε, διαστάλθηκε. (αν και ίσως πιστεύουν ότι και η μάζα του αυξήθηκε). Επειδή το νερό διαστέλλεται όταν μετατρέπεται σε πάγο, ο πάγος είναι λιγότερο πυκνός από το κρύο νερό. Συγκρίνοντας λοιπόν ίσους όγκους πάγου και νερού ο πάγος είναι *ελαφρότερος* από το νερό.

Η παρανόηση πιθανόν συνδέεται με τη λανθασμένη ιδέα ότι σ' ένα στερεό τα σωματίδια βρίσκονται πιο κοντά το ένα στο άλλο απ' όσο σ' ένα υγρό και γι' αυτό τα υγρά θα πρέπει να ζυγίζουν λιγότερο, επειδή σε δεδομένο όγκο θα υπάρχουν λιγότερα (Ενότητα 10.1). Άλλες περιπτώσεις όπου οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται τη διατήρηση της μάζας είναι όταν θεωρούν ότι το νερό που ρέει έχει μεγαλύτερη μάζα από το στάσιμο, κι όταν ένα υγρό βράζει και γίνεται ατμός, η μάζα του ελαττώνεται.

Αναδόμηση

Αυτή η παρανόηση καταρρίπτεται σχετικά εύκολα με τη βοήθεια ενός πειράματος. Ζητήστε από τους μαθητές, να ζυγίσουν ένα βαζάκι με παγάκι. Να περιμένουν να λιώσει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και να το ξαναζυγίσουν ώστε να διαπιστώσουν ότι η μάζα του δεν μεταβάλλεται. Πριν από κάθε ζύγιση πρέπει να σκουπίσουν καλά το βάζο, για να αφαιρέσουν κάθε εξωτερική υγρασία.

Όπως αναφέραμε και στην Ενότητα 11.2 επισημάνετε στους μαθητές ότι το νερό είναι υλική ουσία με βάρος, ζητώντας τους να σηκώσουν μια εξάδα εμφιαλωμένα νερά, με προσοχή βέβαια στους κανόνες υγιεινής και ασφάλειας.

11.4 Τι συμβαίνει στο νερό από τη στιγμή που θα βράσει;

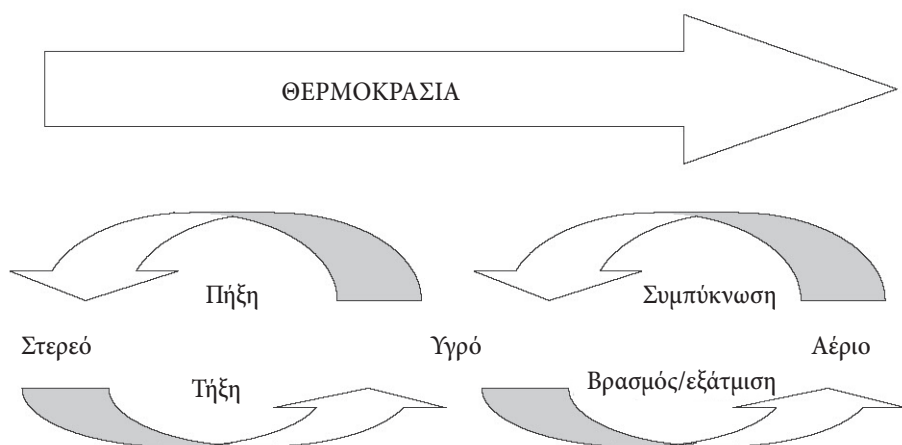
Παρανόηση

Ο βρασμός και η εξάτμιση είναι μη αντιστρεπτές μεταβολές.

Η επιστημονική άποψη

Στην πέμπτη τάξη του Δημοτικού στην Αγγλία, εισάγεται η έννοια «αντιστρεπτή μεταβολή», δηλαδή η περίπτωση όπου ένα υλικό, αφού υποστεί κάποια μετατροπή, είναι δυνατό να επανέλθει στην αρχική μορφή του. Συνήθως αυτό το διδάσκουμε στο πλαίσιο των αλλαγών φάσης, και χρησιμοποιούμε το νερό ως παράδειγμα (Εικόνα 11.4).

Σε επόμενη τάξη οι μαθητές συναντούν την έννοια μη αντιστρεπτή μεταβολή, δηλαδή την περίπτωση όπου τα υλικά αλλάζουν αλλά δεν μπορούν εύκολα να επανέλθουν στην προηγούμενη μορφή τους, για παράδειγμα όταν καίμε ένα ξύλο, τηγανίζουμε ένα αυγό κ.λπ. Η παρανόηση που αναφέραμε στην αρχή της παρούσας ενότητας αντανακλά την πεποίθηση ότι όταν το νερό που βρίσκεται σε υγρή κατάσταση γίνεται ατμός (δηλαδή ένα υγρό μετατρέπεται σε αέριο), ο ατμός δεν μπορεί να ξαναγίνει νερό σε υγρή κατάσταση. Ωστόσο επειδή οι αλλαγές φάσεις, π.χ. ο βρασμός, είναι αντιστρεπτές, όταν ο ατμός κρυώσει, συμπυκνώνεται και ξαναγίνεται υγρό (Εικόνα 11.4). Αυτή η παρανόηση ενισχύεται με την παρατήρηση ότι το σύννεφο ατμού που βγαίνει από την κατσαρόλα αφού διασκορπιστεί, εξαφανίζεται μέσα στον αέρα, και φαίνεται σαν να χάνεται για πάντα.



Εικόνα 11.4 Αλλαγές κατάστασης της ύλης

Αναδόμηση

Επικαλεστείτε μια συνηθισμένη εμπειρία των μαθητών ρωτώντας τους: «Πατί ορισμένες φορές κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος το εσωτερικό των τζαμιών της κουζίνας γεμίζει υγρασία;». Εξηγήστε ότι όταν το νερό βράζει γίνεται ατμός και ανεβαίνει μέσα στον αέρα. Κατόπιν καθώς παρασύρεται μακριά από τη ζεστή εστία, κρυνώνει, συμπυκνώνεται και ξαναγίνεται υγρό, σχηματίζονται σύννεφα υγρασίας. Ορισμένα από αυτά λοιπόν εναποτίθενται πάνω στα κρύα τζάμια. Ανάλογο παράδειγμα είναι το εξής: Όταν κάποιος αλλάζει ρούχα, π.χ. βάζει τη φόρμα γυμναστικής, αν και η εμφάνισή του είναι διαφορετική, και ίσως συμπεριφέρεται διαφορετικά, παραμένει το ίδιο πρόσωπο και πάντοτε είναι δυνατό να ξαναβάλει τα αρχικά ρούχα του. Ομοίως όταν το νερό βράζει και γίνεται ατμός αλλάζει η εμφάνισή του και η συμπεριφορά του – «αλλάζουν τα ρούχα» του. Ωστόσο είναι ουσιαστικά το ίδιο υλικό, διότι αν οι ατμοί συμπυκνωθούν ξαναγίνονται νερό σε υγρή κατάσταση.

Οι μαθητές μπορούν να κρατούν (προσεκτικά) ένα ποτήρι με παγωμένο νερό επάνω από νερό που μόλις έχει βράσει και να παρατηρήσουν ότι στο εξωτερικό μέρος του ποτηριού σχηματίζονται σταγόνες. Αν τους ρωτήσετε από πού προέρχονται αυτές οι σταγόνες, θα εκμαιεύσετε μη αναμενόμενες απαντήσεις, συμπεριλαμβανομένης της άποψης ότι από το εσωτερικό του ποτηριού παγωμένο νερό διαπερνά το στερεό γυάλινο τοίχωμα του ποτηριού και εμφανίζεται στην εξωτερική επιφάνεια του τοιχώματος (δείτε επίσης την Ενότητα 11.7). Τελικά θα πρέπει να κατευθύνουμε τη συζήτηση προς την επιστημονική άποψη ότι η συμπύκνωση οφείλεται στην ελάττωση της θερμοκρασίας. Έτσι θα δείξουμε ότι η εξάτμιση είναι αντιστρεπτή διαδικασία. Το θέμα είναι ακόμα πιο περίπλοκο, διότι το λευκό σύννεφο που βλέπουμε πάνω από νερό που βράζει, από αυστηρή άποψη δεν είναι νερό σε αέρια κατάσταση (όπως είναι ο ατμός) αλλά σε υγρή, δηλαδή αποτελείται από σταγονίδια νερού (δείτε τις Ενότητες 11.5 και 11.6 για αποσαφήνιση).

Πηγή: Ahtee και Varjola (1998).

11.5 Η εξαφάνιση της λιμονούλας

Παρανόηση

Τα υγρά που εξατμίζονται ή βράζουν εξαφανίζονται για πάντα.

«Νομίζω ότι το νερό εξαφανίστηκε. Επειδή ο αέρας που μας περιβάλλει είναι πιο δυνατός από το νερό, το ρούφηξε και το εξαφάνισε.»

(Μαθητής 9 ετών, από Russell και Watt, 1990, σ. 15)

Η επιστημονική άποψη

Όταν ζητήσουμε να μας εξηγήσουν γιατί κατά τη διάρκεια μιας ζεστής μέρας μια λιμνούλα με νερό εξαφανίζεται, ορισμένοι μαθητές αναφέρουν ότι αυτό συμβαίνει απλώς λόγω της ζέστης. Παρόμοιες απαντήσεις είναι δυνατό να εκμαιευθούν και για την περίπτωση που το νερό βράζει, δηλαδή πιστεύουν ότι το νερό γίνεται ατμός και μετά εξαφανίζεται εντελώς (Ενότητα 11.4). Άλλοι μαθητές διατυπώνουν την άποψη ότι το νερό χάνεται «μέσα στον αέρα». Αυτή η άποψη πλησιάζει τη σωστή.

Βρασμός είναι η αλλαγή κατάστασης που συμβαίνει στη θερμοκρασία βρασμού. Τότε ένα υγρό γίνεται αέριο. Στην περίπτωση του καθαρού νερού και σε συνηθισμένη ατμοσφαιρική πίεση αυτή η θερμοκρασία είναι 100 °C. Μ' αυτό τον τρόπο παράγονται υδρατμοί. Αντιθέτως εξάτμιση συμβαίνει όταν ένα υγρό μετατρέπεται σε αέριο σε χαμηλότερη θερμοκρασία από το σημείο βρασμού. Σ' αυτή την περίπτωση το αέριο που προκύπτει είναι **ατμοί νερού**, δηλαδή νερό σε αέρια κατάσταση σε θερμοκρασία μικρότερη από 100 °C. Όμως κατά τη διάρκεια μιας πολύ ζεστής μέρας, μια λιμνούλα νερού δεν εξαφανίζεται επειδή ο ήλιος ανεβάζει τη θερμοκρασία του νερού στους 100 °C. Αντιθέτως η λιμνούλα απλώς ζεσταίνεται, π.χ. ας πούμε στους 25 °C, και σιγά-σιγά το νερό εξατμίζεται. Οι ατμοί που προκύπτουν προστίθενται στον περιβάλλοντα αέρα, συνεισφέροντας στην υγρασία του. Ορισμένοι από αυτούς ανεβαίνουν στον ουρανό και κατά την άνοδό τους ψύχονται. Όταν φθάσουν λοιπόν σε κατάλληλο ύψος συμπυκνώνονται, δηλαδή μετατρέπονται πάλι σε υγρό και γίνονται μέρος ενός σύννεφου.

Επειδή το νερό της λιμνούλας που έχει εξατμιστεί δεν είναι ορατό, δημιουργούνται παρανοήσεις. Χρειάζεται φαντασία για να αντιληφθούμε ότι το αόρατο νερό συνεχίζει να υπάρχει στον αέρα που μας περιβάλλει ή ότι αφού ανέβει στον ουρανό γίνεται σύννεφο και ότι αυτή η ποσότητα νερού είναι ενδεχόμενο να επιστρέψει στο έδαφος με τη μορφή βροχής.

Αναδόμηση

Η κατανόηση του κύκλου του νερού στο 4ο έτος του Δημοτικού βοηθά στην απαλοιφή αυτής της παρανόησης. Τότε πολλοί μαθητές ξαναθυμούνται το «σενάριο του νερού», δηλαδή τις διαφορετικές μορφές που παίρνει το νερό κατά τη διάρκεια αυτού του κύκλου (Εικόνα 11.5). Οι μαθητές λοιπόν μπορούν να δραματοποιήσουν αυτό το σενάριο μέσα στην αίθουσα διδασκαλίας.

Προκαλέστε μια συζήτηση για δυσφορία που αισθανόμαστε μια πολύ ζεστή και υγρή μέρα. Αυτό το αίσθημα οφείλεται στην αυξημένη υγρασία του αέρα, δηλαδή στους αόρατους υδρατμούς που υπάρχουν σ' αυτόν.

Αν καλύψετε με διαφανή πλαστική μεμβράνη ένα δοχείο που περιέχει νερό και το εκθέσετε κατ' ευθείαν στο ηλιακό φως ή σε μια θερμάστρα, στο εσωτερικό της μεμ-

βράνης θα συγκεντρωθούν ατμοί νερού και θα αρχίσει πάλι να εμφανίζεται σε υγρή κατάσταση νερό, απ' αυτό που υπάρχει στην ατμόσφαιρα. Έτσι φαίνεται ότι όταν το νερό εξατμίζεται, δεν χάνεται για πάντα. Βοηθά τους μαθητές να καταλήξουν σ' αυτό το συμπέρασμα αν χρησιμοποιήσετε για σύγκριση ένα παρόμοιο δοχείο χωρίς να το καλύψετε με μεμβράνη. Σ' αυτή την περίπτωση φαίνεται σαν το νερό να εξαφανίζεται. Επειδή αυτή η παρανόηση συνδέεται στενά με την παρανόηση ότι ο βρασμός είναι μη αντιστρεπτή διαδικασία (Ενότητα 11.4), χρησιμοποιήστε τη διδακτική μέθοδο που περιγράφουμε στην παρούσα ενότητα για να διευκολύνετε τη δόμηση της επιστημονικά αποδεκτής άποψης.

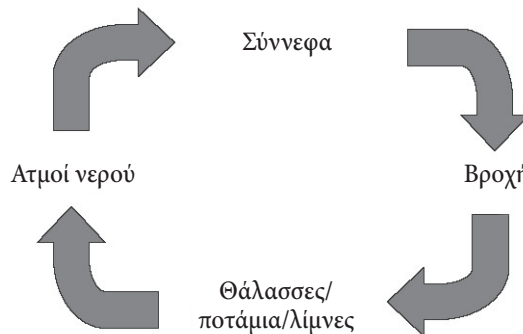
Παιδιά των πρώτων τάξεων του Δημοτικού (KS1) μπορούν να δημιουργήσουν έργα τέχνης με νερό (puddle prints), χρησιμοποιώντας ποσότητες νερού στις οποίες έχουν διαλύσει χρώματα μαγειρικής. Πείτε στους μαθητές να χρησιμοποιήσουν σταγονόμετρα για να δημιουργήσουν μικρές χρωματιστές λιμνούλες πάνω σε πλαστικούς φακέλους που χρησιμοποιούνται για την προστασία χαρτιών Α4, και να τους αφήσουν στο περβάζι του παραθύρου ή κοντά σε πηγή θερμότητας, π.χ. σε μια θερμάστρα. Όταν το νερό εξατμιστεί πάνω στην πλαστική επιφάνεια μένουν χρωματιστές κηλίδες. Αν εκτελέσετε αυτή τη δραστηριότητα σε αίθουσα με μοκέτα, προσέξτε τους λεκέδες!

Πηγές: Bar (1986)· Frankel-Hauser (1998)· Russel και Watt (1990).

11.6 Από τι είναι φτιαγμένα τα σύννεφα;

Παρανόηση

Τα σύννεφα είναι φτιαγμένα από αέριο.



Εικόνα 11.5 Απλή απεικόνιση του κύκλου του νερού

Η επιστημονική άποψη

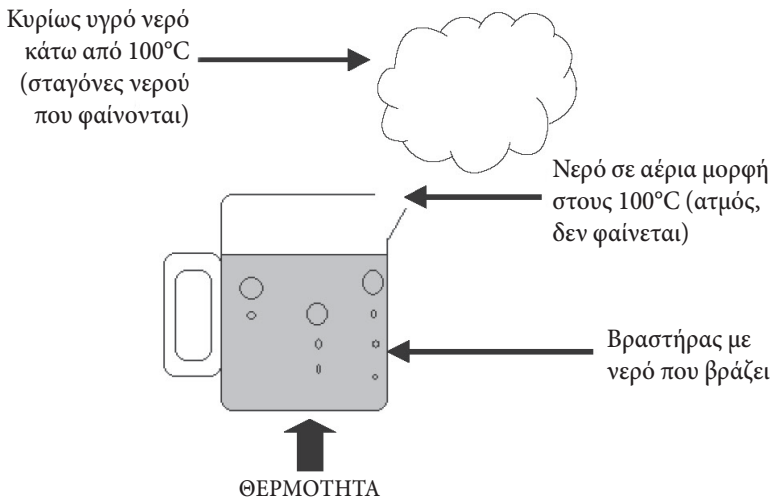
Αυτή η παρανόηση αφορά όλα τα σύννεφα υδρατμών, συμπεριλαμβανομένων των σύννεφων που είναι στον ουρανό, πάνω από μια κατσαρόλα με νερό που βράζει ή αυτών που συνδέονται με ατμοσφαιρικές συνθήκες, όπως είναι η αραιή ή πυκνή ομίχλη. Τα σύννεφα υδρατμών φαίνονται σαν να αποτελούνται από κάποιο αέριο, διότι από μακριά φαίνονται να συμπεριφέρονται όπως τα αέρια, δηλαδή αιωρούνται στον αέρα, μπορούν να ρέουν, να γεμίσουν ένα δοχείο και φαίνονται άυλα. Ωστόσο στα σύννεφα το νερό βρίσκεται κυρίως σε υγρή φάση κι όχι σε αέρια. Επειδή είναι τόσο λεπτεπίλεπτα και έχουν πολύ μικρό βάρος, ένα ασθενές ανοδικό ρεύμα μπορεί να τα ανασηκώσει, όπως μπορείτε να διακρίνετε πάνω από μια κατσαρόλα με νερό που βράζει. Δηλαδή αυτό το σύνολο των σταγονιδίων φαίνεται να συμπεριφέρεται σαν αέριο: να αιωρείται, να ρέει κ.λπ. Μέσα στα σύννεφα που υπάρχουν στον ουρανό συχνά τα σταγονίδια στροβιλίζονται, συγκρούονται μεταξύ τους και συνενώνονται, μέχρι να μεγαλώσουν και να βαρύνουν τόσο πολύ ώστε να πέσουν με τη μορφή βροχής.

Η παρανόηση ενισχύεται από τη λέξη που χρησιμοποιούμε για το σύννεφο που παράγεται όταν νερό βράζει σε μια κατσαρόλα ή από το ζεστό νερό του μπάνιου. Αναφερόμαστε λοιπόν σ' αυτό το σύννεφο χρησιμοποιώντας τη λέξη *υδρατμός*. Από επιστημονική άποψη υδρατμός είναι νερό σε αέρια φάση όταν η θερμοκρασία του νερού ξεπεράσει τη θερμοκρασία βρασμού (100 °C για καθαρό νερό σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση). Ωστόσο νέφη νερού υπάρχουν και σε χαμηλότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία βρασμού. Όμως στην πραγματικότητα σ' αυτή την περίπτωση το νερό βρίσκεται σε υγρή φάση, με τη μορφή σταγονιδίων (Εικόνα 11.6). Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας λοιπόν, για να περιγράψουμε αυτή την περίπτωση, είναι προτιμότερο να συνηθίσουμε στη χρήση των όρων «νέφος» ή «υγρασία» αντί για τον συνηθισμένο όρο «υδρατμός». Αν παρατηρήσετε μια κατσαρόλα με νερό που βράζει, θα διαπιστώσετε ότι υπάρχει μια στενή, διαφανής περιοχή πάνω από άνοιγμα της κατσαρόλας και πάνω από αυτή την περιοχή σχηματίζεται το νέφος. Πράγματι μόνο σ' αυτή την περιοχή το νερό είναι σε αέρια κατάσταση και γι' αυτό είναι μη ορατό. Το ορατό, λευκό νέφος είναι συμπυκνωμένο νερό, δηλαδή νερό σε υγρή φάση (Εικόνα 11.6).

Σχετική παρανόηση είναι η άποψη ότι ένα υλικό σε μορφή σκόνης είναι υγρό ενώ στην πραγματικότητα αποτελείται από μικρά κομματάκια στερεού (Ενότητα 11.1). Μακροσκοπικά η σκόνη συμπεριφέρεται σαν υγρό, δηλαδή ρέει, μεταγγίζεται, χύνεται αν και κάθε ξεχωριστό κομματάκι της είναι σε στερεή φάση.

Αναδόμηση

Όπως αναφέραμε στην Ενότητα 11.5, οι αλλαγές της κατάστασης του νερού που μελετάμε στην παρούσα Ενότητα είναι μέρος του κύκλου του νερού. Η κατανόηση λοι-



Εικόνα 11.6 Οι διαφορετικές καταστάσεις του νερού που συνδέονται με νερό που βράζει

πόν της διαδικασίας που αναφέραμε στην Ενότητα 11.5 βοηθά τους μαθητές να αντιληφθούν ότι τα σύννεφα αποτελούνται από νερό σε υγρή κατάσταση.

Κρατώντας (με προσοχή) ένα κομμάτι ύφασμα μέσα στο νέφος που σχηματίζεται πάνω από νερό που βράζει, ο εκπαιδευτικός μπορεί να δείξει ότι το ύφασμα υγραίνεται διότι σταγόνες νερού απορροφώνται από αυτό. Προσέξτε ότι αυτό δεν είναι παράδειγμα υγροποίησης (δηλαδή μετατροπής ενός αερίου σε υγρό), διότι στο νέφος οι σταγόνες δεν είναι σε αέρια κατάσταση.

Συνδέστε καθημερινές καταστάσεις με τη ιδέα ότι στην πραγματικότητα στα σύννεφα το νερό βρίσκεται σε υγρή κατάσταση. Για παράδειγμα όταν ένα αυτοκίνητο κινείται μέσα σε ομίχλη, το παρμπρίζ γρήγορα γεμίζει σταγόνες ή όταν κάνουμε ποδήλατο μέσα σε ομίχλη τα μαλλιά μας βρέχονται. Ομοίως όταν ένα αεροπλάνο κατεβαίνει μέσα στα σύννεφα, νερό είναι δυνατό να μαζευτεί στο εξωτερικό μέρος των παραθύρων του αεροπλάνου.

Τελικά θα πρέπει να επισημάνουμε ότι στην πραγματικότητα η κατάσταση είναι λίγο πιο σύνθετη. Το λευκό νέφος που παράγεται από το νερό που βράζει, περιέχει κάποια ποσότητα νερού σε αέρια κατάσταση (δείτε την Ενότητα 11.4). Τα σύννεφα επίσης περιέχουν νερό σε αέρια κατάσταση αλλά και σε στερεή, για παράδειγμα παγετό ή χιόνι. Το ζήτημα αν αυτή η πληροφορία πρέπει να διδαχθεί στο Δημοτικό Σχολείο είναι θέμα συζήτησης, διότι αν και είναι επιστημονικά ορθή, ίσως δημιουργήσει μεγαλύτερη σύγχυση στους μαθητές.

Πηγή: Dove (1998).

11.7 Γιατί ορισμένα αντικείμενα γεμίζουν υγρασία όταν τα βγάζουμε από το ψυγείο;

Παρανόηση

Το μπουκάλι του αναψυκτικού γεμίζει με υγρασία όταν το βγάλουμε από ψυγείο, διότι υγρό από το εσωτερικό του μπουκαλιού διαπερνά το γυαλί και βγαίνει έξω.

Η επιστημονική άποψη

Πολλοί μαθητές διαθέτουν αυτή τη συνηθισμένη εμπειρία που συμβαίνει ιδιαιτέρως όταν κάνει ζέστη. Τότε συσκευασίες που περιέχουν κρύα ποτά εξωτερικά γεμίζουν σχεδόν πάντοτε με υγρασία, χωρίς να μπορούμε να απαλλαγούμε άμεσα απ' αυτή. Όμως τα παιδιά συνήθως βρίσκονται σε σύγχυση, αν τους ζητήσουμε να εξηγήσουν γιατί εμφανίζεται αυτή η ποσότητα νερού και, προσπαθώντας να εξηγήσουν το φαινόμενο με λογικό τρόπο, δίνουν απαντήσεις σαν αυτή που αναφέραμε προηγουμένως. Όπως και στις άλλες περιπτώσεις που μελετήσαμε στο παρόν κεφάλαιο, οι υδρατμοί παίζουν ρόλο σ' αυτή τη διαδικασία. Αόρατοι ατμοί νερού, δηλαδή νερό σε αέρια φάση, περιέχονται στον αέρα που περιβάλλουν τα μεταλλικά κουτάκια που περιέχουν κρύα ποτά και όταν οι ατμοί έλθουν σε επαφή με τα κουτάκια συμπυκνώνονται και υγροποιούνται. Σ' αυτή την περίπτωση λέμε ότι η χαμηλή θερμοκρασία της συσκευασίας είναι μικρότερη από το **σημείο δρόσου**. Το κουτάκι λοιπόν γεμίζει εξωτερικά υγρασία, διότι όταν το νερό είναι σε υγρή κατάσταση, είναι πλέον ορατό. Όταν το περιβάλλον είναι ζεστό και ξηρό, επειδή τα επίπεδα υγρασίας είναι πολύ χαμηλά, αυτό το φαινόμενο δεν συμβαίνει.

Το νέφος των υδρατμών που βγαίνει από την κατάψυξη, όταν ανοίξουμε την πόρτα της, εμφανίζεται ακριβώς για τον ίδιο λόγο, δηλαδή επειδή η θερμοκρασία στο εσωτερικό της κατάψυξης είναι χαμηλότερη από το σημείο δρόσου, οι ατμοί που υπάρχουν στον εξωτερικό αέρα συμπυκνώνονται και γίνονται ορατοί με τη μορφή νέφους. Την αυγή σε κρύες επιφάνειες, όπως είναι το έδαφος ή οι μεταλλικές επιφάνειες ενός αυτοκινήτου εμφανίζεται υγρασία, διότι η θερμοκρασία έχει πέσει κάτω από το σημείο δρόσου. Αυτό συμβαίνει ακόμα κι αν δεν έχει βρέξει κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Αναδόμηση

Θα πρέπει να επισημάνουμε στους μαθητές ότι, επειδή τα αλουμινένια κουτάκια αναψυκτικού είναι υδατοστεγή και αεροστεγή, είναι αδύνατο οτιδήποτε να διαπεράσει τα τοιχώματά τους και να βγει έξω. Επίσης κατά τη διάρκεια μιας βροχερής μέρας

έχουμε μια καλή ευκαιρία να δείξουμε ότι στην ατμόσφαιρα υπάρχουν ατμοί νερού. Αφού όλοι οι μαθητές μπουν στην αίθουσα διδασκαλίας, τότε τους δείχνουμε ότι γρήγορα τα τζάμια της αίθουσας γεμίζουν υγρασία, διότι από τα βρεγμένα ρούχα τους εξατμίζεται νερό και δημιουργούνται μη ορατοί ατμοί. Κατόπιν αυτοί οι ατμοί συμπυκνώνονται στην κρύα επιφάνεια των τζαμιών και τα τζάμια γεμίζουν υγρασία. Μαθητές που φορούν γυαλιά είναι περισσότερο εξοικειωμένοι μ' αυτή την εμπειρία.

Πηγή: Osborne και Cosgrove (1983).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΓΗΣ

12.1 Υπάρχει διαφορά μεταξύ ενός βράχου και μιας πέτρας;

Παρανόηση

Τα βράχια είναι μεγάλα, βαριά και πριονωτά. Αν είναι μικρά, είναι πέτρες. Αν είναι λεία, είναι βότσαλα.

«Ένας βράχος είναι μεγαλύτερος από μια πέτρα. Μια πέτρα είναι πάρα πολύ μικρή.»
(Μαθητής 2ας Τάξης, Russell κ.ά., 1993, σ. 33)

Η επιστημονική άποψη

Όταν στο Δημοτικό (στην Αγγλία) διδάσκουμε θέματα Γεωλογίας, συνήθως δείχνουμε στους μαθητές κομμάτια αυθεντικών **πετρωμάτων** και ορυκτών. Τότε διαπιστώνουμε ότι ορισμένοι μαθητές θεωρούν πως κάθε κομμάτι μικρότερο από τη παλάμη τους είναι πολύ μικρό για να το ονομάσουν πέτρωμα. Αντίθετα το ονομάζουν πέτρα. Η ρίζα αυτής της παρανόησης ίσως βρίσκεται στην καθημερινή γλώσσα, διότι οι μαθητές χρησιμοποιούν τη λέξη «πέτρα» για κάθε κομμάτι πετρώματος το οποίο είναι αρκετά μικρό ώστε να μπορούν να το πετάξουν μακριά. Σ' αυτή την άτυπη κατηγορία περιλαμβάνουν και κομμάτια υλικών που από τεχνική άποψη δεν είναι πετρώματα, όπως ένα κομμάτι τούβλου ή ένα κομμάτι μπετόν (δείτε την Ενότητα 12.2). Αυτές οι πεποιθήσεις σχετίζονται με μη επιστημονικούς ορισμούς της έννοιας «πέτρωμα». Όμως είναι προβληματικό οι μαθητές να θεωρούν ότι ένα μικρό κομμάτι πετρώματος δεν είναι πέτρωμα λόγω του μεγέθους του. Αυτό τους οδηγεί να θεωρούν ότι μικρά κομμάτια γρανίτη ή σχιστόλιθου δεν είναι πετρώματα.

Ομοίως είναι πιθανό να θεωρούν ότι ένας ογκόλιθος δεν είναι πέτρωμα, διότι είναι πολύ μεγάλος. Επίσης ορισμένοι θεωρούν ότι κάθε λείο δείγμα είναι βότσαλο αλλά δεν είναι πέτρωμα. Ως πέτρωμα ορίζεται επιστημονικά *κάθε φυσικό υλικό που είναι προϊόν γεωλογικών διαδικασιών και αποτελείται από συνένωση δύο ή περισσότερων*

τερων ορυκτών. Άρα αν ένα αντικείμενο είναι πέτρωμα ή όχι δεν έχει σχέση με το μέγεθός του. Αυτό σημαίνει ότι τόσο ένα μικρό φράγμα όσο και μια βραχώδης πλαγιά μπορεί να είναι πετρώματα.

Γνωρίζετε ότι;

Σημαιολογικές διαφορές στις διαφορετικές χώρες. Είναι ενδιαφέρον ότι στην καθομιλουμένη αγγλική γλώσσα που ομιλούν στις ΗΠΑ φαίνεται ότι δεν υπάρχει σημαντική διάκριση, από την άποψη του μεγέθους, μεταξύ της λέξης «rock»¹ και «stone»² όπως συμβαίνει με τα Αγγλικά που ομιλούν στη Μεγάλη Βρετανία. Οι Αμερικανοί με τη λέξη «rock» εννοούν ακόμη κι ένα μικρό κομμάτι πετρώματος, γι' αυτό χρησιμοποιούν την έκφραση: «In glass houses you should not throw rocks».³

Αναδόμηση

Χρήσιμη προσέγγιση είναι η αλλαγή της σημασίας που αποδίδουν οι μαθητές στη λέξη *πέτρωμα*. Αντί να χρησιμοποιούν τη λέξη για να χαρακτηρίσουν ένα αντικείμενο, πρέπει να επιμείνουμε ότι επιστημονικά, το αντικείμενο «αποτελείται από πέτρωμα». Δηλαδή όταν πρέπει να αποφασίσουμε αν κάτι είναι πέτρωμα ή όχι, θα πρέπει να εξετάσουμε μόνο τις φυσικές ιδιότητές του, ανεξάρτητα από το μέγεθος και από το πόσο λεία είναι η επιφάνεια. Για παράδειγμα αν ο δάσκαλος επιθυμεί οι μαθητές του να ξεχωρίζουν τα πετρώματα από τα ορυκτά, μια πρακτική δραστηριότητα είναι να μελετήσουν δείγμα από κάθε είδος και να αποφασίσουν αν πρόκειται για καθαρή ουσία (ορυκτό) ή για μείγμα καθαρών ουσιών (πέτρωμα). Δείτε τις Ενότητες 12.2 και 12.3 για αποσαφήνιση αυτής της διαφοράς.

Πηγή: Russell κ.ά. (1993).

12.2 Τι ακριβώς είναι το πέτρωμα;

Παρανόηση

Το τούβλο και το μπετόν είναι πετρώματα.

1. (ΣΤΜ): rock = βράχος.

2. (ΣΤΜ): stone = πέτρα.

3. (ΣΤΜ): Ο Αμερικανός αντιλαμβάνεται αυτή τη φράση ως εξής: «Στα γυάλινα σπίτια δεν πετάμε πέτρες». Ενώ ο Βρετανός την αντιλαμβάνεται ως εξής: «Στα γυάλινα σπίτια δεν πετάμε βράχους».

Η επιστημονική άποψη

Αν το εξετάσουμε πρόχειρα, ένα κομμάτι τούβλο μοιάζει πολύ με κομμάτι πετρώματος. Ένα μικρό κομμάτι τούβλο με σπασμένες επιφάνειες και γωνίες φαίνεται να μη διαφέρει από ένα οποιοδήποτε κομμάτι πετρώματος όπως είναι ο ψαμμίτης. Όμως τα πετρώματα είναι φυσικά υλικά (δείτε την Ενότητα 12.1), ενώ το τούβλο είναι τεχνητό: κατασκευάστηκε με το ψήσιμο πηλού μέσα σε κλίβανο, και συχνά προστίθενται άλλα υλικά όπως ο ασβέστης για να παραχθεί ένα σκληρό και αρκετά εύθραυστο υλικό που είναι ιδανικό για την οικοδομική.

Ομοίως το μπετόν δεν είναι φυσικό υλικό, είναι μίγμα τσιμέντου, άμμου, χαλικιών και νερού. Όταν χύσουμε υγρό μπετόν σε κάποιο χώρο, π.χ. στο μονοπάτι ενός κήπου, λόγω χημικών αντιδράσεων τα συστατικά ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζεται ένα στεγνό στερεό με μεγάλη αντοχή. Ορισμένες φορές λοιπόν ένα κομμάτι σπασμένο μπετόν μοιάζει με κομμάτι πετρώματος (κροκαλοπαγούς πετρώματος).

Παρόμοια παρανόηση είναι ότι ένα γυαλισμένο κομμάτι μάρμαρο ή μια επεξεργασμένη πλάκα γρανίτη δεν είναι κομμάτια πετρωμάτων, διότι τα έχουμε επεξεργαστεί και δεν είναι πλέον φυσικά.

Αναδόμηση

Ενθαρρύνετε τους μαθητές να ξεπεράσουν την τάση τους να αποκαλούν πέτρωμα οτιδήποτε μοιάζει με πέτρωμα, επισημαίνοντάς τους ότι εκτός από την εμφάνιση ενός υλικού και τις φυσικές του ιδιότητες θα πρέπει να λάβουν υπόψη τους και την προέλευσή του. Όπως αναφέραμε προηγουμένως, ορισμένες φορές οι επίπεδες πλευρές ή οι γωνίες ενός κομματιού από τούβλο ή από τσιμέντο αποκαλύπτουν ότι πρόκειται για τεχνητό υλικό. Δραστηριότητες κατάταξης αντικειμένων σε τεχνητά και φυσικά βοηθούν τους μαθητές. Οι νεότεροι μαθητές μπορούν να περιεργαστούν μια συλλογή πετρωμάτων και μετά να τα περιγράψουν αναφέροντας το χρώμα, την υφή κ.λπ. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν ένα πρόγραμμα στον υπολογιστή, όπως είναι το Power Point για να δημιουργήσουν ένα κολάζ από κατασκευές στις οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί πετρώματα, όπως οι λιθόκτιστοι τοίχοι, τα λιθόστρωτα, οι πέτρινες στέγες και τ' αγάλματα.

Πηγή: Happs (1985α)· Russell κ.ά (1993).

12.3 Τι ακριβώς είναι ένα ορυκτό;

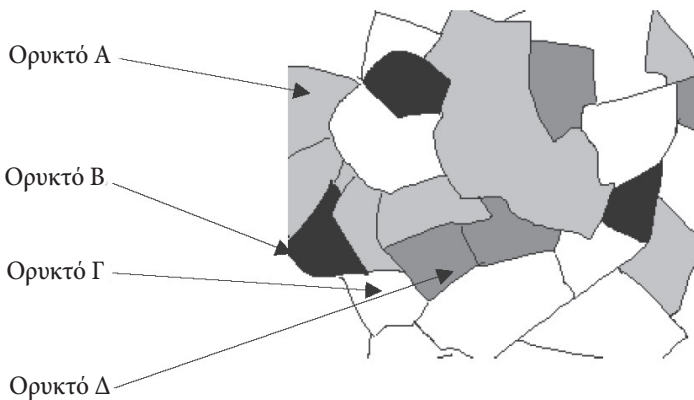
Παρανόηση

Τα ορυκτά είναι πολύτιμες μικρές πέτρες.

Η επιστημονική άποψη

Συνήθως θεωρούμε ότι όλα τα ορυκτά έλκουν την προσοχή μας, λάμπουν, είναι σπάνια και χρησιμοποιούνται εκτενώς σε κοσμήματα, όπως συμβαίνει με τα ρουμπίνια, τα ζαφείρια και τα σμαράγδια. Πράγματι πολλά ορυκτά είναι κοσμήματα λόγω της όμορφης εμφάνισής τους και της σπανιότητάς τους, δηλαδή είναι πολύτιμοι λίθοι. Όμως άλλα ορυκτά, όπως είναι ο χαλαζιάς, δεν είναι σπάνια και έχουν πολύ μικρή χρηματική αξία. Δηλαδή αν και η άποψη ότι τα ορυκτά είναι πολύτιμα είναι σε κάποιο βαθμό σωστή, υπάρχουν ορυκτά που είναι λιγότερο σπάνια, ελκυστικά και πολύτιμα.

Σε αντίθεση με τα ορυκτά, οι μαθητές θεωρούν τα πετρώματα βαρετά, σε αφθονία και συγκριτικά είναι φθηνά. Στην πραγματικότητα ορισμένα πετρώματα, όπως είναι τα πυριγενή, είναι εξαιρετικά σπάνια. Επίσης πετρώματα με καθαρή κρυσταλλική δομή, όπως είναι ο σχιστόλιθος, μπορεί να λάμπουν και να είναι ελκυστικά. Ορισμένες φορές λοιπόν, όταν προσπαθούμε να διακρίνουμε τα πετρώματα από τα ορυκτά στηριζόμενοι μόνο στην εμφάνισή τους ή τη σπανιότητά τους, είναι δύσκολο να διατυπώσουμε μια γενική άποψη. Τα ορυκτά είναι «καθαρές» χημικές ενώσεις που βρίσκονται στη φύση και έχουν σχηματισθεί με γεωλογικές διαδικασίες. Για παράδειγμα ο πυρίτης (ψευδοχρυσός) είναι θειούχος σίδηρος (FeS_2). Αντιθέτως τα πετρώματα είναι φυσικά μείγματα δύο ή περισσότερων ορυκτών (Εικόνα 12.3).



Εικόνα 12.3 Μικροσκοπική εικόνα δείγματος πετρώματος που αποτελείται από διαφορετικά ορυκτά

Υπάρχει σύγχυση μεταξύ της έννοιας πέτρωμα και ορυκτό διότι συνήθως χρησιμοποιούμε τη λέξη «πέτρα» για να περιγράψουμε πολύτιμα ορυκτά, όπως είναι το διαμάντι και το ζαφείρι σε ένα ακριβό δαχτυλίδι αρραβώνων. Δεν υπάρχουν μόνο φυσικές πολύτιμες πέτρες αλλά είναι δυνατό να κατασκευαστούν συνθετικά στα εργαστήρια, όπως είναι το ρουμπίνι που χρησιμοποιείται στις συσκευές λείξεο.

Σχετική είναι και η παρανόηση ότι τα πετρώματα αποτελούνται από μόνο ένα είδος ουσίας και ότι τα πετρώματα ή τα ορυκτά που είναι ελκυστικά, ονομάζονται κρύσταλλοι.

Αναδόμηση

Συνήθεις δραστηριότητες στο Δημοτικό σχολείο στην Αγγλία, είναι να εξετάζουν οι μαθητές δείγματα πετρωμάτων ή ορυκτών για να μελετήσουν την εμφάνισή τους και τις ιδιότητές τους όπως είναι η σκληρότητά τους. Σ' αυτές να συμπεριλάβετε οπωσδήποτε χαλαζία, ασβεστίτη και άλλα φθηνά ορυκτά για να δείξετε ότι δεν είναι όλα τα ορυκτά πολύτιμοι λίθοι.

Πα να βοηθήσετε τους μαθητές να διακρίνουν τα πετρώματα από τα ορυκτά, χρησιμοποιήστε φωτογραφίες που έχουν ληφθεί με τη βοήθεια μικροσκοπίου (μπορείτε να τις βρείτε στο διαδίκτυο) ώστε, παρατηρώντας τη μικροσκοπική δομή του γρανίτη, να διαπιστώσουν ότι ο γρανίτης είναι πέτρωμα. Στην εικόνα εντοπίστε τα επιμέρους ορυκτά που συνήθως συνδέονται μεταξύ τους όπως τα κομμάτια ενός παζλ (Εικόνα 12.3). Η εξέταση με μεγεθυντικό φακό ενός πραγματικού δείγματος γρανίτη επίσης αποκαλύπτει αυτή τη δομή. Πείτε στους μαθητές ότι κάθε κομμάτι του «παζλ» είναι μια καθαρή χημική ένωση, που ονομάζεται ορυκτό. Πα να υπογραμμίσετε αυτό το γεγονός χρησιμοποιήστε τη συλλογή πετρωμάτων του σχολείου για να δείξετε στους μαθητές μεγαλύτερα κομμάτια από τα ορυκτά που υπάρχουν μέσα στους γρανίτες (π.χ. άστριο και χαλαζία).

Πηγή: Happs (1985α).

12.4 Τι προκαλεί τους σεισμούς;

Παρανόηση

Όλοι οι σεισμοί οφείλονται σε εκρήξεις ηφαιστειών.

Η επιστημονική άποψη

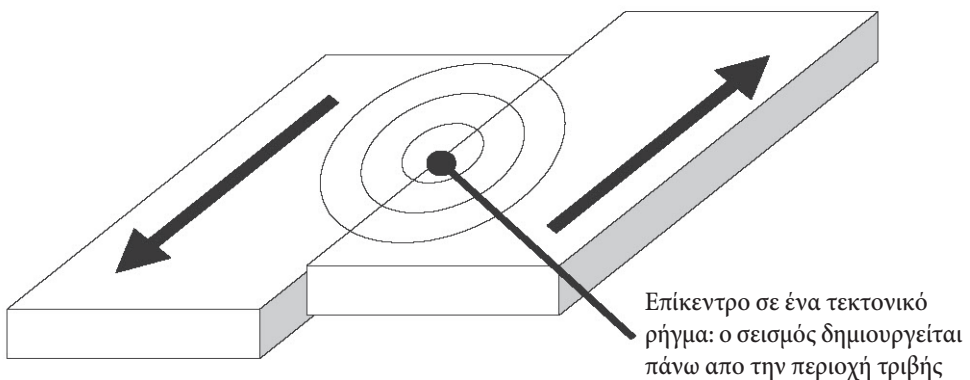
Η συσχέτιση των σεισμών με την έκρηξη των ηφαιστειών είναι συνηθισμένο σφάλμα. Αν και τα δύο είναι δραματικά και συχνά βίαια φαινόμενα, είναι άγνωστα στους κατοίκους χωρών, όπως τη Μεγάλη Βρετανία. Γι' αυτούς λοιπόν πρόκειται για εξωτικά

φαινόμενα με μυστηριώδεις αιτίες. Όταν κάποιος δεν ξει σε σεισμογενή περιοχή μπορεί να οικοδομήσει παρανοήσεις για τον ακριβή τρόπο που προκαλούνται οι σεισμοί.

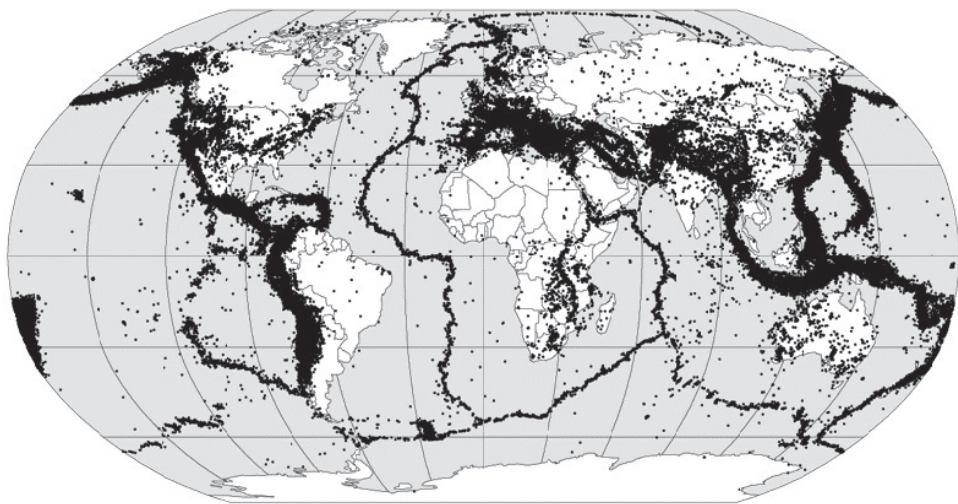
Οι περισσότεροι σεισμοί προκαλούνται όταν, στο εσωτερικό της Γης, κινούμενα πετρώματα τρίβονται μεταξύ τους. Αυτές οι κινήσεις συμβαίνουν εκεί όπου μάζες πετρωμάτων χωρίζονται μεταξύ τους με μεγάλα σχίσματα, τα τεκτονικά ρήγματα. Κατά τη διάρκεια αυτής της τριβής, σε ορισμένες περιπτώσεις, ασυνήθιστα μεγάλα κομμάτια υπόγειων πετρωμάτων σπάνε και η τεράστια ποσότητα ενέργειας που απελευθερώνεται μεταδίδει ταλαντώσεις προς κάθε κατεύθυνση προς τα έξω και τελικά φθάνει στην επιφάνεια της Γης, στο **επίκεντρο**, όπου γίνονται αισθητές ως σεισμός (Εικόνα 12.4α).

Στην Εικόνα 12.4β φαίνονται οι θέσεις των σεισμών που έχουν συμβεί σε διάστημα 35 χρόνων. Η πλειονότητα των σεισμών έχει συμβεί κατά μήκος των συνόρων των **τεκτονικών πλακών**. Τα ρήγματα και οι σεισμοί οφείλονται στην ενέργεια που μεταφέρεται από αυτές τις εκτενείς κινούμενες πλάκες πετρωμάτων. Συγκρίνοντας τις Εικόνες 12.4β και 12.4γ διαπιστώνουμε ότι οι εκρήξεις των ηφαιστείων συμβαίνουν στις ίδιες περιοχές όπου συμβαίνουν οι σεισμοί. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στα σύνορα των πλακών ο φλοιός της Γης είναι ασθενικός και αυτή η ασθενικότητα είναι κοινή αιτία και για τα δύο φαινόμενα.

Αν και τυπικά λοιπόν τα δύο φαινόμενα συμβαίνουν στις ίδιες γεωγραφικές περιοχές, οι σεισμοί δεν προκαλούνται από εκρήξεις ηφαιστείων. Αντιθέτως οι σεισμοί είναι αποτέλεσμα της υπόγειας κίνησης μεγάλων τμημάτων πετρωμάτων. Όμως, μια μειονότητα σεισμών *σχετίζονται* με ηφαιστειακή δράση, όταν μεγάλες ποσότητες μάγματος κινούνται υπόγεια, και στο παρελθόν σεισμοί έχουν λειτουργήσει σαν προειδοποιητικό σημάδι για εκρήξεις ηφαιστείων.



Εικόνα 12.4α Οι περισσότεροι σεισμοί συμβαίνουν ως αποτέλεσμα της τριβής μεταξύ μεγάλων μαζών πετρωμάτων



Εικόνα 12.4β *Επίκεντρα σεισμών 1963-1998 (NASA)*

Άλλες παρανοήσεις που σχετίζονται με τους σεισμούς περιλαμβάνουν την ιδέα ότι σεισμοί συμβαίνουν εξαιτίας δυνατών ανέμων ή τυφώνων. Επίσης αντίθετα από την κεντρική παρανόηση ορισμένοι άνθρωποι πιστεύουν ότι οι σεισμοί προκαλούν τις εκρήξεις ηφαιστείων.

Γνωρίζετε ότι;

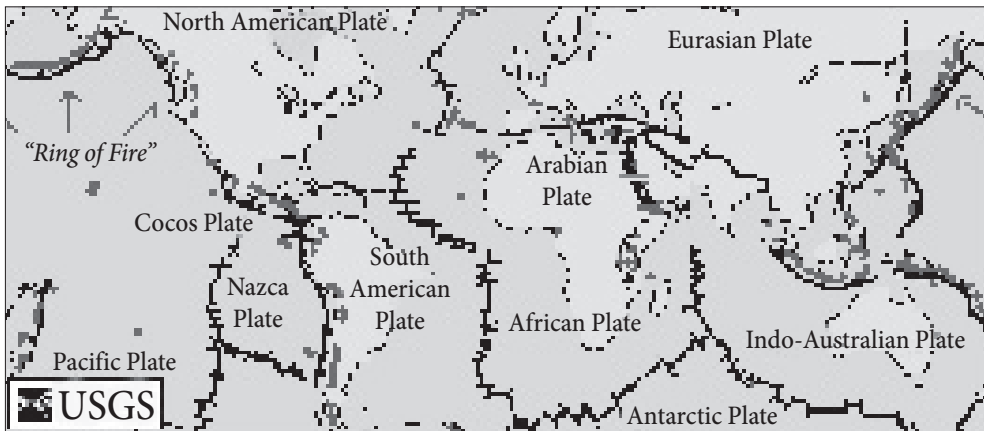
Ποιο είναι το πιο ενεργό ηφαίστειο του Κόσμου; Υποψήφιο γι' αυτό τον τίτλο είναι το ηφαίστειο Kilouea στη Χαβάη, από το οποίο λάβα ρέει καθημερινά από το 1983.

Αναδόμηση

Δείχνοντας στους μαθητές χάρτες με τις ζώνες των σεισμών και των ηφαιστείων σαν αυτούς των Εικόνων 12.4β και 12.4γ, τους βοηθάτε να αντιληφθούν ότι αν και τα δύο φαινόμενα συχνά συμβαίνουν στην ίδια περιοχή, λόγω της ασθενικότητας του γήινου φλοιού, πολλοί σεισμοί συμβαίνουν σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν ηφαίστεια.

Βίντεο με το τραγικό τσουνάμι στις 26 Δεκεμβρίου του 2004 στον Ινδικό Ωκεανό θα δείξουν στους μαθητές ότι τα τσουνάμι προκαλούνται από υποθαλάσσιους σεισμούς κι όχι από τη δράση ηφαιστείων.

Πηγή: Ross και Shuell (1993).



Εικόνα 12.4γ Ηφαιστειακές εκρήξεις (United States Geological Survey)

12.5 Ποια είναι η προς τα κάτω κατεύθυνση;

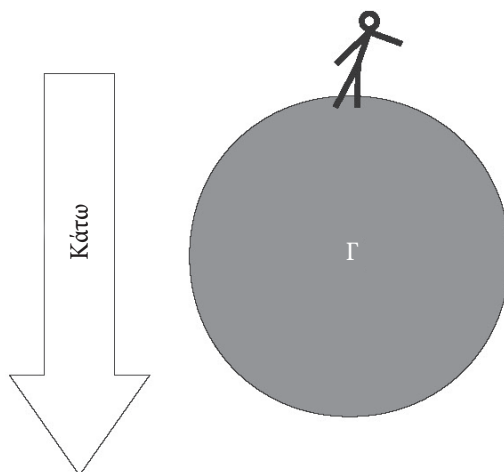
Παρανόηση

Τα πιο πυκνά υλικά στη Γη τα βρίσκουμε στον Νότιο Πόλο.

Η επιστημονική άποψη

Ορισμένοι μαθητές οικοδομούν την ιδέα ότι με την πάροδο του χρόνου μέσα στη Γη τα πυκνά υλικά, όπως είναι ο σίδηρος, κινούνται προς τα κάτω, φιλτράρονται και καθίζανουν στον «πάτο» της Γης. Αυτή η παρανόηση είναι ενδεικτική μιας απλοϊκής, λανθασμένης αντίληψης για το «πάνω» και το «κάτω», διότι στο Διάστημα δεν υπάρχει απόλυτο σύστημα αναφοράς (Εικόνα 12.5α). Αφού η βαρύτητα δρα προς το κέντρο της Γης και όχι προς τον γεωγραφικό Νότιο Πόλο, αυτή είναι και η πραγματική κατεύθυνση «κάτω» (Εικόνα 12.5β). Πριν από δισεκατομμύρια χρόνια, όταν η Γη σχηματιζόταν, τα πυκνότερα υλικά, που τότε αφθονούσαν, λόγω της βαρύτητας βυθίζονταν προς το κέντρο της Γης, με αποτέλεσμα να προκύψει η σημερινή σύνθεση του πυρήνα της Γης, οποίος αποτελείται από σίδηρο και νικέλιο (Εικόνα 12.5γ).

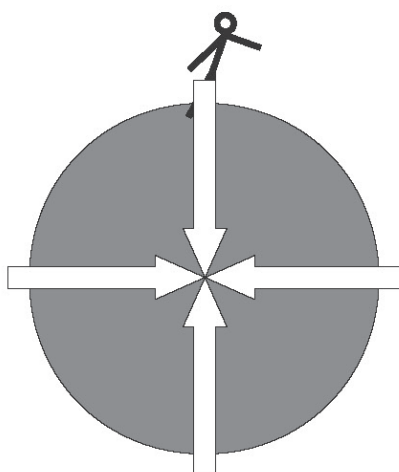
Ειδήσεις μερικές φορές διογκωμένες για την ύπαρξη στην Ανταρκτική αποθεμάτων φυσικών πόρων, π.χ. μετάλλων και πετρελαίου, ενισχύουν ακόμη περισσότερο την παρανόηση που αναφέραμε. Μια γεωγραφική παρανόηση που επίσης είναι αποτέλεσμα της απλοϊκής αντίληψης του «πάνω» και «κάτω» είναι ότι στο χάρτη της Ανταρκτικής η κατεύθυνση βορράς σχεδιάζεται πάντοτε προς τα πάνω. Όμως ο Βορράς μπορεί να βρίσκεται σε οποιαδήποτε κατεύθυνση σε σχέση με τον γεωγραφικό Νότιο Πόλο, όπως μπορούμε να δείξουμε με τη βοήθεια μιας υδρογείου.



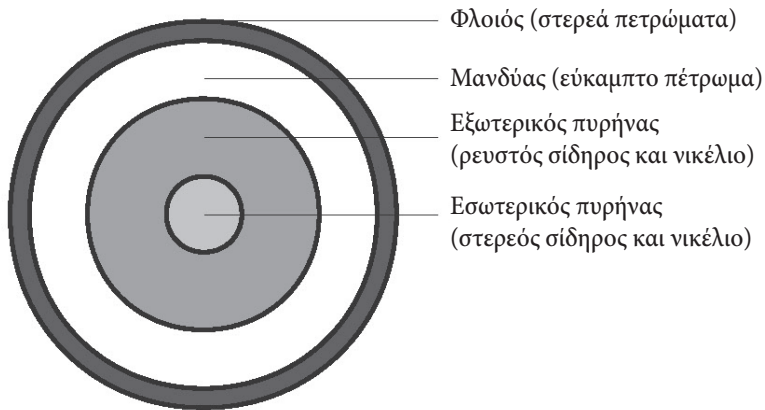
Εικόνα 12.5α Η κατεύθυνση προς τα κάτω είναι η κατεύθυνση προς την επιφάνεια της Γης, στο σημείο όπου στεκόμαστε

Αναδόμηση

Το πρώτο βήμα θα πρέπει να είναι η διόρθωση της αντίληψης του «κάτω», που αποτελεί την πηγή της παρανόησης. Αυτό το κατορθώνουμε επιμένοντας ότι για καθέναν από εμάς η κατεύθυνση προς τα κάτω είναι η κατεύθυνση προς το κέντρο της Γης. Ο αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το ποια θεωρούν ότι είναι η κατεύθυνση προς τα κάτω είναι δυνατό να εκμαιευθεί δείχνοντας στους μαθητές ένα διάγραμμα παρόμοιο



Εικόνα 12.5β Η σωστή κατεύθυνση προς τα κάτω

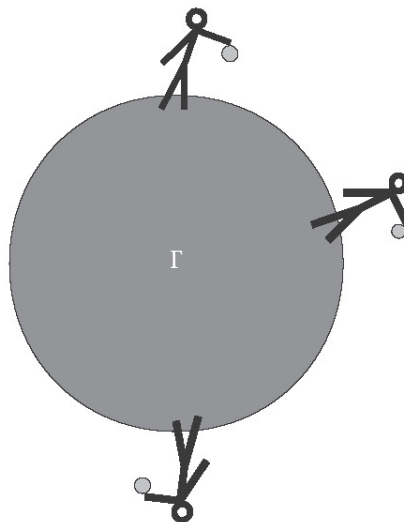


Εικόνα 12.5γ Η εσωτερική δομή της Γης (όχι σε κλίμακα)

με αυτό της Εικόνας 12.5δ και ρωτώντας τους προς τα πού θα πέσει η μπάλα, αν οι τρεις άνθρωποι την αφήσουν την ίδια στιγμή.

Αν και η εσωτερική δομή της Γης ξεπερνά το Πρόγραμμα Σπουδών του Δημοτικού Σχολείου, μπορούμε να εισαγάγουμε τους μαθητές στην ιδέα ότι η Γη αποτελείται από διαφορετικά στρώματα και ότι τα βαρύτερα (πυκνότερα) από αυτά βρίσκονται στον πυρήνα της Γης, όχι στον Νότιο Πόλο.

Πηγές: Marques και Thompson (1997)· Nussbaum (1995)· Schoon και Boone (1998).



Εικόνα 12.5δ Εκμείευση των ιδεών των μαθητών για την έννοια «κάτω»

12.6 Πώς αναπνέουν οι οργανισμοί που ζουν μέσα στο χώμα;

Παρανόηση

Τα ζώα που ζουν μέσα στο χώμα για να αναπνεύσουν βγαίνουν στην επιφάνεια.

Η επιστημονική άποψη

Σε κάποιο κήπο, μπορούμε να παρατηρήσουμε οργανισμούς που ζουν στο έδαφος όπως είναι τα μυρμήγκια, τα σκαθάρια και οι σαρανταποδαρούσες, να περπατούν στην επιφάνεια του εδάφους και κατόπιν να εξαφανίζονται μέσα σ' αυτό, ιδιαιτέρως όταν τα ενοχλήσουμε. Οι μαθητές αποδίδουν αυτή την παροδική εμφάνισή τους στην επιφάνεια του εδάφους στην ανάγκη τους να εισπνεύσουν αέρα, σε αναλογία με τις φάλαινες. Πράγματι επειδή οι φάλαινες είναι θηλαστικά και δεν έχουν βράγχια, είναι απαραίτητο να ανεβαίνουν περιοδικά στην επιφάνεια της θάλασσας για να αναπνεύσουν.

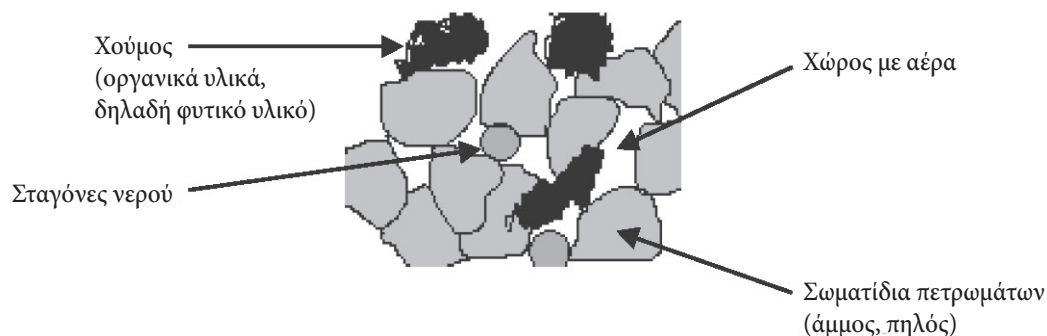
Τα ασπόνδυλα που ζουν μέσα στο έδαφος επίσης δεν έχουν βράγχια και χρειάζεται να έχουν άμεση επαφή με τον αέρα για να απορροφούν οξυγόνο, όμως στην πραγματικότητα υπάρχει άφθονος αέρας κάτω από το έδαφος. Το έδαφος δεν είναι μια συμπαγής, στερεή μάζα αλλά μέσα σ' αυτό υπάρχουν πολλοί άδαιοι χώροι με αέρα (Εικόνα 12.6). Επομένως τα ζώα αυτά μπορούν και αναπνέουν επαρκώς μέσα στο έδαφος χρησιμοποιώντας αυτούς τους χώρους αέρα.

Όταν ο καιρός είναι βροχερός, εμφανίζονται στην επιφάνεια του εδάφους γαιοσκώληκες. Αυτό το φαινόμενο είναι δυνατό να ενισχύσει την παρανόηση που αναφέραμε. Επειδή τα σκουλήκια απορροφούν οξυγόνο διαμέσου του δέρματός τους, όταν το χώμα πλημμυρίζει με νερό, δυσκολεύονται να αναπνεύσουν. Βγαίνουν λοιπόν στην επιφάνεια του εδάφους για να βρουν αέρα. Δηλαδή σ' αυτή την περίπτωση πράγματι βγαίνουν από το χώμα για ν' «αναπνεύσουν».⁴

Αναδόμηση

Η παρανόηση σχετικά με τον τρόπο που αναπνέουν οι οργανισμοί που ζουν μέσα στο χώμα βασίζεται στη λανθασμένη αντίληψη ότι στο έδαφος δεν υπάρχουν χώροι με αέρα. Μπορούμε να δείξουμε ότι το έδαφος δεν είναι συμπαγές ζητώντας από τους μαθητές να βάλουν μια κουταλιά χώμα σ' ένα μικρό δοχείο, όπως μια αβγοθήκη, και κατόπιν να προβλέψουν πόση ποσότητα νερού είναι δυνατό να χύσουν μέσα στο ίδιο δο-

4. Από επιστημονική άποψη δεν πρόκειται για αναπνοή (δείτε τον ορισμό που παρατίθεται στο Γλωσσάρι).



Εικόνα 12.6 Η βασική δομή του εδάφους

χείο πριν ξεχειλίσει. Οι μαθητές εκπλήσσονται όταν διαπιστώνουν πόσο μεγάλη είναι αυτή η ποσότητα. Η συγκεκριμένη παρατήρηση ερμηνεύεται αν λάβουμε υπόψη μας ότι το έδαφος περιέχει πάρα πολλούς χώρους με αέρα, μέσα στους οποίους το νερό μπορεί να εισχωρήσει.

Μπορούμε να επαναλάβουμε αυτή τη δραστηριότητα με διαφορετικά είδη εδαφών και να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα μεταξύ τους. Όταν μέσα σε μια αβγοθήκη τοποθετήσουμε αργιλώδες χώμα θα απορροφήσει λιγότερο νερό απ' όσο απορροφά το αμμώδες, διότι τα σωματίδια της αργίλου είναι μικρά και βρίσκονται πιο κοντά μεταξύ τους και έχουν εκδιώξει τον αέρα. Αν μέσα σε ένα χωνί⁵ τοποθετήσουμε διαδοχικά διάφορα είδη χώματος και κατόπιν χύσουμε πάνω τους νερό, το αμμώδες μόλις που θα συγκρατήσει κάποια ποσότητα νερού ενώ το περισσότερο θα διαρρεύσει μέσα από αυτό. Αντιθέτως το αργιλώδες αφήνει το νερό να περνά δύσκολα, σιγά-σιγά το απορροφά και γίνεται κολλώδες. Συνήθως για τις καλλιέργειές τους οι αγρότες προτιμούν ενδιάμεσο είδος χώματος, δηλαδή μίγμα αργιλώδους και αμμώδους, ώστε μέσα σ' αυτό να υπάρχουν χώροι με αέρα και το χώμα να κατακρατεί νερό.

Κάθε άνοιξη ή καλοκαίρι μια δραστηριότητα που είναι κατάλληλη για KS1 τάξεις Δημοτικού είναι να ζητήσουμε από κάθε μαθητή να μελετήσει έναν «κύκλο χώματος». Κόψτε ένα νήμα σε κομμάτια 2m και ζητήστε από τους μαθητές να σχηματίσουν με κάθε νήμα κύκλους πάνω στο χώμα ή σε γρασίδι. Κατόπιν οι μαθητές πρέπει να παρατηρήσουν κάθε ζωική δραστηριότητα μέσα σε κάθε κύκλο, όπως για παράδειγμα μυρμηγκία ή σκαθάρια να βγαίνουν στην επιφάνεια του εδάφους. Αν ραντίσουμε το έδαφος με ένα πολύ αραιό διάλυμα καθαριστικού, μπορεί να εμφανισθούν και γεωσκώληκες.

Πηγές: Brass και Duke (1994)· Frankel-Hauser (1998).

5. Μπορούμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε ένα κομμένο πλαστικό μπουκάλι νερού.

12.7 Τι μπορούμε να κάνουμε για να ελαττώσουμε την υπερθέρμανση της Γης;

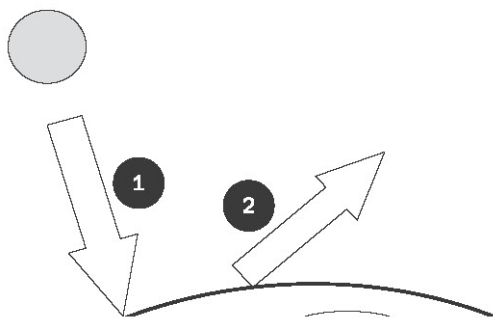
Παρανόηση

Μπορούμε να βοηθήσουμε να λυθεί το πρόβλημα της υπερθέρμανσης της Γης τρώγοντας λιγότερο κόκκινο κρέας.

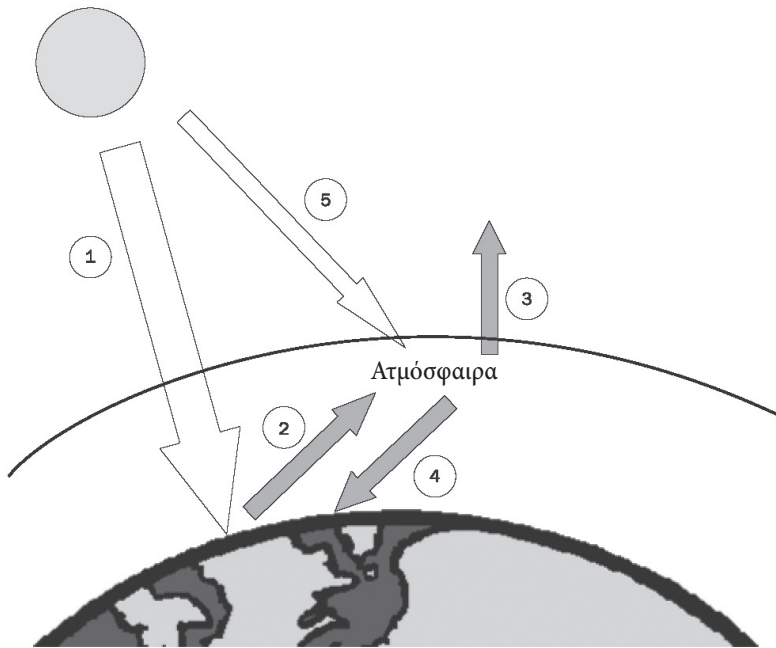
Η επιστημονική άποψη

Οι μαθητές του Δημοτικού κατανοούν ελάχιστα το φαινόμενο της **υπερθέρμανσης του πλανήτη** και τα αποτελέσματά του. Για να αντιληφθούμε τις επιστημονικές αρχές στις οποίες στηρίζεται αυτό το φαινόμενο, πρέπει να εξετάσουμε πώς η ηλιακή ενέργεια επηρεάζει τη Γη. Αρχικά ας μελετήσουμε τι συμβαίνει στη **Σελήνη** (Εικόνα 12.7α), η οποία, αντίθετα απ' ό,τι συμβαίνει με τη Γη, δεν έχει ατμόσφαιρα. Η ηλιακή ενέργεια θερμαίνει την επιφάνεια της Σελήνης (1). Συγχρόνως η Σελήνη χάνει συνεχώς θερμική ενέργεια από την επιφάνειά της και σχεδόν όλη αυτή η ενέργεια διαφεύγει στο Διάστημα (2). Κατά τη διάρκεια της ημέρας λοιπόν, στην επιφάνεια της Σελήνης, η θερμοκρασία αυξάνεται πάρα πολύ. Αντιθέτως τη νύχτα η θερμοκρασία ελαττώνεται πάρα πολύ (η μέγιστη θερμοκρασία είναι 120°C και η ελάχιστη -247°C). Αυτές οι ακραίες θερμοκρασίες είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους στη Σελήνη δεν μπορεί να συντηρηθεί η ζωή.

Η Εικόνα 12.7β δείχνει ότι στη Γη η ύπαρξη ατμόσφαιρας έχει αποτέλεσμα να διαφεύγει στο Διάστημα συγκριτικά λιγότερη θερμική ενέργεια. Μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η γήινη ατμόσφαιρα είναι μια «κουβέρτα αερίων» που περιβάλλει τη Γη και συγκρατεί το μεγαλύτερο μέρος της θερμικής ενέργειας. Όπως συμβαίνει και στη Σελήνη η ηλιακή ενέργεια θερμαίνει τη Γη (1) και αυτή η ενέργεια χάνεται συνεχώς διαμέσου της επιφάνειας της Γης. Το μεγαλύτερο μέρος της μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα (2),



Εικόνα 12.7α Πώς ο Ήλιος θερμαίνει τη Σελήνη (εκτός κλίμακας)



Εικόνα 12.7β Ερμηνεία του φαινομένου του θερμοκηπίου (εκτός κλίμακας)

η οποία κατά τη διάρκεια αυτής τη διαδικασίας θερμαίνεται. Μέρος της θερμικής ενέργειας της ατμόσφαιρας διαφεύγει στο Διάστημα (3). Ωστόσο το μεγαλύτερο μέρος της παραμένει, με αποτέλεσμα η επιφάνεια της Γης να διατηρείται θερμή (4). Η ύπαρξη ζωής στη Γη οφείλεται εν μέρει στο γεγονός ότι κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας δεν υπάρχουν ακραίες θερμοκρασίες όπως στη Σελήνη. Τη νύχτα η ατμόσφαιρα της Γης σαν μια «κουβέρτα» διατηρεί τη θερμοκρασία της Γης σχετικά υψηλή, θερμαίνοντας την επιφάνεια της Γης. Την ημέρα η θερμοκρασία δεν αυξάνεται τόσο πολύ διότι μέρος της ηλιακής ενέργειας απορροφάται από τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας πριν φθάσει στη επιφάνεια της Γης και θερμάνει την επιφάνεια υπερβολικά (5).

Στα τελευταία 100 χρόνια η θερμοκρασία της Γης αυξάνεται προοδευτικά και οι περισσότεροι επιστήμονες θεωρούν ότι η υπερθέρμανση είναι αποτέλεσμα της βιομηχανικής ρύπανσης. Ορισμένα αέρια απορροφούν περισσότερη θερμική ενέργεια απ' όση άλλα και κατόπιν την απελευθερώνουν προς την επιφάνεια της Γης. Αυτά τα αέρια ονομάζονται **αέρια του θερμοκηπίου** με πιο σημαντικά, το διοξείδιο του άνθρακα και τους υδρατμούς. Η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί από τα τέλη του 1700, λόγω της καύσης των **ορυκτών καυσίμων**, όπως είναι ο γαιάνθρακας και το πετρέλαιο. Τα ορυκτά καύσιμα χρησιμοποιούνται στη βι-

ομηχανία και σε άλλες δραστηριότητες από την καύση των οποίων απελευθερώνεται διοξείδιο του άνθρακα. Αύξηση της ποσότητας του διοξειδίου του άνθρακα σημαίνει ότι περισσότερη θερμική ενέργεια παραμένει στη γήινη ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία της Γης να αυξάνεται (Εικόνα 12.7β, βέλος (4)). Στην πραγματικότητα η ατμόσφαιρα γίνεται μια πιο ζεστή «κουβέρτα». Ωστόσο μια μειονότητα επιστημόνων πιστεύει ότι τα αέρια του θερμοκηπίου δεν είναι η αιτία της υπερθέρμανσης και ότι η αύξηση της θερμοκρασίας είναι μέρος ενός φυσιολογικού κύκλου διαδοχικής θέρμανσης και ψύξης της Γης.

Ορισμένοι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται με σαφήνεια την αιτία της υπερθέρμανσης και αναφέρουν ποικίλες αιτίες, όπως είναι τα ραδιενεργά κατάλοιπα, η όξινη βροχή, η μείωση της βιοποικιλότητας, η μη αποκομιδή των σκουπιδιών ακόμα και η κατανάλωση κόκκινου κρέατος, που αναφέρεται στην αρχή της παρούσας ενότητας. Οι μαθητές γνωρίζουν πολλά σύγχρονα, περιβαλλοντικά προβλήματα ή προβλήματα υγείας που συχνά αναφέρονται στα μέσα ενημέρωσης. Ωστόσο μερικές φορές συγχέουν τα αίτια των φαινομένων μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να παρανοούν ή να ξεχνούν τις επιστημονικές αρχές στις οποίες στηρίζεται το φαινόμενο της υπερθέρμανσης. Επιστημονικά αποδεκτές μέθοδοι, που βοηθούν στη λύση της υπερθέρμανσης του πλανήτη, επικεντρώνονται στη μείωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων, ώστε να περιοριστεί η υπερβολική απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Ορισμένοι μαθητές θεωρούν λανθασμένα ότι τα αέρια του θερμοκηπίου «παγιδεύουν» τις ακτίνες του ήλιου, και θερμαίνουν τη Γη όπως συμβαίνει στα θερμοκήπια. Αυτό είναι και το μειονέκτημα της χρήσης του όρου «θερμοκήπιο» ως μεταφορά για να εξηγηθεί η διαδικασία της υπερθέρμανσης της Γης. Τέλος συγχέουν συχνά την αραιώση του όζοντος με την υπερθέρμανση του πλανήτη, και θεωρούν ότι το ένα φαινόμενο είναι η αιτία του άλλου. Αν και υπάρχει πράγματι αλληλεπικάλυψη των δύο φαινομένων (π.χ. το όζον είναι αέριο του θερμοκηπίου), η αραιώση της στρώδας του όζοντος δεν συμβάλλει άμεσα στην υπερθέρμανση (βλέπε Ενότητα 12.8).

Αναδόμηση

Τα ενδεχόμενα προβλήματα της υπερθέρμανσης του πλανήτη μας έχουν τεκμηριωθεί πολύ προσεκτικά και σ' αυτά περιλαμβάνονται η τήξη των πολικών πάγων, η αύξηση της στάθμης της θάλασσας και η κλιματική αλλαγή. Αν και η κατανόηση του φαινομένου του θερμοκηπίου και των συνεπειών του υπερβαίνουν το Πρόγραμμα Σπουδών του Δημοτικού, οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν σε μεγαλύτερες τάξεις KS2 μπορούν να εξετάσουν τη δυνατότητα να συζητήσουν με τους μαθητές ιδέες που αφορούν αυτά τα θέματα, διότι είναι σημαντικό στοιχείο του επιστημονικού εγγραμματισμού. Αυτό είναι απόλυτα απαραίτητο αν λάβουμε υπόψη μας τις παρανοήσεις, που είναι πιθανόν να αναπτυχθούν, σχετικά με την υπερθέρμανση του πλανήτη. Στη Δ'

Δημοτικού ως μέρος ενός μαθήματος που αφορά τη μελέτη *ζωντανών οργανισμών* είναι απαραίτητο να ερευνήσουμε την επίδραση του ανθρώπου στον πλανήτη. Σ' αυτό το σημείο ταιριάζει απόλυτα να διδάξουμε στοιχεία σχετικά με την υπερθέρμανση.

Πα να παρουσιάσουμε την ιδέα ότι αέρια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα σαν κουβέρτα συγκρατούν τη θερμική ενέργεια, μπορούμε να ζητήσουμε από τους μαθητές να συγκρίνουν το αίσθημα της θερμοκρασίας τη νύχτα στην ύπαιθρο και όταν υπάρχουν σύννεφα και όταν έχει ξαστεριά. Τα σύννεφα αποτελούνται από σταγονίδια νερού, σωματίδια πάγου και υδρατμούς (οι υδρατμοί είναι αέριο του θερμοκηπίου). Κατά τη διάρκεια μιας νύχτας με σύννεφα, τα σύννεφα συμβάλλουν στο να εμποδίζεται η απώλεια θερμικής ενέργειας από την επιφάνεια της Γης. Συνεπώς όταν υπάρχουν σύννεφα, οι νύχτες είναι πιο ζεστές απ' όταν υπάρχει ξαστεριά. Ορισμένοι ερευνητές έχουν διατυπώσει την άποψη ότι ο συνηθισμένος τρόπος διδασκαλίας στο πλαίσιο μια ολιστικής παρουσίας με τίτλο «Σώστε τον πλανήτη» εμποδίζει την ανάλυση των επιστημονικών ιδεών που βρίσκονται πίσω από φαινόμενα, όπως είναι η υπερθέρμανση. Τέλος αν και υπάρχει πλήθος βίντεο στο διαδίκτυο για την υπερθέρμανση, είναι απαραίτητο οι εκπαιδευτικοί να τα ελέγξουν προσεκτικά ως προς την επιστημονική ακρίβειά τους πριν τα προβάλλουν στους μαθητές.

Πηγές: Boyes και Stanisstreet (1993)· Francis κ.ά.· Skamp κ.ά. (2009).

12.8 Τι είναι η αραίωση της στιβάδας του όζοντος;

Παρανόηση

Η τρύπα στη στιβάδα του όζοντος προκαλείται από το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

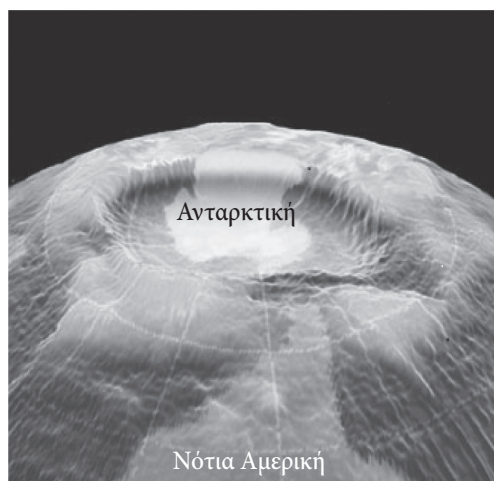
Η επιστημονική άποψη

Το αέριο όζον (O_3) είναι διαφορετική μορφή (*αλλοτροπική*) του αερίου οξυγόνου O_2 , διότι το μόριό του αποτελείται από τρία άτομα αντί για δύο. Μαζί με όλα τα αέρια από τα οποία αποτελείται ο αέρας που αναπνέουμε, το όζον είναι φυσικό συστατικό του κατώτερου στρώματος της γήινης ατμόσφαιρας (*της τροπόσφαιρας*), σε πολύ μικρή συγκέντρωση. Η μεγαλύτερη ποσότητα όζοντος υπάρχει σε ανώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας (*στη στρατόσφαιρα*), σε ύψος περίπου 40km, πάνω από την επιφάνεια της Γης και σχηματίζει μια διακριτή στιβάδα που περιβάλλει τον πλανήτη μας, τη στιβάδα του όζοντος.

Το όζον της ατμόσφαιρας παίζει ζωτικό ρόλο στη διατήρηση της ζωής: Αν δεν υπήρχε, όλες οι εκτεθειμένες μορφές ζωής γρήγορα θα εξαφανίζονταν. Οι περισσότεροι άνθρωποι γνωρίζουν ότι από τον Ήλιο *υπεριώδης ακτινοβολία (UV)* φθάνει

στην επιφάνεια της Γης. Αυτό το είδος ακτινοβολίας είναι ωφέλιμο, διότι προκαλεί την παραγωγή της βιταμίνης D στους ανθρώπους. Επίσης προκαλεί το μαύρισμα του δέρματος όταν εκτεθούμε στην ηλιακή ακτινοβολία. Ωστόσο όταν είναι ισχυρή ή όταν εκτεθούμε για πολλή ώρα, είναι δυνατό να προκαλέσει βλάβες στο δέρμα, συμπεριλαμβανομένης της πρόωρης γήρανσής του και του καρκίνου του δέρματος. Το όζον της ατμόσφαιρας επιτρέπει σε ορισμένα είδη της ακτινοβολίας UV να περάσουν και να φθάσουν στην επιφάνεια της Γης, ιδιαιτέρως τα είδη UV-A και UV-B ενώ εμποδίζει εντελώς την ακτινοβολία UV-C. Το τελευταίο είδος είναι πάρα πολύ επικίνδυνο για τους ζώντες οργανισμούς, διότι προκαλεί μεταλλάξεις στο DNA, με αποτέλεσμα να προκαλούνται γενετικές αλλοιώσεις που είναι υπεύθυνες για καρκίνους, μειωμένη αγροτική παραγωγή και άλλες βλάβες.

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1970 επιστήμονες έχουν διαπιστώσει ότι βαθμιαία τα επίπεδα του όζοντος ελαττώνονται. Αυτό συμβαίνει ιδιαιτέρως πάνω από τους Πόλους. Εκεί η συγκέντρωση του όζοντος έχει ελαττωθεί σε σημαντικό βαθμό και έχουν καταγραφεί μεγάλες «τρύπες όζοντος» πάνω από την Αρκτική και την Ανταρκτική. Όμως ο όρος «τρύπα» δεν είναι κατάλληλος διότι στους πόλους υπάρχει ακόμα όζον, αν και έχει ελαττωθεί πάρα πολύ. Επίσης είναι σημαντικό να επισημάνουμε ότι, αν και καθημερινά ακούμε για «τρύπα στη στιβάδα του όζοντος», το όζον έχει κυρίως ελαττωθεί στη κατώτερη τροπόσφαιρα, κοντά στην επιφάνεια της Γης και λιγότερο στα στρώματα που βρίσκονται σε μεγάλο ύψος, στη στρατόσφαιρα. Άρα η συνολική ποσότητα του όζοντος που υπάρχει στην ατμόσφαιρα έχει ελαττωθεί. Είναι σαφές ότι αυτή η ελάττωση μας ανησυχεί, διότι αυξάνεται η ποσότητα της θανατηφόρας ακτινοβολία UV-C που φθάνει στην επιφάνεια της Γης.



Εικόνα 12.8 Εικόνα του Νοτίου Πόλου κατασκευασμένη από υπολογιστή που δείχνει την αραιώση του όζοντος το 2004 (NASA)

Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι συνθετικά χημικά είναι υπεύθυνα για την ελάττωση της στιβάδας του όζοντος, ιδιαιτέρως οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs), όπως είναι το φρέον, που χρησιμοποιείται στα ψυγεία και σε σπρέι. Αυτά τα χημικά αντιδρούν με το όζον και το αφαιρούν από την ατμόσφαιρα. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 η παρασκευή των CFCs έχει ελαττωθεί σε μεγάλο βαθμό, λόγω της συσχέτισής τους με την αραιώση του όζοντος.

Όπως αναφέρθηκε στην Ενότητα 12.7, συχνά οι μαθητές συγχέουν το πρόβλημα της αραιώσης του όζοντος με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, θεωρώντας ότι τα αέρια του θερμοκηπίου, όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα, είναι υπεύθυνα για την αραιώση του όζοντος, ή ότι οι τρύπες του όζοντος έχουν προκαλέσει την υπερθέρμανση του πλανήτη. Όπως συμβαίνει και με την υπερθέρμανση, οι μαθητές δεν είναι τόσο εξοικειωμένοι με τις πιθανές συνέπειες της αραιώσης της στιβάδας του όζοντος και αποδίδουν σ' αυτήν γενικές περιβαλλοντικές συνέπειες ή συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία, όπως είναι η αύξηση των πλημμυρών, η δηλητηρίαση των ψαριών ή η αύξηση των καρδιακών ανακοπών. Τέλος ορισμένα παιδιά έχουν την αισιόδοξη άποψη ότι τα αέρια του θερμοκηπίου φράσσουν τις τρύπες του όζοντος.

Αναδόμηση

Όπως συμβαίνει και με το θέμα της υπερθέρμανσης του πλανήτη, η αραιώση του όζοντος υπερβαίνει το Πρόγραμμα Σπουδών του Δημοτικού αλλά είναι σημαντικό στοιχείο του επιστημονικού εγγραμματισμού. Μπορούμε να εισαγάγουμε αυτό το θέμα (στην Αγγλία) στο πλαίσιο της διδακτικής ενότητας που αφορά τους *Ζωντανούς Οργανισμούς*, όπου συζητάμε την επίδραση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο περιβάλλον του πλανήτη. Βίντεο που υπάρχουν στο διαδίκτυο βοηθούν τους μαθητές να κατανοήσουν αυτό το ζήτημα. Επίσης αποτρέπουν τη σύγχυση μεταξύ διαφορετικών περιβαλλοντικών φαινομένων. Τα τελευταία χρόνια η αραιώση της στιβάδας του όζοντος παρουσιάζεται λιγότερο στα μέσα ενημέρωσης συγκριτικά με το πρόβλημα της υπερθέρμανσης και της κλιματικής αλλαγής. Αυτό το γεγονός εμποδίζει την εξοικείωση των μαθητών με το πρόβλημα της αραιώσης του όζοντος και τη σωστή κατανόηση του φαινομένου.

Πηγές: Boyes κ.ά. (1999)· Koulaides και Christidou (1999)· Rye κ.ά. (1997)· Shepardson κ.ά. (2011).

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΦΥΣΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

ΔΥΝΑΜΕΙΣ

13.1 Η μάζα επηρεάζει την ταχύτητα πτώσης;

Παρανόηση

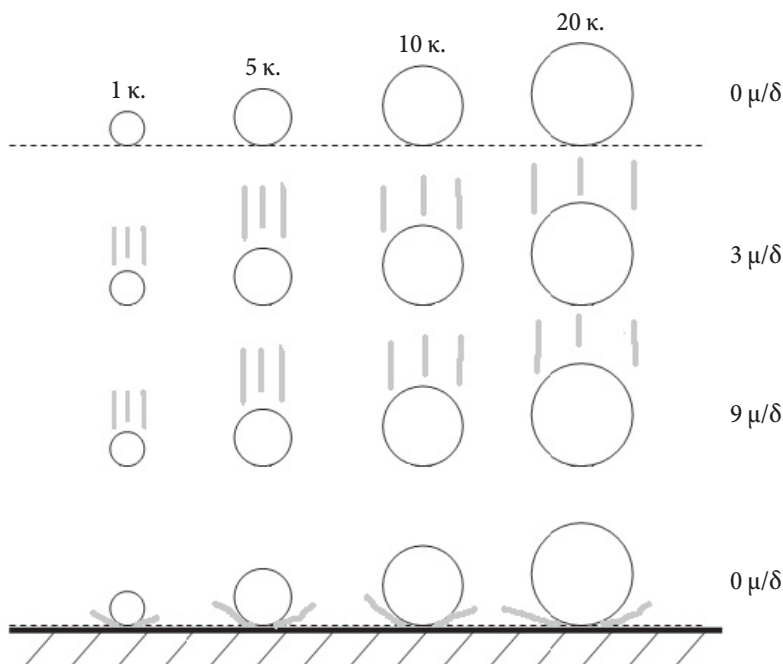
Τα βαρύτερα σώματα πέφτουν με μεγαλύτερη ταχύτητα από τα ελαφρότερα.

Η επιστημονική άποψη

Μαθητές που έχουν την παρανόηση πιστεύουν ότι αν σε μια πισίνα, από τη σανίδα καταδύσεων πέσουν συγχρόνως ένας άνδρας κι ένα παιδί, στην επιφάνεια του νερού πρώτος θα φθάσει ο άνδρας, διότι είναι βαρύτερος και γι' αυτό θα πέσει πιο γρήγορα. Συνηθισμένη αιτιολόγηση αυτής της άποψης είναι ότι όταν η μάζα αυξάνεται, η Γη έλκει τα σώματα με μεγαλύτερη δύναμη, δηλαδή «η Γη τραβά μεγαλύτερη ποσότητα ύλης».

Αν από το ίδιο ύψος συγχρόνως αφήσουμε αντικείμενα διαφορετικής μάζας, θα χτυπήσουν στο έδαφος ακριβώς την ίδια στιγμή, με την προϋπόθεση ότι η **αντίσταση του αέρα** είναι αμελητέα. Είναι αλήθεια ότι τα σώματα μεγαλύτερης μάζας (Εικόνα 13.1) έλκονται από τη Γη με μεγαλύτερη δύναμη απ' όσο τα ελαφρότερα. Πράγματι μια μπάλα 1kg αισθάνεται ελκτική δύναμη περίπου 10N και μια μπάλα 20kg αισθάνεται δύναμη 200N. Αυτές οι δυνάμεις είναι τα **βάρη** των σωμάτων. Όμως σε κάθε σώμα οι **επιταχύνσεις** που προκαλούνται από αυτές τις βαρυτικές έλξεις είναι οι ίδιες. Καθώς τα σώματα πέφτουν λοιπόν, όταν θα βρίσκονται στο ίδιο ύψος, οι ταχύτητές τους θα είναι οι ίδιες. Γι' αυτό θα χτυπήσουν στο έδαφος συγχρόνως. Ωστόσο αυτό το γεγονός έρχεται σε σύγκρουση με τη διαίσθηση: Αφού οι μπάλες έχουν διαφορετικό βάρος, γιατί οι βαρύτερες μπάλες δεν κινούνται γρηγορότερα;

Για να κατανοήσουμε αυτό το φαινόμενο πρέπει να λάβουμε υπόψη μας μια νέα έννοια, την έννοια **αδράνεια**. Η αδράνεια εκφράζει την εμμονή ενός σώματος να παραμείνει στην κινητική κατάστασή του. Αρχικά είναι δύσκολο να μετακινήσετε ένα χαλασμένο αυτοκίνητο σπρώχνοντάς το. Όμως αν το αυτοκίνητο μπορούσε να κινη-



Εικόνα 13.1 Αντικείμενα διαφορετικής μάζας πέφτουν με ίδια ταχύτητα

θεί χωρίς τριβές δεν θα χρειαζόταν να ασκείτε κάποια δύναμη για να συντηρείτε την κίνησή του. Σ' αυτή την περίπτωση χρειάζεται να ασκήσετε δύναμη μόνο για να ξεκινήσει να κινείται και για να το σταματήσετε. Δηλαδή το αυτοκίνητο αντιστέκεται σε κάθε προσπάθεια μεταβολής της κινητικής κατάστασής του. Αυτό συμβαίνει και στην περίπτωση της πτώσης των σφαιρών που φαίνονται στην Εικόνα 13.1. Πράγματι όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα μιας μπάλας τόσο βαρύτερη είναι μπάλα, δηλαδή τόσο περισσότερο έλκεται από τη Γη. Όμως συγχρόνως όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα της μπάλας, τόσο μεγαλύτερη είναι η αδράνειά της. Γι' αυτό όλες οι μπάλες πέφτουν με τη ίδια επιτάχυνση. Με άλλα λόγια, όταν αυξάνεται η μάζα ενός σώματος, η αύξηση της βαρυτικής έλξης αναιρείται από την αύξηση της αδράνειας, με αποτέλεσμα κάθε σώμα να επιταχύνεται με τον ίδιο ρυθμό. Γι' αυτό οι σφαίρες πέφτουν με τις ίδιες ταχύτητες, ανεξάρτητα από τη μάζα τους.

Ορισμένοι μαθητές έχουν την αντίθετη επίσης λανθασμένη αντίληψη: Πιστεύουν ότι τα ελαφρότερα σώματα πέφτουν γρηγορότερα, διότι συναντούν μικρότερη αντίσταση από τον αέρα. Όμως το σχήμα της διατομής ενός αντικειμένου επηρεάζει σημαντικά την ταχύτητα πτώσης. Για παράδειγμα ένα αυτοκίνητο μάζας ενός τόνου κρεμασμένο από αλεξίπτωτο πέφτει πιο αργά απ' όσο μια γυάλινη μπάλα 100g, διότι στο αλεξίπτωτο η αντίσταση του αέρα είναι μεγαλύτερη.

Αναδόμηση

Αν και στην πραγματικότητα, λόγω της επίδρασης του αέρα, ένα βαρύτερο σώμα πέφτει λίγο γρηγορότερα από ένα ελαφρότερο σώμα ίδιου σχήματος, η επιστημονική άποψη είναι δυνατό να διδαχθεί με επιτυχία, διότι μπορούμε να διευθετήσουμε κατάλληλα τα πειράματα έτσι ώστε οποιαδήποτε διαφορά να μη γίνεται αντιληπτή με το ανθρώπινο μάτι. Αφήνοντας συγχρόνως από το ίδιο ύψος να πέσουν βόλοι ή μπίλιες από ρουλεμάν διαφορετικών μεγεθών, προκύπτουν αξιόπιστα αποτελέσματα, καθώς φαίνεται να προσγειώνονται ταυτόχρονα. Θα πρέπει βεβαίως να προσέξετε ώστε να τα αφήνετε συγχρόνως, διότι παράγοντες όπως χέρια που κολλάνε είναι δυνατό να αποτελέσουν πηγή σφάλματος. Επίσης μπορούμε να μελετήσουμε την επίδραση της αντίστασης του αέρα εκτελώντας διαφορετικά πειράματα, για παράδειγμα χρησιμοποιώντας μια σειρά από ίδιου μεγέθους και σχήματος πλαστικά μπουκάλια που το καθένα περιέχει διαφορετική ποσότητα μάζας.

Γνωρίζετε ότι;

Μια δυσκολία. Παρά το γεγονός ότι διδάσκουμε στους μαθητές την επιστημονική άποψη, ότι δηλαδή κάθε σώμα πέφτει με την ίδια ταχύτητα ανεξάρτητα από τη μάζα του, μια σημαντική δυσκολία είναι ότι μέσα στη γήινη ατμόσφαιρα είναι εξαιρετικά δύσκολο να αφαιρέσετε την επίδραση της αντίστασης της ατμόσφαιρας, με αποτέλεσμα τα ελαφρότερα σώματα να πέφτουν με μικρότερη ταχύτητα. Αν εκτελέσετε στο σχολείο το πείραμα που απεικονίζεται στην Εικόνα 13.1, θα υπάρχει μια πολύ μικρή διαφορά στις ταχύτητες και τα βαρύτερα σώματα θα προσγειωθούν πρώτα. Το αν οι παρατηρητές αντιληφθούν ή όχι αυτή τη διαφορά εξαρτάται από το ύψος από το οποίο θα αφεθούν τα σώματα. Δηλαδή αν τα αφήσετε από ύψος αρκετών ορόφων, πιθανόν θα δείτε ότι τα βαρύτερα σώματα προσγειώνονται νωρίτερα, ενώ αν τα αφήσετε από ύψος ένα μέτρο πάνω από το έδαφος είναι απίθανο να αντιληφθείτε οποιαδήποτε διαφορά. Ωστόσο ηλεκτρονικές συσκευές, όπως είναι οι φωτοδιόδοι, είναι δυνατό να καταγράψουν αυτή τη διαφορά. Στην πραγματικότητα λοιπόν η επιστημονική άποψη που διδάσκουμε είναι εξιδανικευση της πραγματικής κατάσταση αλλά δεν διαφέρει σημαντικά από τα φαινόμενα που επιδεικνύουμε στην αίθουσα διδασκαλίας.

Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δημιουργήσουν ένα βίντεο, στο οποίο να φαίνονται δύο αντικείμενα διαφορετικής μάζας που αφήνονται να πέσουν συγχρόνως και κατόπιν να το προβάλλουν σε αργή κίνηση, για να φανεί ότι προσγειώνονται συγχρόνως. Στο διαδίκτυο υπάρχει ένα δημοφιλές βίντεο στο οποίο φαίνεται ο αστροναύτης David Scott πάνω στη Σελήνη –όπου δεν υπάρχει αντίσταση του αέρα, διότι δεν υπάρχει ατμόσφαιρα– να αφήνει μια γεωλογική σκαπάνη κι ένα φτερό γερακιού, και τα δύο αντικείμενα προσεδαρίζονται συγχρόνως. Δοκιμάζοντας διάφορα αντικείμενα δια-

πιστώνουμε ότι ορισμένα από αυτά δεν είναι κατάλληλα για πειράματα που έχουν σκοπό να απορρίψουν την παρανόηση του διαφορετικού χρόνου πτώσης. Για παράδειγμα αν και ένα μπαλάκι του γκολφ έχει την ίδια διάμετρο μ' ένα μπαλάκι του πινγκ-πονγκ, το μπαλάκι του πινγκ-πονγκ πέφτει πολύ πιο αργά.

Οι μαθητές των μικρών τάξεων του Δημοτικού (KS1) μπορούν να βοηθηθούν να αντιληφθούν την έννοια αδράνεια με μια επίδειξη στην οποία θα χρησιμοποιήσετε βώλους για να ζωγραφίσετε. Θα χρειαστείτε το καπάκι ενός κουτιού μ' ένα φύλλο χαρτί A3 στον πάτο του. Βυθίστε ένα βόλο σε μογιά και κυλήστε τον μέσα στο καπάκι ώστε ο βόλος να αφήσει ένα έγχρωμο ίχνος. Για πιο εντυπωσιακά αποτελέσματα χρησιμοποιήστε διάφορα χρώματα. Χρησιμοποιώντας βώλους διαφορετικών μεγεθών θα δείξετε στους μαθητές πώς η κίνηση των σωμάτων εξαρτάται από τη μάζα τους, διότι οι μεγαλύτεροι βόλοι κινούνται πιο αργά λόγω της μεγαλύτερης αδράνειας.¹ Για να εισάγετε τους μαθητές των πρώτων τάξεων του Δημοτικού στην ιδέα των δυνάμεων διαβάστε τους την ιστορία *Oscar and the Cricket* του Geoff Waring. Όταν ειδικότερα αναφέρεστε στην πτώση των σωμάτων το βιβλίο *On the Way Home* του Gill Murphy είναι χρήσιμη πηγή.

Πηγές: Frankel-Hauser (1998)· Gunstone και White (1981)· Howe κ.ά. (2012)· Murphy (1982)· Osborne (1984)· Waring (2007).

13.2 Ποιες δυνάμεις ασκούνται στα βλήματα

Παρανόηση

Όταν ρίχνουμε μια μπάλα, όσο η μπάλα ίπταται, πάνω της ασκείται μια δύναμη που την ωθεί.

Η επιστημονική άποψη

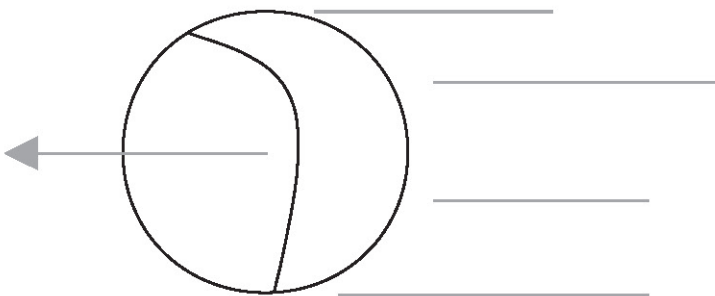
Η άποψη ότι κάθε σώμα που κινείται προς τα εμπρός ωθείται από κάποια σταθερή δύναμη προκύπτει άμεσα από την εμπειρία μας. Είναι πολύ συνηθισμένο οι μαθητές να θεωρούν ότι αν τους πετάξουμε μια μπάλα, η μπάλα φθάνει σ' αυτούς, διότι ωθείται από κάποια δύναμη κατά τη διάρκεια της πτήσης της (Εικόνα 13.2α). Μάλιστα αισθάνονται αυτή τη δύναμη, όταν πιάνουν μια μπάλα που κινείται με μεγάλη ταχύτητα. Επιπλέον όταν η μπάλα σταματήσει, αισθάνονται ότι η δύναμη που την ωθούσε εξαφανίζεται και δεν ασκείται πλέον.

1. (ΣΤΜ): Επειδή ο βόλος κυλά, η αδράνειά του δεν προσδιορίζεται μόνο από τη μάζα του αλλά κι από την ακτίνα του.

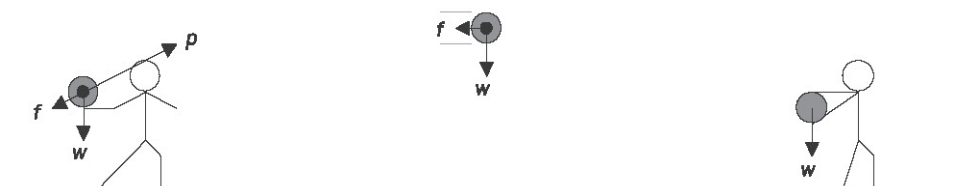
Στην πραγματικότητα κατά τη διάρκεια της πτήσης της στην μπάλα δεν ασκείται δύναμη προς την κατεύθυνση της κίνησης. Μια δύναμη μπορεί να είναι ελκτική ή προωθητική και μόνο κατά τη διάρκεια της ρίψης η μπάλα ωθείται, δηλαδή όσο βρίσκεται στο χέρι του ρίπτη. Από τη στιγμή που η μπάλα φεύγει από το χέρι του και αρχίζει να ίπταται, όχι μόνο δεν ωθείται πλέον αλλά επιβραδύνεται λόγω της αντίστασης του αέρα. Αυτός είναι ο λόγος που όσο μακρύτερα βρίσκεστε από το ρίπτη, τόσο μικρότερη είναι η ταχύτητα της μπάλας όταν φτάνει σε σας, και τόσο ευκολότερα τη συγκρατείται.

Στην Εικόνα 13.2β φαίνονται οι σημαντικότερες δυνάμεις που ασκούνται κατά διάρκεια της ρίψης μιας μπάλας. Στο αριστερό μέρος της εικόνας, όσο ο ρίπτης ρίχνει τη μπάλα, της ασκεί μια δύναμη ώθησης (p). Συγχρόνως λόγω του βάρους της (w) η μπάλα έλκεται προς τα κάτω. Τέλος στην μπάλα ασκείται η αντίσταση του αέρα (η τριβή f), αντίθετα από τη δύναμη ώθησης του ρίπτη. Από τη στιγμή που η μπάλα φεύγει από το χέρι του ρίπτη, δεν ωθείται πλέον προς τα εμπρός, αλλά συνεχίζει να κινείται, διότι η δύναμη (f) που αντιτίθεται στην κίνηση, προς το παρόν δεν είναι τόσο μεγάλη ώστε να σταματήσει την μπάλα. Όμως η μπάλα **επιβραδύνεται** και κινείται όλο και πιο αργά, διότι η δύναμη του αέρα αντιστέκεται στην κίνηση της μπάλας. Αυτό αντανακλά τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα, ο οποίος αναφέρει ότι ένα σώμα συνεχίζει να κινείται (ή παραμένει ακίνητο) εκτός κι αν ασκείται πάνω του δύναμη. Συγχρόνως κατά τη διάρκεια της πτήσης της μπάλας το βάρος της μπάλας συνεχίζει να την έλκει προς τα κάτω, με αποτέλεσμα η μπάλα να διαγράφει τοξοειδή τροχιά αντί να κινείται ευθύγραμμα. Από τη στιγμή που ο άνθρωπος δεξιά σταματήσει με τα χέρια του την μπάλα, επειδή η μπάλα πλέον δεν κινείται, δεν ασκείται πάνω της αντίσταση του αέρα, ενώ το βάρος συνεχίζει να την έλκει προς τα κάτω.

Αν και η μπάλα δεν ωθείται προς τα εμπρός, τη στιγμή που την πιάνετε, αισθάνεστε η μπάλα να ασκεί δύναμη στα χέρια σας. Αυτό προκαλεί σύγχυση, διότι φαίνεται σαν αυτή η δύναμη να προϋπήρχε, όσο η μπάλα βρισκόταν στον αέρα. Ωστόσο



Εικόνα 13.2α Στην εκτοξευμένη μπάλα ασκείται μια δύναμη κατά την κατεύθυνση κίνησής της (παράνοηση)



Εικόνα 13.2β Δυνάμεις που ασκούνται κατά τη ρίψη μιας μπάλας

επειδή ασκείτε δύναμη στην μπάλα για να τη σταματήσετε, σύμφωνα με τον 3ο Νόμο του Νεύτωνα, αισθάνεστε από τη μπάλα μια ίση και αντίθετη δύναμη. Δηλαδή η δύναμη που σας ασκεί η μπάλα είναι η **αντίδραση της δύναμης** την οποία ασκείτε εσείς στην μπάλα. Παρόμοια δύναμη αισθανόσαστε όταν πιέζετε την επιφάνεια ενός τραπεζιού προς τα κάτω. Το τραπέζι ωθεί τα χέρια σας προς τα πάνω και στην επιφάνεια της παλάμης σας μένει ένα ορατό αποτύπωμα (δείτε την Ενότητα 13.5).

Αν εκτοξεύσετε μια μπάλα ενώ βρίσκεστε στο Διάστημα, από τη στιγμή που θα φύγει από το χέρι μας ούτε σ' αυτή την περίπτωση θα ασκείται στη μπάλα δύναμη ώθησης και επειδή η μπάλα δεν θα βρίσκεται κοντά στη Γη ή άλλο **ουράνιο σώμα**, δεν θα ασκείται πάνω της βάρος ή αντίσταση του αέρα. Θα κινείται λοιπόν σε απόλυτα ευθύγραμμη τροχιά, χωρίς οποιαδήποτε δύναμη να επηρεάζει την κίνησή της. Άρα σύμφωνα με τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα η μπάλα θα συνεχίσει να κινείται μ' αυτό τον τρόπο για πάντα, χωρίς η ταχύτητά της να ελαττωθεί, μέχρι κάποια δύναμη να ασκηθεί πάνω της. Άλλο παράδειγμα σώματος που κινείται χωρίς να ασκείται δύναμη ώθησης σε αυτό είναι ένα αυτοκίνητο που κινείται με σβηστή μηχανή, ένα ποδήλατο που κινείται χωρίς ο ποδηλάτης να κάνει πετάλια και η κίνηση ενός βλήματος.

Διάσημοι επιστήμονες

Και οι επιστήμονες μπορεί να έχουν παρανοήσεις. Οι παρανοήσεις που αναφέραμε στην παρούσα ενότητα έχουν ιστορικό προηγούμενο. Αρχαίοι Έλληνες διανοούμενοι θεωρούσαν ότι ένα αντικείμενο, π.χ. ένα ακόντιο, παραμένει σε πτήση διότι μικρά ρεύματα αέρα δημιουργούν εξωτερικές δυνάμεις που το στηρίζουν και το ωθούν. Τον 14ο αιώνα ο Γάλλος διανοούμενος Jean Buridan αμφισβήτησε αυτή την ιδέα, θεωρώντας ότι κατά τη διάρκεια της πτήσης ενός αντικείμενου μια δύναμη που προέρχεται από το ίδιο το αντικείμενο το σπρώχνει προς τα εμπρός. Αυτή η δύναμη ονομάστηκε **κινητήρια δύναμη**. Λόγω της επίδρασης μεταγενέστερων επιστημόνων, όπως ο Ισαάκ Νεύτων, και αντίθετα από τη διαίσθησή μας, σήμερα δεχόμαστε ότι όταν πετάμε ένα αντικείμενο, όσο το αντικείμενο βρίσκεται στον αέρα, δεν το ωθεί κάποια δύναμη.

Σχετική παρανόηση είναι η αντίληψη ότι τα αντικείμενα συμπεριφέρονται σαν να έχουν βούληση,² π.χ. «Η μπάλα έπεσε διότι το ήθελε». Άλλη παρανόηση είναι ότι τα **βλήματα** μένουν στον αέρα, διότι στηρίζονται από δυνάμεις στον αέρα που τα περιβάλλει. Ορισμένοι μαθητές θεωρούν ότι τα βλήματα πετούν, διότι μέσα σ' αυτά υπάρχει μια δύναμη μεγαλύτερη από τη βαρύτητα και αρχίζουν να πέφτουν όταν αυτή η δύναμη εξαντλείται (δείτε επίσης την Ενότητα 1).

Αναδόμηση

Επειδή οι δυνάμεις είναι μη ορατές και παρατηρούμε μόνο τα αποτελέσματά τους, συχνά είναι δύσκολο να αντιμετωπίσουμε παρανοήσεις που σχετίζονται με αυτές. Αυτές οι παρανοήσεις λοιπόν είναι πολύ συνηθισμένες. Αρχικά θα μπορούσαμε να σπρώξουμε ένα παιδικό αυτοκίνητο πάνω στο δάπεδο και να ζητήσουμε από τους μαθητές να βρουν τις δυνάμεις που ασκούνται στο αυτοκίνητο, από τη στιγμή που το αφήσουμε και όσο συνεχίζει να κινείται. Μ' αυτό τον τρόπο θα εκμαιεύσουμε την παρανόηση, ότι για να κινείται το αυτοκίνητο θα πρέπει συνεχώς να ωθείται. Επισημάνετε στους μαθητές ότι επειδή υπάρχουν δυνάμεις έλξης και ώθησης, από τη στιγμή που αφήσουμε ελεύθερο το αυτοκίνητο, δεν ασκείται πάνω του οποιαδήποτε δύναμη ώθησης. Όταν η αρχική δύναμη ώθησης πάψει να υπάρχει, το αυτοκίνητο κινούμενο ελεύθερα επιβραδύνεται συνεχώς. Αυτό που πραγματικά βλέπουμε λοιπόν είναι ότι καθώς κινείται, ασκείται πάνω του μια δύναμη προς τα πίσω, η τριβή.

Όταν σε παιδιά μικρότερης ηλικίας παρουσιάσετε την έννοια δύναμη, προσπαθήστε να τα εξοικειώσετε με τις έννοιες «έλξη» και «ώθηση». Ζητήστε τους να εκτελέσουν μια σειρά πρακτικές δραστηριότητες, π.χ. να κλωσήσουν μια μπάλα από σφουγγάρι, να σηκώσουν ένα παιδικό αρκουδάκι, να πετάξουν μια σαίτα από χαρτί κ.ά., και κατόπιν ρωτήστε τα αν άσκησαν έλξη ή ώθηση.

Πηγές: Driver κ.ά. (1994)· Piaget (1970)· Watts (1982).

13.3 Σε κάθε δύναμη υπάρχει πάντοτε η αντίθετή της;

Παρανόηση

Πάντοτε οι δυνάμεις δρουν σε ζεύγη ίσων και αντίθετων δυνάμεων.

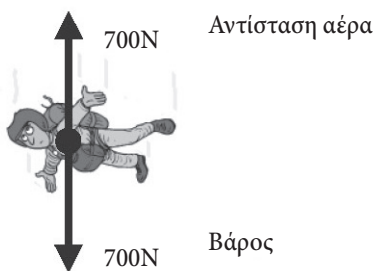
2. (ΣτΜ): Ανιμισμός, δηλαδή η απόδοση ιδιοτήτων των ζωντανών οργανισμών σε άψυχα, είναι κατά τον Piaget ένας τρόπος σκέψης των παιδιών πριν το προ-συλλογιστικό στάδιο.

Η επιστημονική άποψη

Στην 6η τάξη του Δημοτικού στη Μεγάλη Βρετανία οι μαθητές μαθαίνουν με κάποιες λεπτομέρειες πώς οι δυνάμεις ασκούνται στα σώματα. Σ' αυτό το πλαίσιο συνήθως οι μαθητές παριστάνουν τις δυνάμεις με βέλη για να δείξουν σε ποιο σημείο του σώματος ασκούνται οι δυνάμεις καθώς και το μέτρο τους. Για την παράσταση των δυνάμεων με βέλη είναι αποδεκτό, συμβατικά, για κάθε βέλος να σχεδιάζουμε με τη βοήθεια χάρακα ένα ευθύγραμμο τμήμα, το βέλος να αγγίζει το σώμα στο σημείο όπου εφαρμόζεται η δύναμη, να δείχνει την κατεύθυνση της δύναμης και το μήκος του βέλους να δηλώνει πόσο μεγάλη είναι η δύναμη.

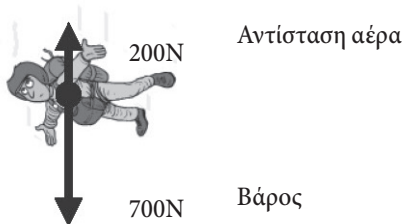
Συγχρόνως με την έννοια ισορροπία δυνάμεων οι εκπαιδευτικοί εισάγουν την ιδέα ότι οι δυνάμεις δεν δρουν μεμονωμένα αλλά υπάρχουν πάντοτε ζεύγη αντίθετων δυνάμεων, όπως συμβαίνει στη διελκυστίνδα³ (Εικόνα 134β και 13.4γ). Όμως μια δύναμη είναι δυνατό να διαφέρει από την αντίθετή της. Τότε το σύστημα δεν ισορροπεί. Αν κι αυτό ξεπερνά το Πρόγραμμα Σπουδών του Δημοτικού, γενικά οι δάσκαλοι γνωρίζουν ότι σε κάθε δύναμη υπάρχει μια ίση και αντίθετη αντίδραση. Αυτή η πρόταση επίσημα αναφέρεται ως ο 3ος Νόμος του Νεύτωνα και μπορεί να οδηγήσει στη λανθασμένη άποψη ότι *υπάρχουν μόνο ζεύγη δυνάμεων που είναι πάντοτε ίσες μεταξύ τους*. Αυτή η αντίληψη οδηγεί τους μαθητές να σχεδιάζουν πάντοτε ζεύγη αντίθετων δυνάμεων, ίσων μεταξύ τους (Εικόνα 13.3α).

Αν προς στιγμήν δεν ασχοληθούμε με τα ζεύγη δράση-αντίδραση, είναι σωστό ότι συχνά οι δυνάμεις που δρουν σε ένα σύστημα σχηματίζουν ζεύγη αντίθετων δυνάμεων. Όμως αυτές οι δύο αντίθετες δυνάμεις δεν έχουν πάντοτε ίσο μέτρο. Για παράδειγμα μόλις ένας αλεξιπτωτιστής πηδήξει έξω από το αεροσκάφος, χωρίς ν' ανοίξει το αλεξίπτωτό του, η αντίσταση του αέρα είναι αντίθετη από το βάρος του αλεξιπτωτιστή. Όμως επειδή αρχικά ο αλεξιπτωτιστής κινείται με μικρή ταχύτητα, η αντί-



Εικόνα 13.3α Ίσες και αντίθετες δυνάμεις σε έναν αλεξιπτωτιστή

3. (ΣτΕ): παιχνίδι ανταγωνισμού με σκοινί.



Εικόνα 13.3β Δύο δυνάμεις που αποτελούν ζεύγος
είναι δυνατό να μη βρίσκονται σε ισορροπία

σταση του αέρα είναι μικρότερη από το βάρος (Εικόνα 13.3β). Οι δυνάμεις δεν εξισορροπούνται μεταξύ τους, και γι' αυτό ο αλεξιπτωτιστής επιταχύνεται προς τα κάτω, δηλαδή η ταχύτητά του αυξάνεται. Κατόπιν επειδή η ταχύτητα αυξάνεται, αυξάνεται επίσης η αντίσταση του αέρα, μέχρι να γίνει ίση με το βάρος του αλεξιπτωτιστή (Εικόνα 13.3α). Τότε επειδή πλέον οι δυνάμεις εξισορροπούνται μεταξύ τους, ο αλεξιπτωτιστής δεν επιταχύνεται και πέφτει πλέον με σταθερή ταχύτητα (**οριακή ταχύτητα**). Στις Εικόνες 13.2β και 14.4γ δείτε περιπτώσεις στις οποίες αντίθετες δυνάμεις δεν είναι σε ισορροπία.

Αναδόμηση

Η αόριστη διατύπωση ότι οι δυνάμεις δρουν πάντα σε ζεύγη προκαλεί σύγχυση στους μαθητές διότι μπορεί να συμβαίνουν δύο περιπτώσεις: Πρώτον, είναι δυνατό οι δύο δυνάμεις του ζεύγους να ασκούνται στο ίδιο σώμα και η μια δύναμη να μην εξισορροπεί την άλλη. Δεύτερον, είναι δυνατό να πρόκειται για το ζεύγος δράσης-αντίδρασης. Στη δεύτερη περίπτωση το μέτρο της μιας δύναμης είναι πάντοτε ίσο με το μέτρο της άλλης, όμως ασκούνται σε διαφορετικά σώματα. Επειδή και στις δύο περιπτώσεις αφορούν ζεύγη δυνάμεων είναι εύκολο να διακρίνουμε πώς μπορεί να δημιουργηθεί παρανόηση από την ανάμειξη αυτών των ενδεχομένων. Αν και μπορεί να υποστηριχθεί ότι η παρουσίαση περιπτώσεων όπου μόνο ένα ζευγάρι δυνάμεων δρα σε κάποιο σώμα απλοποιεί τη διδασκαλία της Μηχανικής σε στοιχειώδες επίπεδο, οι εκπαιδευτικοί είναι προτιμότερο να αποφεύγουν τη διατύπωση ότι *πάντοτε* οι δυνάμεις δρουν σε ζεύγη, και να προτιμούν την παρουσίαση παραδειγμάτων με περισσότερες από δύο δυνάμεις, όπως στην περίπτωση της Εικόνας 13.2β. Οι έννοιες σχετικά με τον 3ο Νόμο του Νεύτωνα και τις δυνάμεις αντίδρασης συζητιούνται αργότερα στην Ενότητα 13.5. Όμως αυτές οι ιδέες ξεπερνούν το Πρόγραμμα Σπουδών του Δημοτικού. Μάλιστα αν λάβουμε υπόψη μας τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές με τα ζεύγη δυνάμεων, φαίνεται ότι η σύγχυση που προκαλείται, υπερκαλύπτει τα πλεονεκτήματα.

Αναφέροντας συχνά περιπτώσεις συστημάτων που δεν βρίσκονται σε ισορροπία επανέρχεται στη σκέψη των μαθητών ότι οι αντίθετες δυνάμεις δεν είναι απαραίτητο να έχουν ίσο μέτρο. Για παράδειγμα όταν εκτελείτε το συνηθισμένο πείραμα της κίνησης ενός παιδικού αυτοκινήτου κατά μήκος ενός κατηφορικού επιπέδου, ζητήστε από τους μαθητές να σχεδιάσουν ένα διάγραμμα με τα βέλη των δυνάμεων, πριν αφηθεί το αυτοκίνητο και αφού αφηθεί.

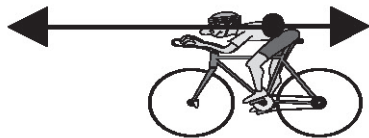
Οι μαθητές επιπέδου KS1 είναι δυνατό να δουν τη δράση δυνάμεων που βρίσκονται σε ισορροπία, στοιβάζοντας πλαστικά τουβλάκια το ένα πάνω στο άλλο. Οργανώστε ένα διαγωνισμό για να αναδειχθεί αυτός που θα μπορέσει να στοιβάξει τα περισσότερα τουβλάκια.

Πηγή: Jones (1983).

13.4 Σ' ένα κινούμενο σώμα μια μεγάλη δύναμη ασκείται προς την κατεύθυνση της κίνησής του και μια μικρή δύναμη αντίθετα από αυτή

Παρανόηση

Όταν ένα σώμα κινείται, μεγαλύτερη δύναμη ασκείται προς την κατεύθυνση της κίνησής του.



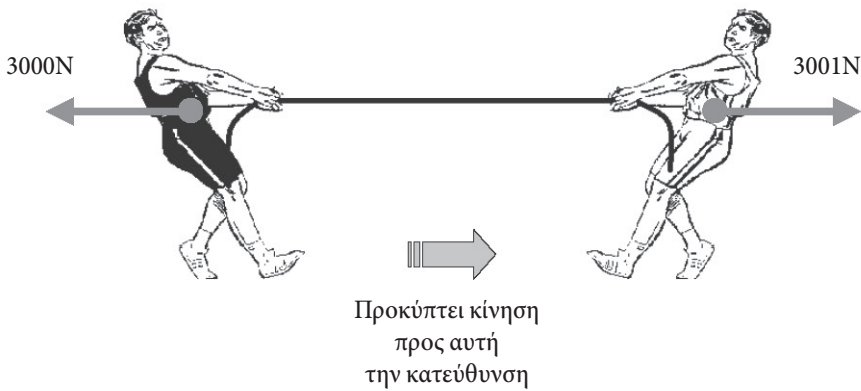
Εικόνα 13.4α Οι δυνάμεις που ασκούνται σ' έναν ποδηλάτη που κινείται με σταθερή ταχύτητα (παρανόηση)

Η επιστημονική άποψη

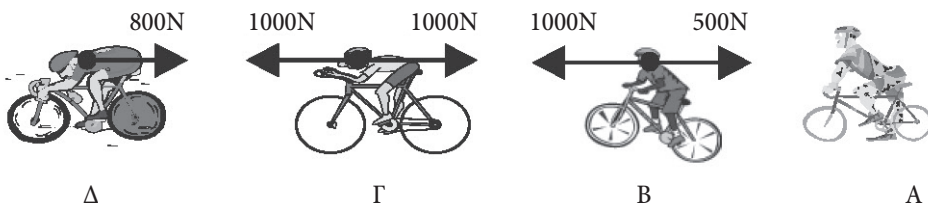
Στους μαθητές παρουσιάζουμε την περίπτωση όπου σε ένα σύστημα ασκούνται δυνάμεις που εξισορροπούνται μεταξύ τους ή όχι. Για παράδειγμα στη διελκυστίνδα κάθε παίκτης τραβά το σκοινί προς αντίθετη κατεύθυνση. Αν οι δύο παίκτες τραβούν σκοινί με την ίδια δύναμη, τότε επειδή οι δυνάμεις εξισορροπούνται, το σκοινί μένει ακίνητο (Εικόνα 13.4β). Όμως αν ο ένας παίκτης τραβά το σκοινί με μεγαλύτερη δύναμη από τον άλλο, τότε το σκοινί κινείται, διότι οι δυνάμεις δεν είναι σε ισορροπία (Εικόνα 13.4γ).



Εικόνα 13.4β Δυνάμεις σε ισορροπία σε διαγωνισμό διελκυστίδας



Εικόνα 13.4γ Δυνάμεις που δεν βρίσκονται σε ισορροπία σ' ένα διαγωνισμό διελκυστίδας



Εικόνα 13.4δ Δυνάμεις που βρίσκονται σε ισορροπία και δυνάμεις που δεν βρίσκονται σε ισορροπία κατά τη διάρκεια της κίνησης ποδηλάτη

Το απλό σύστημα της διελκυστίδας είναι ένας κατάλληλος τρόπος για να παρουσιάσουμε τη βασική ιδέα δυνάμεων που βρίσκονται σε ισορροπία ή όχι, όμως οι μαθητές είναι ενδεχόμενο να γενικεύσουν αυτή την περίπτωση σε διαφορετικές καταστάσεις, θεωρώντας λανθασμένα ότι για να κινείται ένα σώμα θα πρέπει πάντοτε να

ασκούνται σ' αυτό δυνάμεις που δεν βρίσκονται σε ισορροπία (Εικόνα 13.4α). Χρησιμοποιώντας περιπτώσεις στις οποίες οι ποδηλάτες βιώνουν διαφορετικά είδη κίνησης, όπως στην Εικόνα 13.4δ, φαίνεται πώς κινείται ένα σώμα όταν οι δυνάμεις βρίσκονται σε ισορροπία ή όχι. Σημειώστε ότι για λόγους σαφήνειας άλλες δυνάμεις, όπως είναι το βάρος του ποδηλάτη και οι δυνάμεις αντίδρασης, έχουν παραλειφθεί από αυτά τα παραδείγματα.

Ο ποδηλάτης Α δεν κάνει πετάλι. Δεν ασκούνται δυνάμεις προς τα εμπρός ή προς τα πίσω. Οι δυνάμεις εξισορροπούνται μεταξύ τους και δεν υπάρχει κίνηση.

Ο ποδηλάτης Β μόλις άρχισε να κάνει πετάλι με μια δύναμη 1000N και συγχρόνως ασκείται αντίσταση από τον αέρα 500N. Επειδή οι δυνάμεις δεν εξισορροπούνται μεταξύ τους, και η δύναμη προς τα εμπρός είναι μεγαλύτερη από τη δύναμη προς τα πίσω, ο ποδηλάτης επιταχύνεται προς τα εμπρός.

Επειδή η ποδηλάτισσα Γ κάνει πετάλι, την ωθεί μια δύναμη 1000N. Συγχρόνως επειδή κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα από τον ποδηλάτη Β, αισθάνεται μεγαλύτερη αντίσταση/τριβή από τον αέρα, 1000N. Επειδή οι δυνάμεις εξισορροπούνται, η ποδηλάτισσα δεν επιταχύνεται πλέον και κινείται με σταθερή ταχύτητα. Μπορεί να επιταχυνθεί κάνοντας πετάλι ώστε να αυξηθεί η δύναμη που την ωθεί ή να ελαττώσει την αντίσταση του αέρα προσαρμόζοντας κατάλληλα τη στάση του σώματός του, ώστε οι δύο δυνάμεις μην εξισορροπούνται.

Ο ποδηλάτης Δ έχει σταματήσει να κάνει πετάλι και πατάει φρένο. Συνεχίζει να κινείται προς τα εμπρός και αισθάνεται μια αντίσταση από τον αέρα 800N (συμπεριλαμβανομένης της τριβής λόγω των φρένων) χωρίς να υπάρχει δύναμη με κατεύθυνση προς τα εμπρός η οποία να εξισορροπεί την αντίσταση. Ο ποδηλάτης λοιπόν επιβραδύνεται και τελικά σταματά.

Συνοψίζοντας, όπως φαίνεται να συμβαίνει στην ποδηλάτισσα Γ, ένα σώμα είναι δυνατό να κινείται ακόμα κι όταν οι δυνάμεις βρίσκονται σε ισορροπία. Τότε η ταχύτητα του σώματος είναι σταθερή. Όταν οι δυνάμεις δεν είναι σε ισορροπία, το σώμα επιταχύνεται ή επιβραδύνεται, σύμφωνα με τον 1ο Νόμο του Νεύτωνα (Ενότητα 13.2). Σημειώστε ότι ο ποδηλάτης Δ, ο οποίος φρενάρει, συνεχίζει να κινείται προς τα εμπρός, αν και δεν ασκείται οποιαδήποτε δύναμη προς τα εμπρός. Αυτή η κατάσταση αν και φαίνεται διαισθητικά παράδοξη, εξηγείται στην Ενότητα 1.

Παρόμοια παρανόηση είναι ότι όταν η ταχύτητα είναι σταθερή, στο σώμα δεν ασκούνται δυνάμεις. Στην πραγματικότητα μπορεί να ασκούνται δυνάμεις αλλά αλληλοεξουδετερώνονται κι έτσι το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Αναδόμηση

Επειδή αυτή η παρανόηση είναι παραλλαγή αυτής που αναφέραμε στην Ενότητα 13.2, οι διδακτικές μέθοδοι που αναφέραμε σ' εκείνη την ενότητα μπορούν να εφαρμοστούν και στην παρούσα.

Πηγή Driver (1983).

13.5 Δυνάμεις αντίδρασης

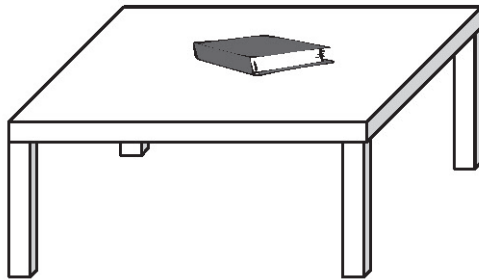
Παρανόηση

Όταν ένα σώμα ηρεμεί, δεν ασκούνται σ' αυτό δυνάμεις.

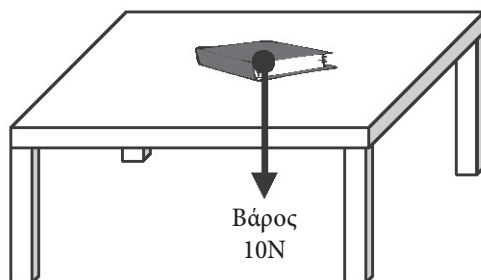
Η επιστημονική άποψη

Στις πρώτες τάξεις του Δημοτικού οι μαθητές αρχίζουν να συσχετίζουν την έλξη και την ώθηση με κινούμενα σώματα, και μαθαίνουν να αποκαλούν αυτές τις δράσεις *δυνάμεις*. Επίσης ευκολότερα αντιλαμβάνονται δυνάμεις που ασκούνται σε κινούμενα σώματα, διότι τότε τα σώματα κινούνται γρηγορότερα ή πιο αργά ή το σχήμα τους αλλάζει, παρά σε ακίνητα. Όταν τα σώματα είναι ακίνητα, όπως ένα βιβλίο πάνω σε κάποιο τραπέζι (Εικόνα 13.5α), επειδή δεν είναι φανερό ότι κάτι συμβαίνει, οι μαθητές είναι αναμενόμενο να θεωρούν ότι στο σώμα δεν ασκούνται δυνάμεις. Στην πραγματικότητα όμως ασκούνται πολλές δυνάμεις.

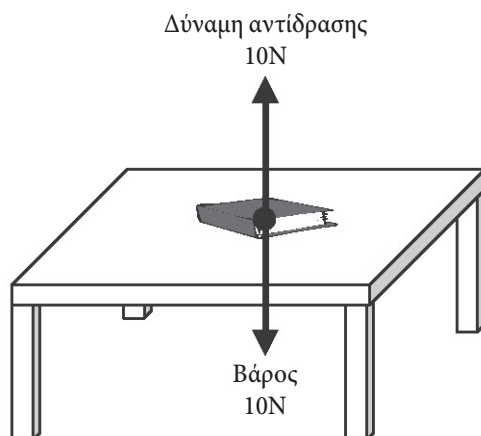
Επειδή οι μαθητές γνωρίζουν την ύπαρξη του βάρους, πολλοί από αυτούς, με μικρή παρότρυνση, αναφέρουν την ύπαρξή του και το σχεδιάζουν σωστά (Εικόνα 13.5β). Επιπλέον επειδή ορισμένοι αντιλαμβάνονται σωστά ότι αυτή η εικόνα δείχνει ένα σώμα σε ισορροπία, προσθέτουν ένα ακόμα βέλος, για να δείξουν μια δύναμη ίση με το



Εικόνα 13.5α Σ' ένα αντικείμενο που ηρεμεί πάνω σε κάποιο τραπέζι, δεν ασκείται δύναμη (παρανόηση)



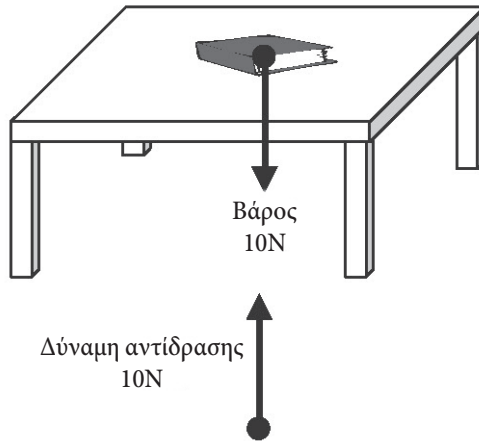
Εικόνα 13.5β Το βιβλίο έλκεται προς το κέντρο της Γης, λόγω του βάρους του



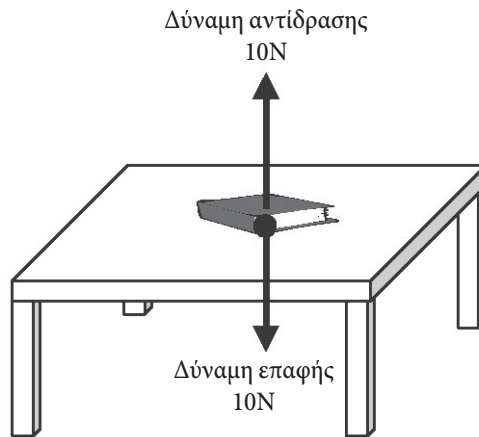
Εικόνα 13.5γ Η δύναμη της αντίδρασης στο βάρος (παρανόηση)

βάρος σε αντίθετη κατεύθυνση από αυτό, δηλαδή μια δύναμη αντίδρασης (Εικόνα 13.5γ). Δικαιολογούν την ύπαρξη αυτής της δύναμης ως εξής: Το τραπέζι αντιδρά στο βάρος του βιβλίου ασκώντας στο βιβλίο μια δύναμη προς τα πάνω και επειδή οι δύο δυνάμεις εξισορροποούνται μεταξύ τους, δεν υπάρχει κίνηση προς τα πάνω ή προς τα κάτω.

Πρόκειται για συνηθισμένη παρανόηση· η πραγματική κατάσταση είναι πιο περίπλοκη. Καθώς η Γη έλκει το βιβλίο προς τα κάτω (λόγω του βάρους του), το βιβλίο έλκει τη Γη προς τα πάνω, με ίση δύναμη και αντίθετης κατεύθυνσης – αυτή είναι η πραγματική δύναμη αντίδρασης στο βάρος (Εικόνα 13.5δ). Αυτή η δύναμη αντίδρασης υπάρχει πράγματι, όμως η Γη δεν ανεβαίνει τόσο ώστε να μπορούμε να την αντιληφθούμε ή να τη μετρήσουμε, διότι η Γη έχει τεράστια μάζα. Δηλαδή η Γη έχει πολύ μεγάλη αδράνεια, δεν μπορεί να κινηθεί τόσο πολύ από μία δύναμη μόλις 10N ώστε η κίνησή της να είναι ευδιάκριτη (δείτε Ενότητα 13.1). Εκτός απ' αυτό, το τραπέζι εμπο-



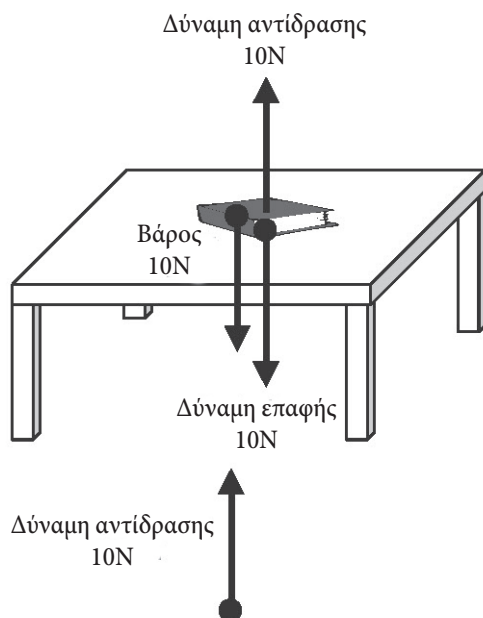
Εικόνα 13.5δ Το βιβλίο έλκει τη Γη προς τα πάνω με μια ίση και αντίθετη δύναμη από το βάρος



Εικόνα 13.5ε Η δύναμη επαφής που ασκείται από το βιβλίο στο τραπέζι και η αντίδρασή της

δίζει οποιαδήποτε αμοιβαία κίνηση μεταξύ του βιβλίου και τη Γης. Οι δυνάμεις αντίδρασης έχουν περιγραφεί από τον Ισαάκ Νεύτων στον τρίτο νόμο των κινήσεων. Αυτός ο νόμος με απλά λόγια διατυπώνεται ως εξής: σε κάθε δράση υπάρχει μια ίση και αντίθετη αντίδραση.

Εκτός από αυτές τις δύο δυνάμεις, μεταξύ του βιβλίου και του τραπεζιού θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας και μια άλλη αλληλεπίδραση. Το βιβλίο πιέζει το τραπέζι προς τα κάτω. Μπορούμε να αισθανθούμε αυτή τη δύναμη αν μεταξύ του βιβλίου και



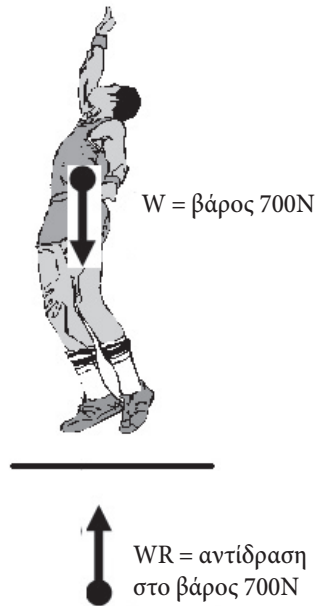
Εικόνα 13.5ζ Όλες οι δυνάμεις που ασκούνται στο βιβλίο καθώς και οι δυνάμεις τις οποίες ασκεί το βιβλίο στο τραπέζι και στη Γη

του τραπεζιού παρεμβάλλουμε το χέρι μας. Αυτή είναι η **δύναμη από επαφή** (Εικόνα 13.5ε). Όπως συμβαίνει και με τη δύναμη του βάρους που μελετήσαμε προηγουμένως, επειδή αυτή η δύναμη από επαφή προκαλεί τη δική της δύναμη αντίδρασης, το τραπέζι σπρώχνει το βιβλίο προς τα πάνω.

Παρατηρήστε ότι το βάρος ασκείται στο κέντρο μάζας του βιβλίου (Εικόνα 13.5δ) ενώ η δύναμη από επαφή στην επιφάνεια του τραπεζιού, εκεί όπου το βιβλίο εφάπτεται με το τραπέζι (Εικόνα 13.5ε). Σημειώστε επίσης ότι αν και η δύναμη επαφής είναι ίση με το βάρος του βιβλίου, αυτό δεν συμβαίνει πάντοτε, όπως στην περίπτωση που ασκούνται πολλές δυνάμεις από επαφή (π.χ. δείτε την Εικόνα 13.5ι). Στην Εικόνα 13.5ζ φαίνονται όλες οι δυνάμεις που ασκούνται στο βιβλίο καθώς και οι δυνάμεις τις οποίες ασκεί το βιβλίο. Επειδή οι δυνάμεις που ασκούνται στο βιβλίο εξισορροπούνται μεταξύ τους, το βιβλίο μένει ακίνητο.

Για να αποσαφηνίσουμε ακόμη περισσότερο την κατάσταση, στην Εικόνα 13.5η φαίνονται οι δυνάμεις που ασκούνται σε έναν αθλητή που πηδά στο αέρα. Επειδή δεν βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος, δεν υπάρχει δύναμη από επαφή. Η Γη τον έλκει προς τα κάτω και συγχρόνως εκείνος έλκει τη Γη προς τα πάνω με ίση και αντίθετη δύναμη.

Αν ο αθλητής επιστρέψει στο έδαφος και κατόπιν σταθεί στο ένα πόδι του, όλο το βάρος του αθλητή «πέφτει» στο ένα πόδι κι έτσι η δύναμη επαφής ασκείται από αυ-



Εικόνα 13.5η Οι ασκούμενες δυνάμεις όταν ένα άτομο δεν βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος

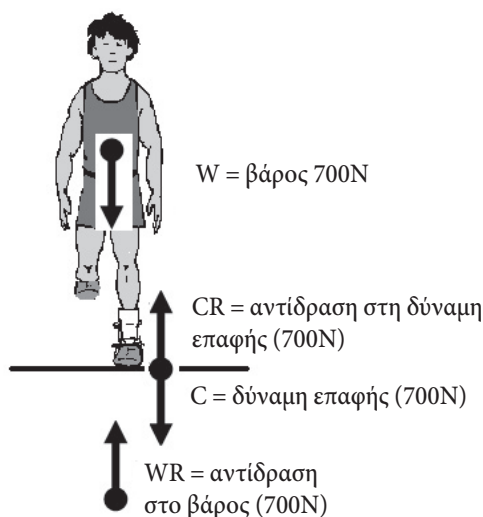
τό το πόδι και είναι ίση με το βάρος του αθλητή (13.5θ). Οι δυνάμεις αντίδρασης παραμένουν ίσες με το βάρος και με τις δυνάμεις επαφής και έχουν αντίθετη κατεύθυνση από αυτές.

Κατόπιν αν ο αθλητής σταθεί στα δύο πόδια του και ισορροπήσει, επειδή το βάρος του «κατανέμεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια», η δύναμη επαφής από κάθε πόδι είναι ίση με το μισό του βάρους (Εικόνα 13.5ι).⁴ Τότε το άθροισμα και των δύο δυνάμεων επαφής ισούται με το βάρος.

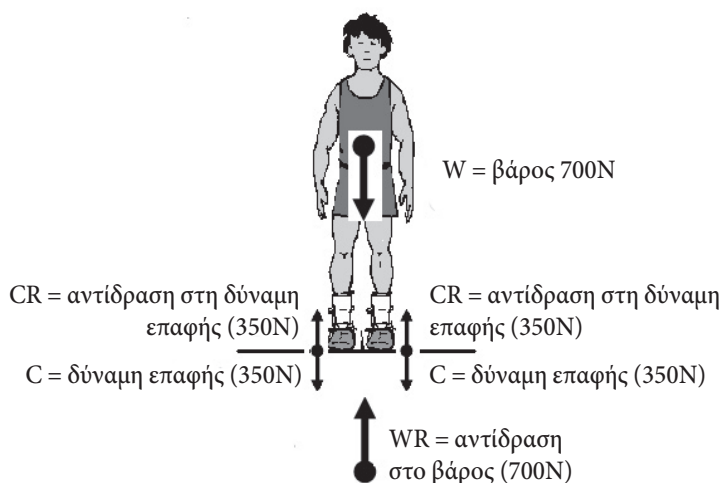
Αναδόμηση

Σε μεγάλη τάξη του Δημοτικού στην Αγγλία (6ο έτος), στο πλαίσιο μίας συζήτησης με θέμα «δυνάμεις σε ισορροπία» μπορείτε να παρουσιάσετε περιπτώσεις στατικής ισορροπίας, όπως αυτή της Εικόνας 13.5α. Κατόπιν ζητήστε από τους μαθητές να προσδιορίσουν τις δυνάμεις που ασκούνται στο σύστημα. Αυτή είναι καλή ευκαιρία να εκ-

4. Σημειώστε ότι κάθε δύναμη επαφής και η αντίδρασή της θα πρέπει να ασκούνται στις επιφάνειες του ποδιού και του εδάφους που έρχονται σε επαφή μεταξύ τους. Ωστόσο για λόγους σαφήνειας έχουν σχεδιαστεί στο πλάι.



Εικόνα 13.5θ Οι δυνάμεις που ασκούνται όταν ένα άτομο στέκεται στο ένα πόδι του



Εικόνα 13.5ι Οι δυνάμεις που ασκούνται όταν ένα άτομο στέκεται στα δύο πόδια του

μαιεύσετε σχετικές παρανοήσεις. Αν και η έννοια «δύναμη αντίδρασης» υπερβαίνει το Πρόγραμμα Σπουδών του Δημοτικού, υπάρχει περίπτωση προχωρημένοι μαθητές επιπέδου KS2 να γνωρίζουν τη φράση «σε κάθε δράση υπάρχει μια ίση και αντίθετη αντίδραση» και τότε ίσως σας δοθεί ευκαιρία να παρουσιάσετε αυτή την έννοια, και μέσα από τη συζήτηση να αναδειχθεί ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα. Βέβαια είναι γνωστό ότι αυτή η συζήτηση είναι δυνατό να προκαλέσει σύγχυση (Ενότητα 13.4). Σε ποιο

βαθμό λοιπόν ο εκπαιδευτικός θα αναπτύξει την έννοια «δύναμη αντίδρασης» εξαρτάται από την ικανότητα των μαθητών του. Η παρουσίαση της έννοιας «δυνάμεις επαφής» ίσως προκαλέσει ακόμα μεγαλύτερη σύγχυση και η ικανότητα των πιο προχωρημένων μαθητών φθάσει στα όριά της.

Στην ιδανική περίπτωση, πριν παρουσιάσουμε την έννοια δύναμη αντίδρασης, οι μαθητές είναι απαραίτητο να έχουν συλλάβει την έννοια των δυνάμεων που εξισορροπούνται μεταξύ τους και των δυνάμεων που δεν εξισορροπούνται. Όπως έχουμε αναφέρει (Ενότητα 13.4) οι μαθητές μπορούν να αισθανθούν μια δύναμη αντίδρασης πιέζοντας με την παλάμη τους το χείλος ενός τραπέζιου· το τραπέζι πιέζει την παλάμη με μια ίση και αντίθετη δύναμη. Μάλιστα στο δέρμα της παλάμης είναι πιθανό να σχηματιστεί ένα αποτύπωμα. Παρατηρώντας την επιφάνεια ενός αρκετά χρησιμοποιημένου σφυριού, στην περιοχή όπου το σφυρί χτυπά τα καρφιά, διακρίνουμε μικρά κοιλώματα που οφείλονται στο γεγονός ότι όταν το σφυρί χτυπά ένα καρφί, με τη σειρά του το καρφί «χτυπά» το σφυρί, δηλαδή ασκεί στο σφυρί δύναμη αντίδρασης.

Η διελκυστίνδα είναι ένα κατάλληλο παράδειγμα για να αντιληφθούν οι μαθητές τις δυνάμεις δράσης-αντίδρασης (Ενότητα 13.4). Επίσης μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το συνηθισμένο πείραμα μελέτης της τριβής, όπου σύρουμε αντικείμενα ποικίλων μαζών πάνω σε οριζόντιες επιφάνειες διαφορετικών υλικών, π.χ. πάνω σε γυαλόχαρτο ή γυαλί, για να διδάξετε τις δυνάμεις που δρουν σε ένα σώμα όταν ηρεμεί. Πάνω σε μια τραχιά, οριζόντια επιφάνεια, π.χ. πάνω σ' ένα γυαλόχαρτο, μ' ένα δυναμόμετρο τραβήξτε ένα σώμα μέχρι το σώμα μόλις ν' αρχίσει να κινείται. Κατόπιν, ενώ συνεχίζετε να τραβάτε το σώμα, ελαττώστε σιγά-σιγά τη δύναμη μέχρι το σώμα να σταματήσει. Κρατώντας το δυναμόμετρο τεντωμένο σ' αυτή την κατάσταση, ρωτήστε τους μαθητές *αν στο σώμα ασκείται κάποια δύναμη*. Αντικαταστήστε το γυαλόχαρτο με μια λεία επιφάνεια, π.χ. ενός γυαλιού, ώστε ασκώντας στο σώμα μικρότερη δύναμη απ' όσο προηγουμένως, το σώμα να γλιστρά. Αυτή η δραστηριότητα βοηθά τους μαθητές να αντιληφθούν ότι η δύναμη τριβής, την οποία ασκεί το γυαλόχαρτο στο σώμα, συγκρατεί το σώμα στη θέση του, αντιστεκόμενη στην ελκτική δύναμη που ασκεί το δυναμόμετρο και η οποία μετριέται από αυτό.

Πηγές: Gunstone και White (1981)· Jones (1983)· Montanero κ.ά. (2002)· Viennot και Rozier (1994).

13.6 Υπάρχει βαρύτητα στο διάστημα;

Παρανόηση

Δεν υπάρχει βαρύτητα στη Σελήνη.

[Στη Γη] «αν πετάξεις ένα κουτάκι αναψυκτικού προς τα πάνω, επιστρέφει, γιατί, όταν κάτι βρίσκεται μέσα στον αέρα έχει βάρος, και το βάρος του κουτιού, στο πάνω μέρος του κουτιού, σπρώχνει το κουτί προς τα κάτω».

(Μαθητής, 6ο έτος, από Russel κ.ά., 1998)

Η επιστημονική άποψη

Επειδή οι μαθητές σε ταινίες επιστημονικής φαντασίας έχουν δει αστροναύτες να μην έχουν βάρος, συχνά συμπεραίνουν ότι στη Σελήνη, στους πλανήτες και γενικότερα στο διάστημα δεν υπάρχει βαρύτητα. Μάλιστα δικαιολογούν την άποψή τους θεωρώντας ότι βαρύτητα υπάρχει στη Γη λόγω της παρουσίας της γήινης ατμόσφαιρας και όταν ένα διαστημόπλοιο βγει έξω από τα όρια της ατμόσφαιρας, η βαρύτητα εξαφανίζεται. Προχωρώντας το συλλογισμό τους ορισμένοι μαθητές οδηγούνται στην άποψη ότι η βαρύτητα είναι αποτέλεσμα της δύναμης με την οποία ο αέρας πιάζει τα σώματα προς τα κάτω, όταν τα σώματα βρίσκονται μέσα σ' αυτόν. Όμως όλες αυτές οι απόψεις συγκρούονται με την καθιερωμένη επιστήμη.

Για να κατανοήσουν οι μαθητές την έννοια βαρύτητα, θα πρέπει να αντιληφθούν την έννοια *μάζα*. Κάθε σώμα που υπάρχει στο Σύμπαν, συμπεριλαμβανομένων των υγρών και των αερίων, αποτελείται από άτομα, μόρια ή ιόντα, για τα οποία στο Δημοτικό χρησιμοποιούμε τη γενική ονομασία *σωματίδια*. Τοποθετώντας διαδοχικά ένα μικρό κύβο αλουμινίου και ένα μικρό κύβο σιδήρου, ίδιων διαστάσεων πάνω σε μια ζυγαριά, διαπιστώνουμε ότι οι μάζες τους είναι διαφορετικές (Εικόνα 13.6α). Ο σιδερένιος κύβος έχει μεγαλύτερη μάζα για δύο λόγους: Πρώτον κάθε σωματίδιο σιδήρου είναι βαρύτερο από κάθε σωματίδιο αλουμινίου. Δεύτερον στον κύβο του σιδήρου υπάρχουν περισσότερα σωματίδια απ' όσα υπάρχουν στον κύβο του αλουμινίου.⁵ Όσο μεγαλύτερος είναι ο κύβος του σιδήρου, τόσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του, διότι τόσο περισσότερα σωματίδια περιέχει. Η μάζα ενός σώματος λοιπόν δείχνει πόσο βαριά είναι τα σωματίδια από τα οποία αποτελείται το σώμα και πόσο μεγάλο είναι το πλήθος αυτών των σωματιδίων, δηλαδή με απλά λόγια πόση «ύλη» περιέχεται στο σώ-

5. Μια ανδρική ομάδα αποτελούμενη από 11 παίκτες παίζει ποδόσφαιρο με μια παιδική ομάδα αποτελούμενη από 9 παίκτες. Προφανώς πρόκειται για άνισο αγώνα, διότι οι άνδρες είναι πιο αναπτυγμένοι σωματικά και επιπλέον είναι περισσότεροι!

μα. Η μάζα δεν μεταβάλλεται εκτός κι αν μεταβληθεί το σώμα. Για παράδειγμα αφαιρώντας ένα κομμάτι από τον σιδερένιο κύβο η μάζα του σώματος ελαττώνεται, διότι πλέον υπάρχουν λιγότερα σωματίδια.

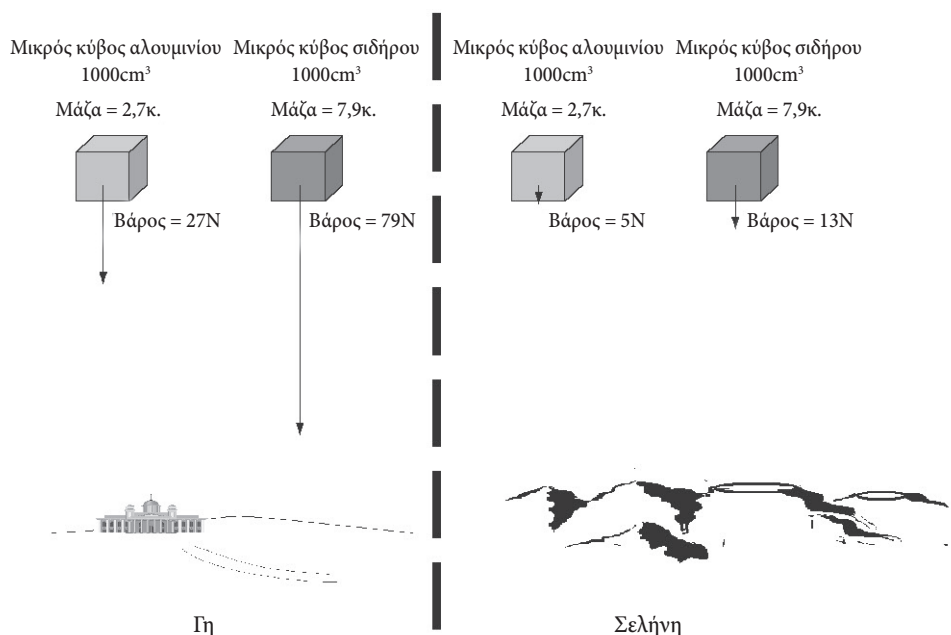
Αν μεταφέρουμε τον κύβο του αλουμινίου και τον κύβο του σιδήρου στο διάστημα, μακριά από οποιοδήποτε ουράνιο σώμα, τοποθετήσουμε τον έναν κύβο σε απόσταση ένα μέτρο από τον άλλο και αφήσουμε τους κύβους ελεύθερους, ο ένας κύβος θα αρχίσει να κινείται αργά προς τον άλλο, μέχρι οι κύβοι να έρθουν σε επαφή. Αυτή είναι η βαρυτική έλξη και εκδηλώνεται μεταξύ όλων των σωμάτων που υπάρχουν στο διάστημα. Σημειώστε ότι δεν έχει οποιαδήποτε σχέση με το μαγνητισμό. Οι μαθητές εκπλήσσονται όταν μαθαίνουν ότι όλα τα σώματα στο Σύμπαν έλκονται αμοιβαία μεταξύ τους, με μικρή ή μεγάλη δύναμη. Μάλιστα όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα, τόσο μεγαλύτερη είναι η έλξη. Γι' αυτό αν αφήσουμε τους δύο μικρούς μεταλλικούς κύβους να πέσουν στο έδαφος, αν και μεταξύ τους υπάρχει βαρυτική έλξη, ο ένας κύβος δεν κινείται προς τον άλλο, διότι κοντά τους υπάρχει ένα πολύ μεγαλύτερο σώμα που τα έλκει, η Γη. Επίσης επειδή όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση μεταξύ των σωμάτων, τόσο μικρότερη είναι η βαρυτική δύναμη, η έλξη των κύβων από τα υπόλοιπα ουράνια σώματα στο μακρινό διάστημα είναι αμελητέα. Η βαρυτική έλξη ακολουθεί ένα μαθηματικό νόμο που είναι γνωστός ως *νόμος του αντιστρόφου του τετραγώνου*. Αυτό σημαίνει ότι όταν η απόσταση μεταξύ δύο σωμάτων υποδιπλασιαστεί, η βαρυτική δύναμη τετραπλασιάζεται. Άλλη συνέπεια αυτού του νόμου είναι ότι, όταν η απόσταση αυξάνεται, η βαρυτική δύναμη ελαττώνεται πολύ γρήγορα. Γι' αυτό σε μεγάλες αποστάσεις η δράση της βαρύτητας είναι πολύ ασθενική.



Εικόνα 13.6α Η μάζα κύβων σιδήρου και αλουμινίου. Αν συγκρίνετε τους μικρότερους κύβους μεταξύ τους, θα διαπιστώσετε ότι ο κύβος αλουμινίου έχει μικρότερη μάζα από τον κύβο σιδήρου, διότι τα σωματίδια του αλουμινίου είναι ελαφρότερα από τα σωματίδια του σιδήρου. Επίσης ο κύβος αλουμινίου αποτελείται από λιγότερα σωματίδια, διότι είναι πιο αραιά τακτοποιημένα απ' όσα τα σωματίδια σιδήρου

Τα σώματα στο διάστημα, όπως οι πλανήτες, η Σελήνη και ο Ήλιος, έλκονται αμοιβαία με τεράστιες δυνάμεις. Επειδή αυτά τα ουράνια σώματα είναι τεράστια, η βαρυτική έλξη είναι πολύ μεγάλη – ειδικά η βαρυτική έλξη του Ήλιου. Ωστόσο οι πλανήτες δεν εφορμούν προς τον Ήλιο ώστε να καούν, διότι στρέφονται γύρω από αυτόν με πολύ μεγάλη ταχύτητα, ακολουθώντας σταθερή **τροχιά**. Η κίνησή τους μοιάζει με την κίνηση της μπίλιας στη ρουλέτα: η μπίλια συνεχίζει να γλιστρά κυκλικά και ελεύθερα, διότι η ταχύτητά της είναι αρκετή ώστε να εξισορροπείται η έλξη της προς το κέντρο. Τελικά, μετά από λίγο, επειδή, λόγω της τριβής, η ταχύτητα της μπίλιας ελαττώνεται, η μπίλια καταλήγει σε κάποιο νούμερο. Όμως, επειδή στο διάστημα υπάρχει σχεδόν απόλυτο κενό, η τριβή δεν είναι αρκετά μεγάλη ώστε να επηρεαστεί η κίνηση των πλανητών. Οι πλανήτες λοιπόν, όπως συμβαίνει με την μπίλια της ρουλέτας, διατηρούν την ταχύτητά τους και η έλξη του Ήλιου εξισορροπείται.

Η Γη ασκεί σημαντική βαρυτική έλξη σε κάθε σώμα που βρίσκεται κοντά στην επιφάνειά της. Αυτή η δύναμη είναι το βάρος των σωμάτων. Όπως αναφέραμε, όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός σώματος και όσο το σώμα βρίσκεται πλησιέστερα στο κέντρο της Γης, τόσο μεγαλύτερη είναι η βαρυτική δύναμη (Ενότητα 13.7). Στην Εικόνα 13.6β φαίνεται η προσεγγιστική τιμή του βάρους των δύο μικρών μεταλλικών κύβων, όταν βρίσκονται πάνω στη Γη. Το βάρος μετριέται σε νιούτον (N), και μπορούμε προσεγγιστικά να το υπολογίσουμε πολλαπλασιάζοντας την τιμή της μάζας του σώματος με το 10.



Εικόνα 13.6β Μάζες και βάρη μεταλλικών αντικειμένων στη Γη και στη Σελήνη

Αν οι κύβοι μεταφερθούν στη Σελήνη, το βάρος τους θα ελαττωθεί (Εικόνα 13.6β). Αυτό συμβαίνει κυρίως διότι η μάζα της Σελήνης είναι πολύ μικρότερη από τη μάζα της Γης, με αποτέλεσμα η βαρυτική δύναμη με την οποία η Σελήνη έλκει του κύβους να είναι το 17% της βαρυτικής δύναμης της Γης. Σημειώστε ότι στη Σελήνη η μάζα των κύβων είναι ίδια με τη μάζα τους στη Γη, διότι το «υλικό» των κύβων δεν έχει μεταβληθεί. Επίσης επειδή στη Σελήνη το βάρος των κύβων είναι μικρότερο, αν οι αστροναύτες βρεθούν στην επιφάνεια της Σελήνης θα μπορούν να πετάξουν τους κύβους πολύ μακρύτερα απ' όσο στη Γη. Αντιθέτως επειδή στην επιφάνεια του γιγάντιου πλανήτη Δία, ο οποίος αποτελείται μόνο από αέρια, η βαρύτητα είναι 2,5 φορές μεγαλύτερη από τη βαρύτητα της Γης, αν στη Γη ένας άνθρωπος έχει βάρος 700N (δηλαδή η μάζα του είναι 70kg), στον Δία θα έχει βάρος 1750N (στη Γη αυτό είναι ίσο με το βάρος ενός σώματος μάζας 175kg).

Για να συνοψίσουμε: Η βαρυτική έλξη υπάρχει μεταξύ όλων των σωμάτων, λόγω της μάζας τους. Τα πολύ μεγάλα σώματα, όπως είναι οι πλανήτες, οι δορυφόροι τους και οι αστέρες, ασκούν μεγάλη βαρυτική δύναμη. Όταν ένα σώμα λοιπόν βρίσκεται κοντά στην επιφάνειά τους, στο σώμα ασκείται σημαντική, παρατηρήσιμη βαρυτική έλξη. Μόνο σε περιοχές του διαστήματος μακριά από οποιοδήποτε ουράνιο σώμα η βαρύτητα είναι αμελητέα. Επίσης επειδή το βάρος ενός σώματος είναι η δύναμη που ασκείται στο σώμα λόγω της βαρύτητας, αν η θέση του σώματος αλλάξει, το βάρος είναι δυνατό να μεταβληθεί. Ωστόσο η μάζα του σώματος μένει σταθερή, εκτός κι αν αφαιρεθεί ή προστεθεί «υλικό» στο σώμα.

Σχετική παρανόηση είναι η άποψη ότι η βαρύτητα της Γης οφείλεται σε δυνάμεις που ασκεί το γήινο μαγνητικό πεδίο. Σε άλλες περιπτώσεις ορισμένοι μαθητές θεωρούν ότι η βαρύτητα οφείλεται στην περιστροφή της Γης. Μάλιστα όταν σε μεγαλύτερη τάξη στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (KS4) διδαχθούν την έννοια της **κεντρομόλου δύναμης** αυτή η παρανόηση είναι δυνατό να ενισχυθεί.

Αναδόμηση

Βίντεο στο διαδίκτυο, όπως αυτά που υπάρχουν στο YouTube, δείχνουν Αμερικανούς αστροναύτες της αποστολής «Απόλλων» που βαδίζουν πάνω στη Σελήνη. Πάνω τους λοιπόν ασκούνται βαρυτικές δυνάμεις, αν και αυτές οι δυνάμεις είναι σαφώς ασθενέστερες απ' όσο είναι στη Γη. Ωστόσο η άποψη ότι για να υπάρχει βαρύτητα πρέπει να υπάρχει αέρας είναι δύσκολο να αναθεωρηθεί. Γι' αυτό το σκοπό μπορείτε να χρησιμοποιήσετε άλλα βίντεο που δείχνουν αστροναύτες μέσα σε διαστημόπλοιο όπου, αν και υπάρχει αέρας, είναι δυνατό το βάρος τους να είναι μηδενικό.

Παρακολουθώντας βίντεο όπου οι αστροναύτες αιωρούνται μέσα σε διαστημόπλοια που στρέφονται σε τροχιά γύρω από τη Γη ορισμένοι μαθητές βρίσκονται σε σύγχυση, διότι αυτή η κατάσταση ενισχύει την παρανόηση ότι η βαρύτητα εξαφανί-

ζεται έξω από την ατμόσφαιρα. Στην πραγματικότητα στα ύψη που στρέφονται τα διαστημόπλοια γύρω από τη Γη η βαρύτητα παραμένει αρκετά ισχυρή. Όμως επειδή οι αστροναύτες στρέφονται κι αυτοί μαζί με το διαστημόπλοιο, δεν αισθάνονται το βάρος τους, αν και το βάρος τους παραμένει σημαντικό (δείτε 13.7 και 14.4).

Πηγές: Bar κ.ά. (1997)· Driver (1983)· Russell κ.ά. (1998)· Stead και Osborne (1980)· Vicentini-Missoni (1981).

13.7 Η βαρύτητα μεταβάλλεται;

Παρανόηση

Όσο περισσότερο ένα σώμα απέχει από το έδαφος, τόσο ισχυρότερη είναι η βαρύτητα.

Η επιστημονική άποψη

Οι μαθητές γνωρίζουν ότι αν ένα σώμα πέσει από ύψος 20m, θα ασκήσει στο έδαφος μεγαλύτερη δύναμη παρά αν πέσει από ύψος 1m. Αυτή η παρατήρηση οδηγεί στο συμπέρασμα ότι σε ύψος 20m η βαρυτική έλξη είναι μεγαλύτερη απ' όσο σε 1m και γι' αυτό στην πρώτη περίπτωση η κρούση είναι ισχυρότερη. Αυτή η άποψη εμπεριέχεται στη συνηθισμένη πεποίθηση ότι αν από έναν ψηλό ουρανοξύστη όπως το Empire State Building⁶ στη Νέα Υόρκη αφήσουμε ένα νόμισμα, όταν το νόμισμα πλησιάσει το έδαφος μπορεί να ασκήσει τόσο μεγάλη δύναμη ώστε να σκοτώσει ένα άνθρωπο πέφτοντας στο κεφάλι του. Άλλη εκδήλωση αυτής της παρανόησης είναι η άποψη ότι όταν σπρώχνουμε ένα αυτοκίνητο σε ανηφορικό δρόμο, όσο ανεβαίνουμε τόσο μεγαλύτερη δύναμη πρέπει να ασκούμε, διότι όσο το ύψος αυξάνεται, τόσο αυξάνεται και η βαρυτική έλξη.

Αυτές οι απόψεις δεν συμφωνούν με την πραγματική λειτουργία της βαρύτητας. Λόγω της βαρύτητας σε κάθε σώμα ασκείται ελκτική δύναμη προς το κέντρο της Γης. Αυτή η δύναμη ονομάζεται επιστημονικά βάρος του σώματος. Καθώς ένα σώμα απομακρύνεται από το κέντρο της Γης, επειδή η βαρύτητα εξασθενεί, το βάρος ελαττώνεται. Για παράδειγμα μια γυναίκα που το βάρος της στην επιφάνεια της θάλασσας είναι 800N, όταν επιβιβαστεί σε ένα αεροπλάνο και πετάξει σε ύψος 10.000m το βάρος της θα ελαττωθεί κατά 1N (που αντιστοιχεί σε μάζα περίπου 100g). Κατόπιν αν αυτή η γυναίκα βρεθεί στο Διάστημα, μακριά από κάθε ουράνιο σώμα, το βάρος της σχεδόν θα μηδενιστεί, διότι θα απέχει πάρα πολύ από το κέντρο της Γης και από κάθε άλλο ουράνιο σώμα. Η γυναίκα λοιπόν θα μπορεί να αιωρείται χωρίς βάρος. Ένα σώμα

6. (ΣτΕ): Έχει ύψος 381m.

λοιπόν θα πρέπει να απομακρυνθεί πάρα πολύ από το κέντρο της Γης, για να γίνει αντιληπτή οποιαδήποτε μεταβολή στη βαρυτική έλξη. Στην καθημερινή ζωή, όταν ένα σώμα κινείται κοντά στην επιφάνεια της Γης, το βάρος του σώματος μένει πρακτικά σταθερό, ανεξάρτητα από το ύψος στο οποίο βρίσκεται το σώμα.

Το γεγονός ότι ένα σώμα που αφήνεται από ψηλό κτίριο, κτυπώντας στο έδαφος, ασκεί μεγάλη δύναμη, δεν οφείλεται στην αύξηση της βαρύτητας με το ύψος. Σε όλη τη διάρκεια της πτώσης του το σώμα έλκεται με σταθερή δύναμη (το βάρος του) προς το έδαφος, με αποτέλεσμα η ταχύτητά του να αυξάνεται συνεχώς, δηλαδή το σώμα να επιταχύνεται. Κάθε δευτερόλεπτο η ταχύτητα του σώματος μεταβάλλεται κατά 10m/s. Αυτή είναι η επιτάχυνσή του. Δηλαδή μετά από ένα δευτερόλεπτο από τη στιγμή που το αφήνουμε, η ταχύτητα του σώματος είναι 10m/s, μετά από δύο δευτερόλεπτα έχει γίνει 20m/s κ.ο.κ. Άρα απ' όσο μεγαλύτερο ύψος αφήσουμε ένα σώμα, τόσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος πτώσης του και τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα με την οποία το σώμα φθάνει στο έδαφος (επιπλέον θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας και όσα αναφέραμε στην Ενότητα 13.3.).

Παραλλαγή αυτής της παρανόησης είναι η αντίληψη ότι όσο απομακρυνόμαστε από την επιφάνεια της Γης η βαρύτητα αυξάνεται μέχρι να βγούμε από την ατμόσφαιρα, οπότε μηδενίζεται απότομα. Αυτή η αντίληψη στηρίζεται στη βαθύτερη άποψη ότι η βαρύτητα έχει κοινά στοιχεία με την πίεση του αέρα (δείτε την Ενότητα 13.6). Σ' αυτή την παρανόηση στηρίζεται επίσης η πολύ συνηθισμένη (λανθασμένη) άποψη, ότι όταν οι αστροναύτες στέφονται γύρω από τη Γη, δεν έχουν βάρος διότι δεν υπάρχει βαρύτητα. Όμως στα ύψη όπου τα διαστημόπλοια στρέφονται γύρω από τη Γη η βαρύτητα είναι όντως σημαντική. Σ' αυτά τα ύψη το βάρος των αστροναυτών μέσα στα διαστημόπλοια είναι περίπου ίσο με το βάρος τους στην επιφάνεια της Γης. Οι αστροναύτες αισθάνονται σαν να μην έχουν βάρος, διότι όταν στρέφονται γύρω από τη Γη η κίνησή τους είναι συνεχώς ελεύθερη πτώση. Το αίσθημα που βιώνουν είναι παρόμοιο με το αίσθημα σε παιχνίδι ελεύθερης πτώσης σε λούνα παρκ. Τότε αισθανόμαστε σαν να χάνουμε το βάρος μας και να πετάμε. Η κατάσταση του αστροναύτη λοιπόν, που κινείται σε τροχιά γύρω από τη Γη, είναι διαφορετική από την κατάστασή του όταν ταξιδεύει στο Διάστημα μακριά από οποιοδήποτε ουράνιο σώμα· τότε το βάρος του όντως έχει μηδενιστεί ή είναι αμελητέο, λόγω της μεγάλης απόστασής του από τη Γη και τα υπόλοιπα ουράνια σώματα. Σε κάθε περίπτωση φαινομενικής έλλειψης βάρους, στα σώματα συνεχίζει να ασκείται σημαντική βαρυτική δύναμη.

Μαθητές Γυμνασίου συγχέουν το βάρος ενός σώματος με τη βαρυτική δυναμική ενέργεια, η οποία αυξάνεται με το ύψος. Θεωρούν λοιπόν ότι στην επιφάνεια της Γης το βάρος μηδενίζεται, όπως συμβαίνει με τη δυναμική ενέργεια του σώματος, διότι εκεί πλέον το σώμα δεν μπορεί να πέσει πιο κάτω (αυτή η περίπτωση έχει σχέση με όσα αναπτύξαμε στην Ενότητα 13.5). Άλλοι μαθητές ισχυρίζονται το αντίθετο, ότι δηλαδή βαρύτητα υπάρχει μόνο πάνω στην επιφάνεια της Γης και όσα σώματα δεν εφά-

πτονται με τη Γη δεν επηρεάζονται από τη βαρύτητά της. Γι' αυτό τα πουλιά και τα αεροπλάνα μπορούν και πετούν, παρ' όλο που μέσα στα αεροπλάνα έχει εγκλωβιστεί βαρύτητα.

Αναδόμηση

Μπορείτε να εκμαιεύσετε αυτή την παρανόηση, ρωτώντας τους μαθητές *σε ποιο σημείο ενός ανηφορικού δρόμου η βαρύτητα είναι ισχυρότερη*. Απλός τρόπος για να αντιμετωπίσετε την παρανόηση είναι να ζητήσετε από τους μαθητές να αφήσουν ένα αυτοκινητάκι να κυλήσει αρχικά κατά μήκος ενός κατηφορικού επιπέδου σταθερής κλίσης και κατόπιν να το αφήσουν να συνεχίσει να κινείται πάνω στη οριζόντια επιφάνεια του τραπεζιού. Μετά να επαναλάβουν αυτό το πείραμα αλλά μετά την κύλιση του αυτοκινήτου πάνω στο ίδιο πλάγιο επίπεδο να το αφήσουν να συνεχίσει να κινείται πάνω στο δάπεδο. Παρουσιάστε τους το συλλογισμό ότι αν η βαρύτητα ήταν ισχυρότερη σε μεγαλύτερα ύψη, τότε πάνω στο τραπέζι το αυτοκινητάκι θα κινούνταν γρηγορότερα απ' όσο στο δάπεδο. Μάλιστα μπορείτε να επαναλάβετε αυτό το πείραμα σε διαφορετικούς ορόφους ενός πολυώροφου κτιρίου. Επιπλέον μπορείτε να ενισχύσετε τη σωστή άποψη κρεμώντας ένα αντικείμενο από ένα δυναμόμετρο και μεταφέροντάς το σε διάφορα ύψη. Οι μαθητές θα διαπιστώσουν ότι δεν υπάρχει παρατηρήσιμη μεταβολή στη μετρούμενη τιμή του βάρους του σώματος και θα συμπεράνουν ότι η βαρύτητα μένει σταθερή. Βεβαίως όταν η μεταβολή του ύψους είναι αρκετά μεγάλη, τότε είναι δυνατό να παρατηρήσετε μεταβολές στο βάρος του σώματος. Για παράδειγμα μπορείτε να χρησιμοποιήσετε μια ζυγαριά μπάνιου για να μετρήσετε το βάρος ενός ατόμου στην επιφάνεια της θάλασσας και κατόπιν μέσα σε ένα αεροπλάνο που πετά με σταθερή ταχύτητα σε μεγάλο ύψος.

Πηγές: Driver (1983)· Ruggerio κ.ά. (1985)· Watts (1982).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

ΠΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΒΥΘΙΣΗ

14.1 Γιατί άλλα σώματα επιπλέουν κι άλλα βυθίζονται;

Παρανόηση

Όλα τα ελαφριά σώματα επιπλέουν· όλα τα βαριά σώματα βυθίζονται.

Η επιστημονική άποψη

Όταν οι μαθητές προσπαθούν να προβλέψουν αν ένα σώμα θα βυθιστεί ή θα επιπλέυσει, συχνά ως κύριο ή ακόμα και μοναδικό κριτήριο χρησιμοποιούν την αίσθησή τους για το βάρος του σώματος. Όμως είναι αδύνατο να αποφασίσουμε αν ένα σώμα είναι «βαρύ» ή «ελαφρύ» χωρίς να το συγκρίνουμε με κάτι άλλο. Δηλαδή δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι ο χρυσός είναι βαρύτερος από τα πούπουλα, διότι εξαρτάται από την ποσότητα του κάθε υλικού. Για παράδειγμα ένα βαρέλι πούπουλα είναι βαρύτερο από ένα χρυσό δακτυλίδι. Για να είναι η σύγκριση ακριβής θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας και τον όγκο των σωμάτων. Με την επιστημονική έννοια «πυκνότητα» παρακάμπτουμε αυτό το πρόβλημα, δηλαδή λαμβάνουμε υπόψη μας τόσο το βάρος (για να ακριβολογούμε τη μάζα) του σώματος όσο και τον όγκο του (Εικόνα 14.1α). Για παράδειγμα επειδή ένας συμπαγής κύβος από ατσάλι όγκου 1cm^3 έχει μάζα 8g, η πυκνότητά του είναι ίση με $8:1 = 8$,¹ ενώ επειδή ένας συμπαγής κύβος φελιζόλ όγκου 1cm^3 έχει μάζα 0,1g, η πυκνότητά του είναι 0,1.

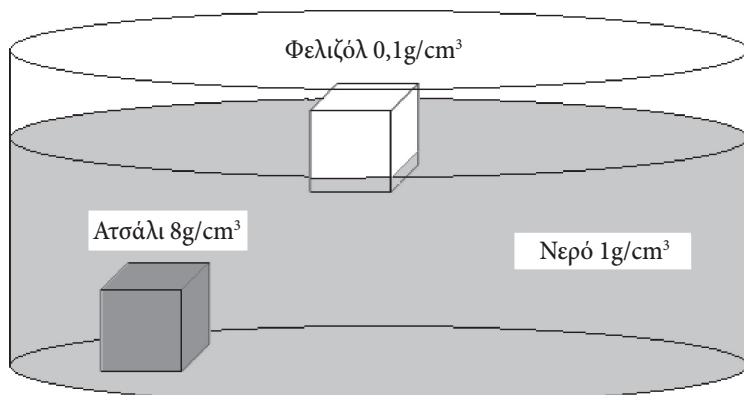
$$\text{πυκνότητα (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{μάζα (g)}}{\text{όγκος (cm}^3\text{)}}$$

Εικόνα 14.1α Η εξίσωση ορισμού της πυκνότητας ενός υλικού

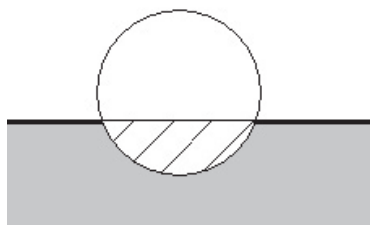
1. Στο παρόν βιβλίο ως μονάδα πυκνότητας χρησιμοποιούμε τα γραμμάρια ανά κυβικό εκατοστό (g/cm^3), εκτός κι αν αναφέρεται κάτι διαφορετικό. Όταν χρησιμοποιούμε αυτή τη μονάδα, η τιμή της πυκνότητας του υλικού είναι ίση με την τιμή της σχετικής πυκνότητάς του ως προς το νερό.

Απλός, αλλά σωστός τρόπος, για να αποφασίσουμε αν ένα σώμα θα επιπλέει ή θα βυθιστεί στο νερό είναι να συγκρίνουμε την πυκνότητα του σώματος με την πυκνότητα του νερού. Σε θερμοκρασία δωματίου το καθαρό νερό έχει πυκνότητα περίπου 1. Όταν η πυκνότητα ενός σώματος είναι μεγαλύτερη από 1 (όπως του ατσάλινου κύβου), ένα σώμα από αυτό το υλικό βυθίζεται στο νερό. Όταν η πυκνότητα ενός υλικού είναι μικρότερη από 1 (όπως του φελιζόλ) ή ίση με 1, τότε ένα σώμα από αυτό το υλικό επιπλέει στο νερό (Εικόνα 14.1β). Στην Ενότητα 14.3 αναπτύσσεται και εφαρμόζεται σε ακόμα περισσότερες και διαφορετικές μεταξύ τους περιπτώσεις η ιδέα ότι σώματα διαφορετικής πυκνότητας επιπλέουν ή βυθίζονται.

Αν από τον ατσάλινο κύβο που φαίνεται στην Εικόνα 14.1γ κατασκευάσουμε ένα πολύ πλατύ έλασμα και κατόπιν του δώσουμε το σχήμα σφαίρας, μέσα στην οποία να μην μπορεί να εισχωρήσει νερό, τότε η σφαίρα θα επιπλέει στο νερό (Εικόνα 14.1γ). Αυτό συμβαίνει διότι αν και η μάζα της σφαίρας παραμένει 8g, ο όγκος της έχει αυξηθεί σημαντικά, με αποτέλεσμα η πυκνότητά της να ελαττωθεί τόσο πολύ ώστε να



Εικόνα 14.1β Σύγκριση μεταξύ των πυκνοτήτων και της ικανότητας πλεύσης



Εικόνα 14.1γ Μια ατσάλινη, κούφια, στεγανοποιημένη σφαίρα επιπλέει σε νερό (Η διαγραμμισμένη περιοχή δείχνει τη περιοχή από την οποία έχει εκτοπιστεί νερό)

γίνει μικρότερη από την πυκνότητα του νερού. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο πλοία που ζυγίζουν χιλιάδες τόνους επιπλέουν. Δηλαδή επειδή στο εσωτερικό τους υπάρχει πολύ κενός χώρος, η πυκνότητά τους είναι μικρότερη από 1. Στην Ενότητα 14.4 μελετάμε ένα εναλλακτικό αλλά πιο σύνθετο κριτήριο πλευσης, με τη βοήθεια της έννοιας «**υγρό που εκτοπίζεται**».

Οι μαθητές χρησιμοποιούν, εκτός από το βάρος, και άλλα κριτήρια για να προβλέψουν αν ένα σώμα θα επιπλεύσει ή θα βυθιστεί. Όταν ένα σώμα είναι επίπεδο ή πλατύ θεωρούν πως είναι πιθανότερο ότι θα επιπλεύσει. Για να εκμαιεύσουμε αυτή την παρανόηση μπορούμε να τους δείξουμε ένα κοντό κι ένα μακρύ κερύ και να τους ζητήσουμε να προβλέψουν ποιο από τα δύο θα επιπλεύσει και ποιο θα βυθιστεί. Επίσης ορισμένοι μαθητές θεωρούν ότι τα σκληρά και τα μυτερά σώματα είναι πιθανότερο ότι θα βυθιστούν.

Συνοψίζουμε: Το αν ένα σώμα θα επιπλεύσει ή θα βυθιστεί στο νερό εξαρτάται από την πυκνότητά του. Ένα στερεό αντικείμενο χωρίς κενούς χώρους στο εσωτερικό του, όπως είναι ένας συμπαγής κύβος όγκου 1cm^3 επιπλέει στο νερό, αν η πυκνότητα του υλικού του είναι μικρότερη από του νερού (1g/cm^3). Όμως μπορούμε να επεξεργαστούμε υλικά (π.χ. το ατσάλι) που η πυκνότητά τους είναι μεγαλύτερη από του νερού ώστε να κατασκευάσουμε αντικείμενα που να επιπλέουν στο νερό. Αρχεί ο όγκος του αντικειμένου να είναι αρκετά μεγάλος ώστε η πυκνότητα του αντικειμένου να είναι μικρότερη από 1g/cm^3 .

Αναδόμηση

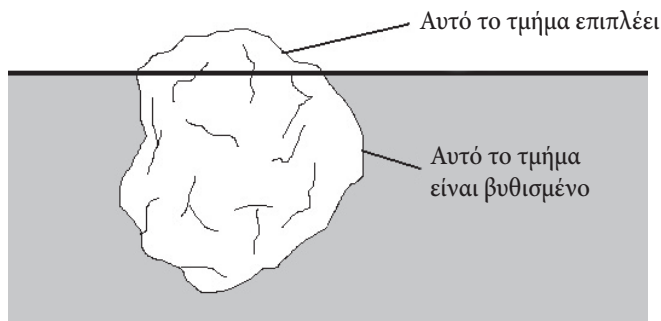
Η παρανόηση μπορεί να αντιμετωπιστεί αν ζητήσουμε από τους μαθητές να πειραματιστούν με «βαριά» αντικείμενα από τα οποία άλλα βυθίζονται και άλλα επιπλέουν (π.χ. ένα γεμάτο δοχείο θερμός), καθώς και με «ελαφρά» αντικείμενα που βυθίζονται (π.χ. ένα μικρό σιδερένιο καρφί) ή επιπλέουν (π.χ. ένα φουσκωμένο μπαλόνι). Επιπλέον ζητήστε από τους μαθητές να αφήσουν ένα συμπαγές κομμάτι πλαστελίνη στην επιφάνεια νερού και να παρατηρήσουν ότι βυθίζεται. Κατόπιν δίνοντάς του κατάλληλο σχήμα να παρατηρήσουν ότι μπορεί να επιπλέει. Αν και η έννοια «σχετική πυκνότητα» υπερβαίνει το Αναλυτικό Πρόγραμμα του Δημοτικού, προχωρημένοι μαθητές μεγαλύτερων τάξεων του Δημοτικού (KS2) θα μπορούν να την αντιληφθούν.

Παιδιά μικρότερης ηλικίας στο πλαίσιο μια ελεύθερης δράσης-παιχνίδι μπορούν να εξερευνήσουν αν διάφορα αντικείμενα επιπλέουν ή βυθίζονται στο νερό. Συγκεκριμένα καμιά δεκαριά αντικείμενα και ζητήστε από τους μαθητές να προβλέψουν ποια από αυτά θα επιπλεύσουν και ποια θα βυθιστούν. Κατόπιν ζητήστε τους να ελέγξουν τις προβλέψεις τους αφήνοντας τα σώματα μέσα σε μεγάλα μπολ γεμάτα με νερό.

14.2 Είναι δυνατό ένα αντικείμενο να επιπλέει και συγχρόνως να είναι βυθισμένο;

Παρανόηση

Τα παγόβουνα επιπλέουν και συγχρόνως είναι βυθισμένα.



Εικόνα 14.2α Όταν ένα παγόβουνο επιπλέει, το κάτω τμήμα του είναι βυθισμένο (παρανόηση)

Η επιστημονική άποψη

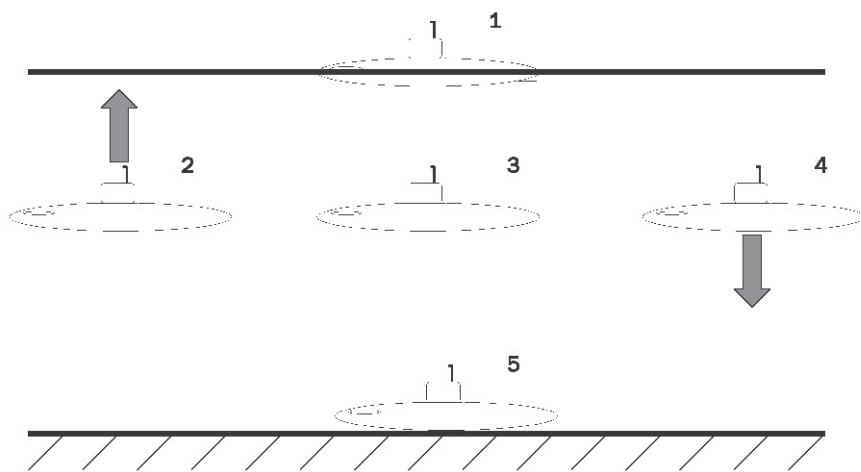
Όπως αναφέραμε σε άλλες ενότητες επειδή το επιστημονικό νόημα ορισμένων λέξεων είναι διαφορετικό από το νόημα που έχουν στην καθημερινή ζωή, ορισμένοι μαθητές βρίσκονται σε σύγχυση. Χρησιμοποιώντας γλώσσα της καθημερινής ζωής είναι αποδεκτό να πούμε ότι όταν ένα σώμα επιπλέει, το τμήμα του σώματος που είναι κάτω από το νερό είναι βυθισμένο, όπως συμβαίνει στα παγόβουνα. Όμως όταν ο δάσκαλος διδάσκει αυτούς τους όρους σε μαθητές Δημοτικού, θα πρέπει να κάνει σαφή διάκριση μεταξύ ενός σώματος που επιπλέει και ενός σώματος που είναι βυθισμένο· είναι αδύνατο να συμβαίνουν συγχρόνως και τα δύο: Ένα παγόβουνο επιπλέει, διότι αιωρείται μέσα σε **ρευστό**.

Για παράδειγμα, θεωρήστε ότι ένα παγόβουνο είναι αρκετά μικρό και πάνω σ' αυτό προσεδαφίζεται ένα μεγάλο, βαρύ ελικοπτερο. Επειδή στο βάρος του παγόβουνου προστίθεται το βάρος του ελικοπτερου, το παγόβουνο είναι δυνατό να βυθιστεί εντελώς. Τότε, επειδή το νερό δεν μπορεί πλέον να το στηρίξει, θα συνεχίσει να κινείται προς τα κάτω, μέχρι να σταματήσει στο βυθό (δείτε την Ενότητα 14.4). Όσο το παγόβουνο κατεβαίνει μέσα στο νερό, από επιστημονική άποψη δεν μπορούμε να πούμε ότι επιπλέει, διότι το νερό πλέον δεν το στηρίζει, και γι' αυτό το παγόβουνο βυθίζεται.

Θεωρήστε ότι ένα υποβρύχιο βρίσκεται ολόκληρο μέσα στο νερό σε σταθερό βάθος, δηλαδή δεν κινείται προς τα πάνω ούτε προς τα κάτω. Επιπλέει; Η απάντηση είναι ναι, διότι αν και βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του νερού, το νερό το στηρίζει. Οι μαθητές που θεωρούν ότι το υποβρύχιο δεν επιπλέει, χρησιμοποιούν την έννοια «πλεύση» με την καθημερινή, περιορισμένη σημασία της, δηλαδή θεωρούν ότι ένα σώμα επιπλέει μόνο αν ηρεμεί στην επιφάνεια του νερού. Όταν το υποβρύχιο αρχίζει να ανεβαίνει προς την επιφάνεια, θεωρούμε ότι συνεχίζει να επιπλέει. Αντιθέτως όταν αρχίζει να κατεβαίνει προς το βυθό, βυθίζεται και πλέον δεν επιπλέει. Όταν τελικά φθάσει στο βυθό, θεωρούμε ότι πλέον δεν βυθίζεται, διότι το συγκρατεί η στερεή επιφάνεια του βυθού (Εικόνα 14.2β).

Χρησιμοποιώντας την έννοια «πυκνότητα» μπορούμε να διατυπώσουμε τον εξής ορισμό: Ένα σώμα λέμε ότι είναι βυθισμένο στον νερό, όταν είναι πυκνότερο από το νερό. Αντιθέτως λέμε ότι ένα σώμα επιπλέει στο νερό, όταν είναι λιγότερο πυκνό από το νερό ή εξίσου πυκνό μ' αυτό. Ανεξάρτητα από τους ορισμούς της πλεύσης και της βύθισης στις Ενότητες 14.1 και 14.3 αναφέρουμε για ποιο λόγο ένα σώμα επιπλέει ή βυθίζεται.

Επειδή ο αέρας είναι ρευστό, όσα αναφέραμε προηγουμένως εφαρμόζονται στα αερόστατα (επιπλέον) και στους αθλητές που πέφτουν από μεγάλα ύψη αρχικά χωρίς να ανοίξουν αλεξίπτωτο (βυθίζονται). Και σ' αυτές τις περιπτώσεις είναι δυνατό να δημιουργηθεί σύγχυση, όταν η καθημερινή αντίληψη των εννοιών συγκρούεται με την επιστημονική αντίληψη. Για παράδειγμα, στο μάθημα «Γλώσσα» οι μαθητές είναι αποδεκτό να γράψουν ότι ένα φύλλο πέφτει από το δέντρο επιπλέοντας μέσα στον αέρα. Όμως από επιστημονική άποψη το φύλλο βυθίζεται μέσα στον αέρα.



Εικόνα 14.2β Επιπλέει ή είναι βυθισμένο; Τα βέλη δείχνουν την κατεύθυνση της κίνησης. Δείτε την Εικόνα 14.2γ για επεξηγήσεις

Υποβρύχιο	Κατάσταση	Επιπλέει	Είναι βυθισμένο
1	Ακίνητο στην επιφάνεια της θάλασσας	Ναι	Όχι
2	Ανεβαίνει	Ναι	Όχι
3	Ακίνητο σε σταθερό βάθος	Ναι	Όχι
4	Κατεβαίνει	Όχι	Ναι
5	Ακίνητο στο βυθό	Όχι	Όχι

Εικόνα 14.2γ Πίνακας με τα κριτήρια πλεύσης και βύθισης

Παρόμοια παρανόηση είναι η άποψη ότι όταν ένας άνθρωπος φορώντας φουσκωμένο σωσίβιο βρίσκεται μέσα στη θάλασσα, ο άνθρωπος είναι βυθισμένος αλλά το σωσίβιο επιπλέει. Επίσης όταν ένας άνθρωπος κολυμπάει στην επιφάνεια του νερού, τότε επιπλέει, ενώ όταν κολυμπά σε κατάσταση πανικού, τότε βυθίζεται. Τέλος σχετικά με τα μισοβυθισμένα σώματα ορισμένοι μαθητές θεωρούν ότι όταν το βυθισμένο τμήμα του σώματος βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του νερού, το σώμα επιπλέει, ενώ όταν βρίσκεται κοντά στο βυθό, το σώμα είναι βυθισμένο.

Γνωρίζετε ότι;

Παγόβουνα. Το παγόβουνο της Εικόνας 14.2α είναι βυθισμένο κατά περίπου 90%, διότι η πυκνότητα του πάγου είναι $0,9\text{g/cm}^3$. Αυτό είναι ένα συνεχές πρόβλημα για τους ναυτικούς, διότι το μεγάλο βυθισμένο τμήμα του παγόβουνου είναι μη ορατό από την επιφάνεια του νερού και γι' αυτό οι ναυτικοί δεν γνωρίζουν πόσο μπορούν να το πλησιάσουν. Το διάσημο επιβατηγό πλοίο *Τιτανικός* βυθίστηκε, διότι συγκρούστηκε με το τμήμα ενός παγόβουνου που βρισκόταν κάτω από την επιφάνεια του νερού.

Αναδόμηση

Πα να αποφασίσουν οι μαθητές αν ένα σώμα επιπλέει ή αν είναι βυθισμένο, είναι σημαντικό να λάβουν υπόψη τους ολόκληρο το σώμα. Αν δεν λάβουν υπόψη τους ότι ένα μέρος του παγόβουνου βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και το υπόλοιπο κάτω απ' αυτή, όπως φαίνεται στην Εικόνα 14.2α, αλλά λάβουν υπόψη τους ολόκληρο το παγόβουνο, τότε η απόφασή τους διευκολύνεται, διότι είναι σαφές ότι επιπλέει. Επίσης ενθαρρύνετε τους μαθητές να εξετάζουν την κατακόρυφη κίνηση του σώματος μέσα στο νερό αν το βυθίσουμε και το αφήσουμε ελεύθερο: Αν το σώμα κινηθεί προς τα πάνω τότε θα επιπλεύσει, ενώ αν κινηθεί προς τα κάτω, θα βυθιστεί. Τέλος αν μείνει ακίνητο στο βάθος όπου τα αφήσαμε, λέμε επίσης ότι επιπλέει. Χρη-

σιμοποιήστε ερωτήσεις κλειστού τύπου για εξασκήσετε την κρίση των μαθητών. Αυτή η εξάσκηση βοηθά τους μαθητές να αντιληφθούν σιγά-σιγά την επιστημονική άποψη. Για παράδειγμα ενδεικτικός διάλογος μεταξύ ενός δασκάλου και ενός μαθητή με λανθασμένες αντιλήψεις είναι ο εξής:

Δάσκαλος: *Τα παγόβοννα επιπλέουν ή είναι βυθισμένα;*

Μαθητής: Η κορυφή τους επιπλέει και η βάση τους είναι βυθισμένη.

Δάσκαλος: *Αν ρίξουμε ένα νόμισμα μέσα σε νερό, το νόμισμα θα βυθιστεί ή θα επιπλεύσει;*

Μαθητής: Θα βυθιστεί διότι θα κινηθεί προς τα κάτω.

Δάσκαλος: *Όταν ένα πλοίο σιγά-σιγά εξαφανίζεται μέσα στο νερό, επιπλέει ή είναι βυθισμένο;*

Μαθητής: Ακόμα κι αν ένα μικρό μέρος του διακρίνεται πάνω από την επιφάνεια του νερού, είναι βυθισμένο, διότι κινείται προς τα κάτω.

Δάσκαλος: *Τι συμβαίνει λοιπόν με τα παγόβοννα;*

Μαθητής: Λοιπόν, επειδή δεν κινούνται προς τα κάτω, επιπλέουν.

Η επιστημονική άποψη σχετικά με την πλευση και τη βύθιση είναι δυνατό να ενδυναμωθεί στην αντίληψη των μαθητών όταν οι μαθητές συμμετέχουν σε δραστηριότητες, για παράδειγμα όταν ζυγίζουν διάφορα αντικείμενα που επιπλέουν ή αντικείμενα που βυθίζονται σε νερό της βρύσης ή σε αλατόνερο. Αν στους μαθητές δώσουμε την ευκαιρία να κατασκευάσουν και να χρησιμοποιήσουν συσκευές, όπως είναι ο **δύτης του Καρτέσιου**, τους βοηθάμε να κατανοήσουν ακόμα καλύτερα το φαινόμενο της πλευσης και της βύθισης. Σημειώστε ότι μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα μοντέλο παγόβοννου παγώνοντας ένα χάρτινο κουτί με γάλα.

Πηγές: Biddulph και Osborne (1984)· Carr κ.ά. (1994)· Joung (2009).

14.3 Περισσότερα στοιχεία για την πλευση

Παρανόηση

Το ξύλο είναι πιο πυκνό από το νερό.

Η επιστημονική άποψη

Η αντίληψη που διαμορφώνουν οι μαθητές για την έννοια πυκνότητα ίσως διαφέρει από αυτή που περιλαμβάνεται στον επιστημονικό ορισμό. Όπως μελετήσαμε στην Ενότητα 14.1, η πυκνότητα ενός σώματος είναι το πηλίκο της μάζας του προς τον όγκο

του. Φανταστείτε ότι διαθέτετε δείγματα διαφόρων υλικών και κάθε δείγμα έχει σχήμα κύβου όγκου ακριβώς 1cm^3 . Αισθάνεστε ότι ορισμένοι από αυτούς του κύβους, όπως είναι του χρυσού (πυκνότητα 19.3cm^3), του βολφραμίου (19.3cm^3) και του μολύβδου (11.3cm^3), είναι βαρύτεροι από τους υπόλοιπους, διότι αποτελούνται από υλικά μεγάλης πυκνότητας. Αντιθέτως αισθάνεστε ότι κύβοι που αποτελούνται από υλικά μικρότερης πυκνότητας, όπως είναι το σαπούνι (0.8cm^3), το λάστιχο (0.4cm^3) και το φελιζόλ (0.03cm^3), είναι ελαφρότεροι. Στα υλικά με ενδιαμέση τιμή πυκνότητας περιλαμβάνονται το γυαλί (2.6cm^3), το μπετόν (2.4cm^3), το αλουμίνιο (2.7cm^3) και το τιτάνιο (4.5cm^3).

Ορισμένοι μαθητές συνδέουν σωστά την πυκνότητα ενός σώματος με το βάρος του σε σχέση με το μέγεθός τους. Όμως αν τους ρωτήσετε, αν το ξύλο είναι πυκνότερο από το νερό συνήθως απαντούν ότι το ξύλο είναι πυκνότερο. Αυτή η απάντηση πιθανόν στηρίζεται στο γεγονός ότι το ξύλο είναι πυκνό και σκληρό ενώ το νερό φαίνεται να έχει λιγότερη υλικότητα και είναι μαλακό. Αυτή η αντίληψη ενισχύεται αν σηκώσουμε ένα βαρύ ξύλινο έπιπλο. Ωστόσο συγκρίνοντας τις τιμές της πυκνότητας διαπιστώνουμε ότι το νερό (1.0cm^3) είναι σημαντικά πυκνότερο από τα συνηθισμένα είδη ξύλου, όπως είναι του πεύκου (0.4cm^3) και της φτελιάς (0.6cm^3). Ακόμα και τα σχετικά βαριά είδη ξύλου, όπως είναι το τικ (0.7cm^3) και το μαόνι (0.8cm^3) είναι λιγότερο πυκνά από το νερό. Τέλος πολύ ελαφρά είδη ξύλου, όπως είναι η μπάλσα² (0.1cm^3), έχουν πολύ μικρή πυκνότητα.

Μπορούμε με απλό τρόπο να διαπιστώσουμε αν ένα υλικό είναι πυκνότερο από το νερό δοκιμάζοντας αν ένα δείγμα από αυτό το υλικό επιπλέει. Αν μέσα σ' ένα δοχείο μεταγγίσουμε υγρά διαφορετικών πυκνοτήτων που δεν αναμειγνύονται μεταξύ τους, καθένα από αυτά διαχωρίζεται από τα υπόλοιπα και σχηματίζονται διαφορετικά στρώματα: όσο πυκνότερο είναι ένα υγρό τόσο πλησιέστερα στον πυθμένα ισορροπεί (Εικόνα 14.3α).³ Ομοίως επειδή όλα τα είδη ξύλου που αναφέραμε προηγουμένως επιπλέουν στο νερό, συμπεραίνουμε ότι το νερό είναι πυκνότερο από αυτά. Δηλαδή το νερό σχηματίζει ένα «στρώμα» κάτω από το ξύλο και το σπρώχνει προς τα πάνω. Παρεμπιπτόντως υπάρχουν λίγα είδη ξύλου που είναι βαρύτερα από το νερό, και γι' αυτό βυθίζονται μέσα σ' αυτό, όπως είναι ο έβενος (1.1cm^3) και το leadwood⁴ (1.4cm^3). Επίσης, κάποια αρκετά πορώδη ξύλα, εάν παραμείνουν στο νερό μεγάλα διαστήματα κάποια στιγμή βυθίζονται: π.χ. το ξύλο bogwood⁵ εί-

2. (ΣΤΕ): Το δένδρο μπάλσα φύεται στη Λατινική Αμερική.

3. Σημειώστε ότι αυτό το διάγραμμα είναι καθαρά για πληροφοριακούς λόγους. Το κρεόζωτο και ο υδράργυρος είναι βλαβερές ουσίες και δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται με αυτό τον τρόπο στην αίθουσα διδασκαλίας.

4. (ΣΤΕ): Ξύλο από δένδρο της Αφρικής, το μοναδικό ξύλο στον κόσμο που βυθίζεται στο νερό.

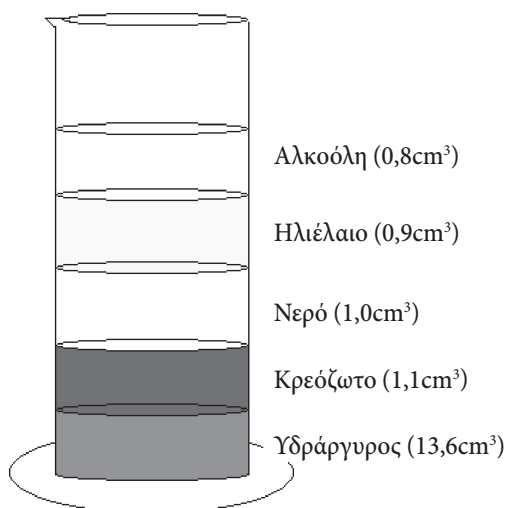
5. (ΣΤΕ): Ξύλο από τυρφώνα.

ναι άριστο για τα ενυδρεία, διότι βυθίζεται αμέσως και πάει στον πυθμένα χωρίς να χρειαστεί προσθήκη βάρους.

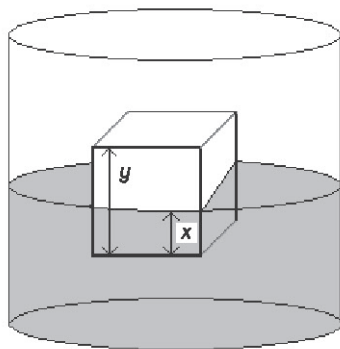
Αναδόμηση

Οι μαθητές είναι δυνατό να εκτελέσουν μια δραστηριότητα όπου θα προβλέψουν τι θα συμβεί αν διάφορα είδη ξύλου τοποθετηθούν μέσα σε νερό και κατόπιν θα ελέγξουν τις προβλέψεις τους στην πράξη. Κατά τη διάρκεια της συζήτησης των συμπερασμάτων τους εξηγήστε τους ότι ένα είδος ξύλου για να επιπλέει θα πρέπει να έχει μικρότερη ή ίση πυκνότητα με την πυκνότητα του νερού· ενώ για να βυθίζεται η πυκνότητά του θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από του νερού. Μπορούμε να βρούμε έβενο σε αγορασμένες συλλογές κύβων διαφόρων υλικών που υπάρχουν στα Δημοτικά Σχολεία, ή σε όργανα για πειράματα στατικού **ηλεκτρισμού** αφού ο έβενος χρησιμοποιείται ως μονωτικό υλικό. Επίσης θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν παλιά μαύρα πλήκτρα πιάνου.

Είναι δυνατό να επεκτείνουμε αυτή τη δραστηριότητα ζητώντας από τους μαθητές για κάθε δείγμα να μετρήσουν το ποσοστό του όγκου του ξύλου που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια του νερού σε σχέση με τον συνολικό όγκο του και κατόπιν να κατατάξουν τα υλικά με βάση αυτό το ποσοστό, δηλαδή με βάση την «ικανότητα πλεύσης». Κατόπιν ζητάμε από τους μαθητές να συγκρίνουν την τιμή της πυκνότητας κάθε ξύλου με το ποσοστό που υπολόγισαν προηγουμένως και να διαπιστώσουν ότι όσο μικρότερη είναι η πυκνότητα ενός σώματος, τόσο καλύτερα επιπλέει και τόσο μεγα-



Εικόνα 14.3α Υγρά διαφορετικών πυκνοτήτων σχηματίζουν στρώματα (με την προϋπόθεση ότι τα υγρά γειτονικών στρωμάτων δεν αναμειγνύονται μεταξύ τους)



Εικόνα 14.3β Πυκνότητα και ικανότητα πλεύσης

λύτερο ποσοστό του βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του νερού, και αντιστρόφως (Εικόνα 14.3β).

Μπορούμε να ετοιμάσουμε έναν κύλινδρο όπως αυτός της Εικόνας 14.3α χρησιμοποιώντας ασφαλέστερα υγρά για τους μαθητές, όπως είναι το μαγειρικό λάδι, το σιρόπι και το νερό.

Για να διαλύσετε την παρανόηση των μαθητών ότι το νερό είναι υλικό μικρής πυκνότητας, ζητήστε από μαθητές μεγάλων τάξεων του Δημοτικού (KS2) να προσπαθήσουν να σηκώσουν ένα δοχείο, π.χ. 15 λίτρων, γεμάτο με νερό. Βεβαίως κατά τη διάρκεια αυτής της δραστηριότητας θα πρέπει να έχετε λάβει όλα τα απαραίτητα μέτρα για την ασφάλεια των μαθητών.

Πηγή: Galili και Bar (1997).

14.4 Ένα σώμα μπορεί να χάσει το βάρος του;

Παρανόηση

Όταν ένα σώμα επιπλέει στο νερό, δεν έχει βάρος.

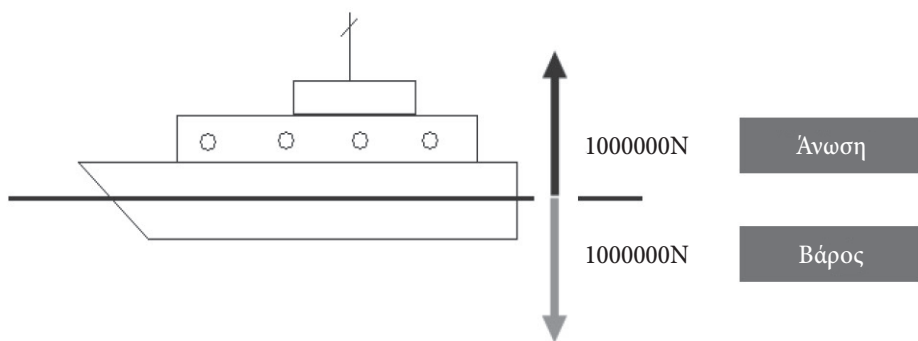
Η επιστημονική άποψη

Διαθέτοντας την εμπειρία της κολύμβησης ορισμένοι μαθητές νομίζουν ότι τα σώματα που επιπλέουν χάνουν το βάρος τους ή ότι το βάρος τους έχει γίνει αμελητέο. Αν τους ζητήσετε λοιπόν να αναφέρουν ποιες δυνάμεις ασκούνται σ' ένα σώμα που επιπλέει, είναι πιθανό να σας απαντήσουν ότι δεν ασκείται οποιαδήποτε δύναμη. Επειδή, όπως εξηγήσαμε στην Ενότητα 13.6, κάθε σώμα έλκεται συνεχώς προς τη Γη μέσω

μιας δύναμης που ονομάζεται βάρος, αυτή η δύναμη δρα πάνω μας ακόμα κι όταν κολυμπάμε, όπως συμβαίνει και σε κάθε σώμα που επιπλέει. Όταν κολυμπάμε, η φαινομενική αίσθηση της έλλειψης βάρους οφείλεται στο γεγονός ότι το νερό με κάποιο τρόπο στηρίζει το σώμα μας. Πράγματι το νερό σπρώχνει προς τα επάνω κάθε σώμα που είναι εν μέρει ή ολόκληρο βυθισμένο σ' αυτό, με μια δύναμη που ονομάζεται *άνωση*. Όταν το σώμα μένει ακίνητο, επειδή δεν υπάρχει κίνηση προς τα πάνω ή προς τα κάτω, οι δυνάμεις εξισορροπούνται μεταξύ τους. Το βάρος λοιπόν είναι ίσο με την άνωση (Εικόνα 14.4α).⁶

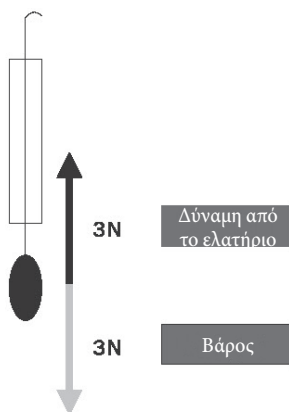
Η παρανόηση είναι δυνατό να αποκαλυφθεί κατά τη διάρκεια πειραμάτων στα οποία χρησιμοποιούνται δυναμόμετρα, για τη μελέτη των δυνάμεων που ασκούνται σε σώματα βυθισμένα σε νερό. Όταν ζυγίσουμε στον αέρα ένα μεταλλικό αντικείμενο βάρους 3N, στο αντικείμενο ασκούνται δύο δυνάμεις ίσου μέτρου: το βάρος του σώματος με κατεύθυνση προς τα κάτω και η δύναμη από το ελατήριο του δυναμόμετρου, με κατεύθυνση προς τα πάνω. Το δυναμόμετρο δείχνει τη δύναμη την οποία ασκεί στο σώμα, δηλαδή 3N.

Όταν το αντικείμενο βυθιστεί εξολοκλήρου στο νερό υπάρχει φαινομενική απώλεια βάρους και η ένδειξη του δυναμόμετρου είναι 2N. Μάλιστα όλο το σύστημα φαίνεται λιγότερο βαρύ. Οι μαθητές λοιπόν είναι δυνατό να συμπεράνουν ότι λόγω του νερού το αντικείμενο έγινε ελαφρότερο (Εικόνα 14.4γ). Όμως επειδή το αντικείμενο έμεινε το ίδιο, έλκεται από τη Γη με την ίδια δύναμη. Το βάρος του λοιπόν παρέμεινε 3N. Συγχρόνως το νερό στηρίζει το αντικείμενο ασκώντας άνωση 1N. Ασκούνται λοιπόν δύο δυνάμεις με κατεύθυνση προς τα πάνω και μια δύναμη προς τα κάτω που αλ-



Εικόνα 14.4α Οι δυνάμεις που δρουν σ' ένα σώμα που επιπλέει εξισορροπούνται μεταξύ τους

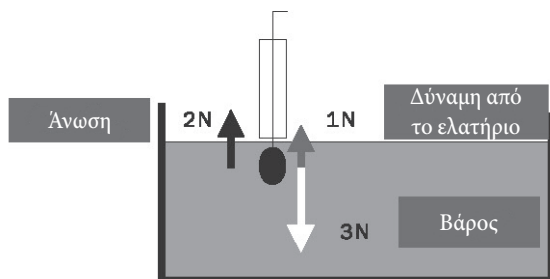
6. Σημειώστε ότι στα διαγράμματα αυτής της ενότητας τα βέλη των δυνάμεων δεν αγγίζουν τα σώματα στα οποία ασκούνται. Αν και αυτή η σχεδίαση είναι αντισυμβατική, μ' αυτό τον τρόπο τα διαγράμματα ερμηνεύονται ευκολότερα.



Εικόνα 14.4β Οι δυνάμεις που δρουν σε ένα μεταλλικό αντικείμενο, όταν το ζυγίζουμε στον αέρα χρησιμοποιώντας δυναμόμετρο

ληλοεξουδετερώνονται ($2\text{N} + 1\text{N} = 3\text{N}$), με αποτέλεσμα το σύστημα να ισορροπεί και να παραμένει ακίνητο.

Ο λόγος λοιπόν που ένα σώμα φαίνεται ελαφρότερο όταν εν μέρει ή ολόκληρο βυθίζεται στο νερό είναι η άνωση η οποία ωθεί το σώμα προς τα πάνω αντίθετα από το βάρος του σώματος. Γι' αυτό είναι ευκολότερο να σηκώσουμε μια πέτρα από το βυθό παρά από την παραλία, αν και το βάρος μιας βυθισμένης πέτρας δεν είναι μικρότερο απ' όσο είναι όταν η πέτρα βρίσκεται στην παραλία, διότι πρόκειται για το ίδιο σώμα, είτε βρίσκεται μέσα στο νερό είτε έξω από αυτό. Ο μόνος τρόπος για να ελαττώσουμε το βάρος του σώματος είναι να το σπάσουμε σε μικρότερα κομμάτια. Παρατηρήστε ότι στην περίπτωση της Εικόνας 14.4γ το βάρος είναι μεγαλύτερο από την άνωση και γι' αυτό, αν ξεκρεμάσουμε το μεταλλικό σώμα από το δυναμόμετρο (οπότε δεν ασκείται πλέον δύναμη από το δυναμόμετρο) και αφήσουμε το σώμα στο νερό, το σώμα βυθίζεται. Αν η άνωση είναι ίση με το βάρος, όπως στην περίπτωση της Εικόνας 14.4α, το αντικείμενο επιπλέει, επειδή οι δυνάμεις θα εξισορροπούνται μεταξύ τους.



Εικόνα 14.4γ Οι δυνάμεις που δρουν σε ένα σώμα βυθισμένο σε υγρό

Στην Ενότητα 14.1 αναφέραμε ότι ένα σώμα επιπλέει ή βυθίζεται ανάλογα με το αν η πυκνότητά του είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την πυκνότητα του νερού. Πιο σύνθετος τρόπος για να μελετήσουμε αυτό το φαινόμενο είναι με τη βοήθεια της άνωσης και του νερού που εκτοπίζεται από το σώμα, όταν το σώμα βυθίζεται σ' αυτό. Η γραμμοσκιασμένη περιοχή που φαίνεται στην Εικόνα 14.1γ παριστάνει τον όγκο του νερού που εκτοπίζεται από την ατσάλινη σφαίρα, η οποία είναι βυθισμένη μέσα στο νερό. Μπορούμε εύκολα να μετρήσουμε τον όγκο του νερού που εκτοπίζεται, βυθίζοντας το σώμα μέσα σ' ένα δοχείο που είναι γεμάτο με νερό μέχρι το χείλος του δοχείου και ζυγίζοντας το νερό που εκτοπίζεται. Αν η σφαίρα επιπλέει και το νερό που εκτοπίζεται ζυγίζει π.χ. 80N, μπορούμε με απόλυτη ακρίβεια να προβλέψουμε ότι η σφαίρα ζυγίζει επίσης 80N. Αυτή η μέθοδος ακριβούς πρόβλεψης οφείλεται στις μελέτες του Αρχιμήδη, ο οποίος, τον 3ο αιώνα π.Χ., ανακάλυψε ότι όταν ένα σώμα επιπλέει, το βάρος του νερού που εκτοπίζεται είναι ακριβώς ίσο με το βάρος του σώματος. Δηλαδή όταν μια ατσάλινη σφαίρα βάρους 80N επιπλέει, εκτοπίζει νερό βάρους 80N. Επιπλέον η άνωση την οποία ασκεί το νερό είναι ακριβώς ίση με το βάρος του νερού που εκτοπίζεται, δηλαδή 80N, κι αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η σφαίρα ισορροπεί. Αν η κούφια σφαίρα ήταν φτιαγμένη από μόλυβδο, θα βυθιζόταν περισσότερο μέσα στο νερό. Αν αφήσουμε τη σφαίρα στο νερό και η σφαίρα βυθιστεί ολόκληρη, αυτό συμβαίνει διότι το εκτοπιζόμενο νερό έχει βάρος π.χ. 200N και η σφαίρα 300N. Συνοψίζοντας, αν το βάρος του εκτοπιζόμενου νερού είναι μικρότερο από το βάρος του σώματος, το νερό δεν μπορεί να στηρίξει το σώμα και το σώμα βυθίζεται. Αν το βάρος του εκτοπιζόμενου νερού *είναι ίσο* με το βάρος του σώματος, το σώμα επιπλέει.

Υπάρχουν κι άλλες παρανοήσεις που συνδέονται με λανθασμένες αντιλήψεις για την έννοια *άνωση*. Ορισμένοι μαθητές πιστεύουν ότι τα πλοία επιπλέουν, διότι τα στηρίζουν μόνιμα ρεύματα νερού που κατευθύνονται προς τα πάνω ή διότι ασκούνται δυνάμεις από τα κουπιά ή από τις μηχανές των πλοίων. Άλλοι πιστεύουν ότι το βάθος του νερού κάτω από ένα αντικείμενο είναι αποφασιστικός παράγοντας για το αν το αντικείμενο θα επιπλεύσει ή θα βυθιστεί, δηλαδή πιστεύουν ότι ένα αντικείμενο είναι δυνατό να επιπλέει σε ρηχό νερό και να βυθίζεται σε βαθύ. Άλλοι θεωρούν ότι, όταν ένα σώμα είναι ολόκληρο βυθισμένο στο νερό, η άνωση αυξάνεται με το βάθος στο οποίο βρίσκεται το σώμα. Λανθασμένη είναι επίσης η αντίληψη ότι όσο μεγαλύτερη είναι η βάση του σώματος ή όσο μεγαλύτερο είναι το βάρος του, τόσο μεγαλύτερη είναι η άνωση.

Διάσημοι επιστήμονες

Ο Αρχιμήδης και το χρυσό στέμμα του βασιλιά. Ο βασιλιάς των Συρακουσών⁷ ζήτησε από τον Αρχιμήδη να ελέγξει αν το βασιλικό στέμμα ήταν πράγματι από χρυσό. Επειδή ο χρυσός έχει πολύ μεγαλύτερη πυκνότητα από τα συνηθισμένα υλικά, απλός τρόπος ελέγχου θα ήταν αρχικά να ζυγίσουν το στέμμα, να το λιώσουν, να το διαμορφώσουν σε κύβο και να μετρήσουν τον όγκο του και να υπολογίσουν την πυκνότητά του. Βέβαια αυτός ο τρόπος δεν ήταν εφικτός. Ο Αρχιμήδης λοιπόν αφού μελέτησε το πρόβλημα, βρήκε έναν άλλο τρόπο μια μέρα καθώς έκανε μπάνιο. Σκέφθηκε ότι αν το στέμμα βυθιζόταν ολόκληρο σε νερό, ο όγκος του νερού που θα εκτοπιζόταν θα ήταν ακριβώς ίσος με τον όγκο του στέμματος και τότε άρχισε να φωνάζει «Εύρηκα, εύρηκα» (*Το Βρήκα, το βρήκα*). Από τότε αυτή φράση παραμένει διάσημη.

Αναδόμηση

Αν οι μαθητές έχουν διδαχθεί και έχουν κατανοήσει την ιδέα της αμοιβαίας εξισορρόπησης των δυνάμεων, χρήσιμος τρόπος για να εκμαιεύσουμε την παρανόηση που μελετάμε είναι να ζητήσουμε από τους μαθητές αν αναφέρουν ποιες δυνάμεις ασκούνται σ' ένα ακίνητο πλοίο που επιπλέει. Είναι πιθανόν λοιπόν ορισμένοι μαθητές να απαντήσουν ενστικτωδώς ότι δεν ασκείται καμία δύναμη ή ότι ασκείται μόνο το βάρος. Τότε υπενθυμίστε τους ότι, επειδή το πλοίο μένει ακίνητο, θα πρέπει να υπάρχουν δυνάμεις που εξισορροπούνται μεταξύ τους, δηλαδή υπάρχει ένα σώμα το οποίο συνεχώς ασκεί στο πλοίο μια δύναμη προς τα πάνω, ίση με το βάρος του πλοίου, αλλιώς το πλοίο θα βυθιζόταν, και ότι αυτή τη δύναμη την ονομάζουμε άνωση. Επίσης είναι καλή πρακτική να υπενθυμίζουμε στους μαθητές ότι η άνωση δεν είναι δύναμη αντίδρασης στο βάρος πλοίου (Ενότητα 13.5).

Αν και είναι χρήσιμο να χρησιμοποιήσουμε το δυναμόμετρο για να επιδείξουμε ποσοτικά την παρουσία της άνωσης, αυτή η δραστηριότητα υπερβαίνει το Πρόγραμμα Σπουδών του Δημοτικού. Παρεμπιπτόντως επειδή οι μαθητές θα πρέπει να εξοικειωθούν με την έννοια άνωση, ορισμένοι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι αυτή η δραστηριότητα είναι επιτακτική.

Ζητώντας από τους μαθητές να προσπαθήσουν να βυθίσουν ένα φουσκωμένο μπαλόνι (ή ένα άδειο πλαστικό μπουκάλι νερού 1,5 λίτρου) μέσα σε ένα δοχείο με νερό, οι μαθητές διαπιστώνουν ότι σε ορισμένες περιπτώσεις η άνωση είναι πολύ ισχυρή. Δυσκολεύονται να βυθίσουν το μπαλόνι, διότι θα πρέπει να υπερνικήσουν την άνωση ασκώντας μια δύναμη ίση με το βάρος του νερού που εκτοπίζεται, λόγω του

7. (ΣτΕ): Στη Σικελία.

όγκου του μπαλονιού. Μπορούμε να επεκτείνουμε αυτή τη δραστηριότητα χρησιμοποιώντας ένα μπαλόνι, ίσου όγκου, γεμάτο με πάγο. Σ' αυτή την περίπτωση η μαθητές θα πρέπει να ασκήσουν πολύ μικρότερη δύναμη, διότι το βάρος του πάγου είναι πολύ μεγαλύτερο από το βάρος του μπαλονιού, με αποτέλεσμα το βάρος του πάγου να συμβάλλει στην προσπάθεια των μαθητών να σπρώξουν τον πάγο προς τα κάτω. Το μπαλόνι με τον πάγο είναι επίσης δυνατό να χρησιμοποιηθεί για να δουν οι μαθητές ότι ακόμα και τα «βαριά» σώματα είναι δυνατό να επιπλέουν.

Πηγές: Bar κ.α. (1994)· Parker και Heywood (2000).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

15.1 Με ποιους τρόπους ένα λαμπάκι μπορεί να συνδεθεί με μια μπαταρία;

Παρανόηση

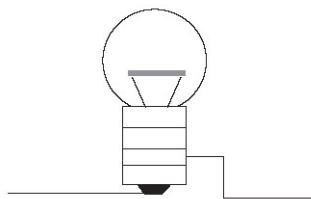
Όταν μια μπαταρία λειτουργεί, ο ηλεκτρισμός βγαίνει μόνο από το ένα ηλεκτρόδιό της.

Η επιστημονική άποψη

Παιδιά προσχολικής ηλικίας λόγω της εμπειρίας τους με ηλεκτρικά παιχνίδια αντιλαμβάνονται ότι οι μπαταρίες είναι απολύτως απαραίτητες για να λειτουργούν. Αν και δεν γνωρίζουν πώς συμβαίνει αυτό, οι μαθητές διαμορφώνουν μια σχετική άποψη παρόμοια με την αντίληψη που έχουν οι ενήλικοι για την ενέργεια, δηλαδή ότι οι μπαταρίες δίνουν κάποια «ουσία» στις συσκευές. Όταν η «ουσία» τελειώνει, η συσκευή παύει να λειτουργεί, και η μπαταρία είναι νεκρή. Συνηθισμένες εκφράσεις, όπως «η μπαταρία άδειασε» αποδίδουν αυτή τη χρήσιμη αναλογία. Ορισμένοι μαθητές συσχετίζουν αυτή την «ουσία» με κάποιο υγρό στο εσωτερικό της μπαταρίας και, όταν συνδέσουμε την μπαταρία με τη συσκευή, το υγρό ρέει στη συσκευή, όπως το νερό ρέει στους σωλήνες. Για αυτή την κατηγορία μαθητών η παρανόηση που αναφέραμε προηγουμένως είναι λογικό συμπέρασμα ενός μοντέλου που ονομάζεται μοντέλο ροής του ηλεκτρισμού μόνο από τον ένα πόλο (Εικόνες 15.1α και 15.1β).



Εικόνα 15.1α Το μοντέλο της σύνδεσης μόνο με τον ένα πόλο της μπαταρίας (παρανόηση)



Εικόνα 15.1β Σύρματα συνδεδεμένα με λάμπα

Αυτό το μοντέλο είναι λανθασμένο. Πράγματι αν και μπορούμε με απλά λόγια να παρομοιάσουμε τον ηλεκτρισμό με τη ροή του νερού, η ροή του ηλεκτρισμού είναι κυκλική. Στην Εικόνα 15.2β φαίνεται πώς ο ηλεκτρισμός εξέρχεται από το **θετικό ηλεκτρόδιο** της μπαταρίας, περνά μέσα από τα σύρματα του κυκλώματος και το λαμπάκι και τελικά μέσω του **αρνητικού ηλεκτροδίου** ξαναμπαίνει στην μπαταρία. Αν μεταξύ του θετικού και του αρνητικού ηλεκτροδίου το κύκλωμα είναι κομμένο, ο ηλεκτρισμός δεν μπορεί να περάσει μέσα από αυτό και η λάμπα δεν ανάβει.

Καθώς ο ηλεκτρισμός διατρέχει το κύκλωμα περνώντας μέσα από τα σύρματα, τις λάμπες ή άλλα στοιχεία του κυκλώματος, χάνει ενέργεια. Μετά από κάποιο χρόνο λοιπόν η μπαταρία που είναι συνδεδεμένη με το κύκλωμα παύει να λειτουργεί, διότι συνεχώς χάνει ενέργεια, συνήθως με τη μορφή θερμικής ενέργειας, ενέργειας φωτός, κινητικής ενέργειας ή ενέργειας ήχου, και τελικά θα πρέπει να αντικαταστήσουμε την μπαταρία με καινούργια.

Προσοχή στη ασφάλειά σας!

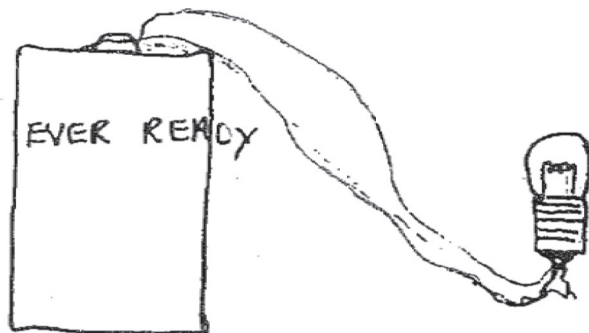
Δραστηριότητες με ηλεκτρικά κυκλώματα. Τα κυκλώματα που χρησιμοποιούνται από μαθητές του Δημοτικού συνήθως είναι αρκετά ασφαλή και ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας είναι μικρός. Αυτό συμβαίνει, διότι συνήθως οι ηλεκτρικές πηγές είναι μπαταρίες λίγων βολτ ή σε ορισμένες περιπτώσεις είναι τροφοδοτικά συνεχούς τάσης (DC) που μετατρέπουν την υψηλή τάση σε χαμηλή. Οι μαθητές κινδυνεύουν κυρίως να πάθουν έγκαυμα στην περίπτωση που δημιουργηθεί βραχυκύκλωμα. Αυτό συμβαίνει αρκετά συχνά σε αρχάριους, όταν λανθασμένα συνδέουν τα ηλεκτρόδια της μπαταρίας κατ' ευθείαν μεταξύ τους χωρίς να παρεμβάλλεται κάποιο στοιχείο, για παράδειγμα λάμπα ή βομβητής (buzzer). Σ' αυτή την περίπτωση επειδή το ηλεκτρικό ρεύμα περνά μόνο μέσα από σύρματα, η αντίσταση στο κύκλωμα είναι πολύ μικρή (δείτε επόμενη ενότητα) και σύντομα τα σύρματα και οι συνδέσεις μεταξύ τους γρήγορα ζεσταίνονται πάρα πολύ. Αυτό συνήθως συνοδεύεται από έντονη μυρωδιά καμένου πλαστικού και σε ορισμένες περιπτώσεις το πλαστικό κάλυμμα των συρμάτων αρχίζει να λιώνει με κίνδυνο πυρκαγιάς. Είναι καλή πρακτική πριν από την έναρξη της διδασκαλίας να ζητάμε από τους μα-

θητές αμέσως μόλις αντιληφθούν οσμή καμένου πλαστικού να το αναφέρουν και τότε θα πρέπει να βρείτε σε ποιο σημείο υπάρχει βραχυκύκλωμα και να το διορθώσετε. Οι μαθητές κινδυνεύουν επίσης να κοπούν από γυαλιά σπασμένης λάμπας. Γι' αυτό ζητήστε τους να μη βιδώνουν τα λαμπάκια πολύ σφιχτά στις βάσεις τους, διότι σπάνε και γι' αυτό τραυματίζονται από τα σπασμένα γυαλιά. Τέλος επισημάνετε στους μαθητές ότι δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούν τις πρίζες της τάξης. Κάποτε κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας μου εντόπισα ένα μαθητή να προσπαθεί να συνδέσει δύο σύρματα κατευθείαν μέσα στην πρίζα, οπότε το αποτέλεσμα πιθανόν να ήταν θανατηφόρο.

Αναδόμηση

Μπορούμε να δώσουμε στους μαθητές ένα λαμπάκι, δύο σύρματα και μια μπαταρία και να τους ζητήσουμε να ανάψουν το λαμπάκι με ελάχιστη βοήθεια από το δάσκαλο. Αυτή η δραστηριότητα είναι κατάλληλη για να εκμαιεύσουμε την παρανόηση που αφορά το μοντέλο ροής του ηλεκτρισμού μόνο από τον ένα πόλο, διότι ορισμένοι μαθητές αρχικά θα προσπαθήσουν να ανάψουν το λαμπάκι ακουμπώντας ένα σύρμα στον ένα πόλο της μπαταρίας. Με δοκιμή και απόρριψη θα διαπιστώσουν ότι χρειάζεται να συνδέσουν και τους δύο πόλους της μπαταρίας με τη λάμπα. Μ' αυτό τον τρόπο οικοδομούν το σωστό επιστημονικό μοντέλο για τη λειτουργία ενός κυκλώματος. Πρέπει ωστόσο να επισημάνουμε ότι, αν και αυτή η δράση είναι άριστη για να απορριφθεί το μοντέλο του ενός πόλου, δεν βοηθά τους μαθητές να απορρίψουν την παρανόηση ότι τα ρεύματα συγκρούονται μεταξύ τους, καθώς και ότι καταναλώνονται (Ενότητα 15.2 και 15.3).

Συχνά οι μαθητές χρειάζονται καθοδήγηση για να ανάψουν το λαμπάκι, διότι τα σύρματα είναι απαραίτητο να έρθουν σε επαφή με τη λάμπα σε δύο συγκριμένα σημεία: στο εξωτερικό βιδωτό μεταλλικό περίβλημα και στη μικρή μεταλλική περιοχή



Εικόνα 15.1γ Σχέδιο μαθητή (ηλικίας 10 χρόνων) στο οποίο ο μαθητής πιθανόν απεικονίζει το μοντέλο της σύνδεσης μόνο με τον ένα πόλο (παρανόηση) (Osborne κ.ά., 1991, σελ. 32)

που υπάρχει στο κάτω μέρος της λάμπας (Εικόνα 15.1β). Επειδή ορισμένοι μαθητές ενώνουν το σύρμα με το γυάλινο περίβλημα της λάμπας, μπορούμε να επικαλεστούμε τις παρατηρήσεις τους, όταν διδάξουμε τη διάκριση των υλικών σε αγωγούς και μονωτές. Χρησιμοποιήστε κάμερα υπολογιστή για να προβάλλετε σε οθόνη τα σημεία της λάμπας στα οποία πρέπει να συνδεθούν τα σύρματα.

Αν και σύμφωνα με το Πρόγραμμα Σπουδών στη Μεγάλη Βρετανία ο ηλεκτρισμός εισάγεται στην 4η Δημοτικού, ακόμα και μαθητές πρώτης και δευτέρας μπορούν να κατασκευάσουν τα δικά τους κυκλώματα. Αν ο εκπαιδευτικός διαθέσει σε μικρούς μαθητές μπαταρίες, λαμπάκια, ηλεκτρικούς κινητήρες, βομβητές, λαμπτήρες LED κ.ά., οι μαθητές μπορούν με τη βοήθειά του να παρατηρήσουν τι συμβαίνει όταν διαφορετικά στοιχεία συνδεθούν μεταξύ τους, σε απλό ηλεκτρικό κύκλωμα. Μια καλή ιδέα για να εισαχθούν μικροί μαθητές στον ηλεκτρισμό είναι η ανάγνωση της ιστορίας *The Lighthouse Keeper's Lunch* της Ronda Armitage και της ιστορίας *Oscar and the Bird* του Geoff Waring.

Πηγές: Armitage (2007)· Driver (1983)· Tiberghien και Delacote (1976)· Waring (2009).

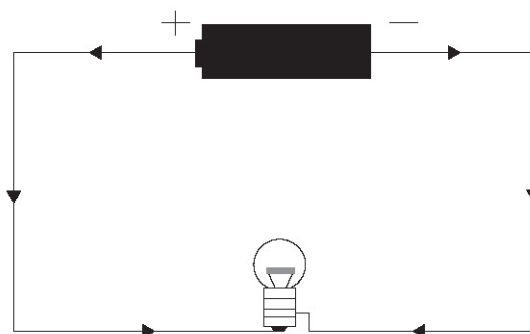
15.2 Πώς ο ηλεκτρισμός διατρέχει το κύκλωμα;

Παρανόηση

Ο ηλεκτρισμός βγαίνει και από τα δύο άκρα της μπαταρίας.

Η επιστημονική αντίληψη

Όπως συζητήσαμε στην Ενότητα 15.1, συνήθως οι μαθητές αντιλαμβάνονται ότι κάποια «ουσία» της μπαταρίας καταναλώνεται στις συσκευές και μπορεί να δομήσουν την αναλογία με ένα υγρό που φεύγει από την μπαταρία, ρέει μέσα στα σύρματα, μπαίνει μέσα στα στοιχεία του κυκλώματος, για παράδειγμα σε μια λάμπα, και τα κάνει να δουλεύουν. Αυτό το μοντέλο του σωλήνα μπορεί να συμπληρωθεί με την άποψη ότι ο ηλεκτρισμός βγαίνει κι από τα δύο άκρα της μπαταρίας κι έτσι τροφοδοτούνται οι συσκευές. Αυτό το μοντέλο είναι πιο προχωρημένο από το μοντέλο της σύνδεσης μόνο με τον ένα πόλο και πιθανόν στηρίζεται στη σωστή άποψη των μαθητών ότι για να λειτουργήσει ένα στοιχείο θα πρέπει να συνδεθεί και με τους δύο πόλους της μπαταρίας. Σ' αυτή την περίπτωση επειδή οι μαθητές θεωρούν ότι στο μέσο του κυκλώματος ο ηλεκτρισμός που προέρχεται από τον ένα πόλο συναντά τον ηλεκτρισμό που προέρχεται από τον άλλο, αυτό το μοντέλο ονομάζεται μοντέλο της σύγκρουσης των ηλεκτρικών ρευμάτων και πρόκειται για μη επιστημονική άποψη (Εικόνα 15.2α).



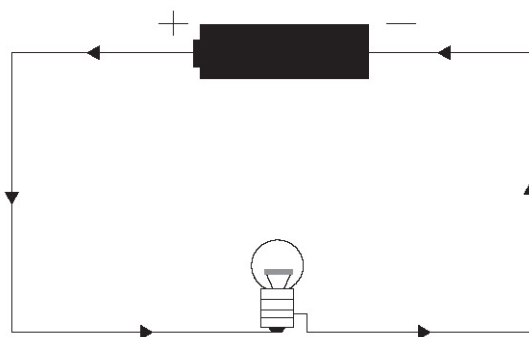
Εικόνα 15.2α Το μοντέλο της σύγκρουσης των ηλεκτρικών ρευμάτων (παράνοηση)

Αν και η αναλογία της ροής του νερού βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν πώς ο ηλεκτρισμός ρέει μέσα σ' ένα κύκλωμα, οι μαθητές είναι προτιμότερο να φαντάζονται ότι το νερό/ηλεκτρισμός ρέει σε κλειστό βρόχο, όπως τα αυτοκίνητα Φόρμουλα 1 κινούνται συνεχώς στην ίδια διαδρομή και προς την ίδια κατεύθυνση. Ο ηλεκτρισμός φεύγει μόνον από τον θετικό ακροδέκτη της μπαταρίας, διαρρέει τα σύρματα, περνώντας μέσα από τα στοιχεία του κυκλώματος, και κατόπιν επιστρέφει στον αρνητικό ακροδέκτη (Εικόνα 15.2β). Όταν αναφερθήκαμε στο μοντέλο της σύνδεσης μόνο με τον ένα πόλο της μπαταρίας, εξηγήσαμε ότι τελικά η μπαταρία τελειώνει, διότι η ενέργειά της χάνεται στο περιβάλλον.

Αναδόμηση

Αν και η κατανόηση της κατεύθυνσης του ηλεκτρικού ρεύματος ξεφεύγει από το Πρόγραμμα Σπουδών του Δημοτικού, ο δάσκαλος είναι σημαντικό να διακρίνει και να διορθώνει σχετικές παρανοήσεις, όπως είναι το μοντέλο της σύγκρουσης των ηλεκτρικών ρευμάτων. Για να δείξουμε με πρακτικό τρόπο ποια διαδρομή ακολουθεί ο ηλεκτρισμός μέσα σ' ένα κύκλωμα μπορούμε να συνδέσουμε σε σειρά με τα στοιχεία του κυκλώματος ένα απλό **πολύμετρο**, διότι αυτό το όργανο δείχνει θετικές ή αρνητικές τιμές, ανάλογα με την κατεύθυνση του ρεύματος.

Επίσης αν ζητήσουμε από τους μαθητές να συνδέσουν λαμπάκια LED σε διαφορετικά σημεία του κυκλώματος θα διαπιστώσουν ότι σε κάποια σημεία τα LED ανάβουν και σ' άλλα όχι. Αυτό συμβαίνει διότι τα LED ανάβουν μόνο όταν το ρεύμα έχει συγκεκριμένη κατεύθυνση, δηλαδή μοιάζουν με δρόμο στον οποίο επιτρέπεται η κίνηση μόνο προς τη μία κατεύθυνση. Χρησιμοποιώντας λοιπόν οι μαθητές αυτές τις παρατηρήσεις μπορούν να σχεδιάσουν μια εικόνα του κυκλώματος στην οποία να φαίνεται η κατεύθυνση που θεωρούν ότι είναι η κατεύθυνση του ηλεκτρικού ρεύματος.



Εικόνα 15.2β Το επιστημονικό μοντέλο της συμβατικής ροής του ηλεκτρισμού

15.3 Τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα;

Παρανόηση

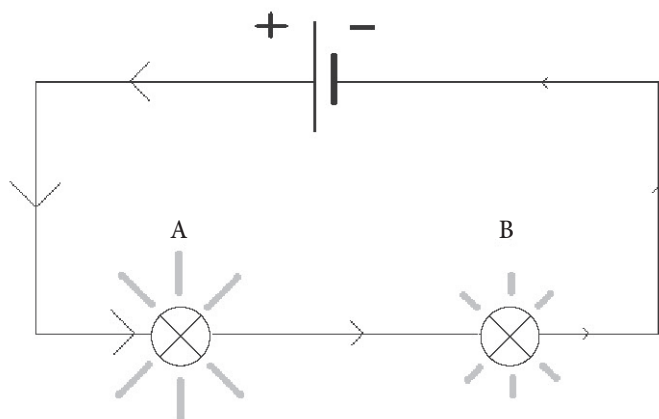
Στα κυκλώματα καταναλώνεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Η επιστημονική άποψη

Στην Εικόνα 15.3α¹ φαίνεται πώς ορισμένοι μαθητές απεικονίζουν το ηλεκτρικό ρεύμα σ' ένα απλό κύκλωμα συνεχούς ρεύματος, που αποτελείται από μία μπαταρία, δύο λάμπες και τρία σύρματα. Φαίνεται λοιπόν ότι κατανοούν (σωστά) ότι ο «ηλεκτρισμός» ή το ρεύμα βγαίνει από τον έναν ακροδέκτη της μπαταρίας, διαρρέει το κύκλωμα, περνώντας μέσα από τις λάμπες και τα σύρματα, και ξαναμπαίνει στην μπαταρία από το άλλο άκρο της. Όμως θεωρούν ότι οι λάμπες καταναλώνουν ρεύμα και γι' αυτό το ρεύμα σιγά-σιγά ελαττώνεται καθώς διατρέχει το κύκλωμα. Αυτή η αντίληψή τους φαίνεται από το ότι το μέγεθος του βέλους με το οποίο απεικονίζουν το ηλεκτρικό ρεύμα μικραίνει. Επίσης επειδή θεωρούν ότι στο δεξιό τμήμα του κυκλώματος υπάρχει λιγότερο ρεύμα, έχουν σχεδιάσει τη λάμπα Β να φωτίζει λιγότερο από την Α. Αυτά τα συμπεράσματα προκύπτουν από τη λανθασμένη αντίληψη ότι όταν ένα κύκλωμα λειτουργεί, το ηλεκτρικό ρεύμα καταναλώνεται συνεχώς. Δηλαδή προκύπτουν από το μοντέλο κατανάλωσης του ηλεκτρικού ρεύματος.

Αυτή η παρανόηση έχει ανιχνευθεί πολύ συχνά, σε ποικίλες ηλικιακές ομάδες και είναι δύσκολο να αντιμετωπιστεί. Μέσα σ' ένα απλό κύκλωμα συνεχούς ρεύματος, όπως αυτό που φαίνεται στην Εικόνα 15.3α, το ρεύμα είναι σταθερό κατά μήκος όλου του

1. Στις Ενότητες 15.3 και 15.4 για λόγους συντομίας χρησιμοποιούμε συμβατικά σύμβολα για την απεικόνιση των στοιχείων του κυκλώματος.

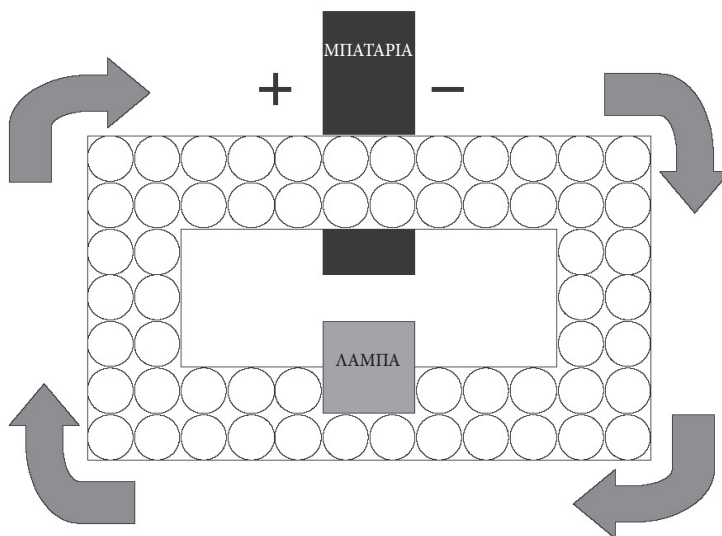


Εικόνα 15.3α Το μοντέλο κατανάλωσης του ρεύματος (παράνοηση)

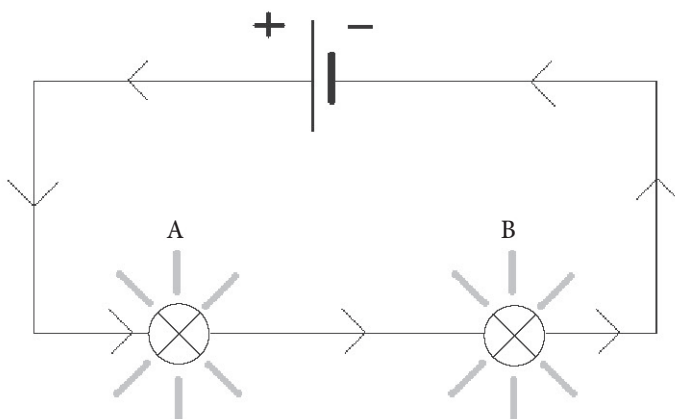
κυκλώματος. Όμως οι μαθητές για να κατανοήσουν γιατί συμβαίνει αυτό, είναι σημαντικό να σκεφτούν τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα. Ανάμεσα στα άτομα ενός μεταλλικού αγωγού, όπως είναι ένα χάλκινο σύρμα, υπάρχουν μικρά, υποατομικά σωματίδια που ονομάζονται *ηλεκτρόνια*. Τα συγκεκριμένα ηλεκτρόνια δεν συνδέονται με τα άτομα· αντίθετα μπορούν να περιπλανώνται κατά μήκος όλου του σύρματος. Τα ονομάζουμε *ελεύθερα ηλεκτρόνια* και φανταζόμαστε ότι όλα μαζί αποτελούν μια *θάλασσα ηλεκτρονίων*. Όταν συνδέουμε τους δύο ακροδέκτες της μπαταρίας με τα σύρματα για να δημιουργήσουμε ένα κύκλωμα, η θάλασσα των ηλεκτρονίων έλκεται από τον θετικό ακροδέκτη. Όλα μαζί τα ηλεκτρόνια λοιπόν κινούνται προς αυτόν, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται ηλεκτρική ροή (Εικόνα 15.3β). Κατά τη διάρκεια της κίνησής τους, επειδή τα ηλεκτρόνια περνάνε μέσα από το λεπτό νήμα βολφραμίου της λάμπας, συγκρούονται με τα άτομα του βολφραμίου και το νήμα φωτοβολεί. Κατόπιν βγαίνουν από άλλο άκρο της λάμπας, συνεχίζοντας την κίνησή τους διαμέσου του σύρματος προς τη μπαταρία. Όταν φθάσουν στο ηλεκτρόδιο της μπαταρίας μπαίνουν μέσα σ' αυτή. Συγχρόνως άλλα ηλεκτρόνια εγκαταλείπουν την μπαταρία από το άλλο ηλεκτρόδιο και μπαίνουν στο σύρμα που είναι συνδεδεμένο μ' αυτό το ηλεκτρόδιο. Μέσα στο κύκλωμα λοιπόν τα ηλεκτρόνια αναπληρώνονται και ο αριθμός τους μένει σταθερός.

Το πλήθος των ηλεκτρονίων λοιπόν από τα οποία αποτελείται το ρεύμα μένει σταθερό, δηλαδή αν και το ρεύμα είναι δυνατό να εξασθενήσει, το πλήθος των ηλεκτρονίων δεν ελαττώνεται.² Επειδή συμβαίνει αυτό, το ρεύμα στη λάμπα Α (Εικόνα 15.3γ)

2. Μετά από κάποιο χρόνο η μπαταρία σιγά-σιγά «αδειάζει» και το ρεύμα εξασθενεί. Αυτό δεν σημαίνει ότι το συνολικό πλήθος των ηλεκτρονίων στο κύκλωμα ελαττώνεται αλλά ότι ελαττώνεται το πλήθος των ηλεκτρονίων που περνούν σε ορισμένο χρονικό διάστημα από συγκεκριμένο σημείο του κυκλώματος.



Εικόνα 15.3β Απλό μοντέλο της ροής των ηλεκτρονίων μέσα σε κύκλωμα
(τα ηλεκτρόνια δεν είναι σχεδιασμένα με κλίμακα)



Εικόνα 15.3γ Το επιστημονικό μοντέλο ροής των ηλεκτρονίων

είναι ίσο με το ρεύμα στη λάμπα Β και αν μ' ένα αμπερόμετρο μετρήσουμε το ρεύμα σε οποιοδήποτε σημείο του κυκλώματος, παντού βρίσκουμε την ίδια τιμή. Επίσης επειδή η φωτοβολία μιας λάμπας δείχνει πόσο μεγάλο είναι το ρεύμα, όταν δύο λάμπες είναι συνδεδεμένες η μία μετά την άλλη, φωτοβολούν εξίσου.

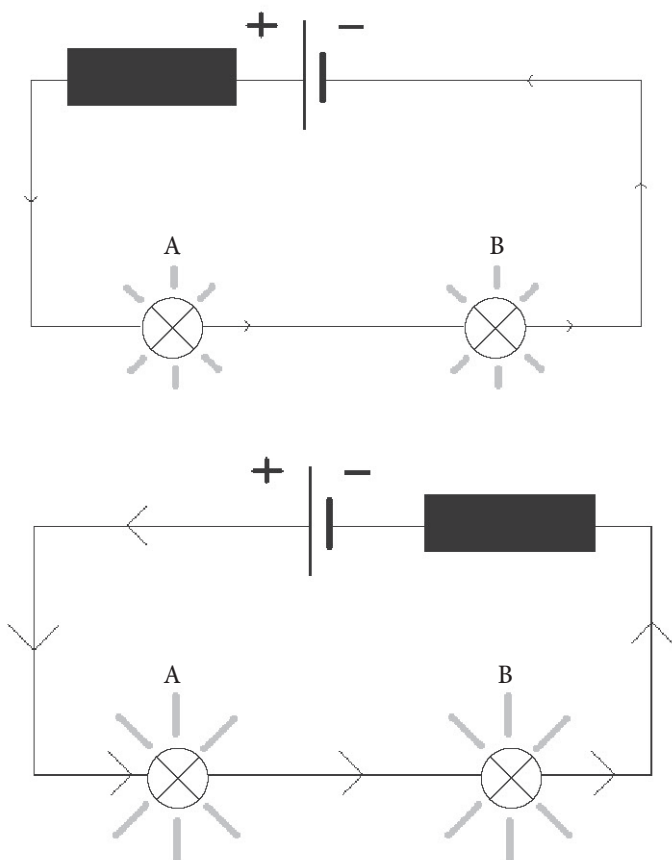
Όταν συνδέσουμε ένα κύκλωμα με μια μπαταρία, οι λάμπες του κυκλώματος αρχίζουν να φωτοβολούν αμέσως. Είναι λογικό λοιπόν να θεωρήσουμε ότι μέσα στο κύ-

κλωμα τα ηλεκτρόνια κινούνται πολύ γρήγορα. Μάλιστα συνηθισμένη άποψη είναι ότι κινούνται με την ταχύτητα του φωτός. Όμως μέσα στο κύκλωμα που φαίνεται στην Εικόνα 15.3γ τα ηλεκτρόνια κινούνται με ταχύτητα 5cm κάθε λεπτό, διότι συνεχώς συγκρούονται με τα άτομα των μετάλλων, από τα οποία αποτελούνται τα σύρματα σύνδεσης και οι λαμπτήρες, και (τα ηλεκτρόνια) επιβραδύνονται.³ Τα ηλεκτρόνια δεν είναι απαραίτητο να διατρέξουν όλη τη διαδρομή από την μπαταρία μέχρι τη λάμπα ώστε η λάμπα να αρχίσει να φωτοβολεί, διότι κάθε στιγμή μέσα στη λάμπα και στα σύρματα υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια (Εικόνα 15.3β). Η μπαταρία είναι δυνατό να παρομοιαστεί με αντλία που σπρώχνει τα ηλεκτρόνια που περνούν μέσα από αυτή. Μόλις η μπαταρία αρχίζει να σπρώχνει αυτά τα ηλεκτρόνια, αυτά με τη σειρά τους ωθούν τα υπόλοιπα, τα οποία αμέσως αρχίζουν να κινούνται. Καθώς λοιπόν περνούν μέσα από τη λάμπα, η λάμπα αμέσως φωτοβολεί.

Στα ηλεκτρικά κυκλώματα που υπάρχουν στα σπίτια η κατάσταση είναι διαφορετική, διότι ο ηλεκτρικό ρεύμα είναι **εναλλασσόμενο (AC)**, δηλαδή η φορά της ροής των ηλεκτρονίων δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται πολύ γρήγορα, 50 φορές το δευτερόλεπτο. Σ' ένα κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος αρχικά τα ηλεκτρόνια ωθούνται προς μία κατεύθυνση και κατόπιν προς την αντίθετη, με αποτέλεσμα, μέσα στο σύρμα, τα ηλεκτρόνια να κινούνται εναλλάξ προς κάθε κατεύθυνση, για μόλις λίγα χιλιοστά. Αλλά και σ' αυτή την περίπτωση, αν και τα ηλεκτρόνια δεν διανύουν μεγάλες αποστάσεις μέσα στα σύρματα, η λάμπα ανάβει, διότι η θάλασσα των ηλεκτρονίων ωθείται μέσα στο κύκλωμα εναλλάξ προς αντίθετες κατευθύνσεις.

Άλλη παρανόηση η οποία προκύπτει από το μοντέλο της κατανάλωσης του ρεύματος είναι ότι αν στο κύκλωμα, κοντά στον θετικό ακροδέκτη της μπαταρίας τοποθετήσουμε έναν **αντιστάτη**, η φωτοβολία της λάμπας ελαττώνεται, ενώ αν τον τοποθετήσουμε κοντά στον αρνητικό ακροδέκτη, η φωτοβολία της λάμπας δεν επηρεάζεται (Εικόνα 15.3δ). Αυτή η παρανόηση είναι αποτέλεσμα της αντίληψης ότι το ρεύμα που διαπερνά τη λάμπα επηρεάζεται μόνο όταν παρεμβάλλουμε κάποιο στοιχείο «πριν» από τη λάμπα, δηλαδή από την πλευρά που το ρεύμα μπαίνει στη λάμπα, όπως συμβαίνει στα ποτάμια. Όμως στην πραγματικότητα επειδή το ρεύμα ρέει σε κλειστό κύκλωμα, οπουδήποτε σε κύκλωμα συνεχούς ρεύματος κι αν τοποθετήσουμε έναν αντιστάτη, το ρεύμα θα ελαττωθεί εξίσου. Άρα σε κάθε περίπτωση η φωτοβολία των λαμπτήρων θα ελαττωθεί.

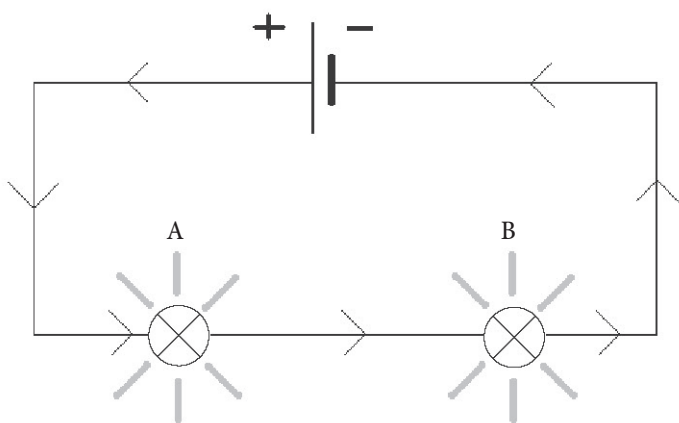
3. Μοιάζει σαν να θέλετε να διασχίσετε ένα δωμάτιο μέσα στο οποίο συνωστίζεται ένα πλήθος ανθρώπων. Επιστημονικά αυτή η δυσκολία ονομάζεται αντίσταση και όσο δυσκολότερα κινούνται τα ηλεκτρόνια, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση του σύρματος. Άρα όσο λεπτότερο είναι το σύρμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση, όπως συμβαίνει με το λεπτό σύρμα βολφραμίου που υπάρχει στις λάμπες. Μοιάζει σαν ένα μεγάλο πλήθος ανθρώπων να προσπαθεί να περάσει συγχρόνως μέσα από ένα στενό πέραςμα (Εικόνα 15.3β). Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση λοιπόν, τόσο πιο αργά κινούνται τα ηλεκτρόνια μέσα στα σύρματα, δηλαδή τόσο μικρότερο είναι το ηλεκτρικό ρεύμα.



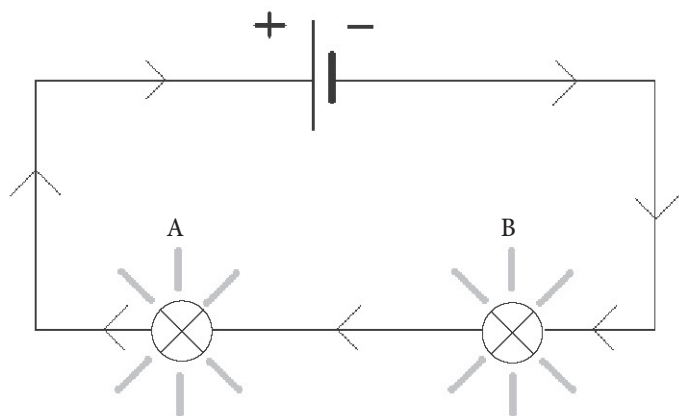
Εικόνα 15.3δ Η φωτοβολία της λάμπας εξαρτάται από τη θέση του αντιστάτη (παράνοηση)

Ο αναγνώστης ίσως έχει παρατηρήσει ότι η κατεύθυνση του ρεύματος στην Εικόνα 15.3β είναι αντίθετη από την κατεύθυνσή του στην Εικόνα 15.3γ. Δεν πρόκειται για λάθος. Στα διαγράμματα ηλεκτρικών κυκλωμάτων το ρεύμα σχεδιάζεται συμβατικά με κατεύθυνση από τον θετικό ακροδέκτη της μπαταρίας προς τον αρνητικό. Δηλαδή όπως φαίνεται στην Εικόνα 15.3ε, το ρεύμα έχει αντίθετη φορά από τη φορά που περιστρέφονται οι δείκτες ενός ρολογιού. Αυτή η φορά του ρεύματος ονομάζεται συμβατική και είναι αποδεκτή διεθνώς. Όμως επιστημονικά είναι λανθασμένη, διότι, επειδή τα ηλεκτρόνια είναι αρνητικά φορτισμένα, κινούνται προς την αντίθετη κατεύθυνση, δηλαδή απομακρύνονται από το αρνητικό ηλεκτρόδιο και κατευθύνονται προς το θετικό. Δηλαδή στην Εικόνα 15.3ζ η φορά κίνησης των ηλεκτρονίων συμπίπτει με τη φορά των δεικτών του ρολογιού (αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα ετερόνυμα φορτία έλκονται μεταξύ τους ενώ τα ομώνυμα απωθούνται). Μέσα στους

αγωγούς λοιπόν, όπως είναι τα σύρματα, το ρεύμα οφείλεται στην κίνηση των ηλεκτρονίων. Η λανθασμένη απεικόνιση της συμβατικής φοράς του ρεύματος οφείλεται σε ιστορικούς λόγους και πάντοτε προκαλεί σύγχυση σε μαθητές, σε κάθε επίπεδο εκπαίδευσης. Επειδή η συμβατική φορά του ρεύματος είναι προς τον αρνητικό ακροδέκτη, οι μαθητές θεωρούν λανθασμένα ότι μέσα στα κυκλώματα ρέει *θετικό* φορτίο. Η σύγχυση αυξάνεται, διότι σε ορισμένες περιπτώσεις η ροή του φορτίου είναι δυνατό να μην οφείλεται σε ηλεκτρόνια αλλά σε άλλο είδος σωματιδίων. Για παράδειγμα, στην ηλεκτρόλυση θετικά φορτισμένα σωματίδια συμβάλλουν στη ροή του ηλεκτρικού φορτίου.



Εικόνα 15.3ε Η συμβατική φορά του ρεύματος



Εικόνα 15.3ζ Η πραγματική φορά του ρεύματος

Γνωρίζετε ότι;

Σε ένα κύκλωμα χάνεται ενέργεια και όχι ρεύμα. Μια μπαταρία δεν κρατάει για πάντα, κάποια στιγμή τελειώνει, διότι προσφέρει κάτι στο κύκλωμα που δεν μπορεί να το πάρει πίσω... Αλλά τι ακριβώς χάνει; Ήδη έχουμε αναφέρει ότι τα ηλεκτρόνια βγαίνουν από το αρνητικό ηλεκτρόδιο της μπαταρίας, διατρέχουν το κύκλωμα και από το θετικό ηλεκτρόδιο μπαίνουν στην μπαταρία. Η μπαταρία είναι είδος αντλίας, η οποία, χρησιμοποιώντας ενέργεια «ανακυκλώνει» τα ηλεκτρόνια του κυκλώματος. Σιγά-σιγά λοιπόν η «αντλία» χάνει αυτή την ικανότητά της, διότι χάνει ενέργεια, η οποία δεν αναπληρώνεται. Η διαδικασία οφείλεται στη χημική ενέργεια της μπαταρίας, η οποία στη διάρκεια της ζωής της μπαταρίας, όπως στην Εικόνα 15.3γ, αρχικά μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια μέσα στα σύρματα. Κατόπιν στις λάμπες η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική και ενέργεια φωτός και δεν παραμένει πλέον από το κύκλωμα. Σ' αυτό το κύκλωμα λοιπόν δεν χάνονται ηλεκτρόνια (τα ηλεκτρόνια απλώς κυκλοφορούν μέσα στο κύκλωμα – δείτε την Εικόνα 15.3γ)· χάνεται ενέργεια με τη μορφή θερμότητας και ενέργειας φωτός, με αποτέλεσμα η μπαταρία σιγά-σιγά να τελειώνει και τα ηλεκτρόνια να κινούνται όλο και πιο αργά. Όταν η χημική ενέργεια της μπαταρίας εξαντληθεί, η μπαταρία πλέον δεν μπορεί να ωθήσει τα ηλεκτρόνια κατά μήκος του κυκλώματος, δηλαδή η μπαταρία έχει τελειώσει. Στις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το οικιακό εναλλασσόμενο ρεύμα για να αναπληρώσουμε τη χημική ενέργεια της μπαταρίας προκαλώντας στο εσωτερικό της μπαταρίας την αντίστροφη χημική διαδικασία (στο Κεφάλαιο 19 δείτε περισσότερες περιπτώσεις ενεργειακών μετατροπών και μεταφοράς ενέργειας).

Αναδόμηση

Αν και στο Αναλυτικό Πρόγραμμα των 4 πρώτων τάξεων του Δημοτικού στη Μεγάλη Βρετανία δεν περιλαμβάνεται η έννοια ηλεκτρικό ρεύμα, σε δραστηριότητες με κυκλώματα ορισμένοι μαθητές αντιλαμβάνονται έμμεσα ότι η μπαταρία τροφοδοτεί το κύκλωμα με «κάτι» κι έτσι τα στοιχεία του κυκλώματος λειτουργούν. Οι δάσκαλοι λοιπόν είναι δυνατό να επεκτείνουν την αντίληψη αυτών των μαθητών παρουσιάζοντάς τους την ιδέα ότι μέσα στα σύρματα και τα στοιχεία του κυκλώματος ρέει μια οντότητα που την ονομάζουμε ηλεκτρικό ρεύμα. Κατάλληλος τρόπος, για να εκμαιεύσουμε το λανθασμένο μοντέλο «το ηλεκτρικό ρεύμα καταναλώνεται», είναι να ζητήσουμε από τους μαθητές να προβλέψουν, αν θα υπάρξει διαφορά στη φωτοβολία μια σειράς λαμπτήρων συνδεδεμένων μεταξύ τους, όπως φαίνεται στην Εικόνα 15.3γ. Κατόπιν οι μαθητές θα πρέπει να κατασκευάσουν το κύκλωμα για να ελέγξουν την πρόβλεψή τους. Παρατηρώντας λοιπόν ότι οι λάμπες φωτοβολούν εξίσου απορρίπτουν την παρανόησή τους. Επιπλέον ο δάσκαλος είναι δυνατό να ενισχύσει το σωστό μοντέλο χρησιμοποιώντας ένα αμπερόμετρο και μετρώντας την τιμή του ρεύματος σε διάφορα ση-

μεία του κυκλώματος. Τότε οι μαθητές διαπιστώνουν ότι σε κάθε σημείο του κυκλώματος αυτή η τιμή είναι η ίδια.

Σ' αυτό το πείραμα υπάρχουν τεχνικές λεπτομέρειες που πιθανόν να προκαλέσουν νέες παρανοήσεις ή να ενισχύσουν ορισμένες από τις υπάρχουσες. Όλες οι λάμπες θα πρέπει να είναι της ίδιας τάσης (π.χ. 1,5V) και πριν χρησιμοποιηθούν από τους μαθητές θα πρέπει να ελεγχθούν από τον διδάσκοντα ότι φωτοβολούν εξίσου, διότι συχνά υπάρχουν κατασκευαστικές διαφορές. Ιδιαίτερως να είστε προσεκτικοί με λάμπες κακής ποιότητας, διότι η αναγραφόμενη τάση δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Αν, παρ' όλ' αυτά, οι μαθητές παρατηρήσουν διαφορά στη φωτοβολία μεταξύ των λαμπτήρων, ζητήστε τους να αλλάξουν αμοιβαία θέση στις λάμπες, για να διαπιστώσουν ότι η διαφορά στη φωτεινότητα δεν οφείλεται στη θέση της λάμπας αλλά στην ίδια τη λάμπα.

Δημοφιλής δραματοποίηση (role play) στο Γυμνάσιο (KS3) στη Μεγάλη Βρετανία είναι η εξής: Οι μαθητές κινούμενοι μέσα στη αίθουσα διδασκαλίας προσποιούνται ότι είναι ηλεκτρόνια που κινούνται μέσα σε ένα κύκλωμα συνεχούς ρεύματος. Μ' αυτό τον τρόπο είναι δυνατό να εισαχθεί η έννοια ηλεκτρικό ρεύμα και στο Δημοτικό.

Οι παρανοήσεις που συνδέονται με το ηλεκτρικό ρεύμα είναι πολύ ανθεκτικές. Οι μαθητές για να στηρίξουν την άποψή τους πείθονται ότι υπάρχει διαφορά στη φωτοβολία των λαμπτήρων ακόμα κι όταν δεν υπάρχει οποιαδήποτε διαφορά. Άλλοι μαθητές ισχυρίζονται ότι, αν και οι λάμπες φωτοβολούν εξίσου, το ρεύμα μόλις βγει από την τελευταία λάμπα και μέχρι να μπει στην μπαταρία ελαττώνεται. Στο Δημοτικό στη Μεγάλη Βρετανία η χρήση της έννοιας ενέργεια στη μελέτη των ηλεκτρικών κυκλωμάτων αποφεύγεται. Αν στο πλαίσιο της μελέτης του ηλεκτρικού ρεύματος χρησιμοποιήσουμε την έννοια ενέργεια, οι μαθητές δυσκολεύονται να διακρίνουν τη διαφορά μεταξύ της έννοιας ηλεκτρικό ρεύμα και ηλεκτρική ενέργεια.

Πηγές: Glauert (2009)· Shipstone (1984)· Tiberghien και Delacote (1976).

15.4 Τι είναι η ηλεκτρική τάση;

Παρανόηση

Η ηλεκτρική τάση κινούμενη κατά μήκος των συρμάτων θέτει σε λειτουργία το κύκλωμα.

Η επιστημονική άποψη

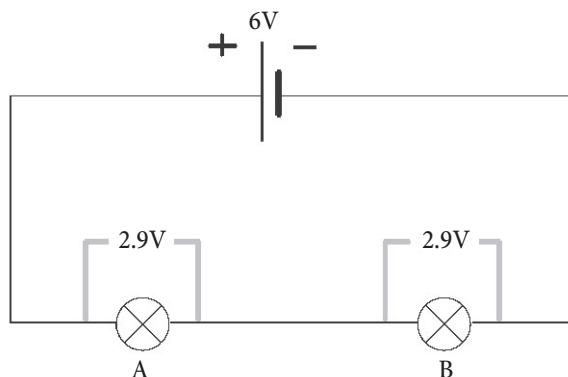
Αν και συχνά σε κείμενα που απευθύνονται σε μαθητές Δημοτικού για το χαρακτηρισμό των μπαταριών χρησιμοποιείται το βολτ ως μονάδα μέτρησης, σπάνια οι δάσκαλοι δίνουν κάποιες εξηγήσεις. Οι μαθητές λοιπόν δημιουργούν τη δική τους αντί-

ληψη για το νόημα του όρου βολτ και ηλεκτρική τάση. Αντιλαμβάνονται ότι η τάση μπορεί να είναι διαφορετική από μπαταρία σε μπαταρία και ότι όσο μεγαλύτερη είναι η τάση μιας μπαταρίας τόσο περισσότερα ανάβουν οι λάμπες ενός κυκλώματος και τόσο δυνατότερα ηχούν οι βομβητές του. Αν λοιπόν επεκτείνουν αυτό το συλλογισμό είναι δυνατό να φανταστούν ότι η τάση διαρρέει τα σύρματα καθώς και τα στοιχεία του κυκλώματος και κάνει τα στοιχεία να λειτουργούν. Ωστόσο όπως αναφέραμε στην Ενότητα 15.3, αν και θεωρούμε ότι υπάρχουν μικρά υποατομικά σωματίδια που κινούνται μέσα στο κύκλωμα, το πλήθος των ηλεκτρονίων που περνούν από ένα σημείο του κυκλώματος, σε ορισμένο χρονικό διάστημα, είναι το ηλεκτρικό ρεύμα κι όχι η τάση.

Στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών η έννοια «τάση» είναι διάσημη ως δυσνόητη έννοια για τους μαθητές. Σε βασικό επίπεδο, στην καλύτερη περίπτωση, οι μαθητές αντιλαμβάνονται την τάση ως προωθητική δύναμη που δημιουργείται από την μπαταρία και αναγκάζει το ηλεκτρικό ρεύμα (δηλαδή τα ηλεκτρόνια) να ρέουν κατά μήκος του κυκλώματος. Όσα περισσότερα βολτ είναι η μπαταρία, τόσο μεγαλύτερη είναι η προωθητική δύναμη και τόσο εντονότερα φωτοβολούν οι λάμπες. Γι' αυτό όταν με την πάροδο του χρόνου η μπαταρία εξασθενήσει, η τάση της αντίστοιχα ελαττώνεται. Στην Εικόνα 15.4α χρησιμοποιείται μπαταρία 6V για τη λειτουργία ενός κυκλώματος με δύο λάμπες. Στο διάγραμμα, εκτός από την τάση που υπάρχει στην μπαταρία, φαίνεται ότι υπάρχει τάση και μέσα στο κύκλωμα, κατά μήκος κάθε λάμπας. Αυτό είναι συνηθισμένο είδος διαγράμματος. Παρατηρήστε ότι το άθροισμα των τάσεων που υπάρχουν σε κάθε λάμπα είναι περίπου ίσο με τον συνολικό αριθμό των βολτ που παρέχει η μπαταρία, δηλαδή $2.9V + 2.9V = 5.8V$. Μοιάζει σαν η μπαταρία να μοιράζει την τάση της στις λάμπες. Τα 0,2V που λείπουν αντιστοιχούν στο μερίδιο της τάσης που παίρνουν τα σύρματα του κυκλώματος.⁴ Όμως η απεικόνιση της τάσης σε κάθε λάμπα είναι δυνατό να οδηγήσει σε σύγχυση, διότι ενθαρρύνει τους μαθητές να πιστεύουν, λανθασμένα, ότι η μπαταρία στέλνει τα βολτ στα στοιχεία του κυκλώματος, *αν και στο κύκλωμα τα βολτ δεν κυκλοφορούν*.

Θα πρέπει λοιπόν να αποσαφηνίσουμε ότι η τάση δεν κυκλοφορεί μέσα στο κύκλωμα, όπως το ρεύμα, αλλά ότι αντιστοιχεί σε κάποια διαφορά. Οι διαφορές που αντιστοιχούν στις τάσεις του κυκλώματος της Εικόνας 15.4α φαίνονται στην Εικόνα 14.4β σαν κατηφορικές γραμμές. Τα βολτ που είναι σημειωμένα στα αριστερά του διαγράμματος αντιστοιχούν στο ύψος από το οποίο ξεκινά κάθε κατηφορική γραμμή. Το ηλεκτρικό ρεύμα ξεκινά από το μεγαλύτερο ύψος, καθώς φεύγει από τον θετικό ακροδέκτη της μπαταρίας (6V), σιγά-σιγά πέφτει στο 0 και μπαίνει στην μπαταρία

4. Σημειώστε επίσης ότι, στην πραγματικότητα αν μετρήσουμε με βολτόμετρο την τάση που παρέχει μια μπαταρία 6V, θα βρούμε μικρότερη τιμή, διότι μια μικρή τάση είναι απαραίτητη για να υπερνικηθεί η εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας.

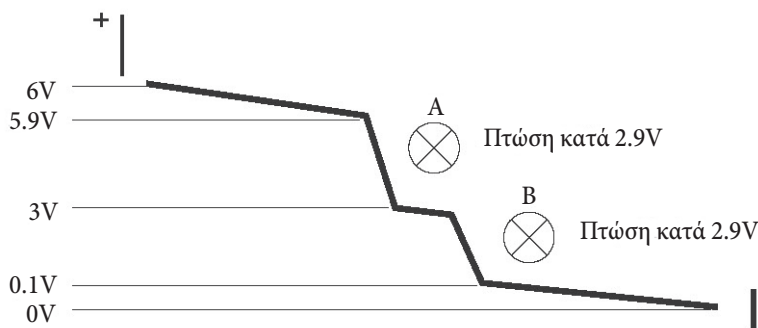


Εικόνα 15.4α Μέτρηση της τάσης σ' ένα απλό κύκλωμα συνεχούς ρεύματος (DC)

από το αρνητικό ηλεκτρόδιο. Κάθε λάμπα προκαλεί πτώση $2,9\text{V}$ και τα σύρματα $0,1\text{V}$. Με αυτές τις πτώσεις εξηγείται γιατί τελικώς στο δεξιό άκρο του διαγράμματος η τάση είναι μηδενική. Καθώς το ρεύμα περνά μέσα από κάθε λάμπα η τάση πέφτει σημαντικά. Άρα η τάση δεν είναι κάτι που υπάρχει μέσα σε κάθε λάμπα. Δηλαδή μπορούμε να φανταστούμε ότι το ρεύμα κινείται όπως μια σφαίρα που κατρακυλά σε κατηφόρα (από αριστερά προς τα δεξιά, όπως φαίνεται στην Εικόνα 15.4β). Καθώς το ρεύμα περνά μέσα από κάθε λάμπα υπάρχει μεγάλη ελάττωση του «ύψους» (δηλαδή της τάσης), ενώ καθώς περνά μέσα από κάθε μακρύ σύρμα, η ελάττωση είναι μικρότερη. Καθώς το ρεύμα εισέρχεται στο αρνητικό ηλεκτρόδιο της μπαταρίας, έχει φθάσει πλέον στο κατώτερο σημείο της φανταστικής διαδρομής με τις κατηφορικές γραμμές. Ο ρόλος της μπαταρίας λοιπόν είναι να ανεβάζει το ρεύμα στο ψηλότερο σημείο της διαδρομής ώστε φεύγοντας από το θετικό ηλεκτρόδιο να επαναλάβει ολόκληρη τη διαδρομή κατά μήκος του κυκλώματος. Αν στο ίδιο κύκλωμα αντικαταστήσουμε την μπαταρία 6V με μπαταρία 12V , τότε η πτώση κατά μήκος κάθε λάμπας θα είναι μεγαλύτερη, δηλαδή θα είναι περίπου 6V και γι' αυτό οι λάμπες θα φωτοβολούν πιο έντονα.

Αν το κύκλωμα περιέχει μια μικρή λάμπα κι έναν βομβητή, η μετρούμενη τάση κατά μήκος του βομβητή θα είναι μεγαλύτερη απ' όσο κατά μήκος της λάμπας. Μοιάζει σαν ο βομβητής να είναι λαίμαργος και να παίρνει σχεδόν όλη την τάση αφήνοντας λίγη για τη λάμπα, και σ' αυτή την περίπτωση η λάμπα φωτοβολεί αμυδρά ή καθόλου. Ο σωστότερος τρόπος για να αντιληφθούμε αυτή την κατάσταση είναι ότι η πτώση της τάσης είναι πολύ μεγαλύτερη κατά μήκος του βομβητή συγκριτικά με την πτώση κατά μήκος της λάμπας.

Συμπερασματικά τα βολτ δεν είναι κάτι που ταξιδεύει κατά μήκος του κυκλώματος αλλά με τα βολτ μετράμε την «προωθητική δύναμη» που αναγκάζει το ηλεκτρικό ρεύμα να κινείται, όπως ένας κατηφορικός δρόμος αναγκάζει μια μπάλα να κυλά. Η



Εικόνα 15.4β Πτώση της τάσης κατά μήκος ενός απλού κυκλώματος συνεχούς ρεύματος (DC)

επιστημονική ονομασία για αυτή τη «δύναμη» είναι **διαφορά δυναμικού**. Αν δεν υπήρχε διαφορά δυναμικού κατά μήκος του κυκλώματος, δεν θα υπήρχε ρεύμα.

Η παρανόηση που μελετάμε είναι δυνατό να ενισχυθεί αν οι μαθητές παρατηρήσουν ότι πάνω στα λαμπάκια που χρησιμοποιούνται στα σχολικά πειράματα είναι τυπωμένη μια ένδειξη βολτ. Αυτή η παρατήρηση ίσως τους υποβάλλει την ιδέα ότι τα βολτ είναι φυσικές οντότητες που κινούνται μέσα στα λαμπάκια. Αυτή η ένδειξη απλώς μας πληροφορεί ποια πρέπει να είναι η τάση σε καθένα από αυτά ώστε να φωτοβολεί. Αν κατά λάθος το λαμπάκι συνδεθεί με υψηλότερη τάση, για παράδειγμα συνδεόντάς το με πολλές μπαταρίες σε σειρά, το σύρμα μέσα στη λάμπα είναι πιθανόν να λειώσει και η λάμπα να εκραγεί.

Σχετική παρανόηση είναι ότι η τάση είναι η ποσότητα ηλεκτρισμού που είναι αποθηκευμένη στη μπαταρία. Όπως αναφέραμε στο ένθετο κείμενο της Ενότητας 15.3 οι μπαταρίες δεν περιέχουν ηλεκτρισμό. Αντιθέτως είναι πηγές χημικής ενέργειας η οποία μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Μια «φορτισμένη» μπαταρία λοιπόν δεν περιέχει ηλεκτρικό φορτίο· απλώς όταν συνδεθεί με το κύκλωμα, θέτει σε κίνηση το ηλεκτρικό φορτίο του κυκλώματος. Άλλη συνηθισμένη λανθασμένη αντίληψη είναι ότι η τάση είναι συστατικό του ρεύματος. Αν και για να υπάρχει ρεύμα μέσα σ' ένα κύκλωμα πρέπει να υπάρχει τάση, το ρεύμα και η τάση είναι διαφορετικές οντότητες, δηλαδή η τάση είναι η αιτία του ρεύματος. Επίσης σ' αυτή την ενότητα χρησιμοποιήσαμε επανειλημμένα την αναλογία ότι η τάση είναι η «προωθητική δύναμη». Όμως δεν θα πρέπει να νομίζουμε ότι μέσα στο κύκλωμα υπάρχει κάποια μηχανική μικροσκοπική ώθηση που δημιουργεί το ηλεκτρικό ρεύμα. Μέσα στην μπαταρία υπάρχουν ελκτικές δυνάμεις μεταξύ θετικών και αρνητικών φορτίων. Αυτά τα φορτία δημιουργούνται από χημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν μέσα στην μπαταρία.

Αναδόμηση

Συνήθως στο Δημοτικό η έννοια τάση διδάσκεται σε απλό επίπεδο, για παράδειγμα τη συνδέουμε με το γεγονός ότι η φωτοβολία της λάμπας αυξάνεται ανάλογα με το πλήθος των μπαταριών ορισμένης τάσης που συνδέουμε στο κύκλωμα. Σχετικά με την παρανόηση που αφορά το ρεύμα (Ενότητα 15.3), αν εμφανισθεί σύγχυση μεταξύ του ρεύματος και της τάσης, οι εκπαιδευτικοί είναι χρήσιμο να προσπαθήσουν να ξεδιαλύνουν τη σύγχυση, ώστε να υπάρξουν οι προϋποθέσεις για σωστότερη κατανόηση αυτών των εννοιών στην επόμενη βαθμίδα εκπαίδευσης. Ένας τρόπος για να εξηγήσουμε την έννοια τάση, χωρίς να χρησιμοποιήσουμε την πιο σύνθετη έννοια διαφορά δυναμικού, είναι να αναφέρουμε ότι όταν το ρεύμα φεύγει από την μπαταρία, η μπαταρία του δίνει μια ώθηση και το κατευθύνει κατά μήκος του κυκλώματος. Μπορείτε να απεικονίσετε αυτή τη διαδικασία σχεδιάζοντας ένα πόδι να κλωτσά μπάλες μακριά από τον έναν ακροδέκτη της μπαταρίας ώστε οι μπάλες να κινούνται κατά μήκος του κυκλώματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η τάση της μπαταρίας τόσο μεγαλύτερο είναι το πόδι και τόσο μεγαλύτερη είναι η προωθητική δύναμη.

Αν σε πολύ προχωρημένους μαθητές των μεγαλύτερων τάξεων του Δημοτικού (KS2) θελήσετε να παρουσιάσετε την ιδέα της πτώσης τάσης σε διαφορετικά σημεία του κυκλώματος, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε ένα απλό βολτόμετρο για να δείξετε αυτή την πτώση. Κατόπιν μπορείτε να ζητήσετε από τους μαθητές να απεικονίσουν την πτώση τάσης σχεδιάζοντας κατηφορικές γραμμές (όπως η Εικόνα 15.4β).

Πηγές: Osborne (1983)· Shipstone (1985).

15.5 Όλα τα μέταλλα έλκονται από τους μαγνήτες;

Παρανόηση

Όλα τα μέταλλα έλκονται από τους μαγνήτες.

Η επιστημονική άποψη

Όταν τα παιδιά παίζουν ή πειραματίζονται με μαγνήτες, σύντομα αντιλαμβάνονται ότι μόνο μεταλλικά αντικείμενα έλκονται από τους μαγνήτες. Ορισμένες φορές λοιπόν γενικεύουν τις παρατηρήσεις τους και θεωρούν ότι οι μαγνήτες έλκουν όλα τα είδη μετάλλων. Όμως στην πραγματικότητα μόνο τρία είδη μετάλλων έλκονται από τους μαγνήτες: ο σίδηρος, το νικέλιο και το κοβάλτιο. Σ' αυτά περιλαμβάνονται και τα κράματα που περιέχουν οποιοδήποτε από αυτά τα μέταλλα. Για παράδειγμα το ατσάλι είναι μαγνητικό υλικό, διότι περιέχει σίδηρο. Επίσης αν ένας μαγνήτης έλκει ένα μεταλλικό αντικείμενο, το αντικείμενο μπορεί με κατάλληλο τρόπο να γίνει μαγνήτης.

Επιπλέον είναι εκπληκτικό ότι ακόμα και μη μεταλλικά υλικά έλκονται από τους μαγνήτες, όπως είναι ο οξειδίο του σιδήρου, που δεν περιέχει **κράμα** σιδήρου. Αυτά τα υλικά είναι δυνατό να μετατραπούν σε *κεραμικούς μαγνήτες*.

Επίσης υπάρχει η παρανόηση ότι όταν μπροστά από ένα μαγνήτη παρεμβάλλεται κάποιο υλικό, όπως είναι ένα κομμάτι χαρτί ή όταν δεν υπάρχει βαρύτητα, ο μαγνήτης παύει να δρα.

Αναδόμηση

Η αρχική παρανόηση που αναφέραμε είναι δυνατό να απορριφθεί αν οι μαθητές πειραματιστούν προσπαθώντας με ένα μαγνήτη να έλξουν ποικίλα υλικά. Θα πρέπει βεβαίως να τους δώσουμε να πειραματιστούν και με μέταλλα που δεν έλκονται από τους μαγνήτες, όπως είναι το αλουμίνιο (από τον οποίο κατασκευάζονται τα μεταλλικά κουτάκια αναψυκτικού), ο μπρούτζος (από τον οποίο κατασκευάζονται ορισμένα κλειδιά) και ο ψευδάργυρος (από τον οποίο κατασκευάζονται ορισμένες κονσέρβες). Ο μόλυβδος πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή από μαθητές, διότι υπάρχει πιθανότητα να τον βάλουν στο στόμα τους, και αφού τον χρησιμοποιήσουν, θα πρέπει να πλύνουν τα χέρια τους.

Ένα μη αναμενόμενο γεγονός είναι ότι, αν και ο ψευδάργυρος δεν έλκεται από το μαγνήτη, κονσέρβες από ψευδάργυρο έλκονται απ' αυτόν. Αυτό συμβαίνει διότι, αν και συνήθως λέμε ότι οι κονσέρβες είναι κατασκευασμένες από ψευδάργυρο, στην πραγματικότητα, τις περισσότερες φορές είναι κατασκευασμένες από ατσάλι, το οποίο έλκεται από το μαγνήτη. Μόνο εσωτερικά υπάρχει ένα λεπτό στρώμα ψευδάργυρου, για να μη σκουριάζει το εσωτερικό της κονσέρβας. Ενδιαφέρουσα δραστηριότητα είναι οι μαθητές να πειραματιστούν με νομίσματα διαφορετικής αξίας. Θα διαπιστώσουν ότι άλλα από αυτά έλκονται από τους μαγνήτες και άλλα όχι. Αυτό συμβαίνει διότι ορισμένα νομίσματα περιέχουν ατσάλι ενώ άλλα είναι κατασκευασμένα από μπρούτζο, ο οποίος δεν έλκεται από τους μαγνήτες.

Αυτή η δραστηριότητα είναι δυνατό να συμπληρωθεί με μια πρακτική εργασία για το σπίτι. Σ' αυτό το πλαίσιο οι μαθητές θα χρησιμοποιήσουν μαγνητάκια που στερεώνουμε σημειώματα στις πόρτες των ψυγείων και θα συντάξουν έναν κατάλογο με δέκα αντικείμενα που έλκονται από τα μαγνητάκια.

Ένας τρόπος για να θυμούνται οι μαθητές ποια υλικά έλκονται από τους μαγνήτες, και μπορούν και τα ίδια να γίνουν μαγνήτες, είναι το ακρωνύμιο: FeNiCo που σχηματίζεται από τα χημικά σύμβολα του σιδήρου (Fe), του νικελίου (Ni) και του κοβαλτίου (Co) αντίστοιχα.

Πηγές: Finley (1986). Meyer (1981).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16

ΦΩΣ

16.1 Πού υπάρχει φως;

Παρανόηση

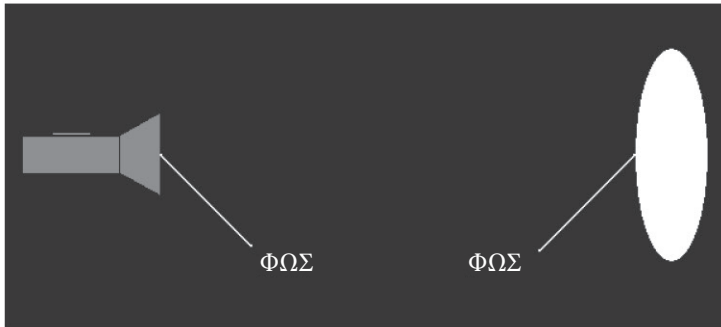
Φως υπάρχει μόνο στις περιοχές που είναι φωτισμένες.

Η επιστημονική άποψη

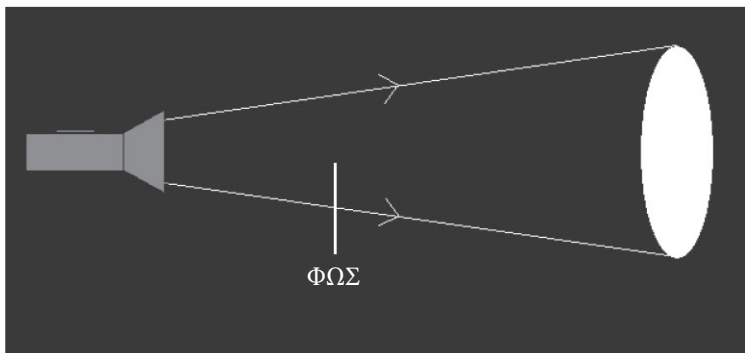
Συνήθως αντιλαμβανόμαστε το φως μόνο σε σχέση με φωτισμένες περιοχές. Για παράδειγμα λέμε: «Χρειαζόμαστε περισσότερο φως σ' αυτή την περιοχή» ή «Ακόμα υπάρχει φως έξω». Αυτό έχει αποτέλεσμα οι μαθητές να αντιλαμβάνονται το φως ως μια ιδιότητα του χώρου. Αυτή η αντίληψη συγκρούεται με την επιστημονική άποψη ότι το φως είναι είδος ενέργειας που διαδίδεται από περιοχή σε περιοχή. Στην Εικόνα 16.1α φαίνεται μια πηγή φωτός που φωτίζει μια επίπεδη επιφάνεια, μέσα σ' ένα σκοτεινό δωμάτιο. Στην Εικόνα παριστάνεται αυτό που πιστεύουν οι μαθητές, δηλαδή ότι φως υπάρχει μόνο στην πηγή και στην επιφάνεια, διότι αυτές είναι οι μόνες περιοχές που βλέπουμε να είναι φωτισμένες. Στην πραγματικότητα επειδή το φως διαδίδεται από το φακό, που φαίνεται στην εικόνα, προς την επίπεδη επιφάνεια, μπορούμε να πούμε ότι φως υπάρχει και στην περιοχή μεταξύ του φακού και της επιφάνειας. Σ' αυτή την περιοχή το φως έχει μορφή δέσμης (Εικόνα 16.1β). Αυτή η δέσμη είναι δυνατό να γίνει ορατή με ποικίλους τρόπους (δείτε την «Αναδόμηση»). Όμως δεν παρατηρούμε τη διάδοση της δέσμης από τη μία άκρη του δωματίου στην άλλη, διότι το φως διαδίδεται με εξαιρετικά μεγάλη ταχύτητα, περίπου 300.000 km κάθε δευτερόλεπτο.

Σε διαγράμματα, για να δείξουμε τη διαδρομή που ακολουθεί το φως και την κατεύθυνσή του, παριστάνουμε συμβατικά το φως με βέλη. Πρόκειται για ακτίνες φωτός, όπως αυτές που φαίνονται στην Εικόνα 16.1β.

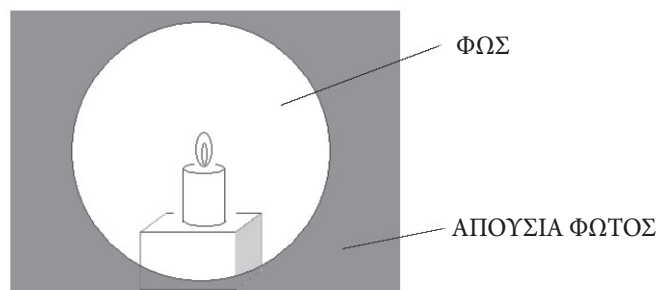
Ακόμα κι αν οι μαθητές κατανοούν ότι το φως διαδίδεται, η παρανόηση ότι φως υπάρχει μόνο στις φωτισμένες περιοχές είναι δυνατό να επιμένει. Για παράδειγμα σ'



Εικόνα 16.1α Φως υπάρχει μόνο στις φωτισμένες περιοχές (παράνοηση)



Εικόνα 16.1β Φως υπάρχει και μέσα στην περιοχή της φωτεινής δέσμης



Εικόνα 16.1γ Ένα κερί φωτίζει μια περιορισμένη περιοχή ενός δωματίου (παράνοηση)

ένα δωμάτιο που φωτίζεται μόνο από ένα κερί είναι δυνατό να πιστεύουν ότι το φως απλώς φωτίζει έναν περιορισμένο χώρο και δεν διαδίδεται πέρα από αυτόν (Εικόνα 16.1γ). Όμως το γεγονός ότι μπορούμε να δούμε το κερί και από περιοχές οι οποίες

φαίνεται να μη φωτίζονται σημαίνει ότι το φως απλώνεται σε ολόκληρο το δωμάτιο, διότι από το κερί διαδίδεται στα μάτια του παρατηρητή.

Στις λανθασμένες ιδέες σχετικά με τη διάδοση του φωτός περιλαμβάνεται και η άποψη ότι κατά τη διάρκεια της νύχτας το φως δεν διαδίδεται, και γι' αυτό υπάρχει σκοτάδι. Ορισμένοι μαθητές πιστεύουν ότι συμβαίνει το αντίθετο, δηλαδή ότι τη νύχτα το φως διαδίδεται σε μεγαλύτερη απόσταση και γι' αυτό κατά τη διάρκεια της ημέρας οι τεχνητές πηγές φωτός όπως είναι τα φώτα των αυτοκινήτων και το φως των φακών διακρίνονται δυσκολότερα.

Αν και δεν ανήκει στο Πρόγραμμα Σπουδών –και γι' αυτό δεν είναι απαραίτητο να το παρουσιάσουμε στους μαθητές– συγκρατήστε ότι το φως είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που είναι ορατή στο ανθρώπινο μάτι. Άλλα είδη **ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας** είναι μη ορατά, όπως είναι η υπέρυθη, η υπεριώδης, τα μικροκύματα, τα κύματα ραδιοφώνου και κοσμικά κύματα.

Προσοχή στην ασφάλειά σας

Χρήση δείκτη λέιζερ στην αίθουσα διδασκαλίας. Αυτές οι συσκευές εκπέμπουν ακτινοβολία λέιζερ, δηλαδή μια στενή δέσμη μεγάλης έντασης σύμφωνου φωτός. Γι' αυτό, αν κατευθύνουμε τη δέσμη κατευθείαν στα μάτια, είναι δυνατό να τους προκαλέσουν μόνιμη βλάβη. Πρέπει ωστόσο να αναφέρουμε ότι ήδη από πολλά χρόνια οι δείκτες λέιζερ χρησιμοποιούνται από εκπαιδευτικούς και γενικότερα κατά διάρκεια παρουσιάσεων, χωρίς να έχει αναφερθεί οποιοσδήποτε τραυματισμός. Πολλοί δείκτες λέιζερ έχουν χαρακτηριστεί ως μικρής επικινδυνότητας. Αν κατά τύχη μια δέσμη λέιζερ μπει στο μάτι μας, τότε βλέπουμε μια έντονη λάμψη, η όρασή μας προσωρινά ελαττώνεται (βλέπουμε κηλίδες μπροστά από τα μάτια μας) και δυσκολευόμαστε να προσανατολιστούμε. Άλλες συσκευές λέιζερ είναι πιο ισχυρές, για παράδειγμα οι συσκευές που παράγουν μια πράσινη δέσμη, και γι' αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται με μεγαλύτερη προσοχή. Με μαθητές του Δημοτικού θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε δείκτες λέιζερ ακολουθώντας την κοινή λογική. Είναι βεβαίως χρήσιμα εργαλεία για να επιδεικνύετε οπτικά φαινόμενα, αλλά χρησιμοποιήστε τα μόνο όταν είστε βέβαιοι ότι δεν θα κατευθυνθούν προς τα μάτια των θεατών.

Αναδόμηση

Για την εκτέλεση πειραμάτων σχετικά με την έννοια της διάδοσης του φωτός χρειαζόμαστε ένα δωμάτιο με ικανοποιητική συσκότιση, κατά προτίμηση με τη βοήθεια χοντρών κουρτινών ή πετασμάτων. Μια δέσμη φωτός από ένα φακό γίνεται ορατή, αν οι μαθητές σκορπίσουν λίγο αλεύρι στην περιοχή της δέσμης. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δείξουν τη δέσμη πιο αποτελεσματικά χρησιμοποιώντας δείκτη λέιζερ, λαμ-

βάνοντας τις κατάλληλες προφυλάξεις. Με αυτές τις δραστηριότητες αρχίζει να οικοδομείται από τους μαθητές η ιδέα ότι το φως δεν υπάρχει μόνο τοπικά αλλά στην πραγματικότητα διαδίδεται από τη μία περιοχή στην άλλη. Συσχετίστε αυτό το γεγονός με την περίπτωση όπου η δέσμη ενός προβολέα κινηματογράφου περνά μέσα από τη σκόνη που υπάρχει στον αέρα. Μάλιστα για να αποκτήσουν οι μαθητές πιο εντυπωσιακή εμπειρία ζητήστε τους να κατευθύνουν το φως ενός φακού σ' έναν σκοτεινό κήπο μια υγρή ή ομιχλώδη νύχτα. Συχνά σε κόμικ ή κινούμενα σχέδια απεικονίζεται η δέσμη ενός φακού κι αυτό βοηθάει στο να αντιληφθούν οι μαθητές ότι το φως διαδίδεται από την πηγή μέχρι το αντικείμενο που φωτίζεται.

Μέσα σε μια σκοτεινή αίθουσα διδασκαλίας ανάψτε ένα κερί και ζητήστε από τους μαθητές να δείξουν μ' ένα σχέδιό τους πόσο μακριά νομίζουν ότι φτάνει το φως. Κατόπιν ζητήστε από κάποιους από αυτούς να πάνε σε περιοχές της αίθουσας που φαίνεται να μη φωτίζονται και ρωτήστε τους αν από εκεί βλέπουν το κερί. Τότε εξηγήστε τους ότι από το γεγονός ότι το κερί φαίνεται και από εκείνες τις περιοχές, συμπεραίνουμε ότι φως φθάνει και σ' αυτές, διότι όταν βλέπουμε ένα φωτεινό αντικείμενο, όπως είναι το κερί, φως από αυτό φθάνει στα μάτια μας. Για να ενισχυθεί η επιστημονική αντίληψη στη σκέψη των μαθητών βοηθά τους μαθητές να σχεδιάσουν ένα διάγραμμα ακτίνων που ξεκινούν από το κερί.

Τέλος μπορείτε να εισάγετε στους μαθητές 1ης και 2ας Δημοτικού (KS1) την έννοια φως διαβάζοντάς τους την ιστορία *Oscar and the Moth* του Geoff Waring.

Πηγές: Driver κ.ά. (1994)· Galili και Hazan (2000)· Guesne (1984, 1985)· Waring (2006).

16.2 Πώς βλέπουμε;

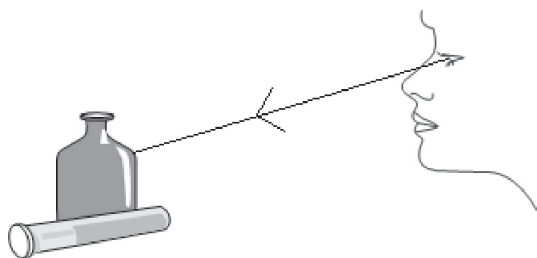
Παρανόηση

Βλέπουμε ένα αντικείμενο, διότι φως από τα μάτια μας διαδίδεται προς το αντικείμενο.

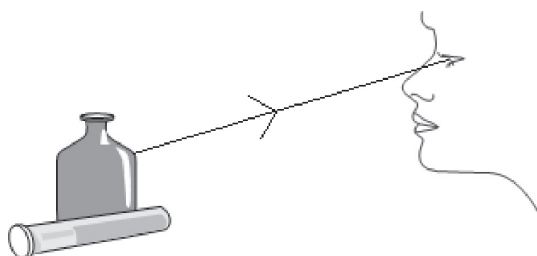
«... όταν υπάρχει φως από τα μάτια μας, μπορούμε να διαβάσουμε τις λέξεις» (Μαθητής 10 ετών, από Osborne κ.ά., 1990).

Η επιστημονική άποψη

Συνήθως οι μαθητές σχεδιάζουν διαγράμματα ακτίνων φωτός από τα οποία προκύπτει ότι πιστεύουν πως για να δούμε ένα αντικείμενο θα πρέπει από τα μάτια μας φως να διαδοθεί και να φθάσει στο αντικείμενο (Εικόνα 16.2α). Στην πραγματικότητα το αντίστροφο είναι σωστό. Βλέπουμε ένα αντικείμενο, διότι τα μάτια μας έχουν την ικανότητα να απορροφούν φως που προέρχεται από το αντικείμενο. Κατόπιν παράγο-



Εικόνα 16.2α Φως από τα μάτια μας διαδίδεται προς το αντικείμενο (παράνοηση)



Εικόνα 16.2β Φως από το αντικείμενο διαδίδεται προς τα μάτια μας

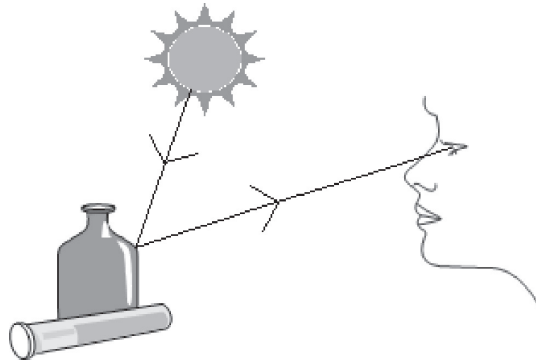
νται ηλεκτρικά και χημικά σήματα που μεταβιβάζονται στον εγκέφαλό μας. Οι ακτίνες φωτός λοιπόν είναι σχεδιασμένες σωστά όταν ξεκινούν από τα αντικείμενα και κατευθύνονται προς τα μάτια μας (Εικόνα 16.2β).

Όμως αυτή δεν είναι ολόκληρη η διαδικασία. Επειδή τα αντικείμενα δεν μπορούν να παράξουν ακτίνες φωτός (εκτός κι αν είναι πηγές φωτός), τα βλέπουμε μόνον όταν φωτίζονται από φωτεινές πηγές, π.χ. από μια ηλεκτρική λάμπα ή από το Ήλιο. Τότε φως διαδίδεται από την πηγή προς το αντικείμενο, ανακλάται πάνω στο αντικείμενο και κατευθύνεται προς τα μάτια μας (Εικόνα 16.2γ).

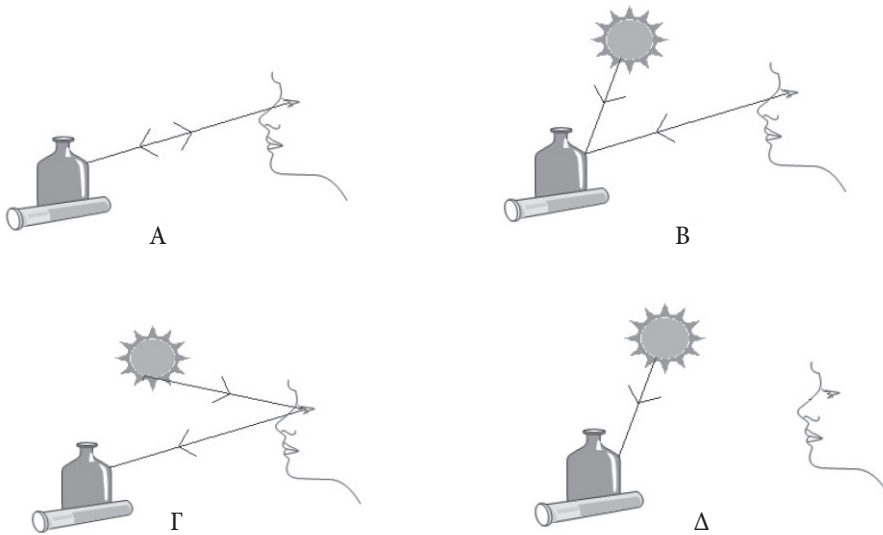
Υπάρχουν αρκετές παραλλαγές της αρχικής παρανόησης. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε καθεμιά από αυτές (Εικόνα 16.2δ).

Παρανόηση Α: Αν και οι μαθητές κατανοούν ότι το φως διαδίδεται από τα αντικείμενα προς τα μάτια τους, η αρχική παρανόηση παραμένει και γι' αυτό προσπαθούν να συμβιάσουν τις δύο αντιλήψεις. Θεωρούν δηλαδή ότι οι ακτίνες φωτός διαδίδονται εναλλάξ από τα αντικείμενα στα μάτια τους και αντίστροφα.

Παρανόηση Β. Η διαδικασία με την οποία ο Ήλιος φωτίζει ένα αντικείμενο έχει σχεδιαστεί σωστά. Ωστόσο η αρχική παρανόηση παραμένει. Η φράση «κοιτώ προς ένα αντικείμενο» δείχνει ότι μπορούμε να δούμε ένα αντικείμενο μό-



Εικόνα 16.2γ Φωτεινή πηγή φωτίζει ένα αντικείμενο και το αντικείμενο γίνεται ορατό



Εικόνα 16.2δ Διάφορες παρανοήσεις

νο όταν συνειδητά «στρέψουμε το βλέμμα μας προς αυτό» (δείτε την Ενότητα 17.1).

Παρανόηση Γ. Η απεικόνιση δηλώνει ότι ορισμένοι μαθητές θεωρούν ότι θα πρέπει τα μάτια μας να φωτίζονται για να μπορούν να στέλνουν φως προς τα αντικείμενα.

Παρανόηση Δ. Επειδή αν και το αντικείμενο φωτίζεται, από αυτό φως δεν διαδίδεται προς τα μάτια μας, αυτή η παραλλαγή δηλώνει την παρανόηση ότι φως υπάρχει μόνο στις φωτισμένες περιοχές (Ενότητα 16.1).

Ορισμένοι μαθητές δυσκολεύονται να αντιληφθούν ότι το φως είναι δυνατό να ανακλάται από μη γυαλιστερές επιφάνειες και θεωρούν ότι η ανάκλαση συμβαίνει μόνο σε καθρέφτες, σε επίπεδες γυάλινες επιφάνειες, στην επιφάνεια του νερού κ.λπ. Επίσης υπάρχουν αρκετές παρανοήσεις σχετικά με τις πηγές φωτός (Ενότητα 16.3). Για παράδειγμα μαθητές θεωρούν ότι δεν χρειάζονται πηγές φωτός για να δούμε ένα αντικείμενο και συμπεραίνουν ότι ο άνθρωπος μπορεί να δει αντικείμενα ακόμα και σε απόλυτο σκοτάδι.¹ Συνήθως αυτοί οι μαθητές σχεδιάζουν σωστά ακτίνες φωτός (Ενότητα 16.3) που προέρχονται από μια φωτεινή πηγή, για παράδειγμα στην περίπτωση που το φως διαδίδεται από μια φωτεινή πηγή, π.χ. από ένα κερί, και φθάνει κατευθείαν στα μάτια μας (Εικόνα 16.2β). Όμως όταν σχεδιάζουν ακτίνες που προέρχονται από αντικείμενα που δεν είναι φωτεινές πηγές, υιοθετούν πάλι την αρχική παρανόηση (Εικόνα 16.2α και 16.2ε).

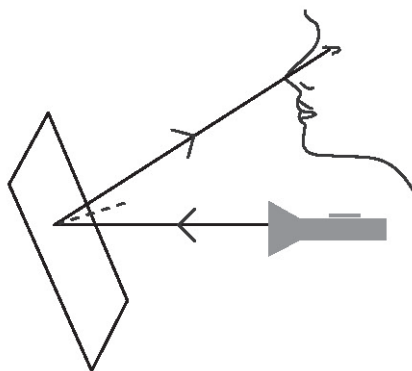
Αναδόμηση

Από την αρχή της διδασκαλίας της έννοιας φως, παροτρύνετε τους μαθητές σας στα διαγράμματά τους να συμπεριλαμβάνουν, αν είναι δυνατό, και τις φωτεινές πηγές. Με αυτό τον τρόπο υπογραμμίζουμε την ιδέα ότι ο λόγος που βλέπουμε ένα αντικείμενο



Εικόνα 16.2ε Εικόνα που σχεδιάστηκε από μαθητή 11 ετών, στην οποία φαίνεται ότι φως από ένα φακό μπαίνει στο μάτι και φως από το μάτι διαδίδεται προς ένα αντικείμενο (Osborne κ.ά. 1990, σελ. 25)

1. Στο πλαίσιο μιας μελέτης βρέθηκε ότι αυτή η παρανόηση είναι πιο συνηθισμένη μεταξύ των παιδιών που ζουν στις πόλεις. Επειδή στις πόλεις υπάρχει συνεχώς διάχυτο φως που προκαλεί τη φωτορρύπανση, αυτά τα παιδιά έχουν πολύ μικρή εμπειρία απόλυτου σκοταδιού. Σε παιδιά που ζουν στην ύπαιθρο αυτή η παρανόηση δεν εμφανίζεται τόσο συχνά.



Εικόνα 16.2ζ Χρησιμοποιώντας ένα φακό κι έναν καθρέφτη μπορούμε να διορθώσουμε την παρανόηση

είναι διότι φως από μια πηγή ανακλάται στην επιφάνεια του αντικείμενου και μπαίνει στα μάτια μας. Οι μαθητές είναι απαραίτητο να αντιλαμβάνονται τη συνεχόμενη διαδρομή μιας ακτίνας φωτός από την πηγή μέχρι το μάτι (αφού περάσει από το αντικείμενο), όπως φαίνεται στην Εικόνα 16.2γ.

Έρευνες έχουν δείξει ότι ορισμένοι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα το επιστημονικό μοντέλο, αν το αντικείμενο αντικατασταθεί με καθρέφτη και τους ζητηθεί να σχεδιάσουν τη διαδρομή των φωτεινών ακτίνων. Επίσης ως φωτεινή πηγή χρησιμοποιήστε ένα φακό ή ένα κερί και όχι τον Ήλιο (Εικόνα 16.2ζ). Είναι δυνατό να δείξετε με μεγαλύτερη σαφήνεια το φαινόμενο, αν χρησιμοποιήσετε δείκτη λείξεο και σκορπίσετε αλεύρι στην περιοχή απ' όπου περνά η ακτίνα. Ωστόσο είναι φανερό ότι για λόγους ασφαλείας οι μαθητές δεν πρέπει να δουν κατευθείαν την ανακλώμενη ακτίνα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 16.2ζ, αλλά η δέσμη θα πρέπει να κατευθυνθεί σε περιοχή της αίθουσας όπου δεν υπάρχουν παιδιά (δείτε την Ενότητα 16.1 για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αυτή την τεχνική).²

Οι νεότεροι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν τις διαφορές μεταξύ των φωτεινών πηγών και των σωμάτων που δεν είναι φωτεινές πηγές. Ζητήστε τους να σχεδιάσουν και να χρωματίσουν αντικείμενα που εκπέμπουν δικό τους φως και αντικείμενα που δεν εκπέμπουν δικό τους φως.

Πηγές: Fetherstonhaugh και Treagust (1990)· Osborne κ.ά. (1990)· Watts (1985).

2. Σημειώστε ότι η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης.

16.3 Γιατί η Σελήνη λάμπει;

Παρανόηση

Η Σελήνη είναι πηγή φωτός.

Η επιστημονική άποψη

Στις πρώτες τάξεις του Δημοτικού στη Μεγάλη Βρετανία οι μαθητές μαθαίνουν ότι αντικείμενα, όπως είναι ο φακός, η φωτιά κι ο Ήλιος παράγουν δικό τους φως και ονομάζονται φωτεινές πηγές. Όμως οι μαθητές γενικεύουν λανθασμένα αυτή την αντίληψη και θεωρούν ότι φωτεινή πηγή είναι οτιδήποτε φωτοβολεί ή είναι γυαλιστερό, για παράδειγμα ένας καθρέφτης, οι ανακλαστικές των ποδηλάτων και η Σελήνη. Αυτά τα σώματα είναι απλώς καλοί ανακλαστές φωτός και δεν παράγουν δικό τους φως. Δηλαδή αν δεν υπάρχει φωτεινή πηγή δεν είναι ορατά. Η Σελήνη είναι ένα πολύ φωτεινό σώμα στο νυχτερινό ουρανό, διότι ηλιακό φως ανακλάται από αυτή και κατευθύνεται προς τη Γη. Η Σελήνη λοιπόν δεν είναι φωτεινή πηγή κι αν ξαφνικά ο Ήλιος σταματούσε να τη φωτίζει, η Σελήνη θα βυθιζόταν στο σκοτάδι.

Υπάρχουν κι άλλες παρανοήσεις σχετικά με τις φωτεινές πηγές. Ορισμένοι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν ότι ασθενής φωτισμός, για παράδειγμα από ξυλαράκι που σιγοκαίει, θεωρείται φωτεινή πηγή. Όταν ζητάμε από τους μαθητές να αναφέρουν παραδείγματα φωτεινών πηγών, αναφέρουν πολύ περισσότερες ηλεκτρικές φωτεινές πηγές παρά φυσικές όπως είναι ο Ήλιος.

Αναδόμηση

Ζητήστε από τους μαθητές να ερευνήσουν αν ένα σώμα είναι φωτεινή πηγή παρατηρώντας το μέσα σ' ένα σκοτεινό δωμάτιο. Σ' αυτή την περίπτωση οι πηγές φωτός φαίνονται πιο φωτεινές απ' όσο φαίνονται σ' ένα δωμάτιο με κανονικό φωτισμό. Αντιθέτως τα σώματα που δεν είναι φωτεινές πηγές φαίνονται πιο αμυδρά. Κατάλληλος τρόπος για να εκμαιεύσετε αυτή την παρανόηση είναι ο εξής: Μέσα σε μια σκοτεινή αίθουσα φωτίστε μ' ένα φακό ένα κομμάτι ύφασμα κατάλληλα ώστε το ύφασμα να φωτοβολεί πολύ έντονα και ρωτήστε τους μαθητές αν το ύφασμα είναι πηγή φωτός. Κατόπιν σβήνοντας το φακό θα παρατηρήσουν ότι το ύφασμα δεν φωτοβολεί. Θα συμπεράνουν λοιπόν ότι το φως που εκπέμπει δεν είναι δικό του, δηλαδή δεν είναι φωτεινή πηγή και είναι απλώς άριστος ανακλαστήρας φωτός. Επανερχόμενοι οι μαθητές στην ιδέα της ανάκλασης του φωτός χρησιμοποιώντας διαγράμματα με ακτίνες φωτός αντιλαμβάνονται ξανά ότι το φως ανακλάται από τα σώματα και ότι τα σώματα που γυαλίζουν ανακλούν περισσότερο φως απ' όσο τα μουντά.

Δείχνοντας στους μαθητές εικόνες με τις **φάσεις της Σελήνης** τους βοηθάμε να απορρίψουν την παρανόηση, διότι αν η Σελήνη ήταν πηγή φωτός, δεν θα υπήρχαν σ' αυτή σκιερές περιοχές (Ενότητα 18.7). Φωτογραφίες της Γης και άλλων πλανητών που έχουν τραβηχτεί από το Διάστημα δείχνουν ότι όλα τα σώματα του **ηλιακού συστήματος** φωτοβολούν, διότι ανακλούν φως του Ήλιου. Αντιθέτως οι αστέρες όπως ο Ήλιος, είναι πηγές φωτός.

Πηγές: Sahin κ.ά. (2008).

16.4 Πώς δημιουργούνται οι σκιές;

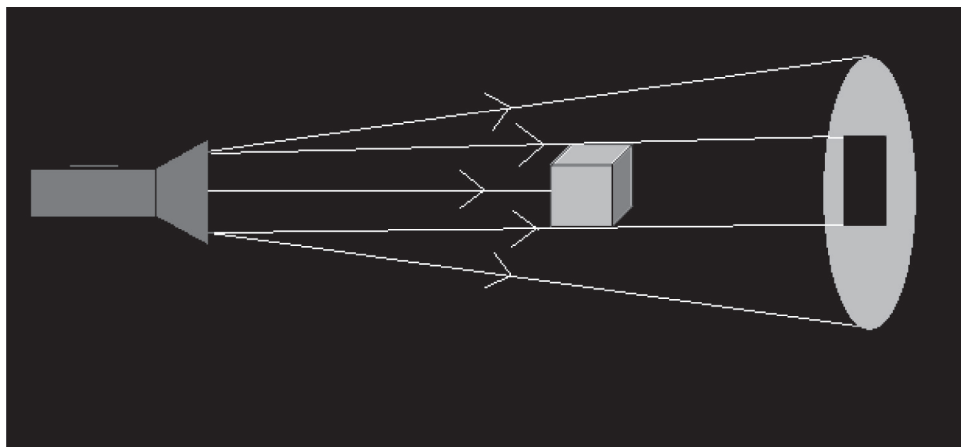
Παρανόηση

Η σκιά μου βρίσκεται συνεχώς μέσα μου και το έντονο φως μπορεί να την τραβήξει έξω.

Η επιστημονική άποψη

Οι μαθητές του Δημοτικού έχουν τάση να αντιλαμβάνονται με μη επιστημονικό τρόπο τη φύση και τη συμπεριφορά της σκιάς. Όπως φαίνεται από την παρανόηση που αναφέραμε, ορισμένες φορές θεωρούν ότι η σκιά των σωμάτων είναι συνδεδεμένη με τα σώματα και ότι αν και υπάρχει συνεχώς, δεν είναι πάντοτε ορατή. Θεωρούν ότι η σκιά είναι μία από τις όψεις των σωμάτων, και μάλιστα ακριβής αναπαράστασή τους. Για παράδειγμα, το σχήμα της σκιάς είναι πιστή αναπαράσταση του σχήματος του σώματος. Αυτό το μοντέλο για τις σκιές, που θυμίζει τον Πίτερ Παν, συγκρούεται με τις επιστημονικές απόψεις, με τις οποίες εξηγείται η διέλευση (**διαβίβαση**) του φωτός μέσα από τα σώματα.

Γενικά υπάρχουν τρεις κατηγορίες στις οποίες είναι δυνατό να ανήκει ένα σώμα, ανάλογα με την ποσότητα του φωτός που επιτρέπει να περνά μέσα από αυτό. Ένα διαφανές σώμα, π.χ. ένα κομμάτι τζάμι, επιτρέπει λίγο-πολύ σε όλο το φως να περνά και γι' αυτό μπορούμε να διακρίνουμε με αρκετή σαφήνεια σώματα που υπάρχουν στην άλλη πλευρά. Τα ημιδιαφανή σώματα επιτρέπουν μόνο σε τμήμα του φωτός να περνά μέσα από αυτά και γι' αυτό όταν βλέπουμε μέσα από ένα τέτοιο σώμα, όπως είναι ένα τζάμι που έχει θαμπώσει από την υγρασία, τα αντικείμενα φαίνονται θολά, δηλαδή δεν διακρίνουμε τις λεπτομέρειές τους. Ένα αδιαφανές σώμα δεν επιτρέπει σε οποιαδήποτε ποσότητα φωτός να περνά μέσα από αυτό. Γι' αυτό το λόγο πίσω από τη φωτισμένη πλευρά κάθε αδιαφανούς σώματος υπάρχει μια περιοχή όπου το φως δεν φτάνει. Αυτή η περιοχή είναι σκοτεινή, δηλαδή εκεί υπάρχει σκιά (Εικόνα 16.4). Και τα ημιδιαφανή σώματα δημιουργούν σκιές, αλλά επειδή επιτρέπουν σε μέρος του



Εικόνα 16.4 Σκιά που δημιουργείται όταν ένα αδιαφανές σώμα εμποδίζει τη διάδοση του φωτός

φωτός να περνά από αυτά, οι σκιές τους είναι θολές, έχουν ασαφές περίγραμμα και δεν είναι εντελώς σκοτεινές. Στην Εικόνα 16.4 φαίνεται ένας αδιαφανής κύβος που απορροφά την κεντρική ακτίνα φωτός. Όμως πρόκειται για απλή απεικόνιση, διότι η κατάσταση είναι πιο σύνθετη: Στην πραγματικότητα μέρος του φωτός απορροφάται από τον κύβο ενώ το υπόλοιπο ανακλάται από αυτόν (δείτε την Ενότητα 16.5).

Με την παρανόηση ότι οι σκιές των σωμάτων ανήκουν στα σώματα συνδέεται και η σύγχυση ορισμένων παιδιών σχετικά με τις έννοιες «ανάκλαση» και «σκιά». Αυτά τα παιδιά ισχυρίζονται ότι «οι σκιές είναι ανακλάσεις» εννοώντας ότι οι σκιές είναι ακριβείς αναπαραστάσεις των σωμάτων, παρόμοιες με τις ανακλάσεις των σωμάτων στους καθρέφτες. Μάλιστα συχνά σχεδιάζουν τις σκιές σαν εικόνες σε καθρέφτες, συμπεριλαμβάνοντας μέσα στη σκιά λεπτομέρειες του σώματος. Για παράδειγμα, όταν σχεδιάζουν τη σκιά ενός ανθρώπου συμπεριλαμβάνουν λεπτομέρειες του προσώπου του, ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ενδυμασίας του κ.λπ.

«Νομίζω ότι οι σκιές είναι ανακλάσεις από τον Ήλιο. Ορισμένες φορές όταν βλέπεις μέσα σε μια λιμνούλα παρατηρείς ανακλάσεις. Όταν πηγαίνεις κάπου όπου μπορείς να δεις την ανάκλασή σου, παρατηρείς τη σκιά σου.» (Δήλωση μαθητή, από Guest, 2003, σ. 15)

Άλλες παρανοήσεις σχετικά με τις σκιές είναι ότι όσο εντονότερη είναι μια φωτεινή πηγή, τόσο ψηλότερη είναι η σκιά που δημιουργεί και ότι μόνο οι ισχυρές φωτεινές πηγές δημιουργούν σκιές. Αν και συνήθως τα παιδιά μπορούν να προβλέψουν πού θα πέσει η σκιά τους όταν φωτίζονται από τον Ήλιο, όταν πρόκειται για τη σκιά άλλων σωμάτων, οι προβλέψεις τους είναι λιγότερο επιτυχείς.

Αναδόμηση

Η έννοια σκιά περιγράφεται σε μεγάλη τάξη του Δημοτικού στη Μεγάλη Βρετανία στην ενότητα σχετικά με το Φως. Τα παιδιά είναι απαραίτητο να κατανοήσουν ότι οι σκιές δημιουργούνται όταν τοποθετούμε ένα εμπόδιο μπροστά από τη φωτεινή πηγή. Επίσης είναι απαραίτητο εκτελώντας πειράματα να ερευνήσουν τις συνθήκες που επηρεάζουν το μέγεθος, το σχήμα, την ευκρίνεια κ.λπ. των σκιών. Όπως αναφέραμε, αν ζητήσουμε από τους μαθητές να σχεδιάσουν τις σκιές τους, ορισμένοι από αυτούς είναι πιθανόν να συμπεριλάβουν λεπτομέρειες, για παράδειγμα το πρόσωπό τους. Αυτή η παρανόηση είναι εύκολο να απορριφθεί αν μετά τη σχεδίαση τη σκιάς τους εξετάσουν πραγματικές σκιές. Ιδανικές συνθήκες γι' αυτή τη δράση υπάρχουν μια ηλιόλουστη μέρα στην αυλή του Σχολείου.

Παρανοήσεις σχετικά με το μέγεθος, το σχήμα κ.λπ. των σκιών είναι δυνατό να ελεγχθούν με ερευνητικές δραστηριότητες: μεταβάλλουμε με συστηματικό τρόπο την απόσταση μεταξύ της φωτεινής πηγής, του αντικειμένου και της οθόνης στην οποία σχηματίζεται η σκιά και παρατηρούμε πώς μεταβάλλεται το μέγεθός της. Η δημιουργία σκιών των χεριών είναι μια ενδιαφέρουσα άσκηση για μικρότερους μαθητές. Μάλιστα αν ακολουθήσει συζήτηση σχετικά με τη φύση της σκιάς, βοηθά τους νεαρούς μαθητές να διαμορφώσουν απλές αλλά επιστημονικά αποδεκτές αντιλήψεις, για παράδειγμα σχετικά με το ποια αντικείμενα εμποδίζουν τη διάδοση του φωτός και ποια όχι. Επίσης μια ηλιόλουστη μέρα στην αυλή του Σχολείου τα παιδιά μπορούν να σχεδιάσουν με κιμωλία στο έδαφος το περίγραμμα της σκιάς και να το συγκρίνουν με των συμμαθητών τους.

Πηγές: Feher και Rice (1985)· Galili και Hazan (2000)· Guest (2003)· Tiberghien κ.ά. (1980)· Watts και Gilbert (1985).

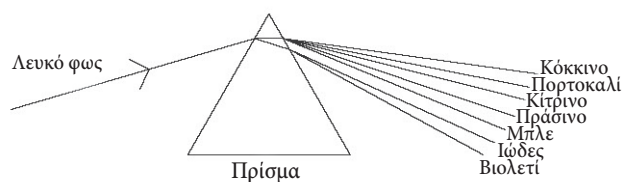
16.5 Γιατί βλέπουμε τα χρώματα του ουράνιου τόξου, όταν φως περνά μέσα από ένα πρίσμα;

Παρανόηση

Το λευκό φως είναι καθαρό· το χρωματιστό φως είναι λευκό φως που περιέχει προ-σμίξεις.

Η επιστημονική άποψη

Για φωτισμό χρειαζόμαστε ηλιακό φως, και σε εσωτερικούς χώρους τεχνητό ώστε να βλέπουμε και να αλληλεπιδρούμε με το περιβάλλον μας. Αυτό το φως είναι λευκό και δεν είναι προφανές ότι αποτελείται από διαφορετικά είδη χρωματιστού φωτός. Μπο-



Εικόνα 16.5α Διασκεδασμός του λευκού φωτός και ανάλυσή του στα χρώματα από τα οποία αποτελείται

ρούμε ωστόσο να διακρίνουμε αυτά τα διαφορετικά χρωματικά συστατικά αναλύοντας το λευκό φως με ένα πρίσμα. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται **διασκεδασμός του φωτός** (Εικόνα 16.5α). Τα χρώματα που προκύπτουν από την ανάλυση του λευκού φωτός αποτελούν το ορατό **φάσμα** και ο τρόπος ανάλυσής του περιγράφηκε για πρώτη φορά το 1671 από τον Σερ Ισαάκ Νεύτων. Ο Νεύτων διατύπωσε την άποψη ότι στο φάσμα υπάρχουν επτά, διαφορετικά μεταξύ τους, χρώματα (το κόκκινο, το πορτοκαλί, το κίτρινο, το πράσινο, το μπλε, το ιώδες και το βιολετί), αν και δεν είναι εύκολο να διακρίνουμε το ιώδες από το βιολετί. Το ουράνιο τόξο είναι φάσμα που παράγεται όταν βρέχει. Τότε οι μικρές σταγόνες συμπεριφέρονται σαν μεμονωμένα πρίσματα που ανακλώντας και αναλύοντας το λευκό φως δημιουργούν στον ουρανό μια εικόνα σε σχήμα τόξου.

Στον **αμφιβληστροειδή** χιτώνα του ανθρώπινου ματιού υπάρχουν φωτοευαίσθητα κύτταρα που ανιχνεύουν τα χρώματα, και ονομάζονται **κωνία**. Υπάρχουν τρία διαφορετικά είδη κωνίων. Το ένα είδος ανιχνεύει μόνο το κόκκινο φως, το άλλο είδος ανιχνεύει μόνο το πράσινο και το τρίτο είδος μόνο το μπλε. Δεν υπάρχουν κωνία που ανιχνεύουν τα υπόλοιπα χρώματα, όπως είναι το ροζ ή το καφέ. Γι' αυτό το λόγο το κόκκινο, το πράσινο και το μπλε ονομάζονται **πρωτεύοντα χρώματα**. Τα σώματα που βλέπουμε γύρω μας έχουν διαφορετικά χρώματα για δύο λόγους. Πρώτον το χρώμα τους εξαρτάται από το χρώμα του φωτός που απορροφούν. Δεύτερον εξαρτάται από το χρώμα του φωτός με το οποίο φωτίζονται. Στα παραδείγματα που αναφέρουμε στη συνέχεια χρησιμοποιούμε λευκό φως. Όταν λοιπόν ένας κύβος φαίνεται λευκός, ο κύβος ανακλά όλο το λευκό φως προς τα μάτια μας και να δεν απορροφά καθόλου από αυτό [Εικόνα 16.5β(i)]. Αν ένας άλλος κύβος φανεί κόκκινος, ανακλά μόνο το κόκκινο φως προς τα μάτια μας. Αλλά τότε τι έχουν απογίνει το πράσινο και το μπλε χρώμα που υπάρχουν στο αρχικό λευκό φως; Αυτός ο κύβος απορροφά το πράσινο και το μπλε και ανακλά μόνο το κόκκινο [Εικόνα 16.5β(ii)]. Όταν ένα σώμα φαίνεται μαύρο, δεν ανακλά φως προς τα μάτια μας, δηλαδή ένας μαύρος κύβος απορροφά όλο το λευκό φως και δεν ανακλά καθόλου φως. Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν την πλήρη απουσία ανακλώμενου φωτός ως μαύρο χρώμα [Εικόνα 16.5β(iv)]. Αυτά τα φαινόμενα συνδέονται με συνηθισμένες εμπειρίες μας. Το καλοκαίρι αισθανόμαστε ότι τα λευκά

ρούχα είναι πιο δροσερά, διότι ανακλούν όλη την ορατή ηλιακή ακτινοβολία. Αντιθέτως αισθανόμαστε ότι τα μαύρα ρούχα είναι πιο ζεστά, διότι απορροφούν όλη την ηλιακή ακτινοβολία.

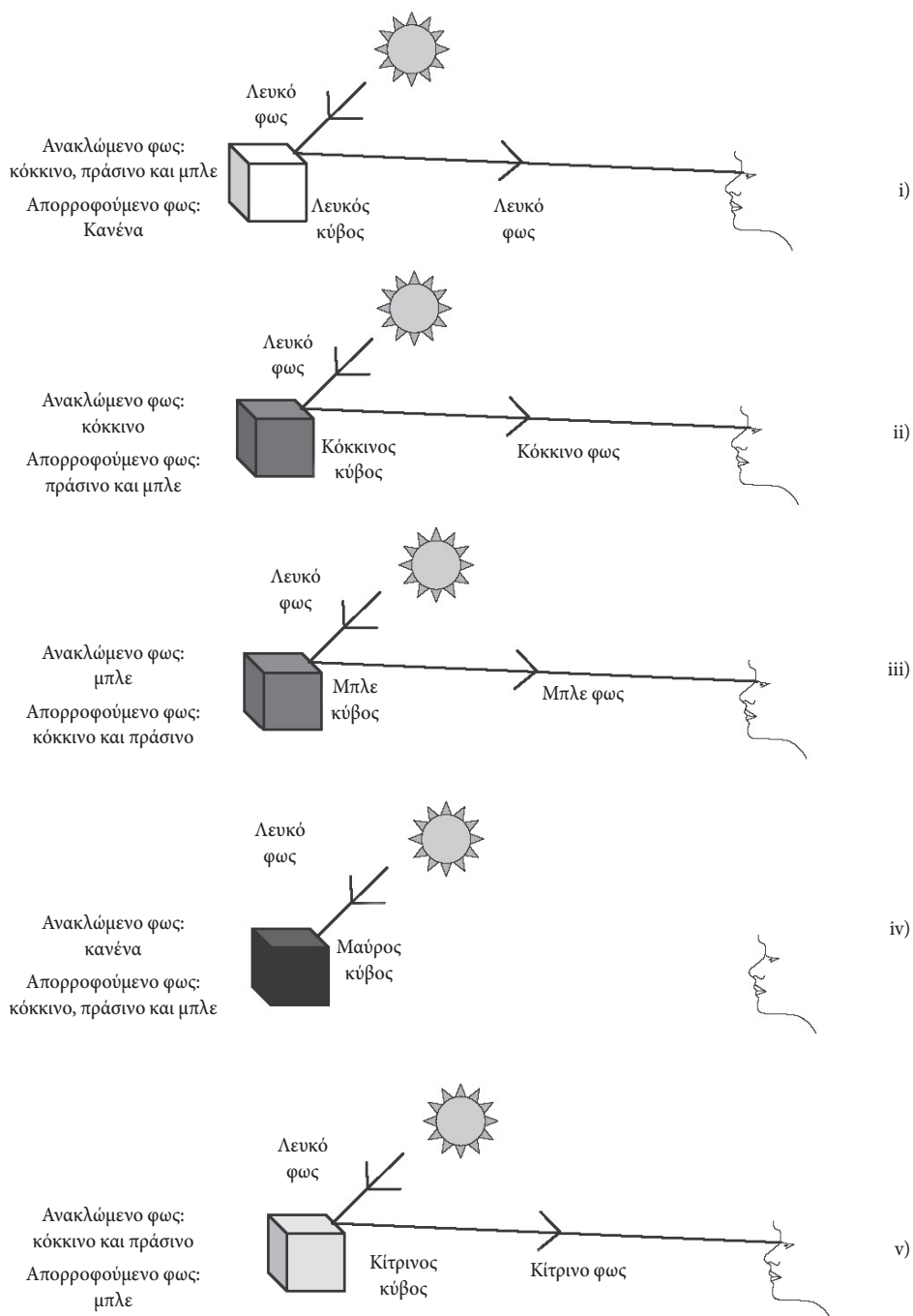
Βεβαίως εκτός από το κόκκινο, το πράσινο και το μπλε, μπορούμε να αντιληφθούμε ένα μεγάλο πλήθος χρωμάτων. Αυτό συμβαίνει διότι, όπως φαίνεται στην Εικόνα 16.5γ, όταν φωτεινές δέσμες των τριών βασικών χρωμάτων αναμειχθούν μεταξύ τους, παράγονται **δευτερεύοντα χρώματα**. Αυτά είναι το κίτρινο, το πορφυρό και το τυρκουάζ. Για παράδειγμα αν κόκκινο φως αναμειχθεί με πράσινο, παράγεται κίτρινο φως. Τα κίτρινα λουλούδια φαίνονται κίτρινα, διότι ανακλούν συγχρόνως το κόκκινο και το πράσινο φως [δείτε την Εικόνα 16.5β (v)]. Εκτός από τα κύρια και τα δευτερεύοντα χρώματα βλέπουμε επίσης αποχρώσεις τους, διότι τα χρώματα αναμειγνύονται σε ποικίλες αναλογίες. Αν το φως που προκύπτει από την ανάμειξη περιέχει 90% κόκκινο και 10% πράσινο, φαίνεται περισσότερο πορτοκαλί παρά κίτρινο. Σημειώστε ότι στον κόσμο της Τέχνης τα κύρια χρώματα είναι παραδοσιακά το κόκκινο, το μπλε και το κίτρινο. Αυτά διαφέρουν από τα κύρια χρώματα στις Φυσικές Επιστήμες, διότι σχετίζονται με την ανάμειξη χρωστικών ουσιών στην παλέτα του ζωγράφου και από αυτή την ανάμειξη παράγονται διαφορετικά χρώματα από αυτά που παράγονται όταν αναμειγνύονται δέσμες χρωματιστού φωτός.

Άλλη παρανόηση είναι η πεποίθηση ότι όταν φωτεινές πηγές διαφορετικών χρωμάτων αναμειχθούν μεταξύ τους, το φως που παράγεται είναι πιο σκούρο και ότι όταν ένα αντικείμενο φωτίζεται με χρωματιστό φως, το χρώμα του φωτός προστίθεται στο χρώμα του αντικειμένου ή ότι το φως εμποδίζει ορισμένα χρώματα να φύγουν από το αντικείμενο (αντιθέτως το αντικείμενο ανακλά ορισμένα χρώματα και απορροφά τα υπόλοιπα).

Αναδόμηση

Επειδή οποιαδήποτε λεπτομερής διαπραγμάτευση της θεωρίας για τα χρώματα υπερβαίνει το Αναλυτικό Πρόγραμμα του Δημοτικού στη Μεγάλη Βρετανία, οι μαθητές στην έκτη τάξη παρατηρούν απλά φαινόμενα όπως είναι το ουράνιο τόξο και τα χρώματα που σχηματίζονται στις σαπουνόφουσκες και πειραματίζονται αναλύοντας το φως με πρίσματα. Σ' αυτό το πλαίσιο συνήθως διδάσκουμε ότι το λευκό φως είναι μίγμα πολλών χρωμάτων και ωθούμε τους μαθητές να αναμείξουν μεταξύ τους δέσμες φωτός διαφορετικών χρωμάτων, τοποθετώντας χρωματιστές μεμβράνες μπροστά από φακούς. Για να είναι αποτελεσματικές αυτές οι δραστηριότητες, οι φακοί θα πρέπει να είναι αρκετά ισχυροί και οι αίθουσες αρκετά σκοτεινές.

Όταν δυσκολεύεστε να βρείτε την κατάλληλη γωνία ώστε με ένα πρίσμα να αναλύσετε το φως, χρησιμοποιήστε ως γενικό οδηγό την Εικόνα 16.5α. Η προσπίπτουσα δέσμη θα πρέπει μόλις να αγγίζει την κόψη του πρίσματος. Στην περιοχή όπου περι-



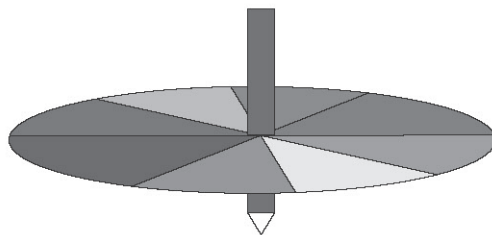
Εικόνα 16.5β Σε τι οφείλεται το χρώμα των αντικειμένων;



Εικόνα 16.5γ Ανάμειξη των βασικών χρωμάτων του φωτός

μένετε να εμφανιστεί το φάσμα τοποθετήστε ένα λευκό χαρτόνι μεγέθους Α4. Όταν εμφανιστεί το φάσμα, κοντά στη δέσμη του φάσματος τοποθετήστε ένα δεύτερο πρίσμα. Τότε τα χρώματα του φάσματος θα επανασυντεθούν. Μ' αυτό τον τρόπο ενισχύεται η αντίληψη ότι το λευκό φως είναι μίγμα. Επίσης στα παιδιά αρέσει να κατασκευάζουν χρωματιστούς δίσκους, να περνούν από το κέντρο τους ένα κοντό μολύβι ώστε όταν περιστρέφουν το μολύβι, ο δίσκος να περιστρέφεται μαζί με το μολύβι. Τότε τα χρώματα αναμειγνύονται και ο δίσκος εμφανίζεται λευκός. Αυτός ο δίσκος ονομάζεται δίσκος του Νεύτωνα (Εικόνα 16.5δ).

Μ' ένα δίσκο CD, που δεν χρειάζεστε, μπορείτε να δημιουργήσετε ένα απλό φάσμα, κρατώντας έναν φακό πολύ κοντά πάνω από τη γυαλιστερή επιφάνεια του δίσκου, ώστε η φωτεινή δέσμη να σχηματίζει μικρή γωνία με την επιφάνεια. Κατόπιν μπορείτε να προβάλλετε το φάσμα σ' ένα χαρτόνι, τοποθετώντας το πάνω από τη γυαλιστερή επιφάνεια του δίσκου. Ακόμα πιο εύκολα οι μαθητές παρατηρώντας μέσα από ένα πρίσμα κατ' ευθείαν μια φωτεινή πηγή, π.χ. το φως ενός προβολέα διαφανειών ή ενός φωτιστικού γραφείου (ποτέ κατ' ευθείαν το Ήλιο) και κρατώντας το πρίσμα



Εικόνα 16.5δ Ο δίσκος-σβούρα του Νεύτωνα

κοντά στα μάτια τους, θα παρατηρήσουν ένα εντυπωσιακό φάσμα. Τέλος ισχυρές φωτεινές πηγές είναι οι δείκτες λείζερ. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να τους χρησιμοποιήσουν για να επιδείξουν πώς το φως ανακλάται και απορροφάται ανάλογα με το χρώμα του. Όταν μια δέσμη λείζερ πέφτει σε λευκό χαρτόνι φαίνεται πολύ έντονα, διότι σχεδόν το 100% της δέσμης ανακλάται. Αντιθέτως σε μαύρο χαρτόνι πρακτικά δεν υπάρχει καθόλου ανακλώμενη δέσμη επειδή το φως απορροφάται σχεδόν ολοκληρωτικά.

Πηγές: Anderson και Smith (1983)· Feher και Meyer (1992)· Galili και Hazan (2000)· Guesne (1985)· Martinez-Borreguero κ.ά. (2013).

Διάσημοι επιστήμονες

Σερ Ισαάκ Νεύτων. Ο Νεύτων (1642-1727) δικαιολογημένα θεωρείται ο πιο πολύπλευρος, ο πιο παραγωγικός και ο πιο ταλαντούχος επιστήμονας στην Ιστορία. Είναι διάσημος επειδή διατύπωσε νόμους και θεωρίες για τον φυσικό κόσμο, οι οποίες εξηγούν φαινόμενα σχετικά με το φως, τον ήχο, τη βαρύτητα, την κίνηση των πλανητών και τη μηχανική. Πολλές από αυτές τις ιδέες του ισχύουν ακόμη και σήμερα. Ωστόσο είναι λιγότερο γνωστός για τα επιτεύγματά του στα Μαθηματικά, στα οποία περιλαμβάνεται η ανάπτυξη του σύγχρονου μαθηματικού λογισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17

Ο ΗΧΟΣ

17.1 Πώς διαδίδεται ο ήχος;

Παρανόηση

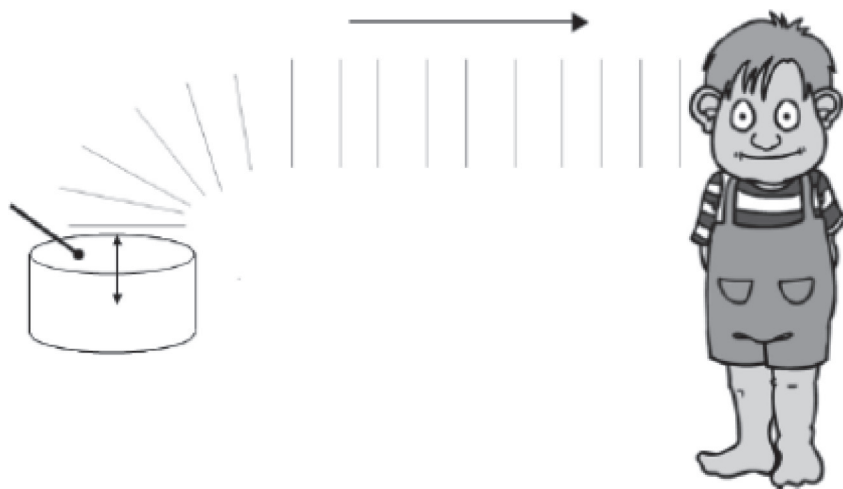
Για να ακούσουμε έναν ήχο πρέπει να συγκεντρώσουμε την προσοχή μας σ' αυτόν.

«Μέσω του αέρα ο θόρυβος διαδίδεται σε όσους ακούν προσεκτικά. Αν δεν ακούμε προσεκτικά ακούμε μόνο μέρος του θορύβου...» (Δήλωση Μαθητή 7 ετών, από Watt και Russell 1990, σ. 16)

Η επιστημονική άποψη

Η αντίληψη ορισμένων μαθητών του Δημοτικού για την έννοια ήχος είναι εντελώς διαφορετική από την επιστημονική. Αν και κατανοούν σωστά ότι ένας ήχος, όπως είναι το κουδούνισμα του τηλεφώνου, προέρχεται από κάποια πηγή, συγχρόνως πιστεύουν ότι ο ήχος υπάρχει μόνο μέσα σ' αυτά τους. Δηλαδή δεν αντιλαμβάνονται ότι ο ήχος είναι κύμα που διαδίδεται από το ένα σημείο του χώρου στο άλλο. Άλλοι μαθητές αντιλαμβάνονται ότι ο ήχος διαδίδεται από την πηγή στον ακροατή, αλλά συγχρόνως πιστεύουν ότι ο ακροατής για να ακούσει τον ήχο θα πρέπει να συγκεντρώσει την προσοχή του σ' αυτόν. Δηλαδή θεωρούν ότι όταν δεν υπάρχει ακροατής, δεν υπάρχει ήχος. Για παράδειγμα πιστεύουν ότι μπορούν να ακούσουν έναν ήχο που παράγει κάποιο μουσικό όργανο, μόνο αν συγκεντρώσουν την προσοχή τους σ' αυτόν. Αυτή η παρανόηση είναι ανάλογη με το φιλοσοφικό γρίφο: Όταν ένα δέντρο πέσει στο δάσος και κανείς δεν βρίσκεται κοντά του, το δέντρο παράγει ήχο; Η επιστημονική απάντηση σ' αυτό το γρίφο είναι «ναι», δηλαδή θα παραχθεί ηχητικό κύμα που θα διαδοθεί από την πηγή προς όλες τις κατευθύνσεις και μπορούμε να τον ακούσουμε.

Αυτή η παρανόηση είναι παρόμοια με την αντίληψη ότι για να δούμε ένα αντικείμενο θα πρέπει να το παρατηρήσουμε προσεκτικά με τα μάτια μας, όπως φαίνεται σε διαγράμματα ακτίνων που δείχνουν ότι το φως ξεκινά από τα μάτια μας και κα-



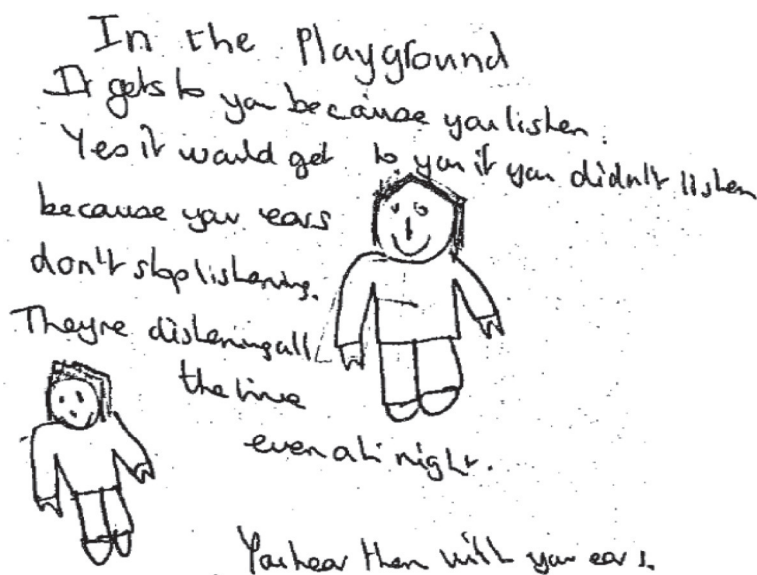
Εικόνα 17.1α Ο ήχος διαδίδεται μόνο προς τον ακροατή (παρανόηση)

τευθύνονται προς το αντικείμενο που παρατηρούμε (Ενότητα 16.2). Με παρόμοιο τρόπο η αντίστοιχη παρανόηση σχετικά με τη διάδοση του ήχου εκδηλώνεται σε αναπαραστάσεις όπου ηχητικά κύματα φεύγουν από τον ακροατή και κατευθύνονται προς την ηχητική πηγή, καθώς και στη φράση «προσεκτική ακρόαση», διότι αυτή η φράση δείχνει ότι ο ακροατής είναι απαραίτητο να εμπλακεί συνειδητά και ενεργά στη διαδικασία της ακρόασης. Επιπλέον αυτή η παρανόηση φαίνεται σε εικόνες όπου ο ήχος έχει σχεδιαστεί να ξεκινά από την πηγή και να κατευθύνεται μόνο προς τον ακροατή και πουθενά αλλού (Εικόνα 17.1α). Κανονικά πρέπει να σχεδιαστεί η διάδοση του ήχου από την πηγή προς κάθε κατεύθυνση, όπως διαδίδονται οι κυκλικοί κυματισμοί μέσα σε μια λιμνούλα. Παρ' όλ' αυτά κάποιοι μαθητές του Δημοτικού μπορούν να οικοδομήσουν επιστημονικά μοντέλα σχετικά με τη διάδοση του ήχου.

Αναδόμηση

Εκμαιεύστε την παρανόηση ζητώντας στους μαθητές να σχεδιάσουν ένα διάγραμμα στο οποίο να φαίνεται η διάδοση ενός ήχου. Ρωτήστε τους: Αν βγουν από το δωμάτιο μέσα στο οποίο συνεχίζει να λειτουργεί ένα ρολόι (ή ένα τηλέφωνο που χτυπά ή οτιδήποτε άλλο παράγει συνεχόμενο ήχο), το ρολόι θα συνεχίσει να παράγει ήχο; Ελέγξτε την ορθότητα των απαντήσεων χρησιμοποιώντας ένα μαγνητόφωνο στην αίθουσα διδασκαλίας από την οποία όλοι οι μαθητές έχουν αποχωρήσει.

Η παρανόηση ότι θα πρέπει να έχουμε στραμμένη την προσοχή μας προς την ηχητική πηγή, για να μπορούμε να ακούμε τον ήχο που παράγει η πηγή, μπορεί να αντιμετωπιστεί, κτυπώντας στην τάξη ξαφνικά ένα κρυμμένο κουδουνάκι ενώ οι μαθητές



Εικόνα 17.1β Με αυτή την εικόνα ένα παιδί 7 ετών εξηγεί πώς ακούμε τους ήχους (Watt και Russel, 1990, σελ. 29). «Στην παιδική χαρά. Ακούς έναν ήχο, όταν ακούς προσεκτικά. Ναι, θα μπορούσες ν' ακούς έναν ήχο ακόμα κι όταν δεν ακούς προσεκτικά, διότι τα αυτιά σου δεν σταματούν να ακούνε. Ακούνε συνεχώς, ακόμα και τη νύχτα. Ακούς τους ήχους με τ' αυτιά σου.»

εργάζονται με ησυχία. Μόλις αντιληφθούν το κουδούνισμα, εξηγήστε τους ότι αν και κανένας τους δεν ήταν προετοιμασμένος, μπόρεσαν να ακούσουν το κουδούνισμα. Ο ήχος λοιπόν φθάνει σ' αυτούς ανεξάρτητα αν αρχικά έχουν στραμμένη την προσοχή τους προς την ηχητική πηγή. Επεκτείνετε την αντίληψή τους εισάγοντας την έννοια ηχητικό κύμα, παρουσιάζοντας ανακλώμενους ήχους σε κατάλληλα αντικείμενα μέσα στο χώρο του σχολείου, για παράδειγμα επίπεδοι ψηλοί τοίχοι μέσα σε μια ελεύθερη μεγάλη έκταση είναι κατάλληλοι γι' αυτό το σκοπό και με ένα δυνατό σφύριγμα παράγεται μια κατάλληλη σύντομη οξεία νότα.

Με μαθητές μικρών τάξεων (KS1) μπορείτε να πάτε σ' έναν «περίπατο ήχων». Όταν επιστρέψετε στην αίθουσα διδασκαλίας θα πρέπει να καταγράψουν όσο περισσότερους ήχους θυμούνται και να προσδιορίσουν την πηγή κάθε ήχου. Τέλος θα πρέπει να περιγράψουν ξεχωριστά κάθε ήχο, δηλαδή αν ήταν δυνατός, ευχάριστος, οξύς κ.λπ. Η ιστορία *Oscar and the Bat* του Geoff Waring αποτελεί καλή εισαγωγή στις βασικές έννοιες που περιλαμβάνονται στην ενότητα ήχος.

Πηγές: Linder (1993)· Waring (2007)· Watt και Russell (1990).

17.2 Τα ηχητικά κύματα μπορούν να σταματήσουν;

Παρανόηση

Ο ήχος δεν μπορεί να περάσει μέσα από εμπόδια.

Η επιστημονική άποψη

Αυτή η πεποίθηση συγκρούεται άμεσα με μια συνηθισμένη εμπειρία των παιδιών: Μέσα στην αίθουσα διδασκαλίας οι μαθητές μπορούν να ακούσουν ήχους από το προαύλιο του Σχολείου. Όμως οι μαθητές αντιλαμβάνονται αυτή την κατάσταση θεωρώντας ότι ακόμα και με κλειστά παράθυρα και πόρτες, ο ήχος γλυστρά μέσα στο δωμάτιο διαμέσου μικρών δυσδιάκριτων ανοιγμάτων. Θεωρούν δηλαδή ότι μέσα σ' ένα αεροστεγές κουτί θα ήταν εντελώς απομονωμένοι από τους εξωτερικούς ήχους.

Όταν ένα ηχητικό κύμα πέσει πάνω σε ένα εμπόδιο, όπως είναι ένα γυάλινο παράθυρο, μέρος την ενέργειας του κύματος δεν θα διαπεράσει το εμπόδιο, διότι είτε θα ανακλαστεί από την εξωτερική επιφάνεια του εμποδίου είτε θα απορροφηθεί από το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο το εμπόδιο. Ωστόσο σημαντική ποσότητα της ενέργειας του κύματος είναι δυνατό να εισχωρήσει στο γυαλί, να βγει από την άλλη πλευρά του και να μπει στο δωμάτιο. Στην πραγματικότητα ο ήχος διαδίδεται με μεγάλη ευκολία μέσα στα στερεά, όπως είναι το γυαλί και το ξύλο, και γι' αυτό, όταν βρισκόμαστε μέσα σ' ένα δωμάτιο, μπορούμε να ακούμε ήχους που έρχονται από το εξωτερικό του δωματίου, ακόμα κι αν τα παράθυρα και οι πόρτες είναι ερμητικά κλειστές. Ένα άτομο λοιπόν μέσα σ' ένα ερμητικά κλεισμένο δωμάτιο θα άκουγε ήχους από το εξωτερικό περιβάλλον, με την προϋπόθεση ότι τα τοιχώματα του δωματίου δεν θα ήταν πολύ χοντρά, δηλαδή δεν θα ήταν κατασκευασμένα π.χ. από μπετόν πάχους ένα μέτρο (ακόμα και σ' αυτή την περίπτωση κτυπώντας το τοίχωμα εξωτερικά ο ήχος διαδίδεται προς το εσωτερικό). Για την «ηχομόνωση» ενός σπιτιού κατασκευάζουμε ηχητικά φράγματα, π.χ. τοποθετώντας σε κοιλότητες στο εσωτερικό των τοίχων φύλλα μόλυβδου ή αφρώδες υλικό ή χρησιμοποιώντας διπλά ή τριπλά τζάμια, ώστε να αφαιρείται ενέργεια από τα ηχητικά κύματα και να αυξάνεται η απορρόφησή τους.

Σχετική μ' αυτή την παρανόηση είναι και η άποψη ότι αν τυλίξουμε με μονωτικό υλικό μια ηχητική πηγή, π.χ. τυλίγοντάς τη σφιχτά μ' ένα μαξιλάρι ή ένα τηλέφωνο που χτυπάει, δεν ακούμε τον ήχο, διότι καθώς τα ηχητικά κύματα διαδίδονται από την πηγή προς τα αυτιά μας, επιβραδύνονται από το μονωτικό υλικό μέχρι να σταματήσουν. Ωστόσο, ακόμα κι όταν παρεμβάλλεται μονωτικό υλικό, η ταχύτητα διάδοσης του ήχου μέσα σ' αυτό είναι ίση με την ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα. Σε κάθε περίπτωση η ένταση του ήχου ελαττώνεται, διότι ελαττώνεται η ενέργεια του κύματος κι όχι η ταχύτητά του.

Τέλος επειδή ο ήχος χρειάζεται υλικό μέσο (στερεό, υγρό ή αέριο) για να διαδοθεί, τα ηχητικά κύματα δεν διαπερνούν το κενό. Γι' αυτό το λόγο σε ταινίες επιστημονικής φαντασίας η αναπαράσταση εκρήξεων στο Διάστημα που παράγουν ήχο είναι λανθασμένη επιστημονικά.

Αναδόμηση

Αυτή η παρανόηση είναι δυνατό να απορριφθεί πειραματικά με ποικίλους τρόπους. Μια απλή μέθοδος είναι να χρησιμοποιήσετε ένα δοχείο το οποίο κλείνει αεροστεγώς, π.χ. ένα τάπερ. Τοποθετήστε στο εσωτερικό του δοχείου ένα κινητό τηλέφωνο, κλείστε το δοχείο ερμητικά, βυθίστε το στο νερό και ενεργοποιήστε το κουδούνισμα του τηλεφώνου. Μ' αυτό το τρόπο μπορείτε να ερευνήσετε πώς μεταβάλλεται η ένταση του ήχου που ακούμε, όταν η ηχητική πηγή περιβάλλεται από στρώματα διαφορετικών υλικών. Είναι προτιμότερο η ένταση του ήχου να μετρείται με ηλεκτρονικούς καταγραφείς ή άλλα ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης.

Άλλος τρόπος για να δείξουμε ότι ο ήχος είναι δυνατό να διαδίδεται μέσα από στερεά είναι η προσομοίωση τηλεφώνου που αποτελείται από δύο μεταλλικά δοχεία συνδεδεμένα με σπάγγο. Επίσης οι μαθητές μπορούν να κολλήσουν το αυτί τους στη μια άκρη ενός θρανίου για να ακούσουν τους ήχους που παράγει ένας συμμαθητής τους καθώς ξύνει την άλλη άκρη του θρανίου. Αν στο σχολείο σας υπάρχει μεταλλική κουπαστή στη σκάλα, κτυπήστε με ένα σφυρί τη μια άκρη της. Τα ηχητικά κύματα που παράγονται μέσα σ' αυτή είναι εκπληκτικό ότι διαδίδονται για μεγάλες αποστάσεις, τις οποίες οι μαθητές μπορούν να μετρήσουν ακούγοντας τον χτύπο του σφυριού σε διάφορα σημεία της κουπαστής μακριά από την ηχητική πηγή. Συνδέστε αυτή την εμπειρία με ιστορίες όπου άνθρωποι χαμένοι στην έρημο έστειλαν σήματα Μόρς χτυπώντας μεταλλικούς αγωγούς πετρελαίου που διασχίζουν τις ερήμους. Είναι δυνατό να εκτελέσετε παρόμοια πειράματα με σωλήνες καλοριφέρ (δείξτε ιδιαίτερη προσοχή αν είναι ζεστοί), μιμούμενοι τον τρόπο με τον οποίο υποτίθεται ότι επικοινωνούν μεταξύ τους οι φυλακισμένοι μέσα από τα κελιά τους. Παρόμοιες ιστορίες υπάρχουν για Ινδιάνους της Βόρειας Αμερικής που ακουμπώντας τα αυτιά τους στο έδαφος άκουγαν τα άλογα που πλησίαζαν καθώς και για τον καταζητούμενο στην Άγρια Δύση καουμπόι Jesse James που χρησιμοποιούσε τις σιδηροδρομικές ράγες για να ακούει τα τρένα που πλησίαζαν. Και από τις δύο περιπτώσεις προκύπτει ότι ο ήχος διαδίδεται σε μεγαλύτερη απόσταση μέσα στα στερεά απ' όσο στον αέρα.

Πηγές: Asoko κ.ά. (1991)· Eshach και Schwartz (2006).

17.3 Τι είναι τα ηχητικά κύματα;

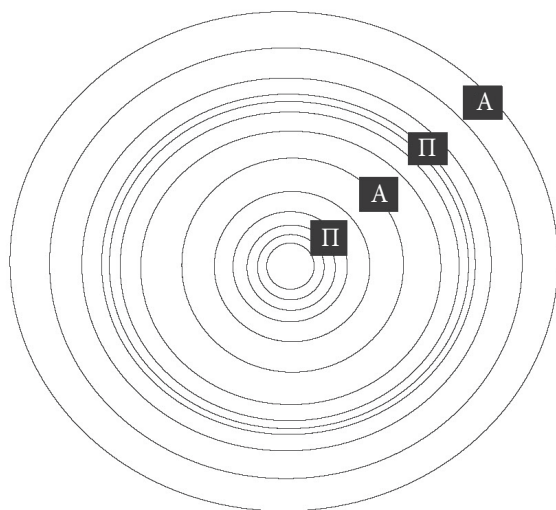
Παρανόηση

Οι οξείς ήχοι είναι δυνατοί, ενώ οι βαρείς είναι ασθενικοί.

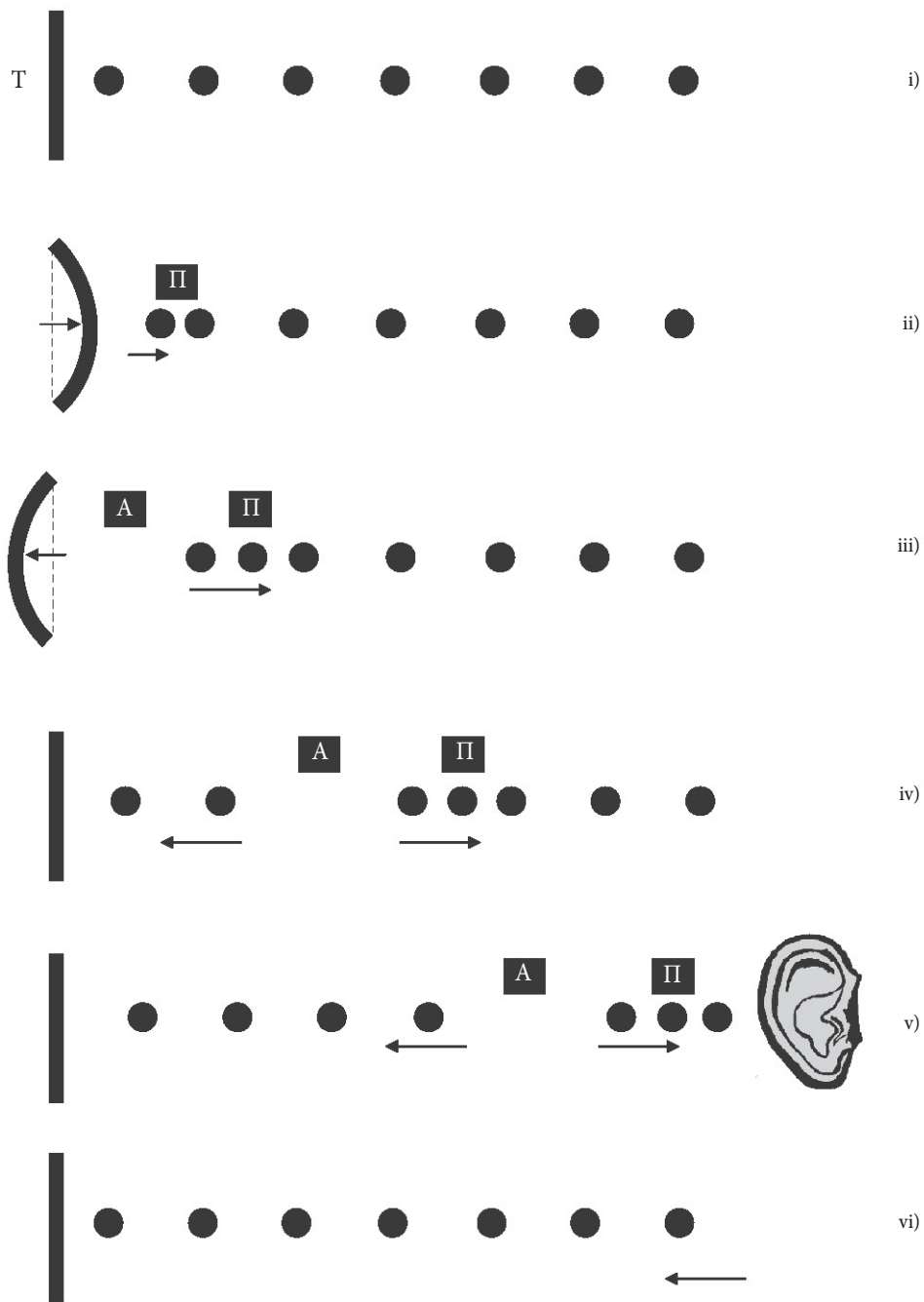
Η επιστημονική άποψη

Από επιστημονική άποψη ένας ήχος χαρακτηρίζεται ως οξύς ή βαρύς ανάλογα με τη **συχνότητά** του. Για παράδειγμα οξύς ήχος παράγεται όταν χτυπάμε ένα ποτήρι και βαρύ ήχος παράγεται όταν χτυπάμε ένα μεγάλο τύμπανο. Επειδή οι μαθητές είναι δυνατό να συγχέουν την οξύτητα του ήχου με την έντασή του, όταν ο δάσκαλος αναφέρεται σε οξύ ήχο, θεωρούν ότι αναφέρεται στον κρότο μιας έκρηξης, και ότι ο ψίθυρος είναι βαρύς ήχος. Αυτές οι παρανοήσεις σχετίζονται με εκφράσεις της καθημερινής ζωής, π.χ. «βαριά φωνή». Η οξύτητα και η ένταση είναι δύο εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά του ήχου, τα οποία θα εξηγήσουμε λεπτομερέστερα αργότερα, αφού πρώτα αποσαφηνίσουμε πλήρως το νόημα της έννοιας «ηχητικό κύμα».

Φανταστείτε ότι αφήνουμε να πέσει ένα μικρό βότσαλο σε μια λιμνούλα. Το νερό διαταράσσεται από κυματισμούς που διαδίδονται στην επιφάνειά του με μορφή ομόκεντρων κύκλων. Οι κυματισμοί ισαπέχουν μεταξύ τους. Τα ηχητικά κύματα έχουν διαφορετική μορφή διότι οι ομόκεντροι κύκλοι δεν ισαπέχουν μεταξύ τους (Εικόνα 17.3α). Οι περιοχές όπου οι κύκλοι συνωστίζονται ονομάζονται **πυκνώματα** (Π) και οι περιο-



Εικόνα 17.3α Ηχητικά κύματα που διαδίδονται μακριά από την πηγή που βρίσκεται στο κέντρο τους



Εικόνα 17.3β Διάδοση ενός ηχητικού κύματος

χές στις οποίες οι κύκλοι είναι απομακρυσμένοι μεταξύ τους ονομάζονται *αραιώματα* (Α). Μια σειρά από πυκνώματα και αραιώματα δημιουργεί ένα **διάμηκες κύμα**.

Στην Εικόνα 17.3β φαίνεται πώς ένα ξεχωριστό σωματίδιο του αέρα συμπεριφέρεται μέσα σ' ένα ηχητικό κύμα που παράγεται όταν χτυπάμε τη μεμβράνη ενός τύμπανου (Τ). Πριν από το χτύπημα τα σωματίδια του αέρα βρίσκονται σε ηρεμία και ας θεωρήσουμε ότι ισαπέχουν μεταξύ τους (i). Όταν χτυπάμε απαλά τη μεμβράνη του τύμπανου, η μεμβράνη του κάμπτεται λίγο και αναγκάζει τα σωματίδια που βρίσκονται σε επαφή μ' αυτή να πλησιάσουν μεταξύ τους (ii). Όπως συμβαίνει με τα ντόμινο που ρίχνουν το ένα το άλλο, αυτά τα σωματίδια αναγκάζουν τα διπλανά τους επίσης να πλησιάσουν μεταξύ τους (iii). Κατόπιν καθώς τα σωματίδια που βρίσκονται κοντά στο τύμπανο επιστρέφουν στις αρχικές θέσεις τους, απομακρύνονται από τα μόρια που βρίσκονται μπροστά από αυτά και δημιουργείται ένα αραιώμα [(iii) και (iv)].¹ Το πύκνωμα και το αραιώμα συνεχίζει να διαδίδεται κατά μήκος των σωματιδίων του αέρα σαν ηχητικό κύμα, μέχρι να έρθει σε επαφή με το ανθρώπινο αυτί (v). Μέσα στο αυτί υπάρχει μια λεπτή μεμβράνη, το ακουστικό τύμπανο. Καθώς τα πυκνώματα και τα αραιώματα φθάνουν σ' αυτήν, η μεμβράνη παραμορφώνεται εναλλάξ προς τα μέσα και προς τα έξω. Η παλμική κίνηση μεταδίδεται σε μικρά οστά και αγωγούς που είναι γεμάτοι με υγρό και τελικά μετατρέπονται σε ηλεκτρικά σήματα που διαβάζονται στον εγκέφαλο. Μ' αυτό τον τρόπο αντιλαμβανόμαστε τους παραγόμενους ήχους. Αφού τα κύματα περάσουν (*διαδοθούν*) μέσα από τον αέρα, τα σωματίδια του αέρα επιστρέφουν στις αρχικές θέσεις τους (vi). Στο μοντέλο φαίνεται για απλότητα η διάδοση μόνο μίας παλμικής κίνησης ενώ στην πραγματικότητα ένα ηχητικό κύμα αποτελείται από πολλές τέτοιες κινήσεις που διαδίδονται συγχρόνως και κάθε στιγμή υπάρχουν χιλιάδες ή εκατομμύρια πυκνώματα και αραιώματα, ανάλογα με την απόσταση στην οποία έχει φθάσει ο ήχος και τη **συχνότητα** του ήχου (δείτε επόμενη ενότητα).

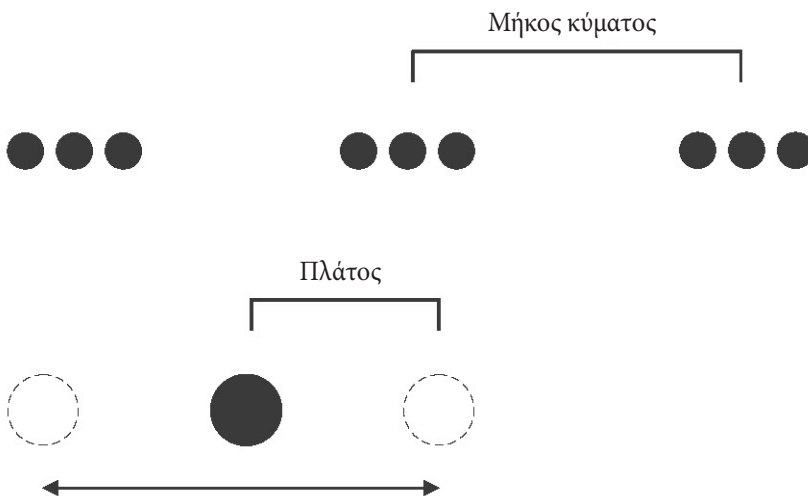
Όταν σε νερό δημιουργούνται κυματισμοί νομίζουμε ότι το νερό της επιφάνειας κινείται απομακρυνόμενο από την πηγή που δημιουργεί τους κυματισμούς.² Όμως αν

1. Αυτό το μοντέλο είναι μια απλούστευση, διότι στην πραγματικότητα τα σωματίδια του αέρα δεν είναι ακίνητα· κινούνται συνεχώς προς κάθε κατεύθυνση, με μεγάλη ταχύτητα. Στο διάγραμμα λοιπόν φαίνεται η «μέση θέση» κάθε σωματιδίου. Σημειώστε ωστόσο ότι αυτή η τυχαία κίνηση των σωματιδίων του αέρα δεν είναι ηχητικό κύμα. Επίσης για λόγους σαφήνειας το μοντέλο αναφέρεται μόνο στη συμπεριφορά των σωματιδίων κατά μήκος μιας ευθείας γραμμής μέσα στον αέρα κι όχι σε μια πιο ρεαλιστική κατάσταση, όπου τα ηχητικά κύματα διαδίδονται προς κάθε κατεύθυνση μέσα από πλήθη σωματιδίων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 17.3α.

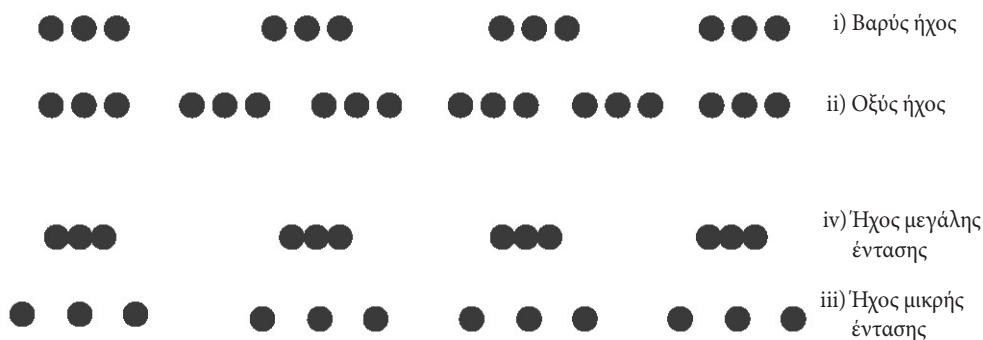
2. Αν και τα κύματα που διαδίδονται στην επιφάνεια του νερού είναι χρήσιμη αναλογία, είναι εγκάρσια κύματα κι όχι διαμήκη, δηλαδή τα σωματίδια συμπεριφέρονται διαφορετικά. Στο νερό τα σωματίδια κινούνται πάνω κάτω, δηλαδή κάθετα προς τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος ενώ στα ηχητικά κύματα κινούνται μπρος πίσω, δηλαδή κατά μήκος της διεύθυνσης διάδοσης του κύματος.

παρατηρήσουμε ένα σώμα που επιπλέει στην επιφάνεια του νερού, διαπιστώνουμε ότι καθώς οι κυματισμοί περνάνε από το σώμα, αυτό κινείται απλώς πάνω κάτω κι όχι οριζόντια προς την κατεύθυνση διάδοσης του κύματος. Αυτό συμβαίνει, διότι τα σωματίδια του νερού δεν κινούνται οριζόντια αλλά πάλλονται γύρω από τις θέσεις ισορροπίας τους. Όπως μπορείτε να δείτε στη σειρά των διαγραμμάτων της Εικόνας 17.3β, όταν ο ήχος διαδίδεται, τα σωματίδια του αέρα πάλλονται με παρόμοιο τρόπο. Τα σωματίδια δεν απομακρύνονται πολύ από τη θέση στην οποία αρχικά ισορροπούσαν και όταν το ηχητικό κύμα περάσει από αυτά, επιστρέφουν σ' αυτή τη θέση. Επίσης ορισμένοι μαθητές πιστεύουν λανθασμένα ότι ο ήχος μοιάζει με ριπή ανέμου, δηλαδή ο αέρας κινείται απομακρυνόμενος από την πηγή. Η μέγιστη απομάκρυνση κάθε σωματιδίου από την αρχική θέση του ονομάζεται **πλάτος** του κύματος ενώ η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πυκνωμάτων (ή αραιωμάτων) ονομάζεται **μήκος** του κύματος (Εικόνα 17.3γ).

Στην Εικόνα 17.3δ φαίνεται με απλό τρόπο πώς συμπεριφέρονται τα σωματίδια του αέρα όταν παράγεται ήχος διαφορετικής οξύτητας και έντασης. Αν τα πυκνώματα και τα αραιώματα απέχουν πολύ μεταξύ τους, το μήκος κύματος είναι μεγάλο (i) και η οξύτητα είναι χαμηλή (σαν το μπουμπουνητό ενός κεραυνού). Όταν ο ήχος είναι υψηλής οξύτητας (όπως η φωνή μιας σοπράνο) τα πυκνώματα και τα αραιώματα είναι πιο κοντά μεταξύ τους, και το μήκος κύματος είναι μικρό (ii). Όταν ο ήχος είναι δυνατός (όπως ο ήχος ενός κομπρεσέρ) τα σωματίδια απομακρύνονται πολύ από τις θέσεις ισορροπίας τους και γι' αυτό η ένταση του κύματος είναι μεγάλη (iii). Όταν ο ήχος είναι ασθενικός (όπως η ήχος που παράγεται όταν ένα φύλλο δέντρου πέφτει) τα σωματίδια απομακρύνονται ελάχιστα από τη θέση ισορροπίας τους και γι' αυτό η ένταση του ήχου είναι μικρή (iv). Παρατηρήστε ότι στις περιπτώσεις 17.3δ (iii) και (iii)



Εικόνα 17.3γ Μήκος κύματος και πλάτος



Εικόνα 17.3δ Οξύτητα και ένταση

το μήκος κύματος δεν μεταβάλλεται. Η οξύτητα του ενός ήχου λοιπόν είναι η ίδια με την οξύτητα του άλλου και έχουν απλώς διαφορετική ένταση. Καθώς τα ηχητικά κύματα απομακρύνονται από την πηγή, το πλάτος τους ελαττώνεται συνεχώς. Όσο απομακρυνόμαστε από την πηγή λοιπόν η ένταση του ήχου επίσης ελαττώνεται συνεχώς. Συνοψίζουμε: Όταν τα ηχητικά κύματα έχουν διαφορετικό μήκος κύματος, οι ήχοι έχουν διαφορετική οξύτητα. Επίσης όταν τα ηχητικά κύματα έχουν διαφορετικό πλάτος, οι ήχοι έχουν διαφορετική ένταση. Τέλος για λόγους πληρότητας είναι σημαντικό να επισημάνουμε μια επιπλέον ιδιότητα των κυμάτων. Το πλήθος των πυκνωμάτων (ή των αραιωμάτων) που περνούν από ένα σημείο κάθε δευτερόλεπτο, όπως το μετρά ένας παρατηρητής, το ονομάζουμε συχνότητα του κύματος. Μονάδα μέτρησης της *συχνότητας* είναι το *χερτζ* και το σύμβολό της είναι Hz. Οι οξείς ήχοι έχουν μεγάλη συχνότητα ενώ οι βαρείς ήχοι έχουν μικρή συχνότητα. Η συχνότητα επίσης είναι δυνατό να περιγραφεί ως το πλήθος των ταλαντώσεων που εκτελεί η πηγή κάθε δευτερόλεπτο. Για παράδειγμα αν η μεμβράνη του ταμπούργλου (Εικόνα 17.3α) εκτελεί 100 ταλαντώσεις το δευτερόλεπτο, η συχνότητά του ήχου που παράγεται είναι 100Hz. Επειδή η συχνότητα της πηγής είναι ίση με τη συχνότητα των κυμάτων που παράγει η πηγή, η συχνότητα του ήχου θα είναι επίσης 100Hz. Σχεδόν πάντοτε αναφερόμαστε στους ήχους χρησιμοποιώντας τη συχνότητά τους κι όχι το μήκος κύματός τους.

Σχετικές παρανοήσεις είναι ότι τα ηχητικά κύματα αποτελείται από κάποιο ιδιαίτερο υλικό και διαδίδεται μεταξύ των σωματιδίων του αέρα και ότι τα ηχητικά κύματα ασκούν δύναμη στον αέρα μέσα από τον οποίο περνούν και τον διαπερνούν.

Αναδόμηση

Μπορούμε να αντιμετωπίσουμε τη λανθασμένη άποψη ότι οι βαρείς ήχοι έχουν μικρή ένταση ενθαρρύνοντας τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν επιστημονική ορολογία, δηλαδή να χαρακτηρίζουν έναν ήχο υψηλό ή χαμηλό, μόνο όταν αναφέρονται στην

οξύτητά του κι όχι στην έντασή του. Αν και η διδασκαλία των διαμήκων κυμάτων υπερβαίνει το Αναλυτικό Πρόγραμμα του Δημοτικού, σε μεγάλες τάξεις KS2 προχωρημένοι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν ένα απλοποιημένο μοντέλο. Για παράδειγμα, οι εκπαιδευτικοί δείχνουν διαμήκη κύματα τα οποία δημιουργούν σε ένα μακρύ ελατήριο. Αρχικά τεντώνουν το ελατήριο κατά μήκος του άξονά του και κατόπιν επαναφέρουν απότομα το χέρι τους στη θέση όπου το ελατήριο είναι χαλαρό. Τότε ένας κυματικός παλμός δημιουργείται στο ελατήριο που διαδίδεται αρκετά αργά ώστε οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν τη διάδοσή του. Αν είναι απαραίτητο μπορείτε να βιντεοσκοπήσετε τα κύματα που παράγονται μ' αυτό τον τρόπο και να τα προβάλεται σε αργή κίνηση. Επίσης στο διαδίκτυο μπορείτε να βρείτε προσομοιώσεις διαμήκων κυμάτων.

Ενδιαφέρον καθημερινό φαινόμενο με κυματικά χαρακτηριστικά συμβαίνει όταν πολλά αυτοκίνητα κινούνται σ' ένα μεγάλο αυτοκινητόδρομο, και το ένα αυτοκίνητο μετά το άλλο ανακόπτει ταχύτητα ή σταματά εντελώς διότι το προπορευόμενο αυτοκίνητο επίσης ανακόπτει ταχύτητα ή σταματά εντελώς. Κι αμέσως μετά, σαν ένα φάντασμα να παρεμβαίνει, τα αυτοκίνητα αρχίζουν πάλι να κινούνται με κανονική ταχύτητα. Αν παρατηρήσουμε αυτό το φαινόμενο από ψηλά, φαίνεται σαν ένα διάμηκες κύμα να διαδίδεται διαμέσου της σειράς των αυτοκινήτων, καθώς ο οδηγός του προπορευόμενου οχήματος πατά απότομα το φρένο κι αυτό αναγκάζει τους οδηγούς των οχημάτων που ακολουθούν να πατούν διαδοχικά φρένο και το ένα μετά το άλλο τα οχήματα να ανακόπτουν την ταχύτητά τους. Υπάρχουν βίντεο στο διαδίκτυο (π.χ. στο YouTube) στα οποία φαίνεται πώς αυτό το φαινόμενο συμβαίνει στην πραγματικότητα.

Μπορούμε να δείξουμε και άλλα χαρακτηριστικά των ηχητικών κυμάτων, για παράδειγμα ελέγχοντας το εύρος των συχνοτήτων τις οποίες μπορούν ακούσουν τα παιδιά. Συνήθως το ανθρώπινο αυτί αντιλαμβάνεται συχνότητες από 20 έως 20.000Hz, και όσο αυξάνεται η ηλικία ελαττώνεται η ικανότητα αντίληψης των υψηλότερων συχνοτήτων. Υπάρχουν δωρεάν εφαρμογές για υπολογιστές για να εκτελέσετε αυτό το διασκεδαστικό πείραμα.

Μαθητές μικρών τάξεων του Δημοτικού (KS1) μπορούν να παράξουν ήχους διαφορετικής οξύτητας χρησιμοποιώντας πλαστικά μπουκάλια που περιέχουν διαφορετικές ποσότητες νερού. Φυσώντας παράλληλα με το στόμιο κάθε μπουκαλιού, παράγεται ένα σφύριγμα. Οι μαθητές λοιπόν μπορούν να συνεργαστούν, να δημιουργήσουν μια ορχήστρα και να παίξουν μια απλή μελωδία π.χ. το *Frere Jacques*.³

Πηγές: Linder (1993)· Linder και Erickson (1989)· Watt και Russell (1990)· Whittaker (2012).

3. (ΣτΜ): Γαλλικό παιδικό τραγούδάκι, μπορείτε να το ακούσετε στο διαδίκτυο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18

ΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΗΜΑ

18.1 Επίπεδη Γη

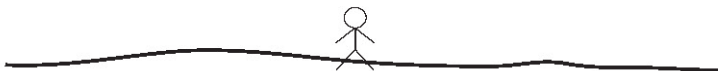
Παρανόηση

Η Γη είναι επίπεδη.

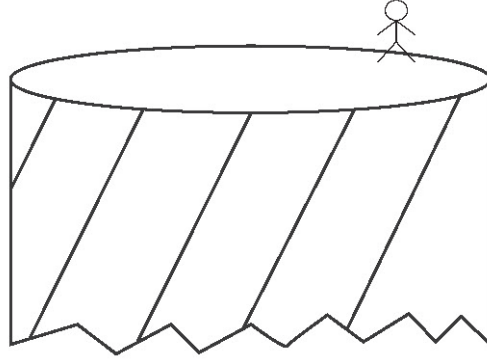
Η επιστημονική άποψη

Υπάρχουν πολλές παραλλαγές της άποψης ότι η Γη είναι επίπεδη. Στον κατάλογο που ακολουθεί έχουμε περιλάβει πέντε από αυτές και τις έχουμε κατατάξει αρχίζοντας από την απλούστερη και φθάνοντας μέχρι την πιο «επιστημονική» (αν και η τελευταία επίσης ανήκει στις παρανοήσεις ότι η Γη είναι επίπεδη).

1. Ζούμε πάνω σ' ένα επίπεδο σώμα που οι πλευρές του και το βάθος του εκτείνονται σε άπειρη απόσταση. Αυτό το απλό μοντέλο για τη Γη στηρίζεται στην καθημερινή αντίληψη ότι η επιφάνεια της Γης είναι επίπεδη και οριζόντια (Εικόνα 18.1α). Στο πλαίσιο αυτής της αντίληψης η Γη εκτείνεται σε άπειρη απόσταση κάτω από τα πόδια μας και προς τα πλάγια, ενώ προς τα πάνω εκτείνεται μέχρι να συναντήσει τον ουρανό. Από αυτή την αντίληψη προκύπτει η παρανόηση ότι το Διάστημα αρχίζει από την επιφάνεια της Γης και εκτείνεται σε άπειρη απόσταση προς τα πάνω και προς τα πλάγια.
2. Ζούμε πάνω σ' ένα επίπεδο σώμα που προς τα κάτω εκτείνεται σε άπειρη απόσταση. Μαθητές που ακούνε ότι η Γη είναι στρογγυλή ίσως τη θεωρούν κυλινδρική, δηλαδή κατασκευάζουν μια υβριδική αντίληψη συνδυάζοντας μια επί-



Εικόνα 18.1α Η Γη έχει άπειρη έκταση (παρανόηση)



Εικόνα 18.1β Η Γη είναι ένας κύλινδρος άπειρης διάστασης (παράνοηση)

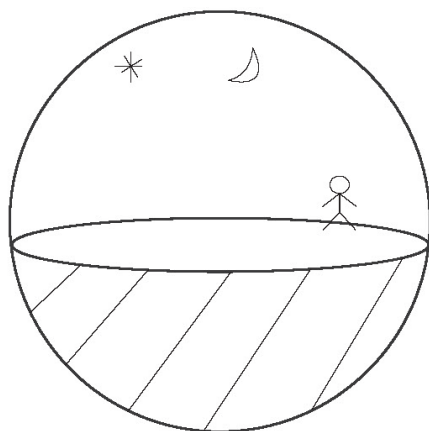
πεδη Γη με την επιστημονική άποψη (Εικόνα 18.1β). Η επιφάνειά της είναι επίπεδη, αν και οι πλευρές της δεν εκτείνονται σε άπειρη απόσταση, δηλαδή έχουν όρια, όπως στο 1ο μοντέλο. Προς τα κάτω η Γη εκτείνεται σε άπειρη απόσταση ή στηρίζεται σε κάποιο σταθερό σημείο, που βρίσκεται σε πολύ μεγάλη απόσταση από την επιφάνεια. Η Γη δεν είναι απομονωμένη από οποιοδήποτε άλλο σώμα. Επίσης περπατώντας ή ταξιδεύοντας με πλοίο είναι δυνατό να βγούμε έξω από τα όριά της.

3. Ζούμε πάνω σε επίπεδο δίσκο. Στην Εικόνα 18.1γ η Γη παριστάνεται επίπεδη, στρογγυλή και απομονωμένη, ξεχωριστά από το υπόλοιπο Διάστημα (το κάτω μέρος της έχει όρια). Αυτή είναι παραλλαγή της άποψης ότι τα ουράνια σώματα, όπως η Γη, ο Ήλιος και η Σελήνη, είναι επίπεδα σώματα δύο διαστάσεων. Επειδή στα σχολικά βιβλία οι πλανήτες και τα αστέρια απεικονίζονται σε δύο διαστάσεις, ορισμένοι μαθητές δεν χρησιμοποιούν τη φαντασία τους για να τα αντιληφθούν ως τρισδιάστατες σφαίρες. Στο πολύ γνωστό¹ μυθιστόρημα του Terry Pratchett *Discworld*, παρουσιάζεται ένα μίγμα του 2ου και του 3ου μοντέλου, αν και δεν είναι γνωστό σε ποιο βαθμό η ανάγνωση του βιβλίου του



Εικόνα 18.1γ Η Γη είναι ένας δίσκος (παράνοηση)

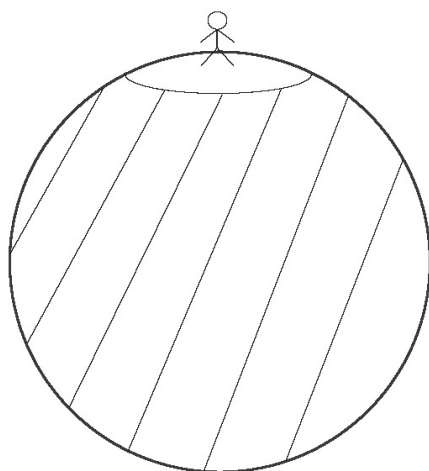
1. (ΣτΕ): Στη Μεγάλη Βρετανία.



Εικόνα 18.1δ Η Γη είναι σφαιρική και περιβάλλει όλο το Διάστημα (παρανόηση)

Pratchett συμβάλλει στην οικοδόμηση ή στην ενίσχυση της παρανόησης των παιδιών ότι η Γη είναι επίπεδη.

4. Η Γη είναι σφαίρα και ζούμε μέσα σ' αυτή. Οι μαθητές που υιοθετούν αυτή την άποψη δέχονται ότι η Γη είναι τρισδιάστατη και σφαιρική, όλη η ζωή και το Διάστημα βρίσκονται στο εσωτερικό της σφαίρας, ενώ εμείς ζούμε σε μια εσωτερική επίπεδη επιφάνεια (Εικόνα 18.1δ). Αυτή η αντίληψη ουσιαστικά συντηρεί την ιδέα ότι η Γη είναι επίπεδη και είναι συμβατή με την άποψη ότι η Γη φθάνει μέχρι τον ορίζοντα και από εκεί αρχίζει το ουρανός (δηλαδή το Διάστημα), όπως στο 1ο μοντέλο. Η ιδέα ότι ο ουρανός περιβάλλει μια κυκλική

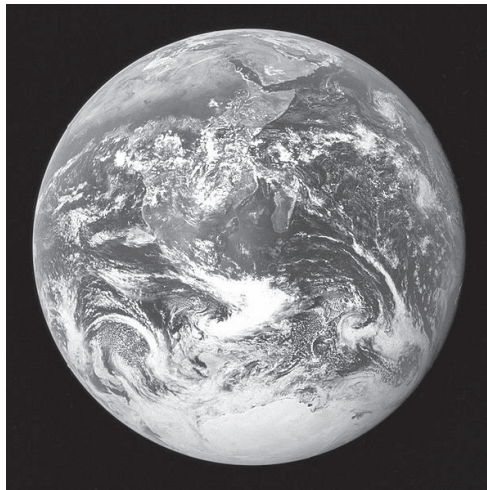


Εικόνα 18.1ε Η Γη είναι σφαιρική με ένα τμήμα της επίπεδο (παρανόηση)

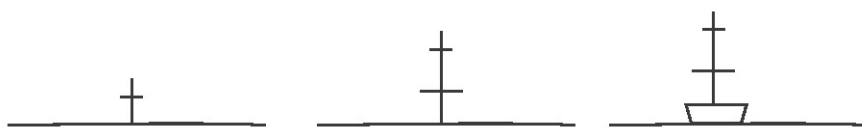
επιφάνεια αντανακλά την άμεση αντίληψη ενός παρατηρητή στον οποίο ο ουρανός παρουσιάζεται σαν γιγάντιος θόλος. Αυτή την αντίληψη είχαν ορισμένοι αρχαίοι πολιτισμοί.

5. *Η Γη είναι σφαιρική, αν και υπάρχει ένα επίπεδο τμήμα της, πάνω στο οποίο ζούμε.* Πρόκειται για συμβιβαστική άποψη, διότι οι μαθητές που την υιοθετούν δέχονται ότι η Γη είναι σφαιρική αλλά ουσιαστικά παραμένουν υποστηρικτές τη επίπεδης Γης (Εικόνα 18.1ε). Με τη βοήθεια αυτής της αντίληψης οι μαθητές εξηγούν απολύτως τις φωτογραφίες και τα βίντεο από το Διάστημα που δείχνουν ότι η Γη είναι σφαιρική, διότι θεωρούν ότι κατοικούμε σε μια επίπεδη περιοχή που βρίσκεται στην πίσω πλευρά από αυτή που φαίνεται στις φωτογραφίες και στα βίντεο ή ότι αυτή η περιοχή είναι πολύ μικρή και δεν διακρίνεται. Άλλη παραλλαγή όπου η επιστημονική άποψη είναι αποδεκτή, αν και με στρεβλό τρόπο, είναι ότι ο πλανήτης Γη είναι σφαιρικός και βρίσκεται κάπου στο Διάστημα, ενώ εμείς ζούμε πάνω σ' ένα επίπεδο που δεν έχει σχέση με τον πλανήτη.

Αυτές οι παρανοήσεις είναι παραδείγματα επιστημονικών ιδεών που είναι αντίθετες στην άμεση καθημερινή εμπειρία μας, η οποία μας υποβάλλει την ιδέα ότι η επιφάνεια της Γης είναι επίπεδη. Λόγω του μεγέθους της Γης και του σημείου παρατήρησης, όταν στεκόμαστε πάνω στην επιφάνεια της Γης, δεν μπορούμε εύκολα να αντιληφθούμε τη σφαιρικότητά της. Παρ' όλ' αυτά οι αρχαίοι Έλληνες είχαν μπορέσει να συμπεράνουν ότι η Γη είναι σφαιρική και επιπλέον είχαν κατορθώσει να εκτιμήσουν με αρκετή ακρί-



Εικόνα 18.1ζ Ο Μπλε Βώλος (Η Γη φωτογραφημένη από το πλῆρωμα του διαστημοπλοίου Απόλλων 17, Δεκέμβριος 1972)



Εικόνα 18.1η Ένα πλοίο που πλησιάζει τον παρατηρητή εμφανίζεται στον ορίζοντα

βεια την περίμετρό της. Αν και αυτή η εργασία είχε γίνει τόσο παλιά, η αντίληψη της επίπεδης Γης παρέμεινε για αρκετούς αιώνες, και ακόμη και τον 17ο αιώνα οι Κινέζοι ναυτικοί «ήξεραν» ότι έπρεπε να προσέχουν σε ορισμένες περιοχές της θάλασσας, διότι κινδύνευαν να ξεπεράσουν την «άκρη» της Γης και να εξαφανιστούν (3ο μοντέλο).

Η άποψη των σύγχρονων μορφωμένων ανθρώπων είναι ευθυγραμμισμένη με το επιστημονικό μοντέλο της σφαιρικής Γης, αν και μια μικρή μειονότητα, όπως είναι τα μέλη της Κοινότητας της Επίπεδης Γης (Flat Earth Society), ακόμη υποστηρίζουν την αντίθετη άποψη.

Αναδόμηση

Ζητήστε από τους μαθητές να σας δείξουν τον τόπο που κατοικούν σε μια **υδρόγειο σφαίρα**, διότι, οι μικρότεροι μαθητές ίσως έχουν δει υδρόγειο, αλλά ίσως να μην την έχουν συσχετίσει με τον πλανήτη πάνω στον οποίο ζούμε. Βίντεο που δείχνουν τη Γη ως τρισδιάστατο σφαιρικό σώμα ενισχύουν την επιστημονική άποψη. Για παράδειγμα σε στιγμιότυπα από ταινίες επιστημονικής φαντασίας ή τηλεοπτικές σειρές υπάρχουν εφέ κατασκευασμένα **με τη βοήθεια υπολογιστή** που παρουσιάζουν τρισδιάστατα πλανήτες κι άλλα ουράνια σώματα. Παρακολουθώντας ένα διαστημικό ταξίδι οι θεατές βλέπουν ότι οι αστροναύτες προσεδαφίζονται στην επιφάνεια ενός πλανήτη κι όχι στο εσωτερικό του (όπως θα συνέβαινε αν το 4ο μοντέλο ήταν σωστό).

Ίσως είναι δύσκολο να αντικρούσετε την άποψη μαθητών που δέχονται ότι η Γη είναι σφαιρική αλλά συγχρόνως θεωρούν ότι η περιοχή στην οποία κατοικούν είναι επίπεδη. Σ' αυτή την περίπτωση διηγήσεις με ναυτικούς που παρατηρούν πρώτα τα κατάρτια των πλοίων καθώς ξεπροβάλλουν από τον ορίζοντα και μετά το υπόλοιπο σκάφος, βοηθούν τους μαθητές να αντιληφθούν ότι ολόκληρη η Γη είναι σφαιρική όπως και η περιοχή που ζουν² Εικόνα 18.1η).

Πηγές: Arnold κ.ά. (1995)· Jones κ.ά. (1987)· Nussbaum (1985)· Nussbaum και Novak (1976)· Vosniadou και Brewer (1990).

2. (ΣΤΕ): Εκτός από τους ναυτικούς, όταν βρεθούμε σε μια παραλία και κοιτάξουμε τον ορίζοντα, θα δούμε πρώτα το κατάρτι ενός πλοίου που πλησιάζει και σταδιακά θα φανεί ολόκληρο το σκάφος.

18.2 Τι βρίσκεται στο κέντρο του ηλιακού συστήματος;

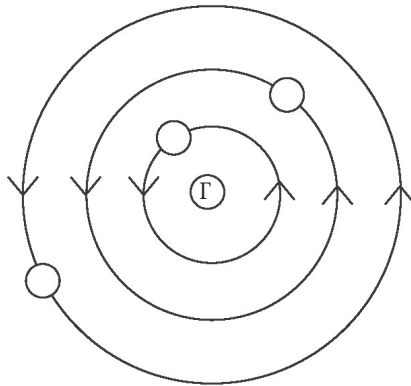
Παρανόηση

Η Γη βρίσκεται στο κέντρο του ηλιακού συστήματος· ο Ήλιος και οι πλανήτες στρέφονται γύρω από αυτή.

Η επιστημονική άποψη

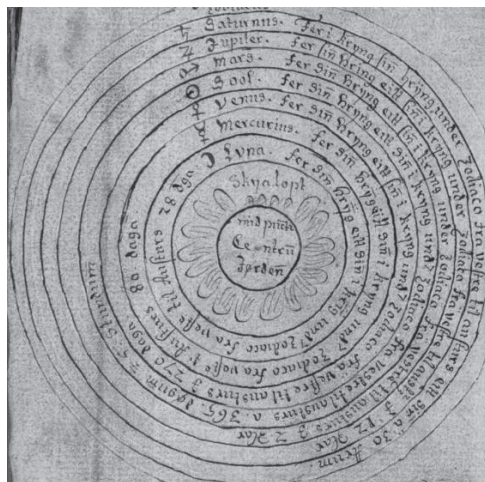
Στο Δημοτικό ορισμένοι μαθητές πιστεύουν ότι η Γη βρίσκεται στο κέντρο του Διαστήματος/Σύμπαντος και κάθε άλλο ουράνιο σώμα στρέφεται γύρω από αυτή (Εικόνα 18.2α).³ Στις αιτίες αυτής τη παρανόησης περιλαμβάνεται η φαινομενική κίνηση το Ήλιου στον ουρανό, που δίνει την εντύπωση ότι κάθε μέρα ο Ήλιος κινείται κυκλικά γύρω από τη Γη (Ενότητα 18.3).

Υποστηριζόμενο από παρατηρήσεις της ημερήσιας κίνησης του Ήλιου και από θρησκευτικούς παράγοντες το **γεωκεντρικό μοντέλο** (δηλαδή ότι η Γη βρίσκεται στο κέντρο του ηλιακού συστήματος, Εικόνα 18.2α) ήταν ευρέως αποδεκτό μέχρι τον 16ο αιώνα. Τότε ο αστρονόμος Νικόλαος Κοπέρνικος πρότεινε την **ηλιοκεντρική θεωρία** (δηλαδή ότι ο Ήλιος είναι στο κέντρο του ηλιακού συστήματος) που σήμερα είναι



Εικόνα 18.2α Το κλασικό γεωκεντρικό μοντέλο του ηλιακού συστήματος στο οποίο φαίνονται τρία σώματα να στρέφονται γύρω από τη Γη (παρανόηση)

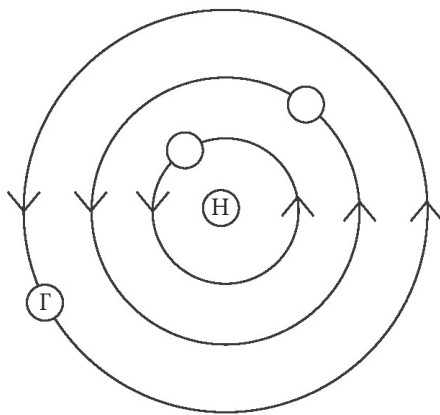
3. Σημειώστε ότι στις εικόνες αυτού του κεφαλαίου οι αποστάσεις μεταξύ των σωμάτων και οι διαστάσεις των σωμάτων δεν έχουν σχεδιαστεί με κλίμακα, εκτός κι αν αναφέρεται κάτι σχετικό. Επίσης αν και οι τροχιές της Γης και της Σελήνης είναι περίπου κυκλικές, ορισμένες φορές έχουν σχεδιαστεί με προοπτική, δηλαδή όπως φαίνονται από πλάγια, και γι' αυτό φαίνονται σαν μακρόστενες ελλείψεις.



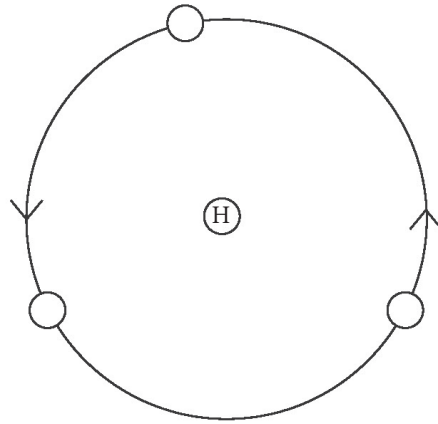
Εικόνα 18.2β Ιστορική απεικόνιση του γεωκεντρικού συστήματος (παράνοηση)

αποδεκτή ως η σωστή επιστημονική άποψη. Στην Εικόνα 18.2γ φαίνεται ένα ισλανδικό χειρόγραφο του 18ου αιώνα που απεικονίζει το γεωκεντρικό μοντέλο, δηλαδή τη Γη στο κέντρο, και γύρω από αυτή να περιστρέφονται με τη σειρά (από το μέσα προς τα έξω): η Σελήνη, ο Ερμής, η Αφροδίτη, ο Ήλιος, ο Άρης, ο Δίας και ο Κρόνος.

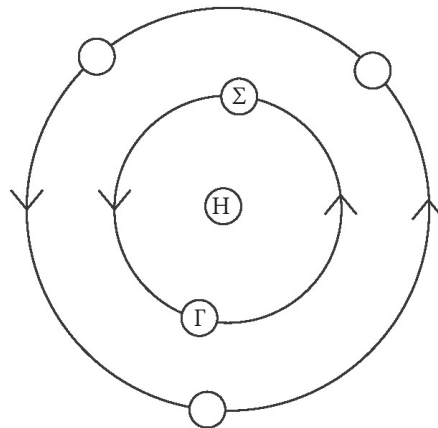
Στο πλαίσιο της σύγχρονης ηλιοκεντρικής θεωρίας ο Ήλιος βρίσκεται στο κέντρο του ηλιακού συστήματος και γύρω του στρέφονται οκτώ πλανήτες, οι δορυφόροι τους και άλλα μικρότερα σώματα, όπως είναι οι κομήτες, οι αστεροειδείς και οι **νάνοι πλανήτες** (Εικόνα 18.2γ).



Εικόνα 18.2γ Το σύγχρονο ηλιοκεντρικό μοντέλο του ηλιακού συστήματος (φαίνονται μόνο τρεις πλανήτες να στρέφονται γύρω από τον Ήλιο, συμπεριλαμβανομένης της Γης)



Εικόνα 18.2δ Πλανήτες που κινούνται στην ίδια τροχιά



Εικόνα 18.2ε Ηλιοκεντρικό μοντέλο όπου η Γη και η Σελήνη κινούνται στην ίδια τροχιά

Υπάρχουν και άλλα μη επιστημονικά μοντέλα που βασίζονται σε γεωκεντρικές και σε ηλιοκεντρικές αντιλήψεις. Σύμφωνα με το ηλιοκεντρικό μοντέλο που φαίνεται στην Εικόνα 18.2δ όλοι οι πλανήτες βρίσκονται σε ίση απόσταση από τον Ήλιο και κινούνται στην ίδια τροχιά. Στην πραγματικότητα η απόσταση του πιο απομακρυσμένου πλανήτη, του Ποσειδώνα, από τον Ήλιο είναι εβδομήντα πέντε φορές μεγαλύτερη από του πλανήτη Ερμή, που βρίσκεται πλησιέστερα στον Ήλιο.

Στην Εικόνα 18.2ε φαίνεται μια παραλλαγή της προηγούμενης παρανόησης: Η Γη και η Σελήνη κινούνται στην ίδια τροχιά, ανεξάρτητα από τους άλλους πλανήτες. Ορισμένες φορές αυτή τη παραλλαγή εμφανίζεται σε συνδυασμό με την παρανόηση που φαίνεται στην Εικόνα 18.3ε.

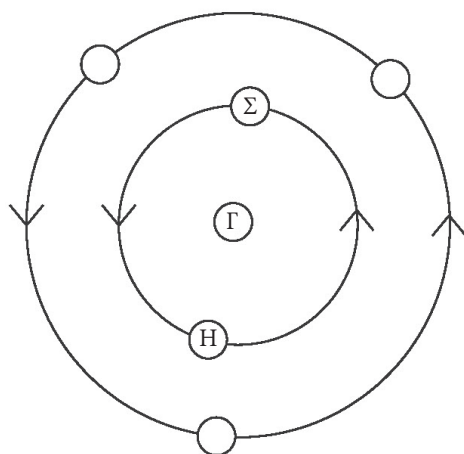
Το αντίθετο της προηγούμενης παρανόησης επίσης υπάρχει, με τη Γη στο κέντρο (Εικόνα 18.2ζ).

Διάσημοι επιστήμονες

Μια επικίνδυνη άποψη. Την εποχή του Κοπέρνικου η άποψη ότι η Γη δεν είναι το κέντρο του Σύμπαντος ερχόταν σε σύγκρουση με το θρησκευτικό δόγμα, που υποστήριζε με σθένος η Καθολική Εκκλησία. Λέγεται ότι ο Κοπέρνικος δημοσίευσε την ηλιοκεντρική θεωρία του λίγο πριν πεθάνει, για να αποφύγει να προκαλέσει την Ιερά Εξέταση. Ο Γαλιλαίος ήταν ένθερμος υποστηρικτής της ηλιοκεντρικής θεωρίας και βοήθησε ώστε οι ιδέες του Κοπέρνικου να επιζήσουν και μετά το θάνατο του δημιουργού τους. Γι' αυτό η Εκκλησία καταδίωξε τον Γαλιλαίο και τελικά τον κατηγόρησε ως αιρετικό. Από μαρτυρίες εκείνης της εποχής προκύπτει ότι ο Γαλιλαίος απέφυγε τη θανάτωση τυχαία και καταδικάστηκε να παραμείνει φυλακισμένος στο σπίτι του για την υπόλοιπη ζωή του.

Αναδόμηση

Αποτελεσματικός τρόπος για να διδάξουμε ότι ο Ήλιος, κι όχι η Γη, βρίσκεται στο κέντρο του ηλιακού συστήματος είναι να εξοικειώσουμε τους μαθητές με εικόνες και βίντεο του Διαστήματος από το διαδίκτυο, π.χ. το YouTube. Στην περίπτωση της εισαγωγικής παρανόησης μια καλή διδακτική στρατηγική είναι από την αρχή της παρουσίασης του Διαστήματος να εκμαιεύσουμε από τους μαθητές κάθε μη επιστημονική άποψη και να την αντιμετωπίσουμε άμεσα δείχνοντας βίντεο με ένα ταξίδι μέσα στο ηλιακό σύστημα. Μ' αυτό τον τρόπο θα βοηθήσουμε τους μαθητές να αντιληφθούν το



Εικόνα 18.2ζ Γεωκεντρικό μοντέλο όπου ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται στη ίδια τροχιά

επιστημονικό ηλιοκεντρικό μοντέλο. Μπορούμε επίσης να υλοποιήσουμε στην τάξη δραματοποιήσεις (role play), όπου οι μαθητές παριστάνουν τους πλανήτες, τον Ήλιο, τη Γη, τη Σελήνη, τους κομήτες κ.λπ. κινούμενοι σύμφωνα με το ηλιοκεντρικό μοντέλο.

Πηγές: Parker και Heywood (1998)· Sharp (1996)· Taylor κ.ά. (2003).

18.3 Γιατί η ημέρα γίνεται νύχτα;

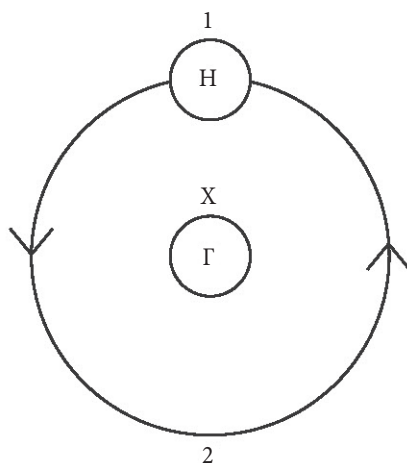
Παρανόηση

Ο Ήλιος κινείται γύρω από τη Γη και γι' αυτό έχουμε ημέρα και νύχτα.

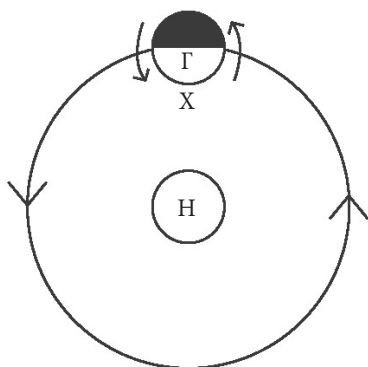
«Τη νύχτα ο Ήλιος γίνεται Φεγγάρι.» (Δήλωση Μαθητή 9 ετών, από Osborne κ.ά. 1993, σ. 37)

Η επιστημονική άποψη

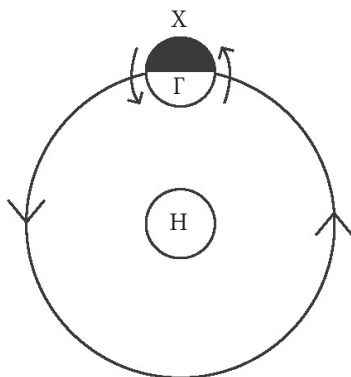
Συνήθως στο πλαίσιο της διδακτικής ενότητας που αφορά τη Γη και το Διάστημα οι μαθητές στερεώνουν κατακόρυφα μια ράβδο στο έδαφος και κατά τη διάρκεια μίας ημέρας καταγράφουν τη θέση και το μήκος της σκιάς της ράβδου. Κατόπιν από αυτές τις καταγραφές συμπεραίνουν ότι ο Ήλιος φαίνεται να κινείται αργά κατά μήκος του ουρανού, από την ανατολή προς τη δύση. Σ' αυτή την περίπτωση οι μαθητές δέχονται ως πραγματική τη φαινομενική κίνηση του Ήλιου και θεωρώντας ότι σε 24 ώρες ο Ήλιος εκτελεί έναν ολόκληρο κύκλο γύρω από τη Γη (Εικόνα 18.3α), εξηγούν



Εικόνα 18.3α Το γεωκεντρικό μοντέλο (παρανόηση)



Εικόνα 18.3β Στην περιοχή X είναι ημέρα



Εικόνα 18.3γ Στην περιοχή X είναι νύχτα

την εναλλαγή της ημέρας με τη νύχτα ως εξής: Έστω ότι ένας άνθρωπος βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια της Γης, στον τόπο X και ο Ήλιος στη θέση 1. Τότε στον τόπο X θα είναι ημέρα. Μετά από δώδεκα ώρες, ενώ η Γη μένει συνεχώς ακίνητη, ο Ήλιος θα βρίσκεται στη θέση 2 και στον τόπο X θα είναι νύχτα, διότι η Γη εμποδίζει άμεσα το φως του Ήλιου να φθάσει στον τόπο X .

Αν και σ' αυτούς τους μαθητές το γεωκεντρικό μοντέλο φαίνεται απολύτως λογικό, από επιστημονική άποψη είναι λανθασμένο. Ο Ήλιος βρίσκεται στο κέντρο του ηλιακού συστήματος και οι πλανήτες, συμπεριλαμβανομένης της Γης, κινούνται γύρω από αυτόν (Ενότητα 18.2). Ωστόσο το φαινόμενο της ημέρας και της νύχτας δεν μπορεί να εξηγηθεί με το ηλιοκεντρικό μοντέλο: αυτή η εναλλαγή είναι αποτέλεσμα της περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονά της.

Στις Εικόνες 18.3β και 18.3γ φαίνεται το σωστό ηλιοκεντρικό μοντέλο: η Γη κινείται σχεδόν κυκλικά γύρω από τον Ήλιο, εκτελώντας μια πλήρη στροφή κάθε 12 μή-

νες (365 1/4 ημέρες). Συγχρόνως στρέφεται γύρω από τον άξονά της κάθε 24 ώρες. Ο Ήλιος λοιπόν φωτίζει συνεχώς μόνο τη μισή επιφάνεια της Γης ενώ η άλλη μισή βρίσκεται στο σκοτάδι (στις εικόνες η επιφάνεια που δεν φωτίζεται φαίνεται σκιασμένη). Στην Εικόνα 18.3β στην περιοχή X είναι ημέρα, διότι η περιοχή αυτή βρίσκεται στο φωτισμένο μισό της Γης. Μετά από δώδεκα ώρες, επειδή η Γη θα έχει εκτελέσει μισή περιστροφή, στην περιοχή X θα είναι νύχτα (Εικόνα 18.3γ). Σημειώστε ότι αν και έχουν περάσει δώδεκα ώρες, η μετατόπιση της Γης γύρω από τον Ήλιο είναι ανεπαίσθητη. Δηλαδή αν και η Γη όντως στρέφεται γύρω από τον Ήλιο, η ημέρα και η νύχτα οφείλονται μόνο στην περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της. Αν και η κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο είναι απολύτως ανεξάρτητη από την περιστροφή της γύρω από το άξονά της, συχνά οι μαθητές συγχέουν μεταξύ τους τις δύο κινήσεις και θεωρούν λανθασμένα ότι *η ημέρα και η νύχτα οφείλονται στην κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο*. Επιπλέον επειδή συγχέουν μεταξύ τους το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να ολοκληρωθεί καθεμιά από τις δύο κινήσεις της Γης, ισχυρίζονται ότι *η Γη στρέφεται γύρω από τον Ήλιο κάθε 24 ώρες*.

Υπάρχει ένα πλήθος παρανοήσεις που έχουν βρεθεί ότι συνδέονται με την αιτία της ύπαρξης ημέρας και νύχτας.

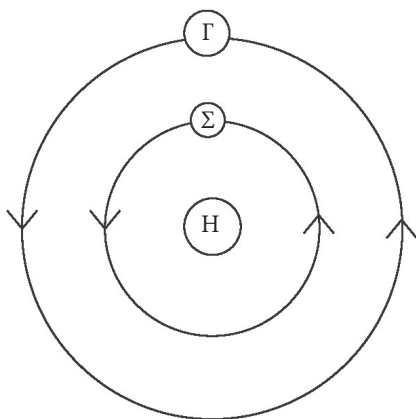
1. *Νυχτώνει επειδή η Σελήνη εμποδίζει το φως του Ήλιου να φθάσει στην Γη*. Αν και αυτή η άποψη στηρίζεται στο ηλιοκεντρικό μοντέλο, που είναι σωστό, η τροχιά της Σελήνης γύρω από τον Ήλιο δεν είναι διαφορετική από την τροχιά της Γης (Ενότητα 18.6). Αυτή η παρανόηση συνδέεται με την πεποίθηση ότι η Σελήνη εμφανίζεται στον ουρανό μόνο τη νύχτα (Ενότητα 18.8).
2. *Η ύπαρξη ημέρας και νύχτας οφείλεται στα σύννεφα*. Ορισμένοι μαθητές πιστεύουν ότι όταν τη νύχτα ο Ήλιος χάνεται, κρύβεται πίσω από τα σύννεφα. Ομοίως την ημέρα η Σελήνη χάνεται, διότι κρύβεται πίσω από τα σύννεφα.
3. *Η ημέρα και η νύχτα οφείλονται στην εναλλαγή του Ήλιου με τη Σελήνη*. Οι μαθητές χρησιμοποιούν το γεωκεντρικό μοντέλο για να ερμηνεύουν την εμφάνιση του Ήλιου την ημέρα και της Σελήνης τη νύχτα (ωστόσο δείτε την Ενότητα 18.8). Πηγή αυτής της σύγχυσης ίσως είναι τα μηχανικά ρολόγια χειρός που δείχνουν έναν μικρό Ήλιο που ανατέλλει την ημέρα και μια μικρή Σελήνη τη νύχτα. Παραλλαγή αυτής της παρανόησης είναι η άποψη ότι, η θέση του Ήλιου και της Σελήνης είναι συνεχώς αυτές που απεικονίζονται στην Εικόνα 18.3ε, δηλαδή ο Ήλιος και η Σελήνη δεν στρέφονται γύρω από τη Γη. Η ημέρα και η νύχτα λοιπόν οφείλονται στην περιστροφή της Γης. Αυτή η ερμηνεία είναι ανάμειξη στοιχείων του σωστού μοντέλου (η Γη περιστρέφεται) με στοιχεία του λανθασμένου γεωκεντρικού (δείτε επίσης την Εικόνα 18.2δ).

Αναδόμηση

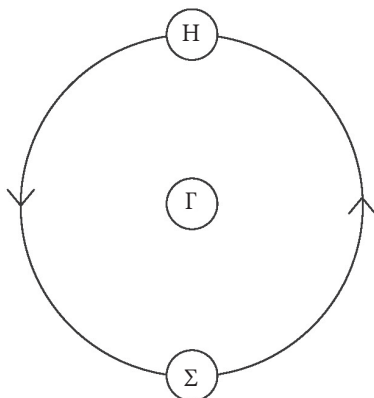
Στο Δημοτικό μπορούμε να διδάξουμε την επιστημονική ερμηνεία της διαδοχικής εμφάνισης της ημέρας και της νύχτας επιδεικνύοντας μια υδρόγειο και μια πηγή φωτός μέσα σε μια σκοτεινή αίθουσα. Στην επίδειξη είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε μια αρκετά ισχυρή πηγή (π.χ. ένα επιδιασκόπιο ή έναν προβολέα slides) ώστε οι μαθητές να μπορέσουν να διακρίνουν με σαφήνεια τη φωτισμένη από τη σκιασμένη περιοχή της υδρογείου. Σταθερός προβολέας που χρησιμοποιείται για προβολές σε λευκή οθόνη είναι ακατάλληλος, διότι το φως του ανακλάται πάνω στη οθόνη, διαχέεται και φωτίζει το σκιασμένο τμήμα της υδρογείου. Με κατάλληλη φωτεινή πηγή λοιπόν, αν η υδρόγειος τοποθετηθεί μέσα στη φωτεινή δέσμη και σε απόσταση περίπου δύο μέτρα από την πηγή, η μισή επιφάνειά της θα φωτίζεται και η υπόλοιπη θα βρίσκεται στη σκιά. Τότε αν τοποθετήσετε ένα μικρό αυτοκόλλητο χαρτάκι ή λίγο μπλουτακ πάνω στην υδρόγειο εκεί όπου βρίσκεται η χώρα των μαθητών, και αρχίσετε να την περιστρέφετε, οι μαθητές θα αντιληφθούν γιατί έχουμε διαδοχικά ημέρα και νύχτα και γιατί σε έναν παρατηρητή που βρίσκεται πάνω στη Γη ο Ήλιος φαίνεται να κινείται από την ανατολή προς τη δύση. Προσέξτε ότι θα πρέπει να στρέφετε την υδρόγειο αντίθετα από τη φορά που στρέφονται οι δείκτες του ρολογιού, καθώς θα την παρατηρείτε πάνω από το βόρειο πόλο.

Παραλλαγή αυτής της προσέγγισης είναι μια δραστηριότητα ρόλων, όπου μαθητές παριστάνουν τον Ήλιο και την περιστρεφόμενη Γη. Επειδή πολλές από τις παρανοήσεις που μελετάμε σ' αυτή την ενότητα έχουν σχέση με την ιδέα ότι η Σελήνη εμφανίζεται μόνο τη νύχτα, είναι χρήσιμο να ξεκινήσουμε από αυτή την παρανόηση (Ενότητα 18.8).

Πηγές: Baxter (1969)· Osborne κ.ά. (1993)· Parker και Heywood (1998)· Sharp (1996).



Εικόνα 18.3δ Η Σελήνη εμποδίζει τον Ήλιο (παρανόηση)



Εικόνα 18.3ε Εναλλαγή μεταξύ του Ήλιου και της Σελήνης (παράνοηση)

18.4 Πώς ο Ήλιος ανατέλλει και δύει;

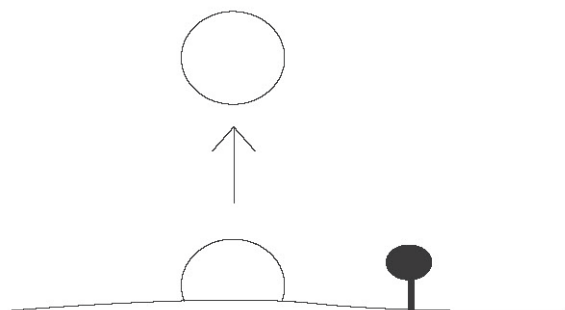
Παράνοηση

Ο Ήλιος απλώς ανεβαίνει το πρωί και κατεβαίνει το βράδυ.

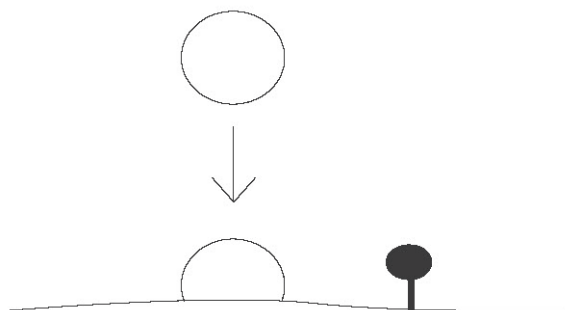
Η επιστημονική άποψη

Ορισμένοι μαθητές πιστεύουν ότι ο Ήλιος ανεβαίνει κατακόρυφα από τον ορίζοντα το πρωί, μένει ακριβώς στην ίδια θέση όλη ημέρα, και τη νύχτα κατεβαίνει κατακόρυφα από το ίδιο σημείο στο οποίο είχε ανέβει το πρωί. Αυτή η απλοϊκή άποψη για την ανατολή και τη δύση του Ήλιου δεν εξηγεί γιατί ο Ήλιος φαίνεται να κινείται κατά μήκος του ουρανού. Αν κατά τη διάρκεια μιας ηλιόλουστης ημέρας καταγράψουμε τη θέση του Ήλιου κάθε δύο ώρες, τότε θα διαπιστώσουμε ότι ο Ήλιος φαίνεται να διαγράφει τόξο (Εικόνα 18.4δ).

Ο Ήλιος φαίνεται να ανεβαίνει από την ανατολή και να κατευθύνεται προς τη δύση. Το μεσημέρι ο Ήλιος φαίνεται στο ψηλότερο σημείο της τοξοειδούς τροχιάς του και συνήθως πιστεύουμε ότι τότε βρίσκεται κατακόρυφα πάνω από το κεφάλι μας. Όμως αυτό συμβαίνει μόνον όταν παρατηρούμε τον Ήλιο σε περιοχές κοντά στον ισημερινό, μεταξύ των Τροπικών του Καρκίνου και του Αιγόκερου την ημέρα του *θερινού ηλιοστάσιου*. Στη Μεγάλη Βρετανία καμιά ημέρα του χρόνου ο Ήλιος δεν βρίσκεται ακριβώς πάνω από το κεφάλι του παρατηρητή – ακόμα και στα μέσα καλοκαιριού πλησιάζει μια γωνία περίπου εξήντα μοίρες. Σημειώστε ότι διαγράμματα όπως αυτό που φαίνεται στην Εικόνα 18.4γ ίσως ενισχύουν την παράνοηση ότι κάθε μεσημέρι ο Ήλιος βρίσκεται ακριβώς πάνω από το κεφάλι του παρατηρητή.



Εικόνα 18.4α Ανατολή (παρανόηση)



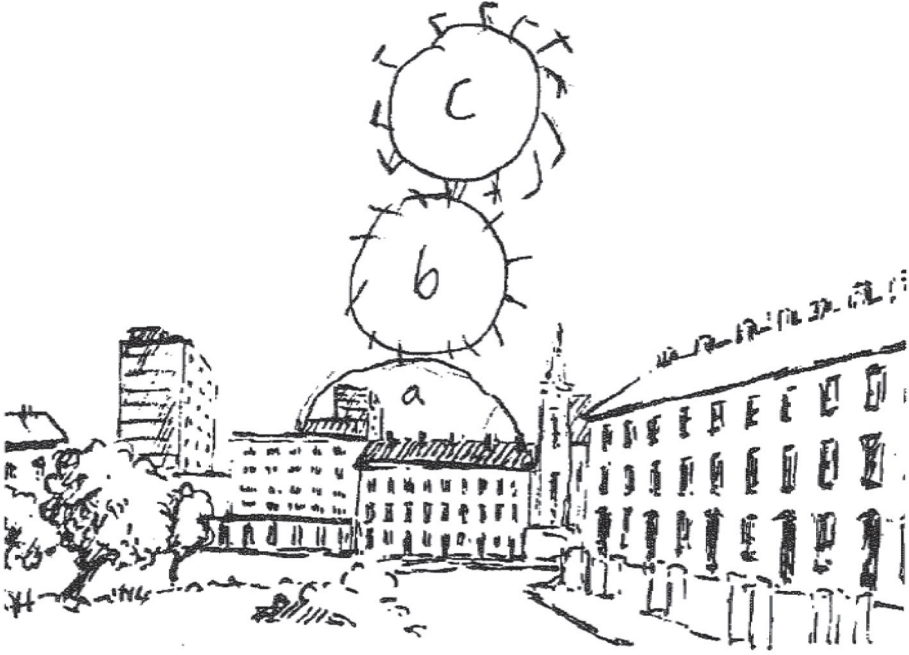
Εικόνα 18.4β Δύση (παρανόηση)

Ο Ήλιος εμφανίζεται απλώς να διαγράφει ένα τόξο κατά μήκος του ουρανού και η περιστροφή της Γης είναι υπεύθυνη γι' αυτή τη λανθασμένη εντύπωση, διότι στην πραγματικότητα ο Ήλιος είναι ακίνητος (Ενότητα 18.3). Αυτή η παρανόηση υπάρχει αναμειγμένη με την άποψη ότι όταν ο Ήλιος δύει, η Σελήνη φαίνεται να ανατέλλει στο ίδιο σημείο του ουρανού, στην ίδια κατακόρυφο και παίρνει τη θέση του Ήλιου. Πρόκειται λοιπόν παραλλαγή της παρανόησης που φαίνεται στην Εικόνα 18.3ε.

Προσοχή στην ασφάλειά σας!

Άμεση παρατήρηση του Ήλιου. Προειδοποιήστε τα παιδιά ότι αν κοιτάζουν κατευθείαν τον Ήλιο, ακόμη και για σύντομο χρονικό διάστημα ή ακόμα κι όταν φορούν σκούρα γυαλιά Ήλιου, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να πάθουν μόνιμη βλάβη στον αμφιβληστροειδή.⁴ Η πιθανότητα βλάβης στα μάτια αυξάνεται πάρα πολύ όταν παρατηρούμε τον Ήλιο με τηλεσκόπιο, κυάλια ή άλλη οπτική συσκευή.

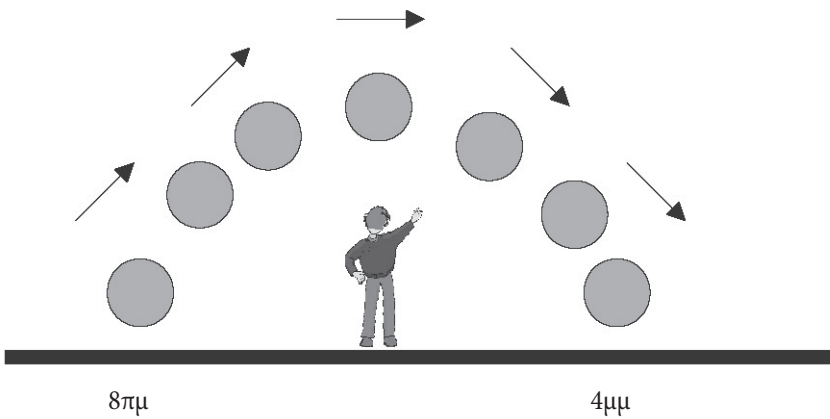
4. (ΣτΕ): Χιτώνας του ματιού.



Εικόνα 18.4γ Παιδική ζωγραφιά που δείχνει τη θέση του Ήλιου το πρωί (a), το μεσημέρι (b) και το απόγευμα (c) (παρανόηση) (Osborne κ.ά., 1993, σελ. 43)

Ανατολή

Δύση



Εικόνα 18.4δ Η φαινομενική κίνηση του Ήλιου κατά μήκος του ουρανού στη διάρκεια μιας ημέρας

Αναδόμηση

Καθημερινά καταγράφοντας οι μαθητές τη σκιά μιας ράβδου, με τον τρόπο που περιγράψαμε στην Ενότητα 18.3, αντιλαμβάνονται ότι κατά τη διάρκεια της ημέρας ο Ήλιος δεν μένει ακίνητος στον ουρανό· αντιθέτως διαγράφει τόξο. Συντομότερος τρόπος για να δείξουμε αυτό το φαινόμενο είναι μια ηλιόλουστη ημέρα να ζητήσουμε από τους μαθητές να βγουν σε ανοιχτό χώρο και να σχεδιάσουν με μια κιμωλία το περίγραμμα της σκιάς ενός κτηρίου, των στύλων μιας περιφραξής ή μιας άλλης σταθερής κατασκευής. Είκοσι λεπτά αργότερα επιστρέφοντας εκεί όπου σχεδίασαν το περίγραμμα της σκιάς θα παρατηρήσουν ότι η σκιά έχει μετατοπιστεί και θα αντιληφθούν ότι αυτή τη παρατήρηση συνδέεται με τη φαινομενική κίνηση του Ήλιου. Στην αίθουσα διδασκαλίας χρησιμοποιώντας ένα φακό για να αναπαραστήσει τον Ήλιο κι έναν κατακόρυφο χάρακα ο εκπαιδευτικός μπορεί να δείξει ότι όταν «Ήλιος» κινείται σε τόξο από αριστερά προς τα δεξιά, συγχρόνως κινείται η σκιά του χάρακα. Μάλιστα γίνεται κοντύτερη το «μεσημέρι» και μακρύτερη το «πρωί» και το «απόγευμα», τότε που ο «Ήλιος» βρίσκεται λίγο ψηλότερα από τον «ορίζοντα», δηλαδή λίγο μετά την «ανατολή» του ή λίγο πριν τη «δύση» του.

Άλλη ιδέα είναι ένας μαθητής να καθίσει σε περιστρεφόμενο κάθισμα (που παριστάνει την περιστρεφόμενη Γη) και ένας άλλος εθελοντής να στέκεται δύο μέτρα μακρύτερα κρατώντας έναν αναμμένο φακό και φωτίζοντας τον καθισμένο μαθητή. Καθώς το κάθισμα στρέφεται αντίθετα από την κατεύθυνση περιστροφής των δεικτών του ρολογιού, ο καθισμένος μαθητής θα βλέπει το φακό να στρέφεται από τα αριστερά του προς τα δεξιά του. Αυτή η κατάσταση είναι κατά κάποιο τρόπο παρόμοια με την ημερήσια κίνηση του Ήλιου κατά μήκος του ουρανού, όπως την παρατηρούμε από τη Γη. Η επαναλαμβανόμενη φράση (μάντρα) του διαλογισμού «ο Ήλιος ανατέλλει στην ανατολή και δύει σ τη δύση» βοηθά στην κατανόηση του γεγονότος ότι ο Ήλιος δεν ανατέλλει και δύει στο ίδιο σημείο.

Πηγές: Schoon και Boone (1998)· Sharp (1996).

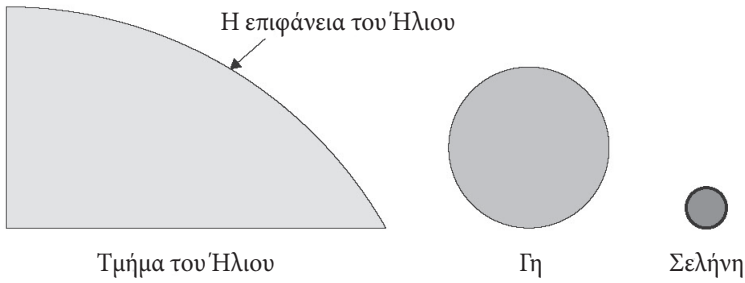
18.5 Πόσο μεγάλη είναι η Γη, ο Ήλιος και η Σελήνη;

Παρανόηση

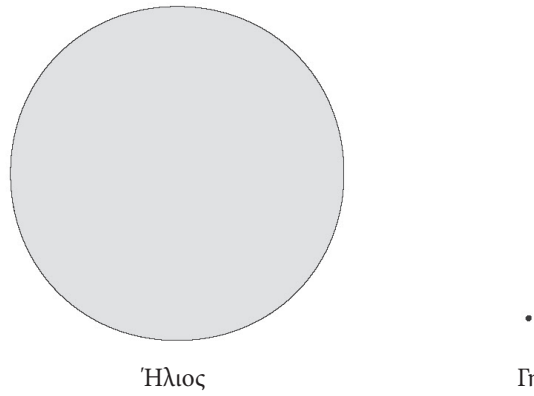
Η Γη, ο Ήλιος και η Σελήνη έχουν παρόμοιο μέγεθος.

Η επιστημονική άποψη

Στο πλαίσιο της διδακτικής ενότητας που αφορά τη Γη και το Διαστήμα οι μαθητές είναι απαραίτητο να γνωρίζουν το σχετικό μέγεθος τριών ουράνιων σωμάτων. Συνήθως στα σχολικά εγχειρίδια το ηλιακό σύστημα απεικονίζεται με τους οκτώ πλανήτες



Εικόνα 18.5α Συγκρίσιμο μέγεθος της Γης και της Σελήνης καθώς και τμήμα του Ήλιου με κλίμακα 5%



Εικόνα 18.5β Απεικόνιση της Γης και του Ήλιου με σωστή κλίμακα των μεγεθών τους

και τον Ήλιο, και σπανιότερα συμπεριλαμβάνονται άλλα σώματα όπως κομήτες, αστεροειδή και νάνοι πλανήτες. Επειδή οι πραγματικές αποστάσεις μεταξύ αυτών των σωμάτων στο Διάστημα είναι τεράστιες, οι διαγραμματικές απεικονίσεις του ηλιακού συστήματος στα βιβλία (συμπεριλαμβανομένου του βιβλίου που έχετε στα χέρια σας) δεν είναι σχεδιασμένες με σωστή κλίμακα. Για να διευκολυνθεί η απεικόνιση, οι αποστάσεις μεταξύ των σωμάτων έχουν συμπιεστεί ώστε το διάγραμμα να χωρέσει σε μία ή δύο σελίδες. Ομοίως, επειδή στην πραγματικότητα υπάρχουν τεράστιες διαφορές μεταξύ των μεγεθών των ουράνιων σωμάτων, επίσης για διευκόλυνσή μας, στα βιβλία τα ουράνια σώματα απεικονίζονται με παρόμοιο μέγεθος μεταξύ τους. Όμως για πολλούς μαθητές ίσως αυτό αποτελεί πηγή παρανόησης.

Σχετικά μ' αυτό πολλά εγχειρίδια χρησιμοποιούν ρεαλιστικότερη κλίμακα και απεικονίζουν τον Ήλιο πολύ μεγαλύτερο από τα άλλα σώματα του ηλιακού συστήματος (όπως φαίνεται στην Εικόνα 18.5α), αν και οι πλανήτες και ο δορυφόρος τους συνεχίζουν να παριστάνονται με παρόμοιο μέγεθος μεταξύ τους. Οι μαθητές λοιπόν

συμπεραίνουν σωστά ότι ο Ήλιος είναι πολύ μεγάλος και λανθασμένα ότι η διάμετρος της Γης και της Σελήνης είναι περίπου ίσες μεταξύ τους.

Επειδή η διάμετρος της Σελήνης είναι περίπου το ένα τέταρτο της διαμέτρου της Γης (Εικόνα 18.5β), οι μαθητές, που αντιλαμβάνονται λανθασμένα το σχετικό μέγεθος των σωμάτων, θεωρούν ότι η Σελήνη είναι μεγαλύτερη απ' όσο είναι στην πραγματικότητα και/ή ότι ο Ήλιος είναι μικρότερος απ' όσο είναι στην πραγματικότητα.

Αναδόμηση

Χρησιμοποιήστε τρισδιάστατα μοντέλα για να δείξετε το σχετικό μέγεθος των ουράνιων σωμάτων. Μπορείτε να δείξετε προσεγγιστικά τη διαφορά μεταξύ του μεγέθους της Γης και της Σελήνης χρησιμοποιώντας μια κανονική μπάλα ποδοσφαίρου και ένα μπαλάκι του τένις αντίστοιχα. Σε μεγαλύτερη κλίμακα το σχετικό μέγεθος του Ήλιου, της Γης και της Σελήνης προσεγγίζεται αντίστοιχα με μια μπάλα μπάσκετ, ένα ποπ κορν και μια τελεία σ' ένα κομμάτι χαρτί.

Πηγές: Bryce και Blown (2012)· Sadler (1987).

18.6 Η τροχιά της Σελήνης

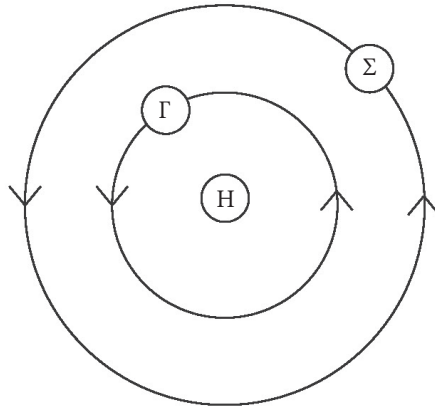
Παρανόηση

Η Σελήνη στρέφεται γύρω από τη Γη.

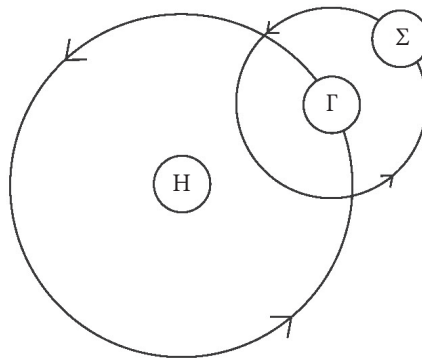
Η επιστημονική άποψη

Αν και από επιστημονική άποψη το ακριβές νόημα της προηγούμενης διατύπωσης είναι απολύτως σωστό, οι μαθητές το αντιλαμβάνονται με διαφορετικό τρόπο. Επειδή αντιλαμβάνονται λανθασμένα τη λέξη «γύρω» κατασκευάζουν ένα μη επιστημονικό μοντέλο και θεωρούν ότι η Σελήνη στρέφεται γύρω από τον Ήλιο σε μεγαλύτερη τροχιά από την τροχιά της Γης.

Στην Εικόνα 18.6β φαίνεται η σωστή διάταξη της τροχιάς της Γης γύρω από τον Ήλιο και συγχρόνως η τροχιά της Σελήνης γύρω από τη Γη. Η Σελήνη στρέφεται γύρω από τη Γη κάθε περίπου 28 ημέρες. Οι αρχαίοι Ρωμαίοι είχαν παρατηρήσει και είχαν καταγράψει τις φάσεις της Σελήνης και για να μετρούν το χρόνο χώρισαν το έτος σε δώδεκα μέρη, τους *μήνες* (στην Αγγλική γλώσσα η λέξη *month*, που σημαίνει μήνας έχει την ίδια ετυμολογία με τη λέξη *moon*, που σημαίνει Σελήνη). Σημειώστε ότι αν και είναι σωστό να πούμε ότι η Σελήνη κινείται γύρω από τον Ήλιο, δεν είναι σωστό να πούμε ότι η τροχιά της είναι *κύκλος* με κέντρο τον Ήλιο (τουλάχιστον στο επίπεδο του Δημοτικού.)



Εικόνα 18.6α Η Σελήνη έχει τη δική της ξεχωριστή τροχιά γύρω από τον Ήλιο (παράνοηση)



Εικόνα 18.6β Η επιστημονική άποψη

Αναδόμηση

Επειδή αυτή η παράνοηση εκφράζει ένα μη επιστημονικό μοντέλο για το ηλιακό σύστημα, μπορεί να διορθωθεί με παρόμοιο τρόπο με αυτούς που μελετήσαμε στην Ενότητα 18.2, για παράδειγμα με μια δραστηριότητα ρόλων, όπου ένας μαθητής θα είναι η Γη που στρέφεται γύρω από τον Ήλιο, ενώ ένας άλλος θα παριστάνει τη Σελήνη και θα στρέφεται γύρω από τη Γη. Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας καλύτερα να αποφεύγουμε εκφράσεις όπως *η Σελήνη στρέφεται ή κινείται γύρω από τον Ήλιο*· είναι προτιμότερο να λέμε ότι *η Σελήνη στρέφεται γύρω από τη Γη και συγχρόνως η Γη στρέφεται γύρω από τον Ήλιο*.

Πηγή: Sharp (1996).

18.7 Πώς προκαλούνται οι φάσεις της Σελήνης;

Παρανόηση

Οι φάσεις της Σελήνης οφείλονται στη σκιά της Γης.

Η επιστημονική άποψη

Σε διαδοχικές μέρες και νύχτες το φωτισμένο τμήμα της Σελήνης αλλάζει σχήμα (Εικόνα 18.7α). Καθένα από αυτά τα σχήματα είναι μια φάση της Σελήνης. Συνήθως πιστεύουμε ότι τμήμα της Σελήνης βρίσκεται στο σκοτάδι, διότι η Γη ρίχνει τη σκιά της στην επιφάνεια της Γης. Αυτή η άποψη είναι απολύτως λογική αν λάβουμε υπόψη μας τις σχετικές θέσεις τη Γης, του Ήλιου και της Σελήνης στο Διάστημα: Επειδή ο Ήλιος είναι η φωτεινή πηγή και η Γη και η Σελήνη κινούνται περίπου στο ίδιο επίπεδο, συμπεραίνουμε ότι περιοδικά η σκιά του ενός ουράνιου σώματος θα πέφτει στο άλλο (Εικόνα 18.11α).

Όμως για λόγους που θα συζητήσουμε στην Ενότητα 18.11, είναι σχετικά σπάνιο η Σελήνη να βρεθεί στη σκιά της Γης (και αντίστροφα). Αυτή η σύμπτωση ονομάζεται *έκλειψη* της Σελήνης. Το σκοτεινό τμήμα της Σελήνης σε διαφορετικές φάσεις της δεν οφείλεται στη σκιά που ρίχνει κάποιο άλλο ουράνιο σώμα, π.χ. η Γη. Είναι απλώς αποτέλεσμα του τρόπου με τον οποίο φωτίζεται κάθε σώμα σφαιρικού σχήματος.

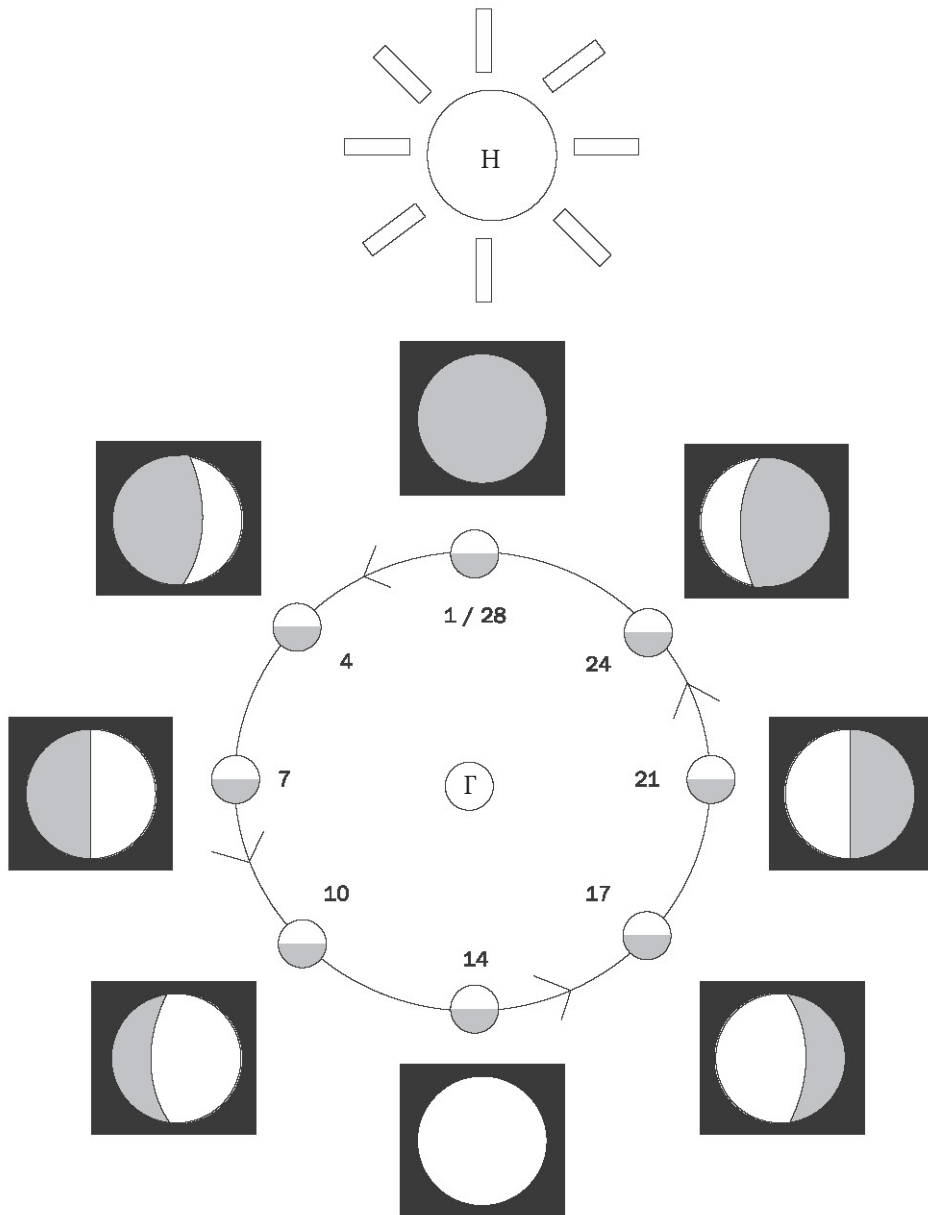
Στην Εικόνα 18.7β φαίνεται πώς μια ισχυρή φωτεινή πηγή στραμμένη προς μια λευκή σφαίρα φωτίζει το ημισφαίριο που βρίσκεται προς την πλευρά της φωτεινής



Εικόνα 18.7α Οι φάσεις της Σελήνης: Πανσέληνος, τρία τέταρτα, ημισέληνος, ένα τέταρτο και νέα Σελήνη



Εικόνα 18.7β Φωτισμένη σφαίρα



Εικόνα 18.7γ Η σχέση των φάσεων της Σελήνης με τις θέσεις της γύρω από τη Γη

πηγής. Επειδή το φως διαδίδεται ευθύγραμμα, η φωτεινή δέσμη δεν στρίβει, ώστε να φωτιστεί και το ημισφαίριο που βρίσκεται από την άλλη πλευρά από αυτή που βρίσκεται η πηγή, και το ημισφαίριο είναι σκοτεινό. Αυτό ακριβώς συμβαίνει όταν η Σελήνη φωτίζεται από τον Ήλιο στο Διάστημα. Δηλαδή η σκιά που συνδέεται με τις φάσεις της Σελήνης δεν είναι η σκιά της Γης, αλλά είναι η σκιά της ίδιας της Σελήνης.

Η Σελήνη εκτελεί μια πλήρη στροφή γύρω από τη Γη κάθε περίπου 28 ημέρες, όπως φαίνεται στον εσωτερικό κύκλο της Εικόνας 18.7γ. Οι αναπαράστάσεις της Σελήνης μέσα σ' αυτό τον εσωτερικό κύκλο απεικονίζουν πώς θα φωτιζόταν η Σελήνη από τον Ήλιο στο Διάστημα σε διαφορετικές θέσεις της τροχιάς της, θεωρώντας ότι ο Ήλιος βρίσκεται στην κορυφή του διαγράμματος. Οι εικόνες που βρίσκονται έξω από τον κύκλο της Εικόνας 18.7γ δείχνουν πώς θα φαινόταν η Σελήνη από τη Γη σε κάθε θέση της τροχιάς της Σελήνης. Επειδή έχουμε πανσέληνο τη 14η ημέρα, μετά από αυτή την ημέρα εμφανίζεται σιγά-σιγά σκιά, και την 28η ημέρα καλύπτει ολόκληρη τη Σελήνη· τότε έχουμε νέα Σελήνη. Οι ενδιάμεσες φάσεις είναι τα τρία τέταρτα (τη 17η και τη 18η ημέρα), η ημισέληνος (από τη 19η μέχρι και την 23η ημέρα) και το ένα τέταρτο (από την 24η μέχρι την 27η ημέρα). Την 28η ημέρα η διαδικασία αρχίζει ξανά και κάθε ημέρα η Σελήνη φωτίζεται όλο και περισσότερο, περνώντας διαδοχικά από τις φάσεις: ένα τέταρτο, ημισέληνος, τρία τέταρτα και τελικά τη 14η ημέρα έχουμε πάλι πανσέληνο. Αν και συχνά διαγράμματα αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται για τη διδασκαλία των φάσεων της Σελήνης, συχνά ορισμένοι μαθητές δυσκολεύονται να αντιληφθούν το νόημά τους. Αυτό συμβαίνει διότι θα πρέπει να φανταστούν ότι βρίσκονται πάνω στη Γη, όπως φαίνεται στο διάγραμμα, και ότι παρατηρούν τη Σελήνη από το εσωτερικό του κύκλου. Κατόπιν πρέπει να αντιληφθούν πώς από αυτή τη θέση θα φαινόταν η Σελήνη και να σχεδιάσουν σωστά τις φάσεις της Σελήνης που αντιστοιχούν στις διαδοχικές θέσεις της (οι εξωτερικές εικόνες).

Σημειώστε ότι στα εγχειρίδια η νέα Σελήνη απεικονίζεται σαν ένας πολύ λεπτός μηνίσκος, δηλαδή δεν καλύπτεται εξ ολοκλήρου με σκιά, επειδή ο όρος νέα Σελήνη δημιουργεί την εντύπωση ότι ένα μικρό τμήμα Σελήνης φωτίζεται πάλι για πρώτη φορά αφού η Σελήνη είχε καλυφθεί εξ ολοκλήρου με σκιά, δηλαδή πρόκειται για την εμφάνιση μιας Σελήνης που μόλις γεννιέται.

Η παρανόηση στην οποία αναφερόμαστε είναι δυνατό να συνδεθεί με τη λανθασμένη αντίληψη ότι κάθε 28 μέρες συμβαίνει μια έκλειψη Σελήνης ή Ήλιου, διότι η Γη υποχρεωτικά ρίχνει τη σκιά της Σελήνη (Ενότητα 18.11). Άλλους λόγους που επικαλούνται οι μαθητές για να δικαιολογήσουν τις φάσεις της Σελήνης είναι η παρεμβολή σύννεφων, η στροφή της Γης γύρω από τον άξονά της κατά τη διάρκεια της νύχτας που έχει αποτέλεσμα η γωνία από όπου παρατηρούμε τη Σελήνη να αλλάζει (αυτή η παρανόηση συνδέεται με τη λανθασμένη άποψη ότι μέσα σε μια νύχτα εμφανίζονται όλες οι φάσεις της Σελήνης) και ότι λιγότερο φως φθάνει στη Σελήνη και η σκιά μεγαλώνει σ' αυτή, διότι η Σελήνη απομακρύνεται από τον Ήλιο.

Αναδόμηση

Είναι καλή ιδέα να ξεκινήσουμε την παρουσίαση αυτού του θέματος δείχνοντας μια φωτισμένη σφαίρα μέσα σ' ένα σκοτεινό δωμάτιο. Ένα λευκό μπαλάκι του γκολφ είναι κατάλληλο για να αναπαραστήσει τη Σελήνη και ένας δυνατός φακός ή ένα επιδιασκόπιο ή ένας προβολέας slide μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ισχυρή φωτεινή πηγή. Είναι χρήσιμο η δέσμη να είναι όσο το δυνατό πιο στενή ώστε να περιορίσουμε το ανακλώμενο φως και η φωτεινή περιοχή της σφαίρας να διακρίνεται με σαφήνεια από τη σκιασμένη. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτή τη διάταξη για να επιδείξουμε πώς εμφανίζονται οι φάσεις της Σελήνης, παρατηρώντας από διαφορετικές γωνίες τη φωτισμένη και τη σκιερή περιοχή της μπάλας (όπως φαίνεται στην Εικόνα 18.7γ) και συνδεδεώντας αυτή την παρατήρηση με τις διαδοχικές θέσεις της Σελήνης γύρω από τη Γη.

Επειδή διαγράμματα όπως της Εικόνας 18.7γ είναι δυνατό να προκαλέσουν σύγχυση, αν χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα, συνήθως χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με μια ομάδα δραστηριοτήτων. Ένα λευκό μπαλάκι του πινγκ-πονγκ που η μισή επιφάνειά του είναι βαμμένη μαύρη είναι μια σωστή απεικόνιση της φωτισμένης Σελήνης. Η σύγχυση μετριάζεται αν ζητήσετε από τους μαθητές να φανταστούν ότι το κεφάλι τους παριστάνει τη Γη, η Σελήνη βρίσκεται στο ύψος των ματιών τους και η έδρα του δασκάλου παριστάνει τον Ήλιο. Κατόπιν οι μαθητές κινούν κυκλικά τη «Σελήνη» γύρω από το κεφάλι τους παρατηρώντας πώς μεταβάλλεται η αναλογία μεταξύ του φωτισμένου και του σκιερού τμήματος της πλευράς της Σελήνης που είναι στραμμένη προς τη Γη, καθώς η Σελήνη αλλάζει θέση. Αυτή η αναλογία συνδέεται άμεσα με τις φάσεις της Σελήνης. Οι μαθητές δυσκολεύονται να διατηρήσουν το σωστό προσανατολισμό της Σελήνης, καθώς η Σελήνη κινείται γύρω από το κεφάλι τους, δηλαδή το λευκό τμήμα μπάλας θα πρέπει να είναι στραμμένο προς τη πλευρά της αίθουσας στην οποία θεωρούμε ότι βρίσκεται ο Ήλιος.

Για να είναι πιο αποτελεσματική η κατανόηση που προκύπτει από αυτή την πρακτική άσκηση, μια παραδοσιακή δραστηριότητα είναι να ζητάμε από τους μαθητές για αρκετές διαδοχικές νύχτες να καταγράψουν στο σπίτι τους τις αλλαγές της φάσης της Σελήνης. Αυτός είναι ένας από τους λόγους που συνήθως τα θέματα σχετικά με το Διάστημα διδάσκονται τους χειμερινούς μήνες, διότι τότε ο Ήλιος δύει πριν οι μαθητές κοιμηθούν. Εναλλακτικά οι μαθητές είναι δυνατό να παρατηρήσουν τη Σελήνη κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά τότε είναι δυσκολότερο να διακρίνουν εξίσου καλά τις φάσεις της.

18.8 Την ημέρα είναι δυνατό να δούμε τη Σελήνη;

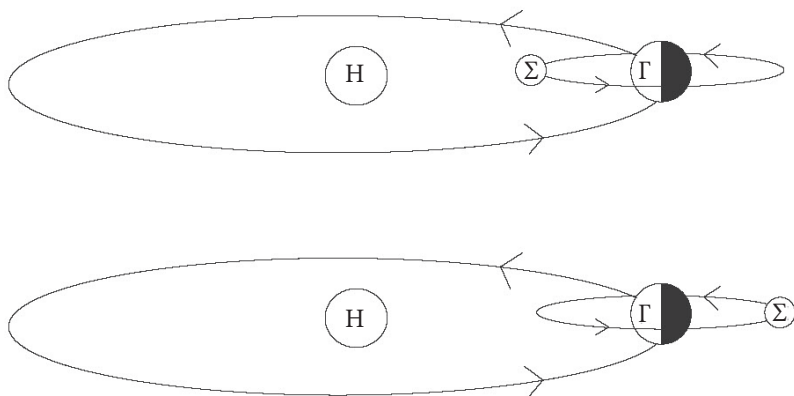
Παρανόηση

Η Σελήνη εμφανίζεται μόνο τη νύχτα.

Η επιστημονική άποψη

Όπως αναφέραμε στις Ενότητες 18.3 και 18.4, αυτή η παρανόηση είναι δυνατό να έχει πολλές προελεύσεις, συμπεριλαμβανομένου ενός λανθασμένου γεωμετρικού μοντέλου για το ηλιακό σύστημα. Ωστόσο ίσως βασίζεται απλά σε παιδικές εμπειρίες με τα εικονογραφημένα βιβλία όπου η Σελήνη απεικονίζεται μόνο σε νυχτερινό ουρανό. Επίσης, *Ο άνθρωπος στη Σελήνη*⁵ συχνά απεικονίζεται έτοιμος να κοιμηθεί (φορώντας νυχτικό και κρατώντας κερί). Επίσης το γνωστό αγγλικό νανούρισμα «Hey diddle diddle, The cow jumped over the moon» εικονογραφείται με φεγγάρι σε νυχτερινό ουρανό.

Όμως η Σελήνη ανατέλλει και δύει όπως ο Ήλιος και για τον ίδιο λόγο, δηλαδή λόγω της στροφής της Γης γύρω από τον άξονά της σε 24 ώρες (Ενότητα 18.3). Επειδή η Σελήνη στρέφεται γύρω από τη Γη περίπου κάθε 28 ημέρες, κάθε ημέρα η κατεύθυνση από την οποία την παρατηρούμε από τη Γη μεταβάλλεται σημαντικά. Αυτό σημαίνει ότι αν κάποια ημέρα δούμε τη Σελήνη να ανατέλλει τη νύχτα, μετά από 14 ημέ-



Εικόνα 18.8 Η σχετική θέση της Γης, του Ήλιου και της Σελήνης σε δύο περιπτώσεις που απέχουν χρονικά μεταξύ τους 14 ημέρες

5. (ΣτΕ): Φανταστικός χαρακτήρας που προσέχει τα παιδιά όταν κοιμούνται. Επίσης δοξασία σχετικά με φιγούρα ανθρώπου που φαίνεται να σχηματίζεται πάνω στην επιφάνεια της Σελήνης.

ρες θα ανατέλλει την ημέρα. Όταν η Σελήνη λοιπόν βρίσκεται στη θέση που φαίνεται στο πάνω διάγραμμα της Εικόνας 18.8, θα είναι ορατή μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ όταν βρίσκεται στη θέση που φαίνεται στο κάτω διάγραμμα, θα είναι ορατή μόνο τη νύχτα.⁶ Σημειώστε ότι υπάρχουν χρονικές περιόδους που η Σελήνη είναι ορατή και κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας στη διάρκεια ενός 24ώρου. Σημειώστε επίσης ότι, όπως φαίνεται στα δύο διαγράμματα, στο χρονικό διάστημα των 14 ημερών η Γη έχει μετακινηθεί ελάχιστα γύρω από τον Ήλιο.

Αναδόμηση

Δείξτε στους μαθητές ένα εικονογραφημένο βιβλίο που δείχνει μια νυκτερινή εικόνα με τη Σελήνη, και ρωτήστε τους: *Είναι δυνατό να δούμε τη Σελήνη την ημέρα;* Μια ημέρα που ο ουρανός είναι καθαρός και η ημέρα του μήνα κατάλληλη, βγείτε από την αίθουσα διδασκαλίας μαζί με τους μαθητές και δείξτε τους ότι πράγματι η Σελήνη είναι ορατή κατά τη διάρκεια της ημέρας. Σ' αυτή την περίπτωση προχωρημένοι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν την κατάσταση που απεικονίζεται στην Εικόνα 18.8.

Πηγή: Sharp (1996).

18.9 Τι προκαλεί τις εποχές;

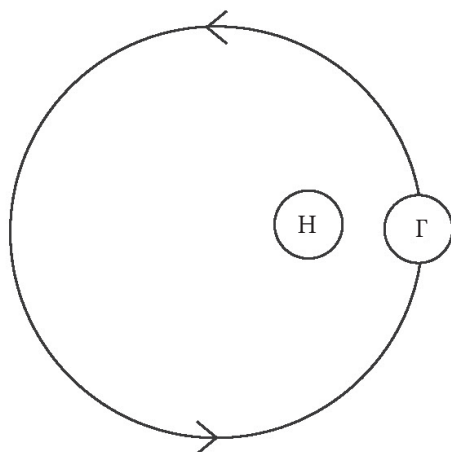
Παρανόηση

Το καλοκαίρι έχει ζέστη, διότι η Γη είναι πλησιέστερα στον Ήλιο.

Η επιστημονική άποψη

Είναι συνηθισμένη η άποψη ότι η μεταβολή της απόστασης μεταξύ της Γης και του Ήλιου είναι υπεύθυνη για την εναλλαγή των εποχών. Στην Εικόνα 18.9α φαίνεται ότι κατά τη διάρκεια του έτους σε διαφορετικές χρονικές περιόδους η απόσταση Γης - Ήλιου πράγματι μεταβάλλεται, διότι ο Ήλιος δεν βρίσκεται ακριβώς στο κέντρο της σχεδόν κυκλικής τροχιάς της Γης (στην Εικόνα 18.9α η σχετική θέση της Γης ως προς τον Ήλιο έχει αποδοθεί με υπερβολή). Φαίνεται λογικό λοιπόν ότι, η Γη δέχεται περισσότερη θερμότητα, όταν βρίσκεται πλησιέστερα στον Ήλιο και τότε έχουμε καλοκαίρι. Επίσης φαίνεται λογικό ότι έχουμε χειμώνα όταν η Γη βρίσκεται μακρύτερα από τον Ήλιο. Ωστόσο η πραγματική αιτία για την ύπαρξη εποχών είναι πιο σύνθετη.

6. Αυτά τα διαγράμματα είναι απλουστεύσεις και δημιουργούν τη λανθασμένη εντύπωση ότι η Γη, ο Ήλιος και η Σελήνη βρίσκονται ακριβώς στο ίδιο επίπεδο.



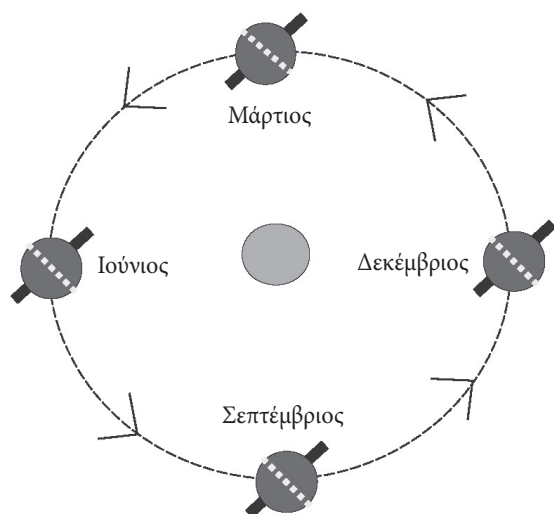
Εικόνα 18.9α Όταν η Γη βρίσκεται πλησιέστερα στον Ήλιο, έχουμε καλοκαίρι (παράνοηση)

Ο άξονας της Γης είναι μια νοητή ευθεία που περνά από τον γεωγραφικό Βόρειο και τον γεωγραφικό Νότιο πόλο. Είναι ευρέως γνωστό ότι η Γη, όπως όλοι οι πλανήτες, στρέφεται γύρω από τον άξονά της, όπως στρέφεται ένα μοντέλο της υδρογείου. Όμως ο άξονας της Γης δεν είναι «όρθιος», δηλαδή δεν είναι κάθετος στο επίπεδο της τροχιάς της γύρω από τον Ήλιο. Αντιθέτως έχει κλίση 23,5 μοιρών, όπως συνήθως αποδίδεται και στα μοντέλα της υδρογείου. Αυτή η κλίση φαίνεται στην Εικόνα 18.9β, αλλά έχει αποδοθεί με υπερβολή για λόγους σαφήνειας.

Παρατηρώντας την Εικόνα 18.9β, διαπιστώνουμε ότι τον Δεκέμβριο το βόρειο ημισφαίριο της Γης είναι στραμμένο προς την αντίθετη πλευρά από αυτή που βρίσκεται ο Ήλιος ενώ το νότιο ημισφαίριο είναι στραμμένο προς την πλευρά του Ήλιου. Γι' αυτό το Δεκέμβριο χώρες του βόρειου ημισφαιρίου έχουν χειμώνα. Έξι μήνες αργότερα, τον Ιούνιο, συμβαίνει το αντίθετο: το βόρειο ημισφαίριο είναι στραμμένο προς το Ήλιο και γι' αυτό στις χώρες του βορείου ημισφαιρίου έχουν καλοκαίρι. Αντιθέτως οι χώρες του νοτίου ημισφαιρίου, όπως είναι η Αυστραλία, το Δεκέμβριο έχουν καλοκαίρι και τον Ιούνιο έχουν χειμώνα, διότι το Δεκέμβριο το νότιο ημισφαίριο είναι στραμμένο προς την πλευρά του Ήλιου και τον Ιούνιο προς την αντίθετη πλευρά.

Το Μάρτιο το βόρειο ημισφαίριο δεν είναι στραμμένο προς τον Ήλιο αλλά ούτε προς την αντίθετη πλευρά. Αυτή η θέση έχει αποτέλεσμα στις χώρες του βόρειου ημισφαιρίου να έχουν άνοιξη. Το ίδιο συμβαίνει και το Σεπτέμβριο αλλά τότε έχουν φθινόπωρο.

Αλλά γιατί όταν το ημισφαίριο το οποίο κατοικείται είναι στραμμένο προς τον Ήλιο, ο καιρός είναι ζεστός; Ίσως προκαλεί έκπληξη αλλά αυτό το γεγονός δεν οφείλεται στο γεγονός ότι το ημισφαίριο έχει πλησιάσει λίγο προς το Ήλιο. Η πραγματική αιτία είναι η αλλαγή στην ένταση του ηλιακού φωτός. Στην Εικόνα 18.9γ φαίνεται πώς

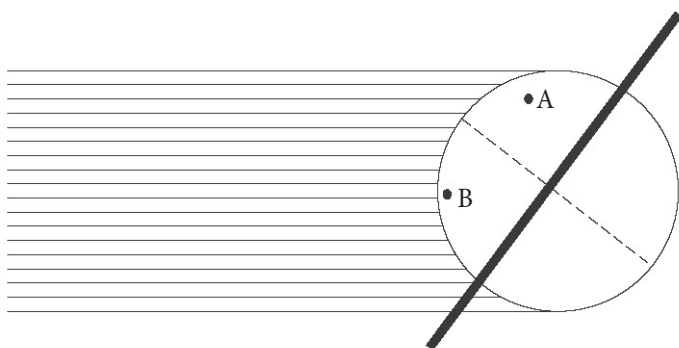


Εικόνα 18.9β Η εναλλαγή των εποχών και η κλίση του άξονα της Γης (Ο κύκλος στο κέντρο παριστάνει τον Ήλιο. Οι άλλοι κύκλοι παριστάνουν τη Γη σε διαφορετικές χρονικές περιόδους κατά τη διάρκεια του έτους)

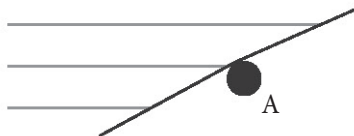
από τον Ήλιο μια παράλληλη δέσμη φωτός διαδίδεται μέσα στο Διάστημα και πέφτει στη Γη. Κοιτώντας πιο προσεκτικά τη γήινη επιφάνεια στα σημεία Α και Β (Εικόνα 18.9δ και 18.9ε) διαπιστώνουμε ότι η πυκνότητα του ηλιακού φωτός σε κάθε σημείο της επιφάνειας εξαρτάται από τη γωνία που σχηματίζει η επιφάνεια με τη δέσμη. Το μήκος του ευθύγραμμου τμήματος που παριστάνει την επιφάνεια της Γης στο σημείο Α είναι ίσο με το μήκος του ευθύγραμμου τμήματος στο σημείο Β. Επίσης και στις δύο περιοχές η πυκνότητα του φωτός που έρχεται από τον Ήλιο είναι η ίδια (η πυκνότητα της φωτεινής δέσμης αντιστοιχεί στην πυκνότητα των γραμμών που παριστάνουν τις φωτεινές ακτίνες στο σχήμα). Ωστόσο περισσότερες ακτίνες φτάνουν στο Β απ' όσες φτάνουν στο Α. Η επιφάνεια της Γης στο Β λοιπόν θερμαίνεται περισσότερο απ' όσο η επιφάνεια στο Α, διότι το ηλιακό φως μεταφέρει θερμική ενέργεια, και το ηλιακό φως στο Β είναι πιο πυκνό απ' όσο στο Α.

Στην Εικόνα 18.9γ επειδή το βόρειο ημισφαίριο της Γης είναι στραμμένο προς την αντίθετη πλευρά από αυτή που βρίσκεται ο Ήλιος, όπως έχουμε αναφέρει, στο σημείο Α θα είναι χειμώνας (Δεκέμβριος). Αντιθέτως επειδή το νότιο ημισφαίριο είναι στραμμένο προς τον Ήλιο, στο σημείο Β θα είναι καλοκαίρι (πάλι το μήνα Δεκέμβριο). Κοιτά στον ισημερινό θεωρητικά υπάρχουν μόνο δύο εποχές, μία υγρή και μια ξηρή, διότι κατά τη διάρκεια του έτους η ένταση του ηλιακού φωτός δεν μεταβάλλεται τόσο πολύ ώστε η θερμοκρασία να μεταβάλλεται αρκετά και να υπάρχουν τέσσερις διακριτές μεταξύ τους εποχές.

Άλλες παρανοήσεις που έχουν καταγραφεί αφορούν το λόγο για τον οποίο το καλοκαίρι κάνει ζέστη. Οι μαθητές θεωρούν λανθασμένα ότι το καλοκαίρι για λιγότερο χρόνο ο Ήλιος βρίσκεται πίσω από τα σύννεφα και ότι καίει περισσότερο ή ότι οι ψυχροί εξωτερικοί πλανήτες σταματούν να αφαιρούν θερμότητα από τον Ήλιο ή ότι η κλίση του άξονα της Γης έχει μεταβληθεί. Επίσης θεωρούν ότι οι μεταβολές στη ζωή των φυτών προκαλούν τις αλλαγές των εποχών (κι όχι το αντίθετο).



Εικόνα 18.9γ Η ένταση του ηλιακού φωτός σε δύο διαφορετικά σημεία στην επιφάνεια της Γης



Εικόνα 18.9δ Η ένταση του ηλιακού φωτός στο σημείο A



Εικόνα 18.9ε Η ένταση του ηλιακού φωτός στο σημείο B

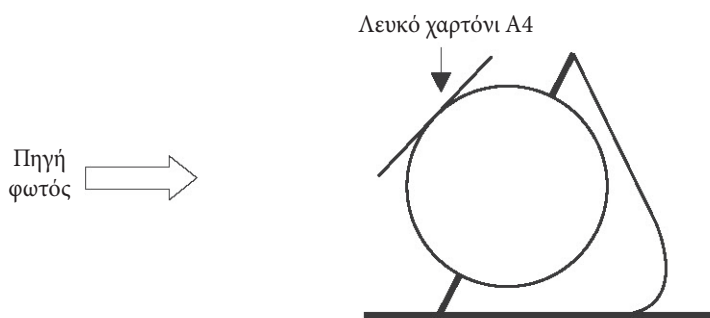
Για να συνοψίσουμε, το καλοκαίρι η θερμοκρασία είναι υψηλότερη κυρίως επειδή η πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που διασκορπίζεται στην επιφάνεια της Γης είναι μεγαλύτερη (Εικόνες 18.9γ-ε). Λόγω της κλίσης του άξονα της Γης, κατά τη διάρκεια ενός έτους, άλλοτε το βόρειο ημισφαίριο είναι στραμμένο προς τον Ήλιο κι άλλοτε το νότιο και αντίστροφα, με αποτέλεσμα η πυκνότητα της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γης να μεταβάλλεται (Εικόνα 18.9β).

Αναδόμηση

Η κατανόηση της αιτίας εναλλαγής των εποχών υπερβαίνει το Πρόγραμμα Σπουδών του Δημοτικού. Ωστόσο στο Δημοτικό, στο πλαίσιο μαθημάτων σχετικά με τη Γη και το Διάστημα, ορισμένοι μαθητές είναι πιθανόν να εκφράσουν λανθασμένες απόψεις σχετικά με την εναλλαγή των εποχών ή να ζητήσουν να μάθουν ποια είναι η αιτία της. Σ' αυτή την περίπτωση λοιπόν αξίζει να διαθέσουμε χρόνο για να διορθώσουμε τις αντίστοιχες παρανοήσεις. Η διάταξη των συσκευών που περιγράψαμε στην Ενότητα 18.3, δηλαδή μια φωτισμένη υδρόγειος μέσα σε σκοτεινή αίθουσα, είναι χρήσιμο εργαλείο για την επίδειξη του σχετικού φαινομένου. Μεταφέροντας την υδρόγειο γύρω από τη φωτεινή πηγή (δηλαδή στρέφοντας τη «Γη» γύρω από τον «Ήλιο») διατηρώντας ωστόσο την κατεύθυνση του άξονά της σταθερή, φαίνεται με σαφήνεια ότι κατά τη διάρκεια του έτους το βόρειο ημισφαίριο άλλοτε είναι στραμμένο προς τον Ήλιο κι άλλοτε προς την αντίθετη κατεύθυνση. Αυτή η επίδειξη είναι απόλυτα αποτελεσματική ιδιαιτέρως αν μπορούμε να μετακινήσουμε την υδρόγειο ώστε να διαγράψει ολόκληρο κύκλο γύρω από τη φωτεινή πηγή (ακόμα κι αν χρειάζεται να στρέφουμε τη φωτεινή πηγή ώστε να φωτίζει συνεχώς την υδρόγειο). Συγχρόνως μπορούμε μελετήσουμε τη μεταβολή της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας τοποθετώντας ένα κομμάτι χαρτόνι διαστάσεων Α4 σε διαφορετικές θέσεις πάνω στην υδρόγειο. Οι μαθητές θα παρατηρήσουν άμεσα ότι όταν τοποθετήσουμε το χαρτόνι στο ημισφαίριο που είναι στραμμένο προς την αντίθετη πλευρά από αυτή που βρίσκεται ο Ήλιος, το χαρτόνι θα φωτίζεται αμυδρά. Σ' αυτή τη περίπτωση οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές και σ' αυτό το ημισφαίριο υπάρχει χειμώνας (Εικόνα 18.9ζ).

Μπορούμε να ζητήσουμε από τους μικρότερους μαθητές να σκεφτούν για την εναλλαγή των εποχών παροτρύνοντάς τους να αναλογιστούν διαφορετικά φαινόμενα που συμβαίνουν το καλοκαίρι και το χειμώνα. Για παράδειγμα μπορούν να σκεφτούν μεταβολές στην ζωή των άγριων ζώων και φυτών (ιδιαιτέρως των πουλιών και της άνθισης), στο ρουχισμό των ανθρώπων, στη διάρκεια του παιχνιδιού τους στο ύπαιθρο μέχρι να βραδιάσει καθώς και μεταβολές του καιρού (χιόνι, βροχή, άνεμος, ηλιοφάνεια κ.λπ.).

Αν ο δάσκαλος αντιληφθεί ότι οι μαθητές πιστεύουν ότι στο βόρειο ημισφαίριο έχουμε καλοκαίρι, διότι η Γη βρίσκεται πλησιέστερα στον Ήλιο, τότε θα πρέπει να τους ενημερώσει ότι αυτό συμβαίνει στις αρχές του Ιανουαρίου και τότε στο βόρειο ημισφαίριο έχουμε χειμώνα.



Εικόνα 18.9ζ Κρατώντας ένα λευκό χαρτόνι διαστάσεων A4 σε διάφορα σημεία πάνω στην υδρόγειο φαίνεται η μεταβολή της έντασης του φωτός

Γνωρίζετε ότι;

Πράγματι η μεταβολή της απόστασης της Γης από τον Ήλιο επηρεάζει τη θερμοκρασία της Γης. Σ' αυτό το σημείο θα πρέπει να κάνουμε μια επισήμανση για μια δυσκολία: Το γεγονός ότι τον Ιανουάριο η Γη βρίσκεται πλησιέστερα στον Ήλιο έχει όντως ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας της Γης. Ωστόσο αυτό το αποτέλεσμα είναι πολύ μικρό συγκριτικά με τη μεταβολή της επίδρασης της ηλιακής ακτινοβολίας λόγω της κλίσης του άξονα της Γης. Η παρουσίαση αυτού του γεγονότος στους μαθητές είναι αμφιλεγόμενη, διότι, αν και πρόκειται για επιστημονικά αποδεκτή προσέγγιση, είναι δυνατό να τους προκαλέσει σύγχυση και να επιστρέψουν στην πλήρη παρανόηση ότι η εναλλαγή των εποχών οφείλεται στη μεταβολή της απόσταση Γης - Ηλίου.

Πηγές: Baxter (1989)· Parker και Heywood (1986)· Sharp (1996).

18.10 Η διάρκεια της ημέρας από εποχή σε εποχή

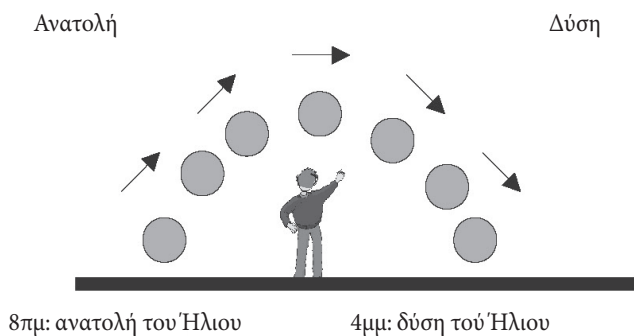
Παρανόηση

Το καλοκαίρι η ημέρα διαρκεί περισσότερο, διότι ο Ήλιος κινείται πιο αργά στον ουρανό.

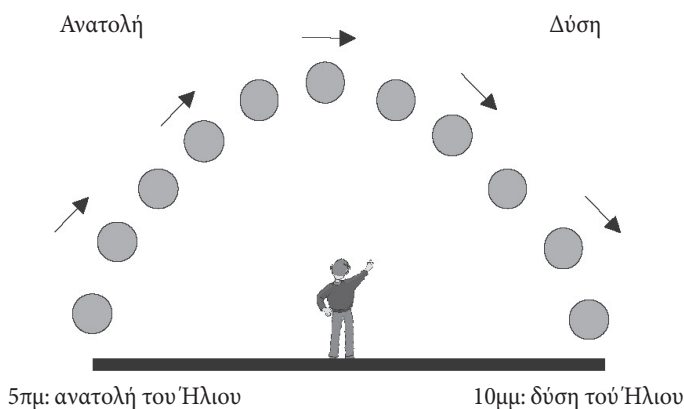
Η επιστημονική άποψη

Αυτή η πρόταση είναι λανθασμένη, διότι η φαινομενική ταχύτητα του Ήλιου κατά μήκος του ουρανού εξαρτάται από το πόσο γρήγορα η Γη στρέφεται γύρω από τον άξονά της. Επειδή η Γη στρέφεται με σταθερό ρυθμό, όλο το έτος ο Ήλιος διασχίζει τον ουρανό με σταθερή ταχύτητα.

Το καλοκαίρι οι μέρες είναι μεγαλύτερες και το χειμώνα μικρότερες, διότι το χρονικό διάστημα μεταξύ της ανατολής και της δύσης του Ήλιου μεταβάλλεται σταθερά από ημέρα σε ημέρα. Στο βόρειο ημισφαίριο, την 21η Ιουνίου η ημέρα έχει τη μεγαλύτερη διάρκεια και ονομάζεται θερινό ηλιοστάσιο. Στο ίδιο ημισφαίριο η ημέρα με τη μικρότερη διάρκεια είναι η 21η Δεκεμβρίου και ονομάζεται **χειμερινό ηλιοστάσιο**. Σ' αυτό το ημισφαίριο από την 21η Ιουνίου μέχρι την 21η Δεκεμβρίου κάθε μέρα ο Ήλιος ανατέλλει δύο λεπτά αργότερα και δύει δύο λεπτά νωρίτερα απ' όσο την προηγούμενη μέρα, δηλαδή κάθε μέρα η διάρκεια της ημέρας ελαττώνεται κατά τέσσερα λεπτά. Αντιθέτως την περίοδο από την 21 Δεκεμβρίου μέχρι την 21 Ιουνίου κάθε μέρα ο Ήλιος ανατέλλει νωρίτερα και δύει αργότερα απ' όσο την προηγούμενη ώστε κάθε μέρα να κερδίζουμε τέσσερα λεπτά περισσότερη μέρα. Το χειμώνα λοιπόν οι μέρες είναι πιο μικρές, διότι ο Ήλιος ανατέλλει πιο αργά και δύει πιο νωρίς απ' όσο το καλοκαίρι (Εικόνες 18.10α και 18.10β).



Εικόνα 18.10α Η φαινομενική κίνηση του Ήλιου κατά τη διάρκεια του χειμώνα



Εικόνα 18.10β Η φαινομενική κίνηση του Ήλιου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού

Στις Εικόνες 18.10α και 18.10β παρατηρούμε επίσης ότι η διαφοράς στη διάρκεια της ημέρας οφείλονται στο γεγονός ότι το τόξο που διαγράφει ο Ήλιος το χειμώνα είναι πιο χαμηλά στον ουρανό απ' όσο το καλοκαίρι. Γι' αυτό τα χειμωνιάτικα πρωινά επειδή ο Ήλιος είναι χαμηλά στον ορίζοντα, πηγαίνοντας προς το σχολείο η όρασή μας περιορίζεται από το εκτυφλωτικό φως του Ήλιου.

Αναδόμηση

Χρησιμοποιώντας την ίδια τεχνική που περιγράψαμε στην Ενότητα 18.9 (μια φωτισμένη υδρόγειο μέσα σε μια σκοτεινή αίθουσα) γυρνώντας αργά την υδρόγειο ο δάσκαλος μπορεί να δείξει το χρονικό διάστημα που μια περιοχή του βόρειου ημισφαιρίου παραμένει στο ηλιακό φως, ζητώντας από τους μαθητές να παρατηρήσουν για πόσο χρόνο η περιοχή παραμένει στο φως και για πόσο στο σκοτάδι. Η επίδειξη θα πρέπει να γίνει σε δύο περιπτώσεις: Όταν το βόρειο ημισφαίριο είναι στραμμένο προς τη φωτεινή πηγή («καλοκαίρι») κι όταν είναι στραμμένο προς την αντίθετη («χειμώνας»). Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές θα διακρίνουν με σαφήνεια ότι το καλοκαίρι η διάρκεια που υπάρχει ηλιακό φως σε μια περιοχή είναι πολύ μεγαλύτερη από τη διάρκεια που υπάρχει ηλιακό φως το χειμώνα στην ίδια περιοχή.

Μπορούμε να εκμειεύσουμε προσωπικές εμπειρίες από τους μαθητές που φαίνεται η εποχιακή μεταβολή της διάρκειας της ημέρας. Για παράδειγμα τα παιδιά που μοιράζουν τις εφημερίδες⁷ νωρίς το πρωί όλο το έτος γνωρίζουν ότι ο Ήλιος δεν ανατέλλει συνεχώς την ίδια ώρα. Παρόμοια εμπειρία έχουν οι μαθητές όταν επιστρέφουν στο σπίτι από το σχολείο την ίδια ώρα κάθε ημέρα και το καλοκαίρι όταν παίζουν στο ύπαιθρο μέχρι αργά το βράδυ.

Αν υπάρχει κάποιος έμπειρος φωτογράφος στο Σχολείο ζητήστε του να βγάλει μια φωτογραφία του Ήλιου με λήψη μακράς διάρκειας (long exposure), μια ημέρα με ηλιοφάνεια. Μην αφήσετε τους μαθητές να το κάνουν διότι, αν κοιτάξουν κατ' ευθείαν τον Ήλιο, υπάρχει κίνδυνος μόνιμης βλάβης στα μάτια τους.

Πηγή: Sharp (1996).

7. (ΣΤΕ): Συνηθίζεται στο εξωτερικό μαθητές να κερδίζουν ένα χαρτζιλίκι μοιράζοντας στα σπίτια τις εφημερίδες.

18.11 Πόσο συχνά συμβαίνει έκλειψη Ηλίου;

Παρανόηση

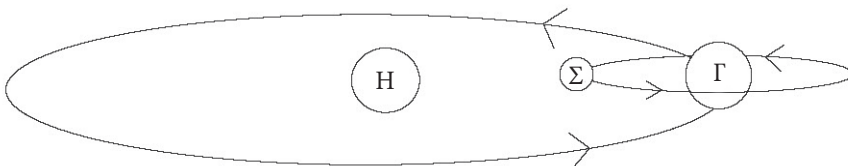
Συμβαίνει μία ολική έκλειψη Ηλίου κάθε 28 ημέρες.

Η επιστημονική άποψη

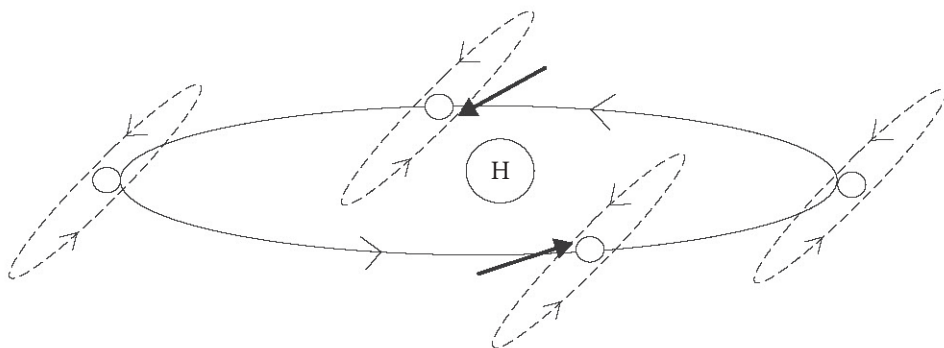
Οι μαθητές που διατυπώνουν αυτή τη (λανθασμένη) άποψη είναι απαραίτητο να κατανοήσουν την αιτία των ηλιακών εκλείψεων. Η Γη, ο Ήλιος και η Σελήνη βρίσκονται περίπου στο ίδιο επίπεδο, στο Διάστημα. Πράγματι το σχήμα του ηλιακού συστήματος από τον Ήλιο έως τον Ποσειδώνα μοιάζει με στρογγυλό, επίπεδο πιάτο. Από αυτό το δεδομένο οι πιο προχωρημένοι μαθητές ίσως συμπεραίνουν ότι, επειδή η Σελήνη εκτελεί μια περιστροφή κάθε 28 ημέρες, όταν τα τρία ουράνια σώματα, η Γη, η Σελήνη και ο Ήλιος, βρεθούν στην ίδια ευθεία, όπως φαίνεται στην Εικόνα 18.11α, η Σελήνη εμποδίζει το φως του Ήλιου να φτάσει στη Γη. Σ' αυτή την περίπτωση συμβαίνει ολική έκλειψη και περιοχές της Γης, στις οποίες έπρεπε να φτάνει το φως του Ήλιου, βυθίζονται στο σκοτάδι. Συμπεραίνουν λοιπόν ότι αυτό θα έπρεπε να συμβαίνει κάθε 28 ημέρες.

Ωστόσο στην πραγματικότητα ηλιακές εκλείψεις συμβαίνουν σπάνια – υπάρχουν από δύο μέχρι πέντε κάθε χρόνο και μια ολική έκλειψη κατά μέσο όρο κάθε 18 μήνες. Ο λόγος που συμβαίνουν λιγότερες ηλιακές εκλείψεις απ' όσες περιμένουμε να συμβούν είναι ότι η τροχιά της Γης γύρω από τον Ήλιο και της Σελήνης γύρω από τη Γη δεν βρίσκονται ακριβώς στο ίδιο επίπεδο αλλά σχηματίζουν μεταξύ τους μια μικρή γωνία 5 μοιρών. Στην Εικόνα 18.11β φαίνεται αυτή η διαφορά αλλά η γωνία έχει σχεδιαστεί μεγαλύτερη για σαφήνεια. Η Γη παριστάνεται με έναν κύκλο που κινείται γύρω από τον Ήλιο. Αν και η Σελήνη δεν έχει σχεδιαστεί, επίσης για λόγους σαφήνειας, η τροχιά της απεικονίζεται με διακεκομμένη ωοειδή γραμμή γύρω από τη Γη.

Καθώς η Γη στρέφεται γύρω από τον Ήλιο, ο προσανατολισμός της τροχιάς της Σελήνης μένει σταθερός, δηλαδή η τροχιά της είναι στραμμένη συνεχώς προς την ίδια κατεύθυνση (στην Εικόνα 18.11β η τροχιά της Σελήνης είναι στραμμένη προς την πάνω αριστερή γωνία της σελίδας). Γι' αυτό θεωρητικά μόνο δύο φορές το χρόνο η Σε-



Εικόνα 18.11α Ο Ήλιος, η Γη και η Σελήνη βρίσκονται ακριβώς στο ίδιο επίπεδο (παρανόηση)



Εικόνα 18.11β Το επίπεδο της τροχιάς της Γης γύρω από τον Ήλιο είναι λίγο διαφορετικό από το επίπεδο της τροχιάς της Σελήνης γύρω από τη Γη. Όταν η Σελήνη βρίσκεται σε μια από τις δύο αντίθετες θέσεις που δηλώνονται με το βέλος, εμποδίζει το ηλιακό φως να φθάσει στη Γη. Η σκιά της Σελήνης λοιπόν πέφτει στη Γη και συμβαίνει έκλειψη Ηλίου.

λήνη συμβαίνει να βρίσκεται σε τέτοια θέση ώστε να εμποδίζει το φως του Ήλιου να φθάσει στη Γη. Αυτές οι δύο θέσεις απέχουν χρονικά έξι μήνες μεταξύ τους και στην Εικόνα 18.11β δηλώνονται με ένα βέλος. Υπάρχουν και άλλοι αστρονομικοί παράγοντες για τους οποίους συμβαίνουν εκλείψεις αλλά ξεφεύγουν από το σκοπό αυτού του βιβλίου. Ωστόσο στην Εικόνα 18.11β φαίνεται με σαφήνεια, χωρίς να εξαντλείται το θέμα, γιατί η Σελήνη δεν εμποδίζει το ηλιακό φως να φτάσει στη Γη κάθε 28 ημέρες.

Αναδόμηση

Αν αυτή τη παρανόηση αναδυθεί σε μια αίθουσα διδασκαλίας είναι απίθανο οποιαδήποτε εξήγηση κατανοητή από τους μαθητές να είναι αρκετή χωρίς τη βοήθεια τρισδιάστατης προσομοίωσης των δύο τροχιών που μελετάμε. Γι' αυτό το σκοπό μπορούμε κρατώντας ένα πιάτο ώστε να σχηματίζει γωνία με το οριζόντιο επίπεδο να το στρέψουμε γύρω από έναν «Ήλιο» ή να χρησιμοποιήσουμε πιο σύνθετες κατασκευές. Για παράδειγμα μπορούμε με το σύρμα μιας κρεμάστρας να σχηματίσουμε έναν κύκλο και στο κέντρο του να κρατάμε μια μπαλίτσα, που θα παίζει το ρόλο της Γης.

Αν οι μαθητές δεν γνωρίζουν το φαινόμενο της ηλιακής έκλειψης τότε δεν θα εκδηλωθεί αυτή η παρανόηση.

Πηγή: Zeilik κ.ά. (1998)

18.12 Πόσοι πλανήτες υπάρχουν στο ηλιακό σύστημα;

Παρανόηση

Ο Πλούτωνας είναι πλανήτης

Η επιστημονική άποψη

Τη δεκαετία του 1930 οι αστρονόμοι συμφώνησαν ότι στο ηλιακό μας σύστημα υπάρχουν εννέα πλανήτες. Ο πιο απομακρυσμένος από αυτούς είναι ο Πλούτωνας. Ωστόσο τη δεκαετία του 1990 οι αστρονόμοι άρχισαν να ανακαλύπτουν ουράνια σώματα πέρα από την τροχιά του Πλούτωνα αλλά θεώρησαν ότι είχαν πολύ μικρές διαστάσεις για να τα συμπεριλάβουν στους πλανήτες (είναι πολύ μικρότερα από τον Πλούτωνα). Τα ονόμασαν λοιπόν **υπερ-Ποσειδώνια αντικείμενα** (ΥΠΑ). Το 2003 ανακαλύφθηκε ένα ΥΠΑ που το ονόμασαν *Sedna*, που είχε περίπου το ίδιο μέγεθος με τον Πλούτωνα και προσωρινά θεωρήθηκε ως δέκατος πλανήτης. Κατόπιν επειδή ανακαλύφθηκαν κι άλλα ΥΠΑ που το μέγεθός τους ήταν παρόμοιο με του Πλούτωνα οι αστρονόμοι άρχισαν να αναρωτιούνται αν θα πρέπει να αποκαλούν όλα αυτά τα αντικείμενα «πλανήτες». Το 2006 ανακαλύφθηκε ένα ΥΠΑ που το ονόμασαν Έρις και ήταν μεγαλύτερο από τον Πλούτωνα. Αυτό το γεγονός ανάγκασε τη Διεθνή Αστρονομική Ένωση να αποφασίσει ότι μόνο τα πρώτα οκτώ σώματα που βρίσκονται πλησιέστερα στον Ήλιο θα τα ονομάζουν πλανήτες, διότι έχουν σφαιρικό σχήμα και γύρω τους δεν στρέφονται διαστημικά θραύσματα. Σύμφωνα με αυτή την απόφαση λοιπόν οι πλανήτες είναι: ο Ερμής, η Αφροδίτη, η Γη, ο Άρης, ο Δίας, ο Κρόνος, ο Ουρανός και ο Ποσειδώνας. Οποιοδήποτε άλλο σώμα που δεν είναι δορυφόρος αυτών των πλανητών, συμπεριλαμβανομένων των ΥΠΑ, όπως είναι ο Πλούτωνας και η Έρις, δεν θεωρούνται πλέον πλανήτες αλλά νάνοι πλανήτες.

Αναδόμηση

Συνήθως οι μαθητές αποστηθίζουν τα ονόματα και τη σειρά των πλανητών χρησιμοποιώντας μνημονικούς κανόνες. Για παράδειγμα οι αγγλόφωνοι μαθητές χρησιμοποιούν την ακροστιχίδα: *My Very Eager Mother Just Served Us Nine Pizzas*.⁸ Είναι σαφές ότι θα πρέπει να δημιουργήσουμε νέους μνημονικούς κανόνες ώστε να λάβουμε υπόψη μας ότι ο Πλούτωνας δεν ανήκει πλέον στους κανονικούς πλανήτες αλλά στους νάνους. Ίσως για τους αγγλόφωνους μαθητές βοηθά η φράση: *My Very Eager Mother Just Served Us Nachos*.

8. (ΣΤΜ): Τα αρχικά των λέξεων της ακροστιχίδας αντιστοιχούν στα ονόματα των πλανητών: Mercury, Venus, Earth, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptune, Pluto.

Το γεγονός ότι ορισμένες δευτερογενείς πηγές, π.χ. τα σχολικά εγχειρίδια, βιβλία σε δημόσιες βιβλιοθήκες και βίντεο, ακόμη κατατάσσουν τον Πλούτωνα στους πλανήτες, δεν βοηθά τους μαθητές. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να συμβουλευόμαστε τους μαθητές να προσέχουν μήπως συναντήσουν τέτοιους αναχρονισμούς και να τους εξηγήσουμε γιατί πλέον ο Πλούτωνα δεν θεωρείται πλανήτης.

Πηγή: Broughton κ.ά. (2012).

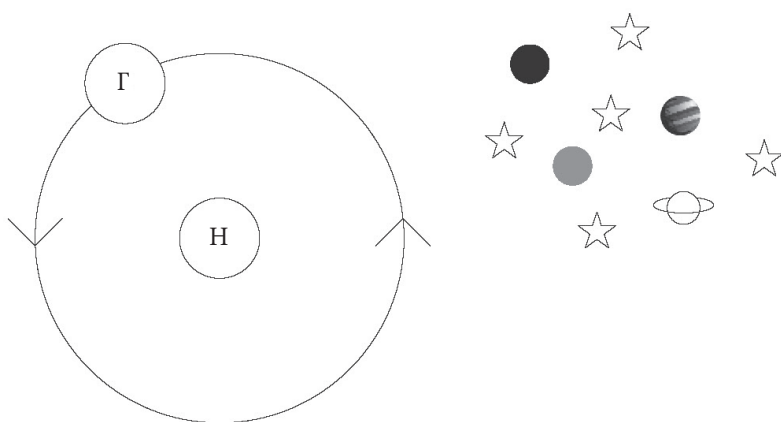
18.13 Πώς κινούνται οι πλανήτες;

Παρανόηση

Οι πλανήτες και τ' αστέρια είναι ακίνητα και είναι μέρος του φόντου του νυχτερινού ουρανού.

Η επιστημονική άποψη

Συνήθως οι μαθητές γνωρίζουν (σωστά) ότι η Γη στρέφεται γύρω από τον Ήλιο ενώ τ' αστέρια δεν στρέφονται γύρω από αυτόν. Ορισμένες φορές λοιπόν ενσωματώνουν τους υπόλοιπους πλανήτες σ' αυτό το μοντέλο, θεωρώντας ότι και οι πλανήτες είναι ακίνητα ουράνια σώματα που σχηματίζουν το φόντο του νυχτερινού ουρανού και ότι δεν στρέφονται γύρω από τον Ήλιο. Στην πραγματικότητα όλα τα αντικείμενα που ανήκουν στο ηλιακό σύστημα έλκονται από τον Ήλιο λόγω της βαρύτητάς του, με αποτέλεσμα οι πλανήτες, οι αστεροειδείς και οι κομήτες να κινούνται σε σταθερές τροχιές, με



Εικόνα 18.13 Η Γη στρέφεται γύρω από τον Ήλιο ενώ οι πλανήτες και τ' αστέρια σχηματίζουν ένα ακίνητο υπόβαθρο στο Διάστημα (παρανόηση)

μεγάλη ταχύτητα γύρω από αυτόν. Ωστόσο στον νυκτερινό ουρανό η κίνησή τους φαίνεται πολύ αργή, αν και από εβδομάδα σε εβδομάδα ή από μήνα σε μήνα μπορούμε να διακρίνουμε ότι αλλάζουν θέση ανάμεσα στους αστερισμούς. Η αγγλική λέξη *planet* προέρχεται από την αρχαία ελληνικά λέξη *πλάνης* που σήμαινε περιπλανώμενος.

Τα αστέρια δεν ανήκουν στο ηλιακό σύστημα και γι' αυτό δεν επηρεάζονται σημαντικά από τον Ήλιο και δεν στρέφονται γύρω από αυτόν. Αντιθέτως ένας παρατηρητής που βρίσκεται πάνω στη Γη τα βλέπει ακίνητα και γι' αυτό από εβδομάδα σε εβδομάδα διαπιστώνει ότι οι πλανήτες κινούνται ανάμεσα στ' αστέρια. Σημειώστε ότι αυτή η κίνηση των πλανητών δεν είναι η ίδια με τη *φαινομενική* κίνηση ολόκληρου του νυκτερινού ουρανού λόγω της περιστροφής της Γης. Όπως ο Ήλιος φαίνεται να κινείται από την ανατολή προς τη δύση κατά τη διάρκεια της ημέρας, λόγω της περιστροφής της Γης (Ενότητα 18.4), ομοίως τη νύχτα ο νυκτερινός ουρανός φαίνεται να κινείται προς την ίδια κατεύθυνση, διότι η Γη συνεχίζει να περιστρέφεται.

Σχετική με αυτή την παρανόηση είναι η άποψη ότι μπορούμε να παρατηρήσουμε τους πλανήτες μόνο με τηλεσκόπιο ή κυάλια. Ωστόσο σε ορισμένες περιόδους κατά τη διάρκεια του έτους αρκετοί πλανήτες φωτοβολούν πολύ έντονα και μπορούμε να τους παρατηρήσουμε με γυμνό μάτι.

Αναδόμηση

Προσομοιώσεις και βίντεο που υπάρχουν στο διαδίκτυο, καθώς και DVD σχετικά με το ηλιακό σύστημα είναι χρήσιμα εργαλεία και οπτικό υλικό για να δείξουμε την κίνηση των πλανητών γύρω από τον Ήλιο. Για να μάθουν οι μαθητές τα ονόματα των πλανητών (Ενότητα 18.12), παράλληλα με δραστηριότητες και παιχνίδια, ζητήστε από τους μαθητές να πάρουν μέρος σε μια δραστηριότητα ρόλων σε ανοιχτό χώρο, όπου μαθητές θα παριστάνουν ουράνια σώματα που κινούνται γύρω από έναν «Ήλιο» στο κέντρο. Θα πρέπει βεβαίως να επισημάνουμε στους μαθητές ότι σ' αυτή την προσομοίωση οι αναλογίες μεταξύ των αποστάσεων δεν είναι ίδιες με τις αναλογίες μεταξύ των αποστάσεων των πλανητών, που είναι πολύ μεγαλύτερες.

Κατά τη διάρκεια του έτους, όταν ορισμένοι πλανήτες, π.χ. ο Άρης, η Αφροδίτη, ο Δίας ή ο Κρόνος είναι ορατοί με γυμνό μάτι, παιδιά των μεγάλων τάξεων του Δημοτικού (KS2) μπορούν, από εβδομάδα σε εβδομάδα, να προσδιορίσουν στο σπίτι τους τη θέση ενός ή περισσότερων πλανητών μεταξύ των αστερισμών και να σχεδιάσουν κάθε φορά ένα κατάλληλο σχήμα. Σε ιστοσελίδες όπως η www.skyandtelescope.com υπάρχουν σαφείς πληροφορίες για τον προσδιορισμό της θέσης των πλανητών στο νυκτερινό ουρανό, κάθε βράδυ. Για παράδειγμα όταν γραφόταν αυτό το κείμενο ο Δίας διακρινόταν ως ένα αρκετά φωτεινό αστέρι λίγο πιο πάνω από τον αστερισμό του *Ταύρου*.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19

ΕΝΕΡΓΕΙΑ

19.1 Τι είναι η ενέργεια;

Παρανόηση

Οι αθλητές που παίρνουν μέρος στους ολυμπιακούς αγώνες έχουν πολλή ενέργεια.

Η επιστημονική άποψη

Όπως συμβαίνει με τις λέξεις *ζώο*, *σωματίδιο* και *φως*, η λέξη *ενέργεια* είναι επιστημονικός όρος που έχει διαφορετικό νόημα από αυτό με το οποίο την αντιλαμβανόμαστε στην καθημερινή ζωή. Όταν κάποιος «έχει ενέργεια» θεωρούμε ότι έχει ορισμένα χαρακτηριστικά, όπως *ζωηρότητα* και *αντοχή*. Όταν συμμετέχουμε σε πρόγραμμα σωματικής ενδυνάμωσης «αποκτούμε περισσότερη ενέργεια» κι όταν κουραζόμαστε «η ενέργειά μας εξαντλείται». Όμως αυτή η συνηθισμένη αντίληψή μας είναι απολύτως διαφορετική από το επιστημονικό νόημα της έννοιας *ενέργεια*.

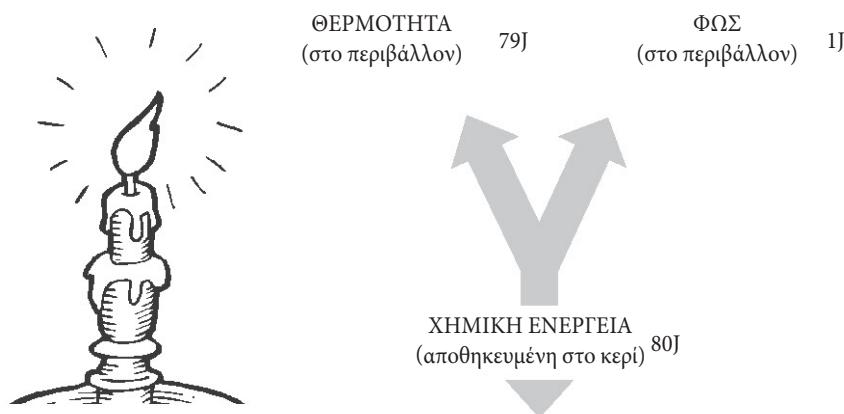
Η έννοια *ενέργεια* δεν διδάσκεται στο Δημοτικό, διότι είναι σύνθετη και αφηρημένη. Επειδή δεν έχει υλική υπόσταση χρειάζεται να χρησιμοποιήσουμε τη φαντασία μας για να αντιληφθούμε το νόημά της, αν και μπορούμε να παρατηρήσουμε άμεσα τα αποτελέσματά της. Επίσης αν και οι δάσκαλοι του Δημοτικού δεν είναι απαραίτητο να διδάξουν αυτή την έννοια, σε αρκετά θέματα του Προγράμματος Σπουδών υπονοείται, όπως στον ηλεκτρισμό, στις δυνάμεις, στις χημικές μεταβολές, στη φωτοσύνθεση, στη διατροφή, στην ανάπτυξη των ζωντανών οργανισμών και στις τροφικές αλυσίδες. Επειδή η έννοια *ενέργεια* είναι θεμελιώδης για όλες τις Φυσικές Επιστήμες, οι δάσκαλοι θα πρέπει να είναι ενήμεροι για το νόημά της και για τις έννοιες οι οποίες σχετίζονται μ' αυτή. Παραδοσιακά η παρουσίασή της αρχίζει με την αντίληψη ότι υπάρχουν οκτώ συνηθισμένες, διαφορετικές μορφές *ενέργειας* (Εικόνα 19.1α).

Το επόμενο ζήτημα που θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας είναι ότι οι διαφορετικές μορφές *ενέργειας* δεν είναι σταθερές: σε κατάλληλες συνθήκες μια μορφή *ενέργειας*

Μορφή ενέργειας	Περιπτώσεις στις οποίες εμφανίζεται η μορφή ενέργειας της πρώτης στήλης	Περιγραφή
Κινητική	Κινούμενο αυτοκίνητο	Κάθε κινούμενο σώμα έχει κινητική ενέργεια· τα ακίνητα δεν έχουν.
Δυναμική	Αερόστατο	<i>Βαρυτική δυναμική ενέργεια (ΒΔΕ):</i> Κάθε σώμα που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια της Γης έχει δυναμική ενέργεια ως προς το έδαφος, διότι έχει την τάση να επιστρέψει στη Γη. Τα σώματα που είναι σε επαφή με το έδαφος δεν έχουν δυναμική ενέργεια ως προς αυτό. Συνεπώς όταν ανασηκώνουμε ένα σώμα, του δίνουμε δυναμική ενέργεια.
	Τέντωμα τόξου	<i>Δυναμική ενέργεια ελαστικότητας (ΔΕΛ):</i> Αυτή η ενέργεια περιέχεται σε συστήματα όπως είναι τα παραμορφωμένα ελατήρια ή τα τεντωμένα λάστιχα. Όταν το σύστημα χαλαρώσει, η δυναμική ενέργεια απελευθερώνεται και (συνήθως) μετατρέπεται σε κινητική. (Η ΒΔΕ και η ΔΕΛ ονομάζονται επίσης και αποθηκευμένες ενέργειες.)
Χημική	Τροφή	Κατά τη διάρκεια μιας χημικής μεταβολής είναι δυνατό να απελευθερωθεί ενέργεια. Όταν ένα κομμάτι ξύλο καίγεται, ενέργεια αποθηκευμένη στο ξύλο και στο οξυγόνο μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια και ενέργεια φωτός.
Θερμική	Ζεστό μπάνιο	Η θερμική ενέργεια οφείλεται στις ταλαντώσεις και στις κινήσεις σωματιδίων όπως είναι τα άτομα, τα μόρια και τα ηλεκτρόνια.
Πυρηνική	Πυρηνικοί αντιδραστήρες	Ενέργεια που περιέχεται στους πυρήνες των ατόμων. Όταν χρησιμοποιείται σε πυρηνικά όπλα, μετατρέπεται σε τεράστιες ποσότητες κινητικής ενέργειας, θερμικής ενέργειας, ενέργειας φωτός και ήχου.
Ήχου	Σφύριγμα	
Φωτός	Προβολέας	Ενέργεια που μεταφέρεται με κύματα και διεγείρει το ανθρώπινο μάτι (Δείτε την Ενότητα 16.1).
Ηλεκτρική	Κινητό τηλέφωνο	Συνήθως αυτή η ενέργεια είναι η κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων μέσα στους αγωγούς (δείτε την Ενότητα 15.3).

Εικόνα 19.1α Διαφορετικές μορφές ενέργειας

μετατρέπεται σε άλλη, εντελώς διαφορετική από την πρώτη. Για παράδειγμα όταν μια αθλήτρια καταδύσεων αρχικά στέκεται ψηλά στο βατήρα έχει δυναμική ενέργεια, διότι βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια της Γης. Κατόπιν όταν αφήνει το βατήρα κι αρχίζει να πέφτει, χάνει βαρυτική δυναμική ενέργεια και κερδίζει κινητική, διότι πλέον κινείται. Καθώς χτυπά στο νερό η κινητική ενέργειά της μετατρέπεται σε ενέργεια ήχου και θερμική. Στην Εικόνα 19.1β φαίνονται επιπλέον παραδείγματα μετατροπών ενέργειας. Αυτός ο τρόπος μελέτης ονομάζεται μοντέλο *μετατροπών ενέργειας*. Με



Εικόνα 19.1β Απλές ενεργειακές μετατροπές σε αναμμένο κερί

τη βοήθειά του οι μαθητές είναι ευκολότερο να αντιληφθούν την έννοια ενέργεια, διότι μια αφηρημένη έννοια παρουσιάζεται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις.

Η ενέργεια δεν είναι απλώς μια ιδιότητα ενός σώματος ή ενός συστήματος αλλά είναι δυνατό να ποσοτικοποιηθεί και να μετρηθεί. Όλες οι μορφές ενέργειας μετρώνται σε τζάουλ (η μονάδα ενέργειας τζάουλ συμβολίζεται με J). Για παράδειγμα 1kg ζάχαρης περιέχει 17 εκατομμύρια τζάουλ χημικής ενέργειας. Ένα οικογενειακό αυτοκίνητο που κινείται με 113 km/h, έχει κινητική ενέργεια μόνο 750.000J. Είναι εκπληκτικό ότι αυτή η τιμή είναι πολύ μικρότερη από την ενέργεια που περιέχεται σε 1kg ζάχαρης. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 19.1β, όταν μια μορφή ενέργειας μετατρέπεται σε άλλη, τα τζάουλ δεν χάνονται αλλά το άθροισμα όλων των μορφών ενέργειας είναι ίσο με 80 J ($= 1J + 79J$). Αυτός είναι ο νόμος διατήρησης της ενέργειας, δηλαδή *η ενέργεια ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται*. Επίσης σ' αυτή την εικόνα φαίνεται ότι πολύ μικρό τμήμα της ενέργειας του υλικού του κεριού μετατρέπεται σε χρήσιμη ενέργεια φωτός ενώ η περισσότερη σπαταλιέται με τη μορφή θερμικής ενέργειας. Το κερί λοιπόν δεν είναι ενεργειακά αποδοτικό.

Το πλήθος των τζάουλ δείχνει την ποσότητα της ενέργειας που περιέχεται κάθε στιγμή σε ένα σύστημα. Ορισμένες φορές ωστόσο είναι πιο χρήσιμος ο ρυθμός με τον οποίο μια μορφή ενέργειας μετατρέπεται σε άλλη. Αυτό το μέγεθος ονομάζεται *ισχύς*. Μονάδα μέτρησης της ισχύος είναι το βατ και συμβολίζεται με W. Ισχύς είναι το πλήθος των τζάουλ που μετατρέπονται από μία μορφή ενέργειας σε άλλη κάθε δευτερόλεπτο. Για παράδειγμα αν κατά την καύση του κεριού που φαίνεται στην Εικόνα 19.1β, κάθε δευτερόλεπτο 80J μετατρέπονται σε θερμική ενέργεια και ενέργεια φωτός, η ισχύς είναι 80W.

Εναλλακτικά μπορούμε ν' αντιληφθούμε την ενέργεια ως κάτι που ουδέποτε μεταβάλλεται, αλλά απλώς μεταφέρεται, μέσω ποικίλων διαδικασιών, από σημείο σε ση-

μείο. Για παράδειγμα στην Εικόνα 19.1β, ενέργεια από το κερί μεταφέρεται, λόγω της καύσης, στο περιβάλλον. Αυτό είναι το *μοντέλο μεταφοράς της ενέργειας* και διαφέρει από το μοντέλο τη μετατροπής που περιγράψαμε προηγουμένως. Δηλαδή θεωρούμε ότι η ενέργεια είναι μια αναλλοίωτη οντότητα που διαδίδεται μέσω μιας αλυσίδας διαδικασιών, όπως είναι η θέρμανση, η διάδοση του ήχου, η κίνηση των σωμάτων κ.λπ. Θα πρέπει ωστόσο να έχουμε κατά νου ότι η ενέργεια δεν είναι υλική οντότητα.

Οι μαθητές αντιλαμβάνονται ευκολότερα το μοντέλο μετατροπής της ενέργειας απ' όσο το μοντέλο μεταφοράς της ενέργειας. Σχετικά με αυτό θα πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχουν πιο σύνθετες εκδοχές του μοντέλου μεταφοράς. Για παράδειγμα κατά την πτώση της αθλήτριας καταδύσεων που αναφέραμε προηγουμένως δεν αυξάνεται μόνο η δυναμική ενέργεια της αθλήτριας αλλά του *συστήματος* που αποτελείται από την αθλήτρια και τη Γη. Σε μεγαλύτερες τάξεις οι μαθητές μαθαίνουν έναν διαφορετικό ορισμό για την ενέργεια: ένα σύστημα έχει ενέργεια όταν μπορεί να εκτελέσει έργο. Για παράδειγμα όταν σε έναν ηλεκτρικό κινητήρα παρέχουμε ηλεκτρική ενέργεια, ο κινητήρας μπορεί να εκτελέσει έργο. Όμως οι μαθητές αυτών των τάξεων (ακόμη και μεγαλύτερων) δυσκολεύονται να αντιληφθούν τη συγκεκριμένη την ιδέα.

Σχετική μ' αυτή την παρανόηση είναι η *άποψη ότι οι ενεργειακές πηγές που ο άνθρωπος έχει στη διάθεσή του εξαντλούνται*. Όταν το ηλιακό φως φτάνει στη Γη τμήμα της ενέργειάς του απορροφάται και το υπόλοιπο σκορπίζεται στο Διάστημα. Σχετική με αυτό το γεγονός είναι η άποψη ότι η ποσότητα που απορροφάται δεν είναι ίση με την ποσότητα που σκορπίζεται και γι' αυτό τελικά η Γη κερδίζει ενέργεια (δείτε την Ενότητα 12.7). Όταν κάποιοι λένε ότι η διαθέσιμη ενέργεια εξαντλείται, αναφέρονται σε μη ανακυκλώσιμες πηγές ενέργειας όπως είναι τα καύσιμα που προέρχονται από απολιθώματα, διότι από τη στιγμή που θα καούν δεν μπορούν πλέον να δώσουν άλλη χρήσιμη μορφή ενέργειας.

Αναδόμηση

Όπως αναφέραμε η διδασκαλία της έννοιας ενέργεια δεν είναι μέρος του Προγράμματος Σπουδών του Δημοτικού στη Μεγάλη Βρετανία. Όμως στο πλαίσιο θεμάτων που σχετίζονται μ' αυτή την έννοια οι δάσκαλοι μπορούν να αγγίξουν ορισμένες απλές πλευρές της ώστε μαθητές των τελευταίων τάξεων του Δημοτικού (KS2) να προσεγγίσουν θέματα όπως τη μετατροπή της ενέργειας του ηλιακού φωτός σε χημική ενέργεια, κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης στα φυτά. Σ' αυτή την περίπτωση συνιστούμε τη χρήση ενός πολύ βασικού μοντέλου ενεργειακών μετατροπών, και οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν αναλογίες παρόμοιες μ' αυτές που συζητούνται στο παρόν κεφάλαιο. Προσπαθήστε να χρησιμοποιήσετε όσο το δυνατό πιο συγκεκριμένες ερμηνείες. Τονίστε emphatically ότι η ενέργεια είναι διαφορετική από τα υλικά αντικείμενα, όπως είναι τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια.

Οι μαθητές είναι δυνατό με απλές δραστηριότητες να μάθουν για την ύπαρξη διαφορετικών μορφών ενέργειας, χωρίς να εμπλακούν στην κατανόηση των μετατροπών της ενέργειας. Δείξτε τους αντικείμενα που βρίσκονται στα σπίτια μας, όπως είναι τα τρόφιμα, οι φακοί, οι μπαταρίες, τα κουρδιστά παιχνίδια και οι σφυρίχτρες και ζητήστε τους να προσπαθήσουν να μαντέψουν ποιο είδος ενέργειας συνδέεται με καθένα από αυτά τα αντικείμενα.

Πηγές: Boyes και Stanisstreet (1990)· Solomon (1982, 1983)· Watts και Gilbert (1985).

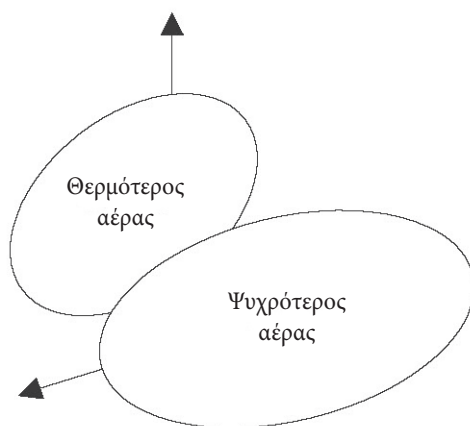
19.2 Η μεταφορά θερμότητας

Παρανόηση

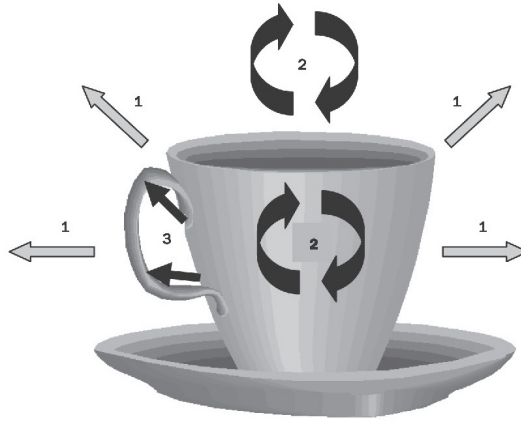
Η θερμότητα αυξάνεται συνεχώς.

Η επιστημονική άποψη

Σε μαθητές ηλικίας μέχρι 16 ετών στη Μεγάλη Βρετανία η έννοια της θερμότητας παρουσιάζεται απλουστευμένα και ορίζεται ως η μορφή της ενέργειας που μεταφέρεται από θερμότερη περιοχή σε ψυχρότερη. Σ' αυτό το επίπεδο είναι ευκολότερο οι μαθητές να συλλάβουν την έννοια θερμότητα αν φανταστούν ότι η θερμότητα είναι μια οντότητα που βρίσκεται μέσα στα σώματα και μπορεί να μεταφερθεί από περιοχή σε περιοχή, αν και κάποιοι δεν συμφωνούν με αυτή την προσέγγιση, διότι είναι λανθασμένη (δείτε την έννοια αγωγής θερμότητας στην Εικόνα 19.2β).



Εικόνα 19.2α Όταν διαφορετικές ποσότητες αέρα έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες, έχουν επίσης διαφορετικές πυκνότητες



Εικόνα 19.2β Οι διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους μεταφέρεται η θερμότητα από ένα φλιτζάνι τσάι στο περιβάλλον: 1 Ακτινοβολία· 2 Ρεύματα μεταφοράς· 3 Αγωγή.

Η ιδέα ότι πάντοτε η θερμότητα μεταφέρεται από χαμηλότερες περιοχές σε ψηλότερες είναι πολύ διαδεδομένη μεταξύ των μαθητών και πιθανόν να προέρχεται από συνηθισμένα φαινόμενα, όπως είναι το γεγονός ότι ο καπνός κινείται προς τα πάνω, τα αερόστατα που περιέχουν ζεστό αέρα επίσης κινούνται προς τα πάνω, όπως και η υγρασία μια πολύ ζεστή καλοκαιρινή ημέρα. Όμως σ' όλες αυτές τις περιπτώσεις στην πραγματικότητα ανέρχεται ο *ζεστός αέρας*. Λόγω των διαφορετικών πυκνοτήτων μεταξύ των στρωμάτων του αέρα, ο ψυχρός αέρας εισχωρεί κάτω από τον θερμότερο, δηλαδή δημιουργούνται **ρεύματα μεταφοράς θερμότητας** (Εικόνα 19.2α και 19.2β). Μοιάζει με τον τρόπο που ένα κομμάτι ξύλο ανεβαίνει στην επιφάνεια του νερού, όταν το βυθίσουμε μέσα σε νερό και συγχρόνως ποσότητες νερού εισχωρούν κάτω από το ξύλο. Επειδή το νερό είναι πυκνότερο από το ξύλο, θα συνεχίσει να εισχωρεί κάτω από αυτό, μέχρι πάνω από το ξύλο να μην υπάρχει νερό, δηλαδή το ξύλο να επιπλέει (Ενότητα 14.3).

Επειδή η θερμότητα μεταφέρεται από θερμότερες σε ψυχρότερες περιοχές, είναι δυνατό να μεταφέρεται προς κάθε κατεύθυνση, όχι μόνο προς τα πάνω. Αν και η έννοια θερμότητα δεν διδάσκεται στις πρώτες τάξεις του Δημοτικού στη Μεγάλη Βρετανία, σ' αυτές τις τάξεις αναφέρεται το φαινόμενο της ανόδου του θερμού αέρα, π.χ. στο πλαίσιο του κύκλου του νερού. Οι μαθητές λοιπόν ίσως θεωρούν ότι ανεβαίνει η θερμότητα κι όχι ο αέρας.

Άλλη παρανόηση σχετικά με τη θερμότητα είναι η πολύ διαδεδομένη άποψη ότι αν αφήσουμε ένα ποτήρι νερό για αρκετή ώρα ώστε η θερμοκρασία του να εξισωθεί με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και κατόπιν το τυλίξουμε με μονωτικό υλικό, π.χ. με πλαστικό περιτύλιγμα με φουσαλίδες, η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται. Όμως επειδή η θερμοκρασία του περιτυλίγματος είναι ίση με τη θερμοκρασία του πε-



Εικόνα 19.2γ Το «φίδι της φωτιάς». Κόψτε το «φίδι» κατά μήκος της χοντρής μαύρης γραμμής και κατόπιν ανοίξτε μια μικρή τρύπα στο «κεφάλι» του. Περάστε μια κλωστή μέσα από την τρύπα και κρεμάστε την κατασκευή πάνω από μια πηγή θερμότητας, π.χ. καλοριφέρ. Τότε το «φίδι» θα περιστρέφεται μέσα στο ανερχόμενο ρεύμα θερμού αέρα.

ριβάλλοντος, δεν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του περιτυλίγματος και του ποτηριού, θερμότητα δεν μεταφέρεται από το ένα στο άλλο και η θερμοκρασία του νερού δεν θα μεταβάλλεται. Άλλη παρανόηση είναι η άποψη ότι αν φέρουμε ένα κομμάτι πάγο στην τάξη και το τυλίξουμε με μονωτικό υλικό, ο πάγος λειώνει γρηγορότερα. Στην πραγματικότητα συμβαίνει το αντίθετο: ο αέρας είναι θερμότερος από τον πάγο και το μονωτικό υλικό απομονώνει τον πάγο από τον αέρα. Ο πάγος λοιπόν λιώνει πιο αργά απ' όσο θα έλιωνε αν δεν περιβαλλόταν από το μονωτικό υλικό.

Αναδόμηση

Σ' αυτό το επίπεδο (Δημοτικό) δεν είναι απαραίτητο να εισάγουμε την έννοια ενέργειας. Ωστόσο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μια εικόνα παρόμοια με τη 19.2β για να δείξουμε ότι η θερμότητα είναι μια οντότητα που μπορεί να μεταφέρεται προς κάθε κατεύθυνση κι όχι μόνο προς τα πάνω.

Επιδείξεις στις οποίες φαίνεται ότι ο θερμός αέρας ανεβαίνει βοηθούν τους μαθητές να αντιληφθούν ότι ο ψυχρός αέρας εισχωρεί κάτω από το θερμό και τον αναγκά-

ζει να ανέβει. Τέτοια επίδειξη μπορεί να είναι το «φίδι της φωτιάς» (Εικόνα 19.2γ) και μικρά αερόστατα θερμού αέρα. Αυτές οι ιδέες μπορεί να παρουσιαστούν παράλληλα με τα πειράματα πλεύσης/ βύθισης.

Οι βασικές ιδέες σχετικά με τη θερμομόνωση είναι δυνατό να παρουσιαστούν σε μαθητές πρώτων τάξεων του Δημοτικού (KS1) με τη βοήθεια του βιβλίου *The Emperor's Egg* του συγγραφέα Martin Jenkins.

Χρησιμοποιώντας πλαστικά γάντια που έχουν μέσα πάγο ενεργοποιούνται οι μαθητές να εκτελέσουν πειράματα και να ελέγξουν την ταχύτητα που λιώνει ο πάγος, όταν τον τυλίξουμε με μονωτικά υλικά. Για να δώσουμε στον πάγο αυτό το σχήμα γεμίζουμε ένα ελαστικό γάντι με νερό βρύσης, το δένουμε σφιχτά με σύρμα ή λάστιχο στο ύψος του καρπού και το τοποθετούμε στην κατάψυξη.

Πηγές: Jenkins (2008)· Tiberghien και Barboux (1980)· Tiberghien κ.ά. (1983).

ΓΛΩΣΣΑΡΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΟΡΩΝ

AC βλ. εναλλασσόμενο ρεύμα.

DC βλ. συνεχές ρεύμα.

DNA Δεοξυριβοζονουκλεϊκό οξύ. Το γενετικό υλικό. Η βάση της κληρονομικότητας. Βρίσκεται σε όλα τα κύτταρα των ζωντανών οργανισμών.

Homo sapiens Άνθρωπος ο σοφός. Το επιστημονικό όνομα του είδους μας.

Key Stages Τα επίπεδα του εκπαιδευτικού συστήματος στην Μεγάλη Βρετανία.

KS1 Key Stage 1 (Έτη εκπαίδευσης 1-2) (Όχι ΗΛΙΚΙΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ!).

KS2 Key Stage 2 (Έτη εκπαίδευσης 3-6).

KS3 Key Stage 3 (Έτη εκπαίδευσης 7-9).

KS4 Key Stage 4 (Έτη εκπαίδευσης 10-11).

LED Φωτοдиодος Μικρός ηλεκτρονικός λαμπτήρας, που συνήθως εκπέμπει έγχρωμο φως.

Αγωγιμότητα (conduction) Η διέλευση θερμότητας ή ηλεκτρισμού μέσα από ένα υλικό (συνήθως στερεό).

Αδράνεια (inertia) Η τάση των σωμάτων να διατηρούν την κινητική κατάσταση στην οποία βρίσκονται κάθε φορά.

Αέρια του θερμοκηπίου (greenhouse gases) Αέρια της ατμόσφαιρας που απορροφούν θερμότητα και θεωρείται ότι συμβάλλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη μας όπως το διοξείδιο του άνθρακα, οι υδρατμοί και το μεθάνιο.

Αλλαγή κατάστασης (state change) Η μεταβολή μιας κατάστασης της ύλης σε άλλη, π.χ. από στερεή σε υγρή.

Αλληλεξάρτηση (οικολογία) (interdependence) Η εξάρτηση των οργανισμών ενός οικοσυστήματος μεταξύ τους με σκοπό την επιβίωσή τους. Για παράδειγμα ένα φυτοφάγο είδος εξαρτάται από την ύπαρξη φυτών για να επιβιώσει. Όταν θα πεθάνει, το σώμα του αποσυντίθεται και παράγονται ανόργανες ενώσεις χρήσιμες στα φυτά.

Αλλότροπο (allotrope) Διαφορετικές μορφές του ίδιου στοιχείου, π.χ. το διαμάντι και ο γραφίτης είναι αλλότροπα του άνθρακα.

Αμφιβληστροειδής (retina) Στρώμα φωτοευαίσθητων κυττάρων, που βρίσκεται στο πίσω μέρος του ματιού.

Αναπνοή (breathing) Η λειτουργία της εισπνοής και της εκπνοής. Μέσω αυτής της λειτουργίας στους πνεύμονες πραγματοποιείται η ανταλλαγή αερίων.

Ανταγωνιστής (competitor, οικολογία) (ΣΤΕ) Είδος που έχει παρόμοιες ανάγκες με άλλο είδος στο οικοσύστημα. Για τα φυτά ο ανταγωνισμός μπορεί να αφορά νερό, θέση (στον

- ήλιο), θρεπτικά στοιχεία (έδαφος). Για τα ζώα: τροφή, νερό, φωλιά. Στα υδατικά οικοσυστήματα: οξυγόνο, θρεπτικά στοιχεία.
- Ανταλλαγή αερίων** (gaseous exchange) Συμβαίνει στις επιφάνειες, π.χ. των πνευμόνων και των φύλλων.
- Αντίσταση (resistor)** Η ιδιότητα των αγωγών να αντιστέκονται στη διέλευση του ηλεκτρικού φορτίου μέσα από αυτούς.
- Αντίσταση του αέρα** (air resistance) Είδος τριβής που αντιτίθεται στην κίνηση ενός σώματος, όταν το σώμα κινείται μέσα στον αέρα.
- Αντιστρεπτή μεταβολή** (reversible changes) Μετάβαση ενός συστήματος από μια κατάσταση σε άλλη, έτσι ώστε το σύστημα να μπορεί να επανέλθει στην αρχική κατάστασή του.
- Αντισώματα** (antibodies) Πρωτεΐνες οι οποίες παράγονται από τον οργανισμό με σκοπό να καταστρέψουν ή να αδρανοποιήσουν μικρόβια ή άλλα ξένα υλικά που έχουν εισβάλλει στον οργανισμό.
- Άνωση** (upthrust) Δύναμη που ασκείται από ένα ρευστό σε σώμα, το οποίο βρίσκεται ολόκληρο ή μερικώς βυθισμένο μέσα στο ρευστό.
- Ανώτερος θηρευτής** (top predator) Ο θηρευτής που δεν θηρεύεται από άλλον θηρευτή. Κατέχει την κορυφή σε μια τροφική αλυσίδα ή ένα τροφικό πλέγμα.
- Αρθρόποδα** (arthropods) Ασπόνδυλα με σκληρό εξωτερικό σκελετό και ενωμένα άκρα, π.χ. τα έντομα, οι αράχνες και τα οστρακόδερμα.
- Αρνητικό ηλεκτρόδιο** (negative terminal) Το σημείο ενός ηλεκτρικού στοιχείου από το οποίο εξέρχονται τα ηλεκτρόνια και από το οποίο εισέρχεται το ηλεκτρικό ρεύμα. Συμβολίζεται με αρνητικό πρόσημο.
- Αρτηριακό** (arterial) Αίμα που μεταφέρεται από την καρδιά προς στους ιστούς του σώματος.
- Ασπόνδυλο** (invertebrate) Ζώο χωρίς σπονδυλική στήλη.
- Ατμός νερού που βράζει** (steam) Η αέρια φάση του νερού πάνω από το σημείο βρασμού (100°C για καθαρό νερό σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση).
- Άτομο** (atom) Η ελάχιστη ποσότητα ενός στοιχείου.
- Βάρος** (weight) Η βαρυτική δύναμη με την οποία η Γη έλκει τα σώματα.
- Βιοκοινότητα** (community) Οι πληθυσμοί όλων των ειδών που ζουν σε μια περιοχή.
- Βλήμα** (projectile) Κάθε βαλλόμενο σώμα που μετά την εκτόξευσή του δεν ωθείται από κάποια δύναμη.
- Βρασμός** (boiling) Η μετατροπή υγρού σε αέριο όταν συμβαίνει σε όλη την έκταση το υγρού. (βλ. Εξάτμιση). Κατά τη διάρκεια του βρασμού η θερμοκρασία μένει σταθερή (αυτή η θερμοκρασία ονομάζεται σημείο ζέσεως).
- Βύθιση** (sinking) Ένα σώμα βυθίζεται μέσα σε κάποιο ρευστό, διότι η πυκνότητά του είναι μεγαλύτερη από την πυκνότητα του ρευστού.
- Γαμέτες** (gametes) Αναπαραγωγικά κύτταρα. Στα ζώα τα σπερματοζωάρια και ωάρια.
- Γεωκεντρική αντίληψη** (geocentric) Η αντίληψη σύμφωνα με την οποία όλα τα ουράνια σώματα στρέφονται γύρω από τη Γη.
- Γονίδιο** (gene) Η μονάδα κληρονομικότητας. Μεταφέρει πληροφορία με τη μορφή μιας αλληλουχίας DNA.

Γονότυπος (genotype) Η γονιδιακή σύσταση ενός οργανισμού, δηλαδή το σύνολο των γονιδίων του οργανισμού.

Γωνία ανάκλασης (angle of reflection) Η γωνία μεταξύ της κάθετης σε μια επιφάνεια και της ακτίνας που ανακλάται από αυτή την επιφάνεια.

Γωνία πρόσπτωσης (angle of incidence) Η γωνία μεταξύ της κάθετης σε μια επιφάνεια και της ακτίνας φωτός που πέφτει σ' αυτή την επιφάνεια.

Δευτερεύοντα χρώματα (secondary colours) Το πορτοκαλί, το πράσινο και το μωβ. Παράγονται με την ανάμειξη δύο βασικών χρωμάτων.

Διάμηκες κύμα (longitudinal wave) Είδος κύματος όπου οι ταλαντώσεις εκτελούνται κάθετα προς τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος, όπως συμβαίνει στα ηχητικά κύματα.

Διασκεδασμός (κύματος) (dispersion) Η ανάλυση του λευκού φωτός σε διαφορετικά χρώματα, χρησιμοποιώντας π.χ. πρίσμα.

Διάχυση (diffusion) Η μετακίνηση των σωματιδίων ενός υγρού από περιοχή υψηλότερης συγκέντρωσης σε περιοχή χαμηλότερης.

Δύναμη (force) Ώθηση ή έλξη. Μονάδα μέτρησής της είναι το newton (συμβολίζεται με N).

Δύναμη αντίδρασης (reaction force) Δύναμη ίσου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης που υπάρχει μαζί με κάθε άλλη δύναμη, σύμφωνα με τον 3ο νόμο του Νεύτωνα.

Δύναμη επαφής (contact force) Δύναμη που ασκείται από ένα σώμα σε κάποιο άλλο, όταν τα δύο σώματα βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους.

Δύτης του Καρτέσιου (cartesian diver) Συσκευή, που συνήθως κατασκευάζεται με απλά μέσα, στην οποία ένα αντικείμενο που είναι κλεισμένο σ' αυτή είναι δυνατό να βυθίζεται ή να ανεβαίνει ανάλογα με την εξωτερική πίεση (για περισσότερες λεπτομέρειες δες το διαδίκτυο).

Είδος (species) (ΣτΕ) Το είδος στη Βιολογία, π.χ. το ανθρώπινο είδος (human species). Πληθυσμοί από άτομα με κοινά χαρακτηριστικά που μπορούν να αναπαραχθούν μεταξύ τους και να δώσουν γόνιμους απογόνους. Όλα τα είδη έχουν ένα λατινικό διπλό επιστημονικό όνομα που γράφεται με πλάγια γράμματα π.χ. *Homo sapiens* (ο σημερινός άνθρωπος), *Caretta caretta* (η θαλάσσια χελώνα που αναπαράγεται στην Ζάκυνθο), *Olea europea* (η ελιά), *Escherichia coli* (βακτήριο στο έντερό μας), *Saccharomyces cerevisiae* (ζυμομύκητας), *Rhynchophorus ferrugineus* (κόκκινο σκαθάρι που τρώει τους φοίνικες).

Έκλειψη (eclipse) Συμβαίνει όταν ένα ουράνιο σώμα βρεθεί στη σκιά ενός άλλου.

Εκτόπισμα (displacement) Ο όγκος του υγρού που εκτοπίζεται από ένα σώμα, όταν το σώμα βυθίζεται μέσα στο υγρό.

Εναλλασσόμενο ρεύμα (alternating current) Ηλεκτρικό ρεύμα του οποίου η φορά κατά μήκος ενός κυκλώματος αλλάζει πολύ γρήγορα. Στις περισσότερες περιπτώσεις το οικιακό ρεύμα είναι εναλλασσόμενο.

Ενέργεια (energy) Η ικανότητα παραγωγής έργου.

Ένζυμο (enzyme) Βιολογικός καταλύτης. Επιτρέπει σε μια χημική αντίδραση να εξελιχθεί με μεγαλύτερη ταχύτητα.

Εξάτμιση (evaporation) Η μετατροπή ενός υγρού σε αέριο, όταν η θερμοκρασία του υγρού είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία βρασμού (δες επίσης βρασμός).

Εξαφάνιση είδους (extinction) Μπορεί να είναι φυσική διαδικασία, αποτέλεσμα εξελικτικών πιέσεων ή αποτέλεσμα ανθρωπογενών επιδράσεων στη βιόσφαιρα.

Εξέλιξη (evolution) Θεωρία σύμφωνα με την οποία οι ζωντανοί οργανισμοί κατάγονται από προγενέστερα, διαφορετικά είδη, συνήθως μέσω της διαδικασίας της φυσικής επιλογής.

Εξωσκελετός (exoskeleton) Στερεό, προστατευτικό κάλυμμα που καλύπτει το σώμα ορισμένων ασπόνδυλων.

Επιβράδυνση (decelerate) Ελάττωση της ταχύτητας.

Επιγενετική (epigenetics) Η μελέτη των κληρονομητέων αλλαγών στη γονιδιακή λειτουργία που συμβαίνουν χωρίς να μεταβάλλεται η αλληλουχία των βάσεων στο DNA.

Επίκεντρο (epicentre) Το σημείο στην επιφάνεια της Γης ακριβώς πάνω από πηγή (εστία) του σεισμού, η οποία βρίσκεται στο εσωτερικό της Γης.

Επιτάχυνση (accelerate) Ο ρυθμός αύξησης της ταχύτητας.

Ευλογοφανές αλλά λανθασμένο δίκτυο εννοιών (erroneous meaningful network) Πολλές σχετιζόμενες παρανοήσεις που συνδέονται μεταξύ τους σε ένα λογικοφανές δίκτυο στο μυαλό του μαθητή που έχουν νόημα διότι φαίνεται να ταιριάζουν απόλυτα μεταξύ τους.

Ηλεκτρικό ρεύμα (current) Η κίνηση ηλεκτρικού φορτίου κατά μήκος ενός κυκλώματος. Μονάδα μέτρησής του είναι το αμπέρ, που συμβολίζεται με Α.

Ηλεκτρικό στοιχείο Δημιουργία ηλεκτρικής τάσης με τη βοήθεια χημικών ουσιών. Με το ηλεκτρικό στοιχείο προκαλείται ηλεκτρικό ρεύμα.

Ηλεκτρισμός (ηλεκτρικό ρεύμα) Ροή φορτίου.

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (electromagnetic radiation) Τα οδεύοντα κύματα μεταφέρουν ενέργεια. Υπάρχουν διαφορετικά είδη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας συμπεριλαμβανομένης της υπέρυθρης, των κυμάτων του ραδιοφώνου και των κυμάτων φωτός.

Ηλεκτρόνιο (electron) Αρνητικά ηλεκτρισμένο υποατομικό σωματίδιο.

Ηλιακό σύστημα (solar system) Ο ήλιος και όλα τα ουράνια σώματα που στρέφονται γύρω από αυτόν, π.χ. οι πλανήτες, οι δορυφόροι τους, οι κομήτες, οι αστεροειδείς και νάνοι πλανήτες.

Ηλιοκεντρική αντίληψη (heliocentric) Η αντίληψη σύμφωνα με την οποία οι πλανήτες στρέφονται γύρω από το Ήλιο.

Θερινό ηλιοστάσιο (summer solstice) Η μέρα του έτους όπου το ένα ημισφαίριο είναι περισσότερο στραμμένο προς τον Ήλιο. Στο βόρειο ημισφαίριο αυτό συμβαίνει στις 21 Ιουνίου.

Θερμική ακτινοβολία (radiation) Κυματική ακτινοβολία που οφείλεται στη θερμοκρασία των σωμάτων.

Θερμότητα (heat) Μορφή ενέργειας που μεταφέρεται από υψηλότερη σε χαμηλότερη θερμοκρασία.

Θετικό ηλεκτρόδιο (positive terminal) Το σημείο όπου τα ηλεκτρόνια εισέρχονται σε ένα ηλεκτρικό στοιχείο όταν φεύγουν από το κύκλωμα. Συμβολίζεται με το θετικό πρόσημο.

Θεωρία των τεκτονικών πλακών (tectonic plates) Η θεωρία σύμφωνα με την οποία ο φλοιός της Γης αποτελείται από γιγάντιες λίθινες πλάκες που κινούνται αργά αλλά συνεχώς.

Θήραμα (prey) Η λεία του θηρευτή.

Θηρευτής (predator) Ζώο που κυνηγά άλλο ζώο για τροφή.

Θώρακας (thorax) Το μεσαίο τμήμα του σώματος ενός ζώου. Στον άνθρωπο το στήθος.

Ιξώδες (viscosity) Η δυσκολία ροής ενός ρευστού, π.χ. το σιρόπι έχει μεγάλο ιξώδες, είναι παχύρευστο.

Ιόν (ion) Φορτισμένο άτομο.

Κάθετη (normal) Φανταστική γραμμή που σχηματίζει ορθή γωνία με μια επίπεδη επιφάνεια, στο σημείο της επιφάνειας όπου, για παράδειγμα, ανακλάται μια ακτίνα φωτός.

Καιόμενο σκλήθρο (glowing splint) Λεπτό κομματάκι ξύλου στο οποίο βάζουμε φωτιά, στη συνέχεια αυτό σβήνεται και συνεχίζει να σιγοκαίει. Χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί η παρουσία οξυγόνου.

ΚΑΡΠΑ (CPR) Καρδιοαναπνευστική ανάνηψη (καρδιακές μαλάξεις). Πρώτες βοήθειες για ασθενή με καρδιακή ανακοπή.

Καταναλωτής (consumer) Κάθε μη φυτικός οργανισμός σε μια τροφική αλυσίδα.

Κατάσταση της ύλης (state of matter) Στο επίπεδο του Δημοτικού Σχολείου: Η στερεά, η υγρή και η αέρια.

Καύση (combustion) Μια ουσία αντιδρά με οξυγόνο και παράγεται θερμική ενέργεια (δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει φλόγα).

Κενό (vacuum) Απουσία ύλης.

Κεντρομόλος δύναμη (centripetal force) Δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα, όταν το σώμα κινείται σε κυκλική τροχιά, με κατεύθυνση προς το κέντρο της τροχιάς.

Κλείδα (βιολογία / key) Πίνακας ή διάγραμμα ροής που μας βοηθά να ταυτοποιήσουμε άγνωστα είδη ζωντανών οργανισμών.

Κράμα (alloy) Μείγμα δύο ή περισσότερων μετάλλων μεταξύ τους.

Κύμα (wave) Διάδοση ενέργειας μέσω κυματισμών που δημιουργούνται από μια πηγή, π.χ. ηχητικά κύματα, κύματα φωτός, παλμοί.

Κυτταρική αναπνοή (cellular respiration) Μέσα στα κύτταρα η γλυκόζη αντιδρά με το οξυγόνο και παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Συγχρόνως απελευθερώνεται ενέργεια.

Κύτταρο (cell) Δομικός λίθος οργανισμών. Συνήθως αποτελείται από έναν πυρήνα, κυτταροπλασματική μεμβράνη και κυτταρόπλασμα.

Κυψελίδες (alveoli) Μικροί σάκοι αέρα που βρίσκονται βαθιά μέσα στους πνεύμονες. Εκεί γίνεται η ανταλλαγή αερίων.

Λειτουργίες της ζωής (processes of life) Λειτουργίες που πρέπει να επιτελεί κάποια οντότητα ώστε να ονομαστεί έμβιο ον.

Λευκό φως (white light) Φως από πηγές, όπως είναι ο Ήλιος, ένας ηλεκτρικός λαμπτήρας ή ένας φακός. Αν και το αντιλαμβανόμαστε ως λευκό, είναι μίγμα χρωμάτων.

Λήθαργος (σε) (dormant) Ζωντανός αλλά σε αδρανή κατάσταση όπως ένας σπόρος φυτού, ένα σπόριο βακτηρίου.

Μάζα (mass) Είναι ανάλογη της ποσότητας της ύλης ενός σώματος. Επίσης εξαρτάται από το βάρος των σωματιδίων από τα οποία αποτελείται το σώμα.

Μακροσκοπικός (macroscopic) Ορατός με γυμνό μάτι, αντίθετο του μικροσκοπικός.

Μέτρο (magnitude) Μέγεθος δύναμης στη Φυσική, μετράται σε Newton.

Μεταλλικό στοιχείο (mineral) Ανόργανα άλατα (π.χ. στο έδαφος που τα παίρνουν τα φυτά με τις ρίζες τους διαλυμένα στο νερό).

Μη αντιστρεπτή μεταβολή (irreversible change) Μετάβαση ενός συστήματος από μια κατάσταση σε άλλη, χωρίς το σύστημα να μπορεί να επανέλθει στην αρχική κατάστασή του.

Μήκος κύματος (wavelength) Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο σημείων ενός κύματος στα οποία η διαταραχή είναι συνεχώς η ίδια, π.χ. η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο σημείων ενός ηχητικού κύματος, όπου η πίεση συγχρόνως παίρνει τη μέγιστη τιμή της, η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο κορυφών ενός κύματος στην επιφάνεια του νερού κ.λπ. Μονάδα μέτρησης του μήκους κύματος είναι το μέτρο (το οποίο συμβολίζεται με m).

Μικρόβιο (microbe) Μικροσκοπικός οργανισμός. Ορισμένες φορές ονομάζεται μικροοργανισμός.

Μικροσκοπικός (microscopic) Μη ορατός με γυμνό μάτι.

Μονοκύτταρος οργανισμός (unicellular) Οργανισμός που αποτελείται μόνο από ένα κύτταρο.

Μόριο (molecule) Πολλά άτομα συνδεδεμένα μεταξύ τους με χημικό τρόπο.

Μπαταρία (battery) Ηλεκτρικά στοιχεία ενωμένα μεταξύ τους.

Νάνος πλανήτης (dwarf planet) Ουράνιο σώμα του οποίου το μέγεθος είναι αρκετά μεγάλο ώστε να έχει σχεδόν σφαιρικό σχήμα, αλλά ο διαστημικός χώρος κοντά του δεν είναι καθαρός από άλλα ουράνια σώματα. Επίσης οι νάνοι πλανήτες δεν είναι δορυφόροι και είναι μικρότεροι από έναν πραγματικό πλανήτη. Νάνοι πλανήτες είναι ο Πλούτωνας, η Έρις κ.ά.

Όγκος (volume) Ο χώρος τον οποίο καταλαμβάνει ένα σώμα.

Οδεύον κύμα (propagation) Κάθε διαδιδόμενο κύμα σε αντίθεση με το στάσιμο.

Οικοσύστημα (Ecosystem) Οι οργανισμοί μιας βιοκοινότητας αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με το αβιοτικό περιβάλλον ως οικοσύστημα.

Όξύτητα ήχου (pitch) Ανάλογα με τη συχνότητά του ο ήχος μπορεί να είναι οξύς ή βαρύς.

Οριακή ταχύτητα (terminal velocity) Η μέγιστη ταχύτητα ενός σώματος, όταν το σώμα πέφτει ελεύθερα μέσα σε ρευστό.

Ορυκτά καύσιμα (fossil fuels) Καύσιμα που έχουν σχηματιστεί με φυσικό τρόπο από νεκρούς οργανισμούς, π.χ. το φυσικό αέριο, ο λιγνίτης, το αργό πετρέλαιο και τα παράγωγά του.

Ορυκτό (mineral) Φυσική ουσία, χημικά «καθαρή», που έχει σχηματιστεί με γεωλογικές διαδικασίες.

Ουράνιο σώμα (heavenly body) Φυσικό σώμα που βρίσκεται στο διάστημα, π.χ. αστέρας, πλανήτης, δορυφόρος κ.λπ.

Παθογόνο (pathogen) Μικρόβιο που προκαλεί ασθένεια.

Παραγωγός (οικοσυστήματα) (producer) Πράσινο φυτό.

Πεπιεσμένος αέρας (pneumatic) Αέρας υψηλής πίεσης που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση έργου.

Πέτρωμα (rock) Κάθε φυσικό υλικό που προκύπτει από γεωλογικές διεργασίες και αποτελείται από περισσότερα από ένα ορυκτά.

Πέψη (digestion) Η διάσπαση των τροφών σε απλούστερα συστατικά πριν την απορρόφησή τους.

Πήξη (freezing) Η μετατροπή ενός υγρού σε στερεό.

Πλάτος (κύματος) (amplitude) Η μέγιστη απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας των σημείων ενός ελαστικού μέσου, όταν στο ελαστικό μέσο διαδίδεται ένα κύμα.

Πλεύση (floating) Αιώρηση σε ρευστό.

Πολυκύτταρος οργανισμός (multicellular) Οργανισμός που αποτελείται από περισσότερα από ένα κύτταρα.

Πολύμετρο (multimeter) Ηλεκτρική συσκευή πολλαπλών λειτουργιών, με την οποία μπορούμε να μετρήσουμε ηλεκτρικό ρεύμα, τάση, αντίσταση κ.λπ.

Πρωτεύοντα χρώματα (primary colours) Το κόκκινο, το πράσινο και το μπλε. Κάθε άλλο χρώμα προκύπτει από την ανάμειξη, σε κατάλληλη αναλογία, των κύριων χρωμάτων.

Πυκνότητα (density) Η μάζα ενός υλικού ανά μονάδα όγκου.

Ρεύμα μεταφοράς (convection current) Η κυκλική κίνηση ενός ρευστού, που οφείλεται σε μεταβολές της πυκνότητας, λόγω θέρμανσης ή ψύξης.

Ρευστό (fluid) Υγρό ή αέριο.

Ρήγμα (fault) Σπάσιμο πετρώματος όπου η σύνδεση μεταξύ των τμημάτων του πετρώματος είναι ασθενής. Συχνά οι σεισμοί προέρχονται από ρήγματα.

Σημείο δρόσου (dew point) Η θερμοκρασία στην οποία υδρατμοί της ατμόσφαιρας αρχίζουν να συμπυκνώνονται.

Σπερματικό κύτταρο (sperm cell) Ο αρσενικός γαμέτης στα ζώα.

Σπονδυλωτό (vertebrate) Ζώο με σπονδυλική στήλη.

Στοιχείο (element) Ουσία η οποία είναι αδύνατο να διασπαστεί σε απλούστερες χωρίς να χάσει τη χημική ταυτότητά της. Ο Περιοδικός Πίνακας είναι ο κατάλογος όλων των γνωστών στοιχείων.

Στρατόσφαιρα (stratosphere) Το στρώμα της γήινης ατμόσφαιρας ακριβώς πάνω από την τροπόσφαιρα. Φθάνει σε ύψος 50 km πάνω από την επιφάνεια της Γης.

Συμπιεσμένος αέρας (compressed air) Αέρας σε πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική.

Συμπύκνωση (condensation) Η μεταβολή ενός αερίου σε υγρό.

Συνεχές ρεύμα (DC) Κίνηση του ηλεκτρισμού, μέσα σε κύκλωμα, μόνο προς μία κατεύθυνση.

Συχνότητα (κύμα) (frequency) Το πλήθος των ταλαντώσεων σε ένα δευτερόλεπτο. Μονάδα μέτρησής της είναι το χέρτζ (το οποίο συμβολίζεται με Hz).

Σχετική πυκνότητα (relative density) Ο λόγος της πυκνότητας μιας ουσίας ως προς την πυκνότητα του νερού.

Σωματίδιο (particle) Στο Δημοτικό Σχολείο αυτός ο όρος χρησιμοποιείται για τα άτομα, τα μόρια, τα ιόντα και ορισμένες φορές για τα ηλεκτρόνια.

Ταξινόμηση (taxonomy) Η μελέτη της κατάταξης των ζωντανών οργανισμών στη Βιολογία.

Τάση (voltage) Με απλά λόγια η αιτία που αναγκάζει το φορτίο να ρέει μέσα σ' ένα κύκλωμα. Μονάδα μέτρησης της τάσης είναι το volt (το οποίο συμβολίζεται με V).

Τήξη (melting) Η μετατροπή στερεού σώματος σε υγρό.

Τριβή (friction) Η δύναμη που αντιτίθεται στην ολίσθηση ενός σώματος.

Τριχοειδή (capillaries) Πολύ λεπτά αγγεία, πάχους ενός κυττάρου.

Τροπόσφαιρα (troposphere) Το κατώτερο στρώμα της γήινης ατμόσφαιρας. Αρχίζει από την επιφάνεια της Γης και φθάνει σε ύψος 8 km.

Τροφή (food) Ουσία που εφοδιάζει με ενέργεια έναν οργανισμό, μέσω της κυτταρικής αναπνοής.

Τροφικό επίπεδο (trophic level) Η θέση ενός οργανισμού σε μια τροφική αλυσίδα, π.χ. παραγωγός, καταναλωτής πρώτης τάξεως.

Τροχιά ουράνιου σώματος (orbit) Η κυκλική ή ελλειπτική (ωοειδής) τροχιά την οποία διαγράφει ένα ουράνιο σώμα γύρω από κάποιο άλλο.

Υδρατμοί (water vapour) Νερό σε αέρια φάση όταν η θερμοκρασία του είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία βρασμού του (100°C για καθαρό νερό σε φυσιολογική ατμοσφαιρική πίεση).

Ύλη (matter) Οτιδήποτε αποτελείται από σωματίδια.

Υπερθέρμανση του πλανήτη (global warming) Η βαθμιαία αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, που άρχισε το τελευταίο τέταρτο του 19ου αιώνα.

Υπερ-Ποσειδώνιο Αντικείμενο (ΥΠΑ) (trans-neptunian object) Ουράνιο σώμα που στρέφεται γύρω από τον Ήλιο σε μεγαλύτερη τροχιά από την τροχιά του Ποσειδώνα, π.χ. ο Πλούτωνας.

Υποατομικά σωματίδια (subatomic particles) Σωματίδια που είναι μικρότερα από τα άτομα και υπάρχουν μέσα σ' αυτά, π.χ. τα ηλεκτρόνια, τα πρωτόνια και τα κουάρκ.

Φαινότυπος (phenotype) Η εμφανής εκδήλωση των γονιδίων, π.χ. τα γαλάζια μάτια.

Φάσεις της Σελήνης (phases of the moon) Τα διαφορετικά σχήματα του φωτισμένου τμήματος της Σελήνης, όπως φαίνεται από τη Γη.

Φάσμα (spectrum) Η χρωματική ζώνη που μοιάζει με ουράνιο τόξο και δημιουργείται όταν το λευκό φως σκεδάζεται.

Φλεβικό (venous) Αναφέρεται στο αίμα που μεταφέρεται από τους ιστούς στην καρδιά.

Φύλο (phylum) Η κατηγορία ταξινόμησης των ζωντανών οργανισμών κάτω από το βασίλειο.

Φυσική μεταβολή (physical change) Μεταβολή που δεν μεταβάλλει τη χημική ταυτότητα μιας ουσίας, όπως είναι η μετατροπή φάσης.

Φυσικός δορυφόρος (moon) Μεγάλο φυσικό ουράνιο σώμα που στρέφεται γύρω από έναν πλανήτη. Φυσικός δορυφόρος της Γης είναι η Σελήνη.

Φωτοσύνθεση (photosynthesis) Σύνθεση τροφής¹ και οξυγόνου από διοξείδιο του άνθρακα και νερό.

Χειμερινό ηλιοστάσιο (winter solstice) Η μέρα του έτους όπου το ένα ημισφαίριο της Γης είναι περισσότερο απομακρυσμένο από τον Ήλιο. Στο βόρειο ημισφαίριο αυτό συμβαίνει στις 21 Δεκεμβρίου.

Χημική μεταβολή (chemical change) Μια ουσία μετατρέπόμενη σε μια εντελώς διαφορετική ουσία χάνει εντελώς τη χημική ταυτότητά της. Αναφέρεται επίσης και ως χημική αντίδραση.

Χλωρίδα (flora) Όλα τα είδη φυτών ενός οικοσυστήματος.

Χλωροφύλλη (chlorophyll) Πράσινη χρωστική που βρίσκεται στα φυτικά κύτταρα και είναι σημαντική για τη φωτοσύνθεση.

Ψευδοεπιστήμη (pseudoscience) Μεθοδολογία που παρουσιάζεται ως επιστημονική αλλά δεν είναι, π.χ. αστρολογία.

Ωάριο (ovum) Θηλυκός γαμέτης στα ζώα.

1. (ΣτΕ): Γλυκόζης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- Allen, M. (2010) Learner error, affectual stimulation and conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 151–173.
- Avramidou, L. and Zemba-Saul, C. (2005) Giving priority to evidence in science teaching: A first-year elementary teacher's specialized practices and knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 965–986.
- Carle, E. (1969) *The Very Hungry Caterpillar*. London: Puffin.
- Carter, L. (2008) Sociocultural influences on science education: Innovation for contemporary times. *Science Education*, 92, 165–181.
- Ehrlén, K. (2009) Drawings as representations of children's conceptions. *International Journal of Science Education*, 31, 41–57.
- Harlen, W. (2009) Enquiry and good science teaching. *Primary Science Review*, 106, 5–8.
- Joung, Y. J. (2009) Children's typically-perceived-situations of floating and sinking. *International Journal of Science Education*, 31, 101–127.
- Naylor, S., Keogh, B. and Mitchell, G. (2000) *Concept Cartoons in Science Education*. Sandbach: Millgate House.
- Oliveira, A. W. and Sadler, T. D. (2008) Interactive patterns and conceptual convergence during student collaborations in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 634–658.
- Otero, V. K. and Nathan, M. J. (2008) Preservice elementary teachers' views of their students' prior knowledge of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 497–523.
- Phethean, K. (2009) When are you too old to play in science? *Primary Science Review*, 105, 12–15.
- Piaget, J. (1929) *The Child's Conception of the World*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. and Gertzog, W. A. (1982) Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211–227.
- Vygotsky, L. S. (1962) *Thought and Language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Zemba-Saul, C., Krajcik, J. and Blumenfeld, P. (2002) Elementary student teachers' science content representations. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 443–463.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΒΙΟΛΟΓΙΑ

1 *Η έννοια της ζωής*

- Arnold, B. and Simpson, M. (1979) The concept of living things. *Aberdeen College of Education Biology Newsletter*, 33, 17–21.
- Bell, B. F. (1981a) *Animal, Plant, Living: Notes for Teachers*. LISP Working Paper 30, Science Education Research Unit, University of Waikato, Hamilton, New Zealand.
- Bell, B. F. (1981b) When is an animal, not an animal? *Journal of Biological Education*, 15, 213–218.
- Bell, B. and Barker, M. (1982) Towards a scientific concept of ‘animal’. *Journal of Biological Education*, 16, 197–200.
- Jewell, N. (2002) What’s inside a seed? *Primary Science Review*, 75, 12–14.
- Piaget, J. (1929) *The Child’s Conception of the World*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Sere, M. G. (1983) *Premiers pas et premiers obstacles à l’acquisition de la notion de pression*. Working paper, LIRESP, University of Paris VII, Paris.
- Stavy, R. and Wax, N. (1989) Children’s conceptions of plants as living things. *Human Development*, 32, 85–94.
- Tamir, P., Gal-Chappin, R. and Nussnovitz, R. (1981) How do intermediate and junior high school students conceptualize living and non-living? *Journal of Research in Science Teaching*, 18, 241–248.

2 *Ταξινόμηση*

- Allen, M. and Choudhary A. (2012) *Animal Classification by Early Years Children*. United Kingdom Science Education Research Conference. NSLC, University of York.
- Bell, B. F. (1981) What is a plant? Some children’s ideas. *New Zealand Science Teacher*, 31, 10–14.
- Brass, K. and Jobling, W. (1994) Digging into Science – a unit developed for a Year 5 class. In P. J. Fensham, R. F. Gunstone and R. White (eds), *The Content of Science*, pp. 112–120. London: Falmer Press.
- Braund, M. (1998) Trends in children’s concepts of vertebrate and invertebrate. *Journal of Biological Education*, 32, 103–110.
- Carle, E. (1969) *The Very Hungry Caterpillar*. London: Puffin.
- Chen, S. H. and Ku, C. H. (1998) Aboriginal children’s alternative conceptions of animals and animal classification. *Proceedings of the National Science Council (Part D)*, 8, 55–67.
- Davies, N. (1997) *Big Blue Whale*. London: Walker Books.
- Inagaki, K. and Hatano, G. (1987) Young children’s spontaneous personification as analogy. *Child Development*, 58, 1013–1021.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P. and Wood-Robinson, C. (1992) *Progression in Conceptual Understanding of Ecological Concepts by Pupils Aged 5–16*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, Leeds.
- Patrick, P. and Tunnicliffe, S. D. (2011) What plants and animals do early childhood and primary students’ name? Where do they see them? *Journal of Science and Educational Technology*, 20, 630–642.

- Prokop, P., Prokop, M. and Tunnicliffe, S. D. (2008) Effects of keeping animals as pets on children's concepts of vertebrates and invertebrates. *International Journal of Science Education*, 30, 431–449.
- Sequeria, M. and Freitas, M. (1986) 'Death' and 'Decomposition' of living organisms: Children's alternative frameworks. Paper presented at the 11th Conference of the Association for Teacher Education in Europe (ATEE), Toulouse, France, 1–5 September.
- Shepardson, D. P. (2002) Bugs, butterflies, and spiders: Children's understandings about insects. *International Journal of Science Education*, 24, 627–643.
- Stavy, R. and Wax, N. (1989) Children's conceptions of plants as living things. *Human Development*, 32, 85–94.
- Tema, B. O. (1989) Rural and urban African pupils' alternative conceptions of 'animal'. *Journal of Biological Education*, 23, 199–207.
- Trowbridge, J. E. and Mintzes, J. J. (1985) Students' alternative conceptions of animal classification. *School Science and Mathematics*, 85, 304–316.
- Trowbridge, J. and Mintzes, J. (1988) Alternative conceptions in animal classification: A cross age study. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 547–571.
- Waring, G. (2009) *Oscar and the Frog*. London: Walker Books.
- Yen, C. F., Yao, T. W. and Mintzes, J. J. (2007) Taiwanese students' alternative conceptions of animal biodiversity. *International Journal of Science Education*, 29, 535–553.

3 Κυκλοφορία του αίματος

- Bartoszeck, A. B., Machado, D. Z. and Amann-Gainotti, M. (2011) Graphic representation of organs and organ systems: Psychological view and developmental patterns. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 7, 41–51.
- Osborne, J. F., Wadsworth, P. and Black, P. J. (1992) *SPACE Research Report: Processes of Life*. Liverpool: Liverpool University Press.
- Schoon, K. and Boone, W. (1998) Self-efficacy and alternative conceptions of science of preservice elementary teachers. *Science Education*, 82, 553–568.
- Symons, A., Brass, K. and Odgers, S. (1994) Year 9 bodies. In P. J. Fensham, R. F. Gunstone and R. White (eds), *The Content of Science*, pp. 177–184. London: Falmer Press.
- Westbrook, S. L. and Marek, E. A. (1992) A cross-age study of student understanding of the concept of homeostasis. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 51–61.

4 Αναπνοή

- Adeniyi, E. O. (1985) Misconceptions of selected ecological concepts held by some Nigerian students. *Journal of Biological Education*, 19, 311–316.
- Arnaudín, M. W. and Mintzes, J. J. (1985) Students' alternative conceptions of the human circulatory system: A cross age study. *Science Education*, 69, 721–733.
- Garcia-Barros, S., Martvnez-Losada, C. and Garrido, M. (2011) What do children aged four to seven know about the digestive system and the respiratory system of the human being and of other animals? *International Journal of Science Education*, 33, 2095–2122.

- Gellert, E. (1962) Children's conceptions of the content and functions of the human body. *Genetic Psychology Monographs*, 65, 293–405.
- Osborne, J. F., Wadsworth, P. and Black, P. J. (1992) *SPACE Research Report: Processes of life*. Liverpool: Liverpool University Press.
- Symons, A., Brass, K. and Odgers, S. (1994) Year 9 bodies. In P. J. Fensham, R. F. Gunstone and R. White (eds), *The Content of Science*, pp. 177–184. London: Falmer Press.
- Tracana, R. B., Varanda, I., Viveiros, S., and Carvalho, G. S. D. (2012) Children's conceptions about respiration before and after formal teaching: Identification of learning obstacles. *International Organisation for Science and Technology Education*. Available at <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/20882> [accessed 27 April 2013].
- Westbrook, S. L. and Marek, E. A. (1992) A cross-age study of student understanding of the concept of homeostasis. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 51–61.
- Yip, D. Y. (1998) Erroneous ideas about the composition of exhaled air. *School Science Review*, 80, 55–62.

5 Διατροφή

- Barker, M. (1985) *Teaching and Learning about Photosynthesis*. LISP, Working papers 220–9, Science Education Research Unit, University of Waikato: Hamilton, New Zealand.
- Bell, B. F. and Brook, A. (1984) *Aspects of secondary students' understanding of plant nutrition*. Children's Learning in Science Project, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, Leeds.
- Bjornsdottir, I., Almarsdottir, A. B. and Traulsen, J. M. (2009) The lay public's explicit and implicit definitions of drugs. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, 5, 40–50.
- Boyes, E. and Stanisstreet, M. (1990) Pupils' ideas concerning energy sources. *International Journal of Science Education*, 12, 513–529.
- Brinkman, F. and Boschhuizen, R. (1989) Preinstructional ideas in biology: A survey in relation with different research methods on concepts of health and energy. In M. T. Voorbach and L. G. M. Prick (eds), *Teacher Education 5: Research and Developments on Teacher Education in the Netherlands*, pp. 75–90. London: Taylor and Francis.
- Bruce, L. (2000) *Fran's Flower*. London: Bloomsbury Paperbacks.
- Cakici, Y. (2005) Exploring Turkish upper primary level pupils' understanding of digestion. *International Journal of Science Education*, 27, 79–100.
- Cruikshank, M. (2012) *Fags, booze, drugs and children*. Argyll: Argyll Publishing.
- Dreyfus, A. and Jungwirth, E. (1988) The cell concept of 10th graders: Curricular expectations and reality. *International Journal of Science Education*, 10, 221–229.
- Equit, M., Sambach, H., Niemczyk, J. and von Gontard, A. (2013) Children's concepts of the urinary tract. *Journal of Pediatric Urology*, 9, 648–652.
- Fraiberg, S. (1959) *The Magic Years*. New York: Scribners.
- Käpylä, M. K., Heikkinen, J. P. and Asunta, T. (2009) Influence of content knowledge on pedagogical content knowledge: The case of teaching photosynthesis and plant growth. *International Journal of Science Education*, 31, 1395–1415.

- Lucas, A. (1987) Public knowledge of biology. *Journal of Biological Education*, 21, 41–45.
- Mintzes, J. J. (1984) Naive theories in biology: Children's concepts of the human body. *School Science and Mathematics*, 84, 548–555.
- Osborne, J. F., Wadsworth, P. and Black, P. J. (1992) *SPACE Research Report: Processes of Life*. Liverpool: Liverpool University Press.
- Provo, J., Lamar, C. and Newby, T. (2002) Using a cross section to train veterinary students to visualize anatomical structures in three dimensions. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 10–34.
- Smith, E. L. and Anderson, C. W. (1984) Plants as producers: a case study of elementary science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 685–698.
- Smith, E. L. and Anderson, C. W. (1986) Alternative student conceptions of matter cycling in ecosystems. Paper presented to National Association of Research in Science Teaching.
- Stavy, R., Eisen, Y. and Yaakobi, D. (1987) How Israeli students aged 13–15 understand photosynthesis. Unpublished manuscript, Tel Aviv University: Tel Aviv.
- Turner, S. A. (1997) Children's understanding of food and health in primary classrooms. *International Journal of Science Education*, 19, 491–508.
- Wandersee, J. H. (1983) Students' misconceptions about photosynthesis: A cross-age study. In H. Helm and J. D. Novak (eds), *Proceedings of the International Seminar: Misconceptions in Science and Mathematics*, 20–22 June, pp. 441–446. Ithaca, NY: Cornell University Press.

6 Τροφικές σχέσεις

- Barenholz, H. and Tamir, P. (1987) The design, implementation and evaluation of a microbiology course with special reference to misconceptions and concept maps. In J. D. Novak (ed.), *Proceedings of the 2nd International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, 26–29 July, pp. 32–45. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Barman, C. R., Griffiths, A. K. and Okebukola, P. (1995) High school students' concepts regarding food chains and food webs: A multinational study. *International Journal of Science Education*, 17, 775–782.
- Fradley, C. (2006) Welly-walks for science learning. *Primary Science Review*, 91, 14–17.
- Gotwals, A. W. and Songer, N. B. (2010) Reasoning up and down a food chain: Using an assessment framework to investigate students' middle knowledge. *Science Education*, 94, 259–281.
- Griffiths, A. K. and Grant, B. A. C. (1985) High school students' understanding of food webs: Identification of a learning hierarchy and related misconceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 421–436.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P. and Wood-Robinson, C. (1992) *Progression in Conceptual Understanding of Ecological Concepts by Pupils Aged 5–16*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P. and Wood-Robinson, C. (1996) Children's ideas about ecology 3: Ideas found in children aged 5–16 about the interdependency of organisms. *International Journal of Science Education*, 18, 129–141.

- Maxted, M. A. (1984) Pupils' prior beliefs about bacteria and science processes: Their interplay in school science laboratory work. Unpublished MA thesis, University of British Columbia.
- Munson B. H. (1994) Ecological misconceptions. *Journal of Environmental Education*, 25, 30–34.
- Schollum, B. (1983) Arrows in science diagrams: Help or hindrance for pupils? *Research in Science Education*, 13, 45–49.
- Shepardson, D. P., Wee, B., Priddy, M. and Harbor, J. (2007) Students' mental models of the environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 327–348.

7 Μικρόβια και ασθένειες

- Barenholz, H. and Tamir, P. (1987) The design, implementation and evaluation of a microbiology course with special reference to misconceptions and concept maps. In J. D. Novak (ed.), *Proceedings of the 2nd International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, 26–29 July, pp. 32–45. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Byrne, J. (2011) Models of micro-organisms: Children's knowledge and understanding of micro-organisms from 7 to 14 years old. *International Journal of Science Education*, 33, 1927–1961.
- Byrne, J. and Sharp, J. (2006) Children's ideas about micro-organisms. *School Science Review*, 88, 71–79.
- Collins, R. (2005) *Germs*. London: Bloomsbury Paperbacks.
- Dreyfus, A. and Jungwirth, E. (1988) The cell concept of 10th graders: Curricular expectations and reality. *International Journal of Science Education*, 10, 221–229.
- Dreyfus, A. and Jungwirth, E. (1989) The pupil and the living cell: A taxonomy of dysfunctional ideas about an abstract idea. *Journal of Biological Education*, 23, 49–55.
- Dymond, H. (2008) Picturing the world of microorganisms. *Primary Science Review*, 103, 25–28.
- Keselman, A., Kaufman, D. R., Kramer, S. and Patel, V. L. (2007) Fostering conceptual change and critical reasoning about HIV and AIDS. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 844–863.
- Leach, J., Driver, R., Scott, P. and Wood-Robinson, C. (1992) *Progression in Conceptual Understanding of Ecological Concepts by Pupils Aged 5–16*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Maxted, M. A. (1984) Pupils' prior beliefs about bacteria and science processes: Their interplay in school science laboratory work. Unpublished MA thesis, University of British Columbia.
- Nagy, M. H. (1953) The representation of germs by children. *Journal of Genetic Psychology*, 83, 227–240.
- Natapoff, J. N. (1978) Children's views of health. *American Journal of Public Health*, 68, 995.
- Prout, A. (1985) Science, health and everyday knowledge. *European Journal of Science Education*, 7, 399–406.
- Santos, S. and Bizzo, N. (2005) From 'new genetics' to everyday knowledge: Ideas about how genetic diseases are transmitted in two large Brazilian families. *Science Education*, 89, 564–576.

- Sequeria, M. and Freitas, M. (1987) Children's alternative conceptions about 'mold' and 'copper oxide'. In J. D. Novak (ed.), *Proceedings of the 2nd International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, 26–29 July, pp. 413–423. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Smith, E. L. and Anderson, C. W. (1986) Alternative student conceptions of matter cycling in ecosystems. Paper presented to National Association of Research in Science Teaching.

8 Κληρονομικότητα και ποικιλομορφία

- Adeniyi, E. O. (1985) Misconceptions of selected ecological concepts held by some Nigerian students. *Journal of Biological Education*, 19, 311–16.
- Biro, V. (2004) *Gumdrop and the Dinosaur*. Worksop: Award Publications.
- Bishop, B. A. and Anderson, C. W. (1990) Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 415–427.
- Deadman, J. A. and Kelly, P. J. (1978) What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 12, 7–15.
- Deniz, H., Donnelly, L. A. and Yilmaz, I. (2008) Exploring the factors related to acceptance of evolutionary theory among Turkish preservice biology teachers: Toward a more informative conceptual ecology for biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 420–443.
- Engel-Clough, E. and Wood-Robinson, C. (1985) Children's understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*, 19, 304–310.
- Hackling, M. W. and Treagust, D. F. (1982) What lower secondary students should understand about the mechanisms of inheritance, and what they do understand following instruction. *Research in Science Education*, 12, 78–88.
- Hooper, M. (1996) *Dinosaur*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jensen, M. and Finley, F. (1995) Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy. *Science Education*, 79, 147–166.
- Kargbo, D. B., Hobbs, E. D. and Erickson, G. L. (1980) Student beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*, 14, 137–146.
- Meikle, W. E. and Scott, E. C. (2010) Why are there still monkeys? *Evolution: Education and Outreach*, 3, 573–575.
- Nehm, R. H. and Schonfeld, I. S. (2008) Measuring knowledge of natural selection: A comparison of the CINS, an open-response instrument, and an oral interview. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 1131–1160.
- Nicholson, C. (2009) The teaching of evolution in primary schools. *Primary Science Review*, 107, 13–15.
- Taylor, N. and Jones, P. (2001) Animal adaptation through modelling. *Primary Science Review*, 66, 17–19.
- Tsui, C. Y. and Treagust, D. F. (2007) Understanding genetics: Analysis of secondary students' conceptual status. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 205–235.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: ΧΗΜΕΙΑ

9 Χημικές μεταβολές

- Ahtee, M. and Varjola, I. (1998) Students' understanding of chemical reaction. *International Journal of Science Education*, 20, 305–316.
- Bouma, H., Brandt, I. and Sutton, C. (1990) *Words as Tools in Science Lessons*. Chemiedidactiek, University of Amsterdam.
- Halik, M. and Ayas, A. (2005) A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 638–667.
- DES (1984) *Science in Schools. Age 15: Report No. 2. Assessment of Performance Unit*. London: HMSO.
- Driver, R. (1985) Beyond appearances: The conservation of matter under physical and chemical transformations. In R. Driver, E. Guesne and A. Tiberghien (eds), *Children's Ideas in Science*, pp. 145–169. Milton Keynes: Open University Press.
- Hand, B. M. and Treagust, D. F. (1988) Application of a conceptual conflict teaching strategy to enhance student learning of acids and bases. *Research in Science Education*, 18, 53–63.
- Knox, J. (1985) A study of secondary students' ideas about the process of burning. MEd thesis, University of Leeds.
- Meheut, M., Saltiel, E. and Tiberghien, A. (1985) Pupils' (11–12-year-olds) conceptions of combustion. *European Journal of Science Education*, 7, 83–93.
- Papageorgiou, G., Grammaticopoulou, M. and Johnson, P. M. (2010) Should we teach primary pupils about chemical change? *International Journal of Science Education*, 32, 1647–1664.
- Schoon, K. and Boone, W. (1998) Self-efficacy and alternative conceptions of science of preservice elementary teachers. *Science Education*, 82, 553–568.
- Watson, J., Prieto, T. and Dillon, J. (1997) Consistency of students' explanations about combustion. *Science Education*, 81, 425–444.

10 Σωματίδια

- Bouma, H., Brandt, I. and Sutton, C. (1990) *Words as Tools in Science Lessons*. Chemiedidactiek, University of Amsterdam.
- Brook, A., Briggs, H. and Driver, R. (1984) *Aspects of Secondary Students' Understanding of the Particulate Nature of Matter*. Children's Learning in Science Project. Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Gómez, E. J., Benarroch, A. and Marvn, N. (2006) Evaluation of the degree of coherence found in students' conceptions concerning the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 577–598.
- Lee, K. W. L. and Tan, S. N. (2004) Atoms and molecules: Do they have a place in primary science? *Primary Science Review*, 82, 21–23.
- Liu, X. and Lesniak, K. (2006) Progression in children's understanding of the matter concept from elementary to high school. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 320–347.

- Nakhleh, M. B., Samarapungavan, A. and Saglam, Y. (2005) Middle school students' beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 581–612.
- Novick, S. and Nussbaum, J. (1978) Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter: An interview study. *Science Education*, 62, 273–281.
- Nussbaum, J. (1985) The particulate nature of matter in the gaseous state. In R. Driver, E. Guesne and A. Tiberghien (eds), *Children's Ideas in Science*, pp. 124–144. Milton Keynes: Open University Press.
- Papageorgiou, G., Stamovlasis, D. and Johnson, P. M. (2010) Primary teachers' particle ideas and explanations of physical phenomena: Effect of an in-service training course. *International Journal of Science Education*, 32, 629–652.
- Piaget, J. and Inhelder, B. (1974) *The Child's Construction of Quantities*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Renstrom, L., Andersson, B. and Marton, F. (1990) Students' conceptions of matter. *Journal of Education Psychology*, 82, 555–569.
- Sere, M. G. (1985) The gaseous state. In R. Driver, E. Guesne and A. Tiberghien (eds), *Children's Ideas in Science*, pp. 105–123. Milton Keynes: Open University Press.
- Skamp, K. (2005) Teaching about 'stuff'. *Primary Science Review*, 89, 20–22.
- Stains, M. and Talanquer, V. (2007) Classification of chemical substances using particulate representations of matter: An analysis of student thinking. *International Journal of Science Education*, 29, 643–661.

11 Καταστάσεις της ύλης

- Ahtee, M. and Varjola, I. (1998) Students' understanding of chemical reaction. *International Journal of Science Education*, 20, 305–316.
- Bar, V. (1986) *The Development of The Conception of Evaporation*. The Amos de Shalit Science Teaching Centre, The Hebrew University of Jerusalem.
- Bar, V. and Galili, I. (1994) Stages of children's views about evaporation. *International Journal of Science Education*, 16, 157–174.
- Brook, A. and Driver, R. (in collaboration with Hind, D.) (1989) *Progression in Science: The Development of Pupils' Understanding of Physical Characteristics of Air Across the Age Range 5–16 Years*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Dove, J. (1998) Alternative conceptions about the weather. *School Science Review*, 79, 65–69.
- Frankel-Hauser, J. (1998) *Science Play*. Nashville, TN: Ideal Publications.
- Galili, I. and Bar, V. (1997) Children's operational knowledge about weight. *International Journal of Science Education*, 19, 317–340.
- Goodwin, A. (2003) Evaporation and boiling: Trainee science teachers' understanding. *School Science Review*, 84, 131–141.
- Jones, B. L. and Lynch, P. P. (1989) Children's understanding of the notions of solid and liquid in relation to some common substances. *International Journal of Science Education*, 11, 417–427.

- Leite, L., Mendoza, J. and Borsese, A. (2007) Teachers' and prospective teachers' explanations of liquid-state phenomena: A comparative study involving three European countries. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 349–374.
- Osborne, R. J. and Cosgrove, M. M. (1983) Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 825–838.
- Oversby, J. (2004) Science knowledge: Representing liquids. *Primary Science Review*, 83, 27.
- Ross, K. and Law, E. (2003) Children's naive ideas about melting and freezing. *School Science Review*, 85, 99–102.
- Russell, T. and Watt, D. (1990) *SPACE Research Report: Evaporation and Condensation*. Liverpool: Liverpool University Press.
- Russell, T., Longden, K. and McQuigan, L. (1991) *SPACE Research Report: Materials*. Liverpool: Liverpool University Press.
- Stavy, R. (1994) States of matter: Pedagogical sequence and teaching strategies based on cognitive research. In P. J. Fensham, R. F. Gunstone and R. White (eds), *The Content of Science*, pp. 221–236. London: Falmer Press.
- Stavy, R. and Stachel, D. (1984) *Children's Ideas about Solid and Liquid*. Israeli Science Teaching Centre, School of Education, Tel Aviv University.

12 Επιστήμες της Γης

- Boyes, E. and Stanisstreet, M. (1993) The 'greenhouse effect': Children's perceptions of causes, consequences and cures. *International Journal of Science Education*, 15, 531–552.
- Boyes, E., Stanisstreet, M. and Papantoniou, V. S. (1999) The ideas of Greek high school students about the 'ozone layer'. *Science Education*, 83, 724–737.
- Brass, K. and Duke, M. (1994) Primary Science in an integrated curriculum. In P. J. Fensham, R. F. Gunstone and R. White (eds), *The Content of Science*, pp. 100–111. London: Falmer Press.
- Ford, D. J. (2005) The challenges of observing geologically: Third graders' descriptions of rock and mineral properties. *Science Education*, 89, 276–295.
- Francis, C., Boyes, E., Qualter, A. and Stanisstreet, M. (1993) Ideas of elementary students about reducing the 'greenhouse effect'. *Science Education*, 77, 375–392.
- Frankel-Hauser, J. (1998) *Science Play*. Nashville, TN: Ideal Publications.
- Happs, J. C. (1985a) *Mountains*. LISP Working Paper 202, Science Education Research Unit University of Waikato: Hamilton, New Zealand.
- Happs, J. C. (1985b) Regression in learning outcomes: Some examples from Earth sciences. *European Journal of Science Education*, 7, 431–443.
- Kali, Y., Orion, N. and Eylon, B. S. (2003) Effect of knowledge integration activities on students' perception of the earth's crust as a cyclic system. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 545–565.
- King, C., Fleming, A., Kennett, P. and Thompson, D. (2005) How effectively do science textbooks teach earth science? *School Science Review*, 87, 95–104.
- Koulaides, V. and Christidou, V. (1999) Models of students' thinking concerning the greenhouse effect and teaching implications. *Science Education* 83, 559–576.

- Marques, L. and Thompson, D. (1997) Portuguese students' understanding at ages 10–11 and 14–15 of the origin and nature of the Earth and the development of life. *Research in Science and Technological Education*, 15, 29–51.
- Nussbaum, J. (1985) The Earth as a cosmic body. In R. Driver, E. Guesne and A. Tiberghien (eds), *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Ross, K. and Shuell, T. J. (1993) Children's beliefs about earthquakes. *Science Education*, 77, 191–205.
- Russell, T., Bell, D., Longden, K. and McGuigan, L. (1993) *SPACE Research Report: Rocks, Soil and Weather*. Liverpool: Liverpool University Press
- Rutin, J. and Sofer, S. (2007) Israeli students' awareness of earthquakes and their expected behaviour in the event of an earthquake. *School Science Review*, 88, 57–62.
- Rye, J.A., Rubba, P.A. and Wiesenmayer, R. L. (1997) An investigation of middle school students' alternative conceptions of global warming. *International Journal of Science Education*, 19, 527–551.
- Schoon, K. and Boone, W. (1998) Self-efficacy and alternative conceptions of science of preservice elementary teachers. *Science Education*, 82, 553–568.
- Shepardson, D. P., Choi, S. and Niogi, D. (2011) Seventh grade students' mental models of the greenhouse effect. *Environmental Education Research*, 17, 1–17.
- Skamp, K. R., Boyes, E. and Stanisstreet, M. (2009) Global warming responses at the primary secondary interface: 1 Students' beliefs and willingness to act. *Australian Journal of Environmental Education*, 25, 15–30.
- Whitburn, N. (2007) Earth science in the classroom. *Primary Science Review*, 96, 30–34.

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ: ΦΥΣΙΚΗ

13 Δυνάμεις

- Alonzo, A. C. and Steedle, J. T. (2009) Developing and assessing a force and motion learning progression. *Science Education*, 93, 389–421.
- Bar, V., Zinn, B., Goldmuntz, R. and Sneider, C. (1994) Children's conceptions about weight and free fall. *Science Education*, 78, 149–169.
- Bar, V., Zinn, B. and Rubin, E. (1997) Children's ideas about action at a distance. *International Journal of Science Education*, 19, 1137–1157.
- Champagne, A., Klopfer, L., Solomon, C. and Cohen, A. (1980) *Interactions of Students' Knowledge with their Comprehension and Design of Science Experiments*. Technical Report, University of Pittsburgh.
- Driver, R. (1983) *The Pupil as Scientist?* Milton Keynes: Open University Press.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. and Wood-Robinson, V. (1994) *Making Sense of Secondary Science: Research into Children's Ideas*. London: Routledge.
- Frankel-Hauser, J. (1998) *Science Play*. Nashville, TN: Ideal Publications.
- Gunstone, R. F. and White, R. T. (1981) Understanding of gravity. *Science Education*, 65, 291–299.

- Howe, C., Taylor Tavares, J. and Devine, A. (2012) Everyday conceptions of object fall: Explicit and tacit understanding during middle childhood. *Journal of Experimental Child Psychology*, 111, 351–366.
- Jones, A. T. (1983) Investigation of students' understanding of speed, velocity and acceleration. *Research in Science Education*, 13, 95–104.
- Minstrell, J. (1982) Explaining the 'at rest' condition of an object. *Physics Teacher*, 20, 10–14.
- Montanero, M., Suero, M. I., Pirez, A. L. and Pardo, P. J. (2002) Implicit theories of static interactions between two bodies. *Physics Education*, 37, 318–323.
- Murphy, J. (1982) *On the Way Home*. London: Macmillan Children's Books.
- Osborne, R. (1984) Children's dynamics. *The Physics Teacher*, 22, 504–508.
- Pfundt, H. and Duit, R. (1994) *Bibliography: Students' Alternative Frameworks and Science Education*. Kiel: IPN.
- Piaget, J. (1970) *The Child's Conception of Movement and Speed*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Reynoso, E., Fierro, E., Torres, G., Vicentini-Missoni, M. and Pirez de Celis, J. (1993) The alternative frameworks presented by Mexican students and teachers concerning the free fall of bodies. *International Journal of Science Education*, 15, 127–138.
- Ruggiero, S., Cartelli, A., Dupre, F. and Vicentini-Missoni, M. (1985) Weight, gravity and air pressure: Mental representations by Italian middle school pupils. *European Journal of Science Education*, 7, 181–194.
- Russell, T., McQuigan, L. and Hughues, A. (1998) *SPACE Research Report: Forces*. Liverpool: Liverpool University Press.
- Stead, K. and Osborne, R. (1980) *Gravity*. LISP Working Paper 20, Science Education Research Unit, University of Waikato, Hamilton, New Zealand.
- Terry, C. and Jones, G. (1986) Alternative frameworks: Newton's third law and conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8, 291–298.
- Vicentini-Missoni, M. (1981) Earth and gravity: Comparison between adults' and children's knowledge. In W. Jung, H. Pfundt and C. J. von Rhoneck (eds), *Proceedings of the International Workshop on Problems Concerning Students' Representation of Physics and Chemistry Knowledge*, 14–16 September, pp. 223–253. Ludwigsburg: Pädagogische Hochschule.
- Viennot, L. (1979) Spontaneous learning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1, 205–221.
- Viennot, L. and Rozier, S. (1994) Pedagogical outcomes of research in science education: Examples in mechanics and thermodynamics. In P. J. Fensham, R. F. Gunstone and R. White (eds), *The Content of Science*, pp. 237–254. London: The Falmer Press.
- Waring, G. (2007) *Oscar and the Cricket*. London: Walker Books.
- Watts, D. M. (1982) Gravity: Don't take it for granted. *Physics Education*, 17, 116–121.

14 Βύθιση και πλεύση

- Bar, V., Zinn, B., Goldmuntz, R. and Sneider, C. (1994) Children's conceptions about weight and free fall. *Science Education*, 78, 149–169.

- Biddulph, F. and Osborne, R. (1984) Pupils' ideas about floating and sinking. Paper presented to the Australian Science Education Research Association Conference, May, Melbourne.
- Carr, M., Barker, M., Bell, B., Biddulph, F., Jones, A., Kirkwood, V., Pearson, J. and Symington, D. (1994) The constructivist paradigm and some implications for science content and pedagogy. In P. J. Fensham, R. F. Gunstone and R. White (eds), *The Content of Science*, pp. 147–160. London: Falmer Press.
- Galili, I. and Bar, V. (1997) Children's operational knowledge about weight. *International Journal of Science Education*, 19, 317–340.
- Hewson, M. (1986) The acquisition of scientific knowledge: Analysis and representation of student conceptions concerning density. *Science Education*, 70, 159–170.
- Joung, Y. J. (2009) Children's typically-perceived-situations of floating and sinking. *International Journal of Science Education*, 31, 101–127.
- Mullet, E. and Montcouquiol, A. (1988) Archimedes' effect, information integration and individual differences. *International Journal of Science Education*, 10, 285–301.
- Parker, J. and Heywood, D. (2000) Exploring the relationship between subject knowledge and pedagogic content knowledge in primary teachers' learning about forces. *International Journal of Science Education*, 22, 89–111.
- Rowell, J. A. and Dawson, C. J. (1977) Teaching about floating and sinking: An attempt to link cognitive psychology with classroom practice. *Science Education*, 61, 245–253.
- She, H.-C. (2002) Concepts of a higher hierarchical level require more dual situated learning events for conceptual change: A study of air pressure and buoyancy. *International Journal of Science Education*, 24, 981–996.

15 Ηλεκτρισμός και Μαγνητισμός

- Armitage, R. (2007) *The Lighthouse Keeper's Lunch*. London: Scholastic Books.
- Bar, V., Zinn, B. and Rubin, E. (1997) Children's ideas about action at a distance. *International Journal of Science Education*, 19, 1137–1157.
- Chiu, M. H. and Jing-Wen Lin, J. W. (2005) Promoting fourth graders' conceptual change of their understanding of electric current via multiple analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 429–464.
- De Posada, J. (1997) Conceptions of high school students concerning the internal structure of metals and their electric conduction: Structure and evolution. *Science Education*, 81, 445–467.
- Driver, R. (1983) *The Pupil as Scientist?* Milton Keynes: Open University Press.
- Finley, F. N. (1986) Evaluating instruction: The complementary use of clinical interviews. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 635–650.
- Fredette, N. and Lockhead, J. (1980) Student conceptions of simple circuits. *Physics Teacher*, 18, 194–198.
- Garnett, P. J., Garnett, P. J. and Treagust, D. F. (1990) Implications of research on students' understanding of electrochemistry for improving science curricula and classroom practice. *International Journal of Science Education*, 12, 147–156.

- Glauert, E. B. (2009) How young children understand electric circuits: Prediction, explanation and exploration. *International Journal of Science Education*, 31, 1025–1047.
- Meyer, K. (1991) *Children as experimenters: Elementary students' actions in an experimental context with magnets*. Unpublished doctoral dissertation, University of British Columbia, Vancouver.
- Osborne, J. F., Black, P. J., Smith, M. and Meadows, J. (1991) *SPACE Research Report: Electricity*. Liverpool: Liverpool University Press.
- Osborne, R. (1985) Building on children's intuitive ideas. In R. Osborne and P. Freyberg (eds), *Learning in Science*, pp. 41–50. Auckland: Heinemann.
- Osborne, R. J. (1982) Bridging the gap between teaching and learning. Paper presented at the New Zealand Science Teachers' Association Conference, Hamilton, New Zealand.
- Osborne, R. J. (1983) Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Teaching and Technological Education*, 1, 73–82.
- Paatz, R., Ryder, J., Schwedes, H. and Scott, P. (2004) A case study analysing the process of analogy-based learning in a teaching unit about simple electric circuits. *International Journal of Science Education*, 26, 1065–1081.
- Rhoneck, C. von (1981) Students' conceptions of the electric circuit before physics instruction. In W. Jung, H. Pfundt and C. J. von Rhoneck (eds), *Proceedings of the International Workshop on Problems Concerning Students' Representation of Physics and Chemistry Knowledge*, 14–16 September, pp. 194–213. Ludwigsburg: Pädagogische Hochschule.
- Shipstone, D. M. (1984) A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits. *European Journal of Science Education*, 6, 185–198.
- Shipstone, D. M. (1985) *Circuits*. In R. Driver, E. Guesne and A. Tiberghien (eds), *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Tiberghien, A. and Delacote, G. (1976) Manipulations et représentations de circuits électriques simples par des enfants de 7 à 12 ans. *Revue Française de Pédagogie*, 34, 32–44.
- Waring, G. (2009) *Oscar and the Bird*. London: Walker Books.

16 Φως

- Anderson, C. W. and Smith, E. L. (1983) Children's conceptions of light and colour: developing the concept of unseen rays. Paper presented to the annual meeting of the *American Educational Research Association*, Montreal, Canada.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. and Wood-Robinson, V. (1994) *Making Sense of Secondary Science: Research into Children's Ideas*. London: Routledge.
- Feher, E. and Meyer, K. R. (1992) Children's conceptions of colour. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 505–520.
- Feher, E. and Rice, K. (1985) Showing shadow shapes: Activities to elicit and dispel some pre-conceptions. Paper submitted to *Science and Children*.
- Fetherstonhaugh, T. and Treagust, D. F. (1990) Students' understanding of light and its properties following a teaching strategy to engender conceptual change. Paper presented to the annual meeting of the American Educational Research Association, Boston, 16–20 April.

- Galili, I. and Hazan, A. (2000) Learners' knowledge in optics: Interpretation, structure and analysis. *International Journal of Science Education*, 22, 57–88.
- Guesne, E. (1978) Lumière et vision des objets: Un exemple de représentation des phénomènes physiques préexistant à l'enseignement. In G. Delacote (ed.), *Physics Teaching in Schools*, pp. 265–273. London: Taylor and Francis.
- Guesne, E. (1984) Children's ideas about light. In E. J. Wenman (ed.), *New Trends in Physics Teaching*, Vol. IV, pp. 179–192. Paris: UNESCO.
- Guesne, E. (1985) Light. In R. Driver, E. Guesne and A. Tiberghien (eds), *Children's Ideas in Science*, pp. 10–32. Milton Keynes: Open University Press.
- Guest, G. (2003) *Alternative Frameworks and Misconceptions in Primary Science*. University of the West of England. Available at http://sci-tutors.gnxt.net/downloads/professional_issues/teaching/misconceptions/alternative_frameworks.pdf [accessed 29 March 2012].
- Martinez-Borreguero, G., Pérez-Rodríguez, A. L., Suero-López, M. I. and Pardo-Fernández, P. J. (2013) Detection of misconceptions about colour and an experimentally tested proposal to combat them. *International Journal of Science Education*, 35, 1299–1324.
- Osborne, J. F., Black, P. J., Smith, M. and Meadows, J. (1990) *SPACE Research Report: Light*. Liverpool: Liverpool University Press
- Ramadas, J. and Driver, R. (1989) *Aspects of Secondary Students' Ideas about Light*. Children's Learning in Science Project, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- Şahin, H., Ipek, H. and Ayas, A. (2008) Students' understanding of light concepts in primary school: A cross-age study. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 9, 1–19.
- Settlage, J. (1995) Children's conceptions of light in the context of a technology-based curriculum. *Science Education*, 79, 535–553.
- Tiberghien, A., Delacote, G., Ghiglione, R. and Metalon, B. (1980) Conceptions de la lumière chez l'enfant de 10–12 ans. *Revue Française de Pédagogie*, 50, 24–41.
- Waring, G. (2006) *Oscar and the Moth*. London: Walker Books.
- Watts, D. M. (1985) Student conceptions of light: A case study. *Physics Education*, 20, 183–187.
- Watts, D. M. and Gilbert, J. K. (1985) *Appraising the Understanding of Science Concepts: Light*. Department of Educational Studies, University of Surrey: Guildford.

17 Ἥχος

- Asoko, H. M., Leach, J. and Scott, P. H. (1991) A study of students' understanding of sound 5–16 as an example of action research. Paper prepared for the symposium on Developing Students' Understanding in Science at the Annual Conference of the British Educational Research Association at Roehampton Institute, 2 September 1990, London.
- Eshach, H., and Schwartz, J. L. (2006) Sound stuff? Naöve materialism in middle-school students' conceptions of sound. *International Journal of Science Education*, 28, 733–764.
- Linder, C. J. (1993) University physics students' conceptualisations of factors affecting the speed of sound propagation. *International Journal of Science Education*, 15, 655–662.

- Linder, C. J. and Erickson, G. (1989) A study of tertiary physics students' conceptualisations of sound. *International Journal of Science Education*, 11, 491–501.
- Waring, G. (2007) *Oscar and the Bat*. London: Walker Books.
- Watt, D. and Russell, T. (1990) *SPACE Research Report: Sound*. Liverpool: Liverpool University Press.
- Whittaker, A. G. (2012) Pupils think sound has substance – well sort of. *School Science Review*, 94, 109–111.
- Wittmann, M., Steinberg, R. and Redish, E. (2003) Understanding and affecting student reasoning about sound waves. *International Journal of Science Education*, 25, 991–1013.

18 Γη και Διάστημα

- Arnold, P., Sarge, A. and Worral, L. (1995) Children's knowledge of the earth's shape and its gravitational field. *International Journal of Science Education*, 17, 635–641.
- Baxter, J. (1989) Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11, 502–513.
- Broughton, S. H., Sinatra, G. M., and Nussbaum, E. M. (2012) 'Pluto has been a planet my whole life!' Emotions, attitudes, and conceptual change in elementary students' learning about Pluto's reclassification. Available at http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1287&context=teal_facpub [accessed 25 May 2013].
- Bryce, T. G. K. and Blown, E. J. (2012) Children's concepts of the shape and size of the earth, sun and moon. *International Journal of Science Education*, 3, 388–446.
- Davies, R. W. (2002) There's a lot to learning about the Earth in space. *Primary Science Review*, 72, 9–12.
- Ehrlén, K. (2009) Drawings as representations of children's conceptions. *International Journal of Science Education*, 31, 41–57.
- Jones, B. L., Lynch, P. P. and Reesink, C. (1987) Children's conception of the Earth, Sun and Moon. *International Journal of Science Education*, 9, 43–53.
- Lias, S. and Thomas, C. (2003) Using digital photographs to improve learning in science. *Primary Science Review*, 76, 17–19.
- Nussbaum, J. (1985) The Earth as a cosmic body. In R. Driver, E. Guesne and A. Tiberghien (eds), *Children's Ideas in Science*, pp. 170–192. Milton Keynes: Open University Press.
- Nussbaum, J. and Novak, J. D. (1976) An assessment of children's concepts of the Earth utilising structured interviews. *Science Education*, 60, 535–550.
- Osborne, J. F., Wadsworth, P., Black, P. J. and Meadows, J. (1993) *SPACE Research Report: The Earth in Space*. Liverpool: Liverpool University Press.
- Parker, J. and Heywood, D. (1998) The earth and beyond: Developing primary teachers' understanding of basic astronomical events. *International Journal of Science Education*, 20, 503–520.
- Plummer, J. D. (2009) Early elementary students' development of astronomy concepts in the planetarium. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 192–209.
- Sadler, P. M. (1987) Misconceptions in astronomy. In J. D. Novak (ed.), *Proceedings of the 2nd International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, 26–29 July, pp. 422–425. Ithaca, NY: Cornell University Press.

- Schoon, K. and Boone, W. (1998) Self-efficacy and alternative conceptions of science of preservice elementary teachers. *Science Education*, 82, 553–568.
- Sharp, J. G. (1996) Children's astronomical beliefs: A preliminary study of Year 6 children in south-west England. *International Journal of Science Education*, 18, 685–712.
- Shen, J. and Confrey, J. (2007) From conceptual change to transformative modeling: A case study of an elementary teacher in learning astronomy. *Science Education*, 91, 948–966.
- Taylor, I., Barker, M. and Jones, A. (2003) Promoting mental model building in astronomy education. *International Journal of Science Education*, 25, 1205–1225.
- Trumper, R. (2006) Teaching future teachers basic astronomy concepts –seasonal changes– at a time of reform in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 879–906.
- Trundle, K. C., Atwood, R. K. and Christopher, J. E. (2007) A longitudinal study of conceptual change: Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 303–326.
- Vosniadou, S. and Brewer, W. F. (1990) A cross-cultural investigation of children's conceptions about the Earth, the Sun and the Moon: Greek and American data. In H. Mandl, E. De Corte, N. Bennett and H. F. Friedrid (eds), *Learning and Instruction: European Research in an International Context*, pp. 605–629. Oxford: Pergamon Press.
- Zeilik, M., Schau, C. and Mattern N. (1998) Misconceptions and their change in university level astronomy courses. *The Physics Teacher*, 36, 104–107.

19 Ενέργεια

- Boyes, E. and Stanisstreet, M. (1990) Pupils' ideas concerning energy sources. *International Journal of Science Education*, 12, 513–529.
- Jenkins, M. (2008) *The Emperor's Egg*. London: Walker Books.
- Paik, S. H., Cho, B. K. and Go, Y. M. (2007) Korean 4- to 11- year-old student conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 284–302.
- Solomon, J. (1982) How children learn about energy, or, does the first law come first? *School Science Review*, 63, 415–422.
- Solomon, J. (1983) Messy, contradictory and obstinately persistent: A study of children's out of school ideas about energy. *School Science Review*, 65, 225–233.
- Tiberghien, A. and Barboux, M. (1980) Difficulté de l'acquisition de la notion de température par les élèves de 6ème. In *Compte-rendus des Cinquièmes Journées Internationales sur l'Education Scientifique*. Chamonix: France.
- Tiberghien, A., Sere, M. G., Barboux, M. and Chomat, A. (1983) *Étude des représentations préalables de quelques notions de physique et leur évolution*. Rapport de recherche, LIRESPT, University of Paris VII, Paris.
- Watts, D. M. and Gilbert, J. K. (1985) *Appraising the Understanding of Science Concepts: Energy*. Department of Educational Studies, University of Surrey.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

Οι αναφορές σε εικόνες σημειώνονται με *πλάγια*, οι αναφορές στο Γλωσσάρι με **μαύρα**

- Αγωγιμότητα (ηλεκτρική) 253, 256, 260, **343**
Αγωγιμότητα (θερμική) 338-339, 338-339, **343**
Αδιαφανής 277-278, 278
Αδράνεια 209-212, 222, **343**
Αέρας
αερομεταφερόμενα μικρόβια 125-126, 133
αναπνοή 64, 66, 86-92, 87-89, 92
αραίωση του όζοντος 205
βαρύτητα δεν υπάρχει χωρίς αέρα 228, 232-233
βλήματα 214
διάδοση ηχητικών κυμάτων 285, 290-294, 291
δομή του εδάφους 198-199, 199
είναι έμβιο on 57
ευλογοφανές αλλά λανθασμένο εννοιολογικό δίκτυο 40-45
θερμότητα 338-341, 338-339
καταστάσεις της ύλης 174, 176, 183-184, 186
οι μύες ως αντλίες 80-81
πλεύση και βύθιση 238-240, 245
σωματιδιακή θεωρία 164-170, 165, 168, 170-171
φωτοσύνθεση 109
χημικές μεταβολές 152
ως μέσο στο οποίο η ύλη εξαφανίζεται 152-154, 180-183
βλ. αντίσταση του αέρα
- Αέριο, βλ. Καταστάσεις της ύλης
Αέρια του θερμοκηπίου 200-205, 201, **343**
Αερόστατα θερμού αέρα, πειράματα 169-171, 170, 341
Αίμα, βλ. Κυκλοφορία του αίματος
Ακτινοβολία 203-204, 270, 339, **346**
Ακτίνα/Δέσμη φωτός 268-284, 269, 272-275, 278, 280, 282-283
Ακτίνες X 140
Αλλαγές κατάστασης 180-181, 184, 185
βλ. Καταστάσεις της ύλης
Άλας, πειράματα 172-173, 176
Άλγες 76
Αλληλεξάρτηση (οικολογία) 117-119, **343**
Αλλότροπο 203, **343**
Αμινοξύ 100
Άμμος 48, 107, 172, 175-176, 177, 199
Αμφίβια, ταξινόμηση 63-67, 64-65
Αμφιβληστροειδής χιτώνας 280, 310, **343**
Αναδόμηση παρανοήσεων 50-51
Ανάκλαση φωτός, βλ. Φως, Ανάκλαση
Αναπνοή 57, **343**
κριτήριο κατάταξης 57, 64, 66
φυσιολογία 80-81, 86-93, 88-89, 92, 121, 198-199
Ανθοφόρα και κωνοφόρα φυτά, ταξινόμηση 75
Ανθρώπινα χαρακτηριστικά
βλ. Κληρονομικότητα
Ανθρωπίδες 74, 141

Άνθρωπος στη Σελήνη 320-321

Άνοιξη, βλ. Εποχές

Ανταλλαγή αερίων 81

Αντιβιοτικά 105, 119, 128

Αντίδραση, βλ. Δυνάμεις

Αντίσταση του αέρα 209, **344**
 δυνάμεις σε ισορροπία/εκτός ισορροπίας
 213-214, 220

ελεύθερη πτώση 209-211, 216

Αντίσταση, ηλεκτρική 251, 263

Αντιστάτης 258, 259, **344**

Αντιστρεπτή μεταβολή 155-156, 180-181, **344**

Αντισώματα 130, **344**

Άνωση, βλ. Δυνάμεις

Ανώτερος θηρευτής 116-117, **344**

Αποδεικτικά στοιχεία, επιστημονικά 42-45

Απορρόφηση ηχητικών κυμάτων 288

Απορρόφηση οξυγόνου 86

Απορρόφηση φωτός 283-284

Αποσύνθεση 119, 132-133, 159-160

Αποτυπώση φύλλων φυτών 110

Αραχνίδες 70-72, 70

Αρθρόποδο 67, 70-71, 70, 120-121, **344**

Αρτηριακό 78, 84, 91, **344**

Αρχή του Αρχιμήδη 236, 247-248

Ασπόνδυλα 60, 67-68, 68, 198, **344**

Αστέρες 231, 277, 297, 332-333, 332

Ατμός 153, 155, 160, 180-181, 183-184, 185, **344**

Ατμόσφαιρα, βλ. Γη

Άτομο **344**

δομή της ύλης 164-167, 165-166

ηλεκτρισμός 255-256

Αυτί ανθρώπινο 292, 294

Αφρός 174-175, 288

Βακτήριο

αποσύνθεση τροφών 132-133, 158-159

κατάταξη 60-75

μορφολογία 121-122, 121, 128

παθογόνο 119-124, 128

Βάρος, βλ. Δυνάμεις

Βαρύτητα, βλ. Βάρος, Μάζα

Βασίλειο (ταξινόμηση) 60-61, 61, 67-68, 73-76, 75, 128

Βιότοπος 137

Βιταμίνες 100-102, 106, 119, 127, 240

Βλήματα 212-215, 213-214, **344**

Βόρειος Πόλος 322

Βρασμός, βλ. Αλλαγές κατάστασης

Βράχος 188-189

Βραχυκύκλωμα 252

Βρύα και ηπατικά ταξινόμηση 75, 75

Βύθιση, βλ. Πλεύση

Βώλοι για ζωγραφική 212

Γαληνός 91

Γαλιλαίος 304

Γαμέτες **344**

Γεωκεντρική αντίληψη **344**

γενικά 301-305, 301, 302, 304

εμφάνιση της Σελήνης κατά τη διάρκεια της
 ημέρας 320

μέρα και νύχτα 305-307, 305, 309

Γεωσκώληκες 60, 69-70, 198

Γη (πλανήτης)

ατμόσφαιρα 169, 187, 200-205, 201, 211, 228,
 232-233

βαρυτική έλξη 209-211, 215, 222-224, 221-
 223, 228-234, 230

επίπεδη Γη 296-300, 296-300

εσωτερική δομή 196, 196

κατεύθυνση προς τα κάτω 195-197, 196-
 197

περιστροφή 307, 312

σχετικό μέγεθος ουράνιων σωμάτων 312-
 314, 313

βλ. Μέρα και Νύχτα· Σεισμοί· Γεωκεντρική
 Θεωρία· Ηλιοκεντρική Θεωρία· Σελήνη·
 Τροχιά

Γνωστική σύγκρουση 41-42, 52

Γονίδιο **344**

- κληρονομικότητα, ποικιλότητα, προσαρ-
μογή 136-148
χρωμοσωμική θέση 139-140, 139
Γονότυπος **345**
Γωνία ανάκλασης 275, **345**
Γωνία πρόσπτωσης 275, **345**
- Δαρβίνος Κάρολος 136-138
Δείκτης λείζερ, πειράματα 270, 275, 283
Δεοξυριβονουκλεϊνικό οξύ (DNA) 128, 139-
140, 204, **343**
Δευτερεύοντα χρώματα 281, 283, **345**
Διαβίβαση (φωτός) 204, 270, 277-278
Διαγράμματα Venn 61-62, 63
Διάδοση (κύματος) 291-293, 291
Διάλυση
ανταλλαγή αερίων 88
αντιδράσεις με οξέα 158
απέκκριση 97-98
διατήρηση της μάζας 172-173
ηλεκτρόλυση 260
Διαμήκη κύματα 290-295, 290-291, 293-294,
345
Δίας (πλανήτη), βαρύτητα 231
Διασκεδασμός φωτός 279-284, 280, **345**
Διατήρηση της μάζας, βλ. Μάζα
Διαφορά δυναμικού, βλ. Τάση
Διάχυση 121, **345**
Διοξείδιο του άνθρακα
αέρια του θερμοκηπίου 200-203, 201
αναπνοή/ανταλλαγή αερίων 86-93, 87, 89, 92
αποξυγονωμένο αίμα 80-81, 84
εσωτερική καύση 152-153, 152
κυτταρική αναπνοή 80, 121, **347**
σωματιδιακή θεωρία 170
φωτοσύνθεση 108-110, 109
Διπλή κυκλοφορία του αίματος, βλ. Κυκλο-
φορία του αίματος
Διποτισμός 146-147, 147
Διτανθρακική σόδα, πειράματα 157, 171
Δύναμη **345**
άνωση 244-249, 245-246, **344, 345**
βάρος 153, 169, 177-178, 184, 209-238, 210,
214, 216, 219, 221-226, 230, 241, 244-249,
245-246, **344**
βέλη δυνάμεων (αναπαράσταση) 112, 215-
218
γενικά 31, 40, 49
δυνάμεις αντίδρασης 220-227, 248, 221-226,
345
δύναμη επαφής 223-226, 223-224, 226
ηλεκτροστατική δύναμη 265
βλ. Αντίσταση του αέρα, Δυνάμεις σε ισορ-
ροπία και εκτός ισορροπίας, Πλεύση,
Τριβή
Δυναμική ενέργεια, βλ. Ενέργεια
Δυναμόμετρα, πειράματα 227, 234, 245-247,
245
Δυναμόμετρο 245-246, 246
Δύτης του Καρτέσιου 241, **345**
- Εγκέφαλος 97, 272, 292
Έδαφος 71, 75, 108-110, 118, 198-199, 199
Εισπνεόμενος αέρας σύνθεση, 86-87, 91-93,
92, βλ. Αναπνοή
Έκλειψη 316-318, 329-330, 325-330, **345**
Εκμείευση παρανοήσεων 46-50
Εκπνεόμενος αέρας, σύνθεση, 86-90, 87, 90-
93, 92, 125, βλ. Αναπνοή
Εκτόπισμα 236, 237, 247-248, **345**
Ελεύθερη πτώση, βλ. Μάζα
Έλλειψη βάρους 169, 228, 232-234, 244-245
Έμβια, χαρακτηριστικά, βλ. Λειτουργίες της
ζωής
Εμβόλια 119, 124, 129-130
Εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) 258, **343**
Ενέργεια **345**
γενικά 151, 334-338, 335-336
δυναμική 233, 334-337, 335
ηλεκτρική 250-251, 253, 261, 262, 265
ηλιακό φως 108-109, 109, 200, 201, 261, 334-
337, 335-336

- ήχου 288-289, 335, 335
 θερμική 153, 200-203, 201-202, 251, 261, 323, 335-341, 335-336, 338
 και τροφή 100-103, 106-108, 107
 κινητική 251, 335-336, 336
 μοντέλο μετατροπών 335-337
 μοντέλο μεταφοράς 337
 πυρηνική 335
 σεισμοί 194
 χημική 261, 266, 336, 335-336, 337
 Ένζυμο 133, **345**
 Εννοιολογική σύγκλιση 39
 Έντομο
 αποσύνθεση τροφών 133, 158
 ταξινόμηση 62-63, 63, 70-73, 70, 72, 120
 Εξάτμιση, βλ. Μεταβολή φάσης
 Εξέλιξη, βλ. Κληρονομικότητα
 Εξωσκελετός 67, 73, **346**
 Επιβράδυνση 213, 220, **346**
 Επιγενετική 140, **346**
 Επίκεντρο 193, 193-194, **346**
 Επίπεδη Γη βλ. Γη
 Επίπεδη γυάλινη επιφάνεια 274
 Επιτάχυνση 209, **346**
 δυνάμεις σε ισορροπία/εκτός ισορροπίας 217, 220, 233
 ελεύθερη πτώση 209-210
 Εποικοδόμηση της γνώσης 24, 28, 37-42, 45, 50-53
 Εποχές 321-328, 322-324, 326-327
 Ερπετά, ταξινόμηση 63-64, 63-64, 69
 Έργα τέχνης με νερό 183
 Ευλογοφανές αλλά λανθασμένο εννοιολογικό δίκτυο 32, 80, **346**
 Ζυμομύκητες 123
 Ζωή, κύκλοι 48, 58-59, 63-65, 71
 Ζωνανοί οργανισμοί, χαρακτηριστικά, βλ. Λειτουργίες της ζωής
 Ηλεκτρική ενέργεια, βλ. Ενέργεια
 Ηλεκτρικό ρεύμα **346**
 αντίθετη κατεύθυνση 258-260, 260
 αντίσταση 251, 258
 μοντέλα ηλεκτρικής ροής 250-262
 τάση 262-266
 ταχύτητα ροής 258-259
 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία 270, **346**
 Ηλεκτρόνιο **346**
 ροή φορτίου 255-262, 257, 260
 σωματιδιακή θεωρία 164
 Ηλιακό σύστημα, 277, 301-307, 301-305, 312, 313, 315, 315, 320, 329-330, 329-330, 331-333, 332, **346** βλ. Γεωκεντρικό· Ηλιοκεντρικό
 Ηλιοκεντρική αντίληψη, 301-302, 302-303, 303, 304, 306-307, **346**
 βλ. Γεωκεντρική αντίληψη
 Ήλιος
 Αζτέκοι, αντιλήψεις 37
 ανατολή και δύση 309-312, 310-311
 αραίωση του όζοντος 202
 βαρυντική έλξη 230, 332
 γωνία στον ουρανό 309-311, 311
 και φάσεις της Σελήνης 316-319, 316-317
 λευκό φως 280
 ορατή Σελήνη κατά τη διάρκεια της ημέρας 320-321, 320
 όχι άμεση παρατήρηση του Ήλιου 310
 πηγή φωτός 276-277
 σκιές 277, 279
 σχετικό μέγεθος των ουράνιων σωμάτων 312-315, 313
 υπερθέρμανση της Γης 200, 200-201
 ως έμβιο όν 57
 βλ. Μέρα και Νύχτα· Εκλειψη· Γεωκεντρική αντίληψη· Ηλιοκεντρική αντίληψη· Εποχές· Ηλιακό σύστημα
 Ημέρα και νύχτα 305-312, 305-306, 308-311, 320-321, 320, 322, 332-333
 Ημιδιαφανή 277
 Ηφαίστεια 157, 192-194, 195

- Ηχητικό κύμα 285-294, 286-287, 290-291, 293-294
 Ηχομόνωση 288
- Θερινό ηλιοστάσιο 309, 327, **346**
 Θερμική διαστολή 162-163, 166, 170, 179
 Θερμότητα, βλ. Ενέργεια
 Θεικισμός 38
 Θηλαστικά, ταξινόμηση 65-67, 66-68, 74
 Θήραμα 112-117, 143, **346**
 Θηρευτής 112-117, 116, **344**
 Θώρακας 70, 72-73, 72, 90, **346**
- Ικανή και αναγκαία συνθήκη 57-58
 Ίξώδες 175, **346**
 Ιόν 151, 228, 260-261, **346**
 Ιός 58, 119, 124-130, 129
 Ισορροπία δυνάμεων
 βλήματα 212-215
 δυνάμεις αντίδρασης 216-217, 225, 227
 επιτάχυνση και επιβράδυνση 215-220, 216-219
 πλεύση και βύθιση 245-248, 245
 Ισορροπημένη διατροφή 102-106, 104
- ΚΑΑΑΑΘΕ, ακρωνύμιο, ζωή 57-59
 Καλοκαίρι, βλ. Εποχές
 Κάμερα υπολογιστή, πείραμα 253
 Καρδιά
 ανατομία και φυσιολογία 77-85, 78-79, 87-91, 88-89, 95, 121
 ευλογοφανές αλλά λανθασμένο εννοιολογικό δίκτυο 32
 καρδιαγγειακές παθήσεις 102-106
 καρδιακός παλμός 82-83
 Καρδιοαναπνευστική ανάνηψη (ΚΑΡΠΑ) 80, **347**
 Καρκινοειδή 70-71, 71
 Κατανάλωση ρεύματος, βλ. Ηλεκτρικό ρεύμα
 Καταναλωτής (οικολογία) 115, **347**
- Καταστάσεις της ύλης **347**
 γενικά 155-156, 174-187, 175-180, 183, 185
 σωματιδιακή θεωρία 160-164, 161-162
 Κατάταξη, βιολογική 60-76, 61, 63, 120, 128
 Κατεύθυνση προς τα κάτω, βλ. Γη
 Καύση **347**
 διατήρηση της μάζας 152-153
 μεταβολές φάσεων 155-156
 μη αντιστρεπτή μεταβολή 155
 χημική μεταβολή 152-154, 152
 βλ. Χημική μεταβολή
 Κενό 164, 167, 230, 289, **347**
 Κεντρομόλος δύναμη 231, **347**
 Κερί, πειράματα 86-87, 87, 107-108, 154, 163, 175, 237, 271, 275, 320, 336
 Κητώδη 66, 66
 Κινητική ενέργεια, βλ. Ενέργεια
 Κλείδα προσδιορισμού 71, **347**
 Κληρονομικότητα
 ανθρώπινα χαρακτηριστικά 134-135, 135, 138-142, 145-148, 147
 εξέλιξη και φυσική επιλογή 37, 73-74, 136-148, 139, 144
 βλ. Ποικιλότητα
 Κουλία 70, 72, 78, 94
 Κονσέρβα (κουτί), πειράματα 267, 289
 Κοπέρνικος, Νικόλαος 301, 304
 Κουτί αφής 176
 Κράμα 267, **347**
 Κρύσταλλοι 191, 192
 Κυκλοφορία του αίματος
 αναπνοή και μεταφορά αερίων 80-87, 81, 87-91, 88
 γενικά 82-83
 διπλή κυκλοφορία 89-91
 μεταφορά τροφής 80
 μόλυνση 126, 129-130
 νεφρό 97-98
 πίεση του αίματος 82
 βλ. Αρτηριακό αίμα· Τριχοειδή αγγεία· Φλέβικό αίμα

- βλ. Καρδιακός παλμός
Κυτταρική αναπνοή 80, 121
Κύτταρο (βιολογία) **347**
 κριτήρια κατάταξης 58-62, 75-76, 114, 128
 κυτταρική δομή 100, 121-123
 φυσιολογία 80-83, 81, 90, 110, 128, 133, 280
Κυψελίδες 87-89, 89, **347**
- Λαμπτήρας 253-255, **343**
Λάρυγγας (Μηλο του Αδάμ) 83
Λειτουργίες της ζωής 57-59, **347**
Λειχήνες, ταξινόμηση 75
Λίπη 100-107, 103-104
- Μάγμα 193
Μαγνητισμός 49, 223, 231, 266-267, βλ. Μετάλλα
Μάζα **347**
 αέρια 152-153, 170-171
 βαρυτική έλξη 209-211, 210, 221-224, 228-234, 229-230
 διατήρηση της μάζας 152-154, 172-173, 178
 μάζα (ανθρώπινου) σώματος 101, 103, 108-111, 143
 πυκνότητα 169-170, 177-178, 235-236, 240
Μακροσκοπικός 164-167, 166, 184, **347**
Μεταβιβαστική (μάθηση) 38
Μεταβολή φάσεων 155-157
Μέταλλα 49, 159, 165, 186, 230
 εσωτερική δομή της Γης 197
 ηλεκτρική αγωγιμότητα 253, 255-258, 259-260
 μαγνητισμός 49, 266-267
 μετάδοση ηχητικών κυμάτων 229-230, 229-230
 πλεύση και βύθιση 169, 245-247
 σωματίδια 166
 φυσικοί πόροι 195
 βλ. Σκουριά
- Μεταλλικά στοιχεία 101, 106, **347**
Μη αντιστατέπη μεταβολή 155-156, 180, 183, **347**
Μήκος κύματος 293, 293-294, **348**
Μικρόβια 119-129, 121, 128-129, 132-133, 159, **348**
 βλ. Βακτήριο· Μύκητας· Πρώτιστο· Ιός· Ζύμεις
Μολυσματική ασθένεια 119-125, 129-130
Μονοκύτταρος οργανισμός 60-61, 75, **348**
Μονοξείδιο του άνθρακα 152-153
Μονοπολικό μοντέλο ροής ηλεκτρισμού, βλ. Ηλεκτρικό ρεύμα
Μοντέλο σύγκρουσης ρευμάτων, βλ. Ηλεκτρικό ρεύμα
Μόρια 100, 122, 151, 228, **348**
Μπαλόνια, πειράματα 169-170
Μπαταρία **348**
 ενέργεια 261-262, 338
 μοντέλο ροής ηλεκτρισμού 250-251
 ρεύμα 255-262
 τάση 261-266
Μύες 40, 80-81, 100, 138
Μύκητας
 αποσύνθεση τροφών 132, 158-159
 κατάταξη 61, 61, 74-75, 128
 σπόρια 122
 χρησιμότητα 119
 βλ. Ζυμομύκητας
Μυριάποδα 70
- Νάνος πλανήτης 302, 313, 331, **348**
Ναρκωτικά 110-111
Νερό
 κύκλος 183, 184-185, 339-340
 σταγόνες, βλ. Σύννεφα· Νερό 185
Νεύτων, Ισαάκ 214
 δίσκος του Νεύτωνα 283
 πρώτος νόμος (κίνησης) 213-214, 220
 τρίτος νόμος (κίνησης) 216, 217, 221-223
Νεφρά 97, 98

- Νόμος του αντιστρόφου του τετραγώνου 229
- Νότιος πόλος (γεωγραφικός) 195-197, 204, 322
- Νουκλειό οξύ 128
- Όζον, αραίωση 202-205, 204
- Οικοσύστημα 114-118
- Οξύ
- αμινοξύ 100
 - γενικά 157-158
 - όξινη βροχή 158, 202
 - οξύτητα και πολλαπλασιασμός μικροβίων 123
- Οξυγόνο
- αλλοίωση του κοιμμένου μίλου 133
 - αναπνοή/ανταλλαγή αερίων 31, 86-93, 89, 92
 - αποξυγονωμένο αίμα 84-85, 89, 89
 - καύση 152, 152
 - κυτταρική αναπνοή 80, 121
 - σκουριά 158
 - φωτοσύνθεση 92
- Οξύτητα ήχου 286, 290, 293-295, 294, **350**
- Οριακή ταχύτητα 217, **348**
- Ορυκτό **348**
- επιστήμες της Γης 189-192, 191
 - ζωντανοί οργανισμοί 62, 118, 133, 153
- Ουροποιητικό σύστημα 96-98, 96
- Ουράνιο τόξο 279-281, 280
- Ουσίες 97-98, 110-111
- Παγίδα
- Παγόβουνα 238-241, 1238
- Πάγος
- ανώμαλη διαστολή 163, 179
 - διατήρηση της μάζας στην τήξη 166, 178, 179
 - πυκνότητα 179, 239
 - σύννεφα/υδρατμοί, συμπύκνωση 185
 - σωματιδιακή θεωρία 162-163, 166
 - ταχύτητα τήξης σε συνθήκες θερμομόνωσης 339-341
- Παθογόνα μικρόβια 124-125, **348**
- Παραγωγός (οικοσύστημα) 114-115, 118, **348**
- Παρανόηση στις Φυσικές Επιστήμες (ορισμός) 39-40
- Παχυσαρκία 102, 105
- Πεπιεσμένος αέρας 80, 239, **348**
- Περίπατος ήχων 287
- Πέτρα 188-189, 246
- Πέτρωμα 188-193, 191-193, 195, **348**
- Πέψη 99, 119, **348**
- Πηλός 162, 189, 199
- Πήξη 156, 163, 179, 241, 340, **347**
- Πίθηκοι 74, 141, 145-147, 147
- Πλαστελίνη 175, 237
- Πλάτος (κύματος) 292-294, 293, **348**
- Πλεύση και βύθιση **344, 348**
- έλλειψη βαρύτητας 169, 228, 231-232, 244-246
 - σε νερό 235-249, 236, 238-240, 243-246, 293-294, 339, 341
 - στον αέρα 169, 240
 - υγρά που επιπλέουν 242
- Πλούτωνας (πλανήτης) 331-332
- Πνεύμονες 40, 81, 86-93, 88-89, 95, 100, 121-122, 121
- Πνεύμονες, καρκίνος 124, 128-129
- Ποικιλότητα βιολογική/γενετική 138, 144-145, 144
- Πολυκύτταρος οργανισμός 60, 121, **348**
- Πολύμετρο, πειράματα 254, 257, 261, 266, **349**
- Πολύτιμοι λίθοι 191-192
- Πουλιά, ταξινόμηση 60-66, 68
- Πρίσμα 279-281, 280, 283
- Πρόγραμμα Σπουδών (POS) 31, 80, 137, 253, 334, 337
- Προκαρτώτες 29, 60-61, 61
- Πρώτιστα 60-61, 61, 76

- Πρωτεΐνες 97, 100-106, *104*, 108, 128
 Πρώτες ύλες 100-102, 108, 151
 Πρωτεύοντα (βασικά) χρώματα 280-281, 283, **283**, **343**
 Πρωτεύοντα (εξέλιξη ανθρώπου) 74, 146
 Πυκνότητα **349**
 εκτόπισμα 237, 247
 εξίσωση 235
 καταστάσεις της ύλης 176
 πλεύση 169, 235-244, *243-244*, 247-248
 ρεύματα μεταφοράς 334, 335
- Ρεύματα μεταφοράς 338-339, 339, **349**
 Ρευστό **349**
 ανολογία στον ηλεκτρισμό 250-251, 253
 βλ. Αέριο· Υγρό
- Ρήγμα 193, **349**
- Σεισμοί 192-194, *193-194*
 Σελήνη
 ανακλαστήρας της ηλιακής ακτινοβολίας 276-277
 βαρυτική έλξη 211, 228-232, *230*
 γεωκεντρικό και ηλιοκεντρικό μοντέλο 301-304, *303-305*, 307-308, *308-309*
 έκλειψη 329-330, *329-330*
 εμφάνιση κατά τη διάρκεια της ημέρας 320-321, *320*
 επίπεδη Γη 297
 θέρμανση της επιφάνειας της Σελήνης 200, *200*
 κατάταξη των πλανητών 330-331
 ο άνθρωπος στη Σελήνη 320-321
 σχετικά μεγέθη ουράνιων σωμάτων 312-314, *313*
 τροχιά 314-315, *315*, 329-330, *329-330*
 φάσεις 316-317, *316-317*
- Σεξουαλική αναπαραγωγή 134, 143
 Σημείο βρασμού 155, 182, 184
 Σημείο δρόσου 186, **349**
 Σκέδαση Rayleigh 84
- Σκιές 277-279, 278, 308, 312, 316-318, *316-317*, 330
 Σκουριά (οξειδωση) 122, 158-159
 Σόδα, βλ. Διττανθρακική σόδα
 Σπερματοζώαριο 139, 143
 Σπονδυλική στήλη, ομοίωμα 69
 Σπονδυλωτό 60, 64, 67-68, *68*, 69, 74, 82, **349**
 Σπόροι 58-59, 109, 122-123
 Στάχτη 152, 155-156
 Στερεό, βλ. Καταστάσεις της ύλης
 Στομάχι 94-95, *95*, 97
 Στρατόσφαιρα 203-204, **349**
 Σύμπαν 43, 228-229, 301, 304
 Συμπιεσμένος αέρας 167, **349**
 Συμπύκνωση, βλ. Αλλαγή κατάστασης
 Συνεχές ρεύμα (DC) **343**
 αντίσταση 258
 ροή κυκλώματος 231, 254, 258, 261
 τάση 264-265
- Σύννεφα (νερό)
 βρασμός 180-185, *185*
 ως έμβια όντα 57
- Σύννεφα (ουρανός) 183-185, 203, 307, 318, 325
- Συχνότητα (ήχου) 292-294, *290-291*, *292-293*, **349**
- Σφυγμός 77, 83 βλ. Καρδιακός παλμός
- Σχετική πυκνότητα 237
- Σωματιδιακή θεωρία
 βαρυτική έλξη 228-229, *229*
 γενικά 24, 160-173, *161-162*, *165-166*, *170-171*
 διατήρηση της μάζας 152, 178
 ηλεκτρικό ρεύμα 255, 257, 259-260, 263
 ηχητικά κύματα 290-294, *291*, *293-294*
 μοντέλο σταφιδόψωμου 164-166, *165*
 βλ. Άτομο· Ιόν· Μόριο
- Ταξινόμηση, βλ. Κατάταξη (βιολογική)
 Τάση 251, 262-266, *264-265*, **349**
 Τεκτονικές πλάκες 193, **346**

- Τήξη 97, 154-156, 160, 175-179, 248, 251, 265, 340-341
 βλ. Καταστάσεις της ύλης
- Τούβλα 151, 162, 164-165, 188-190, 216
- Τριβή **349**
 αντίσταση του αέρα 212-214, 214, 217
 ηλεκτρική αντίσταση 258
 μεταξύ σωμάτων σε επαφή 228
 σεισμοί 192-193
- Τριχοειδή αγγεία 88, 89, **349**
- Τροπόσφαιρα 203-204, **349**
- Τροφικές αλυσίδες και πλέγματα
 αλλαγές στα μεγέθη πληθυσμών 114-117
 γενικά 112-118, 112-114, 115
- Τροφικό επίπεδο 117, **349**
- Τροχιά **349**
 βαρυτική έλξη 230-232
 γεωκεντρική/ηλιοκεντρική αντίληψη 301-304, 304-305, 307-308, 308-309
 έκλειψη 329-330, 329-330
 εμφάνιση της Σελήνης κατά τη διάρκεια της ημέρας 320-321, 320
 εποχές 321-322
 κατάταξη των πλανητών 330-331
 Σελήνη 314-315, 315, 329-330, 329-330
 τροχιές των πλανητών 332-333, 332
 φάσεις της Σελήνης 316-319, 316-317
 βλ. Μέρα και Νύχτα
- Τσουνάμι 194
- Υγρασία 92, 182, 185-187
- Υγρό, βλ. Καταστάσεις της ύλης
- Υδατάνθρακες 100-104, 104, 107-108
- Υδρατμός 92, 160, 181-182, 186-187, 201, 203, **349**
- Υδρόγειος 195, 300, 308, 322, 325-326, 326, 328
- Ύλη 132-133, 151-152, 159, **350**
 βλ. Καταστάσεις της ύλης
- Υλικά (ορισμός) 151
- Υπερθέρμανση του πλανήτη 200-203, 200-201, 205, 337, **350**
- Υπερ-Ποσειδώνεια Αντικείμενα (ΥΠΙΑ) 331, **350**
- Υπεριώδης ακτινοβολία 203
- Υποατομικά σωματίδια 164, 167, 166, 256, 263, **350**
- Υπολειμματικά χαρακτηριστικά ανθρώπου 140-141
- Φαινότυπος 134, **350**
- Φάρμακα 82, 105, 110-111, 127-129, 130, 139
- Φάρμακευτική ουσία 111
- Φάσεις της Σελήνης, βλ. Σελήνη
- Φάσμα (φως) 279-281, 280, 283, 284, **350**
- Φθινόπωρο, βλ. Εποχές
- Φίδι της φωτιάς 340-341, 340
- Φλεβικό αίμα 84-85, 91, **350**
- Φτέρες (ιππουρίδες, λυκοπόδια)
 ταξινόμηση 75
- Φύκια, βλ. Άλγες
- Φύλο 61, 68, 69, 73-76, 75, **350**
- Φυσική επιλογή, βλ. Κληρονομικότητα
- Φυσική μεταβολή, βλ. Μεταβολές φάσης
- Φυσικοί Πόροι
- Φως
 ακτίνα/δέσμη 268-284, 269, 273-275, 278, 280, 282-283
 ανάκλαση 271-272, 272-275, 274-284, 283
 πηγές 268-279, 273, 281, 308, 316, 318-319, 325, 328
- Φωτοσύνθεση 60, 74-76, 108, 109, 334, 337, **350**
- Χειμερινό ηλιοστάσιο 327, **350**
- Χειμώνας, βλ. Εποχές
- Χημική μεταβολή **350**
 γενικά 156-159
 καύση 152-153
- Χλωρίδα 136, **350**
- Χλωριούχο νάτριο 172-173, 175-176
 βλ. Άλας, πειράματα
- Χλωροφθοράνθρακες 205
- Χλωροφύλλη 75, 108, **350**

- Χρώμα (φύση του) 279-284, 280, 282-283
- Ψάρια, ταξινόμηση 60, 63-68
Ψευδοεπιστήμη 44, 127, 138, **350**
- Ωάριο 134-139, 139, **350**
- AC, βλ. Εναλλασσόμενο ρεύμα
Anning Mary 148
Ausubel, David 38
- Buridan, Jean 214
- DC, βλ. Συνεχές ρεύμα
Descartes, René (Καρτέσιος) 44
Dewey, John 38
- Escherichia coli 345
- Harvey, William 90-91
Homo Sapiens 145, **343**
- Lego, τουβλάκια 49, 165, 167
Linné, Carl von (Λινναίος Κάρολος) 62
- Molymod, (μοντέλα μορίων) 163
- Piaget Jean 38-39, 41, 48
Pratchett, Terry 297
- UV ακτινοβολία, βλ. Υπεριώδης
ακτινοβολία
- Vygotsky, Lev 39, 41, 45

