

ΣΤΕΛΛΑ ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ

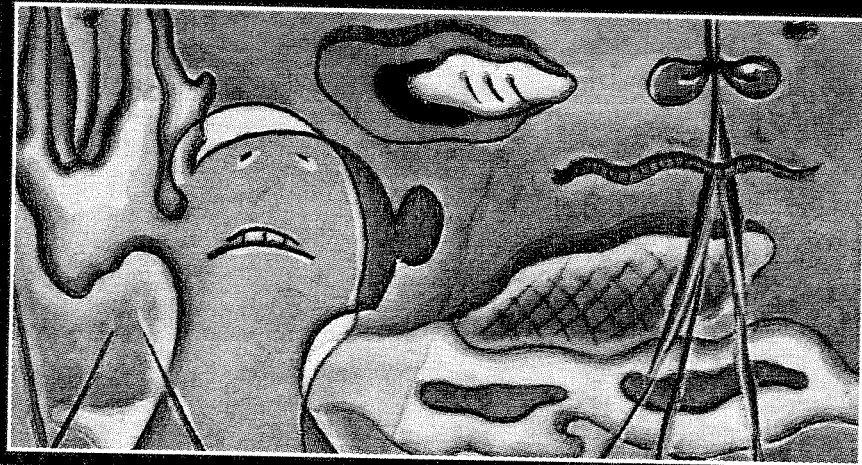
ΓΝΩΣΙΑΚΗ  
ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ

*Ψυχολογικές Μελέτες και Δοκίμια*

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ

ΧΡΗΣΤΟΣ ΚΥΡΚΟΣ

GUTENBERG ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ





ΓΝΩΣΙΑΚΗ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ:  
ΨΥΧΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ  
ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΙΑ

# ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ ☆ GUTENBERG

---

Υπεύθυνη Σειράς: ΣΤΕΛΛΑ ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ  
Καθηγήτρια Ψυχολογίας Πανεπιστημίου Αθηνών

ΣΤΕΛΛΑ ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ

ΓΝΩΣΙΑΚΗ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ:  
ΨΥΧΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ  
ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΙΑ

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ  
ΧΡΗΣΤΟΣ ΚΥΡΚΟΣ

Σειρά: ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ/13

---

GUTENBERG – ΑΘΗΝΑ 2004

ΣΤΕΛΛΑ ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ

*Γνωσιακή Ψυχολογία*  
*Ψυχολογικές Μελέτες και Δοκίμια*

Copyright © Gutenberg – Στέλλα Βοσνιάδου, 1998  
Πρώτη έκδοση Ιανουάριος 1998  
Πρώτη ανατύπωση: Δεκέμβριος 2004

ΔΙΚΑΙΟΥΧΟΣ: ΓΙΩΡΓΟΣ ΔΑΡΔΑΝΟΣ  
ΧΑΡΙΛΑΟΥ ΤΡΙΚΟΥΠΗ 99 - 114 73, ΑΘΗΝΑ  
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ: ΔΙΔΟΤΟΥ 37, 106 80, ΑΘΗΝΑ  
Τηλ.: 210.3642003 - 210.3641996 - 210.3641979  
Fax: 210.3642030 - 210.3611384  
www.dardanosnet.gr – e-mail: info@dardanosnet.gr

Μορφολογία - Τεχνική επιμέλεια: Χρήστος ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ  
Φωτοστοιχειοθεσία: Μ. ΚΑΠΕΝΗ (Υπεύθυνη: Ι. ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΥ)

Αρ. έκδοσης 2029  
Κωδ. Κατ. 571019

Απαγορεύεται η αναδημοσίευση και γενικά η ολική, μερική ή περιληπτική ανα-  
παραγωγή και μετάδοση έστω και μιας σελίδας του παρόντος βιβλίου, κατά παρά-  
φραση ή διασκευή με οποιονδήποτε τρόπο (μηχανικό, ηλεκτρονικό, φωτοτυπικό  
κ.λπ. – Ν. 2121/93, άρθρο 51). Η απαγόρευση αυτή ισχύει και για τις δημόσιες υπη-  
ρεσίες, 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).

ISBN 960-01-0730-0

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

---

Πρόλογος .....	9
Στέλλα ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ	
Αναπαράσταση και Οργάνωση των Γνώσεων .....	11
Στέλλα ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ	
Η Μάθηση στα Πλαίσια της Γνωσιακής Ψυχολογίας .....	27
Στέλλα ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ – William F. BREWER	
→ Θεωρίες Αναδιοργάνωσης των Γνώσεων .....	57
Στέλλα ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ	
Προς μία Αναθεώρηση της Γνωσιακής Ψυχολογίας για Νέες Προόδους στη Μάθηση και τη Διδασκαλία .....	83
Στέλλα ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ – William F. BREWER	
* Νοητικά Μοντέλα της Γης: Μια Έρευνα για την Εννοιολογική Αλλαγή στην Παιδική Ηλικία .....	109
Στέλλα ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ – William F. BREWER	
* Νοητικά Μοντέλα της Εναλλαγής της Μέρας/Νύχτας .....	187
Στέλλα ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ	
* Νοητικά Μοντέλα της Γης: Διαπολιτισμικές Μελέτες .....	285
Στέλλα ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ	
Αναλυτικά Προγράμματα για Εννοιολογική Αναδιοργάνωση: Μαθή- ματα από τη Μελέτη της Διαδικασίας Απόκτησης Γνώσεων στην Αστρονομία .....	313
Στέλλα ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ	
Από τη Γνωσιακή Επιστήμη στην Εκπαιδευτική Τεχνολογία .....	345
Αγγλοελληνικό Γλωσσάρι .....	359





**Ε**ΙΝΑΙ ΚΑΙΡΟΣ ΤΩΡΑ ΠΟΥ ΗΘΕΛΑ ΝΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΩ ΣΕ ΕΛΛΗΝΙΚΗ μεταφράση μερικά από τα άρθρα μου σε θέματα Γνωσιακής Ψυχολογίας και κάποια δείγματα ερευνητικής εργασίας στο χώρο αυτό. Το μάθημα της Γνωσιακής Ψυχολογίας στο Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και Θεωρίας της Επιστήμης στο Πανεπιστήμιο της Αθήνας με έπεισε ότι ήταν καιρός για μια τέτοια απόφαση, που δυστυχώς πήρε πολύ περισσότερο χρόνο να υλοποιηθεί απ' ό,τι νόμιζα αρχικά. Ελπίζω ότι έχει ωριμάσει το έδαφος στην Ελλάδα για μια σοβαρή επιστημονική ενασχόληση στο χώρο της Γνωσιακής Ψυχολογίας και της Γνωσιακής Επιστήμης, κι ότι το βιβλίο αυτό θ' ακολουθήσουν πολλά άλλα από Έλληνες επιστήμονες στο χώρο αυτό.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δέκα χρόνων είχα την τύχη να δουλέψω στο Πανεπιστήμιο της Θεσσαλονίκης και στο Πανεπιστήμιο της Αθήνας με πολλούς ικανούς συναδέλφους, φοιτητές και αποσπασμένους καθηγητές. Οι μεταφράσεις των άρθρων που συμπεριλαμβάνονται στο βιβλίο είναι αποτέλεσμα κοπιαστικής εργασίας από πολλούς από αυτούς. Θα ήθελα πρώτα απ' όλα να ευχαριστήσω τον Χρήστο Κύρκο, που έκανε τις περισσότερες μεταφράσεις τον καιρό που δούλεψε κοντά μου ως αποσπασμένος καθηγητής στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Σημαντική ήταν επίσης η βοήθεια του Χρήστου Ιωαννίδη, του Σάκη Αϊδίνη, της Δέσποινας Δεσλή, της Βέρας Λεώβαρι και της Μαρίας Ξυράφη, που βοήθησαν στις μεταφράσεις, στο γλωσσάρι και στους πίνακες. Το παρόν βιβλίο χρωστάει πολλά σε όλους αυτούς.

Ιανουάριος 1998  
ΣΤΕΛΛΑ ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ



ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗ  
ΤΩΝ ΓΝΩΣΕΩΝ<sup>1</sup>

ΥΠΟΘΕΤΟΥΜΕ ΟΤΙ ΤΟ ΓΝΩΣΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ έννοιες οι οποίες είναι οργανωμένες σε ευρύτερες εννοιολογικές δομές. Ένας από τους σκοπούς της ψυχολογικής έρευνας είναι να καθορίσει πώς οργανώνονται και αναπαριστώνται οι έννοιες και να περιγράψει τις διαδικασίες μέσω των οποίων οι νοητικές αναπαραστάσεις χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της σκέψης και της μάθησης. Στο σύντομο αυτό άρθρο θα περιγράψουμε μερικές από τις κυριότερες προτάσεις σχετικά με την οργάνωση και αναπαράσταση των εννοιών, καθώς και τη φύση της εννοιολογικής αλλαγής που επέρχεται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης και της μάθησης.

*Οργάνωση των Γνώσεων**Έννοιες*

Η πιο διαδεδομένη πρόταση σχετικά με τη φύση των εννοιών, γνωστή ως η *κλασική άποψη*,<sup>2</sup> περιγράφει τις έννοιες ως ένα σύνολο αναγκαίων και επαρκών καθοριστικών γνωρισμάτων που ορίζουν

---

1. Μετάφραση του λήμματος «Knowledge Representation and Organization», το οποίο δημοσιεύθηκε το 1995 στην *International Encyclopedia of Education*.

2. Η πρόταση αυτή, γνωστή επίσης ως *άποψη καθοριστικών γνωρισμάτων*, βασίζεται στις θεωρητικές θέσεις του Gottlob Frege.

σαφώς ποιες περιπτώσεις ανήκουν σε μια δεδομένη εννοιολογική κατηγορία και ποιες όχι. Για παράδειγμα, μπορεί κάποιος να υποστηρίξει ότι τα καθοριστικά γνωρίσματα της έννοιας «πτηνό» είναι ότι είναι ζώο, έχει φτερά, έχει πούπουλα και μπορεί να πετάξει.

Η κλασική άποψη για τις έννοιες έχει αμφισβητηθεί κάνοντας χρήση του επιχειρήματος ότι ορισμένες έννοιες δεν είναι δυνατόν να περιγραφούν με βάση αναγκαία και επαρκή γνωρίσματα. Για παράδειγμα, ο Wittgenstein (1958) έχει δείξει ότι η έννοια «παιχνίδι» χαρακτηρίζεται από ένα διαφορετικό σύνολο γνωρισμάτων ανάλογα με το είδος του παιχνιδιού για το οποίο μιλάμε, και ότι σπάνια ένα γνώρισμα ταιριάζει εξίσου καλά σ' όλα τα μέλη αυτής της κατηγορίας. Επιπλέον, μερικές σημαντικές υποθέσεις και προβλέψεις της κλασικής άποψης για τις έννοιες (π.χ., ότι τα όρια μεταξύ των κατηγοριών πρέπει να καθορίζονται σαφώς και να είναι σταθερά, ή ότι όλα τα μέλη μιας κατηγορίας πρέπει να την αντιπροσωπεύουν εξίσου καλά), έχει αποδειχθεί ότι είναι εσφαλμένες. Φαίνεται ότι οι άνθρωποι διαφέρουν στις κρίσεις τους ως προς το κατά πόσον ένα δεδομένο αντικείμενο είναι μέλος μιας κατηγορίας ή όχι, ή ως προς το πόσο τυπικό μέλος μιας κατηγορίας είναι ένα αντικείμενο (βλ. Rosch, 1973; Barsalou, 1989).

Μια απόπειρα να τροποποιηθεί η κλασική άποψη έτσι ώστε να συμφωνεί καλύτερα με τα δεδομένα της εμπειρικής έρευνας είναι να θεωρήσουμε ότι οι έννοιες αποτελούνται όχι μόνο από ορισμένα καθοριστικά γνωρίσματα αλλά επίσης και από ορισμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Τα καθοριστικά γνωρίσματα μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελούν τον κεντρικό ορισμό μιας έννοιας, ενώ τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα προσδιορίζουν πόσο τυπικό ή πόσο αντιπροσωπευτικό είναι ένα μέλος μιας κατηγορίας. Άλλοι ερευνητές προτείνουν να εγκαταλειφθεί η ιδέα των καθοριστικών γνωρισμάτων και να υποθεθεί ότι οι έννοιες αποτελούνται μόνο από χαρακτηριστικά γνωρίσματα που διαφέρουν ως προς το βαθμό σπουδαιότητάς τους. Τέλος, μια ακόμη διαφορετική άποψη είναι ότι οι έννοιες οργανώνονται γύρω από συγκεκριμένα πρότυπα ή υποδείγματα.

Και οι προαναφερθείσες απόψεις έχουν όμως τεθεί υπό αμφισβήτηση. Διάφορες έρευνες έχουν δείξει ότι δεν είναι δυνατόν να ορ-

γανωθούν όλες οι έννοιες γύρω από πρότυπα ή χαρακτηριστικά γνωρίσματα, κι ότι υπάρχει μεγάλη διαφορά στον τρόπο με τον οποίο διάφορες έννοιες αναπαριστώνται από διάφορα άτομα ή από το ίδιο άτομο σε διαφορετικές καταστάσεις.

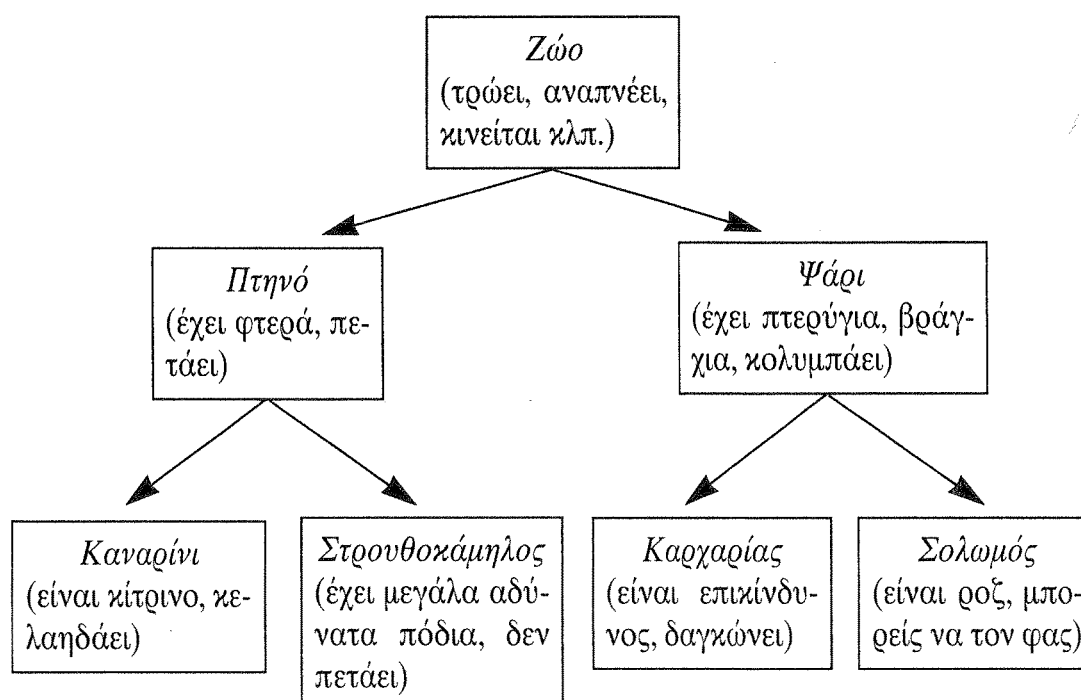
Ένα άλλο μειονέκτημα της άποψης σχετικά με την ύπαρξη προτύπων είναι ότι αυτή στηρίζεται στην έννοια της ομοιότητας. Η ομοιότητα είναι αναγκαία προκειμένου να εξηγηθεί πώς οι έννοιες τοποθετούνται μαζί σε κατηγορίες – οι κατηγορίες σχηματίζονται επειδή κάποια αντικείμενα φαίνεται να μοιάζουν περισσότερο μεταξύ τους απ' ό,τι με άλλα αντικείμενα. Ένας ικανός αριθμός πειραμάτων έχει αποδείξει ότι είναι δυνατόν οι άνθρωποι να αλλάζουν τις αποφάσεις τους σχετικά με το πόσο όμοια είναι δύο αντικείμενα χωρίς αυτό να αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο τα κατηγοριοποιούν, ή το αντίθετο. Δηλαδή, είναι δυνατόν να μεταβληθούν οι κρίσεις για την ομοιότητα χωρίς να επηρεαστούν οι κρίσεις για την κατηγοριοποίηση (Rips, 1989). Ο Rips καταλήγει στο συμπέρασμα ότι οι αποφάσεις για κατηγοριοποίηση εξηγούνται καλύτερα αν θεωρηθούν ότι συνάγονται από υποθέσεις σχετικά με το ποιο είναι το καλύτερο ερμηνευτικό πλαίσιο, παρά ότι βασίζονται στην ομοιότητα των υποτιθέμενων μελών με το πρότυπο κάποιας κατηγορίας.

Κι άλλοι ερευνητές έχουν καταλήξει σε παρόμοια με του Rips συμπεράσματα. Οι Murphy και Medin (1985) υποστηρίζουν ότι η ομοιότητα δεν μπορεί να είναι ο μόνος μηχανισμός βάσει του οποίου σχηματίζουμε κατηγορίες, γιατί συχνά σχηματίζουμε λογικά συνεπείς κατηγορίες που δεν βασίζονται στην ομοιότητα, όπως π.χ. η βιβλική κατηγορία των καθαρών και ακάθαρτων ζώων. Προτείνουν ότι αυτό που καθορίζει τα μέλη μιας κατηγορίας δεν είναι η ομοιότητα, αλλά κάποιο σύνθετο επεξηγηματικό πλαίσιο ή μια θεωρία στα πλαίσια της οποίας ερμηνεύονται οι έννοιες. Η άποψη ότι τα μέλη μιας κατηγορίας καθορίζονται από προϋπάρχουσες θεωρίες είναι μια ενδιαφέρουσα αντιστροφή της κοινής άποψης ότι η εννοιολογική ανάπτυξη αρχίζει με τη διαμόρφωση απλών, μεμονωμένων εννοιών, οι οποίες στη συνέχεια συνδέονται μεταξύ τους για να δημιουργήσουν σύνθετες γνωστικές δομές.

## Εννοιολογικές Δομές

Μια από τις πλέον πρώιμες προτάσεις σχετικά με τον τρόπο οργάνωσης των εννοιών βρίσκεται στην ιδέα του *σημασιολογικού δικτύου*. Σ' ένα σημασιολογικό δίκτυο οι έννοιες οργανώνονται σε ιεραρχικές δομές, όπου κάποιες έννοιες είναι υπερκείμενες και κάποιες άλλες υποκείμενες. Για παράδειγμα, η έννοια «ζώο» είναι υπερκείμενη της έννοιας «καναρίνι», η οποία με τη σειρά της είναι υποκείμενη της έννοιας «πτηνό». Στο σημασιολογικό δίκτυο, κάθε έννοια έχει έναν αριθμό καθοριστικών γνωρισμάτων που κληροδοτούνται από τις υπερκείμενες της έννοιες. Με άλλα λόγια, αν η έννοια «πτηνό» έχει τα καθοριστικά χαρακτηριστικά –μπορεί να πετάξει, έχει φτερά–, αυτά τα γνωρίσματα είναι επίσης τα γνωρίσματα των υποκειμένων της εννοιών «καναρίνι», «σπουργίτι», «αετός» και ούτω καθεξής. Στο Σχήμα 1 φαίνεται ένα μικρό μέρος ενός υποθετικού σημασιολογικού δικτύου, όπως το έχουν περιγράψει οι Collins και Quillian (1969):

ΣΧΗΜΑ 1. Μέρος υποθετικού σημασιολογικού δικτύου σύμφωνα με τους Collins και Quillian (1969).



Η προσέγγιση του σημασιολογικού δικτύου στηρίζεται στην κλασική θεωρία σχετικά με την οργάνωση των εννοιών, και άρα υπόκειται σε όλες τις κριτικές που έχουν ασκηθεί σ' αυτή τη θεωρητική τοποθέτηση.

Μια διαφορετική πρόταση που προσπαθεί να περιγράψει τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι κατανοούν σύνθετες αλληλουχίες γεγονότων είναι ότι οι έννοιες οργανώνονται σε δομές που είναι γνωστές ως *σχήματα*, *σενάρια* και *πλαίσια*. Ο όρος «σχήμα» χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τον Βρετανό ψυχολόγο Bartlett (1932), ο οποίος πρότεινε ότι οι άνθρωποι αναπαριστούν σε κάποια σχηματική μορφή τις αναμνήσεις γεγονότων κι ότι τα «σχήματα» αυτά δημιουργούν ισχυρές προσδοκίες που επηρεάζουν τις ερμηνείες που δίνουν στις εισερχόμενες πληροφορίες. Η θεωρία των σχημάτων είναι μια πρόταση για τον τρόπο αναπαράστασης των γνώσεων για τον κόσμο που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι για να λύσουν καθημερινά προβλήματα, να επικοινωνήσουν και να κατανοήσουν γραπτά κείμενα. Οι πληροφορίες που περιέχονται σ' ένα σχήμα μπορεί να οργανωθούν κατά ιεραρχικό τρόπο και να περιέχουν άλλα σχήματα, σενάρια ή πλαίσια. Τα σενάρια είναι εξειδικευμένα και στερεότυπα σχήματα, όπως το σενάριο του εστιατορίου που περιγράφεται στο Σχήμα 2. Ένα σενάριο εστιατορίου περιλαμβάνει γνώσεις τού τι συμβαίνει όταν κάποιος πηγαίνει σ' ένα εστιατόριο. Τα πλαίσια είναι σχήματα που σκοπό έχουν την αναπαράσταση γνώσεων σχετικά με τις ιδιότητες και τις θέσεις των αντικειμένων.

Τα πορίσματα ερευνών, κυρίως στην περιοχή της κατανόησης ιστοριών, ενισχύουν σημαντικά την άποψη ότι δομές που έχουν τη μορφή σχημάτων επηρεάζουν την κατανόηση κειμένων και την ανάκληση νέων πληροφοριών. Η θεωρία των σχημάτων έχει επίσης χρησιμοποιηθεί για να ερμηνευθούν ικανότητες όπως η εξαγωγή πολύπλοκων συμπερασμάτων και η διατύπωση προβλέψεων για το μέλλον.

Άλλοι ερευνητές έχουν επιχειρηματολογήσει υπέρ της αναγκαιότητας πιο σύνθετων, επεξηγηματικών, εννοιολογικών δομών που έχουν τη μορφή *θεωρίας*. Ο όρος «θεωρία» χρησιμοποιείται όχι με την έννοια μιας καλά διαμορφωμένης επιστημονικής θεωρίας, αλλά

ΣΧΗΜΑ 2. Τα συστατικά στοιχεία και οι δραστηριότητες του σεναρίου του εστιατορίου που έχει προταθεί από τους Shank και Abelson (1977).

Όνομα σεναρίου	Στοιχεία	Συγκεκριμένες δραστηριότητες
Τρώγοντας σ' ένα εστιατόριο	Μπαίνοντας	(Ο πελάτης) μπαίνει στο εστιατόριο. Ψάχνει για τραπέζι. Αποφασίζει πού θα καθίσει. Πηγαίνει στο τραπέζι. Κάθεται.
	Παραγγέλλοντας	Παίρνει τον κατάλογο. Κοιτάζει μέσα στον κατάλογο. Διαλέγει φαγητό. Έρχεται ο σερβιτόρος. Δίνει παραγγελία στο σερβιτόρο. Ο σερβιτόρος πηγαίνει την παραγγελία στον μάγειρα. (Ο πελάτης) περιμένει, συζητά. Ο μάγειρας ετοιμάζει το φαγητό.
	Τρώγοντας	Ο μάγειρας δίνει το φαγητό στο σερβιτόρο. Ο σερβιτόρος φέρνει το φαγητό στον πελάτη. Ο πελάτης τρώει. Συζητά.
	Φεύγοντας	Ο σερβιτόρος ετοιμάζει το λογαριασμό. Ο σερβιτόρος φέρνει το λογαριασμό στον πελάτη. Ο πελάτης εξετάζει το λογαριασμό. Υπολογίζει το φιλοδώρημα. Αφήνει το φιλοδώρημα. Μαζεύει τα πράγματά του. Πληρώνει το λογαριασμό. Φεύγει από το εστιατόριο.

για να χαρακτηρίσει την ύπαρξη κάποιου επεξηγηματικού πλαισίου που αποσκοπεί στην ερμηνεία ενός η περισσότερων φαινομένων. Ορισμένοι ψυχολόγοι έχουν προτείνει ότι το ανθρώπινο βρέφος είναι βιολογικά προετοιμασμένο να οργανώσει τις παρατηρήσεις του σε αφελείς θεωρίες για τον φυσικό και κοινωνικό του περίγυρο. Οι



αφελείς θεωρίες διαφοροποιούνται και αναδιοργανώνονται κατά την πορεία της ανάπτυξης και με την απόκτηση εξειδικευμένων γνώσεων.

### *Είδη Γνώσεων*

Οι προτάσεις που προαναφέρθηκαν σχετικά με την οργάνωση εννοιών αναφέρονται στο είδος των γνώσεων που πολλοί ψυχολόγοι ονομάζουν *δηλωτικές*. Οι δηλωτικές γνώσεις αναφέρονται σε γνώσεις περιεχομένου, δηλαδή γεγονότων, ορισμών, επεξηγήσεων κλπ. Ένα άλλο είδος γνώσεων είναι οι *διαδικαστικές* γνώσεις. Οι διαδικαστικές γνώσεις παρέχουν πληροφορίες σχετικά με το πώς εκτελούμε κάποια δραστηριότητα, πώς παίζουμε πιάνο, σκάκι ή τένις, πώς λύνουμε ένα πρόβλημα, πώς γράφουμε ένα κείμενο, και ούτω καθεξής.

Μερικοί ψυχολόγοι υποστηρίζουν ότι η διάκριση ανάμεσα στις δηλωτικές και διαδικαστικές γνώσεις δεν είναι χρήσιμη, κι ότι μπορούμε να επινοήσουμε συστήματα στα οποία το ίδιο είδος γνώσεων μπορεί να υποτεθεί ότι είναι οργανωμένο είτε «δηλωτικά» είτε «διαδικαστικά» (π.χ. Holland et al., 1986). Άλλοι ερευνητές, όπως ο Anderson (1983), δίνουν μεγάλη σημασία στη διαφοροποίηση των δύο αυτών ειδών γνώσης. Ο Anderson προτείνει ένα υπολογιστικό σύστημα οργάνωσης και αναπαράστασης των γνώσεων, το οποίο είναι γνωστό ως *παραγωγικό*. Τα παραγωγικά συστήματα (production systems) αποτελούνται από έναν μεγάλο αριθμό παραγωγικών κανόνων οι οποίοι είναι κανόνες με τη μορφή «εάν... τότε». Αυτοί οι κανόνες μπορούν να συλληφθούν ως το διαδικαστικό μέρος της βάσης των γνώσεων, το οποίο χειρίζεται δηλωτικές γνώσεις. Για παράδειγμα, η γνώση μας για το σκάκι περιλαμβάνει δηλωτικές πληροφορίες, όπως το ότι υπάρχουν διάφορα πιόνια-στρατιώτες, κάστρα, αξιωματικοί, και ούτω καθεξής. Περιλαμβάνει επίσης διαδικαστική γνώση, η οποία εκφράζεται μέσα από διαδικαστικούς κανόνες, όπως: «Εάν ένας στρατιώτης βρίσκεται σε κίνδυνο, τότε προσπάθησε να τον σώσεις». Ο Anderson υποστηρίζει ότι όταν αποκτούμε νέες γνώσεις σ' έναν γνωσιακό τομέα (Μαθηματικά, Φυσική, Ιατρική) οι πληροφορίες εισάγονται καταρχάς ως δηλωτική γνώση και σταδιακά μετατρέπονται σε διαδικαστική γνώση μέσω της εξάσκησης.

## *Αναπαράσταση των Γνώσεων*

### *Προτασιακές Αναπαραστάσεις*

Έννοιες και εννοιολογικές δομές όπως αυτές που συζητήθηκαν πιο πάνω συνήθως θεωρείται ότι αναπαριστώνται με τη μορφή αφηρημένων προτάσεων. Οι προτασιακές αναπαραστάσεις σχηματίζονται από διακριτά, παρόμοια με τη γλώσσα, σύμβολα, που οργανώνονται σύμφωνα με μια ομάδα κανόνων και που συνήθως εκφράζονται με τη γλώσσα του *κατηγορηματικού λογισμού* (predicate calculus). Στη σημειογραφία του κατηγορηματικού λογισμού, τα αντικείμενα αναπαριστώνται ως *κατηγορήματα* και οι σχέσεις ως *επιχειρήματα*. Για παράδειγμα, η πρόταση: «Η γάτα είναι κάτω από το κρεβάτι», αναπαριστάται ως «κάτω (γάτα, κρεβάτι)». Οι προτασιακές αναπαραστάσεις είναι αφηρημένες, με την έννοια ότι χαρακτηρίζουν πληροφορίες που δεν έχουν άμεση σχέση με μια δεδομένη μορφή αντίληψης (π.χ. οπτική, ακουστική, αφής), αντίθετα με τις νοητικές εικόνες, που συνδέονται στενά με την οπτική μορφή αναπαράστασης.

### *Νοητικές Εικόνες*

Οι νοητικές εικόνες είναι αναπαραστάσεις παρόμοιες με απεικονίσεις που λειτουργούν με μια συγκεκριμένη μορφή (συνήθως χωρική) και κατ' αυτήν την έννοια είναι διαφορετικές από τις προτασιακές αναπαραστάσεις. Έτσι, η πρόταση: «Η γάτα είναι κάτω από το κρεβάτι», αναπαριστάται με τη νοητική εικόνα μιας πρωτοτυπικής γάτας που βρίσκεται κάτω από το κρεβάτι.

Γι' αρκετά χρόνια υπήρξε μια διαμάχη σχετικά με την αναγκαιότητα των νοητικών εικόνων ως μια μορφή αναπαράστασης.<sup>3</sup> Το επίμαχο ερώτημα είναι κατά πόσον οι νοητικές εικόνες μπορούν να λειτουρ-

---

3. Η κριτική ενάντια στην έννοια της νοητικής εικόνας ως μια μορφή αναπαράστασης έγινε κυρίως από τον Pylyshyn (1973, 1979) σε μια σειρά από δημοσιεύσεις στις οποίες απαντούσε ο Kosslyn (1980, 1981). Ο Kosslyn έχει αναπτύξει μια θεωρία κι ένα υπολογιστικό μοντέλο για το πώς οι νοητικές εικόνες χρησιμοποιούνται ως αναπαραστάσεις.

γήσουν ως αναπαραστάσεις από μόνες τους, ανεξάρτητα από αναπαραστάσεις προτασιακού τύπου. Οι προτασιακές αναπαραστάσεις είναι αναγκαίες για να εξηγηθεί πώς οι νοητικές εικόνες ερμηνεύονται και πώς συνδέονται με άλλους τύπους πληροφοριών που μεταβιβάζονται μέσω του γλωσσικού κώδικα. Σήμερα έχει γίνει ευρέως αποδεκτό ότι η νοητική εικόνα, παρόλο που είναι δυνατόν να στηρίζεται ενμέρει σε προτασιακές αναπαραστάσεις, είναι ένας μοναδικός και ξεχωριστός τύπος αναπαράστασης που αξίζει επιστημονικής διερεύνησης.

### *Νοητικά Μοντέλα*

Τα νοητικά μοντέλα είναι αναλογικές αναπαραστάσεις που θεωρείται ότι διατηρούν τη δομή του αντικειμένου που αναπαριστούν (Johnson-Laird, 1983). Τα νοητικά μοντέλα μπορεί να είναι χωρικά μοντέλα, που συλλαμβάνουν απόψεις του φυσικού κόσμου, όπως π.χ. το νοητικό μοντέλο της Γης (βλ. Vosniadou & Brewer, 1992), ή μπορεί να αναπαριστούν με αναλογικό τρόπο τη δομή μιας αλληλουχίας γεγονότων. Σε αντίθεση με τις νοητικές εικόνες, τα νοητικά μοντέλα δεν περιορίζονται στο να συλλαμβάνουν τις συγκεκριμένες ιδιότητες των αντικειμένων του πραγματικού κόσμου έτσι όπως μεταφέρονται μέσω της αντίληψης. Πρόκειται για υψηλού επιπέδου νοητικά κατασκευάσματα που σκοπό έχουν να αναπαριστούν τη δομή αντικειμένων, πεποιθήσεων ή θεωριών που ίσως δεν έχουν γίνει ποτέ ορατά, όπως το νοητικό μοντέλο του ηλιακού συστήματος.

### *Νευρωνικά Δίκτυα*

Οι προτασιακές αναπαραστάσεις, οι νοητικές εικόνες και τα νοητικά μοντέλα βασίζονται στην προϋπόθεση ότι η ανθρώπινη νόηση εξαρτάται από το χειρισμό συμβόλων παρόμοιων με τη γλώσσα ή με τις εικόνες. Τα νευρωνικά δίκτυα ή μοντέλα της παράλληλης κατανεμημένης επεξεργασίας (parallel distributed processing) αναπαριστούν πληροφορίες χωρίς τη χρήση συμβόλων. Αποτελούνται από στοιχειώδεις μονάδες επεξεργασίας πληροφοριών παρόμοιες με τους νευρώνες, που επιδρούν πάνω σε άλλες μονάδες τις οποίες είτε διε-

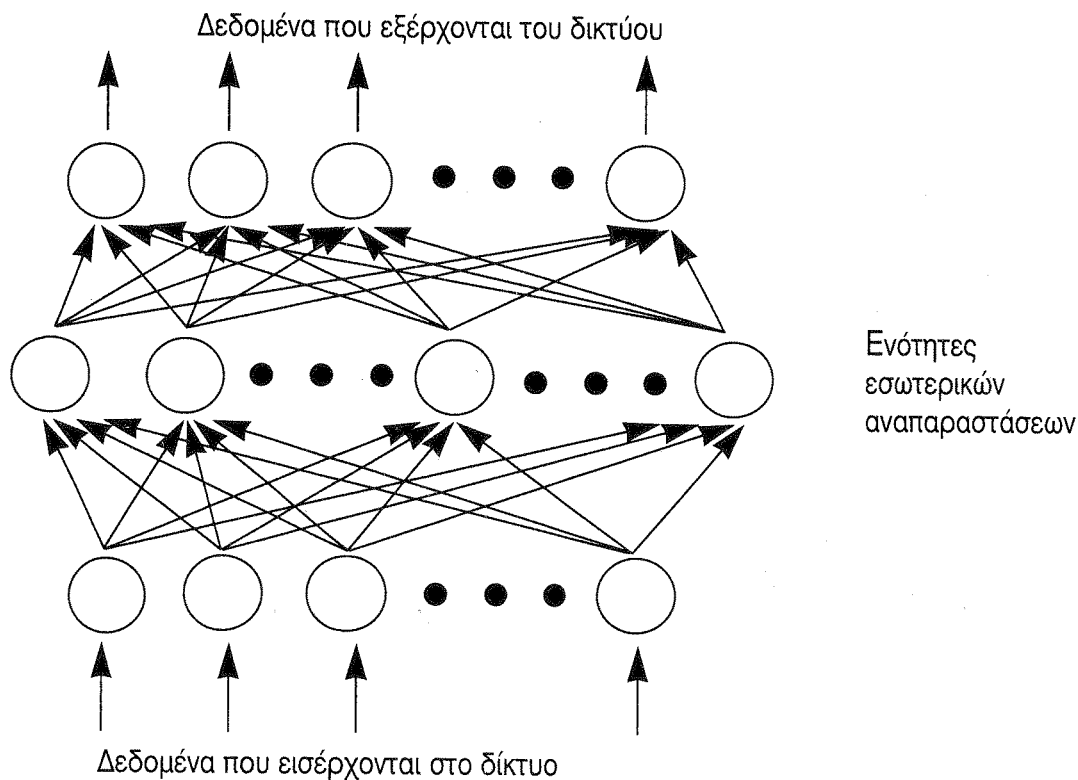
γείρουν είτε αναστέλλουν τη διέγερσή τους. Οι στοιχειώδεις αυτές μονάδες συνδέονται για να δημιουργήσουν διαφορετικών ειδών δομές που χαρακτηρίζουν τη φύση του δικτύου ως ένα σύνολο. Σ' ένα νευρωνικό δίκτυο, μια έννοια δεν αναπαριστάται ως μια συγκεκριμένη μονάδα αλλά είναι κατανεμημένη στο δίκτυο κι εκφράζεται από τον ειδικό τρόπο με τον οποίο ενεργοποιείται<sup>4</sup> (βλ. McClelland, Rumelhart and the PDP Research Group, 1986). Μία σχηματική περιγραφή ενός νευρωνικού δικτύου εμφανίζεται στο Σχήμα 3.

Η συνδεδεστική προσέγγιση της αναπαράστασης των γνώσεων έχει διεγείρει τη φαντασία πολλών γνωσιακών επιστημόνων κι έχει προτείνει νέες απαντήσεις σε κεντρικά ερωτήματα της Γνωσιακής Ψυχολογίας. Ταυτόχρονα έχει δημιουργήσει νέα προβλήματα που δεν έχουν ακόμη επιλυθεί. Ένα σημαντικό ερώτημα επικεντρώνεται στη σχέση ανάμεσα στις *συμβολικές* και *συνδεδεστικές* αναπαραστάσεις. Μερικοί ερευνητές θεωρούν ότι οι δύο τύποι αναπαραστάσεων είναι συμπληρωματικοί, δηλαδή οι νοητικές εικόνες και οι προτασιακές αναπαραστάσεις μπορούν να γίνουν αντιληπτές ως αναπαραστάσεις υψηλότερου επιπέδου που παράγονται από χαμηλότερου επιπέδου νευρωνικές διασυνδέσεις. Άλλοι όμως ερευνητές δεν πιστεύουν στη συμπληρωματικότητα των συμβολικών και των συνδεδεστικών αναπαραστάσεων.

---

4. Τα νευρωνικά δίκτυα αντιπροσωπεύουν μια προσπάθεια σύνδεσης των ψυχολογικών μοντέλων επεξεργασίας πληροφοριών με όσα σήμερα είναι γνωστά σχετικά με τη μεταφορά πληροφορίας στο νευρωνικό επίπεδο στον ανθρώπινο εγκέφαλο. Η συνδεδεστική προσέγγιση είναι επίσης μια επιστροφή σε παλαιότερα, εμπειρικά, συνειρμικά μοντέλα μάθησης και απόκτησης νέων γνώσεων, τα οποία η Γνωσιακή Ψυχολογία είχε αρχικά απορρίψει.

ΣΧΗΜΑ 3. Ένα πολυεπίπεδο συνδεσιακό δίκτυο με ένα επίπεδο ενοτήτων εισόδου, ένα επίπεδο ενοτήτων εσωτερικών αναπαραστάσεων ή κρυφών ενοτήτων και ένα επίπεδο ενοτήτων εξόδου. Τα δεδομένα που εισάγονται στο δίκτυο μπορούν να κωδικοποιηθούν, εάν υπάρχουν αρκετές κρυφές ενότητες, με τρόπο που είναι δυνατόν να παράγει τα δεδομένα που πρέπει να εξαχθούν από το δίκτυο από τα δεδομένα που έχουν εισαχθεί σ' αυτό. (Αναπαράχθηκε με την άδεια των David E. Rumelhart και James L. McClelland από το: *Ανάλογη Ευρύτερη Επεξεργασία: Εξερευνήσεις στη Μικροδομή της Γνωσιακής Λειτουργίας*, τ. 1, εκδ. MIT Press, 1986, από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης).



### Εννοιολογική Αλλαγή

Οι υπάρχουσες εννοιολογικές δομές δεν είναι στατικές, αλλά διαρκώς αλλάζουν καθώς αποκτάται νέα γνώση. Οι ψυχολόγοι πρέπει να κατανοήσουν όχι μόνο πώς οργανώνεται και αναπαριστάται η γνώση, αλλά επίσης τους τρόπους με τους οποίους οι υπάρχουσες γνωσιακές δομές μεταβάλλονται κατά τη διαδικασία απόκτησης νέων γνώσεων. Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο επιτυγχάνεται η εννοιολογική αλλαγή είναι θεμελιώδης για μια ολοκληρωμένη

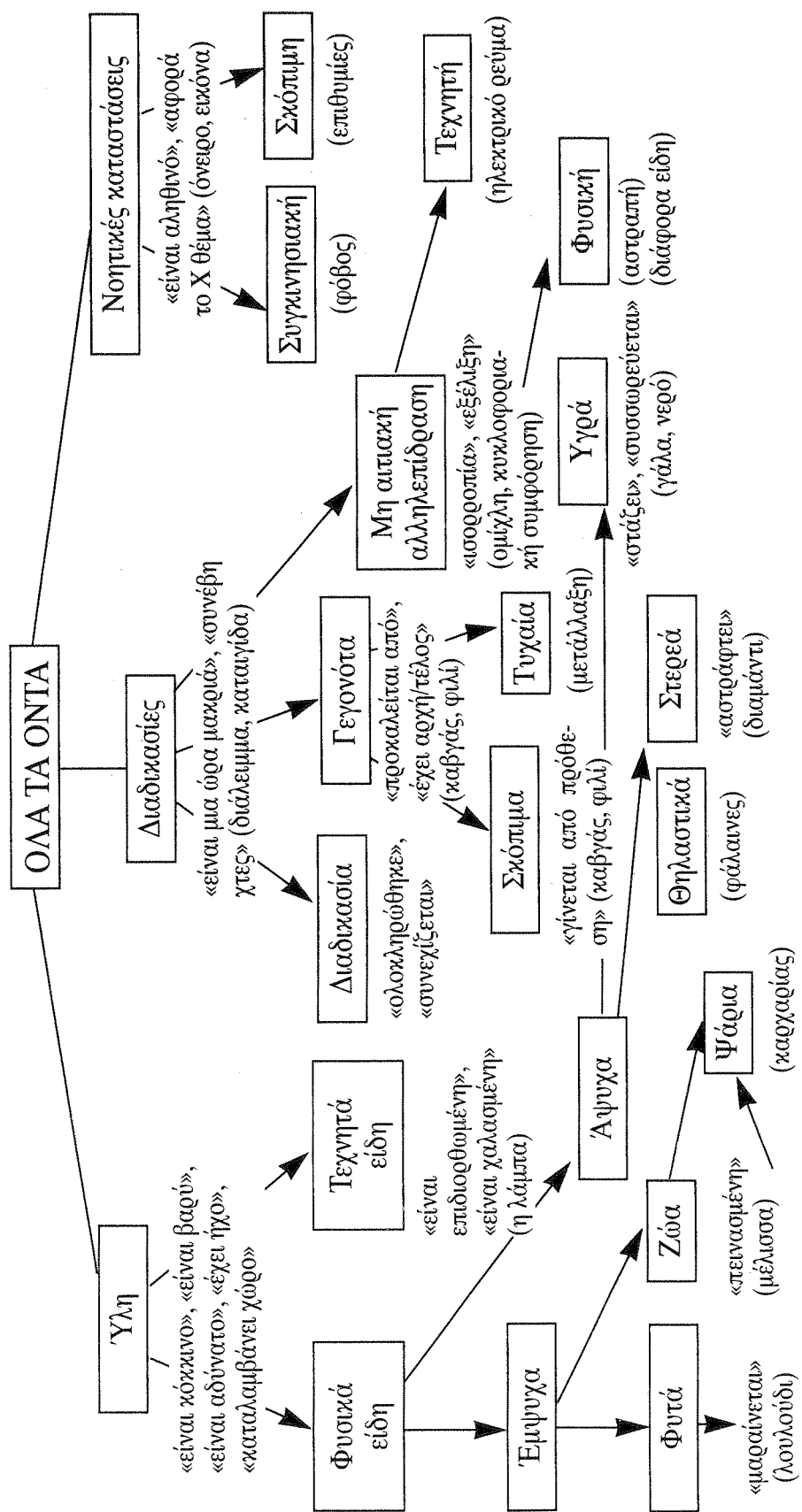
θεώρηση της μάθησης, και μπορεί να έχει σημαντικές συνέπειες για μια θεωρία της διδασκαλίας.

Ένα σύνηθες είδος εννοιολογικής αλλαγής είναι γνωστό ως *εμπλουτισμός*. Ο εμπλουτισμός αναφέρεται στην προσθήκη εννοιών σε μια υπάρχουσα εννοιολογική δομή. Ένα μεγάλο μέρος των γνώσεων που αποκτούμε κατά τη διάρκεια της ζωής μας εμπλουτίζει τη γνώση που ήδη κατέχουμε. Άλλα είδη εννοιολογικής αλλαγής έχουν να κάνουν με τη *διαφοροποίηση*, τη *συνένωση* και την *αύξηση της ιεραρχικής οργάνωσης* των υπάρχουσών εννοιολογικών δομών.

Σ' ένα σημαντικό άρθρο για τη μάθηση στα πλαίσια της θεωρίας των σχημάτων, οι Rumelhart και Norman (1981) υποστήριξαν ότι τα υπάρχοντα σχήματα μπορούν να τροποποιηθούν από τη νέα εμπειρία με την *επαύξηση*, την *εναρμόνιση* και την *αναδιοργάνωση*. Η επαύξηση μοιάζει πολύ με τον εμπλουτισμό. Αναφέρεται στη βαθμιαία συσσώρευση πληροφοριών μέσα σ' ένα υπάρχον σχήμα. Η εναρμόνιση περιγράφει τις προσδευτικές αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζεται ένα σχήμα για να ερμηνεύσει κάποια δεδομένα. Συμπεριλαμβάνει τη γενίκευση ή τον περιορισμό του πεδίου εφαρμογής ενός σχήματος, τον καθορισμό των ανεπαρκειών του ή τη βελτίωση της ακρίβειάς του σε σχέση με κάποια κατάσταση που αναπαριστά. Η αναδιοργάνωση αναφέρεται στη δημιουργία νέων δομών που οικοδομούνται είτε για να ερμηνευθούν εκ νέου παλιές πληροφορίες είτε για να εξηγηθούν καινούργιες.

Οι ψυχολόγοι εντοπίζουν διαφορές μεταξύ των διαφόρων ειδών αναδιοργάνωσης (βλ. Vosniadou & Brewer, 1987). Μια διάκριση γίνεται ανάμεσα στην *ασθενή* και στη *ριζοσπαστική* αναδιοργάνωση. Η ασθενής αναδιοργάνωση αναφέρεται στην αναδιοργάνωση της εσωτερικής δομής μια έννοιας ή μιας ομάδας εννοιών. Για παράδειγμα, οι Chi, Feltovitch και Glaser (1981) έχουν προτείνει ότι διαφορές ανάμεσα σε ειδικούς και αρχάριους στη Φυσική, ως προς την επίλυση προβλημάτων και την κατηγοριοποίηση, μπορεί να περιγραφούν ως αποτέλεσμα διαφορών στην ιεραρχική οργάνωση των γνώσεων. Οι αρχάριοι αντιμετωπίζουν ως υπερκείμενες, έννοιες που για τον ειδικό έχουν γίνει βασικές κατηγορίες.

ΣΧΗΜΑ 4. Ένα πιθανό σχήμα κατηγοριοποίησης. Οι κατηγορίες του δέντρου που βρίσκονται σε οριζόντια διάταξη διαφοροποιούνται οντολογικά. Από το άρθρο των Chi, Stott και Leew, «From Things to Processes: A Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts». Στο Vosniadou, S. (επιμ.), Conceptual Change in the Physical Science, Special Issue of Learning and Instruction, τ. 22, No. 1, 1994.



Η ριζοσπαστική αναδιοργάνωση εκλαμβάνεται ως αλλαγή θεωρίας παρόμοια στο είδος με τις αλλαγές θεωρίας που παρατηρήθηκαν στην ιστορία της επιστήμης (Kuhn, 1970). Η ριζοσπαστική αναδιοργάνωση συμβαίνει όταν ένα άτομο αποκτά μια καινούργια θεωρία, που είναι διαφορετική από την παλαιά θεωρία ως προς τη δομή της, τα φαινόμενα που εξηγεί και ως προς τη φύση των επιμέρους εννοιών που την απαρτίζουν (βλ. Βοσνιάδου & Brewer, 1987). Ένας τρόπος να συλληφθεί η ριζοσπαστική αναδιοργάνωση είναι ως μια αλλαγή της οντολογικής κατηγορίας στην οποία νομίζουμε ότι ανήκει μια έννοια. Για παράδειγμα, η έννοια «δύναμη» μπορεί να θεωρηθεί ότι αρχικά κατηγοριοποιείται ως μια μορφή ύλης ή ως μια ιδιότητα της ύλης, ενώ αργότερα (στους ειδήμονες φυσικούς) ως μια διαδικασία (Σχήμα 4) (Chi et al., 1981). Αναφερόμενοι πάλι στο Σχήμα 4, η ασθενής αναδιοργάνωση μπορεί να θεωρηθεί ως οποιαδήποτε αλλαγή στην κατηγοριοποίηση μιας έννοιας η οποία δεν είναι αλλαγή οντολογικής κατηγορίας (όπως π.χ. η αλλαγή της κατηγορίας στην οποία θεωρείται ότι ανήκει η έννοια «φώκια» – από ψάρι σε θηλαστικό).

Η ασθενής και η ριζοσπαστική μορφή της αναδιοργάνωσης που μόλις περιγράφηκαν αναφέρονται στην αναδιοργάνωση συγκεκριμένων τομέων γνώσης, και άρα αντιπροσωπεύουν *μερική αναδιοργάνωση*. Υπάρχει ένα άλλο είδος αναδιοργάνωσης το οποίο αποκαλείται *καθολική αναδιοργάνωση*. Η καθολική αναδιοργάνωση είναι ιδιαίτερα εμφανής στις προσπάθειες του Piaget να χαρακτηρίσει τις αλλαγές στις γνωσιακές δομές του παιδιού κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της ανάπτυξης.

Ο Piaget υποστήριξε ότι η ανάπτυξη της σκέψης του παιδιού χαρακτηρίζεται από καθολικές αναδιοργανώσεις γνωστές ως *στάδια*. Για τον Piaget, η αναδιοργάνωση απαιτεί αλλαγή στις δομές που καθορίζουν τη φύση της αναπαραστασιακής σκέψης που διαθέτει το παιδί. Σύμφωνα με την άποψη αυτή, τα βρέφη ενεργούν με βάση σχήματα δράσης, και δεν διαθέτουν αναπαραστασιακή ικανότητα. Τα παιδιά της προσχολικής ηλικίας ενεργούν με συγκεκριμένες, εικονιστικές εννοιολογικές δομές που βασίζονται στην ομοιότητα, και



δεν διαθέτουν την αντιστρεψιμότητα και τη μεταβατικότητα που χαρακτηρίζει τις εννοιολογικές δομές των παιδιών της σχολικής ηλικίας. Η καθολική αναδιοργάνωση επηρεάζει την ικανότητα του ατόμου να αποκτά γνώσεις σε όλους τους τομείς.

Λίγα είναι σήμερα γνωστά σχετικά με τους μηχανισμούς που προκαλούν την εννοιολογική αλλαγή, και ιδιαίτερα τους μηχανισμούς που μπορούν να προκαλέσουν τη ριζοσπαστική αναδιοργάνωση των υπάρχουσών εννοιολογικών δομών. Αξιοσημείωτη προσοχή έχει αποδοθεί στο ρόλο της ομοιότητας και της αναλογίας ως μηχανισμών που προάγουν την εννοιολογική αλλαγή. Επίσης φαίνεται ότι είναι σημαντική η αναγνώριση των λαθών και των ανωμαλιών που μπορούν να προκληθούν από διαλόγους σωκρατικού τύπου.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Barsalou, L.W. (1989), «Inter-concept Similarity and Its Implications for Inter-concept Similarity». Στο Vosniadou, S., & Ortony, A. (επιμ.), *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bartlett, F.C. (1932), *Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chi, M.Th., Feltovich, P.J., Glaser, R. (1981), «Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices». *Cognitive Science*, 5, σσ. 121-52.
- Collins, A.M., & Quillian, M.R. (1970), «Does Category Size Effect Categorization Time?» *Journal of Verbal Learning - Verbal Behaviour*, 9, σσ. 432-38.
- Johnson-Laird, P.N. (1983), *Mental Models*. Cambridge: Harvard University Press.
- Kosslyn, S.M. (1980), *Image and Mind*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Kosslyn, S.M. (1981), «The Medium and the Message in Mental Imagery: A Theory». *Psychological Review*, 88, σσ. 44-66.
- Kuhn, T.S. (1970), *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: Chicago University Press.
- Pylyshyn, Z. (1973), «What the Mind's Eye Tells the Mind's Brain». *Psychological Bulletin*, 80, σσ. 1-24.

- Pylyshyn, Z. (1979), «Imagery Theory: Not Mysterious - Just Wrong». *Behavioural and Brain Sciences*, 2, σσ. 561-63.
- Rips, L.R. (1990), «Similarity, Typicality and Categorisation». Στο Vosniadou, S., Ortony, A. (επιμ.), *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rosch, E. (1973), «Natural Categories». *Cognitive Psychology*, 4, σσ. 328-50.
- Rumelhart, D.E., Normal, D.A. (1981), «Accretion, Tuning and Restructuring». Στο Cotton, J.W., & Klatzky, R. (επιμ.), *Semantic Factors in Cognition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Vosniadou, S., Brewer, W.F. (1987), «Theories of Knowledge Restructuring in Development». *Review of Educational Research*, 57(1), σσ. 51-67.
- Wittgenstein, L. (1958), *Philosophical Investigations*. Oxford: Blackwell.

Η ΜΑΘΗΣΗ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ  
ΤΗΣ ΓΝΩΣΙΑΚΗΣ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑΣ<sup>1</sup>

**Μ**ΙΑ ΒΑΣΙΚΗ ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΓΝΩΣΙΑΚΗΣ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑΣ ΕΙΝΑΙ ΟΤΙ Ο νους είναι ένα σύστημα που οικοδομεί και χειρίζεται σύμβολα. Οι γνωσιακοί ψυχολόγοι επιζητούν να κατανοήσουν πώς αναπαριστώνται και χρησιμοποιούνται τα σύμβολα και πώς σχετίζονται με την ανθρώπινη δραστηριότητα, και ιδιαίτερα με τη νοητική δραστηριότητα.<sup>2</sup> Μέσα στα πλαίσια της Γνωσιακής Ψυχολογίας, μάθηση είναι η μελέτη του τρόπου με τον οποίο αλλάζουν οι συμβολικές αναπαραστάσεις και διαδικασίες καθώς και του τρόπου με τον οποίο αυτές οι αλλαγές επηρεάζουν την παρατηρήσιμη συμπεριφορά.

Η μάθηση δεν αποτέλεσε προτεραιότητα της Γνωσιακής Ψυχολογίας, όπως συνέβη, για παράδειγμα, στην περίπτωση του μιχεβιορισμού. Ο Mandler (1985) παρατηρεί ότι «μέχρι τη δεκαετία του '50 η μάθηση και η θεωρία των κινήτρων αποτελούσαν τα δυο κυρίαρχα θέματα της αμερικανικής Ψυχολογίας. Μερικές φορές μάς είναι δύσκολο να συλλάβουμε την πτώση τους τις τρεις δεκαετίες που ακο-

---

1. Το άρθρο αυτό δημοσιεύθηκε το 1995 στο βιβλίο *Learning in Humans and Machines*, που επιμελήθηκαν οι Peter Reimann και Hans Spada για τις εκδόσεις Pergamon. Το βιβλίο είναι προϊόν του προγράμματος «Learning in Humans and Machines», του Ευρωπαϊκού Ιδρύματος Επιστημών (European Science Foundation).

2. Όπως θα συζητήσουμε αργότερα, η υπόθεση ότι ο νους είναι ένα σύστημα που οικοδομεί και χειρίζεται σύμβολα έχει πρόσφατα αμφισβητηθεί.

λούθησαν, αλλά οι γνωσιακοί ψυχολόγοι ήταν απασχολημένοι με τη περιγραφή της σταθερής κατάστασης του οργανισμού, ή δεν ήταν σίγουροι για τον τρόπο με τον οποίο έπρεπε να χειριστούν το πρόβλημα της γνωσιακής αλλαγής μέχρις ότου κατανοηθεί τι είναι εκείνο που αλλάζει κατά τη διάρκεια της μάθησης» (σ. 108). Η έμφαση που δόθηκε στην περιγραφή της γνωσιακής επίδοσης, δηλαδή στα αποτελέσματα της μάθησης μάλλον παρά στη διαδικασία της μάθησης αυτής καθεαυτής (Glaser, 1995), φαίνεται πως ήταν το πρώτο αναγκαίο βήμα για την ανάπτυξη μιας θεωρίας της γνωσιακής διαδικασίας (βλ. επίσης Newel & Simon, 1972).

Κατά τα επόμενα τριάντα περίπου χρόνια από τότε που οι γνωσιακοί ψυχολόγοι έχουν ανοίξει το μαύρο κουτί του νου για να μελετήσουν εσωτερικές καταστάσεις, έχουν παλέψει με θεμελιώδη ζητήματα σχετικά με την αναπαράσταση και τη διαδικασία επεξεργασίας πληροφοριών. Μπορούμε να πάρουμε ως παράδειγμα την αφθονία προτάσεων που στόχο είχαν το χαρακτηρισμό του αναπαραστασιακού επιπέδου, όπως π.χ. τα *πλαίσια*, τα *εγγράμματα*, τα *σχήματα*, οι *θεωρίες*, τα *νοητικά μοντέλα* κ.τ.λ. Ενόψει του γεγονότος ότι διαφορετικές συγκεκριμένες θεωρίες αναπαραστάσεων επιτρέπουν διαφορετικές αντιλήψεις περί μάθησης, δεν αποτελεί έκπληξη το ότι η μελέτη αυτής καθεαυτής της μάθησης έμεινε πίσω. Παρά τη σχετική παραμέληση των ζητημάτων μάθησης, η Γνωσιακή Ψυχολογία πέτυχε να μας εφοδιάσει με λεπτομερείς περιγραφές της πολύπλοκης γνωσιακής επίδοσης που μας φέρνει πλησιέστερα απ' ό,τι πριν στην κατανόηση των νοητικών φαινομένων και των μηχανισμών εκείνων που ευθύνονται για την επίλυση προβλημάτων και την απόκτηση εξειδικευμένων γνώσεων.

Στόχος μου σ' αυτό το Κεφάλαιο είναι να επισημάνω μερικές από τις αλλαγές που έχουν επέλθει στον τρόπο με τον οποίο η Γνωσιακή Ψυχολογία πραγματεύεται το φαινόμενο της μάθησης. Για το σκοπό αυτό διαίρεσα το Κεφάλαιο σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος περιγράφονται μερικές από τις προόδους που πέτυχαν οι γνωσιακοί ψυχολόγοι στον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνονται τις αλλαγές που συμβαίνουν στις στρατηγικές που χρησιμοποιούν τα άτομα κα-

τά την επεξεργασία πληροφοριών, καθώς και στον τρόπο με τον οποίο οργανώνεται η γνώση και αναπαριστάται στη μνήμη μακράς διάρκειας. Στο δεύτερο μέρος συζητιούνται με συντομία μερικές πρόσφατες αμφισβητήσεις των βασικών προϋποθέσεων του παραδείγματος «επεξεργασίας πληροφοριών», όπως π.χ. οι απόψεις ότι υπάρχει μια ενιαία θεωρία μάθησης, ότι η μάθηση διέπεται από κανόνες κι ότι η μάθηση περιλαμβάνει το χειρισμό συμβόλων. Υποστηρίζω ότι απαιτείται μεγαλύτερη προσοχή στην ανάπτυξη ενοποιημένων θεωριών αναπαράστασης των γνώσεων και αλλαγής των αναπαραστάσεων – θέματα που αποτελούν τον πυρήνα της Γνωσιακής Ψυχολογίας. Αυτό όμως θα πρέπει να γίνει χωρίς να παραμεληθεί η βιολογία του ανθρώπινου εγκεφάλου αφενός, κι αφετέρου το κοινωνικό, πολιτισμικό και ιστορικό πλαίσιο εντός του οποίου σχηματίζονται οι σκέψεις μας και οι συμπεριφορές μας.

### *Η Μάθηση ως Αλλαγή του Τρόπου Αναπαράστασης και Επεξεργασίας Πληροφοριών*

Το κύριο θεωρητικό πλαίσιο εντός του οποίου διεξήγαγαν τις έρευνές τους οι γνωσιακοί ψυχολόγοι είναι το παράδειγμα (μοντέλο) επεξεργασίας πληροφοριών. Σύμφωνα μ' αυτό το παράδειγμα, ο νους είναι ένα σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών που έχει περιορισμένες ικανότητες. Το σύστημα αυτό ερμηνεύει τις εισερχόμενες από το εξωτερικό περιβάλλον πληροφορίες με βάση τις πληροφορίες που είναι ήδη αποθηκευμένες στη μνήμη μακράς διάρκειας και τις επεξεργάζεται με διάφορους τρόπους, όπως απαιτείται για την εκτέλεση διαφορετικών έργων. Υπάρχουν δύο κύριες περιοχές όπου μπορούν να συμβούν αλλαγές ως αποτέλεσμα μάθησης και να επηρεάσουν την ανθρώπινη συμπεριφορά: (1) αλλαγές στις στρατηγικές που χρησιμοποιεί το γνωσιακό σύστημα κατά την επεξεργασία πληροφοριών, και (2) αλλαγές στις αναπαραστάσεις που βρίσκονται πίσω από την ανθρώπινη γνωσιακή δραστηριότητα.

## *Στρατηγικές Επεξεργασίας Πληροφοριών*

Η μάθηση συμπεριλαμβάνει την απόκτηση νέων τρόπων επεξεργασίας πληροφοριών, καθώς επίσης και την αναθεώρηση των διαδικασιών που ήδη υπάρχουν. Το να μάθει κανείς να παίζει τένις ή να παίζει πιάνο, απαιτεί την απόκτηση πολύπλοκων κινητικών δεξιοτήτων, οι οποίες γίνονται ταχύτερες, ακριβέστερες και πιο αυτόματες. Η επίλυση προβλημάτων απαιτεί την απόκτηση στρατηγικών και αλγορίθμων που επιτρέπουν την επινόηση και εκτέλεση ενός σχεδίου λύσης. Η ανάκληση έχει περιγραφεί με βάση την απόκτηση και χρήση στρατηγικών μνήμης, όπως είναι π.χ. η επανάληψη, η αυτοεξέταση και η χρήση νοητικών εικόνων. Η κατανόηση απαιτεί την ανάπτυξη μεταγνωσιακών στρατηγικών, όπως π.χ. ο σχεδιασμός, ο έλεγχος κατανόησης, η αμφισβήτηση, η περίληψη, η πρόβλεψη κ.τ.λ.

Αρχικά, οι γνωσιακοί ψυχολόγοι έστρεψαν το ενδιαφέρον τους στην ανάλυση της διαδικασίας επίλυσης προβλημάτων, αποδίδοντας ιδιαίτερη προσοχή στην περιγραφή του τρόπου επεξεργασίας των πληροφοριών. Η άποψή τους ήταν ότι η επίλυση προβλημάτων περιλαμβάνει την απόκτηση και χρήση ορισμένων γενικών στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων που απαιτούν λίγες ή μηδαμινές εξειδικευμένες γνώσεις και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σ' ένα ευρύ φάσμα στόχων. Για παράδειγμα, στη θεωρία που θεμελίωσαν οι Newell και Simon (1972), γνωστή ως *θεωρία προβλήματος-χώρου*, η επίλυση ενός προβλήματος θεωρείται ως μια διαδικασία διερεύνησης λύσεων μέσα σ' ένα χώρο καταστάσεων. Ορισμένες στρατηγικές επιτρέπουν στο λύτη ενός προβλήματος να μετακινηθεί από την αρχική κατάσταση σε μια κατάσταση που αποβλέπει σ' ένα στόχο. Μια τέτοια γενική στρατηγική με ευρύ πεδίο εφαρμογών είναι η *ανάλυση μέσω και σκοπών*. Η ανάλυση μέσω και σκοπών είναι μια στρατηγική με την οποία εντοπίζονται οι διαφορές μεταξύ της τρέχουσας κατάστασης και του τελικού σκοπού, και επιλέγεται η καλύτερη μορφή δράσης που περιστέλλει αυτές τις διαφορές. Αν είναι αναγκαίο, η ανάλυση μέσω και σκοπών βοηθάει το λύτη ενός προβλήματος να επιλέξει έναν επιμέρους σκοπό.

Κατά τα χρόνια που επακολούθησαν, έγινε αντιληπτό ότι οι γενικές στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων αποδεικνύονται αποτελεσματικές όταν ασχολούμαστε με σαφώς οριζόμενα προβλήματα, για την επίλυση των οποίων προαπαιτούνται λίγες ή μηδαμινές προϋπάρχουσες γνώσεις, όπως είναι π.χ. το πρόβλημα «Πύργος του Ανόι». Τέτοιες, όμως, γενικές στρατηγικές δεν είναι πολύ χρήσιμες όταν έχουμε να κάνουμε με την επίλυση προβλημάτων που αναφέρονται σε συγκεκριμένους τομείς γνώσεων και απαιτούν πλούσια παρακαταθήκη γνώσεων, όπως είναι η περίπτωση της Φυσικής ή της Ιατρικής. Σε τέτοιες περιοχές, η εξειδίκευση περιλαμβάνει την απόκτηση ενός πλούσιου αποθέματος γνώσεων σχετικών με τον συγκεκριμένο τομέα και την ανάπτυξη ειδικών στρατηγικών που είναι προσαρμοσμένες στα μέτρα των αναγκών του λύτη ενός προβλήματος. Για παράδειγμα, οι έρευνες που διενήργησαν η Chi και οι συνεργάτες της (Chi, Feltovich & Glaser, 1981· Chi, Glaser & Rees, 1983) έχουν δείξει ότι η εξειδίκευση στη Φυσική σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται από την απόκτηση εξειδικευμένων αναπαραστάσεων που κατευθύνουν την αναζήτηση στρατηγικών οι οποίες μπορεί να είναι εφαρμόσιμες σ' έναν ειδικό τομέα γνώσεων. Άλλες έρευνες (π.χ. Larkin, 1983) έχουν δείξει ότι οι ειδήμονες φυσικοί είναι πιθανότερο να χρησιμοποιήσουν συγκεκριμένες στρατηγικές για την επίλυση προβλημάτων Φυσικής, ενώ οι μέθοδοι των αρχαρίων είναι γενικές και ανίσχυρες.

Οι περισσότερες από τις έρευνες που διενήργησαν οι γνωσιακοί ψυχολόγοι αποσκοπούσαν στην περιγραφή συγκεκριμένων ευριστικών στρατηγικών και μεθόδων που χρησιμοποιούν τα άτομα κατά την επίλυση προβλημάτων Φυσικής, Μαθηματικών, Γεωμετρίας, προγραμματισμού, Ιατρικής, σκακιού κλπ. Για παράδειγμα, η λύση μιας εξίσωσης μπορεί να περιγραφεί με βάση στρατηγικές όπως είναι η στρατηγική *περιστολής* (π.χ., το να κάνεις όλες τις πράξεις που υποδηλοί το πρόβλημα το ταχύτερο δυνατό), η *έλξη*, η *συλλογή* και η *απομόνωση* – στρατηγικές που περιγράφονται κατωτέρω (Mayer, 1992).

*Έλξη*: μετατροπή του  $16+2R=3R-24$  σε  $16=3R-2R-24$

*Συλλογή*: μετατροπή του  $16=3R-2R-24$  σε  $16=R-24$

*Απομόνωση*: μετατροπή του  $16=R-24$  σε  $16+24=R$

Μερικές φορές, τέτοιες περιγραφές συνοδεύονται από υπολογιστικά μοντέλα, που συχνά παίρνουν τη μορφή *συστημάτων παραγωγής*.<sup>3</sup>

Σε τέτοια συστήματα, η μάθηση αρχικά περιγραφόταν με βάση την εσκεμμένη δημιουργία νέων «παραγωγών». Με τη συνεχή ανάπτυξη της αρχιτεκτονικής συστημάτων παραγωγής, πολλοί διαφορετικοί μηχανισμοί έχουν προταθεί για να εξηγήσουν τη βαθμιαία τελειοποίηση των εσκεμμένων μεθόδων επίλυσης προβλημάτων – τελειοποίηση που επιτυγχάνεται με την εξάσκηση (βλ. Anderson, 1983, 1989). Μερικοί από τους μηχανισμούς μάθησης που έχουν προταθεί, είναι και οι παρακάτω:

*Συσσώρευση ισχύος*: Οι επιτυχημένες μέθοδοι συσσωρεύουν ισχύ διαμέσου της γενίκευσης και της διάκρισης – μηχανισμών που προσπαθούν να διακρίνουν τα χαρακτηριστικά του προβλήματος τα οποία προλέγουν την επιτυχία ή αποτυχία μιας συγκεκριμένης διαδικασίας. Μέσω του μηχανισμού της συσσώρευσης ισχύος, οι επιτυχείς στρατηγικές ισχυροποιούνται ενώ οι ανεπιτυχείς εξασθενούν.

*Ρύθμιση*: Οι στρατηγικές μέθοδοι ρυθμίζονται ουτωςώστε να μπορούν να εφαρμόζονται καλύτερα σ' έναν συγκεκριμένο τομέα. Αυτός ο μηχανισμός μάθησης επιχειρεί να συλλάβει την επιλεκτικότητα και τη γρήγορη επιτυχία που χαρακτηρίζουν τον τρόπο μάθησης του ειδήμονα. Η ρύθμιση επιτυγχάνεται μέσω των μηχανισμών της γενίκευσης και της διάκρισης, που καθιστούν την εφαρμογή ενός κανόνα ευρύτερη ή στενότερη – πράγμα που εξαρτάται από το ιστορικό επιτυχίας και αποτυχίας του.

---

3. Τα συστήματα παραγωγής είναι υπολογιστικά συστήματα που αποτελούνται από ζεύγη καταστάσεων-πράξεων. Οι καταστάσεις περιγράφουν κάποια σύνολα δεδομένων και οι πράξεις δηλώνουν τι πρέπει να γίνει όταν τα σύνολα αυτά παρουσιάζονται στη μνήμη εργασίας.



*Σύνθεση:* Είναι ένας μηχανισμός μάθησης που συνδυάζει ένα σύνολο μεθόδων και τις συνοψίζει σε μία μόνο. Η σύνθεση επιταχύνει τη διαδικασία μάθησης δημιουργώντας νέες στρατηγικές που ενσωματώνουν τις ακολουθίες βημάτων τα οποία χρησιμοποιούνται σ' έναν συγκεκριμένο τομέα επίλυσης προβλημάτων.

*Διαδικαστικοποίηση:* Ο μηχανισμός της διαδικαστικοποίησης αντικαθιστά βαθμιαία τις δηλωτικές πληροφορίες με διαδικαστικές. Ο Anderson (1983) κάνει διάκριση μεταξύ δηλωτικών και διαδικαστικών πληροφοριών, η οποία κατά τη γνώμη του είναι πολύ σημαντική, μιας και καθιστά εφικτή την περιγραφή της διαφοράς μεταξύ της μάθησης γεγονότων και της μάθησης στρατηγικών και διαδικαστικών μεθόδων. Σύμφωνα με τον Anderson, η μάθηση γεγονότων είναι εύκολη, ενώ, αντίθετα, οι νέες στρατηγικές απαιτούν πολύ περισσότερο χρόνο για να καταγραφούν στη μνήμη. «Η διαδικαστική μάθηση αντικαθιστά βαθμιαία την ερμηνευτική εφαρμογή με συστήματα παραγωγής που εκτελούν τη συμπεριφορά έμμεσα. Έτσι, αντί να αποστηθίζουν προφορικά έναν κανόνα και να υπολογίζουν πώς εφαρμόζεται σ' ένα πρόβλημα, οι μαθητές, τελικά, έχουν ένα σύστημα παραγωγής που αναγνωρίζει αμέσως τον κανόνα» (Anderson, 1983). Από τη στιγμή που θα σχηματιστεί μια στρατηγική διαδικασία, βαθμιαία μπορεί να τελειοποιηθεί περισσότερο με τη χρήση μηχανισμών μάθησης που περιγράψαμε προηγουμένως.

*Επισκόπηση:* Ο μηχανισμός αυτός καθιστά εφικτή τη μάθηση μέσω μιας διεργασίας αυτοεξέτασης (Larkin, 1983). Νέοι κανόνες μπορούν να προκύψουν από την επισκόπηση των αποτελεσμάτων μιας προσπάθειας επίλυσης και την καταγραφή σοβαρών κανονικότητων.

*Αναλογία:* Ο μηχανισμός της αναλογικής μάθησης επιτρέπει τη μεταφορά μιας λύσης που αποδείχτηκε αποτελεσματική για ένα πρόβλημα σε μια λύση για ένα παρόμοιο πρόβλημα από τον ίδιο ή από διαφορετικό τομέα. Ο Anderson (1989) περιγράφει ένα μηχανισμό αναλογικής σκέψης που αφορά περιπτώσεις επίλυσης προβλημάτων ή απόκτησης δεξιοτήτων μέσα στο σύστημα παραγωγής PUPS, που

είναι ο θεωρητικός διάδοχος της θεωρίας ACT.<sup>4</sup> Άλλες απόπειρες χρήσης της αναλογίας στα πλαίσια επίλυσης προβλημάτων περιγράφονται στο βιβλίο των Vosniadou και Ortony, 1989.

Μηχανισμοί παρόμοιοι με αυτούς που ήδη περιγράψαμε έχουν ως στόχο την περιγραφή του τρόπου μάθησης που παρατηρείται σε μαθητές γυμνασίων και φοιτητές όταν προσπαθούν να λύσουν προβλήματα Μαθηματικών, Γεωμετρίας, Φυσικής κλπ. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι πληροφορίες αντλούνται συνήθως από ένα εγχειρίδι και χρησιμοποιούνται για την επίλυση προβλημάτων. Ανάμεσα στα φαινόμενα μάθησης που χρειάζεται να περιγραφούν είναι η βαθμιαία αύξηση ταχύτητας και ακρίβειας στις στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων που χρησιμοποιούν οι φοιτητές. Αν κι έχει επιτευχθεί μεγάλη πρόοδος στην κατανόηση μερικών από τους μηχανισμούς που ευθύνονται για τέτοια φαινόμενα, περισσότερη έρευνα απαιτείται για να κατανοήσουμε την ευελιξία που δείχνουν οι άνθρωποι στις απόπειρές τους να επιλύσουν προβλήματα, στην ικανότητά τους να αλλάζουν στόχους, να είναι επίγνοες των επαγωγικών τοιμεθόδων, και στη χρήση αναλογικών συλλογισμών. Τέλος, θα πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη προσοχή στη σχέση μεταξύ των στρατηγικών επεξεργασίας πληροφοριών και των αναπαραστάσεων γνώσεων, και πιο συγκεκριμένα στο ζήτημα που αφορά το πώς οι αλλαγές στρατηγικών σχετίζονται με τις αλλαγές αναπαραστάσεων.

### *Αναπαράσταση Γνώσεων*

Στην αρχική της διατύπωση, η ψυχολογία επεξεργασίας πληροφοριών θεωρούσε το νου ως έναν σειραϊκό επεξεργαστή πληροφοριών. Σύμφωνα μ' αυτή την αντίληψη, προηγούνταν οι βασικές αντιληπτικές διαδικασίες κι ακολουθούσαν οι διαδικασίες της προσοχής. Οι πληροφορίες αποθέτονταν στη βραχύχρονη μνήμη και μετά μεταφέρονταν στη μνήμη μακράς διάρκειας. Η υπόθεση, όμως, ότι ο ανθρω

---

4. Υπολογιστικές θεωρίες συστημάτων παραγωγής που έχει αναπτύξει ο Jo Anderson.

πινος νους επεξεργάζεται τις πληροφορίες κατά έναν σειραϊκό τρόπο (πρώτα τη μια πληροφορία, εν συνεχεία την άλλη κ.ο.κ.), δε συμφωνεί με πλήθος ευρημάτων της Ψυχολογίας που δείχνουν ότι οι γνωσιακές πράξεις επηρεάζονται όχι μόνο από τη φύση των αντιληπτικών ερεθισμάτων αλλά και από τη φύση των προσδοκιών των ατόμων, τις προηγούμενες γνώσεις τους, τις περασμένες εμπειρίες κ.τ.λ. Κατά τα μέσα της δεκαετίας του '70, η γνωσιακή δραστηριότητα θεωρήθηκε ότι αποτελείται από παράλληλες αλληλεπιδρώσες διαδικασίες που προέρχονται και από τα «κάτω προς τα πάνω» και το αντίθετο (Neisser, 1976).

Για να περιγράψουν επαρκέστερα τις από «πάνω προς τα κάτω» διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της γνωσιακής δραστηριότητας, ιδιαίτερα όπως μια τέτοια δραστηριότητα εκδηλώνεται κατά τις συνήθως ασαφείς και δύσκολα οριζόμενες περιστάσεις της καθημερινής σκέψης, οι γνωσιακοί ψυχολόγοι άρχισαν να εξετάζουν τον τρόπο με τον οποίο οι γνώσεις αναπαριστώνται στη μνήμη μακράς διάρκειας. Το ζήτημα της αναπαράστασης των γνώσεων είναι ακανθώδες, και οι γνωσιακοί ψυχολόγοι έχουν πειραματιστεί με διάφορες εκδοχές στην προσπάθειά τους να βρουν έναν τρόπο για να περιγράψουν τα πολύπλοκα και ποικίλα φαινόμενα που χαρακτηρίζουν τη νοητική λειτουργία του ανθρώπου. Στο τμήμα που ακολουθεί θα περιγράψω μερικές από αυτές τις προτάσεις.

### *Έννοιες και Εννοιολογικές Δομές*

Θεωρείται ότι οι άνθρωποι διαιρούν τον κόσμο σε έννοιες που είναι οργανωμένες σε μεγαλύτερες εννοιολογικές δομές. Μια από τις παλαιότερες προτάσεις σχετικά με τη φύση των εννοιών, γνωστή ως η *κλασική άποψη*, περιγράφει τις έννοιες με βάση ένα σύνολο αναγκαίων και καθοριστικών ιδιοτήτων που ορίζουν λεπτομερώς ποια παραδείγματα ανήκουν σε μια συγκεκριμένη εννοιολογική κατηγορία και ποια όχι. Η άποψη αυτή δέχτηκε κριτική και σε θεωρητική και σε εμπειρική βάση (βλ. Smith & Medin, 1981). Πιο πρόσφατες απόψεις υποστηρίζουν ότι οι έννοιες είναι οργανωμένες γύρω από

ορισμένα πρωτοτυπικά ή χαρακτηριστικά στοιχεία, αν και φαίνεται ότι υπάρχει μεγάλη ποικιλομορφία στην οργάνωση της ίδιας έννοιας από άτομο σε άτομο, ή και στο ίδιο το άτομο, όταν χρησιμοποιούνται διαφορετικά έργα.

Θεωρείται ότι οι έννοιες είναι οργανωμένες στη μνήμη μακράς διαρκείας υπό μορφή ιεραρχικών δομών, όπου κάποιες έννοιες είναι υπερκείμενες, εμπεριέχοντας άλλες έννοιες, ενώ άλλες είναι υποκείμενες. Οι γνωσιακοί ψυχολόγοι έχουν καταγράψει διάφορα είδη αλλαγών που μπορεί να προκύψουν σε τέτοιες εννοιολογικές δομές ως αποτέλεσμα μάθησης. Το απλούστερο είδος αλλαγών είναι η προσθήκη ή η αφαίρεση χαρακτηριστικών ή ιδιοτήτων από μια έννοια (Keil, 1989). Πιο πολύπλοκα είδη αλλαγών είναι αυτά κατά τα οποία προστίθενται ή αφαιρούνται σχέσεις μεταξύ των εννοιών ή συμβαίνουν αλλαγές στην ιεραρχική οργάνωση των εννοιών σε μια εννοιολογική ιεραρχία. Για παράδειγμα, οι Chi, Feltovich και Glaser (1981) περιέγραψαν τις διαφορές στις γνωσιακές δομές αρχαρίων και ειδημόνων φυσικών. Σύμφωνα με την περιγραφή αυτή, επέρχεται μια δομική αναδιοργάνωση, με αποτέλεσμα αυτό που είναι υπερκείμενη κατηγορία για τον αρχάριο να γίνεται βασική κατηγορία για τον ειδήμονα. Πιο πρόσφατα, μερικά πιο ριζοσπαστικά είδη εννοιολογικών αλλαγών έχουν προστεθεί στον κατάλογο, κι αυτά κάνουν λόγο για μετακίνηση από έναν εννοιολογικό τομέα σ' έναν άλλο (άποψη γνωστή ως *διακλάδωση δέντρου* και *αλλαγή δέντρου*) (Thagard, 1992) ή από μια οντολογική κατηγορία σε μιαν άλλη (Chi, Slotta, de Leeuw, 1994). Στόχος των τελευταίων αυτών τύπων αλλαγών είναι να χαρακτηρίσουν τις περιπτώσεις ριζικής αναθεώρησης θεωριών που παρατηρούνται στην ιστορία της επιστήμης ή στις διαφορές μεταξύ αρχαρίων και ειδημόνων.

### *Σχήματα*

Μια άλλη πρόταση σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι έννοιες είναι οργανωμένες στη μνήμη είναι η θεωρία περί σχημάτων (Schanl & Abelson, 1977· Rumelhart & Ortony, 1977). Τα σχήματα στοχεύουν

στην καταγραφή των παραγωγικών γνώσεων που μπορούν να εφαρμοστούν σε πολλές συγκεκριμένες περιστάσεις. Υπάρχουν διάφορα είδη σχημάτων (π.χ. σενάρια, σκηνές, σχέδια, πλαίσια κ.τ.λ.), αλλά όλα έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά, όπως ότι αποτελούνται από μεταβλητές που μπορούν να πάρουν διάφορες τιμές. Για παράδειγμα, το σενάριο είναι το είδος του σχήματος που περιέχει την ακολουθία ενεργειών στις οποίες κάποιος προβαίνει όταν εκτελεί ορισμένες καθημερινές πράξεις, όπως το να πάει σ' ένα εστιατόριο. Σ' ένα σενάριο οι σχέσεις είναι οι ποικίλες ενέργειες, όπως το να περπατάς ή να κάθεται. Οι μεταβλητές ρόλων παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τους διάφορους ρόλους ενός σεναρίου εστιατορίου, όπως είναι ο ταμίας και ο σερβιτόρος. Ένα σενάριο μπορεί να περιέχει υποσχήματα που διασαφηνίζουν πώς συγγενικές ενέργειες ή συμβάντα σχετίζονται μ' ένα σενάριο (Schank & Abelson, 1977). Μ' αυτό τον τρόπο είναι δυνατό να δημιουργήσουμε δομές που χαρακτηρίζουν τις υποστρωματικές γνώσεις των ανθρώπων για πολλές στερεότυπες καταστάσεις.

Οι σχηματοειδείς δομές αποδεικνύεται ότι μπορούν να περιγράψουν καλύτερα τις διαδικασίες που έχουν κατεύθυνση από πάνω προς τα κάτω, και που συνεχίζονται όταν οι άνθρωποι ερμηνεύουν πληροφορίες προερχόμενες από το εξωτερικό περιβάλλον. Επίσης αποδεικνύεται ότι μπορούν να εξηγήσουν με μεγαλύτερη επιτυχία τα σφάλματα που γίνονται συχνά σε τέτοιες περιπτώσεις. Ακόμη, τα σχήματα μπορεί να εξηγήσουν πώς οι άνθρωποι απαλλάσσουν το γνωσιακό τους σύστημα από την ανάγκη να αναλύσει όλες τις πλευρές μιας οπτικής σκηνής σε περιστάσεις καθημερινές, όπου υπάρχουν πολλές προσδοκίες σχετικά με το τι πρόκειται να δουν. Ένα μειονέκτημα όμως της θεωρίας περί σχημάτων είναι η ακαμψία της. Οι άνθρωποι καλούνται συχνά να αντιμετωπίσουν μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα απροσδόκητες καταστάσεις ή καταστάσεις για τις οποίες δεν υπήρχε προηγουμένως κάποιο σχήμα.

Δεν είναι σαφές πώς αποκτώνται αρχικά τα σχήματα, υποτίθεται όμως πως αυτό επιτυγχάνεται μέσω μιας επαγωγικής διαδικασίας από καθημερινές εμπειρίες. Η αναλογία, επίσης, είναι ένας μη-

χανισμός που μπορεί να εξηγήσει τη δημιουργία ενός νέου σχήματος από ένα παλαιό (Vosniadou, 1989· Vosniadou & Ortony, 1989). Ένας από τους τρόπους με τους οποίους μπορούμε να μάθουμε νέα σχήματα είναι όταν η δημιουργία ενός νέου σχήματος στη μνήμη εργασίας για να αντιμετωπίσει καταστάσεις της καθημερινής ζωής εναποτίθεται στη μνήμη μακράς διαρκείας και συνδέεται με τα υπάρχοντα σχήματα. Το σχήμα αυτό μπορεί έπειτα να χρησιμεύσει ως ένα νέο, πιο συγκεκριμένο σχήμα. Ένα αντικείμενο αναγνωρίζεται ευκολότερα τη δεύτερη φορά αν το σχήμα του ταιριάζει με την αναπαράσταση του αντικειμένου στη μνήμη εργασίας.

Το είδος μάθησης που μπορεί να επιτευχθεί μέσα στα πλαίσια της θεωρίας σχημάτων έχει περιγραφεί από τους Rumelhart και Norman (1977) με βάση τις έννοιες της *επαύξησης*, της *ρύθμισης* και της *αναδιοργάνωσης*. Η επαύξηση αναφέρεται στις αλλαγές που συμβαίνουν στα υπάρχοντα σχήματα με τη βαθμιαία συσσώρευση πληροφοριών. Η ρύθμιση περιγράφει τα είδη των αλλαγών που βελτιώνουν την ακρίβεια ενός σχήματος με τη συνεχή χρήση, όπως είναι η γενίκευση ή ο περιορισμός της εφαρμοσιμότητας ενός σχήματος ή ο καθορισμός των ορίων εφαρμογής του. Η αναδιοργάνωση αναφέρεται στις αλλαγές της δομής ενός σχήματος ή στη δημιουργία νέων σχημάτων που περιγράφουν νέες πληροφορίες ή ερμηνεύουν παλαιές με διαφορετικό τρόπο.

Η ιδέα της αναδιοργάνωσης έχει γίνει αντικείμενο περαιτέρω επεξεργασίας από τους Vosniadou και Brewer (1987), που κάνουν διάκριση μεταξύ ασθενούς αναδιοργάνωσης και ριζικής αναδιοργάνωσης. Η ασθενής αναδιοργάνωση έχει περιγραφεί με βάση τις αλλαγές στη δομή σχέσεων ενός σχήματος ή με βάση τη δημιουργία αφηρημένων σχημάτων – σχέσεων που δεν υπήρχαν προηγουμένως (Chi, Feltovich & Glaser, 1981· Chi, Glaser & Rees, 1982).

Σύμφωνα με την άποψη περί ριζικής αναδιοργάνωσης, οι γνώσεις αναπαριστώνται σε δομές που έχουν τη μορφή θεωριών αντίθετα από τις δομές που έχουν τη μορφή σχημάτων (Carey, 1985· Murphy & Medin, 1985). Η άποψη αυτή περιγράφει τη ριζική αναδιοργάνωση ως μια διαδικασία αλλαγής θεωρίας. Έτσι, συγκρινόμενος με

τον ειδήμονα, ο αρχάριος δε διαθέτει απλώς ένα λιτό σχήμα αλλά μια διαφορετική θεωρία – διαφορετική όσον αφορά τη δομή της, τις ατομικές έννοιές της και το είδος των φαινομένων που εξηγεί. Μερικοί ερευνητές που υποστηρίζουν αυτή τη θέση επισημαίνουν τις αντιστοιχίες μεταξύ των θεωρητικών αλλαγών που εντοπίζονται στην ιστορία των επιστημών και των αλλαγών στις θεωρίες των ατόμων καθώς αυτά αποκτούν γνώσεις σ' έναν γνωστικό τομέα (Kuhn, 1977).

### *Θεωρίες*

Οι περισσότεροι ερευνητές που περιγράφουν τις δομές γνώσεων ως «θεωρίες» δεν εννοούν με τον όρο αυτό επιστημονικές θεωρίες, αλλά αναφέρονται σε επεξηγηματικές δομές, προϊόντα του κοινού νου, οι οποίες εξηγούν με τρόπο αιτιακό ορισμένα φαινόμενα. Η αντίληψη ότι οι δομές γνώσεων μοιάζουν με *θεωρίες* διαφέρει από την αντίληψη ότι αυτές μοιάζουν με *σχήματα* στο ότι μας παρέχει ένα αιτιακό εξηγητικό πλαίσιο, εντός του οποίου μπορεί να κατανοηθούν τα φαινόμενα που περιγράφει. Τα σχήματα είναι απλές περιγραφικές δομές.

Η ιδέα ότι οι γνωσιακές δομές μπορεί να περιγραφούν ως θεωρίες προέρχεται από δύο σχετικά ανεξάρτητες πηγές. Από τη μια μεριά είναι μια απόπειρα των ψυχολόγων που μελετούν τους τρόπους απόκτησης εννοιών να περιγράψουν πώς οι έννοιες οργανώνονται σε πιο πολύπλοκες κατηγορίες, εφόσον έχει αποδειχθεί ότι οι προτάσεις που βασίζονται στην ομοιότητα δεν μπορούν να εξηγήσουν πώς ένα άτομο αποφασίζει ποιες περιπτώσεις θα ενταχθούν σε μια κατηγορία και ποιες όχι (π.χ. Rips, 1989) ούτε μπορούν να εξηγήσουν ικανοποιητικά το φαινόμενο της εννοιολογικής συνοχής (Murphy & Medin, 1985· Medin & Wattenmaker, 1987).

Η δεύτερη πηγή βρίσκεται στις προσπάθειες των αναπτυξιακών ψυχολόγων που προσπαθούν να περιγράψουν διάφορες πτυχές της εξελισσόμενης σκέψης του παιδιού, και καλούνται να εξηγήσουν φαινόμενα όπως είναι η ικανότητα των παιδιών να υπερβαίνουν τις

φαινομενικές τους εμπειρίες (π.χ. Keil, 1994· Wellman & Gelman, 1992), η ικανότητά τους να σχηματίζουν υποθέσεις που ανθίστανται στις αντίθετες μαρτυρίες, και η ύπαρξη πυρήνων εξηγητικών πεποιθήσεων που εμφανίζονται σε πρόωμη ηλικία και οι οποίες, αργότερα, λειτουργούν περιοριστικά στη μάθηση (Vosniadou, 1994).

Αν θεωρήσουμε τις δομές γνώσεων ως «θεωρίες», τότε η μάθηση μπορεί να ιδωθεί είτε ως το προϊόν εμπλουτισμού μιας θεωρίας είτε ως το προϊόν αναδιοργάνωσης μιας θεωρίας, όπως ήδη αναφέραμε. Ένα σημαντικό ερώτημα αφορά το πώς αποκτώνται οι δομές που μοιάζουν με θεωρίες. Πώς εμφανίζονται αυτά τα εξηγητικά συστήματα; Μέχρι τώρα οι αναπτυξιακοί ψυχολόγοι υπέθεταν ότι τα παιδιά, αρχικά, σχηματίζουν άναρχα συμπλέγματα εννοιών με επαγωγικό τρόπο, βασιζόμενα στη φαινομενική ομοιότητα (π.χ. Inhelder & Piaget, 1964· Bruner, Oliver & Greenfield, 1966· Vygotsky, 1986). Το πρόβλημα με τέτοιες εμπειρικές προσεγγίσεις εντοπίζεται στο αν μπορούν να εξηγήσουν ικανοποιητικά πώς «αφηρημένα» επεξηγηματικά συστήματα, που βασίζονται σε αρχές, αναδύονται από συμπλέγματα εννοιών που διέπονται από τους νόμους του συνειρμού των ιδεών και βασίζονται μόνο στη φαινομενική ομοιότητα.

Μια λύση του παραπάνω προβλήματος είναι να υποθέσουμε ότι από την αρχή η βάση γνώσεων αποτελείται από επεξηγηματικό πλαίσια που έχουν τη δομή θεωρίας. Η πρόταση αυτή έχει πάρει διάφορες μορφές. Μερικοί αναπτυξιακοί ψυχολόγοι υποστηρίζουν ότι τα νήπια είναι εφοδιασμένα με βιολογικά προκαθορισμένους περιορισμούς ή αρχές που κατευθύνουν την πορεία εξέλιξης (π.χ. Spelke 1991). Άλλοι πιστεύουν ότι τα μικρά παιδιά έχουν βιολογικά βασισμένες προδιαθέσεις να οικοδομούν διαισθητικές θεωρίες που έπειτα διαφοροποιούνται και αναδιοργανώνονται (Carey, 1985· Vosniadou, 1994).

### *Νοητικά Μοντέλα*

Τα νοητικά μοντέλα είναι αναλογικές αναπαραστάσεις που διατηρούν τη δομή αυτού που αναπαριστούν. Ως τέτοια, είναι παραγωγι



κά και δυναμικά υπό την έννοια ότι μπορούν να χρησιμεύσουν ως βάση για την οικοδόμηση εξηγήσεων φαινομένων. Η έννοια του νοητικού μοντέλου έχει χρησιμοποιηθεί με δύο διαφορετικούς τρόπους. Μερικοί ερευνητές θεωρούν τα νοητικά μοντέλα ως μια μορφή γνωσιακής δομής, μια πρόταση για το πώς οι γνώσεις οργανώνονται και αποθηκεύονται στη μνήμη (π.χ. Gertner & Stevens, 1983). Άλλοι ερευνητές τα θεωρούν ως μεταβατικές αναπαραστάσεις που σχηματίζονται στη στιγμή για να αντιμετωπιστούν συγκεκριμένες καταστάσεις (π.χ. Johnson-Laird, 1983· Holland et al., 1989· Vosniadou, 1994· Vosniadou & Brewer, 1992, 1994). Σύμφωνα μ' αυτή την άποψη, ένα νοητικό μοντέλο είναι μια νοητική αναπαράσταση που σχηματίζεται επιτόπου για να βοηθήσει το άτομο να αντεπεξέλθει στις υπονοούμενες απαιτήσεις και προσδοκίες συγκεκριμένων καταστάσεων.

Παρά τη μεταβατική τους φύση, τα νοητικά μοντέλα μπορούν να μας δώσουν σημαντικές πληροφορίες για τις υποκείμενες εννοιολογικές δομές που τα περιορίζουν. Οι Vosniadou και Brewer (1992, 1994· βλ. επίσης Morik & Vosniadou, 1996) έχουν δείξει ότι οι μαθητές του Δημοτικού σχολείου απαντούν σε ερωτήσεις για το σχήμα της Γης και τον κύκλο της μέρας/νύχτας μ' έναν τρόπο που είναι συνεπής μ' έναν μικρό αριθμό παραγωγικών νοητικών μοντέλων που ορίζονται με σχετική σαφήνεια. Αν εξετάσουμε προσεκτικά αυτά τα παραγωγικά νοητικά μοντέλα, θα δούμε ότι αποκαλύπτουν σοβαρές κανονικότητες στην υποκείμενη βάση γνώσεων. Για παράδειγμα, τα νοητικά μοντέλα της Γης που έχουν οι μαθητές Δημοτικού φαίνεται ότι περιορίζονται από δύο προϋποθέσεις: σύμφωνα με τη μία, ο χώρος είναι οργανωμένος με βάση την κατεύθυνση «πάνω/κάτω» σε σχέση μ' ένα επίπεδο έδαφος, ενώ σύμφωνα με την άλλη τα αντικείμενα που δε στηρίζονται πέφτουν «προς τα κάτω».

Από τη σκοπιά μιας θεωρίας μάθησης, τα νοητικά μοντέλα είναι σημαντικά επειδή είναι το σημείο όπου οι καινούργιες πληροφορίες ενσωματώνονται στο γνωσιακό σύστημα, και ως εκ τούτου αντιπροσωπεύουν μια μείζονα πηγή γνωσιακής αλλαγής στις υπάρχουσες δομές γνώσεων. Τα νοητικά μοντέλα μπορούν να αλλάξουν με δια-

φόρους τρόπους ως αποτέλεσμα της μάθησης. Ένα είδος αλλαγής αφορά αλλαγές στο ίδιο το νοητικό μοντέλο κι όχι στις υποκείμενες δομές που το περιορίζουν. Μερικά μαθησιακά φαινόμενα, όπως η δημιουργία παρανοήσεων και αντιφάσεων, μπορεί να θεωρηθούν σαν απόπειρες να ενσωματωθούν οι εισερχόμενες πληροφορίες σ' ένα νοητικό μοντέλο που ήδη υπάρχει χωρίς αλλαγή ή με μικρή αλλαγή των υποκείμενων προϋποθέσεων που το περιορίζουν (Vosniadou, 1994). Ριζικότερες όμως αλλαγές στα νοητικά μοντέλα απαιτούν αλλαγές στις υποκείμενες δομές γνώσεων. Για παράδειγμα, η δημιουργία ενός νοητικού μοντέλου μιας σφαιρικής Γης που περιβάλλεται από διάστημα και κατοικείται από ανθρώπους που ζουν γύρω-γύρω στην εξωτερική της επιφάνεια απαιτεί από τα παιδιά να αναθεωρήσουν τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνονται τη βαρύτητα. Δηλαδή, πρέπει να αλλάξουν την ιδέα ότι τα αντικείμενα που δε στηρίζονται πέφτουν προς τα «κάτω» με την ιδέα ότι τα αντικείμενα που δε στηρίζονται πέφτουν προς το κέντρο της σφαιρικής Γης (Vosniadou & Brewer, 1992).

### *Ανακεφαλαίωση*

Οι γνωσιακοί ψυχολόγοι έχουν κάνει πολλές προτάσεις για την οργάνωση και αναπαράσταση των γνώσεων και τις αλλαγές τους που αποτελούν προϊόν μάθησης. Μερικές από αυτές τις προτάσεις είναι *συντακτικές*, αφού πρώτιστα ενδιαφέρονται για την οργάνωση των εννοιολογικών δομών, ενώ άλλες είναι *σημασιολογικές*, με την έννοια ότι προσπαθούν να περιγράψουν τις εξηγήσεις, τις απόψεις, τις προϋποθέσεις και θεωρίες που βρίσκονται πίσω από τις έννοιες. Οι δύο προσεγγίσεις δεν είναι κατ' ανάγκη αλληλοαναιρούμενες. Όμως απαιτείται πολύ περισσότερη έρευνα για να δείξουμε πώς σχετίζονται τα δύο αυτά επίπεδα περιγραφής και για να τα συνδυάσουμε σ' ένα ενοποιημένο πλαίσιο.

Ένα άλλο θέμα αφορά την ιδέα των μεταβατικών νοητικών αναπαραστάσεων. Υποστήριξα ότι μπορεί να υπάρχουν σαφή πλεονεκτήματα στη διάκριση μεταξύ μιας εύκαμπτης, μεταβατικής αναπα-

ράστασης και μονιμότερων γνωστικών δομών στη μνήμη μακράς διάρκειας. Η ιδέα ότι ένα νοητικό μοντέλο κατασκευάζεται επιτόπου για να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις συγκεκριμένων καταστάσεων αποφεύγει τη δυσκαμψία, που είναι χαρακτηριστικό των σχημάτων και μπορεί να εξηγήσει πώς οι άνθρωποι χρησιμοποιούν προηγούμενες γνώσεις για να αντιμετωπίσουν νέες καταστάσεις. Μπορεί επίσης να εξηγήσει πώς η μεταβλητή της κατάσταση επηρεάζει τον τρόπο επίλυσης προβλημάτων (ένα ζήτημα το οποίο θα συζητηθεί αργότερα).

### *Η Γνωσιακή Ψυχολογία υπό Αμφισβήτηση*

Η Γνωσιακή Ψυχολογία και το κυρίαρχο παράδειγμά της –το παράδειγμα επεξεργασίας πληροφοριών– ανάγει την καταγωγή της στην αναλογία του νου ως ηλεκτρονικού υπολογιστή. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής χρησιμοποιήθηκε ως μοντέλο μελέτης της σκέψης στα πλαίσια της Γνωσιακής Ψυχολογίας. Η αναλογία του νου με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή νομιμοποίησε την επιστροφή στο νοητισμό κι έδωσε μια λύση στο πρόβλημα του δυϊσμού.

Ο μιχεβιορισμός, με την άρνησή του των νοητικών φαινομένων, αποτέλεσε την πιο ριζική αντιμετώπιση του προβλήματος της εύρεσης ενός αντικειμενικού κι επιστημονικού τρόπου μελέτης του νου. Κατά το τέλος της δεκαετίας του '50, έγινε φανερό ότι ο μιχεβιορισμός έπρεπε να αντικατασταθεί με πιο πολύπλοκες και δυναμικές θεωρίες που δεν απέφευγαν την ενασχόληση με νοητικά φαινόμενα. Η ιδέα ότι η σχέση νου και σώματος μπορεί να θεωρηθεί ως το ανάλογο της σχέσης του προγράμματος (software) με το hardware ενός υπολογιστή απομάκρυνε σε μεγάλο βαθμό το μυστήριο από τα νοητικά φαινόμενα και νομιμοποίησε τη μελέτη τους. Όπως μια μηχανή σαν τον υπολογιστή μπορεί να κατευθύνεται από προγράμματα που δεν έχουν σχέση με τη μηχανή αυτή καθαυτή, έτσι και ο εγκέφαλος είναι δυνατό να κατευθύνεται από το νου.

Από την αρχή, η σχέση μεταξύ Γνωσιακής Ψυχολογίας και υπολογιστών υπήρξε ιδιαίτερα στενή. Τα αποτελέσματα των εμπειρικών

ερευνών στη Γνωσιακή Ψυχολογία χρησίμευσαν ως βάση πάνω στην οποία οι γνωσιακοί επιστήμονες έχτισαν υπολογιστικά μοντέλα της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Με τη σειρά τους, τα υπολογιστικά μοντέλα που πρότειναν οι γνωσιακοί επιστήμονες διαμόρφωσαν τον τρόπο με τον οποίο πολλοί γνωσιακοί ψυχολόγοι αντιλαμβάνονταν τα νοητικά φαινόμενα, συμπεριλαμβανομένης της μάθησης.

Ενώ η αναλογία του ηλεκτρονικού υπολογιστή αποδείχθηκε εξαιρετικά γόνιμη για την παραγωγή υποθέσεων σχετικά με το πώς λειτουργεί ο ανθρώπινος νους, ένα μεγάλο μέρος της εξέλιξης της Γνωσιακής Ψυχολογίας μπορεί να περιγραφεί ως η διόρθωση εσφαλμένων αναλογικών μεταφορών μεταξύ των δύο αυτών ειδών συστημάτων. Ένα παράδειγμα είναι η αρχική υπόθεση ότι ο νους είναι ένας σειραϊκός επεξεργαστής πληροφοριών και η έμφαση σε συντακτικές μάλλον παρά σε σημασιολογικές ή πραγματιστικές προσεγγίσεις της γνώσης. Η χρήση του υπολογιστή ως μοντέλου για να περιγραφεί ο ανθρώπινος νους είχε ως συνέπεια να παραμεληθούν τα κίνητρα και τα συναισθήματα ως παράγοντες που επηρεάζουν την ανθρώπινη συμπεριφορά, να δοθεί έμφαση στις ατομικές εσωτερικές αναπαραστάσεις και διεργασίες, να υποβαθμιστεί ο ρόλος του κοινωνικού και πολιτισμικού πλαισίου, να εκλείψει το ενδιαφέρον για τα χαρακτηριστικά των βιολογικών συστημάτων και για τη νευροβιολογία του εγκεφάλου, και να επικρατήσει η αντίληψη ότι υπάρχει μια ενιαία θεωρία μάθησης. Μερικά από αυτά τα ζητήματα συζητούνται στα επόμενα Κεφάλαια.

### *Είναι Δυνατή μια Ενιαία Θεωρία Μάθησης;*

Μια βασική αρχή του παραδείγματος επεξεργασίας πληροφοριών είναι ότι υπάρχει ένα ενιαίο γνωσιακό σύστημα που βρίσκεται πίσω από όλες τις υψηλές νοητικές διεργασίες. Η αποδοχή της ιδέας ότι υπάρχει ένα ενιαίο γνωσιακό σύστημα δε σημαίνει άρνηση της πιθανότητας ύπαρξης εξειδικευμένων συστημάτων επεξεργασίας πληροφοριών. Ο ισχυρισμός είναι ότι όλα τα πιθανά υποσυστήματα αυτού του είδους μπορούν να εξηγηθούν από ένα σύνολο κοινών αρχών

που βρίσκονται πίσω από κάθε γνωσιακή δραστηριότητα κι εφαρμόζονται εξίσου καλά σε διαφορετικούς τομείς, όπως η γλώσσα, τα μαθηματικά, η μουσική, η οπτική μάθηση (Anderson, 1983· Newell & Simon, 1972). Σύμφωνα με τον Anderson (1983), «η ενιαία θεωρία βρήκε μια σημαντική αναλογία στον σύγχρονο ηλεκτρονικό υπολογιστή γενικής χρήσης και, πράγμα που ίσως είναι πιο σημαντικό, στις συμβολικές προγραμματιστικές γλώσσες, που έδειξαν πώς ένα μοναδικό σύνολο αρχών μπορεί να εφαρμοστεί σε μια μεγάλη ακτίνα υπολογιστικών έργων. Επίσης, έγινε σαφές ότι το σύνολο των υπολογιστικών λειτουργιών ήταν απεριόριστο, πράγμα που σημαίνει ότι οι γενικές αρχές επεξεργασίας ήταν αρκετές για να καλύψουν ένα ευρύ φάσμα έργων. Δεν είχε κανένα νόημα να δημιουργήσουμε ένα ειδικό σύστημα για καθεμιά επιμέρους λειτουργία που θα μπορούσε να επινοηθεί» (σ. 2).

Μια αμφισβήτηση της ενιαίας θεωρίας εκδηλώθηκε πρόσφατα, και είναι γνωστή ως η *άποψη περί εξειδίκευσης ανά τομείς* (domain specificity). Ο Chomsky (1988) έχει διατυπώσει μερικές από τις πιο γνωστές περιγραφές της άποψης περί εξειδικευμένων τομέων. Σύμφωνα με αυτή την περιγραφή, ο νους αποτελείται από ξεχωριστά συστήματα (το οπτικό σύστημα, το γλωσσικό σύστημα, το αριθμητικό σύστημα), καθένα από τα οποία έχει τις δικές του μοναδικές αρχές που καθορίζουν τη λειτουργία του. Αυτές οι αρχές δεν μπορεί να θεωρηθούν προϊόντα της λειτουργίας ενός γενικού μηχανισμού μάθησης. Η κυρίαρχη αναλογία που χρησιμοποιείται απ' όσους μιλούν για ειδικούς τομείς είναι, προφανώς, όχι η αναλογία νου-ηλεκτρονικού υπολογιστή, αλλά η αναλογία σύμφωνα με την οποία οι λειτουργίες του νου συγκρίνονται με τις λειτουργίες των σωματικών οργάνων. Το αριθμητικό σύστημα ή το γλωσσικό σύστημα μπορούν να θεωρηθούν ως *νοητικά όργανα*, παρομοιαζόμενα με σωματικά όργανα όπως η καρδιά και το συκώτι, καθένα από τα οποία λειτουργεί με τον δικό του μοναδικό τρόπο.

Μια παραλλαγή της άποψης που κάνει λόγο για εξειδίκευση κατά τομείς είναι και η *άποψη που μιλάει για μονάδες* (modules) (Fodor, 1983), και η οποία εστιάζεται στην εξειδίκευση της αρχιτε-

κτονικής του γνωσιακού συστήματος. Σύμφωνα με τον Fodor, ο νους αποτελείται από διάφορες αρχιτεκτονικές μονάδες (π.χ. για την αντίληψη χρωμάτων, αναγνώριση προσώπων, ήχων, ανάλυση σχημάτων, και άλλα), που καταγράφουν και αναπαριστούν με ξεχωριστούς τρόπους τις πληροφορίες για τις διάφορες πλευρές του κόσμου.

Η άποψη που κάνει λόγο για εξειδίκευση κατά τομείς και για μονάδες της Γνωσιακής Αρχιτεκτονικής αποτελεί μια ενδιαφέρουσα πρόκληση για τη Γνωσιακή Ψυχολογία, κι έχει κάνει τους γνωσιακούς ψυχολόγους πιο επιφυλακτικούς στις γενικεύσεις σχετικά με τις διαδικασίες μάθησης που λαμβάνουν χώρα σε τομείς που μπορεί να θεωρηθούν ως διαφορετικά εξειδικευμένοι. Από την άλλη, όμως, υπάρχουν σοβαρά θεωρητικά προβλήματα που αναμένουν τη λύση τους και που επικεντρώνονται στο ερώτημα του πώς ορίζεται ένας τομέας. Πρέπει να θεωρηθούν οι τομείς προϊόν μηχανισμών μάθησης έμφυτα κατευθυνόμενων και συνδεδεμένων με ιδιαίτερα είδη συμπεριφοράς που είναι αποτέλεσμα βιολογικής εξέλιξης των μελών του ανθρώπινου είδους; Ή οι τομείς πρέπει να διαφοροποιηθούν με βάση ορισμένους περιβαλλοντικούς περιορισμούς που καθορίζουν τη σχέση τους με τον εξωτερικό κόσμο; Ποια είναι η καταγωγή και η φύση των συγκεκριμένων τομέων γνώσεων στους οποίους έχουν εξελιχθεί οι επιστήμες; Πώς μπορούμε να περιγράψουμε την εξέλιξη εξειδικευμένων γνώσεων σε τομείς τεχνητών δεξιοτήτων, όπως είναι το σκάκι ή οι γνώσεις σχετικά με δεινόσαυρους – γνώσεις που δεν μπορούν να εξηγηθούν με βάση βιολογικούς περιορισμούς;

### *Μάθηση χωρίς Κανόνες*

Ωθούμενοι από την επιθυμία να αναπαραστήσουν υπογνωσιακές διαδικασίες που δε βασίζονται σε κανόνες (Hofstadter, 1985), τα τελευταία χρόνια διάφοροι επιστήμονες έχουν προτείνει τα λεγόμενα διασυνδεδεστικά μοντέλα της ανθρώπινης γνωσιακής διαδικασίας. Τα διασυνδεδεστικά μοντέλα περιγράφουν τις νοητικές διαδικασίες ως ενεργοποιημένους σχηματισμούς που ορίζονται πάνω στους κόμ

βους ενός πυκνού δικτύου αλληλεξαρτήσεων (Hinton & Anderson, 1981· ομάδα PDP, 1986). Οι κόμβοι είναι στοιχειώδεις ενότητες που δε συνδέονται άμεσα με συγκεκριμένες έννοιες. Οι πληροφορίες μεταβιβάζονται όχι από τις επιμέρους ενότητες αλλά από τις στατιστικές ιδιότητες ενεργοποιημένων διασχηματοποιήσεων που περιλαμβάνουν συλλογές ενοτήτων. Μια επιμέρους ενότητα συνήθως παίζει κάποιο ρόλο στην αναπαράσταση πολλών αποσπασμάτων γνώσεων. Με τον τρόπο αυτό, η αναπαράσταση των γνώσεων είναι παράλληλη και κατανεμημένη σε πολλές ενότητες.

Σ' ένα διασυνδεδασικό μοντέλο, ο ρόλος μιας ενότητας, στις νοητικές διεργασίες, ορίζεται από την ισχύ των διασυνδέσεών της με άλλες ενότητες. Μ' αυτή την έννοια, «η γνώση βρίσκεται στις συνδέσεις», όπως αρέσκονται να λένε όσοι υιοθετούν αυτή τη θεωρία, παρά σε στατικές και μονολιθικές αναπαραστάσεις εννοιών. Ιδωμένη μέσα από αυτό το πλαίσιο, η μάθηση δεν είναι τίποτ' άλλο από την αναθεώρηση της ισχύος των συνδέσεων μεταξύ των ενοτήτων. Τα διασυνδεδασικά συστήματα διαφέρουν από τα συστήματα παραγωγής στο ότι δε μαθαίνουν κανόνες, αν και μπορούν να μάθουν το ισοδύναμο κανόνων. Αυτό μπορούν να το καταφέρουν με την ίδρυση νέων τύπων ενεργοποιημένων διασχηματοποιήσεων σε σύνολα ενοτήτων μέσω διαδικασιών αναθεώρησης. Αυτό που έχουμε σε τέτοια συστήματα δεν είναι ένας σαφής κανόνας παραγωγής, αλλά μια υπονοούμενη παραγωγή νέων «κανόνων» που προκύπτουν από την αναθεώρηση της ισχύος ενός μεγάλου συνόλου συνδέσεων που ήδη υπάρχουν. Οι υποστηρικτές του διασυνδεδασισμού (connectionism) πιστεύουν ότι η δική τους εξήγηση είναι πολύ καλύτερη από τις προηγούμενες διότι είναι αυταπάτη να νομίζουμε ότι η ανθρώπινη συμπεριφορά βασίζεται σε κανόνες (βλ. Anderson & Hinton, 1981· Hinton & Anderson, 1981).

Για μερικούς γνωσιακούς ψυχολόγους δεν υπάρχει αντίφαση μεταξύ των συστημάτων που βασίζονται σε κανόνες και των διασυνδεδασικών συστημάτων. Σύμφωνα με τον Anderson (1983), τα συστήματα παραγωγής και τα διασυνδεδασικά συστήματα αποτελούν μοντέλα της γνωσιακής δραστηριότητας σε διαφορετικά επίπεδα περιγρα-

φής. «Ακριβώς όπως υπάρχουν γλώσσες υπολογιστών ανωτέρου και κατώτερου επιπέδου (ένα πρόγραμμα σε μια υψηλού επιπέδου γλώσσα συντάσσεται σ' έναν κώδικα μηχανής, αλλά το γεγονός ότι ο κώδικας μηχανής εκτελεί το πρόγραμμα δε σημαίνει ότι δεν αντλείται από την υψηλού επιπέδου γλώσσα), έτσι υπάρχουν και γνωσιακοί κανόνες και νευρώνες» (σ. 35).

Οι περισσότεροι ερευνητές πιστεύουν ότι είναι πολύ απίθανο το ανθρώπινο γνωσιακό σύστημα να λειτουργεί χωρίς τη χρήση κανόνων. Οι Holland et al. (1989) υποστηρίζουν ότι τα διασυνδεδεσμένα συστήματα δεν μπορούν να εξηγήσουν πώς οι άνθρωποι σχηματίζουν ακολουθίες διότι δεν είναι ικανά να παράγουν τα υψηλού επιπέδου στοιχεία που παίζουν καθοριστικό ρόλο στην οργάνωση και επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων. Στο σύστημα παραγωγής που αυτοί περιγράφουν, η ικανότητα να παράγονται νέοι κανόνες επιτρέπει νέα στοιχεία που αναπαριστούν χαρακτηριστικά υψηλού επιπέδου να προστίθενται στο σύστημα μέσω επαγωγικών μηχανισμών.

Φαίνεται πιθανό ότι τα γνωσιακά μοντέλα θα πρέπει, τελικά, να ενσωματώσουν χαρακτηριστικά και της «Παράλληλης Κατανεμημένης Διαδικασίας» (ΠΚΔ) και των κλασικών «σειραϊκών-συμβολικών» μοντέλων. Οι αντιληπτικές διαδικασίες κατώτερου επιπέδου μπορούν να περιγραφούν επαρκώς με βάση τα μοντέλα ΠΚΔ, αλλά οι εννοιολογικές ή οι γλωσσικές διαδικασίες ανωτέρου επιπέδου θα πρέπει να μοντελοποιηθούν με τη χρήση μιας πιο πολύπλοκης, πολυεπίπεδης αναπαραστασιακής περιγραφής. Ήδη βλέπουμε τις πρώτες απόπειρες για τη δημιουργία τέτοιων συνδυαστικών συστημάτων.

### *Μάθηση χωρίς Σύμβολα*

Μια βασική υπόθεση της Γνωσιακής Ψυχολογίας είναι ότι ο νους είναι ένα σύστημα που κατασκευάζει και χειρίζεται σύμβολα σε ποικίλες γνωσιακές διεργασίες. Η υπόθεση αυτή, όμως, αμφισβητείται από ένα σύνολο απόψεων, που αναφέρονται συνήθως ως *θεωρία της εγκαθίδρυσης*. Το βασικό αξίωμα αυτής της θεωρητικής προσέγγισης



είναι ότι η συμπεριφορά, συμπεριλαμβανομένης της μάθησης και της γνωσιακής διαδικασίας, είναι εγκαθιδρυμένη στις αλληλεπιδράσεις του κοινωνικού και φυσικού περιβάλλοντος εντός του οποίου ενεργούν τα άτομα.

Στην ακραία της μορφή, η θεωρία της εγκαθίδρυσης υποστηρίζει ότι οι άνθρωποι και οι αλληλεπιδράσεις τους με τον κόσμο δεν μπορούν να κατανοηθούν με τη χρήση συμβολικών συστημάτων και μεθοδολογίας, αλλά μόνο μέσω της παρατήρησής τους στα πλαίσια του πραγματικού κόσμου ή οικοδομώντας μη συμβολικά μοντέλα. Στη λιγότερο ακραία μορφή της, οι διαφορές μεταξύ της Γνωσιακής Ψυχολογίας και της θεωρίας της εγκαθίδρυσης αφορούν ως επί το πλείστον στο ρόλο των νοητικών αναπαραστάσεων και συμβόλων. Σύμφωνα μ' αυτή την άποψη, τα σύμβολα και οι αναπαραστάσεις αποτελούν μια σημαντική πλευρά των καταστάσεων στις οποίες παίρνουν μέρος οι άνθρωποι, αλλά συνιστούν μόνο ένα μέρος των φαινομένων, τα οποία πρέπει να εξηγήσει μια θεωρία γνωσιακής δραστηριότητας, κι όχι τα κεντρικά φαινόμενα (Greeno, 1993).

Κατά τη γνώμη μου, είναι σημαντικό πλεονέκτημα το ότι η θεωρία της εγκαθίδρυσης έστρεψε την προσοχή των γνωσιακών ψυχολόγων στο γεγονός ότι η γνωσιακή λειτουργία λαμβάνει χώρα όχι μόνο μέσα στον εγκέφαλο αλλά και στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανθρώπων στο κοινωνικό και φυσικό περιβάλλον. Είναι αλήθεια ότι, από αντίδραση στο μιχεβιορισμό, η Γνωσιακή Ψυχολογία έδωσε υπερβολική σημασία στις εσωτερικές νοητικές λειτουργίες, αγνοώντας ότι ήταν έξω από τον εγκέφαλο. Η επαναφορά του φυσικού και κοινωνικού περιβάλλοντος στη μελέτη της γνωσιακής λειτουργίας αποτελεί μια σημαντική εξέλιξη προς την κατεύθυνση της επιστημονικής μελέτης της μάθησης και της γνώσης.

Όμως η εισαγωγή του κοινωνικού περιβάλλοντος δε σημαίνει ότι θα πρέπει να αποκλείσουμε από τις έρευνές μας τη μελέτη των εσωτερικών λειτουργιών ή να λησμονήσουμε τα επιτεύγματα της Γνωσιακής Ψυχολογίας. Όπως υποστηρίζει ο Gardner (1985), ένα από τα επιτεύγματα της Γνωσιακής Ψυχολογίας ήταν ότι απέδειξε ξεκάθαρα την εγκυρότητα της παράθεσης του επιπέδου της νοητικής

αναπαράστασης. «Ο θρίαμβος του γνωστικισμού ήταν να θέσει τη συζήτηση περί αναπαραστάσεων σε ίδια, ουσιαστικά, βάση με τους ήδη εδραιωμένους τρόπους συζήτησης – αφενός με το νευρωνικό επίπεδο κι αφετέρου με το κοινωνικο-πολιτισμικό επίπεδο. Όποιος θελήσει να εξοβελίσει το αναπαραστασιακό επίπεδο από τον επιστημονικό λόγο, θα αναγκαστεί να εξηγήσει τη γλώσσα, την επίλυση προβλημάτων, την ταξινόμηση και τα παρόμοια με όρους αυστηρά νευρολογικής και πολιτισμικής ανάλυσης. Οι ανακαλύψεις των τελευταίων τριάντα χρόνων έχουν κάνει μια τέτοια εναλλακτική ανάλυση πάρα πολύ ανούσια» (σ. 283).

Οι προσεγγίσεις της ριζοσπαστικής ερμηνείας της θεωρίας περί εγκαθιδρυμένης μάθησης φαίνεται να αγνοούν το γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος των ανθρώπινων αλληλεπιδράσεων με το περιβάλλον είναι αλληλεπιδράσεις με συμβολικά συστήματα που επινόησε ο άνθρωπος. Ως άνθρωποι, δεν είμαστε μόνο ικανοί να σχηματίζουμε εσωτερικές αναπαραστάσεις των εμπειριών μας, αλλά μπορούμε να χειριζόμαστε και να τροποποιούμε αυτές τις αναπαραστάσεις με τρόπους που επηρεάζουν την ανάπτυξη του πολιτισμικού πλαισίου στο οποίο δρούμε. Σύμφωνα με τον Vygotsky (1981), η πραγματική ουσία της ανθρώπινης συμπεριφοράς έγκειται στο γεγονός ότι «οι άνθρωποι θυμούνται ενεργά με τη βοήθεια συμβόλων. Μπορεί να πει κανείς ότι το βασικό χαρακτηριστικό της ανθρώπινης συμπεριφοράς, γενικά, είναι ότι οι άνθρωποι επηρεάζουν προσωπικά τις σχέσεις τους με το περιβάλλον, και διαμέσου αυτού του περιβάλλοντος αλλάζουν τη συμπεριφορά τους, θέτοντάς την υπό τον έλεγχό τους» (σ. 51).

Όπως εξελίχθηκε ο πολιτισμός μας, η μάθηση απαιτεί την απόκτηση και χρήση πολύπλοκων συστημάτων συμβολικών εκφράσεων που χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές συμβολικές γλώσσες. Η μάθηση της χρήσης του προφορικού και γραπτού λόγου, η απόκτηση του αριθμητικού συστήματος, η μάθηση της αριθμητικής, της άλγεβρας και του διαφορικού λογισμού, η μάθηση της χρήσης υπολογιστών και προγραμματισμού, η κατανόηση γραφικών παραστάσεων πινάκων και τυπικών εκφράσεων στην επιστήμη, όλα αυτά προϋπο

θέτουν την ικανότητα να χειριζόμαστε, να συνδέουμε και να κατανοούμε τη σημασία και τις αλληλεξαρτήσεις των ποικίλων αναπαραστάσεων που επινόησε ο άνθρωπος, και τα οποία είναι κεφαλαίως σημασίας για τη συμμετοχή στην πολιτισμική δραστηριότητα (Glaser, Ferguson & Vosniadou, 1996). Μία από τις σημαντικές περιοχές όπου η Γνωσιακή Ψυχολογία θα χρειαστεί αναμφισβήτητα να προοδεύσει στο μέλλον, είναι στον τρόπο με τον οποίο κατανοούμε πώς οι άνθρωποι γίνονται κύριοι των εξωτερικών συμβολικών συστημάτων και των σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ των εξωτερικών συμβολικών συστημάτων και των εσωτερικών, ποιοτικών και άτυπων αναπαραστάσεων.

### *Συμπεράσματα*

Η Γνωσιακή Ψυχολογία έχει κάνει σημαντικές προόδους στην κατανόηση της νοητικής συμπεριφοράς των ανθρώπων και στους τρόπους με τους οποίους οι συμβολικές αναπαραστάσεις και διαδικασίες αλλάζουν ως αποτέλεσμα της μάθησης. Τα ερωτήματα σχετικά με το πώς οργανώνονται οι πληροφορίες και πώς η οργάνωση και η αναπαράσταση των γνώσεων αλλάζουν ως αποτέλεσμα της μάθησης συνεχίζουν να αποτελούν μείζονα ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν στο μέλλον. Είναι πολύ πιθανό ότι θα δούμε μοντέλα της ανθρώπινης γνωσιακής διαδικασίας που συνδυάζουν στοιχεία της αρχιτεκτονικής ΠΚΔ για να σχηματίσουν μοντέλα λειτουργιών κατώτερου επιπέδου με πιο κλασικά συστήματα βασιζόμενα σε κανόνες για να σχηματίσουν μοντέλα λειτουργιών ανωτέρου επιπέδου. Το ζήτημα σχετικά με το πώς το κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο επηρεάζει τη γνωσιακή δραστηριότητα έχει αγνοηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα, και είναι καιρός να δοθεί περισσότερη προσοχή στο πώς τέτοιοι παράγοντες επηρεάζουν τη μάθηση. Πρόσφατες τάσεις φαίνεται να τονίζουν την ανάπτυξη σύνθετων μοντέλων της ανθρώπινης γνωσιακής διαδικασίας όπου τα άτομα αλληλεπιδρούν μ' ένα κοινωνικό και φυσικό περιβάλλον, το οποίο και συνεχώς αλλάζει μέσω αυτής της αλληλεπίδρασης. Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό: η

γνωσιακή θεωρία μάθησης πρέπει να λάβει υπόψη παράγοντες που αναφέρονται σε κίνητρα και συναισθήματα. Πιο συγκεκριμένα, αυτό που φαίνεται πως χρειάζεται είναι μια εξήγηση του πώς οι αυτοαντιλήψεις περί κινήτρων επηρεάζουν τη μάθηση και πώς τα πολιτισμικά, κοινωνικά και ιδρυματικά χαρακτηριστικά ενός περιβάλλοντος μάθησης επηρεάζουν τα κίνητρα και τη γνωσιακή λειτουργία των μαθητών. Διάφορες προτάσεις έχουν αρχίσει να εμφανίζονται σχετικά με το πώς είναι δυνατό να κινηθούμε προς αυτή την κατεύθυνση (βλ. Ames, 1992· Deci & Ryan, 1985· Pintrich, 1994).

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ames, C. (1992), «Classrooms: Goals, Structures, and Student Motivation». *Journal of Educational Psychology*, 84, σσ. 261-71.
- Anderson, J.R. (1983), *The Architecture of Cognition*. Harvard: Harvard University Press.
- Anderson, J.R., & Thompson, R. (1989), «Use of Analogy in a Production System Architecture». Στο Vosniadou, S., & Ortony, A. (επιμ.), *Similarity and Analogical Reasoning*. New York: Cambridge University Press.
- Anderson, J.A., & Hinton, G.E. (1981), «Models of Information Processing in the Brain». Στο Hinton, G.E., & Anderson, J.A. (επιμ.), *Parallel Models of Associative Memory*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Bruner, J.S., Oliver, R.R., & Greenfield, P.M. (1966), *Studies in Cognitive Growth*. New York: John Wiley.
- Carey, S. (1985), *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Chase, W.G., & Simon, H.A. (1973), «Perception in Chess». *Cognitive Psychology*, 4, σσ. 55-81.
- Chi, M.T.H., Feltovitch, P.J., & Glaser, R. (1981), «Categorisation and Representation of Physics Problems by Experts and Novices». *Cognitive Science*, 5, σσ. 121-52.
- Chi, M.T.H., Glaser, R., & Rees, E. (1982), «Expertise in Problem Solving». Στο Sternberg, R.J. (επιμ.), *Advances in the Psychology of Human Intelligence*, τ. 2. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Chi, M.T.H., Slotka, J.D., & de Leeuw, N. (1994), «From Things to Processes: A Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts». *Learning and Instruction*, 4.
- Chomsky, N. (1988), *Language and the Problems of Knowledge*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Deci, E.L., & Ryan, R. (1985), *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. New York: Plenum Press.
- De Groot, A.D. (1965), *Thought and Choice in Chess*. The Hague: Mouton.
- Fodor, J. (1983), *Modularity of Mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1964), *The Early Growth of Logic in the Child*. New York: Norton.
- Gardner, H. (1985), *The Mind's New Science*. New York: Basic Books.
- Gentner, D., & Stevens, A.L. (επιμ.) (1983), *Mental Models*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Glaser, R. (1995), «Application and Theory: Learning Theory and the Design of Learning Environments». Invited talk, *International Congress of Applied Psychology*. Madrid, Spain.
- Glaser, R., Ferguson, E., & Vosniadou, S. (υπό έκδ.), «Cognition and the Design of Environments for Learning: Approaches in this Book». Στο Vosniadou, S., De Corte, E., Glaser, R., & Mandl, H. (επιμ.), *International Perspectives on the Construction of Technology-Supported Learning Environments*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Greeno, J.G., & Moore, J.L. (1993), «Situativity and Symbols: Response to Vera and Simon». *Cognitive Science*, 17, σσ. 49-59.
- Hinton, G.E., & Anderson, J.A. (1981), «Parallel Models of Associative Memory». Στο Hirschfeld, L.A., & Gelman, S. (1994), *Toward a Topography of the Mind*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Hirschfeld, L.A., & Gelman, S. (επιμ.), *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*. New York, N.Y.: Cambridge University Press.
- Hofstadter, D.R. (1985), *Metamagical Themas*. New York: Basic Books.
- Holland, J.H., Holyoak, K.J., Nisbett, R.E., & Thagard, P. (1989), *Induction. Processes in Inference, Learning and Discovery*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Johnson-Laird, P.N. (1983), *Mental Models*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Karmiloff-Smith, A., & Inhelder, B. (1975), «If You Want to Get Ahead, Get a Theory». *Cognition*, 3, σσ. 195-211.
- Keil, F.C. (1989), *Concepts, Kinds, and Cognitive Development*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Keil, F.C. (1995), «The Birth and Nurturance of Concepts by Domains. The Origins of Concepts of Living Things». Στο Hirschfeld, L.A., & Gelman, S. (επιμ.), *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*. New York: Cambridge University Press.
- Kuhn, T.S. (1977), *The Essential Tension*. Chicago: University of Chicago Press.
- Larkin, J.H. (1983), «The Role of Problem Representation in Physics». Στο

- Gentner, D., & Stevens, A.L. (επιμ.), *Mental Models*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Mandler, G. (1985), *Cognitive Psychology*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Marr, D. (1982), *Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*. San Francisco: W.H. Freeman.
- Mayer, R.E. (1992), *Thinking, Problem-Solving, Cognition*. New York: Freeman & Co.
- Medin, D.L., & Wattenmaker, W.D. (1987), «Category Cohesiveness, Theories, and Cognitive Archaeology». Στο Neisser, U. (επιμ.), *Concepts and Conceptual Development: Ecological and Intellectual Factors in Categorization*. New York: Cambridge University Press.
- Murphy, G.L., & Medin, D.L. (1985), «The Role of Theories in Conceptual Coherence». *Psychological Review*, 92, σσ. 289-316.
- Neisser, U. (1976), *Cognition and Reality: Principles and Implications of Cognitive Psychology*. New York: Freeman.
- Newell, A., & Simon, H.A. (1972), *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Pintrich, P.R. (1994), «Motivational Beliefs and Conceptual Change». Paper presented at the *Symposium on Conceptual Change*. Jena, Germany.
- Rips, L.J. (1989), «Similarity, Typicality and Categorization». Στο Vosniadou, S., & Ortony, A. (επιμ.), *Similarity and Analogical Reasoning*. New York: Cambridge University Press.
- Rumelhart, D.E. & Ortony, A. (1977), «The Representation of Knowledge in Memory». Στο Anderson, R.C., Spiro, R.J., & Montague, W.E. (επιμ.), *Schooling and the Acquisition of Knowledge*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Rumelhart, D.E., & Norman, D.A. (1977), «Accretion, Tuning and Restructuring: Three Modes of Learning». Στο Cotton, J.W., & Klatzky, R.L. (επιμ.), *Semantic Factors in Cognition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Schank, R.C., & Abelson, R.P. (1977), *Scripts, Plans, Goals, and Understanding*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Spelke, E.S. (1991), «Physical Knowledge in Infancy: Reflections on Piaget's Theory». Στο Carey, S., & Gelman, R. (επιμ.), *Epigenesis of Mind: Studies in Biology and Cognition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Thagard, P. (1992), *Conceptual Revolutions*. Princeton: Princeton University Press.
- Vosniadou, S. (1994), «Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change». *Learning and Instruction*, 4, σσ. 45-69.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1987), «Theories of Knowledge Restructuring with Development». *Review of Educational Research*, 57, σσ. 51-67.
- Vosniadou, S. (1989), «Analogy as a Mechanism in Knowledge Acquisition».

- Στο Vosniadou, S., & Ortony, A. (επιμ.), *Similarity and Analogical Reasoning*. New York: Cambridge University Press.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1992), «Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood». *Cognitive Psychology*, 24, σσ. 535-85.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1994), «Mental Models of the Day/Night Cycle». *Cognitive Science*, 18, σσ. 123-83.
- Vosniadou, S., & Ortony, A. (1989), *Similarity and Analogical Reasoning*. New York: Cambridge University Press.
- Vygotsky, L.S. (1934/1986), *Thought and Language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Vygotsky, L.S. (1978), *Mind in Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Vygotsky, L.S. (1981), «The Genesis of Higher Mental Functions». Στο Wertsch, J.V. (επιμ.), *The Concept of Activity in Soviet Psychology*. Armonk, N.Y.: Sharpe.
- Vygotsky, L.S. (1986), *Thought and Language* [A. Kozulin, μτφρ.]. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Wellman, H.M., & Gelman, S.A. (1992), «Cognitive Development. Foundational Theories of Core Domains». *Annual Review of Psychology*, 43, σσ. 337-75.





ΘΕΩΡΙΕΣ ΑΝΑΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΤΩΝ ΓΝΩΣΕΩΝ<sup>1</sup>

**Π**ΑΡΟΛΟ ΠΟΥ ΕΝΑ ΜΕΡΟΣ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΣΥΝΙΣΤΑΤΑΙ στην απόκτηση εξολοκλήρου καινούργιων γνώσεων (π.χ. Campbell, 1974· Petrie, 1981), το μεγαλύτερο μέρος αυτών που μαθαίνουμε στη ζωή είτε περικλείεται σ' ό,τι ήδη γνωρίζουμε (η *αφομοίωση* σύμφωνα με τον Piaget) είτε τροποποιεί τις προϋπάρχουσες γνώσεις (η *συμμόρφωση* σύμφωνα με τον Piaget). Πράγματι, η απόκτηση νέων γνώσεων από τις εμπειρίες μας δεν έχει νόημα αν δεν θεωρήσουμε ως δεδομένο ότι υπάρχουν τέτοιες προϋπάρχουσες γνώσεις, στα πλαίσια των οποίων ερμηνεύεται η καινούργια εμπειρία. Διαφορετικά, η καινούργια εμπειρία θα ήταν ακατανόητη. Υπάρχει αυτή τη στιγμή μια σημαντική βιβλιογραφία ψυχολογικών άρθρων και βιβλίων που δείχνουν τη σημασία της προϋπάρχουσας γνώσης στη μάθηση (βλ. Bransford, 1981, για ανασκόπηση).

Σ' ένα σημαντικό άρθρο στο θέμα της μάθησης, οι Rumelhart και Norman (1981a) υποστηρίζουν ότι η γνώση είναι οργανωμένη σε *σχήματα* (schemata<sup>2</sup>), και ξεχωρίζουν τρεις πιθανούς τρόπους μέσω

1. Το άρθρο αυτό δημοσιεύθηκε στο *Review of Educational Research* (1987), τ. 57, No. 1.

2. Η λέξη «schema» (πληθ. schemata) προέρχεται από την ελληνική λέξη «σχῆμα». Η μετάφρασή της μας έρχεται από τα αγγλικά ως διατάξεις, συνδυασμοί, σχέδια, διαγράμματα. Νομίζω ότι είναι πιο σωστό να τη μεταφράσουμε όπως ακριβώς μας την πήραν από τα ελληνικά οι ξένοι, δηλαδή «σχήματα».

των οποίων μπορούν οι προϋπάρχουσες γνώσεις να τροποποιηθούν με τη βοήθεια μιας καινούργιας εμπειρίας: την *επαύξηση*, την *εναρμόνιση* και την *αναδιοργάνωση*. Η επαύξηση αναφέρεται στη σταδιακή συσσώρευση τεκμηριωμένων πληροφοριών μέσα στα προϋπάρχοντα σχήματα. Η εναρμόνιση αναφέρεται στην εξελικτική αλλαγή στις κατηγορίες που χρησιμοποιούμε για την ερμηνεία πληροφοριών. Αυτές οι εξελικτικές αλλαγές είναι το αποτέλεσμα ενός αριθμού διαφορετικών διαδικασιών. Μπορεί να συμπεριλαμβάνουν τη γενίκευση ή τον περιορισμό της έκτασης εφαρμογής μιας γενικής έννοιας, να καθορίζουν τις σύμφυτες ανεπάρκειές της ή, διαφορετικά, να βελτιώνουν την ακρίβεια της έννοιας αυτής, έτσι ώστε να ανταποκρίνεται καλύτερα στα πραγματικά δεδομένα. Ο τρίτος τύπος της μάθησης είναι η αναδιοργάνωση. Η αναδιοργάνωση αναφέρεται στη δημιουργία καινούργιων δομών που επινοούνται είτε για να ερμηνευθούν εκ νέου υπάρχουσες πληροφορίες είτε για να εξηγηθούν οι καινούργιες. Η αναδιοργάνωση αναπαριστά τον πιο ριζοσπαστικό τρόπο απόκτησης νέων γνώσεων. Αυτή η διαδικασία θεωρείται ως δεδομένη από τους ερευνητές που προσπαθούν να ερμηνεύσουν τις ριζοσπαστικές αλλαγές στις γνώσεις που λαμβάνουν χώρα με την ηλικία ή με την πείρα.

Στο άρθρο αυτό θα μελετήσουμε τους τρόπους με τους οποίους έχει θεωρητικά αναλυθεί η αναδιοργάνωση της γνώσης, και θα περιγράψουμε ένα ερευνητικό πρόγραμμα που σκοπό έχει να ερευνήσει τα είδη αναδιοργάνωσης της γνώσης που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του παιδιού. Τέλος, θα συζητήσουμε τις επιπτώσεις των ιδεών αυτών στη διδασκαλία.

## ΕΙΔΗ ΑΝΑΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΤΩΝ ΓΝΩΣΕΩΝ

### *Ολική Αναδιοργάνωση*

Η αναδιοργάνωση της γνώσης έχει θεωρητικά αναλυθεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Στο έργο του Piaget, η εξελικτική αλλαγή αποδίδεται σε ολικές αναδιοργανώσεις, γνωστές ως *στάδια*. Για τον Piaget, η αναδιοργάνωση γίνεται αντιληπτή ως μια αλλαγή στις ίδιες

τις δομές που προσδιορίζουν το είδος της αναπαραστατικής σκέψης που διαθέτει το παιδί. Αυτές οι αλλαγές οφείλονται στην ανάπτυξη της λογικής σκέψης του παιδιού. Έτσι, η ικανότητα για αναπαραστασιακή σκέψη σημειώνει τη διαφορά μεταξύ του αισθησιο-κινητικού και του προ-εννοιολογικού σταδίου, ενώ η ικανότητα για μεταβατικές και αντιστρέψιμες λειτουργίες σημειώνει τη διαφορά ανάμεσα στο προ-εννοιολογικό στάδιο και στο στάδιο των συγκεκριμένων λογικών ενεργειών. Αυτός ο τύπος αναδιοργάνωσης θεωρείται ότι περιορίζει την ικανότητα των παιδιών να αποκτήσουν γνώσεις σ' όλους τους τομείς, κι έτσι αναφέρεται ως *ολική αναδιοργάνωση* (Carey, 1985a).

### *Μερική Αναδιοργάνωση*

Είναι γνωστό ότι η θεωρία του Piaget για την ολική αναδιοργάνωση έχει επικριθεί για το λόγο ότι δεν επαληθεύεται από τα πειραματικά δεδομένα (Carey, 1985a· Gelman & Baillargeon, 1983· Mandler, 1983). Πρόσφατα, η Carey (1985b) πρότεινε ότι η θεωρία του Piaget μπορεί να αντικατασταθεί με κάτι που η ίδια αναφέρει ως *μερική αναδιοργάνωση*, δηλαδή αναδιοργάνωση συγκεκριμένων τομέων της γνώσης. Η Carey υποστηρίζει ότι η εξελικτική αλλαγή μπορεί να θεωρηθεί ως μια αλλαγή θεωρίας σε συγκεκριμένους τομείς. Σύμφωνα μ' αυτή την άποψη, τα παιδιά αρχίζουν με λίγες εννοιολογικές δομές που μπορούν να εκληφθούν ως θεωρίες (δηλαδή μια αφελή θεωρία Ψυχολογίας και μια αφελή θεωρία Φυσικής), οι οποίες διαφοροποιούνται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης σ' άλλες (δηλαδή Βιολογία, θεωρία της Μηχανικής, θεωρία της Θερμότητας κλπ.). Αυτού του είδους η αναδιοργάνωση της γνώσης εκλαμβάνεται ως το αποτέλεσμα της επαυξημένης γνώσης του παιδιού πάνω σ' ένα ειδικό θέμα (που προέρχεται από την εμπειρία του παιδιού ή μεταδίδεται μέσω της διδασκαλίας), παρά ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης της ικανότητας για λογική σκέψη.

Παρόμοιες απόψεις που υποστηρίζουν τη μερική αναδιοργάνωση της γνώσης προτάθηκαν πρόσφατα από έναν αριθμό ερευνητών

που δουλεύουν στο χώρο της διδασκαλίας των Θετικών Επιστημών (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982· Driver & Easley, 1978· Novak, 1977a, 1977b· Fensham, 1983· Osborne & Wittrock, 1983). Για παράδειγμα, ο Novak (1977b) υποστήριξε ότι είναι καιρός για μια αλλαγή στις απόψεις σχετικά με τη γνωστική ανάπτυξη, από τη θέση που υποστηρίζει ότι υπάρχουν ποιοτικά διαφορετικά στάδια, στη θέση ότι η γνωστική ανάπτυξη εξαρτάται «από την απόκτηση συγκεκριμένων εννοιών και την ενσωμάτωση αυτών των εννοιών, που αποκτώνται κατά τη διάρκεια της ενεργού ζωής του ατόμου» (σ. 473). Οι Driver και Easley (1978), σε ανασκόπηση της βιβλιογραφίας πάνω στην εξέλιξη επιστημονικών εννοιών ασκούν κριτική στην άποψη του Piaget για τη συνολική αναδιοργάνωση. Παρακινούν όμως τους εκπαιδευτικούς να εξετάζουν τις απόψεις του Piaget για τη σκέψη των παιδιών σε διάφορα πεδία γνώσης ως σημαντικές πηγές πληροφοριών σχετικά με τις εναλλασσόμενες δομές των εννοιών που τα παιδιά χρησιμοποιούν για να κατανοήσουν μια επιστημονική θεωρία. Επιπλέον, αναγνωρίζεται συνήθως σ' αυτά τα γραπτά ότι η διαδικασία της αλλαγής των εννοιών συνεπάγεται όχι την απλή πρόσθεση πληροφοριών σε μια ήδη υπάρχουσα αλλά περιορισμένη βάση, αλλά μάλλον τη διαμόρφωση καινούργιων μοντέλων και θεωριών – κάτι που ο Wittrock (1981) και οι Osborne και Wittrock (1983) ονομάζουν *γενεσιουργό μάθηση*.

Τέλος, η άποψη της μερικής αναδιοργάνωσης έχει υποστηριχθεί από τη μελέτη των διαφορών μεταξύ αρχαρίων και ειδικών πάνω σε διάφορους τομείς της ανθρώπινης γνώσης, όπως π.χ. η Φυσική (Chi, Glaser & Rees, 1982· Larkin, McDermott, Simon & Simon, 1981· McCloskey, Caramazza & Creen, 1980· Clement, 1983), το σκάκι (Chase & Simon, 1973a, 1973b), η ραδιολογία (Lesgold, Feltovitch, Glaser & Wang, 1981) και οι Κοινωνικές Επιστήμες (Voss, Greene, Post & Penner, 1983).

## ΕΙΔΗ ΜΕΡΙΚΗΣ ΑΝΑΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗΣ

Η μελέτη της απόκτησης γνώσεων υποδεικνύει δύο διαφορετικές ερμηνείες του είδους της μερικής αναδιοργάνωσης που μπορεί να συμ-

βεί κατά τη διάρκεια της μάθησης (Carey, 1985b): την ασθενή αναδιοργάνωση και τη ριζοσπαστική αναδιοργάνωση.

### *Ασθενής Αναδιοργάνωση*

Η πρώτη θέση υποστηρίζει μία «ασθενή» μορφή αναδιοργάνωσης και αντιπροσωπεύεται από ερευνητές που έχουν μελετήσει τις διαφορές ανάμεσα σε αρχάριους και ειδήμονες (Chi, Feltovich & Glaser, 1981· Chi et al., 1982· Larkin, 1979, 1981). Οι ερευνητές αυτοί έχουν υποστηρίξει ότι η αναπαράσταση των γνώσεων στους ειδήμονες φυσικούς είναι διαφορετική απ' αυτή των αρχαρίων και από την άποψη του περιεχομένου των γνώσεων (ότι δηλαδή οι ειδήμονες έχουν στη διάθεσή τους αφηρημένες έννοιες) και από την άποψη της δομής των γνώσεων (δηλαδή, ότι μπορεί να χαρακτηριστεί ως «βασική κατηγορία» για τον ειδήμονα, είναι μια «υπερκατηγορία» για τον αρχάριο) (Chi, Feltovich & Glaser, 1981· Chi et al., 1982). Αυτοί οι ερευνητές φαίνεται να θεωρούν τη διαδικασία απόκτησης γνώσεων ως την πρόσθεση αφηρημένων πληροφοριών πάνω σε φτωχές βάσεις, κατά τη διάρκεια της οποίας η δομή αυτών των βάσεων τροποποιείται. Μια παρόμοια άποψη για τη διαδικασία της απόκτησης γνώσεων παρουσιάζεται στο έργο του Voss (Voss et al., 1983· Voss, υπό έκδ.), όσον αφορά την απόκτηση γνώσεων που αναφέρονται στις Κοινωνικές Επιστήμες.

### *Ριζοσπαστική Αναδιοργάνωση*

Η θέση της ριζοσπαστικής αναδιοργάνωσης παρουσιάζεται μεταξύ άλλων στο έργο των DiSessa (1982), McCloskey (1983), Wisser και Carey (1983). Σύμφωνα με την τελευταία αυτή άποψη, η μεταβολή των αρχαρίων σε ειδήμονες συνεπάγεται μια αλλαγή θεωρίας, παρόμοια από πολλές απόψεις με το είδος της αλλαγής θεωρίας που παρατηρείται στην ιστορία της επιστήμης (Hanson, 1958· Kuhn, 1957, 1962). Σύμφωνα με τη θέση της ριζοσπαστικής αναδιοργάνωσης, ο αρχάριος όχι μόνο έχει φτωχές βάσεις σε σύγκριση με τον ειδήμονα,

αλλά έχει και μια διαφορετική θεωρία – διαφορετική από την άποψη της δομής της, των φαινομένων που εξηγεί και της αντίληψης των επιμέρους εννοιών που την απαρτίζουν.

Πολλοί ερευνητές που υιοθετούν τη ριζοσπαστική αναδιοργάνωση υποστηρίζουν ότι υπάρχει κάποια σχέση ανάμεσα στις αλλαγές θεωρίας στην ιστορία της επιστήμης και στις αλλαγές θεωρίας στο άτομο, καθώς το άτομο αποκτά γνώσεις σ' έναν εξειδικευμένο χώρο. Αυτές οι αντιστοιχίες γεννούν ενδιαφέροντα ερωτήματα όσον αφορά το βαθμό στον οποίο η οντογενετική αλλαγή ανακεφαλαιώνει τη φυλογενετική αλλαγή. Έτσι, οι DiSessa (1982) και White (1983) ισχυρίζονται ότι οι αρχάριοι στη φυσική επιστήμη έχουν θεωρίες που μοιάζουν περισσότερο μ' κείνες του Αριστοτέλη παρά μ' εκείνες του Νεύτωνα, και ο McCloskey (1983) βρίσκει σχέσεις ανάμεσα στις αφελείς θεωρίες των ανθρώπων για την κίνηση και τη θεωρία για την κίνηση που υπήρχε στο Μεσαίωνα.

## ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Εμείς πιστεύουμε ότι οι θέσεις της ασθενούς και της ριζοσπαστικής αναδιοργάνωσης δεν είναι αναγκαστικά ασυμβίβαστες. Αντίθετα, είναι δυνατό και οι δύο να χαρακτηρίζουν τη διαδικασία αναδιοργάνωσης των γνώσεων. Η διάκριση που θέλουμε να κάνουμε μεταξύ των δύο ειδών αναδιοργάνωσης είναι παρόμοια από πολλές πλευρές με τη διάκριση που γίνεται από τον Kuhn ανάμεσα στην αλλαγή *θεωρίας* και στην αλλαγή *γενικού πλαισίου*. Σύμφωνα με τον Kuhn (1970), η άσκηση της «κανονικής επιστήμης» συνίσταται στη διαμόρφωση της υπάρχουσας θεωρίας με βάση καινούργια δεδομένα. Μόνο όταν αυτές οι προσπάθειες για διαμόρφωση αποτύχουν επανειλημμένα δημιουργείται κίνητρο για τη μεταβολή του ίδιου του γενικού πλαισίου μέσα στο οποίο διαμορφώνεται μια θεωρία. Μεταβολές πλαισίου συμβαίνουν σε μια προσπάθεια να επιλυθούν οι ανωμαλίες που υπάρχουν στη σχέση της υπάρχουσας θεωρίας με τα αποτελέσματα των παρατηρήσεών μας (Kuhn, 1970).

Από μια παρόμοια άποψη μπορεί να δει κανείς τη διαδικασία

αλλαγής κατά την ανάπτυξη· δηλαδή σα μια διαδικασία που συνίσταται κυρίως στον εμπλουτισμό της υπάρχουσας θεωρίας, που μπορεί να δώσει ώθηση σε μιαν ασθενή αναδιοργάνωση των γνώσεων. Σε μερικές περιστάσεις, το παιδί αντιμετωπίζει μεγαλύτερες ανωμαλίες απ' αυτές που η υπάρχουσα δομή της γνώσης μπορεί να επεξηγήσει, κι έτσι χρειάζεται μια επαναστατική αλλαγή γενικού πλαισίου, δηλαδή μια ριζοσπαστική αναδιοργάνωση.

Η αναλογία ανάμεσα στο παιδί και τον επιστήμονα είναι χρήσιμη (βλ. Carey & Block, 1976· Karmiloff-Smith & Inhelder, 1975), γιατί μας επιτρέπει να εξηγήσουμε τόσο το καθημερινό είδος της μάθησης όσο και τις πιο δραστικές αναδιοργανώσεις της γνώσης που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης. Παρόλ' αυτά, υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των παιδιών και των επιστημόνων, που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Για παράδειγμα, ενώ η αναδιοργάνωση στην περίπτωση του επιστήμονα απαιτεί τη δημιουργία ενός καινούργιου γενικού πλαισίου, αυτό δεν συμβαίνει συνήθως στην περίπτωση του παιδιού. Αντίθετα, το πρόβλημα του παιδιού είναι να εναρμονίσει σ' ένα εσωτερικά συνεπές πλαίσιο τις επιστημονικές απόψεις που ισχύουν στον κόσμο των ενηλίκων –και με τις οποίες έρχεται σε συνεχή επαφή– με τις δικές του εμπειρίες των φαινομένων. Οι εσφαλμένες αντιλήψεις των παιδιών συχνά αντικατοπτρίζουν πολύ καθαρά αυτές τις αποτυχημένες προσπάθειες εναρμόνισης. Για παράδειγμα, η πληροφορία ότι η Γη είναι σφαιρική επεξηγείται από τα παιδιά του Δημοτικού (των οποίων η εμπειρία είναι ότι η Γη είναι επίπεδη) ως εξής: ή η Γη είναι επίπεδη αλλά με σχήμα κύκλου (σα δίσκος), ή ότι υπάρχει μια άλλη Γη, διαφορετική απ' αυτή πάνω στην οποία ζούμε, και που είναι μια στρογγυλή σφαίρα (Nussbaum & Novak, 1976· Vosniadou & Brewer, 1986).

## ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Ωστόσο, η διαφορά ανάμεσα στην ασθενή και τη ριζοσπαστική αναδιοργάνωση είναι σημαντική όσον αφορά τη θεωρία της ανάπτυξης, γιατί, μολονότι και τα δύο είδη αναδιοργάνωσης μπορούν να συμ-

βούν με την απόκτηση γνώσεων, μόνο ο ριζοσπαστικός τρόπος αναδιοργάνωσης μπορεί να εξηγήσει τη δημιουργία μιας τελείως καινούργιας θεωρίας ή γενικού πλαισίου. Η θέση ότι τα παιδιά αρχίζουν με μερικές δομές γνώσης, από τις οποίες πηγάζουν καινούργιες, διαφορετικές δομές, προϋποθέτει ότι η διαδικασία απόκτησης γνώσεων χαρακτηρίζεται από ριζοσπαστική αναδιοργάνωση κι όχι μόνο από ασθενή αναδιοργάνωση.

Η διαφορά ανάμεσα στην ασθενή και τη ριζοσπαστική αναδιοργάνωση είναι επίσης σημαντική και για μια θεωρία της εκπαιδευτικής πράξης. Ειδικότερα, φαίνεται ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους μηχανισμούς που επιφέρουν τα δύο αυτά είδη αναδιοργάνωσης, οι οποίες έχουν επιπτώσεις στη μάθηση και τη διδασκαλία.

Μία από τις διαφορές έχει να κάνει με το ρόλο της προϋπάρχουσας γνώσης στη μάθηση. Ένα από τα σημαντικότερα αποτελέσματα της πρόσφατης δουλειάς στη γνωσιακή επιστήμη είναι η κατανόηση της σπουδαιότητας της προϋπάρχουσας γνώσης στην απόκτηση της καινούργιας γνώσης (Anderson, Spiro & Montague, 1977· Bransford, 1981). Όλοι συμφωνούν ότι, στο βαθμό που είναι δυνατό, είναι προτιμότερο να επεξεργαστεί κανείς παλιά σχήματα και να συσχετίσει τις εισερχόμενες πληροφορίες με ό,τι είναι ήδη γνωστό. Όμως η χρησιμοποίηση της προϋπάρχουσας γνώσης για να υποβοηθήσει την απόκτηση καινούργιων γνώσεων φαίνεται να λειτουργεί διαφορετικά στην ασθενή απ' ό,τι στη ριζοσπαστική αναδιοργάνωση. Ο συσχετισμός της προϋπάρχουσας γνώσης με την καινούργια είναι απαραίτητος για την ασθενή αναδιοργάνωση. Δεν μπορεί κάποιος να εμπλουτίσει και να επεξεργαστεί την υπάρχουσα γνώση χωρίς πρώτα να την έχει προσδιορίσει. Αντίστοιχα, λοιπόν, όταν ο σκοπός της εκπαίδευσης είναι να προαγάγουμε το είδος των γνώσεων που περιγράψαμε σαν ασθενή αναδιοργάνωση, είναι σημαντικό να χτίσουμε τη διδασκαλία γύρω από τις υπάρχουσες γνώσεις του παιδιού. Ωστόσο, δεν είναι σαφές πόσο σημαντική είναι η γνώση του συγκεκριμένου επιστημονικού χώρου όταν ερχόμαστε στη ριζοσπαστική αναδιοργάνωση. Υπάρχει μεγάλη διαμάχη γύρω απ' αυτό το θέμα



στην πρόσφατη φιλοσοφία της επιστήμης, σε σχέση με την ιστορική εξέλιξη των επιστημονικών θεωριών. Έτσι, ο Kuhn (1962) αρχικά υποστήριξε ότι οι καινούργιες επιστημονικές θεωρίες δεν τείνουν να ενσωματώνουν προηγούμενες θεωρίες ή να χτίζονται πάνω σ' αυτές, αλλά περιλαμβάνουν έναν εντελώς νέο τρόπο ερμηνείας του κόσμου. Σε νεότερες εργασίες του, ο Kuhn (1970, 1977) μετρίασε την άποψή του, και είπε ότι μέχρι σ' ένα βαθμό μπορεί κάποιος να δει νέες θεωρίες να χτίζονται πάνω στ' αποτελέσματα προηγούμενων θεωριών.

Η διαμάχη που αφορά το ρόλο της προϋπάρχουσας γνώσης στη ριζοσπαστική αναδιοργάνωση προκαλεί σημαντικά ερωτήματα για το περιεχόμενο και τις μεθόδους διδασκαλίας. Ποια είναι η πιο κατάλληλη αλληλουχία των γνώσεων που πρέπει ν' αποκτήσουν τα παιδιά στους διάφορους τομείς γνώσης; Πρέπει τα παιδιά να διδάσκονται τις πιο προχωρημένες θεωρίες των ενηλίκων από την αρχή ή όχι; Πόσο θα πρέπει ο δάσκαλος να βασίζεται στις προϋπάρχουσες γνώσεις του παιδιού; Ίσως να είναι προτιμότερο να προσπαθήσει να προσδιορίσει μόνο αυτές τις πλευρές της προϋπάρχουσας γνώσης που είναι συμβιβάσιμες με την καινούργια θεωρία, και να χρησιμοποιήσει τις πληροφορίες αυτές στη διαδικασία της μάθησης. Εναλλακτικά, ίσως θα ήταν καλύτερα να παρουσιάσει κανείς στα παιδιά την καινούργια θεωρία χωρίς να δώσει πολύ προσοχή στο τι ήδη γνωρίζουν.

Οι απαντήσεις σ' αυτά τα παιδαγωγικά ζητήματα απαιτούν εμπειρική έρευνα που θα καθοδηγείται από το θεωρητικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε πιο πάνω. Αλλά πριν αρχίσει κανείς αυτού του είδους την έρευνα πάνω στη διδασκαλία, θα πρέπει να επέλθει σημαντική πρόοδος στην ικανότητά μας να περιγράψουμε με ακρίβεια τις αλλαγές στην αναδιοργάνωση των γνώσεων που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του παιδιού. Μπορούν οι αλλαγές αυτές να περιγραφούν ως ασθενείς και ριζοσπαστικές αναδιοργανώσεις της προϋπάρχουσας γνώσης; Δεν υπάρχει μέχρι τώρα πειστική απόδειξη ότι αυτού του είδους η αναδιοργάνωση λαμβάνει χώρα (Carey, 1985, για μια συζήτηση αυτού του θέματος). Για ν' απαντη-

θούν αυτά τα ερωτήματα, χρειάζονται πληροφορίες για το πώς αποκτούνται οι γνώσεις σε πολλούς διαφορετικούς τομείς. Αυτή η έρευνα θα έπρεπε να οδηγηθεί από τα ακόλουθα ερωτήματα: (1) Τι αλλαγές παρατηρούνται με την ανάπτυξη των γνώσεων σ' αυτό τον τομέα; (2) Μπορούν αυτές οι αλλαγές να περιγραφούν ως ασθενείς ή ριζοσπαστικές αναδιοργανώσεις προϋπάρχουσας γνώσης; (3) Ποιοι μηχανισμοί μπορούν να εξηγήσουν τις αλλαγές που παρατηρούνται; Μόνο όταν έχουμε απαντήσεις σ' αυτά τα ερωτήματα θα μπορέσουμε να ξεκινήσουμε μια σωστή και θεωρητικά βασισμένη έρευνα για τις μεθόδους διδασκαλίας.

Στο επόμενο μέρος θα περιγράψουμε ένα ερευνητικό πρόγραμμα που έχει σχεδιαστεί για να μελετήσει τη διαδικασία απόκτησης γνώσεων στον γνωστικό τομέα της Αστρονομίας – πρόγραμμα που επιχειρεί ν' απαντήσει σε μερικές από τις ερωτήσεις που τέθηκαν πιο πάνω.

## Η ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΤΩΝ ΓΝΩΣΕΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ

Ο χώρος της Αστρονομίας επιλέχθηκε επειδή είναι ένας από τους λίγους τομείς γνώσης που ικανοποιεί ένα σύνολο κριτηρίων, τα οποία πιστεύουμε ότι είναι αναγκαία για να εξετάσουμε τη θεωρητική μας θέση. Καταρχήν, είναι βασισμένος σε πληροφορίες που είναι σε μεγάλο βαθμό προσιτές στα παιδιά. Οι γνώσεις του παιδιού για τον καθημερινό κόσμο ήδη περιλαμβάνουν πολλά από τα φαινόμενα που εξηγούν οι θεωρίες για το ηλιακό σύστημα (π.χ. ο κύκλος της μέρας/νύχτας, η εναλλαγή των εποχών, οι φάσεις της Σελήνης). Επιπλέον, είναι ένας επιστημονικός χώρος που η ιστορική του εξέλιξη χαρακτηρίζεται από ριζοσπαστικές αναδιοργανώσεις. Οι αλληπάλληλες θεωρίες στον τομέα της Αστρονομίας θεωρούνται κλασικά παραδείγματα επιστημονικών επαναστάσεων (π.χ. Kuhn, 1957, 1970). Ένα από τα βασικά θέματα που μας ενδιαφέρει να μελετήσουμε είναι η φύση της ριζοσπαστικής αναδιοργάνωσης των γνώσεων, και θεωρήσαμε ότι με το να διαλέξουμε έναν τομέα ο οποίος έχει περάσει από πολλές αναδιοργανωτικές μεταβολές θα αυξάνονταν οι πι-

θανότητές μας να βρούμε παρόμοιες μεταβολές στην εξέλιξη των παιδικών γνώσεων στον τομέα αυτό.

### *Ιστορία της Επιστήμης*

Οι κοσμολογικές θεωρίες έχουν μεταβληθεί, από τις θεωρίες που αρχικά υποστήριζαν ότι η Γη είναι επίπεδη και σταθερή, στη σύγχρονη θεωρία ότι η Γη είναι σφαιρική και κινείται γύρω από τον άξονά της και γύρω από τον Ήλιο. Η υπόθεση ότι η Γη είναι επίπεδη εκφράζεται στις κοσμολογίες της Αιγύπτου (Kuhn, 1957), της Σουμερίας (Lambert, 1975), της αρχαίας Ελλάδας (Toulmin & Goodfield, 1961) και της Ινδίας (Gombrich, 1975). Επιπλέον, φαίνεται ότι στις περισσότερες κοσμολογικές θεωρίες η κίνηση των ουράνιων σωμάτων εξηγούνταν από ανθρωπομορφικές θεωρίες που απέδιδαν ανθρώπινα χαρακτηριστικά στα αντικείμενα αυτά. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η εξήγηση των ουράνιων φαινομένων σύμφωνα με τις πράξεις των Ολύμπιων Θεών στην ελληνική μυθολογία. Μηχανιστικές εξηγήσεις της κίνησης των πλανητών και του ήλιου αναπτύχθηκαν μεταγενέστερα. Στη Σουμερία (Lambert, 1975) και στην Αίγυπτο (Plumley, 1975) εθεωρείτο ότι ο Ήλιος κατεβαίνει κάτω από την επίπεδη Γη τη νύχτα και βγαίνει από την αντίθετη μεριά την ημέρα. Στην Ελλάδα, ο Αναξιμένης επιχειρηματολόγησε ενάντια στην άποψη ότι ο Ήλιος πηγαίνει κάτω από την επίπεδη Γη τη νύχτα, και πρότεινε ότι ακολουθούσε μια τροχιά που τον έκανε να χάνεται στον ορίζοντα (Toulmin & Goodfield, 1961).

Στη μεταγενέστερη ανάπτυξη των κοσμολογικών θεωριών, η άποψη της γεωκεντρικής, σφαιρικής Γης, που παραμένει ακίνητη στο κέντρο του σύμπαντος, υποστηρίζεται από διάφορους αστρονόμους, και περιγράφηκε με λεπτομέρεια από τον Πτολεμαίο στο βιβλίο του *Almagest*. Σύμφωνα με τον Πτολεμαίο, η Γη ήταν μια στρογγυλή σφαίρα που στεκόταν, χωρίς να κινείται, στο κέντρο του σύμπαντος. Ο Ήλιος, η Σελήνη και οι πλανήτες κινούνταν γύρω από τη Γη σε τροχιές που ήταν τέλειοι κύκλοι. Οι επιστήμονες χρειάστηκαν περισσότερα από χίλια χρόνια για να αναδιοργανώσουν τις απόψεις

του Πτολεμαίου και να καταλήξουν στη σημερινή άποψη της κινούμενης Γης και του ηλιοκεντρικού ηλιακού συστήματος.

### *Ανάπτυξη των Γνώσεων της Αστρονομίας στα Παιδιά*

Οι πρώτες θεωρίες της Αστρονομίας προσπάθησαν να εξηγήσουν καθημερινά φαινόμενα που είναι γνώριμα στα μικρά παιδιά (π.χ. τον κύκλο της μέρας/νύχτας, τις εποχές, τη φαινομενική κίνηση του Ήλιου και της Σελήνης). Όταν τα ίδια τα παιδιά προσπαθούν να εξηγήσουν αυτά τα φαινόμενα, έρχονται αντιμέτωπα μ' ένα πρόβλημα όμοιο μ' αυτό των αρχαίων αστρονόμων. Είναι λοιπόν δυνατόν να επιχειρηματολογήσει κανείς υπέρ της άποψης ότι η ανάπτυξη των γνώσεων της Αστρονομίας στο παιδί θα ακολουθήσει μια πορεία ανάπτυξης παρόμοια μ' αυτή των επιστημονικών θεωριών της Αστρονομίας. Παρόλο που η άποψη αυτή είναι αρκετά ελκυστική, η ανάπτυξη των γνώσεων του παιδιού μπορεί να είναι μόνο ενμέρει ανάλογη με την ιστορία της επιστήμης της Αστρονομίας, τόσο γιατί ορισμένα από τα δεδομένα που είχαν στη διάθεσή τους οι αστρονόμοι των αρχαίων χρόνων δεν είναι προσιτά στα παιδιά (π.χ. η αναδρομική κίνηση των πλανητών), όσο και γιατί η κοινωνία μας προσφέρει στα παιδιά απευθείας πληροφορίες σχετικές με τη θεωρία του Κοπέρνικου από πολύ νωρίς.

Τα παιδιά, αντίθετα από τους επιστήμονες, έχουν συνήθως το πρόβλημα να ενσωματώσουν στην υπάρχουσα κοσμολογία τους τις πληροφορίες που βασίζονται στο ηλιοκεντρικό μοντέλο, και που τους παρέχουν οι ενήλικοι. Σαν αποτέλεσμα, τα παιδιά αναπτύσσουν διάφορες «αφομοιωτικές» υποθέσεις. Ο Piaget (1929, σ. 236), για παράδειγμα, αναφέρει μια ενδιαφέρουσα περίπτωση ενός παιδιού που προσπάθησε να αφομοιώσει πληροφορίες που βασίζονται στο ηλιοκεντρικό μοντέλο. Το παιδί αυτό είχε ακούσει ότι όταν ήταν νύχτα στην Ευρώπη ήταν μέρα στις ΗΠΑ, κι ότι αυτό οφείλεται στην περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της. Το παιδί αφομοίωσε την πληροφορία αυτή με το να προσθέσει στο υπάρχον μοντέλο του της επίπεδης Γης την πληροφορία ότι η Γη αποτελείται από διάφορα

«στρώματα». Ανέπτυξε λοιπόν τη θεωρία ότι υπήρχε ένα στρώμα επίπεδης Γης, που ήταν οι ΗΠΑ, κάτω από ένα άλλο στρώμα επίπεδης Γης, που ήταν η Ευρώπη, και πως τη νύχτα ο Ήλιος κατέβαινε από το ευρωπαϊκό γήινο στρώμα και φώτιζε το αμερικάνικο γήινο στρώμα!

Ενώ δεν είναι δυνατόν αυτή τη στιγμή να δώσουμε πλήρη περιγραφή των γνώσεων των παιδιών για την Αστρονομία χωρίς υπάρχοντα στοιχεία, μπορούμε ωστόσο να προτείνουμε προσωρινές υποθέσεις, με βάση τις διαθέσιμες εξελικτικές πληροφορίες και τις θεωρίες που διαμορφώθηκαν στην ιστορία της Αστρονομίας. Νομίζουμε ότι τα μικρά παιδιά θα υιοθετήσουν την άποψη της «κοινής λογικής» ότι η Γη είναι επίπεδη και ακίνητη, κι ότι η βαρύτητα λειτουργεί σαν ένας βαθμός κλίσης από τα πάνω προς τα κάτω. Η άποψη αυτή είναι σύμφωνη με τη φαινομενολογική εμπειρία των παιδιών, αν κι έρχεται, φυσικά, σε αντιπαράθεση με τις σύγχρονες επιστημονικές απόψεις.

Μια σειρά από πρόσφατες μελέτες στον τομέα της εκπαίδευσης (Nussbaum, 1979· Nussbaum & Novack, 1976· Sneider & Pulos, 1983) υποστηρίζουν ότι τα παιδιά γύρω στα 6-8 χρόνια τους πιστεύουν πως η Γη είναι επίπεδη. Σχεδόν όλα τα παιδιά σ' αυτή την ηλικία λένε ότι η Γη είναι στρογγυλή, αλλά όταν τους ζητήσεις να σου δώσουν λεπτομέρειες («Πού πάει ο Ήλιος τη νύχτα;», «Πώς φαίνεται η Γη όταν την κοιτάς από πολύ μακριά;»), δίνουν απαντήσεις σύμφωνες με την άποψη της επίπεδης Γης. Οι μελέτες των Nussbaum και Novak (1976), επίσης, δείχνουν ότι τα παιδιά αλλάζουν από την αρχική τους θέση –ότι η βαρύτητα λειτουργεί σαν ένας βαθμός κλίσης από τα πάνω προς τα κάτω (δηλαδή ότι τα πράγματα πέφτουν από υψηλές θέσεις σε χαμηλές θέσεις)– στη θέση ότι η βαρύτητα λειτουργεί σαν ένας βαθμός κλίσης προς το κέντρο της Γης. Τα παιδιά που έχουν την πρώτη άποψη νομίζουν ότι εάν υπήρχαν άνθρωποι στο κάτω μέρος της σφαιρικής Γης θα έπεφταν, ενώ τα μεγαλύτερα παιδιά λένε ότι δεν θα έπεφταν. Δεν υπάρχουν μέχρι σήμερα πληροφορίες για το αν τα παιδιά νομίζουν αρχικά ότι η Γη είναι σταθερή και δεν κινείται, αλλά φαίνεται λογικό να το υποθέσει κανείς.

Υπάρχουν επίσης ορισμένες πληροφορίες ότι τα παιδιά αρχικά

υιοθετούν μια γεωκεντρική άποψη για τη σχέση Ήλιου και Γης, και δίνουν ανθρωπομορφικές απαντήσεις για τη φαινομενική κίνηση της Σελήνης και του Ήλιου. Ο Piaget (1929, 1930) προτείνει ότι συχνά τα μικρά παιδιά (ηλικίας 4-5 ετών) υποθέτουν ότι άψυχα αντικείμενα που κινούνται κατέχουν ανθρώπινα γνωρίσματα. Έτσι, τα παιδιά λένε «ναι» σε ερωτήσεις όπως: «Θα μπορούσε ο Ήλιος να σταματήσει να λάμπει αν ήθελε;» (Piaget, 1930, σ. 82). Αργότερα, καθώς μεγαλώνουν, τα παιδιά περνούν σε μια μηχανιστική εξήγηση των αστρονομικών φαινομένων. Για παράδειγμα, λένε ότι η Σελήνη κινείται επειδή «τη σπρώχνει ο άνεμος» (Haupt, 1950, σ. 226) ή ότι τη νύχτα «ο Ήλιος γίνεται μαύρος» (Piaget, 1929, σ. 293), κι ότι οι φάσεις της Σελήνης προκαλούνται από σύννεφα που «καλύπτουν το φεγγάρι, κι έτσι του δίνουν διαφορετικές μορφές» (Haupt, 1948, σ. 259).

### *Ριζοσπαστική Αναδιοργάνωση στην Αστρονομία*

Αν η κοσμολογία του παιδιού αλλάζει, από μια θεωρία βασισμένη στην υπόθεση ότι η Γη είναι επίπεδη και σταθερή με ανθρωπομορφικές ερμηνείες της κίνησης του Ήλιου και της Σελήνης, σε μια θεωρία που βασίζεται στην άποψη ότι η Γη είναι σφαιρική και κινείται, μπορεί να περιγράψει κανείς την αλλαγή αυτή ως ριζοσπαστική ή ως ασθενή αναδιοργάνωση;

Ακολουθώντας τους Kuhn (1970), Carey (1985b), Wisser και Carey (1983), έχουμε επικεντρωθεί σε τρία κριτήρια για να διακρίνουμε τη ριζοσπαστική αναδιοργάνωση ενός προηγούμενου σχήματος: τα δύο σχήματα πρέπει να είναι διαφορετικά από την άποψη (α) των εννοιών που περιέχουν, (β) της δομής τους και (γ) των φαινομένων που επεξηγούν. Τώρα θα εξετάσουμε τις αλλαγές στις γνώσεις του παιδιού για την Αστρονομία με βάση αυτά τα κριτήρια.

Είναι προφανές ότι οι γνώσεις των παιδιών για την Αστρονομία αλλάζουν εννοιολογικά. Η έννοια ενός ανθρωπομορφικού Ήλιου που κοιμάται τη νύχτα είναι τελείως διαφορετική απ' την έννοια του Ήλιου ως κανονικού αστεριού στο γαλαξία. Ομοίως, η άποψη ότι η Γη είναι σταθερή και επίπεδη είναι διαφορετική από

την άποψη ότι η Γη είναι στρογγυλή και κινείται στο διάστημα.

Οι γνώσεις των παιδιών για την Αστρονομία αλλάζουν και στη δομή τους. Δηλαδή, δεν αλλάζουν μόνο οι ατομικές έννοιες, αλλά και οι σχέσεις ανάμεσά τους. Το γεωκεντρικό μοντέλο αντικαθίσταται από το ηλιοκεντρικό. Το φαινόμενο της μέρας/νύχτας εξηγείται με βάση την κίνηση της Γης κι όχι την κίνηση του Ήλιου. Το φως που έρχεται από τη Σελήνη εξηγείται με βάση τη σχέση της Σελήνης με τη Γη και τον Ήλιο.

Τέλος, οι καινούργιες γνώσεις του παιδιού διαφέρουν από τις αρχικές όσον αφορά τα φαινόμενα που επεξηγούν. Οι νέες απόψεις του παιδιού περιλαμβάνουν μόνον ορισμένες από τις έννοιες που συμπεριλαμβάνονταν στο αρχικό σχήμα (π.χ. συμπεριλαμβάνουν τον Ήλιο, τη Σελήνη, τα άστρα, αλλά όχι τα σύννεφα). Την ίδια στιγμή, το καινούργιο σχήμα χρησιμοποιεί τις έννοιες του φωτός και της σκιάς για να εξηγήσει διαφορετικά φαινόμενα (π.χ. τη μέρα/νύχτα, τις εποχές, τις φάσεις της Σελήνης κλπ.).

Φαίνεται λοιπόν απ' όλα αυτά πως η αλλαγή από ένα γεωκεντρικό σχήμα σ' ένα ηλιοκεντρικό σχήμα πληροί όλα τα κριτήρια για μια ριζοσπαστική αναδιοργάνωση.

#### ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΑΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΤΩΝ ΓΝΩΣΕΩΝ

Μέχρι στιγμής, η περισσότερη δουλειά που έχει γίνει στο πεδίο της απόκτησης γνώσεων έχει περιγραφική μορφή. Έτσι, λίγα ή τίποτα δεν έχει ειπωθεί σχετικά με τους μηχανισμούς με τους οποίους συμβαίνουν αυτές οι αλλαγές. Κάποια συζήτηση για τους μηχανισμούς μπορεί να βρει κανείς στο έργο των Rumelhart και Norman (1981a, 1981b), στην εργασία από το χώρο της τεχνητής νοημοσύνης (π.χ. Carbonell, 1983) και στην εργασία πάνω στη διδακτική μεθοδολογία των Θεωρητικών Επιστημών (π.χ. Anderson, 1977· Champagne, Klopfer & Gunstone, 1982· Greeno, 1980).

Μερικοί μηχανισμοί για την αναδιοργάνωση, οι οποίοι έχουν συζητηθεί στη βιβλιογραφία, είναι η επαγωγή ενός σχήματος με βάση την ανακάλυψη της κανονικότητας στη συνεμφάνιση ορισμένων

φαινομένων (Rumelhart & Norman 1981b), η μάθηση με βάση αναλογίες ή μεταφορές (Carbonell, 1983· Gentner, 1981· Gick & Holyoak, 1980, 1983· Vosniadou & Ortony, 1983· Vosniadou & Schommer, 1986), η μάθηση με βάση την ομοιότητα (Langley, 1981· Stepp & Michalski, 1986· Mitchel et al., 1986), μηχανισμοί που βασίζονται στην επεξήγηση (DeJong & Mooney, 1986· Mitchell et al., 1986), η γενίκευση και η εξειδίκευση (Rumelhart & Ortony, 1977), η διαφοροποίηση και η ενσωμάτωση (Carey, 1985) και οι σωκρατικοί διάλογοι (Anderson, 1977· Champagne, Klopfer & Gunstone, 1982· Collins, 1977). Παρόλ' αυτά, σε μας φαίνεται ότι η επαγωγή ενός σχήματος, η γενίκευση και η εξειδίκευση περιγράφουν το προϊόν μιας αλλαγής, κι όχι τους μηχανισμούς με τους οποίους επιτυγχάνεται αυτή η αλλαγή. Οι μηχανισμοί που βασίζονται στην αναγνώριση ομοιοτήτων ή στην επεξήγηση που συζητούνται στη βιβλιογραφία τη σχετική με την τεχνητή νοημοσύνη (π.χ. DeJong & Mooney, 1986· Mitchell et al., 1986· Stepp & Michalski, 1986), δεν είναι κατάλληλοι για ριζοσπαστική αναδιοργάνωση.

Δύο μηχανισμοί φαίνεται να είναι δυνατό να επιφέρουν τη ριζοσπαστική αναδιοργάνωση της γνώσης, σαν εκείνη που παρατηρείται στον τομέα της Αστρονομίας. Αυτοί οι δύο μηχανισμοί είναι (1) οι σωκρατικοί διάλογοι και (2) οι αναλογίες, οι μεταφορές και τα φυσικά μοντέλα.

### *Σωκρατικοί Διάλογοι*

Οι σωκρατικοί διάλογοι συχνά χρησιμοποιούνται για να διευκολύνουν την αναγνώριση των αντιφάσεων στις γνώσεις ενός ανθρώπου πάνω σ' έναν τομέα. Με βάση τη μελέτη της ιστορίας της επιστήμης, ο Kuhn (1962) υποστήριξε ότι η αναγνώριση των λαθών ή ανωμαλιών, που δεν ταιριάζουν με την τρέχουσα θεωρία, είναι για τους επιστήμονες μια από τις μεγαλύτερες κινητήριες δυνάμεις για ριζοσπαστικές εννοιολογικές αλλαγές. Πρόσφατα, μερικοί ερευνητές στον τομέα της Εξελικτικής Ψυχολογίας (π.χ., Karmiloff-Smith & Inhelder, 1975) και της επιστήμης της εκπαίδευσης υποστήριξαν τη



χρήση του λάθους και της ανωμαλίας ως έναν μηχανισμό που οδηγεί στην απόκτηση γνώσεων σε επιστημονικά θέματα (Anderson, 1977· Champagne & Klopfer, 1982· Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982).

Πιστεύουμε ότι η αναγνώριση του λάθους και της ανωμαλίας μπορεί να επιτελέσει μια σημαντική λειτουργία στην αναδιοργάνωση ενός σχήματος, αλλά αμφισβητούμε την επάρκειά της ως μοναδικού μηχανισμού της αναδιοργάνωσης. Ενώ μπορεί, καθώς αναπτύσσεται το παιδί, να αναδιοργανώσει τις γνώσεις του αυθόρμητα, ίσως δεν είναι σκόπιμο να το αφήσουμε να αναδιοργανώσει από μόνο του τις γνώσεις του για τη Φυσική ή την Αστρονομία, ιδιαίτερα όταν είναι γνωστό τι είδους θεωρία πρέπει τελικά να αναπτύξει. Το παιδί είναι σε μια διαφορετική θέση από τον επιστήμονα. Ο επιστήμονας που αντιμετωπίζει μιαν ανωμαλία την οποία η θεωρία του δεν μπορεί να εξηγήσει, αναγκάζεται να επανεξετάσει τις βασικές του υποθέσεις και να τις αναθεωρήσει χωρίς καμιά καθοδήγηση για το πού τελικά θα φτάσει.

Ωστόσο, δεν είναι ξεκάθαρο ότι αυτή η μέθοδος της «καθαρής ανακάλυψης» είναι ο καταλληλότερος τρόπος για ν' αποκτήσει το παιδί καινούργιες γνώσεις. Αντίθετα, η αναδιοργάνωση της γνώσης πρέπει να ξεπηδήσει από τις προσπάθειες του δασκάλου να οδηγήσει το παιδί στο να κατασκευάσει το καινούργιο σχήμα. Καθώς αναφέρουν οι Roth, Anderson και Smith (1986), «ο δάσκαλος πρέπει να εμπλέκεται ενεργά στη διάγνωση των αντιφάσεων των μαθητών, να ανταποκρίνεται σ' αυτές τις αντιφάσεις, και να παρουσιάζει ένα περιεχόμενο το οποίο να προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών, να είναι κατανοητό και να οδηγεί τους μαθητές στο να αλλάξουν τις αντιφατικές τους ιδέες υιοθετώντας πιο επιστημονικές απόψεις» (σ. 27). Υπάρχει σήμερα μια καινούργια σειρά από έρευνες που προσπαθούν να αναπτύξουν διδακτικές μεθόδους που επιδιώκουν την αναδιοργάνωση βασιζόμενες πάνω σ' ένα σωκρατικό μοντέλο (Collins, 1986· Nussbaum & Novick, 1982· Roth et al., 1986). Σ' όλες τις περιπτώσεις, το μοντέλο αυτό συμπεριλαμβάνει έναν δάσκαλο ο οποίος (1) καταλαβαίνει τις απόψεις του μαθητή, (2) μπορεί να δημιουργεί τον κα-

τάλληλο προβληματισμό, και (3) μπορεί να οδηγεί το μαθητή στη δημιουργία εννοιολογικά συνεπών θεωριών.

### *Η Χρήση των Αναλογιών, Μεταφορών και Φυσικών Μοντέλων*

Υποστηρίξαμε ότι ο μηχανισμός που συσχετίζει τις καινούργιες γνώσεις με ένα υπάρχον σχήμα από τον ίδιο επιστημονικό χώρο μπορεί να μην είναι ένας καλός μηχανισμός για αναδιοργάνωση των γνώσεων. Ωστόσο, ένας τρόπος με τον οποίο οι προϋπάρχουσες γνώσεις μπορούν να συμβάλουν στην κατασκευή ενός καινούργιου σχήματος είναι με τη χρήση αναλογιών και μεταφοράς από έναν διαφορετικό χώρο. Οι αναλογίες μπορούν να παίξουν διάφορους ρόλους στην αναδιοργάνωση. Μπορούν να διευκολύνουν την αυθόρμητη ανακάλυψη μιας καινούργιας θεωρίας ή τη διδασκαλία μιας καινούργιας θεωρίας στα παιδιά και στους μεγάλους. Στις προσπάθειές τους να καταλάβουν τις ανωμαλίες που τους ανάγκασαν να αναζητήσουν την αναδιοργάνωση μιας θεωρίας, οι επιστήμονες παρατηρούν συχνά μια αναλογία σε μια ήδη υπάρχουσα θεωρία από έναν διαφορετικό επιστημονικό χώρο. Η αυθόρμητη χρήση της αναλογίας είναι ένας αποτελεσματικός μηχανισμός για την αναδιοργάνωση μιας θεωρίας (Darden & Maull, 1977· Gentner, 1980· Hesse, 1966· Oppenheimer, 1956), αλλά πολύ δύσκολος να διερευνηθεί πειραματικά τόσο με παιδιά (Vosniadou, Brown & Bernstein, 1986) όσο και με ενήλικους (Gick & Holyoak, 1980, 1983). Ωστόσο, οι αναλογίες μπορούν να είναι πολύ αποτελεσματικές όταν χρησιμοποιούνται με σκοπό τη διδασκαλία ενός καινούργιου μοντέλου. Και οι ενήλικοι και τα παιδιά μπορούν να μεταφέρουν πληροφορίες από έναν τομέα γνώσης που κατέχουν προκειμένου να κατασκευάσουν ένα καινούργιο μοντέλο (Gentner, 1981· Vosniadou & Ortony, 1983· Vosniadou & Schommer, 1986), όπως όταν το σώμα παρουσιάζεται σαν μια μηχανή, ο εγκέφαλος σαν ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής, ο πληθωρισμός σαν μια αρρώστια και ούτω καθεξής.

Φυσικά μοντέλα μπορούν συχνά να επιτελέσουν τη δουλειά των αναλογιών. Τα φυσικά μοντέλα είναι ιδιαίτερα κατάλληλα σ' έναν

χώρο όπως της πλανητικής μηχανικής, στον οποίο η δομή του ηλιακού συστήματος και η λειτουργία του μπορούν εύκολα να γίνουν αντιληπτές με μια φυσική αναπαράσταση. Μια θεωρία μπορεί να σχηματιστεί με την εσωτερίκευση αυτού του φυσικού μοντέλου, του οποίου οι επιπτώσεις μπορούν μετά να γίνουν αντικείμενο περαιτέρω επεξεργασίας.

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Η διαδικασία απόκτησης καινούργιων γνώσεων μπορεί να αναλυθεί θεωρητικά ως μια διαδικασία που επιφέρει αλλαγές διαφορετικών ειδών· μερικές απ' αυτές τις αλλαγές απλώς εμπλουτίζουν τις υπάρχουσες δομές γνώσεων, ενώ άλλες δημιουργούν καινούργιες δομές. Η σύγχρονη βιβλιογραφία που πραγματεύεται το πρόβλημα της απόκτησης καινούργιων γνώσεων διακρίνει την ασθενή αναδιοργάνωση από τη ριζοσπαστική αναδιοργάνωση των γνώσεων. Η ασθενής αναδιοργάνωση αποτελείται από την πρόσθεση καινούργιων γεγονότων και σχέσεων στις υπάρχουσες δομές, ενώ η ριζοσπαστική αναδιοργάνωση αναφέρεται στη θεμελιακή αλλαγή των σχημάτων γνώσεων, που είναι όμοια, ενμέρει, με την αλλαγή πλαισίου στην ιστορία της επιστήμης. Η διάκριση ανάμεσα σε ασθενή και ριζοσπαστική αναδιοργάνωση είναι σημαντική και για μια θεωρία της ανάπτυξης και για μια θεωρία της διδακτικής, και δημιουργεί ενδιαφέροντα ερωτήματα που αφορούν το ρόλο της προϋπάρχουσας γνώσης στη μάθηση. Υποστηρίζουμε ότι ο τομέας της Περιγραφικής Αστρονομίας είναι ιδιαίτερα κατάλληλος για τη μελέτη της αναδιοργάνωσης των γνώσεων, και περιγράφουμε ένα ερευνητικό πρόγραμμα που εξετάζει την απόκτηση γνώσεων από τα παιδιά στο χώρο της Αστρονομίας. Συζητώντας τις εκπαιδευτικές επιπτώσεις της έρευνας αυτής, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι πριν μπορέσει κανείς να δώσει απάντηση στα καιρία εκπαιδευτικά ερωτήματα χρειάζεται περυσσότερη έρευνα που να περιγράφει με ακρίβεια τις αλλαγές που λαμβάνουν χώρα με την απόκτηση καινούργιων γνώσεων, αλλά και τους μηχανισμούς που επιφέρουν τις αλλαγές αυτές.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anderson, R.C. (1977), «The Notion of Schemata and the Educational Enterprise: General Discussion of the Conference». Στο Anderson, R.C., Spiro R.J., & Montague, W.E. (επιμ.), *Schooling and the Acquisition of Knowledge*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Anderson, R.C., Spiro, R.J., Montague, W.E. (επιμ.) (1977), *Schooling and the Acquisition of Knowledge*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Bransford, J.D. (1979), *Human Cognition: Learning, Understanding and Remembering*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Co.
- Brewer, W.F., & Nakamura, G.V. (1984), «The Nature and Functions of Schemas». Στο Wyer, R.S., & Srull, T.K. (επιμ.), *Handbook of Social Cognition*, τ. 1. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Campbell, D.T. (1974), «Evolutionary Epistemology». Στο Schilpp, P.A. (επιμ.), *The Philosophy of Karl Popper*. La Salle, IL: Open Court.
- Carbonell, J.G. (1983), «Derivational Analogy in Problem Solving and Knowledge Acquisition». Στο Michalski, R.S. (επιμ.), *Proceedings of the International Machine Learning Workshop*. Monticello, IL: Allerton House.
- Carey, S. (1985a), *Are Children Fundamentally Different Kinds of Thinkers and Learners than Adults?* Στο Chipman, S.F., Segal, J.W., & Glaser, R. (επιμ.), *Thinking and Learning Skills*, τ. 2. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Carey, S. (1985b), *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S., & Block, N. (1976), *Conceptual Change in Children and Scientists*. Presented at the Piaget Society.
- Champagne, A.B., Klopfer, L.E., & Gunstone, R.F. (1982), «Cognitive Research and the Design of Science Instruction». *Educational Psychologist*, 17, σσ. 31-35.
- Chase, W.G., & Simon, H.A. (1973a), «Perception in Chess». *Cognitive Psychology*, 4, σσ. 55-81.
- Chase, W.G., & Simon, H.A. (1973b), «The Mind's Eye in Chess». Στο Chase, W.G. (επιμ.), *Visual Information Processing*. New York: Academic Press.
- Chi, M.T.H., Feltovich, P.J., & Glaser, R. (1981), «Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices». *Cognitive Science*, 5, σσ. 121-52.
- Chi, M.T.H., Glaser, R., & Rees, E. (1982), «Expertise in Problem Solving». Στο Sternberg, R. (επιμ.), *Advances in the Psychology of Human Intelligence*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Clement, J.J. (1983), «A Conceptual Model Discussed by Galileo and Used Intuitively by Physics Students». Στο Gentner, D., & Stevens, A.L. (επιμ.), *Mental Models*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.

- Collins, A. (1977), «Processes in Acquiring Knowledge». Στο Anderson, R.C., Spiro, R.J., & Montague, W.E. (επιμ.), *Schooling and the Acquisition of Knowledge*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Collins, A. (1986), *A Sample Dialogue Based on a Theory of Inquiry Teaching* (Tech. Rep. No. 367). Champaign: University of Illinois, Center for the Study of Reading.
- Darden, L., & Maull, N. (1977), «Interfield Theories». *Philosophy of Science*, 44, σσ. 43-64.
- DeJong, G., & Mooney, R. (1986), «Explanation-Based Learning: An Alternative View». *Machine Learning*, 1, σσ. 145-70.
- DiSessa, A. (1982), «Unlearning Aristotelian Physics: A Study of Knowledge-Based Learning». *Cognitive Science*, 6, σσ. 37-75.
- Driver, R., & Easley, J. (1978), «Pupils and Paradigms: A Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students». *Studies in Science Education*, 5, σσ. 61-84.
- Fensham, P.J. (1983), «A Research Base for New Objectives of Science Teaching». *Science Education*, 67, σσ. 3-12.
- Gelman, R., & Baillargeon, R. (1983), «A Review of Some Piagetian Concepts». Στο Mussen, P. (επιμ.), *Manual of Child Psychology* (4η έκδ.). *Cognitive Development* (τ. 3). Στο Flavell, J.H., & Markman, E.M. (επιμ.). New York: Wiley.
- Gentner, D. (1980), *The Structure of Analogical Models in Science* (Rep. No. 4451). Cambridge, MA: Bolt Beranek & Newman.
- Gentner, D. (1981), «Generative Analogies as Mental Models». Στο *Proceedings of the Third Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Berkeley, CA.
- Gick, M.L., & Holyoak, K.J. (1980), «Analogical Problem Solving». *Cognitive Psychology*, 12, σσ. 306-55.
- Gick, M.L., & Holyoak, K.J. (1983), «Schema Induction and Analogical Transfer». *Cognitive Psychology*, 15, σσ. 1-38.
- Gombrich, R.F. (1975), «Ancient Indian Cosmology». Στο Blacker, C., & Loewe, M. (επιμ.), *Ancient Cosmologies*. London: Allen & Unwin.
- Greeno, J.G. (1980), «Trends in the Theory of Knowledge for Problem Solving». Στο Tume, D.T., & Reif, F. (επιμ.), *Problem Solving and Education: Issues in Teaching and Research*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Hamlyn, D.W. (1978), *Experience and the Growth of Understanding*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Hanson, N.R. (1958), *Patterns of Discovery*. London: Cambridge University Press.
- Haupt, G.W. (1948), «First Grade Concepts of the Moon». *Science Education*, 32, σσ. 258-62.

- Haupt, G.W. (1950), «First Grade Concepts of the Moon». Part II. *Science Education*, 34, σσ. 224-34.
- Hesse, M. (1966), *Models and Analogies in Science*. Notre Dame, IN: University of Notre Dame Press.
- Karmiloff-Smith, A., & Inhelder, B. (1975), «If you Want to Get Ahead, Get a Theory». *Cognition*, 3, σσ. 195-212.
- Krupp, E.C. (1983), *Echoes of the Ancient Skies*. New York: New American Library.
- Kuhn, T.S. (1957), *The Copernican Revolution*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kuhn, T.S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kuhn, T.S. (1970), *The Structure of Scientific Revolutions* (2η έκδ.). Chicago: University of Chicago Press.
- Kuhn, T.S. (1977), *The Essential Tension*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakatos, I. (1970), «Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes». Στο Lakatos, I., & Musgrave, A. (επιμ.), *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Lambert, W.G. (1975), «The Cosmology of Sumer and Babylon». Στο Blacker, C., & Loewe, M. (επιμ.), *Ancient Cosmologies*. London: Allen & Unwin.
- Langley, P. (1981), «Data-Driven Discovery of Physical Laws». *Cognitive Science*, 5, σσ. 31-54.
- Langley, P., Zytkow, J., Simon, H.A., & Bradshaw, G.L. (1983), «Mechanisms for Qualitative and Quantitative Discovery». Στο Michalski, R.S. (επιμ.), *Proceedings of the International Machine Learning Workshop*. Monticello, IL: Allerton House.
- Larkin, J.H. (1979), «Information Processing Models and Science Instruction». Στο Lockhead, J., & Clement, J. (επιμ.), *Cognitive Process Instruction*. Philadelphia, PA: The Franklin Institute Press.
- Larkin, J.H. (1981), «Enriching Formal Knowledge: A Model for Learning to Solve Textbook Physics Problems». Στο Anderson, J. (επιμ.), *Cognitive Skills and Their Acquisition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Larkin, J.H., McDermott, J., Simon, D.P., & Simon, H.A. (1981), «Models of Competence». *Cognitive Science*, 4, σσ. 317-45.
- Laudan, L. (1977), *Progress and Its Problems*. Berkeley: University of California Press.
- Lesgold, A.M., Feltovich, P.J., Glaser, R., & Wang, Y. (1981), *The Acquisition of Perceptual Diagnostic Skill in Radiology* (Tech. Rep. No. PDS-1). Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh, Learning Research & Development Center.

- Mandler, J.M. (1983), «Representation». Στο Mussen, P. (επιμ.), *Manual of Child Psychology* (4η έκδ.). *Cognitive Development* (τ. 3). Στο Flavell, J.H., & Markman, E.M. (επιμ.). New York: Wiley.
- McCloskey, M. (1983), «Naive Theories of Motion». Στο Gentner, D., & Stevens, A.L. (επιμ.), *Mental Models*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- McCloskey, M., Caramazza, A., & Green, B. (1980), «Curvilinear Motion in the Absence of External Forces: Naive Beliefs about Motion of Objects». *Science*, 210, σσ. 1139-41.
- Mitchell, T.M., Keller, R.M., & Kedar-Cabelli, S.T. (1986), «Explanation Based Generalization: A Unifying View». *Machine Learning*, 1, σσ. 47-80.
- Novak, J.D. (1977a), «Epicyles and the Homocentric Earth: Or what is Wrong with Stages of Cognitive Development». *Science Education*, 61, σσ. 393-95.
- Novak, J.D. (1977b), «An Alternative to Piagetian Psychology for Science and Mathematics Education». *Science Education*, 61, σσ. 453-77.
- Nussbaum, J. (1979), «Children's Conceptions of the Earth as a Cosmic Body: A Cross Age Study». *Science Education*, 63, σσ. 83-93.
- Nussbaum, J., & Novak, J.D. (1976), «An Assessment of Children's Concepts of the Earth Utilizing Structured Interviews». *Science Education*, 60, σσ. 535-50.
- Nussbaum, J., & Novick, S. (1982), «Alternative Frameworks, Conceptual Conflict and Accommodation: Toward a Principled Teaching Strategy». *Instructional Science*, 11, σσ. 183-200.
- Oppenheimer, R. (1956), «Analogy in Science». *American Psychologist*, 11, σσ. 127-35.
- Osborne, R.J., & Wittrock, M.C. (1983), «Learning Science: A Generative Process». *Science Education*, 67, σσ. 489-508.
- Petrie, H.G. (1981), *The Dilemma of Inquiry and Learning*. Chicago: University of Chicago Press.
- Piaget, J. (1929), *The Child's Conception of the World*. Totowa, N.J.: Littlefield, Adams.
- Piaget, J. (1930), *The Child's Conception of Physical Causality*. New York: Harcourt, Brace.
- Plumley, J.M. (1975), «The Cosmology of Ancient Egypt». Στο Blacker, C., & Loewer, M. (επιμ.), *Ancient Cosmologies*. London: Allen & Unwin.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982), «Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change». *Science Education*, 66, σσ. 211-27.
- Roth, K.T., Anderson, C.W., & Smith, E.L. (1986, February), *Curriculum Materials, Teacher Talk, and Student Learning: Case Studies in Fifth-grade Science Teaching*. East Lansing: Michigan State University, The Institute for Research on Teaching.
- Rumelhart, D.E., & Norman, D.A. (1981a), «Accretion, Tuning, and Restruc-

- turing: Three Modes of Learning». Στο Cotton, J.W., & Klatzky, R. (επιμ.), *Semantic Factors in Cognition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Rumelhart, D.E., & Norman, D.A. (1981b), «Analogical Processes in Learning». Στο Anderson, J.R. (επιμ.), *Cognitive Skills and Their Acquisition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Rumelhart, D.E., & Ortony, A. (1977), «The Representation of Knowledge in Memory». Στο Anderson, R.C., Spiro, R.J., & Montague, W.E. (επιμ.), *Schooling and the Acquisition of Knowledge*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Sneider, C., & Pulos, S. (1983), «Children's Cosmographies: Understanding the Earth's Shape and Gravity». *Science Education*, 67, σσ. 205-21.
- Stepp, R.E., & Michalski, R.S. (υπό έκδ.), «Conceptual Clustering: Inventing Goal Oriented Classifications of Structured Objects». Στο Michalski, R.S., Carbonell, J.G., & Mitchell, T.M. (επιμ.), *Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach* (τ. 2). Palo Alto, CA: Tioga.
- Toulmin, S. (1972), *Human Understanding*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Toulmin, S., & Goodfield, J. (1961), *The Fabric of the Heavens: The Development of Astronomy and Dynamics*. New York: Harper & Row.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1986), *Knowledge Acquisition in Astronomy*. Unpublished manuscript.
- Vosniadou, S., Brown, A.T., & Bernstein, A. (1986), *The Role of Similarity in the Identification and Use of Problem Analogues: A Developmental Study*. Unpublished manuscript.
- Vosniadou, S., & Ortony, A. (1983), «The Influence of Analogy in Children's Acquisition of New Information from Text: An Exploratory Study». Στο Niles, J. (επιμ.), *Searches for Meaning in Reading/Language Processing and Instruction*. Rochester, N.Y.: National Reading Conference.
- Vosniadou, S., & Schommer, M. (1986, April), *Analogy as a Mechanism in Knowledge Acquisition*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Association, San Francisco.
- Voss, J.F. (υπό έκδ.), «Problem Solving and the Educational Process». Στο Glaser, R., & Lesgold, A. (επιμ.), *Handbook of Psychology and Education*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Voss, J.F., Greene, T.R., Post, T.A., & Penner, B.C. (1983), «Problem-Solving Skill in the Social Sciences». Στο Bower, G.H. (επιμ.), *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory* (τ. 17). New York: Academic Press.
- White, B.Y. (1983), «Sources of Difficulty in Understanding Newtonian Dynamics». *Cognitive Science*, 7, σσ. 41-65.
- Whittrock, M.C. (1981), *Generative Reading Comprehension*. Los Angeles: G.S.E., U.C.L.A.



- Winston, P.H. (1981), *Learning New Principles from Precedents and Exercises: The Details* (AIM 632). Cambridge, MA: MIT, Artificial Intelligence Laboratory.
- Winston, P.H. (1983), «Learning by Augmenting Rules and Accumulating Censors». Στο Michalski, R.S. (επιμ.), *Proceedings of the International Machine Learning Workshop*. Monticello, IL: Allerton House.
- Wiser, M., & Carey, S. (1983), «When Heat and Temperature were One». Στο Gentner, D., & Stevens, A.L. (επιμ.), *Mental Models*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.



ΠΡΟΣ ΜΙΑ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ  
ΤΗΣ ΓΝΩΣΙΑΚΗΣ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑΣ  
ΓΙΑ ΝΕΕΣ ΠΡΟΟΔΟΥΣ ΣΤΗ ΜΑΘΗΣΗ  
ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ<sup>1</sup>

ΤΑ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΧΡΟΝΙΑ, Η ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΗ ΓΝΩΣΙΑΚΗ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ, και τη γνωσιακή επιστήμη γενικότερα, έχει επιφέρει μια επανάσταση στο χώρο της μάθησης και της διδασκαλίας κι έχει ανοίξει καινούργιους ορίζοντες μελέτης του νου και των νοητικών διεργασιών. Σκοπός του άρθρου αυτού είναι η κριτική εξέταση ορισμένων θεωρητικών θέσεων και σημαντικών ευρημάτων της Γνωσιακής Ψυχολογίας για την υποστήριξη των ακόλουθων επιχειρημάτων:

(1) Η συνεισφορά της Γνωσιακής Ψυχολογίας στα θέματα μάθησης και διδασκαλίας οφείλεται όχι τόσο στην επιστημολογία της Γνωσιακής Ψυχολογίας και την υποκείμενή της θεωρία της μάθησης όσο στη μεθοδολογία της γνωσιακής μοντελοποίησης.

(2) Τα αποτελέσματα των ερευνών στις γνωσιακές επιστήμες μάς έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη, σήμερα, μιας εφαρμοσμένης επιστή-

---

1. Μετάφραση του άρθρου με τίτλο «Towards a Revised Cognitive Psychology for New Advances in Learning and Instruction», το οποίο δημοσιεύτηκε στο περιοδικό *Learning and Instruction* (1996), τ. 6, No. 2, σσ. 95-109. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Erik De Corte και Robert Glaser για πολλές εποικοδομητικές συζητήσεις των θεμάτων με τα οποία ασχολείται το παρόν κείμενο.

μης της μάθησης, όπως την έχει αποκαλέσει ο Bob Glaser, η οποία

(α) αλλάζει την πραγματικότητα του σχολείου στις ΗΠΑ και πολλές χώρες της Ευρώπης και που καλό θα ήταν να τη λαμβάνουμε υπόψη στη χώρα μας, και

(β) μας οδηγεί σε μια επανεξέταση των αντιλήψεών μας για τον ανθρώπινο νου – ο νους όχι ως μια υπολογιστική μηχανή αλλά ως ένα βιολογικό σύστημα που αναπτύσσεται σ' ένα σύνθετο κοινωνικό και πολιτιστικό περιβάλλον.

(3) Υποστηρίζω, λοιπόν, ότι οπλισμένοι με μια νέα, αναθεωρημένη επιστημολογία της Γνωσιακής Ψυχολογίας και με τη μεθοδολογία της Πειραματικής Ψυχολογίας και της γνωσιακής μοντελοποίησης, είμαστε ικανοί, όσο ποτέ άλλοτε, να σημειώσουμε νέες προόδους στην κατανόηση της ανθρώπινης νόησης, της μάθησης και της διδασκαλίας.

### *Βασικό Ερευνητικό Πρόγραμμα της Γνωσιακής Ψυχολογίας*

Η Γνωσιακή Ψυχολογία πρωτοεμφανίστηκε στα τέλη της δεκαετίας του '50, ως αποτέλεσμα της αποτυχίας του μπιχεβιορισμού να μας παράσχει επαρκείς εξηγήσεις της ανθρώπινης γνωσιακής διαδικασίας. Αν και πολλές από τις ιδέες της Γνωσιακής Ψυχολογίας μπορεί να εντοπισθούν στο έργο πολλών ψυχολόγων και φιλοσόφων που έζησαν πολύ προγενέστερα, είναι αμφίβολο αν η γνωσιακή επανάσταση θα είχε εκδηλωθεί χωρίς τη μεσολάβηση του ψηφιακού υπολογιστή.

Οι υπολογιστές νομιμοποίησαν την επιστροφή του νοητισμού (mentalism) που υιοθέτησε η Γνωσιακή Ψυχολογία, κι αφαίρεσαν το μυστήριο από τη μελέτη των νοητικών φαινομένων (βλ. Johnson-Laird, 1989, για μια συζήτηση αυτού του ζητήματος). Η αναλογία του νου ως ενός προγράμματος υπολογιστή αποτέλεσε τη βάση για τη νέα επιστημολογία της Γνωσιακής Ψυχολογίας: ο νους είναι ένας ενεργητικός και εποικοδομητικός χειριστής συμβόλων, ο οποίος ερμηνεύει πληροφορίες που έρχονται από εξωτερικά ερεθίσματα μέσω διαφόρων ειδών γενικών στρατηγικών επεξεργασίας πληροφοριών, με στόχο την παραγωγή γνωστικού έργου.

Εκτός, όμως, του ότι μας παρέχει μια παραγωγική αναλογία για

το νου, ο υπολογιστής, και πιο συγκεκριμένα η μαθηματική υπολογιστική θεωρία που κρύβεται πίσω από τον υπολογιστή, μας πρόσφερε κι έναν νέο τύπο εξήγησης των ψυχολογικών φαινομένων. Η υπολογιστική θεωρία εφαρμόστηκε ως ένα επεξηγηματικό πλαίσιο για τα ψυχολογικά φαινόμενα, σημειώνοντας τη γέννηση της γνωσιακής επιστήμης, ενώ οι γνωσιακοί ψυχολόγοι έμαθαν να συνδυάζουν τις μεθόδους της Πειραματικής Ψυχολογίας με τη γνωσιακή μοντελοποίηση για να παράγουν μοντέλα τα οποία καθορίζουν λεπτομερώς τις νοητικές αναπαραστάσεις και διαδικασίες που αποτελούν τη βάση της επίδοσης σε ποικίλους τομείς γνώσεων.

Η μελέτη της μάθησης δεν ήταν θέμα άμεσης προτεραιότητας για τη Γνωσιακή Ψυχολογία των δεκαετιών του '60 και του '70. Η έμφαση ήταν, αντίθετα, στην περιγραφή της γνωσιακής επίδοσης. Όπως εξηγεί ο Glaser (1994),

η μελέτη των δομών μνήμης, της επίλυσης προβλημάτων, της αναπαράστασης προβλημάτων, της εξέλιξης της γλώσσας και της επεξεργασίας κειμένων, άρχισε να αποκαλύπτει τις γνωσιακές δομές και τις νοητικές διαδικασίες που συνεπάγεται κάθε υψηλή γνωσιακή επίδοση [π.χ., λύση πολύπλοκων μαθηματικών προβλημάτων, ή προβλημάτων Φυσικής, σκάκι, κατανόηση κειμένων κλπ.]. Κοιτώντας πίσω, οι σχετικά απλές και αποπλαισιωμένες πλευρές της συμπεριφοράς, που οι προηγούμενες θεωρίες μπορούσαν να μελετήσουν, φαίνονταν τετριμμένες υπό το φως της πολυπλοκότητας των επιδόσεων που θα έπρεπε να γίνουν κατανοητές προτού να γίνει εφικτή η ανάπτυξη μιας θεωρίας μάθησης και διδασκαλίας. Η ανάλυση της επίδοσης φαινόταν, λοιπόν, ότι ήταν απαραίτητη προϋπόθεση για τη διατύπωση μιας θεωρίας γνώσης, σχετικής με τα προβλήματα μάθησης και διδασκαλίας [σ. 6].

Η έμφαση στην επίδοση αντιπροσώπευε, σύμφωνα με τους Newell και Simon (1972), «μια στρατηγική που μπορεί να μην είναι ανέξοδη, αλλά που μπορεί να οδηγήσει στην ανάδυση μιας θεωρίας επίδοσης, στην οποία να μπορούν μετά να ενσωματωθούν η μάθηση και η ανάπτυξη» (σσ. 7-8).

Η στρατηγική πράγματι απέδωσε. Αν και οι αρχικές καταστάσεις που μελέτησαν οι ψυχολόγοι ήταν σχετικά απλά και σαφώς οριζόμενα προβλήματα για τη λύση των οποίων δεν προαπαιτούνταν πολλές γνώσεις, σύντομα τις διαδέχτηκε η γνωσιακή μοντελοποίηση

της συμπεριφοράς επίλυσης προβλημάτων σε σύνθετους γνωσιακούς τομείς, όπως η Φυσική, η Ιατρική και το σκάκι, η ανάγνωση και η γραφή, και η επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών οδήγησαν σε μια αναθεώρηση της έμφασης που αρχικά απέδιδε η Γνωσιακή Ψυχολογία στις στρατηγικές επεξεργασίας πληροφοριών, και απέδειξαν τη σπουδαιότητα των νοητικών αναπαραστάσεων και των δομών γνώσης.

Καθώς οι ψυχολόγοι άρχισαν να κατανοούν τις νοητικές αναπαραστάσεις και τις διαδικασίες που εμπλέκονται στη δραστηριότητα επίλυσης σύνθετων προβλημάτων, έγιναν ικανότεροι στην περιγραφή των διαφορών μεταξύ ειδημόνων και αδαών, και κατά συνέπεια της διαδικασίας απόκτησης γνώσεων αυτής καθεαυτής. Στις σελίδες που ακολουθούν σκιαγραφώ τρία χαρακτηριστικά της σύνθετης επίδοσης, τα οποία αποτέλεσαν τα θεμέλια μιας γνωσιακής θεωρίας μάθησης: *στρατηγικές, μεταγνώση και δομές γνώσης.*

### *Στρατηγικές*

Ένα μεγάλο μέρος της γνωσιακής επίδοσης απαιτεί την εκτέλεση πολύπλοκων στρατηγικών επεξεργασίας πληροφοριών. Για να μάθουμε να παίζουμε τένις, πιάνο ή βιολί, απαιτούνται η απόκτηση και η τελειοποίηση σύνθετων κινητικών δεξιοτήτων, που επιταχύνονται και γίνονται ακριβέστερες και πιο αυτοματοποιημένες με την απόκτηση εξειδικευμένων γνώσεων. Για να μάθουμε να διαβάζουμε και να γράφουμε, να επιλύουμε προβλήματα Φυσικής, Ιατρικής, Μαθηματικών και Γεωμετρίας, απαιτούνται επίσης η απόκτηση και η τελειοποίηση ενός συνόλου στρατηγικών και διαδικασιών που καθιστούν εφικτή την επινόηση και εκτέλεση ενός σχεδίου επίλυσης.

Οι γνωσιακοί ψυχολόγοι έχουν εντοπίσει μερικές από τις διαδικασίες που είναι αναγκαίες για την επίλυση προβλημάτων σε διαφορετικούς τομείς γνώσεων. Όταν τέτοιες διαδικασίες περιγράφονται με σαφήνεια, τότε είναι δυνατόν να καταλάβουμε πολλά από τα λάθη που διαπράττουν οι μαθητές ή οι φοιτητές. Ένα κλασικό παράδειγμα αυτού του τύπου ανάλυσης είναι το έργο των Brown, Burton

και VanLehn (Brown & Burton, 1978· Brown & VanLehn, 1980· VanLehn, 1990), οι οποίοι ανέλυσαν τις λύσεις δεκάδων χιλιάδων προβλημάτων αφαίρεσης πολυψήφιων αριθμών για να ανακαλύψουν ότι οι μαθητές είναι συστηματικοί στα είδη των λαθών που κάνουν. Τα σφάλματα αυτά αποδείχτηκε τελικά ότι ήταν 80 απλά λάθη σε μαθηματικές διαδικασίες, μερικά από τα οποία θα μπορούσαν να συμβούν συνδυαστικά ώστε να παραγάγουν περίπου 300 κοινά λάθη. Μέσω της γνωσιακής μοντελοποίησης, οι Brown και VanLehn μπόρεσαν να σχηματίσουν θεωρίες για τα είδη των διαδικασιών που περιλαμβάνει η αφαίρεση πολυψήφιων αριθμών και να εξηγήσουν πώς οι φοιτητές επινόησαν τα λάθη αυτά.

ΣΧΗΜΑ 1. Λάθη σε προβλήματα αφαίρεσης. (Προσαρμοσμένο από τους Brown και Burton, 1978).

Αριθμός περιπτώσεων σε 1.325 μαθητές	Όνομα	Παράδειγμα	Περιγραφή
57	Δανεισμός από μηδέν	$\begin{array}{r} 103 \\ -45 \\ \hline 158 \end{array}$	Ο μαθητής δανείζεται από μια στήλη που το πάνω ψηφίο της είναι 0, αλλά δε συνεχίζει να δανείζεται από τη στήλη στα αριστερά του 0.
54	Μικρότερο από μεγαλύτερο	$\begin{array}{r} 253 \\ -118 \\ \hline 145 \end{array}$	Ο μαθητής αφαιρεί το μικρότερο ψηφίο κάθε στήλης από το μεγαλύτερο, ανεξάρτητα από το ποιο είναι από πάνω και ποιο από κάτω.
10	Διαφ. 0-N=N	$\begin{array}{r} 140 \\ -21 \\ \hline 121 \end{array}$	Κάθε φορά που το πάνω ψηφίο μιας στήλης είναι 0, ο μαθητής γράφει το κάτω ψηφίο σαν απάντηση.
34	Διαφ. 0-N=N και υπερπήδηση του 0	$\begin{array}{r} 304 \\ -75 \\ \hline 279 \end{array}$	Κάθε φορά που το πάνω ψηφίο μιας στήλης είναι 0, ο μαθητής γράφει το κάτω ψηφίο σαν απάντηση. Όταν χρειάζεται να δανειστεί από μια στήλη που το πάνω ψηφίο της είναι μηδέν, υπερπηδά αυτή τη στήλη και δανείζεται από την επόμενη.

Άλλα παραδείγματα αυτού του τύπου προσέγγισης που αναφέρεται στην επίλυση προβλημάτων είναι η ανάλυση της κλίμακας ισορροπίας (ζυγαριάς), που έγινε από τον Siegler (1978), η περιγραφή των διαφορών μεταξύ αρχαρίων και ειδικών σε θέματα Φυσικής, που έγινε από τη Larkin (1983), η έρευνα των Hayes και Flower (1980) και των Scardamalia και Bereiter (1987) με θέμα τη γραφή, και πολλά άλλα.

### *Μεταγνώση*

Η μεταγνώση αναφέρεται στη βαθμιαία αύξηση του ενεργού και συνειδητού ελέγχου που ο καθένας ασκεί στις στρατηγικές επεξεργασίας πληροφοριών κατά τη διάρκεια της γνωσιακής διαδικασίας. Ένα από τα καλύτερα παραδείγματα εργασίας πάνω στη μεταγνώση είναι οι έρευνες της Ann Brown πάνω στις μεταγνωσιακές στρατηγικές που εμπλέκονται στην κατανόηση της ανάγνωσης. Όπως οι Brown, Burton και VanLehn έκαναν πριν, έτσι και η Ann Brown (1978) χρησιμοποίησε την αναλογία του «debugging» (της εύρεσης λαθών ενός προγράμματος υπολογιστή) για να περιγράψει τη συνειδητή και επίμοχθη δραστηριότητα που αναλαμβάνει κάποιος όταν ένα πυροδοτικό συμβάν (όπως η συνάντηση με μια άγνωστη έννοια ή η διάψευση μιας προσδοκίας) μας κάνει να συνειδητοποιήσουμε την αποτυχία κατανόησης κατά την ανάγνωση ενός κειμένου. Οποιαδήποτε κι αν είναι η ακριβής φύση του πυροδοτικού συμβάντος, φαίνεται πως αντιδρούμε σ' αυτό επιβραδύνοντας το ρυθμό ανάγνωσης, προσπαθώντας να εντοπίσουμε τα αίτια της αποτυχίας της κατανόησης. Η Brown ισχυρίζεται ότι στις περιπτώσεις αυτές μπαίνουμε σε μια εσκεμμένη, προσχεδιασμένη στρατηγική κατάσταση που διαφέρει αρκετά από την αυτόματη πιλοτική κατάσταση, κατά την οποία δεν παίζουμε ενεργητικό ρόλο. Πιο συγκεκριμένα, οι μεταγνωσιακές δραστηριότητες ανάγνωσης περιλαμβάνουν μεθόδους για να κατανοηθούν, μεταξύ άλλων, οι απαιτήσεις που θέτουν οι διάφοροι στόχοι, για να εντοπισθούν οι σημαντικές παράμετροι ενός μηνύματος, για να ελεγχθούν οι δραστηριότητες που βρίσκονται σε



εξέλιξη, για να αναληφθούν διορθωτικές δραστηριότητες όταν εντοπίζονται αποτυχίες στην κατανόηση, και ούτω καθεξής.

### *Δομές Γνώσης*

Στην αρχική της διατύπωση, η ψυχολογία επεξεργασίας πληροφοριών θεώρησε το νου ως έναν επεξεργαστή διαδοχικών πληροφοριών. Πρώτα λάμβαναν χώρα οι αντιληπτικές διαδικασίες κι ύστερα ακολουθούσαν οι παρατηρησιακές. Οι πληροφορίες αποθέτονταν στη βραχυχρόνια μνήμη κι έπειτα μεταφέρονταν στη μακροχρόνια μνήμη (π.χ. Atkinson & Shifrin, 1971). Η υπόθεση όμως ότι ο άνθρωπος νους επεξεργάζεται τις πληροφορίες διαδοχικά, αποδείχθηκε τελικά πως δεν εναρμονιζόταν με πάρα πολλά ευρήματα, που έδειχναν ότι οι γνωσιακές διαδικασίες επηρεάζονται όχι μόνο από τη φύση των αντιληπτικών ερεθισμάτων, αλλά και από τη φύση των προσδοκιών των ατόμων, οι οποίες βασίζονται σε προηγούμενες γνώσεις και σε προγενέστερες εμπειρίες.

Οι γνωσιακοί ψυχολόγοι επίσης επηρεάστηκαν, ώστε να στρέψουν την προσοχή τους στη σπουδαιότητα της προδεδομένης γνώσης. Μία σειρά μελετών που έγιναν από τον Bransford και τους συνεργάτες του (π.χ. Bransford, 1979· Bransford & Johnson, 1972· Bransford & Franks, 1971) έδειξαν ότι η ικανότητα να κατανοούμε και να ανακαλούμε ένα κείμενο, να λύνουμε προβλήματα και να ερμηνεύουμε οπτικά ερεθίσματα, εξαρτάται από τη σχέση που έχει η προς μάθηση πληροφορία με τις ενεργοποιημένες πληροφορίες και γνώσεις του ατόμου εκείνου που βρίσκεται σε διαδικασία μάθησης. Εάν λείπει η αναγκαία γνώση υποδομής, ή αν δεν καταφέρνει αυτή να ενεργοποιηθεί, οι ικανότητες κατανόησης, μνήμης και επίλυσης προβλημάτων ζημιώνονται. Κι άλλες μελέτες, πολλές από τις οποίες αφορούσαν στην κατανόηση κειμένου, ενίσχυσαν αυτά τα συμπεράσματα, κι απέδειξαν επιπλέον πως η κατανόηση κειμένου και η ερμηνεία λέξεων και οπτικών πληροφοριών εξαρτώνται από τις ικανότητες των ανθρώπων να εξάγουν συμπεράσματα και να κάνουν υποθέσεις που εδράζονται σε προϋπάρχουσες γνώσεις (π.χ. Anderson &

Ortony, 1975· Anderson, Pichert, Goetz, Schallert, Stevens & Trollip, 1976· Schank & Abelson, 1977).

Περίπου την ίδια εποχή, μελέτες που έγιναν με θέμα διαφορές στη λύση προβλημάτων ανάμεσα σε ειδήμονες και αδαείς (π.χ. Chase & Simon, 1973· Chi, Feltovich & Glaser, 1981) έδειξαν ότι ο τρόπος με τον οποίο οι ειδήμονες σκέπτονται και επιλύουν προβλήματα υποστηρίζεται από μια πλούσια παρακαταθήκη γνώσεων που αναφέρονται στον συγκεκριμένο τομέα γνώσεων που ερευνάται και οι οποίες φαίνεται να αποκτώνται μετά από μεγάλες περιόδους μάθησης και χρήσης. Η έρευνα της γνωσιακής ανάπτυξης ακολούθησε παρόμοια πορεία και προσέθεσε νέα σημαντικά στοιχεία. Αποδείχτηκε ότι περίπου την εποχή που πάνε στο σχολείο τα παιδιά έχουν ήδη αναπτύξει μια πλούσια παρακαταθήκη γνώσεων στα Μαθηματικά, τη Φυσική, τη Βιολογία (π.χ. Gelman, 1990· Carey & Spelke, 1994· Vosniadou, 1994). Αυτές οι αρχικές δομές γνώσεων αποτελούν τα θεμέλια πάνω στα οποία οικοδομείται περισσότερη γνώση, και κατ' αυτό τον τρόπο διευκολύνουν την περαιτέρω μάθηση. Μπορούν όμως επίσης να επενεργούν ως περιορισμοί στην απόκτηση καινούργιων πληροφοριών, εάν αυτές οι νέες πληροφορίες διαφέρουν ριζικά απ' ό,τι ήδη υπάρχει στη βάση των γνώσεων.

Στην περίπτωση της Φυσικής, για παράδειγμα, οι αρχικές δομές γνώσεων βασίζονται στις ερμηνείες των κοινών καθημερινών εμπειριών. Ως αποτέλεσμα, τα παιδιά καταλήγουν να πιστέψουν ότι τα φυσικά αντικείμενα πέφτουν με κατεύθυνση προς τα κάτω, η κίνηση είναι κάτι που χρειάζεται να εξηγηθεί με βάση έναν αιτιακό φορέα, η δύναμη είναι μια ιδιότητα των αντικειμένων που τα αισθάνεται κανείς να είναι βαριά (π.χ., βλ. Σχήμα 2), και ούτω καθεξής. Πολλές τέτοιες ιδέες έρχονται σε αντίθεση με τις αποδεκτές, σήμερα, επιστημονικές εξηγήσεις καθημερινών φαινομένων, καθώς αυτές οι εξηγήσεις άλλαξαν μετά από επιστημονική έρευνα χιλιάδων ετών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι φοιτητές να αντιμετωπίζουν μεγάλες δυσκολίες στη μάθηση μιας επιστήμης επειδή η μάθηση αυτή απαιτεί ριζική αναδιοργάνωση της υπάρχουσας βάσης γνώσεων (Vosniadou, 1994).

ΣΧΗΜΑ 2. Νοητικά μοντέλα της έννοιας της δύναμης (Ιωαννίδης - Βοσνιάδου, 1994).

Νοητικά μοντέλα δύναμης	Τάξεις				
	Νηπια- γωγείο	4η Δη- μοτικού	6η Δη- μοτικού	3η Γυμνα- σίου	Ποσοστά επί του συνόλου
1. Εσωτερική δύναμη σε ακίνη- τα και κινούμενα αντικείμενα.	40%	6,7%	0%	0%	7,6%
2. Εσωτερική δύναμη σε ακίνη- τα αντικείμενα - Εσωτερική και επίκτητη δύναμη σε κι- νούμενα αντικείμενα.	13,3%	26,7%	13,3%	0%	13,8%
3. Εσωτερική δύναμη μόνο σε ακίνητα αντικείμενα.	13,3%	6,7%	0%	0%	3,8%
4. Επίκτητη δύναμη μόνο σε κινούμενα αντικείμενα.	0%	10%	43,3%	20,7%	21%
5. Δύναμη της βαρύτητας σε α- κίνητα αντικείμενα και σε α- ντικείμενα που πέφτουν ελεύ- θερα - Δύναμη της βαρύτη- τας και επίκτητη δύναμη σε αντικείμενα που έχουν ριφθεί.	0%	6,7%	6,7%	46,7%	17,1%
6. Δεν υπάρχει δύναμη ούτε σε κινούμενα ούτε σε ακίνητα αντικείμενα.	0%	0%	0%	3,3%	1%
7. «Δύναμη υπό αναστολή» σε ακίνητα αντικείμενα - Επί- κτητη δύναμη ή επίκτητη δύ- ναμη και «δύναμη υπό ανα- στολή» σε κινούμενα αντι- κείμενα.	6,7%	10%	13,3%	6,7%	9,6%
8. Μικτό νοητικό μοντέλο.	26,7%	33,3%	23,3%	23,3%	26,7%
Ποσοστά επί του συνόλου					

Συμπερασματικά, στα μέσα της δεκαετίας του '70 και τη δεκαετία του '80 έλαβαν χώρα σοβαρές αλλαγές στο μοντέλο επεξεργασίας πληροφοριών, καθώς οι γνωσιακοί ψυχολόγοι άρχισαν να κατανοούν τη σπουδαιότητα των υποκείμενων γνωσιακών δομών. Η γνωσιακή δραστηριότητα άρχισε να ερμηνεύεται ως αποτέλεσμα αλληλεπιδρυσών διαδικασιών, όπου πληροφορίες που έρχονται τόσο από τα κάτω (το ερέθισμα) όσο και από τα πάνω (προϋπάρχουσες γνώσεις) επεξεργάζονται παράλληλα (Neisser, 1976). Η θεωρία αυτή, γνωστή ως *θεωρία των σχημάτων*, εμφανίσθηκε ως μια προσπάθεια πληρέστερης περιγραφής των διαδικασιών σκέψης, ιδιαίτερα στις συνήθως ασαφείς και ανεπαρκώς καθορισμένες περιστάσεις της καθημερινής ζωής. Η ιδέα της νοητικής αναπαράστασης εισήχθη για να περιγραφεί η αρχική φάση της ανάλυσης ενός προβλήματος, και οι ερευνητές κατάλαβαν ότι η ποιότητα αυτής της αναπαράστασης, που εξαρτάται από τη φύση των προδεδομένων γνωσιακών δομών, καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την επακολουθούσα διαδικασία επίλυσης προβλημάτων.

### *Διδακτικές Παρεμβάσεις:*

#### *Αναπτύσσοντας μια Εφαρμοσμένη Επιστήμη Μάθησης*

Τα αποτελέσματα της έρευνας στη Γνωσιακή Ψυχολογία είχαν επαναστατικές συνέπειες στην εκπαίδευση, επειδή μας εφοδίασαν με λεπτομερέστερες, απ' ό,τι πριν, περιγραφές των νοητικών αναπαραστάσεων και διαδικασιών που αποτελούν τη βάση της επίδοσης ενός ειδήμονα, και περιέγραψαν την εξέλιξή τους σε πολλούς επιστημονικούς τομείς γνώσεων. Όπως ο Brueer (1993) σημειώνει,

αν μπορέσουμε να κατανοήσουμε τις νοητικές διαδικασίες που αποτελούν τη βάση της επίδοσης των ειδημόνων σε διάφορα αντικείμενα σχολικής μάθησης, μπορούμε να ρωτήσουμε και ν' απαντήσουμε σε άλλες ερωτήσεις που είναι σημαντικές για την εκπαίδευση. Πώς αποκτούν οι φοιτητές αυτές τις διαδικασίες; Βοηθούν ορισμένες διδακτικές μέθοδοι τους φοιτητές ν' αποκτήσουν αυτές τις διαδικασίες ταχύτερα ή ευκολότερα; Μπορούμε να βοηθήσουμε τους φοιτητές να μάθουν καλύτερα; Οι απαντήσεις σ' αυτές τις

ερωτήσεις μπορούν να κατευθύνουν την εκπαιδευτική πρακτική και την αναμόρφωση του σχολείου. Οι απαντήσεις μπορούν να βοηθήσουν τους δασκάλους να λάβουν αποφάσεις στην τάξη που προάγουν τη μάθηση και τα εκπαιδευτικά επιτεύγματα [σ. 14].

Πρώτοι οι γνωσιακοί ψυχολόγοι αντελήφθησαν τις επιπτώσεις της έρευνάς τους στην εκπαίδευση και οι διδακτικές παρεμβάσεις αποτέλεσαν το φυσικό επακόλουθο πολλών βασικών ερευνητικών προγραμμάτων. Οι Brown και VanLehn (1980) χρησιμοποίησαν τα αποτελέσματα των πειραμάτων τους πάνω στην πρακτική αριθμητική, για να επινοήσουν ένα παιχνίδι υπολογιστή που βοηθούσε τους φοιτητές να εντοπίσουν τις λανθασμένες μεθόδους τους και να τις διορθώσουν με την κατάλληλη διδασκαλία. Τα ευρήματα της έρευνας της Ann Brown για τη μεταγνώση μεταφράστηκαν με τη βοήθεια των Palincsar και Brown (1984) σε μία αρκετά γνωστή διδακτική παρέμβαση που είχε στόχο να βοηθήσει τα παιδιά να αποκτήσουν τις μεταγνωσιακές στρατηγικές που είναι αναγκαίες για επιδέξια ανάγνωση. Έτσι, επινοήθηκε η *αμοιβαία διδασκαλία*, μια μορφή διαλόγου μεταξύ του δασκάλου και του μαθητή, όπου ο δάσκαλος σχηματίζει ένα μοντέλο των στρατηγικών διαδικασιών μεταγνώσης που είναι απαραίτητες για την κατανόηση κειμένου (στρατηγικές όπως η περίληψη, η ερώτηση, η διευκρίνιση και η πρόβλεψη), κι έπειτα καθοδηγεί την εφαρμογή αυτών των στρατηγικών από τους μαθητές στα πλαίσια ενός ομαδικού στόχου, όπου η σημασία ενός κειμένου γίνεται αντικείμενο διαπραγμάτευσης.

Παρόμοια στροφή από τη βασική έρευνα σε πειράματα διδασκαλίας ακολούθησαν πολλοί γνωσιακοί ψυχολόγοι που ενδιαφέρονταν για τη μάθηση και τη διδασκαλία (π.χ. Bransford & Vye, 1989· Collins, Brown & Newman, 1989· De Corte, 1995b· Scardamalia & Bereiter, 1995· Vosniadou, 1995).

Για να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις αυτές σήμερα, οι ψυχολόγοι που ενδιαφέρονται για τη μάθηση και τη διδασκαλία έχουν μεταφερθεί από το εργαστήριο στα σχολεία. Η έρευνα που διεξάγεται στα σχολεία δεν αντιπροσωπεύει, όπως τονίστηκε προηγουμένως, μια απλή μετακίνηση από τη βασική στην εφαρμοσμένη έρευνα,

όπου τα αποτελέσματα της βασικής έρευνας εφαρμόζονται στην εκπαίδευση, αλλά θεμελιώδη έρευνα σε τομείς της σχολικής μάθησης και διδασκαλίας. Ο Glaser και οι συνεργάτες του (Glaser, Ferguson & Vosniadou, 1995) σημειώνουν ότι

στις προσπάθειες αυτές λαμβάνουν χώρα επιστημολογικές αλλαγές στην έρευνα πάνω στη μάθηση. Η στενή εργαστηριακή έρευνα αλλάζει καθώς δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στην αμφίπλευρη κατεύθυνση μεταξύ βασικής και εφαρμοσμένης επιστήμης. Έτσι, συντελείται πρόοδος όχι μόνο με τη μετακίνηση των ευρημάτων και εφαρμογών της βασικής έρευνας στην εφαρμογή, αλλά επίσης με το σχεδιασμό εφαρμογών που δοκιμάζουν την έρευνα και τη θεωρία και μπορούν να ερευνήσουν καινούργια ερωτήματα της βασικής επιστήμης [σ. 1].

Θα ήθελα να σταματήσω εδώ προς στιγμή, διότι έχει σημασία να κατανοήσουμε γιατί έλαβαν χώρα αυτές οι εξελίξεις. Κατά τη γνώμη μου, η στροφή προς διδακτικές παρεμβάσεις και πειράματα ως έναν τρόπο για να κάνουμε βασική έρευνα έγινε ακριβώς επειδή η επιστημολογία της Γνωσιακής Ψυχολογίας δεν μπορούσε να μας εφοδιάσει με μια επαρκή θεωρία μάθησης ώστε να εξηγηθούν τα αποτελέσματα που ή ίδια είχε παραγάγει. Με άλλα λόγια, η θεωρία του νου ως ενός προγράμματος ανάλογου με το πρόγραμμα ενός υπολογιστή δεν μπορούσε να αποφέρει γόνιμες υποθέσεις για τα είδη των μεταβλητών του περιβάλλοντος που επηρεάζουν τη μάθηση. Επειδή απουσίαζε μια θεωρία μάθησης, οι ερευνητές άρχισαν να δοκιμάζουν διάφορες διδακτικές παρεμβάσεις για να δουν ποιες από αυτές παρήγαγαν τα καλύτερα αποτελέσματα μάθησης. Η προσέγγιση αυτή είναι δυνατή επειδή η ανάλυση γνωσιακών έργων μάς έχει εφοδιάσει με λεπτομερείς περιγραφές των προσδοκώμενων αλλαγών στην επίδοση με την απόκτηση εξειδικευμένων γνώσεων. Με κριτήριο αυτές τις περιγραφές, μπορούμε να εκτιμήσουμε την επιτυχία ή την αποτυχία διαφόρων μεθόδων παρέμβασης.

Πράγματι, για ένα χρονικό διάστημα κατά την ανάπτυξη αυτής της πειραματικής προσέγγισης της διδασκαλίας, ιδέες σχετικά με πιθανούς μηχανισμούς μάθησης αντλήθηκαν υπό μορφή δανείου από διάφορες άλλες θεωρητικές απόψεις, στις οποίες έγιναν δημιουργι-

κές και ανανεωτικές προσθήκες, αναθεωρήσεις και αναπροσαρμογές. Ο Bransford και οι συνεργάτες του, ακολουθώντας τις ιδέες του Dewey, ανέπτυξαν μια μέθοδο διδασκαλίας που προσανατολιζόταν προς τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος λύσης προβλημάτων (π.χ. Bransford, Franks, Vye & Sherwood, 1989). Άλλοι ερευνητές άντλησαν έμπνευση από τις ιδέες του Piaget, σύμφωνα με τις οποίες η γνωσιακή σύγκρουση είναι το μέσο που υποκινεί την εννοιολογική αλλαγή. Πολλοί γνωσιακοί ψυχολόγοι στράφηκαν προς τις ιδέες του Vygotsky (Vygotsky, 1934/1986, 1978).

Αρχικά, οι διδακτικές παρεμβάσεις ήταν περιορισμένου εύρους. Σύντομα όμως παρατηρήθηκε μια στροφή προς πλέον φιλόδοξες, σφαιρικές αλλαγές σε όλο το σχολικό περιβάλλον. Καθώς αναπτύχθηκε αυτή η έρευνα, παρατηρήθηκε μια βαθμιαία αλλαγή, από μικρής κλίμακας τοπικές διδακτικές παρεμβάσεις, προς πλέον φιλόδοξες σφαιρικές αλλαγές, σε όλο το μαθησιακό περιβάλλον. Η αλλαγή αυτή κατέστη αναγκαία καθώς πολλοί ψυχολόγοι άρχισαν να συνειδητοποιούν ότι τα σχολεία αποτυγχάνουν να χορηγήσουν αυτό που κατέληξε να ονομάζεται *μάθηση συνοδευόμενη από κατανόηση* (π.χ. Gardner, 1991; Perkins, 1992). Αυτό που προκάλεσε έκπληξη στους ψυχολόγους και τους εκπαιδευτικούς δεν ήταν το ότι μερικοί μαθητές τελείωναν την υποχρεωτική εκπαίδευση χωρίς να έχουν πάρει ακόμη και τις πιο στοιχειώδεις γνώσεις. Αυτό που ήταν απροσδόκητο ήταν η συνειδητοποίηση του εύρους της αποτυχίας της σχολικής μάθησης ακόμη κι όταν επρόκειτο για μαθητές που υποτίθεται ότι απέδιδαν επαρκώς ή ακόμη ήταν και πάνω από τον μέσο όρο με βάση τα αποτελέσματα των εξετάσεων και τις αξιολογήσεις των δασκάλων. Δηλαδή, ακόμη και οι καλοί μαθητές μαθαίνουν πολύ λίγα.

Δύο φαινόμενα που σχετίζονται με την αποτυχία της σχολικής μάθησης φαίνεται πως είναι ιδιαίτερα σημαντικά: η *αδρανής γνώση* και οι *παρανοήσεις*. Ο όρος «αδρανής γνώση» χρησιμοποιήθηκε από τον Bereiter (1984) και τον Bransford et al. (1989) για να περιγράψει τις καταστάσεις εκείνες όπου αποτυγχάνουμε να χρησιμοποιήσουμε αυτά που ξέρουμε όταν είναι σχετικά. Αδρανής θεωρείται ότι είναι η γνώση που είναι προσιτή μόνο σε περιορισμένες περιστάσεις, αν και

δυνητικά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε πολύ περισσότερες. Συχνά, αδρανής γνώση είναι η γνώση που αποκτάται στο σχολείο αλλά που δε χρησιμοποιείται σε περιστάσεις της καθημερινής ζωής εκτός του σχολείου. Για παράδειγμα, πολλοί μαθητές που ξέρουν να λύνουν προβλήματα Φυσικής στο σχολείο αποτυγχάνουν να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους της τυπικής Φυσικής για να εξηγήσουν καθημερινά φυσικά φαινόμενα (π.χ. DiSessa, 1982), ή μαθαίνουν να λύνουν προβλήματα Μαθηματικών αλλά δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν επαρκώς αυτές τις δεξιότητες για να λύσουν μαθηματικά προβλήματα της καθημερινής ζωής (π.χ. Carraher, Carraher & Schliemann, 1985· De Corte, Greer & Verschaffel, 1996). Το φαινόμενο αυτό πιστεύεται πως είναι αποτέλεσμα του τρόπου με τον οποίο μεταδίδονται οι πληροφορίες, και ταιριάζει πολύ καλά σε περιστάσεις όπου η τυπική γνώση αποκτάται στο σχολείο και δε συνδέεται με τις περιστάσεις της καθημερινής ζωής με τις οποίες είναι σχετική.

Το δεύτερο φαινόμενο είναι αυτό των παρανοήσεων. Ερευνητές στο Harvard, το MIT και το John Hopkins έχουν αποδείξει ότι ακόμη και οι φοιτητές αυτών των κορυφαίων πανεπιστημίων –φοιτητές που σπούδασαν για ένα ή δύο χρόνια Φυσική πανεπιστημιακού επιπέδου– έχουν παρανοήσεις που δείχνουν ότι δεν έχουν κατανοήσει βασικούς νόμους Φυσικής (π.χ. Caramazza, McCloskey & Green, 1981· DiSessa, 1982· Helm & Novak, 1983). Για παράδειγμα, πολλοί προπτυχιακοί φοιτητές του Harvard πιστεύουν ότι οι εποχές συμβαίνουν επειδή το καλοκαίρι η Γη βρίσκεται πιο κοντά στον Ήλιο και το χειμώνα μακρύτερα. Άλλες έρευνες έχουν δείξει τη γενικότητα της παρανόησης, γνωστής ως *impetus theory*, στην περίπτωση της Μηχανικής. Σύμφωνα μ' αυτή την ιδέα, τα άψυχα αντικείμενα κινούνται εξαιτίας της αποκτηθείσας δύναμης που μεταδόθηκε σ' αυτά από την αρχική πηγή που προκάλεσε την κίνησή τους, και σταματούν όταν η δύναμη αυτή σπαταλάται.

Αν η αδρανής γνώση είναι ένα φαινόμενο το οποίο προκύπτει από αδυναμία μεταφοράς γνώσεων, οι παρανοήσεις φαίνεται πως προκαλούνται από αρνητική μεταφορά γνώσεων. Η έρευνα που οι συνεργάτες μου κι εγώ κάναμε στην Αστρονομία (Vosniadou,



1994· Vosniadou & Brewer, 1992, 1994), καθώς επίσης και σε άλλες περιοχές της Φυσικής, όπως η Μηχανική και η Θερμοδυναμική (Ioannides & Vosniadou, 1994· Vosniadou & Kempner, 1994), έχει δείξει ότι πολλές παρανοήσεις προκαλούνται όταν δίνονται στους μαθητές επιστημονικές εξηγήσεις φαινομένων οι οποίες έρχονται σε πλήρη αντίθεση με τις διαισθητικές εξηγήσεις που έχουν σχηματίσει με βάση τις καθημερινές τους εμπειρίες. Εκείνο που συμβαίνει συχνά σ' αυτές τις περιπτώσεις είναι ότι οι νέες ασύμβατες πληροφορίες αφομοιώνονται στις υπάρχουσες δομές γνώσεων, δημιουργώντας ένα *συνθετικό νοητικό μοντέλο*. Για παράδειγμα, τα παιδιά του Δημοτικού σχολείου σχηματίζουν την παρανόηση ότι η Γη είναι μια κοίλη σφαίρα, στο εσωτερικό της οποίας κατοικούν οι άνθρωποι πάνω σ' ένα επίπεδο έδαφος. Η δύναμη της παρανόησης αυτής έγκειται στο γεγονός ότι μπορεί να συμβιβάσει την παρατηρούμενη επιπεδότητα της Γης με την πληροφορία ότι η Γη είναι μια σφαίρα, και είναι συνεπής με την αντίληψη των μικρών παιδιών ότι το διάστημα οργανώνεται με βάση τις κατευθύνσεις πάνω και κάτω κι ότι τα αντικείμενα χρειάζεται να στηρίζονται, διαφορετικά πέφτουν.

Η δυσκολία της σχολικής μάθησης γίνεται ακόμη πιο εμφανής όταν συγκρίνεται με την ευκολία με την οποία τα παιδιά αποκτούν γνώσεις κατά τη διάρκεια των πρώτων χρόνων της ζωής τους, έξω από το σχολείο. Όπως παρατηρεί ο Gardner (1991), μέσα σε ένα χρονικό διάστημα λίγων ετών τα παιδιά καταφέρνουν να μάθουν τον προφορικό λόγο, να διαμορφώσουν μια επεξεργασμένη αρχική αντίληψη του φυσικού κόσμου, να αποκτήσουν την ικανότητα για πολύπλοκες κοινωνικές διακρίσεις και αλληλεπιδράσεις και να θέσουν τα θεμέλια για μια μαθηματική ικανότητα. Υπό το φως των τρομερών επιτευγμάτων των πρώτων ετών, δυσκολεύεται κανείς να αντιληφθεί γιατί η σχολική μάθηση θέτει στα παιδιά τέτοια ανυπέρβλητα εμπόδια.

Για να εξηγήσουν τα φαινόμενα της αδρανούς γνώσης, των παρανοήσεων και της δυσκολίας της μάθησης, πολλοί ψυχολόγοι έχουν στραφεί στην εξέταση βιολογικών και πολιτισμικών παραγόντων και στην πιθανή επίδρασή τους πάνω στη μάθηση και στη διαδικασία

απόκτησης γνώσεων. Οι βιολογικές επιδράσεις κατέχουν εξέχουσα θέση στο έργο του Chomsky και των συνεργατών του στην περιοχή της γλώσσας, αλλά και πάρα πολύ πρόσφατα στο έργο των γνωσιακών εξελικτικών ψυχολόγων, ιδιαίτερα αυτών που εργάζονται με νήπια (βλ. Hirschfeld & Gelman, 1994; Wellman & Gelman, 1992). Ο Chomsky άσκησε μια μάλλον έντονη κριτική στον εμπειρισμό από μια ορθολογιστική σκοπιά, και υποστήριξε ότι ο ανθρώπινος νους είναι βιολογικά προετοιμασμένος ώστε να αποκτά ορισμένους τύπους γνώσεων σε ορισμένους τομείς. Σύμφωνα με αυτή την εξήγηση, ο νους μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από νοητικά όργανα τα οποία, όπως τα όργανα του σώματος σαν το συκώτι και την καρδιά, έχουν τις δικές τους αρχές που διέπουν τη λειτουργία τους. Η μάθηση, σύμφωνα με αυτή τη θεώρηση, δεν είναι τίποτα περισσότερο από την ανάπτυξη μιας συγκεκριμένης λειτουργίας, όπως π.χ. η λειτουργία της γλώσσας, κατά τρόπο ανάλογο με την ανάπτυξη ενός οργάνου του σώματος.

Η διαπίστωση ότι μερικά είδη μάθησης μπορούν να επιτευχθούν ευκολότερα απ' ό,τι άλλα έρχεται ως φυσικό επακόλουθο αυτού του επιχειρήματος, και πιο συγκεκριμένα της αντίληψης ότι η ικανότητα για γνώση καθορίζεται βιολογικά. Σύμφωνα με τον Chomsky (1988),

μερικά διανοητικά επιτεύγματα, όπως η μάθηση της γλώσσας, εμπίπτουν αυστηρά στα πλαίσια της ικανότητας για γνώση που καθορίζεται βιολογικά. Γι' αυτά τα έργα υπάρχει ένα ειδικό έμφυτο σχέδιο, έτσι ώστε δομές γνώσης μεγάλης πολυπλοκότητας αναπτύσσονται γοργά με λίγη, αν όχι μηδαμινή, συνειδητή προσπάθεια. Υπάρχουν άλλες ικανότητες/δεξιότητες, όχι πιο πολύπλοκες από τις προηγούμενες, τις οποίες είναι πολύ δύσκολο να μάθει κανείς, επειδή γι' αυτές δεν υπάρχει μια έμφυτη ικανότητα γνώσης [σ. 27].

Μια εντελώς διαφορετική εξήγηση της δυσκολίας για μάθηση στο σχολείο προσφέρει μια συλλογή απόψεων, γνωστή ως *θεωρία της εγκαθιδρυμένης μάθησης*. Το βασικό δόγμα της θεωρίας αυτής είναι ότι η συμπεριφορά, συμπεριλαμβανομένης της μάθησης και της γνώσης, θα πρέπει να θεωρηθεί ως προϊόν αλληλεπιδράσεων μεταξύ κοινωνικών φορέων και φυσικού περιβάλλοντος, μέσα στο οποίο αυτοί ζουν. Η θεωρία της εγκαθιδρυμένης μάθησης τονίζει την κα-

τανεμημένη φύση της γνωσιακής ικανότητας – το γεγονός ότι η γνώση εμπερικλείει δραστηριότητα στην οποία μετέχουν κι άλλοι, σ' ένα κοινωνικό πλαίσιο και σε πολιτισμικές καταστάσεις που απαιτούν τη χρήση των εργαλείων και συμβόλων του πολιτισμού.

Από τη σκοπιά της θεωρίας αυτής, η γνώση δεν είναι θεωρητικά ανεξάρτητη από τις καταστάσεις μέσα στις οποίες επιτυγχάνεται και χρησιμοποιείται, «αλλά κάτι αδιαχώριστο από τις δραστηριότητες μέσα στις οποίες η γνώση αναπτύσσεται και εκτυλίσσεται» (Brown, Collins & Duguid, 1989, σ. 39). Θα μπορούσε να πει κανείς ότι οι καταστάσεις παράγουν γνώση μέσω της δραστηριότητας.

Στα πλαίσια της θεωρίας της εγκαθιδρυμένης μάθησης, η αποτυχία της σχολικής μάθησης μπορεί να εξηγηθεί ως το αποτέλεσμα της εγκαθίδρυσής της στο πλαίσιο του σχολείου. Η σκέψη και η επίλυση προβλημάτων στην καθημερινή ζωή είναι σκόπιμες και κοινωνικές δραστηριότητες. Συμβαίνουν σε συγκεκριμένες καταστάσεις για να υλοποιήσουν συγκεκριμένους στόχους, σε συνεργασία με άλλους ανθρώπους, κάνοντας χρήση εργαλείων και συμβόλων που είναι κατάλληλα για τον συγκεκριμένο πολιτισμό. Η μάθηση στα καθημερινά πλαίσια αναπτύσσεται προοδευτικά μέσω πολιτισμικά σχετικών δραστηριοτήτων. Τουναντίον, η σχολική μάθηση είναι αξεδιάλυτα συνδεδεμένη μ' έναν πολιτισμό – τον σχολικό πολιτισμό, που διαφέρει πολύ από τον καθημερινό πολιτισμό, με τελικό αποτέλεσμα αυτό που μαθαίνεται στο σχολείο να έχει μικρή σχέση με την πολιτισμικά σχετική και αυθεντική δραστηριότητα της καθημερινής ζωής.

### *Προς Ζήτηση: Ένα Νέο Θεωρητικό Πλαίσιο για μια Ψυχολογία της Μάθησης και της Διδασκαλίας*

Υποστήριξα ότι η Γνωσιακή Ψυχολογία μάς έδωσε πλούσιες περιγραφές τού τι μαθαίνεται, αλλά απέτυχε να μας δώσει γόνιμες υποθέσεις για το πώς επιτυγχάνεται η μάθηση, και πιο συγκεκριμένα για τις περιβαλλοντικές μεταβλητές που επηρεάζουν τη διαδικασία απόκτησης γνώσεων. Οι διδακτικές παρεμβάσεις και τα πειράματα αποτέλεσαν τον τρόπο με τον οποίο οι γνωσιακοί ψυχολόγοι προ-

σπάθησαν να αναπτύξουν μια θεωρία μάθησης. Τα ερευνητικά ευρήματα που απέφερε αυτή η έρευνα έθεσαν σε ακόμη μεγαλύτερη αμφισβήτηση το θεωρητικό πλαίσιο της Γνωσιακής Ψυχολογίας, κι έβαλαν τις βάσεις για την ανάδυση των βιολογικών και κοινωνικο-πολιτισμικών προσεγγίσεων της μάθησης. Το επιχείρημα που θα αναπτύξω τώρα είναι ότι οι βιολογικές και κοινωνικο-πολιτισμικές προσεγγίσεις, ενώ αξίζει να τις λάβει κανείς υπόψη, είναι μάλλον υπερβολικές ως ερευνητικά προγράμματα αφεαυτά. Αντίθετα, εκείνο που χρειάζεται είναι μια αναθεώρηση της επιστημολογίας της Γνωσιακής Ψυχολογίας με συγκεκριμένους τρόπους, ούτως ώστε να καταστεί ένα γόνιμο θεωρητικό πλαίσιο για τη μελέτη της μάθησης και διδασκαλίας.

Οι θεωρίες της βιολογικής ετοιμότητας αποτελούν ερευνητικά προγράμματα κατάλληλα για τη Βιολογία κι όχι για την Ψυχολογία, αφού θεωρούν, π.χ., ότι η γλώσσα ή τα άλλα «νοητικά όργανα» που αποτελούν την ανθρώπινη γνωσιακή ικανότητα ξεδιπλώνονται βιολογικά, ακολουθώντας τον δικό τους τρόπο ανάπτυξης, ότι δεν είναι δεκτικά συνειδητής ενδοσκοπήσης, κι ότι είναι σχετικά ανεξάρτητα από ερεθίσματα του περιβάλλοντος. Είναι προφανές πως αν η γνώση ξετυλίγεται σύμφωνα μ' ένα χρονοδιάγραμμα που καθορίζεται γενετικά, οι εκπαιδευτικές παρεμβάσεις λίγα έχουν να προσφέρουν στη διαδικασία της μάθησης.

Οι κοινωνικο-πολιτισμικές προσεγγίσεις, επίσης, το παρακάνουν όταν ισχυρίζονται ότι οι άνθρωποι και οι αλληλεπιδράσεις τους με τον κόσμο μπορούν να κατανοηθούν χωρίς τη χρήση μοντέλων και συμβολικών συστημάτων. Η θεωρία της εγκαθιδρυμένης γνώσης αντικαθιστά την Ψυχολογία με την Ανθρωπολογία, και αγνοεί το άτομο και τη συνεισφορά του στην εξέλιξη του πολιτισμού.

Σ' ένα πρόσφατο άρθρο, η Resnick (1994) υποστηρίζει ότι αυτοί που υιοθετούν σήμερα την άποψη ότι το ανθρώπινο γνωσιακό σύστημα είναι εγκαθιδρυμένο στο κοινωνικο-πολιτισμικό πλαίσιο μέσα στο οποίο λαμβάνει χώρα ενδιαφέρονται περισσότερο να αποτυπώσουν με λεπτομέρειες πώς οι άνθρωποι συντονίζουν τη δραστηριότητα σε συγκεκριμένες κοινωνικές καταστάσεις, παρά να εξηγήσουν

τις προσωπικές δομές της γνώσης. Προτείνει ένα συνδυασμό των δύο απόψεων σύμφωνα με τον οποίο η μάθηση είναι προϊόν και βιολογικής ετοιμότητας (που είναι κυρίαρχη κατά τη διάρκεια των πρώτων μηνών και χρόνων της ζωής) και κοινωνικο-πολιτισμικών επιδράσεων, που αποκτούν μεγαλύτερη σημασία αργότερα στη ζωή.

Όλα τα παραπάνω μάς οδηγούν στο πρόβλημα της αναθεώρησης της επιστημολογίας της Γνωσιακής Ψυχολογίας. Αυτό που επιζητούμε είναι μια ψυχολογία που θα λαμβάνει υπόψη και τους βιολογικούς και τους κοινωνικο-πολιτισμικούς παράγοντες, χωρίς να παραιτείται από την ιδέα περί ενός ατομικού νου· ενός νου που πρέπει να αντιλαμβανόμαστε όχι ως ένα πρόγραμμα υπολογιστή, αλλά ως ένα πολύπλοκο βιολογικό σύστημα με αισθήματα, επιθυμίες και σχέδια, που αναπτύσσεται σ' ένα φυσικό, κοινωνικό και πολιτισμικό περιβάλλον· ένα σύστημα που είναι ικανό όχι μόνο να ενεργεί, αλλά και να δημιουργεί νοητικές αναπαραστάσεις, να αποκτά συνείδηση αυτών των αναπαραστάσεων, και να τις αλλάζει δημιουργώντας νέα πολιτισμικά εργαλεία και νέα συμβολικά συστήματα. Η ανάγκη για ένα ενοποιημένο πλαίσιο που να συνδυάζει τον ατομικό ψυχολογικό κονστρουκτιβισμό με την άποψη ότι η γνώση είναι μια κοινωνική κατασκευή είναι εμφανής σε πολλές πρόσφατες συζητήσεις αυτών των ζητημάτων (βλ. Smith, 1995· Cobb, 1995· Driver & Scott, 1995, σε πρόσφατο τεύχος του περιοδικού *Educational Researcher*).

Οι γνωσιακοί ψυχολόγοι έχουν εστιάσει υπερβολικά το ενδιαφέρον τους στις εσωτερικές νοητικές αναπαραστάσεις και διαδικασίες. Αυτό που χρειάζεται είναι να κατανοήσουμε καλύτερα πώς οι νοητικές αναπαραστάσεις και διαδικασίες σχετίζονται και με εσωτερικούς βιολογικούς περιορισμούς αλλά και με εξωτερικούς κοινωνικούς και πολιτισμικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη γνωσιακή επίδοση και μάθηση. Αυτό που χρειάζεται επίσης είναι μια Γνωσιακή Ψυχολογία που αποδίδει μεγαλύτερη σημασία σε συγκινησιακούς παράγοντες αλλά και σε παράγοντες που αναφέρονται σε κίνητρα. Χρησιμοποιώντας τις μεθόδους της Πειραματικής Ψυχολογίας και της γνωσιακής μοντελοποίησης, μπορούμε να σχηματίσουμε μοντέλα της γνωσιακής λειτουργίας που δείχνουν τις αλληλεπιδράσεις μετα-

ξύ εξωτερικών παραγόντων, όπως το κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο, τα εργαλεία και τα συμβολικά συστήματα που χρησιμοποιούνται, και εσωτερικών γνωσιακών και συγκινησιακών διαδικασιών.

Στην προσπάθεια αυτή, μου φαίνεται ότι πολύτιμες πληροφορίες μπορεί να αντληθούν από τη λεπτομερή μελέτη της απόκτησης και χρήσης πολύπλοκων συστημάτων συμβολικών εκφράσεων σε διαφορετικούς γνωσιακούς τομείς. Για να μάθουμε τον προφορικό και το γραπτό λόγο, να κατανοήσουμε το αριθμητικό σύστημα, να μάθουμε άλγεβρα και διαφορικό λογισμό, να καταλάβουμε τους υπολογιστές, τις γραφικές παραστάσεις, τους πίνακες και τις τυποποιημένες διατυπώσεις της επιστήμης, απαιτείται η ικανότητα να χειριζόμαστε, να συνδέουμε και να κατανοούμε τη σημασία και τις αλληλεξαρτήσεις εξωτερικών αναπαραστάσεων διαφόρων ειδών, φτιαγμένων από τον άνθρωπο, αναπαραστάσεων που είναι κεφαλαιώδους σημασίας για τη συμμετοχή μας στην πολιτισμική δραστηριότητα (Glaser, Ferguson & Vosniadou, 1995).

Μία από τις περιοχές όπου η Γνωσιακή Ψυχολογία αναντίρρητα θα χρειαστεί στο μέλλον να προοδεύσει, αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο κατανοούμε πώς τα άτομα συσχετίζουν τα εξωτερικά αναπαραστασιακά συστήματα με τις εσωτερικές, ποιοτικές και άτυπες αναπαραστάσεις. Χρειάζεται επίσης να κατανοήσουμε καλύτερα πώς αναπτύσσεται η μετα-εννοιολογική επίγνωση, πώς οι παράγοντες που έχουν να κάνουν με κίνητρα και συγκινήσεις επηρεάζουν τη μάθηση, και πώς καθίσταται εφικτή η υπέρβαση των περιορισμών που θέτουν τα υπάρχοντα συμβολικά συστήματα, για να πετύχουμε την εννοιολογική αλλαγή, τη δημιουργικότητα και την επινοητικότητα.

### *Συμπεράσματα*

Πολλοί ερευνητές που μελετούν τα θέματα της μάθησης και της διδασκαλίας δεν είναι ικανοποιημένοι από την τρέχουσα θεωρητική σύγχυση που επικρατεί στο χώρο, και διατυπώνουν την άποψη ότι αυτό που χρειάζεται είναι ένα θεωρητικό πλαίσιο στο οποίο συνυ-

πάρχει και ο ατομικός νους και λαμβάνεται υπόψη το ευρύτερο κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο που καθιστά εφικτή αλλά και προσδίδει νόημα στη διανοητική δραστηριότητα. Στην εργασία αυτή υποστήριξα ότι η Γνωσιακή Ψυχολογία μπορεί να μας εφοδιάσει με το απαραίτητο αυτό πλαίσιο αν αναθεωρήσουμε τις απόψεις μας περί νου, έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι βιολογικοί, περιβαλλοντικοί και κοινωνικο-πολιτισμικοί παράγοντες εντός των οποίων συντελείται η νοητική δραστηριότητα. Η μεθοδολογία της Πειραματικής Ψυχολογίας και της γνωσιακής μοντελοποίησης μπορεί να εφαρμοστεί στο πλαίσιο αυτό για μια συστηματική μελέτη των μεταβλητών που επηρεάζουν τη μάθηση και τη διαδικασία απόκτησης γνώσεων.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anderson, R.C., & Ortony, A. (1975), «On Putting Apples into Bottles: A Problem of Polysemy». *Cognitive Psychology*, 7, σσ. 167-80.
- Anderson, R.C., Pichert, J.W., Goetz, E.T., Schallert, D.L., Stevens, K.V., & Trollip, S.R. (1976), «Instantiation of General Terms». *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 15, σσ. 662-79.
- Atkinson, R.C., & Shiffrin, R.M. (1971), «The Control of Short-term Memory». *Scientific American*, 225, σσ. 82-90.
- Bereiter, C. (1984), «How to Keep Thinking Skills from Going the Way of All Frills». *Educational Leadership*, 42, σσ. 75-77.
- Bransford, J.D. (1979), *Human Cognition: Learning, Understanding, and Remembering*. Belmont, CA: Wadsworth.
- Bransford, J.D. (1989), Author please supply details.
- Bransford, J.D., & Franks, J.J. (1971), «The Abstraction of Linguistic Ideas». *Cognitive Psychology*, 2, σσ. 331-50.
- Bransford, J.D., & Johnson, M.K. (1972), «Contextual Prerequisites for Understanding: Some Investigations of Comprehension and Recall». *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, σσ. 717-26.
- Bransford, J.D., & Vye, N.J. (1989), «A Perspective on Cognitive Research and Its Implications for Instruction». Στο Resnick, L., & Klopfer (επιμ.), *Toward the Thinking Curriculum: Current Cognitive Research*. Alexandria, VA: ASCD.
- Bransford, J.D., Franks, J.J., Vye, N.J., & Sherwood, R. (1989), «New Approaches to Instruction: Because Wisdom Can't be Told». Στο Vosniadou,

- S., & Ortony, A. (επιμ.), *Similarity and Analogical Reasoning*. New York: Cambridge University Press.
- Brown, A.L. (1978), «Knowing When, Where, and How to Remember. A Problem of Metacognition». Στο Glaser, R. (επιμ.), *Advances in Instructional Psychology*, 1. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Brown, A.L. (1995), «Advances in Learning and Instruction». *Educational Researcher*, 23(8), σσ. 4-12.
- Brown, J.S., & Burton, R.R. (1978), «Diagnostic Models for Procedural Bugs in Basic Mathematical Skills». *Cognitive Science*, 2, σσ. 155-92.
- Brown, J.S., & VanLehn, K. (1980), «Repair Theory: A Generative Theory of Bugs in Basic Mathematical Skills». *Cognitive Science*, 4, σσ. 379-426.
- Brown, J.S., Collins, A., & Duguid, L. (1989), «Situated Cognition and the Culture of Learning». *Educational Researcher*, 18, σσ. 32-34.
- Bruer, J.T. (1993), *Schools for Thought*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Boekarts, M. (1993), «Being Concerned with Well-being and with Learning». *Educational Psychologist*, 28, σσ. 149-67.
- Caramazza, A., McCloskey, M., & Green, B. (1981), «Naive Beliefs in Sophisticated Subjects: Misconceptions about Trajectories of Objects». *Cognition*, 9(2), σσ. 117-23.
- Carey, S., & Spelke, E. (1994), «Domain-Specific Knowledge and Conceptual Change». Στο Hirschfeld, L.A., & Gelman, S.A. (επιμ.), *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*. New York: Cambridge University Press.
- Carraher, T.N., Carraher, D.W., & Schliemann, A.D. (1985), «Mathematics in the Streets and in the Schools». *British Journal of Developmental Psychology*, 3, σσ. 21-25.
- Chase, W.G., & Simon, H.A. (1973), «Perception in Chess». *Cognitive Psychology*, 4, σσ. 55-81.
- Chi, M.T.H., Feltovitch, P.J., & Glaser, R. (1981), «Categorisation and Representation of Physics Problems by Experts and Novices». *Cognitive Science*, 5, σσ. 121-52.
- Chomsky, N. (1988), *Language and the Problems of Knowledge*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Cobb, P. (1995), «Continuing the Conversation: A Response to Smith». *Educational Researcher*, 24(6), σσ. 25-27.
- Collins, A., Brown, J.S., & Newman, S.E. (1989), «Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing, and Mathematics». Στο Resnick, L.B. (επιμ.), *Knowing, Learning and Instruction: Essays in Honor of Robert Glaser*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- De Corte, E., Greer, B., & Verschaffel, L. (1996), «Mathematics Learning and



- Teaching». Στο Berliner, D., & Calfee, R. (επιμ.), *Handbook of Educational Psychology* (υπό έκδ.). New York: MacMillan.
- De Corte, E. (1995a), «Fostering Cognitive Growth: A Perspective from Research on Mathematics Learning and Instruction». *Educational Psychologist*, 30(1), σσ. 37-46.
- De Corte, E. (1995b), «Changing Views of Computer-Supported Learning Environments for the Acquisition of Knowledge and Thinking Skills». Στο Vosniadou, S., De Corte, E., Glaser, R., & Mandl, H. (επιμ.), *International Perspectives on the Design of Technology-Supported Learning Environments*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- DiSessa, A.A. (1982), «Unlearning Aristotelian Physics: A Study of Knowledge-Based Learning». *Cognitive Science*, 6, σσ. 37-75.
- Driver, R., & Scott, P. (1995), «Mind in Communication: A Response to Erik Smith». *Educational Researcher*, 24(6), σσ. 27-28.
- Fodor, J. (1983), *Modularity of Mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Flavell, J.H. (1977), *Cognitive Development*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Gardner, H. (1985), *The Mind's New Science*. New York: Basic Books.
- Gardner, H. (1991), *The Unschooled Mind*. New York: Basic Books.
- Glaser, R. (1984), «Education and Thinking: The Role of Knowledge». *American Psychologist*, 32(2), σσ. 93-104.
- Glaser, R. (1988), «Cognitive Science and Education». *International Social Science Journal*, 40(1), σσ. 21-44.
- Glaser, R. (1994, July), *Application and Theory: Learning Theory and the Design of Learning Environments*. Invited address, International Congress of Applied Psychology, Madrid, Spain.
- Glaser, R. (1995), Author please supply details.
- Glaser, R., Ferguson, E., & Vosniadou, S. (1995), «Cognition and the Design of Environments for Learning: Approaches in This Book». Στο Vosniadou, S., De Corte, E., Glaser, R., & Mandl, H. (επιμ.), *International Perspectives on the Construction of Technology-Supported Learning Environments*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Gelman, R. (1990), «First Principles Organize Attention about Relevant Data: Number and the Animate-Inanimate Distinction as Examples». *Cognitive Science*, 14, σσ. 79-106.
- Greeno, J.G., & Moore, J.L. (1993), «Situativity and Symbols: Response to Vera and Simon». *Cognitive Science*, 17, σσ. 49-59.
- Hayes, J.R., & Flower, L.S. (1980), «Identifying the Organization of Writing Processes». Στο Gregg, W., & Steinberg, E.R. (επιμ.), *Cognitive Processes in Writing*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Helm, H., & Novak, J. (επιμ.) (1983), *Proceedings of the International Seminar*

- on Misconceptions in Science and Mathematics*. Cornell University Department of Education, Ithaca.
- Helmke, A. (1989), «Affective Student Characteristics and Cognitive Development». *International Journal of Educational Research*, 13, σσ. 509-624.
- Hirschfeld, L.A., & Gelman, S. (1994), «Toward a Topography of the Mind». Στο Hirschfeld, L.A., & Gelman, S. (επιμ.), *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*. New York: Cambridge University Press.
- Hirschfeld, L., & Gelman, S. (επιμ.) (1994), *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*. New York: Cambridge University Press.
- Ioannides, Ch., & Vosniadou, S. (1991, August), *The Development of the Concept of Force in Greek Children*. Paper presented at the biennial meeting of the European Association for Research on Learning and Instruction, Turku, Finland.
- Johnson-Laird, P.N. (1989), *The Computer and the Mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Larkin, J.H. (1983), «The Role of Problem Representation in Physics». Στο Gentner, D., & Stevens, A.L. (επιμ.), *Mental Models*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Lave, J. (1988), *Cognition in Practice, Mind, Mathematics, Culture in Everyday Life*. New York: Cambridge University Press.
- Neisser, U. (1976), *Cognition and Reality: Principles and Implications of Cognitive Psychology*. New York: Freeman.
- Newell, A., & Simon, H.A. (1972), *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Palincsar, A.S., & Brown, A.L. (1984), «Reciprocal Teaching of Comprehension Fostering and Monitoring Activities». *Cognition and Instruction*, 1(2), σσ. 117-75.
- Perkins, D. (1992), *Smart Schools: Better Thinking and Learning for Every Child*. New York: The Free Press.
- Pintrich, P.R. (1996), «Motivational Beliefs and Conceptual Change». Στο Schnotz, W., Vosniadou, S., & Carretero, M. (επιμ.), *Conceptual Change* (υπό έκδ.).
- Resnick, L.B. (1994), «Situated Rationalism: Biological and Social Preparation for Learning». Στο Hirschfeld, L.A., & Gelman, S.A. (επιμ.), *Mapping the Mind*. New York: Cambridge University Press.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1987), *The Psychology of Written Composition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1995), «Adaptation and Understanding: A Case for New Cultures of Schooling». Στο Vosniadou, S., De Corte, E., Glaser, R., & Mandl, H. (επιμ.), *International Perspectives on the Design of Technology-Supported Learning Environments*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.

- Schank, R.C., & Abelson, R.P. (1977), *Scripts, Plans, Goals, and Understanding*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Siegler, R.S. (1978), «The Origins of Scientific Reasoning». Στο Siegler, R.S. (επιμ.), *Children's Thinking: What Develops?* Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Smith, E. (1995), «Where is the Mind? Knowing and Knowledge in Cobb's Constructivist and Sociocultural Perspectives». *Educational Researcher*, 24(6), σσ. 23-24.
- Spelke, E.S. (1991), «Physical Knowledge in Infancy: Reflections on Piaget's Theory». Στο Carey, S., & Gelman, R. (επιμ.), *Epigenesis of Mind: Studies in Biology and Cognition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Suchman, L.A. (1987), *Plans and Situated Actions: The Problem of Human-Machine Communication*. New York: Cambridge University Press.
- VanLehn, K. (1990), *Mind Bugs*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Vosniadou, S. (1994), «Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change». *Learning and Instruction*, 4, σσ. 45-69.
- Vosniadou, S. (1995), «Learning Environments for Representational Growth and Cognitive Flexibility». Στο Vosniadou, S., De Corte, E., Glaser, R., & Mandl, H. (επιμ.), *International Perspectives on the Design of Technology-Supported Learning Environments*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1992), «Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood». *Cognitive Psychology*, 24, σσ. 535-85.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1994), «Mental Models of the Day/Night Cycle». *Cognitive Science*, 18, σσ. 123-83.
- Vosniadou, S., & Kempner, L. (1993, April), *Mental Models of Heat*. Paper presented at the biennial meeting of the Society for Research in Child Development, New Orleans.
- Vygotsky, L.S. (1934/1986), *Thought and Language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Vygotsky, L.S. (1978), *Mind in Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wellman, H.M., & Gelman, S.A. (1992), «Cognitive Development. Foundational Theories of Core Domains». *Annual Review of Psychology*, 43, σσ. 337-75.



ΝΟΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΤΗΣ ΓΗΣ:  
ΜΙΑ ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ  
ΣΤΗΝ ΠΑΙΔΙΚΗ ΗΛΙΚΙΑ<sup>1</sup>

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΝΑΙ ΝΑ ΕΞΕΤΑΣΕΙ ΤΗΝ ΕΞΕ-  
λιξη της εννοιολογικής γνώσης των παιδιών σχετικά με το σχήμα  
της Γης. Ενδιαφερόμαστε να κατανοήσουμε τη φύση της αρχικής  
γνώσης που έχουν τα παιδιά για το σχήμα της Γης και να βρούμε  
πώς αλλάζει αυτή η γνώση κατά τη διάρκεια των σπουδών στο Δη-

---

1. Μετάφραση του άρθρου με τίτλο «Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood», που δημοσιεύθηκε στο περιοδικό *Cognitive Psychology*, 24, σσ. 535-85, 1992. Η έρευνα που αναφέρεται στο παρόν άρθρο έγινε δυνατή ενμέρει με χρηματοδότηση από το Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών των ΗΠΑ, BNS-85-10254, κι ενμέρει με χρηματοδότηση από το Γραφείο Εκπαιδευτικής Έρευνας της Ανάγνωσης και Βελτίωσης, G0087-C1001-90, στο Κέντρο Έρευνας της Ανάγνωσης και της Εκπαίδευσης. Η δημοσίευση αυτή δεν αντανακλά τις απόψεις των ανωτέρω ιδρυμάτων.

Θέλουμε να ευχαριστήσουμε το διευθυντή, τους δασκάλους και τους μαθητές του Washington School, στην Ουρμπάνα του Ιλινόις, για τη βοήθειά τους στη διεξαγωγή της παρούσας έρευνας. Επίσης ευχαριστούμε τις Marlo Schommer, Marcy Dorfman και Ann Jolly για τη βοήθειά τους στην εξέταση των μαθητών και τη βαθμολογία των δεδομένων, τον John Brewer για τη βοήθεια στα σχήματα, τους Ellen Brewer, Susan Carey, Marcy Dorfman, Jack Easley, Rochel Gelman, David Hedrich, Doug Medin, Ala Samarapungavan, Paul Thagard και μερικούς ανώνυμους κριτές για τις παρατηρήσεις τους.

μοτικό σχολείο, όπου τα παιδιά έρχονται σ' επαφή με την πολιτισμικά αποδεκτή πληροφορία ότι η Γη είναι μια σφαίρα.

### *Τα Παιδιά και οι Ενήλικοι διαμορφώνουν μια Διαισθητική Αντίληψη του Κόσμου*

Η έρευνα στις γνωσιακές επιστήμες και στις επιστήμες της αγωγής, κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, έδειξε ότι τα παιδιά και οι ενήλικοι διαμορφώνουν μια διαισθητική αντίληψη του κόσμου που βασίζεται στις καθημερινές τους εμπειρίες. Αν κι έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικοί όροι όταν γίνεται αναφορά σ' αυτό το είδος γνώσης –όπως *προέννοιες* (Ausubel, 1968), *παρανοήσεις* (Novak, 1987), *εναλλακτικές ιδέες* (Driver & Easley, 1978), *νοητικά μοντέλα* (Collins & Gentner, 1987· White & Frederiksen, 1986), *παραδοσιακές θεωρίες* (Kempton, 1987) και *διαισθητικές θεωρίες* (McCloskey & Kargon, 1988)–, υπάρχει γενική συμφωνία ότι αυτή η διαισθητική γνώση παρέχει εξηγήσεις των φυσικών φαινομένων οι οποίες συχνά διαφέρουν από τις επιστημονικές εξηγήσεις που είναι σήμερα αποδεκτές κι έχουν την τάση να μην αλλάζουν εύκολα.

Για παράδειγμα, ο Kempton (1987) υποστηρίζει ότι πολλοί ενήλικοι χρησιμοποιούν μια διαισθητική θεωρία σχετικά με τους οικιακούς θερμοστάτες θέρμανσης. Τα άτομα αυτά έχουν μια «θεωρία βαλβίδας», και φαίνεται να πιστεύουν ότι ο θερμοστάτης ελέγχει το ρυθμό ροής της θερμότητας ακριβώς όπως το πηδάλιο του γκαζιού ενός αυτοκινήτου ελέγχει την ποσότητα καυσίμου με την οποία τροφοδοτεί τον κινητήρα. Έτσι πιστεύουν ότι όσο ψηλότερα τοποθετείται ένας θερμοστάτης τόσο περισσότερη θερμότητα θα ρεύσει κι άλλο τόσο ταχύτερα θα θερμανθεί ένα σπίτι.

Σχετικά με το φως, τώρα, πολλά άτομα πιστεύουν ότι τα μάτια αντιλαμβάνονται άμεσα τα αντικείμενα κι ότι το χρώμα είναι μια ιδιότητα των ίδιων των αντικειμένων (Anderson & Smith, 1986). Επιπλέον, φαίνεται ότι τα μικρά παιδιά πιστεύουν πως το χρώμα είναι μια ιδιότητα του ίδιου του αντικειμένου ακόμα κι όταν έχουν παρατηρήσει τον πειραματιστή να αλλάζει το φαινομενικό χρώμα ενός

αντικειμένου μ' ένα έγχρωμο φίλτρο (π.χ. Flavell, Green & Flavell, 1986). Στο χώρο του Ηλεκτρισμού, μερικά άτομα πιστεύουν ότι ο διακόπτης μοιάζει με τη σκανδάλη ενός όπλου· στέλνει μια ώθηση στη μπαταρία για να πυροδοτήσει ροή ρεύματος από τη μπαταρία στη λάμπα (Collins & Stevens, 1984). Τέλος, στον τομέα της Μηχανικής, πολλοί φοιτητές, ακόμη κι αφού έχουν σπουδάσει Φυσική στο Γυμνάσιο ή στο Πανεπιστήμιο, δεν κατανοούν τις νευτώνειες αρχές κίνησης αλλά ερμηνεύουν τα φαινόμενα κίνησης χρησιμοποιώντας αρχές που βρίσκονται πλησιέστερα προς τις καθημερινές τους εμπειρίες (DiSessa, 1982· White, 1983).

### *Αφελείς Θεωρίες έναντι Αποσπασματικών Γνώσεων*

Μερικοί ερευνητές πιστεύουν ότι οι διαισθητικές γνώσεις των παιδιών μπορούν να θεωρηθούν ότι αποτελούνται από ένα συνεκτικό και συστηματικό σύνολο ιδεών που αξίζουν το όνομα *θεωρία* (π.χ. Brewer & Samarapungavan, 1991· Carey, 1985· McCloskey, 1983· Wellman, 1990· Wiser & Carey, 1983). Σε μερικές περιπτώσεις, οι ιδέες των αδαών βρέθηκε πως μοιάζουν με παλαιότερες θεωρίες στην ιστορία της επιστήμης. Για παράδειγμα, ο Clement (1982) και ο McCloskey (1983) υποστηρίζουν ότι στον τομέα της Μηχανικής πολλοί ενήλικοι χρησιμοποιούν ένα επεξηγηματικό πλαίσιο για την κίνηση το οποίο μοιάζει εντυπωσιακά με μια προ-νευτώνεια θεωρία, γνωστή ως *θεωρία της ώθησης* (impetus theory).

Άλλοι ερευνητές πιστεύουν ότι η αφελής Φυσική αποτελείται από μια αποσπασματική συλλογή ιδεών που δεν έχουν συστηματικότητα – η οποία τυπικά αποδίδεται σε μια επιστημονική θεωρία (π.χ. DiSessa, 1983, 1988· Solomon, 1983). Σύμφωνα με τον DiSessa (1988), η αφελής Φυσική αποτελείται από ορισμένες φαινομενολογικές αρχές, οι οποίες είναι απλές αφαιρέσεις των καθημερινών εμπειριών. Αυτές όμως οι φαινομενολογικές αρχές είναι αποσπασματικές κι επιπόλαιες. Η αποσπασματική τους μορφή γίνεται εμφανής από το γεγονός ότι τα παιδιά δίνουν διαφορετικές απαντήσεις σε ερωτήσεις που είναι βασικά όμοιες –όταν ιδωθούν από τη σκοπιά του φυσικού– αλ-

λά διαφέρουν σε επιφανειακά χαρακτηριστικά (π.χ., εκφράζονται με διαφορετικούς τρόπους ή παρουσιάζονται σε διαφορετικά πλαίσια).

### *Η Διαδικασία της Απόκτησης Γνώσεων*

Ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνεται κανείς τις διαισθητικές γνώσεις, μπορεί να εξαχθούν διαφορετικά συμπεράσματα για τη διαδικασία απόκτησης γνώσεων (βλ. Vosniadou, 1991b). Οι ερευνητές που θεωρούν ότι οι γνώσεις των παιδιών είναι αποσπασματικές και μη συστηματικές βλέπουν τη διαδικασία απόκτησης γνώσεων ως μια διαδικασία συλλογής και ενοποίησης αυτών των αποσπασμάτων σε συνεπή σύνολα (DiSessa, 1988). Οι ερευνητές που πιστεύουν ότι αυτή η διαισθητική γνώση έχει το κύρος μιας θεωρίας βλέπουν τη διαδικασία με την οποία αποκτούνται οι γνώσεις στο πλαίσιο της αλλαγής θεωρίας.

Υπάρχουν αρκετές ευκρινείς απόψεις για το πώς μπορεί να συμβεί μια αλλαγή θεωρίας κατά τη διάρκεια απόκτησης γνώσεων (βλ. Vosniadou, 1989; Vosniadou & Brewer, 1987, για μια συζήτηση αυτού του ζητήματος). Σύμφωνα με τον Keil (1979, 1983, 1986), οι αρχικές θεωρίες των παιδιών αποτελούνται από ορισμένες πρωτογενείς αλλά ουσιώδεις αρχές στο οντολογικό επίπεδο. Οι οντολογικές γνώσεις διαφοροποιούνται περισσότερο και ολοκληρώνονται ιεραρχικά καθώς τα παιδιά μεγαλώνουν (βλ. επίσης Gelman, 1990). Παρόμοιες προσεγγίσεις του προβλήματος της αλλαγής θεωρίας, με βάση την αυξανόμενη διαφοροποίηση και ιεραρχική ολοκλήρωση των υπαρχουσών δομών, είναι κοινές στη βιβλιογραφία με θέμα τη διαφορά μεταξύ αδαών και ειδημόνων (π.χ. Chi, Feltovitch & Glaser, 1981; Larkin, 1981).

Η Carey (1985, 1986) ονόμασε αυτό τον τύπο αλλαγής θεωρίας *ασθενή αναδόμηση*, για να την αντιδιαστείλει μ' ένα διαφορετικό είδος αλλαγής θεωρίας που ονομάζει *ριζική αναδόμηση*. Η Carey (1986) προτείνει τα παιδιά να αρχίζουν με δύο θεωρίες (π.χ., μια διαισθητική φυσική, που ενσωματώνει τη φυσική αιτιότητα, και μια διαισθητική ψυχολογία, που ενσωματώνει τη σκόπιμη αιτιότητα),



από τις οποίες αναδύονται καινούργιες θεωρίες, κατά τρόπο ανάλογο με τη ριζική αλλαγή θεωρίας που περιγράφεται στην ιστορία της επιστήμης (π.χ. Hanson, 1958· Kuhn, 1970, 1977).

### *Άλυτα Ζητήματα*

Πολλά ερωτήματα παραμένουν αναπάντητα σχετικά με την ακριβή φύση της διαισθητικής αντίληψης και τη διαδικασία απόκτησης των γνώσεων. Πρώτον, δεν είναι σαφές αν οι διαισθητικές γνώσεις των παιδιών μπορεί καλύτερα να χαρακτηριστούν ως αποσπασματικές γνώσεις ή με όρους αφελών θεωριών που είναι εσωτερικά συνεπείς. Μολονότι φαίνεται πως υπάρχουν συγκλίνουσες μαρτυρίες σύμφωνα με τις οποίες τα άτομα σχηματίζουν ορισμένες διακρίσεις που διέπονται από αρχές και βασίζονται στις καθημερινές τους εμπειρίες (Nersessian & Resnick, 1989· Vosniadou, 1989, 1991a· Vosniadou & Ortony, 1989), πρέπει ακόμη να αποδειχθεί ότι είναι ικανά να εφαρμόσουν και να συντονίσουν αυτές τις διακρίσεις κατά έναν, λογικά, συνεπή και συστηματικό τρόπο. Ακόμη κι αν υποθέσουμε ότι οι διαισθητικές γνώσεις έχουν το κύρος μιας θεωρίας, δεν είναι σαφές πώς αυτές οι θεωρίες αλλάζουν κατά την πορεία απόκτησης των γνώσεων. Για ν' απαντήσουμε σ' αυτά τα ερωτήματα χρειαζόμαστε λεπτομερείς περιγραφές της διαδικασίας με την οποία αποκτούνται οι γνώσεις σε πολλούς συγκεκριμένους τομείς γνώσεων.

### *Ο Τομέας της Παρατηρησιακής Αστρονομίας*

Η παρούσα μελέτη επιχειρήθηκε στα πλαίσια ενός ευρύτερου ερευνητικού προγράμματος που διερεύνησε τη διαδικασία απόκτησης γνώσεων στην Αστρονομία. Ο τομέας της παρατηρησιακής Αστρονομίας επιλέχθηκε γιατί είναι ένας σχετικά πλούσιος τομέας γνώσεων, που αποτελείται από έναν αριθμό εννοιών με πολύπλοκες αιτιολογικές σχέσεις. Συνεπώς, είναι μια περιοχή όπου υπάρχει η δυνατότητα να αναπτύξουμε πλούσιες θεωρίες που αναφέρονται σε συγκεκριμένους γνωστικούς τομείς. Επιπλέον, η καθημερινή εμπειρία

των παιδιών τα εφοδιάζει με αρκετές πληροφορίες ώστε ν' αναπτύξουν μια διαισθητική αντίληψη για πολλά από τα φαινόμενα που αποτελούν μέρος του τομέα της επιστημονικής Αστρονομίας (π.χ., το σχήμα της Γης, ο κύκλος της μέρας/νύχτας, οι φάσεις της Σελήνης, κ.τ.λ.). Τέλος, οι θεωρίες στην Αστρονομία έχουν υποστεί ριζικές αναδομήσεις κατά την πορεία εξέλιξης του συγκεκριμένου τομέα (Berry, 1961· Kuhn, 1957, 1970· Toulmin & Goodfield, 1961). Σκεφτήκαμε ότι αν επιλέγαμε έναν τομέα γνώσεων που έχει υποστεί ριζική αναδόμηση κατά την ιστορική του εξέλιξη ως επιστήμη θα αυξάναμε σε μέγιστο βαθμό τις πιθανότητες να βρούμε παρόμοιες ριζικές αλλαγές στα παιδιά που αποκτούν γνώσεις σ' αυτό τον τομέα.

### *Η Έννοια της Γης στην Ιστορία της Αστρονομίας*

Η έννοια της Γης κατέχει κεντρική θέση σε οποιαδήποτε θεωρία Αστρονομίας, κι έχει συνδεθεί με πλήθος επαναστάσεων στην ιστορία αυτής της επιστήμης. Οι παλαιότερες αντιλήψεις για τη Γη που έχουν καταγραφεί ήταν ότι είναι επίπεδη και στέκεται στο κέντρο του σύμπαντος. Η υπόθεση ότι η Γη είναι επίπεδη διατυπώθηκε στην αρχαία Αίγυπτο (Kuhn, 1957· Plumley, 1975), στη Σουμερία (Lambert, 1975), στην αρχαία Ελλάδα (Toulmin & Goodfield, 1961) και στην αρχαία Ινδία (Gombrich, 1975).

Κατά την ιστορική εξέλιξη των κοσμολογικών θεωριών, η άποψη ότι η Γη είναι επίπεδη αντικαταστάθηκε, τελικά, με την άποψη ότι είναι μια σφαίρα. Ο Αριστοτέλης, στη μελέτη του *Περί Ουρανού*, προσέφερε πολλά επιχειρήματα για να τεκμηριώσει τη θέση ότι η Γη είναι μια σφαίρα (Kuhn, 1957). Ένα από τα επιχειρήματά του βασιζόταν στη θέση του Πολικού Αστέρος. Οι Έλληνες γνώριζαν από τα ταξίδια τους ότι ο Πολικός Αστήρ εμφανιζόταν χαμηλότερα στον ουρανό όταν τον κοιτούσαν από το Νότο παρά όταν τον κοιτούσαν από μια τοποθεσία πολύ βορειότερα – μια αλλαγή που είναι δύσκολο να ερμηνευθεί, αν υποθέσει κανείς ότι η Γη είναι επίπεδη. Ένα άλλο επιχείρημα βασιζόταν στην εξήγηση του Αριστοτέλη για τις εκλείψεις της Σελήνης. Ο Αριστοτέλης υπέθεσε ότι οι εκλείψεις της

Σελήνης προκαλούνται από τη σκιά της Γης πάνω στη Σελήνη. Αφού αυτή η σκιά ήταν πάντα στρογγυλή, υποστήριξε ότι η Γη θα πρέπει να είναι σφαιρική.

Η άποψη ότι η Γη είναι μια σφαίρα τελειοποιήθηκε από τον Πτολεμαίο στο έργο του *Αλμαγέστη* (1984). Σύμφωνα με τον Πτολεμαίο, η Γη ήταν μια σφαίρα που στεκόταν ακίνητη πάνω στο κέντρο του σύμπαντος. Ήταν περιτριγυρισμένη από οκτώ σφαίρες, πάνω στις οποίες ήταν προσκολλημένα ο Ήλιος, η Σελήνη, οι πέντε πλανήτες που ήταν μέχρι τότε γνωστοί και τα άστρα. Τα άστρα ήταν προσκολλημένα στην έξω-έξω σφαίρα που περιστρεφόταν γύρω από τη Γη. Η κοπερνίκεια επανάσταση διατήρησε την άποψη ότι η Γη είναι μια σφαίρα, αλλά χρειάστηκε μια μετατόπιση από ένα γεωκεντρικό σ' ένα ηλιοκεντρικό μοντέλο και ταυτόχρονα την απόρριψη της άποψης ότι η Γη δεν κινείται.

Στην παρούσα μελέτη εξετάσαμε μόνο τις αλλαγές στις απόψεις των παιδιών σχετικά με το σχήμα της Γης. Σε μελλοντικές εργασίες σκοπεύουμε να παρουσιάσουμε δεδομένα και γι' άλλες πλευρές των απόψεων των παιδιών για την παρατηρησιακή Αστρονομία (π.χ., για τον κύκλο της μέρας/νύχτας).

### *Οι Ιδέες των Παιδιών για το Σχήμα της Γης*

Αρκετοί επιστήμονες έχουν ερευνήσει τι γνωρίζουν τα παιδιά για το σχήμα της Γης και τη βαρύτητα, και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα παιδιά εκφράζουν ποικίλες «ιδέες» για το σχήμα της Γης. Η μαρτυρία αυτή προέρχεται από μελέτες που διεξήχθησαν από τους Nussbaum (1979), Nussbaum και Novak (1976), Sneider και Pulos (1983), Mali και Howe (1979).

Οι Nussbaum και Novak (1976) έδειξαν ότι τα παιδιά της δευτέρας Δημοτικού υποστηρίζουν ότι η Γη είναι στρογγυλή, όταν όμως τους γίνουν λεπτομερέστερες ερωτήσεις, δίνουν απαντήσεις συνεπείς είτε με την άποψη ότι η Γη είναι επίπεδη είτε με πολλές άλλες εναλλακτικές απόψεις σχετικά με το σχήμα της. Έχουν ανακαλυφθεί πέντε τέτοιες εναλλακτικές ιδέες για τη Γη. Η ιδέα 1 αποδόθηκε στα

παιδιά που είπαν ότι η Γη είναι στρογγυλή αλλά απάντησαν σε όλες τις άλλες ερωτήσεις να πίστευαν ότι η Γη είναι στην πραγματικότητα επίπεδη. Η ιδέα 2 αποδόθηκε στα παιδιά που πίστευαν ότι η Γη είναι στρογγυλή σαν μπάλα αλλά δεν είχαν την ιδέα του απεριόριστου διαστήματος. Τα παιδιά αυτά πίστευαν ότι υπάρχει στεριά ή ωκεανός που περιορίζει το χώρο κάτω από τη Γη και ουρανός που περιορίζει το χώρο πάνω από τη Γη. Τα παιδιά που υποστήριζαν την ιδέα 3 δε γνώριζαν την έννοια της βαρύτητας. Πίστευαν ότι τα αντικείμενα που τοποθετούνται στον «πυθμένα» της σφαιρικής Γης πέφτουν. Τα παιδιά που υποστήριζαν την ιδέα 4 ήξεραν ότι τα αντικείμενα που τοποθετούνται στον «πυθμένα» της σφαιρικής Γης δεν πέφτουν, αλλά δεν κατανοούσαν πλήρως ότι η βαρύτητα της Γης λειτουργεί κατά τρόπο ώστε να έλκει τα αντικείμενα προς το κέντρο της. Τέλος, τα παιδιά που υποστήριζαν την ιδέα 5 έδιναν τις πολιτισμικά αποδεκτές απαντήσεις στις ερωτήσεις που αναφέρονταν στο σχήμα της Γης και τη βαρύτητα.

Ο Nussbaum (1979) εξέτασε περαιτέρω την εγκυρότητα αυτών των ιδεών σε μια αναπτυξιακή μελέτη όπου πήραν μέρος παιδιά από το Ισραήλ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι θα πρέπει να γίνει συνδυασμός των ιδεών 1 και 2. Αποκάλυψε ακόμα μια καινούργια ιδέα, σύμφωνα με την οποία η Γη μοιάζει με μια τεράστια σφαίρα που αποτελείται από δύο ημισφαίρια: ένα ημισφαίριο που είναι φτιαγμένο από αέρα ή ουρανό, και που βρίσκεται πάνω από ένα δεύτερο ημισφαίριο, το οποίο αποτελείται από την ξηρά όπου ζουν οι άνθρωποι. Τα αποτελέσματα αυτά επικυρώθηκαν από μια μελέτη των Sneider και Poulos (1983), η οποία έδειξε ότι τα περισσότερα παιδιά ηλικίας κάτω των 10 ετών (τρίτης και τετάρτης τάξης) υποστήριζαν τις ιδέες 1, 2 ή 3, τα περισσότερα παιδιά ηλικίας 13 ετών και άνω υποστήριζαν τις ιδέες 4 και 5, ενώ μεγαλύτερη ποικιλία ιδεών εντοπίστηκε σε παιδιά ηλικίας μεταξύ 11 και 12 ετών.

Οι Mali και Howe (1979) ερεύνησαν την εξέλιξη των εννοιών για το σχήμα της Γης και τη βαρύτητα που είχαν παιδιά από το Νεπάλ τα οποία προέρχονταν από αστικές και αγροτικές περιοχές. Σημειώνουν ότι στο Νεπάλ η παραδοσιακή άποψη των ενηλίκων που δεν

πήγαν καθόλου σχολείο είναι ότι η Γη είναι ένα επίπεδο αντικείμενο, στηριζόμενο σε κάθε μία από τις τέσσερις γωνίες του από έναν τεράστιο ελέφαντα. Αντίθετα, τα παιδιά διδάσκονται στο σχολείο ότι η Γη είναι μια σφαίρα. Οι Malí και Howe εξέτασαν παιδιά ηλικίας 8, 10 και 12 ετών σε θέματα παρόμοια με αυτά των Nussbaum και Novak (1976). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παιδιά από το Νεπάλ διαμόρφωσαν ιδέες για τη Γη παρόμοιες μ' αυτές των παιδιών της Αμερικής, μόνο που υπήρχε μια τάση να εμφανίζονται σε μεγαλύτερες ηλικίες.

Ωστόσο, όσο προκλητικές κι αν είναι οι υπάρχουσες έρευνες με θέμα τις ιδέες των παιδιών για το σχήμα της Γης, πολλά ερωτήματα παραμένουν αναπάντητα αναφορικά με την ακριβή φύση αυτών των ιδεών. Ένα βασικό μειονέκτημα των μελετών που έχουν γίνει είναι ότι δε διασαφηνίζουν τα ακριβή κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για να προσδιοριστούν οι ιδέες των παιδιών. Επίσης, οι μελέτες αυτές δε μας παρέχουν πληροφορίες όσον αφορά τη συστηματικότητα, τη συνέπεια και το σθένος των αντιλήψεων των παιδιών για το σχήμα της Γης. Με άλλα λόγια, δε γνωρίζουμε ποια ήταν τα ακριβή κριτήρια με τα οποία οι ερευνητές ταξινόμησαν τα παιδιά ως κατόχους μιας συγκεκριμένης αντίληψης, κι αν οι αντιλήψεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν κατά έναν συνεπή και συστηματικό τρόπο από τα παιδιά στα οποία οι αντιλήψεις αυτές αποδόθηκαν.

### *Η Παρούσα Μελέτη*

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να ερευνηθεί περαιτέρω τη φύση των διαισθητικών γνώσεων των παιδιών για το σχήμα της Γης και να κατανοήσει πώς αυτές οι γνώσεις αλλάζουν καθώς τα παιδιά εκτίθενται στις πολιτισμικά αποδεκτές πληροφορίες ότι η Γη είναι μια σφαίρα. Θελήσαμε να ερευνήσουμε περισσότερο την υπόθεση ότι τα παιδιά αναπτύσσουν εναλλακτικές αντιλήψεις για το σχήμα της Γης, και να εξακριβώσουμε αν αυτές οι αντιλήψεις ορίζονταν σαφώς και χρησιμοποιούνταν από τα παιδιά κατά έναν λογικά συνεπή τρόπο.

Δύο συγκεκριμένες υποθέσεις κατηύθυναν τις ερευνητικές μας προσπάθειες. Η πρώτη ήταν ότι τα παιδιά αρχίζουν τη διαδικασία απόκτησης γνώσεων υποθέτοντας ότι η Γη είναι επίπεδη. Η άποψη ότι η Γη είναι επίπεδη ενισχύεται από την καθημερινή εμπειρία και συμφωνεί με τις προηγούμενες έρευνες σχετικά με τις ιδέες των παιδιών για τη Γη.

Η δεύτερη υπόθεση ήταν ότι τα παιδιά θα δυσκολευτούν να κατανοήσουν την πληροφορία ότι η Γη είναι μια τεράστια σφαίρα που περιβάλλεται από το διάστημα. Η ιδέα ότι ζούμε παντού τριγύρω στην εξωτερική επιφάνεια μιας σφαιρικής Γης είναι αντιδραστική, και δε συμφωνεί με τις καθημερινές εμπειρίες. Στην ιστορία της επιστήμης, η άποψη περί σφαιρικής Γης συχνά καταπολεμήθηκε από τους υποστηρικτές της άποψης περί επίπεδης Γης – για παράδειγμα, με το επιχείρημα ότι οι άνθρωποι «στην άλλη πλευρά» της Γης θα έπεφταν κάτω (Kuhn, 1957).

Η υπόθεση ότι τα παιδιά θα είναι δύσπιστα στην πληροφορία σχετικά με το σφαιρικό σχήμα της Γης συμφωνεί με αναφορές σχετικά με την οικοδόμηση εναλλακτικών αντιλήψεων για το σχήμα της Γης που εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία της υπάρχουσας έρευνας. Οι εναλλακτικές αντιλήψεις μπορούν να θεωρηθούν ως απόπειρες, από τη μεριά των παιδιών, να συμβιάσουν την πληροφορία που προέρχεται από τους ενήλικους, σύμφωνα με την οποία η Γη είναι μια σφαίρα, με την αρχική αφελή αντίληψή τους περί μιας επίπεδης Γης. Η άποψη αυτή ήταν μια υπονοούμενη υπόθεση σε μερικές εργασίες πάνω στις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών στην επιστήμη, αλλά η έρευνα που θα την υποστήριζε δεν έχει γίνει ακόμα (βλ. Wisner & Carey, 1983, για μια συζήτηση αυτού του θέματος). Για παράδειγμα, ο Piaget (1929, σ. 296) αναφέρει μια ενδιαφέρουσα περίπτωση μιας «εναλλακτικής ιδέας» που σχημάτισαν τα παιδιά στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν το φαινόμενο του κύκλου της μέρας/νύχτας. Στα παιδιά αυτά δόθηκε μια εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας με βάση την περιστροφή της Γης. Τους είπαν ότι όταν είναι νύχτα στην Ευρώπη είναι μέρα στην Αμερική. Τα παιδιά ερμήνευσαν την πληροφορία αυτή στα πλαίσια των υπάρχουσών νοητι-

κών τους δομών, σχηματίζοντας έτσι την ιδέα ότι η Γη μοιάζει μ' ένα κέικ που αποτελείται από πολλά στρώματα. Ανέπτυξαν την άποψη ότι υπάρχει μια επίπεδη Γη-Αμερική κάτω από την επίπεδη Γη-Ευρώπη, και τη νύχτα ο ήλιος πέφτει διαπερνώντας το στρώμα της Ευρώπης και φωτίζοντας έτσι το χαμηλότερο στρώμα της Αμερικής. Σημειώστε πως στη δημιουργία αυτού του μοντέλου τα παιδιά πέτυχαν να διατηρήσουν και την αρχική τους ιδέα ότι η Γη είναι επίπεδη και την πληροφορία που έδωσαν οι ενήλικοι – ότι όταν είναι νύχτα στην Ευρώπη είναι μέρα στην Αμερική.

### *Μεθοδολογία*

Η βασική μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε σ' αυτή την έρευνα ήταν να υποβάλουμε ερωτήσεις στα παιδιά (π.χ., «Ποιο είναι το σχήμα της Γης;») και να τους ζητήσουμε να κάνουν ζωγραφιές (π.χ., «Ζωγράφισέ μου τη Γη») στα πλαίσια ατομικής συνέντευξης. Δεδομένου ότι τα παιδιά που μεγαλώνουν στο δικό μας πολιτισμικό περιβάλλον εκτίθενται από πολύ νωρίς στην πληροφορία ότι η Γη είναι μια σφαίρα, θεωρήσαμε σημαντικό να υποβάλουμε ερωτήσεις που είχαν τη δυνατότητα να εξετάσουν τη γενικευσιμότητα αυτής της γνώσης και να αποκαλύψουν πιθανές παρερμηνείες.

Για να εξετάσουμε την εμβέλεια της γνώσης των παιδιών για τη Γη, υποβάλαμε στα παιδιά δύο είδη ερωτήσεων: αυτές που αποκαλούμε *ερωτήσεις γεγονότων*, κι αυτές που αποκαλούμε *παραγωγικές ερωτήσεις*. Ας δούμε, για παράδειγμα, την ερώτηση: «Ποιο είναι το σχήμα της Γης;» Είναι πιθανόν τα παιδιά που έχουν πληροφορηθεί ότι η Γη είναι μια σφαίρα ν' απαντήσουν επαναλαμβάνοντας απλώς την πληροφορία που έχουν λάβει από τους ενήλικους. Οι ερωτήσεις αυτού του είδους, που εμείς αποκαλούμε *ερωτήσεις γεγονότων*, παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την έκθεση των παιδιών σε ορισμένα σημαντικά, από θεωρητικής απόψεως, γεγονότα, αλλά όχι και για την ικανότητά τους να χρησιμοποιούν αυτά τα γεγονότα κατά έναν δημιουργικό τρόπο.

Οι παραγωγικές ερωτήσεις έχουν πολύ μεγαλύτερη δυνατότητα

να μας δώσουν πληροφορίες σχετικά με τις υποκείμενες εννοιολογικές δομές των παιδιών. Οι ερωτήσεις αυτές ζητούν από τα παιδιά να εξηγήσουν φαινόμενα τα οποία δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμα και για τα οποία είναι απίθανο να τους έχει δοθεί οποιαδήποτε άμεση οδηγία. Ας δούμε, για παράδειγμα, τις ερωτήσεις: «Εάν περπατούσες πολλές μέρες ίσια μπροστά, πού θα τερμάτιζες;», «Θα έφτανες ποτέ στο τέλος ή στην άκρη της Γης;» Για ν' απαντήσουν σ' αυτές τις ερωτήσεις, τα παιδιά δεν μπορούν να στηριχτούν σε μερικές αναφομοιώτες πληροφορίες που τους έδωσαν οι ενήλικοι. Τουναντίον, χρειάζεται να σχηματίσουν μια νοητική αναπαράσταση της Γης, η οποία περιλαμβάνει πληροφορίες για το σχήμα της, και να χρησιμοποιήσουν αυτή τη νοητική αναπαράσταση για να δώσουν μιαν απάντηση στο ερώτημα.

### *Νοητικά Μοντέλα*

Οι ερευνητές στους τομείς της Γνωσιακής Ψυχολογίας και της γνωσιακής επιστήμης έχουν προτείνει μια μεγάλη ποικιλία διαφορετικών ειδών αναπαραστάσεων – π.χ. *προτασιακές* (Anderson & Bower, 1973), *νοητικές εικόνες* (Kosslyn, 1980; Paivio, 1971), *σημασιολογικά δίκτυα* (Collins & Loftus, 1975), *σχήματα* (Brewer & Nakamura, 1984; Rumelhart, 1980) και *νοητικά μοντέλα* (Johnson-Laird, 1981, 1983). Εμείς υιοθετήσαμε την ιδέα του νοητικού μοντέλου για να χαρακτηρίσουμε τις αναπαραστάσεις των παιδιών στην παρατηρησιακή Αστρονομία. Η ιδέα του νοητικού μοντέλου έχει χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους (π.χ. Johnson-Laird, 1983; Gentner & Stevens, 1983; βλ. Brewer, 1987, για μια συζήτηση αυτού του θέματος). Εδώ χρησιμοποιείται για να αναφερθεί σ' ένα ορισμένο είδος νοητικής αναπαράστασης, που διαφέρει από τα άλλα είδη αναπαραστάσεων στο ότι αποτελεί ένα ανάλογο προς την κατάσταση που αναπαριστά (βλ. Johnson-Laird, 1983).

Υποθέτουμε ότι ένα νοητικό μοντέλο είναι μια δυναμική κατασκευή που δημιουργείται επιτόπου, με στόχο να απαντηθούν ερωτήσεις, να επιλυθούν προβλήματα ή να αντιμετωπιστούν άλλες κατα-



στάσεις. Τα νοητικά μοντέλα παράγονται αλλά και περιορίζονται από τις υποκείμενες εννοιολογικές δομές. Έτσι, αν πούμε σε κάποιον ότι «το δέντρο βρίσκεται στα δεξιά του σπιτιού και το αρκουδάκι στα δεξιά του δέντρου», μπορεί να σχηματίσει ένα νοητικό μοντέλο των σχέσεών τους τέτοιο, ώστε να αναπαριστά το σπίτι στ' αριστερά της αρκούδας. Ο σχηματισμός όμως αυτού του συγκεκριμένου μοντέλου περιορίζεται από μια υποκείμενη εννοιολογική δομή που σχετίζεται με τις ιδιότητες του ευκλείδιου χώρου.

Παρόμοια, αν πούμε σε κάποιον ότι «ενώ ο αστροναύτης βρισκόταν μέσα στο διαστημόπλοιο πέταξε το σφυρί», το νοητικό μοντέλο που θα σχηματίσει αυτός για τη θέση του σφυριού, μετά την πτώση του, θα περιορίζεται από μια υποκείμενη δομή που σχετίζεται με τις υποτιθέμενες ιδιότητες της βαρύτητας. Επειδή τα νοητικά μοντέλα παράγονται και περιορίζονται από τις υποκείμενες εννοιολογικές δομές των ανθρώπων, η κατανόηση των νοητικών μοντέλων που χρησιμοποιούν τα άτομα για ν' απαντήσουν σε ερωτήσεις ή να λύσουν προβλήματα παρέχει πληροφορίες για το περιεχόμενο και τη δομή της υποκείμενης γνωσιακής τους βάσης.

## *Μέθοδος*

### *Υποκείμενα*

Τα υποκείμενα που χρησιμοποιήθηκαν σ' αυτή τη μελέτη ήταν 60 παιδιά: 20 ήταν μαθητές της πρώτης τάξης, με ηλικίες που εκτεινόταν από τα 6 χρόνια και 4 μήνες μέχρι 7 χρόνια και 5 μήνες (μέσος όρος ηλικίας 6 χρόνια και 9 μήνες), 20 ήταν μαθητές της τρίτης τάξης, με ηλικίες που εκτεινόταν από 9 χρόνια και 3 μήνες μέχρι 10 χρόνια και 3 μήνες (μέσος όρος ηλικίας 9 χρόνια και 9 μήνες), και 20 ήταν μαθητές της πέμπτης τάξης, με ηλικίες που εκτεινόταν από 10 χρόνια και 3 μήνες μέχρι 11 χρόνια και 9 μήνες (μέσος όρος ηλικίας 11 χρόνια). Τα παιδιά παρακολουθούσαν ένα Δημοτικό σχολείο στην Ουρμπάνα-Σαμπέιν του Ιλινόις, προέρχονταν δε από μεσαία κοινωνική τάξη. Περίπου τα μισά ήταν κορίτσια και τα άλλα μισά αγόρια.

## *Υλικά*

Τα υλικά αποτελούνταν από ένα ερωτηματολόγιο με 48 ερωτήσεις. Το ερωτηματολόγιο αναπτύχθηκε μέσα από εκτεταμένη πιλοτική εργασία, και σχεδιάστηκε έτσι ώστε να δώσει πληροφορίες για τη γνώση των παιδιών πάνω σε ορισμένες κρίσιμες έννοιες στον τομέα της Αστρονομίας. Σ' αυτό εδώ το άρθρο θα συζητηθούν μόνο οι 15 ερωτήσεις που αναφέρονται στο σχήμα της Γης. Οι ερωτήσεις αυτές περιγράφονται λεπτομερώς εν συνεχεία.

## *Ερωτήσεις*

Η Ερώτηση 1, «Ποιο είναι το σχήμα της Γης;», ήταν μια ευθεία ερώτηση, σχεδιασμένη έτσι ώστε να δώσει πληροφορίες για την πραγματική γνώση των παιδιών όσον αφορά το σχήμα της Γης.

Η Ερώτηση 2, «Προς τα πού κοιτάμε για να δούμε τη Γη;», συμπεριλήφθηκε στο ερωτηματολόγιο γιατί διαπιστώθηκε από τους Nussbaum και Novak (1976) ότι σχετιζόταν με την άποψη που είχαν μερικά παιδιά ότι υπάρχει μια σφαιρική Γη που βρίσκεται ψηλά στον ουρανό.

Οι Ερωτήσεις 3, 4 και 5, «Τι υπάρχει πάνω από τη Γη;», «Τι υπάρχει κάτω από τη Γη;» και «Τι υπάρχει στις πλευρές της Γης;», είχαν τη δυνατότητα να διαφοροποιήσουν τα παιδιά που θεωρούσαν τη Γη ως μια σφαίρα που βρίσκεται στο διάστημα απ' αυτά που πίστευαν ότι η Γη είναι επίπεδη και στηρίζεται στο έδαφος. Έτσι, αναμέναμε τα παιδιά που πίστευαν ότι η Γη είναι μια σφαίρα να απαντήσουν ότι περιβάλλεται από διάστημα και αντικείμενα του διαστήματος, ενώ τα παιδιά που υποστήριζαν ότι η γη είναι επίπεδη αναμέναμε να απαντήσουν ότι υπάρχει έδαφος ή χώμα κάτω και ίσως στις πλευρές της Γης. Αποδείχτηκε όμως πως αυτές οι τρεις ερωτήσεις δεν έδιναν τόσες πληροφορίες όσες περιμέναμε. Σχεδόν όλα τα παιδιά απάντησαν ότι υπάρχει ουρανός ή διάστημα πάνω και στα πλάγια της Γης, ή μνημόνευσαν την παρουσία του Ήλιου ή της Σελήνης. Η ερώτηση: «Τι βρίσκεται κάτω από τη Γη;», τυπικά ερμηνεύτηκε με βάση την άποψη περί μιας επίπεδης Γης, έτσι ώστε να

παραπέμπει στην περιοχή ακριβώς κάτω από το έδαφος και να αποφέρει απαντήσεις όπως «χώμα» ή «έδαφος». Επειδή τα δεδομένα από τις ερωτήσεις δεν απέβησαν χρήσιμα –στη διαφοροποίηση των παιδιών με μοντέλα σφαιρικής Γης από αυτά με μοντέλα επίπεδης Γης–, δε χρησιμοποιήθηκαν κατά τον προσδιορισμό μοντέλων της Γης στα παιδιά.

Η Ερώτηση 6, «Μπορείς να ζωγραφίσεις μια εικόνα της Γης;», μας έδωσε πρόσθετες πληροφορίες όσον αφορά τις ιδέες των παιδιών για το σχήμα της Γης. Αν τα παιδιά ζωγράφιζαν μια γραμμή ή μια ορθογώνια Γη απαντώντας σ' αυτή την ερώτηση, τους γινόταν η επόμενη ερώτηση: «Έτσι φαίνεται η Γη όταν βρισκόμαστε μέσα σ' ένα διαστημόπλοιο;» Σκοπός της δεύτερης ερώτησης ήταν να διαχωρίσει τα παιδιά που πιθανόν γνώριζαν ότι η Γη είναι σφαιρική, αλλά στη ζωγραφιά τους δεν έπαιρναν υπόψη την προοπτική της σφαιρικής Γης, από τα παιδιά που πράγματι πίστευαν ότι η Γη είναι επίπεδη. Προφανώς, μόνο τα πρώτα παιδιά θα άλλαζαν τη ζωγραφιά τους όταν θα γινόταν η δεύτερη ερώτηση.

Η Ερώτηση 6 χρησιμοποιήθηκε επίσης ως βάση για έναν αριθμό επιπρόσθετων ζωγραφιών, που ελπίζαμε ότι θα μας βοηθούσαν να κατανοήσουμε καλύτερα την εννοιολογική γνώση των παιδιών για τη Γη. Για παράδειγμα, στην Ερώτηση 7, «Δείξε μου τώρα σ' αυτή τη ζωγραφιά πού πηγαίνουν η Σελήνη και τα άστρα. Τώρα ζωγράφισέ μου τον ουρανό», ζητήσαμε από τα παιδιά να προσθέσουν τα άστρα, τη Σελήνη και τον ουρανό στη ζωγραφιά τους της Γης. Ο σκοπός αυτής της ερώτησης ήταν να μας βοηθήσει να διαφοροποιήσουμε τα παιδιά που θεωρούσαν τη Γη ως μια σφαίρα που βρίσκεται στο διάστημα με ηλιακά αντικείμενα τριγύρω της από εκείνα τα παιδιά που πίστευαν ότι τα άστρα, η Σελήνη και ο ουρανός βρίσκονται μόνο στο πάνω μέρος της Γης. Το να ζητάς από τα παιδιά να ζωγραφίσουν τον ουρανό ίσως να φαίνεται παράξενο σ' έναν ενήλικο, αλλά είχαμε την αίσθηση ότι ήταν σημαντικό να διαχωρίσουμε τα παιδιά που πίστευαν ότι ο ουρανός βρίσκεται στο πάνω μέρος της Γης από εκείνα που πίστευαν ότι ήταν κάτι που περιβάλλει τη Γη. Η προηγούμενη έρευνα από τους Nussbaum και Novak (1976) έχει δείξει ότι μερικά παι-

διά πιστεύουν πως ο ουρανός βρίσκεται μόνο στο πάνω μέρος της Γης και πως υπάρχει έδαφος ή νερό στην περιοχή ακριβώς «κάτω» από τη σφαιρική Γη.

Στην Ερώτηση 8, τα παιδιά ρωτήθηκαν: «Μου δείχνεις πού ζουν οι άνθρωποι;», ενσχέσει με τη ζωγραφιά που είχαν κάνει της Γης. Και εδώ θελήσαμε να δούμε αν αντιλαμβάνονταν τη Γη ως μια σφαίρα με τους ανθρώπους να ζουν τριγύρω της, στην εξωτερική της επιφάνεια, ή αν νόμιζαν ότι οι άνθρωποι ζουν μόνο στο πάνω μέρος της Γης.

Στην Ερώτηση 9 επιχειρήσαμε να δημιουργήσουμε μια σύγκρουση μεταξύ της καθημερινής αντίληψης περί μιας επίπεδης Γης και της πολιτισμικά αποδεκτής πληροφορίας ότι η Γη είναι μια σφαίρα, και να συλλέξουμε τις εξηγήσεις που έδωσαν τα παιδιά γι' αυτή τη σύγκρουση. Η ερώτηση αυτή υποβλήθηκε μόνο στα παιδιά εκείνα που, απαντώντας στην Ερώτηση 1, έδειξαν να έχουν την άποψη ότι η Γη είναι στρογγυλή κι έκαναν έναν κύκλο ή μια σφαίρα για να απεικονίσουν τη Γη στα σχέδιά τους. Στην ερώτηση αυτή, ο πειραματιστής παρουσίασε στο παιδί την εικόνα ενός σπιτιού που βρισκόταν πάνω σ' ένα φαινομενικά επίπεδο έδαφος, και ρώτησε: «Να η εικόνα ενός σπιτιού. Το σπίτι αυτό βρίσκεται πάνω στη Γη, έτσι δεν είναι;» Αν υποθέσουμε ότι το παιδί συμφωνούσε πως το σπίτι βρίσκεται πάνω στη Γη, ο πειραματιστής συνέχιζε με την ερώτηση: «Πώς εδώ η Γη είναι επίπεδη ενώ προηγουμένως την έκανες στρογγυλή;» Κάνοντας αυτή την ερώτηση, θελήσαμε να εξακριβώσουμε αν τα παιδιά θα μπορούσαν να εξηγήσουν τη φαινομενική ασυνέπεια μεταξύ της καθημερινής τους αντίληψης περί μιας επίπεδης Γης και της πληροφορίας που προέρχεται από τους ενηλίκους ότι η Γη είναι μια σφαίρα. Όταν χρειαζόταν, ακολουθούσε η επιπρόσθετη ερώτηση: «Μπορείς να το εξηγήσεις λίγο περισσότερο;»

Οι Ερωτήσεις 10, 11α και 11β, «Αν περπατούσες πολλές μέρες ευθεία μπροστά, πού θα τερμάτιζες;», «Θα έφτανες ποτέ στο τέλος ή στην άκρη της Γης;», «Υπάρχει κανένα τέλος ή καμιά άκρη στη Γη;», ερεύνησαν ακόμη περισσότερο τις αντιλήψεις των παιδιών για το σχήμα της Γης. Υποθέσαμε ότι, απαντώντας στην Ερώτηση 10, τα

παιδιά θα δημιουργούσαν τη νοητική αναπαράσταση κάποιου που περπατάει πάνω στη Γη, κι ανάλογα με το συγκεκριμένο νοητικό μοντέλο της Γης θα έδιναν διαφορετικές απαντήσεις. Απαντήσεις του είδους: «Θα τερμάτιζα σε μια άλλη πολιτεία» ή «Θα τερμάτιζα στον ωκεανό» ερευνήθηκαν ακόμη περισσότερο με επιπρόσθετες ερωτήσεις, που ενθάρρυναν τα παιδιά να απαντήσουν τι θα συνέβαινε αν συνέχιζαν να περπατούν ίσια μπροστά, παίρνοντας αυτοκίνητα, τρένα και πλοία, όταν χρειαζόταν. Η Ερώτηση 11 σχεδιάστηκε για να αποκαλύψει τις αντιλήψεις των παιδιών όσον αφορά το πιθανό τέλος ή άκρη της Γης. Τα οριστικά άρθρα «το», «την» χρησιμοποιήθηκαν στην Ερώτηση 11α (στο τέλος ή στην άκρη της Γης), αντί για το αόριστο άρθρο «ένα τέλος», για να καταστήσει σαφές στα παιδιά ότι δεν αναφερόμαστε σ' έναν αριθμό πιθανών «τερμάτων της Γης», όπως το τέλος της χώρας ή το τέλος της ξηράς και την αρχή του ωκεανού. Επιπλέον, οι πιλοτικές μας μελέτες είχαν δείξει ότι τα παιδιά χρησιμοποιούν φράσεις όπως «το τέλος της Γης» αυθόρμητα. Η Ερώτηση 11β, «Υπάρχει κάποιο τέλος ή κάποια άκρη στη Γη;», χρησιμοποιήθηκε για να διαφοροποιήσει τα παιδιά που νόμιζαν πως πιθανόν υπάρχει κάποιο τέλος στη Γη στο οποίο δεν μπορούμε να φτάσουμε. Ο τρόπος με τον οποίο διατυπωνόταν αυτή η ερώτηση επέτρεπε επίσης στα παιδιά που δεν πίστευαν ότι υπάρχει κάποιο τέλος ή άκρη στη Γη να το πουν ξεκάθαρα. Η Ερώτηση 12, «Μπορείς να πέσεις από αυτό το τέλος ή την άκρη;», και η Ερώτηση 13, «Πού θα έπεφτες;», υποβάλλονταν μόνο αν τα παιδιά απαντούσαν ότι υπάρχει κάποιο τέλος ή άκρη, και σχεδιάστηκαν για να διαχωρίσουν περισσότερο τις ιδέες των παιδιών για τη φύση αυτού του τέλους ή της άκρης (για παράδειγμα, για να προσδιορίσουν αν η άκρη της Γης ήταν κάτι σαν την επιφάνεια που περιβάλλει μια σφαιρική Γη από την οποία δεν μπορεί να πέσει κανείς, ή η άκρη μιας δισκοειδούς Γης από την οποία κάποιος μπορεί πιθανόν να πέσει).

Οι τελευταίες δύο ερωτήσεις έγιναν ξανά σε σχέση με τις ζωγραφιές που έκαναν τα παιδιά για τη Γη. Η Ερώτηση 14, «Τώρα θέλω να μου δείξεις πού βρίσκεται η Σαμπέιν. Πού βρίσκεται η Κίνα;», ζητούσε από τα παιδιά να δείξουν τη θέση της Σαμπέιν (της δικής τους

πόλης) και της Κίνας στις ζωγραφιές που είχαν κάνει της Γης. Η Ερώτηση 15, «Τώρα πες μου, τι υπάρχει εδώ κάτω από τη Γη;», αναφερόταν ειδικά στην περιοχή κάτω από τη ζωγραφιά του παιδιού που απεικόνιζε τη Γη. Στόχος της ήταν να ερευνήσει περισσότερο τις ιδέες των παιδιών για τη Γη – εάν δηλαδή πιστευόταν ότι η Γη περιβάλλεται από διάστημα ή αν υποβαστάζεται από κάτι που μοιάζει με έδαφος ή νερό.

### *Διαδικασία*

Στα παιδιά έγιναν ατομικές συνεντεύξεις διάρκειας 30 έως 40 λεπτών. Ο εξεταστής κρατούσε λεπτομερείς σημειώσεις από τις απαντήσεις των παιδιών, οι οποίες επίσης μαγνητοφωνήθηκαν. Η βαθμολόγηση των δεδομένων έγινε αργότερα, βασισμένη τόσο στα απομαγνητοφωνημένα στοιχεία όσο και στις σημειώσεις του εξεταστή.

Συνεχόμενες ερωτήσεις χρησιμοποιήθηκαν για να διασαφηνισθούν απαντήσεις που δεν μπορούσαμε να καταλάβουμε. Η σταθερή διαδικασία που εφαρμόσαμε ήταν να ζητούμε από τα παιδιά να «μας πουν περισσότερα γι' αυτό» ή να επαναλαμβάνουμε το τελευταίο μέρος της απάντησης του παιδιού σαν ερώτηση – μια στρατηγική που συνήθως εκμαίευε περισσότερες πληροφορίες. Σε μερικές περιπτώσεις που δεν καταλαβαίναμε καθόλου τι μας έλεγαν τα παιδιά, αναγκαστικά προχωρούσαμε σε πιο αναλυτικές ερωτήσεις.

### *Βαθμολόγηση*

Οι απαντήσεις των παιδιών βαθμολογήθηκαν δύο φορές – την πρώτη στο επίπεδο της ερώτησης και τη δεύτερη στο επίπεδο του μοντέλου. Στο επίπεδο της ερώτησης, οι ατομικές απαντήσεις των παιδιών στις ερωτήσεις βαθμολογήθηκαν με βάση τις κατηγορίες που φαίνονται στον Πίνακα 1. Οι κατηγορίες αυτές σχεδιάστηκαν για να συλλάβουν την ποικιλία των συγκεκριμένων απαντήσεων. Η συμφωνία μεταξύ των δύο ανεξάρτητων κριτών που βαθμολόγησαν τις απαντήσεις ήταν υψηλή (94%). Όλες οι διαφωνίες επιλύθηκαν μετά από συζήτηση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Ερωτήσεις σχετικά με το σχήμα της Γης – βαθμολόγηση στο επίπεδο της ερώτησης και συγκρίσιμες των απαντήσεων των παιδιών (N=60).

Ερωτήσεις	Απαντήσεις παιδιών (βαθμολόγηση βασικών κατηγοριών)
E1 Ποιο είναι το σχήμα της Γης;	(α) Στρογγυλό -37, (β) Κυκλικό -16, (γ) Στρογγυλό σαν μπάλα/σφαίρα -5, (δ) Ελλειψοειδές -1, (ε) Δεν γνωρίζω -1
E2 Προς τα πού κοιτάμε για να δούμε τη Γη;	(α) Προς τα κάτω -15, (β) Ψηλά -23, (γ) Στο πλάι -7, (δ) Παντού/τριγύρω -12, (ε) Προς τα πίσω/προστά/ευθεία -3
E6 Μπορείς να ζωγραφίσεις μια εικόνα της Γης;	(α) Κύκλος -54, (β) Ορθογώνια/ευθεία γραμμή -1, (γ) Κύκλος μέσα σε τετράγωνο πλαίσιο -1, (δ) Ελλειψοειδές -2, (ε) Επίπεδη γραμμή που αλλάζει σε κύκλο μετά από σειρά ερωτήσεων -2
E7 Μου δείχνεις τώρα, σ' αυτή τη ζωγραφιά, πού υπάρχουν η Σελήνη και τα άστρα; Μου ζωγραφίζεις τώρα τον ουρανό;	(α)  (β)  (γ)  (δ)  (ε)  (θ)  -18 -9 -13 -6 -2 -7 -3 -2 -1 (ι) Δε γνωρίζω -1
E8 Μου δείχνεις πού ζουν οι άνθρωποι;	(α)  (β)  (γ)  (δ)  -1 από  στο -2 (ε)  (ζ)  -1 (η) Δε γνωρίζω -1

Ερωτήσεις	Απαντήσεις παιδιών (βαθμολόγηση βασικών κατηγοριών)
<p>E9 (α) Να η εικόνα ενός σπιτιού. Το σπίτι αυτό βρίσκεται πάνω στη Γη, έτσι δεν είναι;</p> <p>(β) Πώς εδώ η Γη είναι επίπεδη ενώ προηγουμένως την έκανες στρογγυλή;</p> <p>(γ) Μπορείς να το εξηγήσεις λίγο περισσότερο;</p>	<p>(α) Δεν είναι σχετική-1, (β) Δε γνωρίζω -1, (γ) Αλλαγή απάντησης από στρογγυλή Γη σε επίπεδη Γη -3, (δ) Το παιδί δεν αναγνωρίζει την αντίθεση επιπέδου/σφαιρικής -2, (ε) Η Γη είναι επίπεδη σαν τηγανίτα -6, (ζ) Η Γη είναι επίπεδη στο εσωτερικό της -14, (η) Η Γη είναι στρογγυλή αλλά οι άνθρωποι ζουν σε επίπεδα μέρη στην ξηρά -4, (θ) Διπλή Γη -5, (ι) Το παιδί αναγνωρίζει την αντίθεση, αλλά δεν μπορεί να την εξηγήσει -17, (κ) Η Γη φαίνεται επίπεδη γιατί είναι πολύ μεγάλη -7</p>
<p>E10 Αν περπατούσες για πολλές μέρες ίσια μπροστά, πού θα έφτανες;</p> <p>E11 (α) Θα έφτανες ποτέ στο τέλος/στην άκρη της Γης;</p> <p>(β) Υπάρχει ένα τέλος ή μια άκρη στη Γη;</p>	<p>(α) Ναι, υπάρχει τέλος/άκρη -16, (β) Ναι, υπάρχει τέλος/άκρη αλλά δεν μπορούμε να το φτάσουμε γιατί είμαστε στο εσωτερικό της Γης -6, (γ) Δεν υπάρχει τέλος/άκρη και καμία εξήγηση -15, (δ) Δεν υπάρχει τέλος/άκρη, γυρίζεις στο σημείο απ' όπου ξεκίνησες -15, (ε) Δεν υπάρχει τέλος/άκρη, γιατί η Γη είναι στρογγυλή -7, (ζ) Δεν υπάρχει τέλος/άκρη, η Γη βρίσκεται στον ουρανό -1</p>
<p>E12 Μπορείς να πέςεις απ' αυτό το τέλος/την άκρη;</p> <p>E13 Πού θα έλεφεφτες;</p>	<p>(α) Δε γνωρίζω -5, (β) Δεν είναι σχετική γιατί δεν υπάρχει τέλος/άκρη -32, (γ) Ναι, είναι δυνατόν να πέςεις -12, (δ) Ναι, θα πέςεις στο έδαφος - το έδαφος που βρίσκεται κάτω από τη Γη -2, (ε) Όχι, και καμία εξήγηση -3, (ζ) Όχι, βρίσκεται μέσα στη σφαίρα -4, (η) Όχι, η βαρύτητα θα σε κρατήσει -2</p>
<p>E14 (α) Τώρα, μου δείχνεις πού βρίσκεται η Σαμπέιν;</p> <p>(β) Πού είναι η Κίνα;</p>	<p>(α) Και τα δύο μέρη βρίσκονται μέσα στον κύκλο -47, (β) Το ένα μέρος βρίσκεται στην άλλη μη ορατή πλευρά της Γης -9, (γ) Το ένα ή και τα δύο μέρη βρίσκονται έξω από τον κύκλο -1, (δ) Η Σαμπέιν βρίσκεται μέσα στον κύκλο, αλλά το παιδί δεν ξέρει πού βρίσκεται η Κίνα -1, (ε) Δεν ξέρει πού να τοποθετήσει ούτε τη Σαμπέιν ούτε την Κίνα -2</p>
<p>E15 Τώρα μου λες τι υπάρχει εδώ, κάτω από τη Γη; (Ο πειραμιστής δείχνει την περιοχή κάτω από τη ζωγραφιά του παιδιού που απεικονίζει τη Γη).</p>	<p>(α) Ουρανός/ατμόσφαιρα/σύννεφα -13, (β) Ηλιος/Σελήνη/αστέρια -18, (γ) Διάστημα -14, (δ) Χώμα/έδαφος/ξηρά -9, (ε) Νερό -2, (ζ) Δε γνωρίζω -4</p>



Ακολουθώντας τη βαθμολόγηση στο επίπεδο της ερώτησης, προσπαθήσαμε να δούμε αν ήταν δυνατόν να βρούμε στοιχεία που να δείχνουν τη συνεπή χρήση ενός μικρού αριθμού καλά προσδιορισμένων νοητικών μοντέλων της Γης. Η βαθμολόγηση στο επίπεδο του μοντέλου έγινε με βάση μια δεύτερη κλίδα βαθμολόγησης, η οποία περιέγραψε σε γενικές γραμμές το διάγραμμα των αναμενόμενων απαντήσεων για κάθε μοντέλο. Η κλίδα βαθμολόγησης, η διαδικασία βαθμολόγησης των δεδομένων στο επίπεδο μοντέλου και η αξιοπιστία αυτής της δεύτερης διαδικασίας βαθμολόγησης θα περιγραφούν αργότερα.

### *Αποτελέσματα*

Οι απαντήσεις των παιδιών στις ατομικές ερωτήσεις και οι συχνότητες τους φαίνονται στον Πίνακα 1. Με μια πρώτη ματιά, τα δεδομένα φαίνεται να δείχνουν ότι πολλά παιδιά δεν έκαναν χρήση του πολιτιστικά αναμενόμενου μοντέλου της σφαιρικής Γης. Αυτή η φανερό ασυνέπεια των απαντήσεων μπορεί ακόμη να φανεί και από μια επιφανειακή εξέταση των συχνοτήτων των απαντήσεων σε ορισμένες ερωτήσεις-κλειδιά. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, μολονότι όλα τα παιδιά ζωγράφισαν ένα κύκλο για να απεικονίσουν το σχήμα της Γης (54 από 60), τα 16 είπαν ότι υπάρχει ένα τέλος ή άκρη στη Γη και 14 είπαν ότι κάποιος μπορεί να πέσει από αυτό το τέλος. Επιπλέον, 23 παιδιά είπαν ότι κοιτάς «ψηλά» για να δεις τη Γη. Ένα παράδειγμα μιας απάντησης σε ερωτήσεις που αφορούν το τέλος/άκρη της Γης δίνεται παρακάτω:

ΚΡΙΣΤΙ (πρώτη τάξη) [Ερωτήσεις 10, 11, 12, 13, Απάντηση τύπου γ, «πέσιμο»]

Ε: Αν περπατούσες συνέχεια για πολλές μέρες σε μια ίσια γραμμή, πού θα κατέληγες;

Π: Θα έφτανες σε μια διαφορετική πόλη.

Ε: Ωραία. Αν όμως συνέχιζες να περπατάς και να περπατάς;

Π: Σ' ένα σωρό από διαφορετικές πόλεις, πολιτείες, και μετά, αν ήσουν εδώ και συνέχιζες να περπατάς εδώ [το παιδί δείχνει την άκρη του κύκλου που ζωγράφισε για να απεικονίσει τη Γη], θα περπατούσες κατευθείαν έξω από τη Γη.

- E: Θα περπατούσες κατευθείαν έξω από τη Γη;  
 Π: Ναι, γιατί πηγαίνεις σ' αυτό το δρόμο και φτάνεις την άκρη, κι εκεί πρέπει να είσαι προσεκτικός.  
 E: Μπορείς να πέσεις από την άκρη της Γης;  
 Π: Ναι, αν παίζεις στην άκρη της Γης.  
 E: Πού θα έπεφτες;  
 Π: Θα έπεφτες στην άκρη αν έπαιζες εδώ. Και θα έπεφτες κάτω, σε άλλους πλανήτες.

Προσέξτε σ' αυτό το παράδειγμα ότι η Κρίστι δίνει την πληροφορία πως η περίμετρος του κύκλου που ζωγράφισε για να απεικονίσει τη Γη ήταν η «άκρη», απ' όπου «περπατάς κατευθείαν έξω από τη Γη». Αυτή η απάντηση δείχνει ότι η Κρίστι ίσως φαντάζεται τον κύκλο όχι σα μια σφαίρα αλλά σαν έναν επίπεδο δίσκο.

Μια σειρά από άλλες απαντήσεις ήταν αρκετά περιεργες από την άποψη του σφαιρικού μοντέλου της Γης, κι έδειχναν την παρουσία εναλλακτικών αντιλήψεων σχετικά με τη Γη. Για παράδειγμα, σαν απάντηση στην Ερώτηση 7, μερικά παιδιά τοποθέτησαν τον ουρανό στην περιοχή ακριβώς κάτω από τον κύκλο που ζωγράφισαν για να απεικονίσουν τη Γη (Απάντηση τύπου ζ και η). Αρχικά δεν μπορούσαμε να ερμηνεύσουμε αυτή την απάντηση, αλλά όταν ρωτήσαμε τα παιδιά, μας εξήγησαν ότι ήθελαν να δείξουν πως το φεγγάρι και τα αστέρια ήταν πάνω από τον κύκλο κι όχι στο εσωτερικό του. Είναι σαν να έβλεπαν τον κύκλο να αναπαριστά την επιφάνεια της Γης, που είχε το σχήμα δίσκου ή το σχήμα ημισφαιρίου.

Άλλα παιδιά τοποθέτησαν τους ανθρώπους σε επίπεδο εδάφους έξω από τον κύκλο, σαν απάντηση της Ερώτησης 8 (Απάντηση τύπου γ και δ), ή σε επίπεδη γραμμή στο εσωτερικό του κύκλου. Στην απάντηση της Ερώτησης 9, μερικά παιδιά είπαν ότι η Γη είναι κυκλική σα μια τηγανίτα (Απάντηση τύπου ε), ή φάνηκε ότι πίστευαν πως υπάρχουν δύο γαίες, μια κυκλική και μια επίπεδη (Απάντηση τύπου θ). Μερικά παραδείγματα αυτών των τύπων απαντήσεων δίνονται παρακάτω:

ΤΕΡΙΝΑ (πέμπτη τάξη) [Ερώτηση 9, Απάντηση τύπου ε, «τηγανίτα»]

Π: Η Γη είναι στρογγυλή, αλλά όταν την κοιτάς είναι επίπεδη.

E: Γιατί συμβαίνει αυτό;

Π: Γιατί αν την κοιτούσες γύρω-γύρω θα ήταν στρογγυλή.

Ε: Αλλά ποιο είναι το πραγματικό σχήμα της Γης;

Π: Στρογγυλό, όπως μια λεπτή τηγανίτα.

ΜΠΡΑΝΤΙ (πρώτη τάξη) [Ερώτηση 9, Απάντηση τύπου θ, «διπλή Γη»]

Π: Πώς γίνεται η Γη εδώ να είναι επίπεδη ενώ πριν είπες ότι είναι στρογγυλή;

Ε: Γιατί η Γη είναι πάνω στον ουρανό, κι αυτό [δείχνει την εικόνα του σπιτιού] είναι κάτω στη Γη.

Άλλα παιδιά υποστήριξαν ότι η Γη είναι στρογγυλή απ' έξω αλλά επίπεδη στο εσωτερικό της, όπου ζουν οι άνθρωποι (Ερώτηση 9, Απάντηση τύπου ζ). Η απάντηση «εσωτερικό της σφαίρας» ήταν συχνά ιδιαίτερα σαφής στις Ερωτήσεις 10/11 (Απάντηση τύπου β) και 12/13 (Απάντηση τύπου ζ). Ακολουθεί ένα παράδειγμα αυτού του τύπου απάντησης:

ΜΑΘΙΟΥ (πρώτη τάξη) [Ερωτήσεις 10/11 και 12/13, Απάντηση τύπου β και ζ, «εσωτερικό της σφαίρας»]

Ε: Αν περπατούσες συνέχεια για πολλές μέρες, πού θα κατέληγες;

Π: Αν περπατούσαμε για πολύ καιρό, θα τελειώναμε στο τέλος της Γης.

Ε: Θα έφτανες ποτέ την άκρη της Γης;

Π: Δε νομίζω.

Ε: Φαντάσου ότι περπατούσαμε και περπατούσαμε και δεν είχαμε πολύ φαγητό μαζί μας.

Π: Ίσως.

Ε: Θα μπορούσες να πέσεις από την άκρη της Γης;

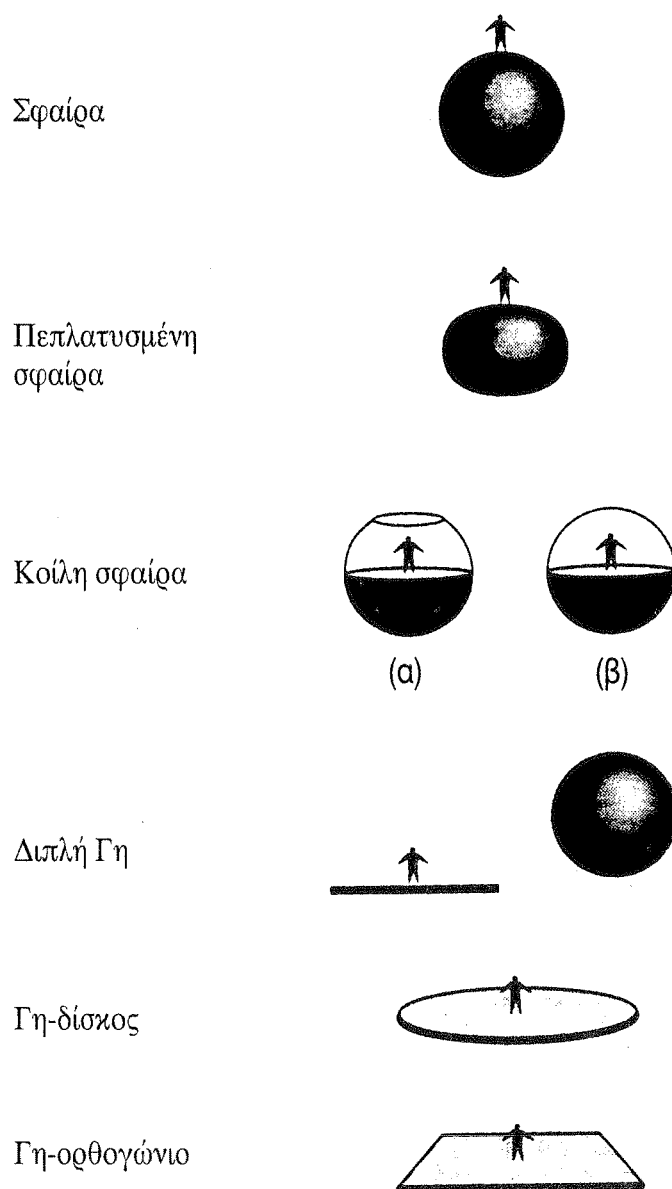
Π: Όχι. Γιατί αν ήμαστε έξω από τη Γη, πιθανότατα θα πέφταμε, αλλά αν ήμαστε μέσα στη Γη, δε θα μπορούσαμε να πέσουμε.

Ήταν τα παιδιά στο δείγμα μας πραγματικά ασυνεπή, ή θα ήταν δυνατό να εξηγήσουμε τη φαινομενική ασυνέπεια στα δεδομένα μας με το να υποθέσουμε ότι έκαναν σταθερή χρήση ενός μικρού αριθμού εναλλακτικών μοντέλων σχετικά με τη Γη; Αποφασίσαμε να ξεκινήσουμε εξετάζοντας την πιθανότητα ότι τα παιδιά χρησιμοποιούσαν εναλλακτικά μοντέλα της Γης μ' έναν σταθερό τρόπο, προτού καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι οι απαντήσεις τους δεν είχαν λογική συνέπεια και σταθερότητα.

Μια προσεκτική εξέταση των δεδομένων μας, καθώς και τα απο-

τελέσματα των προηγούμενων ερευνών, μας οδήγησαν σε μια αρχική διατύπωση των τεσσάρων εναλλακτικών νοητικών μοντέλων της Γης, τα οποία παρουσιάζονται στο Σχήμα 1 ως τα μοντέλα του δίσκου, της επίπεδης Γης, της κοίλης σφαίρας και της διπλής Γης.

ΣΧΗΜΑ 1. Νοητικά μοντέλα της Γης.



## *Πρωταρχικά Μοντέλα της Γης*

*Γη-δίσκος.* Το πρώτο πρωταρχικό μοντέλο ήταν το μοντέλο μιας Γης με σχήμα δίσκου που να μοιάζει με τηγανίτα. Η πληροφορία ότι η Γη είναι όπως ένας δίσκος παρά στρογγυλή σαν μπάλα εμφανίστηκε συχνά στις απαντήσεις των παιδιών στην Ερώτηση 9, και συμφωνούσε μ' έναν αριθμό επιπρόσθετων απαντήσεων, όπως η απάντηση «κύκλος» στην Ερώτηση 1, και η ιδέα ότι η Γη έχει κάποιο τέλος ή μια άκρη από την οποία κάποιος μπορεί να πέσει.

*Γη-ορθογώνιο.* Το δεύτερο μοντέλο ήταν όμοιο με αυτό της «Γης-δίσκου», εκτός του ότι το σχήμα της Γης ήταν επίπεδο και όχι κυκλικό.

*Κοίλη σφαίρα.* Το τρίτο μοντέλο της Γης ήταν αυτό της κοίλης σφαίρας, με τους ανθρώπους να ζουν σε επίπεδο έδαφος βαθιά στο εσωτερικό της. Αυτό το μοντέλο μοιάζει σε μερικά σημεία με το μοντέλο των δύο ημισφαιρίων, που πρώτο αναγνωρίστηκε από τον Nussbaum (1979). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, η Γη αποτελείται από δύο ημισφαίρια: το κάτω ημισφαίριο, πάνω στο οποίο ζουν οι άνθρωποι, και το πάνω ημισφαίριο, το οποίο αναπαριστά τον ουρανό και καλύπτει τη Γη σαν ένας τρούλος. Πολλές απαντήσεις στις Ερωτήσεις 9, 10, 11, 12 και 13 ήταν συνεπείς με την ύπαρξη ενός τέτοιου μοντέλου, όπως φάνηκε στις απαντήσεις του Μάθιου που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Το μοντέλο της κοίλης σφαίρας συμφωνεί με το σχέδιο (ε) στην Ερώτηση 8, η οποία δείχνει τους ανθρώπους να στέκονται σε μια επίπεδη επιφάνεια μέσα στον κύκλο που αναπαριστά τη Γη, όπως και στο σχέδιο (ε) της Ερώτησης 7, η οποία δείχνει το φεγγάρι και τα αστέρια στο πάνω μέρος του εσωτερικού του κύκλου που αναπαριστά τη Γη.

*Διπλή Γη.* Το τέταρτο μοντέλο ήταν το μοντέλο της διπλής Γης, σύμφωνα με το οποίο υπάρχουν δύο γαίες: μία στρογγυλή, η οποία βρίσκεται ψηλά στον ουρανό, και μία επίπεδη, πάνω στην οποία ζουν οι άνθρωποι. Αυτό το μοντέλο είναι συνεπές με τις απαντήσεις «κυκλική» ή «κυκλική σα μια μπάλα/σφαίρα» στην Ερώτηση 1 (Απάντηση τύπου α και γ), με το σχεδιασμό ενός κύκλου στην Ερώ-

τηση 6 (Απάντηση τύπου α) και με την απάντηση ότι υπάρχει κάποιο τέλος ή κάποια άκρη στη Γη απ' όπου κάποιος μπορεί να πέσει. Το μοντέλο της διπλής Γης συμφωνεί με την τοποθέτηση των ανθρώπων σε επίπεδο έδαφος έξω από τον κύκλο, ο οποίος υποτίθεται ότι απεικονίζει τη Γη (Ερώτηση 8, Απάντηση τύπου γ), με το σχεδιασμό του ουρανού κάτω από τη Γη (Ερώτηση 7, Απάντηση τύπου ζ και η), με την απάντηση ότι υπάρχει χώμα ή έδαφος κάτω από τη Γη (Ερώτηση 15, Απάντηση τύπου δ), και με την απάντηση «διπλής Γης» στην Ερώτηση 9 (Απάντηση τύπου θ).

### *Τροποποίηση των Πρωταρχικών Μοντέλων*

*Πρωταρχικά πρότυπα απαντήσεων.* Για να αποφασίσουμε αν οι φαινομενικά ασυνεπείς απαντήσεις των παιδιών ήταν εσωτερικά συνεπείς ως προς τα ανωτέρω εναλλακτικά μοντέλα της Γης, χρησιμοποιήσαμε την ακόλουθη μεθοδολογία (βλ. επίσης Siegler, 1978): Για κάθε μοντέλο του σχήματος της Γης, καθορίσαμε το πρότυπο των αναμενόμενων απαντήσεων που περιμέναμε από το παιδί αν είχε χρησιμοποιήσει το μοντέλο με συνέπεια για ν' απαντήσει στις ερωτήσεις μας. Για παράδειγμα, υποθέσαμε ότι αν τα παιδιά είχαν χρησιμοποιήσει το νοητικό μοντέλο της Γης-δίσκου μ' έναν συνεπή τρόπο, θα έλεγαν ότι το σχήμα της Γης είναι στρογγυλό ή κυκλικό στην Ερώτηση 1, ότι κάποιος θα έπρεπε να κοιτάξει «κάτω» για να δει τη Γη, κι ότι υπάρχει κάποια άκρη ή κάποιο τέλος στη Γη απ' όπου οι άνθρωποι ενδεχομένως μπορούσαν να πέσουν. Αυτά τα παιδιά θα έπρεπε να ζωγράφιζαν έναν κύκλο για να απεικονίσουν τη Γη και θα έπρεπε να έβαζαν τους ανθρώπους μέσα στον κύκλο. Θα τοποθετούσαν τ' αστέρια και το φεγγάρι πάνω από την κορυφή του κύκλου και θα έλεγαν ότι υπάρχει έδαφος ή νερό από κάτω. Το πρωταρχικό πρότυπο απαντήσεων για τα υποθετικά νοητικά μοντέλα της Γης παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.

*Επιπρόσθετα μοντέλα.* Όταν σχηματίστηκε το πρότυπο των απαντήσεων για κάθε μοντέλο του σχήματος της Γης, εφαρμόστηκε στα δεδομένα για να προσδιορίσει το βαθμό αντιστοιχίας ανάμεσα

στις αναμενόμενες απαντήσεις και στις απαντήσεις που ελήφθησαν στις σχετικές ερωτήσεις για το σχήμα της Γης. Κατά τη διάρκεια αυτής της πρώτης βαθμολόγησης στο επίπεδο μοντέλου, έγινε φανερό ότι ένας αριθμός τροποποιήσεων του προτύπου των απαντήσεων ήταν αναγκαίος. Πρώτα απ' όλα, τα δεδομένα έδειξαν την ανάγκη δημιουργίας ενός καινούργιου μοντέλου – του μοντέλου της «πεπλατυσμένης σφαίρας». Αυτό το νέο μοντέλο ήταν παρόμοιο με το σφαιρικό μοντέλο, όπου η Γη περιβάλλεται από το διάστημα, αλλά πεπλατυσμένη στο «πάνω» και στο «κάτω» μέρος όπου υποτίθεται ότι ζουν οι άνθρωποι (βλ. Σχήμα 1).

Η ανάλυση των δεδομένων έκανε επίσης αναγκαία μια επανεξέταση των προτύπων των αναμενόμενων απαντήσεων και για δύο από τα υπάρχοντα μοντέλα – το μοντέλο της διπλής Γης και το μοντέλο της κοίλης σφαίρας. Τα περισσότερα από τα παιδιά που δημιούργησαν το μοντέλο της διπλής Γης φάνηκε ότι χρησιμοποιούσαν τη λέξη «Γη» μόνο για να αναφερθούν στη σφαιρική Γη και τη λέξη «έδαφος» για να αναφερθούν στην επίπεδη Γη όπου ζουν οι άνθρωποι.

Στην περίπτωση του μοντέλου της κοίλης σφαίρας, φάνηκε να υπάρχουν δύο αποκλίσεις. Μερικά παιδιά φαντάζονταν τη Γη να αποτελείται από δύο ημισφαίρια: το χαμηλότερο ημισφαίριο, που είναι αυτό στο οποίο οι άνθρωποι ζουν, και το υψηλότερο, που είναι αυτό του ουρανού, ο οποίος καλύπτει τη Γη σαν ένας τρούλος (Σχήμα 1, Κοίλη σφαίρα β). Άλλα παιδιά σκέφτηκαν ότι οι άνθρωποι ζουν βαθιά μέσα στη Γη, που μοιάζει σε μια κολοκύθα ανοιχτή στο πάνω της μέρος (Σχήμα 1, Κοίλη σφαίρα α).

*Κριτήρια βαθμολόγησης.* Για να καταλήξουμε στα νέα κριτήρια βαθμολόγησης, προσπαθήσαμε να λάβουμε υπόψη μας τις δυσκολίες που έχουν τα παιδιά στο ζωγράφιμα – συγκεκριμένα, στην αναπαράσταση του τρισδιάστατου διαστήματος. Επιπλέον, αποφασίσαμε ότι ήταν απαραίτητο να διαχωρίσουμε απαντήσεις που ήταν εντελώς ασυνεπείς προς ένα δεδομένο νοητικό μοντέλο της Γης από εκείνες που ήταν απροσδιόριστες σε σχέση μ' ένα δεδομένο νοητικό μοντέλο. Για να κάνουμε αυτόν το διαχωρισμό, δημιουργήσαμε τις

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Πρωταρχικό πρότυπο απαντήσεων για τα υλοθειικά νοητικά μοντέλα της Γης.

Ερώτηση	Σφαίρα	Κοίλη σφαίρα	Γη-δίσκος	Γη-παράλληλό-γραμμο	Διπλή Γη
E1 Ποιο είναι το σχήμα της Γης;	Σφαιρικό / στρογγυλό σαν μπάλα, στρογγυλό, ελλειψοειδές	Σφαιρικό/στρογγυλό σαν μπάλα, στρογγυλό ή ελλειψοειδές σχήμα	Κυκλικό ή στρογγυλό	Ορθογώνιο, επίπεδο	Επίπεδο ή κυκλικό
E2 Προς τα πού κοιτάμε για να δούμε τη Γη;	Προς τα κάτω	Προς τα κάτω	Προς τα κάτω	Προς τα κάτω	Ψηλά ή προς τα κάτω
E6 Μπορείς να ζωγραφίσεις μια εικόνα της Γης;	Κύκλος	Κύκλος	Κύκλος	Ορθογώνια, επίπεδη γραμμή	Επίπεδη γραμμή ή κύκλος
E7 Δείξε μου τώρα, σ' αυτή τη ζωγραφιά, πού υπάρχουν η Σελήνη και τ' άστρα; Τώρα ζωγράψέ μου τον ουρανό.	Απάντηση τύπου δ'	Απάντηση τύπου α, β ή ε	Απάντηση τύπου α ή β	Απάντηση τύπου θ	Απάντηση τύπου α, β, γ, δ, ζ ή η
E8 Δείξε μου πού ζουν οι άνθρωποι.	Απάντηση τύπου β	Απάντηση τύπου ε	Απάντηση τύπου α	Απάντηση τύπου ζ	Απάντηση τύπου α, γ ή δ
E9 (α) Να η εικόνα ενός σπιτιού. Το σπίτι αυτό βρίσκεται πάνω στη Γη, έτσι δεν είναι; (β) Πώς εδώ η Γη είναι επίπεδη ενώ προηγούμενως την έκανες στρογγυλή;	Η Γη φαίνεται επίπεδη επειδή είναι πολύ μεγάλη	Η Γη είναι επίπεδη στο εσωτερικό της	Η Γη είναι στρογγυλή σαν τηρανίτα	Μη σχετική απάντηση	Η στρογγυλή Γη είναι πάνω στον ουρανό



E10	Αν περιηγητές για πολλές μέρες ίσα μπροστά, πού θα έφτανες;	Δεν υπάρχει τέλος/άκρη	Δεν υπάρχει τέλος/άκρη ή	Ναι υπάρχει ένα τέλος/μια άκρη	Ναι, υπάρχει ένα τέλος/μια άκρη	Ναι, υπάρχει μια άκρη
E11	(α) Θα έφτανες ποτέ στο τέλος/στην άκρη της Γης; (β) Υπάρχει ένα τέλος ή μια άκρη στη Γη;		Ναι, αλλά δεν μπορούμε να φτάσουμε επειδή είμαστε στο εσωτερικό της σφαιρας			
E12	Μπορείς να πέσεις από αυτό το τέλος / την άκρη;	Μη σχετική απάντηση ή	Μη σχετική απάντηση ή	Ναι, μπορείς να πέσεις	Ναι, μπορείς να πέσεις	Ναι, μπορείς να πέσεις
E13	Πού θα έπεφτες;	Όχι, η βαρύτητα θα σε κρατήσει	Όχι, βρισκόμαστε στο εσωτερικό της σφαιρας			
E14	(α) Τώρα, μου δείχνεις πού είναι το Cham- raing; (β) Πού είναι η Κίνα;	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο ή Το ένα βρισκείται στην άλλη μη ορατή πλευρά της Γης	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο	Και τα δύο μέρη μέσα στη Γη-παραλληλόγραμμο	Μέσα στον κύκλο, ή σε επίπεδο έδαφος έξω απ' αυτόν
E15	Τώρα πες μου τι υπά- ρχει εδώ, κάτω από τη Γη.	Ουρανός, διάστημα, ή- λιος/φεγγαρι/άστρα	Ουρανός, διάστημα, ήλιος/φεγγαρι/άστρα	Χώμα/έδαφος, νερό	Χώμα/έδαφος, νερό	Ουρανός, ήλιος/φεγγαρι/άστρα, ή έδαφος

1. Οι τύποι των απαντήσεων αναγράφονται στον Πίνακα 1.

κατηγορίες των μη αποδεκτών αποκλίσεων και των αποδεκτών αποκλίσεων. Μη αποδεκτή απόκλιση είναι μια απάντηση που δε συμφωνεί μ' ένα δεδομένο νοητικό μοντέλο. Για παράδειγμα, η απάντηση ότι η Γη έχει κάποιο τέλος ή μια άκρη απ' όπου κάποιος μπορεί να πέσει, δε συμφωνεί με το νοητικό μοντέλο της σφαιρικής Γης. Ακόμη και μια μη αποδεκτή απόκλιση ήταν αρκετή ώστε να εμποδίσει κάποιο παιδί να καταταχθεί σ' ένα δεδομένο μοντέλο. Αποδεκτή απόκλιση είναι μια απάντηση η οποία, ενώ καταρχάς δε συμφωνεί με το νοητικό μοντέλο στην ερώτηση, παρόλ' αυτά μπορεί να εξηγηθεί ως σημασιολογικό λάθος ή διαφορούμενη σε σχέση με το ακριβές της νόημα. Ένα παράδειγμα αποδεκτής απόκλισης είναι η απάντηση «κύκλος» στην Ερώτηση 1. Για τα παιδιά που κατά τ' άλλα είχαν την ιδέα της σφαιρικής Γης, δεν είναι ξεκάθαρο σε ποια περίπτωση αυτή η απάντηση σχετίζεται με μια εννοιολογική σύγχυση (το παιδί χρησιμοποιεί τη λέξη «κύκλος» για να αναφερθεί στη Γη με σχήμα δίσκου) ή κάποιο σημασιολογικό λάθος (το παιδί χρησιμοποιεί τη λέξη «κύκλος» εννοώντας «στρογγυλή σα μια μπάλα»). Επειδή θέλαμε να είμαστε αυστηροί στα κριτήριά μας για τον προσδιορισμό μοντέλων και να μην κατηγορηθούμε ότι δημιουργήσαμε τεχνητή συνέπεια, αποφασίσαμε να επιτρέψουμε μία μόνο αποδεκτή απόκλιση για κάθε παιδί.

Τα τροποποιημένα κριτήρια βαθμολόγησης χρησιμοποιήθηκαν από τους δύο συγγραφείς για να κατατάξουν τα παιδιά στα νοητικά μοντέλα. Σ' έναν τρίτο ανεξάρτητο κριτή δόθηκε το 1/3 των πρωτοκόλλων και των γραπτών κριτηρίων για τα μοντέλα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Ο βαθμολογητής κωδικοποίησε τα νοητικά μοντέλα χωρίς καμία συζήτηση για τα κριτήρια με τους αρχικούς κώδικες. Η συμφωνία ήταν 80% (16 από τις 20 περιπτώσεις). Ύστερα από όλες τις διαφωνίες που συζητήθηκαν, δέκα καινούργια πρωτόκολλα βαθμολογήθηκαν από τον ανεξάρτητο κριτή. Η τελική συμφωνία ήταν 100%.

## Τελικά Μοντέλα της Γης

Εικόνες των πέντε τελικών μοντέλων της Γης δίνονται στο Σχήμα 1, και τα τελικά κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για να προσδιοριστούν τα παιδιά σ' αυτά τα μοντέλα δίνονται στον Πίνακα 3. Τα σημεία στις παρενθέσεις δείχνουν τις αποδεκτές αποκλίσεις για κάθε μοντέλο. Στο Κεφάλαιο που ακολουθεί θα συζητήσουμε λεπτομερώς το σχέδιο των αναμενόμενων απαντήσεων, καθώς επίσης και τις αποδεκτές και μη αποδεκτές αποκλίσεις για κάθε νοητικό μοντέλο της Γης.

*Μοντέλο σφαιρικής Γης.* Περιμέναμε από ένα παιδί με μοντέλο σφαιρικής Γης να πει ότι η Γη είναι «μια σφαίρα», «στρογγυλή σα μια μπάλα», «κύκλος» ή «οβάλ» στην Ερώτηση 1. Η απάντηση «κύκλος» ήταν διαφορούμενη ως προς το νοητικό μοντέλο της σφαιρικής Γης, για τους λόγους που έχουμε ήδη εξηγήσει, κι επομένως τοποθετούνταν στην κατηγορία της αποδεκτής απόκλισης.

Σύμφωνα με την Ερώτηση 2, «Σε ποιο μέρος κοιτάμε για να δούμε τη Γη;», οι αναμενόμενες απαντήσεις για το μοντέλο της σφαιρικής Γης ήταν «κάτω», «στο πλάι» και «τριγύρω». Όμως ένας μεγάλος αριθμός παιδιών (23/60), συμπεριλαμβανομένης της πλειοψηφίας των παιδιών της πρώτης τάξης (12/20), είπαν ότι κοιτάζεις «ψηλά» για να δεις τη Γη. Αυτό το αποτέλεσμα μας έκανε να αμφιβάλλουμε για την πρόβλεψη ότι αυτή την απάντηση θα δώσουν μόνο τα παιδιά που πίστευαν ότι η Γη είναι ψηλά στον ουρανό. Εκ των υστέρων φάνηκε ότι την απάντηση «ψηλά» μπορούν ακόμη να δώσουν και τα παιδιά που ερμηνεύουν το «κοιτώντας ψηλά στον ορίζοντα» ή «κοιτώντας ψηλά στα βουνά» για να εννοήσουν ότι η Γη είναι «ψηλά». Την ίδια απάντηση μπορούν ακόμη να δώσουν και τα παιδιά που συνήθισαν να ακούν το δάσκαλο να τους λέει: «Ας κοιτάξουμε ψηλά στη Γη», με αναφορά στο χάρτη της Γης στον τοίχο.<sup>2</sup> Επειδή η διαφο-

---

2. Θέλουμε να ευχαριστήσουμε τη Rochel Gelman, η οποία μας ενημέρωσε σχετικά με έρευνες που διεξάγονται στο Πολιτειακό Πανεπιστήμιο της Pennsylvania και οι οποίες δείχνουν ότι τα παιδιά κωδικοποιούν χάρτες της Γης χρησιμοποιώντας τις λέξεις που χρησιμοποιούν οι δάσκαλοί τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Πρότυπα αναμενόμενων απαντήσεων για τα τελικά μοντέλα της Γης.

Ερώτηση	Σφαίρα	Πεπλατυσμένη σφαίρα	Κοίλη σφαίρα	Γη-δίσκος	Γη-παράλληλοίγραμμο	Διπλή Γη
E1 Ποιο είναι το σχήμα της Γης;	Σφαιρικό/στρογγυλό σαν μπάλα, στρογγυλό ή ελλειψοειδές (κύκλος) <sup>1</sup>	Στρογγυλό, ελλειψοειδές ή κυκλικό	Σφαιρικό/στρογγυλό σαν μπάλα, στρογγυλό, ελλειψοειδές ή κυκλικό	Κυκλικό ή στρογγυλό	Ορθογώνιο, επίπεδο	Σφαιρικό/στρογγυλό σαν μπάλα, στρογγυλό ή κυκλικό
E2 Προς τα πού κοιτάμε για να δούμε τη Γη;	Προς τα κάτω, στο πλάι ή τριγύρω (ψηλά)	Προς τα κάτω, στο πλάι ή τριγύρω (ψηλά)	Προς τα κάτω, στο πλάι ή τριγύρω (ψηλά)	Προς τα κάτω, στο πλάι ή τριγύρω (ψηλά)	Προς τα κάτω, στο πλάι ή τριγύρω (ψηλά)	Ψηλά
E6 Μπορείς να ζωγραφίσεις μια εικόνα της Γης;	Κύκλος	Κύκλος	Κύκλος	Κύκλος	Ορθογώνιο, επίπεδη Γη	Κύκλος
E7 Δείξε μου τώρα, σ' αυτή τη ζωγραφιά, πού υπάρχουν η Σελήνη και τ' άστρα; Τώρα ζωγράψέ μου τον ουρανό.	Απάντηση τύπου α, β, γ ή δ <sup>2</sup>	Απάντηση τύπου α, β, γ ή δ	Απάντηση τύπου α, β, γ, δ ή ε	Απάντηση τύπου α, β ή ε	Απάντηση τύπου θ	Απάντηση τύπου α, β, γ, δ, ζ ή η
E8 Δείξε μου πού ζουν οι άνθρωποι.	Απάντηση τύπου α ή β	Απάντηση τύπου α ή β	Απάντηση τύπου α ή ε	Απάντηση τύπου α	Απάντηση τύπου ζ	Απάντηση τύπου α, β, γ ή δ
E9 (α) Να η εικόνα ενός σπιτιού. Το σπίτι αυτό βρίσκεται πάνω στη Γη, έτσι δεν είναι; (β) Πώς εδώ η Γη είναι επίπεδη ενώ προηγουμένως την έκανες στρογγυλή;	Η Γη φαίνεται επίπεδη επειδή είναι πολύ μεγάλη, ή Το παιδί αναγνωρίζει την αντίθεση, αλλά δεν μπορεί να την εξηγήσει (η Γη είναι στρογγυλή αλλά οι άνθρωποι ζουν σε επίπεδα μέρη στην ξηρά)	Η Γη είναι στρογγυλή σαν τηγανίτα	Η Γη είναι επίπεδη στο εσωτερικό της	Η Γη είναι στρογγυλή σαν τηγανίτα	Μη σχετική απάντηση	Η στρογγυλή Γη είναι πάνω στον ουρανό

E10	Αν περιπατούσες για πολλές μέρες ίσια μπροστά, που θα έφτανες;	Δεν υπάρχει τέλος/άκρη (Ναι, υπάρχει τέλος/άκρη, αλλά δεν μπορείς να πέσεις εξαιτίας της βαρύτητας)	Δεν υπάρχει τέλος/άκρη	Δεν υπάρχει τέλος/άκρη ή Ναι, υπάρχει ένα τέλος/άκρη, αλλά δεν μπορούμε να φτάσουμε γιατί είμαστε στο εσωτερικό της Γης	Ναι, υπάρχει ένα τέλος/μία άκρη	Ναι, υπάρχει ένα τέλος/μία άκρη ή Όχι, δεν υπάρχει τέλος/άκρη, γιατί η στρογγυλή Γη είναι πάνω στον ουρανό
E11	(α) Θα έφτανες ποτέ στο τέλος/στην άκρη της Γης; (β) Υπάρχει ένα τέλος/μία άκρη στη Γη;	Δεν υπάρχει τέλος/άκρη (Ναι, υπάρχει τέλος/άκρη, αλλά δεν μπορείς να πέσεις εξαιτίας της βαρύτητας)	Δεν υπάρχει τέλος/άκρη	Δεν υπάρχει τέλος/άκρη ή Ναι, υπάρχει ένα τέλος/άκρη, αλλά δεν μπορούμε να φτάσουμε γιατί είμαστε στο εσωτερικό της Γης	Ναι, υπάρχει ένα τέλος/μία άκρη	Ναι, δεν υπάρχει τέλος/άκρη, γιατί η στρογγυλή Γη είναι πάνω στον ουρανό
E12	Μπορείς να πέσεις απ' αυτό το τέλος/την άκρη;	Μη σχετική απάντηση ή Όχι, η βαρύτητα θα σε κρατήσει	Μη σχετική απάντηση	Μη σχετική απάντηση ή Όχι, βρισκόμαστε στο εσωτερικό της σφαιράς	Ναι, μπορείς να πέσεις	Ναι, μπορείς να πέσεις
E13	Πού θα έπεφτες;	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο	Και τα δύο μέρη μέσα στην Γη-παράλληλο	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο ή Πάνω σε επίπεδη γραμμή, έξω απ' αυτόν
E14	(α) Τώρα, μου δείχνεις πού είναι η Σαμπάιν; (β) Πού είναι η Κίνα;	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο ή Το ένα βρισκείται στην άλλη μη ορατή πλευρά της Γης	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο ή Το ένα βρισκείται στην άλλη μη ορατή πλευρά της γης	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο ή Πάνω σε μια επίπεδη γραμμή στο εσωτερικό του κύκλου	Και τα δύο μέρη μέσα στην Γη-παράλληλο	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο ή Πάνω σε επίπεδη γραμμή, έξω απ' αυτόν
E15	Τώρα πες μου τι υπάρχει εδώ, κάτω από τη Γη.	Ουρανός, διάστημα ή Ήλιος/φεγγάρι/άστρα	Ουρανός, διάστημα ή Ήλιος/φεγγάρι/άστρα	Ουρανός, διάστημα ή Ήλιος/φεγγάρι/άστρα (χώμα, έδαφος)	Χώμα/έδαφος, νερό	Ουρανός, ήλιος/φεγγάρι/άστρα ή έδαφος

1. Οι απαντήσεις στις παρενθέσεις δείχνουν αποδεκτές παρεκκλίσεις.

2. Οι τύποι των απαντήσεων αναγράφονται στον Πίνακα 1.

ρούμενη έννοια συνδέεται με την απάντηση «ψηλά», αυτή η απάντηση θεωρήθηκε αποδεκτή απόκλιση για το μοντέλο σφαιρικής Γης.

Στην Ερώτηση 6, όλες οι ζωγραφίες της Γης με σχήμα στρογγυλό ή οβάλ θεωρήθηκαν σύμφωνες με την αποδοχή του νοητικού μοντέλου σφαιρικής Γης. Η ζωγραφιά ενός ορθογωνίου θεωρήθηκε μη αποδεκτή απόκλιση.

Θα περίμενε κανείς από ένα παιδί που χρησιμοποιεί το μοντέλο της σφαιρικής Γης με συνέπεια να φτιάξει ζωγραφίες όπου το φεγγάρι, τα αστέρια και ο ουρανός θα είναι τοποθετημένα γύρω από τον «κύκλο» (Απάντηση τύπου δ). Ζωγραφίες που απεικονίζουν τον ουρανό ως μια οριζόντια γραμμή τοποθετημένη πάνω από τον κύκλο και δείχνουν τα άστρα και το φεγγάρι να βρίσκονται πάνω από τον κύκλο θα μπορούσαν να αναπαριστούν συμβατικούς τρόπους ζωγραφιάς του ουρανού και των ουράνιων σωμάτων, ή θα μπορούσαν να είχαν γίνει από κάποιον που πίστευε ότι οι άνθρωποι ζουν μόνο στην κορυφή της σφαιρικής Γης. Γι' αυτό το λόγο, οι τρεις συγκεκριμένοι τρόποι απάντησης (α, β και γ) θεωρήθηκαν ότι συμφωνούν με το μοντέλο σφαιρικής Γης. Η τοποθέτηση των αστεριών και του φεγγαριού μέσα στον κύκλο (Απάντηση τύπου ε) και η ζωγραφιά της οριζόντιας γραμμής κάτω από τη Γη (Απάντηση τύπου ζ και η) θεωρήθηκαν ως μαρτυρίες εναλλακτικών μοντέλων, κι επομένως ασυνεπείς με την αποδοχή του μοντέλου της σφαιρικής Γης.

Απαντήσεις στην Ερώτηση 8, «Μου δείχνεις πού ζουν οι άνθρωποι;», έδειξαν ότι τα περισσότερα παιδιά (50/60) ζωγράφισαν τους ανθρώπους τους μέσα στον κύκλο (Απάντηση τύπου α). Μόνο δύο παιδιά έβαλαν τους ανθρώπους τους στην περίμετρο της ζωγραφιάς τους της στρογγυλής Γης. Φαίνεται ότι τα περισσότερα παιδιά βρήκαν πολύ δύσκολο να φτιάξουν τη ζωγραφιά μιας σφαίρας με ανθρώπους να στέκονται στην περίμετρο, κι επομένως ζωγράφισαν τους ανθρώπους τους μέσα στον κύκλο. Θεωρήσαμε αυτή την απάντηση σύμφωνη με το μοντέλο της σφαιρικής Γης. Ζωγραφίες με ανθρώπους που στέκονται σε μια επίπεδη γραμμή μέσα στον κύκλο (Απάντηση τύπου ε) ή σε μια επίπεδη γραμμή έξω από τον κύκλο (Απάντηση τύπου γ) συνδέθηκαν με εναλλακτικά μοντέλα Γης

και θεωρήθηκαν μη αποδεκτές αποκλίσεις γι' αυτή την κατηγορία.

Με τον ίδιο τρόπο, στην Ερώτηση 14 θεωρήσαμε ότι όλες οι απαντήσεις που έδειχναν πως οι διάφορες χώρες και πόλεις της Γης βρίσκονται μέσα στον κύκλο συμφωνούν με το μοντέλο της σφαιρικής Γης. Μόνο η απάντηση που έδειχνε ότι η Κίνα βρίσκεται έξω από τον κύκλο (Απάντηση τύπου γ) θεωρήθηκε ότι δε συμφωνεί με την άποψη του μοντέλου σφαιρικής Γης.

Στην Ερώτηση 9 θεωρήσαμε μια απάντηση σύμφωνη με το μοντέλο της σφαιρικής Γης αν παρείχε κάποια ένδειξη ότι το παιδί κατάλαβε την αντίθεση επιπέδου/σφαίρας ακόμη κι αν δεν μπορούσε να δώσει ολοκληρωμένη εξήγηση (Απάντηση τύπου ι και κ). Η απάντηση: «Είναι κυκλική αλλά οι άνθρωποι ζουν σε επίπεδα μέρη στην ξηρά», θεωρήθηκε πως είναι μια αποδεκτή απόκλιση (Απάντηση τύπου η). Οι απαντήσεις: «Μοιάζει κυκλική, αλλά είναι επίπεδη μέσα», «Είναι επίπεδη σα μια τηγανίτα», κλπ., ερμηνεύτηκαν ως ενδείξεις εναλλακτικών μοντέλων Γης και θεωρήθηκαν μη αποδεκτές αποκλίσεις από το μοντέλο σφαιρικής Γης.

Οι απαντήσεις σε όλες τις ερωτήσεις που αφορούν το τέλος/άκρη της Γης (Ερωτήσεις 10, 11, 12 και 13) εξετάστηκαν μαζί. Η αναμενόμενη απάντηση σ' αυτή την κατηγορία ήταν ότι η Γη δεν έχει κάποιο τέλος ή μια άκρη. Μια αρνητική απάντηση σ' αυτές τις ερωτήσεις έκανε μη σχετικές τις ερωτήσεις που αφορούσαν το πέσιμο από τη Γη (Ερωτήσεις 12 και 13, Απάντηση τύπου β). Θετικές απαντήσεις στις ερωτήσεις για το τέλος/άκρη θεωρήθηκαν ως μη αποδεκτές για το μοντέλο της σφαιρικής Γης. Υπάρχει ωστόσο μια μικρή ασάφεια που σχετίζεται μ' αυτή την απάντηση. Υπάρχει η πιθανότητα ότι μερικά παιδιά με το μοντέλο σφαιρικής Γης ερμήνευσαν την «άκρη» ως την εξωτερική επιφάνεια της Γης. Σε μια τέτοια περίπτωση, τα παιδιά θα θεωρήσουν ότι οι άνθρωποι δεν μπορούν να πέσουν από αυτό το τέλος ή άκρη. Υπήρξαν δύο παιδιά στο δείγμα μας που είπαν ότι υπάρχει ένα τέλος/άκρη στη Γη, αλλά δεν μπορεί κάποιος να πέσει από εκεί εξαιτίας της βαρύτητας. Αυτή η απάντηση θεωρήθηκε ως αποδεκτή απόκλιση για την κατηγορία σφαιρικής Γης. Απαντήσεις που έδειχναν ότι η Γη έχει κάποιο τέλος ή άκρη

απ' όπου κάποιος θα μπορούσε να πέσει θεωρήθηκαν μη αποδεκτές αποκλίσεις.

Τέλος, οι αναμενόμενες απαντήσεις για την Ερώτηση 15, που αφορούσε το μέρος από τη ζωγραφιά που έκανε το παιδί για τη Γη, ήταν ότι εκεί υπάρχει ο ουρανός, το διάστημα, ο ήλιος, το φεγγάρι, και ούτω καθεξής. Απαντήσεις όπως «έδαφος», «χώμα» ή «νερό» θεωρήθηκαν μη αποδεκτές αποκλίσεις από το μοντέλο σφαιρικής Γης.

*Δεδομένα για το μοντέλο της σφαιρικής Γης.* Εικοσιδύο παιδιά συνολικά έδωσαν απαντήσεις συνεπείς με το μοντέλο της σφαιρικής Γης. Οι αποδεκτές αποκλίσεις που παρατηρήθηκαν ήταν οι ακόλουθες: ένα παιδί είπε «κύκλος» ως απάντηση στην Ερώτηση 1, τρία παιδιά είπαν «ψηλά» ως απάντηση στην Ερώτηση 2, κι ένα παιδί είπε ότι υπάρχει κάποιο «τέλος» στη Γη απ' όπου δεν μπορούμε να πέσουμε εξαιτίας της βαρύτητας. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, μόνο μία αποδεκτή απόκλιση επιτρεπόταν για κάθε παιδί.

Το ακόλουθο είναι ένα τυπικό παράδειγμα ενός παιδιού που χρησιμοποίησε το νοητικό μοντέλο σφαιρικής Γης με συνεπή τρόπο:

ΕΘΑΝ (πρώτη τάξη) [Υποκείμενο νούμερο 5, μοντέλο σφαιρικής Γης]

Ε: Ποιο είναι το σχήμα της Γης;

Π: Είναι το σχήμα της μπάλας.

Ε: Προς τα πού κοιτάμε για να δούμε τη Γη;

Π: Προς τα κάτω.

Ε: Τι υπάρχει πάνω από τη Γη;

Π: Διάστημα.

Ε: Τι υπάρχει κάτω από τη Γη;

Π: Διάστημα.

Ε: Μπορείς να ζωγραφίσεις μια εικόνα της Γης;

[Το παιδί ζωγραφίζει την εικόνα που φαίνεται στο Σχήμα 2α].

Ε: Δείξε μου πού πάνε τ' αστέρια και το φεγγάρι.

Π: Λοιπόν, τα αστέρια πηγαίνουν γύρω από τη Γη και το φεγγάρι πιθανότατα θα βρίσκεται ψηλά εδώ. Κι εδώ θα είναι ο ήλιος.

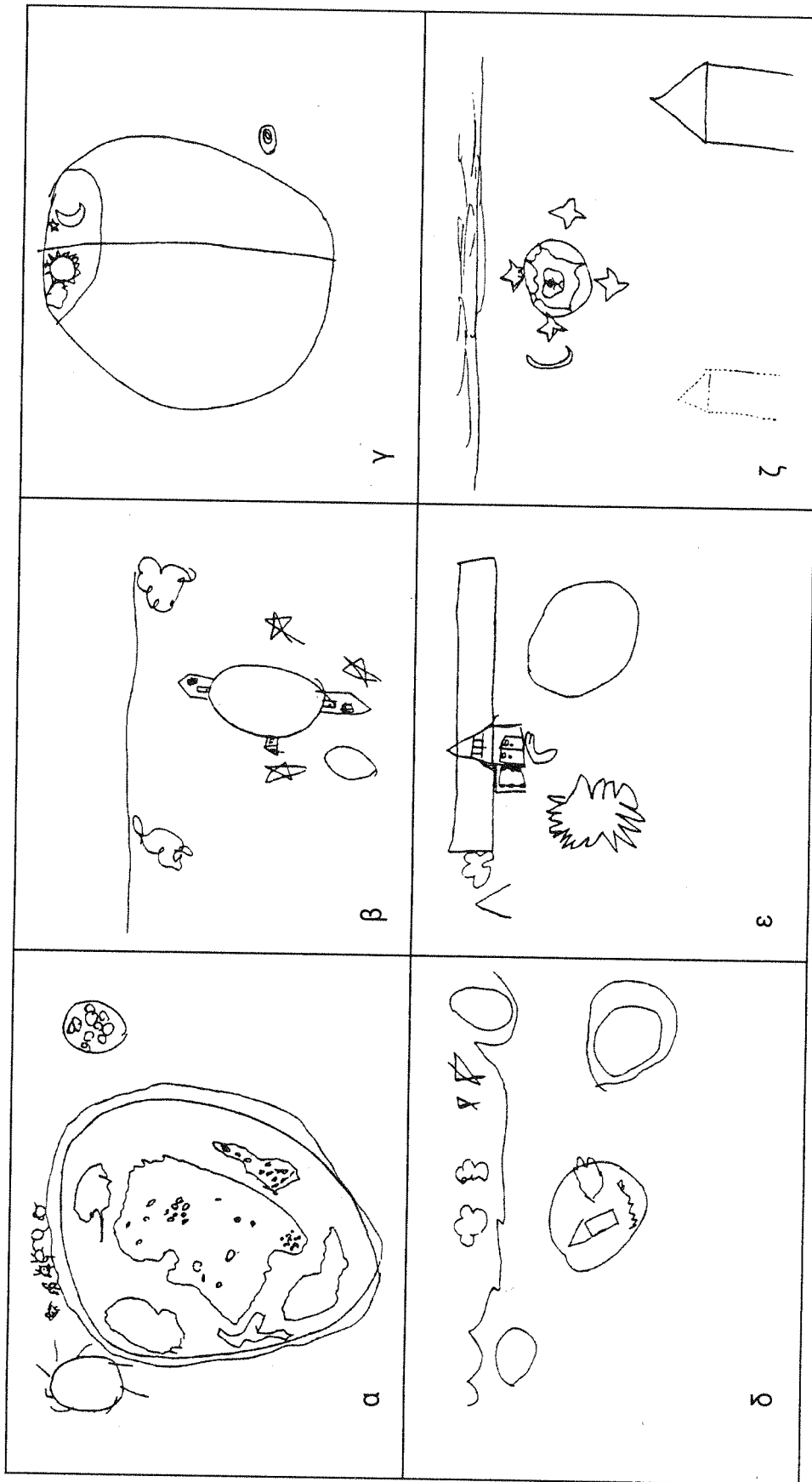
Ε: Τώρα ζωγράφισε τον ουρανό.

Π: Ο ουρανός δεν έχει σχήμα. Εννοείς το διάστημα. Μπορώ να ζωγραφίσω τον ουρανό γύρω από τη Γη.

Ε: Πώς γίνεται εδώ η Γη να είναι επίπεδη ενώ πριν την έκανες κυκλική; [Δεί-



ΣΧΗΜΑ 2. Ζωγραφιές της Γης, Σελήνης, άστρων και του ουρανού των παιδιών που αναφέρονται στο κείμενο: (α) 10αν, 1η τάξη, σφαιρική Γη· (β) Μπράιαν, 1η τάξη, πεπλατυσμένη σφαίρα· (γ) Βένικα, 3η τάξη, κοίλη σφαίρα· (δ) Τζέμι, 3η τάξη, Γη-δίσκος· (ε) Ντόναλντ, 1η τάξη, Γη-ορθογώνιο· (ζ) Ντάρσι, 3η τάξη, διπλή Γη.



χνουμε στο παιδί μια εικόνα ενός αγροτικού σπιτιού όπου φαίνεται ότι η Γη είναι επίπεδη].

Π: Ναι, η Γη είναι τόσο μεγάλη ώστε μας φαίνεται επίπεδη, αλλά είναι στρογγυλή. Αν είναι στρογγυλή και αν είναι τεράστια, οι άνθρωποι τη βλέπουν σα να είναι επίπεδη. Νομίζω ότι τα νησιά είναι σε επίπεδο μέρος. Νομίζω ότι τα νησιά είναι λίγο καμπυλωμένα, αλλά οι άνθρωποι δεν το προσέχουν.

Ε: Αν περπατούσες συνέχεια για πολλές μέρες σ' έναν ίσιο δρόμο, πού θα έφτανες;

Π: Πίσω εκεί απ' όπου ξεκίνησα.

Ε: Θα έφτανες ποτέ στο τέλος ή την άκρη της Γης;

Π: Όχι, γιατί η βαρύτητα με τραβά προς τα κάτω.

Ε: Υπάρχει κάποιο τέλος ή κάποια άκρη στη Γη;

Π: Όχι.

*Μοντέλο πεπλατυσμένης σφαίρας.* Τα παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία είχαν το πρότυπο των απαντήσεων που συμφωνεί με την άποψη ότι η Γη είναι μια πεπλατυσμένη σφαίρα ή είναι ένας πολύ παχύς δίσκος που περιτριγυρίζεται από διάστημα. Αυτά τα παιδιά δε φάνηκε να είχαν κάποιο πρόβλημα με την ιδέα ότι οι άνθρωποι μπορούν να ζουν στην επιφάνεια γύρω από τη Γη, στο εξωτερικό μέρος, αλλά φάνηκε πως είχαν συγκεκριμένη δυσκολία με την ιδέα ότι η Γη μπορεί να είναι και επίπεδη την ίδια στιγμή. Έλυναν αυτή την αντίθεση επιπέδου/σφαίρας με το να σκεφτούν τη Γη ως ενμέρει επίπεδη στο «πάνω μέρος» και στο «κάτω μέρος» όπου ζουν οι άνθρωποι.

Περιμέναμε από τα παιδιά που μπήκαν σ' αυτή την κατηγορία να πουν ότι η Γη είναι «στρογγυλή», «οβάλ» ή «κυκλική» σαν απάντηση στην Ερώτηση 1. Η απάντηση «σφαιρική» ή «στρογγυλή σα μια μπάλα» δε συμφωνούσε μ' αυτό το μοντέλο, κι επομένως θεωρήθηκε μια μη αποδεκτή απόκλιση από αυτή την κατηγορία.

Τα παιδιά με το μοντέλο της πεπλατυσμένης σφαίρας έπρεπε, στην Ερώτηση 2, να δώσουν απαντήσεις παρόμοιες μ' αυτές που περιμέναμε από τα παιδιά με το μοντέλο της σφαιρικής Γης. Θα έλεγαν «προς τα κάτω», «στα πλαϊνά» ή «τριγύρω» όταν θα τα ρωτούσαμε: «Προς τα πού κοιτάς για να δεις τη Γη;» Η απάντηση «ψηλά» θεωρήθηκε αποδεκτή απόκλιση για τους λόγους που ήδη έχουν συζητηθεί. Σαν απάντηση στην Ερώτηση 6 αναμενόταν να ζωγραφίσουν ένα κύ-

κλω, και στην Ερώτηση 7 να τοποθετήσουν το φεγγάρι και τ' αστέρια είτε πάνω στην κορυφή του κύκλου είτε τριγύρω του (Απάντηση τύπου β ή δ). Η ζωγραφιά μιας οριζόντιας γραμμής, που σήμαινε τον ουρανό, θεωρήθηκε αποδεκτή, για τους λόγους που ήδη έχουμε εξηγήσει στο μοντέλο της σφαιρικής Γης, αλλά μόνο στην περίπτωση που ο ουρανός τοποθετούνταν στην κορυφή της Γης (Απάντηση τύπου α και γ) και όχι κάτω από αυτή (Απάντηση τύπου ζ και η).

Σαν απάντηση στην Ερώτηση 8, τα παιδιά που χρησιμοποίησαν το νοητικό μοντέλο της πεπλατυσμένης σφαίρας έπρεπε να βάλουν τους ανθρώπους είτε στον κύκλο είτε πάνω στην περιμέτρο του κύκλου. Στην Ερώτηση 14 έπρεπε να βάλουν τις πόλεις και χώρες μέσα στον κύκλο ή στην αθέατη πλευρά της Γης. Τα παιδιά αυτής της κατηγορίας δεν είχαν πρόβλημα με την ιδέα ότι οι άνθρωποι ζουν στην εξωτερική επιφάνεια της Γης. Το πρόβλημά τους ήταν να βρουν μια εξήγηση για την αντίθεση επιπέδου/πεπλατυσμένης σφαίρας. Φαίνονταν μπερδεμένα από το γεγονός ότι η Γη φαίνεται να είναι επίπεδη ενώ λέγεται ότι στην πραγματικότητα είναι σφαιρική. Σε μια προσπάθεια να εξηγήσουν αυτή τη φανερή αντίφαση, δημιουργούσαν το νοητικό μοντέλο της πεπλατυσμένης σφαίρας, κατά το οποίο η Γη μοιάζει μ' έναν δίσκο επίπεδο στο πάνω και στο κάτω μέρος αλλά κυρτό στα πλάγια. Αυτό το νοητικό μοντέλο υπήρξε σαφές στις απαντήσεις τους στην Ερώτηση 9, «Πώς γίνεται εδώ η Γη να είναι επίπεδη ενώ πριν την έκανες στρογγυλή;», όπου όλα είπαν ότι η Γη είναι στρογγυλή σα μια τηγανίτα (Απάντηση τύπου ε). Η συγκεκριμένη απάντηση ήταν διαγνωστική αυτού του μοντέλου, το οποίο μοιάζει πολύ με το νοητικό μοντέλο σφαιρικής Γης.

Σαν απάντηση στις Ερωτήσεις 10 και 11, τα παιδιά με μοντέλο της πεπλατυσμένης σφαίρας είπαν ότι δεν υπάρχει τέλος/άκρη στη Γη, κι ότι κάποιος θα γυρίσει πίσω εκεί απ' όπου ξεκίνησε (Απάντηση τύπου γ, δ ή ε). Ξανά με τις απαντήσεις αυτές, τα παιδιά δείχνουν πως ξέρουν κάτι για τη βαρύτητα και καταλαβαίνουν ότι οι άνθρωποι δεν πέφτουν από τη Γη. Οι Ερωτήσεις 12 και 13, που αφορούσαν το πέσιμο από τη Γη, δε χρησιμοποιήθηκαν απ' τη στιγμή που αυτά τα παιδιά έλεγαν ότι δεν υπάρχει τέλος/άκρη στη Γη.

Τέλος, τα παιδιά που είχαν το μοντέλο της πεπλατυσμένης σφαίρας, περιμέναμε να πουν ότι υπάρχει διάστημα, ουρανός ή ήλιος φεγγάρι/αστέρια κάτω από τη Γη στην Ερώτηση 15, επειδή ήξεραν ότι η Γη περιτριγυρίζεται από διάστημα. Οι απαντήσεις «έδαφος» ή «νερό» δεν ήταν αποδεκτές.

*Δεδομένα για το μοντέλο της πεπλατυσμένης σφαίρας.* Τέσσερα παιδιά τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία, κι όλα εξήγησαν τη αντίθεση επιπέδου/σφαίρας λέγοντας ότι η Γη είναι επίπεδη και στρογγυλή σαν ένας παχύς δίσκος (τηγανίτα). Ένα παιδί είπε ότι ο άνθρωποι ζουν σε επίπεδα μέρη ξηράς, αλλά αργότερα, όταν ρωτήθηκε κατηγορηματικά αν η Γη είναι στρογγυλή σα μια μπάλα ή στρογγυλή σα μια τηγανίτα, απάντησε ότι είναι στρογγυλή σα μια τηγανίτα. Όλα τα παιδιά σ' αυτή την κατηγορία είπαν επίσης ότι δε υπάρχει τέλος/άκρη στη Γη, και δήλωσαν ότι υπάρχει διάστημα, ουρανός ή ηλιακά αντικείμενα κάτω από τη Γη. Ένα παιδί έδωσε τη απάντηση «ψηλά» στην Ερώτηση 2, και δύο άλλα παιδιά ζωγράρισαν μια οριζόντια γραμμή για να απεικονίσουν τον ουρανό στη Ερώτηση 7. Αυτές ήταν οι μόνες αποδεκτές αποκλίσεις που παρατηρήθηκαν. Όπως και προηγουμένως, μόνο μία αποδεκτή απόκλιση επιτρεπόταν για κάθε παιδί.

Εδώ είναι ένα παράδειγμα από το πρωτόκολλο ενός παιδιού που τοποθετήθηκε στην κατηγορία του μοντέλου της πεπλατυσμένης σφαίρας:

ΜΠΡΑΪΑΝ (πρώτη τάξη) [Υποκείμενο νούμερο 43, μοντέλο πεπλατυσμένης σφαίρας]

Ε: Ποιο είναι το σχήμα της Γης;

Π: Στρογγυλό.

Ε: Προς τα πού κοιτάμε για να δούμε τη Γη;

Π: Τριγύρω.

Ε: Φτιάξε μια εικόνα της Γης έτσι ώστε να φαίνεται το πραγματικό της σχήμα [Το παιδί ζωγραφίζει την εικόνα της Γης, της Σελήνης, των αστεριών και του ουρανού, η οποία φαίνεται στο Σχήμα 2β].

Ε: Εδώ είναι η εικόνα ενός σπιτιού. Αυτό το σπίτι είναι πάνω στη Γη, έτ δεν είναι; Πώς γίνεται εδώ η Γη να είναι επίπεδη ενώ πριν την έκαν στρογγυλή;

- Π: Επειδή η Γη έχει... είναι στρογγυλή και επίπεδη σε κάθε πλευρά.  
 Ε: Αν περπατούσες συνέχεια για πολλές μέρες σ' έναν ίσιο δρόμο, πού θα τελείωνες;  
 Π: Στο Μεξικό.  
 Ε: Κι αν συνέχιζες να περπατάς;  
 Π: Στη Φλόριδα.  
 Ε: Κι αν συνέχιζες να περπατάς;  
 Π: Στην Καλιφόρνια.  
 Ε: Θα έφτανες ποτέ στο τέλος ή στην άκρη της Γης;  
 Π: Όχι.  
 Ε: Γιατί όχι;  
 Π: Επειδή το βάθος της Γης... και είναι μόνο...  
 Ε: Πες μου τι υπάρχει εδώ, κάτω ακριβώς από τη Γη, σ' αυτή την εικόνα;  
 Π: Το φεγγάρι.  
 [Το παιδί ρωτήθηκε ξανά στο τέλος της συνέντευξης]:  
 Ε: Ας σου κάνω μερικές ερωτήσεις. Βλέπεις σ' αυτή την εικόνα της Γης ότι η Γη είναι επίπεδη εδώ, ενώ πριν την έκανες στρογγυλή. Πώς γίνεται αυτό;  
 Π: Επειδή είναι επίπεδη σε κάθε πλευρά.  
 Ε: [Ο εξεταστής δίνει στο παιδί λίγο πηλό] Μπορείς να φτιάξεις τη Γη όποιο σχήμα κι αν έχει;  
 [Το παιδί φτιάχνει ένα δίσκο επίπεδο σε κάθε πλευρά].  
 Ε: Ωραία. Τώρα πού είναι επίπεδη;  
 Π: Ακριβώς εδώ κι εδώ. [Δείχνει το «πάνω» και το «κάτω» μέρος του δίσκου].  
 Ε: Πριν είπες ότι είναι επίπεδη σα μια τηγανίτα. Είναι αυτό αλήθεια ή είναι κάποιο διαφορετικό είδος επιπέδου;  
 Π: Ναι, είναι επίπεδη σα μια τηγανίτα.

*Μοντέλο κοίλης σφαίρας.* Τα παιδιά τοποθετούνταν σ' αυτή την κατηγορία αν έδιναν ένα πρότυπο απαντήσεων που συμφωνεί με την άποψη ότι (α) η Γη είναι μια κοίλη σφαίρα και οι άνθρωποι ζουν βαθιά μέσα της, ή (β) ότι η Γη αποτελείται από δύο ημισφαίρια: ένα χαμηλό ημισφαίριο, όπου ζουν οι άνθρωποι, κι ένα ψηλότερο ημισφαίριο, το οποίο αποτελείται από τον ουρανό, που καλύπτει τη Γη σαν ένας τρούλος (βλ. επίσης Nussbaum, 1979).

Όλες οι απαντήσεις στην Ερώτηση 1 ήταν αποδεκτές για την τοποθέτηση σ' αυτό το μοντέλο. Θεωρήσαμε πως η απάντηση «κύκλος» είναι μια αποδεκτή απάντηση στην περίπτωση των μοντέλων κοίλης σφαίρας, επειδή συμφωνεί με την άποψη ότι η Γη αποτελείται

από δύο ημισφαίρια κι ότι το πάνω μέρος του χαμηλότερου ημισφαιρίου, όπου ζουν οι άνθρωποι, σχηματίζει έναν κύκλο.

Έγιναν επίσης δεκτά όλα τα είδη των απαντήσεων στην Ερώτηση 2, «Προς τα πού κοιτάμε για να δούμε τη Γη;», εξαιτίας της άποψης ότι το μοντέλο κοίλης σφαίρας μπορεί να είναι «κάτω», «στα πλαϊνά», ή ακόμα «ψηλά». Η απάντηση «παντού» ή «τριγύρω» θεωρήθηκε, όμως, ιδιαίτερα διαφωτιστική γι' αυτό το μοντέλο, επειδή από την άποψη της κοίλης σφαίρας η Γη είναι πραγματικά τριγύρω μας. Από τα παιδιά αναμενόταν να ζωγραφίσουν ένα κύκλο για να δείξουν το σχήμα της Γης στην Ερώτηση 6. Οι απαντήσεις ότι η Γη είναι επίπεδη θεωρήθηκαν μη αποδεκτές αποκλίσεις σ' αυτή την ερώτηση.

Σαν απάντηση στην Ερώτηση 7, ένα παιδί με μοντέλο κοίλης σφαίρας θα έπρεπε να τοποθετήσει το φεγγάρι και τ' αστέρια γύρω από τον κύκλο, στο πάνω μέρος του κύκλου ή μέσα στο πάνω μέρος του μισού κύκλου (Απάντηση τύπου α, β, γ, δ και ε). Η Απάντηση τύπου ε (το φεγγάρι και τ' αστέρια στο εσωτερικό του πάνω μέρους του ημισφαιρίου) δεν έγινε αποδεκτή για το νοητικό μοντέλο της σφαιρικής και της πεπλατυσμένης σφαίρας, αλλά είναι σημαντική για ένα παιδί που έχει νοητικό μοντέλο κοίλης σφαίρας και πιστεύει ότι οι άνθρωποι ζουν στο χαμηλότερο ημισφαίριο της Γης κι ο ουρανός βρίσκεται σ' ένα πιο ψηλό ημισφαίριο που καλύπτει τη Γη σαν ένας τρούλος. Από τα παιδιά αυτής της κατηγορίας αναμενόταν να έχουν την έννοια του διαστήματος και να πιστεύουν ότι η Γη είναι μια σφαίρα που αιωρείται στο διάστημα. Περιμέναμε ακόμα να έχουν κάποια δυσκολία με την έννοια του ουρανού, κυρίως αυτά που πιστεύουν ότι ο ουρανός είναι ένας τρούλος που καλύπτει το πάνω μέρος του ημισφαιρίου που μοιάζει με τη Γη. Γι' αυτό το λόγο, η χρήση μιας οριζόντιας γραμμής για να απεικονίσει τον ουρανό, και η τοποθέτηση αυτής της οριζόντιας γραμμής πάνω από την κορυφή του κύκλου (Απάντηση τύπου α και γ), θεωρήθηκε ότι συμφωνεί μ' αυτό το μοντέλο. Η τοποθέτηση της οριζόντιας γραμμής κάτω από τον κύκλο δεν είναι λογική από την άποψη του μοντέλου της κοίλης σφαίρας, και θεωρήθηκε μη αποδεκτή απόκλιση (Απάντηση τύπου ζ και η).

Σαν απάντηση στην Ερώτηση 8 περιμέναμε τα παιδιά με το μοντέλο της κοίλης σφαίρας να βάλουν τους ανθρώπους είτε μέσα στον κύκλο είτε σε μια ευθεία γραμμή μέσα στον κύκλο (Απάντηση τύπου α και ε). Η Απάντηση τύπου ε (σε μια ευθεία γραμμή μέσα στον κύκλο) βαθμολογήθηκε ως μια αναμενόμενη απάντηση μόνο για το νοητικό μοντέλο κοίλης σφαίρας, επειδή αυτό είναι το μόνο μοντέλο για το οποίο η συγκεκριμένη ζωγραφιά έχει νόημα. Η τοποθέτηση των ανθρώπων στην περίμετρο του κύκλου στο εξωτερικό μέρος θεωρήθηκε μη αποδεκτή απόκλιση από αυτό το μοντέλο (Απάντηση τύπου β). Παρόμοια, απαντήσεις όπως ζωγραφιές των ανθρώπων σε μια ευθεία γραμμή έξω από τον κύκλο ήταν μη αποδεκτές αποκλίσεις, που απέκλειαν τα παιδιά απ' αυτή την κατηγορία (Απάντηση τύπου γ). Έχει ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε ότι μερικά παιδιά αυτής της κατηγορίας, που έβαλαν τους ανθρώπους μέσα στον κύκλο, τους ζωγράρισαν στο χαμηλότερο μέρος του κύκλου, όπως θα στέκονταν αν βρίσκονταν πολύ βαθιά μέσα στη σφαίρα!

Στην Ερώτηση 14 περιμέναμε τα παιδιά με μοντέλα κοίλης σφαίρας να βάλουν τις πόλεις της Γης είτε μέσα στον κύκλο είτε πάνω σε μια ευθεία γραμμή μέσα στον κύκλο. Όλες οι άλλες απαντήσεις σ' αυτές τις ερωτήσεις θεωρήθηκαν μη αποδεκτές αποκλίσεις.

Θεωρήσαμε σημαντικό ότι τα παιδιά αυτής της κατηγορίας έπρεπε να εξηγήσουν την αντίθεση επιπέδου/σφαίρας στην Ερώτηση 9 με βάση το μοντέλο της κοίλης σφαίρας, επειδή αυτή η ερώτηση τους δίνει μια πραγματική ευκαιρία να παρέχουν ποιοτική μαρτυρία του νοητικού τους μοντέλου. Επομένως, περιμέναμε από τα παιδιά που χρησιμοποίησαν το νοητικό μοντέλο της κοίλης σφαίρας να πουν ότι η Γη είναι σφαιρική όταν τη βλέπουμε απ' έξω, αλλά φαίνεται επίπεδη σε μας επειδή ζούμε σε επίπεδα μέρη στη Γη (Απάντηση τύπου ζ). Όλες οι άλλες απαντήσεις σ' αυτή την ερώτηση θεωρήθηκαν μη αποδεκτές αποκλίσεις.

Οι απαντήσεις των παιδιών στις Ερωτήσεις 10/11 και 12/13 σχετικά με το τέλος/άκρη της Γης ήταν επίσης σημαντικές για την τοποθέτηση σ' αυτή την κατηγορία. Εδώ ένας αριθμός απαντήσεων ήταν πιθανός. Αν τα παιδιά νόμιζαν ότι ο ουρανός καλύπτει τη Γη σαν

ένας τρούλος, περιμέναμε να μας πουν είτε ότι η Γη δεν έχει τέλος/άκρη (Απάντηση τύπου γ) είτε ότι έχει κάποιο τέλος/άκρη αλλά δεν μπορούμε να πέσουμε από εκεί επειδή ο τρούλος του ουρανού καλύπτει το τέλος/άκρη της Γης (βλ. το παράδειγμα της Αμάντα, Υποκείμενο 48, παρακάτω – Απάντηση τύπου α στις Ερωτήσεις 10/11 και ακολουθεί η Απάντηση τύπου ζ στις Ερωτήσεις 12/13). Αν τα παιδιά σκέφτηκαν ότι η Γη είναι μια κοίλη σφαίρα ανοιχτή στο πάνω μέρος, με τους ανθρώπους να ζουν μέσα της, θα μπορούσαν να πουν ότι υπάρχει κάποιο τέλος/άκρη στη Γη, αλλά ότι αυτό το τέλος/άκρη βρίσκεται πολύ ψηλά και οι άνθρωποι δεν μπορούν να το φτάσουν (Απάντηση τύπου β). Δείτε το πρωτόκολλο για τη Βένικα, Υποκείμενο 33, που δίνεται παρακάτω, ως ένα παράδειγμα αυτού του είδους της απάντησης.

Τέλος, οι αναμενόμενες απαντήσεις στην Ερώτηση 15, «Τι υπάρχει κάτω από τη Γη;», ήταν «διάστημα», «ουρανός» ή «ήλιος/φεγγάρι/Γη», αφού για το μοντέλο της κοίλης σφαίρας η Γη είναι μια σφαίρα που περιτριγυρίζεται από διάστημα. Οι απαντήσεις «έδαφος», «χώμα» ή «νερό» θεωρήθηκαν αποδεκτές αποκλίσεις, επειδή μερικά παιδιά με νοητικό μοντέλο κοίλης σφαίρας φαίνεται πως μεταφράζουν αυτή την ερώτηση για να αναφερθούν στο υλικό που βρίσκεται μέσα στη Γη αλλά κάτω από το επίπεδο έδαφος στο οποίο ζουν οι άνθρωποι.

*Δεδομένα για το μοντέλο της κοίλης σφαίρας.* Δώδεκα παιδιά με καλά καθορισμένα μοντέλα κοίλης σφαίρας μπήκαν σ' αυτή την κατηγορία. Όλα είπαν κατηγορηματικά ότι η Γη είναι μια σφαίρα αλλά ότι οι άνθρωποι ζουν σε επίπεδο έδαφος μέσα σ' αυτή, σαν απάντηση στην Ερώτηση 9 σχετικά με την αντίθεση επίπεδου/σφαίρας. Σαν απάντηση στις Ερωτήσεις 10/11 σχετικά με το τέλος/άκρη της Γης, τα παιδιά αυτής της κατηγορίας είτε αρνήθηκαν ότι υπάρχει κάποιο τέλος/άκρη στη Γη είτε είπαν ότι αν υπάρχει, τότε βρίσκεται τόσο ψηλά ώστε δεν μπορούμε να το φτάσουμε γιατί είμαστε μέσα στη σφαίρα. Ένα παιδί (Αμάντα, Υποκείμενο 48), που φανερά είχε σχηματίσει ένα νοητικό μοντέλο δύο ημισφαιρίων, είπε ότι υπάρχει πιθανότατα κάποιο τέλος/άκρη στη Γη, αλλά ότι δεν μπορούμε να πέσουμε



από αυτό το τέλος γιατί βρισκόμαστε μέσα στη Γη. Ύστερα από άλλες ερωτήσεις, το παιδί αποκάλυψε ότι πίστευε πως στο τέλος της Γης υπήρχε ο ουρανός. Εδώ υπάρχει ένα απόσπασμα από τη συνέντευξη αυτού του παιδιού:

AMANTA (πρώτη τάξη) [Υποκείμενο 48, μοντέλο κοίλης σφαίρας]

Ε: Αν στεκόμασταν στο τέλος της Γης, θα πέφταμε;

Π: Όχι. Αλλά ίσως πέφταμε πάνω σε κάτι.

Ε: Πώς είναι το τέλος της Γης; Πώς το φαντάζεσαι να είναι;

Π: Απλά ένα τέλος από... μμμ... τον ουρανό.

Πέντε από τα δώδεκα παιδιά αυτής της κατηγορίας ζωγράρισαν τ' αστέρια, το φεγγάρι και/ή τον ουρανό μέσα στον κύκλο, τρία ζωγράρισαν τους ανθρώπους πάνω σε μια ευθεία γραμμή μέσα στον κύκλο, κι έξι είπαν ότι η Γη βρίσκεται «τριγύρω» μας, όταν ρωτήθηκαν «Προς τα πού κοιτάμε για να δούμε τη Γη» – μια απάντηση που ήταν πολύ σπάνια στα παιδιά που αντιστοιχούσαν στις άλλες κατηγορίες για το σχήμα της Γης.

Οι μόνες αποδεκτές αποκλίσεις που παρατηρήθηκαν στα παιδιά τα οποία τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία ήταν η απάντηση «βράχια» ή «χώμα» στην Ερώτηση 15, «Τι υπάρχει ακριβώς κάτω από τη Γη;», που έδωσαν δύο παιδιά, και η απάντηση «ωκεανός» από ένα άλλο παιδί, το οποίο φανερά πίστευε ότι υπάρχει ωκεανός κάτω από τη Γη.

Αυτό είναι ένα παράδειγμα από το πρωτόκολλο ενός παιδιού με το μοντέλο της κοίλης σφαίρας:

BENIKA (3η τάξη) [Υποκείμενο 33, μοντέλο κοίλης σφαίρας]

[Η Βένικα ζωγράφησε την εικόνα της Γης που φαίνεται στο Διάγραμμα 2γ].

Ε: Πώς γίνεται εδώ η Γη να είναι επίπεδη ενώ πριν την έφτιαξες στρογγυλή;

Π: Επειδή βρίσκεσαι στο έδαφος και ψάχνεις αυτή την εικόνα σαν ένα σχήμα και τη φτιάχνεις με τετράγωνο σχήμα, κι αν κοιτάξεις ψηλά θα μοιάζει με ορθογώνιο ή κάτι παρόμοιο, κι αν βγεις από τη Γη και πας στο διάστημα θα δεις ένα κύκλο ή στρογγυλό.

Ε: Άρα ποιο είναι το πραγματικό σχήμα της Γης;

Π: Στρογγυλό.

Ε: Γιατί φαίνεται επίπεδο;

Π: Γιατί είσαι μέσα στη Γη.

E: Αν περπατούσες για πολλές μέρες σε μια ίσια γραμμή, πού θα τελείωνες;  
Π: Κάπου στην έρημο.  
E: Τι θα γινόταν αν συνέχιζες να περπατάς;  
Π: Θα πήγαινα στις χώρες και τις πόλεις.  
E: Κι αν συνέχιζες κι άλλο να περπατάς;  
[Δεν απαντά].  
E: Θα έφτανες ποτέ στην άκρη της Γης;  
Π: Όχι. Θα πρέπει να είσαι μέσα σε διαστημόπλοιο αν πρόκειται να πας στο τέλος της Γης.  
E: Υπάρχει κάποια άκρη στη Γη;  
Π: Όχι. Μόνο αν πας προς τα επάνω.

### Αργότερα:

E: Μπορούν οι άνθρωποι να πέσουν από το τέλος/άκρη της Γης;  
Π: Όχι.  
E: Γιατί δεν θα μπορούσαν να πέσουν;  
Π: Γιατί είναι μέσα στη Γη.  
E: Τι εννοείς «μέσα»;  
Π: Δεν πέφτουν, έχουν πεζοδρόμια, πράγματα τέτοια όπως επάνω.  
E: Η Γη είναι στρογγυλή όπως μια μπάλα ή στρογγυλή σα μια λεπτή τηγανίτα;  
Π: Στρογγυλή σα μια μπάλα.  
E: Όταν λες ότι ζουν μέσα στη Γη, εννοείς ότι ζουν μέσα στη μπάλα;  
Π: Μέσα στη Γη. Στο κέντρο της.

*Μοντέλο δίσκου.* Αυτό το νοητικό μοντέλο παρουσιάζει τη Γη σαν ένα δίσκο που στηρίζεται από το έδαφος. Σε αντίθεση με τα παιδιά που σχημάτισαν νοητικό μοντέλο της πεπλατυσμένης σφαίρας, τα παιδιά με το μοντέλο δίσκου είχαν πολλές ομοιότητες μ' εκείνα που είχαν το μοντέλο της επίπεδης, ορθογώνιας Γης. Αυτά τα παιδιά θεώρησαν τη Γη σαν ένα δίσκο με χώμα ή νερό κάτω της και ουρανό ακριβώς από πάνω της.

Το αναμενόμενο πρότυπο απαντήσεων για το νοητικό μοντέλο του δίσκου φαίνεται στον Πίνακα 3. «Στρογγυλό» ή «κυκλικό» ήταν οι αναμενόμενες απαντήσεις στην Ερώτηση 1, και «κάτω», «τριγύρω» ή «στα πλαϊνά» ήταν οι αναμενόμενες απαντήσεις στην Ερώτηση 2. Το «ψηλά» θεωρήθηκε αποδεκτή απόκλιση για τους λόγους που ήδη αναφέρθηκαν. Από αυτά τα παιδιά αναμέναμε να ζωγραφί-

σουν έναν κύκλο για να απεικονίσουν τη Γη ως απάντηση στην Ερώτηση 6, και να βάλουν το φεγγάρι και τ' αστέρια είτε πάνω από την κορυφή του κύκλου είτε μέσα σ' αυτόν (Ερώτηση 7, Απάντηση τύπου α, β ή γ). Το να βάλουν το φεγγάρι και τ' αστέρια γύρω από το δίσκο ήταν μη αποδεκτή απόκλιση γι' αυτό το μοντέλο, επειδή ο δίσκος υποτίθεται πως ήταν ριζωμένος στο έδαφος. Από τα παιδιά που μπήκαν σ' αυτή την κατηγορία, δεν περιμέναμε να έχουν την έννοια του διαστήματος που περιβάλλει τη Γη. Σαν αποτέλεσμα, η ζωγραφιά μιας οριζόντιας γραμμής πάνω από τον κύκλο για να απεικονίσει τον ουρανό, ή κάποια άλλη ένδειξη ότι ο ουρανός βρίσκεται μόνο πάνω από την κορυφή του κύκλου, ήταν η αναμενόμενη απάντηση στην ερώτηση: «Μου ζωγραφίζεις τώρα τον ουρανό;» (Απάντηση τύπου α και γ). Απαντήσεις που έδειχναν ότι ο ουρανός βρίσκεται κάτω από τη Γη (Απαντήσεις τύπου ζ και η) θεωρήθηκαν μη αποδεκτές αποκλίσεις για το μοντέλο του δίσκου.

Από τα παιδιά με μοντέλο δίσκου αναμενόταν να ζωγραφίσουν τους ανθρώπους (Ερώτηση 8γ) και τις πόλεις/χώρες (Ερώτηση 14) μέσα στον κύκλο και να εξηγήσουν την αντίθεση επίπεδου/σφαίρας λέγοντας ότι η Γη είναι στρογγυλή σα μια τηγανίτα (Ερώτηση 9, Απάντηση τύπου ε), όπως τα παιδιά με μοντέλο επίπεδης σφαίρας. Σε αντίθεση όμως με το μοντέλο επίπεδης σφαίρας, από τα παιδιά που χρησιμοποίησαν το νοητικό μοντέλο του δίσκου αναμενόταν να πουν ότι η Γη έχει ένα τέλος/άκρη (Ερωτήσεις 10 και 11), απ' όπου οι άνθρωποι μπορούν ενδεχομένως να πέσουν (Ερωτήσεις 12 και 13), κι ότι υπάρχει χώμα ή έδαφος κάτω από τη Γη (Ερώτηση 15, Απάντηση τύπου δ). Οποιοσδήποτε άλλες απαντήσεις στην Ερώτηση 15 ήταν μη αποδεκτές αποκλίσεις.

*Δεδομένα του μοντέλου του δίσκου.* Μόνο ένα παιδί φάνηκε να χρησιμοποιεί αυτό το νοητικό μοντέλο με συνέπεια. Παραθέτουμε ένα απόσπασμα από το πρωτόκολλο αυτού του παιδιού.

ΤΖΕΪΜΙ (τρίτη τάξη) [Υποκείμενο 21, μοντέλο δίσκου]

Ε: Ποιο είναι το σχήμα της Γης;

Π: Στρογγυλό.

Ε: Προς τα πού κοιτάμε για να δούμε τη Γη;

Π: Δεν ξέρω.  
Ε: Λοιπόν, σκέψου.  
Π: Μάλλον στον ουρανό.  
Ε: Μπορείς να ζωγραφίσεις μια εικόνα της Γης;  
[Το παιδί ζωγραφίζει την εικόνα που φαίνεται στο Σχήμα 2].  
Πώς γίνεται εδώ η Γη να είναι επίπεδη ενώ πριν την έκανες στρογγυλή;  
Π: Επειδή σκέφτηκα ότι είναι στρογγυλή.  
Ε: Άρα, τι νομίζεις ότι είναι;  
Π: Νομίζω ότι είναι στρογγυλή.  
Ε: Τότε πώς γίνεται να φαίνεται επίπεδη εδώ;  
Π: Δεν ξέρω.  
Ε: Ίσως ξαναγυρίσουμε σ' αυτό. Αν περπατούσες για πολλές μέρες σε μια ευθεία γραμμή, πού θα τελείωνες;  
Π: Μάλλον σ' έναν άλλο πλανήτη.  
Ε: Θα έφτανες ποτέ στο τέλος της Γης;  
Π: Ναι, αν περπατούσα αρκετά μακριά.  
Ε: Θα έπεφτες απ' αυτό το τέλος;  
Π: Μάλλον ναι.

Στο τέλος της συνέντευξης έγιναν στο παιδί κάποιες ερωτήσεις ξανά:

Ε: Τώρα θέλω να πάμε λίγο πίσω για ένα λεπτό και να κάνουμε μια-δυο ερωτήσεις. Ποιο είπες ότι ήταν το σχήμα της Γης;  
Π: Στρογγυλό.  
Ε: Και είπαμε ότι αυτό είναι ένα σπίτι στη Γη και μοιάζει...  
Π: Επίπεδο.  
Ε: Τώρα αυτό πώς γίνεται;  
Π: Ίσως είναι απλά επίπεδη.  
Ε: Ίσως είναι απλά επίπεδη;  
Π: Η Γη.  
Ε: Ας πάρουμε λίγο από αυτό [πηλό]. Γιατί δεν κάνεις το σχήμα της Γης μ' αυτό;  
Π: Εννοείς όπως εγώ νομίζω ότι είναι;  
Ε: Ναι, όπως νομίζεις ότι είναι.  
[Το παιδί φτιάχνει ένα δίσκο με πηλό].  
Τώρα οι άνθρωποι μπορούν να ζουν εδώ [στο πάνω μέρος];  
Π: Ναι.  
Ε: Μπορούν να ζουν εδώ [στο κάτω μέρος του δίσκου];  
Π: Όχι.

*Μοντέλο ορθογώνιας Γης. Οι αναμενόμενες απαντήσεις σ' αυτή*

την κατηγορία ήταν ίδιες με αυτές του μοντέλου του δίσκου, με εξαίρεση ότι περιμέναμε πως τα παιδιά που θα χρησιμοποιούσαν αυτό το μοντέλο θα έλεγαν ότι η Γη είναι ένα ορθογώνιο ή ένα τετράγωνο ως απάντηση στην Ερώτηση 1, και θα ζωγράφιζαν ένα ορθογώνιο ή ένα τετράγωνο για να την απεικονίσουν ως απάντηση στην Ερώτηση 6.

Από τα παιδιά με νοητικό μοντέλο ορθογώνιας Γης αναμενόταν να πουν ότι κάποιος θα κοιτούσε κάτω, τριγύρω ή στα πλαϊνά για να δει τη Γη ως απάντηση στην Ερώτηση 2, με το «ψηλά» σα μια αποδεκτή απόκλιση. Θα ζωγράφιζαν τα ηλιακά αντικείμενα πάνω από την κορυφή του ορθογώνιου ή μέσα σ' αυτό, και θα χρησιμοποιούσαν μια οριζόντια γραμμή για να απεικονίσουν τον ουρανό (Ερώτηση 7). Θα έβαζαν τους ανθρώπους (Ερώτηση 8) και τις πόλεις/χώρες (Ερώτηση 14) μέσα στο ορθογώνιο, και θα έλεγαν ότι η Γη έχει ένα τέλος/άκρη (Ερωτήσεις 10 και 11) απ' όπου κάποιος ενδεχομένως μπορεί να πέσει (Ερωτήσεις 12 και 13).

Τέλος, τα παιδιά με μοντέλο ορθογώνιας Γης θα έλεγαν ότι υπάρχει χώμα ή έδαφος κάτω από τη Γη (Ερώτηση 15). Οποιοσδήποτε άλλες απαντήσεις σ' αυτές τις ερωτήσεις ήταν μη αποδεκτές. Η Ερώτηση 9 σχετικά με την αντίθεση επίπεδου/σφαιράς δεν είναι κατάλληλη γι' αυτά τα παιδιά, γιατί εξαρχής δεν είπαν ότι η Γη είναι στρογγυλή.

*Δεδομένα του μοντέλου της ορθογώνιας Γης.* Μόνο ένα παιδί βρέθηκε να πληροί όλα τα κριτήριά μας για σταθερή χρήση αυτού του μοντέλου. Ένα απόσπασμα από τις απαντήσεις αυτού του παιδιού στις ερωτήσεις για το σχήμα της Γης δίνεται παρακάτω:

ΝΤΟΝΑΛΝΤ (πρώτη τάξη) [Υποκείμενο 49, μοντέλο ορθογώνιας Γης]

Ε: Ποιο είναι το σχήμα της Γης;

Π: Δεν ξέρω.

Ε: Προς τα πού κοιτάμε για να δούμε τη Γη;

Π: Αριστερά.

Ε: Τι υπάρχει πάνω από τη Γη;

Π: Θεός.

Ε: Ζωγράφισε μια εικόνα της Γης.

[Το παιδί ζωγραφίζει την εικόνα που φαίνεται στο Σχήμα 2γ].

- Π: Δεν ξέρω πώς μοιάζει. Ξέρω μόνο τα σύννεφα. Είναι όλα μπλε εκεί πάνω.  
Ένα ορθογώνιο; Εννοώ ένα μεγάλο πράγμα σαν κι αυτό.
- Ε: Αυτή είναι μια εικόνα ενός σπιτιού που βρίσκεται στη Γη, κι εδώ η Γη είναι επίπεδη. Νομίζεις ότι η Γη είναι επίπεδη;
- Π: Κι η δικιά μου είναι.
- Ε: Δείξε μου πού ζουν οι άνθρωποι.
- Π: Σ' ένα σπίτι [ζωγραφίζει το σπίτι] πάνω στη Γη.
- Ε: Αν περπατούσες συνέχεια για πολλές μέρες σ' έναν ίσιο δρόμο, πού θα τελείωνες;
- Π: Στο Ιλινόις.
- Ε: Κι αν συνεχίζαμε να περπατάμε;
- Π: Πέρα! Δεν ξέρω.
- Ε: Θα έφτανες ποτέ στην άκρη της Γης;
- Π: Θα έφτανα.
- Ε: Υπάρχει κάποια άκρη στη Γη;
- Π: Ναι.
- Ε: Μπορείς να πέσεις από την άκρη της Γης;
- Π: Όχι, γιατί... Ναι, μπορείς.

*Μοντέλο διπλής Γης.* Σ' αυτή την κατηγορία τοποθετήθηκαν τα παιδιά που είχαν δώσει ένα πρότυπο απαντήσεων που συμφωνούσε με την άποψη ότι υπάρχει μια στρογγυλή Γη η οποία βρίσκεται ψηλά στον ουρανό και μια άλλη Γη η οποία είναι επίπεδη και πάνω της ζουν οι άνθρωποι. Τα περισσότερα από τα παιδιά που δημιούργησαν αυτό το μοντέλο χρησιμοποίησαν τη λέξη «Γη», αρχικά, για να αναφερθούν στη στρογγυλή Γη, η οποία είναι σαν πλανήτης, ψηλά στον ουρανό. Η επίπεδη Γη συνήθως αναφερόταν σαν το «έδαφος». Το να κατανοήσει κανείς την ορολογία του παιδιού είναι πολύ σημαντικό γι' αυτό το μοντέλο, γιατί επεξηγεί ένα, φαινομενικά ασυμβίβαστο, πρότυπο απαντήσεων, που δόθηκε από έναν αρκετά μεγάλο αριθμό παιδιών.

Υποθέσαμε ότι τα παιδιά που σχηματίζουν ένα μοντέλο διπλής Γης και χρησιμοποιούν τον όρο «Γη» για να αναφερθούν στην κυκλική Γη θα έδιναν απαντήσεις συνεπείς με το μοντέλο της σφαιρικής Γης, όταν τους γίνονταν ερωτήσεις που χρησιμοποιούσαν τη λέξη «Γη», και απαντήσεις συνεπείς με το μοντέλο της επίπεδης Γης, όταν τους γίνονταν ερωτήσεις που δεν χρησιμοποιούσαν αυτή τη λέ-

ξη, και κυρίως παραγωγικές ερωτήσεις, οι οποίες απαιτούσαν από τα παιδιά να χρησιμοποιήσουν την καθημερινή τους εμπειρία.

Βασισμένοι σ' αυτή τη γενικευμένη υπόθεση, συμπεράναμε ότι στην απάντηση της Ερώτησης 1, «Ποιο είναι το σχήμα της Γης;», τα παιδιά με μοντέλο διπλής Γης θ' απαντούσαν ότι η Γη είναι μια σφαίρα, στρογγυλή ή κυκλική. Ως απάντηση στην Ερώτηση 2, «Προς τα πού κοιτάμε για να δούμε τη Γη;», θα έλεγαν «ψηλά», επειδή γι' αυτά η Γη βρίσκεται στον ουρανό. Ως απάντηση στην Ερώτηση 6, «Μπορείς να ζωγραφίσεις μια εικόνα της Γης;», θα ζωγράφιζαν μια σφαίρα ή έναν κύκλο για ν' απεικονίσουν τη Γη.

Η Ερώτηση 7 είναι πολύ ενδιαφέρουσα για τα παιδιά με μοντέλο διπλής Γης. Η ακριβής διατύπωση αυτής της ερώτησης είναι: «Μου δείχνεις τώρα, σ' αυτή τη ζωγραφιά, πού υπάρχουν η Σελήνη και τ' άστρα; Μου ζωγραφίζεις τώρα τον ουρανό;» Δε χρησιμοποιήθηκε καθόλου η λέξη «Γη». Αν η υπόθεσή μας ότι τα παιδιά που χρησιμοποιούν αυτό το μοντέλο πιστεύουν πως ζουν στο επίπεδο έδαφος, το οποίο βρίσκεται κάτω από τη σφαιρική Γη, είναι σωστή, τότε θα έπρεπε να ζωγραφίσουν τ' αστέρια και το φεγγάρι είτε πάνω από την κορυφή του κύκλου είτε τριγύρω από αυτόν (Απαντήσεις τύπου α, β, γ και δ). Τα παιδιά μ' αυτό το μοντέλο δε θα έβαζαν το φεγγάρι και τ' αστέρια μέσα στον κύκλο, όπως είναι πιθανό για τα παιδιά με το μοντέλο της κοίλης σφαίρας ή το μοντέλο του δίσκου (Απαντήσεις τύπου ε).

Όσον αφορά τον ουρανό, περιμέναμε από τα παιδιά σ' αυτή την κατηγορία να έχουν εμπειρική κατανόηση του ουρανού σαν την περιοχή πάνω από την κορυφή του επίπεδου εδάφους, κι επομένως να χρησιμοποιήσουν μια οριζόντια γραμμή για να τον απεικονίσουν. Αυτή η οριζόντια γραμμή θα μπορούσε να τοποθετηθεί είτε πάνω από την κορυφή του κύκλου είτε κάτω από τον κύκλο αλλά πάνω από το υποτιθέμενο επίπεδο έδαφος (Απαντήσεις τύπου α, γ, ζ ή η). Το μοντέλο διπλής Γης είναι το μοναδικό όπου η απεικόνιση του ουρανού, χρησιμοποιώντας μια οριζόντια γραμμή κάτω από τον κύκλο, είναι μια απάντηση που έχει νόημα (Απαντήσεις τύπου ζ και η).

Η Ερώτηση 8, «Μου δείχνεις πού ζουν οι άνθρωποι;» (η οποία

έγινε σε σχέση με τη ζωγραφιά του παιδιού για τη Γη), θα μπορούσε να είναι μια διαφορούμενη ερώτηση από την άποψη ενός παιδιού με μοντέλο διπλής Γης, που χρησιμοποιεί τη λέξη «Γη» για να αναφερθεί στη σφαιρική Γη αλλά πιστεύει ότι οι άνθρωποι ζουν στο επίπεδο έδαφος. Υπάρχουν δύο πράγματα τα οποία μπορεί να κάνει ένα παιδί που χρησιμοποιεί ένα τέτοιο μοντέλο: το πρώτο είναι να απαντήσει στην ερώτηση δείχνοντας πού πιστεύει ότι οι άνθρωποι ζουν πραγματικά – αυτό θα απαιτούσε να ζωγραφίσουν τους ανθρώπους πάνω στο επίπεδο έδαφος έξω από τον κύκλο (Απάντηση τύπου γ)· το άλλο είναι να υποκύψει στην υπονοούμενη υπόθεση ότι οι άνθρωποι ζουν κάπου πάνω στη στρογγυλή Γη (Απαντήσεις τύπου α, β ή δ). Μερικά παιδιά φαίνεται πως δεν είναι σίγουρα ποια από αυτές τις δύο απαντήσεις να επιλέξουν. Αυτά τα παιδιά ξεκινούν βάζοντας τους ανθρώπους πάνω στο επίπεδο έδαφος και μετά αλλάζουν και τους βάζουν πάνω στη στρογγυλή Γη (Απάντηση τύπου δ). Όλες οι παραπάνω απαντήσεις βαθμολογήθηκαν ως αναμενόμενες απαντήσεις. Άλλες απαντήσεις (π.χ., ζωγραφίζοντας τους ανθρώπους στο επίπεδο έδαφος μέσα στον κύκλο) θεωρήθηκαν μη αποδεκτές αποκλίσεις. Η ίδια ανάλυση εφαρμόζεται στην Ερώτηση 14 σχετικά με τις πόλεις και τις χώρες της Γης, κι επομένως οι αναμενόμενες απαντήσεις γι' αυτή την ερώτηση ήταν είτε μέσα στον κύκλο είτε στο επίπεδο έδαφος έξω από τον κύκλο.

Η Ερώτηση 9, «Πώς γίνεται εδώ η Γη να είναι επίπεδη ενώ προηγουμένως την έκανες στρογγυλή;», είναι μια επίσης διαφορούμενη ερώτηση από την άποψη ενός παιδιού με το μοντέλο της διπλής Γης, γιατί αναφέρεται σ' αυτό που ονομάζεται «επίπεδο έδαφος» ως «Γη», ενώ, όπως τώρα ξέρουμε, πολλά από αυτά τα παιδιά δε χρησιμοποιούν τη λέξη «Γη» για να αναφερθούν στην επίπεδη Γη. Ωστόσο, δίνει στα παιδιά την ευκαιρία να πουν ότι η στρογγυλή Γη είναι ψηλά στον ουρανό κι ότι φαίνεται επίπεδη στην εικόνα επειδή το έδαφος είναι επίπεδο (Απάντηση τύπου θ). Ένα παράδειγμα αυτού του τύπου απάντησης είναι το ακόλουθο: «Η Γη είναι στρογγυλή σα μια μπάλα. Φαίνεται επίπεδη εδώ κάτω επειδή αυτό [η εικόνα] δε δείχνει τη μπάλα».



Οι Ερωτήσεις 10 και 11, «Αν περπατούσες για πολλές μέρες, θα έφτανες ποτέ στο τέλος/άκρη της Γης;», έχουν το ίδιο πρόβλημα με τις Ερωτήσεις 8 και 9. Εδώ ένα παιδί μπορεί ν' απαντήσει στην ερώτηση σύμφωνα με τη στρογγυλή Γη στον ουρανό και να πει: «Όχι, η Γη δεν έχει τέλος, αλλά αυτή η Γη είναι ψηλά στον ουρανό», ή μπορεί να απαντήσει σύμφωνα με το επίπεδο έδαφος και να πει ότι υπάρχει κάποιο τέλος/άκρη στο έδαφος απ' όπου κάποιος μπορεί να πέσει (Ερωτήσεις 10, 11, 12 και 13, Απάντηση τύπου ζ και α).

Τέλος, η Ερώτηση 15, «Τι υπάρχει κάτω ακριβώς από τη Γη;» (έγινε σύμφωνα με τη ζωγραφιά του παιδιού για τη Γη), μπορούσε να απαντηθεί μ' έναν από τους δύο τρόπους: το παιδί μπορούσε να αναφερθεί στο επίπεδο έδαφος κάτω από τη στρογγυλή Γη και να πει «έδαφος» ή «εμάς», ή μπορούσε να αναφερθεί στην περιοχή ανάμεσα στο επίπεδο έδαφος και τη στρογγυλή Γη και να πει «ουρανός» ή να αναφέρει τον ήλιο/φεγγάρι και τ' αστέρια.

*Δεδομένα του μοντέλου της διπλής Γης.* Οκτώ παιδιά βρέθηκαν να χρησιμοποιούν αυτό το νοητικό μοντέλο. Όλα είπαν «στρογγυλό» ή «κύκλος» ως απάντηση στην Ερώτηση 1. Επίσης, όπως αναμενόταν, όλα είπαν ότι κοιτάμε «ψηλά» για να δούμε τη Γη ως απάντηση στην Ερώτηση 2. Όλα τα παιδιά ζωγράφισαν ένα κύκλο για να απεικονίσουν το σχήμα της Γης στην Ερώτηση 6. Σε μερικές περιπτώσεις, η αντίθεση επίπεδου/σφαίρας έγινε φανερή στην απάντηση αυτής της τελευταίας ερώτησης. Για παράδειγμα, ένα παιδί ζωγράφισε μια ορθογώνια Γη, αλλά όταν ρωτήθηκε γιατί είχε πει ότι η Γη είναι ένας κύκλος σε προηγούμενη ερώτηση είπε ότι «το ξέχασε», και ζωγράφισε ένα κύκλο. Ένα δεύτερο παιδί ζωγράφισε ένα κύκλο αφού πρώτα ρώτησε: «Όπως είναι ψηλά στον ουρανό;»

Όπως αναμενόταν, όλα τα παιδιά σ' αυτή την κατηγορία ζωγράφισαν μια οριζόντια γραμμή για να απεικονίσουν τον ουρανό. Τα περισσότερα παιδιά τοποθέτησαν αυτή την οριζόντια γραμμή πάνω από τον κύκλο. Δύο παιδιά την τοποθέτησαν κάτω από τον κύκλο, κι ένα άλλο παιδί ζωγράφισε έναν ορθογώνιο ουρανό πάνω από τον κύκλο κι έβαλε τον ήλιο και το φεγγάρι μέσα σ' αυτόν.

Ως απάντηση στην Ερώτηση 8, «Μου δείχνεις πού ζουν οι άν-

θρωποι;», πολλά παιδιά ζωγράφισαν τους ανθρώπους τους σε μια ευθεία γραμμή έξω από τον κύκλο ή στο περιθώριο του χαρτιού. Αυτή η απάντηση δεν έχει νόημα από την άποψη ενός ενήλικου, ο οποίος έχει το μοντέλο σφαιρικής Γης και δεν καταλαβαίνει τη χρήση της λέξης «Γη» από ένα παιδί με μοντέλο διπλής Γης. Δε γνωρίζαμε τη στιγμή που κάναμε τις ερωτήσεις ότι πολλά παιδιά χρησιμοποίησαν τυπικά τη λέξη «Γη» για να αναφερθούν σε μια ξεχωριστή στρογγυλή Γη. Επομένως, δεν μπορούμε να κατανοήσουμε τη φανερή ασυνέπεια να τοποθετούν τους ανθρώπους στο επίπεδο έδαφος έξω από τον κύκλο, τη στιγμή που ισχυρίζονταν ότι η Γη είναι στρογγυλή. Σαν αποτέλεσμα, μετά από τέτοιου είδους απάντηση γινόταν μια ερώτηση από τον εξεταστή, ο οποίος, παίρνοντας την άποψη ενός ενήλικου, ρωτούσε το παιδί, όπως στην περίπτωση της Ντάρσι παρακάτω: «Είναι εκεί που ζουν οι άνθρωποι, πάνω στη Γη;» Σ' αυτό το σημείο, το παιδί συχνά άλλαζε την απάντησή του, κι έβαζε τους ανθρώπους μέσα στον κύκλο.

Όλα τα παιδιά που μπήκαν σ' αυτή την κατηγορία, εκτός από δύο, έδωσαν μια εξήγηση της αντίθεσης επίπεδου/σφαίρας (Ερώτηση 9) λέγοντας ότι η Γη, η οποία είναι ψηλά στον ουρανό, είναι στρογγυλή, αλλά το έδαφος πάνω στο οποίο περπατούμε είναι επίπεδο. Ένα παιδί (Υποκείμενο 51) δεν μπορούσε να εξηγήσει την αντίθεση επίπεδου/σφαίρας, αλλά επειδή φάνηκε ξεκάθαρα να έχει το νοητικό μοντέλο διπλής Γης σε άλλες απαντήσεις, παρέμενε σ' αυτή την κατηγορία. Το συγκεκριμένο παιδί ζωγράφισε μια επίπεδη γραμμή κάτω από τον κύκλο και την ονόμασε «έδαφος». Αργότερα είπε ότι «το έδαφος είναι κάτω από τη Γη» κι ότι «ανάμεσα στη Γη και το έδαφος υπάρχει ουρανός».

Τα περισσότερα παιδιά σ' αυτή την κατηγορία είπαν ότι υπάρχει κάποιο τέλος/άκρη στη Γη απ' όπου κάποιος μπορεί να πέσει (Ερωτήσεις 10, 11, 12 και 13), κι ότι υπάρχει έδαφος ή ουρανός κάτω από τη Γη (Ερώτηση 15). Όπως προαναφέρθηκε, ένα παιδί (Υποκείμενο 51) είπε φανερά ότι ο ουρανός βρίσκεται ανάμεσα στη Γη και το έδαφος.

Ακολουθεί ένα απόσπασμα από το πρωτόκολλο ενός παιδιού που μπήκε στην κατηγορία της διπλής Γης:

ΝΤΑΡΣΙ (3η τάξη) [Υποκείμενο 40, μοντέλο διπλής Γης]

Ε: Ποιο είναι το σχήμα της Γης;

Π: Στρογγυλό.

Ε: Προς τα πού κοιτάμε για να δούμε τη Γη;

Π: Ψηλά.

Ε: Μπορείς να ζωγραφίσεις μια εικόνα της Γης;

Π: Στρογγυλό. Δεν μπορώ να ζωγραφίσω τέτοιο.

[Η ζωγραφιά του παιδιού φαίνεται στο Σχήμα 2ξ].

Ε: Τώρα, σ' αυτή τη ζωγραφιά, δείξε μου πού πηγαίνουν το φεγγάρι και τ' αστέρια. Τώρα ζωγράφισε τον ουρανό.

Π: Είναι χάλια.

Ε: Αυτή τώρα είναι μια πραγματικά ωραία εικόνα. Δείξε μου τώρα πού ζουν οι άνθρωποι.

[Το παιδί ζωγραφίζει ένα σπίτι στο περιθώριο του χαρτιού].

Ε: Μπορείς να μου δείξεις στην εικόνα σου πού ζουν οι άνθρωποι, Ντάρσι;

Π: Εδώ κάτω;

[Το παιδί ζωγραφίζει ένα άλλο σπίτι κατά μήκος στο ίδιο περιθώριο].

Ε: Εδώ ζουν οι άνθρωποι στη Γη;

[Το παιδί, υποχωρώντας στις υπονοούμενες απαιτήσεις του εξεταστή, σβήνει ένα από τα σπίτια και ζωγραφίζει έναν άνθρωπο μέσα στον κύκλο].

Ε: Αυτή είναι μια εικόνα ενός σπιτιού. Αυτό το σπίτι βρίσκεται στη Γη, έτσι δεν είναι; Πώς γίνεται εδώ η Γη να είναι επίπεδη ενώ προηγουμένως την έκανες στρογγυλή;

Π: Δεν ξέρω.

Ε: Είναι στ' αλήθεια στρογγυλή;

Π: Όχι.

Ε: Δεν είναι στ' αλήθεια στρογγυλή. Τότε ποιο είναι το σχήμα της;

Π: Ναι, είναι στρογγυλή.

Ε: Τότε πώς γίνεται να φαίνεται επίπεδη εδώ;

Π: Επειδή είναι πάνω στο έδαφος.

Ε: Αλλά γιατί αυτό την κάνει να φαίνεται επίπεδη;

Π: Επειδή το έδαφος είναι επίπεδο.

Ε: Αλλά το σχήμα της Γης είναι...

Π: Στρογγυλό.

Ε: Αν περπατούσες για πολλές μέρες σε μια ευθεία γραμμή, πού θα τελείωνες;

Π: Πάνω στη Γη.

Ε: Θα έφτανες ποτέ στην άκρη της Γης;

Π: Όχι.

Ε: Γιατί όχι;

Π: Επειδή είναι πολύ ψηλά.  
Ε: Επειδή είναι πολύ ψηλά τι;  
Π: Η Γη.  
Ε: Μπορείς να πέσεις από την άκρη της Γης;  
Π: Ναι.  
Ε: Πού θα έπεφτες;  
Π: Κάτω στο έδαφος.  
Ε: Πού είναι το έδαφος στην εικόνα σου;  
Π: Εδώ κάτω [δείχνει το περιθώριο του χαρτιού].  
Ε: Εντάξει, αλλά αυτή είναι η Γη, σωστά;  
Π: Ναι.  
Ε: Τι είναι αυτό εδώ έξω [το περιθώριο του χαρτιού];  
Π: Έδαφος.  
Ε: Πες μου, σ' αυτή την εικόνα τι υπάρχει κάτω ακριβώς από τη Γη;  
Π: Ουρανός.

Αυτό το πρωτόκολλο είναι ένα καλό παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο ένα παιδί μπορεί να φαίνεται πολύ ασυνεπές σε σχέση με έναν ενήλικο, ο οποίος δεν καταλαβαίνει το μοντέλο του. Τη στιγμή της εξέτασης, η Ντάρσι εμφανίστηκε πολύ ασυνεπής στον εξεταστή που την εξέτασε. Παρόλ' αυτά, είναι πολύ συνεπής με τη χρήση του νοητικού μοντέλου της διπλής Γης, στο οποίο η λέξη «Γη» χρησιμοποιείται για να αναφερθεί μόνο στη στρογγυλή Γη.

*Μικτά μοντέλα.* Οι κατηγορίες για το σχήμα της Γης που συζητήθηκαν μέχρι τώρα, βασίστηκαν σε πληροφορίες από προηγούμενες έρευνες στον ίδιο χώρο (π.χ. Nussbaum, 1979· Nussbaum & Novak, 1976) και στην εξέταση των δεδομένων της παρούσας έρευνας. Χρησιμοποιώντας αυτές τις κατηγορίες, μπορέσαμε να ταξινομήσουμε σαρανταεννέα από τα εξήντα υποκείμενά μας. Τα υπόλοιπα έντεκα υποκείμενα τοποθετήθηκαν σε μια μικτή κατηγορία, η οποία περιγράφεται παρακάτω.

Πέντε από αυτά τα παιδιά έδωσαν απαντήσεις που συμφωνούσαν είτε με το σφαιρικό είτε με κάποιο εναλλακτικό μοντέλο της Γης, αλλά δεν πέρασαν από τα αυστηρά κριτήριά μας για την κατάταξή τους σ' αυτά τα μοντέλα. Ένα παιδί (Υποκείμενο 12) έδωσε αρκετά προηγμένες απαντήσεις, αλλά είχε μεγάλη δυσκολία να εξηγήσει την αντίθεση επίπεδου/σφαίρας και συνέχιζε να αλλάζει τη γνώμη του

για το αν η Γη έχει κάποιο τέλος/άκρη ή όχι. Το Υποκείμενο 23 στην αρχή φαινόταν πως είχε μοντέλο κοίλης σφαίρας, αλλά ύστερα από αρκετές ερωτήσεις φάνηκε πως είχε σχηματίσει το μοντέλο μιας κομμένης σφαίρας (ημισφαιρίου). Το Υποκείμενο 17 προσέγγισε το μοντέλο της επίπεδης σφαίρας και το Υποκείμενο 54 έδωσε απαντήσεις σύμφωνες με το μοντέλο διπλής Γης, όμως και οι δύο είχαν περισσότερες αποκλίσεις απ' όσο επιτρεπόταν από το βαθμολογικό μας σύστημα, κι επομένως δεν μπόρεσαν να περιληφθούν σ' αυτές τις κατηγορίες. Παρόμοια, το Υποκείμενο 17 έδωσε απαντήσεις σύμφωνες με το μοντέλο διπλής Γης, αλλά στο τέλος της συνέντευξης άλλαξε γνώμη και υιοθέτησε την άποψη ότι η Γη είναι επίπεδη όπως ένας δίσκος. Τα υπόλοιπα έξι υποκείμενα έδωσαν φανερά ασυνεπείς απαντήσεις που δεν ταιριάζουν με κανένα από τα μοντέλα μας, κι ούτε θα μπορούσαμε να επινοήσουμε εύσχημα επιπρόσθετα μοντέλα για να εξηγήσουν τα πρότυπα των απαντήσεών τους.

*Συχνότητα των νοητικών μοντέλων του σχήματος της Γης.* Ο Πίνακας 4 δείχνει τη συχνότητα των αναγνωρισμένων νοητικών μοντέλων του σχήματος της Γης σε συνάρτηση με την ηλικία των παιδιών:

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Συχνότητα των νοητικών μοντέλων της Γης σε συνάρτηση με την ηλικία.

Νοητικά Μοντέλα Γης	Τάξη			
	1	3	5	Σύνολο
1. Σφαίρα	3	8	12	23
2. Πεπλατυσμένη σφαίρα	1	3	0	4
3. Κοίλη σφαίρα	2	4	6	12
4. Διπλή Γη	6	2	0	8
5. Γη-δίσκος	0	1	0	1
6. Γη-ορθογώνιο	1	0	0	1
7. Μικτά	7	2	2	11
Σύνολο	20	20	20	60

Όπως φαίνεται, υπάρχει μια εξελικτική πρόοδος των μοντέλων που σχηματίστηκαν από τα παιδιά του δείγματός μας. Τα περισσότε-

ρα παιδιά της πρώτης τάξης σχημάτισαν το νοητικό μοντέλο της διπλής Γης ή ένα μικτό μοντέλο. Τα παιδιά της τρίτης τάξης φάνηκε να έχουν μια ευρεία ποικιλία νοητικών μοντέλων συμπεριλαμβανομένης της σφαίρας, της κοίλης σφαίρας και της πεπλατυσμένης σφαίρας. Τα περισσότερα παιδιά της πέμπτης τάξης υιοθέτησαν είτε το μοντέλο σφαίρας είτε το μοντέλο της κοίλης σφαίρας. Αυτά τα δεδομένα δείχνουν τη σταδιακή επίδραση των πολιτιστικών πληροφοριών σχετικά με το σχήμα της Γης πάνω στα αρχικά μοντέλα επίπεδης Γης.

### *Δοκιμασία της Συνέπειας του Νοητικού Μοντέλου*

Η βασική μας στρατηγική στην ανάλυση των δεδομένων ήταν να προτείνουμε ότι τα παιδιά υιοθέτησαν ένα μικρό σύνολο νοητικών μοντέλων σχετικά με το σχήμα της Γης, και μετά να εξετάσουμε το βαθμό απόκλισης των ατομικών απαντήσεων των παιδιών στις ερωτήσεις για το σχήμα της Γης. Πράγματι, τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν ότι μπορούμε να επεξηγήσουμε το 82% (49 από τα 60 υποκείμενα) των δεδομένων μας υποθέτοντας, από τα μοντέλα αυτά, ότι τα υποκείμενα τα χρησιμοποίησαν μ' έναν συνεπή τρόπο.

Αυτή η προσέγγιση θέτει ένα σημαντικό ερώτημα: Είναι η παρατηρούμενη σταθερότητα πραγματική, ή είναι αποτέλεσμα της διαδικασίας βαθμολόγησης; Πιο συγκεκριμένα, είναι δυνατό τα κριτήρια για την κατάταξη των παιδιών στις ποικίλες κατηγορίες για το σχήμα της Γης να ήταν τόσο χαλαρά ώστε να δημιουργήσουν σταθερότητα από ένα σύνολο τυχαίων και μη συνεπών απαντήσεων στις ίδιες ερωτήσεις;

Με σκοπό να εξετάσουμε αυτή την πιθανότητα, πήραμε τις ατομικές απαντήσεις από κάθε ερώτηση για το σχήμα της Γης και τις ανακατατάξαμε στην τύχη στα υποκείμενα της έρευνας. Μ' αυτή τη διαδικασία, καταλήξαμε σ' ένα σύνολο δεδομένων που αποτελούνταν από τις ίδιες ατομικές απαντήσεις για την κάθε ερώτηση, αλλά καταταγμένες τυχαία στα υποκείμενα. Στη συνέχεια ακολουθήσαμε την ίδια διαδικασία που είχαμε ακολουθήσει προηγουμένως για να

προσδιορίσουμε τα νοητικά μοντέλα των παιδιών χρησιμοποιώντας τις ανακαταταγμένες απαντήσεις.

Τα αποτελέσματα αυτής της ανακατάταξης εμφανίζονται στον Πίνακα 5. Όπως φαίνεται, η κατανομή των υποκειμένων στις κατηγορίες για το σχήμα της Γης με τα τυχαία κατανεμημένα δεδομένα είναι αρκετά διαφορετική από την κατανομή των υποκειμένων στις κατηγορίες για το σχήμα της Γης με τα πραγματικά δεδομένα. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, δεν μπορέσαμε να προσδιορίσουμε ένα καθορισμένο και συνεπές πρότυπο με τα τυχαία κατανεμημένα δεδομένα. Μόνο το 23% των υποκειμένων μπορούσε να περιληφθεί σε μια κατηγορία για το σχήμα της Γης διαφορετική από τη μικτή. Χρησιμοποιώντας τη στατιστική ανάλυση  $\chi^2$ , βρήκαμε σημαντική διαφορά ανάμεσα στον αριθμό των παιδιών που ορίστηκαν σε μοντέλα με τα πραγματικά δεδομένα και τα τυχαία κατανεμημένα δεδομένα,  $\chi^2(1, N = 60) = 114.13, p < .001$ .

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Συχνότητα των νοητικών μοντέλων της Γης στα τυχαία κατανεμημένα δεδομένα.

Νοητικά Μοντέλα Γης	Τάξη			
	1	3	5	Σύνολο
1. Σφαίρα	1	3	3	7
2. Πεπλατυσμένη σφαίρα	1	0	1	2
3. Κοίλη σφαίρα	2	1	1	4
4. Διπλή Γη	0	0	0	0
5. Γη-δίσκος	0	0	1	1
6. Γη-ορθογώνιο	0	0	0	0
7. Μικτά	16	16	14	46
Σύνολο	20	20	20	60

### Η Πιθανότητα της Επίδρασης των Ερωτήσεών μας

Υποστηρίξαμε ότι ένα μεγάλο μέρος φαινομενικής ασυνέπειας των δεδομένων μπορεί να εξηγηθεί με την υπόθεση ότι τα παιδιά στο δείγμα μας χρησιμοποίησαν μ' έναν σταθερό τρόπο έναν μικρό αριθ-

μό καλά προσδιορισμένων νοητικών μοντέλων της Γης. Σ' αυτό το σημείο θα θέλαμε να εξετάσουμε ένα δεύτερο σημαντικό ερώτημα που τίθεται από τα δεδομένα μας κι έχει να κάνει με την πιθανότητα ότι οι ερωτήσεις μας επηρέασαν τις απαντήσεις των παιδιών.

Προηγουμένως είδαμε πως η Ντάρσι, ένα παιδί της τρίτης τάξης με μοντέλο διπλής Γης, άλλαξε την απάντησή της για να συμφωνήσει με την υπονοούμενη υπόθεση στην ερώτησή μας ότι οι άνθρωποι ζουν «πάνω στη Γη». Είναι δυνατόν τα αποτελέσματά μας να είναι προκατειλημμένα επειδή τα παιδιά άλλαξαν τις απαντήσεις τους έτσι ώστε να συμφωνούν με τις υπονοούμενες υποθέσεις στις ερωτήσεις μας;

Η δουλειά του Siegal (Siegal, 1991) έχει δείξει ότι τα παιδιά είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στις κοινωνικές απαιτήσεις των πειραμάτων, κι ότι συχνά αλλάζουν τις απαντήσεις τους σε συνθήκες επανάληψης των ερωτήσεων έτσι ώστε να συμφωνούν με τις εσωτερικές απαιτήσεις των ερωτήσεων.

Φαίνεται ότι η ακραία ερμηνεία της υπόθεσης για προκατάληψη, στην παρούσα περίπτωση, θα μπορούσε να είναι ότι η συνέπεια των δεδομένων μας είναι σε μεγάλο βαθμό αποτέλεσμα του τρόπου με τον οποίο κάναμε τις ερωτήσεις: με άλλα λόγια, ότι τα εναλλακτικά μοντέλα της Γης δεν είναι πραγματικά, αλλά δημιουργήθηκαν από τα παιδιά που αποδέχθηκαν τις υπονοούμενες υποθέσεις στις ερωτήσεις μας. Η διερεύνηση αυτής της υπόθεσης απαιτεί προσεκτική εξέταση των προϋποθέσεων που υπάρχουν πίσω από τις ερωτήσεις, για να δούμε σε ποια περίπτωση υπάρχει πιθανότητα για δημιουργία εναλλακτικών μοντέλων Γης αν αποδεχθούμε τις προϋποθέσεις ως αληθινές.

Ακόμη και μια επιπόλαιη ματιά στις ερωτήσεις δείχνει ότι η υπόθεση της προκατάληψης είναι εξαιρετικά απίθανη. Δεν υπάρχουν υπονοούμενες προϋποθέσεις στις ερωτήσεις που θα μπορούσαν, με όση φαντασία κι αν βάλει κανείς, να δημιουργήσουν τα εναλλακτικά μοντέλα της Γης που ανακαλύψαμε. Δεν υπάρχει πουθενά η υπόθεση ότι υπάρχουν δύο γαίες, ότι οι άνθρωποι ζουν μέσα στη Γη ή ότι η Γη είναι επίπεδη σαν ένας δίσκος ή σα μια επίπεδη σφαίρα.



Όπως συζητήθηκε στην ενότητα σχετικά με τη μέθοδο, οι ερωτήσεις συντάχθηκαν με σκοπό να εξετάσουν την παραγωγικότητα των γνώσεων των παιδιών για το πολιτιστικά αποδεκτό σφαιρικό σχήμα της Γης. Αυτό έγινε κάνοντας ερωτήσεις που δημιουργούσαν μια αντίθεση ανάμεσα στην καθημερινή εμπειρία της επίπεδης Γης και την πληροφορία που έρχεται από τους ενήλικους ότι η Γη είναι μια σφαίρα. Το μοναδικό εναλλακτικό μοντέλο Γης που αυτές οι ερωτήσεις μπορούσαν να ενισχύσουν ήταν το μοντέλο της επίπεδης σφαίρας, το οποίο υιοθετήθηκε από ένα μόνο παιδί.

Μια λιγότερο υπερβολική ερμηνεία της υπόθεσης για προκατάληψη είναι να υποστηρίξουμε ότι η αποδοχή του υπονοούμενου ότι η Γη είναι επίπεδη δημιούργησε αστάθεια σε μερικά παιδιά με μοντέλο σφαιρικής Γης. Είναι επίσης πιθανό ότι ταξινομήσαμε μερικά παιδιά, που είχαν χρησιμοποιήσει καλά προσδιορισμένα μοντέλα της Γης, ως μικτά. Η επανάληψη μιας ερώτησης, κι επομένως η αλλαγή της απάντησης που μπορεί να επιφέρει, συμβαίνει συνήθως σε περιπτώσεις όπου τα παιδιά δίνουν απαντήσεις οι οποίες δεν έχουν νόημα από την άποψη ενός ενήλικου με μοντέλο σφαιρικής Γης. Είναι δύσκολο να αποφύγουμε μερικές επιδράσεις αυτού του τύπου. Η κατανόηση της άποψης του παιδιού είναι συχνά εξαιρετικά δύσκολο να γίνει, αφού οι εξεταστές περιορίζονται από τις προϋποθέσεις της δικής τους άποψης όπως ακριβώς και τα παιδιά. Είναι αξιοσημείωτο, ωστόσο, ότι και στις δύο περιπτώσεις η πιθανή επίδραση των ερωτήσεών μας θα είχε ως συνέπεια να κατηγοριοποιηθούν λιγότερα παιδιά ως έχοντα κάποιο συνεπές μοντέλο.

Αυτή η ανάλυση της επίδρασης των ερωτήσεων προτείνει ότι ένα μέρος της αστάθειας του δείγματός μας ίσως είναι τεχνητό. Έχουμε ήδη σημειώσει ότι περίπου τα μισά παιδιά, στη μικτή κατηγορία μας, μπορούσαν να είχαν μπει σε κάποια άλλη καλά προσδιορισμένη κατηγορία αν τα κριτήριά μας δεν ήταν τόσο αυστηρά. Έτσι, η επίδραση των ερωτήσεων στην περίπτωσή μας θα έτεινε να οδηγήσει σε μια υποτίμηση της συνέπειας και όχι σε υπερτίμηση.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### *Νοητικά Μοντέλα της Γης*

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν ότι η σημαντική πλειοψηφία των παιδιών χρησιμοποιούν με συνεπή τρόπο ένα καλά προσδιορισμένο νοητικό μοντέλο για το σχήμα της Γης. Αυτό το νοητικό μοντέλο δεν είναι πάντοτε ένα πολιτιστικά αποδεκτό σφαιρικό μοντέλο. Μόνο εικοσιτρία από τα εξήντα παιδιά χρησιμοποίησαν το νοητικό μοντέλο της σφαιρικής Γης.

Εικοσιέξι από τα εξήντα παιδιά στο δείγμα μας χρησιμοποίησαν ένα συνεπές νοητικό μοντέλο της Γης, το οποίο ήταν διαφορετικό από το σφαιρικό μοντέλο. Μπορέσαμε να αναγνωρίσουμε πέντε εναλλακτικά νοητικά μοντέλα της Γης: ορθογώνια Γη, η Γη-δίσκος, η διπλή Γη, η κοίλη σφαίρα και η πεπλατυσμένη σφαίρα. Τα παιδιά με νοητικό μοντέλο ορθογωνίας Γης πιστεύουν ότι η Γη είναι επίπεδη κι έχει το σχήμα ορθογωνίου. Τα παιδιά με νοητικό μοντέλο Γης-δίσκου φαντάζονται τη Γη σαν επίπεδη και στρογγυλή. Τα παιδιά που έχουν την έννοια της διπλής Γης πιστεύουν ότι υπάρχει μια στρογγυλή Γη η οποία είναι ψηλά στον ουρανό, κι ένα επίπεδο έδαφος όπου ζουν οι άνθρωποι. Τα παιδιά με το νοητικό μοντέλο της κοίλης σφαίρας πιστεύουν ότι η Γη είναι σφαιρική, αλλά ότι οι άνθρωποι ζουν βαθιά στο εσωτερικό της κοίλης σφαίρας. Τέλος, τα παιδιά με μοντέλο πεπλατυσμένης σφαίρας πιστεύουν ότι η Γη έχει το σχήμα μιας λεπτής τηγανίτας, στρογγυλής στις άκρες αλλά επίπεδης στο πάνω και το κάτω μέρος.

Γενικά, τα αποτελέσματα της μελέτης συμφωνούν με τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών (Nussbaum, 1979; Nussbaum & Novak, 1976; Sneider & Pulos, 1983), που δείχνουν ότι τα παιδιά σχολικής ηλικίας δυσκολεύονται να καταλάβουν ότι η Γη είναι σφαιρική και σχηματίζουν ποικίλες παρερμηνείες σχετικά με το σχήμα της. Τα δικά μας αποτελέσματα, ωστόσο, προχωρούν περισσότερο από εκείνες τις έρευνες, επειδή χρησιμοποιούμε σαφή κριτήρια και ποικιλία από ποιοτικά και ποσοτικά μέτρα για να δείξουμε ότι υπάρχει ένας μικρός αριθμός από καλά προσδιορισμένα νοητικά μοντέλα της Γης τα οποία χρησιμοποιούνται από τα παιδιά μ' έναν συνεπή τρόπο.

## *Νοητικά Μοντέλα: Προσχηματισμένα ή Κατασκευασμένα επιτόπου;*

Δεν είναι ξεκάθαρο από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης σε ποια περίπτωση τα μοντέλα που έχουμε αναγνωρίσει αντιπροσωπεύουν προσχηματισμένες θεωρίες, οι οποίες υπάρχουν στη μνήμη μακράς διάρκειας, ή επινοήθηκαν από τα παιδιά τη συγκεκριμένη στιγμή κάτω από την επίδραση των ερωτήσεών μας. Μερικά παιδιά φάνηκαν να είναι πολύ σίγουρα για τις απόψεις τους, και τις εξέφρασαν με τέτοια ταχύτητα και διαύγεια που είναι απίθανο να τις δημιούργησαν εκείνη τη στιγμή. Σε άλλες περιπτώσεις, η ακολουθία των απαντήσεων στις ερωτήσεις μας υποδηλοί ότι το μοντέλο σχηματίζεται από τα παιδιά τη στιγμή που απαντούν στις ερωτήσεις.

Άσχετα από το πώς θα επιλυθεί αυτό το θέμα, το γεγονός ότι το 82% των δεδομένων μας μπορεί να εξηγηθεί υποθέτοντας ότι τα παιδιά ήταν συνεπή με τη χρήση από ένα μικρό σύνολο νοητικών μοντέλων σχετικά με τη Γη, δείχνει ότι υπάρχουν κάποιες σταθερές βαθύτερες εννοιολογικές δομές, οι οποίες περιορίζουν το είδος των πιθανών νοητικών μοντέλων που τα παιδιά μπορούν να σχηματίσουν.

## *Προϋποθέσεις που περιορίζουν τη Δημιουργία Νοητικών Μοντέλων*

Παρόλο που τα παιδιά βομβαρδίζονται με πληροφορίες σχετικά με το ότι η Γη είναι μια σφαίρα, εντούτοις πολλά πιστεύουν ότι η Γη είναι επίπεδη και με σχήμα ορθογωνίου ή δίσκου, ή ότι είναι μια σφαίρα αλλά οι άνθρωποι ζουν βαθιά στο εσωτερικό της. Ενώ ίσως υπάρχει κάποια περιορισμένη υποστήριξη μερικών πλευρών αυτών των μοντέλων από τις πολιτισμικά αποδεκτές πληροφορίες, αποδέκτες των οποίων είναι τα παιδιά, ωστόσο πιστεύουμε πως είναι ολοφάνερο ότι αυτά τα μοντέλα δημιουργούνται κυρίως από τα παιδιά. Γιατί τα παιδιά επινοούν τέτοιες δραματικές παρερμηνείες του σχήματος της Γης;

Υποθέτουμε ότι ο λόγος για τον οποίο τα παιδιά δυσκολεύονται

να πιστέψουν ότι η Γη είναι σφαιρική είναι το ότι λειτουργούν κάτω από τους περιορισμούς συγκεκριμένων προϋποθέσεων, οι οποίες δεν συμφωνούν με την πολιτισμικά αποδεκτή πληροφορία ότι η Γη είναι μια σφαίρα. Αυτό που εννοούμε λέγοντας προϋποθέσεις είναι παρόμοιο, από πολλές απόψεις, με τις αρχές της Gelman (1990) ή τους περιορισμούς της Spelke (1991). Φαίνεται πως έχουν δημιουργηθεί από τα παιδιά μέσω της καθημερινής τους εμπειρίας, καθώς αυτή η εμπειρία ερμηνεύεται μέσα από τους ανθρώπινους αισθητηριακούς και γνωστικούς μηχανισμούς. Αυτές οι προϋποθέσεις δρουν ως περιορισμοί στα είδη των νοητικών μοντέλων της Γης που τα παιδιά μπορούν να σχηματίσουν.

Μία από αυτές τις προϋποθέσεις είναι ότι το έδαφος είναι επίπεδο. Τα παιδιά φαίνεται να πιστεύουν ότι αν τα πράγματα μοιάζουν επίπεδα είναι στ' αλήθεια επίπεδα, κι επομένως ότι το έδαφος είναι επίπεδο. Όλα τα νοητικά μοντέλα που αναγνωρίσαμε επηρεάζονται από την άποψη ότι το έδαφος όπου οι άνθρωποι ζουν είναι επίπεδο. Αυτό είναι ολοφάνερο στην περίπτωση του μοντέλου της ορθογώνιας Γης και του μοντέλου της Γης-δίσκου, όπου η Γη θεωρείται ότι είναι επίπεδη. Στο νοητικό μοντέλο διπλής Γης υπάρχει μια στρογγυλή Γη, η οποία είναι ψηλά στον ουρανό, κι ένα επίπεδο έδαφος, στο οποίο ζουν οι άνθρωποι. Στο μοντέλο κοίλης σφαίρας η Γη φαίνεται σα μια σφαίρα, αλλά οι άνθρωποι ζουν στο επίπεδο έδαφος μέσα στη σφαίρα. Τέλος, στο νοητικό μοντέλο επίπεδης σφαίρας η Γη θεωρείται σα μια παχιά τηγανίτα: στρογγυλή στις άκρες αλλά επίπεδη στο πάνω και στο κάτω μέρος όπου ζουν οι άνθρωποι. Δεν θα υπήρχε κανένας λόγος για τα παιδιά να σχηματίσουν τέτοιες συστηματικές παρερμηνείες αν δεν πίστευαν από την αρχή ότι η Γη είναι επίπεδη.

Φυσικά, πρέπει να είμαστε εδώ επιφυλακτικοί για το τι εννοείται με τη λέξη «επίπεδη». Ενώ τα υποκείμενα της έρευνάς μας ζουν σε επίπεδα μέρη των Κεντροδυτικών Ηνωμένων Πολιτειών, όπου η Γη φαίνεται να είναι κυριολεκτικά επίπεδη, άλλα παιδιά, στην Ελλάδα, Σαμóa και Ινδία, ζουν σε χώρους που περιλαμβάνουν ψηλά βουνά και ωκεανούς που ίσως φαίνονται καμπυλωτά. Αυτό που εννοούμε

λέγοντας «επίπεδη» δεν είναι η απουσία των βουνών, αλλά μάλλον η προσδοκία ότι το έδαφος επεκτείνεται σε όλη την επιφάνεια της Γης, σε αντίθεση με κάτι που σχηματίζει μια σφαίρα. Δεν είναι αυτό, προφανώς, το αποτέλεσμα μιας απλής φαινομενικής αντίληψης του «επίπεδου», αλλά αναπαριστά, όπως και οι άλλες προϋποθέσεις, μια πολύπλοκη ερμηνεία της καθημερινής εμπειρίας μέσα από ένα δημιουργικό μυαλό.

Μια λεπτομερής εξέταση των επικρατέστερων νοητικών μοντέλων δείχνει ότι υπάρχει τουλάχιστον μία επιπρόσθετη προϋπόθεση που τα περιορίζει: ότι τα αντικείμενα που δεν στηρίζονται, πέφτουν. Αυτή η προϋπόθεση φαίνεται πως πηγάζει από τις απόψεις των παιδιών για τα φυσικά αντικείμενα γενικά. Έρευνες από τη Spelke (1991) έδειξαν ότι η άποψη πως τα αντικείμενα απαιτούν υποστήριξη ξεκινά να αναπτύσσεται ανάμεσα στην ηλικία των 6 και 9 μηνών. Η Baillargeon και οι συνεργάτες της (Needhan & Baillargeon, υπό έκδ.) παρουσίασαν αποτελέσματα που δείχνουν ότι ακόμα και πολύ μικρά νήπια είναι ευαίσθητα σε συγκεκριμένες πλευρές της άποψης πως τα αντικείμενα απαιτούν στήριξη.

Η προϋπόθεση ότι τα ανυποστήρικτα αντικείμενα πέφτουν, φαίνεται πως εφαρμόζεται πρώτα στην ίδια τη Γη κι ύστερα στα αντικείμενα και τους ανθρώπους πάνω στη Γη. Όταν εφαρμόζεται στη Γη, πρέπει η Γη να υποστηρίζεται από κάτι, όπως έδαφος ή νερό. Μια τέτοια προϋπόθεση δημιουργεί το νοητικό μοντέλο της ορθογωνίας Γης, της Γης-δίσκου και της διπλής Γης, όπου το μέρος στο οποίο ζούμε θεωρείται ως επίπεδο που υποστηρίζεται από έδαφος ή νερό σε όλη την περιοχή.

Φαίνεται πως μερικά παιδιά αναιρούν την προϋπόθεση ότι η Γη από μόνη της απαιτεί κάποια υποστήριξη, αλλά συνεχίζουν ακόμα να πιστεύουν ότι τα αντικείμενα και οι άνθρωποι απαιτούν στήριξη. Αυτή η προϋπόθεση κάνει δύσκολο γι' αυτά τα παιδιά να καταλάβουν πώς οι άνθρωποι μπορούν να ζουν πάνω στη σφαιρική Γη χωρίς να πέφτουν. Μια απάντηση για τα παιδιά σ' αυτό το ερώτημα είναι να θεωρήσουν ότι οι άνθρωποι ζουν μέσα στη σφαίρα, όπως ακριβώς και στο νοητικό μοντέλο της κοίλης σφαίρας.

Τα παιδιά που υιοθετούν το νοητικό μοντέλο της κοίλης σφαίρας φαίνεται πως έχουν καταλάβει ότι η Γη είναι μια σφαίρα στο διάστημα, αλλά δεν έχουν ακόμα καταλάβει πώς μπορεί οι άνθρωποι να ζουν γύρω από την περιφέρεια αυτής της σφαίρας χωρίς να πέφτουν. Το θέμα της έλλειψης υποστήριξης δεν παρουσιάζεται στην περίπτωση των νοητικών μοντέλων της ορθογώνιας Γης, της Γης-δίσκου και της διπλής Γης, στην οποία οι άνθρωποι ζουν στο πάνω μέρος του επίπεδου εδάφους. Το νοητικό μοντέλο της πεπλατυσμένης σφαίρας δεν επηρεάζεται από αυτή την προϋπόθεση. Τα παιδιά που σχηματίζουν αυτό το νοητικό μοντέλο ξέρουν ότι οι άνθρωποι μπορούν να ζουν στο κάτω μέρος της σφαίρας χωρίς να πέφτουν. Ωστόσο, φαίνεται ακόμα να πιστεύουν ότι το έδαφος στο οποίο ζουν οι άνθρωποι είναι επίπεδο, κι επομένως θεωρούν ως επίπεδο το πάνω και το κάτω μέρος της σφαίρας σύμφωνα μ' αυτή την προϋπόθεση.

Συμπερασματικά, υποστηρίξαμε ότι η δυσκολία των παιδιών να καταλάβουν ότι η Γη είναι μια σφαίρα προέρχεται από τους περιορισμούς δύο προϋποθέσεων: (α) την προϋπόθεση ότι το έδαφος είναι επίπεδο, και (β) την προϋπόθεση ότι τα ανυποστήρικτα πράγματα πέφτουν. Αυτές οι προϋποθέσεις εμφανίζονται ως ένα μέρος μιας πιο γενικευμένης θεωρίας αφελούς Φυσικής, η οποία επηρεάζει τις ερμηνείες των παιδιών για τον φυσικό κόσμο και περιορίζει τα νοητικά τους μοντέλα για τη Γη.

### *Αρχικά Νοητικά Μοντέλα της Γης*

Αν είμαστε σωστοί ότι τα νοητικά μοντέλα περιορίζονται από συγκεκριμένες προϋποθέσεις, τότε μπορούμε να περιμένουμε ότι τα πρώτα, αρχικά νοητικά μοντέλα που τα παιδιά σχηματίζουν προτού εκτεθούν σε οποιαδήποτε πληροφορία σχετικά με το κοπερνίκαιο μοντέλο δημιουργούνται από το σύνολο προϋποθέσεων που μόλις συζητήσαμε. Σαν αποτέλεσμα, θα περιμένουμε από τα παιδιά να θεωρούν ότι η Γη αποτελείται από επίπεδο έδαφος, ότι οι άνθρωποι ζουν στο πάνω μέρος του, κι ότι αυτό το έδαφος επεκτείνεται παντού κάτω από τη Γη. Υποστηρίζουμε ότι τα παιδιά δεν έχουν την

αντίληψη της απεριόριστης έκτασης, κι έτσι θεωρούν ότι αυτό το επίπεδο έδαφος έχει κάποιο τέλος ή κάποια άκρη. Ένα επιπρόσθετο συμπέρασμα όσον αφορά το είδος των άκρων αυτού του επιπέδου εδάφους μπορεί να προβάλλει μια τάξη από νοητικά μοντέλα, σύμφωνα με τα οποία η επίπεδη Γη μπορεί να εννοιολογηθεί ότι έχει το σχήμα ενός ορθογωνίου, ενός τετραγώνου ή ενός δίσκου.

Παρόλο που μόνο δύο παιδιά παρουσίασαν αυτό το είδος νοητικού μοντέλου στο δείγμα μας (ένα ορθογώνιου και ένα δίσκου), είχαμε αποκτήσει επιπρόσθετες μαρτυρίες για την παρουσία τέτοιου είδους αρχικών μοντέλων στις μελέτες μας στα παιδιά προσχολικής ηλικίας (υπό έκδ.) και στις πολιτιστικά αντίθετες μελέτες μας (Brewer, Herdrich & Vosniadou, 1987· Vosniadou, Archodidou & Kalogianidou, 1996· Vosniadou & Brewer, 1989· Samarapungavan & Vosniadou, 1988).

### *Συνθετικά Νοητικά Μοντέλα της Γης*

Τα άλλα νοητικά μοντέλα της Γης που αναγνωρίσαμε μπορεί να εξηγηθούν ως προσπάθειες των παιδιών να συνδυάσουν τις υπάρχουσες προϋποθέσεις για τα φυσικά αντικείμενα με τις πληροφορίες που παίρνουν από τους ενήλικους ότι η Γη είναι μια σφαίρα. Σχηματίζοντας αυτά τα νοητικά μοντέλα, τα παιδιά προσπαθούν να αφομοιώσουν την πληροφορία ότι η Γη είναι μια σφαίρα στις δικές τους προϋπάρχουσες εννοιολογικές δομές μ' έναν τρόπο που τους επιτρέπει να διατηρούν όσο το δυνατόν περισσότερες από τις υπάρχουσες προϋποθέσεις.

Το νοητικό μοντέλο της διπλής Γης είναι ένα καλό παράδειγμα αυτής της διαδικασίας. Τα παιδιά που έχουν σχηματίσει αυτό το νοητικό μοντέλο έχουν διατηρήσει όλες τις προϋποθέσεις που στηρίζουν το αρχικό μοντέλο της Γης. Αυτά τα παιδιά απάντησαν στις ερωτήσεις μας μ' έναν τρόπο που δείχνει ότι ακόμα πιστεύουν πως το έδαφος είναι επίπεδο, πως υπάρχει έδαφος παντού κάτω από τη Γη, και πως τα πράγματα πέφτουν προς τα κάτω. Τα παιδιά μ' αυτό το νοητικό μοντέλο συμβιβάζουν την πληροφορία ότι η Γη είναι σφαιρική

με τις προϋποθέσεις τους, υποστηρίζοντας ότι οι ενήλικοι αναφέρονται σ' ένα διαφορετικό αντικείμενο όταν μιλούν για τη στρογγυλή Γη.

Μια άλλη λύση είναι η αναθεώρηση μερικών προϋποθέσεων. Η αναθεώρηση μιας προϋπόθεσης μπορεί να γίνει όταν ένα παιδί καταλαβαίνει ότι μερικές φορές μεγάλα στρογγυλά αντικείμενα φαίνονται ότι είναι επίπεδα, ή καταλαβαίνει πως η βαρύτητα «υποστηρίζει» τη Γη και τους ανθρώπους που ζουν πάνω της. Η αναθεώρηση μιας προϋπόθεσης απελευθερώνει τα παιδιά από τους περιορισμούς που αυτή η προϋπόθεση επιβάλλει στα είδη των νοητικών μοντέλων που τα παιδιά σχηματίζουν, και τους επιτρέπει να σχηματίζουν μια καινούργια τάξη νοητικών μοντέλων. Μια εξέταση των συνθετικών νοητικών μοντέλων που ανακαλύψαμε δείχνει ότι ίσως υπάρχει κάποια αλλαγή από τα πιο απλά στα περισσότερα προχωρημένα συνθετικά μοντέλα, που εξαρτάται από τον αριθμό των προϋποθέσεων που αναθεωρήθηκαν.

Όπως είχαμε ήδη δει, η διπλή Γη είναι το πιο απλό συνθετικό νοητικό μοντέλο, επειδή δεν απαιτεί αναθεώρηση καμιάς προϋπόθεσης. Ακολουθεί το μοντέλο της κοίλης σφαίρας, το οποίο απαιτεί αλλαγή της προϋπόθεσης ότι η Γη πρέπει να στηρίζεται από κάτι, όπως έδαφος ή νερό. Η απαλλαγή από αυτόν τον περιορισμό επιτρέπει στο παιδί να φανταστεί τη Γη να αιωρείται στο διάστημα. Οι προϋποθέσεις ότι το έδαφος είναι επίπεδο κι ότι οι άνθρωποι που ζουν πάνω στη Γη πρέπει να στηρίζονται, συνεχίζουν να λειτουργούν, ωστόσο, περιορίζοντας τη φύση των τύπων των μοντέλων της αιωρούμενης Γης που είναι πιθανά. Το νοητικό μοντέλο της κοίλης σφαίρας με ανθρώπους που ζουν στο επίπεδο έδαφος βαθιά μέσα στη σφαίρα συμβιβάζει το επιστημονικό μοντέλο της σφαιρικής Γης με τις προϋποθέσεις των παιδιών ότι το έδαφος είναι επίπεδο κι ότι τα αντικείμενα στη Γη πέφτουν όταν δεν υποστηρίζονται.

Το νοητικό μοντέλο πεπλατυσμένης σφαίρας είναι το πιο προηγμένο συνθετικό μοντέλο της Γης. Τα παιδιά που έχουν αυτό το μοντέλο ξέρουν ότι η βαρύτητα κρατά τους ανθρώπους πάνω στη σφαιρική Γη. Αυτά τα παιδιά διατηρούν μόνο την άποψή τους ότι το



έδαφος είναι επίπεδο. Με σκοπό να συμβιβάσουν αυτή την άποψη με την πληροφορία ότι η Γη είναι μια σφαίρα, τα παιδιά θεωρούν τη σφαιρική Γη σαν επίπεδη στο πάνω και στο κάτω μέρος, και φαντάζονται ότι οι άνθρωποι ζουν σ' αυτά τα επίπεδα μέρη.

Τα δεδομένα της συχνότητας των μοντέλων τους για το σχήμα της Γης, ανάλογα με την τάξη (φαίνονται στον Πίνακα 4), συμφωνούν απόλυτα μ' αυτή τη θεωρητική ανάλυση σχετικά με τους περιορισμούς των υπάρχουσών προϋποθέσεων. Τα μοντέλα που απαιτούν τις λιγότερες αλλαγές (π.χ. το μοντέλο διπλής Γης) συναντώνται πιο συχνά στα μικρότερα παιδιά, ενώ τα μοντέλα που απαιτούν τον περισσότερο αριθμό αλλαγών (π.χ. της σφαίρας) είναι συχνότερα στα μεγαλύτερα παιδιά.

### *Σταθερότητα έναντι Διάσπασης*

Η επιτυχία στην αναγνώριση σταθερών νοητικών μοντέλων για τη μεγαλύτερη πλειοψηφία των παιδιών στο δείγμα μας δείχνει ότι η εννοιολογική γνώση των παιδιών δεν είναι τόσο διασπασμένη και ασύνδετη όπως μερικοί ερευνητές είχαν υποστηρίξει (π.χ. DiSessa, 1988· Solomon, 1983). Φαίνεται ότι τα παιδιά προσπαθούν να συνθέσουν τις πληροφορίες που παίρνουν από τους ενήλικους και από την καθημερινή τους εμπειρία σε νοητικά μοντέλα, τα οποία χρησιμοποιούν μ' έναν σταθερό τρόπο.

Οι θέσεις υπέρ της άποψης ότι τα παιδιά είναι αντιφατικά και ασταθή δε λαμβάνουν υπόψη τους ότι αυτό που εμφανίζεται ως αντιφατικό και ασταθές, από την άποψη ενός ενήλικου ή ενός ειδήμονα, μπορεί να μην είναι αντιφατικό από την άποψη ενός παιδιού (Brewer & Samarapungavan, 1991· Wiser, 1988). Παρόλ' αυτά, ενώ τα δεδομένα μας φανερώνουν ότι τα παιδιά είναι ικανά να σχηματίζουν καλά προσδιορισμένα νοητικά μοντέλα και να τα χρησιμοποιούν μ' έναν σταθερό τρόπο, χρειάζεται περισσότερη έρευνα και σε πολλούς άλλους τομείς, χρησιμοποιώντας πιο πολύπλοκες έννοιες, για να αποδειχθεί η γενικότητα αυτού του ευρήματος.

## *Η Εννοιολογική Αλλαγή απαιτεί Αναδιοργάνωση*

Η εννοιολογική αλλαγή συχνά γίνεται αντιληπτή με τους όρους της διαφοροποίησης και της ιεραρχικής ολοκλήρωσης των αρχικών εννοιολογικών δομών των παιδιών. Αυτή η πρόταση, που διατυπώθηκε αρχικά από τον Werner (1948), βρήκε πολλούς υποστηρικτές τα τελευταία χρόνια (Keil, 1979, 1983; Smith, Carey & Wisner, 1985; Carey, 1985; Chi, 1988), παρόλο που υπάρχουν σημαντικές διαφορές στον τρόπο με τον οποίο η διαφοροποίηση και η ιεραρχική ολοκλήρωση ερμηνεύονται από διάφορους ερευνητές. Οι έννοιες της «διακλάδωσης» ή της «αλλαγής δέντρου» (Thagard, 1992) και η αλλαγή οντολογικών κατηγοριών (Chi, 1992) είναι άλλοι μηχανισμοί που προτάθηκαν για να εξηγήσουν την εννοιολογική αλλαγή.

Χωρίς αμφιβολία, η διακλάδωση ή η αλλαγή του δέντρου, η διαφοροποίηση και η αλλαγή οντολογικής κατηγορίας, είναι σημαντικές μορφές εννοιολογικής αλλαγής. Ωστόσο, η αλλαγή από ένα αρχικό νοητικό μοντέλο σφαιρικής επίπεδης Γης προς ένα πολιτιστικά αποδεκτό νοητικό μοντέλο σφαιρικής Γης, δεν μπορεί να εξηγηθεί από τους τύπους των αλλαγών που προαναφέρθηκαν, ούτε μπορεί να εξηγηθεί από ένα μοντέλο σαν αυτό που προτάθηκε από την Chi (1988), σύμφωνα με το οποίο δύο ξεχωριστές και χωρίς προηγούμενα συνδεδεμένες μικροδομές οργανώνονται ιεραρχικά. Αν υποθέσουμε ότι η πληροφορία πως η Γη είναι μια σφαίρα αρχικά θεωρείται ως μια ξεχωριστή μικροδομή, το μοντέλο της Chi μπορεί να εξηγήσει πώς σχηματίζεται το νοητικό μοντέλο της διπλής Γης, αλλά δεν μπορεί να εξηγήσει πώς τα παιδιά δημιουργούν τα μοντέλα κοίλης σφαίρας ή πεπλατυσμένης σφαίρας.

Αν είμαστε σωστοί στην άποψή μας ότι τα νοητικά μοντέλα των παιδιών για τη Γη περιορίζονται από συγκεκριμένες προϋποθέσεις, τότε αυτό που χρειάζεται να γίνει για εννοιολογική αλλαγή είναι η επανερμηνεία αυτών των προϋποθέσεων. Όπως προαναφέρθηκε, τα παιδιά χρειάζεται να καταλάβουν πως στρογγυλά πράγματα μπορεί μερικές φορές να εμφανίζονται ότι είναι επίπεδα, και πως η βαρύτητα «στηρίζει» τη σφαιρική Γη και τους ανθρώπους που ζουν πάνω σ'

αυτήν. Αξίζει να σημειώσουμε ότι, όταν το επεξηγηματικό πλαίσιο μιας προϋπόθεσης αλλάζει, η παρατήρηση ότι στον καθημερινό κόσμο το έδαφος είναι επίπεδο ή ότι τα μη στηριζόμενα αντικείμενα πέφτουν, δεν αλλάζει. Εκείνο που αλλάζει είναι η ερμηνεία της συγκεκριμένης παρατήρησης. Αυτό το είδος της αλλαγής (μιας προϋπόθεσης) επεξηγηματικού πλαισίου στα παιδιά έχει συζητηθεί παλαιότερα από την Carey (1985), και είναι επίσης ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της αλλαγής θεωρίας στην ιστορία της επιστήμης (Kuhn, 1970· Lakatos, 1970· Laudan, 1977· Toulmin, 1972).

### *Ζητήματα Μεθοδολογίας*

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη βασίστηκε στην αρχική άποψη ότι τα παιδιά σχηματίζουν ενεργά θεωρίες κι ότι είναι πιθανό να δομούν αρχικά νοητικά μοντέλα για τον κόσμο τα οποία συμφωνούν με την καθημερινή τους εμπειρία (Piaget, 1929). Αυτή η άποψη μας παρείχε αρκετές υποθέσεις για το πιθανό είδος των αρχικών νοητικών μοντέλων των παιδιών και τις περιοχές όπου αυτά τα νοητικά μοντέλα ίσως διαφέρουν από τα πολιτισμικά αποδεκτά επιστημονικά μοντέλα. Μπορέσαμε έτσι να δημιουργήσουμε ερωτήσεις που θα μας επέτρεπαν να βρούμε τη διαφορά ανάμεσα στα υποθετικά αρχικά νοητικά μοντέλα και τα επιστημονικά μοντέλα.

Θέσαμε μια μεγάλη ποικιλία ερωτήσεων (βλ. επίσης Keil, 1979· Gelman, 1991), και μετά ελέγξαμε να δούμε αν οι ατομικές απαντήσεις σ' αυτές τις ερωτήσεις συμφωνούσαν με την άποψη του υποθετικού μοντέλου. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα είδη των ερωτήσεων που αποκαλούμε *παραγωγικές*. Αυτές είναι ερωτήσεις σχετικά με τα φαινόμενα τα οποία τα παιδιά δεν μπορούν άμεσα να παρατηρήσουν, και για τα οποία δεν είναι πιθανό να έχουν λάβει οποιαδήποτε άμεση πληροφορία. Αυτές οι ερωτήσεις έχουν τη δυνατότητα να αποκαλύψουν τα είδη των νοητικών μοντέλων που τα παιδιά χρησιμοποιούν.

Μια άλλη ενδιαφέρουσα μεθοδολογική μελέτη είναι η διαδικα-

σία για τον έλεγχο της σταθερότητας των παρατηρούμενων νοητικών μοντέλων. Αυτό έγινε με το να υποθέσουμε ένα συγκεκριμένο νοητικό μοντέλο και μετά να εξετάσουμε το διάγραμμα των απαντήσεων για να δούμε αν μπορούν να δημιουργηθούν υποθέτοντας συνεπή χρήση αυτού του μοντέλου (βλ. Siegel, 1978, για μια παρόμοια προσέγγιση).

Τέλος, αξίζει να σημειώσουμε ότι αυτό το είδος αναπτυξιακής έρευνας δημιούργησε μεθοδολογίες που μας επέτρεψαν να προχωρήσουμε από την πολύπλοκη ποιοτική πληροφορία σ' έναν περιορισμένο αριθμό καλά προσδιορισμένων μοντέλων που είναι αξιόπιστα και συμφωνούν με τα δεδομένα. Προσεγγίσεις σαν κι αυτή κάνουν πιθανή τη χρήση δεδομένων πρωτοκόλλου για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με υπονοούμενες γνωστικές δομές.

### *Συμπεράσματα*

Υποστηρίξαμε ότι τα παιδιά σχηματίζουν ένα αρχικό νοητικό μοντέλο επίπεδης Γης, το οποίο περιορίζεται από ένα σύνολο προϋποθέσεων που φαίνεται πως προέρχονται από την καθημερινή εμπειρία και συμφωνούν με τις απόψεις τους σχετικά με τα άψυχα φυσικά αντικείμενα γενικά. Η διαδικασία αλλαγής από αυτό το αρχικό νοητικό μοντέλο σ' ένα νοητικό μοντέλο σφαιρικής Γης είναι αργή και σταδιακή, και προκαλεί ενδιάμεσα συνθετικά μοντέλα της Γης. Τα συνθετικά μοντέλα σχηματίζονται όταν τα παιδιά προσπαθούν να συνδυάσουν την πληροφορία που προέρχεται από τους ενήλικους, ότι η Γη είναι σφαίρα, με τις προϋποθέσεις των δικών τους διαισθητικών θεωριών. Για να σχηματιστούν τα πολιτισμικά αποδεκτά επιστημονικά νοητικά μοντέλα σφαιρικής Γης, τα παιδιά πρέπει να επανερμηνεύσουν τις δικές τους προϋποθέσεις μέσα σ' ένα διαφορετικό επεξηγηματικό πλαίσιο.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anderson, J.R., & Bower, G.H. (1973), *Human Associative Memory*. Washington, DC: V.H. Winston.
- Anderson, C.W., & Smith, E.L. (1986), *Children's Conceptions of Light and Color: Understanding the Role of Unseen Rays* (Res. Series No. 166). East Lansing, MI: Michigan State University, College of Education, Institute for Research on Teaching.
- Ausubel, D.P. (1968), *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Berry, A. (1961), *A Short History of Astronomy: From the Earliest Times Through the Nineteenth Century*. New York: Dover.
- Brewer, W.F., Herdrich, D.J., & Vosniadou, S. (1987, January), *A Cross-Cultural Study of Children's Development of Cosmological Models: Samoan and American Data*. Paper presented at the Third International Conference on Thinking, Honolulu, HI.
- Brewer, W.F. (1987), «Schemas Versus Mental Models in Human Memory». Στο Morris, P. (επιμ.), *Modelling Cognition*. Chichester: Wiley.
- Brewer, W.F., & Nakamura, G.V. (1984), «The Nature and Functions of Schemas». Στο Wyer, R.S., Jr., & Srull, T.K. (επιμ.), *Handbook of Social Cognition* (τ. 1). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Brewer, W.F., & Samarapungavan, A. (1991), «Child Theories Versus Scientific Theories: Differences in Reasoning or Differences in Knowledge?» Στο Hoffman, R.R., & Palermo, D.S. (επιμ.), *Cognition and the Symbolic Processes: Applied and Ecological Perspectives*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Carey, S. (1985), *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S. (1986), «Constraints on Semantic Development». Στο Demopoulos W., & Marras, A. (επιμ.), *Language Learning and Concept Acquisition*. Norwood, N.J.: Ablex.
- Chi, M.T.H. (1988), «Children's Lack of Access and Knowledge Reorganization: An Example from the Concept of Animism». Στο Weinert, F., & Perlmutter, M. (επιμ.), *Memory Development: Universal Changes and Individual Differences*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Chi, M.T.H. (1992), «Conceptual Change Within and Across Ontological Categories: Examples from Learning and Discovery in Science». Στο Giere, R. (επιμ.), *Cognitive Models of Science* (Minnesota studies in the philosophy of science, τ. 15, σσ. 129-86). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Chi, M.T.H., Feltovich, P.J., & Glaser, R. (1981), «Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices». *Cognitive Science*, 5, σσ. 121-52.

- Clement, J. (1982), «Students' Preconceptions in Introductory Mechanics». *American Journal of Physics*, 50, σσ. 66-71.
- Collins, A., & Gentner, D. (1987), «How People Construct Mental Models». Στο Holland, D., & Quinn, N. (επιμ.), *Cultural Models in Language and Thought*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Collins, A.M., & Loftus, E.F. (1975), «A Spreading-Activation Theory of Semantic Processing». *Psychological Review*, 82, σσ. 407-28.
- Collins, A., & Stevens, A.L. (1984), *Mental Models of Complex Systems* (Report No. 5788). Cambridge, MA: Bolt, Beranek & Newman, Inc.
- DiSessa, A.A. (1982), «Unlearning Aristotelian Physics: A Study of Knowledge Based Learning». *Cognitive Science*, 6, σσ. 37-75.
- DiSessa, A.A. (1983), «Phenomenology and the Evolution of Intuition». Στο Gentner, D., & Stevens, A.L. (επιμ.), *Mental Models*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- DiSessa, A.A. (1988), «Knowledge in Pieces». Στο Forman, G., & Pufall, P.B. (επιμ.), *Constructivism in the Computer Age*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Driver, R., & Easley, J. (1978), «Pupils and Paradigms: A Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students». *Studies in Science Education*, 5, σσ. 61-84.
- Flavell, J.H., Green, F.L., & Flavell, E.R. (1986), «Development of Knowledge about the Appearance-Reality Distinction». *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 51 (1, Serial No. 212).
- Gelman, R. (1990), «First Principles Organize Attention to and Learning about Relevant Data: Number and the Animate-Inanimate Distinction as Examples». *Cognitive Science*, 14, σσ. 79-106.
- Gelman, R. (1991), «Epigenetic Foundations of Knowledge Structures: Initial and Transcendent Constructions». Στο Carey, S., & Gelman, R. (επιμ.), *The Epigenesis of Mind*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Gentner, D., & Stevens, A.L. (επιμ.) (1983), *Mental Models*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Gombrich, R.F. (1975), «Ancient Indian Cosmology». Στο Blacker, C., & Loewe, M. (επιμ.), *Ancient Cosmologies*. London: Allen & Unwin.
- Halford, G.S., & Boyle, F.M. (1985), «Do Young Children Understand Conservation of Number?» *Child Development*, 56, σσ. 165-76.
- Hanson, N.R. (1958), *Patterns of Discovery*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P.N. (1981), «Mental Models of Meaning». Στο Joshi, A.K., Webber, B.L., & Sag, I.A. (επιμ.), *Elements of Discourse Understanding*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P.N. (1983), *Mental Models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Keil, F.C. (1979), *Semantic and Conceptual Development: An Ontological Perspective*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Keil, F.C. (1983), «On the Emergence of Semantic and Conceptual Distinctions». *Journal of Experimental Psychology: General*, 112, σσ. 357-85.
- Keil, F.C. (1986), «The Acquisition of Natural Kinds and Artifact Terms». Στο Demopoulos, W., & Marras, A. (επιμ.), *Language Learning and Concept Acquisition*. Norwood, N.J.: Ablex.
- Kempton, W. (1987), «Two Theories of Home Heat Control». Στο Holland, D., & Quinn, N. (επιμ.), *Cultural Models in Language and Thought*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kosslyn, S.M. (1980), *Image and Mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kuhn, T.S. (1957), *The Copernican Revolution*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kuhn, T.S. (1970), *The Structure of Scientific Revolutions* (2η έκδ.). Chicago: University of Chicago Press.
- Kuhn, T.S. (1977), *The Essential Tension*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakatos, I. (1970), «Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes». Στο Lakatos, I., & Musgrave, A. (επιμ.), *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lambert, W.G. (1975), «The Cosmology of Sumer and Babylon». Στο Blacker, C., & Loewe, M. (επιμ.), *Ancient Cosmologies*. London: Allen & Unwin.
- Larkin, J.H. (1981), «Enriching Formal Knowledge: A Model for Learning to Solve Textbook Physics Problems». Στο Anderson, J.R. (επιμ.), *Cognitive Skills and Their Acquisition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Laudan, L. (1977), *Progress and Its Problems*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Mali, G.B., & Howe, A. (1979), «Development of Earth and Gravity Concepts among Nepali Children». *Science Education*, 63, σσ. 685-91.
- McCloskey, M. (1983), «Naive Theories of Motion». Στο Gentner, D., & Stevens, A.L. (επιμ.), *Mental Models*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- McCloskey, M., & Kargon, R. (1988), «The Meaning and Use of Historical Models in the Study of Intuitive Physics». Στο Strauss, S. (επιμ.), *Ontogeny, Phylogeny, and Historical Development*. Norwood, N.J.: Ablex.
- Needham, A., & Baillargeon, R. (υπό έκδ.), «Intuitions about Support in 4.5-Month-Old Infants». *Cognition*.
- Neilson, I., Dockrell, J., & McKechnie, J. (1983), «Does Repetition of the Question Influence Children's Performance in Conservation Tasks?» *British Journal of Developmental Psychology*, 1, σσ. 163-74.
- Nersessian, N.J., & Resnick, L.B. (1989), «Comparing Historical and Intuitive Explanations of Motion: Does "Naive Physics" Have a Structure?» *Pro-*

- ceedings of the 11th Annual Conference of the Cognitive Science Society.* Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Novak, J. (επιμ.) (1987), *Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics.* Ithaca, N.Y.: Cornell University, Department of Education.
- Nussbaum, J. (1979), «Children's Conceptions of the Earth as a Cosmic Body: A Cross Age Study». *Science Education*, 63, σσ. 83-93.
- Nussbaum, J., & Novak, J.D. (1976), «An Assessment of Children's Concepts of the Earth Utilizing Structured Interviews». *Science Education*, 60, σσ. 535-50.
- Paivio, A. (1971), *Imagery and Verbal Processes.* New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Piaget, J. (1929), *The Child's Conception of the World.* London: Routledge & Kegan Paul.
- Plumley, J.M. (1975), «The Cosmology of Ancient Egypt». Στο Blacker, C., & Loewe, M. (επιμ.), *Ancient Cosmologies.* London: Allen & Unwin.
- Ptolemy, C. (1984), *Ptolemy's Almagest* (G.J. Toomer, μτφρ.). London: Duckworth (original work published AD 150).
- Rumelhart, D.E. (1980), «Schemata: The Building Blocks of Cognition». Στο Spiro, R.J., Bruce, B.C., & Brewer, W.F. (επιμ.), *Theoretical Issues in Reading Comprehension.* Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Samarapungavan, A., & Vosniadou, S. (1988, April), *What Children from India Know about Observational Astronomy: A Cross-Cultural Study.* Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA.
- Siegel, M. (1991), *Knowing Children: Experiments in Conversation and Cognition.* Hove, UK: Erlbaum.
- Siegler, R.S. (1978), «The Origins of Scientific Reasoning». Στο Siegler, R.S. (επιμ.), *Children's Thinking: What Develops?* Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Smith, C., Carey, S., & Wisner, M. (1985), «On Differentiation: A Case Study of the Development of the Concepts of Size, Weight, and Density». *Cognition*, 21, σσ. 177-237.
- Sneider, C., & Pulos, S. (1983), «Children's Cosmologies: Understanding the Earth's Shape and Gravity». *Science Education*, 67, σσ. 205-21.
- Solomon, J. (1983), «Thinking in Two Worlds of Knowledge». Στο Helm, H., & Novak, J.D. (επιμ.), *Proceedings of the International Seminar: Misconceptions in Science and Mathematics.* Ithaca, N.Y.: Cornell University.
- Spelke, E.S. (1991), «Physical Knowledge in Infancy: Reflections on Piaget's Theory». Στο Carey, S., & Gelman, R. (επιμ.), *The Epigenesis of Mind: Essays on Biology and Cognition.* Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Thagard, P. (1992), *Conceptual Revolutions.* Princeton, N.J.: Princeton University Press.



- Toulmin, S. (1972), *Human Understanding*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Toulmin, S., & Goodfield, J. (1961), *The Fabric of the Heavens: The Development of Astronomy and Dynamics*. New York: Harper & Row.
- Vosniadou, S. (1989), «On the Nature of Children's Naive Knowledge». *Proceedings of the 11th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Vosniadou, S. (1991a), «Conceptual Development in Astronomy». Στο Glynn, S.M., Yeany, R.H., & Britton, B.K. (επιμ.), *The Psychology of Learning Science*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Vosniadou, S. (1991b), «Designing Curricula for Conceptual Restructuring: Lessons from the Study of Knowledge Acquisition in Astronomy». *Journal of Curriculum Studies*, 23, σσ. 219-37.
- Vosniadou, S., Archodidou, A., & Kalogiannidou, A., *Cultural Mediation in the Formation of Mental Models about the Earth* (στα ελλην.) (υπό έκδ.).
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1987), «Theories of Knowledge Restructuring in Development». *Review of Educational Research*, 57, σσ. 51-67.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1989), «A Cross-Cultural Investigation of Children's Conceptions about the Earth, the Sun, and the Moon: Greek and American Data». Στο Mandl, H., De Corte, E., Bennett, N., & Friedrich, H.F. (επιμ.), *Learning and Instruction: European Research in an International Context* (τ. 2.2). Oxford: Pergamon.
- Vosniadou, S., & Ortony, A. (επιμ.) (1989), *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wellman, H.M. (1990), *The Child's Theory of Mind*. Cambridge, MA: Bradford Books/MIT Press.
- Werner, H. (1948). *Comparative Psychology of Mental Development*. New York: International Universities Press.
- White, B.Y. (1983), «Sources of Difficulty in Understanding Newtonian Dynamics». *Cognitive Science*, 7, σσ. 41-65.
- White, B.Y., & Frederiksen, J.R. (1986), «Intelligent Tutoring Systems Based upon Qualitative Model Evolutions». *Proceedings of the Fifth National Conference on Artificial Intelligence*. Philadelphia, PA.
- Wiser, M. (1988), «The Differentiation of Heat and Temperature: History of Science and Novice-Expert Shift». Στο Strauss, S. (επιμ.), *Ontogeny, Phylogeny, and Historical Development*. Norwood, N.J.: Ablex.
- Wiser, M., & Carey, S. (1983), «When Heat and Temperature were One». Στο Gentner, D., & Stevens, A.L. (επιμ.), *Mental Models*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- (Accepted April 30, 1992).



## ΝΟΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΤΗΣ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ ΤΗΣ ΜΕΡΑΣ/ΝΥΧΤΑΣ<sup>1</sup>

ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΑΡΘΡΟΥ ΕΙΝΑΙ ΝΑ ΕΡΕΥΝΗΣΕΙ ΤΙΣ ΝΟΗΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ που σχηματίζουν τα παιδιά του Δημοτικού σχολείου για τον κύκλο της μέρας/νύχτας, και να περιγράψει πώς αλλάζουν αυτές οι αναπαραστάσεις κατά τη διαδικασία της απόκτησης γνώσεων. Η παρούσα εργασία αποτελεί συνέχεια προηγούμενων ερευνών με θέμα την εξέλιξη των νοητικών αναπαραστάσεων που έχουν τα παιδιά για τη Γη (Vosniadou & Brewer, 1992), στα πλαίσια ενός ευρύτερου ερευνητικού προγράμματος που είχε ως στόχο την κατανόηση της διαδικασίας με την οποία αποκτώνται οι γνώσεις στον τομέα της Αστρονομίας.

### *Η Διαδικασία Απόκτησης Γνώσεων για τον Φυσικό Κόσμο*

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών έχουν πληθύνει οι έρευνες με θέμα πώς τα παιδιά αποκτούν γνώσεις για τον φυσικό κόσμο, και πιο συγκεκριμένα, πώς τελικά κατανοούν τις επιστημονικές εξηγήσεις που είναι σήμερα αποδεκτές για έννοιες όπως η ύλη, το βάρος, η πυκνότητα, η θερμότητα, η θερμοκρασία, η δύναμη κλπ. Οι έρευνες αυ-

---

1. Μετάφραση του άρθρου «Mental Models of the Daynight Cycle», που δημοσιεύθηκε στο περιοδικό *Cognitive Science*, 18, σσ. 123-83 (1994).

τές συμφωνούν μεταξύ τους τουλάχιστον σ' ένα θεμελιώδες ζήτημα: τα παιδιά δεν είναι ένας «άγραφος χάρτης» όταν για πρώτη φορά έρχονται σ' επαφή με τις πολιτισμικά αποδεκτές επιστημονικές απόψεις. Αντίθετα, έρχονται εφοδιασμένα με αρχικές γνώσεις για τον φυσικό κόσμο, οι οποίες βασίζονται σε ερμηνείες της καθημερινής τους εμπειρίας. Υπάρχει όμως σημαντική διαφωνία σχετικά με το πώς πρέπει να χαρακτηριστούν αυτές οι αρχικές γνωσιακές δομές και πώς πρέπει να περιγραφεί η εξέλιξή τους.

Μερικοί ερευνητές πιστεύουν ότι οι αρχικές, διαισθητικές ή αφελείς γνωσιακές δομές αποτελούνται από έναν μεγάλο αριθμό φαινομενολογικών αρχών, χαλαρά οργανωμένων, οι οποίες αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη αφαίρεση κοινών συμβάντων (π.χ. DiSessa, 1993). Άλλοι ερευνητές πιστεύουν ότι τα παιδιά αρχίζουν με λίγες –πιθανώς έμφυτες–, κατά τομείς, εξειδικευμένες αρχές. Οι αρχές αυτές είναι οργανωμένες σε δομές που έχουν τη μορφή θεωριών, και οι οποίες επηρεάζουν τη διαδικασία απόκτησης γνώσεων (Gelman, 1990· Spelke, 1990). Οι ερευνητές επίσης διαφωνούν ως προς τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνονται τη διαδικασία απόκτησης γνώσεων, δηλαδή είτε με βάση τον εμπλουτισμό αρχικών δομών (π.χ. Spelke, 1991) είτε με την αντικατάστασή τους με νέες θεωρίες (π.χ. Carey, 1991). Οι δικές μας μελέτες που έχουν ως θέμα την ανάπτυξη της έννοιας της Γης οδήγησαν στην ανάπτυξη μιας θεωρητικής πρότασης (βλ. Vosniadou, 1989, 1990, 1991a· Vosniadou & Brewer, 1992) την οποία θα επεξεργαστούμε περισσότερο στο παρόν άρθρο.

Σύμφωνα με την πρόταση αυτή, η διαδικασία με την οποία αποκτώνται οι γνώσεις για τον φυσικό κόσμο περιορίζεται σε ορισμένες κατά τομείς εξειδικευμένες αρχές, όπως αυτές που περιγράφονται από τη Gelman (1990) και από τη Spelke (1991), τις οποίες ονομάζουμε *προϋποθέσεις* (π.χ., ότι τα αντικείμενα που δεν στηρίζονται πέφτουν προς τα κάτω). Οι προϋποθέσεις, οι οποίες μπορεί να είναι έμφυτες ή να προέρχονται από την εμπειρία, είναι παρούσες από τη νηπιακή ηλικία, και καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο τα παιδιά ερμηνεύουν τις παρατηρήσεις τους και τις πληροφορίες που παρέχονται από το πολιτισμικό πλαίσιο για να κατασκευάσουν δομές γνώ-

σεων. Πιστεύουμε επίσης ότι για μια πλήρη ερμηνεία της διαδικασίας απόκτησης γνώσεων είναι αναγκαίο να υποθέσουμε ότι υπάρχει και μία άλλη, δεύτερη σειρά περιορισμών, τους οποίους ονομάζουμε *πεποιθήσεις και νοητικά μοντέλα*. Οι πεποιθήσεις και τα νοητικά μοντέλα πηγάζουν από τη δομή των προϋπαρχουσών γνώσεων –κάτι παρόμοιο με αυτό που ο Keil (1990) αποκαλεί *επίκτητοι περιορισμοί αναφερόμενοι σε συγκεκριμένους τομείς γνώσεων*– και εξασκούν τη δική τους ειδική επίδραση στη διαδικασία απόκτησης γνώσεων.

Στο πλαίσιο αυτού του θεωρητικού μοντέλου, υποστηρίζουμε ότι η εννοιολογική αλλαγή είναι κάτι περισσότερο από εμπλουτισμός (π.χ. Spelke, 1991), και δεν μπορεί να περιγραφεί πλήρως ως μία άμεση αντικατάσταση μιας θεωρίας με μία άλλη (π.χ. Carey, 1991). Η εννοιολογική αλλαγή εκλαμβάνεται ως το αποτέλεσμα της σταδιακής άρσης περιορισμών καθώς προϋποθέσεις, πεποιθήσεις και νοητικά μοντέλα προστίθενται, εξαφανίζονται ή αναθεωρούνται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας απόκτησης γνώσεων.

Υποστηρίζουμε ότι οι αναπαραστάσεις που σχηματίζουν τα άτομα για τον φυσικό κόσμο έχουν τη μορφή νοητικών μοντέλων. Ο όρος «νοητικό μοντέλο» χρησιμοποιείται για να περιγράψει το ιδιαίτερο εκείνο είδος νοητικών αναπαραστάσεων που έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: (α) η δομή τους είναι ανάλογη με τις καταστάσεις του κόσμου που αντιπροσωπεύουν (Johnson-Laird, 1980, σ. 90), (β) μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο νοητικού «χειρισμού» ή αλλιώς «να προβληθούν στα μάτια του νου» για την παραγωγή προβλέψεων σχετικά με τις αιτιακές καταστάσεις του φυσικού κόσμου (Collins, 1985, σ. 80), και (γ) προσφέρουν επεξηγήσεις των φυσικών φαινομένων (Holland, Holyoak, Wisbett & Thagard, 1986, σ. 329). Επιπλέον, υποθέτουμε ότι τα νοητικά μοντέλα είναι δυναμικές αναπαραστάσεις οι οποίες, συνήθως, δημιουργούνται με τον ειδικό σκοπό να καλύψουν τις ανάγκες λύσης συγκεκριμένων προβλημάτων (Johnson-Laird, 1983· Vosniadou & Brewer, 1992, σ. 543). Υπάρχει φυσικά η πιθανότητα ορισμένα νοητικά μοντέλα, ή μέρος τους, τα οποία έχουν φανεί χρήσιμα στο παρελθόν, να είναι εναποθηκευμένα στη μνήμη ως ξεχωριστές δομές και να ανακαλούνται όταν είναι

αναγκαίο. Τα νοητικά μοντέλα πηγάζουν από τη δομή της βάσης των γνώσεων και μπορούν να δώσουν πολύτιμες πληροφορίες για τις υποκείμενες γνωσιακές δομές (τις προϋποθέσεις και τις πεποιθήσεις) από τις οποίες προέρχονται.

### *Νοητικά Μοντέλα της Γης*

Σε προηγούμενη μελέτη (Vosniadou & Brewer, 1992) ερευνήσαμε τις νοητικές αναπαραστάσεις που σχηματίζουν τα παιδιά του Δημοτικού σχολείου για τη Γη κάνοντας μια σειρά ερωτήσεων σχετικά με το σχήμα της Γης καθώς και για τα μέρη πάνω στη Γη όπου κατοικούν οι άνθρωποι. Υποθέσαμε ότι τα παιδιά χρησιμοποιούν τις εννοιολογικές γνώσεις που έχουν στη διάθεσή τους για να σχηματίσουν ένα νοητικό μοντέλο της Γης που θα τους επιτρέψει να απαντήσουν στις ερωτήσεις μας. Προσπαθήσαμε να κατανοήσουμε τα νοητικά μοντέλα που βρίσκονται πίσω από τα διάφορα είδη απαντήσεων που έδωσαν στις ερωτήσεις και να καθορίσουμε αν τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούνταν κατά έναν συνεπή τρόπο σε μια μεγάλη ποικιλία προβλημάτων.

Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι τα περισσότερα από τα παιδιά που ερευνήσαμε χρησιμοποιούσαν με συνέπεια έναν μικρό σχετικά αριθμό καλά καθορισμένων νοητικών μοντέλων της Γης. Τα μικρότερα παιδιά είχαν την τάση να σχηματίζουν ένα αρχικό νοητικό μοντέλο μιας επίπεδης Γης, που μπορούσε να έχει το σχήμα ορθογωνίου ή δίσκου, και η οποία θεωρείται πως στηρίζεται «στο έδαφος». Το νοητικό μοντέλο της επίπεδης Γης φαίνεται να αποτελεί προϊόν της καθημερινής εμπειρίας, και δεν επηρεάζεται από το πολιτισμικά αποδεκτό επιστημονικό μοντέλο μιας σφαιρικής Γης. Τα μεγαλύτερα παιδιά είχαν την τάση να σχηματίζουν το πολιτισμικά αποδεκτό μοντέλο της σφαιρικής Γης που περιβάλλεται από το διάστημα, κι όπου οι άνθρωποι ζουν σε όλη την εξωτερική επιφάνειά της.

Εντοπίστηκε επίσης ένας αριθμός ενδιάμεσων ή συνθετικών μοντέλων της Γης, όπως είναι το μοντέλο της διπλής Γης, το μοντέλο

της κοίλης σφαίρας και το μοντέλο της πεπλατυσμένης σφαίρας. Τα παιδιά που σχηματίζουν το νοητικό μοντέλο της διπλής Γης πιστεύουν ότι υπάρχουν δύο γαίες: μια επίπεδη, πάνω στην οποία ζουν οι άνθρωποι, και μια στρογγυλή, που βρίσκεται ψηλά στον ουρανό. Σύμφωνα με το μοντέλο της κοίλης σφαίρας, οι άνθρωποι ζουν σε επίπεδο έδαφος που βρίσκεται μέσα στη σφαιρική Γη. Τέλος, σύμφωνα με το μοντέλο της πεπλατυσμένης σφαίρας, η Γη είναι μια σφαίρα επίπεδη στο πάνω και στο κάτω μέρος της όπου ζουν οι άνθρωποι.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα περισσότερα από τα παιδιά της πρώτης και τρίτης τάξεως, και περίπου τα μισά από τα παιδιά της πέμπτης τάξεως του δείγματός μας, είχαν σχηματίσει ένα συνθετικό μοντέλο της Γης.

Η πληθώρα των συνθετικών μοντέλων αποδεικνύει πόσο δύσκολο είναι για τα παιδιά του Δημοτικού σχολείου να σχηματίσουν το νοητικό μοντέλο μιας στρογγυλής Γης με τους ανθρώπους να ζουν γύρω της, από την έξω μεριά. Αυτό συμβαίνει παρόλο που τα παιδιά του Δημοτικού σχολείου υπόκεινται συνεχώς σε πληροφορίες σχετικά με το σφαιρικό σχήμα της Γης (μέσω τηλεόρασης, βιβλίων, διδασκαλίας στο σχολείο, κλπ.).

Για να εξηγήσουμε το σχηματισμό των συνθετικών νοητικών μοντέλων, υποστηρίξαμε ότι τα παιδιά αρχικά αντιλαμβάνονται τη Γη ως ένα φυσικό αντικείμενο, και όχι ως ένα ουράνιο σώμα. Υποθέτουν, δε, πως το αντικείμενο αυτό υφίσταται όλες τις προϋποθέσεις οι οποίες περιορίζουν τα φυσικά αντικείμενα που βρίσκονται πάνω στη Γη. Δύο από τις προϋποθέσεις αυτές είναι ιδιαίτερα σημαντικές, γιατί έχουν τη δυνατότητα να εξηγήσουν τη δημιουργία των συνθετικών μοντέλων. Είναι οι προϋποθέσεις ότι το έδαφος είναι επίπεδο (όπως φαίνεται ότι είναι) και ότι τα αντικείμενα που δεν στηρίζονται πέφτουν προς τα κάτω.

Τα συνθετικά μοντέλα της Γης μπορεί να εξηγηθούν αν υποθέσουμε ότι τα παιδιά είτε αφομοιώνουν στο αρχικό τους μοντέλο την πολιτισμικά αποδεκτή άποψη περί μιας σφαιρικής Γης είτε αναθεωρούν τη μία μόνο από τις προϋποθέσεις που αναφέραμε πιο πάνω και όχι την άλλη (Vosniadou & Brewer, 1992). Το συνθετικό μοντέλο

της διπλής Γης, παραδείγματος χάρη, δεν απαιτεί αλλαγές σε οποιαδήποτε από τις βασικές προϋποθέσεις που αποτελούν την αιτία γέννησης του αρχικού μοντέλου μιας επίπεδης Γης. Τα παιδιά που σχηματίζουν αυτό το νοητικό μοντέλο εξακολουθούν να πιστεύουν ότι το έδαφος είναι επίπεδο κι ότι τα πράγματα που δε στηρίζονται πέφτουν. Αυτό που κάνουν επιπλέον είναι απλώς να προσθέτουν στις ήδη υπάρχουσες εννοιολογικές δομές τους την πληροφορία ότι υπάρχει και μια άλλη Γη, που είναι σφαιρική και βρίσκεται ψηλά στον ουρανό, όπως ένας πλανήτης.

Το συνθετικό μοντέλο μιας κοίλης σφαίρας, από την άλλη μεριά, απαιτεί μια τροποποίηση των προϋποθέσεων του παιδιού. Τα παιδιά που σχηματίζουν αυτό το μοντέλο έχουν παραιτηθεί από την προϋπόθεση ότι η ίδια η Γη πρέπει να στηρίζεται, μολονότι φαίνεται πως εξακολουθούν να πιστεύουν ότι τα αντικείμενα πάνω στη Γη που δε στηρίζονται πέφτουν. Επίσης, συνεχίζουν να πιστεύουν ότι το έδαφος είναι επίπεδο. Για να επιλύσουν την αντίθεση μεταξύ των εδραιωμένων προϋποθέσεών τους και της πολιτισμικά αποδεκτής άποψης, δημιουργούν το συνθετικό μοντέλο μιας κοίλης σφαίρας. Με το να εμπεριέχει την άποψη ότι οι άνθρωποι ζουν πάνω στο επίπεδο έδαφος στο εσωτερικό της Γης, αυτό το νοητικό μοντέλο πετυχαίνει να συμβιβάσει τις αρχικές προϋποθέσεις των παιδιών με την επιστημονική αντίληψη περί μιας σφαιρικής Γης.

Φαίνεται λοιπόν ότι τα συνθετικά μοντέλα πιθανώς σχηματίζονται όταν η διαδικασία απόκτησης γνώσεων απαιτεί μια αναθεώρηση των εδραιωμένων προϋποθέσεων που βασίζονται στην ερμηνεία των καθημερινών εμπειριών. Στις περιπτώσεις αυτές, τα συνθετικά μοντέλα λειτουργούν ως ενδιάμεσα βήματα κατά την πορεία αλλαγής από ένα αρχικό διαισθητικό μοντέλο προς το επιστημονικό μοντέλο που είναι πολιτισμικά αποδεκτό.

### *Η Παρούσα Μελέτη*

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει αν το θεωρητικό πλαίσιο που αναπτύξαμε για να περιγράψουμε την εξέλιξη της έν-



νοιας της Γης θα μπορούσε να εξηγήσει τις αλλαγές που υφίστανται τα νοητικά μοντέλα που σχηματίζουν τα παιδιά του Δημοτικού σχολείου για τον κύκλο της μέρας/νύχτας. Πιο συγκεκριμένα, στόχος μας ήταν να εξακριβώσουμε αν θα μπορούσαμε να εντοπίσουμε έναν μικρό αριθμό νοητικών μοντέλων του κύκλου της μέρας/νύχτας που χρησιμοποιούνται με συνέπεια από τα παιδιά, και να δούμε αν ήταν δυνατόν να χαρακτηριστούν κάποια από τα μοντέλα αυτά συνθετικά, κατά τρόπο παρόμοιο με αυτόν που εντοπίστηκε στην περίπτωση της Γης. Πέραν του ότι μας δίνει την ευκαιρία να επιβεβαιώσουμε μια ακόμη φορά τα ευρήματα προηγούμενης μελέτης για τη Γη, η παρούσα μελέτη θέτει καινούργια ζητήματα, δεδομένου ότι τα νοητικά μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας δεν εμπλέκουν μόνο μία έννοια, αλλά, τουναντίον, έναν αριθμό εννοιών που ασκούν αμοιβαία επίδραση (π.χ. Γη, Ήλιος, Σελήνη και άστρα) και απαιτούν την εξήγηση ενός σύνθετου φαινομένου.

Στις επόμενες σελίδες θα εκθέσουμε εν συντομία τις εξηγήσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας, τις οποίες εντοπίσαμε στην ιστορία της Αστρονομίας. Θα συνεχίσουμε με μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που αναφέρεται στις εξηγήσεις που δίνουν τα παιδιά για την εναλλαγή μέρας και νύχτας. Μετά θα στραφούμε στη δική μας έρευνα.

### *Εξηγήσεις της Εναλλαγής της Μέρας/Νύχτας στην Ιστορία της Αστρονομίας*

Οι παλαιότερες θεωρίες της εναλλαγής της μέρας/νύχτας που απαντώνται σε διάφορους πολιτισμούς θεωρούν την κίνηση του Ήλιου ως τη βασική αιτία του κύκλου της μέρας/νύχτας. Διαφέρουν όμως στον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνονται την κίνηση του Ήλιου, και πιο συγκεκριμένα στο αν θεωρούν ότι ο Ήλιος πηγαίνει κάτω από τη Γη τη νύχτα ή όχι. Σύμφωνα με μια αρχαία κινέζικη κοσμολογία, η Γη είναι επίπεδη και τετράγωνη και ο Ήλιος κινείται προς άλλα μακρινά μέρη της Γης (Needham, 1975). Ο Έλληνας φιλόσοφος

Αναξιμένης πίστευε ότι η Γη είναι επίπεδη σαν ένα τραπέζι. Ένας Έλληνας σχολιαστής σημειώνει ότι ο Αναξιμένης «υποστηρίζει πως τα ουράνια σώματα δεν κινούνται κάτω από τη Γη, όπως άλλοι υποθέτουν, αλλά γύρω από αυτήν, όπως ένας σκούφος γύρω από το κεφάλι μας. Ο Ήλιος γίνεται αθέατος όχι επειδή πηγαίνει κάτω από τη Γη, αλλά επειδή τον καλύπτουν τα ψηλότερα μέρη της Γης» (Heath, 1932, σ. 10). Μια παλαιά ινδική κοσμολογία υποστήριξε επίσης ότι ο Ήλιος δεν πηγαίνει κάτω από τη Γη, αλλά, τουναντίον, στρέφει μια σκοτεινή πλευρά του προς τη Γη κι έπειτα συνεχίζει το δρόμο του προς την ανατολή απ' όπου θ' ανατείλει (Gombich, 1975). Ο Έλληνας φιλόσοφος Ξενοφάνης πίστευε ότι η Γη είναι επίπεδη και ατέλειωτη προς τα κάτω. Υποστήριξε ότι ο Ήλιος είναι φτιαγμένος από φωτιά. Όταν ο Ήλιος βασιλεύει, η φωτιά σβήνει, και κάθε αυγή ένας καινούργιος Ήλιος ανάβει (Heath, 1932).

Μια άλλη κοινή θεωρία του κύκλου της μέρας/νύχτας ήταν ότι ο Ήλιος που βασιλεύει πάει κάτω από τη Γη κι επιστρέφει στη θέση απ' όπου ανατέλλει. Οι Σουμέριοι πίστευαν ότι η Γη είναι ένας επίπεδος δίσκος, κι όταν ο Ήλιος βασιλεύει στη δύση, πηγαίνει κάτω από τη Γη για ν' ανατείλει στην ανατολή (Lambert, 1975). Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι πίστευαν ότι η Γη έχει το σχήμα μιας ποτάμιας κοιλάδας και ο Ήλιος, μετά τη δύση του, πηγαίνει κάτω από τη Γη για να επιστρέψει ψηλά στην άλλη πλευρά (Plumbly, 1975). Τα μέλη μιας σύγχρονης φυλής στο Περού που μιλάνε τη γλώσσα Quechua υποστηρίζουν μια περίπου παρόμοια άποψη. Πιστεύουν ότι η Γη είναι κάτι σαν μια ποτάμια κοιλάδα και ότι ο Ήλιος βασιλεύει στο δυτικό άκρο, ταξιδεύει κάτω από το ποτάμι κατά τη διάρκεια της νύχτας, και τελικά αναδύεται στο ανατολικό άκρο (Urton, 1981).

Καθώς η ελληνική Αστρονομία αναπτύχθηκε, η άποψη που έγινε ευρέως αποδεκτή (π.χ. αυτή του Αριστοτέλη και του Πτολεμαίου) ήταν ότι η Γη είναι μια σφαίρα που βρίσκεται στο κέντρο του σύμπαντος. Ο Ήλιος και η Σελήνη είναι προσκολλημένα σε μεγαλύτερες σφαίρες που περιστρέφονται γύρω από μια ακίνητη Γη. Η περιστροφική κίνηση του Ήλιου γύρω από τη Γη προκαλεί την εναλλαγή της μέρας/νύχτας (Heath, 1932). Γίνεται σαφές, λοιπόν, ότι κατά τα

πρώιμα στάδια κατανόησης της εναλλαγής της μέρας/νύχτας οι φιλόσοφοι-επιστήμονες ανέπτυξαν μια ευρεία κλίμακα πολύ διαφορετικών μοντέλων για να εξηγήσουν τα δεδομένα των παρατηρήσεών τους. Στο επόμενο μέρος της μελέτης θα εξετάσουμε τις εξηγήσεις που δίνουν τα παιδιά στα ίδια αυτά φαινόμενα.

### *Προηγούμενες Έρευνες με Θέμα: «Εξηγήσεις που δίνουν οι Μαθητές για την Εναλλαγή της Μέρας/Νύχτας»*

Οι περισσότερες από τις μελέτες που έχουν γίνει με θέμα την απόκτηση των γνώσεων Αστρονομίας είχαν ως κύριο στόχο τις ιδέες των παιδιών για το σχήμα της Γης και τη βαρύτητα (π.χ. Nussbaum, 1979· Nussbaum & Novak, 1976· Sneider & Poulos, 1983). Υπάρχουν όμως δύο σχετικά πρόσφατες μελέτες που διερεύνησαν πώς τα παιδιά εξηγούν την εναλλαγή της μέρας/νύχτας. Η μία μελέτη, που έγινε από τον Sadler (1987), ερεύνησε τις ιδέες εικοσιπέντε παιδιών τρίτης τάξης του Γυμνασίου σχετικά με την εναλλαγή της μέρας/νύχτας, των εποχών, και των φάσεων της Σελήνης. Η μελέτη αυτή αποκάλυψε την ύπαρξη πέντε διαφορετικών λόγων στους οποίους οφείλεται η εναλλαγή μέρας και νύχτας, και που είναι οι παρακάτω: (1) η Γη γυρίζει γύρω από τον εαυτό της, (2) ο Ήλιος κινείται γύρω από τη Γη, (3) η Σελήνη σκεπάζει τον Ήλιο, (4) ο Ήλιος εξαφανίζεται τη νύχτα και (5) η ατμόσφαιρα σκεπάζει τον Ήλιο. Ο Sadler αναφέρει ότι, μολονότι οι περισσότεροι από τους μισούς μαθητές που πήραν μέρος στη μελέτη είχαν επιλέξει ένα ειδικό μάθημα διάρκειας ενός έτους που αναφέρονταν στις επιστήμες της Γης, εντούτοις δεν έδωσαν περισσότερες σωστές απαντήσεις απ' όσες οι άλλοι, αν κι είχαν την τάση να χρησιμοποιούν κάποιους επιστημονικούς όρους, όπως «τροχιά» (orbit) και «κλίση» (tilt), συχνότερα απ' ό,τι οι μαθητές που δεν παρακολούθησαν αυτό το ειδικό μάθημα.

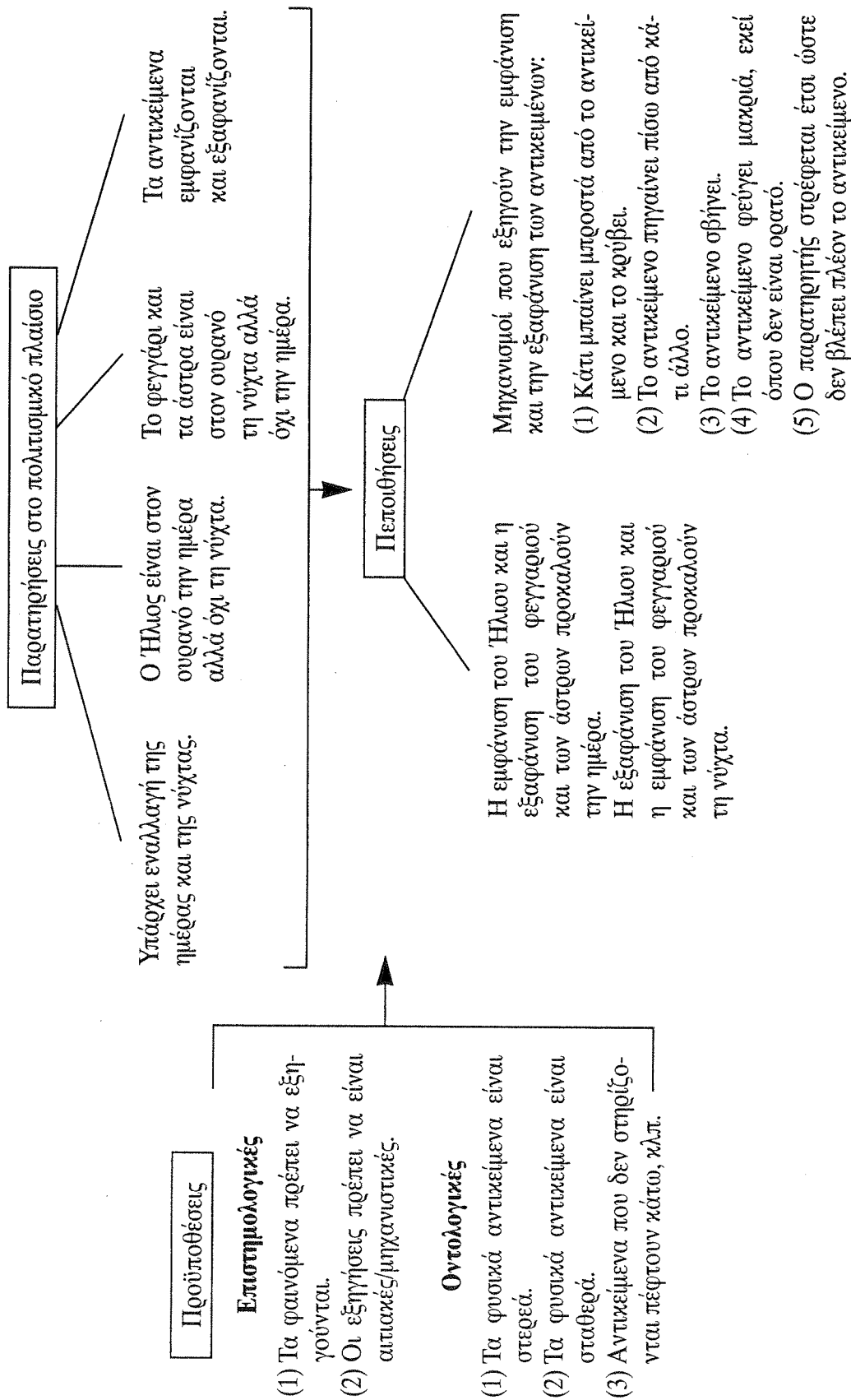
Μια λεπτομερέστερη μελέτη πάνω στις ιδέες των μαθητών για τα αστρονομικά φαινόμενα, συμπεριλαμβανομένης της εναλλαγής του κύκλου της μέρας/νύχτας, έγινε από τον Baxter (1989). Κατά τη με-

λέτη αυτή, συνέλεξε μέσω ατομικών συνεντεύξεων τις απαντήσεις είκοσι μαθητών ηλικίας από 9 μέχρι 16 ετών. Οι απαντήσεις τους αποκάλυψαν τις ακόλουθες έξι εξηγήσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας: (1) ο Ήλιος πηγαίνει πίσω από τους λόφους, (2) τα σύννεφα καλύπτουν τον Ήλιο, (3) η Σελήνη καλύπτει τον Ήλιο, (4) ο Ήλιος περιστρέφεται γύρω από τη Γη μια φορά τη μέρα, (5) η Γη περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο μια φορά τη μέρα και (6) η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της μια φορά τη μέρα.

Άλλες έρευνες που ακολούθησαν, με περισσότερα υποκείμενα, έδειξαν ότι οι μικρότεροι μαθητές προτιμούσαν την εξήγηση εκείνη σύμφωνα με την οποία η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο μια φορά την ημέρα. Βαθμιαία, την εξήγηση αυτή αντικαθιστούσε μια άλλη, σύμφωνα με την οποία η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της. Παρά την αλλαγή όμως αυτή, πολλοί από τους μαθητές ηλικίας 15-16 ετών εξακολουθούσαν να πιστεύουν ότι αιτία του κύκλου της μέρας/νύχτας είναι η περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο, ή η περιφορά του Ήλιου γύρω από τη Γη, ή η κάλυψη του Ήλιου από τη Σελήνη.

Παρότι εντοπίζουν τις εξηγήσεις που δίνουν οι μαθητές για τον κύκλο της μέρας/νύχτας, εντούτοις οι έρευνες που μόλις περιγράψαμε έχουν περιορισμένους στόχους. Οι εξηγήσεις δεν περιγράφονται λεπτομερώς. Οι ερευνητές δε δίνουν σαφείς πληροφορίες για τα κριτήρια που χρησιμοποίησαν για να αντλήσουν τις εξηγήσεις από τους μαθητές αλλά και για τη συνέπεια με την οποία τα χρησιμοποίησαν, ούτε επιχειρούν να εξηγήσουν πώς σχηματίζονται αυτές οι εξηγήσεις ή πώς αλλάζουν καθώς μεγαλώνουν τα παιδιά. Στο παρόν άρθρο θα επιχειρήσουμε να απαντήσουμε σε μερικές από αυτές τις ερωτήσεις. Στο αμέσως επόμενο μέρος του άρθρου θα επεξεργαστούμε και θα επεκτείνουμε το θεωρητικό πλαίσιο που έχουμε αναπτύξει για να εξηγήσουμε τα ευρήματα του Baxter (1989) και του Sadler (1987) και για να κάνουμε περαιτέρω προβλέψεις.

ΣΧΗΜΑ 1: Υποθετική διαδικασία απόκτησης γνώσεων που βοιάκεται πίσω από τις εξηγήσεις των παιδιών της εναλλαγής της μέρας / νύχτας.



## *Κατασκευάζοντας ένα Νοητικό Μοντέλο του Κύκλου της Μέρας/Νύχτας*

Στο κείμενο που ακολουθεί θα περιγράψουμε τις υποτιθέμενες εννοιολογικές δομές που αποτελούν τη βάση των αρχικών εξηγήσεων που δίνουν τα παιδιά για τον κύκλο της μέρας/νύχτας. Θα εξετάσουμε επίσης τους τρόπους με τους οποίους τα ατομικά μοντέλα της Γης και του Ήλιου ασκούν περαιτέρω περιορισμούς στα νοητικά μοντέλα του φαινομένου της μέρας/νύχτας.

### *Υποτιθέμενη Διαδικασία Απόκτησης Γνώσεων*

*Προϋποθέσεις.* Υποθέτουμε ότι τα παιδιά του Δημοτικού σχολείου δρουν κάτω από τους περιορισμούς ορισμένων επιστημολογικών προϋποθέσεων. Έχουν δηλαδή ορισμένα κριτήρια που τους επιτρέπουν να αναγνωρίζουν τι συνιστά ένα φαινόμενο, γνωρίζουν ότι τα φαινόμενα απαιτούν κάποια εξήγηση, κι έχουν την προδιάθεση να προτιμούν τις αιτιώδεις εξηγήσεις των φυσικών φαινομένων. Επιπλέον, υποθέτουμε ότι τα παιδιά περιορίζονται από ορισμένες οντολογικές προϋποθέσεις σχετικά με τη φύση των φυσικών αντικειμένων (π.χ. ότι τα φυσικά αντικείμενα είναι σταθερά, δεν κινούνται από μόνα τους, χρήζουν υποστήριξης, και ούτω καθεξής). Οι εδραιωμένες αυτές προϋποθέσεις αποτελούν την υποδομή βάσει της οποίας τα παιδιά ερμηνεύουν τις παρατηρήσεις τους, και περιορίζουν τη συμπερασματική διαδικασία που χρησιμοποιεί αυτές τις παρατηρήσεις για να παραγάγει συγκεκριμένες πεποιθήσεις για τη φύση του φυσικού κόσμου.

### *Παρατηρήσεις και Σχετικές Πεποιθήσεις*

Η κεντρική παρατήρηση που έχει σχέση με την εναλλαγή της μέρας/νύχτας είναι ότι ο Ήλιος βρίσκεται στον ουρανό κατά τη διάρκεια της μέρας αλλά όχι και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Μια άλλη σχετική παρατήρηση είναι ότι η Σελήνη και τα άστρα βρίσκονται




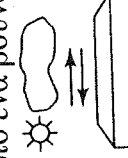
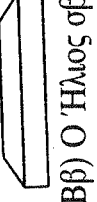





στον ουρανό κατά τη διάρκεια της νύχτας αλλά όχι και κατά τη διάρκεια της μέρας (τα περισσότερα παιδιά του Δημοτικού σχολείου δεν έχουν αντιληφθεί ότι το φεγγάρι ορισμένες φορές βρίσκεται στον ουρανό κατά τη διάρκεια της μέρας). Από τις παρατηρήσεις αυτές, και με δεδομένες τις εδραιωμένες πεποιθήσεις για τις οποίες ήδη κάναμε λόγο, πολλά παιδιά αντλούν την ιδέα ότι η μέρα προκαλείται από την εμφάνιση του Ήλιου και την εξαφάνιση της Σελήνης και των άστρων, και η νύχτα προκαλείται από την εξαφάνιση του Ήλιου και την εμφάνιση της Σελήνης και των άστρων.

Η εμφάνιση και η εξαφάνιση των πραγμάτων είναι ένα πολύ κοινό και εντυπωσιακό φαινόμενο στην καθημερινή εμπειρία του παιδιού. Παρατηρήσεις νηπίων δείχνουν το εξαιρετικό ενδιαφέρον τους για ενέργειες που προκαλούν την εμφάνιση και την εξαφάνιση των αντικειμένων (π.χ. Piaget, 1963). Επίσης, μελέτες της γλωσσικής ανάπτυξης δείχνουν ότι οι λέξεις και οι εκφράσεις που αναφέρονται στην εξαφάνιση και επανεμφάνιση αντικειμένων ή προσώπων είναι μεταξύ των πρώτων που εμφανίζονται στο λεξιλόγιο του μικρού παιδιού (Bloom, 1970· Brown, 1973). Προς το τέλος της προσχολικής ηλικίας τα παιδιά φαίνεται πως έχουν στη διάθεσή τους έναν αριθμό πιθανών μηχανισμών που δύνανται να εξηγήσουν την εξαφάνιση και την επανεμφάνιση των αντικειμένων, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται οι ακόλουθοι:

- (1) Κάτι κινείται μπροστά από ένα αντικείμενο και το κρύβει.
- (2) Το αντικείμενο κινείται πίσω από κάτι άλλο.
- (3) Το αντικείμενο σβήνει.
- (4) Το αντικείμενο κινείται κάπου μακριά όπου δεν μπορούμε να το δούμε.
- (5) Γυρνάμε έτσι ώστε δεν μπορούμε πια να δούμε το αντικείμενο.

Ενώ όλοι αυτοί οι μηχανισμοί μπορεί να βρίσκονται στη διάθεση του μικρού παιδιού, οι συγκεκριμένοι μηχανισμοί που θα επιλεγούν για να εξηγήσουν την εναλλαγή της μέρας/νύχτας θα πρέπει να ανταποκρίνονται στους περιορισμούς που ετέθησαν από τα νοητικά μοντέλα που σχημάτισαν τα παιδιά για τη Γη και τον Ήλιο, τη Σελή-

ΣΧΗΜΑ 2: Περιορισμοί στους μηχανισμούς επιλογής των εξηγήσεων της εναλλαγής της μέρας/νύχτας.

Νοητικά μοντέλα της Γης	Νοητικά μοντέλα του Ήλιου	Νοητικά μοντέλα της εναλλαγής της μέρας/νύχτας
 <p>(1) Η Γη είναι επίπεδη, υποστηριζόμενη και ακίνητη.</p>	<p>(A) Ο Ήλιος κινείται.</p> <p>(B) Ο Ήλιος είναι ακίνητος.</p>	<p><b>Αρχικά μοντέλα</b></p>  <p>(1Aα) Ο Ήλιος πηγαινέι πίσω από ένα βουνό.</p>  <p>(1Aβ) Ο Ήλιος φεύγει μακριά.</p>  <p>(1Bα) Σύννεφα σκεπάζουν τον Ήλιο.</p>  <p>(1Bβ) Ο Ήλιος σβήνει.</p>
 <p>(2) Η Γη είναι μια σφαίρα αιωρούμενη στο διάστημα, μπορεί να κινείται ή να είναι ακίνητη.</p>	<p>(A) Ο Ήλιος κινείται.</p> <p>(B) Ο Ήλιος είναι ακίνητος.</p>	<p><b>Συνθετικά μοντέλα και το επιστημονικό μοντέλο</b></p>  <p>(2Aα) Ο Ήλιος πηγαινέι στην άλλη πλευρά της Γης.</p>  <p>(2Aβ) Ο Ήλιος περιστρέφεται γύρω από τη Γη.</p>  <p>(2Bα) Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο.</p>  <p>(2Bβ) Η Γη περιστρέφεται από τα πάνω προς τα κάτω ή από την ανατολή προς τη δύση.</p>



νη και τα άστρα. Μερικοί από τους περιορισμούς αυτούς περιγράφονται στο Σχήμα 2.

### *Περιορισμοί στην Επιλογή των Επεξηγηματικών Μηχανισμών*

Οι εξηγήσεις της εναλλαγής της μέρας/νύχτας μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με το πώς αντιλαμβάνεται κανείς τη Γη, τον Ήλιο, τη Σελήνη και τα άστρα. Επειδή τα νοητικά μοντέλα αυτών των ουρανίων σωμάτων περιορίζονται από εδραιωμένες προϋποθέσεις του είδους που συζήτησαν οι Vosniadou και Brewer (1992), οι προϋποθέσεις αυτές επενεργούν ως έμμεσοι περιορισμοί στα νοητικά μοντέλα της εναλλαγής της μέρας/νύχτας. Ως εκ τούτου, στις εξηγήσεις της εναλλαγής της μέρας/νύχτας που δίνουν τα παιδιά υπάρχει μια ιεραρχία περιορισμών, μερικοί από τους οποίους προέρχονται από τις προϋποθέσεις των παιδιών για τη φύση των ίδιων των φυσικών αντικειμένων και άλλοι επενεργούν μέσω των νοητικών μοντέλων των παιδιών για τη Γη, τον Ήλιο, τη Σελήνη και τα άστρα. Στο σημείο αυτό θα εξετάσουμε πώς τα νοητικά μοντέλα που σχηματίζουν τα παιδιά για τη Γη και τον Ήλιο περιορίζουν τα νοητικά τους μοντέλα για την εναλλαγή της μέρας/νύχτας. Το ερώτημα πώς τα νοητικά μοντέλα της Σελήνης και των άστρων επηρεάζουν τα νοητικά μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας θα τεθεί στις επόμενες ενότητες.

*Αρχικά μοντέλα.* Βασιζόμενοι στις μελέτες μας σχετικά με τις αναπαραστάσεις των παιδιών για τη Γη, υποθέτουμε ότι τα παιδιά αρχίζουν με το σχηματισμό του νοητικού μοντέλου μιας επίπεδης και ακίνητης Γης η οποία στηρίζεται σε κάτι – συνήθως χώμα και πέτρες. Δεδομένου του νοητικού μοντέλου μιας επίπεδης και ακίνητης Γης, η εξαφάνιση του Ήλιου μπορεί να εξηγηθεί με διαφορετικούς μηχανισμούς ανάλογα με το αν ο Ήλιος θεωρείται ακίνητος ή κινούμενος. Αν τα παιδιά πιστεύουν ότι ο Ήλιος κινείται, μπορεί να υποθέσουν ότι τη νύχτα πηγαίνει πίσω από τα βουνά (Σχήμα 2, 1Αα) ή ότι πηγαίνει πολύ μακριά (Σχήμα 2, 1Αβ). Εάν πιστεύουν ότι ο

Ήλιος είναι ακίνητος, τα παιδιά μπορεί να ισχυριστούν ότι κάτι άλλο (π.χ. τα σύννεφα, η Σελήνη, το σκοτάδι κλπ.) έρχεται και τον καλύπτει (Σχήμα 2, 1Bα) ή ότι σβήνει (Σχήμα 2, 1Bβ).

Τα νοητικά αυτά μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας ονομάζονται *αρχικά μοντέλα*, επειδή βασίζονται αποκλειστικά στις ερμηνείες της εμπειρίας που αντλείται από τις καθημερινές παρατηρήσεις. Τα *συνθετικά μοντέλα*, για τα οποία θα μιλήσουμε εν συνεχεία, δείχνουν την επίδραση που ασκούν οι πολιτισμικά αποδεκτές επιστημονικές πληροφορίες για τη Γη, τον Ήλιο και τον κύκλο της μέρας/νύχτας.

*Συνθετικά και επιστημονικά μοντέλα.* Το νοητικό μοντέλο μιας επίπεδης, ακίνητης Γης, ριζωμένης στο έδαφος, φαίνεται να ασκεί ισχυρούς περιορισμούς στον τρόπο με τον οποίο το παιδί αντιλαμβάνεται την επιστημονική εξήγηση της εναλλαγής της μέρας/νύχτας. Παραδείγματος χάρη, είναι δύσκολο στο παιδί να φανταστεί πώς είναι δυνατόν μια επίπεδη Γη, ριζωμένη στο έδαφος, να περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της ή να περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο. Όταν τα παιδιά φτάσουν στο σημείο να σχηματίσουν ένα νοητικό μοντέλο μιας σφαιρικής Γης, περιβαλλόμενης από το διάστημα, τότε μια επιπρόσθετη τάξη νοητικών μοντέλων της εναλλαγής της μέρας/νύχτας γίνεται δυνατή. Ακόμα κι όταν η σφαιρική αυτή Γη θεωρείται στατική και ο Ήλιος κινούμενος, τα παιδιά μπορούν να σχηματίσουν το μοντέλο του Ήλιου που πηγαίνει κάτω, στην άλλη πλευρά της Γης, ή που περιστρέφεται γύρω από τη σφαιρική Γη (Σχήμα 2Aα, 2Aβ). Αυτοί οι τύποι μοντέλων έχουν το πρόσθετο πλεονέκτημα (έναντι των μοντέλων 1Aα και Aβ) να εξηγούν πώς είναι δυνατόν να έχουμε μέρα σ' ένα μέρος της Γης και νύχτα σ' ένα άλλο. Από την άλλη μεριά, τα παιδιά που έχουν εκτεθεί στην επιστημονική πληροφορία ότι ο κύκλος της μέρας/νύχτας προκαλείται από την περιστροφική κίνηση της Γης μπορεί να σχηματίσουν την εντύπωση ότι η σφαιρική Γη είτε περιφέρεται γύρω από έναν ακίνητο Ήλιο (Σχήμα 2Bα) είτε περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της (Σχήμα 2Bβ), ή και τα δύο.

## *Κριτήρια για την Αξιολόγηση των Εξηγήσεων: Ακρίβεια, Συνέπεια και Απλότητα*

Ο Kuhn (1977) αναφέρει πέντε κριτήρια (ή αξίες) που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες για να αξιολογήσουν την επάρκεια μιας θεωρίας. Τα τρία από αυτά τα κριτήρια, δηλαδή η *ακρίβεια*, η *συνέπεια* και η *απλότητα*, είναι κριτήρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των εξηγήσεων των παιδιών για την εναλλαγή της μέρας/νύχτας.

Μια θεωρία θα πρέπει να είναι εμπειρικά ακριβής στον τομέα στον οποίο αναφέρεται, με την έννοια ότι οι συνέπειες που μπορούν να εξαχθούν από τη θεωρία θα πρέπει να συμφωνούν με τα αποτελέσματα των υπαρχουσών παρατηρήσεων και πειραμάτων. Στην περίπτωση μας αυτό σημαίνει ότι οι εξηγήσεις που δίνουν τα παιδιά για τον κύκλο της μέρας/νύχτας θα πρέπει να είναι συνεπείς με τις εμπειρικές παρατηρήσεις που σχετίζονται με το φαινόμενο της εναλλαγής μέρας και νύχτας (βλ. Σχήμα 1). Επί τη βάση των υπαρχόντων ερευνητικών ευρημάτων (Baxter, 1989· Sadler, 1987), μπορούμε να πούμε ότι οι εξηγήσεις των παιδιών πράγματι αποδεικνύουν μια τέτοια εμπειρική ακρίβεια.

Το δεύτερο κριτήριο του Kuhn (1977) είναι το κριτήριο της λογικής συνέπειας. Μια θεωρία θα πρέπει να είναι εσωτερικά συνεπής με τον εαυτό της καθώς επίσης και με τις άλλες αποδεκτές θεωρίες για σχετικά φαινόμενα. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι όσοι ερευνητές υποστηρίζουν πως οι εξηγήσεις που δίνουν τα παιδιά είναι αποσπασματικές ή χαλαρά οργανωμένες ισχυρίζονται ότι τα παιδιά δεν υιοθετούν την αρχή της λογικής συνέπειας όταν σχηματίζουν διάφορες θεωρίες του φυσικού κόσμου (βλ. π.χ. DiSessa, 1988, 1993· Reif & Allen, 1992· Solomon, 1983).

Στη συζήτησή μας για τους περιορισμούς που θέτουν τα νοητικά μοντέλα της Γης και του Ήλιου στα νοητικά μοντέλα της εναλλαγής της μέρας/νύχτας υποθέσαμε ότι τα παιδιά θα επιδείξουν λογική συνέπεια. Με άλλα λόγια, υποθέσαμε ότι τα παιδιά που έχουν το νοητικό μοντέλο ενός ακίνητου Ήλιου δε θα επιλέξουν την εξήγηση της

εναλλαγής μέρας και νύχτας επί τη βάσει της κίνησης του Ήλιου, όπως τα μοντέλα 1Αα και 1Αβ (Σχήμα 2) ή τα μοντέλα 2Αα και 2Αβ. Παρομοίως, περιμέναμε πως τα παιδιά με τα νοητικά μοντέλα μιας επίπεδης και ακίνητης Γης δε θα δώσουν εξηγήσεις σύμφωνα με τις οποίες η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της ή γυρίζει γύρω από τον Ήλιο. Όσα παιδιά, σε ερωτήσεις αναφορικά με την κίνηση του Ήλιου και της Γης, απαντούν ότι ο Ήλιος και η Γη είναι ακίνητα κι έπειτα συνεχίζουν να εξηγούν τον κύκλο της μέρας/νύχτας με βάση την κίνηση του Ήλιου ή την κίνηση της Γης, είναι λογικά ασυνεπή.

Παρόλ' αυτά, λογικά ευσταθεί η πιθανότητα να πιστεύουμε ότι ο Ήλιος κινείται, αλλά να μη χρησιμοποιούμε την κίνηση του Ήλιου ως το μηχανισμό που εξηγεί την εναλλαγή της μέρας/νύχτας. Αυτό θα σήμαινε ότι τα νοητικά μοντέλα 1Βα και 1Ββ στο Σχήμα 2 θα παρέμεναν λογικά συνεπή μοντέλα για ένα παιδί που θα είχε το μοντέλο ενός κινούμενου Ήλιου. Οι αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των νοητικών μοντέλων που έχουν τα παιδιά για τον Ήλιο, τη Σελήνη, τα άστρα και τη Γη είναι αρκετά πολύπλοκες, και περιγράφονται με λεπτομέρειες αργότερα, όταν συζητούμε τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την άντληση των νοητικών μοντέλων που σχηματίζουν τα παιδιά για την εναλλαγή της μέρας/νύχτας. Αυτό που πρέπει να τονιστεί εδώ είναι ότι η υπόθεση πως τα παιδιά θα επιδείξουν λογική συνέπεια μας επιτρέπει να κάνουμε βάσιμες προβλέψεις για τις σχέσεις μεταξύ των νοητικών μοντέλων για τη Γη και τον Ήλιο και των νοητικών μοντέλων για την εναλλαγή της μέρας/νύχτας, πράγμα που μας επιτρέπει να ελέγξουμε την υπόθεσή μας.

Ένα τρίτο κριτήριο με το οποίο μπορούμε να κρίνουμε την επάρκεια μιας θεωρίας είναι, σύμφωνα με τον Kuhn (1977), το κριτήριο της απλότητας. «Μια θεωρία θα πρέπει να είναι απλή, να επιβάλλει τάξη σε φαινόμενα που, αν αυτή απουσίαζε, θα ήταν απομονωμένα το ένα από το άλλο και, ως σύνολο, συγκεχυμένα» (Kuhn, 1977, σ. 322). Πιστεύουμε ότι μπορούμε να ελέγξουμε την ευαισθησία των παιδιών στο κριτήριο της απλότητας μέσα από τις εξηγήσεις τους της εναλλαγής της μέρας/νύχτας συγκρίνοντας την ομοιότητα ανά-

μεσα στους μηχανισμούς που χρησιμοποιούν για την εξήγηση της εξαφάνισης του Ήλιου κατά τη διάρκεια της νύχτας και της εξαφάνισης της Σελήνης και των άστρων κατά τη διάρκεια της μέρας.

Αν τα παιδιά πιστεύουν ότι η Σελήνη και τα άστρα εμπλέκονται κατά έναν αιτιώδη τρόπο στον κύκλο της μέρας/νύχτας, θα πρέπει και τα νοητικά μοντέλα που έχουν για τον κύκλο της μέρας/νύχτας να περιλαμβάνουν μια εξήγηση της εμφάνισης της Σελήνης και των άστρων κατά τη διάρκεια της νύχτας και την εξαφάνισή τους κατά τη διάρκεια της ημέρας. Αν τα παιδιά συνθέτουν νοητικά μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας που είναι εσωτερικά συνεπή, τότε θα πρέπει να αναμένουμε οι μηχανισμοί που διέπουν την εμφάνιση και την εξαφάνιση της Σελήνης και των άστρων να υπακούουν στους ίδιους περιορισμούς που διέπουν την εμφάνιση και εξαφάνιση του Ήλιου.

Το κριτήριο της λογικής συνέπειας, όμως, δεν απαιτεί από το παιδί να χρησιμοποιεί τον ίδιο μηχανισμό για να εξηγήσει την εμφάνιση και εξαφάνιση όλων των ουρανίων σωμάτων. Τα παιδιά που χρησιμοποιούν τον ίδιο μηχανισμό για να εξηγήσουν την εξαφάνιση του Ήλιου, της Σελήνης και των άστρων είναι τόσο λογικά συνεπή όσο και τα παιδιά που νομίζουν ότι ο Ήλιος πηγαίνει πίσω από τα σύννεφα τη νύχτα αλλά η Σελήνη και τα άστρα ανάβουν και σβήνουν. Το να χρησιμοποιεί κανείς τον ίδιο μηχανισμό για να εξηγήσει την εξαφάνιση του Ήλιου, της Σελήνης και των άστρων κατά τη διάρκεια της μετάβασης από τη μέρα στη νύχτα δείχνει ευαισθησία στην απλότητα της εξήγησης.

Εν κατακλείδι, υποθέτουμε ότι τα παιδιά του Δημοτικού σχολείου μπορούν να δίνουν ακριβείς και λογικά συνεπείς μηχανιστικές εξηγήσεις για τον κύκλο της μέρας/νύχτας. Προβλέπουμε ότι οι εξηγήσεις των μικρότερων παιδιών θα γίνονται με βάση την απόκρυψη του Ήλιου από τα σύννεφα, το σβήσιμο του Ήλιου ή την κίνηση του Ήλιου πίσω από κάτι, ανάλογα με το εάν ο Ήλιος θεωρείται ακίνητος ή κινούμενος. Προβλέπουμε επιπλέον ότι τα μεγαλύτερα παιδιά θα σχηματίσουν συνθετικά και επιστημονικά μοντέλα σύμφωνα με τα οποία η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο, ο Ήλιος κινείται γύρω

από τη Γη ή η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της. Επιπροσθέτως, το θεωρητικό μας πλαίσιο προβλέπει αμοιβαίες συγγένειες μεταξύ των νοητικών μοντέλων της Γης, του Ήλιου, της Σελήνης και των άστρων και των νοητικών μοντέλων του κύκλου της μέρας/νύχτας που μπορούν να μας δώσουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την ευαισθησία των παιδιών σε ζητήματα απλότητας της εξήγησης.

### *Μεθοδολογικά Ζητήματα*

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήσαμε στη μελέτη αυτή είναι παρόμοια με τη μεθοδολογία που περιγράφεται στη μελέτη των Vosniadou και Brewer (1992). Αποτελείται από ερωτήσεις που υποβάλλονται στα παιδιά, μερικές από τις οποίες απαιτούν προφορική απάντηση και άλλες που απαιτούν τη δημιουργία ενός σχήματος. Μερικές από τις ερωτήσεις που χρησιμοποιήσαμε θα μπορούσαν να απαντηθούν επί τη βάση των πληροφοριών που αντλούνται από την εμπειρία ή από τη διδασκαλία (π.χ. «Πού βρίσκεται ο Ήλιος τη νύχτα;», «Πού βρίσκονται τα άστρα κατά τη διάρκεια της ημέρας;»). Άλλες ερωτήσεις απαιτούσαν επεξηγήσεις φαινομένων που δεν μπορούν να παρατηρηθούν άμεσα, και για τα οποία τα παιδιά συνήθως δε διδάσκονται (π.χ. «Πού είναι ο Ήλιος τη νύχτα;», «Πού είναι τα άστρα την ημέρα;»). Ερωτήσεις σαν αυτές τις τελευταίες έχουν τη δυνατότητα να αποκαλύψουν τα είδη των νοητικών μοντέλων που χρησιμοποιούν τα άτομα παραγωγικά για ν' απαντήσουν σε καινοφανείς ερωτήσεις και να επιλύσουν προβλήματα που δεν τους είναι οικεία.

Δόθηκαν διάφορα σύνολα ερωτήσεων σχετικά με τον Ήλιο, τη Σελήνη και τα άστρα, και οι απαντήσεις που έδωσαν τα παιδιά σ' αυτές τις ερωτήσεις χρησιμοποιήθηκαν ως βάση για να αντλήσουμε πληροφορίες σχετικά με τα νοητικά μοντέλα που είχαν τα παιδιά για τα ουράνια αυτά σώματα. Επίσης, μ' ένα ξεχωριστό σύνολο ερωτήσεων, ζητήσαμε από τα παιδιά να εξηγήσουν το φαινόμενο του κύκλου της μέρας/νύχτας. Τελικά, το σύνολο των νοητικών μοντέλων των παιδιών για τον κύκλο της μέρας/νύχτας αντλήθηκε από τη σύ-

γκριση των νοητικών μοντέλων του καθενός παιδιού για τον Ήλιο, τη Σελήνη και τα άστρα με τις εξηγήσεις του για την εναλλαγή μέρας και νύχτας. Μόνο τα παιδιά που έδειξαν λογική συνέπεια στα μοντέλα και τις εξηγήσεις τους θεωρήθηκαν ότι λειτουργούν βάσει και του συνολικού νοητικού μοντέλου της μέρας/νύχτας που είναι λογικά συνεπές. Τα άλλα συμπεριελήφθησαν στην κατηγορία του μικτού μοντέλου.

## ΜΕΘΟΔΟΣ

### *Υποκείμενα*

Τα υποκείμενα που πήραν μέρος σ' αυτή τη μελέτη ήταν εξήντα παιδιά: είκοσι παιδιά της πρώτης τάξης, με ηλικία από 6 χρόνια και 4 μήνες μέχρι 7 χρόνια και 5 μήνες (μέσος όρος ηλικίας 6 χρόνια και 9 μήνες), είκοσι παιδιά της τρίτης τάξης, με ηλικία από 9 χρόνια και 3 μήνες μέχρι 10 χρόνια και 3 μήνες (μέσος όρος ηλικίας 9 χρόνια και 9 μήνες), και είκοσι παιδιά της πέμπτης τάξης, με ηλικία από 10 χρόνια και 3 μήνες μέχρι 11 χρόνια και 9 μήνες (μέσος όρος ηλικίας 11 χρόνια). Τα παιδιά παρακολουθούσαν ένα Δημοτικό σχολείο στην πόλη Ουρμπάνα-Σαμπέιν του Ιλινόις. Προέρχονταν κυρίως από τη μεσαία τάξη. Περίπου τα μισά από τα παιδιά ήταν κορίτσια και τα μισά αγόρια.

### *Υλικό*

Το υλικό αποτελούνταν από ένα ερωτηματολόγιο σαρανταοκτώ ερωτήσεων. Το ερωτηματολόγιο καταρτίστηκε ύστερα από εντατική πιλοτική εργασία και σχεδιάστηκε ώστε να δώσει πληροφορίες σχετικά με τις γνώσεις που είχαν τα παιδιά για ορισμένες κρίσιμες έννοιες της Αστρονομίας, συμπεριλαμβανομένων και των απόψεών τους για το σχήμα της Γης και τη βαρύτητα. Στο παρόν άρθρο θα συζητήσουμε μόνο τις δεκατρείς ερωτήσεις που ερευνούσαν τις ιδέες των παιδιών για την εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα, την κίνηση της Σελήνης, την εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας και την εξαφάνι-

ση των άστρον κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι δεκατρείς ερωτήσεις περιγράφονται στον Πίνακα 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την έρευνα των νοητικών μοντέλων των παιδιών για τον κύκλο της μέρας/νύχτας.

*Η εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα*

- E22: Πού βρίσκεται ο Ήλιος τη νύχτα;
- E23: Πώς συμβαίνει αυτό;
- E24α: Κινείται η Γη;
- E24β: Κινείται ο Ήλιος;

*Εξηγήσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας*

- E25: Τώρα κάνε το ώστε να είναι μέρα γι' αυτό το πρόσωπο. Ωραία!  
Τώρα κάνε το ώστε να είναι νύχτα γι' αυτό το πρόσωπο.
- E26: Πες μου ακόμα μια φορά πώς συμβαίνει αυτό.

*Η κίνηση της Σελήνης*

- E30: Κινείται η Σελήνη;
- E31: Κινείται η Σελήνη μαζί με σένα όταν κάνεις ένα περίπατο;
- E32: Κινείται η Σελήνη τη νύχτα όταν κοιμάσαι στο κρεβάτι σου;
- E33: Γιατί κινείται η Σελήνη;

*Η εξαφάνιση των άστρον κατά τη διάρκεια της ημέρας*

- E36α: Πού βρίσκονται τα άστρα τη νύχτα;
- E36β: Πού βρίσκονται αυτά κατά τη διάρκεια της ημέρας;
- E37: Κινούνται τα άστρα;

Οι Ερωτήσεις 22 και 23 («Πού βρίσκεται ο Ήλιος τη νύχτα;», «Πώς συμβαίνει αυτό;») παρέχουν πληροφορίες για την εξήγηση που δίνουν τα παιδιά σχετικά με την εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα. Οι Ερωτήσεις 24α και 24β («Κινείται η Γη;», «Κινείται ο Ήλιος;») αποκάλυψαν τις γνώσεις των παιδιών σχετικά με την κίνηση της Γης και του Ήλιου. Οι πληροφορίες αυτές ήταν απαραίτητες για να μπορέσουμε να ελέγξουμε την πρόβλεψή μας ότι οι πεποιθήσεις των παι-



διών για την κίνηση της Γης και του Ήλιου περιορίζουν την επιλογή των μηχανισμών που επικαλούνται για να εξηγήσουν την εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα.

Η επόμενη ομάδα ερωτήσεων (E25, E26) ζητούσε από τα παιδιά μια εξήγηση της εναλλαγής μέρας και νύχτας. Περιμέναμε ότι οι εξηγήσεις αυτές θα βασίζονταν στην άποψη ότι ο κύκλος της μέρας/νύχτας προκαλείται από την εμφάνιση και εξαφάνιση του Ήλιου. Εάν τα παιδιά θεωρούσαν ότι η εμφάνιση και η εξαφάνιση της Σελήνης και των άστρων έχουν μια *αιτιατή* σχέση με τον κύκλο της μέρας/νύχτας, θα έπρεπε να μας δώσουν εξηγήσεις για την εξαφάνιση και εμφάνιση της Σελήνης και των άστρων.

Οι ερωτήσεις για την κίνηση της Σελήνης (E30, E31, E32, E33) και για την εξαφάνιση των άστρων κατά τη διάρκεια της ημέρας (E36α, E36β, E37) σχεδιάστηκαν για να δώσουν παραπέρα πληροφορίες για τη σχέση που βλέπουν τα παιδιά μεταξύ του Ήλιου, της Σελήνης και των άστρων. Οι πληροφορίες αυτές θα μας επέτρεπαν να κατανοήσουμε τα νοητικά μοντέλα που σχημάτισαν για τον κύκλο της μέρας/νύχτας και να κρίνουμε εάν τα μοντέλα αυτά ήταν εμπειρικά ακριβή και λογικά συνεπή και αν έδειχναν ευαισθησία σε ζητήματα απλότητας της εξήγησης.

### *Διαδικασία*

Τα παιδιά εξετάστηκαν ατομικά με τη μορφή συνέντευξης που διαρκούσε 30 με 45 λεπτά. Επίσης, η καθεμιά συνέντευξη καταγράφηκε σε μαγνητοταινία με τη χρήση μαγνητοφώνου. Η βαθμολόγηση έγινε αργότερα με βάση και τα δεδομένα που απομαγνητοφωνήθηκαν και τις σημειώσεις του πειραματιστή.

### *Βαθμολόγηση*

Τα δεδομένα βαθμολογήθηκαν από δύο ανεξάρτητους κριτές που εξέτασαν τις τέσσερις ομάδες ερωτήσεων (εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα, εναλλαγή μέρας και νύχτας, κίνηση της Σελήνης και εξαφάνι-

ση των άστρον κατά τη διάρκεια της ημέρας) ξεχωριστά, κατατάσσοντας τα παιδιά σε διάφορες κατηγορίες εξηγήσεων. Όλες οι διαφονίες έγιναν αντικείμενο συζήτησης μέχρι που επήλθε συμφωνία. Για να κατατάξουμε τα παιδιά σε συγκεκριμένα νοητικά μοντέλα, ακολουθήσαμε μια διαδικασία παρόμοια με αυτή που περιγράφεται στο άρθρο των Vosniadou και Brewer (1992). Αρχικά, επί τη βάσει των δεδομένων μας και της προηγούμενης έρευνας σ' αυτή την περιοχή, εντοπίσαμε ένα σύνολο πιθανών εξηγήσεων για την εξαφάνιση του Ήλιου και των άστρον, την κίνηση της Σελήνης κλπ. Στη συνέχεια σχηματίσαμε ένα υπόδειγμα απαντήσεων στις ερωτήσεις που θα περιμέναμε αν τα παιδιά χρησιμοποιούσαν καθεμιά εξήγηση με συνέπεια για ν' απαντήσουν σε όλες τις σχετικές ερωτήσεις. Έπειτα ελέγξαμε το αναμενόμενο υπόδειγμα απαντήσεων, αντιπαραβάλλοντάς το με το υπόδειγμα των απαντήσεων που έδωσαν τα παιδιά στις σχετικές ερωτήσεις, και κατατάξαμε τα παιδιά σε διάφορες κατηγορίες εξηγήσεων. Εάν τα παιδιά δεν ήταν λογικά συνεπή, τοποθετούνταν στην κατηγορία της μικτής εξήγησης.

Αφού κατατάξαμε τις απαντήσεις καθενός παιδιού στις ερωτήσεις των τεσσάρων ομάδων, εξετάσαμε τις τέσσερις ομάδες απαντήσεων όλες μαζί, και κατατάξαμε τα παιδιά σ' ένα γενικό νοητικό μοντέλο της εναλλαγής της μέρας/νύχτας. Τέλος, ελέγξαμε αν τα νοητικά μοντέλα της εναλλαγής της μέρας/νύχτας ήταν συνεπή με τα νοητικά μοντέλα που είχαμε αντλήσει από μια ξεχωριστή μελέτη. Η άντληση ενός νοητικού μοντέλου της εναλλαγής της μέρας/νύχτας έγινε ανεξάρτητα και χωρίς να γνωρίζουμε τα νοητικά μοντέλα που σχημάτισαν τα παιδιά για τη Γη.

Τα λεπτομερή κριτήρια που χρησιμοποιήσαμε για να κατατάξουμε τα παιδιά σε μια κατηγορία εξήγησης περιγράφονται στον Πίνακα 2 στην επόμενη ενότητα.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σ' αυτό το τμήμα παρουσιάζουμε τα κριτήρια που χρησιμοποιήσαμε για να κατατάξουμε τα παιδιά σε διάφορες κατηγορίες εξηγήσεων

που έδωσαν για την εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα, για την εναλλαγή μέρας και νύχτας, την κίνηση της Σελήνης και την εξαφάνιση του Ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας. Έπειτα παρουσιάζουμε τα κριτήρια για την κατάταξη των παιδιών στα συνολικά νοητικά μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας, και συζητούμε τη συνέπεια μεταξύ των νοητικών μοντέλων της εναλλαγής της μέρας/νύχτας και των νοητικών μοντέλων της Γης.

Η λογική συνέπεια των απαντήσεων των παιδιών στις διάφορες ερωτήσεις ήταν μια αναγκαία προϋπόθεση για να καταταχθούν σ' έναν τύπο εξήγησης. Οι τύποι απαντήσεων που κρίθηκαν λογικά συνεπείς για κάθε ομάδα ερωτήσεων περιγράφονται παρακάτω.

### *Η Εξαφάνιση του Ήλιου τη Νύχτα*

Υποβλήθηκαν τέσσερις ερωτήσεις για να προσδιορίσουμε τις εξηγήσεις που έδωσαν τα παιδιά για την εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα. Οι ερωτήσεις αυτές φαίνονται στην πάνω σειρά του Πίνακα 2. Οι απαντήσεις που έδωσαν τα παιδιά σ' αυτές τις ερωτήσεις κατατάχθηκαν σε έντεκα τύπους εξηγήσεων, που επίσης φαίνονται στην πρώτη στήλη του Πίνακα 2. Ο πρώτος τύπος εξήγησης αποδίδει τον κύκλο της μέρας/νύχτας στην *απόκρυψη του Ήλιου* από τα σύννεφα ή στο σκοτάδι. Οι εξηγήσεις 2 μέχρι 6 θεωρούν την *κίνηση του Ήλιου* ως την πρώτιστη αιτία της εξαφάνισής του, ενώ οι εξηγήσεις 7 και 8 θεωρούν την *κίνηση της Γης* ως την πρώτιστη αιτία της εξαφάνισης του Ήλιου τη νύχτα. Ο κυρίως πίνακας περιέχει, για κάθε ερώτηση, τους τύπους απαντήσεων που κατατάχθηκαν ως παραδείγματα καθενός τύπου εξήγησης.

Οι απαντήσεις στην Ερώτηση 24β, «Κινείται ο Ήλιος;», ήταν καθοριστικές για τη διάκριση των παιδιών που απέδωσαν την εξαφάνιση του Ήλιου στην κίνηση του Ήλιου από αυτά που την απέδωσαν στην κίνηση της Γης. Υπολογίζαμε ότι τα παιδιά που κατατάχθηκαν στους τύπους εξηγήσεων 2 μέχρι 6 θα υποστήριζαν πως ο Ήλιος κινείται πάνω-κάτω ή αριστερά-δεξιά. Τα παιδιά που κατατάχθηκαν στους τύπους εξήγησης 7 και 8 περιμέναμε να υποστηρίξουν ότι ο

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Τύποι εξηγήσεων για τις ερωτήσεις τις σχετικές με την εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα, και οι συχνότητές τους ανά σχολική τάξη.<sup>a</sup>

Τύπος εξήγησης	Πού βρίσκεται ο Ήλιος τη νύχτα; E22	Πώς συμβαίνει αυτό; E23	Κινείται η Γη; E24α	Κινείται ο Ήλιος; E24β
(1) Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα και το σκοτάδι. (2, 2, 1 = 5) <sup>β</sup>	Πίσω από τα σύννεφα. Στο σκοτάδι. Στον ουρανό.	Τα σύννεφα ή το σκοτάδι σκεπάζουν τον Ήλιο.	Όχι ή Ναι.	Ναι ή Όχι.
(2) Ο Ήλιος κινείται μέσα κι έξω από το διάστημα. (1, 1, 0 = 2)	Στο διάστημα.	Ο Ήλιος πάει μακριά, έξω στο διάστημα.	Όχι ή Ναι.	Ναι, πάει στο διάστημα.
(3) Ο Ήλιος κατεβαίνει πάνω/μέσα στο έδαφος. (6, 1, 1 = 8)	Ο Ήλιος κατεβαίνει πάνω/μέσα στο έδαφος, κατεβαίνει πίσω απ' τους λόφους, τα βουνά, μέσα στο νερό.	Ο Ήλιος κατεβαίνει.	Όχι ή Ναι.	Ναι, κινείται πάνω/κάτω.
(4) Ο Ήλιος κατεβαίνει στην άλλη πλευρά της Γης. (2, 0, 1 = 3)	Κάτω απ' τη Γη. Κάτω από την επιφάνεια της Γης.	Ο Ήλιος κινείται κάτω, προς την άλλη πλευρά της Γης.	Όχι ή Ναι.	Ναι, κινείται πάνω/κάτω.

<sup>a</sup>  $n = 60$ .

<sup>β</sup> Οι αριθμοί στις παρενθέσεις δίνουν τη συχνότητα των τύπων εξήγησης για την κάθε σχολική τάξη. Ο πρώτος αριθμός αποτελεί τη συχνότητα για την πρώτη τάξη, ο δεύτερος αριθμός για την τρίτη τάξη και ο τρίτος για την πέμπτη τάξη. Ο τελευταίος αριθμός δίνει τη συχνότητα για το σύνολο και των τριών τάξεων.

(5) Ο Ήλιος κατεβαίνει, χωρίς να καθορίζεται προς τα πού. (2, 0, 0 = 2)	Κάτω.	Ο Ήλιος κατεβαίνει, πηγαίνει σε άλλη χώρα.	Όχι ή Ναι.	Ναι, κινείται πάνω/κάτω.
(6) Ο Ήλιος περιφέρεται γύρω από τη Γη. (0, 1, 0 = 1)	Στην άλλη πλευρά της Γης.	Ο Ήλιος γυρνάει γύρω απ' τη Γη.	Όχι ή Ναι.	Ναι, γυρίζει γύρω απ' τη Γη.
(7) Η Γη γυρίζει κι ο Ήλιος μένει ακίνητος. (3, 7, 12 = 22)	Μένει όπου βρίσκεται ή πάει στην άλλη πλευρά της Γης.	Η Γη γυρίζει, γυρίζει γύρω-γύρω, στροβιλίζεται, περιστρέφεται, γυρίζει κάνοντας κύκλους ή κινείται.	Ναι, η Γη γυρίζει, στροβιλίζεται, γυρίζει γύρω-γύρω κάνοντας κύκλους ή κινείται.	Όχι, ή, αν Ναι, περιστροφή γύρω απ' τον άξονά του ή κίνηση εξαιτίας της διαστολής του σύμπαντος.
(8) Η Γη περιφέρεται γύρω απ' τον Ήλιο. (0, 1, 2 = 3)	Μένει εκεί που είναι ή στην άλλη πλευρά της Γης.	Η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο.	Ναι, περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο.	Ίδια με την προηγούμενη απάντηση.
(9) Ο Θεός έκανε τη μέρα και τη νύχτα. (0, 1, 0 = 1)	Οτιδήποτε.	Ο Θεός τα έκανε έτσι.	Όχι.	Όχι.
(10) Μικτός. (1, 2, 3 = 6)	Οτιδήποτε.	Λογικά αστήρικτες απαντήσεις.	Αστήρικτες απαντήσεις.	Αστήρικτες απαντήσεις.
(11) Ακαθόριστος.	Οτιδήποτε.	Δεν δόθηκε απάντηση, δεν ξέρω, άσχετες ή αόριστες απαντήσεις.	Όχι ή Ναι.	Ναι ή Όχι.

Ήλιος είναι ακίνητος ή να αναφέρουν κινήσεις που δε θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να εξηγήσουν τον κύκλο της μέρας/νύχτας (π.χ. ότι ο Ήλιος περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του ή κινείται εξαιτίας της διαστολής του σύμπαντος).

Οι απαντήσεις στην Ερώτηση 24α, «Κινείται η Γη;», ήταν καθοριστικές για την κατάταξη των παιδιών στις εξηγήσεις 7 και 8. Σχετικά με την εξήγηση 7, τα παιδιά αναμένονταν ν' απαντήσουν ότι η Γη γυρίζει, στριφογυρίζει, περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο, ή απλώς κινείται.

Οι καταφατικές απαντήσεις στην Ερώτηση 24α, «Κινείται η Γη;», δε θεωρήθηκαν ασυνεπείς προς τις εξηγήσεις 1 και 6, διότι είναι δυνατόν να έχουμε ένα μοντέλο της κινούμενης Γης που δεν εξηγεί την εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα. Στην καλύτερη περίπτωση, περιμέναμε ότι τα παιδιά που απέδωσαν την εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα στην κίνηση του Ήλιου θα απαντούσαν πως η Γη είναι ακίνητη. Όμως πολλά παιδιά που από νωρίς γνώριζαν την πληροφορία ότι η Γη κινείται δεν καταλαβαίνουν ακριβώς πώς κινείται η Γη ή δεν αντιλαμβάνονται ότι η κίνηση αυτή έχει κάποια ερμηνευτική ισχύ σε σχέση με την εναλλαγή μέρας και νύχτας. Είναι δυνατόν να δημιουργήσουμε διάφορα νοητικά μοντέλα σύμφωνα με τα οποία η κίνηση της Γης είναι λογικά ασυνεπής με μια εξήγηση της εξαφάνισης του Ήλιου που βασίζεται στην κίνηση του Ήλιου (π.χ. η Γη κινείται/ταράζεται όπως όταν γίνεται σεισμός, ή η Γη κινείται περιστροφικά αλλά πολύ αργά, κινείται μια φορά το χρόνο, κ.τ.λ.).

Πιο συγκεκριμένες πληροφορίες για το πώς χρησιμοποιήσαμε τις απαντήσεις των παιδιών στις Ερωτήσεις 22 και 23 για να τις κατατάξουμε στους συγκεκριμένους τύπους εξήγησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 και συζητούνται παρακάτω. Ο Πίνακας 3 δίνει παραδείγματα πρωτοκόλλων από κάθε τύπο εξήγησης και ο Πίνακας 4 τη συχνότητα των εξηγήσεων αυτών σε συνάρτηση με την τάξη των μαθητών.

1. *Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα ή το σκοτάδι.* Τα πέντε παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία είπαν ότι ο Ήλιος βρισκόταν πίσω από τα σύννεφα, στο σκοτάδι, ή «απλώς» στον ου-

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Παραδείγματα εξηγήσεων του Ήλιου τη νύχτα.

<p>(1) Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα ή το σκοτάδι.</p> <p>ΤΑΜΑΡΑ (Αρ. 3, πέμπτη τάξη)  E: Πού είναι ο Ήλιος τη νύχτα;  A: Κρύβεται.  E: Κρύβεται; Πού κρύβεται;  A: Δεν ξέρω... γιατί δε λάμπει.  E: Πώς συμβαίνει αυτό;  A: Τα σύννεφα τον εμποδίζουν.  E: Κινείται η Γη;  A: Γυρίζει γύρω-γύρω. Πάει ανατολικά, δυτικά, βόρεια.  E: Κινείται ο Ήλιος;  A: Ναι.</p>	<p>(2) Ο Ήλιος κινείται εντός και εκτός του διαστήματος.</p> <p>ΚΡΙΣΤΙ (Αρ. 52, πρώτη τάξη)  E: Πού είναι ο Ήλιος τη νύχτα;  A: Φεύγει στο διάστημα.  E: Πώς συμβαίνει αυτό;  A: Όταν έρχεται το σκοτάδι, μπαίνει στο διάστημα.  E: Κινείται η Γη;  A: Ναι, η Γη απλώς επιπλέει.  E: Κινείται ο Ήλιος;  A: Ναι.</p>	<p>(3) Ο Ήλιος κατεβαίνει πάνω/μέσα στο έδαφος.</p> <p>ΜΠΕΤΣΙ (Αρ. 53, πρώτη τάξη)  E: Πού είναι ο Ήλιος τη νύχτα;  A: Κάτω.  E: Πού κάτω;  A: Κάτω από τους λόφους.  E: Πώς συμβαίνει αυτό;  A: Δεν ξέρω.  E: Κινείται η Γη;  A: Όχι.  E: Κινείται ο Ήλιος;  A: Πάει πάνω-κάτω.</p>	<p>(4) Ο Ήλιος κατεβαίνει στην άλλη πλευρά της Γης.</p> <p>ΜΠΡΑΙΑΝ (Αρ. 43, πρώτη τάξη)  E: Πού είναι ο Ήλιος τη νύχτα;  A: Κάτω από τη Γη.  E: Πώς συμβαίνει αυτό;  A: Γιατί η Σελήνη βγαίνει και ο Ήλιος κατεβαίνει.  E: Κινείται η Γη;  A: Όχι.  E: Κινείται ο Ήλιος;  A: Ναι, κατεβαίνει.</p>
---	---	--	---

<p>(5) Ο Ήλιος κατεβαίνει χωρίς να καθορίζεται προς τα πού;</p>	<p>ΤΖΕΦ (Αρ. 45, πρώτη τάξη)  E: Πού είναι ο Ήλιος τη νύχτα;  A: Κάτω εκεί.  E: Πού εκεί;  A: Κατεβαίνει.  E: Κατεβαίνει πού;  A: Κατεβαίνει σε μια πόλη ή κάτι τέτοιο.  E: Κινείται η Γη;  A: Όχι.  E: Κινείται ο Ήλιος;  A: Ναι.</p>	<p>(7) Η Γη γυρίζει και ο Ήλιος μένει ακίνητος.</p> <p>ΣΙΝΤΙ (Αρ. 29, τρίτη τάξη)  E: Πού είναι ο Ήλιος τη νύχτα;  A: Στην άλλη πλευρά της Γης. Γιατί όταν εδώ έρχεται η νύχτα, ο Ήλιος πάει στην άλλη πλευρά της Γης και είναι μέρα εκεί.  E: Πώς συμβαίνει αυτό;  A: Η Γη γυρίζει.  E: Κινείται η Γη;  A: Ναι.  E: Κινείται ο Ήλιος;  A: Όχι.</p>
<p>6) Ο Ήλιος περιφέρεται γύρω από τη Γη.</p>	<p>ΚΑΡΕΝ (Αρ. 37, τρίτη τάξη)  E: Πού είναι ο Ήλιος τη νύχτα;  A: Λοιπόν, πάει κάτω από τη Γη στην Κίνα. Δες, ενώ εμείς έχουμε μέρα, η Κίνα έχει νύχτα, κι ενώ η Κίνα έχει νύχτα, εμείς έχουμε μέρα.  E: Πώς συμβαίνει αυτό;  A: Λοιπόν, η Σελήνη και ο Ήλιος ανταλλάσσουν θέσεις κάθε... Νομίζω είναι...  E: Έννοείς 24 ώρες;  A: Εντάξει, κάθε μισές από τις 24 ώρες αλλάζουν, ανταλλάσσουν θέσεις. Σαν να... τις ώρες πριν το μεσημέρι ο Ήλιος είναι εδώ... για 12 ώρες, και η Σελήνη είναι στην Κίνα για 12 ώρες. Και όταν η Κίνα έχει Ήλιο για 12 ώρες, εμείς έχουμε Σελήνη για 12 ώρες.  E: Λοιπόν, κινείται ο Ήλιος;  A: Ναι, κινείται κάθε ώρα. Λοιπόν, κάθε χρόνο, ναι. Κινείται πολύ αργά. Κάθε χρόνο, κινείται λίγο, αλλά κινείται αργά και μιμ, και κάθε χρόνο κάνει ένα γύρο.  E: Γυρίζει γύρω από τι;  A: Ο Ήλιος κάνει ένα γύρο γύρω από τη Γη... κάθε χρόνο. Λοιπόν, δεν κάνει μόνο ένα γύρο... γυρίζει γύρω-γύρω κάθε χρόνο, ο Ήλιος... Η Γη κινείται γύρω-γύρω κάνοντας έναν κύκλο κάθε χρόνο.  E: Κινείται γύρω από κάτι;  A: Όπως εγώ νομίζω, τα πάντα κινούνται γύρω από τη Γη, κι αυτή δεν κινείται γύρω από κάτι.</p>	<p>ΣΙΝΤΙ (Αρ. 29, τρίτη τάξη)  E: Πού είναι ο Ήλιος τη νύχτα;  A: Στην άλλη πλευρά της Γης. Γιατί όταν εδώ έρχεται η νύχτα, ο Ήλιος πάει στην άλλη πλευρά της Γης και είναι μέρα εκεί.  E: Πώς συμβαίνει αυτό;  A: Η Γη γυρίζει.  E: Κινείται η Γη;  A: Ναι.  E: Κινείται ο Ήλιος;  A: Όχι.</p>



(8) Η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο.	(9) Ο Θεός έκανε τη μέρα και τη νύχτα.	(10) Μικτές.	(11) Ακαθόριστες.
<p>AΪΖΑΚ (Αρ. 39, τρίτη τάξη)  E: Πού είναι ο Ήλιος τη νύχτα;  A: Στην άλλη πλευρά της Γης.  E: Πώς γίνεται αυτό;  A: Η Γη κινείται γύρω-γύρω και έχει μια γραμμή, και ο Ήλιος συνεχίζει να περιφέρεται γύρω από αυτήν, γύρω από τη Γη... εννοώ γύρω από τον Ήλιο.  E: Για περίμενε, τα έχω λίγο χαμένα. Πώς κινείται ξανά η Γη;  A: Κινείται γύρω από τον Ήλιο...  E: Κινείται ο Ήλιος;  A: Όχι.  E: Τώρα, τι πράγμα είναι αυτή η γραμμή;  A: Δοιπόν, είναι κάτι σαν νοτιά που η Γη κάνει συνεχώς γύρω-γύρω, η Γη δεν πάει μπροστά-πίσω.</p>	<p>ΤΖΕΪΜΙ (Αρ. 21, τρίτη τάξη)  E: Πού είναι ο Ήλιος τη νύχτα;  A: Βρίσκεται σε μια άλλη χώρα ή πιθανώς σ' έναν άλλο πλανήτη.  E: Πώς γίνεται αυτό;  A: Έτσι είναι φτιαγμένη η Γη.  E: Μπορείς να εξηγήσεις αυτή την κίνηση;  A: Έτσι τα έφτιαξε ο Θεός.  E: Κινείται η Γη;  A: Όχι.  E: Κινείται ο Ήλιος;  A: Όχι.</p>	<p>ΣΑΝΤΡΑ (Αρ. 27, τρίτη τάξη)  E: Πού βρίσκεται ο Ήλιος κατά τη διάρκεια της νύχτας;  A: Κατέβηκε κάτω στη Σελήνη.  E: Πώς γίνεται αυτό;  A: Γιατί στις 5 ακριβώς ο Ήλιος βασιλεύει και ανατέλλει το πρωί και βασιλεύει τη νύχτα. Κατεβαίνει όταν πρόχει.  E: Γιατί πρόχει;  A: Γιατί είναι Ήλιος, είναι νύχτα και μέρα, και υποτεθείται πως έρχεται νύχτα περίπου στις 5 ή 6 ακριβώς, και μέρα περίπου στη 1 ή 2 ή 3 ακριβώς.  E: Επομένως κινείται ο Ήλιος;  A: Ναι.  E: Μπορείς να μου πεις πώς κινείται;  A: Δεν νομίζω πως πράγματι κινείται, αλλά πιστεύω πως απλώς τα συννεφια τον σκεπάζουν εντελώς.  E: Κινείται η Γη;  A: Όχι... νομίζω η Γη κινείται.  E: Πώς κινείται η Γη;  A: Γιατί περιφέρεται γύρω-γύρω και να πώς ο Ήλιος κατεβαίνει, γιατί η Γη γυρίζει προς τη μια πλευρά και στην άλλη πλευρά είναι μέρα, και περιμένει 24 ώρες και γυρίζει προς την άλλη πλευρά. Κι αυτό το μισό έχει νύχτα και το άλλο μισό μέρα.</p>	<p>ΤΣΑΡΑΣ (Αρ. 36, τρίτη τάξη)  E: Πού βρίσκεται ο Ήλιος τη νύχτα;  A: Πίσω από τη Σελήνη.  E: Πώς γίνεται αυτό;  A: Η Γη περιστρέφεται. Η Γη κινείται γύρω από τον άξονά της. Και κάνει τον Ήλιο να κινείται προς τη Σελήνη. Φαίνεται έτσι γιατί η Γη περιστρέφεται.  E: Κινείται η Γη;  A: Ναι.  E: Κινείται ο Ήλιος;  A: Κάλως, ίσως, ναι.</p>

ρανό, απαντώντας στην Ερώτηση 22. Επίσης, απαντώντας στην Ερώτηση 23 είπαν ότι τα σύννεφα ή το σκοτάδι καλύπτουν τον Ήλιο. Δύο από τα παιδιά αυτά νόμιζαν ότι ο Ήλιος κινείται (E24β), αλλά δεν επικαλέστηκαν την κίνηση αυτή για να εξηγήσουν την εξαφάνισή του (π.χ. βλ. το πρωτόκολλο με αρ. 1, Πίνακας 3).

2. *Ο Ήλιος κινείται μέσα κι έξω από το διάστημα.* Σύμφωνα μ' αυτή την εξήγηση, κάθε νύχτα ο Ήλιος ανεβαίνει στο διάστημα τη νύχτα κι επιστρέφει κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα δύο παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία, απαντώντας στην Ερώτηση 22 είπαν ότι ο Ήλιος βρίσκεται «στο διάστημα», κι απαντώντας στην Ερώτηση 23 ότι «πηγαίνει έξω στο διάστημα». Επίσης νόμιζαν ότι ο Ήλιος κινείται κατά έναν τρόπο πάνω-κάτω, όπως φαίνεται από την απάντηση στην Ερώτηση 24β. Το πρωτόκολλο αρ. 2, Πίνακας 3, αποτελεί ένα παράδειγμα αυτού του τύπου εξήγησης.

3. *Ο Ήλιος κατεβαίνει πάνω/μέσα στο έδαφος.* Τα οκτώ παιδιά που κατατάχθηκαν σ' αυτή την κατηγορία εξήγησαν την εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα με βάση την καθοδική κίνηση του Ήλιου προς το έδαφος (πίσω από τους λόφους, τα δέντρα κλπ.). Οι καθοριστικές απαντήσεις για την τοποθέτηση σ' αυτή την κατηγορία δόθηκαν στις Ερωτήσεις 22, 23 και 24β. Στην Ερώτηση 22, «Πού βρίσκεται ο Ήλιος τη νύχτα;», τα παιδιά απάντησαν ότι ο Ήλιος βρίσκεται κάτω στο έδαφος ή μέσα στη Γη, πίσω από τους λόφους ή τα δέντρα. Στην Ερώτηση 23, «Πώς συμβαίνει αυτό;», απάντησαν ότι ο Ήλιος κινείται προς τα κάτω, και ως απάντηση στην Ερώτηση 24β, «Κινείται ο Ήλιος;», είπαν ότι ο Ήλιος κινείται πάνω-κάτω. Το πρωτόκολλο αρ. 3, Πίνακας 3, είναι ένα παράδειγμα αυτού του τύπου εξήγησης.

4. *Ο Ήλιος κατεβαίνει προς την άλλη πλευρά της Γης.* Καθοριστική για την τοποθέτηση σ' αυτή την κατηγορία ήταν η χρήση των λέξεων «κάτω από», «υπό» ή «κάτω, προς την άλλη πλευρά της Γης», όταν τα παιδιά απαντούσαν στην Ερώτηση 22, «Πού βρίσκεται ο Ήλιος τη νύχτα;». Αυτές ήταν οι απαντήσεις που διαφοροποιούσαν τη συγκεκριμένη κατηγορία από την προηγούμενη, σύμφωνα με την οποία ο Ήλιος κατεβαίνει πάνω στο έδαφος ή μέσα στη Γη. Οι απαντήσεις στις Ερωτήσεις 23 και 24β περιείχαν την αντίληψη ότι ο

Ήλιος ανεβαίνει ή κατεβαίνει προς την άλλη πλευρά της Γης. Τρία παιδιά τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία. Ένα από τα παιδιά αυτά ενέπλεξε τη Σελήνη στον κύκλο της μέρας/νύχτας, υποστηρίζοντας ότι η Σελήνη ανεβαίνει όταν ο Ήλιος κατεβαίνει (βλ. το πρωτόκολλο αρ. 4, Πίνακας 3).

5. *Ο Ήλιος κατεβαίνει ακαθόριστα.* Τα δύο παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία, και από τις απαντήσεις που έδωσαν στις Ερωτήσεις 22 και 23, δεν έδωσαν αρκετές πληροφορίες που θα μας επέτρεπαν να καθορίσουμε αν ο Ήλιος μένει στο έδαφος ή αν κατεβαίνει στην άλλη πλευρά της Γης. Παραδείγματος χάρη, ο Τζεφ (πρωτόκολλο αρ. 5, Πίνακας 3) υποστηρίζει ότι ο Ήλιος κατεβαίνει «σε μια άλλη πόλη ή κάτι τέτοιο». Η πόλη αυτή θα μπορούσε να βρισκόταν στην ίδια πλευρά της Γης ή στην άλλη πλευρά της Γης. Κατά τα άλλα, οι απαντήσεις τους ήταν όμοιες με τις απαντήσεις των παιδιών που τοποθετήθηκαν στους δύο προηγούμενους τύπους εξηγήσεων.

6. *Ο Ήλιος περιστρέφεται γύρω από τη Γη.* Μόνο ένα παιδί τοποθετήθηκε σ' αυτόν τον τύπο εξήγησης, σύμφωνα με την οποία ο Ήλιος και η Σελήνη «ανταλλάσσουν θέσεις» περιφερόμενα γύρω από τη Γη κάθε 24 ώρες. Το παιδί αυτό, απαντώντας στην Ερώτηση 22, «Πού βρίσκεται ο Ήλιος τη νύχτα;», είπε ότι ο Ήλιος βρίσκεται «στην άλλη πλευρά της Γης» γιατί «ο Ήλιος γυρίζει γύρω από τη Γη» (Ερώτηση 23) (βλ. το πρωτόκολλο αρ. 6, Πίνακας 3, για ένα παράδειγμα αυτού του τύπου).

7. *Η Γη γυρίζει και ο Ήλιος μένει ακίνητος.* Αυτό είναι το πρώτο παράδειγμα μιας εξήγησης σύμφωνα με την οποία η εξαφάνιση του Ήλιου αποδίδεται στην κίνηση της Γης. Σ' αυτή την κατηγορία τοποθετήθηκαν εικοσιδύο παιδιά. Όλα είπαν ότι ο Ήλιος είτε μένει εκεί που βρίσκεται τη νύχτα (Ερώτηση 22) είτε ότι βρίσκεται στην άλλη πλευρά της Γης γιατί η Γη κινείται (Ερώτηση 23) ενώ ο Ήλιος παραμένει ακίνητος (Ερώτηση 24β). Οι απαντήσεις των παιδιών που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία έδειξαν ότι γνώριζαν κάποια πράγματα σχετικά με την περιστροφική κίνηση της Γης (π.χ. η Γη γυρίζει, στριφογυρίζει, περιστρέφεται, κινείται γύρω σε κύκλους) (βλ.

το πρωτόκολλο αρ. 7, Πίνακας 3, για ένα παράδειγμα αυτού του τύπου εξήγησης).

8. *Η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο.* Αυτός ο τύπος εξήγησης διαφέρει από την προηγούμενη κατηγορία στο ότι η κίνηση της Γης περιγράφεται ως περιφορά γύρω από τον Ήλιο μάλλον (π.χ. «Η Γη γυρνάει γύρω από τον Ήλιο») παρά ως περιστροφή, όπως δείχνουν οι απαντήσεις στις Ερωτήσεις 23 και 24α. Τρία παιδιά τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία (ένα παράδειγμα αυτού του τύπου εξήγησης είναι το πρωτόκολλο αρ. 8 στον Πίνακα 3).

9. *Ο Θεός έκανε τη μέρα και τη νύχτα.* Μόνο ένα παιδί τοποθετήθηκε σ' αυτή την κατηγορία (πρωτόκολλο αρ. 9, Πίνακας 3). Το παιδί αυτό δεν έδωσε καμία πληροφορία σχετικά με το μηχανισμό που είναι υπεύθυνος για τον κύκλο της μέρας/νύχτας εκτός από το ότι ο Θεός τα έκανε έτσι.

10. *Μικτές απαντήσεις.* Μικτός χαρακτηρίστηκε ένας τύπος απάντησης όταν χρησιμοποιήθηκαν περισσότεροι από ένας μηχανισμοί για να εξηγήσουν την εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα, καταλήγοντας έτσι σ' ένα εσωτερικά ασυνεπές μοντέλο. Σ' αυτή την κατηγορία τοποθετήθηκαν έξι παιδιά. Παραδείγματος χάρη, η Σάντρα (πρωτόκολλο αρ. 10, Πίνακας 3) αρχίζει με την εξήγηση ότι η εξαφάνιση του Ήλιου οφείλεται στην κίνηση του Ήλιου πάνω-κάτω, συνεχίζει με μια εξήγηση που βασίζεται στην κάλυψη του Ήλιου, και, όταν ρωτιέται αν κινείται η Γη, αλλάζει την απάντησή της αποδίδοντας την εξαφάνιση του Ήλιου στην περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της.

11. *Ελλιπείς απαντήσεις.* Τα επτά παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία είτε απάντησαν ότι δε γνωρίζουν πώς να εξηγήσουν το ερευνώμενο φαινόμενο είτε έδωσαν μια εξήγηση που δεν μπορούσαμε να καταλάβουμε. Ένα παράδειγμα μιας από τις ελλιπείς απαντήσεις δίνεται στον Πίνακα 3 (πρωτόκολλο αρ. 11).

Πολλές από τις μικτές και ελλιπείς απαντήσεις αποκάλυψαν τις προσπάθειες των παιδιών να διατηρήσουν κάποια στοιχεία από τις αφελείς εξηγήσεις τους (συνήθως με βάση την απόκρυψη του Ήλιου που κινείται πάνω-κάτω) καθώς τις αντικαθιστούσαν με την πολιτισμικά αποδεκτή εξήγηση μιας περιστρεφόμενης Γης.


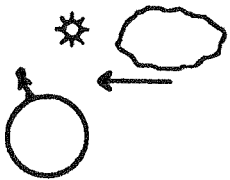


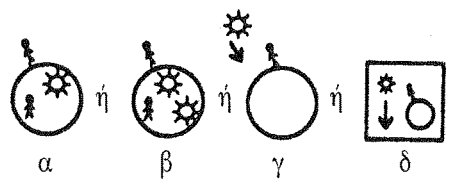
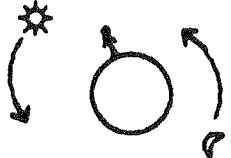
Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, τα περισσότερα από τα παιδιά της πρώτης τάξης έδωσαν εξηγήσεις με βάση το αρχικό νοητικό μοντέλο ενός Ήλιου που κατεβαίνει στο έδαφος, ενώ τα περισσότερα από τα μεγαλύτερα παιδιά έδωσαν εξηγήσεις με βάση την περιστροφική κίνηση της Γης.

### *Η Εναλλαγή Μέρας και Νύχτας*

Οι εξηγήσεις που έδωσαν τα παιδιά για την εναλλαγή μέρας και νύχτας καθορίστηκαν με βάση τις απαντήσεις τους στις Ερωτήσεις 25 και 26 που φαίνονται στο Σχήμα 3. Για την Ερώτηση 25, η πειραματίστρια σχεδίασε ένα κύκλο που απεικόνιζε τη Γη και τοποθέτησε μια φιγούρα στην άνω αριστερή πλευρά του κύκλου. Μετά είπε: «Φτιάξ' το έτσι ώστε να είναι μέρα γι' αυτό το πρόσωπο», κι έπειτα: «Φτιάξ' το έτσι ώστε να είναι νύχτα γι' αυτό το πρόσωπο». Στην Ερώτηση 26α ζητήθηκε μια προφορική εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας («Πες μια φορά ακόμη πώς συμβαίνει αυτό»). Όταν τοποθετούσαμε τα παιδιά σε κατηγορίες εξηγήσεων, κοιτούσαμε πόσο συνεπή ήταν τα σχέδιά τους με την προφορική τους εξήγηση. Τα παιδιά τοποθετήθηκαν σε μια κατηγορία εξήγησης όταν το σχέδιο και η προφορική τους εξήγηση έδειχναν ότι ο ίδιος μηχανισμός χρησιμοποιήθηκε για να εξηγήσουν τον κύκλο της μέρας/νύχτας. Ουδέτερα σχέδια (π.χ. το παιδί απλώς διαγράφει τον Ήλιο, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5, εξήγηση τύπου 6) γίνονταν αποδεκτά εάν η προφορική εξήγηση ήταν αναμφισβήτητη. Παρομοίως, ουδέτερες εξηγήσεις γίνονταν αποδεκτές εάν το σχέδιο ήταν αναμφισβήτητο. Εάν και το σχέδιο και η προφορική εξήγηση ήταν αμφισβητούμενα, η απάντηση του παιδιού τοποθετούνταν στην κατηγορία «ελλιπείς απαντήσεις». Εάν ήταν ασυνεπή μεταξύ τους (με την έννοια ότι χρησιμοποιούσαν διαφορετικούς μηχανισμούς), το παιδί τοποθετούνταν στην κατηγορία «μικτές απαντήσεις».

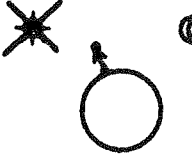
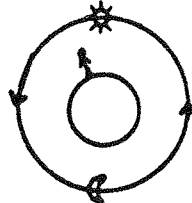
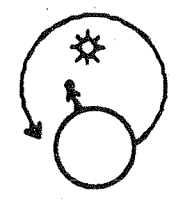
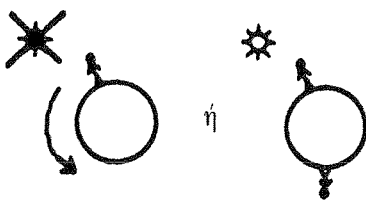
Όταν αποφασίστηκε να απεικονίζεται η Γη μ' έναν κύκλο και οι άνθρωποι που κατοικούν στη Γη με μια φιγούρα τοποθετημένη στο πάνω και αριστερό μέρος του κύκλου, δεν είχαμε ακόμα καταλάβει

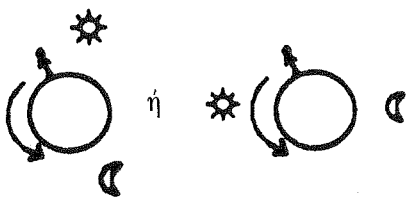


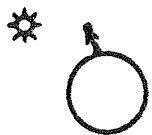
ΣΧΗΜΑ 3. Εξηγήσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας και συχνότητές τους ανά σχολική τάξη.

<p>Τύπος εξήγησης</p>	<p>Με βάση το παρακάτω σχέδιο, ο πειραματιστής λέει: Τώρα κάνε το ώστε να είναι μέρα γι' αυτό το πρόσωπο. Ωραία! Τώρα κάνε το ώστε να είναι νύχτα γι' αυτό το πρόσωπο.</p>  <p style="text-align: right;">E25</p>	<p>Δείξε μου. Πες μου ακόμα μια φορά πώς συμβαίνει αυτό.</p> <p style="text-align: right;">E26α</p>
<p>(1) Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα ή το σκοτάδι. (1, 1, 1 = 3)<sup>α,β</sup></p>		<p>Τα σύννεφα ή το σκοτάδι ή η νύχτα καλύπτουν τον Ήλιο.</p>
<p>(2) Η μέρα αντικαθίσταται από τη νύχτα. (1, 0, 0 = 1)</p>		<p>Η μέρα πηγαίνει σ' ένα άλλο μέρος και το σκοτάδι την αντικαθιστά.</p>
<p>(3) Ο Ήλιος μπαίνει στο διάστημα. (1, 1, 0 = 2)</p>		<p>Ο Ήλιος μπαίνει στο διάστημα και μετά επιστρέφει κάτω.</p>
<p>(4) Ο Ήλιος κατεβαίνει πάνω/μέσα στο έδαφος [και η Σελήνη ανεβαίνει]. (4, 0, 0 = 4)</p>		<p>Ο Ήλιος κατεβαίνει πάνω/μέσα στο έδαφος [πάνω από τους λόφους, μέσα στο νερό] και η Σελήνη ανεβαίνει.</p>
<p>(5) Ο Ήλιος πηγαίνει κάτω, στην άλλη πλευρά της Γης [και η Σελήνη έρχεται πάνω]. (3, 0, 0 = 3)</p>		<p>Ο Ήλιος πηγαίνει κάτω από τη Γη ή στην άλλη πλευρά της Γης [και η Σελήνη πηγαίνει πάνω].</p>

<sup>α</sup>  $n = 60$ .

<sup>β</sup> Οι αριθμοί στις παρενθέσεις δίνουν τη συχνότητα των τύπων εξήγησης για κάθε σχολική τάξη. Ο πρώτος αριθμός αποτελεί τη συχνότητα για την πρώτη τάξη, ο δεύτερος αριθμός για την τρίτη τάξη και ο τρίτος αριθμός για την πέμπτη τάξη. Ο τελευταίος αριθμός δίνει τη συχνότητα για το σύνολο και των τριών τάξεων.

<p>Τύπος εξήγησης</p>	<p>Τώρα κάνε το ώστε να είναι μέρα γι' αυτό το πρόσωπο. Ωραία! Τώρα κάνε το ώστε να είναι νύχτα γι' αυτό το πρόσωπο.</p>	<p>Δείξε μου. Πες μου ακόμα μια φορά πώς συμβαίνει αυτό.</p>
<p>(6) Ο Ήλιος κατεβαίνει χωρίς περαιτέρω διευκρινίσεις με επιφύλαξη ως προς την πλευρά της Γης. (3, 0, 0 = 3)</p>		<p>Ο Ήλιος κατεβαίνει. Πάει σε άλλη πόλη.</p>
<p>(7) Ο Ήλιος και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τη Γη. (0, 2, 0 = 2)</p>		<p>Ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται γύρω από τη Γη κάθε μέρα.</p>
<p>(8) Η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο. (1, 2, 1 = 4)</p>		<p>Η Γη πηγαίνει [γυρίζει] γύρω από τον Ήλιο.</p>
<p>(9) Η Γη περιστρέφεται πάνω/κάτω και ο Ήλιος είναι ακίνητος [δεν υπάρχουν διευκρινίσεις σχετικά με τη Σελήνη]. (1, 1, 5 = 7)</p>		<p>Η Γη γυρίζει γύρω-γύρω [στροβιλίζεται ή περιστρέφεται]. Ο Ήλιος μένει σ' ένα μέρος.</p>

<p>Τύπος εξήγησης</p>	<p>Τώρα κάνε το ώστε να είναι μέρα γι' αυτό το πρόσωπο. Ωραία! Τώρα κάνε το ώστε να είναι νύχτα γι' αυτό το πρόσωπο.</p> <p style="text-align: right;">E25</p>	<p>Δείξε μου. Πες μου ακόμα μια φορά πώς συμβαίνει αυτό.</p> <p style="text-align: right;">E26α</p>
<p>(10) Η Γη περιστρέφεται πάνω/κάτω και ο Ήλιος και η Σελήνη είναι ακίνητα σε αντίθετες μεταξύ τους πλευρές της Γης. (0, 3, 5 = 8)</p>		<p>Όταν είναι μέρα, η Γη γυρίζει [στροβιλίζεται ή περιστρέφεται] γύρω από τον Ήλιο. Όταν είναι νύχτα, η Γη γυρίζει προς το μέρος που είναι η Σελήνη.</p>
<p>(11) Η Γη περιστρέφεται από τ' αριστερά προς τα δεξιά· δεν υπάρχουν διευκρινίσεις ως προς τη Σελήνη. (0, 0, 1 = 1)</p>		<p>Η Γη φεύγει μακριά από τον Ήλιο.</p>
<p>(12) Η Γη περιστρέφεται από τ' αριστερά προς τα δεξιά και ο Ήλιος και η Σελήνη είναι ακίνητα σε αντίθετες μεταξύ τους πλευρές της Γης. (0, 2, 0 = 2)</p>		<p>Όταν η Γη γυρίζει γύρω από την τροχιά της, αυτή η πλευρά γίνεται μέρα κι αυτή η πλευρά γίνεται νύχτα.</p>
<p>(13) Η Γη περιστρέφεται προς ακαθόριστη κατεύθυνση και δεν υπάρχουν διευκρινίσεις για τη Σελήνη. (2, 2, 2 = 6)</p>		<p>Η Γη γυρίζει γύρω-γύρω [στροβιλίζεται ή περιστρέφεται].</p>



Τύπος εξήγησης	Τώρα κάνε το ώστε να είναι μέρα γι' αυτό το πρόσωπο. Ωραία! Τώρα κάνε το ώστε να είναι νύχτα γι' αυτό το πρόσωπο. E25	Δείξε μου. Πες μου ακόμα μια φορά πώς συμβαίνει αυτό. E26α
(14) Μικτές απαντήσεις. (2, 5, 4 = 11)	Λογικά αστήρικτη απάντηση.	Λογικά αστήρικτη απάντηση.
(15) Ελλιπείς απαντήσεις. (1, 1, 1 = 3)	Καμία απάντηση, μη σχετική ή αμφίσημη απάντηση.	Καμία απάντηση, μη σχετική ή αμφίσημη απάντηση.

τα νοητικά μοντέλα που είχαν τα παιδιά για τη Γη. Η απεικόνιση αυτή αποδείχτηκε λίγο προβληματική, γιατί μερικά από τα παιδιά που πήραν μέρος στην έρευνα δε νόμιζαν ότι η Γη είναι σφαιρική, ή δεν πίστευαν ότι είναι δυνατόν οι άνθρωποι να ζουν στην επιφάνεια αυτής της σφαίρας. Μερικά παιδιά πίστευαν ότι η Γη είναι επίπεδη σαν ένα ορθογώνιο ή σαν ένας δίσκος, ή ότι είναι μία κοίλη σφαίρα με τους ανθρώπους να ζουν σε επίπεδο έδαφος, βαθιά στο εσωτερικό της (βλ. Vosniadou & Brewer, 1992).

Όπως θα γίνει σαφές από τα παραδείγματα πρωτοκόλλων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4 και στις ζωγραφιές που παρουσιάζονται στα Σχήματα 3 και 4, μερικά από τα παιδιά του δείγματός μας απέρριψαν σαφώς την απεικόνισή μας, και τοποθέτησαν την ανθρωπινή φιγούρα μέσα στον κύκλο, σε μια επίπεδη γραμμή μέσα στον κύκλο, ή σε μια επίπεδη γραμμή κάτω από τον κύκλο. Άλλα δεν είπαν τίποτε, αλλά αγνόησαν την απεικόνισή μας κι έκαναν τη δική τους. Σε μερικές περιπτώσεις, όμως, η απεικόνιση και η τοποθέτηση της φιγούρας κατέληξαν σε εικονογραφημένες αναπαραστάσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας οι οποίες ήταν ασυνεπείς με τις προφορικές εξηγήσεις ή που δεν αποτελούσαν ακριβή αντανάκλαση αυτών. Όταν ερμηνεύσαμε τις απεικονίσεις, προσπαθήσαμε να λάβουμε υπόψη την άποψη του παιδιού, αλλά σε λίγες περιπτώσεις μπορεί να τοποθετήσαμε τα παιδιά στην κατηγορία «μικτές απαντήσεις» ενώ στην πραγματικότητα δεν ανήκαν εκεί. Θα μπορούσαμε να είχαμε

αποφασίσει διαφορετικά και να μην είχαμε χρησιμοποιήσει τα δεδομένα που βασίζονταν στις ζωγραφιές των παιδιών, αλλά αν το είχαμε κάνει αυτό θα είχαν χαθεί πολύ ενδιαφέρουσες και πολύτιμες πληροφορίες, ενώ το μόνο κέρδος θα ήταν η εξάλειψη ενός σχετικά μικρού αριθμού προβληματικών περιπτώσεων.

Τέλος, θα πρέπει επίσης να αναφέρουμε ότι οι απαντήσεις των παιδιών τοποθετούνταν στη μικτή κατηγορία εάν σε οποιοδήποτε μέρος της συνέντευξης έδιναν μια εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας διαφορετική από εκείνη που έδωσαν ως απάντηση στις Ερωτήσεις 25 και 26α. Τέτοιες ευκαιρίες υπήρχαν σε διάφορα μέρη της συνέντευξης· π.χ., όταν τα παιδιά ρωτήθηκαν για τη φαινομενική κίνηση της Σελήνης, ή την εξαφάνιση των άστρων κατά τη διάρκεια της ημέρας. Αυτό το αυστηρό κριτήριο μπορεί να εξηγήσει τον σχετικά μεγάλο αριθμό μικτών απαντήσεων γι' αυτό το σύνολο ερωτήσεων (11/60).

Τα ακριβή κριτήρια που χρησιμοποιήσαμε για την τοποθέτηση των παιδιών σε κάθε τύπο εξήγησης δίνονται στο Σχήμα 3 και θα συζητηθούν λεπτομερώς παρακάτω. Παραδείγματα πρωτοκόλλων για κάθε τύπο εξήγησης βρίσκονται στον Πίνακα 4. Οι ζωγραφιές των παιδιών των οποίων πρωτόκολλα χρησιμοποιήθηκαν στον Πίνακα 4 φαίνονται στο Σχήμα 4.

1. *Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα ή από το σκοτάδι.* Τα τρία παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία είτε σχεδίασαν μια εικόνα που έδειχνε τον Ήλιο παρεμποδιζόμενο από τα σύννεφα ή το σκοτάδι, είτε απάντησαν ότι τα σύννεφα, το σκοτάδι ή η νύχτα καλύπτουν τον Ήλιο, είτε έκαναν και τα δύο. Ένα παράδειγμα πρωτοκόλλου δίνεται στον Πίνακα 4 (πρωτόκολλο 1), και το αντίστοιχο σχέδιο είναι το υπ' αρ. 1, Σχήμα 4. Το σχέδιο και η προφορική επικοινωνία δείχνουν ότι η Ταμάρια πιστεύει πως οι άνθρωποι ζουν μέσα στη Γη και πως ο Ήλιος καλύπτεται τη νύχτα από τα σύννεφα. Όταν ένα σχέδιο που παρίστανε την παρεμπόδιση του Ήλιου συνοδευόταν από μια διαφορετική εξήγηση (π.χ. ότι ο Ήλιος κινείται πάνω-κάτω), ή όταν μια εξήγηση της παρεμπόδισης συνδυαζόταν μ' ένα σχέδιο που απεικόνιζε έναν διαφορετικό μηχανισμό

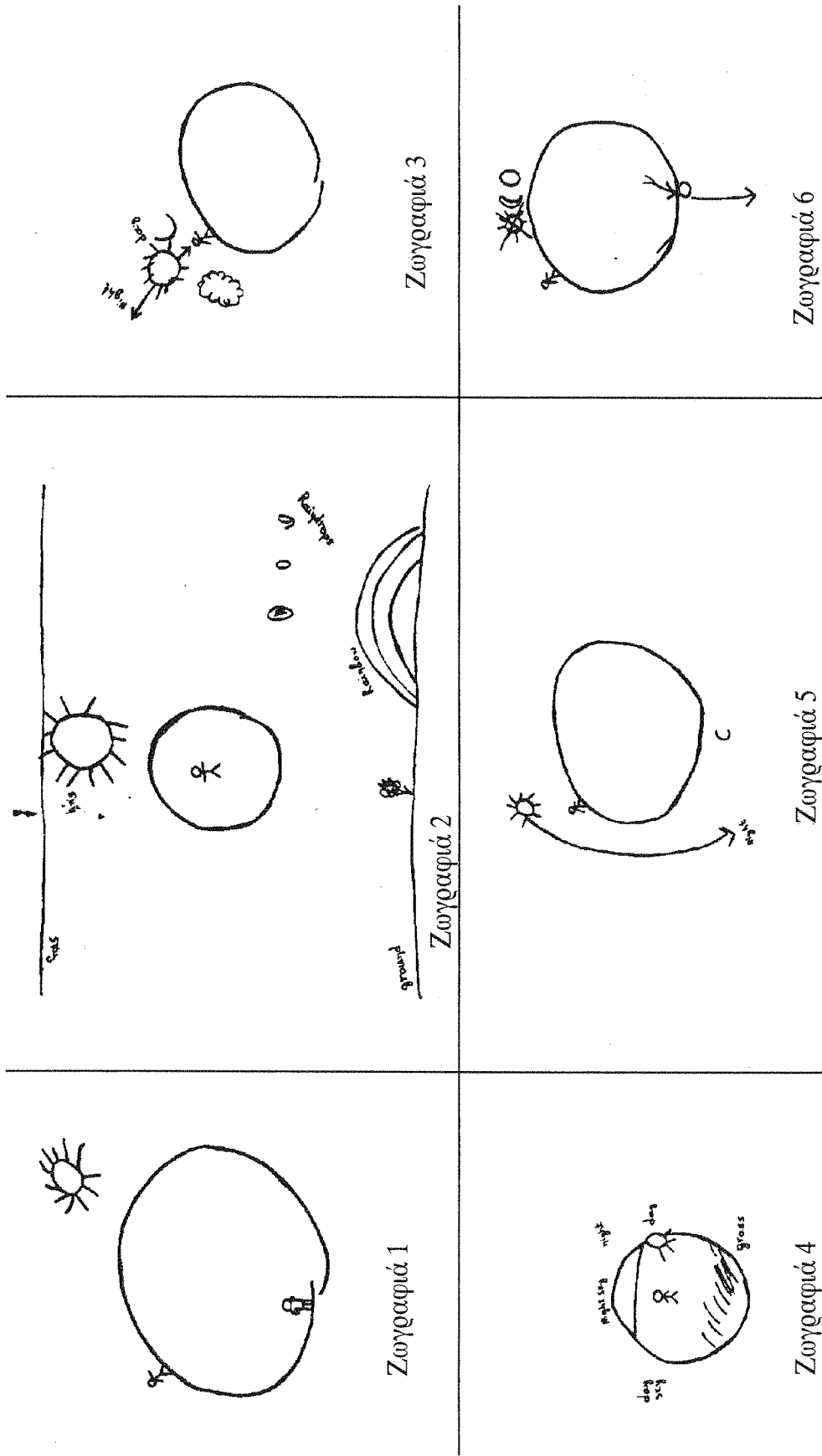
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Παραδείγματα πρωτοκόλλων για τις εξηγήσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας.

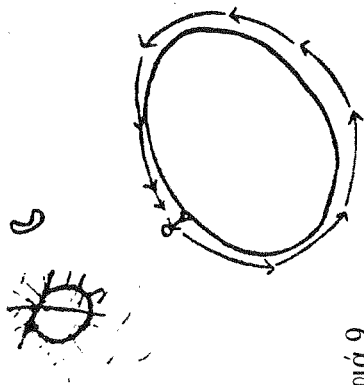
(1) Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα ή το σκοτάδι.	(2) Η μέρα αντικαθίσταται από τη νύχτα.	(3) Ο Ήλιος βγαίνει στο διάστημα.	(4) Ο Ήλιος κατεβαίνει πάνω/μέσα στο έδαφος [και η Σελήνη ανεβαίνει].
<p>ΤΑΜΑΡΑ (Αρ. 9, πέμπτη τάξη)                      Ε: Τώρα μπορείς να το κάνεις ώστε να είναι μέρα γι' αυτό το πρόσωπο;                      Α: Αυτός βρισκείται έξω από τη Γη.                      Ε: Πού πρέπει αυτός να βρίσκεται;                      Α: Μέσα εδώ [βλ. την εικόνα 4, σχίσο 1].                      Ε: ...Εντάξει. Τώρα, κάνει το μέρα γι' αυτόν.                      Α: Ο Ήλιος είναι έξω εδώ, αλλά φαίνεται σαν να είναι μέσα στη Γη, όταν λάμπει...                      Ε: Εντάξει. Τι συμβαίνει τη νύχτα;                      Α: Τα σύννεφα τον καλύπτουν.                      Ε: Πες μου άλλη μια φορά, πώς συμβαίνει αυτό;                      Α: Γιατί στις 12 ακριβώς είναι σκοτάδι.</p>	<p>ΟΤΟΜΝ (Αρ. 51, πρώτη τάξη)                      Ε: Τώρα κάνε το μέρα γι' αυτό το πρόσωπο.                      Α: Ο Ήλιος και τα σύννεφα στον ουρανό. Ουράνιο τόξο, σταγονες βροχής [βλ. το σχίσο 2 στην εικόνα 4].                      Ε: Τώρα κάνε το έτσι ώστε να είναι νύχτα γι' αυτό το πρόσωπο.                      Α: Ό,τι συμβόλιζε τη μέρα απομακρύνεται.                      Ε: Μπορείς να κάνεις τη νύχτα;                      Α: Πώς;                      Ε: Σπνέχισε και σμπασόρισε την. Πώς θα 'ταν;                      Α: Όλα αυτά [που συμβολίζουν τη μέρα] θα απομακρυνθούν.                      Ε: Γνωρίζεις πού θα πάνε αυτά;                      Α: Σ' ένα άλλο μέρος.                      Ε: Ξέρεις πώς γίνεται αυτό;                      Α: Ναι. Μμμ, η νύχτα παίρνει τον Ήλιο.</p>	<p>ΑΛΙΣΟΝ (Αρ. 52, πρώτη τάξη)                      Ε: Τώρα κάνε το ώστε να είναι μέρα γι' αυτό το πρόσωπο.                      Α: [Το παιδί κάνει το σχίσο 3 που φαίνεται στην εικόνα 3]. Εδώ ακριβώς;                      Ε: Ό,τι νομίζεις εσύ. Τώρα κάνε τη νύχτα.                      Α: Πάει στο διάστημα.                      Ε: Δείξε μου, πες μου πώς γίνεται αυτό;                      Α: Ο Ήλιος ξανακατεβαίνει. Μπαίνει στο διάστημα, κι όταν σκοτεινιάζει το φεγγάρι ξαναβγαίνει.</p>	<p>ΧΑΡΜΟΝΙ (Αρ. 41, πρώτη τάξη)                      Ε: Μπορείς να φτιάξεις μέρα γι' αυτό το πρόσωπο;                      [Βλ. το σχίσο 4 στην εικόνα 3].                      Ε: Τώρα φτιάξε τη νύχτα για κείνο το πρόσωπο.                      Α: Για να φτιάξεις τη νύχτα, σβήσε τον Ήλιο και αντικατάστησέ τον με τη Σελήνη.                      Ε: Μπορείς να μου πεις άλλη μια φορά πώς γίνεται αυτό;                      Α: Ο Ήλιος κατεβαίνει και η Σελήνη ανεβαίνει, κι έπειτα η Σελήνη κατεβαίνει και ο Ήλιος ανεβαίνει.                      Ε: Πού είναι η Σελήνη όταν ο Ήλιος βρισκείται πάνω;                      Α: Η Σελήνη είναι εκεί που αναπαύεται ο Ήλιος.</p>

<p>(5) Ο Ήλιος κατεβαίνει στην άλλη πλευρά της Γης.</p>	<p>ΤΙΜΟΘΙ (Αρ. 47, πρώτη τάξη) [Το παιδί κάνει τα σκίτσα που φαίνονται στην εικόνα 3]. Ε: Πες μου ακόμα μια φορά πώς συμβαίνει αυτό; Α: Όταν η Σελήνη ανεβαίνει και ο Ήλιος κατεβαίνει. Ε: Πού βρισκόταν πριν η Σελήνη;</p>	<p>(6) Ο Ήλιος κατεβαίνει, χωρίς να καθορίζεται προς ποια πλευρά της Γης [και η Σελήνη ανεβαίνει]. ΚΙΝΤΕΝ (Αρ. 44, πρώτη τάξη) Ε: Τώρα φτιάξε τη μέρα. Τώρα φτιάξε τη νύχτα. [Βλ. το σκίτσο 6 στην εικόνα 3]. Ε: Πες μου ακόμα μια φορά πώς συμβαίνει αυτό; Α: Γιατί αυτός βρισκόμαστε στην κορυφή της Γης και ο Ήλιος πρόκειται να βγει έξω απ' όλο το διάστημα. Ο Ήλιος υποτίθεται πως βρίσκεται στη μέση όλου του μέρους... και βγαίνει. Έπειτα αυτός θα στέκεται πάνω στη Γη ώστε να βλέπει τον Ήλιο. Κι όταν έρχεται η Σελήνη, αυτός μπορεί να δει και τη Σελήνη. Ε: Κινείται ο Ήλιος; Α: Μόνο πάνω και κάτω. Ε: Κινείται και η Σελήνη πάνω και κάτω; Α: Ναι.</p>	<p>(7) Ο Ήλιος και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τη Γη. ΚΑΡΕΝ (Αρ. 37, τρίτη τάξη) [Το παιδί φτιάχνει το σκίτσο 7 που φαίνεται στην εικόνα 3]. Ε: Τώρα φτιάξε το ώστε να είναι νύχτα. Α: Πρέπει να διαγράψουμε τον Ήλιο και να τον βάλουμε εδώ. Ε: Πες μου ακόμα μια φορά πώς γίνεται αυτό; Α: Λοιπόν, ο Ήλιος πάλλεται γύρω από τη Γη κάθε 12 ώρες. Κι έπειτα η Σελήνη πάει προς την άλλη κατεύθυνση και πάλλεται γύρω από τη Γη κάθε 12 ώρες. Ωστε και εμείς και η Κίνα έχουμε τη Σελήνη και τον Ήλιο.</p>	<p>(8) Η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο. ΜΑΙΚ (Αρ. 11, πέμπτη τάξη) Ε: Φτιάξε το ώστε να είναι μέρα γι' αυτό το πρόσωπο. [Βλ. το σκίτσο 8, εικόνα 3]. Ε: Κάνε το ώστε να είναι νύχτα. Α: Η Σελήνη [το παιδί σκιστά-ρει τη Σελήνη]. Ε: Πες μου ακόμα μια φορά πώς γίνεται αυτό; Α: Η Γη γυρίζει γύρω από τον Ήλιο, και ο Ήλιος δίνει ζέση.</p>
---	---	--	---	---

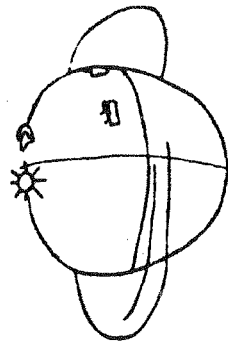
<p>(9) Η Γη γυρίζει πάνω/κάτω και ο Ήλιος μένει ακίνητος [η Σελήνη δεν καθορίζεται τι κάνει].</p>	<p>ΤΣΑΝΤ (Αρ. 19, πέμπτη τάξη) [Το παιδί κάνει το σκίτσο 9 που φαίνεται στην εικόνα 5]. Ε: Πες μου πώς γίνεται αυτό; Α: Ο Ήλιος μένει σ' ένα μέρος και η Γη γυρίζει. Ε: Πώς; Α: Γυρίζει γύρω-γύρω.</p>	<p>(10) Ο Ήλιος γυρίζει πάνω-κάτω και ο Ήλιος και η Σελήνη μένουν ακίνητα σε αντίθετες μεταξύ τους θέσεις.</p>	<p>ΡΟΜΠΕΡΤ (Αρ. 5, πέμπτη τάξη) Ε: Τώρα κάνε το ώστε να είναι μέρα γι' αυτό το πρόσωπο. [Το παιδί κάνει το σκίτσο 10 που φαίνεται στην εικόνα 3]. Ε: Τώρα μπορείς να φτιάξεις τη νύχτα; Α: Μπορώ να τον σμιτσάρω κάπου αλλού; [Σμιτσάρει την ανθρωπίνη φιντούρα στο κάτω μέρος της Γης]. Ε: Βέβαια. [Το παιδί σμιτσάρει βέλη που δείχνουν πώς στροβιλίζεται η Γη]. Ε: Πες μου πώς γίνεται αυτό; Α: Όταν ήταν μέρα, στροβιλίζόταν γύρω από τον Ήλιο. Όταν ήταν νύχτα, η Γη περιστρεφόταν προς τα εκεί όπου βρισκόταν η Σελήνη.</p>	<p>(11) Η Γη περιστρέφεται από τ' αριστερά προς τα δεξιά και ο Ήλιος μένει ακίνητος [η Σελήνη δεν καθορίζεται τι κάνει].</p>	<p>ΕΝΤΙ (Αρ. 20, πέμπτη τάξη) [Το παιδί κάνει το σκίτσο 11 που φαίνεται στην εικόνα 3]. Ε: Πες μου πώς γίνεται αυτό; Α: Γιατί όταν η Σελήνη απομακρύνεται από τον Ήλιο, σκοτεινιάζει.</p>	<p>(12) Η Γη περιστρέφεται από τ' αριστερά προς τα δεξιά και ο Ήλιος και η Σελήνη μένουν ακίνητα σε αντίθετες μεταξύ τους πλευρές.</p>	<p>ΒΕΝΙΚΑ (Αρ. 33, τρίτη τάξη) [Το παιδί κάνει το σκίτσο 12, εικόνα 3]. Ε: Μπορείς να μου πεις πώς γίνεται αυτό; Α: Όταν η Γη περιστρέφεται γύρω από την τροχιά της, απ' αυτή την πλευρά είναι μέρα και απ' αυτή νύχτα.</p>
<p>(13) Η Γη περιστρέφεται προς μια ακαθόριστη κατεύθυνση, η Σελήνη δεν καθορίζεται τι κάνει.</p>		<p>ΤΖΟΣΟΥΑ (Αρ. 1, πέμπτη τάξη) [Το παιδί κάνει το σκίτσο 13, εικόνα 3]. Ε: Πώς γίνεται αυτό; Α: Γιατί ο κόσμος γυρίζει.</p>					

ΣΧΗΜΑ 4. Ζωγραφιές των παιδιών των οποίων τα πρωτόκολλα χρησιμοποιήθηκαν ως παραδείγματα της εξήγησης του κύκλου της μέρας/νύχτας.

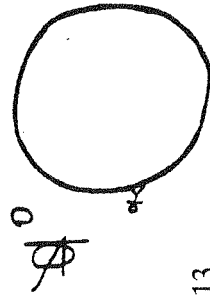




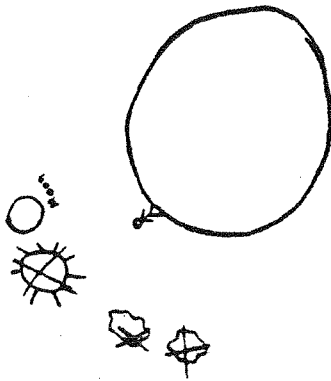
Ζωργαφιά 9



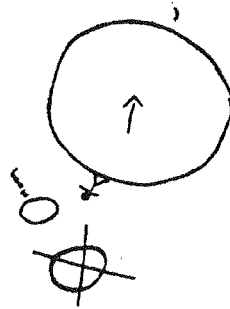
Ζωργαφιά 12



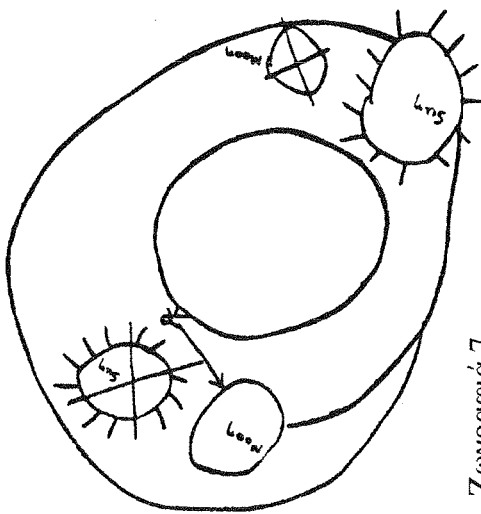
Ζωργαφιά 13



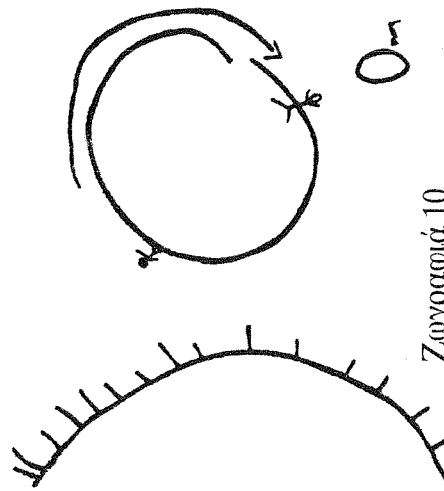
Ζωργαφιά 8



Ζωργαφιά 11



Ζωργαφιά 7



Ζωργαφιά 10

εξαφάνισης του Ήλιου, το παιδί τοποθετούνταν στη μικτή κατηγορία.

2. *Η μέρα αντικαθίσταται από τη νύχτα.* Σύμφωνα μ' αυτή την εξήγηση (που δόθηκε μόνο από ένα παιδί), η μέρα φεύγει και τη θέση της παίρνει η νύχτα. Η εξήγηση αυτή δε χρησιμοποιεί την παρεμπόδιση ως το μηχανισμό που προκαλεί την εξαφάνιση του Ήλιου, αλλά μάλλον την κίνηση του Ήλιου (αλλά και οτιδήποτε άλλο συνιστά την ημέρα) σ' ένα άλλο μέρος. Επιπλέον, έχει το πλεονέκτημα, έναντι της εξήγησης που επικαλείται την παρεμπόδιση, ότι μπορεί να εξηγήσει το γεγονός πως όταν είναι νύχτα σε κάποια μέρη του κόσμου είναι μέρα σε κάποια άλλα (βλ. το πρωτόκολλο αρ. 2, Πίνακας 4, και το σχέδιο 2, Σχήμα 4).

3. *Ο Ήλιος φεύγει προς το διάστημα.* Σύμφωνα μ' αυτή την εξήγηση, ο Ήλιος τη νύχτα φεύγει μακριά στο διάστημα, κι έπειτα επιστρέφει κατά τη διάρκεια της ημέρας. Το ένα από τα δύο παιδιά που έδωσαν αυτή την εξήγηση φάνηκε να πιστεύει ότι ο ουρανός και το διάστημα είναι δύο διαφορετικά πράγματα, κι ότι όταν ο Ήλιος κινείται από τον ουρανό προς το διάστημα, δεν είναι πια ορατός. Οι απεικονίσεις και των δύο παιδιών που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία έδειχναν τον Ήλιο να κινείται τη νύχτα ανοδικά στο διάστημα (βλ. το πρωτόκολλο 3, Πίνακας 4, και το σχέδιο 3, Σχήμα 4).

4. *Ο Ήλιος κατεβαίνει πάνω/μέσα στο έδαφος (και η Σελήνη ανεβαίνει).* Τα τέσσερα παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία, στις απεικονίσεις τους ή στις προφορικές τους δηλώσεις, ή και στα δύο, έδωσαν κάποιες ενδείξεις ότι ο Ήλιος κατεβαίνει πάνω ή μέσα στο έδαφος (όχι κάτω, προς την άλλη πλευρά της Γης). Εκτός από απεικονίσεις που παρουσίαζαν τον Ήλιο να κατεβαίνει μεν αλλά όχι στην άλλη πλευρά της Γης, τα παιδιά χρησιμοποίησαν και δηλώσεις όπως «πάνω» ή «μέσα στο έδαφος», «πίσω από τους λόφους», «μέσα στο νερό» κλπ. Ένα παράδειγμα αυτού του τύπου εξήγησης δίνεται στο πρωτόκολλο υπ' αρ. 4, Πίνακας 4, και στο σχέδιο υπ' αρ. 4, Σχήμα 4. Όπως φαίνεται σ' αυτό το παράδειγμα, η Χάρμονι (που φοιτούσε στην πρώτη τάξη) πιστεύει ότι οι άνθρωποι ζουν μέσα στη Γη και ο Ήλιος κατεβαίνει τη νύχτα στο έδαφος.



Οι απεικονίσεις των παιδιών που έδειχναν τον Ήλιο να κατεβαίνει πάνω στο έδαφος ποίκιλλαν σε σημαντικό βαθμό. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3, μερικά παιδιά, όπως η Χάρμονι, τοποθέτησαν τον Ήλιο μέσα στον κύκλο που απεικόνιζε τη Γη (σχέδια α και β, Σχήμα 3, τύπος εξήγησης 4). Στο σχέδιο β, το παιδί σχεδίασε έναν άλλο Ήλιο για να δείξει την καθοδική κίνηση. Στο σχέδιο γ το παιδί δείχνει μ' ένα βέλος πώς κατεβαίνει ο Ήλιος στο έδαφος. Στο σχέδιο δ έχουμε ένα παιδί μ' ένα μοντέλο δύο γαιών, που δείχνει τον Ήλιο να κατεβαίνει προς το επίπεδο έδαφος που βρίσκεται κάτω από τη σφαιρική Γη. Τα σχέδια αυτά δείχνουν ότι ο τρόπος με τον οποίο τα παιδιά αντιλαμβάνονται την κίνηση του Ήλιου ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με το νοητικό τους μοντέλο για τη Γη. Η σχέση μεταξύ των νοητικών μοντέλων που έχουν τα παιδιά για τη Γη και των εξηγήσεων που δίνουν για τον κύκλο της μέρας/νύχτας θα συζητηθεί αργότερα.

Τέλος, είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι, εκτός από ένα, όλα τα παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία ενέπλεξαν τη Σελήνη στον κύκλο της μέρας/νύχτας υποστηρίζοντας ότι όταν ο Ήλιος κατεβαίνει, η Σελήνη ανεβαίνει.

5. *Ο Ήλιος πηγαίνει κάτω, προς την άλλη πλευρά της Γης (και η Σελήνη έρχεται πάνω).* Η μόνη διαφορά μεταξύ αυτής της εξήγησης και της προηγούμενης είναι ότι εδώ τα παιδιά έδωσαν αποδείξεις –είτε στο σχέδιό τους είτε στις προφορικές τους δηλώσεις, ή και στα δύο– ότι ο Ήλιος κατεβαίνει προς την άλλη πλευρά της Γης. Τα τρία παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία έκαναν ένα σχέδιο σαν αυτό που φαίνεται στο Σχήμα 3, που απεικονίζει τον Ήλιο να κατεβαίνει προς την άλλη πλευρά της Γης, και υποστήριξαν ότι ο Ήλιος πηγαίνει κάτω από τη Γη, προς την άλλη πλευρά της Γης.

Δύο από αυτά τα παιδιά υποστήριξαν επίσης ότι η Σελήνη ανεβαίνει όταν ο Ήλιος πηγαίνει στην άλλη πλευρά της Γης. Ένα παράδειγμα αυτού του τύπου απάντησης είναι το πρωτόκολλο υπ' αρ. 5, Πίνακας 4, και το σχέδιο υπ' αρ. 5, Σχήμα 4.

6. *Ο Ήλιος κατεβαίνει, χωρίς να καθορίζεται προς ποια πλευρά της Γης (και η Σελήνη ανεβαίνει).* Η εξήγηση αυτή ήταν παρόμοια με τις προηγούμενες στο ότι περιείχε την άποψη πως ο Ήλιος κινείται

πάνω-κάτω και ανταλλάσσει θέσεις με τη Σελήνη. Όμως τα τρία παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία δεν έδωσαν αρκετές πληροφορίες στις απαντήσεις τους ώστε να καθορίσουμε αν ο Ήλιος κατεβαίνει πάνω στο έδαφος ή προς την άλλη πλευρά της Γης. Το πρωτόκολλο 6, Πίνακας 4, και το σχέδιο 6, Σχήμα 4, δίνουν ένα παράδειγμα αυτού του τύπου εξήγησης.

7. *Ο Ήλιος και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τη Γη.* Σύμφωνα με αυτή την εξήγηση, η εναλλαγή μέρας και νύχτας προκαλείται από την περιφορά του Ήλιου και της Σελήνης γύρω από τη Γη κάθε 24 ώρες. Επειδή τα παιδιά πιστεύουν ότι ο Ήλιος και η Σελήνη κατά την περιστροφική τους πορεία βρίσκονται σε δύο διαμετρικά αντίθετες πλευρές της Γης, η εξήγηση αυτή περιγράφει θαυμάσια την εναλλαγή μέρας και νύχτας στα διάφορα μέρη της Γης. Από τα δύο παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία, το ένα, και με το σχέδιό του και με την προφορική του εξήγηση, απέδειξε ότι έχει αυτό το μοντέλο (το πρωτόκολλο αυτού του παιδιού είναι το υπ' αρ. 7 στον Πίνακα 4, και το σχέδιό του είναι το υπ' αρ. 7, Σχήμα 4). Το άλλο παιδί έκανε μεν ένα ουδέτερο σχέδιο, αλλά έδωσε μια σαφή προφορική εξήγηση.

8. *Η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο.* Τα τέσσερα παιδιά αυτής της κατηγορίας εξήγησαν τον κύκλο της μέρας/νύχτας με βάση την περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο. Κριτήρια για την τοποθέτηση σ' αυτή την κατηγορία ήταν είτε ένα αναμφίβολο σχέδιο που έδειχνε τη Γη να περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο είτε μια προφορική εξήγηση που έδειχνε την περιφορική κίνηση της Γης, ή και τα δύο. Τα παιδιά που έδωσαν μεν μια εξήγηση η οποία περιείχε την έννοια της περιφοράς αλλά έκαναν ένα σχέδιο που απεικόνιζε την περιστροφή, τοποθετήθηκαν στη μικτή κατηγορία. Τα τέσσερα παιδιά που τοποθετήθηκαν στην κατηγορία 8 υποστήριξαν σαφώς στις προφορικές τους εξηγήσεις ότι η Γη γυρνάει γύρω από τον Ήλιο, κι έκαναν ένα σχέδιο που ήταν συνεπές μ' αυτή την εξήγηση. Ένα παράδειγμα απάντησης αυτού του τύπου είναι το πρωτόκολλο υπ' αρ. 8, Πίνακας 4, και το σχέδιο υπ' αρ. 8, Σχήμα 4.

9. *Η Γη περιστρέφεται πάνω/κάτω και ο Ήλιος μένει ακίνητος (η*

θέση της Σελήνης δεν καθορίζεται). Η εξήγηση αυτή είναι η πρώτη μιας σειράς εξηγήσεων που μνημονεύουν την περιστροφή της Γης που έχει κατεύθυνση πάνω-κάτω. Και τα επτά παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία απάντησαν ότι η Γη περιστρέφεται και ο Ήλιος μένει στο ίδιο μέρος. Οι πληροφορίες για την κατεύθυνση της περιστροφής αντλήθηκαν από τα σχέδιά τους. Η περιστροφή πάνω-κάτω δηλωνόταν είτε μ' ένα βέλος είτε με την τοποθέτηση της φιγούρας στον πάτο της Γης για να δείχνει ότι είναι νύχτα (βλ. τα σχέδια α και β, αντίστοιχα, για την εξήγηση τύπου 9 στο Σχήμα 3). Ένα παράδειγμα απάντησης αυτού του τύπου δίνεται στον Πίνακα 4, πρωτόκολλο 9, και Σχήμα 4, σχέδιο 9. Τα παιδιά που είπαν ότι η Γη γυρνάει, στροβιλίζεται ή περιστρέφεται, αλλά έκαναν ένα ουδέτερο σχέδιο σχετικά με την κατεύθυνση της περιστροφής, τοποθετήθηκαν στον τύπο εξήγησης 13 («Η Γη γυρνάει χωρίς να καθορίζεται η διεύθυνση, η Σελήνη παραμένει ακαθόριστη»).

10. *Η Γη περιστρέφεται πάνω-κάτω, ενώ ο Ήλιος και η Σελήνη μένουν ακίνητα σε αντίθετες πλευρές.* Η εξήγηση αυτή ήταν παρόμοια με την προηγούμενη, εκτός από το ότι περιείχε την πρόσθετη πληροφορία για τη θέση της Σελήνης σύμφωνα με την οποία ο Ήλιος και η Σελήνη παραμένουν ακίνητα σε δύο αντίθετες πλευρές της Γης. Η πληροφορία αυτή μπορούσε να προέλθει είτε από μια αναμφισβήτητη προφορική εξήγηση είτε από ένα αναμφισβήτητο σχέδιο, ή και από τα δύο. Τα σχέδια που αναμένονταν γι' αυτό τον τύπο εξήγησης φαίνονται στο Σχήμα 3, και είναι δύο ειδών: (1) απεικονίζουν τον Ήλιο και τη Σελήνη στερεωμένα στην κορυφή και στον πυθμένα της Γης, ώστε να σχηματίζουν γωνία τουλάχιστον 90 μοιρών, ή (2) απεικονίζουν τον Ήλιο και τη Σελήνη να είναι στερεωμένα στην αριστερή και δεξιά πλευρά της Γης κατά τρόπο ώστε να σχηματίζουν γωνία τουλάχιστον 90 μοιρών, και δείχνουν την περιστροφή της Γης πάνω-κάτω με τη χρήση ενός βέλους ή με την τοποθέτηση των μορφών στα κατώτερα μέρη της Γης. Η πρόσθετη αυτή πληροφορία απαιτείται όταν ο Ήλιος και η Σελήνη είναι στερεωμένα στην αριστερή και δεξιά πλευρά της Γης, επειδή σ' αυτή την περίπτωση η θέση μόνο δε δίνει πληροφορίες για την κατεύθυνση της περιφοράς. Οκτώ παιδιά τοποθετήθηκαν σ'

αυτή την κατηγορία, και όλα ικανοποιούσαν τα κριτήρια που μνημονεύσαμε παραπάνω. Ένα παράδειγμα μιας από αυτές τις απαντήσεις είναι το πρωτόκολλο 10, Πίνακας 4, και το σχέδιο 10, Σχήμα 4.

11. *Η Γη περιστρέφεται από αριστερά προς τα δεξιά και ο Ήλιος μένει ακίνητος (η θέση της Σελήνης δεν καθορίζεται).* Η εξήγηση αυτή είναι παρόμοια με την υπ' αρ. 9, αλλά η κατεύθυνση της περιστροφής είναι από τα αριστερά προς τα δεξιά μάλλον, παρά από πάνω προς τα κάτω. Η πληροφορία για την κατεύθυνση της περιστροφής αντλήθηκε από το σχέδιο που έπρεπε να περιέχει ένα βέλος το οποίο να δείχνει προς τα πλάγια. Μόνο ένα παιδί τοποθετήθηκε σ' αυτή την κατηγορία (βλ. πρωτόκολλο 11, Πίνακας 4, και σχέδιο 11, Σχήμα 4).

12. *Η Γη περιστρέφεται από τα αριστερά προς τα δεξιά και ο Ήλιος και η Σελήνη μένουν ακίνητα σε αντίθετες μεταξύ τους πλευρές της Γης.* Τα δύο παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία, στις απαντήσεις τους έδωσαν πληροφορίες ότι η Γη περιστρέφεται από αριστερά προς τα δεξιά ενώ ο Ήλιος και η Σελήνη μένουν ακίνητα σε δυο αντίθετες πλευρές. Οι πληροφορίες για την κατεύθυνση της περιστροφής προέρχονταν από τα σχέδια που έδειχναν, είτε με την τοποθέτηση των βελών είτε με την τοποθέτηση των μορφών, ότι η Γη περιστρέφεται από αριστερά προς τα δεξιά (βλ. Σχήμα 3, τύπο εξήγησης 12). Οι πληροφορίες για τη θέση της Σελήνης προέρχονταν από τις προφορικές δηλώσεις των παιδιών (π.χ. η Γη περιφέρεται και ο Ήλιος και η Σελήνη δεν κινούνται, κλπ.), ή/και από τα σχέδιά τους (που έδειχναν τον Ήλιο και τη Σελήνη ακίνητα στην αριστερή και στη δεξιά πλευρά της Γης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3). (Για περισσότερες πληροφορίες βλ. το πρωτόκολλο 12, Πίνακας 4, και το σχέδιο 12, Σχήμα 4).

13. *Η Γη γυρίζει προς μια ακαθόριστη κατεύθυνση, η Σελήνη μένει ακαθόριστη.* Η κατηγορία αυτή περιελάμβανε όλες τις εξηγήσεις για την περιστροφή της Γης στις οποίες έμενε ακαθόριστη η κατεύθυνση της περιστροφής και η θέση της Σελήνης. Και τα έξι παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία είπαν ότι η Γη γυρίζει, στροβιλίζεται ή περιστρέφεται, κι έκαναν σχέδια σαν αυτά που φαί-

νονται στο Σχήμα 4 (τύπος εξήγησης 13), και τα οποία έδειχναν είτε τον Ήλιο διαγραμμένο και αντικατεστημένο από τη Σελήνη, ώστε έτσι να γίνεται νύχτα, είτε τον Ήλιο και τη Σελήνη τοποθετημένα στην αριστερή και τη δεξιά πλευρά της Γης. Όλα τα σχέδια ήταν ακαθόριστα όσον αφορά την κατεύθυνση της περιφοράς. Ένα παράδειγμα απάντησης αυτού του τύπου είναι το πρωτόκολλο 13, Πίνακας 4, και το σχέδιο 13, Σχήμα 4.

14. *Μικτές απαντήσεις.* Η μικτή κατηγορία περιελάμβανε έντεκα παιδιά που στις απαντήσεις τους έδωσαν αποδείξεις ότι υποστήριζαν δύο αλληλοσυγκρουόμενες ερμηνείες του κύκλου της μέρας/νύχτας. Μερικές φορές η σύγκρουση εντοπιζόταν στην ασυνέπεια μεταξύ του σχεδίου και της προφορικής εξήγησης, όπως συμβαίνει με το υποκείμενο υπ' αρ. 15, το οποίο σχεδίασε ένα βέλος που έδειχνε τη Γη να περιφέρεται από πάνω προς τα κάτω αλλά απάντησε ότι η Γη περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο. Άλλες φορές η σύγκρουση εντοπιζόταν στην ασυνέπεια μεταξύ των απαντήσεων που έδωσαν τα παιδιά στις Ερωτήσεις 25 και 26α αλλά και σε ό,τι ειπώθηκε αργότερα κατά τη συνέντευξη. Παραδείγματος χάρη, το υποκείμενο υπ' αρ. 46 άρχισε με μια σαφέστατη εξήγηση της περιστροφής της Γης από πάνω προς τα κάτω, την οποία άλλαξε στο τέλος της συνέντευξης με μια εξήγηση του Ήλιου που κινείται από πάνω προς τα κάτω. Ένας άλλος τύπος ασυνεπούς εξήγησης ήταν ο συνδυασμός της παρεμπόδισης του Ήλιου και της κίνησης του Ήλιου από πάνω προς τα κάτω.

15. *Ελλιπείς απαντήσεις.* Η κατηγορία αυτή περιελάμβανε τρία παιδιά τα οποία στις απαντήσεις τους δεν ανέφεραν κανένα μηχανισμό που να προκαλεί τον κύκλο της μέρας/νύχτας.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3, τα περισσότερα από τα παιδιά της πρώτης τάξης εξήγησαν τον κύκλο της μέρας/νύχτας με βάση την ανοδική και καθοδική κίνηση του Ήλιου και της Σελήνης, ενώ τα περισσότερα από τα παιδιά της πέμπτης τάξης χρησιμοποίησαν μια εξήγηση που βασιζόταν στην περιστροφή της Γης.

## *Η Κίνηση της Σελήνης*

Οι ιδέες των παιδιών για την κίνηση της Σελήνης καθορίστηκαν από την εξέταση του τύπου των απαντήσεων που έδωσαν στις τέσσερις ερωτήσεις σχετικά με την κίνηση της Σελήνης, και οι οποίες εμφανίζονται στην πάνω μεριά του Πίνακα 5. Οι τύποι εξήγησης που αντλήθηκαν από τις απαντήσεις που έδωσαν τα παιδιά στις ερωτήσεις τις σχετικές με την κίνηση της Σελήνης χωρίζονται σε οκτώ κατηγορίες, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 5. Παραδείγματα πρωτοκόλλων για μερικές από αυτές τις κατηγορίες δίνονται στον Πίνακα 6.

1. *Όχι, με εξήγηση ή χωρίς εξήγηση.* Τα δεκαεπτά παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία, απαντώντας σε όλες τις σχετικές ερωτήσεις (Ερωτήσεις 30, 31, 32), είπαν ότι η Σελήνη δεν κινείται. Στην Ερώτηση 30 μερικά παιδιά απάντησαν ότι η Σελήνη φαίνεται πως κινείται γιατί κινείται η Γη, αλλά στην πραγματικότητα δεν κινείται. Παρομοίως, μερικά παιδιά, απαντώντας στην Ερώτηση 31, είπαν ότι η Σελήνη φαίνεται να κινείται μαζί με σένα όταν κάνεις έναν περίπατο, αλλά στην πραγματικότητα δεν κινείται. Ένα παιδί απάντησε αυθόρμητα ότι η Σελήνη μένει ακίνητη εκεί όπου βρίσκεται, και ο λόγος για τον οποίο δεν τη βλέπεις κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι γιατί τη σκεπάζουν τα σύννεφα. Η Ερώτηση 33, «Γιατί κινείται η Σελήνη;», δεν υποβλήθηκε σ' αυτά τα παιδιά, αφού απάντησαν ότι η Σελήνη δεν κινείται (βλ. το πρωτόκολλο 1, Πίνακας 6, για ένα παράδειγμα απάντησης αυτού του τύπου).

2. *Ναι, πάνω/κάτω.* Πέντε παιδιά τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία. Απαντώντας στις ερωτήσεις 30 και 32, είπαν απλά ότι η Σελήνη κινείται πάνω/κάτω. Μερικά από αυτά τα παιδιά ισχυρίστηκαν ότι η Σελήνη κινείται μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας μ' έναν «υδραυλικό» τρόπο σε σχέση με την κίνηση του Ήλιου. Η Σελήνη, δηλαδή, το πρωί κατεβαίνει, όταν ο Ήλιος ανεβαίνει, κι αργότερα, όταν ο Ήλιος κατεβαίνει, η Σελήνη ανεβαίνει. Τα περισσότερα παιδιά είπαν ότι η Σελήνη δεν κινείται μαζί με σένα όταν κάνεις έναν περίπατο (Ερώτηση 31), αν και μερικά αναγνώρισαν ότι μπορεί να φαίνεται πως κινείται. Τέλος, όλα τα παιδιά εξήγησαν την κίνηση της

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. Τύποι εξηγήσεων για τις ερωτήσεις τις σχετικές με την κίνηση της Γης, και οι συχνότητές τους ανά σχολική τάξη.<sup>a</sup>

Τύπος εξήγησης	Κινείται ή Σελήνη; E30	Κινείται η Σελήνη μαζί σου όταν κάνεις περίπατο; E31	Κινείται η σελήνη όταν κοιμάσαι στο κρεβάτι σου; E32	Γιατί κινείται η Σελήνη; E33
(1) Όχι, με ή χωρίς εξήγηση. (2, 7, 8 = 17) <sup>β</sup>	Όχι. Όχι η Γη κινείται και φαίνεται σαν να κινείται η Σελήνη.	Όχι ή Ναι. Όχι, φαίνεται σαν να κινείται στην πραγματικότητα δεν κινείται.	Όχι.	Μη σχετική απάντηση.
(2) Ναι, πάνω/κάτω. (3, 0, 2 = 5)	Ναι. Πάνω και κάτω.	Όχι ή Ναι, φαίνεται σαν να κινείται.	Ναι, κινείται πάνω/κάτω, ή Όχι, κινείται την αυγή ώστε ο ήλιος να ανέβει ψηλά και να γίνει μέρα.	Για να γίνει η αλλαγή μέρας/νύχτας.
(3) Ναι, κίνηση χωρίς περαιτέρω διευκρινίσεις. (11, 3, 4 = 18)	Ναι.	Όχι ή Ναι, φαίνεται σαν να κινείται αλλά στην πραγματικότητα δεν κινείται.	Ναι ή Όχι, γιατί κινείται κάποια άλλη ώρα.	Δε γνωρίζω. Για να γίνει η αλλαγή μέρας/νύχτας. Εξαιτίας της βαρύτητας της Γης.
(4) Ναι, περιφορά γύρω από τη Γη. (0, 4, 2 = 6)	Ναι, με ή χωρίς αναφορά στην περιφορά.	Όχι ή Ναι, φαίνεται σαν να κινείται.	Ναι, γυρίζει γύρω από τη Γη.	Για να γίνει η νύχτα.
(5) Ναι, μικτές απαντήσεις. (0, 0, 1 = 1)	Ναι.	Όχι.	Όχι.	Η Σελήνη δεν κινείται. Η Γη κινείται.

<sup>a</sup>  $n = 60$ .

<sup>β</sup> Οι αριθμοί στις παρενθέσεις δίνουν τη συχνότητα των τύπων εξήγησης για κάθε σχολική τάξη. Ο πρώτος αριθμός αποτελεί τη συχνότητα για την πρώτη τάξη, ο δεύτερος αριθμός για την τρίτη τάξη και ο τρίτος αριθμός για την πέμπτη τάξη. Ο τελευταίος αριθμός δίνει τη συχνότητα για το σύνολο και των τριών τάξεων.

Τύπος εξήγησης	Κινείται ή Σελήνη; E30	Κινείται η Σελήνη μαζί σου όταν κάνεις περίπατο; E31	Κινείται η Σελήνη όταν κοιμάσαι στο κρεβάτι σου; E32	Γιατί κινείται η Σελήνη; E33
(6) Ναι, ελλιπείς απαντήσεις. (1, 2, 0 = 5)	Ναι.	Όχι.	Όχι.	Δε γνωρίζω.
(7) Όχι, μικτές απαντήσεις. (1, 2, 0 = 3)	Όχι.	Όχι.	Ναι.	Δε γνωρίζω.
(8) Όχι, ελλιπείς απαντήσεις. (2, 2, 1 = 5)	Όχι.	Αμφίσημη απάντηση (π.χ., ο Ήλιος μάς ακολουθούσε όταν η μαμά μου κι εγώ πηγαίναμε να δούμε τον παππού μου).	Αμφίσημη απάντηση (π.χ., η Σελήνη βρίσκεται σε άλλον πλανήτη κατά τη διάρκεια της ημέρας).	Δε γνωρίζω.

Σελήνης (Ερώτηση 33) σε σχέση με τον κύκλο της μέρας/νύχτας (βλ. το πρωτόκολλο υπ' αρ. 2, Πίνακας 6, για ένα παράδειγμα αυτού του τύπου απάντησης).

3. *Ναι, χωρίς να καθορίζεται η κίνηση.* Πολλά παιδιά (δεκαοκτώ) του δείγματός μας είπαν ότι η Σελήνη κινείται, χωρίς όμως να καθορίζουν πώς κινείται. Το υπόδειγμα απαντήσεων γι' αυτή την κατηγορία ήταν «ναι» στην Ερώτηση 30, «όχι» στην Ερώτηση 31, ή φαίνεται σα να κινείται αλλά στα αλήθεια δεν κινείται, και «ναι» στην Ερώτηση 32, εκτός από λίγα παιδιά που είπαν ότι η Σελήνη δεν κινείται κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά το πρωί ή το βράδυ, για να προκαλέσει τον κύκλο της μέρας/νύχτας. Δόθηκαν ποικίλες εξηγήσεις στην Ερώτηση 33, «Γιατί κινείται η Σελήνη;», όπως π.χ. «για να φέρει τη νύχτα», «επειδή έλκεται από τη βαρύτητα τη Γης», «για να μπορέσουμε να κοιμηθούμε», «γιατί τη σπρώχνει ο αέρας», «απλώς κινείται», «δεν ξέρω». Ένα παράδειγμα πρωτοκόλλου δίνεται στον Πίνακα 6 (πρωτόκολλο υπ' αρ. 3).



ΠΙΝΑΚΑΣ 6. Παραδείγματα πρωτοκόλλων από τις ερωτήσεις που ερευνούν την κίνηση της Σελήνης.

(1) Όχι, με ή χωρίς εξήγηση.	(2) Ναι, πάνω/κάτω.	(3) Ναι, κίνηση ακαθόριστη.	(4) Ναι, περιφορά γύρω από τη Γη.
<p>ΤΖΟΣΟΥΑ (Αρ. 1, πέμπτη τάξη)                      Ε: Κινείται η Σελήνη;                      Α: Ναι. Μην το διαγράφεις. Δεν κινείται. Εσύ είσαι που κινείσαι. Και φαίνεται σα να κινείται η Σελήνη. Αυτή είναι ακίνητη όταν εσύ κινείσαι.                      Ε: Κινείται η Σελήνη όταν κινείσαι περίπατο;                      Α: Όχι.                      Ε: Κινείται η Σελήνη όταν κινείσαι στο κρεβάτι σου;                      Α: Όχι.                      Ε: Γιατί κινείται η Σελήνη;                      Α: Γιατί όταν ο Ήλιος πρόκειται να ανεβεί, αυτή πρέπει να κατεβεί, κι όταν ο Ήλιος κατεβαίνει, αυτή πρέπει να ανεβεί.</p>	<p>ΚΙΝΤΕΝ (Αρ. 44, πρώτη τάξη)                      Ε: Κινείται η Σελήνη;                      Α: Μόνο πάνω/κάτω.                      Ε: Κινείται η Σελήνη μαζί σου όταν κάνεις περίπατο;                      Α: Όχι.                      Ε: Κινείται η Σελήνη όταν κινείσαι στο κρεβάτι σου;                      Α: Όχι.                      Ε: Γιατί κινείται η Σελήνη;                      Α: Γιατί όταν ο Ήλιος πρόκειται να ανεβεί, αυτή πρέπει να κατεβεί, κι όταν ο Ήλιος κατεβαίνει, αυτή πρέπει να ανεβεί.</p>	<p>ΛΟΥΘΕΡ (Αρ. 13, πέμπτη τάξη)                      Ε: Κινείται η Σελήνη;                      Α: Ναι.                      Ε: Κινείται η Σελήνη μαζί σου όταν κάνεις περίπατο;                      Α: Όχι.                      Ε: Κινείται η Σελήνη όταν κινείσαι στο κρεβάτι σου;                      Α: Ναι.                      Ε: Γιατί κινείται η Σελήνη;                      Α: Γιατί έλκεται από τη βαρύτητα της Γης. Και κινείται μαζί με τη Γη.</p>	<p>ΤΖΟΣ (Αρ. 32, τρίτη τάξη)                      Ε: Κινείται η Σελήνη;                      Α: Ναι.                      Ε: Κινείται η Σελήνη μαζί σου όταν κάνεις περίπατο;                      Α: Όχι.                      Ε: Κινείται η Σελήνη όταν κινείσαι στο κρεβάτι σου;                      Α: Ναι. Κινείται γύρω από τη Γη.                      Ε: Γιατί κινείται η Σελήνη;                      Α: Έτσι ώστε όταν ο Ήλιος ανεβαίνει εδώ, θα είναι νύχτα στο άλλο μισό.</p>

4. *Ναι, περιφορά γύρω από τη Γη.* Τα έξι παιδιά αυτής της κατηγορίας, απαντώντας στις Ερωτήσεις 30 και 32, είπαν ότι η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη. Ως απάντηση στην Ερώτηση 31 είπαν ότι δεν κινείται μαζί με σένα, αν και φαίνεται ότι κινείται. Οι περισσότερες από τις εξηγήσεις της περιφοράς της Σελήνης που αποτελούσαν απάντηση στην Ερώτηση 33, «Γιατί κινείται η Σελήνη;», δόθηκαν με βάση τον κύκλο της μέρας/νύχτας: «Για να φέρει τη νύχτα». Ένα παράδειγμα πρωτοκόλλου δίνεται στον Πίνακα 6 (πρωτόκολλο 4). Σ' αυτή την κατηγορία δε δόθηκαν εξηγήσεις με βάση τη βαρύτητα, όπως συνέβη με την προηγούμενη ερώτηση. Η απουσία επιστημονικού τύπου εξηγήσεων σ' αυτή την κατηγορία υποδηλώνει ότι η περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη δεν έγινε κατανοητή με βάση το επιστημονικό μοντέλο, αλλά θεωρήθηκε σαν απόρροια του κύκλου της μέρας/νύχτας.

5/6. *Ναι, μικτές απαντήσεις, και ναι, ελλιπείς απαντήσεις.* Η κατηγορία αυτή δημιουργήθηκε για να περιλάβει τα έξι παιδιά που είπαν «ναι» στην Ερώτηση 30 και «όχι» στις Ερωτήσεις 31 και 32. Ένα παιδί απάντησε στην Ερώτηση 33 λέγοντας ότι η Σελήνη δεν κινείται, ερχόμενο έτσι σε σαφή αντίφαση με τον εαυτό του. Γι' αυτό το λόγο τοποθετήθηκε στη μικτή κατηγορία (τύπος εξήγησης 5, Πίνακας 5). Τα υπόλοιπα πέντε παιδιά δεν έδωσαν καμιά εξήγηση στην Ερώτηση 33, αφήνοντας έτσι ανοιχτή την πιθανότητα η Σελήνη να κινείται κάποια άλλη στιγμή κι όχι όταν κοιμούνται οι άνθρωποι. Τα παιδιά αυτά τοποθετήθηκαν στην κατηγορία ναι, ακαθόριστη (τύπος εξήγησης 6, Πίνακας 5).

7/8. *Όχι, μικτές απαντήσεις, και όχι, ελλιπείς απαντήσεις.* Τα τρία παιδιά που τοποθετήθηκαν στην κατηγορία όχι, μικτή (τύπος εξήγησης 7, Πίνακας 6), απαντώντας στις Ερωτήσεις 30 και 31 είπαν ότι η Σελήνη δεν κινείται, αλλά έπειτα, αυτοαναιρούμενα, είπαν ότι η Σελήνη κινείται όταν εμείς κοιμόμαστε (Ερώτηση 32). Τα πέντε παιδιά που τοποθετήθηκαν στην κατηγορία όχι, ακαθόριστη (τύπος εξήγησης 8, Πίνακας 6), είπαν «όχι» στην Ερώτηση 30, αλλά έπειτα έδωσαν μια αμφίβολη απάντηση, είτε στην Ερώτηση 31, είτε στην Ερώτηση 32, είτε σε κάποιες διευκρινιστικές ερωτήσεις, η οποία θα μπορούσε να ερμηνευθεί ως «ναι».

Ο Πίνακας 5 δείχνει τη συχνότητα των απαντήσεων που αφορούν την κίνηση της Σελήνης σε συνάρτηση με την τάξη των παιδιών. Υπάρχει μια σαφής μετακίνηση από την άποψη ότι η Σελήνη κινείται, που είναι χαρακτηριστική των παιδιών της πρώτης τάξης, προς την άποψη ότι μένει ακίνητη, η οποία χαρακτηρίζει τα παιδιά της τρίτης και της πέμπτης τάξης.

Επομένως, η σχετική με την κίνηση ερώτηση δίνει μια πολύ ενδιαφέρουσα εξάρτηση σε σχέση με την ηλικία, σχήματος U. Τα μικρά παιδιά λένε συνήθως ότι η Σελήνη κινείται, τα μεγαλύτερα παιδιά λένε συνήθως ότι δεν κινείται, και οι ενήλικες λένε ότι κινείται (μη δημοσιευμένα στοιχεία από απαντήσεις φοιτητών). Η λεπτομερής κατηγοριοποίηση από μέρος μας των διαφόρων τύπων κίνησης της Σελήνης δίνει μια πολύ καλή εξήγηση για τη διαδοχή αυτών των διαφορετικών απαντήσεων στην ίδια λεκτική ερώτηση σε σχέση με την ηλικία. Όταν τα μικρά παιδιά λένε ότι η Σελήνη κινείται, συνήθως εννοούν ότι κινείται πάνω/κάτω σε σχέση με την επιφάνεια της Γης. Όταν τα μεγαλύτερα παιδιά λένε ότι δεν κινείται, κατά κανόνα λειτουργούν με βάση ένα μοντέλο περιστρεφόμενης Γης με τη Σελήνη σταθερή σε μια θέση. Όταν οι ενήλικοι λένε ότι η Σελήνη κινείται, εκφράζουν την επιστημονική άποψη στην οποία η Σελήνη γυρίζει γύρω από τη Γη. Η ανάλυση αυτή των απαντήσεων σε ερωτήσεις σχετικές με την κίνηση δείχνει τη δύναμη της προσέγγισης με βάση νοητικά μοντέλα, στο να παρέχει εξήγηση για δεδομένα που, σε πρώτη ματιά, φαίνονται παράδοξα.

### *Η Εξαφάνιση των Άστρων κατά τη Διάρκεια της Ημέρας*

Οι εξηγήσεις που έδωσαν τα παιδιά για την εξαφάνιση των άστρων κατά τη διάρκεια της ημέρας ερευνήθηκαν με την υποβολή τριών ερωτήσεων, που φαίνονται στην πάνω σειρά του Πίνακα 7. Οι διάφοροι τύποι εξηγήσεων φαίνονται στον Πίνακα 7 και συζητώνται λεπτομερώς ενσυνεχεία. Παραδείγματα πρωτοκόλλων από κάθε κατηγορία φαίνονται στον Πίνακα 8.

1. Τα άστρα εμποδίζονται από τα σύννεφα. Σ' αυτή την κατηγο-

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. Τύποι εξηγήσεων ως απάντηση στις ερωτήσεις σχετικά με την εξαφάνιση των άστρων κατά τη διάρκεια της ημέρας, και οι συχνότητές τους ανά σχολική τάξη.<sup>a</sup>

Τύπος εξήγησης	Πού είναι τα άστρα τη νύχτα; E36α	Πού είναι τα άστρα την ημέρα; E36β	Κινούνται τα άστρα; E37
(1) Τα άστρα εμποδίζονται από τα σύννεφα. (3, 5, 3 = 11) <sup>β</sup>	Στον ουρανό.	Πίσω από τα σύννεφα.	Ναι ή Όχι.
(2) Τα άστρα βγαίνουν στο διάστημα. (2, 2, 1 = 5)	Στον ουρανό.	Απομακρύνονται στο διάστημα.	Ναι.
(3) Τα άστρα κατεβαίνουν πάνω/μέσα στο έδαφος [πίσω από τους λόφους]. (1, 0, 1 = 2)	Στον ουρανό.	Πίσω από τους λόφους.	Ναι.
(4) Τα άστρα κατεβαίνουν κάτω από τη Γη. (3, 1, 1 = 5)	Στον ουρανό.	Κατεβαίνουν κάτω ή πηγαίνουν στην άλλη πλευρά της Γης.	Ναι.
(5) Τα άστρα κατεβαίνουν, ακαθόριστο σε ποια πλευρά της Γης. (2, 0, 0 = 2)	Στον ουρανό.	Κατεβαίνουν.	Ναι.
(6) Τα άστρα κινούνται κάπου αλλού. (1, 0, 0 = 1)	Στον ουρανό.	Σε μια άλλη πόλη/χώρα.	Ναι.

<sup>a</sup>  $n = 60$ .

<sup>β</sup> Οι αριθμοί στις παρενθέσεις δίνουν τη συχνότητα των τύπων εξήγησης για κάθε σχολική τάξη. Ο πρώτος αριθμός αποτελεί τη συχνότητα για την πρώτη τάξη, ο δεύτερος αριθμός για την τρίτη τάξη και ο τρίτος αριθμός για την πέμπτη τάξη. Ο τελευταίος αριθμός δίνει τη συχνότητα για το σύνολο και των τριών τάξεων.

Τύπος εξήγησης	Πού είναι τα άστρα τη νύχτα; E36α	Πού είναι τα άστρα την ημέρα; E36β	Κινούνται τα άστρα; E37
(7) Τα άστρα εξαφανίζονται. (1, 0, 0 = 1)	Στον ουρανό.	Φεύγουν/εξαφανίζονται.	Δεν ξέρω.
(8) Τα άστρα μένουν εκεί που βρίσκονται. (3, 9, 12 = 24)	Στον ουρανό.	Βρίσκονται ακόμα στον ουρανό. Δεν μπορείς να τα δεις εξαιτίας της λάμψης του Ήλιου.	Όχι, δεν κινούνται.
(9) Ελλειψείς απαντήσεις. (4, 3, 2 = 9)	Στον ουρανό.	Καμία απάντηση, δε γνωρίζω, μη σχετική ή αμφίσημη απάντηση.	Ναι ή Όχι.

ρία τοποθετήσαμε και τα έντεκα παιδιά που απάντησαν είτε ότι τα σύννεφα κινούνται κι εμποδίζουν τα άστρα είτε ότι τα άστρα κινούνται πίσω από τα σύννεφα (βλ. το πρωτόκολλο 1, Πίνακας 8).

2. Τα άστρα βγαίνουν στο διάστημα. Σύμφωνα μ' αυτή την εξήγηση, τα άστρα απομακρύνονται στο διάστημα, κι έτσι δεν μπορούμε να τα δούμε την ημέρα. Πέντε παιδιά τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία. Ένα παράδειγμα αυτού του τύπου απάντησης φαίνεται στο πρωτόκολλο 2.

3. Τα άστρα κατεβαίνουν πάνω/μέσα στο έδαφος. Σύμφωνα μ' αυτή την εξήγηση, που δόθηκε από δύο παιδιά, τα άστρα κατεβαίνουν στο έδαφος και κρύβονται πίσω από τους λόφους ή τα βουνά (βλ. το πρωτόκολλο 3).

4. Τα άστρα κατεβαίνουν κάτω από τη Γη. Τα πέντε παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία απάντησαν ότι τα άστρα κατεβαίνουν κάτω ή στην άλλη πλευρά της Γης. Το πρωτόκολλο 4 δίνει ένα παράδειγμα αυτής της απάντησης.

5. Τα άστρα κατεβαίνουν, χωρίς όμως να καθορίζεται σε ποια πλευρά της Γης. Τα δύο παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία δεν έδωσαν αρκετές πληροφορίες που θα μας επέτρεπαν να κα-

ΠΙΝΑΚΑΣ 8. Παραδείγματα πρωτοκόλλων για τις ερωτήσεις που ερευνούν την εξαφάνιση των άστρων.

<p>(1) Τα άστρα εμποδίζονται από τα σύννεφα.</p> <p>ΜΠΑΝΤΙ (Αρ. 57, πρώτη τάξη)  E: Πού βρίσκονται τα άστρα τη νύχτα;  A: Στον ουρανό.  E: Πού είναι κατά τη διάρκεια της ημέρας;  A: Πίσω από τα σύννεφα.  E: Κινούνται τα άστρα;  A: Ναι.</p>	<p>(2) Τα άστρα βγαίνουν στο διάστημα.</p> <p>ΜΑΡΚΑΡΕΤ (Αρ. 60, πρώτη τάξη)  E: Πού βρίσκονται τα άστρα τη νύχτα;  A: Πάνω στον ουρανό.  E: Πού είναι τα άστρα κατά τη διάρκεια της ημέρας;  A: Μακριά στο διάστημα, και όταν έρχεται η μέρα κατεβαίνουν.  E: Κινούνται τα άστρα;  A: Ναι.</p>	<p>(3) Τα άστρα κατεβαίνουν πάνω/μέσα στο έδαφος.</p> <p>ΜΠΕΤΣΙ (Αρ. 53, πρώτη τάξη)  E: Πού βρίσκονται τα άστρα τη νύχτα;  A: Πάνω στον ουρανό.  E: Πού είναι τα άστρα κατά τη διάρκεια της ημέρας;  A: Κάτω, πίσω από τους λόφους.  E: Κινούνται τα άστρα;  A: Μόνο όταν είναι μέρα.</p>	<p>(4) Τα άστρα κατεβαίνουν κάτω από τη Γη.</p> <p>ΜΠΡΑΪΑΝ (Αρ. 43, τρίτη τάξη)  E: Πού βρίσκονται τα άστρα τη νύχτα;  A: Στον ουρανό.  E: Πού είναι τα άστρα κατά τη διάρκεια της ημέρας;  A: Κάτω από τη Γη.  E: Πώς γίνεται αυτό;  A: Όταν βγαίνει ο Ήλιος, τα άστρα κατεβαίνουν και η Σελήνη κατεβαίνει.  E: Κινούνται τα άστρα;  A: Ναι.</p>
---	--	--	---

<p>(5) Τα άστρα κατεβαίνουν χωρίς να καθορίζεται προς ποια πλευρά της Γης.</p>	<p>ΝΤΟΝΑΛΝΤ (Αρ. 49, πρώτη τάξη)  E: Πού βρισκονται τα άστρα τη νύχτα;  A: Πάνω στον ουρανό.  E: Πού είναι τα άστρα κατά τη διάρκεια της ημέρας;  A: Κάτω εδώ. Κατέβηκαν.  E: Κάτω πού;  A: Κάτω κάτω.  E: Κινούνται τα άστρα;  A: Ναι.</p>		<p>(6) Τα άστρα κινούνται κάπου αλλού.</p> <p>ΟΤΟΜΝ (Αρ. 51, πρώτη τάξη)  E: Πού βρισκονται τα άστρα τη νύχτα;  A: Στον ουρανό.  E: Την ημέρα;  A: Σε μια άλλη πόλη.  E: Κινούνται τα άστρα;  A: Ναι.</p> <p>(7) Τα άστρα εξαφανίζονται.</p> <p>ΡΑΣΕΛ (Αρ. 59, πρώτη τάξη)  E: Πού βρισκονται τα άστρα τη νύχτα;  A: Βρισκονται στον ουρανό.  E: Κατά τη διάρκεια της ημέρας;  A: Τη μέρα φεύγουν. Εξαφανίζονται.  E: Κινούνται τα άστρα;  A: Δεν ξέρω.</p>	<p>(8) Τα άστρα μένουν εκεί που βρισκονται.</p> <p>ΝΤΑΝΙΕΛ (Αρ. 4, πέμπτη τάξη)  E: Πού βρισκονται τα άστρα τη νύχτα;  A: Βρισκονται στο διάστημα.  E: Πού είναι τα άστρα κατά τη διάρκεια της ημέρας;  A: Εξακολουθούν να είναι στο διάστημα.  E: Μπορούμε να τα δούμε;  A: Όχι.  E: Γιατί;  A: Γιατί αντικρίζουμε τον Ήλιο, κι ο Ήλιος μάς δίνει πάρα πολύ φως και δεν μπορούμε να τα δούμε.  E: Κινούνται τα άστρα;  A: Όχι.</p>	<p>(9) Ακαθόριστη απάντηση.</p> <p>ΙΡΒΙΝ (Αρ. 55, πρώτη τάξη)  E: Πού βρισκονται τα άστρα τη νύχτα;  A: Στο διάστημα.  E: Πού είναι τα άστρα κατά τη διάρκεια της ημέρας;  A: Δεν είναι εκεί.  E: Πού είναι;  A: Δεν ξέρω.  E: Κινούνται τα άστρα;  A: Ναι.  E: Πώς;  A: Πότε-πότε κινούνται μαζί σου όταν περπατάς ή όταν βρίσκεσαι πάνω σε δίκυκλο ή σε αυτοκίνητο.</p>
--	---	--	---	---	---

θορίσουμε αν τα άστρα κατεβαίνουν πάνω στο έδαφος, πίσω από τους λόφους ή κάτω από τη Γη στην άλλη πλευρά της (πρωτόκολλο 5).

6. *Τα άστρα πηγαίνουν κάπου αλλού.* Ένα παιδί τοποθετήθηκε σ' αυτή την κατηγορία, αφού απάντησε ότι τα άστρα κινούνται και «βρίσκονται σε μια άλλη πόλη» τη μέρα. Από τις πληροφορίες όμως αυτές δε γίνεται σαφές αν τα άστρα κατεβαίνουν πάνω στο έδαφος ή κάτω από το έδαφος/Γη ή εάν ταξιδεύουν διαμέσου μιας επίπεδης Γης προς κάποια άλλη πόλη (βλ. πρωτόκολλο 6).

7. *Τα άστρα εξαφανίζονται.* Ένα παιδί που απάντησε ότι τα άστρα φεύγουν –εξαφανίζονται– τοποθετήθηκε σ' αυτή τη μοναδική κατηγορία, γιατί φαίνεται πως αντιπροσωπεύει ένα είδος εξήγησης διαφορετικό από αυτά που συζητήσαμε μέχρι τώρα (βλ. το πρωτόκολλο 7).

8. *Τα άστρα μένουν εκεί που είναι.* Η μεγάλη πλειοψηφία των παιδιών του δείγματός μας (εικοσιτέσσερα από τα εξήντα), και ιδιαίτερα τα μεγαλύτερα παιδιά (δώδεκα από τα είκοσι), απάντησαν ότι τα άστρα μένουν εκεί που είναι, κι εξήγησαν ότι ο λόγος που δεν μπορούμε να τα δούμε τη μέρα είναι γιατί ο ουρανός είναι εξαιρετικά λαμπρός από το φως του Ήλιου. Μόνο ένα παιδί αυτής της κατηγορίας δεν έδωσε κάποια εξήγηση. Ένα παράδειγμα αντιπροσωπευτικής απάντησης αυτής της κατηγορίας δίνεται στο πρωτόκολλο 8.

9. *Ελλιπείς απαντήσεις.* Εννιά παιδιά τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία, γιατί απάντησαν ότι δε γνωρίζουν πού βρίσκονται τα άστρα τη μέρα, ή έδωσαν έναν τύπο απάντησης που δεν ήταν δυνατόν να ερμηνευθεί. Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας ακαθόριστης απάντησης δίνεται στο πρωτόκολλο 9.

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 7, τα περισσότερα από τα παιδιά της πρώτης τάξης νομίζουν ότι τα άστρα μένουν εκεί που είναι αλλά εμποδίζονται από τα σύννεφα τη μέρα, ενώ τα περισσότερα από τα παιδιά της τρίτης και της πέμπτης τάξης νομίζουν ότι τα άστρα μένουν εκεί που είναι αλλά δεν μπορούμε να τα δούμε εξαιτίας του ηλιακού φωτός.



ΠΙΝΑΚΑΣ 9. Συνολικά νοητικά μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας, και οι συγγρηγές τους ανά σχολική τάξη.<sup>α</sup>

Τύπος μοντέλου	Ερωτήσεις για την εξαφάνιση του Ήλιου	Εξηγήσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας	Η κίνηση της Σελήνης	Η εξαφάνιση των άστρων κατά τη διάρκεια της νύχτας
(1) Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα ή το σκοτάδι. (2, 1, 1 = 4) <sup>β</sup>	Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα ή το σκοτάδι.	Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα ή το σκοτάδι.	Η Σελήνη κινείται χωρίς να καθορίζεται πώς, ή δεν κινείται.	Τα άστρα εμποδίζονται ή πηγαίνουν πίσω από τα σύννεφα.
(2) Ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται πάνω/κάτω στο έδαφος. (7, 0, 0 = 7)	Ο Ήλιος κατεβαίνει πάνω στο έδαφος.	Ο Ήλιος κατεβαίνει πάνω στο έδαφος και η Σελήνη ανεβαίνει.	Η Σελήνη κινείται πάνω/κάτω, ή δεν καθορίζεται πώς κινείται.	Τα άστρα εξαφανίζονται, εμποδίζόμενα από τα σύννεφα ή τους λόφους: μπαίνουν στο διάστημα.
(3) Ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται πάνω/κάτω στην άλλη πλευρά της Γης. (2, 0, 0 = 2)	Ο Ήλιος κατεβαίνει στην άλλη πλευρά της Γης.	Ο Ήλιος κατεβαίνει στην άλλη πλευρά της Γης και η Σελήνη ανεβαίνει.	Η Σελήνη κινείται πάνω/κάτω, ή δεν καθορίζεται πώς κινείται.	Τα άστρα κατεβαίνουν στην άλλη πλευρά της Γης.

<sup>α</sup>  $n = 60$ .

<sup>β</sup> Οι αριθμοί στις παρενθέσεις δίνουν τη συχνότητα των τύπων εξηγήσεων για κάθε σχολική τάξη. Ο πρώτος αριθμός αποτελεί τη συχνότητα για την πρώτη τάξη, ο δεύτερος για την τρίτη τάξη και ο τρίτος για την πέμπτη τάξη. Ο τελευταίος αριθμός δίνει τη συχνότητα για το σύνολο και των τριών τάξεων.

Τύπος μοντέλου	Ερωτήσεις για την εξαφάνιση του Ηλιου	Εξηγήσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας	Η κίνηση της Σελήνης	Η εξαφάνιση των άστρων κατά τη διάρκεια της νύχτας
(4) Ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται πάνω/κάτω χωρίς περαιτέρω διευκρινίσεις. (3, 0, 0 = 3)	Ο Ήλιος κατεβαίνει χωρίς περαιτέρω διευκρινίσεις.	Ο Ήλιος κατεβαίνει χωρίς περαιτέρω διευκρινίσεις και η Σελήνη ανεβαίνει.	Η Σελήνη κινείται πάνω/κάτω, ή δεν καθορίζεται πώς κινείται.	Τα άστρα κινούνται χωρίς περαιτέρω διευκρινίσεις.
(5) Ο Ήλιος βγαίνει στο διάστημα. (1, 1, 0 = 2)	Ο Ήλιος βγαίνει στο διάστημα.	Ο Ήλιος βγαίνει στο διάστημα.	Η Σελήνη κινείται χωρίς περαιτέρω διευκρινίσεις.	Τα άστρα βγαίνουν στο διάστημα.
(6) Ο Ήλιος και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τη Γη κάθε μέρα. (0, 1, 0 = 1)	Ο Ήλιος περιφέρεται γύρω από τη Γη.	Ο Ήλιος περιφέρεται γύρω από τη Γη.	Η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη.	Τα άστρα μένουν εκεί που βρίσκονται.
(7) Η Γη και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο κάθε μέρα. (0, 1, 0 = 1)	Η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο.	Η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο και τη Σελήνη.	Η Σελήνη περιφέρεται χωρίς περαιτέρω διευκρινίσεις.	Τα άστρα μένουν εκεί που βρίσκονται.
(8) Η Γη περιστρέφεται πάνω/κάτω· ο Ήλιος και η Σελήνη μένουν ακίνητα σε αντίθετες μεταξύ τους πλευρές της Γης. (1, 3, 7 = 11)	Η Γη γυρίζει και ο Ήλιος μένει ακίνητος.	Η Γη γυρίζει με κατεύθυνση πάνω/κάτω.	Η Σελήνη δεν κινείται.	Τα άστρα μένουν εκεί που βρίσκονται, μπαίνουν στο διάστημα ή εμποδίζονται.

Τύπος μοντέλου	Ερωτήσεις για την εξάφηση του Ήλιου	Εξηγήσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας	Η κίνηση της Σελήνης	Η εξαφάνιση των άστρων κατά τη διάρκεια της νύχτας
(9) Η Γη περιστρέφεται πάνω/κάτω· ο Ήλιος είναι ακίνητος αλλά η Σελήνη κινείται. (0, 1, 3 = 4)	Η Γη γυρίζει και ο Ήλιος μένει ακίνητος.	Η Γη γυρίζει με κατεύθυνση πάνω/κάτω.	Η Σελήνη κινείται χωρίς περαιτέρω διευκρινίσεις ή περιφέρεται γύρω από τη Γη.	Τα άστρα μένουν εκεί που βρίσκονται.
(10) Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της· ο Ήλιος και η Σελήνη μένουν ακίνητα σε αντίθετες μεταξύ τους πλευρές της Γης. (0, 1, 1 = 2)	Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της, ή δεν καθορίζεται τι κάνει.	Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της.	Η Σελήνη δεν κινείται.	Τα άστρα εμποδίζονται.
(11) Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της· ο Ήλιος μένει ακίνητος αλλά η Σελήνη κινείται. (0, 1, 0 = 1)	Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της και ο Ήλιος είναι ακίνητος.	Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της.	Η Σελήνη κινείται χωρίς περαιτέρω διευκρινίσεις ή περιφέρεται γύρω από τη Γη.	Τα άστρα μένουν εκεί που βρίσκονται.
(12) Η Γη περιστρέφεται χωρίς να καθορίζεται η κατεύθυνση. (1, 1, 1 = 3)	Η Γη γυρίζει χωρίς περαιτέρω διευκρινίσεις.	Η Γη γυρίζει χωρίς περαιτέρω διευκρινίσεις.	Η Σελήνη κινείται ή δεν κινείται.	Τα άστρα μένουν εκεί που βρίσκονται.

Τύπος μοντέλου	Ερωτήσεις για την εξαφάνιση του Ήλιου	Εξηγήσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας	Η κίνηση της Σελήνης	Η εξαφάνιση των άστρων κατά τη διάρκεια της νύχτας
(13) Μικτός: η Γη περιστρέφεται και ο Ήλιος κινείται πάνω/κάτω. (1, 0, 4)	Μικτή: η Γη περιστρέφεται και ο Ήλιος κινείται πάνω/κάτω.	Μικτή: η Γη περιστρέφεται και ο Ήλιος κινείται πάνω/κάτω.	Η Σελήνη κινείται, ή μη κινή απάντηση.	Οτιδήποτε.
(14) Μικτός: η Γη περιστρέφεται και περιφέρεται. (1, 2, 2 = 5)	Μικτή: η Γη περιστρέφεται και περιφέρεται.	Μικτή: η Γη περιστρέφεται και περιφέρεται.	Η Σελήνη κινείται ή δεν κινείται.	Οτιδήποτε.
(15) Μικτός: γενικός. (0, 5, 1 = 6)	Μικτή: ο Ήλιος εμποδίζεται και κινείται πάνω/κάτω και η Γη περιστρέφεται.	Μικτή.	Η Σελήνη κινείται ή δεν κινείται.	Οτιδήποτε.
(16) Ελλειπείς απαντήσεις. (1, 2, 0 = 3)	Ακαθόριστη, ή ο Θεός τα έφτιαξε έτσι.	Ακαθόριστη, ή ο Θεός τα έφτιαξε έτσι.	Η Σελήνη κινείται ή δεν κινείται.	Οτιδήποτε.

## *Συνολικά Νοητικά Μοντέλα της Εναλλαγής της Μέρας/Νύχτας*

Τα παιδιά τοποθετήθηκαν σε διαφόρους τύπους εξηγήσεων για τους οποίους ήδη μιλήσαμε, με την προϋπόθεση ότι ικανοποιούσαν τα κριτήρια λογικής συνέπειας που θέσαμε εκ των προτέρων και τα οποία περιγράψαμε προηγουμένως. Στο τμήμα αυτό θα περιγράψουμε τα κριτήρια που χρησιμοποιήσαμε για να κατατάξουμε τα παιδιά σ' ένα «συνολικό νοητικό μοντέλο της εναλλαγής της μέρας/νύχτας». Για να καταταχθεί ένα συγκεκριμένο παιδί σ' ένα συνολικό νοητικό μοντέλο της εναλλαγής της μέρας/νύχτας, θα έπρεπε να είχε τοποθετηθεί σε κατηγορίες εξηγήσεων που δεν ήταν λογικά ασυνεπείς ή μια προς την άλλη στις τέσσερις κατηγορίες ερωτήσεων που έχουν ήδη περιγραφεί.

Τα κριτήρια για την κατάταξη των παιδιών στα συνολικά νοητικά μοντέλα περιγράφονται στον Πίνακα 9 και συζητιούνται με λεπτομέρειες παρακάτω. Στον Πίνακα 9 εμφανίζεται επίσης η συχνότητα κάθε μοντέλου ανά τάξη.

*Μοντέλο 1: Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα ή το σκοτάδι.* Τα τέσσερα παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία, απαντώντας στις ερωτήσεις που αναφέρονταν στην εξαφάνιση του Ήλιου τη μέρα και στις ερωτήσεις που ζητούσαν από τα παιδιά να εξηγήσουν τον κύκλο της μέρας/νύχτας, είπαν ότι κάτι (συνήθως τα σύννεφα ή το σκοτάδι) εμποδίζει τον Ήλιο. Από τα παιδιά αυτά, τα δύο πρόσθεσαν ότι κάτι εμποδίζει τη Σελήνη και τα άστρα τη μέρα, ενώ τα άλλα δύο είπαν ότι τα άστρα κινούνται μ' έναν ακαθόριστο τρόπο ή κινούνται για να πάνε πίσω από τα σύννεφα που στη συνέχεια τα σκεπάζουν.

Διακρίναμε μια τάξη νοητικών μοντέλων (μοντέλα 2 έως και 6) που βασίζονται στην υπόθεση ότι η εναλλαγή μέρας και νύχτας οφείλεται στο ότι ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται πάνω/κάτω και ανταλλάσσουν μεταξύ τους θέσεις. Τα μοντέλα αυτά διαφοροποιήθηκαν ακόμη περισσότερο όταν λάβαμε υπόψη τη γνώμη των παιδιών για το ακριβές μέρος προς το οποίο κινούνται ο Ήλιος και η Σελήνη. Μο-

ντέλο 2: Πάνω στο έδαφος. Μοντέλο 3: Στην άλλη πλευρά της Γης. Μοντέλο 4: Ακαθόριστο. Μοντέλο 5: Έξω στο διάστημα. Μοντέλο 6: Περιστρέφεται γύρω από τη Γη.

Μοντέλο 2: Ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται πάνω/κάτω στο έδαφος. Τα επτά παιδιά που τοποθετήθηκαν στο μοντέλο 2, απαντώντας στις ερωτήσεις σχετικά με την εξαφάνιση του Ήλιου είπαν ότι ο Ήλιος κατεβαίνει στο έδαφος. Απαντώντας στις ερωτήσεις σχετικά με την κίνηση της Σελήνης είπαν ότι η Σελήνη κινείται πάνω/κάτω, ή δεν καθόρισαν πώς κινείται. Απαντώντας στις ερωτήσεις σχετικά με την εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας είπαν ότι η μέρα εναλλάσσεται με τη νύχτα επειδή ο Ήλιος κατεβαίνει, με την επιπρόσθετη πιθανή αναφορά της ανοδικής κίνησης της Σελήνης. Απαντώντας στις ερωτήσεις σχετικά με την εξαφάνιση των άστρων κατά τη διάρκεια της ημέρας είπαν ότι τα άστρα εξαφανίζονται με διαφορετικούς τρόπους – είτε δεν καθορίζεται ο τρόπος, είτε επειδή εμποδίζονται από τα σύννεφα ή τους λόφους, είτε επειδή κινούνται στο διάστημα.

Μοντέλο 3: Ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται πάνω/κάτω προς την άλλη πλευρά της Γης. Σ' αυτό το νοητικό μοντέλο τοποθετήθηκαν δύο παιδιά. Και τα δύο απάντησαν ότι ο Ήλιος κινείται πάνω/κάτω προς την άλλη πλευρά της Γης, ότι η Σελήνη κινείται πάνω/κάτω ή δεν καθοριζόταν πώς κινείται, ότι ο κύκλος της μέρας/νύχτας οφείλεται στο ότι ο Ήλιος κατεβαίνει προς την άλλη πλευρά της Γης ενώ η Σελήνη ανεβαίνει, κι ότι τα άστρα επίσης κινούνται κατά τη διάρκεια της ημέρας προς την άλλη πλευρά της Γης.

Μοντέλο 4: Ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται πάνω/κάτω χωρίς περαιτέρω διευκρινίσεις. Τρία παιδιά της πρώτης τάξης τοποθετήθηκαν στο μοντέλο αυτό, το οποίο είναι παρόμοιο με το προηγούμενο, με τη διαφορά ότι τα παιδιά δεν δίνουν διευκρινίσεις σχετικά με τις κινήσεις του Ήλιου, της Σελήνης και των άστρων.

Μοντέλο 5: Ο Ήλιος κινείται προς τα έξω στο διάστημα. Τα δύο παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία απάντησαν ότι ο Ήλιος βγαίνει στο διάστημα τη νύχτα, και το ίδιο συμβαίνει με τα άστρα την ημέρα. Τα παιδιά αυτά επίσης εξήγησαν τον κύκλο της μέρας/νύχτας με βάση την κίνηση του Ήλιου στο διάστημα, και,

απαντώντας στις ερωτήσεις που αναφέρονταν στην κίνηση της Σελήνης, είπαν ότι η Σελήνη κινείται.

*Μοντέλο 6: Ο Ήλιος και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τη Γη κάθε μέρα.* Μόνο ένα παιδί τοποθετήθηκε σ' αυτό το ενδιαφέρον μοντέλο, σύμφωνα με το οποίο ο Ήλιος και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τη Γη κάθε μέρα, σε αντίθετες όμως πλευρές – όταν δηλαδή ο Ήλιος βρίσκεται στην πλευρά της Γης που βρισκόμαστε εμείς, η Σελήνη βρίσκεται στην άλλη. Σύμφωνα μ' αυτό το μοντέλο, τα άστρα, κατά τη διάρκεια της ημέρας, μένουν εκεί που είναι, και ο λόγος που δεν μπορούμε να τα δούμε είναι γιατί το φως του Ήλιου είναι πολύ λαμπρό.

Εντοπίσαμε έξι διαφορετικά νοητικά μοντέλα (μοντέλα 7 έως και 12) που χρησιμοποιούσαν την κίνηση της Γης ως τη βάση για τη διαμόρφωση μιας εξήγησης του κύκλου της μέρας/νύχτας. Τα νοητικά αυτά μοντέλα διέφεραν μεταξύ τους ανάλογα με τον τύπο κίνησης της Γης (π.χ. Πίνακας 9, περιφορά: μοντέλο 7, περιστροφή: μοντέλα 8, 9, 10, 11 και 12). Τα μοντέλα περιστροφής διαφοροποιήθηκαν ακόμη περισσότερο ανάλογα με τον τύπο περιστροφής (πάνω/κάτω ή από ανατολίας προς δυσμάς), καθώς επίσης και ανάλογα με την κίνηση της Σελήνης (η Σελήνη ακίνητη ή περιφερόμενη γύρω από τη Γη).

*Μοντέλο 7: Η Γη και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο κάθε μέρα.* Μόνο ένα παιδί βρέθηκε να έχει σχηματίσει το μοντέλο 7, σύμφωνα με το οποίο η Γη και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο κάθε 24 ώρες και τα άστρα μένουν εκεί που είναι.

*Μοντέλο 8: Η Γη περιστρέφεται πάνω/κάτω, ο Ήλιος και η Σελήνη μένουν ακίνητα σε αντίθετες πλευρές.* Τα έντεκα παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία εξήγησαν την εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα λέγοντας ότι η Γη περιστρέφεται και ο Ήλιος μένει ακίνητος. Επίσης, τα παιδιά αυτά, σε απάντηση στις ερωτήσεις που αναφέρονταν στην κίνηση της Σελήνης, είπαν ότι η Σελήνη δεν κινείται. Εξήγησαν τον κύκλο της μέρας/νύχτας με βάση την περιστροφή της Γης από πάνω προς τα κάτω. Τέλος, έδωσαν μια ποικιλία διαφορετικών εξηγήσεων σχετικά με την κίνηση των άστρων (π.χ., απάντη-

σαν ότι τα άστρα είτε μένουν εκεί που είναι και δεν μπορούμε να τα δούμε εξαιτίας του ηλιακού φωτός, είτε εμποδίζονται από τα σύννεφα, είτε κινούνται έξω στο διάστημα κατά τη διάρκεια της ημέρας).

*Μοντέλο 9: Η Γη περιστρέφεται από πάνω προς τα κάτω, ο Ήλιος μένει ακίνητος αλλά η Σελήνη κινείται.* Αυτό το νοητικό μοντέλο μοιάζει με το προηγούμενο, με μια μόνο διαφορά: η Σελήνη δε μένει ακίνητη στην πλευρά της Γης που είναι αντίθετη από εκείνη στην οποία βρίσκεται ο Ήλιος, αλλά κινείται είτε κατά έναν ακαθόριστο τρόπο είτε περιφέρεται γύρω από τη Γη. Σ' αυτή την κατηγορία τοποθετήθηκαν τέσσερα παιδιά.

*Μοντέλο 10: Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της, ο Ήλιος και η Σελήνη μένουν ακίνητα σε αντίθετες πλευρές.* Δύο παιδιά τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία. Και τα δύο απάντησαν ή έδειξαν στα σχέδιά τους ότι η Γη περιστρέφεται γύρω από τον (βορρά/νότο) άξονά της απαντώντας στις ερωτήσεις που αναφέρονταν στην εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα και/ή στις ερωτήσεις που ζητούσαν από τα παιδιά να εξηγήσουν τον κύκλο της μέρας/νύχτας. Επιπλέον, είπαν ότι η Σελήνη δεν κινείται κι ότι τα άστρα, που επίσης δεν κινούνται, εμποδίζονται από τα σύννεφα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

*Μοντέλο 11: Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της, ο Ήλιος μένει ακίνητος αλλά η Σελήνη κινείται.* Μόνο ένα παιδί εντοπίστηκε να έχει αυτό το μοντέλο. Το παιδί απάντησε ότι η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της, ο Ήλιος μένει ακίνητος, η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη και τα άστρα μένουν εκεί που είναι.

*Μοντέλο 12: Η Γη περιστρέφεται προς μια ακαθόριστη κατεύθυνση, ο Ήλιος μένει ακίνητος, αλλά η Σελήνη μπορεί να κινείται ή μπορεί να μην κινείται.* Τα παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία δεν καθόρισαν πώς κινείται η Γη. Μερικά από τα παιδιά είπαν ότι η Σελήνη κινείται, κι άλλα νόμιζαν ότι μένει ακίνητη. Σ' αυτό το μοντέλο τοποθετήθηκαν τρία παιδιά.

Εντοπίστηκε ένας αριθμός μικτών νοητικών μοντέλων του κύκλου της μέρας/νύχτας. Διαφοροποιήσαμε τα μοντέλα που περιείχαν ένα συνδυασμό εξηγήσεων περιστροφής της Γης και κινήσεων του



Ήλιου πάνω/κάτω (μοντέλο 13) από εκείνα που συνέχεαν την περιστροφή και την περιφορά (μοντέλο 14). Όλα τα άλλα τοποθετήθηκαν σ' ένα γενικό μικτό μοντέλο. Τα παιδιά που δεν έδωσαν αρκετές πληροφορίες για να τοποθετηθούν σ' ένα νοητικό μοντέλο, κατατάχθηκαν στην κατηγορία ελλιπών απαντήσεων.

*Μοντέλο 13: Μικτό: Η Γη περιστρέφεται και ο Ήλιος κινείται πάνω/κάτω.* Τα πέντε παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία πίστευαν ότι η Γη περιστρέφεται και ταυτόχρονα ο Ήλιος κινείται πάνω/κάτω. Τα περισσότερα από τα παιδιά αυτά νόμιζαν ότι και η Σελήνη κινείται, κι έδωσαν διάφορα είδη εξηγήσεων αναφορικά με την εξαφάνιση των άστρων τη νύχτα (π.χ. μένουν εκεί που βρίσκονται, κινούνται προς τα κάτω, εμποδίζονται).

*Μοντέλο 14: Μικτό: Η Γη περιστρέφεται και περιφέρεται.* Άλλα πέντε παιδιά εξήγησαν τον κύκλο της μέρας/νύχτας μερικές φορές με βάση την περιστροφή της Γης κι άλλες φορές με βάση την περιφορική της κίνηση.

*Μοντέλο 15: Μικτό γενικό.* Η κατηγορία αυτή περιελάμβανε ποικίλες μικτές εξηγήσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας. Μερικά παιδιά απέδωσαν τον κύκλο της μέρας/νύχτας και στην παρεμπόδιση του Ήλιου από τα σύννεφα και στην κατάβασή του στο έδαφος. Άλλα ανέφεραν, πέρα από τις δύο αυτές εξηγήσεις, ότι η Γη περιστρέφεται ή περιφέρεται. Ένα παιδί έδωσε πρώτα μια εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας με βάση την κίνηση πάνω/κάτω του Ήλιου και της Σελήνης, κι αργότερα μια εξήγηση με βάση την περιφορά του Ήλιου και της Σελήνης γύρω από τη Γη. Έξι παιδιά τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία.

*Μοντέλο 16: Ελλιπείς απαντήσεις.* Τα τρία παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία έδωσαν ελλιπείς απαντήσεις στις ερωτήσεις που αφορούσαν στην εξαφάνιση του Ήλιου κατά τη διάρκεια της ημέρας και στις ερωτήσεις που ζητούσαν μια εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας, ή απάντησαν ότι «ο Θεός τα έφτιαξε έτσι», όπως ήταν η περίπτωση του ενός από αυτά.

Η συχνότητα των νοητικών μοντέλων του κύκλου της μέρας/νύχτας σε συνάρτηση με την τάξη των παιδιών φαίνεται στον Πίνακα 9.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10. Σχέση μεταξύ των συγκεντρωτικών νοητικών μοντέλων των παιδιών για τον κύκλο της μέρας/νύχτας και των νοητικών μοντέλων της Γης.<sup>a</sup>

Αρ. υποκειμένου	Αρ. μοντέλου και περιγραφή
Γη-παραλληλόγραμμο 49	(4) Ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται πάνω/κάτω χω- ρίς περαιτέρω διευκρινίσεις.
Διπλή Γη 42, 51 53, 57, 59 31, 52	(1) Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα ή από το σκοτάδι. (2) Ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται πάνω/κάτω στο έδαφος. (5) Ο Ήλιος βγαίνει στο διάστημα.
Κοίλη σφαίρα 9 2 13 20, 33	(1) Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα ή από το σκοτάδι. (8) Η Γη περιστρέφεται πάνω/κάτω· ο Ήλιος και η Σελήνη είναι ακίνητα σε αντίθετες μεταξύ τους πλευρές της Γης. (9) Η Γη περιστρέφεται πάνω/κάτω· ο Ήλιος είναι ακίνητος αλλά η Σελήνη κινείται. (10) Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της· ο Ήλιος και η Σελήνη είναι ακίνητα σε αντίθετες μεταξύ τους πλευρές της Γης.
Γη-δίσκος 43 11	(3) Ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται πάνω/κάτω στην άλλη πλευρά της Γης. (11) Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της· ο Ήλιος είναι ακίνητος αλλά η Σελήνη κινείται.
Σφαίρα 24 39 1, 3, 4, 7, 18, 19, 26, 28, 29, 58 5, 6, 36	(1) Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα ή από το σκοτάδι. (7) Η Γη και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο κάθε μέρα. (8) Η Γη περιστρέφεται πάνω/κάτω· ο Ήλιος και η Σελήνη είναι ακίνητα σε αντίθετες μεταξύ τους πλευρές της Γης. (9) Η Γη περιστρέφεται πάνω/κάτω· ο Ήλιος είναι ακίνητος αλλά η Σελήνη κινείται.

<sup>a</sup> Μόνο τα υποκείμενα που έχουν καθορίσει σαφώς τα μοντέλα τόσο του σχήματος της Γης όσο και του κύκλου της μέρας/νύχτας.

Κι εδώ παρατηρούμε, όσο αυξάνεται η ηλικία των παιδιών, μια μετακίνηση από το αρχικό μοντέλο ενός Ήλιου και μιας Σελήνης που κινούνται πάνω/κάτω προς εξηγήσεις που παραπέμπουν στην περιστροφή της κίνησης της Γης.

*Σχέση μεταξύ των Συνολικών Νοητικών Μοντέλων  
του Κύκλου της Μέρας/Νύχτας  
και των Νοητικών Μοντέλων της Γης*

Στην Εισαγωγή περιγράψαμε μερικούς από τους περιορισμούς που επιβάλλουν τα νοητικά μοντέλα της Γης στα νοητικά μοντέλα της εναλλαγής της μέρας/νύχτας (βλ. το Σχήμα 2). Εφόσον είχαμε ανεξάρτητα κατατάξει τα παιδιά που πήραν μέρος στη μελέτη αυτή σε νοητικά μοντέλα της Γης σε προηγούμενη έρευνα (βλ. Vosniadou & Brewer, 1992), είχαμε τις πληροφορίες που απαιτούνταν για να εξετάσουμε τη σχέση μεταξύ των νοητικών τους μοντέλων για την εναλλαγή της μέρας/νύχτας και των νοητικών τους μοντέλων για τη Γη. Όπως δείχνει ο Πίνακας 10, η σύγκριση έδειξε ότι τα παιδιά που είχαν σχηματίσει τα μοντέλα της ορθογώνιας Γης, της Γης-δίσκου και της διπλής Γης έδωσαν εξηγήσεις της εναλλαγής της μέρας/νύχτας με βάση την κίνηση του Ήλιου πάνω/κάτω ή την παρεμπόδιση του Ήλιου (μοντέλα 1, 2, 4 ή 5), ή είχαν μικτά ή ακαθόριστα μοντέλα.

Δεν παρατηρήσαμε περιπτώσεις όπου ένα από τα παραπάνω επίπεδα μοντέλα της Γης να συνδυάζεται με μια εξήγηση της εναλλαγής της μέρας/νύχτας με βάση την περιφορά ή την περιστροφή της Γης, ή ακόμη με την εξήγηση σύμφωνα με την οποία ο Ήλιος κατεβαίνει στην άλλη πλευρά της Γης (Πίνακας 9, μοντέλο 3). Από την άλλη μεριά, τα παιδιά που είχαν σχηματίσει το επιστημονικό μοντέλο ή ακόμη και συνθετικά μοντέλα σφαιρικής Γης συνήθως έδωσαν εξηγήσεις με βάση την περιστροφή/περιφορά της Γης. Μόνο λίγες φορές έδωσαν εξηγήσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας με βάση την παρεμπόδιση και μερικές φορές με βάση την κίνηση πάνω/κάτω του Ήλιου και της Σελήνης. Αναλύσαμε τα δεδομένα του Πίνακα 10. Συ-

γκρίθηκαν παιδιά που είχαν μοντέλα επίπεδης Γης με παιδιά που είχαν εξηγήσεις της μέρας/νύχτας με βάση μοντέλα όπου η Γη δεν κινείται (μοντέλα 1, 2, 3, 4, 5). Τα παιδιά με μοντέλα επίπεδης Γης ήταν διαφορετικά κατά στατιστικά σημαντικό τρόπο:  $\chi^2 (1, N=8)=16.00$ ,  $p<.001$ , από το συνολικό δείγμα παιδιών. Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία με τις προβλέψεις μας ότι το νοητικό μοντέλο μιας σφαιρικής Γης που περιβάλλεται από το διάστημα είναι μια αναγκαία αλλά όχι ικανή συνθήκη για την απόκτηση της επιστημονικής ερμηνείας του κύκλου μέρας/νύχτας.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### *Νοητικά Μοντέλα του Κύκλου της Μέρας/Νύχτας*

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν ότι τριανταοκτώ από τα εξήντα παιδιά του δείγματός μας μπόρεσαν να τοποθετηθούν σ' ένα καλά καθορισμένο νοητικό μοντέλο της εναλλαγής της μέρας/νύχτας. Μία εικονική αναπαράσταση των πιο σημαντικών μοντέλων που επινόησαν τα παιδιά του δείγματός μας φαίνεται στο Σχήμα 5. Οι συγκεκριμένες εξηγήσεις της εναλλαγής της μέρας/νύχτας που αντλήσαμε ήταν παρόμοιες με αυτές που εντοπίστηκαν σε προηγούμενες έρευνες (π.χ. Sadler, 1987· Baxter, 1989). Τα παιδιά έδωσαν εξηγήσεις της εναλλαγής μέρας/νύχτας με βάση την ιδέα ότι ο Ήλιος κατεβαίνει πίσω από τους λόφους ή καλύπτεται από τα σύννεφα, ή ότι περιφέρεται γύρω από τη Γη. Άλλα παιδιά έδωσαν εξηγήσεις βασισμένες στην ιδέα ότι η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο ή περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της. Υπήρχε μια εξήγηση που εντοπίστηκε από τον Sadler και από τον Baxter (σύμφωνα με την οποία η Σελήνη εμποδίζει τον Ήλιο τη νύχτα) η οποία δεν εντοπίστηκε στο δείγμα μας, αλλά η οποία έχει φανεί σε μερικές από τις μελέτες μας που αφορούσαν στην κατανόηση κειμένων (βλ. Vosniadou, 1991b).

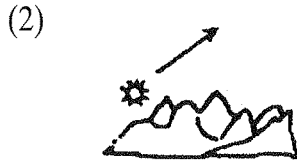
Επίσης διαπιστώθηκε μια αξιοσημείωτη ομοιότητα μεταξύ των μοντέλων που σχημάτισαν τα παιδιά για την εναλλαγή μέρας/νύχτας και των ειδών των εξηγήσεων της εναλλαγής της μέρας/νύχτας που

ΣΧΗΜΑ 5. Νοητικά μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας.

Αρχικά Νοητικά Μοντέλα



Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα ή το σκοτάδι.

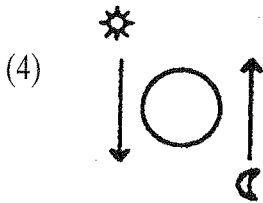


Ο Ήλιος βγαίνει στο διάστημα.

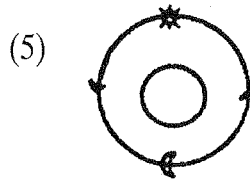


Ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται πάνω/κάτω στο έδαφος.

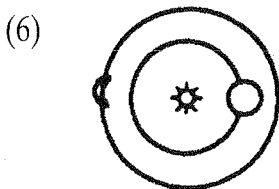
Συνθετικά Νοητικά Μοντέλα



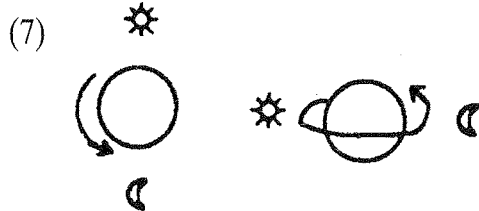
Ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται πάνω/κάτω στην άλλη πλευρά της Γης.



Ο Ήλιος και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τη Γη μια φορά κάθε μέρα.

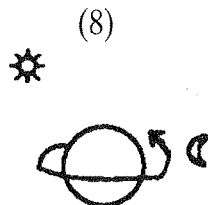


Η Γη και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο κάθε 24 ώρες.



(α) ή (β)  
Η Γη περιστρέφεται πάνω/κάτω ή δυτικά/ανατολικά. Ο Ήλιος και η Σελήνη είναι ακίνητα σε αντίθετες μεταξύ τους πλευρές της Γης.

«Επιστημονικά» Νοητικά Μοντέλα



Η Γη περιστρέφεται δυτικά/ανατολικά. Ο Ήλιος είναι ακίνητος αλλά η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη.

βρέθηκαν στην ιστορία της Αστρονομίας. Τα μικρά παιδιά του δείγματος μας εξήγησαν τον κύκλο της μέρας/νύχτας με βάση τη μετακίνηση του Ήλιου σε μακρινά μέρη της Γης, την απόκρυψή του πίσω από λόφους ή όρη, ή το βασίλειμά του κάτω από τη Γη στη δύση και την επανεμφάνισή του στην ανατολή. Τα μοντέλα αυτά μοιάζουν αρκετά με τις πρώιμες θεωρίες στην ιστορία της Αστρονομίας.

### *Τρία Είδη Νοητικών Μοντέλων:*

#### *Αρχικά, Συνθετικά και Επιστημονικά*

Το θεωρητικό μας πλαίσιο μας οδήγησε στην πρόβλεψη ότι θα εντοπίσαμε τρία είδη νοητικών μοντέλων της εναλλαγής μέρας/νύχτας: (α) *αρχικά μοντέλα*, δηλαδή μοντέλα που είναι συνεπή με τις παρατηρήσεις που στηρίζονται στις καθημερινές εμπειρίες, (β) *συνθετικά μοντέλα*, δηλαδή μοντέλα που αντιπροσωπεύουν προσπάθειες των παιδιών να συμβιβάσουν την πολιτισμικά αποδεκτή επιστημονική εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας με τις παρατηρήσεις που στηρίζονται στην εμπειρία, και (γ) *επιστημονικά μοντέλα*, δηλαδή μοντέλα της εναλλαγής της μέρας/νύχτας που συμφωνούν με την επιστημονική άποψη. Τα νοητικά μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας που εντοπίσαμε σ' αυτή τη μελέτη μπορούν πράγματι να ομαδοποιηθούν σ' αυτές τις κατηγορίες.

Τα μοντέλα που θεωρούν ότι η Γη είναι ακίνητη και ο Ήλιος είτε κινείται με κατεύθυνση πάνω/κάτω είτε εμποδίζεται από κάτι (τα μοντέλα 1, 2 και 3 στο Σχήμα 5) είναι σαφή παραδείγματα των αρχικών μοντέλων. Τα μοντέλα αυτά δε δείχνουν να επηρεάζονται από την πολιτισμικά αποδεκτή επιστημονική άποψη σύμφωνα με την οποία η εναλλαγή μέρας και νύχτας προκαλείται από την περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της, ούτε εμπεριέχουν κάποια άλλη πληροφορία που να προδίδει έκθεση σε άλλες πλευρές των επιστημονικών πληροφοριών, όπως π.χ. η πληροφορία που αναφέρεται στο σφαιρικό σχήμα της Γης ή στην περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο. Δεκατρία από τα είκοσι παιδιά της πρώτης τάξης σχημάτισαν αρχικά

μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας, ενώ μόνο δύο παιδιά της τρίτης τάξης και ένα της πέμπτης υιοθέτησαν ένα αρχικό μοντέλο. Η ανάλυση αυτών των δεδομένων δείχνει ότι ανάμεσα στα παιδιά της πρώτης τάξης υπήρχαν σημαντικά περισσότερα παιδιά με αρχικά μοντέλα απ' ό,τι με συνθετικά μοντέλα:  $\chi^2 (1, N=16) = 6.25, p < .02$ .

Τα συνθετικά μοντέλα αντιπροσωπεύουν προσπάθειες των παιδιών να αφομοιώσουν τις επιστημονικές πληροφορίες σ' ένα ήδη υπάρχον αρχικό μοντέλο. Τα μοντέλα αυτά διαφέρουν από την επιστημονική εξήγηση ως προς τις ακόλουθες τρεις διαστάσεις: τι κινείται (η Γη ή ο Ήλιος ή η Σελήνη), πώς κινείται (περιφορά, περιστροφή πάνω/κάτω ή περιστροφή γύρω από τον άξονα), και αν η Σελήνη εμπλέκεται κατά έναν αιτιώδη τρόπο στον κύκλο της μέρας/νύχτας. Όπως έχουμε δει, μερικά παιδιά νομίζουν ότι ο κύκλος της μέρας/νύχτας προκαλείται επειδή ο Ήλιος και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τη Γη, ή επειδή η Γη περιφέρεται γύρω από τη Σελήνη κι από τον Ήλιο που μένουν ακίνητα. Τα μεγαλύτερα παιδιά νομίζουν ότι η Γη περιστρέφεται πάνω/κάτω, ο δε Ήλιος και η Σελήνη παραμένουν ακίνητα σε αντίθετες πλευρές της Γης. Πολλά από τα παιδιά της τρίτης και πέμπτης τάξης σχημάτισαν συνθετικά μοντέλα (πρώτη τάξη: 3/20· τρίτη τάξη: 7/20· πέμπτη τάξη: 11/20). Η ανάλυση των δεδομένων αυτών έδειξε ότι τα παιδιά της πέμπτης τάξης σχημάτισαν στατιστικά σημαντικά περισσότερα συνθετικά μοντέλα απ' ό,τι αρχικά.

Το μοντέλο που προσεγγίζει περισσότερο την επιστημονική εξήγηση είναι το μοντέλο 8 (βλ. Σχήμα 5), που περιλαμβάνει έναν ακίνητο Ήλιο, περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της, και περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη. Μόνο ένα παιδί σχημάτισε το μοντέλο 8.

Τα υπόλοιπα εικοσιδύο παιδιά είτε δεν είχαν συνεπή μοντέλα είτε δεν μας έδωσαν αρκετά στοιχεία για να κατανοήσουμε τα μοντέλα τους. Τρία παιδιά σχημάτισαν μοντέλα στα οποία δεν ήταν σαφής η κατεύθυνση της περιστροφής της Γης –περιστροφή γύρω από τον άξονά της ή περιστροφή πάνω-κάτω (μοντέλο 12, Πίνακας 9)–, ενώ τρία επιπλέον παιδιά τοποθετήθηκαν στην «ακαθόριστη» κατηγορία (μοντέλο 16, Πίνακας 9). Τέλος, δεκαέξι παιδιά τοποθετήθηκαν στην κατηγορία των μικτών απαντήσεων. Πέντε από αυτά χρησιμοποιή-

σαν ως εξηγήσεις της εναλλαγής της μέρας/νύχτας και την πάνω/κάτω κίνηση του Ήλιου και την περιστροφή της Γης (μοντέλο 13, Πίνακας 9). Άλλα πέντε χρησιμοποίησαν και την εξήγηση σχετικά με την περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο και την περιστροφή της Γης (μοντέλο 14, Πίνακας 9). Τα υπόλοιπα έξι παιδιά έκαναν χρήση ποικίλων μηχανισμών στις εξηγήσεις τους (μοντέλο 15, Πίνακας 9).

### *Αλλαγές στα Νοητικά Μοντέλα με την Ηλικία*

Παρόλο που η παρούσα μελέτη ήταν συγχρονική και όχι διαχρονική, τα αποτελέσματα έδειξαν καθαρά ότι τα περισσότερα από τα παιδιά της πρώτης τάξης έχουν σχηματίσει ένα αρχικό μοντέλο της Γης. Κατά τη διάρκεια της φοίτησης στο Δημοτικό σχολείο, το αρχικό αυτό μοντέλο μετατρέπεται σε κάποιο συνθετικό μοντέλο. Μερικά μόνο παιδιά αλλάζουν το συνθετικό αυτό μοντέλο με το επιστημονικό στο τέλος τους Δημοτικού σχολείου.

Είναι ενδιαφέρον ότι ο αριθμός των μικτών μοντέλων αυξάνεται με την ηλικία. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με την υπόθεση ότι τα μικτά μοντέλα σχηματίζονται γιατί τα παιδιά δεν μπορούν να συμβιβάσουν τα αρχικά μοντέλα τους μ' αυτά που είναι πολιτισμικά αποδεκτά, κι όχι γιατί έχουν κάποια δυσκολία ή ανικανότητα να σχηματίζουν λογικά συνεπή μοντέλα.

### *Περιορισμοί στις Εξηγήσεις που έδωσαν τα Παιδιά για τον Κύκλο της Μέρας/Νύχτας*

Στην εισαγωγή αναφέραμε το πώς τα νοητικά μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας επηρεάζονται από μια ιεραρχία περιορισμών (εδραιωμένες προϋποθέσεις, πεποιθήσεις και νοητικά μοντέλα της Γης και του Ήλιου). Οι περιορισμοί αυτοί περιγράφηκαν στην υποθετική εννοιολογική δομή που παρουσιάστηκε στο Σχήμα 1. Τα νοητικά μοντέλα που εντοπίσαμε στην παρούσα μελέτη συμφωνούν μ' αυτή την υποτιθέμενη εννοιολογική δομή.



*Προϋποθέσεις.* Η υπόθεση ότι ορισμένες οντολογικές και επιστημολογικές προϋποθέσεις σχετικά με τη δομή των αποδεκτών εξηγήσεων των φυσικών φαινομένων περιορίζουν τα νοητικά μοντέλα των παιδιών, επιβεβαιώθηκε. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όλα τα παιδιά μπορούσαν να κατανοήσουν ότι η εναλλαγή της μέρας/νύχτας αποτελεί ένα φαινόμενο που απαιτεί εξήγηση. Επιπλέον, η μεγάλη πλειοψηφία των παιδιών του δείγματός μας έδωσε μηχανιστικές εξηγήσεις του φαινομένου αυτού. Μόνο ένα παιδί είπε ότι «ο Θεός τα έφτιαξε έτσι», ενώ κανένα παιδί δεν έδωσε ανιμιστικές εξηγήσεις. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η επιστημονική εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας δεν απαιτεί αναθεώρηση των βασικών αυτών επιστημολογικών προϋποθέσεων. Απαιτεί όμως την αναθεώρηση μερικών από τις οντολογικές πεποιθήσεις που επηρεάζουν το σχηματισμό μοντέλων για τη μέρα/νύχτα, έμμεσα, μέσω των εξηγήσεών τους για το σχήμα της Γης.

*Πεποιθήσεις.* Τα αποτελέσματά μας έδειξαν ότι τα περισσότερα παιδιά συμπεράναν από τις παρατηρήσεις τους ότι ο κύκλος της μέρας/νύχτας σχετίζεται αιτιακά με την εμφάνιση και εξαφάνιση τόσο του Ήλιου όσο και της Σελήνης. Η άποψη ότι η Σελήνη έχει μια αιτιώδη σχέση με τον κύκλο της μέρας/νύχτας εξακολουθούσε να υπάρχει στα συνθετικά μοντέλα των μεγαλύτερων παιδιών του δείγματός μας. Δεν είναι σαφές αν η αντοχή αυτής της άποψης οφείλεται στην εδραίωσή της ή στο γεγονός ότι, κατά τις συνηθισμένες παρουσιάσεις των επιστημονικών εξηγήσεων του κύκλου της μέρας/νύχτας, ο ρόλος της Σελήνης συνήθως δε διευκρινίζεται. Σε μια έρευνα των ενοτήτων Αστρονομίας σχετικά με τον κύκλο της μέρας/νύχτας, που περιέχονται σε τέσσερα ευρέως χρησιμοποιούμενα βιβλία για μαθητές Δημοτικών σχολείων, δε βρήκαμε να γίνεται συζήτηση για το ρόλο της Σελήνης στον κύκλο της μέρας/νύχτας (Vosniadou 1991a, 1991b).

Ο μηχανισμός που χρησιμοποίησαν τα παιδιά για να εξηγήσουν την εμφάνιση και την εξαφάνιση του Ήλιου και της Σελήνης βασιζόταν είτε στην αντίληψη ότι κινούνταν προς τα κάπου που δεν μπορούσαμε να τα δούμε είτε ότι κάτι ερχόταν και τα έκρυβε απ' τα μά-

τια μας. Δεν εντοπίσαμε εξηγήσεις που να εμπεριέχουν την έννοια του διακόπτη που ανοίγει και κλείνει το φως (του Ήλιου). Η εξήγηση σύμφωνα με την οποία γυρίζουμε (ή μάλλον η Γη γυρίζει) έτσι ώστε να μην μπορούμε να δούμε πια το αντικείμενο φαίνεται πως είναι στη διάθεση των παιδιών, αλλά δεν εφαρμόζεται από αυτά προτού σχηματίσουν το μοντέλο μιας σφαιρικής και κινούμενης Γης.

*Νοητικά μοντέλα της Γης.* Μερικά από τα πιο ενδιαφέροντα ευρήματα της παρούσας έρευνας αφορούν στους περιορισμούς που τα νοητικά μοντέλα της Γης θέτουν στα νοητικά μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας. Τα μοντέλα για τη Γη επηρεάζουν τα μοντέλα της μέρας/νύχτας με δύο τρόπους:

Πρώτον, ας αρχίσουμε με τη διάκριση ανάμεσα στην επίπεδη Γη και τη σφαιρική Γη. Τα μοντέλα της επίπεδης Γης περιορίζονται από την προϋπόθεση ότι τα αντικείμενα που δε στηρίζονται πέφτουν «κάτω». Στο Σχήμα 2 περιγράψαμε πώς οι προϋποθέσεις αυτές και τα νοητικά μοντέλα της επίπεδης Γης τα οποία παράγουν περιορίζουν τις εξηγήσεις των παιδιών για την εναλλαγή της μέρας/νύχτας. Όλα τα παιδιά στο δείγμα μας που είχαν ένα μοντέλο επίπεδης Γης σχημάτισαν αρχικά μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας (βλ. Πίνακα 10).

Υπήρχαν επίσης και άλλες πτυχές των συγκεκριμένων νοητικών μοντέλων που σχημάτισαν τα παιδιά, τα οποία φαίνεται ότι έθεταν περιορισμούς στον τρόπο με τον οποίο εξηγούσαν τον κύκλο της μέρας/νύχτας. Ένα παράδειγμα φαίνεται στον τρόπο με τον οποίο τα παιδιά ερμηνεύουν την πάνω/κάτω κίνηση του Ήλιου σε σχέση πάντα με το νοητικό τους μοντέλο για τη Γη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3, είδος εξήγησης 4.

Βρήκαμε επίσης ότι τα παιδιά με το νοητικό μοντέλο της κοίλης σφαίρας είχαν δυσκολίες να σχηματίσουν μια λογικά συνεπή εξήγηση της εναλλαγής της μέρας/νύχτας. Επτά από τα δώδεκα παιδιά με μοντέλα κοίλης σφαίρας έδωσαν ελλειπείς ή μικτές απαντήσεις. Υπήρχαν μόνο δύο εξηγήσεις σύμφωνα με τις οποίες η Γη περιστρέφεται πάνω/κάτω – ένα εύρημα που είναι σύμφωνο με την υπόθεση ότι τα παιδιά που είχαν σχηματίσει το μοντέλο της κοίλης σφαίρας δρούσαν κάτω από τους περιορισμούς της προϋπόθεσης ότι η βαρύ-

τητα λειτουργεί τραβώντας τα αντικείμενα προς τα «κάτω». Δεδομένης αυτής της προϋπόθεσης, η σκέψη ότι η Γη γυρίζει πάνω/κάτω δεν προσφέρει λύση στο φαινόμενο της μέρας/νύχτας στα παιδιά αυτά. Αντίθετα, μια καλύτερη λύση, δεδομένου ενός μοντέλου κοίλης σφαίρας, είναι να υποθέσει κανείς ότι η Γη περιστρέφεται από τ' αριστερά προς τα δεξιά. Η υπόθεση αυτή δεν έρχεται σε σύγκρουση με την προϋπόθεση της πάνω/κάτω βαρύτητας. Δύο από τα παιδιά με μοντέλα κοίλης σφαίρας επιλέγουν τη λύση αυτή.

Το μοντέλο της κοίλης Γης η οποία περιστρέφεται από δυτικά προς ανατολικά είναι, παρόλ' αυτά, προβληματικό, γιατί δεν προσφέρει μια εύκολη εξήγηση της εξαφάνισης του Ήλιου τη νύχτα. Για να δημιουργήσουν μια εξήγηση που έχει εμπειρική ακρίβεια, πολλά από τα παιδιά που επιλέγουν τη λύση της περιστροφής δυτικά/ανατολικά δημιουργούν ένα μοντέλο σύμφωνα με το οποίο υπάρχει μια πλευρά της Γης που έχει πάντα «μέρα» και μια άλλη που έχει πάντα «νύχτα». Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, ο Ήλιος εξαφανίζεται όταν το μέρος της Γης πάνω στο οποίο ζούμε μεταφέρεται από τη «μεριά της ημέρας» στη «μεριά της νύχτας» καθώς η Γη περιστρέφεται από τη δυτική προς την ανατολική μεριά (βλ. τη ζωγραφιά 12, Σχήμα 4, είδος εξήγησης 12, Πίνακας 4).

Άλλη μια ενδιαφέρουσα εμπειρική σχέση υπάρχει ανάμεσα στην κατεύθυνση της περιστροφής της Γης και στα μοντέλα της Γης και της εναλλαγής της μέρας/νύχτας. Μόνο τρία παιδιά σχημάτισαν μοντέλα περιστροφής της Γης από δυτικά προς ανατολικά. Δύο από αυτά είχαν ένα μοντέλο κοίλης σφαίρας και το άλλο ένα μοντέλο πεπλατυσμένης σφαίρας. Αντίθετα, υπήρχαν εικοσιτρία παιδιά με μοντέλα σφαιρικής Γης, δεκατρία εκ των οποίων απέδωσαν τη μέρα/νύχτα στην περιστροφή της Γης. Και τα δεκατρία αυτά παιδιά ερμήνευσαν την περιστροφή της Γης να γίνεται στην κατεύθυνση από τα πάνω προς τα κάτω (δηλαδή περιστροφή γύρω από τον άξονα μέσω του Ισημερινού) κι όχι από δυτικά προς ανατολικά. Υπάρχουν διάφορες πιθανές ερμηνείες της προτίμησης των παιδιών με νοητικά μοντέλα σφαιρικής Γης για την πάνω/κάτω περιστροφική κίνηση της Γης. Μια εξήγηση είναι βασισμένη στην ομοιότητα που

υπάρχει ανάμεσα στο μοντέλο μιας περιστρεφόμενης Γης κι ενός ακίνητου Ήλιου (μοντέλο 7α, Σχήμα 5) και το μοντέλο μιας ακίνητης Γης κι ενός Ήλιου και μιας Σελήνης που ανεβοκατεβαίνουν προκαλώντας τη μέρα/νύχτα (μοντέλο 4, Σχήμα 5). Τα δύο αυτά μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας είναι όμοια, με την εξαίρεση ότι στο ένα η Γη περιστρέφεται πάνω/κάτω ενώ στο άλλο ο Ήλιος και το φεγγάρι ανεβαίνουν και κατεβαίνουν. Φαίνεται ότι τα παιδιά μ' ένα σφαιρικό μοντέλο της Γης, που έχουν σχηματίσει το μοντέλο 4 (Σχήμα 5), αλλάζουν στο μοντέλο 7α όταν μαθαίνουν ότι η αιτία της εξαφάνισης του Ήλιου τη νύχτα είναι η περιστροφική κίνηση της Γης.

Το μοντέλο 7α (Σχήμα 5) είναι επίσης συνεπές με την πεποίθηση ότι ο Ήλιος βρίσκεται στο «πάνω» μέρος της σφαιρικής Γης αντί στο πλάι, κοντά στον Ισημερινό. Αυτή η άποψη μπορεί να θεωρηθεί ως απομεινάρι ενός αρχικού μοντέλου της εναλλαγής της μέρας/νύχτας, βασισμένου στην καθημερινή εμπειρία, στο οποίο τα παιδιά συνεχίζουν να πιστεύουν ακόμη κι όταν έχουν καταλάβει πως το σχήμα της Γης είναι σφαιρικό. Δεδομένης της πεποίθησης ότι ο Ήλιος βρίσκεται στο «πάνω» μέρος της σφαιρικής Γης, η δημιουργία ενός μοντέλου της εναλλαγής της μέρας/νύχτας με επεξηγηματική ισχύ απαιτεί μια περιστροφή της Γης από τα πάνω προς τα κάτω. Μ' αυτό τον τρόπο, τα άτομα που βρίσκονται στο πάνω μέρος της Γης, και που βλέπουν τον Ήλιο, θα βρεθούν μακριά από τον Ήλιο όταν είναι νύχτα. Η ανάλυσή μας της κατεύθυνσης της περιστροφής της Γης δείχνει ότι η ερμηνεία αυτή της περιστροφής είναι μια ενδιαφέρουσα περίπτωση συνθετικού μοντέλου.

Ενκατακλείδι, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι σύμφωνα με την αρχική μας υπόθεση ότι τα νοητικά μοντέλα των παιδιών επηρεάζονται από μια ιεραρχία περιορισμών, τους οποίους έχουμε ονομάσει *προϋποθέσεις, πεποιθήσεις και νοητικά μοντέλα*, και οι οποίοι δρουν παράλληλα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας απόκτησης γνώσεων. Μερικοί από τους περιορισμούς αυτούς (π.χ. οι οντολογικές προϋποθέσεις που έχουμε αναφέρει, η πεποίθηση ότι ο Ήλιος κινείται κλπ.) εμφανίζονται με παρόμοιους τρόπους και σε παιδιά που μεγαλώνουν σε διαφορετικούς πολιτισμούς (βλ. Vosnia-

δου, 1994), όπως και στους πρώτους αστρονόμους που προσπάθησαν να εξηγήσουν τον κύκλο της μέρας/νύχτας.

### *Εξήγηση της Δημιουργίας Συνθετικών Μοντέλων της Εναλλαγής της Μέρας/Νύχτας*

Σε προηγούμενη εργασία μας (Vosniadou & Brewer, 1992) εξηγήσαμε τη δημιουργία των συνθετικών μοντέλων ως προϊόντων της σταδιακής άρσης των περιορισμών οι οποίοι δρουν στα νοητικά μοντέλα που κατασκευάζουν τα παιδιά για τη Γη, κάτω από την επίδραση των πληροφοριών που παίρνουν τα παιδιά από το πολιτιστικό πλαίσιο. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι η ανάλυση αυτή μπορεί να επεκταθεί και στη δημιουργία συνθετικών μοντέλων στην περίπτωση της εναλλαγής της μέρας/νύχτας.

Για να γίνει πιο εύκολη η συζήτηση, θα αναφερθούμε μόνο στην υποκατηγορία των μοντέλων που παρουσιάζονται στο Σχήμα 5. Τα τρία αρχικά μοντέλα της μέρας/νύχτας (μοντέλα 1, 2 και 3) περιορίζονται από το μοντέλο μιας ακίνητης και επίπεδης Γης. Στα μοντέλα αυτά η εξήγηση της εναλλαγής της μέρας/νύχτας γίνεται είτε με την κίνηση του Ήλιου (και της Σελήνης) είτε με την παρεμπόδισή τους από κάτι (π.χ. σύννεφα).

Η πρώτη ουσιαστική αλλαγή που αφήνει περιθώρια για τη δημιουργία συνθετικών μοντέλων της μέρας/νύχτας απαιτεί την άρση των περιορισμών που βάζει το μοντέλο της επίπεδης Γης, και άρα, εμμέσως, των οντολογικών προϋποθέσεων σχετικά με το επίπεδο του εδάφους και της πάνω/κάτω βαρύτητας. Υιοθετώντας το μοντέλο της ακίνητης σφαιρικής Γης, που περιβάλλεται από το διάστημα, τα παιδιά μπορούν να εξηγήσουν τον κύκλο της μέρας/νύχτας κάνοντας τον Ήλιο να πηγαίνει στην «κάτω» μεριά της σφαιρικής Γης (μοντέλο 4).

Το μοντέλο της σφαιρικής Γης, ενσυνεχεία, επιτρέπει τη δημιουργία μιας σειράς συνθετικών μοντέλων του κύκλου της μέρας/νύχτας. Τα παιδιά που σχηματίζουν το μοντέλο 5 πιστεύουν ότι ο Ήλιος και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τη Γη μία φορά κάθε 24ωρο. Το

μοντέλο αυτό είναι όμοιο με το μοντέλο 4, με την εξαίρεση ότι η υποτιθέμενη κίνηση των ηλιακών σωμάτων είναι περιστροφική και όχι ανεβοκατέβασμα. Η αλλαγή αυτή φανερώνει την επίδραση της πολιτιστικής πληροφορίας σχετικά με την περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη ή της Γης γύρω από τον Ήλιο που χρησιμοποιούνται για το σχηματισμό μιας γαιοκεντρικής εξήγησης του φαινομένου της μέρας/νύχτας.

Τα παιδιά με το μοντέλο 6 έχουν άρει την πεποίθηση ότι η Γη δεν κινείται. Τα παιδιά αυτά πιστεύουν ότι η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο μία φορά το 24ωρο. Είναι σημαντικό να σημειώσουμε εδώ ότι μόνο ένα μοντέλο, σύμφωνα με το οποίο η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο μια φορά το 24ωρο, μπορεί να έχει επεξηγηματική ισχύ του φαινομένου της μέρας/νύχτας. Νομίζουμε όμως ότι τα περισσότερα παιδιά δεν έχουν αναπτύξει τα μοντέλα τους τόσο πολύ, κι ότι απλώς συγχωνεύουν πληροφορίες σχετικά με την περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο στο μοντέλο τους της εναλλαγής της μέρας/νύχτας.

Το μοντέλο 7 επίσης απαιτεί άρση του περιορισμού της ακίνητης Γης. Στο μοντέλο αυτό, όμως, είναι η περιστροφή και όχι η περιφορά της Γης που εξηγεί τη μέρα/νύχτα. Το μοντέλο αυτό αρχίζει να προσεγγίζει το επιστημονικό, αλλά διατηρεί ακόμη ένα σημαντικό συνθετικό στοιχείο: την υπόθεση ότι ο Ήλιος και η Σελήνη βρίσκονται τοποθετημένα διαμετρικά αντίθετα στο διάστημα, σε αντίθετες πλευρές από τη Γη (είτε «πάνω/κάτω» είτε «αριστερά/δεξιά»), και δεν κινούνται. Το μοντέλο αυτό παρέχει μια κομψή λύση του προβλήματος του κύκλου της μέρας/νύχτας.

Τέλος, τα παιδιά που έχουν σχηματίσει το μοντέλο 8 έχουν κατανοήσει την ουσία της επιστημονικής εξήγησης με μια περιστρεφόμενη Γη, έναν ακίνητο Ήλιο και μια Σελήνη τα οποία περιφέρονται γύρω από τη Γη. Ακόμη και τα παιδιά που έχουν σχηματίσει αυτό το μοντέλο δε φαίνεται να το έχουν αναπτύξει πλήρως, έτσι ώστε να ξέρουν πόση ώρα χρειάζεται η Σελήνη να περιστραφεί γύρω από τη Γη ή να μπορούν να εξηγήσουν τις φάσεις της Σελήνης.

Διαψεύδοντας την αρχική υπόθεσή μας, ότι δηλαδή στη σκέψη

των παιδιών τα άστρα θα είχαν κάποια αιτιώδη σχέση με τον κύκλο της μέρας/νύχτας, η άποψη αυτή απεδείχθη ότι δεν είναι τόσο ισχυρή όσο η άποψη ότι η Σελήνη σχετίζεται με τη νύχτα. Ενώ τα περισσότερα από τα μικρά παιδιά έδωσαν εξηγήσεις της εξαφάνισης των άστρων κατά τη διάρκεια της νύχτας που έμοιαζαν ως προς το είδος με τις εξηγήσεις της εξαφάνισης της Σελήνης, η μεγάλη πλειοψηφία των παιδιών του δείγματός μας νόμιζε ότι τ' αστέρια είναι ακίνητα και γνώριζαν ότι μπορεί να βρίσκονται στον ουρανό κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά να μη φαίνονται επειδή το φως του Ήλιου είναι πολύ λαμπρό.

### *Κριτήρια που χρησιμοποιούν τα Παιδιά στην Κατασκευή των Νοητικών Μοντέλων*

Στην ενότητα αυτή θα αξιολογήσουμε τα νοητικά μοντέλα των παιδιών για τον κύκλο της μέρας/νύχτας με βάση τα κριτήρια της ακρίβειας, της λογικής συνέπειας και της απλότητας.

*Ακρίβεια.* Τα νοητικά μοντέλα που σχημάτισαν τα παιδιά για τον κύκλο της μέρας/νύχτας ήταν ως επί το πλείστον εμπειρικά ακριβή, με την έννοια ότι ήταν συνεπή με την παρατήρηση ότι ο Ήλιος βρίσκεται στον ουρανό μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας και η Σελήνη και τα άστρα βρίσκονται στον ουρανό μόνο κατά τη διάρκεια της νύχτας. Μόνο το μοντέλο 7, σύμφωνα με το οποίο η Γη και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο κάθε μέρα, έχει αμφισβητούμενη εξηγητική ισχύ, όπως και όλα τα μικτά και αμφισβητούμενα μοντέλα.

Είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε ότι η εμπειρική ακρίβεια είναι χαρακτηριστικό ακόμη και των συνθετικών μοντέλων, παρόλο που τα συνθετικά μοντέλα αντιπροσωπεύουν σημαντικές παρερμηνείες των επιστημονικών πληροφοριών. Πράγματι, πολλές φορές τα «λάθη» στα συνθετικά μοντέλα αυξάνουν την εμπειρική τους ακρίβεια, δεδομένου του είδους των παρατηρήσεων που μπορεί να περιμένει κανείς από μικρά παιδιά (π.χ. τα παιδιά συχνά συμπεραίνουν επί τη βάσει των παρατηρήσεών τους ότι ο Ήλιος βρίσκεται στον ου-

ρανό μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας και η Σελήνη μόνο κατά τη διάρκεια της νύχτας). Για παράδειγμα, τα παιδιά με τα μοντέλα 8 και 9 (Πίνακας 9), που υπέθεσαν ότι ο Ήλιος και η Σελήνη βρίσκονται ακίνητα στις αντίθετες μεριές μιας περιστρεφόμενης Γης, σχημάτισαν μοντέλα εμπειρικά ακριβή, δεδομένης της (λανθασμένης) παρατήρησης ότι η Σελήνη βρίσκεται στον ουρανό μόνο τη νύχτα.

*Λογική συνέπεια.* Τα σαρανταένα παιδιά στα οποία εντοπίσαμε ένα νοητικό μοντέλο της Γης έδωσαν λογικά συνεπείς απαντήσεις στις τέσσερις ομάδες ερωτήσεων που ερευνούσαν τις εξηγήσεις τις οποίες έδωσαν τα παιδιά για την εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα, την εξαφάνιση των άστρων την ημέρα, την κίνηση της Σελήνης και την εναλλαγή μέρας και νύχτας. Επιπροσθέτως, αυτά τα νοητικά μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας ήταν συνεπή με τους υποτιθέμενους περιορισμούς που επέβαλαν τα νοητικά μοντέλα τα οποία σχημάτισαν τα παιδιά για τη Γη. Τέλος, περίπου τα μισά από τα παιδιά που τοποθετήθηκαν στη μικτή κατηγορία φαίνεται πως βρίσκονταν σε μια μεταβατική φάση από ένα αρχικό μοντέλο ενός Ήλιου κινούμενου πάνω/κάτω προς μια εξήγηση που μιλούσε για περιστροφή γύρω από τον άξονα (μοντέλο 13) ή ήταν ασαφή ως προς τον τρόπο με τον οποίο περιστρέφεται η Γη (μοντέλο 14, περιστροφή έναντι περιφοράς). Μόνο εννέα παιδιά από τα εξήντα φάνηκαν να είναι συγκεχυμένα ή αβέβαια σχετικά με τον τρόπο εξήγησης αυτού του κοινού φαινομένου (ταξινομήσεις 15 και 16).

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας επιβεβαιώνουν προηγούμενα ευρήματα σχετικά με τα νοητικά μοντέλα που έχουν τα παιδιά για τη Γη. Δείχνουν ότι τα παιδιά του Δημοτικού σχολείου έχουν την ικανότητα να σχηματίσουν καλά καθορισμένα και λογικά συνεπή νοητικά μοντέλα όχι μόνο χωριστών εννοιών, όπως το σχήμα της Γης, αλλά και σύνθετων φαινομένων που επενεργούν το ένα πάνω στο άλλο (Vosniadou & Brewer, 1992· Brewer & Samarapungavan, 1991).

Ενώ τα αποτελέσματά μας μπορεί να φαίνεται ότι έρχονται σε σύγκρουση με απόψεις σύμφωνα με τις οποίες όχι μόνο τα μικρά παιδιά αλλά και οι μαθητές των Γυμνασίων και οι φοιτητές των κο-



λεγίων δίνουν εσωτερικά ασυνεπείς απαντήσεις σε ερωτήσεις που ερευνούν πλευρές των γνώσεών τους για την επιστήμη (π.χ. DiSessa, 1988, 1993· Solomon, 1983), τα πράγματα μπορεί να μην είναι ακριβώς έτσι. Στις περισσότερες από τις έρευνες που έχουν γίνει και όπου επισημάνθηκαν τέτοιες ασυνέπειες, ένας μαθητής θεωρείται εσωτερικά ασυνεπής αν χρησιμοποιεί μια συγκεκριμένη επιστημονική έννοια σωστά σε μερικές περιπτώσεις αλλά όχι σε άλλες. Η πιθανότητα να χρησιμοποιεί ο μαθητής αυτός ένα νοητικό μοντέλο που είναι διαφορετικό από το επιστημονικό μοντέλο, αλλά το οποίο παρόλ' αυτά είναι σαφώς ορισμένο και εσωτερικά συνεπές και το οποίο μπορεί να εξηγήσει το είδος «ορθών» και «λανθασμένων» απαντήσεων που συλλέξαμε, συνήθως δεν ερευνάται με συστηματικό τρόπο.

*Απλότητα.* Στο προηγούμενο τμήμα υποστηρίξαμε ότι θα μπορούσαμε να εξηγήσουμε ένα μεγάλο εκατοστιαίο ποσοστό των δεδομένων μας με την υπόθεση ότι τα παιδιά του δείγματός μας υιοθετούν νοητικά μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας σαφώς ορισμένα, τα οποία χρησιμοποιούν με συνέπεια για ν' απαντήσουν σε διάφορες ερωτήσεις σχετικές με το φαινόμενο αυτό. Εκτός από το ότι ήταν ευαίσθητα σε ζητήματα λογικής συνέπειας, τα παιδιά αυτά αποδείχτηκε επίσης ότι διέθεταν κάποια ευαισθησία σε ζητήματα απλότητας στις εξηγήσεις τους.

Ο όρος «απλότητα» χρησιμοποιείται εδώ για να δηλώσει τη χρήση του ίδιου μηχανισμού προκειμένου να εξηγηθούν διαφορετικά φαινόμενα, συγγενικά όμως μεταξύ τους, όπως π.χ. η εξαφάνιση του Ήλιου κατά τη διάρκεια της νύχτας και η φαινομενική εξαφάνιση της Σελήνης και των άστρων κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι η πλειοψηφία των παιδιών του δείγματός μας χρησιμοποιούσαν τον ίδιο μηχανισμό για να εξηγήσουν την εξαφάνιση του Ήλιου και την εξαφάνιση της Σελήνης. Εκτός από τα παιδιά που τοποθετήθηκαν στο μοντέλο 1 (εξήγηση που επικαλείται την παρεμπόδιση), υπήρχε μια στενή συγγένεια μεταξύ της συγκεκριμένης εξήγησης που δόθηκε για την εξαφάνιση του Ήλιου κατά τη διάρκεια της νύχτας και της Σελήνης κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι συγγένειες αυτές εξετάζονται λεπτομερώς

στον Πίνακα 9. Όπως μπορούμε να δούμε στον Πίνακα αυτό, τα παιδιά που υποστήριξαν ότι ο Ήλιος κατεβαίνει πίσω από τα βουνά ή στην άλλη πλευρά της Γης δήλωσαν επίσης ότι η Σελήνη ανεβαίνει όταν ο Ήλιος κατεβαίνει. Αυτό το είδος εξήγησης το ονομάζουμε υδραυλικό μοντέλο, επειδή είναι σα να εξαρτάται το ένα αντικείμενο από το άλλο.

Η αλληλεξάρτηση του Ήλιου και της Σελήνης είναι φανερή στις άλλες εξηγήσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας. Παραδείγματος χάρη, τα παιδιά που απάντησαν ότι ο Ήλιος περιφέρεται γύρω από τη Γη ανέφεραν επίσης ότι η κίνηση της Σελήνης είναι περιφορά. Δεν είχαμε κανένα μοντέλο όπου ο Ήλιος περιφέρεται γύρω από τη Γη αλλά η Σελήνη κινείται με κατεύθυνση πάνω/κάτω, ή το αντίθετο. Τέλος, τα περισσότερα από τα παιδιά που υιοθέτησαν την εξήγηση σύμφωνα με την οποία ο κύκλος της μέρας/νύχτας προκαλείται από την περιστροφή της Γης θεωρούσαν ότι ο Ήλιος και η Σελήνη παραμένουν ακίνητα. Και πάλι δεν είχαμε παραδείγματα στα οποία να διατυπώνεται η άποψη ότι η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της, ο Ήλιος μένει ακίνητος και η Σελήνη κινείται προς μια κατεύθυνση πάνω/κάτω, αν και είχαμε επιστημονικά μοντέλα σύμφωνα με τα οποία η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της, ο Ήλιος μένει ακίνητος και η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη. Είναι ενδιαφέρον να σημειώσουμε εδώ ότι το μοντέλο των παιδιών σύμφωνα με το οποίο η Γη περιστρέφεται με κατεύθυνση πάνω/κάτω ενώ ο Ήλιος και η Σελήνη μένουν ακίνητα σε αντίθετες πλευρές είναι απλούστερο από το επιστημονικό μοντέλο σύμφωνα με το οποίο η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη.

Οι εξηγήσεις που δόθηκαν για την εξαφάνιση των άστρων τη νύχτα δεν ήταν τόσο συντονισμένες με την εξαφάνιση του Ήλιου και της Σελήνης όσο ήταν η περίπτωση αυτού τούτου του Ήλιου και της Σελήνης. Εκτός από τα παιδιά που απέδωσαν τον κύκλο της μέρας/νύχτας στην κίνηση πάνω/κάτω του Ήλιου, της Σελήνης και των άστρων στην άλλη πλευρά της Γης, τα άλλα, για να εξηγήσουν την εξαφάνιση των άστρων κατά τη διάρκεια της νύχτας, χρησιμοποίησαν έναν ειδικό μηχανισμό διαφορετικό από αυτόν που χρησιμο-

ποιούσαν για να εξηγήσουν την εξαφάνιση των άστρων και της Σελήνης. Επιπλέον, η μεγάλη πλειοψηφία των μεγαλύτερων παιδιών του δείγματός μας γνώριζε ότι τα άστρα είναι παρόντα κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά δεν μπορούμε να τα δούμε εξαιτίας της λαμπρότητας του ηλιακού φωτός – άποψη που χρησιμοποίησαν για να εξηγήσουν την προφανή εξαφάνιση των άστρων κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Συμπερασματικά, τα ευρήματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι η πλειοψηφία των παιδιών του δείγματός μας σχημάτισε ακριβή και λογικά συνεπή μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας. Επιπλέον, τα μοντέλα τους αποκάλυψαν συστηματικές σχέσεις μεταξύ των μηχανισμών που χρησιμοποίησαν για να εξηγήσουν την εξαφάνιση του Ήλιου και της Σελήνης και αξιοσημείωτη ευαισθησία σε ζητήματα απλότητας.

### *Η Φύση της Εννοιολογικής Αλλαγής*

Το αρχικό μοντέλο του κύκλου της μέρας/νύχτας, σύμφωνα με το οποίο ο Ήλιος κατεβαίνει πίσω από τα βουνά ή τα σύννεφα κινούνται και τον σκεπάζουν, είναι πολύ διαφορετικό από το επιστημονικό μοντέλο μιας Γης που περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της. Αν και τα δεδομένα μας είναι συγχρονικά κι όχι διαχρονικά, δείχνουν όμως σαφώς ότι τα εξάχρονα παιδιά αρχίζουν τις σπουδές τους στο σχολείο έχοντας ήδη διαμορφώσει ένα αρχικό μοντέλο του κύκλου της μέρας/νύχτας το οποίο σε λίγα χρόνια μετατρέπεται σ' ένα συνθετικό ή σ' ένα επιστημονικό μοντέλο. Ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος για να χαρακτηρίσουμε το είδος της εννοιολογικής αλλαγής που λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια αυτών των ετών, καθώς οι πολιτισμικές γνώσεις ασκούν όλο και μεγαλύτερη επίδραση πάνω στα μοντέλα που σχηματίζουν τα παιδιά για τον κύκλο της μέρας/νύχτας;

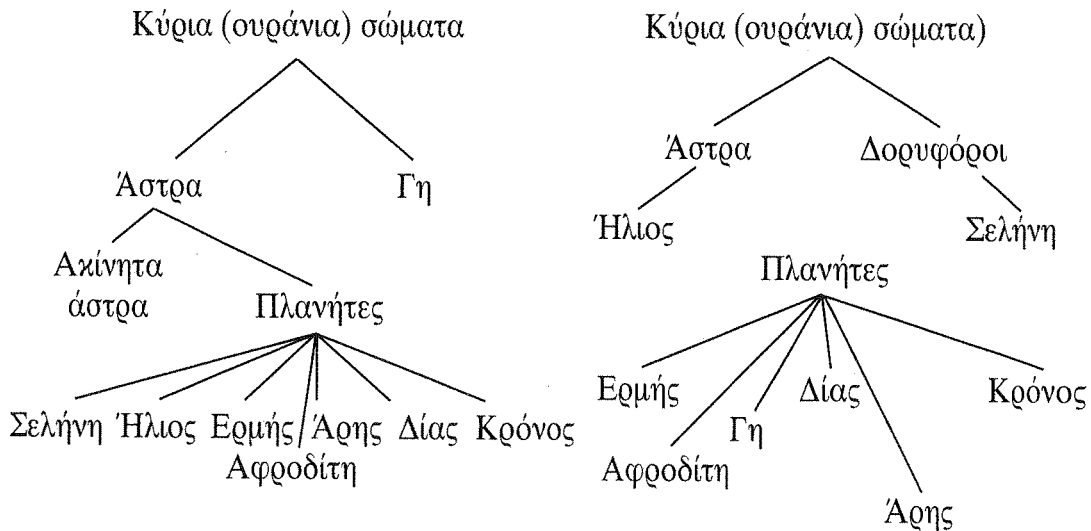
Σύμφωνα με τη Spelke (1991), οι αντιλήψεις για τα φυσικά αντικείμενα, καθώς αναπτύσσεται το παιδί, δεν υφίστανται θεμελιώδεις αλλαγές, και βασικές γνώσεις όπως η συνέχεια και η στερεότητα των φυσικών αντικειμένων εξακολουθούν να παίζουν βασικό ρόλο

στους απλοϊκούς συλλογισμούς των ενηλίκων που έχουν ως αντικείμενο την κίνηση των αντικειμένων. Μια θεμελιώδης γνώση όμως σχετικά με τη συμπεριφορά των φυσικών σωμάτων έχει να κάνει με τις αντιλήψεις τους για τη βαρύτητα. Είναι η γνώση ότι «τα πράγματα που δε στηρίζονται πέφτουν». Τα πειράματα της Spelke (1991) έχουν δείξει ότι η γνώση αυτή είναι στη διάθεση ακόμη και νηπίων 6 μηνών, ενώ άλλοι ερευνητές έδειξαν ότι είναι στη διάθεση ακόμη μικρότερων νηπίων (Needham & Baillargeon, 1993). Αυτή όμως η θεμελιώδης γνώση πρέπει να αναθεωρηθεί, και πράγματι αναθεωρείται στα πλαίσια του εννοιολογικού εξοπλισμού των παιδιών του Δημοτικού που συμπεριελήφθησαν στο δείγμα μας, και τα οποία παιδιά έδωσαν επιστημονικές ή ακόμη και συνθετικές εξηγήσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας. Από τα ανωτέρω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η διαδικασία με την οποία αποκτώνται οι γνώσεις Αστρονομίας δεν μπορεί να εξηγηθεί με την επίκληση της έννοιας του εμπλουτισμού, όπως υποστηρίζει η Spelke (1991).

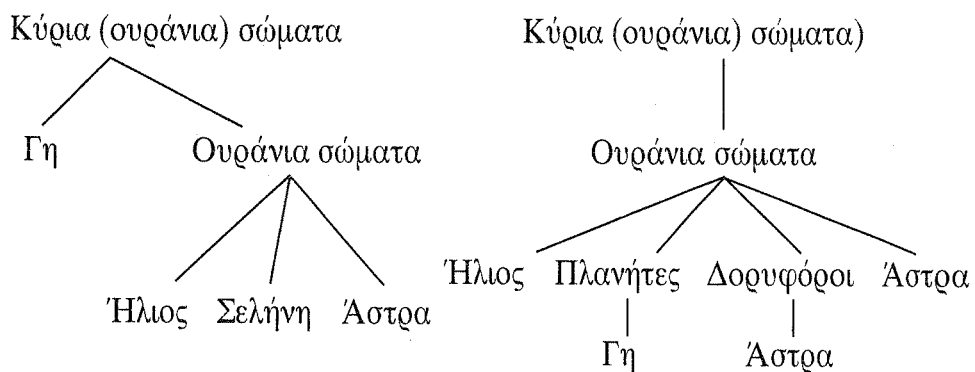
Σ' ένα πρόσφατο βιβλίο του με θέμα την εννοιολογική αλλαγή στην επιστήμη, ο Thagard (1992) υποστηρίζει ότι οι έννοιες είναι οργανωμένες σε θεωρίες οι οποίες είναι πρωτίστως δομημένες με τη μορφή ιεραρχιών που αναφέρονται σε σχέσεις είδους ή σχέσεις μέρους και όλου. Ιδωμένη μ' αυτό τον τρόπο, η εννοιολογική αλλαγή μπορεί να περιλαμβάνει την προσθήκη ή την εξάλειψη εννοιών, ή τις μεταμορφώσεις τους, που μπορεί να είναι απλές, όταν περιλαμβάνουν διαφοροποίηση ή συνένωση, ή πολύπλοκες, όταν περιλαμβάνουν αλλαγές στις σχέσεις είδους ή στις σχέσεις μέρους. Ο Thagard αποκαλεί μια τέτοια αλλαγή *κλαδικό άλμα*, αφού περιλαμβάνει τη μετακίνηση μιας έννοιας από έναν κλάδο μιας ιεραρχίας ειδών σ' έναν άλλο. Ένα παράδειγμα κλαδικού άλματος, το οποίο σύμφωνα με τον Thagard είναι ένα από τα πιο ριζικά είδη εννοιολογικής αλλαγής που χαρακτηρίζει τις επιστημονικές επαναστάσεις, φαίνεται στο Σχήμα 6, και περιγράφει τη μετακίνηση από την κατάταξη των ουρανίων σωμάτων σύμφωνα με το πτολεμαϊκό σύστημα (Σχήμα 6α) στη σύγχρονη κοπερνική άποψη. Ο Κοπέρνικος αναθεώρησε τις μέχρι τότε κρατούσες απόψεις για τη Γη, που την είδε ως έναν πλανή-

ΣΧΗΜΑ 6. Αλλαγές στο σύστημα κατηγοριοποίησης των κύριων αστρονομικών σωμάτων.

(α) Από τον Πτολεμαίο στον Κοπέρνικο



(β) Από την πρώτη στην πέμπτη τάξη



τη, και ανακατέταξε τη Σελήνη ως έναν δορυφόρο της Γης. Ο Ήλιος δεν αναγνωριζόταν ως άστρο μέχρι περίπου το 1800. Σύμφωνα με τον Thagard, η μετακίνηση από το πτολεμαϊκό σύστημα σ' αυτό του Κοπέρνικου απαιτούσε την αντικατάσταση ολόκληρου του συστήματος απόψεων που αντιστοιχούσαν σ' ένα ριζικά διαφορετικό σύστημα εννοιολογικής οργάνωσης.

Ενώ στην παρούσα μελέτη δεν έχουμε ακόμα συλλέξει όλες τις πληροφορίες που θα μας επέτρεπαν να εξιχνιάσουμε τις αλλαγές

στις κοσμολογίες των παιδιών και τις κατηγοριοποιήσεις των μεγάλων σωμάτων, έχουμε αρκετές πληροφορίες για να συμπεράνουμε το είδος του ριζικού κλαδικού άλματος που περιγράφεται στο Σχήμα 6. Τα παιδιά των 6 ετών με αρχικά νοητικά μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας διαφοροποιούν τη Γη από τον Ήλιο και τη Σελήνη. Τα τελευταία θεωρούνται ότι είναι τα ουράνια σώματα, των οποίων η εξαφάνιση και η επανεμφάνιση προκαλούν τον κύκλο της μέρας/νύχτας. Υποστηρίξαμε ότι η διαφορετική σύλληψη της Γης ως μιας σφαίρας, αιωρούμενης στο διάστημα, είναι μια προϋπόθεση για την κατανόηση της επιστημονικής εξήγησης του κύκλου της μέρας/νύχτας. Στην κοσμολογία του μαθητή της πέμπτης τάξης ο οποίος παρουσιάζει μια επιστημονική εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας, η Γη φαίνεται σαν ένα ουράνιο σώμα, ένας πλανήτης που περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του και περιφέρεται γύρω από τη Γη. Ταυτοχρόνως, ο Ήλιος, η Σελήνη και τα άστρα σαφώς διαφοροποιούνται, με την αναγνώριση από μέρους του παιδιού ότι η Σελήνη δεν έχει αιτιώδη σχέση με τον κύκλο της μέρας/νύχτας και τα άστρα μοιάζουν περισσότερο με τον Ήλιο παρά με τη Σελήνη.

Βλέπουμε λοιπόν ότι τα είδη της αναδιοργάνωσης που παρατηρούνται στο πλέγμα των εννοιών που βρίσκονται κάτω από τα αρχικά και επιστημονικά νοητικά μοντέλα που σχηματίζουν τα παιδιά για τη Γη είναι συγκρίσιμα με τις ριζικότερες εννοιολογικές αναδιοργανώσεις που απαντώνται στην ιστορία της επιστήμης. Το πρόβλημα όμως με τη μέθοδο προσέγγισης της εννοιολογικής αλλαγής που εφαρμόζει ο Thagard είναι πως δεν μπόρεσε να εξηγήσει ικανοποιητικά γιατί ορισμένοι τύποι αναδιοργάνωσης γνώσεων όπως το κλαδικό άλμα είναι τόσο δύσκολοι.

Κατά τη δική μας άποψη, η διαδικασία απόκτησης γνώσεων περιλαμβάνει τη συνεχή αναδιοργάνωση των υπαρχόντων εννοιολογικών δομών. Αυτό συμβαίνει κυρίως στον τομέα των γνώσεων που αναφέρονται στον φυσικό κόσμο, στον οποίο οι τρέχουσες, πολιτισμικά αποδεκτές, επιστημονικές εξηγήσεις των φαινομένων είναι πολύ διαφορετικές από τις αρχικές εξηγήσεις που επινοούν τα παιδιά με βάση τις καθημερινές τους παρατηρήσεις. Εμείς αντιλαμβανόμα-

στε αυτές τις αναδιοργανώσεις των γνώσεων με βάση την επανερμηνεία μιας ιεραρχίας περιορισμών που διαφέρουν ως προς το βαθμό εδραίωσής τους. Στο σύστημά μας, οι βαθύτεροι περιορισμοί, που αναθεωρούνται και πιο δύσκολα, εκφράζονται ως εδραιωμένες προϋποθέσεις. Οι εδραιωμένες προϋποθέσεις του είδους που εμείς περιγράψαμε βρίσκονται στη βάση της οντολογίας και επιστημολογίας των ατόμων, και ασκούν περιορισμούς στη θεωρία που συνθέτουν για τον φυσικό κόσμο.

Μέσα σ' αυτά τα πλαίσια, το κλαδικό άλμα της Γης που περιγράψαμε προηγουμένως είναι δύσκολο, γιατί προϋποθέτει την αναθεώρηση των εδραιωμένων προϋποθέσεων που αποτελούν μέρος της θεωρίας αφελούς Φυσικής του καθενός παιδιού. Δεν είναι δύσκολο να εξηγήσουμε γιατί αυτές οι εδραιωμένες προϋποθέσεις είναι δύσκολο να αλλάξουν. Μπορεί κανείς να υποστηρίξει ότι αυτοί οι περιορισμοί είναι έμφυτοι (π.χ. Gelman, 1990· Spelke, 1991). Είναι επίσης πιθανόν αυτοί οι περιορισμοί να αποκτώνται εμπειρικά. Οι εδραιωμένες προϋποθέσεις που περιγράψαμε ενισχύονται από τις καθημερινές μας εμπειρίες μέσα στον φυσικό κόσμο, έχουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και είναι λανθάνουσες.

Εκτός από τις εδραιωμένες προϋποθέσεις, το θεωρητικό πλαίσιο που περιγράψαμε έχει κι άλλα στοιχεία, όπως απόψεις και νοητικά μοντέλα, που επενεργούν επίσης ως περιορισμοί κατά τη διαδικασία απόκτησης γνώσεων. Οι ενλόγω περιορισμοί μοιάζουν μ' αυτό που ο Keil (1990) αποκαλεί *επίκτητοι και ειδικοί ανά τομέα περιορισμοί*. Υπάρχουν τα είδη περιορισμών που ενσωματώνονται σ' ένα σύστημα με την απόκτηση εξειδίκευσης, καθώς η δομή των αποκτώμενων πληροφοριών ασκεί τη δική της μοναδική επίδραση στη διαδικασία απόκτησης γνώσεων.

Σημειώστε ότι στο σύστημα που περιγράψαμε η ψυχολογική δυσκολία που απαντάται στην αναθεώρηση θεωριών σαν αυτή που περιέγραψε η Carey (1985, 1991) δεν είναι κατ' ανάγκη πάντα η ίδια, αλλά μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με το πόσο εδραιωμένοι είναι οι περιορισμοί που επενεργούν σ' αυτήν. Έτσι, η αναθεώρηση των αρχικών κοσμολογικών θεωριών μπορεί να είναι ευκολότερη από την αναθεώ-

ρηση μιας αρχικής θεωρίας της ύλης, όπως κι αυτή η δεύτερη μπορεί να είναι ευκολότερη από την αναθεώρηση μιας θεωρίας Μηχανικής.

### *Συμπεράσματα*

Η έρευνα που περιγράψαμε σ' αυτό το άρθρο προσπάθησε να εντοπίσει και να χαρακτηρίσει τα νοητικά μοντέλα που σχηματίζουν τα παιδιά του Δημοτικού για τον κύκλο της μέρας/νύχτας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, για την πλειοψηφία των μαθητών του δείγματός μας (τριανταοκτώ από τους εξήντα), είναι δυνατό να εντοπίσουμε έναν μικρό αριθμό σαφώς οριζόμενων νοητικών μοντέλων του κύκλου της μέρας/νύχτας. Τα μοντέλα αυτά διέπονταν από λογική συνέπεια και τις περισσότερες φορές από εμπειρική ακρίβεια και απλότητα. Τα αρχικά νοητικά μοντέλα φάνηκαν να μην επηρεάζονται καθόλου από την επιστημονική εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας που είναι σήμερα αποδεκτή. Τα συνθετικά νοητικά μοντέλα, από την άλλη μεριά, αντιπροσώπευαν προσπάθειες των παιδιών να αφομοιώσουν τις επιστημονικές εξηγήσεις στις εννοιολογικές δομές που ήδη είχαν.

Σκιαγραφήσαμε ένα θεωρητικό πλαίσιο που μπορεί να εξηγήσει το σχηματισμό των αρχικών και των συνθετικών μοντέλων με την προϋπόθεση ότι δεχόμαστε ως αξίωμα ότι υπάρχει μία ιεραρχία περιορισμών, όπως εδραιωμένες προϋποθέσεις, πεποιθήσεις και νοητικά μοντέλα, μερικά εκ των οποίων υπάρχουν από πολύ νωρίς στα παιδιά και άλλα τα οποία πηγάζουν αργότερα από τη δομή των αποκτηθεισών γνώσεων και τα οποία επενεργούν ως περιορισμοί στη συνεχιζόμενη διαδικασία απόκτησης νέων γνώσεων.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Baxter, J. (1989), «Children's Understanding of Familiar Astronomical Events». *International Journal of Science Education*, 11, σσ. 502-13.
- Bloom, L. (1970), *Language Development: Form and Function in Emerging Grammars*. Cambridge: MIT Press.
- Brewer, W.F. (1987), «Schemas Versus Mental Models in Human Memory». Στο Morris, P. (επιμ.), *Modelling Cognition*. Chichester, England: Wiley.
- Brewer, W.F., Herdrich, E.J., & Vosniadou, S. (1987, January), *A Cross-Cultural Study of Children's Development of Cosmological Models: Samoan and American Data*. Paper presented at the Third International Conference on Thinking, Honolulu, HI.
- Brewer, W.F., & Samarapungavan, A. (1991), «Children's Theories vs. Scientific Theories: Differences in Reasoning or Differences in Knowledge?» Στο Hoffman, R.R., & Palermo, D.S. (επιμ.), *Cognition and the Symbolic Processes: Applied and Ecological Perspectives*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Brown, R. (1973), *A First Language: The Early Stages*. Cambridge: Harvard University Press.
- Carey, S. (1985), *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge: MIT Press.
- Carey, S. (1991), «Knowledge Acquisition: Enrichment or Conceptual Change?» Στο Carey, S., & Gelman, R. (επιμ.), *The Epigenesis of Mind: Essays on Biology and Cognition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Chi, M.T.H. (1992), «Conceptual Change Within and Across Ontological Categories: Examples from Learning and Discovery in Science». Στο Giere, R.N. (επιμ.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science: Cognitive Models of Science* (τ. 15). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Chi, M.T.H., Slotta, J.D., & de Leeuw, N. (υπό έκδ.), «From Things to Processes: A Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts». *Learning and Instruction*.
- Collins, A. (1985), «Component Models of Physical Systems». *Proceedings of the Seventh Annual Conference of the Cognitive Science Society*.
- DiSessa, A.A. (1988), «Knowledge in Pieces». Στο Forman, G., & Pufall, P.B. (επιμ.), *Constructivism in the Computer Age*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- DiSessa, A. (1993), «Toward an Epistemology of Physics». *Cognition and Instruction*, 10, σσ. 105-225.
- Gelman, R. (1990), «First Principles Organize Attention to and Learning about Relevant Data: Number and the Animate-Inanimate Distinction as Examples». *Cognitive Science*, 14, σσ. 79-106.
- Gombrich, R.F. (1975), «Ancient Indian Cosmology». Στο Blacker, C., & Loewe, M. (επιμ.), *Ancient Cosmologies*. London: George Allen & Unwin.
- Heath, T.L. (1932), *Greek Astronomy*. London: J.M. Dent.

- Holland, J.H., Holyoak, K.J., Nisbett, R.E., & Thagard, P.R. (1986), *Induction*. Cambridge: MIT Press.
- Johnson-Laird, P.N. (1980), «Mental Models in Cognitive Science». *Cognitive Science*, 4, σσ. 71-115.
- Johnson-Laird, P.N. (1983), *Mental Models*. Cambridge: Harvard University Press.
- Keil, F.C. (1990), «Constraints on the Acquisition and Representation of Knowledge». Στο Eysenck, M.W. (επιμ.), *Cognitive Psychology: An International Review*. Chichester, England: John Wiley & Sons.
- Kuhn, D. (1989), «Children and Adults as Intuitive Scientists». *Psychological Review*, 96, σσ. 674-89.
- Kuhn, T.S. (1977), «Objectivity, Value Judgement, and Theory Choice». Στο Kuhn, T.S. (επιμ.), *The Essential Tension*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lambert, W.G. (1975), «The Cosmology of Sumer and Babylon». Στο Blacker, C., & Loewe, M. (επιμ.), *Ancient Cosmologies*. London: George Allen & Unwin.
- Needham, A., & Baillargeon, R. (1993), «Intuitions about Support in 4.5-Month-Old Infants». *Cognition*, 47, σσ. 121-48.
- Needham, J. (1975), «The Cosmology of Early China». Στο Blacker, C., & Loewe, M. (επιμ.), *Ancient Cosmologies*. London: George Allen & Unwin.
- Nussbaum, J. (1979), «Children's Conceptions of the Earth as a Cosmic Body: A Cross-Stage Study». *Science Education*, 63, σσ. 83-93.
- Nussbaum, J., & Novak, J.D. (1976), «An Assessment of Children's Concepts of the Earth Utilizing Structured Interviews». *Science Education*, 60, σσ. 535-50.
- Piaget, J. (1963), *The Origins of Intelligence in Children*. New York: W.W. Norton.
- Plumley, J.M. (1975), «The Cosmology of Ancient Egypt». Στο Blacker, C., & Loewe, M. (επιμ.), *Ancient Cosmologies*. London: George Allen & Unwin.
- Reif, F., & Allen, S. (1992), «Cognition for Interpreting Scientific Concepts: A Study of Acceleration». *Cognition and Instruction*, 9, σσ. 1-44.
- Sadler, P.M. (1987), «Misconceptions in Astronomy». Στο Novak, J.D. (επιμ.), *Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics* (τ. 3). Ithaca, N.Y.: Cornell University.
- Samarapungavan, A. (1992), «Children's Judgments in Theory Choice Tasks: Scientific Rationality in Childhood». *Cognition*, 45, σσ. 1-32.
- Samarapungavan, A., & Vosniadou, S. (1988, April), *What Children from India Know about Observational Astronomy: A Cross-Cultural Study*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA.
- Sneider, C., & Pulos, S. (1983), «Children's Cosmographies: Understanding the Earth's Shape and Gravity». *Science Education*, 67, σσ. 205-21.

- Solomon, J. (1983), «Thinking in Two Worlds of Knowledge». Στο Helm, H., & Novak, J.D. (επιμ.), *Proceedings of the International Seminar: Misconceptions in Science and Mathematics*. Ithaca, N.Y.: Cornell University.
- Spelke, E.S. (1990), «Principles of Object Perception». *Cognitive Science*, 14, σσ. 29-56.
- Spelke, E.S. (1991), «Physical Knowledge in Infancy: Reflections on Piaget's Theory». Στο Carey, S., & Gelman, R. (επιμ.), *The Epigenesis of Mind: Essays on Biology and Cognition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Thagard, P. (1992), *Conceptual Revolutions*. Princeton: Princeton University Press.
- Urton, G. (1981), *At the Crossroads of the Earth and the Sky*. Austin: University of Texas Press.
- Vosniadou, S. (1989), «On the Nature of Children's Naive Knowledge». *Proceedings of the 11th Conference of the Cognitive Science Society*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Vosniadou, S. (1991a), «Designing Curricula for Conceptual Restructuring: Lessons from the Study of Knowledge Acquisition in Astronomy». *Journal of Curriculum Studies*, 23, σσ. 219-37.
- Vosniadou, S. (1991b), «Children's Naive Models and the Processing of Expository Text». Στο Carretero, M., Pope, M., Simons, R.J., & Pozo, T.L. (επιμ.), *Learning and Instruction: European Research in an International Context* (τ. 3). Oxford: Pergamon.
- Vosniadou, S. (υπό έκδ.-a), «Conceptual Change in Cultural Context». *Learning and Instruction*.
- Vosniadou, S. (υπό έκδ.-b), «Universal and Culture-Specific Properties of Children's Mental Models of the Earth». Στο Hirschfeld, L., & Gelman, S. (επιμ.), *Domain Specificity in Cognition and Culture*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1987), «Theories of Knowledge Restructuring in Development». *Review of Educational Research*, 57, σσ. 51-67.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1990), «A Cross-Cultural Investigation of Children's Conceptions about the Earth, the Sun, and the Moon: Greek and American Data». Στο Mandl, H., De Corte, E., Bennett, N., & Friedrich, H.F. (επιμ.), *Learning and Instruction: European Research in an International Context* (τ. 22). *Analysis of Complex Skills and Complex Knowledge Domains*. Oxford: Pergamon.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1992), «Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood». *Cognitive Psychology*, 24, σσ. 535-85.



ΝΟΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΤΗΣ ΓΗΣ:  
ΔΙΑΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ<sup>1</sup>

ΣΤΟ ΑΡΘΡΟ ΑΥΤΟ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΝΤΑΙ ΜΕΡΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙδραση των πολιτισμικών γνώσεων, οι οποίες βασίζονται σε μια σειρά μελετών με θέμα την έννοια που σχηματίζουν τα παιδιά για τη Γη (βλ. Vosniadou, 1989, 1991; Vosniadou & Brewer, 1992). Πιο συγκεκριμένα, υποστηρίζω ότι η έννοια της Γης είναι αρχικά ενσωματωμένη σε μια αφελή θεωρία Φυσικής, και περιορίζεται από ορισμένες εδραιωμένες προϋποθέσεις οι οποίες ισχύουν για όλα τα φυσικά αντικείμενα. Αν και η διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής φαίνεται να είναι βασικά η ίδια σε παιδιά που μεγαλώνουν σε διαφορετικές χώρες, υπάρχει αξιοσημείωτη πολιτισμική διαμεσολάβηση στην οικοδόμηση των συγκεκριμένων νοητικών μοντέλων της Γης που σχηματίζουν παιδιά με διαφορετικό πολιτισμικό υπόβαθρο. Τέλος, υποστηρίζεται ότι η απόκτηση του πολιτισμικά αποδεκτού μοντέλου της Γης, σύμφωνα με το οποίο η Γη είναι ένας πλανήτης που περιβάλλεται από το διάστημα, δεν μπορεί να θεωρηθεί προϊόν εμπλουτισμού, αλλά αποτέλεσμα μιας ριζικής εννοιολογικής αναδιοργάνωσης, η οποία επέρχεται μέσω της αναστολής ή αναθεώρησης ορισμένων βασικών προϋποθέσεων μιας αρχικής, αφελούς θεωρίας της Φυσικής.

1. Εργασία που δημοσιεύτηκε στο βιβλίο *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*, το οποίο επιμελήθηκαν οι L. Hirschfeld και S. Gelman (1995), Cambridge University Press.

## *Ειδικοί ανά Τομέα Περιορισμοί*

Σήμερα υπάρχουν αρκετά ευρήματα που υποστηρίζουν την άποψη ότι ο ανθρώπινος νους λειτουργεί επί τη βάση διαφόρων ειδικών περιορισμών οι οποίοι φαίνεται ότι αντανακλούν τη δομή των συγκεκριμένων προβλημάτων προσαρμογής που χρειάστηκε να επιλύσουν οι άνθρωποι κατά τη διάρκεια της εξέλιξής τους (Cosmides & Tooby, 1995· Wierzbicka, 1995· Atran, 1995).

Ένας σημαντικός τομέας γνώσεων στον οποίο είναι πολύ πιθανό να έχουν αναπτυχθεί τέτοιοι ειδικοί ανά τομέα περιορισμοί είναι αυτός που αφορά στον φυσικό κόσμο. Πρόσφατες έρευνες με νήπια (π.χ. Spelke, 1991· Baillargeon, 1990) έχουν πετύχει να εντοπίσουν μερικές από τις βασικές αρχές που φαίνεται πως διέπουν τη διαδικασία με την οποία αποκτώνται οι γνώσεις για τον φυσικό κόσμο. Η Spelke (1991), για παράδειγμα, έχει περιγράψει ορισμένους περιορισμούς που αφορούν στη συμπεριφορά των φυσικών αντικειμένων, τους οποίους φαίνεται πως τα νήπια κατανοούν από πολύ πρώιμη ηλικία, όπως τη σταθερότητα και τη συνέχεια, την απουσία δράσεως από απόσταση και τη βαρύτητα<sup>2</sup>.

Σ' ένα προηγούμενο άρθρο (Vosniadou, 1989) υποστήριξα ότι τέτοιοι περιορισμοί, ή εδραιωμένες προϋποθέσεις, όπως τις αποκαλώ, είναι οργανωμένες σε μια «σφαιρική θεωρία» αφελούς Φυσικής, η οποία δεν είναι προσπελάσιμη από τη συνείδησή μας κι ούτε υπόκειται σε κριτικό έλεγχο. Αυτή η αφελής θεωρία Φυσικής περιορίζει τη διαδικασία με την οποία αποκτώνται οι γνώσεις για τον φυσικό κόσμο κατά τρόπο ανάλογο μ' εκείνον με τον οποίο τα ερευνητικά προγράμματα και τα παραδείγματα πιστεύεται ότι περιορίζουν την ανάπτυξη των επιστημονικών θεωριών (π.χ. Kuhn, 1977· Lakatos, 1970).

Στο άρθρο αυτό υποστηρίζω ότι η έννοια της Γης αναδύεται μέσα από μια τέτοια αφελή θεωρία Φυσικής και περιορίζεται από το ίδιο είδος προϋποθέσεων που ισχύουν για όλα τα φυσικά αντικείμε-

---

2. Με τον όρο «βαρύτητα» η Spelke αναφέρεται στη γνώση των νηπίων ότι τα αντικείμενα που δεν στηρίζονται πέφτουν προς τα κάτω.

να. Σε αντίθεση με πολλές άλλες έννοιες, οι οποίες παραμένουν ενσωματωμένες στον ίδιο εννοιολογικό τομέα καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης, η έννοια της Γης υφίσταται ριζική αναδιοργάνωση. Η αναδιοργάνωση αυτή περιλαμβάνει την καινούργια αντίληψη της Γης ως ουράνιου σώματος (από φυσικό σώμα που τη θεωρούσαν πριν), και προχωρεί με την αναστολή ή αναθεώρηση ορισμένων από τις προϋποθέσεις που ανήκουν σε μια αφελή θεωρία της Φυσικής.

Τα αποτελέσματα των διαπολιτισμικών ερευνών μας που είχαν ως θέμα την έννοια της Γης ενισχύουν την προαναφερθείσα άποψη. Δεν είναι όμως σαφές εάν μια τέτοια αναδιοργάνωση ισχύει μόνο για την έννοια της Γης ή και για τον τομέα της Αστρονομίας γενικά. Με άλλα λόγια, θα μπορούσε κανείς να υποστηρίξει ότι ο τομέας της Αστρονομίας δεν είναι ένας «κεντρικός» εννοιολογικός τομέας (βλ. Atran & Sperber, 1987· Boyer, 1995) αλλά ένας «περιφερειακός» τομέας που αναδύεται μέσα από μια κεντρική θεωρία αφελούς Φυσικής. Σύμφωνα με μια εναλλακτική άποψη, μπορεί μεν ο τομέας της Αστρονομίας να είναι ένας «κεντρικός» εννοιολογικός τομέας, αλλά η έννοια της Γης να μην ανήκει σ' αυτόν. Για ν' απαντήσουμε σ' αυτή την ερώτηση χρειάζεται να ερευνηθεί περισσότερο η ανάπτυξη των ιδεών των παιδιών για άλλα ουράνια σώματα, όπως τον Ήλιο, τη Σελήνη, τα άστρα και τους πλανήτες.

Στις σελίδες που ακολουθούν θα περιγράψω μερικές έρευνες που παρέχουν εμπειρικές αποδείξεις αυτού του ισχυρισμού. Θ' αρχίσω με μια γενική συζήτηση του θεωρητικού πλαισίου που μας οδήγησε στην επιλογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας, και θα προχωρήσω με την περιγραφή ορισμένων αποτελεσμάτων των συγκεκριμένων μελετών που έχουν γίνει.

### *Νοητικά Μοντέλα και Υποκείμενες Εννοιολογικές Δομές*

Πώς καθορίζουμε το εύρος των γνώσεων ενός ατόμου που αναφέρονται σε μια δεδομένη έννοια, καθώς και τις ευρύτερες εννοιολογικές δομές στις οποίες είναι ενσωματωμένη αυτή η έννοια (π.χ. Murphy & Medin, 1985); Στις μελέτες μας για την έννοια της Γης (Vosniadou &

Brewer, 1992), υποβάλαμε στα παιδιά μια σειρά ερωτήσεων σχετικά με το σχήμα της Γης και την περιοχή της Γης όπου ζουν οι άνθρωποι. Μερικές από αυτές τις ερωτήσεις απαιτούσαν μια λεκτική απάντηση, ενώ άλλες απαιτούσαν τη δημιουργία σχεδίων ή φυσικών μοντέλων. Υποθέσαμε ότι τα παιδιά χρησιμοποιούν όλες τις γνώσεις σχετικά με την έννοια της Γης για να δημιουργήσουν μια νοητική αναπαράσταση της Γης που τους επιτρέπει ν' απαντήσουν στις ερωτήσεις μας. Προσπαθήσαμε να κατανοήσουμε και να περιγράψουμε αυτές τις νοητικές αναπαραστάσεις, και να τις χρησιμοποιήσουμε για να καταλάβουμε τις υποκείμενες εννοιολογικές δομές από τις οποίες αναδύονται.

Για να χαρακτηρίσουμε τις αναπαραστάσεις των παιδιών που αναφέρονται στην παρατηρησιακή Αστρονομία, υιοθετήσαμε την έννοια του *νοητικού μοντέλου*. Η έννοια του νοητικού μοντέλου έχει χρησιμοποιηθεί με πολλούς τρόπους (π.χ. Johnson-Laird, 1983; Gentner & Stevens, 1983). Εδώ χρησιμοποιείται με την έννοια του ιδιαίτερου εκείνου είδους νοητικής αναπαράστασης που διαφέρει από τα άλλα είδη αναπαραστάσεων κατά το ότι αποτελεί το ανάλογο αυτού το οποίο αναπαριστά (βλ. Johnson-Laird, 1983).

Υποθέτουμε ότι το νοητικό μοντέλο είναι μια δυναμική κατασκευή που δημιουργείται επιτόπου με σκοπό να απαντηθούν ερωτήματα, να λυθούν προβλήματα ή να αντιμετωπισθούν άλλες καταστάσεις. Τα νοητικά μοντέλα γεννιούνται, αλλά και περιορίζονται, από τις *υποκείμενες εννοιολογικές δομές*. Για παράδειγμα, αν κάποιος ακούσει ότι «ο Γιώργος έριξε το σφυρί», θα σχηματίσει ένα νοητικό μοντέλο στο οποίο η θέση του σφυριού θα περιορίζεται από την υποκείμενη δομή που σχετίζεται με τις ιδιότητες της βαρύτητας.

Ένα συγκεκριμένο νοητικό μοντέλο λίγες μόνο πληροφορίες παρέχει για τις υποκείμενες εννοιολογικές δομές ενός ατόμου. Σκεφτείτε, για παράδειγμα, την περίπτωση κατά την οποία ο Γιώργος είναι ένας αστροναύτης που έριξε το σφυρί ενώ βρισκόταν μέσα σ' ένα διαστημόπλοιο περιστρεφόμενο γύρω από τη Γη. Τα άτομα που σχημάτισαν το ίδιο νοητικό μοντέλο για τη θέση του σφυριού στο πρώτο παράδειγμα μπορεί να διαφέρουν στον τρόπο με τον οποίο αντιλαμ-



βάνονται τη θέση του σφυριού στο δεύτερο παράδειγμα ανάλογα με το πώς ακριβώς κατανοούν τη βαρύτητα. Έτσι, παρότι ένα νοητικό μοντέλο μπορεί να μην αποκαλύπτει πλήρως τη δομή των υποκείμενων εννοιολογικών δομών από τις οποίες αναδύεται η κατανόηση του είδους των νοητικών μοντέλων που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι για ν' απαντήσουν σε διάφορες ερωτήσεις, μπορεί να μας δώσει σημαντικές πληροφορίες για το περιεχόμενο και τη δομή της βάσης των γνώσεών τους.

Τέλος, είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε ότι μερικά είδη ερωτήσεων έχουν τη δυνατότητα να μας δώσουν περισσότερες πληροφορίες απ' ό,τι άλλες για τις εννοιολογικές δομές. Σύγκρινε, για παράδειγμα, τις ερωτήσεις (*γνώσης γεγονότων*): «Ποιο είναι το σχήμα της Γης;» και «Κινείται η Γη;» με τις (*παραγωγικές*) ερωτήσεις: «Εάν περπατούσες ίσια μπροστά για πολλές-πολλές μέρες, πού θα έφτανες;», «Θα έφτανες ποτέ στο τέρμα ή στην άκρη της Γης;» και «Έχει τέρμα ή άκρη η Γη;»

Τα παιδιά που έχουν ακούσει την επιστημονικά αποδεκτή άποψη ότι η Γη είναι μια σφαίρα περιστρεφόμενη γύρω από τον άξονά της μπορεί στις πρώτες ερωτήσεις (*γνώσης γεγονότων*) να δώσουν την απάντηση ότι η Γη «είναι στρογγυλή» κι ότι «κινείται». Εντούτοις, από τις πολιτισμικά αποδεκτές απαντήσεις τους σ' αυτές τις ερωτήσεις δεν μπορούμε κατ' ανάγκη να συμπεράνουμε ότι τα παιδιά έχουν πλήρως κατανοήσει την έννοια της σφαιρικής Γης που περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της. Γνωρίζουμε ότι οι πληροφορίες που έχουν αποκτηθεί μέσω διδασκαλίας συχνά αποθηκεύονται σε μια ξεχωριστή μικροδομή (βλ. Chi, 1988), ή αφομοιώνονται στις υπάρχουσες εννοιολογικές δομές δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό μια παρανόηση (π.χ. Vosniadou & Brewer, 1992).

Σε αντίθεση με τις ερωτήσεις γνώσης γεγονότων, στις δεύτερες ερωτήσεις (*παραγωγικές*) δεν μπορούμε ν' απαντήσουμε επαναλαμβάνοντας απλώς τις πληροφορίες που αποκτήσαμε μέσω της διδασκαλίας. Σ' αυτές τις περιπτώσεις υποθέτουμε ότι οι άνθρωποι ανατρέχουν στη βάση των γνώσεών τους για να βρουν σχετικές πληροφορίες, τις οποίες χρησιμοποιούν για να διαμορφώσουν ένα νοητικό

μοντέλο της Γης που να εμπεριέχει πληροφορίες για το τέρμα ή την άκρη της. Διαφορετικά νοητικά μοντέλα της Γης προμηθεύουν διαφορετικές απαντήσεις σ' αυτές τις ερωτήσεις, και οδηγούν σε διαφορετικές υποθέσεις σχετικά με υποκείμενες εννοιολογικές δομές. Για παράδειγμα, τα παιδιά που αντιλαμβάνονται τη Γη ως έναν επίπεδο δίσκο πάνω στον οποίο ζουν οι άνθρωποι θ' απαντήσουν ότι η Γη έχει ένα τέρμα/άκρη. Τα παιδιά, αντιθέτως, που σχηματίζουν το νοητικό μοντέλο της Γης-σφαίρας, με τους ανθρώπους να ζουν σε όλη την εξωτερική της επιφάνεια, θα γνωρίζουν ότι δεν υπάρχει τέλος ή άκρη στη Γη, κι ότι αν κάποιος περπατούσε πάρα πολλές μέρες, θα επέστρεφε τελικά στο σημείο απ' όπου ξεκίνησε.

Επομένως, οι παραγωγικές ερωτήσεις, το είδος δηλαδή ερωτήσεων που απαιτούν την ερμηνεία φαινομένων τα οποία δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμα και για τα οποία είναι πιθανό να μην έχουν δοθεί απαντήσεις μέσω συγκεκριμένης διδασκαλίας, μπορούν να μας δώσουν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις υποκείμενες εννοιολογικές δομές απ' ό,τι οι ερωτήσεις γνώσης γεγονότων, οι οποίες αποφέρουν πληροφορίες που μπορεί να πηγάζουν από μια επιπόλαιη απομνημόνευση των όσων ειπώθηκαν κατά τη διδασκαλία.

### *Νοητικά Μοντέλα της Γης: Το Πρώτο Δείγμα από τις ΗΠΑ*

Η πρώτη μελέτη που κάναμε (Vosniadou & Brewer, 1992) περιελάμβανε εξήντα αγόρια και κορίτσια προερχόμενα από μεσαία κοινωνικο-οικονομικά στρώματα, που ήταν μαθητές ενός Δημοτικού σχολείου στην πόλη Ουρμπάνα του Ιλινόις. Από αυτά, είκοσι ήταν μαθητές της πρώτης τάξης (μέσος όρος ηλικίας 6 χρόνια και 9 μήνες), είκοσι τρίτης τάξης (μέσος όρος 9 χρόνια και 3 μήνες), και είκοσι πέμπτης τάξης (μέσος όρος 11 χρόνια). Κατά τη διάρκεια της εξέτασης, που είχε τη μορφή ατομικής συνέντευξης, υποβάλαμε στα παιδιά σαρανταοκτώ ερωτήσεις που αφορούσαν τη Γη, τον Ήλιο, τη Σελήνη και τα άστρα. Δεκαπέντε από αυτές τις ερωτήσεις που αναφέρονταν στη Γη και στο τμήμα της Γης όπου ζουν οι άνθρωποι χρησιμοποιήθηκαν για να αντλήσουμε τα νοητικά μοντέλα που είχαν τα παιδιά για τη Γη.

Τα αποτελέσματα αποκάλυψαν μια αξιοσημείωτη επιφανειακή ασυνέπεια στις απαντήσεις που έδωσαν τα παιδιά στις επιμέρους ερωτήσεις. Πολλά παιδιά απάντησαν ότι η Γη είναι «στρογγυλή» κι έκαναν έναν κύκλο για να απεικονίσουν το σχήμα της, ενσυνεχεία όμως απάντησαν ότι υπάρχει ένα τέρμα/άκρη στη Γη απ' όπου μπορεί κανείς να πέσει. Ό,τι ακολουθεί είναι απόσπασμα από τη συνέντευξη μιας μαθήτριας τρίτης τάξης, της Τζέιμι, που επεξηγεί την άποψη αυτή.

ΤΖΕΪΜΙ (τρίτη τάξη)

E: Ποιο είναι το σχήμα της Γης;

A: Στρογγυλό.

E: Μπορείς να κάνεις μια εικόνα της Γης;

[Το παιδί φτιάχνει έναν κύκλο που απεικονίζει τη Γη].

E: Εάν περπατούσες πολλές μέρες σε μια ευθεία, πού θα έφτανες;

A: Πιθανώς σ' έναν άλλο πλανήτη.

E: Θα μπορούσες ποτέ να φτάσεις στο τέρμα ή στην άκρη της Γης;

A: Ναι, αν περπατούσες για πολύ καιρό.

E: Θα μπορούσες να πέσεις απ' αυτή την άκρη;

A: Ναι, ίσως.

Διάφορα άλλα είδη απαντήσεων έδειξαν σαφώς ότι υπάρχουν κι άλλες αντιλήψεις για το σχήμα της Γης. Στα αποσπάσματα που ακολουθούν από τις συνεντεύξεις, η Τερίνα και ο Μάθιου διασαφηνίζουν κάποιες από αυτές τις εναλλακτικές αντιλήψεις.

ΤΕΡΙΝΑ (πέμπτη τάξη)

A: Η Γη είναι στρογγυλή, αλλά όταν την κοιτάς είναι επίπεδη.

E: Πώς συμβαίνει αυτό;

A: Γιατί αν κοιτούσαμε γύρω-γύρω, θα ήταν στρογγυλή.

E: Ποιο είναι λοιπόν το πραγματικό σχήμα της Γης;

A: Στρογγυλό, όπως μια παχιά τηγανίτα.

ΜΑΘΙΟΥ (πρώτη τάξη)

E: Εάν περπατούσες και περπατούσες για πολλές μέρες, πού θα έφτανες;

A: Αν περπατούσαμε πάρα πολύ καιρό, θα μπορούσαμε να φτάσουμε στο τέρμα της Γης.

E: Θα μπορούσες ποτέ να πλησιάσεις την άκρη της Γης;

A: Δεν το νομίζω.

Ε: Πες πως περπατούσαμε και περπατούσαμε κι είχαμε άφθονη τροφή μαζί μας.

Α: Πιθανώς.

Ε: Θα μπορούσες να πέσεις από την άκρη της Γης;

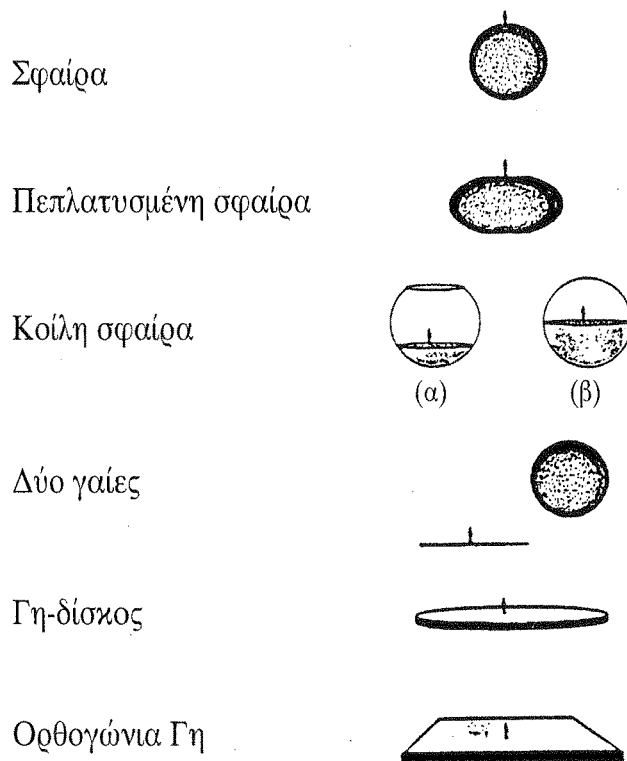
Α: Όχι, γιατί αν βρισκόμασταν έξω από τη Γη, μπορεί πιθανώς να πέφταμε, αλλά αν βρισκόμαστε μέσα στη Γη, δε θα μπορούσαμε να πέσουμε.

Όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε από αυτά τα παραδείγματα, η Τερίνα φαίνεται να έχει την άποψη ότι η Γη είναι στρογγυλή και επίπεδη σα μια παχιά τηγανίτα, ενώ ο Μάθιου πιστεύει ότι η Γη είναι μια κοίλη σφαίρα, που βαθιά στο εσωτερικό της ζουν οι άνθρωποι.

Για να εξετάσουμε αν οι φαινομενικά ασυνεπείς απαντήσεις των παιδιών είναι εσωτερικά συνεπείς εν σχέσει προς ορισμένα εναλλακτικά νοητικά μοντέλα της Γης, όπως η Γη-δίσκος ή η άποψη ότι η Γη είναι μια κοίλη σφαίρα, επινοήσαμε την εξής μεθοδολογία: πρώτον, από τα δικά μας δεδομένα, καθώς και από προηγούμενες έρευνες σ' αυτή την περιοχή (π.χ. Nussbaum & Novak, 1976· Nussbaum, 1979· Sneider & Poulos, 1983), αντλήσαμε έναν αριθμό πιθανών μοντέλων του σχήματος της Γης· έπειτα καθορίσαμε τις απαντήσεις που περιμέναμε να δώσουν τα παιδιά αν είχαν σχηματίσει και χρησιμοποιούσαν με συνέπεια ένα συγκεκριμένο νοητικό μοντέλο· μετά την παραγωγή του παραβάλαμε το υπόδειγμα των αναμενόμενων απαντήσεων με το υπόδειγμα των απαντήσεων που πήραμε από τα παιδιά. Τα παιδιά κατατάχθηκαν σ' ένα συγκεκριμένο νοητικό μοντέλο της Γης εάν οι απαντήσεις τους έδειχναν όχι περισσότερες από μία παρεκκλίσεις από το αναμενόμενο υπόδειγμα απάντησης (βλ. Vosniadou & Brewer, 1992, για μια λεπτομερή περιγραφή αυτής της διαδικασίας).

Ακολουθώντας αυτή τη διαδικασία, μπορέσαμε να ερμηνεύσουμε το 82% των δεδομένων μας. Με άλλα λόγια, διαπιστώσαμε ότι σαράνταεννέα από τα εξήντα παιδιά χρησιμοποιούσαν με συνέπεια κάποιο από τα λίγα σαφώς καθορισμένα νοητικά μοντέλα της Γης. Τα νοητικά αυτά μοντέλα φαίνονται στο Σχήμα 1.

ΣΧΗΜΑ 1. Νοητικά μοντέλα της Γης.



Η συχνότητα με την οποία απαντάται καθένα από αυτά τα μοντέλα περιγράφεται στον Πίνακα 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Συχνότητα των μοντέλων του σχήματος της Γης ανά σχολική τάξη.

Έννοιες για το σχήμα της Γης	Σχολική τάξη			
	1	3	5	Σύνολο
(1) Σφαίρα	3	8	12	23
(2) Πεπλατυσμένη σφαίρα	1	3	0	4
(3) Κοίλη σφαίρα	2	4	6	12
(4) Δύο γαίες	6	2	0	8
(5) Δίσκος	0	1	0	1
(6) Ορθογώνιο	1	0	0	1
(7) Μικτή	7	2	2	11
Σύνολο 20	20	20	20	60

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, η πλειοψηφία των παιδιών του δείγματός μας σχημάτισε ένα νοητικό μοντέλο της Γης που ήταν διαφορετικό από το πολιτισμικά αποδεκτό μοντέλο της Γης. Συνολικά, εντοπίστηκαν στο δείγμα μας τα πέντε ακόλουθα εναλλακτικά μοντέλα της Γης: το μοντέλο της ορθογώνιας Γης, σύμφωνα με το οποίο η Γη είναι ένα επίπεδο, στερεό, στηριζόμενο αντικείμενο που μοιάζει στο σχήμα με ορθογώνιο· η Γη-δίσκος, σύμφωνα με το οποίο η Γη είναι επίσης ένα επίπεδο, στερεό, στηριζόμενο αντικείμενο που μοιάζει στο σχήμα με δίσκο· το μοντέλο της διπλής Γης, σύμφωνα με το οποίο υπάρχουν δύο γαίες: μία επίπεδη, στερεή και στηριζόμενη Γη, πάνω στην οποία ζουν οι άνθρωποι, και μία σφαιρική Γη που αιωρείται στον ουρανό, όπως ένας πλανήτης· το μοντέλο της κοίλης σφαίρας, σύμφωνα με το οποίο η Γη είναι μια κοίλη σφαίρα, στο επίπεδο έδαφος της οποίας, και βαθιά στο εσωτερικό της, ζουν οι άνθρωποι· τέλος, υπάρχει το μοντέλο της πεπλατυσμένης σφαίρας, σύμφωνα με το οποίο η Γη μοιάζει στο σχήμα με μια παχιά τηγανίτα, στρογγυλή στις άκρες της αλλά επίπεδη στο πάνω και στο κάτω μέρος όπου ζουν οι άνθρωποι.

### *Τα Νοητικά Μοντέλα που έχουν τα Παιδιά για τη Γη είναι Ενσωματωμένα σε μια Αφελή Θεωρία Φυσικής*

Δεδομένης της μαζικής έκθεσης σε πληροφορίες σχετικά με το σφαιρικό σχήμα της Γης που παρέχονται στα παιδιά από το πολιτισμικό τους περιβάλλον, γιατί τα παιδιά το βρίσκουν τόσο δύσκολο να σχηματίσουν το πολιτισμικά αποδεκτό μοντέλο μιας σφαιρικής Γης; Στο άρθρο των Vosniadou και Brewer (1992) υποστηρίξαμε ότι τα παιδιά δυσκολεύονται να πιστέψουν ότι η Γη είναι μια σφαίρα που περιβάλλεται από το διάστημα επειδή θεωρούν τη Γη ως ένα φυσικό αντικείμενο μάλλον παρά ως ένα ουράνιο σώμα, κι εφαρμόζουν σ' αυτό τις προϋποθέσεις που εφαρμόζονται στα φυσικά αντικείμενα γενικά (π.χ. στερεότητα, συνέχεια, βαρύτητα κλπ.). Δύο από αυτές τις προϋποθέσεις είναι ιδιαίτερα σημαντικές, επειδή έρχονται σε

αντίθεση με την πολιτισμικά αποδεκτή πληροφορία ότι η Γη είναι μια σφαίρα, και ως τέτοιες έχουν τη δυνατότητα να εξηγήσουν τα εναλλακτικά μοντέλα της Γης που συνθέτουν τα παιδιά. Η μία από αυτές τις προϋποθέσεις είναι ότι η βαρύτητα έχει κατεύθυνση από πάνω προς τα κάτω, και η άλλη ότι το έδαφος πάνω στο οποίο ζουν οι άνθρωποι είναι επίπεδο. Η προϋπόθεση της βαρύτητας είναι αυτή σύμφωνα με την οποία τα αντικείμενα που δε στηρίζονται πέφτουν με κατεύθυνση προς τα κάτω. Αυτό γίνεται κατανοητό όταν ιδωθεί κάτω από το φως μιας γενικότερης αντίληψης και οργάνωσης του χώρου, σύμφωνα με την οποία το έδαφος είναι επίπεδο και οι κατευθύνσεις «πάνω» και «κάτω» ορίζονται με βάση το επίπεδο αυτό έδαφος (κι όχι με βάση το κέντρο της Γης). Η αφετηρία αυτών των προϋποθέσεων μπορεί ήδη να εντοπισθεί στις αντιλήψεις του νηπίου ηλικίας 6 μέχρι 9 μηνών (βλ. Spelke, 1991· Baillargeon, 1990).

Όλα τα εναλλακτικά νοητικά μοντέλα της Γης που έχουμε επισημάνει περιορίζονται από την ιδέα ότι το έδαφος πάνω στο οποίο ζουν οι άνθρωποι είναι επίπεδο, κι ότι τα αντικείμενα που δεν στηρίζονται πέφτουν προς τα κάτω. Αυτό είναι προφανές στην περίπτωση των μοντέλων της ορθογώνιας Γης και της Γης-δίσκου. Σύμφωνα με το μοντέλο της διπλής Γης, η Γη πάνω στην οποία ζουν οι άνθρωποι θεωρείται πως είναι επίπεδη. Στο μοντέλο της κοίλης σφαίρας, η Γη πιστεύεται πως είναι μια σφαίρα, αλλά οι άνθρωποι υποτίθεται πως ζουν πάνω σ' ένα επίπεδο έδαφος μέσα στη σφαίρα. Τέλος, στο μοντέλο της πεπλατυσμένης σφαίρας η Γη πιστεύεται επίσης πως είναι επίπεδη στις περιοχές όπου ζουν οι άνθρωποι. Αν τα παιδιά δεν πίστευαν ότι η Γη είναι επίπεδη και τα αντικείμενα χρειάζονται στήριγμα, δε θα υπήρχε λόγος να σχηματίσουν αυτές τις συστηματικές και λανθασμένες αναπαραστάσεις της Γης.

Εδώ πρέπει να καταστεί σαφές ότι αυτό που εννοούμε με τον όρο «επίπεδο» δεν αναφέρεται στο απλό προϊόν μιας φαινομενικής αντίληψης της επιπεδότητας, αλλά αναπαριστά (όπως κάνουν όλες οι εδραιωμένες προϋποθέσεις) μια ερμηνεία της καθημερινής εμπειρίας από έναν οικοδομιστικό νου. Με άλλα λόγια, μια «επίπεδη» Γη δεν είναι μια Γη χωρίς βουνά ή ωκεανούς αλλά μάλλον μια Γη όπου

το έδαφος εκτείνεται κατά μήκος του ίδιου οριζόντιου επιπέδου, σε αντίθεση με κάτι που σχηματίζει μια σφαίρα, και όπου το «πάνω» και το «κάτω» ορίζονται σε σχέση μ' αυτό το οριζόντιο επίπεδο.

### *Αρχικά, Συνθετικά και Επιστημονικά Νοητικά Μοντέλα*

Αν είναι σωστή η ανάλυσή μας σύμφωνα με την οποία τα νοητικά μοντέλα των παιδιών για τη Γη είναι ενσωματωμένα σε μια αφελή θεωρία Φυσικής, τότε θα πρέπει να περιμένουμε τα πρώτα αρχικά μοντέλα που σχηματίζουν τα παιδιά προτού εκτεθούν στην πληροφορία ότι η Γη είναι επίπεδη να είναι μοντέλα σύμφωνα με τα οποία η Γη θεωρείται ότι αποτελείται από ένα επίπεδο «στηριζόμενο» έδαφος, με τους ανθρώπους να κατοικούν στην κορυφή του. Ένα επιπρόσθετο σύνολο συμπερασμάτων που αναφέρονται στην ύπαρξη ενός τέλους/άκρης και στο ιδιαίτερο σχήμα αυτής της άκρης μπορεί να παράγει μια τάξη νοητικών μοντέλων σύμφωνα με τα οποία η επίπεδη και στηριζόμενη Γη μοιάζει –ως προς το σχήμα– μ' έναν ορθογώνιο ή τετράγωνο δίσκο, κ.τ.λ. Όλα αυτά τα κριτήρια ικανοποιούνται από τα μοντέλα της ορθογωνίας Γης και της Γης - στηριζόμενος δίσκος.

Τα υπόλοιπα νοητικά μοντέλα της Γης που έχουμε αναγνωρίσει μπορούν να ερμηνευθούν ως απόπειρες, από τη μεριά των παιδιών, να συμβιβάσουν τις προϋποθέσεις σύμφωνα με τις οποίες τα αντικείμενα χρειάζονται στήριγμα και το έδαφος είναι επίπεδο με την πολιτισμικά αποδεκτή αντίληψη περί μιας σφαιρικής Γης η οποία περιβάλλεται από διάστημα. Για το λόγο αυτό, αποκαλούμε τα συγκεκριμένα μοντέλα *συνθετικά*.

Μια εξέταση των μοντέλων που έχουμε αναγνωρίσει δείχνει ότι υπάρχει μια πρόοδος προς όλο και πιο προηγμένα συνθετικά μοντέλα, ανάλογα με το πόσες από τις προαναφερθείσες προϋποθέσεις τα παιδιά έχουν αναστείλει ή αναθεωρήσει. Παραδείγματος χάρη, το μοντέλο της διπλής Γης είναι λιγότερο προηγμένο από τα μοντέλα της κοίλης και της πεπλατυσμένης σφαίρας. Τα παιδιά που σχηματί-



ζουν το μοντέλο της διπλής Γης έχουν κρατήσει και τις δύο εδραιωμένες πεποιθήσεις που προκάλεσαν τα αρχικά μοντέλα. Τα παιδιά αυτά απαντούν στις ερωτήσεις μας κατά τρόπο που δείχνει ότι εξακολουθούν να πιστεύουν πως το έδαφος είναι επίπεδο, πως η Γη στηρίζεται, και πως οι άνθρωποι και τα αντικείμενα πάνω στη Γη ζουν σ' ένα επίπεδο έδαφος. Τα παιδιά που σχηματίζουν το μοντέλο της διπλής Γης συμβιβάζουν την πληροφορία ότι η Γη είναι μια σφαίρα με τις προϋποθέσεις τους, κάνοντας την υπόθεση ότι, όταν οι ενήλικοι κάνουν λόγο για τη σφαιρική Γη, αναφέρονται σ' ένα διαφορετικό αντικείμενο.

Τα παιδιά που πιστεύουν στο μοντέλο της κοίλης σφαίρας φαίνεται πως έχουν αναστείλει την προϋπόθεση ότι η βαρύτητα έχει κατεύθυνση από πάνω προς τα κάτω, τουλάχιστον σε ό,τι αφορά τη Γη ως ένα φυσικό αντικείμενο. Αποκαλούμε αυτή τη διαδικασία *αναστολή προϋποθέσεως*, γιατί δεν απαιτεί κατ' ανάγκη αναθεώρηση του ερμηνευτικού πλαισίου μέσα στο οποίο είναι ενσωματωμένη η έννοια της βαρύτητας. Τα παιδιά αυτά αποδέχονται ότι η Γη είναι μια σφαίρα που περιβάλλεται από το διάστημα, αλλά δεν έχουν κατανοήσει ακόμη πώς είναι δυνατόν οι άνθρωποι και τα αντικείμενα πάνω στη Γη να στέκονται στην εξωτερική επιφάνεια αυτής της σφαίρας (ιδιαίτερα στις «πλευρές» και στο «κάτω» μέρος της σφαίρας) χωρίς να πέφτουν. Με το να υποθέτουν ότι η Γη είναι κοίλη και οι άνθρωποι ζουν πάνω σ' ένα επίπεδο έδαφος βαθιά στο εσωτερικό της, τα παιδιά αυτά βρίσκουν έναν τρόπο να συμβιβάσουν την προϋπόθεση περί μιας βαρύτητας που έχει κατεύθυνση από πάνω προς τα κάτω με το πολιτισμικά αποδεκτό μοντέλο μιας σφαιρικής και «μη στηριζόμενης» Γης.

Τέλος, τα παιδιά που έχουν σχηματίσει το μοντέλο της πεπλατυσμένης σφαίρας φαίνεται πως έχουν αναθεωρήσει την προϋπόθεση ότι τα αντικείμενα που δε στηρίζονται πέφτουν. Αποκαλούμε αυτή τη διαδικασία *αναθεώρηση προϋπόθεσης*, επειδή απαιτεί την αλλαγή της έννοιας της βαρύτητας, που έχει κατεύθυνση από πάνω προς τα κάτω, με μian άλλη, σύμφωνα με την οποία η βαρύτητα λειτουργεί έλκοντας τα αντικείμενα προς το κέντρο της Γης. Τα παιδιά όμως

αυτά δεν έχουν λύσει ακόμη το παράδοξο της επίπεδης/σφαιράς, με αποτέλεσμα να νομίζουν ότι οι περιοχές της Γης πάνω στις οποίες ζουν οι άνθρωποι είναι επίπεδες.

Τα δεδομένα αναφορικά με τη συχνότητα των μοντέλων του σχήματος της Γης ανά τάξη, που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1, συμφωνούν γενικά με τη θεωρητική ανάλυσή μας σε ό,τι αφορά τις εδραιωμένες προϋποθέσεις. Τα συνθετικά μοντέλα που απαιτούν τις λιγότερες αλλαγές (π.χ. το μοντέλο της διπλής Γης) απαντώνται συχνότερα στα μικρότερα παιδιά, ενώ τα μοντέλα που απαιτούν τον μεγαλύτερο αριθμό αλλαγών (π.χ. η σφαίρα) είναι πιο συχνά στα μεγαλύτερα παιδιά.

Συμπερασματικά, τα παιδιά αρχίζουν με την αντίληψη ότι η Γη είναι μάλλον ένα φυσικό αντικείμενο παρά ένα ουράνιο σώμα, κι εφαρμόζουν σ' αυτό τις προϋποθέσεις που περιορίζουν τα φυσικά αντικείμενα γενικά. Δύο από αυτές τις προϋποθέσεις –ότι το έδαφος είναι επίπεδο και τα φυσικά αντικείμενα χρειάζονται στήριγμα– είναι ιδιαίτερα σημαντικές, γιατί βρίσκονται σε δυσαρμονία με την πολιτισμικά αποδεκτή πληροφορία ότι η Γη είναι μια σφαίρα. Η διαδικασία αλλαγής από το αρχικό μοντέλο μιας επίπεδης και στηριζόμενης Γης στο πολιτισμικά αποδεκτό μοντέλο μιας σφαιρικής Γης προχωράει μέσω της οικοδόμησης ενδιάμεσων, συνθετικών μοντέλων. Τα συνθετικά μοντέλα σχηματίζονται όταν τα παιδιά προσπαθούν να συμβιβάσουν την πληροφορία σχετικά με το σφαιρικό σχήμα της Γης με τις προαναφερθείσες προϋποθέσεις. Ο τύπος αυτής της εννοιολογικής αλλαγής δεν μπορεί να εξηγηθεί με το μηχανισμό του εμπλουτισμού. Απαιτεί την αναστολή ή την αναθεώρηση των σχετικών προϋποθέσεων.

### *Διαπολιτισμικές Μελέτες*

Σκοπός των διαπολιτισμικών μελετών που έχουμε αναλάβει ήταν να ερευνήσουμε τις ομοιότητες και τις διαφορές μεταξύ των νοητικών μοντέλων της Γης και του ηλιακού συστήματος τα οποία σχηματίζουν τα παιδιά που μεγαλώνουν σε διαφορετικά πολιτισμικά περι-

βάλλοντα. Επίσης θελήσαμε να εξετάσουμε αν τα συνθετικά μοντέλα τα οποία σχηματίζουν τα παιδιά που προέρχονται από διαφορετικά πολιτισμικά περιβάλλοντα προτού φτάσουν στο κυρίαρχο επιστημονικό μοντέλο της σφαιρικής Γης επηρεάζονται από τη φύση των εναλλακτικών κοσμολογικών εξηγήσεών τους.

Διατυπώθηκαν δύο συγκεκριμένες υποθέσεις σχετικά με τις πολιτισμικές επιδράσεις στο σχηματισμό των νοητικών μοντέλων της Γης που έχουν τα παιδιά: (1) η υπόθεση περί *παγκοσμιότητας των εδραιωμένων πεποιθήσεων*, και (2) η υπόθεση περί *πολιτισμικής διαμεσολάβησης*. Οι υποθέσεις αυτές θα αναπτυχθούν τώρα λεπτομερώς.

### *Η Παγκοσμιότητα των Εδραιωμένων Προϋποθέσεων*

Υποστήριξα ότι οι εδραιωμένες προϋποθέσεις που έχουμε αναγνωρίσει αντιπροσωπεύουν ερμηνείες της εμπειρίας που έχουν τα παιδιά για τον φυσικό κόσμο, οι οποίες είναι οργανωμένες σε μια αφελή θεωρία Φυσικής. Στο βαθμό που οι εμπειρίες του φυσικού κόσμου, που έχουν σχηματίσει τα παιδιά, είναι ίδιες, θα πρέπει και οι προϋποθέσεις τους να είναι ίδιες. Τα παιδιά που μεγαλώνουν στις επίπεδες πολιτείες του Μίντγουεστ στις ΗΠΑ, στις ορεινές περιοχές της Ελλάδας ή στις παράκτιες περιοχές της Ινδίας ή των νήσων Σαμόα, θα πρέπει όλα να παρατηρούν ότι τα αντικείμενα που δε στηρίζονται πέφτουν και να συμπεραίνουν ότι το έδαφος εκτείνεται στο ίδιο επίπεδο. Τα παιδιά αυτά θα πρέπει να σχηματίζουν παρόμοιες προϋποθέσεις για τη φύση του φυσικού κόσμου, άσχετα από το συγκεκριμένο μέρος της Γης στο οποίο μεγαλώνουν.

Δεύτερον, αν τα παιδιά στις Ηνωμένες Πολιτείες ξεκινούν με την αντίληψη ότι η Γη είναι ένα φυσικό αντικείμενο κι όχι ένα ουράνιο αντικείμενο, δεν υπάρχει κανένας λόγος να πιστέψουμε ότι τα παιδιά που μεγαλώνουν σε διαφορετικά πολιτισμικά περιβάλλοντα σκέφτονται διαφορετικά. Κάναμε, συνεπώς, την πρόβλεψη ότι τα παιδιά στις διαπολιτισμικές μας μελέτες θα ξεκινήσουν με το σχηματισμό νοητικών μοντέλων της Γης τα οποία είναι συνεπή με τις προϋποθέσεις που περιορίζουν τα φυσικά αντικείμενα γενικότερα.

## *Η Υπόθεση περί Πολιτισμικής Διαμεσολάβησης*

Αν οι εδραιωμένες προϋποθέσεις είναι παγκόσμιες, τότε τα συγκεκριμένα συνθετικά μοντέλα της Γης που σχηματίζουν παιδιά τα οποία μεγαλώνουν σε διαφορετικά πολιτισμικά πλαίσια θα πρέπει να ανήκουν σε μια τάξη νοητικών μοντέλων που έχουν ως κοινό τους χαρακτηριστικό να περιορίζονται από τις δύο προϋποθέσεις που περιγράψαμε νωρίτερα. Δεν υπάρχει κάποιος λόγος για τον οποίο θα πρέπει να περιμένουμε αυτά τα συνθετικά μοντέλα της Γης να είναι πανομοιότυπα, γιατί οι εδραιωμένες προϋποθέσεις περιορίζουν τα νοητικά μοντέλα των ατόμων μέχρι ενός ορισμένου σημείου μόνο. Παραδείγματος χάρη, η προϋπόθεση ότι τα αντικείμενα που δε στηρίζονται πέφτουν, δε διασαφηνίζει την ακριβή φύση του πράγματος που θα πρέπει να στηρίζει τη Γη. Είναι πιθανό να φανταστεί κανείς ότι η Γη επιπλέει στο νερό ή ότι είναι ριζωμένη στο χώμα, ή ότι τη βαστάζει ένας τεράστιος ελέφαντας ή μια γιγαντιαία χελώνα – απόψεις που εκφράζονται σε μερικές αρχαίες κοσμολογίες. Τα μοντέλα αυτά είναι πολύ διαφορετικά, παρόλο που όλα τους περιορίζονται από μια υποκείμενη προϋπόθεση ότι κάτι πρέπει να στηρίζει τη Γη.

Επιπλέον, αν και η αντίληψη ότι η Γη είναι μια σφαίρα είναι αποδεκτή σε όλα τα πολιτισμικά περιβάλλοντα που μελετήσαμε, εντούτοις υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις τοπικές κοσμολογίες, στις οποίες εκτίθενται τα παιδιά που μεγαλώνουν σ' αυτά τα πολιτισμικά περιβάλλοντα. Η κατάσταση συχνά περιπλέκεται σε πολιτισμούς όπως αυτοί της Ινδίας, της Ελλάδας ή της Σαμόα, όπου οι τοπικές κοσμολογίες μπορεί να είναι εντελώς διαφορετικές από το τρέχον επιστημονικό μοντέλο, κι όπου τα εγχώρια πολιτισμικά μοντέλα, που είναι συχνά ενσωματωμένα στη Μυθολογία, είναι πιο προσιτά στα παιδιά απ' ό,τι είναι τα ισοδύναμα προ-κοπερνίκεια εναλλακτικά μοντέλα στο αμερικανικό πολιτισμικό περιβάλλον.

Ως εκ τούτου, είναι αρκετά πιθανό οι τοπικές κοσμολογίες στις οποίες εκτίθενται παιδιά με διαφορετικό πολιτισμικό υπόβαθρο να επηρεάζουν την παραγωγή μοντέλων στον τομέα της Αστρονομίας.

Επιπλέον, όπου η εγχώρια κοσμολογία του πολιτισμικού περιβάλλοντος βρίσκεται πλησιέστερα προς την άμεση φαινομενική εμπειρία του παιδιού, είναι πιθανόν η αναδιοργάνωση των αρχικών μοντέλων, μέσω της επαφής με τις διάφορες πλευρές του επιστημονικού μοντέλου, που παρουσιάζεται στην παράδοση, να υφίσταται επίσης την πολιτισμική διαμεσολάβηση. Παραδείγματος χάρη, σύμφωνα με μια σαφώς διατυπωμένη κοσμολογία στην ινδική παράδοση, η Γη έχει σχήμα ενός μεγάλου δίσκου ή ενός αβαθούς πιάτου που επιπλέει στο νερό. Έτσι, είναι ενδεχόμενο τα μικρά παιδιά που πληροφορούνται ότι η Γη είναι στρογγυλή, και πρέπει να συμβιβάσουν αυτή την πληροφορία με τη δική τους εμπειρία για το επίπεδο της Γης, να έχουν περισσότερες πιθανότητες, όταν απουσιάζουν άλλες πληροφορίες, να παράγουν το μοντέλο της Γης που έχει το σχήμα δίσκου ή της Γης που έχει το σχήμα τηγανίτας (βλ. Samarapungavan & Vosniadou, 1988, όπου γίνεται συζήτηση αυτού του ζητήματος).

Για να ανακεφαλαιώσουμε, η υπόθεση ότι οι εδραιωμένες προϋποθέσεις είναι παγκόσμιες οδηγεί στην πρόβλεψη ότι η τάξη των πιθανών αρχικών μοντέλων της Γης που σχηματίζουν τα παιδιά με διαφορετικό πολιτισμικό υπόβαθρο θα πρέπει να περιορίζεται από τις ίδιες εδραιωμένες προϋποθέσεις. Η υπόθεση περί πολιτισμικής διαμεσολάβησης προβλέπει ότι τα παιδιά από διαφορετικά πολιτισμικά υπόβαθρα θα κατασκευάσουν διαφορετικά εναλλακτικά μοντέλα της Γης – από την τάξη των πιθανών μοντέλων που αντανακλούν τις πολιτισμικές εμπειρίες.

### *Τα Διαπολιτισμικά Δεδομένα*

Οι διαπολιτισμικές μελέτες αποτελούν ένα αποτελεσματικό τεστ των υποθέσεων σχετικά με την παγκοσμιότητα των εδραιωμένων προϋποθέσεων αφενός, και την πολιτισμική διαμεσολάβηση αφετέρου. Σ' αυτό το Κεφάλαιο παρουσιάζουμε δεδομένα από τις μελέτες μας που επιχειρούσαν να εξετάσουν αυτές τις υποθέσεις. Όλες οι μελέτες είχαν ως αντικείμενο έρευνας τις κοσμολογίες των παιδιών, χρησιμοποιώντας το ίδιο ερωτηματολόγιο, που αποτελούνταν από 207 ερω-

τήσεις, το οποίο αναπτύξαμε ως μέρος ενός ευρύτερου προγράμματος με θέμα την απόκτηση των γνώσεων Αστρονομίας. Εδώ θα εξετάσουμε μόνο τις απαντήσεις των παιδιών που αναφέρονται στις ιδέες τους για το σχήμα της Γης. Οι τέσσερις μελέτες έγιναν στις ΗΠΑ (Vosniadou & Brewer, 1992), στη Σαμόα (Brewer, Herdrich & Vosniadou, 1987), στην Ελλάδα (Vosniadou, Archodidou & Kalogiannidou, 1996) και στην Ινδία (Samarapungavan & Vosniadou, 1988).

Τα υποκείμενα της αμερικανικής μελέτης ήταν εξήντα παιδιά (είκοσι από κάθε μία από τις τάξεις πρώτη, τρίτη και πέμπτη), που ήταν μαθητές του Δημοτικού σχολείου στην πόλη Ουρμπάνα του Ιλινόις. Τα υποκείμενα της μελέτης που έγινε στη Σαμόα ήταν είκοσιέξι παιδιά (ηλικίας περίπου 6, 8 και 12 ετών), μαθητές ενός Δημοτικού σχολείου στο χωριό Αόα, στη βορειοανατολική ακτή του νησιού Τουτουίλα. Το ελληνικό δείγμα αποτελούνταν από εκατόν εννέα παιδιά (δεκαεννιά προσχολικής ηλικίας, τριανταπέντε της πρώτης, τριάντα της τρίτης και είκοσιέξι της έκτης Δημοτικού), που ήταν μαθητές ενός Δημοτικού σχολείου στη Θεσσαλονίκη. Το ινδικό δείγμα αποτελούνταν από τριανταοκτώ παιδιά (τα δεκαεννέα από αυτά ήταν 6 ετών και τα άλλα δεκαεννέα παιδιά 8 ετών), μαθητές σ' ένα ιδιωτικό σχολείο στην πόλη Χιντεραμπάντ, στο νότιο τμήμα της Ινδίας. Για να έχουμε συγκρίσιμα δεδομένα, θα παρουσιάσουμε εδώ μόνο τα δεδομένα που προέρχονται από τα παιδιά ηλικίας 6-7 και 8-9 ετών.

Απ' όλα τα παιδιά πήραμε ατομικές συνεντεύξεις, χρησιμοποιώντας μεταφράσεις του ίδιου ερωτηματολογίου, που έγιναν από γηγενείς ομιλητές, εκτός από την Ινδία, όπου ως μέσο επικοινωνίας χρησιμοποιήθηκε η αγγλική γλώσσα. Οι ερωτήσεις αναφορικά με το σχήμα της Γης ήταν όμοιες μ' αυτές που περιγράφονται στην πρώτη αμερικανική μελέτη. Επιπλέον, από τα παιδιά ζητήσαμε να κατασκευάσουν ένα φυσικό μοντέλο της Γης χρησιμοποιώντας πηλό. Τα νοητικά μοντέλα προσδιορίστηκαν με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο τα προσδιορίσαμε στην πρώτη αμερικανική μελέτη, εκτός από την περίπτωση των παιδιών της Σαμόα, τα νοητικά μοντέλα των οποίων καθορίστηκαν μόνο επί τη βάση των μοντέλων τους από πηλό.

Τα αποτελέσματα των μελετών έδειξαν ότι είναι δυνατό να αναγνωρίσουμε έναν μικρό αριθμό νοητικών μοντέλων της Γης που η πλειοψηφία των παιδιών χρησιμοποιούσε με συνέπεια. Το ποσοστό επί τοις εκατό των νοητικών μοντέλων της Γης για το διαπολιτισμικό δείγμα που απαρτιζόταν από παιδιά ηλικίας 6-7 ετών και 8-9 ετών φαίνεται στο Σχήμα 2.

Όπως μπορεί να φανεί εδώ, είναι δυνατόν να ομαδοποιήσουμε τα μοντέλα αυτά σε αρχικά, συνθετικά και επιστημονικά. Αρχικά μοντέλα είναι τα μοντέλα της Γης-ορθογώνιο, της Γης - στηριζόμενος δίσκος και της Γης-δαχτυλίδι. Θεωρούνται αρχικά επειδή δε δείχνουν να υφίστανται κάποια επίδραση από το πολιτισμικά αποδεκτό μοντέλο της σφαιρικής Γης. Τα υπόλοιπα νοητικά μοντέλα της Γης (εκτός από το ίδιο το μοντέλο της σφαιρικής Γης) είναι συνθετικά μοντέλα. Τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά αυτών των μοντέλων θα συζητηθούν με περισσότερες λεπτομέρειες παρακάτω.

*Αρχικά μοντέλα.* Τα μοντέλα μιας ορθογώνιας Γης και της Γης - στηριζόμενος δίσκος ήταν όμοια σε όλα τα παιδιά, εκτός από τα παιδιά που προέρχονταν από την Ινδία. Τα παιδιά από την Ινδία πίστευαν ότι η Γη υποβαστάζεται από έναν ωκεανό νερού κι όχι από το έδαφος ή το χώμα, όπως πίστευαν τα άλλα. Περίπου το 67% των εξάχρονων από την Ινδία που είχαν σχηματίσει τα μοντέλα της ορθογώνιας Γης και της Γης-δίσκος, πίστευαν ότι η Γη στηρίζεται από έναν υδάτινο ωκεανό. Ό,τι ακολουθεί είναι παράδειγμα ενός μοντέλου της Γης-δίσκος παρμένο από το πρωτόκολλο ενός παιδιού από την Ινδία.

ΡΑΚΕΣΑΧ (6 ετών)

E: Ποιο είναι το σχήμα της Γης;

A: Στρογγυλή σαν κύκλος.

E: Πού ζουν οι άνθρωποι πάνω στη Γη;

A: Στη μέση, πάνω-πάνω.

E: Υπάρχει κανένα τέλος ή καμιά άκρη στη Γη;

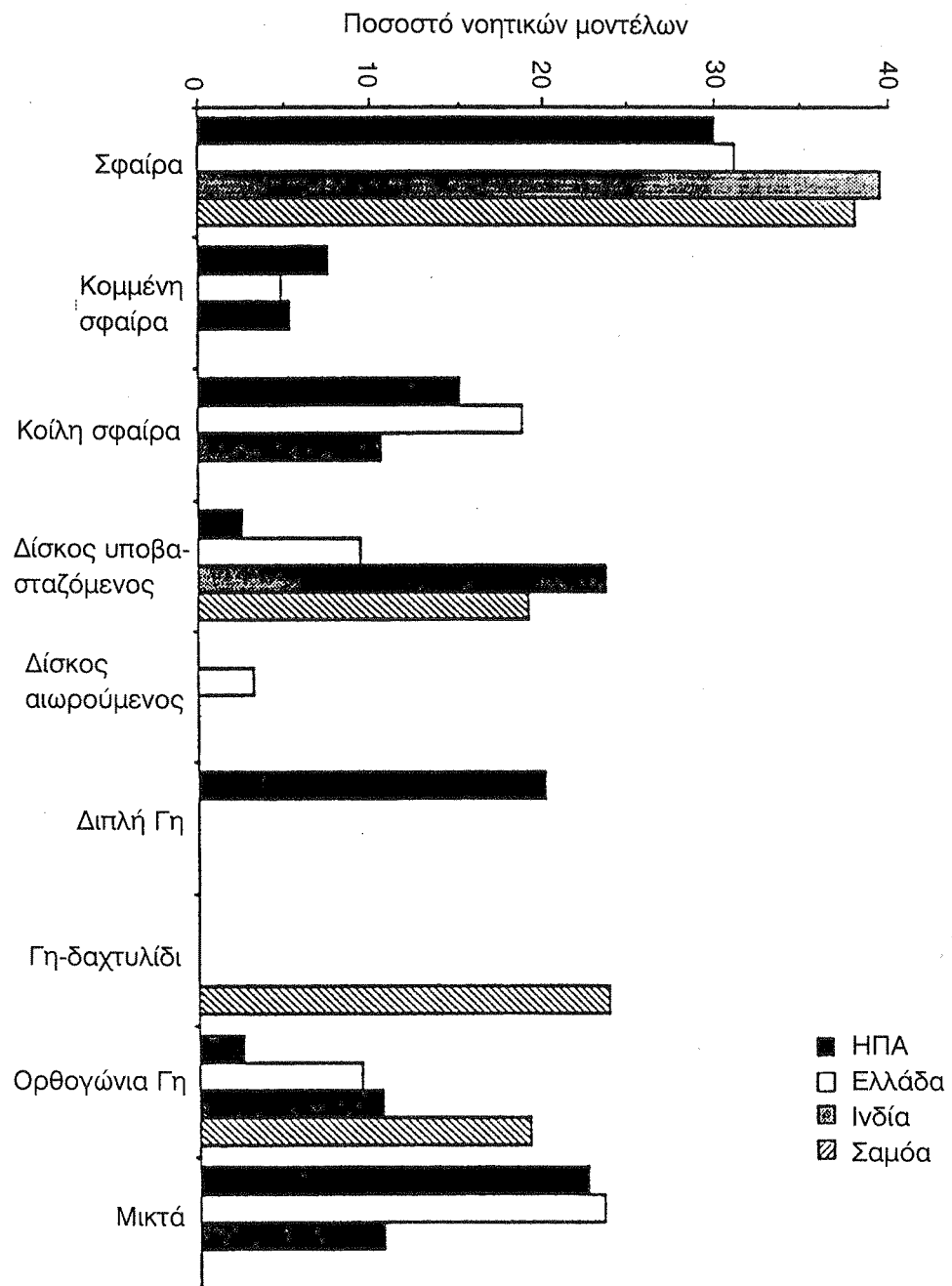
A: Ναι.

E: Μπορεί να πέσει ένας άνθρωπος από εκεί;

A: Ναι.

E: Πού θα πέσει;

ΣΧΗΜΑ 2. Ποσοστό νοητικών μοντέλων της Γης σε παιδιά από τις ΗΠΑ, Ελλάδα, Ινδία και Σαμόα.



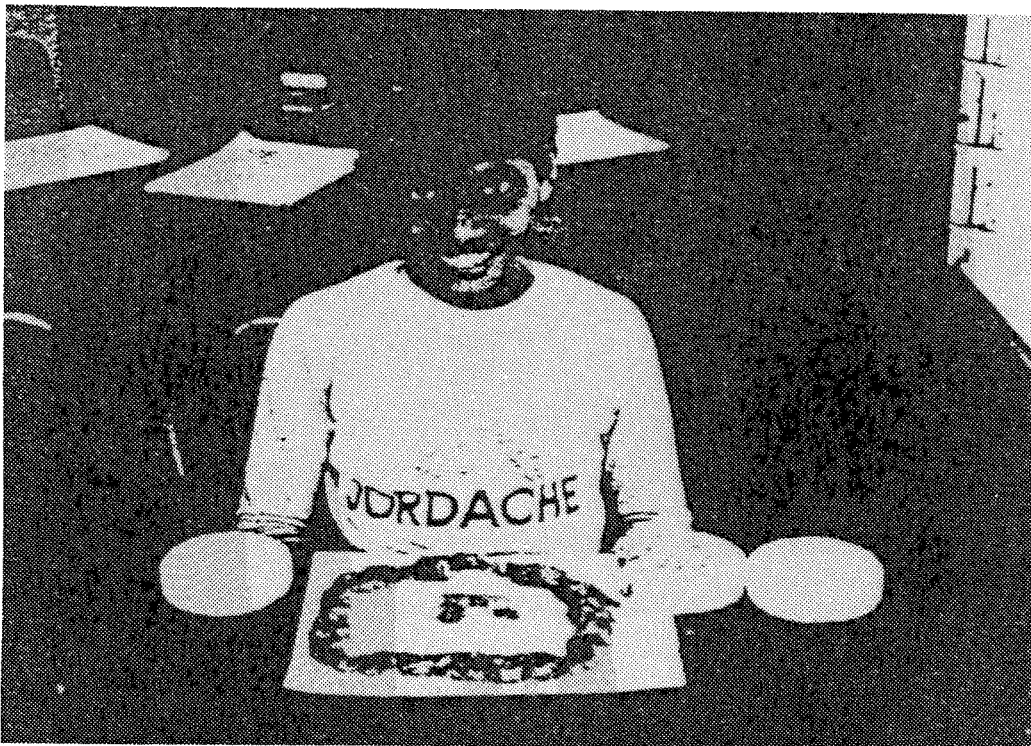


A: Μέσα στον ωκεανό.

E: Τι υπάρχει κάτω από τη Γη;

A: Ωκεανός.

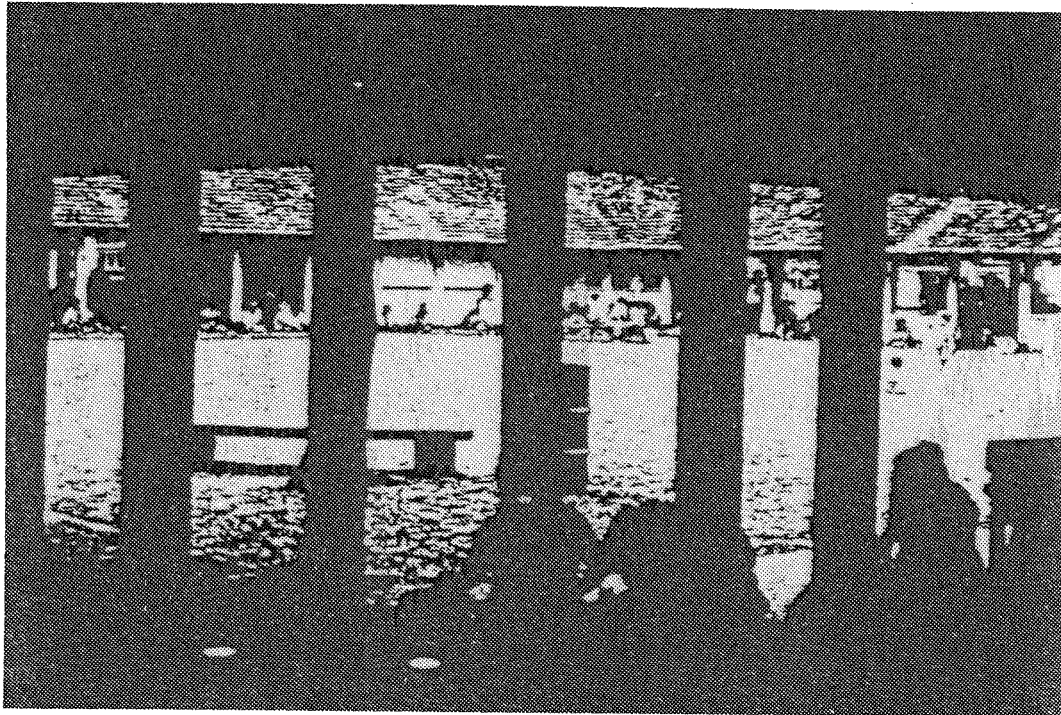
Τα παιδιά από τη Σαμόα παρήγαγαν ένα μοντέλο της Γης που δεν υπήρχε στα άλλα δείγματα: ήταν το μοντέλο της Γης-δαχτυλίδι. Τα παιδιά που σχημάτισαν αυτό το μοντέλο έδωσαν στον πηλό το σχήμα ενός μακριού σχοιניού, που το τύλιξαν γύρω-γύρω ώστε να πάρει το σχήμα δαχτυλιδιού. Ένα παράδειγμα αυτού του μοντέλου φαίνεται στη Φωτογραφία 1.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 1. Νοητικό μοντέλο Γης-δαχτυλίδι.

Από τις περιγραφές των παιδιών που κατασκεύασαν αυτό το μοντέλο φαίνεται ότι η Γη-δαχτυλίδι δεν είναι κοίλη στη μέση αλλά αναπαριστά κάτι σαν τη Γη-δίσκο. Η μορφή δαχτυλιδιού φαίνεται πως έχει επιλεγεί για να τονίσει την περιφέρεια του δίσκου και πιθανώς δηλώνει τις περιοχές πάνω στη Γη όπου ζουν οι άνθρωποι. Η ερμηνεία που δώσαμε σ' αυτό το μοντέλο είναι ότι αντανακλά το γεγονός πως ο βασικός τρόπος με τον οποίο οργανώνεται ο φυσικός και

κοινωνικός χώρος στο χωριό της Σαμόα, απ' όπου προέρχεται το δείγμα μας, είναι με τη μορφή ενός δαχτυλιδιού. Αυτό ισχύει όχι μόνο για το σχέδιο του χωριού, με τις καλύβες χτισμένες γύρω-γύρω στις πλευρές του χωριού, αλλά και για το εσωτερικό των σπιτιών και της αγοράς, όπως φαίνεται στη Φωτογραφία 2.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 2. Οργάνωση χώρου σε μία αγορά στις νήσους Σαμόα.

Παρά τις διαφορές τους, όλα τα μοντέλα της Γης που εντοπίσαμε στις διαπολιτισμικές μελέτες που κάναμε είναι συνεπή με την υπόθεση ότι οι εδραιωμένες προϋποθέσεις που αναγνωρίσαμε στην πρώτη μελέτη με παιδιά από την Αμερική είναι παγκόσμιες. Τα μοντέλα που αναγνωρίσαμε, είτε περιορίζονταν από τις δύο προϋποθέσεις για τις οποίες μιλήσαμε προηγουμένως, είτε αποτελούσαν απόπειρες των παιδιών να συμβιβάσουν αυτές τις προϋποθέσεις με το πολιτισμικά αποδεκτό μοντέλο της σφαιρικής Γης.

*Συνθετικά μοντέλα.* Τα συνθετικά μοντέλα που εντοπίσαμε στις διαπολιτισμικές μελέτες ήταν όμοια με τα συνθετικά μοντέλα που εντοπίσαμε στην πρώτη αμερικανική μελέτη, εκτός από δύο εξαιρέ-

σεις. Τα νέα συνθετικά μοντέλα ήταν (1) το μοντέλο μιας κομμένης σφαίρας και (2) το μοντέλο ενός αναρτημένου δίσκου. Μόνο δύο μοντέλα πεπλατυσμένης σφαίρας εντοπίστηκαν σε όλο το δείγμα, και γι' αυτό το λόγο τοποθετήθηκαν στην ίδια κατηγορία με τα μοντέλα της Γης - αναρτημένος δίσκος. Η μόνη διαφορά μεταξύ των μοντέλων της πεπλατυσμένης σφαίρας και του αναρτημένου δίσκου εντοπίζεται στην περιοχή πάνω στη Γη όπου υποτίθεται ότι κατοικούν οι άνθρωποι. Στο μοντέλο της Γης με σχήμα πεπλατυσμένης σφαίρας οι άνθρωποι υποτίθεται πως ζουν και στο άνω και στο κάτω επίπεδο της σφαίρας.

Τα συνθετικά μοντέλα που εντοπίσαμε στις διαπολιτισμικές μελέτες, συμπεριλαμβανομένων και των δύο νέων μοντέλων, ήταν συνεπή με την υπόθεση ότι αντιπροσώπευαν απόπειρες των παιδιών να συμβιβάσουν την πολιτισμικά αποδεκτή πληροφορία περί μιας σφαιρικής Γης με τις δύο εδραιωμένες προϋποθέσεις για τις οποίες ήδη μιλήσαμε. Το εύρημα αυτό είναι συνεπές με την υπόθεση περί παγκοσμιότητας των εδραιωμένων προϋποθέσεων. Επιπλέον, επιβεβαιώθηκε και η υπόθεση που κάνει λόγο για πολιτισμική διαμεσολάβηση. Μια εξέταση των ποικίλων νοητικών μοντέλων που εντοπίσαμε δείχνει ότι οι διάφορες πολιτισμικές ομάδες προτιμούσαν διαφορετικά αρχικά ή συνθετικά μοντέλα της Γης – ένα εύρημα συνεπές με την υπόθεση περί πολιτισμικής διαμεσολάβησης. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2, τα παιδιά από τις ΗΠΑ προτιμούσαν το μοντέλο της διπλής Γης, που δεν εντοπίστηκε στα άλλα πολιτισμικά περιβάλλοντα που ερευνήσαμε. Τα Ελληνόπουλα προτιμούσαν το μοντέλο της κοίλης σφαίρας, ενώ τα παιδιά από την Ινδία φαντάζονταν τη Γη ως έναν επίπεδο δίσκο που υποβαστάζεται από έναν υδάτινο ωκεανό. Η Γη-δαχτυλίδι ήταν το μοντέλο που προτιμούσαν τα παιδιά από τη Σαμόα.

Η στατική ανάλυση  $\chi^2$  που εφαρμόσαμε στα μοντέλα αυτά για να ελέγξουμε την υπόθεση ότι τα πολιτισμικά περιβάλλοντα που ερευνήσαμε παράγουν διαφορετικά νοητικά μοντέλα της Γης ήταν σημαντική στο επίπεδο  $p < .001$  ( $\chi^2 = 87.642$ , 24df). Συνεπώς, τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν και την υπόθεση ότι οι εδραιωμένες προϋ-

ποθέσεις είναι παγκόσμιες και την υπόθεση που κάνει λόγο για πολιτισμική διαμεσολάβηση.

Έχω λοιπόν υποστηρίξει ότι όλα τα παιδιά, ανεξάρτητα από το πολιτισμικό τους υπόβαθρο, ξεκινούν με την αντίληψη ότι η Γη είναι ένα φυσικό αντικείμενο, κι εφαρμόζουν σ' αυτήν τους περιορισμούς που εφαρμόζονται στα φυσικά αντικείμενα στα πλαίσια μιας, βασικά, όμοιας θεωρίας αφελούς Φυσικής. Παρά την παγκοσμιότητα αυτής της διαδικασίας, όμως, υπάρχει σημαντικός χώρος μέσα στον οποίο μπορεί να αναπτυχθεί πολιτισμική ποικιλία, γιατί τελικά τα παιδιά αλλάζουν την ιδέα που έχουν για τη Γη από την αρχική – δηλαδή ενός επίπεδου και στηριζόμενου φυσικού αντικειμένου στο πολιτισμικά αποδεκτό μοντέλο μιας σφαιρικής Γης που περιβάλλεται από το διάστημα.

Προτού κλείσω, θα ήθελα να επιστήσω την προσοχή σε μερικές από τις σημαντικές ομοιότητες που υπάρχουν στην ανάπτυξη της έννοιας της Γης και στην ιστορία της επιστήμης. Οι αρχικές αντιλήψεις για τη Γη ήταν ότι είναι επίπεδη κι ότι στηρίζεται – πράγμα που υποδηλώνει ότι η έννοια της Γης αναδυόταν μέσα από μια θεωρία αφελούς Φυσικής και περιοριζόταν από προϋποθέσεις παρόμοιες με αυτές που λειτουργούν στα παιδιά των ερευνών μας. Αν και η Γη θεωρούνταν σφαιρική ήδη από τα χρόνια του Αριστοτέλη, δεν θεωρούνταν ότι ήταν όμοια με τα άλλα ουράνια σώματα. Αντίθετα από τους πλανήτες, επικρατούσε η άποψη ότι η Γη ήταν ακίνητη και κατείχε μια θέση στο κέντρο του σύμπαντος. Οι αλλαγές στην ιστορική εξέλιξη της έννοιας της Γης είναι χαρακτηριστικές μερικών από τις μεγαλύτερες εννοιολογικές αναδιοργανώσεις στην ιστορία της επιστήμης, και απαιτούν αλλαγές προϋποθέσεων παρόμοιες μ' εκείνες που περιγράφονται σ' αυτό το άρθρο.

### *Συμπεράσματα*

Υποστήριξα ότι η έννοια της Γης που σχηματίζουν τα παιδιά αρχικά είναι ενσωματωμένη σε μια «κεντρική» θεωρία αφελούς Φυσικής και περιορίζεται από τα ίδια είδη προϋποθέσεων που γενικά ισχύουν για

τα φυσικά αντικείμενα. Δύο από αυτές τις προϋποθέσεις –ότι το έδαφος είναι επίπεδο κι ότι τα αντικείμενα χρειάζονται ένα στήριγμα– είναι ιδιαίτερα σημαντικές, γιατί έρχονται σε αντίθεση με το πολιτισμικά αποδεκτό μοντέλο μιας σφαιρικής Γης και μπορούν να εξηγήσουν το σχηματισμό συνθετικών μοντέλων ή παρανοήσεων.

Τα αποτελέσματα των μελετών που αναφέραμε εδώ ενισχύουν το επιχείρημα αυτό και γενικά είναι συνεπή με την άποψη ότι ο ανθρώπινος νους λειτουργεί επί τη βάσει σχετικά ολίγων ειδικών, κατά τομείς, περιορισμών, που κατευθύνουν τη διαδικασία απόκτησης γνώσεων κατά έναν τρόπο που επιτρέπει την εμφάνιση σημαντικών πολιτισμικών διαφοροποιήσεων.

Τέλος, τα αποτελέσματα που αναφέραμε εδώ παρέχουν ενδιαφέρουσες πληροφορίες για τη φύση της εννοιολογικής αλλαγής που παρατηρείται με την εξέλιξη. Αν και το είδος της εννοιολογικής αλλαγής που υποστηρίξαμε πως λαμβάνει χώρα σε παιδιά του Δημοτικού σχολείου δεν περιλαμβάνει αλλαγές από μια συγκεκριμένη, κατά τομέα, θεωρία σε μίαν άλλη, όπως περιγράφονται από την Carey (1991), δεν εξηγείται ούτε και με το μηχανισμό του εμπλουτισμού, όπως υποστηρίζει η Spelke (1991). Απαιτεί την αναστολή και αναθεώρηση μερικών από τις εδραιωμένες προϋποθέσεις που αποτελούν μέρος μιας αφελούς θεωρίας Φυσικής, και την αντικατάστασή τους μ' ένα διαφορετικό ερμηνευτικό πλαίσιο. Η διαδικασία αυτή φαίνεται πως αποτελεί όχι μόνο ένα πολύπλοκο μέρος της εννοιολογικής εξέλιξης μέσα σ' ένα πολιτισμικό πλαίσιο, αλλά και μέρος της διαδικασίας εννοιολογικής αλλαγής που εμφανίζεται στην ιστορία της επιστήμης.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Atran, S., & Sperber, D. (1987, June), *Learning without Teaching: Its Place in Culture*. Paper presented at the workshop on «Culture, Schooling and Psychological Development», Tel Aviv University.
- Baillargeon, R. (1990), *The Development of Young Infants' Intuition about Support*. Paper presented at the 7th International Conference on Infant Studies, Montreal, Canada.
- Brewer, W.F., Hendrich, D.J., & Vosniadou, S. (1987, January), *A Cross-Cultural Study of Children's Development of Cosmological Models: Samoan and American Data*. Paper presented at the Third International Conference on Thinking, Honolulu, HI.
- Carey, S. (1991), «Knowledge Acquisition-Enactment or Conceptual Change?» Στο Carey, S., & Gelman, R. (επιμ.), *The Epigenesis of Mind: Essays on Biology and Cognition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Chi, M.T.H. (1988), «Children's Lack of Access and Knowledge Reorganization: An Example from the Concept of Animism». Στο Weinert, F., & Perlmutter, M. (επιμ.), *Memory Development: Universal Changes and Individual Differences*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Gentner, D., & Stevens, A.L. (επιμ.) (1983), *Mental Models*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Johnson-Laird, P.N. (1983), *Mental Models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Keil, F. (1991), «The Emergence of Theoretical Beliefs as Constraints on Concepts». Στο Carey, S., & Gelman, R. (επιμ.), *The Epigenesis of Mind: Essays on Biology and Cognition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Kuhn, T.S. (1977), *The Essential Tension*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakatos, I. (1970), «Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes». Στο Lakatos, I., & Musgrave, A. (επιμ.), *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Murphy, L.G., & Medin, D.L. (1985), «The Role of Theories in Conceptual Coherence». *Psychological Review*, 92, σσ. 289-316.
- Nussbaum, J. (1979), «Children's Conception of the Earth as a Cosmic Body: A Cross-Stage Study». *Science Education*, 63, σσ. 83-89.
- Nussbaum, J., & Novac, J.D. (1976), «An Assessment of Children's Concepts of the Earth Utilizing Structured Interviews». *Science Education*, 60, σσ. 535-50.
- Samarapungavan, A., & Vosniadou, S. (1988, April), *What Children from India Know about Observational Astronomy: A Cross-Cultural Study*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, California.

- Sneider, C., & Pulos, S. (1983), «Children's Cosmologies: Understanding the Earth's Shape and Gravity». *Science Education*, 67, σσ. 205-21.
- Spelke, S.E. (1991), «Physical Knowledge in Infancy: Reflections on Piaget's Theory». Στο Carey, S., & Gelman, R. (επιμ.), *The Epigenesis of Mind: Essays on Biology and Cognition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Vosniadou, S. (1989), «On the Nature of Children's Naive Knowledge». *Proceedings of the 11th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Vosniadou, S. (1991), «Designing Curricula for Conceptual Restructuring: Lessons from the Study of Knowledge Acquisition in Astronomy». *Journal of Curriculum Studies*, 23, σσ. 219-37.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1992), «Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood». *Cognitive Psychology*, 24, σσ. 535-85.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (υπό έκδ.), «Mental Models of the Day/Night Cycle». *Cognitive Science*.
- Vosniadou, S., Archodidou, A., & Kalogiannidou, A. (1996), «Cultural Mediation in the Formation of Mental Models about the Shape of the Earth». *Psychological Issues* (στα ελλην.).





ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ  
ΓΙΑ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗ:  
ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ  
ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΑΠΟΚΤΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ  
ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ<sup>1</sup>

*Η Ανάπτυξη της Επιστημονικής Σκέψης  
απαιτεί Εννοιολογική Αναδιοργάνωση*

Οι έρευνες που έχουν διεξαχθεί στον τομέα της Γνωσιακής Ψυχολογίας έχουν δείξει πόσο σημαντικό ρόλο παίζουν οι προϋπάρχουσες γνώσεις στην απόκτηση καινούργιων πληροφοριών (Vosniadou & Brewer, 1987). Η ικανότητα να μαθαίνουμε κάτι καινούργιο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αλληλεπίδραση ανάμεσα στις πληροφορίες που ήδη υπάρχουν στη βάση των γνώσεων και στις καινούργιες πληροφορίες που πρόκειται να αποκτηθούν. Όταν υπάρχουν κενά στη βάση των γνώσεων ή όταν οι προαπαιτούμενες πληροφορίες δεν έχουν ενεργοποιηθεί, το αποτέλεσμα είναι η αποτυχία στην επικοινωνία και στη μάθηση<sup>2</sup> (π.χ. Bransford & Johnson,

---

1. Μετάφραση του άρθρου «Designing Curricula for Conceptual Restructuring: Lessons from the Study of Knowledge Acquisition in Astronomy», που δημοσιεύθηκε στο *Journal of Curriculum Studies*, τ. 23, 1992.

2. Οι γνωσιακοί ψυχολόγοι υποθέτουν ότι οι γνώσεις που ο κάθε άνθρωπος έχει αποκτήσει εναποθηκεύονται σε κάποιο σημείο της μνήμης μακράς διαρκείας,

1972· Anderson & Ortony, 1975· Bransford & Franks, 1972· Pichert & Anderson, 1977).

Δυστυχώς, όταν πρόκειται για την εκμάθηση επιστημονικών εννοιών, οι προϋπάρχουσες γνώσεις που ενεργοποιούν οι μαθητές δεν είναι πάντα συμβατές με τις νέες πληροφορίες που χρειάζεται ν' αποκτηθούν. Αυτό συμβαίνει γιατί οι μαθητές, βασιζόμενοι στις καθημερινές τους εμπειρίες, οικοδομούν διαισθητικές επεξηγήσεις των φυσικών φαινομένων οι οποίες συχνά είναι πολύ διαφορετικές από τις, σημερινά αποδεκτές, επιστημονικές επεξηγήσεις. Για παράδειγμα, στον τομέα της Μηχανικής, πολλοί μαθητές πιστεύουν ότι το αντικείμενο που κινείται έχει μια εσωτερική δύναμη, κι ότι η κίνηση του αντικειμένου προκαλείται από τη δύναμη αυτή (βλ. McCloskey, 1983· Ioannides & Vosniadou, 1989). Σε θέματα που αφορούν στο φως, οι μαθητές πιστεύουν ότι τα μάτια τους αντιλαμβάνονται τα αντικείμενα με άμεσο τρόπο, κι ότι το χρώμα είναι μια ιδιότητα των ίδιων των αντικειμένων (Anderson & Smith, 1986).

Κατά τη διαδικασία εκμάθησης των διαφόρων επιστημονικών εννοιών, οι μαθητές πρέπει να αναδιοργανώσουν τις διαισθητικές γνώσεις τους έτσι ώστε να εναρμονισθούν με τις τρέχουσες επιστημονικές απόψεις. Αυτή η διαδικασία εννοιολογικής αναδιοργάνωσης έχει αποδειχθεί πως είναι μακροχρόνια και δύσκολη. Μπορεί επίσης να αποτελέσει την αιτία σχηματισμού εσφαλμένων αντιλήψεων (βλ. Driver & Easley, 1978· Novak, 1977· Osborne & Wittrock, 1983). Διάφορες έρευνες έχουν δείξει ότι ακόμη και μετά από πολυετή παρακολούθηση μαθημάτων Φυσικής γυμνασιακού ή και πανεπιστημιακού επιπέδου πολλοί μαθητές αδυνατούν να κατανοήσουν τους νόμους του Νεύτωνα για την κίνηση. Αντιθέτως, μένουν προσκολλημένοι στις προηγούμενες απόψεις τους, που συμφωνούν περισσότερο με τις καθημερινές τους εμπειρίες (DiSessa, 1982· White, 1983).

Η συνειδητοποίηση του γεγονότος ότι μερικές μορφές μάθησης

---

το οποίο ονομάζουν *βάση των γνώσεων*. Οι γνώσεις αυτές ενεργοποιούνται όταν είναι αναγκαίο, και χρησιμοποιούνται για να κατανοηθεί ένα κείμενο, να λυθεί κάποιο πρόβλημα κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας με άλλους, και ούτω καθεξής.

απαιτούν τη ριζική αναδιοργάνωση των προηγούμενων γνώσεων θέτει σοβαρά ερωτήματα σχετικά με τα αναλυτικά προγράμματα και τις μεθόδους διδασκαλίας. Θα πρέπει οι μαθητές να διδάσκονται τις πιο προηγμένες επιστημονικές θεωρίες από την αρχή, ή όχι; Ποια είναι πιο ενδεδειγμένη σειρά παρουσίασης των εννοιών προκειμένου να τις αφομοιώσουν οι μαθητές όταν αποκτούν γνώσεις σ' έναν επιστημονικό τομέα; Ποιες είναι οι καλύτερες μέθοδοι διδασκαλίας στην περίπτωση που μια επιστημονική έννοια διαφέρει ριζικά από τις διαισθητικές γνώσεις που ήδη υπάρχουν στη βάση των γνώσεων; (Βλ. Vosniadou & Brewer, 1987, για μια πιο εκτεταμένη συζήτηση του θέματος αυτού).

Επί του παρόντος, εκφράζονται έντονες διαφωνίες για το πώς μπορούμε να χαρακτηρίσουμε τη φύση των διαισθητικών γνώσεων και για τους τρόπους με τους οποίους μπορούν να τροποποιηθούν. Μερικοί ερευνητές πιστεύουν ότι οι ιδέες των αρχαρίων απαρτίζουν ένα σαφές και συστηματικό σύνολο ιδεών που έχει ισχύ παρόμοια με αυτή των επιστημονικών θεωριών. Σε μερικές περιπτώσεις οι ιδέες αυτές φαίνεται να μοιάζουν με προγενέστερες θεωρίες που απαντώνται στην ιστορία της επιστήμης (McCloskey, 1983; Wisner & Carey, 1983). Άλλοι πιστεύουν ότι η αφελής Φυσική αποτελείται από συλλογή αποσπασματικών ιδεών που είναι μόνο χαλαρά συνδεδεμένες μεταξύ τους και δεν έχουν τη συστηματικότητα που αποδίδεται σε μια επιστημονική θεωρία (DiSessa, 1988).

Διαφορετικές απόψεις για τη φύση των διαισθητικών γνώσεων οδηγούν σε διαφορετικά συμπεράσματα σχετικά με τη διδασκαλία. Οι ερευνητές που θεωρούν ότι οι αρχάριοι διαθέτουν διαισθητικές θεωρίες με άρτια οργάνωση και εσωτερική συνέπεια υποστηρίζουν ότι η διαδικασία απόκτησης επιστημονικών γνώσεων απαιτεί μια αλλαγή θεωρίας, η οποία από πολλές απόψεις μοιάζει με τη θεωρητική αλλαγή που παρατηρείται στην ιστορία της επιστήμης (Hanson, 1958; Kuhn, 1962, 1970). Αν και οι μηχανισμοί με τους οποίους επιτυγχάνεται αυτή η θεωρητική αλλαγή δεν είναι ακόμη γνωστοί, οι περισσότεροι από αυτούς τους ερευνητές πιστεύουν ότι είναι αναγκαίο να φέρουμε τους μαθητές που είναι αρχάριοι σ' έναν επιστη-

μονικό τομέα αντιμετώπους με αρκετές αποδείξεις ώστε να τους κά-  
νουμε να συνειδητοποιήσουν τους περιορισμούς των θεωριών τους  
και να τις αλλάξουν<sup>3</sup> (βλ. Anderson, 1977· Collins, 1986· McCloskey,  
1983· Nussbaum & Novick, 1982).

Άλλοι ερευνητές (π.χ. DiSessa, 1988) νομίζουν ότι το να προ-  
σπαθήσουμε να ανατρέψουμε ένα-ένα ξεχωριστά τα αποσπάσματα  
των γνώσεων που απαρτίζουν τη διαισθητική Φυσική είναι μάταιος  
κόπος. Πιστεύουν, τουναντίον, ότι αυτό που χρειάζεται είναι να  
χρησιμοποιηθούν οι αποσπασματικές γνώσεις και να συνδεθούν  
για να αναπτυχθεί η κατανόηση των επιστημονικών εννοιών στους  
αδασείς.

Οι απαντήσεις σ' αυτά τα ερωτήματα, που αφορούν στη διδα-  
σκαλία, πρέπει τελικά να βασίζονται σε εμπειρικές έρευνες που  
έχουν ως στόχο να περιγράψουν τη διαδικασία απόκτησης γνώσεων  
σ' έναν συγκεκριμένο επιστημονικό τομέα και να ανακαλύψουν τους  
μηχανισμούς εκείνους που προκαλούν τις παρατηρούμενες αναπτυ-  
ξιακές αλλαγές. Σ' αυτό εδώ το άρθρο θα συζητήσω τα αποτελέσμα-  
τα ενός τέτοιου ερευνητικού προγράμματος στον τομέα της Αστρο-  
νομίας, και θα αντλήσω από αυτά συμπεράσματα που έχουν αντί-  
κτυπο στο σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων και στη διδασκα-  
λία. Οι προτάσεις μου, που θα αναπτυχθούν παρακάτω, τονίζουν  
πόσο σημαντικό είναι να σχεδιάζουμε αναλυτικά προγράμματα, τα  
οποία (α) παρουσιάζουν τις έννοιες που απαρτίζουν έναν δεδομένο  
τομέα με μια σειρά που είναι συμβατή μ' εκείνη με την οποία οι συ-  
γκεκριμένες έννοιες αποκτώνται, (β) δημιουργούν τις συνθήκες εκεί-  
νες που επιτρέπουν στους μαθητές να ελέγξουν την ορθότητα των  
απόψεών τους, και (γ) παρέχουν σαφείς εξηγήσεις των επιστημονι-  
κών εννοιών.

---

3. Αυτή η θέση είναι γνωστή ως *γνωστική σύγκρουση*, κι έχει τις βάσεις της στην  
κονστρουκτιβιστική θεωρία του Piaget, σύμφωνα με την οποία το γνωσιακό σύστη-  
μα συνεχώς προσαρμόζεται στις απαιτήσεις του περιβάλλοντος.

## *Εννοιολογική Αναδιοργάνωση: Το Ερευνητικό Πρόγραμμα της Αστρονομίας*

Έχουμε πραγματοποιήσει μια σειρά πειραμάτων για να ερευνήσουμε τις γνώσεις των παιδιών και των ενηλίκων στον τομέα της Αστρονομίας. Στις έρευνες αυτές έχουν πάρει μέρος παιδιά προσχολικής ηλικίας, μαθητές Δημοτικού και Λυκείου, φοιτητές και αναλφάβητοι ενήλικοι (Brewer, Hendrich & Vosniadou, 1988· Vosniadou, 1987, 1989· Vosniadou & Brewer, 1990· Vosniadou, Archodidou & Kalogiannidou, 1996). Εκτός από τις έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στις ΗΠΑ, συλλέξαμε δεδομένα από παιδιά που ζουν στην Ινδία, στις νήσους Σαμόα και στην Ελλάδα. Οι έρευνες αυτές απέφεραν συγκεκριμένες πληροφορίες για το τι γνωρίζουν τα παιδιά και οι ενήλικοι σχετικά με το μέγεθος, το σχήμα, την κίνηση, τη θερμοκρασία, τη σύσταση και τη θέση της Γης, του Ήλιου, της Σελήνης και των άστρων. Μας έδωσαν πληροφορίες για το πώς τα παιδιά εξηγούν φαινόμενα όπως ο κύκλος μέρας/νύχτας, οι εποχές, οι φάσεις της Σελήνης και οι εκλείψεις του Ήλιου και της Σελήνης.

Επιλέξαμε τον τομέα της Αστρονομίας γιατί πιστεύουμε ότι η διαδικασία απόκτησης γνώσεων στον συγκεκριμένο τομέα απαιτεί εννοιολογική αναδιοργάνωση. Αυτό συμβαίνει γιατί ακόμη και πολύ μικρά παιδιά αντλούν από παρατηρήσεις αποδείξεις για το σχήμα, το μέγεθος, την κίνηση και τη θέση της Γης, του Ήλιου, της Σελήνης και των άστρων που συγκρούονται με τις τρέχουσες επιστημονικές απόψεις. Η φαινομενολογική μας εμπειρία της Γης, για να πάρουμε ένα παράδειγμα, μας οδηγεί στην εντύπωση ότι η Γη είναι επίπεδη, ακίνητη, πολύ μεγαλύτερη από τον Ήλιο και τη Σελήνη, κι ότι βρίσκεται στο κέντρο του σύμπαντος. Εάν όντως οι μαθητές κατασκευάζουν διαισθητικά μοντέλα του κόσμου με βάση τις καθημερινές τους εμπειρίες, τα μοντέλα τους αυτά θα πρέπει να διαφέρουν πάρα πολύ από τις τρέχουσες επιστημονικές θεωρίες, και άρα θα πρέπει να αναδιοργανωθούν όταν οι μαθητές αυτοί έλθουν σ' επαφή με τις πολιτισμικά αποδεκτές απόψεις. Ο σκοπός των εμπειρικών μας ερευνών ήταν να ελέγξει αυτή την υπόθεση και να κατανοήσει τη διαδικασία της εννοιολογικής αναδιοργάνωσης.

## Νοητικά Μοντέλα

Για να χαρακτηρίσω το είδος των αναπαραστάσεων που σχηματίζουν οι μαθητές όταν τους ζητάμε να απαντήσουν σε ερωτήσεις ή όταν λύνουν προβλήματα Αστρονομίας, έχω υιοθετήσει τον όρο «νοητικό μοντέλο».<sup>4</sup> Ο όρος «νοητικό μοντέλο» έχει χρησιμοποιηθεί με διαφορετικούς τρόπους από διαφορετικούς ερευνητές (Stevens & Collins, 1980· Gentner & Stevens, 1983). Εδώ χρησιμοποιείται για να αναφερθούμε σ' ένα συγκεκριμένο είδος αναπαράστασης, που διαφέρει από τις άλλες αναπαραστάσεις γιατί έχει μια αναλογική σχέση μ' αυτό που αναπαριστά. Υποθέτω ότι τα νοητικά μοντέλα παράγονται από τις υποκείμενες δομές που έχει το κάθε άτομο, κι ότι η κατανόηση των νοητικών μοντέλων που χρησιμοποιούν τα άτομα για ν' απαντήσουν σε ερωτήσεις και να λύσουν προβλήματα μπορεί να μας δώσει σημαντικές πληροφορίες για το περιεχόμενο και τη δομή της βάσης των γνώσεων.

Οι μελέτες μας έχουν δείξει ότι υπάρχει ένας περιορισμένος αριθμός νοητικών μοντέλων που δημιουργούν οι μαθητές για τη Γη, τον Ήλιο και τ' αστέρια. Στην περίπτωση της Γης, οι συνεργάτες μου κι εγώ έχουμε δείξει ότι οι μαθητές του Δημοτικού σχολείου συνήθως σχηματίζουν ένα από τα ακόλουθα έξι νοητικά μοντέλα, που παρουσιάζονται στο Σχήμα 1 (βλ. Vosniadou & Brewer, 1992· Vosniadou, Archodidou & Kalogiannidou, 1996).

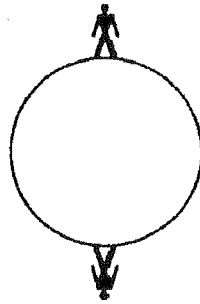
Μερικά παιδιά νομίζουν ότι η Γη έχει σχήμα ορθογώνιο. Άλλα νομίζουν ότι η Γη είναι στρογγυλή αλλά επίπεδη σα δίσκος. Ορισμένα παιδιά πιστεύουν ότι υπάρχουν δύο γαίες: μία επίπεδη, πάνω στην οποία ζουν οι άνθρωποι, και μία άλλη που είναι στρογγυλή και βρίσκεται ψηλά στον ουρανό. Άλλα πάλι πιστεύουν ότι η Γη είναι

---

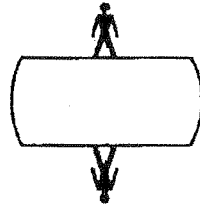
4. Υποθέτουμε ότι τα άτομα σχηματίζουν αναπαραστάσεις του κόσμου γύρω τους που τις χρησιμοποιούν για να επικοινωνήσουν με άλλα άτομα, να κατανοήσουν τον γραπτό λόγο, για την επίλυση προβλημάτων, και ούτω καθεξής. Υπάρχουν διαφορετικές απόψεις σχετικά με τη συγκεκριμένη μορφή που μπορούν να πάρουν οι αναπαραστάσεις αυτές. Για περισσότερες εξηγήσεις βλ. το άρθρο «Αναπαράσταση και Οργάνωση της Γνώσης».

ΣΧΗΜΑ 1. Νοητικά μοντέλα της Γης.

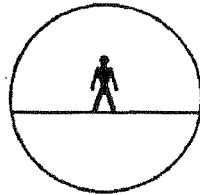
Σφαίρα



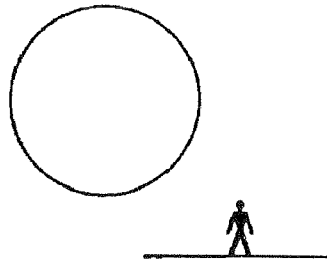
Πεπλατυσμένη  
σφαίρα



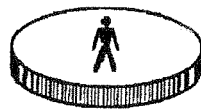
Κοίλη σφαίρα



Δύο γαίες



Δίσκος



Ορθογώνιο



μια κοίλη σφαίρα κι ότι οι άνθρωποι ζουν πάνω στο επίπεδο έδαφος στο εσωτερικό της. Τέλος, μερικά παιδιά νομίζουν ότι η Γη είναι μια πεπλατυσμένη σφαίρα, επίπεδη στο πάνω και κάτω μέρος της, όπου ζουν οι άνθρωποι.

Έχουν επίσης εντοπισθεί διάφορα νοητικά μοντέλα για τον κύκλο της μέρας/νύχτας (βλ. το άρθρο Vosniadou & Brewer, 1992). Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2, μερικά παιδιά του Δημοτικού πιστεύουν ότι η εναλλαγή της μέρας με τη νύχτα προκαλείται επειδή ο Ήλιος κινείται καθοδικά προς το έδαφος και κρύβεται πίσω από τα βουνά. Άλλα νομίζουν ότι τα σύννεφα κινούνται μπροστά από τον Ήλιο και κρύβουν το φως του. Μερικά παιδιά, που έχουν το νοητικό μοντέλο της κοίλης σφαίρας, πιστεύουν ότι ο κύκλος της μέρας/ νύχτας προκαλείται γιατί ο Ήλιος κινείται από τον ουράνιο χώρο, που βρίσκεται μέσα στην κοίλη σφαίρα, προς το διάστημα, που βρίσκεται έξω από την κοίλη σφαίρα. Ένα ενδιαφέρον νοητικό μοντέλο υποστηρίζεται από τα παιδιά που πιστεύουν ότι η Γη περιστρέφεται με κατεύθυνση από πάνω προς τα κάτω, κι ότι η Σελήνη και ο Ήλιος είναι στερεωμένα στις δύο αντίθετες πλευρές της Γης. Τα παιδιά αυτά πιστεύουν ότι η Σελήνη μένει σταθερή σε κάποιο μέρος στον ουρανό όπου είναι πάντα νύχτα. Καθώς η Γη περιστρέφεται κάθετα, η δική μας πλευρά της Γης έρχεται να αντικρίσει τη Σελήνη στον νυχτερινό ουρανό.

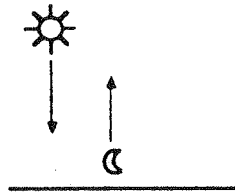
### *Ο Τρόπος Αναγνώρισης των Νοητικών Μοντέλων των Παιδιών*

Τα νοητικά μοντέλα των παιδιών για τις διάφορες έννοιες που ερευνήθηκαν εντοπίστηκαν από τις απαντήσεις τους σ' έναν αριθμό ερωτήσεων που αφορούσαν την κάθε έννοια. Οι ερωτήσεις αυτές ήταν τριών τύπων: (1) *ερωτήσεις γεγονότων*, σχεδιασμένες να ελέγξουν τις γνώσεις των παιδιών για σημαντικά, από θεωρητικής άποψης, γεγονότα (π.χ. «Ποιο είναι το σχήμα της Γης;»), (2) *επεξηγηματικές ερωτήσεις*, σχεδιασμένες να καθοδηγήσουν το παιδί ώστε να εξηγήσει αυτά τα γεγονότα (π.χ. «Πώς γνωρίζεις ότι η Γη είναι στρογγυλή όταν το έδαφος γύρω μας φαίνεται επίπεδο;»), και (3) *παραγωγικές*

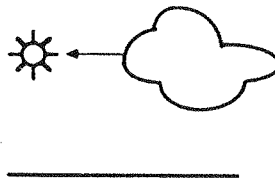


ΣΧΗΜΑ 2. Εξηγήσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας.

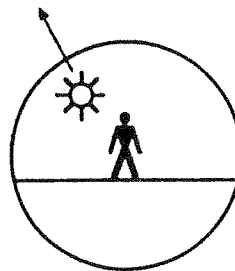
Ο Ήλιος κατεβαίνει στο έδαφος πίσω από τους λόφους και η Σελήνη ανεβαίνει.



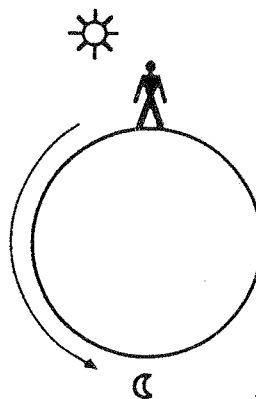
Τα σύννεφα κρύβουν τον Ήλιο.



Ο Ήλιος κινείται από τον ουρανό προς το διάστημα.



Η περιστροφή της Γης κάνει την πλευρά της, πάνω στην οποία ζούμε, ν' αντικρίζει τον Ήλιο κατά τη διάρκεια της ημέρας και τη Σελήνη τη νύχτα.



ερωτήσεις, σχεδιασμένες να συλλάβουν το παραγωγικό-δημιουργικό μοντέλο του παιδιού (π.χ. «Εάν περπατούσες για πολλές μέρες, θα έφτανες ποτέ στο τέλος της Γης;»).

Σε μια προσπάθεια να κατανοήσουμε τις αντιλήψεις των παιδιών, χρησιμοποιήσαμε επίσης, καθ' όλη τη διάρκεια των συνεντεύξεων, επιπρόσθετες διευκρινιστικές ερωτήσεις, καθώς και ερωτήσεις που έφεραν τα παιδιά αντιμέτωπα με τις απόψεις τους.

Τα παιδιά έδωσαν ποικίλες απαντήσεις στις ερωτήσεις μας. Για παράδειγμα, μερικά είπαν πως το σχήμα της Γης είναι «ορθογώνιο», άλλα «κύκλος», άλλα «στρογγυλό». Μερικά παιδιά απάντησαν ότι η Γη έχει τέλος, ενώ άλλα ότι δεν έχει. Άλλα είπαν ότι υπάρχει τέλος αλλά δεν μπορούμε να το φτάσουμε γιατί είναι ψηλά. Κάποια είπαν ότι κοιτάς «κάτω» για να δεις τη Γη, άλλα ότι κοιτάς «πάνω». Σε μερικές περιπτώσεις οι απαντήσεις των παιδιών φαίνονταν να είναι εσωτερικά ασυνεπείς: για παράδειγμα, το ίδιο το παιδί που είπε ότι η Γη είναι στρογγυλή, μπορούσε επίσης να ισχυρισθεί ότι η Γη έχει τέλος κι ότι οι άνθρωποι μπορούν να πέσουν από το τέλος αυτό.

Ένα ερώτημα ιδιαίτερου ενδιαφέροντος ήταν να διαπιστώσουμε κατά πόσο οι απαντήσεις των παιδιών σ' αυτές τις ερωτήσεις παράγονταν από κάποιο είδος υποκείμενου νοητικού μοντέλου που μπορούσε να προσδιοριστεί με σαφήνεια και που χρησιμοποιούνταν με τρόπο συνεπή. Για να το πετύχουμε, αντλήσαμε έναν αριθμό πιθανών νοητικών μοντέλων από τα δεδομένα μας, καθώς και από προηγούμενες έρευνες σ' αυτή την περιοχή (π.χ. Nussbaum & Novak, 1976· Nussbaum, 1979· Sneider & Poulos, 1983). Ακολούθως, για κάθε ερώτηση που ερευνούσε μια δεδομένη έννοια, καταγράψαμε τις απαντήσεις που περιμέναμε από τα παιδιά, αν διέθεταν αυτό το μοντέλο. Παραδείγματος χάρη, υποθέσαμε ότι αν τα παιδιά πίστευαν πως η Γη είναι μια σφαίρα, θα έπρεπε ν' απαντήσουν ότι το σχήμα της Γης είναι στρογγυλό, ότι κοιτάς «κάτω» για να δεις τη Γη, ότι η Γη δεν έχει τέλος, κι ότι αν κάποιος περπατήσει για πολλές μέρες σε ευθεία γραμμή θα φτάσει τελικά πίσω εκεί απ' όπου ξεκίνησε. Αφού λοιπόν καθορίστηκε το πρότυπο των απαντήσεων για κάθε μοντέλο, ελέγξαμε τις απαντήσεις των παιδιών στις σχετικές ερωτήσεις για να

δούμε αν συμφωνούσαν με τις αναμενόμενες απαντήσεις. Για να τοποθετηθεί ένα παιδί σ' ένα νοητικό μοντέλο, έπρεπε να μην έχει περισσότερες από μία παρεκκλίσεις από το προσδοκώμενο πρότυπο, και μόνο εάν η παρέκκλιση αφορούσε ένα μη καθοριστικό χαρακτηριστικό αυτής της κατηγορίας. Για παράδειγμα, ένα παιδί που απάντησε ότι η Γη έχει κάποιο «τέλος» από το οποίο κάποιος μπορεί να «πέσει κάτω», δε θα μπορούσε να υποτεθεί ότι διαθέτει ένα νοητικό μοντέλο της σφαιρικής Γης ακόμη και σ' εκείνες τις περιπτώσεις που η απάντηση αυτή ήταν η μοναδική παρέκκλιση από το πρότυπο απάντησης που παραπέμπει στο μοντέλο της σφαιρικής Γης. Από την άλλη μεριά, η απάντηση «κύκλος» στην ερώτηση «Ποιο είναι το σχήμα της Γης;» θεωρήθηκε αποδεκτή παρέκκλιση για ένα παιδί του οποίου οι απαντήσεις από κάθε άλλη άποψη συμφωνούσαν με το νοητικό μοντέλο σφαιρικής Γης.

Για κάθε έννοια που ερευνήθηκε, μπορέσαμε να καθορίσουμε τα νοητικά μοντέλα των παιδιών για το 80-85% περίπου των περιπτώσεων (βλ. Vosniadou & Brewer, 1992). Μερικά παιδιά είχαν μικτές αναπαραστάσεις, που περιείχαν στοιχεία από δύο ή τρία ξεχωριστά μοντέλα της Γης, ενώ σε λίγες περιπτώσεις δεν μπορούσε να εντοπισθεί ένα συνεπές μοντέλο. Η επιτυχία μας να αναγνωρίσουμε έναν μικρό αριθμό νοητικών μοντέλων της Γης που οι μαθητές χρησιμοποιούν με συνέπεια δείχνει ότι η βάση των γνώσεων των μαθητών δεν είναι τόσο αποσπασματική όσο μερικοί ερευνητές έχουν υποστηρίξει (π.χ. DiSessa, 1988). Φαίνεται ότι οι μαθητές προσπαθούν να συνθέσουν τις πληροφορίες που λαμβάνουν από τους ενήλικους και από τις καθημερινές τους εμπειρίες δίνοντάς τους τη μορφή συνεκτικών νοητικών μοντέλων, τα οποία ενσυνεχεία προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν με συνεπή τρόπο.

### *Τρία Είδη Νοητικών Μοντέλων*

Τα νοητικά μοντέλα των μαθητών που εντοπίστηκαν μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες: *διαισθητικά*, *επιστημονικά* και *συνθετικά*. Το καθοριστικό χαρακτηριστικό των διαισθητικών μοντέλων

είναι ότι απαιτούν όσο το δυνατόν μικρότερη παρέκκλιση από τον φυσικό κόσμο, όπως αυτός γίνεται άμεσα αντιληπτός από τις αισθήσεις μας. Τέτοια νοητικά μοντέλα είναι αυτό μιας επίπεδης ορθογωνίας Γης ή μιας Γης που έχει το σχήμα δίσκου, καθώς και το μοντέλο του κύκλου της μέρας/νύχτας σύμφωνα με το οποίο η εναλλαγή της μέρας με τη νύχτα προκαλείται από την καθοδική κίνηση του Ήλιου και της Σελήνης προς το έδαφος και από την απόκρυψή τους πίσω από τους λόφους και τα βουνά. Τα διαισθητικά μοντέλα είναι αυτά που δεν έχουν επηρεαστεί καθόλου από τις επιστημονικές απόψεις.

Τα επιστημονικά μοντέλα είναι αυτά που έχουν οι περισσότεροι ενήλικοι σήμερα και είναι σύμφωνα με τις τρέχουσες επιστημονικές απόψεις.

Τα συνθετικά μοντέλα αποτελούν συνδυασμό διαισθητικών και επιστημονικών απόψεων, όπως είναι η άποψη ότι η Γη είναι μια πεπλατυσμένη σφαίρα ή μια κοίλη σφαίρα, με τους ανθρώπους να κατοικούν στο εσωτερικό της. Άλλα παραδείγματα συνθετικών μοντέλων είναι η άποψη ότι αίτιο της νύχτας είναι η εμφάνιση της Σελήνης, ή η άποψη ότι τα άστρα είναι μικρά αντικείμενα που εμφανίζονται στον ουρανό μόνο τις νύχτες, όπως η Σελήνη, και δεν έχουν δικό τους φως. Τα συνθετικά μοντέλα είναι παρόμοια με αυτά που άλλοι ερευνητές έχουν αποκαλέσει *παρανοήσεις*. Τα ευρήματά μας δείχνουν ότι η πλειοψηφία των μαθητών του Δημοτικού σχολείου έχει σχηματίσει ένα συνθετικό μοντέλο για το σχήμα της Γης.

Το σημαντικό ερώτημα που θέτουν τα ευρήματα αυτά είναι το ακόλουθο: Γιατί οι μαθητές του Δημοτικού σχολείου παρανοούν σε τόσο μεγάλο βαθμό το σχήμα της Γης, μολονότι εκτίθενται σε τόσες πληροφορίες που τεκμηριώνουν την άποψη ότι η Γη είναι σφαιρική; Σε προηγούμενες εργασίες μας (Vosniadou & Brewer, 1992) έχουμε προτείνει ότι τα συνθετικά μοντέλα της Γης μπορούν να εξηγηθούν εάν υποθέσουμε ότι οι μαθητές λειτουργούν κάτω από τον περιορισμό δύο εδραιωμένων πεποιθήσεων: ότι ο χώρος είναι οργανωμένος σύμφωνα με την κατεύθυνση του «πάνω» και του «κάτω» σε σχέση με το επίπεδο έδαφος της Γης, κι ότι όλα τα αντικείμενα, συμπεριλαμβανομένης και της Γης, πέφτουν «κάτω» όταν δε στηρίζονται.

Όταν σχηματίζουν ένα συνθετικό νοητικό μοντέλο, οι μαθητές συνεχίζουν να κρατούν όλες ή μερικές από τις εδραιωμένες τους πεποιθήσεις, αλλά με τρόπο που δεν έρχεται σε αντίθεση με τις πληροφορίες που παίρνουν από τους ενήλικους. Για παράδειγμα, οι μαθητές που έχουν δημιουργήσει το συνθετικό μοντέλο των δύο γαιών έχουν διατηρήσει σχεδόν όλες τις εδραιωμένες πεποιθήσεις που λειτουργούν στο διαισθητικό μοντέλο. Οι μαθητές αυτοί απαντούν στις ερωτήσεις μας κατά τρόπο που δείχνει ότι συνεχίζουν να πιστεύουν πως το έδαφος είναι επίπεδο, υποστηριζόμενο (πάνω σε χώμα ή πάνω σε νερό), και πως οι άνθρωποι και τα άλλα ζώα ζουν πάνω σ' αυτό το επίπεδο έδαφος. Το μόνο πράγμα που έχει αλλάξει είναι ότι έχουν προσθέσει στη βάση των γνώσεών τους την πληροφορία ότι υπάρχει και μια άλλη Γη, ένας πλανήτης, που είναι στρογγυλή σφαίρα και που βρίσκεται ψηλά στον ουρανό.

Μια λεπτομερής εξέταση των απαντήσεων των παιδιών που έλαβαν μέρος στις έρευνές μας αποκαλύπτει ότι η διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής εξελίσσεται από αρχικά διαισθητικά μοντέλα προς όλο και πιο προηγμένα συνθετικά μοντέλα ανάλογα με τον αριθμό των εδραιωμένων πεποιθήσεων που έχουν απορρίψει οι μαθητές. Για παράδειγμα, το συνθετικό μοντέλο της κοίλης σφαίρας είναι πιο προηγμένο από αυτό των δύο γαιών. Τα παιδιά που υποστηρίζουν το μοντέλο της κοίλης σφαίρας έχουν απορρίψει την άποψή τους ότι η Γη πρέπει να στηρίζεται από κάτι. Τα παιδιά αυτά αντιλαμβάνονται τη Γη ως μια σφαίρα αιωρούμενη στο διάστημα, αλλά εξακολουθούν να πιστεύουν ότι το έδαφος είναι επίπεδο κι ότι οι άνθρωποι και τα άλλα αντικείμενα που βρίσκονται πάνω στη Γη πρέπει να στηρίζονται κάπου για να μην πέσουν. Δεν κατανοούν, λοιπόν, πώς είναι δυνατόν οι άνθρωποι να ζουν στο «κάτω» μέρος της σφαιρικής Γης, και νομίζουν ότι ζουν πάνω σε επίπεδο έδαφος μέσα στην κοίλη σφαίρα.

Για να εξηγήσουμε πώς σχηματίζονται τα συνθετικά μοντέλα, είναι χρήσιμο να εξετάσουμε την πιθανότητα ότι οι μαθητές στερούνται της μεταγνωστικής επίγνωσης που απαιτείται για να θέσουν υπό αμφισβήτηση την αλήθεια ή την επάρκεια των εδραιωμένων πε-

ποιθήσεών τους. Αν υποθέσουμε ότι οι μαθητές θεωρούν τις εδραιωμένες πεποιθήσεις τους ως αναμφισβήτητες αλήθειες για τον κόσμο κι όχι ως απλές υποθέσεις ή συμπεράσματα μιας επιστημονικής θεωρίας, τότε μπορούμε να καταλάβουμε γιατί διαστρεβλώνουν τις επιστημονικές έννοιες έτσι ώστε αυτές να προσαρμόζονται στις εδραιωμένες πεποιθήσεις τους αντί να κάνουν το αντίθετο.

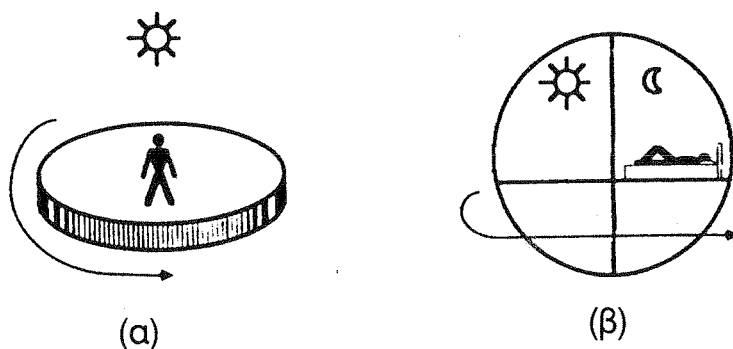
Με άλλα λόγια, η γέννηση ενός συνθετικού νοητικού μοντέλου μπορεί να εξηγηθεί ως εξής: όταν οι μαθητές που έχουν ένα διαισθητικό μοντέλο μιας επίπεδης και ακίνητης Γης διαβάσουν σ' ένα βιβλίο ή ακούσουν από ένα δάσκαλο ή ένα γονέα ότι «η Γη είναι στρογγυλή σα σφαίρα», δε θέλουν να πιστέψουν ότι ο ενήλικος κάνει λάθος. Από την άλλη μεριά όμως, η πληροφορία του ενηλίκου δε συμβιβάζεται με τις εδραιωμένες πεποιθήσεις τους ότι το έδαφος είναι επίπεδο κι ότι τα αντικείμενα που δε στηρίζονται πέφτουν «κάτω». Επειδή οι μαθητές θεωρούν τις εδραιωμένες πεποιθήσεις τους πασιφανείς αλήθειες για τον κόσμο (αλήθειες που είναι προφανείς και στους ενηλίκους), νομίζουν ότι έχουν παρεξηγήσει αυτό που στ' αλήθεια εννοούν οι ενήλικοι. Στην προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν τις αντιδιαισθητικές πληροφορίες μ' ένα τρόπο που να μην έρχεται σε αντίθεση με τις εδραιωμένες πεποιθήσεις τους, οι μαθητές δημιουργούν τα συνθετικά μοντέλα.

### *Αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των Εννοιών που απαρτίζουν τον Τομέα της Αστρονομίας*

Υποστήριξα ότι οι εδραιωμένες αντιλήψεις των παιδιών περιορίζουν το είδος των νοητικών μοντέλων που μπορούν να σχηματίσουν. Η κατανόηση μιας επιστημονικής έννοιας, συχνά απαιτεί από τους μαθητές να επανερμηνεύσουν τις εδραιωμένες πεποιθήσεις τους. Παραδείγματος χάρη, για να κατανοήσουν την επιστημονική έννοια «σφαιρική Γη», απαιτείται από τους μαθητές να ερμηνεύσουν διαφορετικά την άποψή τους ότι όλα τα αντικείμενα που φαίνονται επίπεδα είναι πράγματι επίπεδα.

Εκτός από τις εδραιωμένες πεποιθήσεις των μαθητών, υπάρχει μια αλληλεξάρτηση μεταξύ των διαφόρων εννοιών που συνθέτουν τον τομέα της Αστρονομίας. Έτσι, τα νοητικά μοντέλα που σχηματίζουν τα παιδιά για τη Γη, επηρεάζουν νοητικά μοντέλα που σχηματίζουν για τον Ήλιο, τη Σελήνη κλπ. Το νοητικό μοντέλο της σφαιρικής Γης αποτελεί προϋπόθεση για να κατανοηθεί η επιστημονική εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας. Στις έρευνές μας έχουμε διαπιστώσει ότι μερικά παιδιά που καταλαβαίνουν την πληροφορία πως η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της αποτυγχάνουν να δουν πώς αυτή η πληροφορία εξηγεί τον κύκλο μέρα/νύχτα γιατί στερούνται του σφαιρικού μοντέλου της Γης. Παραδείγματος χάρη, ένας από τους μαθητές του δείγματός μας δημιούργησε ένα δισκοειδές μοντέλο της Γης σαν αυτό που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3(α). Το παιδί αυτό κατάλαβε μεν ότι η δισκοειδής Γη γυρνάει κυκλικά, αλλά, δικαιολογημένα, δεν μπορούσε να δει πώς αυτή η κίνηση εξηγούσε την εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα. Φαντάστηκε λοιπόν ότι ο Ήλιος κινείται προς τα κάτω και κρύβεται πίσω από τα βουνά.

ΣΧΗΜΑ 3. Εξηγήσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας με βάση την περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της για (α) το νοητικό μοντέλο της Γης-δίσκου και (β) το νοητικό μοντέλο της Γης - κοίλης σφαίρας.



Ένα άλλο παιδί, με το μοντέλο της κοίλης σφαίρας, δημιούργησε το συνθετικό μοντέλο του κύκλου μέρα-νύχτα που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3(β). Σύμφωνα μ' αυτό το μοντέλο, υπάρχει μια κοίλη σφαίρα που αποτελείται από δύο ημισφαίρια: το κάτω ημισφαίριο,

που αναπαριστά τη Γη στην οποία ζουν οι άνθρωποι, και το πάνω ημισφαίριο, που αναπαριστά τον ουρανό ο οποίος καλύπτει τη Γη σα θόλος. Ο Ήλιος και η Σελήνη βρίσκονται σε δύο αντίθετες πλευρές –την πλευρά της ημέρας και αυτήν της νύχτας– μέσα στο πάνω ημισφαίριο. Καθώς η Γη περιστρέφεται, οι άνθρωποι κινούνται από την πλευρά της Γης που επικρατεί νύχτα προς την πλευρά της όπου επικρατεί μέρα, κι έτσι έχουμε τον κύκλο της μέρας/νύχτας.

Τα παραδείγματα αυτά δείχνουν ότι υπάρχει μια αλληλεξάρτηση μεταξύ των διαφόρων εννοιών που συνθέτουν τον τομέα της Αστρονομίας. Οι πληροφορίες ερμηνεύονται μέσα στα πλαίσια των νοητικών μοντέλων που ήδη έχουν οι μαθητές. Όταν αυτά τα νοητικά μοντέλα διαφέρουν από εκείνα που απαιτούνται για την ακριβή ερμηνεία των νέων πληροφοριών, τότε είναι πολύ πιθανό οι νέες πληροφορίες να παρερμηνευθούν ώστε να προσαρμοσθούν στα ήδη υφιστάμενα μοντέλα.

### *Συμπεράσματα για το Σχεδιασμό Αναλυτικών Προγραμμάτων και για τη Διδασκαλία*

Αν και οι μελέτες που έχουμε κάνει δεν είναι διαχρονικές αλλά συγχρονικές, τα εξελικτικά πρότυπα που έχουμε εντοπίσει δείχνουν ότι η διαδικασία απόκτησης γνώσεων δε χαρακτηρίζεται από μια ξαφνική και δραματική μεταβολή, αλλά, τουναντίον, είναι αργή και βαθμιαία. Φαίνεται ότι οι μαθητές αρχίζουν με τη σύνθεση αρχικών νοητικών μοντέλων, τα οποία σταδιακά τροποποιούν έτσι ώστε να είναι σύμφωνα με τις τρέχουσες επιστημονικές απόψεις.

Στη διαδικασία αυτή, πολύ σημαντικό ρόλο παίζουν ορισμένα θεμελιώδη στοιχεία γνώσεων, τα οποία αποκαλούμε *εδραιωμένες πεποιθήσεις*. Υποστηρίζουμε ότι οι εδραιωμένες πεποιθήσεις των παιδιών περιορίζουν το είδος των νοητικών μοντέλων που μπορούν να σχηματισθούν και βρίσκονται στη ρίζα των συνθετικών μοντέλων και των παρανοήσεων. Με δεδομένο το εξαιρετικά πολύπλοκο πλέγμα αλληλεξαρτήσεων το οποίο διέπει τις διάφορες έννοιες που συν-



θέτουν έναν γνωσιακό τομέα, είναι πιθανόν η παρουσία ενός μικρού αριθμού εδραιωμένων πεποιθήσεων να προκαλέσει παρανοήσεις που, στη συνέχεια, επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές ερμηνεύουν μια μεγάλη ποικιλία προβλημάτων, όπως συζητήσαμε στην προηγούμενη ενότητα.

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, φαίνεται πως όταν σχεδιάζουμε αναλυτικά προγράμματα πρέπει να προσέχουμε πολύ τη σειρά με την οποία εισάγουμε τις έννοιες που απαρτίζουν έναν συγκεκριμένο τομέα. Πιστεύω ότι τα αναλυτικά προγράμματα που χρησιμοποιούν τις εμπειρικές πληροφορίες που έχουμε στη διάθεσή μας σχετικά με τη σειρά με την οποία εμφανίζονται οι έννοιες σ' έναν δεδομένο τομέα έχουν περισσότερες πιθανότητες να προκαλέσουν εννοιολογική αλλαγή από εκείνα που δεν τις χρησιμοποιούν. Επιπλέον, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην αντιμετώπιση των παρανοήσεων των μαθητών αλλά, ασφαλώς, και των εδραιωμένων πεποιθήσεών τους. Ακόμη δεν έχει ξεκαθαριστεί ποιες είναι οι καλύτερες μέθοδοι για να αλλάξουμε τις εδραιωμένες πεποιθήσεις των παιδιών. Επί τη βάση όμως των μαρτυριών που έχουμε στη διάθεσή μας σήμερα, μπορούμε να κάνουμε κάποιες εικασίες που παρατίθενται στη συνέχεια.

Στο τμήμα που ακολουθεί συζητώ τις συνέπειες που έχουν τα βασικά ευρήματα της έρευνάς μας στο σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων και στη διδασκαλία. Σποραδικά, συγκρίνω και αντιπαραβάλλω τις προτάσεις μου με παραδείγματα από τα αναλυτικά προγράμματα Αστρονομίας για παιδιά του Δημοτικού σχολείου που υπάρχουν στις ΗΠΑ. Τα παραδείγματα αυτά προέρχονται από μια ανάλυση που έκανα πρόσφατα των ενοτήτων Αστρονομίας που υπάρχουν σε τέσσερις από τις πιο δημοφιλείς σειρές επιστημονικών βιβλίων για παιδιά.<sup>5</sup>

---

5. Στις ΗΠΑ δεν υπάρχει ένα μόνο συγκεκριμένο εγχειρίδιο για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, όπως στη χώρα μας, αλλά διάφορες σειρές επιστημονικών βιβλίων που καλύπτουν τις προδιαγραφές του αναλυτικού προγράμματος και που εκδίδονται από ιδιωτικούς εκδοτικούς οίκους. Το κάθε σχολείο ή σχολική περιφέρεια μπορεί να επιλέξει την επιστημονική σειρά που θεωρεί πιο κατάλληλη.

## *Ευαισθητοποίηση απέναντι στη Σειρά Απόκτησης των Εννοιών που απαρτίζουν έναν Δεδομένο Τομέα*

Ο σχεδιασμός αναλυτικών προγραμμάτων πρέπει να βασίζεται στις γνώσεις που έχουμε για τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των εννοιών που απαρτίζουν έναν δεδομένο τομέα. Τούτο γιατί οι αλληλεξαρτήσεις αυτές καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη σειρά απόκτησής τους. Ένα παράδειγμα είναι η αλληλεξάρτηση που υπάρχει μεταξύ των εννοιών του σχήματος της Γης και της βαρύτητας. Οι μαθητές δε θα μπορέσουν να καταλάβουν το σχήμα της Γης αν δεν καταλάβουν, κατά κάποιο τρόπο, την έννοια της βαρύτητας, γιατί διαφορετικά δε θα μπορέσουν να καταλάβουν πώς είναι δυνατό να ζουν οι άνθρωποι στα «πλάγια» και στο «κάτω» μέρος της σφαιρικής Γης και να μην πέφτουν. Ένα άλλο παράδειγμα είναι η αλληλεξάρτηση μεταξύ του σχήματος της Γης και της εξήγησης του κύκλου της μέρας/νύχτας που ήδη συζητήσαμε.

Με δεδομένα τα προβλήματα που έχουν τα παιδιά με την ιδέα της σφαιρικής Γης και τη σπουδαιότητα που έχει αυτή η έννοια για την κατανόηση, ουσιαστικά, οποιασδήποτε άλλης έννοιας του τομέα της Αστρονομίας, θα πίστευε κανείς ότι η διδασκαλία της Αστρονομίας θα έπρεπε να αρχίζει με μια ενότητα αφιερωμένη στο σχήμα της Γης. Αυτό δεν συνέβη με καμιά από τις ενότητες Αστρονομίας των τεσσάρων επιστημονικών σειρών που ερεύνησα. Σε μία από αυτές υπήρχε μια ενότητα αφιερωμένη στο σχήμα της Γης, αλλά οι κρίσιμες πληροφορίες αναφορικά με το σχήμα της Γης δίνονταν σε μία μόνο πρόταση που έλεγε ότι «η Γη μοιάζει σα σφαίρα». Έκπληξη επίσης προκάλεσε το ότι σ' αυτές τις ενότητες δε γινόταν καμιά συζήτηση για την έννοια της βαρύτητας. Όπως ήδη σημειώσαμε, κάποια μνεία της έννοιας της βαρύτητας είναι ουσιώδης για να καταλάβουν οι μαθητές πώς μπορούν να ζουν οι άνθρωποι στην κάτω πλευρά της Γης.

Στα βιβλία που εξέτασα, η διδασκαλία της Αστρονομίας άρχισε με μια προσπάθεια να εξηγηθεί ο κύκλος της μέρας/νύχτας. Σ' ένα βιβλίο, μια εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας, που περιελάμβανε

επίδειξη με υδρόγεια σφαίρα και φακό, δοκιμαζόταν στο Νηπιαγωγείο. Μια άλλη σειρά άρχιζε με μια φαινομενολογική περιγραφή του κύκλου της μέρας/νύχτας, κι εν συνεχεία καταβαλλόταν προσπάθεια να δοθεί εξήγηση των φάσεων της Σελήνης στα παιδιά της πρώτης τάξης του Δημοτικού σχολείου. Στο τρίτο βιβλίο, η διδασκαλία της Αστρονομίας άρχιζε στη δεύτερη τάξη, με μια εξήγηση και του κύκλου της μέρας/νύχτας και των φάσεων της Σελήνης.

Όπως ανέφερα ήδη, πολλά από τα παιδιά που εξετάσαμε στις μελέτες μας δεν μπορούσαν να καταλάβουν την εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας με βάση την περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της, διότι δεν είχαν σχηματίσει το μοντέλο μιας σφαιρικής Γης που περιβάλλεται από το διάστημα. Η αδυναμία να καταλάβουν την επιστημονική εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας μπορεί επίσης να προκύπτει από το ότι οι μαθητές δε διαθέτουν πληροφορίες για το σχετικό μέγεθος, την κίνηση και τη θέση της Γης, του Ήλιου και της Σελήνης στο ηλιακό σύστημα. Στις μελέτες μας, τουλάχιστον το 80% των παιδιών που εξήγησαν τον κύκλο της μέρας/νύχτας με βάση την περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της είχαν σχηματίσει ένα επιστημονικό μοντέλο του ηλιακού συστήματος. Όταν οι σχετικές έννοιες δεν παρουσιάζονται με ιεραρχικό τρόπο, δίνοντας προσοχή στην κάλυψη των αναγκαίων προϋποθέσεων, το μόνο που καταφέρνουν τα παιδιά είναι επιπόλαιη απομνημόνευση ή παρανοήσεις του επιστημονικού μοντέλου.

Σ' ένα πείραμα που πρόσφατα διεξήγαγα (Vosniadou, 1991), εξέτασα τις εξηγήσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας που έδωσαν παιδιά της τρίτης τάξης πριν και αμέσως μετά την ανάγνωση ενός κειμένου που αναφερόταν στον κύκλο της μέρας/νύχτας, το οποίο ήταν παρόμοιο από δύο διαφορετικές σειρές επιστημονικών προγραμμάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στην τελική εξέταση μόνο δύο από τα εξήντα παιδιά άλλαξαν τις λανθασμένες εξηγήσεις που έδωσαν στην αρχική εξέταση. Τα περισσότερα παιδιά απλώς πρόσθεσαν την πληροφορία ότι η Γη κινείται (χωρίς να καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο κινείται) στο μοντέλο που είχαν, ή δημιούργησαν κάποιο συνθετικό μοντέλο.

Εάν είναι λάθος να αρχίζει ένα αναλυτικό πρόγραμμα Αστρονομίας με την εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας, ακόμα μεγαλύτερο λάθος είναι να αρχίζει με την εξήγηση των φάσεων της Σελήνης. Πράγματι, είναι δύσκολο να βρούμε μια έννοια που να εμπεριέχεται στο αναλυτικό πρόγραμμα Αστρονομίας για το Δημοτικό που να είναι δυσκολότερη. Ακόμη και οι φοιτητές Πανεπιστημίου, στις μελέτες Αστρονομίας που κάναμε με ενηλίκους δε γνώριζαν πώς να εξηγήσουν σωστά τις φάσεις της Σελήνης.

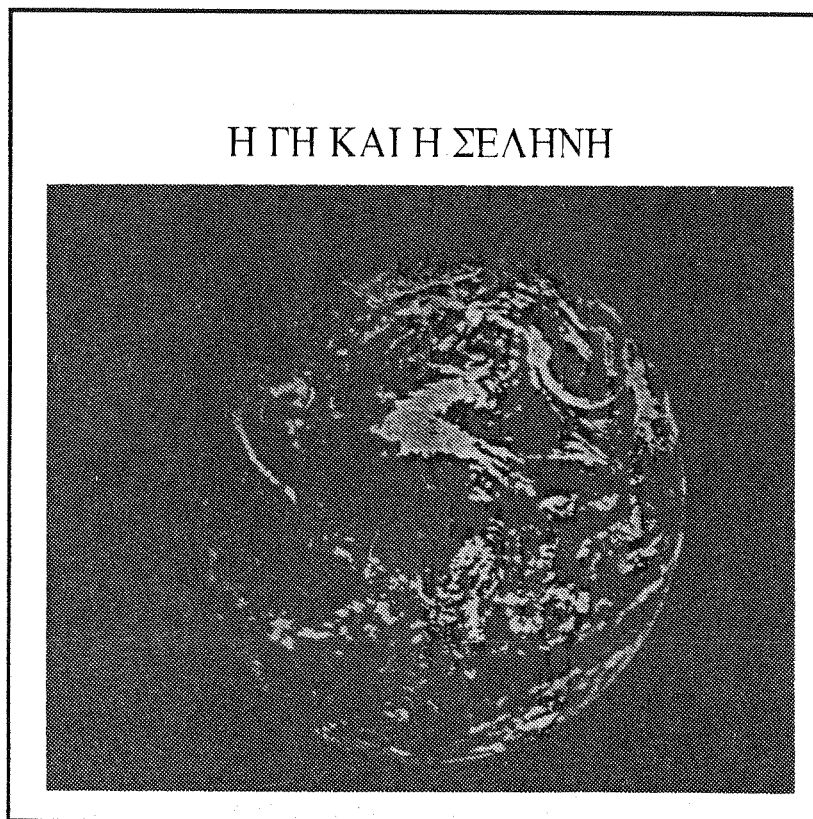
Δεν είναι κακή ιδέα, σα συνέχεια της ενότητας για το σχήμα της Γης και τη βαρύτητα, να ακολουθεί μια ενότητα για τη Σελήνη όπου να τονίζεται ότι, ενώ η Σελήνη φαίνεται να αλλάζει σχήμα, δε συμβαίνει στην πραγματικότητα κάτι τέτοιο. Θα ήταν όμως καλύτερο σ' αυτό το επίπεδο να επικεντρωθούμε στη λεπτομερέστερη εξήγηση της έννοιας της αντανάκλασης και στο πώς η Σελήνη παίρνει το φως της από τον Ήλιο, αφού τα παιδιά δεν καταλαβαίνουν πραγματικά πώς η Σελήνη αντανακλά το φως του Ήλιου. Το να διδάξουμε τα παιδιά για την πηγή του σεληνιακού φωτός, καθώς επίσης και για την κίνηση και τη θέση της σε σχέση με τη Γη και τον Ήλιο, θα έθετε τη βάση για μια πλήρη εξήγηση των φάσεων της Σελήνης σε μια ανώτερη τάξη αργότερα.

### *Ευαισθητοποίηση απέναντι στα Νοητικά Μοντέλα των Παιδιών*

Έχω υποστηρίξει ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν οποιεσδήποτε γνώσεις διαθέτουν για να διαμορφώσουν νοητικά μοντέλα, τα οποία χρησιμοποιούν για να κατανοήσουν τις εισερχόμενες πληροφορίες. Έχω δείξει επίσης ότι τα μοντέλα αυτά συχνά διαφέρουν πολύ από εκείνα που περιμένουμε να σχηματισθούν από τους επιστημονικά εγγράμματους ενηλίκους στην κοινωνία μας. Για να είναι επιτυχημένη η διδασκαλία, πρέπει να είμαστε ευαίσθητοι απέναντι στα εναλλακτικά νοητικά μοντέλα των μαθητών. Μόνο όταν καταλάβουμε πώς σκέφτονται οι μαθητές θα μπορέσουμε να τους καθοδηγήσουμε, σταδιακά, στη διαμόρφωση ολοένα και πιο εκλεπτυσμένων μοντέλων, που είναι πλησιέστερα προς αυτά που είναι πολιτιστικά αποδεκτά.

Η ευαισθησία απέναντι στα εναλλακτικά μοντέλα των μαθητών συχνά απουσίαζε από τα κείμενα Αστρονομίας που ανέλυσα στην έρευνά μου. Τα κείμενα αυτά συχνά ήταν γραμμένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ενισχύουν τα διαισθητικά ή τα συνθετικά μοντέλα παρά να τα αντικαθιστούν με τα επιστημονικά. Παραδείγματος χάρη, στις ενότητες με θέμα τον Ήλιο ή τη Σελήνη, συχνά βρήκα εκφράσεις όπως «ο Ήλιος κατέβηκε», που ενισχύουν τη γνώμη των παιδιών ότι η εναλλαγή της μέρας/νύχτας οφείλεται στην κίνηση του Ήλιου. Ένα άλλο Κεφάλαιο με τίτλο «Ο Γαλάξιος Πλανήτης», αρχίζει με την παράγραφο που φαίνεται στο Σχήμα 4.

ΣΧΗΜΑ 4. Ο γαλάξιος πλανήτης.



10-1

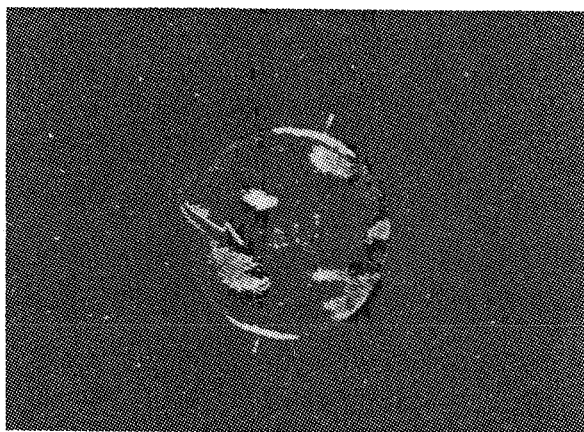
«Ο Γαλάξιος Πλανήτης»

Φαντάσου πως βρίσκεσαι μέσα σ' ένα διαστημόπλοιο. Ταξιδεύεις προς το διάστημα. Όταν κοιτάξεις έξω από το παράθυρο του διαστημόπλοιου βλέπεις έναν γαλάξιο πλανήτη. Ξέρεις γιατί η Γη φαίνεται γαλάξια;

Η παράγραφος αυτή είναι συνεπής με το νοητικό μοντέλο της διπλής Γης που περιγράψαμε προηγουμένως. Τα παιδιά που έχουν αυτό το νοητικό μοντέλο πιστεύουν ότι υπάρχουν δύο γαίες: μία επίπεδη, πάνω στην οποία ζουν οι άνθρωποι (που συχνά αναφέρεται ως «το έδαφος»), και μία σφαιρική (γνωστή ως «η Γη»), που είναι ένας πλανήτης ο οποίος βρίσκεται ψηλά στον ουρανό (βλ. άρθρο των Vosniadou & Brewer, 1992). Η διατύπωση του εδαφίου αυτού επιτρέπει την ακόλουθη ερμηνεία: Βρίσκεσαι σ' ένα διαστημόπλοιο που ταξιδεύει από το επίπεδο έδαφος προς τον πλανήτη Γη. Όταν κοιτάξεις έξω από το διαστημόπλοιο, βλέπεις τη σφαιρική Γη που είναι ένας γαλάζιος πλανήτης.

Στην ίδια ενότητα, ένα μάθημα αναφερόμενο στις εποχές συνδέεται με την κλίση της Γης, χωρίς να εξηγείται πώς πράγματι συμβαίνουν οι εποχές. Το μόνο που δηλώνεται είναι πως όταν η Γη κλίνει προς τον Ήλιο έχουμε καλοκαίρι, κι «όταν είναι μακρύτερα από τον Ήλιο έχουμε χειμώνα». Το απόσπασμα αυτό φαίνεται στο Σχήμα 5.

ΣΧΗΜΑ 5. Εξήγηση των εποχών.



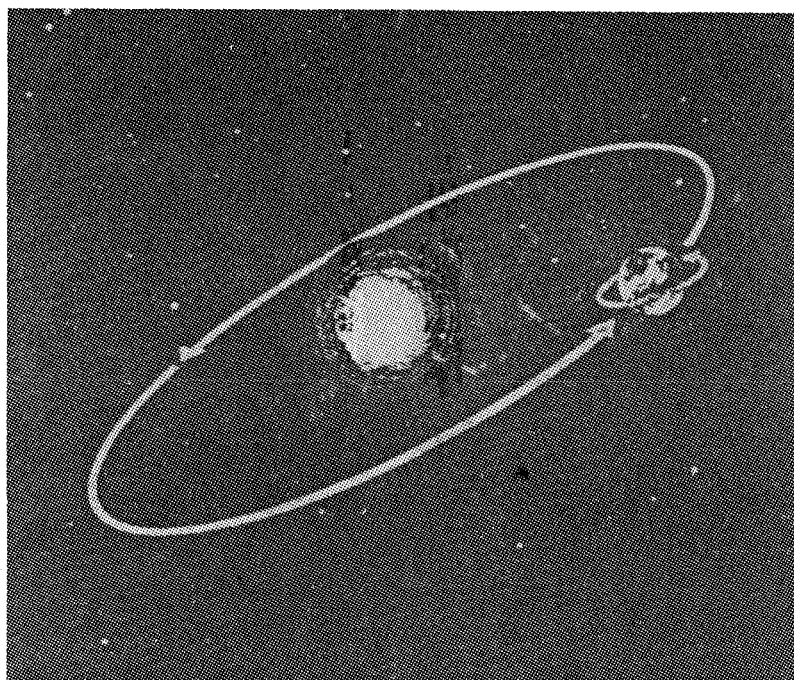
Ο Ήλιος ζεσταίνει τη Γη. Ακόμα κι όταν ο Ήλιος είναι πολύ μακριά, η θερμότητα του Ήλιου κρατάει τη Γη ζεστή. Το μέρος της Γης που κλίνει προς τον Ήλιο θα είναι το πιο ζεστό. Να γιατί έχουμε τις εποχές. Έχουμε καλοκαίρι όταν το μέρος της Γης όπου ζούμε κλίνει προς τον Ήλιο. Όταν η Γη είναι μακρύτερα από τον Ήλιο, έχουμε χειμώνα. Τι εποχή είναι εκεί όπου ζεις; Κλίνει προς τον Ήλιο, ή απομακρύνεται από τον Ήλιο η Γη; Πώς το ξέρεις;

Η διατύπωση αυτής της επεξήγησης των εποχών μπορεί να δικαιολογήσει δύο κοινές παρανοήσεις. Η μία είναι αυτή που υποστηρίζεται από την πλειοψηφία των μαθητών αλλά και των ενηλίκων, ότι δηλαδή ο χειμώνας έρχεται όταν η Γη βρίσκεται μακρύτερα από τον Ήλιο. Η παρανόηση αυτή ενισχύεται από προτάσεις όπως: «Όταν η Γη είναι μακρύτερα από τον Ήλιο, έχουμε χειμώνα».

Ακόμη κι αν ο αναγνώστης αυτού του αποσπάσματος καταλαβαίνει ότι η Γη το χειμώνα κλίνει ώστε να αυξάνεται η απόσταση από τον Ήλιο, η διατύπωση της εξήγησης που περιέχει την έννοια της κλίσης της Γης θα μπορούσε να οδηγήσει σχεδόν κατευθείαν στη λανθασμένη αντίληψη των εποχών ως προϊόντων μιας «ταλαντευόμενης κλίσης». Σύμφωνα μ' αυτή τη λανθασμένη ερμηνεία, η κατεύθυνση της κλίσης της Γης αλλάζει γιατί η Γη «ταλαντεύεται» από τη μια πλευρά προς την άλλη καθώς περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο.

Τέλος, το Σχήμα 6 δείχνει την τελευταία σελίδα μιας ενότητας η

ΣΧΗΜΑ 6. Εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας.



Η Γη πάντα γυρίζει. Ποτέ δε σταματά να γυρίζει. Δεν μπορείς να δεις ή να νιώσεις ότι γυρίζει. Κάθε μέρα κάνει έναν ολόκληρο γύρο. Πόσες φορές την εβδομάδα γυρίζει η Γη;

οποία εξηγεί τον κύκλο της μέρας/νύχτας λέγοντας ότι η Γη γυρίζει. Στην προηγούμενη σελίδα δηλώνεται ότι «ο γύρος της Γης γίνεται αιτία μετατροπής της νύχτας σε μέρα». Σ' αυτή τη σελίδα τα παιδιά βλέπουν μια εικόνα της Γης που δείχνει και την περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της και την περιφορά της γύρω από τον Ήλιο. Το κείμενο συνεχίζει να αναφέρεται στο ότι η Γη γυρίζει, χωρίς όμως να εξηγεί πώς ακριβώς περιστρέφεται η Γη και ποια από τις δύο κινήσεις που φαίνονται στην εικόνα προκαλεί την εναλλαγή της μέρας/νύχτας. Το κείμενο αυτό ενισχύει τη λανθασμένη αντίληψη που συχνά σχηματίζουν τα παιδιά του Δημοτικού σχολείου, ότι δηλαδή η εναλλαγή μέρας και νύχτας οφείλεται στο γεγονός πως η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο.

### *Παρουσιάζοντας τις Αντιδισαιθητικές Πληροφορίες ως Γεγονότα*

Συμβαίνει συχνά στις ενότητες της Αστρονομίας που έχω ερευνήσει να παρουσιάζονται πληροφορίες οι οποίες έρχονται σε αντίθεση με τη διαισθητική εμπειρία των μαθητών, χωρίς περισσότερες εξηγήσεις. Παραδείγματος χάρη, τα παιδιά απλώς πληροφορούνται ότι «η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της», ότι «ο Ήλιος είναι πολύ μεγαλύτερος από τη Γη» ή ότι «ο Ήλιος είναι ένα άστρο», χωρίς να εξηγείται πώς είναι δυνατόν η Γη να περιστρέφεται κι εμείς να μην αισθανόμαστε την κίνησή της, ο Ήλιος να είναι μεγαλύτερος από τη Γη όταν σ' εμάς φαίνεται να είναι τόσο μικρότερος, ή, τέλος, πώς είναι δυνατόν ο Ήλιος να είναι ένα άστρο, όταν τα άστρα εμφανίζονται στον ουρανό μόνο τη νύχτα, έχουν διαφορετικό σχήμα από τον Ήλιο, κλπ.

Είναι πολύ σημαντικό, κατά τη διδασκαλία, να κάνουμε τη διάκριση ανάμεσα σε δύο είδη πληροφοριών: αυτές που είναι συνεπείς με τις προηγούμενες γνώσεις κι αυτές που έρχονται σε αντίθεση με τις προηγούμενες γνώσεις. Όταν οι καινούργιες πληροφορίες είναι συνεπείς με τις προηγούμενες γνώσεις, μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν στις υπάρχουσες εννοιολογικές δομές. Αυτό το είδος πληροφοριών είναι πολύ πιθανό να γίνει εύκολα κατανοητό ακόμη κι αν



παρουσιάζεται χωρίς καμία περαιτέρω εξήγηση. Όταν όμως οι καινούργιες πληροφορίες έρχονται σε αντίθεση με τις υπάρχουσες εννοιολογικές δομές, το να παρουσιάσουμε απλώς τις νέες πληροφορίες ως γεγονότα, ίσως να μην είναι αρκετό. Σ' αυτή την περίπτωση, οι μαθητές φαίνεται πως έχουν στη διάθεσή τους δύο τρόπους δράσης. Ο ένας είναι να προσθέσουν απλώς το νέο γεγονός στις υπάρχουσες εννοιολογικές δομές. Σ' αυτή την περίπτωση, η καινούργια αναπαράσταση θα είναι εσωτερικά ασυνεπής. Ο άλλος είναι να διαστρεβλώσουν το γεγονός ώστε να το καταστήσουν συνεπές με την υπάρχουσα εννοιολογική δομή. Σε τούτη την περίπτωση, το αποτέλεσμα θα είναι μια παρανόηση. Αυτό συμβαίνει πολύ συχνά με τις πληροφορίες που έρχονται σε αντίθεση με τις διαισθητικές αντιλήψεις που βασίζονται στην καθημερινή μας εμπειρία. Για να κατανοήσουν τις αντιδιαισθητικές πληροφορίες, οι μαθητές πρέπει να αναδιοργανώσουν τις εννοιολογικές δομές που ήδη έχουν, ώστε να τις κάνουν συνεπείς με τις καινούργιες πληροφορίες. Αυτό όμως δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί όταν οι αναγκαίες πρόσθετες πληροφορίες απουσιάζουν από το κείμενο ή από τη διδασκαλία. Είτε, λοιπόν, πρέπει να δοθεί σαφώς στους μαθητές μια νέα επεξηγηματική δομή, είτε πρέπει να βρεθούν σε μια τέτοια κατάσταση όπου να είναι δυνατό να την ανακαλύψουν.

Ας εξετάσουμε λοιπόν, για παράδειγμα, την περίπτωση εκείνη όπου λέμε σ' ένα παιδί ότι «ο Ήλιος είναι ζεστός σαν τη φωτιά» και την περίπτωση εκείνη που λέμε σ' ένα παιδί ότι «ο Ήλιος είναι ένα πολύ ζεστό άστρο», όπως συμβαίνει με το κείμενο του Σχήματος 7, που έχει τον τίτλο «Ο Ήλιος μας».

ΣΧΗΜΑ 7: «Ο Ήλιος είναι ένα πολύ ζεστό άστρο».

## Ο ΗΛΙΟΣ ΜΑΣ

Υπάρχουν πολλά άστρα στον νυχτερινό ουρανό. Την ξάστερη νύχτα μπορείς να δεις χιλιάδες από αυτά. Το ξέρεις ότι τα άστρα αυτά μοιάζουν με τον Ήλιο; Ο Ήλιος είναι ένα πολύ ζεστό άστρο. Είναι το μόνο άστρο που μπορούμε να δούμε τη μέρα στον ουρανό. Ο Ήλιος είναι πολύ σημαντικός για μας.

~ 337 ~

Η πληροφορία ότι ο Ήλιος είναι ζεστός μπορεί να είναι καινούργια για τα παιδιά, αλλά είναι συνεπής με τις φαινομενολογικές τους εμπειρίες και μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί στις υπάρχουσες εννοιολογικές δομές ακόμη κι αν δηλώνεται ως γεγονός. Η πληροφορία όμως ότι ο Ήλιος είναι ένα άστρο δεν μπορεί να προστεθεί στη βάση των γνώσεων ενός μικρού παιδιού χωρίς αυτή να υποστεί κάποια σημαντική αναδιοργάνωση. Τα άστρα φαίνονται πολύ διαφορετικά από τον Ήλιο, δείχνουν πολύ μικρότερα και βρίσκονται στον ουρανό τη νύχτα, ενώ η παρουσία του Ήλιου συνδέεται με την ημέρα. Τα περισσότερα από τα παιδιά της πέμπτης και έκτης τάξης που έχουμε εξετάσει πιστεύουν ότι τα άστρα μοιάζουν περισσότερο με τη Σελήνη απ' ό,τι με τον Ήλιο (βλ. Vosniadou & Brewer, 1990). Αν θέλουμε τα παιδιά να καταλάβουν ότι ο Ήλιος είναι ένα άστρο, πρέπει να τους εξηγήσουμε πώς είναι δυνατόν τα άστρα να φαίνονται μικρότερα από τον Ήλιο και να εμφανίζονται στον ουρανό μόνο κατά τη διάρκεια της νύχτας.

### *Αντιμετώπιση των Παρανοήσεων και των Εδραιωμένων Πεποιθήσεων των Παιδιών*

Πολλοί ερευνητές τονίζουν πόσο σημαντικός είναι ο εντοπισμός και η αντιμετώπιση των παρανοήσεων των μαθητών. Στην ενότητα αυτή θα συζητήσω δύο ζητήματα σχετικά με την αντιμετώπιση των παρανοήσεων. Το πρώτο αναφέρεται στη σχέση μεταξύ των παρανοήσεων και των εδραιωμένων πεποιθήσεων και το δεύτερο στις διδακτικές μεθόδους για την αντιμετώπιση των παρανοήσεων.

Συμφωνώ με πολλούς διδακτικούς των Φυσικών Επιστημών ότι είναι σημαντικό να εντοπίσουμε τις παρανοήσεις που έχουν οι μαθητές και να τους εξηγήσουμε σε τι διαφέρουν από τις επιστημονικές εξηγήσεις. Σύμφωνα με ανάλυσή μας, οι παρανοήσεις (ή αυτό που εμείς αποκαλούμε *συνθετικά μοντέλα*) σχηματίζονται επειδή οι μαθητές προσπαθούν να συμβιβάσουν ορισμένες εδραιωμένες πεποιθήσεις τους με τις πολιτισμικά αποδεκτές επιστημονικές απόψεις. Εάν η ανάλυσή μας είναι σωστή, οι παρανοήσεις δε θα αντικαταστα-

θούν από τα μοντέλα που είναι πολιτισμικά αποδεκτά εάν δεν αντικατασταθούν και οι σχετικές υποκείμενες εννοιολογικές δομές.

Ας δούμε, για παράδειγμα, την περίπτωση ενός παιδιού που έχει σχηματίσει το συνθετικό μοντέλο της κοίλης σφαίρας. Εάν η διδασκαλία επικεντρωθεί στην παρανόηση, θα μπορούσε να επισημανθεί στο μαθητή ότι η Γη δεν είναι κοίλη κι ότι οι άνθρωποι ζουν πάνω στη σφαιρική Γη, στο εξωτερικό της. Αυτός όμως ο τύπος της διδασκαλίας δεν θα αντιμετωπίσει το πραγματικό πρόβλημα που έχει ο μαθητής με την έννοια της σφαιρικής Γης. Η παρανόηση του σχήματος της Γης ως μια κοίλη σφαίρα αποτελεί μια λύση στο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα παιδιά – πώς δηλαδή είναι δυνατόν οι άνθρωποι να ζουν στο κάτω μέρος και στα πλάγια της σφαιρικής Γης και να μην πέφτουν. Αυτό που χρειάζονται για να εγκαταλείψουν το συνθετικό μοντέλο της κοίλης σφαίρας είναι μια διδασκαλία που να επικεντρώνεται στις υποκείμενες εδραιωμένες πεποιθήσεις τους – δηλαδή, ένα μάθημα που να εξηγεί ότι η βαρύτητα έλκει τα σώματα προς το κέντρο της σφαιρικής Γης κι ένα μάθημα για το πώς τα στρογγυλά πράγματα μπορεί μερικές φορές (π.χ. όταν είναι πάρα πολύ μεγάλα, όπως η Γη) να φαίνονται επίπεδα. Διαφορετικά, η μια παρανόηση θα ακολουθείται από άλλη, και οι μαθητές θα παραμένουν συγκεχυμένοι.

Ο εντοπισμός και η αντιμετώπιση των εδραιωμένων πεποιθήσεων των παιδιών είναι επίσης πιο αποτελεσματικός και οικονομικός τρόπος χειρισμού των παρανοήσεων απ' ό,τι η αντιμετώπιση της καθεμιάς παρανόησης ξεχωριστά. Αυτό συμβαίνει γιατί, όπως δείξαμε προηγουμένως, ένας πολύ μικρός αριθμός εδραιωμένων πεποιθήσεων, ενεργώντας δεσμευτικά πάνω στο είδος των νοητικών μοντέλων που μπορούν να σχηματίσουν οι μαθητές, βρίσκεται στη ρίζα ενός πολύ μεγάλου αριθμού παρανοήσεων. Πιστεύω ότι η επιτυχία στο σχεδιασμό αναλυτικών προγραμμάτων που προάγουν την εννοιολογική ανασυγκρότηση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την επιτυχία (α) της βασικής έρευνας να εντοπίσει τις εδραιωμένες πεποιθήσεις που προκαλούν τις παρανοήσεις και (β) των διδακτικών μεθόδων που βοηθούν τα παιδιά να δουν τις πεποιθήσεις αυτές σ' ένα διαφορετικό ερμηνευτικό πλαίσιο.

*Ποιες είναι οι καλύτερες μέθοδοι διδασκαλίας για να αντικαταστήσουμε τις εδραιωμένες πεποιθήσεις μ' ένα διαφορετικό ερμηνευτικό πλαίσιο; Αυτό είναι ένα πολύ σημαντικό ερώτημα, και χρειάζεται περισσότερη έρευνα πριν αποφασίσουμε ποια είναι η καλύτερη απάντηση. Σ' αυτό το σημείο φαίνεται ότι τα αναλυτικά προγράμματα και η διδασκαλία που στοχεύουν στην αντικατάσταση των εδραιωμένων πεποιθήσεων μ' ένα διαφορετικό ερμηνευτικό πλαίσιο πρέπει, ανάμεσα στα άλλα:*

(1) να δημιουργούν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες οι μαθητές είναι δυνατό να θέσουν υπό αμφισβήτηση τις εδραιωμένες πεποιθήσεις τους· αυτό μπορεί να επιτευχθεί αν ζητήσουμε από τους μαθητές να επεξηγήσουν καταστάσεις όπου τα εμπειρικά δεδομένα έρχονται σε αντίθεση με τις πεποιθήσεις τους·

(2) να δίνουμε σαφείς εξηγήσεις των επιστημονικών εννοιών, κατά προτίμηση με τη μορφή μοντέλων ή αναλογιών·

(3) να αποδεικνύουμε πώς τα νέα μοντέλα παρέχουν μια καλύτερη εξήγηση των εμπειρικών παρατηρήσεων απ' ό,τι οι εδραιωμένες πεποιθήσεις.

### *Αναπτύσσοντας Μεταγνωσιακή Επίγνωση*

Τέλος, είναι σημαντικό να σχεδιάζουμε αναλυτικά προγράμματα και μεθόδους διδασκαλίας που θα στοχεύουν στην ανάπτυξη της μεταγνωσιακής επίγνωσης των μαθητών. Οι μαθητές συχνά βρίσκουν τις επιστημονικές εξηγήσεις απίστευτες, και δε βλέπουν για ποιο λόγο θα πρέπει να αμφισβητήσουν τις απόψεις τους, που είναι συνεπέστερες προς τις καθημερινές τους εμπειρίες. Είναι σημαντικό, όταν διδάσκουμε Φυσικές Επιστήμες, να δημιουργούμε συνθήκες για τα παιδιά οι οποίες θα τα κάνουν να αντιληφθούν ότι οι απόψεις τους για τον κόσμο δεν είναι «πραγματικά γεγονότα» αλλά θεωρητικές κατασκευές που επιδέχονται διάψευση.

Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί δείχνοντας στους μαθητές, στα πλαίσια των σχετικών εργαστηριακών δραστηριοτήτων, ότι υπάρχουν ορισμένες εμπειρικές παρατηρήσεις που δεν είναι συνεπείς με τις πε-

ποιθήσεις τους, και που, αν οι απόψεις τους τροποποιηθούν, η εμπειρική ακρίβεια των πεποιθήσεών τους θα αυξηθεί. Τα προγράμματα διδασκαλίας που στοχεύουν στον εμπλουτισμό των πειραματικών γνώσεων των μαθητών χωρίς να τους καθιστούν ενήμερους για τη θεωρητική και ερμηνευτική φύση των δραστηριοτήτων τους αποτυγχάνουν να δημιουργήσουν αυτή την αναγκαία μεταγνωσιακή επίγνωση.

### *Συμπεράσματα*

Όταν σχεδιάζουμε αναλυτικά προγράμματα που στοχεύουν στην αναδιοργάνωση των υπάρχουσών γνώσεων των μαθητών, πρέπει να δίνουμε ιδιαίτερη προσοχή και στα περιεχόμενα και στις μεθόδους διδασκαλίας. Σχετικά με τα περιεχόμενα, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη σειρά με την οποία εισάγονται οι διάφορες έννοιες που συνθέτουν έναν συγκεκριμένο τομέα. Η διδασκαλία που είναι συνεπής με τη σειρά με την οποία αποκτώνται αυτές οι έννοιες θα είναι επιτυχέστερη από τη διδασκαλία που δεν είναι. Επιπλέον, χρειάζεται να δοθούν στους μαθητές επαρκείς εξηγήσεις των επιστημονικών εννοιών – εξηγήσεις που λαμβάνουν υπόψη τα νοητικά μοντέλα τους και τις εδραιωμένες πεποιθήσεις τους. Τέλος, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη δημιουργία καταστάσεων που κάνουν τους μαθητές να αντιληφθούν ότι αυτά που θεωρούν αναμφισβήτητες αλήθειες για τον φυσικό κόσμο μπορεί να είναι ερμηνείες που υπόκεινται σε διάψευση, κι ότι μερικές φορές υπάρχουν ισχυροί λόγοι για να αντικαταστήσουν μ' ένα διαφορετικό επεξηγηματικό πλαίσιο τις απόψεις που έχουν σχηματίσει με βάση τις καθημερινές τους εμπειρίες.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anderson, C.W., & Smith, E.L. (1986), «Children's Conceptions of Light and Color: Understanding the Role of Unseen Rays». Research Series No. 166, Michigan State University, College of Education, Institute for Research on Teaching, East Lansing. ERIC ED 270 368.
- Anderson, R.C. (1977), «The Notion of Schemata and the Educational Enterprise: General Discussion of the Conference». Στο Anderson, R.C., Spiro, R.J., & Montague, W.E. (επιμ.), *Schooling and the Acquisition of Knowledge*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Anderson, R.C., & Ortony, A. (1975), «On Putting Apples into Bottles – A Problem of Polysemy». *Cognitive Psychology*, 7(2).
- Bransford, J.D., & Franks, J.J. (1972), «The Abstraction of Linguistic Ideas: A Review». *Cognition: International Journal of Cognitive Psychology*, 1(2/3).
- Bransford, J.D., & Johnson, M.K. (1972), «Contextual Prerequisites for Understanding: Some Investigations of Comprehension and Recall». *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11(6).
- Brewer, W.F., Hendrich, D.J., & Vosniadou, S. (1988), *A Cross-Cultural Study of Children's Development of Cosmological Models: Samoan and American Data*. Unpublished manuscript.
- Collins, A. (1986), «A Sample Dialogue Based on a Theory of Inquiry Teaching». Technical Report No. 367, at Urbana-Champaign, University of Illinois, Center for the Study of Reading, Urbana. ERIC ED 206 423.
- DiSessa, A.A. (1982), «Unlearning Aristotelian Physics: A Study of Knowledge Based Learning». *Cognitive Science*, 6(1).
- DiSessa, A.A. (1988), «Knowledge in Pieces». Στο Forman, G., & Pufall, P.B. (επιμ.), *Constructivism in the Computer Age*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Driver, R., & Easley, J. (1978), «Pupils and Paradigms: A Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students». *Studies in Science Education*, 5.
- Genter, D., & Stevens, A.L. (επιμ.) (1983), *Mental Models*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Hanson, N.R. (1958), *Experience and the Growth of Understanding*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Ioannides, C., & Vosniadou, S. (1989), «The Development of the Concept of Force in Greek Children». Poster presented at the third meeting of the European Association for Research in Learning and Instruction, Madrid, Spain.
- Kuhn, T.S. (1962), *The Copernican Revolution*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kuhn, T.S. (1970), *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.

- McCloskey, M. (1983), «Naïve Theories of Motion». Στο Gentner, D., & Stevens, A.L. (επιμ.), *Mental Models*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Novak, J.D. (1977), «An Alternative to Piagetian Psychology for Science and Mathematics Education». *Science Education*, 61(4).
- Nussbaum, J. (1979), «Children's Conceptions of the Earth as a Cosmic Body: A Cross-Age Study». *Science Education*, 63(1).
- Nussbaum, J., & Novak, J.D. (1976), «An Assessment of Children's Concepts of the Earth Utilizing Structural Interviews». *Science Education*, 60(4).
- Nussbaum, J., & Novick, S. (1982), «Alternative Frameworks, Conceptual Conflict and Accommodation: Toward a Principled Teaching Strategy». *Instructional Science*, 11(3).
- Osborne, R.J., & Wittrock, M.C. (1983), «Learning Science: A Generative Process». *Science Education*, 67(4).
- Pichert, J.W., & Anderson, R.C. (1977), «Taking Different Perspectives on a Story». *Journal of Educational Psychology*, 69(4).
- Sneider, C., & Pulos, S. (1983), «Children's Cosmographies: Understanding the Earth's Shape and Gravity». *Science Education*, 67(2).
- Stevens, A.L., & Collins, A. (1980), «Multiple Conceptual Models of a Complex System». Στο Snow, R.E., Federico, P.A., & Montague, W.E. (επιμ.), *Aptitude, Learning, and Instruction*, τ. 2, *Cognitive Process Analyses of Learning and Problem Solving*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Vosniadou, S. (1987), «Children's Acquisition and Restructuring of Science Knowledge». Paper presented in a symposium on «Children's procedural knowledge in science» at the annual meeting of the American Educational Research Association, Washington, DC.
- Vosniadou, S. (1989), «On the Nature of Children's Naïve Knowledge». *Proceedings of the 11th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Ann Arbor, Michigan.
- Vosniadou, S. (1991), «Children's Naïve Models and the Processing of Expository Text». Στο Carretero, M., Pope, M., Simons, R.J., & Pozo, I. (επιμ.), *Proceedings of the Third European Conference for Research on Learning and Instruction*. Oxford: Pergamon.
- Vosniadou, S., Archodidou, A., & Kalogiannidou, A. (1996), *Mental Models of the Earth in Children from Greece: A Cross-Cultural Study*.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1987), «Theories of Knowledge Restructuring in Development». *Review of Educational Research*, 57(1).
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1990), «A Cross-Cultural Investigation of Children's Conceptions about the Earth, the Sun, and the Moon: Greek and American Data». Στο Mandl, H., De Corte, E., Bennett, N., & Friedrich, H.F. (επιμ.), *Learning and Instruction: European Research in an International Context*. Oxford: Pergamon.

- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1992), «Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood». *Cognitive Psychology*.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (υπό έκδ.), *Elementary School Children's Explanations of the Day/Night Cycle*.
- White, B.Y. (1983), «Sources of Difficulty in Understanding Newtonian Dynamics». *Cognitive Science*, 7(1).
- Wiser, M., & Carey, S. (1983), «When Heat Temperature were One». Στο Gentner, D., & Stevens, A.L. (επιμ.), *Mental Models*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.



ΑΠΟ ΤΗ ΓΝΩΣΙΑΚΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ  
ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ<sup>1</sup>

ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΠΡΟΣΦΑΤΩΝ ΕΞΕΛΙΞΕΩΝ ΣΤΗ ΓΝΩΣΙΑΚΗ επιστήμη χρησιμεύουν ως βάση για να προτείνουμε ένα σύνολο αρχών για το σχεδιασμό εναλλακτικών περιβαλλόντων μάθησης που βασίζονται στην τεχνολογία. Υποστηρίζουμε ότι οι νέες τεχνολογίες πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να στηρίζουν τις προσπάθειες των ίδιων των μαθητών για κατανόηση και όχι για απομνημόνευση, για να προάγουν την εννοιολογική αλλαγή, τη μεταγνωσιακή επίγνωση και τη γνωσιακή ευελιξία, και να γεφυρώσουν το χάσμα που υπάρχει σήμερα μεταξύ των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα στο σχολείο και αυτών που είναι αυθεντικές πολιτισμικές δραστηριότητες.

*Εισαγωγή*

Μέχρι τώρα, ο σχεδιασμός της εκπαιδευτικής τεχνολογίας έχει ως επί το πλείστον καθοδηγηθεί από την πρόοδο της τεχνολογίας και πολύ λίγο από τις προόδους που έχουν επιτευχθεί στην ψυχολογία της μάθησης και της κατανόησης της διαδικασίας απόκτησης γνώσεων. Η

---

1. Μετάφραση του άρθρου «From Cognitive Theory to Educational Technology», το οποίο αποτέλεσε εισαγωγή στο βιβλίο *Technology-Based Learning Environments: Psychological and Educational Foundations* (Springer Verlag, 1954), και το οποίο επιμελήθηκα με τη βοήθεια των Erik de Corte και Heinz & Mandl.

αποτυχία της εκπαιδευτικής ψυχολογίας και της διδακτικής θεωρίας να επηρεάσουν τη δημιουργία ενός σχολικού περιβάλλοντος μάθησης, που υποβοηθείται από την τεχνολογία, έχει αναμφισβήτητα συνεισφέρει στο γεγονός ότι οι υπολογιστές έχουν αφομοιωθεί στις τρέχουσες πρακτικές αντί να έχουν καταστεί η δύναμη για την αλλαγή αυτών των πρακτικών, όπως αρκετοί εκπαιδευτικοί είχαν αρχικά ελπίζει (π.χ. Becker, 1991). Έχει καταστεί πλέον φανερό ότι αν θέλουμε να αξιοποιήσουμε καλύτερα τις πρόσφατες τεχνολογικές προόδους, θα πρέπει να δημιουργήσουμε ένα διαφορετικό όραμα του τι πρέπει να είναι αυτό το νέο σχολικό περιβάλλον.

Αρκετοί ερευνητές στο χώρο της εκπαιδευτικής τεχνολογίας προσπαθούν τώρα να χρησιμοποιήσουν τα ευρήματα της γνωσιακής επιστήμης για να σχεδιάσουν καινούργια και ανανεωτικά περιβάλλοντα μάθησης. Σκοπός μου σ' αυτό το σύντομο άρθρο είναι να επισημάνω μερικά από τα ευρήματα της τρέχουσας έρευνας στη γνωσιακή επιστήμη που μπορούν να επηρεάσουν στο σχεδιασμό εναλλακτικών μαθησιακών περιβαλλόντων που χρησιμοποιούν τις νέες τεχνολογίες. Μεταξύ των θεμάτων που θα συζητηθούν είναι τα ακόλουθα: η ανάγκη να θέτουμε εκπαιδευτικούς στόχους που έχουν σημασία για το μαθητή, η σπουδαιότητα υποστήριξης και ενθάρρυνσης της γνωσιακής δραστηριότητας του ίδιου του μαθητή, και η επίτευξη μεταγνωσιακής επίγνωσης και νοητικής ευελιξίας.

### *Εκπαιδευτικοί Στόχοι που έχουν Σημασία για το Μαθητή*

Πρόσφατες αναλύσεις της διαδικασίας της μάθησης έχουν αμφισβητήσει την παραδοσιακή υπόθεση σύμφωνα με την οποία οι γνώσεις αποτελούνται από έννοιες που έχουν αποδεσμευθεί από το κοινωνικό και πολιτισμικό τους πλαίσιο και μπορούν, μέσω της αφηρημένης και λεκτικής διδασκαλίας, να εμφυτευθούν στο μυαλό του καθενός μαθητή (π.χ. Brown, Collins & Duguid, 1989· «The Cognition and Technology Group at Vanderbilt», 1990). Σήμερα, η έρευνα στη γνωσιακή επιστήμη έχει αποδείξει ότι οι «γνώσεις» δεν μπορούν να διαχωριστούν από τη «διαδικασία της μάθησης», και το «ό,τι μαθαίνου-

με» αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα τού «πώς το μαθαίνουμε και το χρησιμοποιούμε». Αυτές οι προσεγγίσεις, που είναι γνωστές ως θεωρία της εγκαθιδρυμένης νόησης, τονίζουν την ανάγκη να κατασκευάσουμε μαθησιακά περιβάλλοντα τα οποία ωθούν τους μαθητές σε δραστηριότητες που έχουν σημασία γι' αυτούς, που είναι πολιτισμικά αυθεντικές και κοινωνικά σκόπιμες.

Πολύ συχνά, οι πρακτικές του σύγχρονου σχολείου δεν δίνουν στους μαθητές την ευκαιρία να συμμετάσχουν σε δραστηριότητες που είναι σχετικές στο πλαίσιο μέσα στο οποίο μεγαλώνουν. Η αρχετυπική σχολική δραστηριότητα διαφέρει κατά πολύ από αυτό που έχουμε κατά νου όταν μιλάμε για αυθεντική δραστηριότητα, γιατί είναι πολύ διαφορετική από αυτό που κάνουν οι αυθεντικοί πολίτες ενός κράτους. Η δραστηριότητα στην τάξη εκτυλίσσεται μέσα στην κουλτούρα του σχολείου. Αυτή η υβριδική δραστηριότητα περιορίζει τη χρήση από τους μαθητές κοινωνικών και πολιτισμικών πληροφοριών, που θα μπορούσαν να τους βοηθήσουν στη μάθηση. Αυτό που κάνουν οι μαθητές τείνει να καταστεί μια άσκοπη δραστηριότητα [Brown et al., 1989, σ. 34].

Μολονότι είναι σχεδόν αδύνατο να αντικαταστήσουμε πλήρως τις σχολικές δραστηριότητες μ' αυτό που οι Brown et al. (1989) αποκαλούν *αυθεντικές δραστηριότητες*, πολλά θα μπορούσαν να γίνουν για να γεφυρωθεί το χάσμα που επί του παρόντος υπάρχει ανάμεσα στο σχολείο και στις δραστηριότητες έξω από το σχολείο. Οι νέες τεχνολογίες μπορούν να βοηθήσουν σ' αυτή τη διαδικασία, γιατί καθιστούν εφικτή τη δημιουργία μαθησιακών καταστάσεων που αντικατοπτρίζουν αυτό που συμβαίνει στον πραγματικό κόσμο κατά τρόπο που είναι δύσκολο να επιτευχθεί στην τάξη ενός παραδοσιακού σχολείου. Παραδείγματος χάρη, μαθαίνοντας Αριθμητική σε καταστάσεις που αναφέρονται στην πραγματική ζωή, όπως τα ψώνια στο σούπερ μάρκετ ή η ανάληψη χρημάτων από την Τράπεζα, ο μαθητής είναι πιθανότερο να συσχετίσει την Αριθμητική που έμαθε στην τάξη με δραστηριότητες που συμβαίνουν στην καθημερινή ζωή, και συνεπώς να εφαρμόσει τις μαθηματικές γνώσεις σε παρόμοιες καταστάσεις. Κατά τον ίδιο τρόπο, στις Φυσικές Επιστήμες και στα Οικονομικά, στην Ιστορία και στη Γεωγραφία, η διδασκαλία απομονωμέ-

νων γεγονότων και θεωριών –που είναι πιθανόν να ξεχαστούν όταν λήξει το σχολικό έτος– μπορεί να αντικατασταθεί από μαθησιακά περιβάλλοντα τα οποία, με τη χρήση υπολογιστών και πολυμέσων, επιτρέπουν στους μαθητές να βιώσουν τα είδη των δραστηριοτήτων που χαρακτηρίζουν την πραγματική ζωή ενός επιστήμονα (βλ. επίσης Collins, 1989).

Η δουλειά του «Cognition and Technology Group at Vanderbilt» έχει προσπαθήσει με συστηματικό τρόπο να χρησιμοποιήσει τις νέες τεχνολογίες για να δημιουργήσει το είδος της διδασκαλίας που διευκολύνει τη μάθηση και την κριτική σκέψη. Το νόημα της *αγκυροβολημένης διδασκαλίας* (anchored instruction), όπως την αποκαλούν, είναι να δημιουργήσουμε ρεαλιστικά προβλήματα παρόμοια μ' αυτά που ασχολούνται οι επιστήμονες στην καθημερινή ζωή (π.χ. πώς να καθαρίσουμε τη θάλασσα από μια τεράστια κηλίδα πετρελαίου που τη μολύνει), τα οποία απαιτούν για τη λύση τους πολύπλοκη σκέψη και συλλογισμούς, να τα παρουσιάσουμε στην τάξη με τη μορφή μιας βιντεοταινίας, και να ζητήσουμε από τους μαθητές ν' ασχοληθούν μ' αυτά. Η εργασία του Mandl (1994) και των συνεργατών του στο Πανεπιστήμιο του Μονάχου στη Γερμανία, ακολουθεί επίσης το ίδιο σκεπτικό. Αυτοί υποστηρίζουν ότι οι προσομοιώσεις των υπολογιστών είναι μια αποτελεσματική μέθοδος, που ωθεί τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν πολύπλοκους συλλογισμούς για να λύσουν προβλήματα σε αυθεντικές μαθησιακές καταστάσεις. Οι καταστάσεις αυτές είναι δυνατόν να εφοδιάσουν τους μαθητές με το είδος εκείνο των γνώσεων που μπορούν να εφαρμοστούν ευκολότερα σε πραγματικές καταστάσεις.

Τα θετικά μαθησιακά αποτελέσματα που είναι πιθανόν να προκύψουν από τέτοια μαθησιακά περιβάλλοντα είναι ασφαλώς μια υπόθεση που χρειάζεται επαλήθευση. Ενώ αποφεύγουν μερικά από τα προβλήματα μεταφοράς γνώσεων που παρουσιάζει η παραδοσιακή διδασκαλία, δεν είναι εντελώς απαλλαγμένα από προβληματικά στοιχεία. Οι μαθητές πρέπει να αντιληφθούν τις ομοιότητες και τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των προσομοιώσεων στις οποίες έχουν εκτεθεί στα περιβάλλοντα πολυμέσων και των στόχων της

αληθινής ζωής. Επιπλέον, χρειάζεται να εξασκηθούν ώστε να μπορούν να γενικεύουν από τις συγκεκριμένες περιπτώσεις που μελετούν τις πιο αφηρημένες αρχές, που συνήθως τους δίνονται στο σχολείο, και όχι αντιστρόφως. Τα πραγματικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τέτοιων περιβαλλόντων θα γίνουν εμφανή μόνον όταν τα περιβάλλοντα αυτά δοκιμαστούν σε μεγάλο αριθμό μαθητών.

### *Η Ενθάρρυνση και η Υποστήριξη της Δημιουργικής Δραστηριότητας του Μαθητή στη Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης<sup>2</sup>*

Οι πρόσφατες προσεγγίσεις του φαινομένου της μάθησης τονίζουν την ενεργό και δημιουργική φύση της διαδικασίας απόκτησης γνώσεων. Ο μαθητής δεν είναι ένας παθητικός αποδέκτης πληροφοριών, αλλά ένας ενεργός και δημιουργικός ερμηνευτής εννοιών. Η αντίληψη ότι τα μαθησιακά περιβάλλοντα πρέπει να υποστηρίζουν τις προσπάθειες που καταβάλλουν οι μαθητές για να ερμηνεύσουν έννοιες ενός επιπέδου κατά τι ανωτέρου από το τρέχον επίπεδο ικανότητων τους (βλ. επίσης Kintsch, 1991) δεν είναι συνεπής με τις υποκείμενες επιστημολογικές υποθέσεις της παραδοσιακής διδασκαλίας ή με τα πρόσφατα συστήματα εκπαιδευτικής τεχνολογίας που αποκαλούνται *Ευφυή Συστήματα Διδασκαλίας* (Intelligent Tutoring Systems). Όπως τονίζεται από τον De Corte (1995),

τα ευφυή συστήματα διδασκαλίας, τα οποία στηρίζουν τις αποφάσεις τους που αναφέρονται στις διδακτικές παρεμβάσεις σε μια λεπτομερή διάγνωση

---

2. Η «ζώνη της επικείμενης ανάπτυξης» (zone of proximal development) είναι όρος που εισήγαγε ο Ρώσος ψυχολόγος L.S. Vygotsky. Αναφέρεται στις δυνατότητες ανάπτυξης που ένας μαθητής έχει αν βοηθηθεί από κάποιον άλλο, συνήθως δάσκαλο ή γονέα. Ο Vygotsky τονίζει ότι οι διάφορες ψυχολογικές δοκιμασίες μάς δίνουν πληροφορίες σχετικές με το τι μπορεί ένα άτομο να επιτελέσει από μόνο του, αγνοώντας ότι τα άτομα μπορεί να διαφέρουν πολύ ως προς τη δυνατότητα που έχουν να εξελιχθούν μέσα από την κατάλληλη διδασκαλία, προσαρμοσμένη στο νοητικό επίπεδο του μαθητή. Η έννοια της «ζώνης της επικείμενης ανάπτυξης» έχει σκοπό να καλύψει αυτό το κενό.

των γνώσεων του μαθητή, μπορεί να οδηγήσουν στην επικράτηση αυστηρά δομημένων περιβαλλόντων μάθησης που δε δίνουν στο μαθητή αρκετές ευκαιρίες για ν' ασχοληθεί και να συμμετάσχει ενεργά [σ. 7].

Ενώ τα Ευφυή Συστήματα Διδασκαλίας μπορεί να είναι δομημένα πέραν του δέοντος, τα διερευνητικά περιβάλλοντα μάθησης μπορεί να είναι περισσότερο απ' ό,τι πρέπει ανοιχτά και ακατάλληλα για χρήση σε καταστάσεις που απαιτούν την εισαγωγή πολλών νέων πληροφοριών. Αυτό που κάνουν τα διερευνητικά περιβάλλοντα κατά τον καλύτερο τρόπο είναι ότι επιτρέπουν στους μαθητές να εξοικειωθούν με πράγματα που ήδη γνωρίζουν ακροθιγώς, επιτυγχάνοντας έτσι μια βαθύτερη κατανόηση και επίγνωση (Teodoro, 1994).

Αυτό που φαίνεται πως απαιτείται είναι συστήματα τα οποία επιτρέπουν μεν στους μαθητές να ασκούν έλεγχο στη διαδικασία μάθησης, αλλά και που μπορούν να παρέχουν βοήθεια και καθοδήγηση όταν χρειάζεται. Διάφοροι ερευνητές, επί του παρόντος, πειραματίζονται με τέτοια συστήματα. Οι πειραματισμοί τους εκτείνονται από αυτό που κατέληξε να ονομάζεται *Μη Ευφυή Συστήματα Διδασκαλίας* (Unintelligent Tutoring Systems) (Nathan & Resnick, 1994; Reusser, 1995) μέχρι τα *Συνεργατικά Συστήματα Διδασκαλίας* (Collaborative Tutorial Systems) (π.χ. Kanselaar & Erkens, 1994; Dillenbourg, 1994). Ένα Μη Ευφύες Σύστημα Διδασκαλίας σαν αυτό που προτείνουν οι Nathan και Resnick δεν προσπαθεί να κατανοήσει το μαθητή ή να σχεδιάσει το μοντέλο του, πράγμα το οποίο κάνει ένα Ευφύες Σύστημα Διδασκαλίας: αντίθετα, μέσω μιας ανάλυσης του ερευνώμενου τομέα, αντανακλά στο μαθητή μια εικόνα της επίδοσής του με τρόπο που του επιτρέπει να καταλάβει τα λάθη του ώστε να μπορέσει να τα προσπελάσει. Τα Συνεργατικά Συστήματα Διδασκαλίας λαμβάνουν σοβαρότερα υπόψη τη θέση ότι ο υπολογιστής είναι ένας συνεργάτης κι ένας συμμαθητευόμενος σε μια αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπου και μηχανής, και με διάφορα μέσα πειραματίζονται για να κατανοήσουν και να προσομοιάσουν τους μηχανισμούς που χρησιμοποιούν οι πραγματικοί συνεργάτες για να διευκολύνουν τη μάθηση σε μια πολιτιστικά αυθεντική επικοινωνία.

Είναι σημαντικό να σημειώσουμε εδώ την αλληλεπίδραση μεταξύ της βασικής και της εφαρμοσμένης έρευνας που λαμβάνει χώρα κατά την ανάπτυξη αυτών των συστημάτων. Μερικές φορές, η κατασκευή ρηξικέλευθων περιβαλλόντων μάθησης απαιτεί μεγαλύτερη διασαφήνιση και ακρίβεια ορισμένων εννοιών, που στις θεωρίες μας περί μάθησης είναι ασαφείς και ανακριβείς. Η ανάγκη λοιπόν αυτή γίνεται η κινητήρια δύναμη που ωθεί στην ανάληψη νέας, βασικής έρευνας στη γνωσιακή επιστήμη. Επιπλέον, από τη στιγμή που θα αναπτυχθούν τέτοια συστήματα, μπορούν να αποτελέσουν τη δοκιμαστική βάση των θεωρητικών εκείνων ιδεών που τα δημιούργησαν, και να καταστούν η αφετηρία καινούργιων και ενδιαφερουσών διορατικών παρατηρήσεων πάνω στην ίδια τη διαδικασία μάθησης.

### *Η Εμπειρία Εννοιολογικής Αναδιοργάνωσης και η Δημιουργία Μεταγνωσιακής Επίγνωσης<sup>3</sup>*

Προτού εκτεθούν στη συστηματική διδασκαλία, οι μαθητές έχουν ήδη οικοδομήσει ένα πλούσιο και στιβαρό σύστημα γνώσεων, το οποίο βασίζεται στις ερμηνείες των καθημερινών εμπειριών που αντλούν από το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον μέσα στο οποίο μεγαλώνουν. Οι αναπαραστάσεις της πραγματικότητας που έχουν δημιουργήσει οι μαθητές ενσωματώνουν επεξηγήσεις των φυσικών και κοινωνικών φαινομένων που συχνά είναι πολύ διαφορετικές από τα είδη των εξηγήσεων που σήμερα είναι πολιτισμικά αποδεκτά και διδάσκονται στα σχολεία. Για παράδειγμα, οι έρευνες στο χώρο της παρατηρησιακής Αστρονομίας έχουν δείξει ότι οι μαθητές σχηματί-

---

3. Ο όρος «μεταγνωσιακή επίγνωση» αναφέρεται στη συνειδητή γνώση που έχει ένα άτομο για τη νοητική του δραστηριότητα. Ένα σημαντικό μέρος της γνωσιακής επίγνωσης είναι η συνειδητοποίηση ότι οι εξηγήσεις που δίνουμε στα φυσικά και κοινωνικά φαινόμενα της καθημερινής ζωής είναι υποθέσεις που μπορούν να υπαχθούν σε έλεγχο και αναθεώρηση. Οι νεαροί μαθητές δεν έχουν επίγνωση της υποθετικής φύσης των θεωρητικών τους εικασιών, οι οποίες λειτουργούν ως λανθάνοντες περιορισμοί στην κατανόηση νέων πληροφοριών και συχνά δημιουργούν παρανοήσεις (βλ. Vosniadou & Brewer, 1992, 1994).

ζουν μια αρχική αναπαράσταση της Γης ως ένα επίπεδο, ακίνητο και στηριζόμενο σώμα που βρίσκεται στο κέντρο του σύμπαντος. Συνεπώς με αυτή την αναπαράσταση είναι η εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας, ως αποτέλεσμα της κίνησης του Ήλιου και της Σελήνης που κρύβονται πίσω από τα βουνά ή τα σύννεφα κατά τη διάρκεια της νύχτας ή της μέρας αντίστοιχα (Vosniadou & Brewer, 1992, 1994). Άλλες μελέτες δείχνουν ότι τα παιδιά του Δημοτικού σχολείου σχηματίζουν μια έννοια της θερμότητας που βασίζεται στην αισθητή διάκριση μεταξύ θερμότητας και ψυχρότητας. Σύμφωνα μ' αυτή την άποψη, τα φυσικά αντικείμενα έχουν την ιδιότητα να είναι περισσότερο ή λιγότερο θερμά, με την άμεση δε επαφή η θερμότητα ή η ψυχρότητά τους αυτή μπορεί να μεταφερθεί σε άλλα αντικείμενα (Vosniadou & Kempner, 1993).

Κατά το σχεδιασμό της διδασκαλίας, είναι σημαντικό να λαμβάνουμε υπόψη τα είδη των εμπειρικά βασισμένων αναπαραστάσεων του φυσικού και κοινωνικού κόσμου τα οποία έχουν οικοδομήσει οι μαθητές. Κάτι τέτοιο είναι αναγκαίο διότι οι αναπαραστάσεις αυτές είναι το σημείο όπου οι καινούργιες πληροφορίες αφομοιώνονται στο γνωσιακό σύστημα. Σειρά μελετών στο εργαστήριό μας έχουν δείξει ότι, όταν δίνουμε στους μαθητές πληροφορίες που δεν είναι συνεπείς με ό,τι ήδη γνωρίζουν, συγχύζονται, καθίστανται εσωτερικά ασυνεπείς ή διαστρεβλώνουν τις καινούργιες πληροφορίες ώστε να τις καταστήσουν συνεπείς με τις υπάρχουσες αναπαραστάσεις τους (για μια εκτεταμένη συζήτηση αυτού του ζητήματος βλ. το άρθρο της Vosniadou, 1994).

Μία από τις βασικές αιτίες που προκαλούν αυτές τις διαστρεβλώσεις ή παρανοήσεις είναι ότι οι μαθητές δε διαθέτουν μεταγνωσιακή επίγνωση των νοητικών μοντέλων και θεωρητικών δοξασιών που επηρεάζουν τις προσπάθειές τους ν' αποκτήσουν καινούργιες γνώσεις. Όπως τα συντακτικά και τα γραμματικά λάθη μάς δείχνουν ότι τα παιδιά λειτουργούν επί τη βάση πολύπλοκων συστημάτων γλωσσικών κανόνων χωρίς να είναι σαφώς και συνειδητά ενήμερα αυτών των κανόνων, έτσι και οι παρανοήσεις στο χώρο της Φυσικής δείχνουν ότι τα παιδιά χρησιμοποιούν επεξηγηματικά πλαίσια για να εξηγήσουν εξέχοντα φαινόμενα του φυσικού τους κόσμου χωρίς



να έχουν επίγνωση ότι ενεργούν κατ' αυτό τον τρόπο. Αν τα παιδιά ήταν ενήμερα της ερμηνευτικής και θεωρητικής φύσεως των δοξασιών τους, θα υπέβαλλαν ερωτήσεις, θα αμφισβητούσαν τις επιστημονικές θεωρίες που τους διδάσκουμε στο σχολείο, ή θα έλεγαν πως δεν τις καταλαβαίνουν.

Είναι προφανές πως το πρώτο βήμα για να βοηθήσουμε το μαθητή να κατανοήσει τις επιστημονικές απόψεις είναι να τον βοηθήσουμε να συνειδητοποιήσει τα επεξηγηματικά μοντέλα που ο ίδιος χρησιμοποιεί και να καταλάβει με ποιο τρόπο αυτά διαφέρουν από τις σημερινά αποδεκτές θεωρίες. Η δημιουργία μαθησιακών καταστάσεων οι οποίες επιτρέπουν την εξωτερίκευση και εξέταση των υπάρχουσών αναπαραστάσεων, μπορεί να διευκολύνει την εννοιολογική αλλαγή και να συνεισφέρει στη δημιουργία μεταγνωσιακής επίγνωσης. Για να το πετύχουμε, είναι σημαντικό να εφοδιάσουμε τους μαθητές με διδακτικές εμπειρίες που θα τους κάνουν να αντιληφθούν ότι οι επεξηγήσεις που έχουν σχηματίσει στηριγμένοι στις καθημερινές τους εμπειρίες είναι ερμηνείες των οποίων η επάρκεια μπορεί να αμφισβητηθεί, κι ότι μπορεί να αντικατασταθούν από άλλες εναλλακτικές εξηγήσεις.

Τα περιβάλλοντα μάθησης που βασίζονται στην τεχνολογία μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να αλλάξουν τις υπάρχουσες γνώσεις τους και να πετύχουν μεταγνωσιακή μεταενοιολογική επίγνωση με ποικίλους τρόπους. Μπορούν να δώσουν τα εργαλεία εκείνα που επιτρέπουν στους μαθητές να δημιουργήσουν τις δικές τους αναπαραστάσεις καταστάσεων και να δοκιμάσουν την επάρκειά τους, όπως συμβαίνει στα «Tools for Exploratory Learning» των Bliss και Ogborn (βλ. Bliss, 1994), ή όπως στην περίπτωση του υπολογιστικού περιβάλλοντος (CSILE) που έχουν αναπτύξει οι Scardamalia και Bereiter (Scardamalia & Bereiter, 1995), όπου οι μαθητές μπορεί να εφοδιαστούν με εικόνες που τους βοηθούν να χαρακτηρίσουν τις σημειώσεις τους σύμφωνα με διάφορα «είδη σκέψης». Τέτοια περιβάλλοντα μάθησης βοηθούν τους μαθητές να εξωτερικεύσουν τις εσωτερικές αναπαραστάσεις τους και να εξετάσουν την αντικειμενικότητά τους. Τους δίνουν τη δυνατότητα να εντοπίσουν τις λανθά-

νους επιπτώσεις αυτών των αναπαραστάσεων, να τις συζητήσουν με άλλους και να τις αλλάξουν.

Τα *Συνεργατικά Συστήματα Διδασκαλίας*, στα οποία ο υπολογιστής-συνέταιρος αντανακλά την επίδοση του μαθητή ή γνωστοποιεί στο μαθητή ότι έχει εντοπιστεί μια αποτυχία στην επικοινωνία, μπορούν επίσης να αποβούν το όργανο για τη δημιουργία μεταγνωσιακής επίγνωσης. Το ίδιο κάνουν και τα δίκτυα που διευκολύνουν την ομαδική δουλειά και την ανταλλαγή πληροφοριών (π.χ., βλ. το άρθρο της Turney-Purta, 1994), γιατί δείχνουν στους μαθητές ότι μπορεί να υπάρχουν διαφορετικές γνώμες και απόψεις πάνω σε ζητήματα τα οποία πιθανώς θεωρούσαν αναμφισβήτητα.

### *Η Χρήση των Μοντέλων και Αναλογιών στη Διδασκαλία*

Αν οι μαθητές σκέφτονται με βάση μοντέλα και αναπαραστάσεις που βασίζονται στην εμπειρία τους, τότε η διδασκαλία που στηρίζεται σε μοντέλα μάλλον παρά στη Γλώσσα ή στα Μαθηματικά μπορεί να έχει περισσότερες πιθανότητες να οδηγήσει σε κατανόηση αντί της απλής απομνημόνευσης. Επίσης, τα περιβάλλοντα μάθησης που βασίζονται στην τεχνολογία έχουν το σαφές πλεονέκτημα έναντι των παραδοσιακών μεθόδων να παρέχουν διδασκαλία που βασίζεται σε μοντέλα.

Με τη χρήση υπολογιστών μπορούμε να σχεδιάσουμε μοντέλα αντικειμένων και διαδικασιών που είναι αφηρημένα και μη παρατηρήσιμα, βοηθώντας έτσι τους μαθητές να εμπλουτίσουν τη φαινομενική τους εμπειρία και να κατανοήσουν την ανάγκη οικοδόμησης διαφορετικών ειδών αναπαραστάσεων. Μπορούν επίσης να δώσουν σαφή και ευκρινή παραδείγματα των επιστημονικά αποδεκτών αναπαραστάσεων, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα να κατανοηθούν εσφαλμένα. Παραδείγματος χάρη, μπορούμε να συγκρίνουμε πώς φαίνεται η Γη από τη σκοπιά ενός ανθρώπου σαν εμάς που ζει στη Γη μ' αυτή ενός αστροναύτη που βρίσκεται στη Σελήνη και που βλέπει τη Γη από τη Σελήνη. Μπορούμε να πάμε ακόμα πιο μακριά και να δείξουμε ποια είναι η θέση της Γης στο ηλιακό σύστημα, πώς περιφέρεται η Γη γύρω από τον Ήλιο, και ούτω καθεξής.

Η διδασκαλία που βασίζεται σε μοντέλα μπορεί να καθοδηγήσει τους μαθητές ώστε βαθμιαία να αναδιοργανώσουν τα αρχικά, αφελή μοντέλα τους, καταλήγοντας στα ποιοτικά μοντέλα που χρησιμοποιεί ένας επιστήμονας. Όπως παρατηρούν οι Raghavan και Glaser (1995), ένα από τα προβλήματα της παραδοσιακής διδασκαλίας είναι ότι πολύ γρήγορα εξωθεί τους μαθητές στην απομνημόνευση και την εφαρμογή τυπικών ποσοτικών νόμων σε καταστάσεις επίλυσης προβλημάτων, χωρίς να τους διδάσκει τα ποιοτικά μοντέλα που οι επιστήμονες χρησιμοποιούν για να στηρίξουν τους ποσοτικούς τους υπολογισμούς.

Με τη χρήση των υπολογιστών, μπορούμε επίσης να δημιουργήσουμε αυτό που ο Teodoro (1995) αποκαλεί *συγκεκριμένα-αφηρημένα αντικείμενα*. Πρόκειται για μια τάξη αντικειμένων που μόνο οι υπολογιστές μπορούν να δημιουργήσουν, και η οποία μας επιτρέπει να πάρουμε μια αφηρημένη φυσική ή μαθηματική έννοια, όπως είναι η έννοια της ταχύτητας, ή ένα τυπικό σύστημα, όπως είναι η άλγεβρα (βλ. άρθρο των Nathan & Resnick, 1995), και να δημιουργήσουμε μ' αυτήν ένα συγκεκριμένο αντικείμενο που συμπεριφέρεται όπως το αφηρημένο. Η δημιουργία τέτοιων συγκεκριμενο-αφηρημένων αντικειμένων, που μπορούν οι μαθητές να χειρίζονται, να εξετάζουν και να «τρέχουν» στον υπολογιστή, έχει τη δυνατότητα να τους οδηγήσει σε μια βαθύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς της αφηρημένης έννοιας.

Η διδασκαλία που βασίζεται σε μοντέλα δεν είναι απαλλαγμένη από προβλήματα. Συχνά είναι δύσκολο να προσδιορίσουμε ποια είδη μοντέλων είναι τα πιο κατάλληλα ή να γνωρίσουμε πώς οι μαθητές τα ερμηνεύουν. Επιπλέον, για να βοηθήσει ένα μοντέλο τους μαθητές ν' αλλάξουν τις αναπαραστάσεις που έχουν σχηματίσει με βάση τον πραγματικό κόσμο, είναι σημαντικό να καταστήσει σαφείς τις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ του διδακτικού μοντέλου και του πραγματικού κόσμου. Όταν οι μικρόκοσμοι ή οι προσομοιώσεις παρουσιάζονται στον υπολογιστή ως μεμονωμένα παραδείγματα των οποίων οι σχέσεις με την καθημερινή εμπειρία είναι ασαφείς, τότε ενθαρρύνουν τους μαθητές να δημιουργήσουν αποσπασματικές γνώσεις για τις δύο καταστάσεις –γι' αυτό δηλαδή που συμβαίνει στον πραγματικό κό-

σμο κι αυτό που συμβαίνει στους υπολογιστές– αντί να τους βοηθήσουν να αναδιοργανώσουν τις αρχικές τους αναπαραστάσεις για τον φυσικό κόσμο. Για να κατανοήσουμε τα πλεονεκτήματα αλλά και τα πιθανά μειονεκτήματα και τις ελλείψεις της διδασκαλίας που βασίζεται σε μοντέλα, απαιτείται περισσότερη έρευνα.

### *Συμπεράσματα*

Υποστηρίξαμε ότι αν θέλουμε η εκπαιδευτική τεχνολογία να αλλάξει τις υπάρχουσες πρακτικές, πρώτα χρειάζεται να φτιάξουμε ένα όραμα του νέου μαθησιακού περιβάλλοντος που θα θέλαμε να υποστηρίξουμε με την τεχνολογία. Στο άρθρο αυτό συζητήσαμε ορισμένες πλευρές της μαθησιακής κατάστασης που είναι σημαντικό να ενθαρρύνει κανείς από τη σκοπιά της γνωσιακής θεωρίας. Ένα θέμα επικεντρώνεται στην ανάγκη να δημιουργήσουμε σχολικές δραστηριότητες οι οποίες σχετίζονται περισσότερο με καταστάσεις του πραγματικού κόσμου, έτσι ώστε να γεφυρώσουμε το χάσμα που υπάρχει σήμερα μεταξύ της σχολικής δραστηριότητας και της καθημερινής πραγματικότητας. Συζητήσαμε επίσης για το πόσο σημαντικό είναι να επινοούμε τρόπους που στοχεύουν στην ενδυνάμωση της ενεργού και εποικοδομητικής συμμετοχής των μαθητών στη δραστηριότητα μάθησης. Πρέπει οι μαθητές να μάθουν να ασκούν εσωτερικό έλεγχο στις δικές τους διαδικασίες μάθησης, και οι εκπαιδευτικοί να τους παρέχουν υποστήριξη όταν χρειάζεται. Υποστηρίξαμε ότι τα περιβάλλοντα μάθησης που βασίζονται στην τεχνολογία είναι κατεξοχήν κατάλληλα για τη δημιουργία μεταγνωσιακής επίγνωσης και γνωστικής ευκαμψίας. Με τη χρήση υπολογιστών, μπορούμε να δημιουργήσουμε καταστάσεις που επιτρέπουν στους μαθητές να εκφράσουν τις δικές τους αναπαραστάσεις καταστάσεων, καθιστάμενοι έτσι συνειδητά ενήμεροι αυτών των αναπαραστάσεων και εύκαμπτοι στη χρήση τους. Τέλος, συζητήσαμε για το πώς η χρήση τεχνολογίας μπορεί να μας εφοδιάσει με μια μορφή διδασκαλίας η οποία στηρίζεται σε μοντέλα. Τα μοντέλα μπορεί να συγκεκριμενοποιούν αφηρημένα και μη παρατηρήσιμα αντικείμενα ή διαδικασίες έτσι ώστε η

συμπεριφορά τους να γίνεται πιο κατανοητή στους μαθητές που τα χρησιμοποιούν. Πρέπει όμως να φροντίσουμε ώστε οι μαθητές να μάθουν να χρησιμοποιούν σωστά αυτά τα μοντέλα και να κατανοούν τη σχέση τους με τις καταστάσεις που αναπαριστούν.

Η τεχνολογία μάς επιτρέπει να δημιουργήσουμε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα που υλοποιούν τα αποτελέσματα της γνωσιακής επιστήμης καλύτερα απ' ό,τι η παραδοσιακή διδασκαλία. Τα περιβάλλοντα μάθησης που βασίζονται στην τεχνολογία δημιουργούν με τη σειρά τους καινούργιες καταστάσεις μάθησης, που οδηγούν σε μια νέα θεωρητική σύλληψη της ίδιας της διαδικασίας μάθησης.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Όλα τα άρθρα που αναφέρονται στο παρόν κείμενο είναι Κεφάλαια του βιβλίου των S. Vosniadou, E. De Corte και H. Mandl (επιμ.), *Technology Based Learning Environments: Psychological and Educational Foundations*, series F: Computer Systems, τ. 137, Springer Verlag, 1994.

Εξάιρση αποτελούν τα ακόλουθα:

- Becker, H.J. (1991), «How Computers are Used in the United States Schools: Basic Data from the 1989 IEA Computers in Education Survey». *Journal of Educational Computing Research*, 43, σσ. 445-59.
- Brown, J.S., Collins, A., & Duguid, P. (1989), «Situated Cognition and the Culture of Learning». *Educational Researcher*, 18, σσ. 32-34.
- Collins, A. (1989), «Cognitive Apprenticeship and Instructional Technology». *Technical Report*, 474. Center for the Study of Reading, University of Illinois.
- Cognition and Technology Group at Vanderbilt (1990), «Anchored Instruction and Its Relationship to Situated Cognition». *Educational Researcher*, 19(6), σσ. 2-10.
- Kintsch, W. (1991), «A Theory of Discourse Comprehension: Implications for a Tutor for Word Algebra Problems». Στο Carretero, M., Pope, M., Simons, R.J., & Pozo, J.I. (επιμ.), *Learning and Instruction: European Research in an International Context*, τ. 3. Oxford: Pergamon Press.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1995), «Adaptation and Understanding: A Case for New Cultures of Schooling». Στο Vosniadou, S., De Corte, E., Glaser, R., & Mandl, H. (επιμ.), *International Perspectives on the Design of Technology-Based Learning Environments*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.

- Vosniadou, S. (1994), «Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change, Learning and Instruction». *The Journal of the European Association for Research on Learning and Instruction*, 4, σσ. 45-69.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1992), «Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood». *Cognitive Psychology*, 24, σσ. 535-85.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1994), «Mental Models of the Day/Night Cycle». *Cognitive Science*.
- Vosniadou, S., & Kempner, L. (April, 1993), *Mental Models of Heat*. Paper presented at the biennial meeting of the Society for Research in Child Development. New Orleans, L.A.

## ΑΓΓΛΟΕΛΛΗΝΙΚΟ ΓΛΩΣΣΑΡΙ

<i>accretion</i> : επαύξηση	<i>Cooperative Tutoring Systems</i> : Συνεργατικά Συστήματα Διδασκαλίας
<i>anchored instruction</i> : αγκυροβολημένη διδασκαλία	<i>defining attributes</i> : καθοριστικά στοιχεία
<i>bottom-up processes</i> : διαδικασίες που προέρχονται από τα κάτω προς τα πάνω	<i>domain-specific approach</i> : άποψη περί εξειδίκευσης ανά τομείς
<i>characteristic attributes</i> : χαρακτηριστικά στοιχεία	<i>entrenched presuppositions</i> : εδραιωμένες πεποιθήσεις
<i>cognitive flexibility</i> : γνωσιακή ευελιξία	<i>general problem solving strategies</i> : γενικές στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων
<i>cognitive performance</i> : γνωσιακή επίδοση	<i>generative</i> : παραγωγικό
<i>cognitive psychology</i> : γνωσιακή ψυχολογία	<i>generative questions</i> : παραγωγικές ερωτήσεις
<i>cognitive scientists</i> : γνωσιακοί επιστήμονες	<i>hierarchical structures</i> : ιεραρχικές δομές
<i>cognitivism</i> : γνωστικισμός	<i>human-machine interaction</i> : αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής
<i>composition</i> : σύνθεση	<i>frame</i> : πλαίσιο
<i>computational models</i> : υπολογιστικά μοντέλα	<i>inductive processes</i> : επαγωγικές μέθοδοι
<i>computer stimulations</i> : προσομοιώσεις στον υπολογιστή	<i>information processing paradigm</i> : παράδειγμα επεξεργασίας πληροφοριών
<i>concepts</i> : έννοιες	<i>Intelligent Tutoring Systems</i> : Ευφυή Συστήματα Διδασκαλίας
<i>conceptual change</i> : εννοιολογική αλλαγή	<i>intuitive knowledge</i> : διαισθητική γνώση
<i>conceptual domain</i> : εννοιολογικός τομέας	<i>instructional theory</i> : διδακτική θεωρία
<i>conceptual restructuring</i> : εννοιολογική αναδιοργάνωση	<i>knowledge base</i> : βάση γνώσεων
<i>conceptual structures</i> : εννοιολογικές δομές	<i>knowledge representation</i> : αναπαράσταση των γνώσεων
<i>connectionist models</i> : διασυνδεδεσικά μοντέλα	
<i>connectionism</i> : διασυνδεδεσιασμός	

<i>learning environment</i> : περιβάλλον μάθησης	<i>restructuring</i> : αναδιοργάνωση
<i>limited capacity processing system</i> : σύστημα επεξεργασίας περιορισμένων ικανοτήτων	<i>schema</i> : σχήμα
<i>means-ends analysis</i> : ανάλυση μέσων και σκοπών	<i>scripts</i> : σενάρια
<i>mental models</i> : νοητικά μοντέλα	<i>sequential information processor</i> : σειραϊκός επεξεργαστής πληροφοριών
<i>metacognitive strategies</i> : μεταγνωσιακές στρατηγικές	<i>situated cognition</i> : εγκαθιδρυμένη νόηση
<i>metaconceptual awareness</i> : μεταγνωσιακή επίγνωση	<i>situativity theory</i> : θεωρία της εγκαθίδρυσης
<i>microworlds</i> : μικρόκοσμοι	<i>strength accumulation</i> : συσσώρευση ισχύος
<i>misconceptions</i> : παρανοήσεις	<i>subordinate category</i> : υποκείμενη κατηγορία
<i>module</i> : μονάδα	<i>superordinate category</i> : υπερκείμενη κατηγορία
<i>networks</i> : δίκτυα	<i>synthetic models</i> : συνθετικά μοντέλα
<i>ontological category</i> : οντολογική κατηγορία	<i>top-down processes</i> : διαδικασίες που προέρχονται από τα πάνω προς τα κάτω
<i>Parallel Distributed Processing (PDP)</i> : Παράλληλη Κατανεμημένη Διαδικασία (ΠΚΔ)	<i>tuning</i> : ρύθμιση
<i>problem-space theory</i> : θεωρία προβλήματος-χώρου	<i>unitary theory of learning</i> : ενιαία θεωρία μάθησης
<i>proceduralization</i> : διαδικαστικοποίηση	<i>Unitelligent Intoring Systems</i> : Μη Ευφυή Συστήματα Διδασκαλίας
<i>production system</i> : σύστημα παραγωγής	<i>zone of proximal development</i> : ζώνη της επικείμενης ανάπτυξης
<i>prototypical attributes</i> : πρωτοτυπικά στοιχεία	



Ψ Υ Χ Ο Λ Ο Γ Ι Α

Υπεύθυνη Σειράς: ΣΤΕΛΛΑ ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ  
Καθηγήτρια Ψυχολογίας Πανεπιστημίου Αθηνών

---

# Η ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

*Στέλλα ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ*

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ

*Γιώργος ΜΠΑΡΟΥΞΗΣ*  
*Ματούλα ΣΤΑΦΥΛΙΔΟΥ*  
*Στέλλα ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ*

---

G U T E N B E R G



Ψ Υ Χ Ο Λ Ο Γ Ι Α

Υπεύθυνη Σειράς: ΣΤΕΛΛΑ ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ  
Καθηγήτρια Ψυχολογίας Πανεπιστημίου Αθηνών

---

RICHARD C. ANDERSON,  
ELFRIEDA H. HIEBERT,  
JUDITH A. SCOTT  
ΚΑΙ IAN A.G. WILKINSON

ΠΩΣ ΝΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΣΟΥΜΕ  
ΕΝΑ ΕΘΝΟΣ ΑΠΟ ΑΝΑΓΝΩΣΤΕΣ

*Από την Ψυχολογία της Ανάγνωσης  
στην Εκπαιδευτική Πρακτική*

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ-ΠΡΟΛΟΓΟΣ  
Στέλλα ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ  
*Ανθή Αρχοντίδου, Ιωάννα Μπίμπου,  
Φωτεινή Παπαδημητρίου και Στέλλα Βοσνιαδου*

---

G U T E N B E R G



Ψ Υ Χ Ο Λ Ο Γ Ι Α

Υπεύθυνη Σειράς: ΣΤΕΛΛΑ ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ  
Καθηγήτρια Ψυχολογίας Πανεπιστημίου Αθηνών

---

DOROTHY H. COHEN - VIRGINIA STERN  
ΜΕ ΤΗ NANCY BALABAN

ΠΑΡΑΤΗΡΩΝΤΑΣ  
ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΟΝΤΑΣ  
ΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ  
ΤΩΝ ΠΑΙΔΙΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ  
*Στέλλα ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ*

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ  
*Δήμητρα ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ*

---

G U T E N B E R G



Ψ Υ Χ Ο Λ Ο Γ Ι Α

Υπεύθυνη Σειράς: ΣΤΕΛΛΑ ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ  
Καθηγήτρια Ψυχολογίας Πανεπιστημίου Αθηνών

---

WILLIAM DAMON

Ο ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΣ ΚΟΣΜΟΣ  
ΤΟΥ ΠΑΙΔΙΟΥ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

*Στέλλα ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ*

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ

*Έλση ΧΟΥΡΤΖΑΜΑΝΟΓΛΟΥ*

---

G U T E N B E R G

Ψ Υ Χ Ο Λ Ο Γ Ι Α

Υπεύθυνη Σειράς: ΣΤΕΛΛΑ ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ  
Καθηγήτρια Ψυχολογίας Πανεπιστημίου Αθηνών

WILLIAM DAMON

Ο ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΣ ΚΟΣΜΟΣ  
ΤΟΥ ΠΑΙΔΙΟΥ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

*Στέλλα ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ*

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ

*Έλση ΧΟΥΡΤΖΑΜΑΝΟΓΛΟΥ*

G U T E N B E R G