

ΣΤΕΛΛΑ ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ

ΓΝΩΣΙΑΚΗ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ:
ΨΥΧΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ
ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΙΑ

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ
ΧΡΗΣΤΟΣ ΚΥΡΚΟΣ

Σειρά: ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ/13

GUTENBERG – ΑΘΗΝΑ 2004

ΝΟΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΤΗΣ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ ΤΗΣ ΜΕΡΑΣ/ΝΥΧΤΑΣ¹

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 προϋποθέσεων 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 υποστήριζε 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 (Gombrich, 1975). Ο Έλληνας φιλόσοφος Ξενοφάνης πίστευε ότι η Γη είναι επίπεδη και ατέλειωτη προς τα κάτω. Υποστήριζε 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 (Plumby, 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.

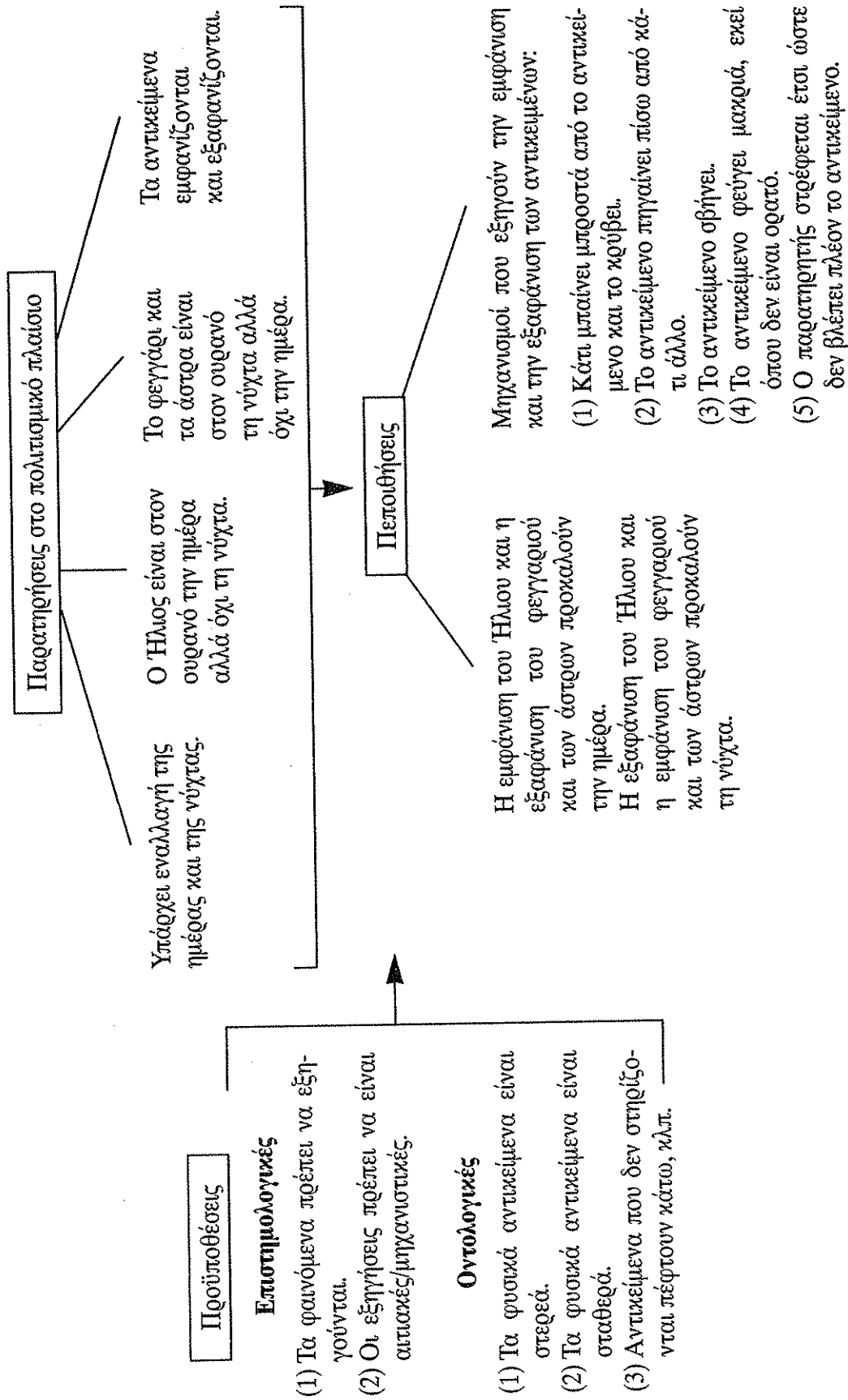
Μια λεπτομερέστερη μελέτη πάνω στις ιδέες των μαθητών για τα αστρονομικά φαινόμενα, συμπεριλαμβανομένης της εναλλαγής του κύκλου της μέρας/νύχτας, έγινε από τον Baxter (1989). Κατά τη με-

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 βρίσκεται 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




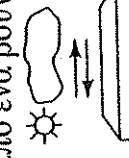


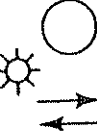



στον ουρανό κατά τη διάρκεια της νύχτας αλλά όχι και κατά τη διάρκεια της μέρας (τα περισσότερα παιδιά του Δημοτικού σχολείου δεν έχουν αντιληφθεί ότι το φεγγάρι ορισμένες φορές βρίσκεται στον ουρανό κατά τη διάρκεια της μέρας). Από τις παρατηρήσεις αυτές, και με δεδομένες τις εδραιωμένες πεποιθήσεις 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 επίλογής των εναλλαγής της μέρας/νύχτας.

| <p>Νοητικά μοντέλα της Γης</p>  <p>(1) Η Γη είναι επίπεδη, υποστηριζόμενη και ακίνητη.</p> <th data-bbox="363 1559 544 1975"> <p>Νοητικά μοντέλα του Ήλιου</p> <th data-bbox="544 1559 810 1975"> <p>Νοητικά μοντέλα της εναλλαγής της μέρας/νύχτας</p> </th></th> | <p>Νοητικά μοντέλα του Ήλιου</p> <th data-bbox="544 1559 810 1975"> <p>Νοητικά μοντέλα της εναλλαγής της μέρας/νύχτας</p> </th> | <p>Νοητικά μοντέλα της εναλλαγής της μέρας/νύχτας</p> |
|---|---|--|
| | <p>(A) Ο Ήλιος κινείται.</p> | <p>Αρχικά μοντέλα.</p>  <p>(1Aα) Ο Ήλιος πηγαίνει 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>Συνθετικά μοντέλα και το επιστημονικό μοντέλο</p>  <p>(2Aα) Ο Ήλιος πηγαίνει 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, 1Βα) ή ότι σβήνει (Σχήμα 2, 1Ββ).

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 2Αα, 2Αβ). Αυτοί οι τύποι μοντέλων έχουν το πρόσθετο πλεονέκτημα (έναντι των μοντέλων 1Αα και Αβ) 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 2Βα) είτε περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της (Σχήμα 2Ββ), 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-

μ
ε
ν

κ
κ
ν
ά
τ
τ
π
τ
ί
Γ

π
φ
π
ν
ν
τ
ν
τ
δ
σ

λ
ε
γ
τ
Γ
τ
θ
τ

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.

Ενκατακλείδι, 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-

δι
τα
τα

μ
γ
χ
τα
κ
χ
φ

κ
(
φ
Σ
ν
κ
ει
ξ

Δ

Τ
κ
σ
α
τι

Ε

Τ
ει
ν

1.

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 άστρων 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 βάση των δεδομένων μας και της προηγούμενης έρευνας σ' αυτή την περιοχή, εντοπίσαμε ένα σύνολο πιθανών εξηγήσεων για την εξαφάνιση του Ήλιου και των άστρων, 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.^α

| 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) ^β | 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. |

^α n = 60.

^β 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 περιτροφικά 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 Ηλίου 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 αλλώς 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>6) Ο Ήλιος περιφέρεται γύρω από τη Γη.</p> | <p>(7) Η Γη γυρίζει και ο Ήλιος μένει ακίνητος.</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>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: Εννοείς 24 ώρες; A: Εντάξει, κάθε μισές από τις 24 ώρες αλλάζουν, ανταλλάσσουν θέσεις. Ξαν 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 μμμ, 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>ΑΙΖΑΚ (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 κι 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 'χω 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: Λοιπόν, 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 πρέπει. E: Γιατί πρέπει; A: Γιατί είναι Ήλιος, είναι νύχτα και μέρα, και υποτίθεται 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 πρόγμιατι κινείται, αλλά πιστεύω πως απλώς τα σύννεφα 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>ΤΣΑΡΛΣ (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: Κάπως, 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

Η
πε
αι
ντ
κς

τή
στ
μο
κς
(π
«ο
σι
τα
δυ
σε

πε
Ή
αι
22
«ο
(Ε
δε

πε
Ή
πε
εκ
άλ
πε
το
πε
ρί

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.


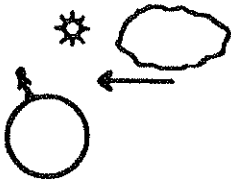


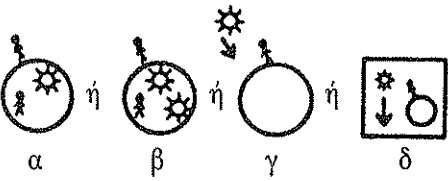
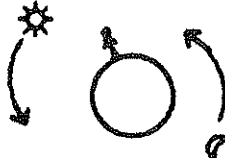
Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, τα περισσότερα από τα παιδιά της πρώτης τάξης έδωσαν εξηγήσεις με βάση το αρχικό νοητικό μοντέλο ενός Ήλιου που κατεβαίνει στο έδαφος, ενώ τα περισσότερα από τα μεγαλύτερα παιδιά έδωσαν εξηγήσεις με βάση την περιστροφική κίνηση της Γης.

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 26α 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>Δείξε μου. Πες μου ακόμα μια φορά πώς συμβαίνει αυτό.</p> |
| <p>(1) Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα ή το σκοτάδι. (1, 1, 1 = 3)^{α,β}</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> |

^α $n = 60$.

^β 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.

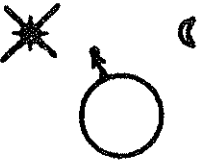
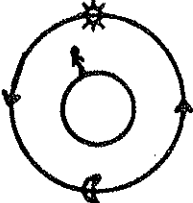
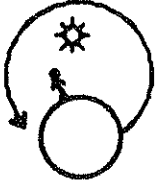
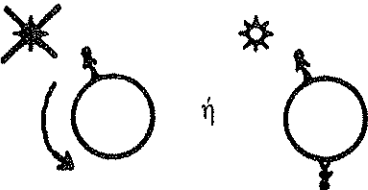
Τύπ

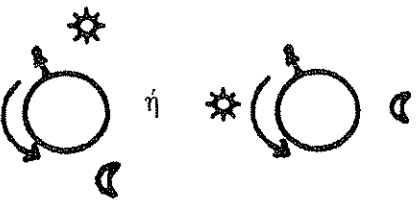



(6)

(7)

(8)

(9)

| | | |
|---|--|--|
| <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>Ε25</p> <p>Ε26α</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>The diagram shows two circular Earths. The left one has a sun icon above and a moon icon below, with a clockwise rotation arrow. The right one has a sun icon above and a moon icon to the right, also with a clockwise rotation arrow. The two are separated by the Greek letter 'eta' (ή).</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>The diagram shows a circular Earth with a sun icon above it. A curved arrow indicates counter-clockwise rotation.</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>The diagram shows a circular Earth with a sun icon to the left and a moon icon to the right. A curved arrow indicates counter-clockwise rotation.</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>The diagram shows a circular Earth with a sun icon above it. A curved arrow indicates clockwise rotation.</p> | <p>Η Γη γυρίζει γύρω-γύρω [στροβιλίζεται ή περιστρέφεται].</p> |

1
(
(
τα
τι
π
π
τι
έ
τα
τι

π
ζ
α
π
κ
π
τι
τι
κ
κ
C
υ
τι
ο

| | | |
|--|---|---|
| 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. | Δείξε μου. Πες μου ακόμα μια φορά πώς συμβαίνει αυτό. |
| | E25 | E26a |
| (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 Ταμάρ 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

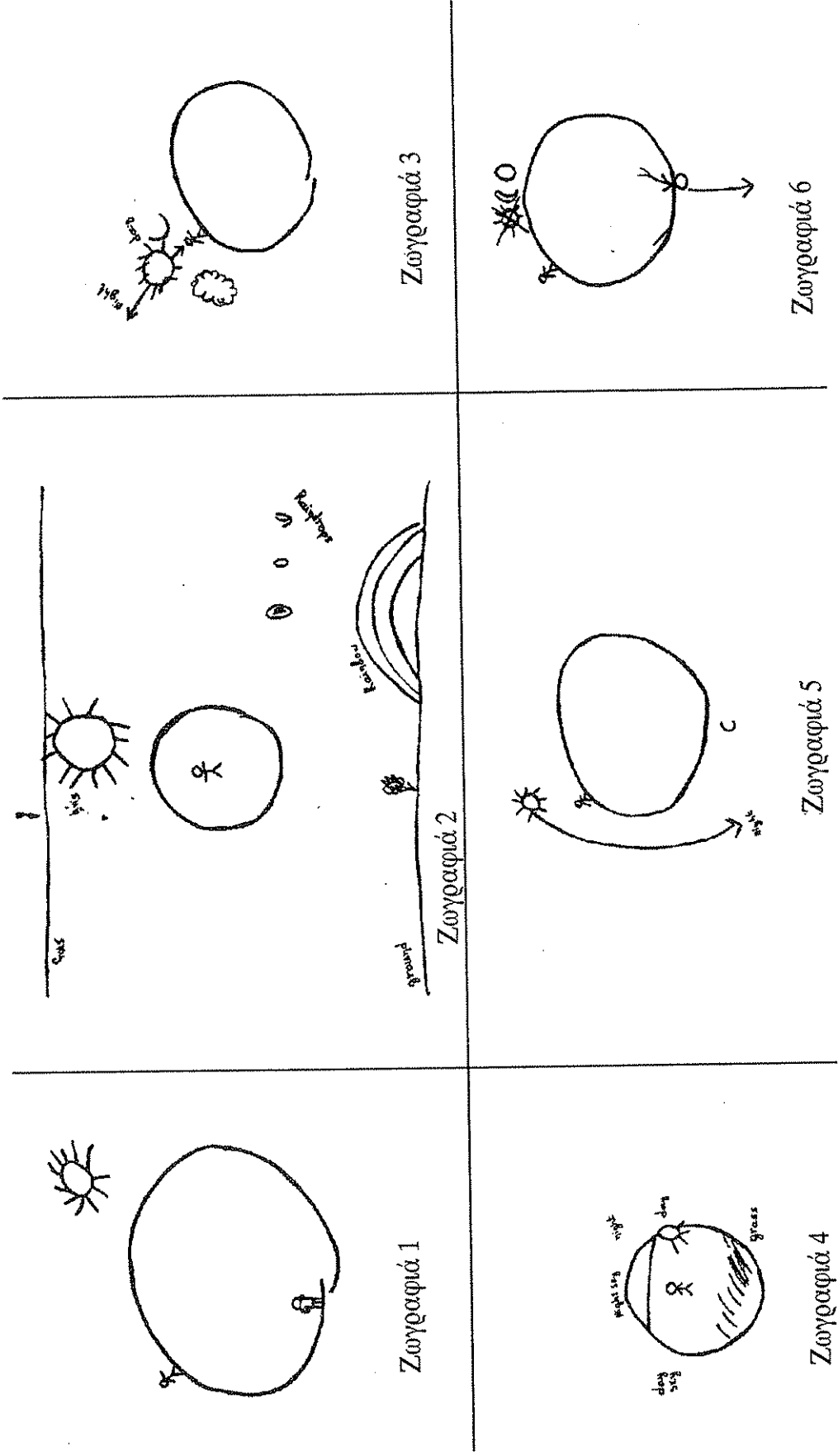
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Παραδείγματα πρωτοκόλλων για τις εξηγήσεις του κύκλου της μέρας/νύχτας.

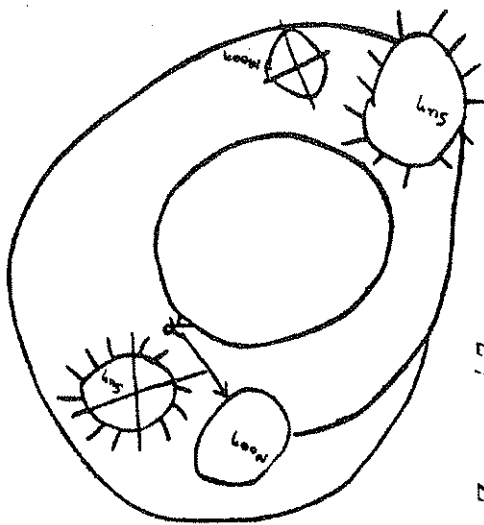
| | | | |
|--|--|--|--|
| <p>(1) Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα ή το σκοτάδι.</p> <p>ΤΑΜΑΡΑ (Αρ. 9, πέμπτη τάξη) E: Τώρα μπορείτε να το κάνεις ώστε να είναι μέρα γι' αυτό το πρόσωπο; A: Αυτός βρέσκεται έξω από τη Γη. E: Πού πρέπει αυτός να βρίσκεται; A: Μέσα εδώ [βλ. την εικόνα 4, σκίτσο 1]. E: ...Εντάξει.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

| | | | |
|--|---|---|---|
| <p>(5) Ο Ήλιος κατεβαίνει στην άλλη πλευρά της Γης.</p> | <p>(6) Ο Ήλιος κατεβαίνει, χωρίς να καθορίζεται προς ποια πλευρά της Γης [και η Σελήνη ανεβαίνει].</p> | <p>(7) Ο Ήλιος και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τη Γη.</p> | <p>(8) Η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο.</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; Α: Κάτω από τη Γη. Ε: Τι ώρα ήταν όταν η Σελήνη πήγε κάτω από τη Γη; Α: Ημέρα.</p> | <p>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 βρισκείται 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>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>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 σμιτσάρει τη Σελήνη]. Ε: Πες μου ακόμα μια φορά πώς γίνεται αυτό; Α: Η Γη γυρίζει γύρω από τον Ήλιο, και ο Ήλιος δίνει ζέστη.</p> |

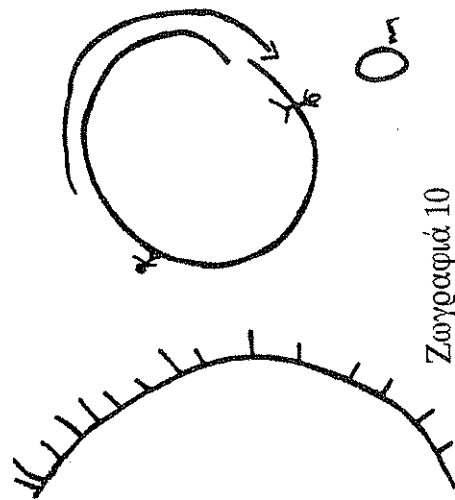
| | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|---|--|---|
| <p>(9) Η Γη γυρίζει πάνω/κάτω και ο Ήλιος μένει ακίνητος [η Σελήνη δεν καθορίζεται τι κάνει].</p> | <p>ΤΣΑΝΤ (Αρ. 19, πέμπτη τάξη) [Το παιδί κάνει το σκίτσο 9 που φαίνεται στην εικόνα 5]. Ε: Πες μου πώς γίνεται αυτό; Α: Ο Ήλιος μένει σ' ένα μέρος και η 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 σκιτσάρω κάπου αλλού; [Σκιτσάρει την ανθρωπίνη φιγούρα στο κάτω μέρος της Γης]. Ε: Βέβαια. [Το παιδί σκιτσάρει 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 περιστεφρόταν προς τα εκεί όπου βρίσκεται 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.

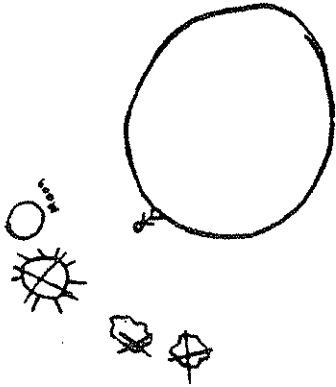




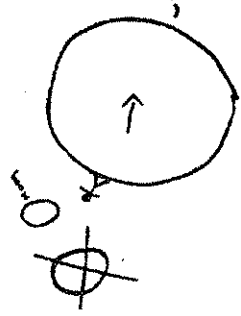
Ζωογραφιά 7



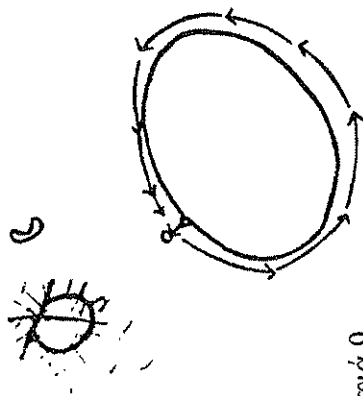
Ζωογραφιά 10



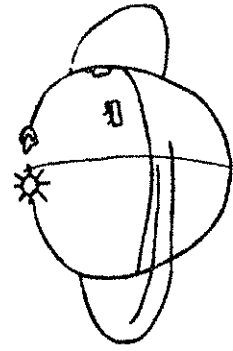
Ζωογραφιά 8



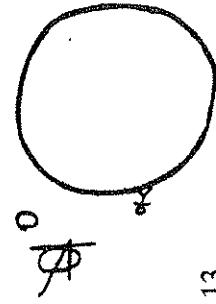
Ζωογραφιά 11



Ζωογραφιά 9



Ζωογραφιά 12



Ζωογραφιά 13

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 με 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.^a

| Τύπος εξήγησης | Κινείται ή Σελήνη; E30 | Κινείται η Σελήνη μαζί σου όταν κά- νεις περίπατο; E31 | Κινείται η σε- λήνη όταν κοι- μάσαι στο κρεβάτι σου; E32 | Γιατί κινείται η Σελήνη; E33 |
|---|---|---|--|---|
| (1) Όχι, με ή χωρίς εξήγη- ση. (2, 7, 8 = 17) ^b | Όχι. Όχι· η Γη κι- νείται και φαίνεται σαν να κινείται η Σελήνη. | Όχι ή Ναι. Όχι, φαίνεται σαν να κινείται στην πραγματι- κότητα δεν κινεί- ται. | Όχι. | Μη σχετική απάντηση. |
| (2) Ναι, πάνω/κάτω. (3, 0, 2 = 5) | Ναι. Πάνω και κάτω. | Όχι ή Ναι, φαί- νεται σαν να κι- νείται. | Ναι, κινείται πάνω/κάτω, ή Όχι, κινεί- ται την αυγή ώστε ο ήλιος να ανέβει ψη- λά και να γί- νει μέρα. | Για να γίνει η αλλαγή μέ- ρας/νύχτας. |
| (3) Ναι, κίνηση χωρίς περαι- τέρω διευ- κρινίσεις. (11, 3, 4 = 18) | Ναι. | Όχι ή Ναι, φαί- νεται σαν να κι- νείται αλλά στην πραγματικότητα δεν κινείται. | Ναι ή Όχι, γιατί κινείται κάποια άλλη ώρα. | Δε γνωρίζω. Για να γίνει η αλλαγή μέ- ρας/νύχτας. Εξαιτίας της βαρύτητας της Γης. |
| (4) Ναι, περιφο- ρά γύρω από τη Γη. (0, 4, 2 = 6) | Ναι, με ή χωρίς ανα- φορά στην περιφορά. | Όχι ή Ναι, φαί- νεται σαν να κι- νείται. | 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. |

^a n = 60.

^b Οι αριθμοί στις παρενθέσεις δίνουν τη συχνότητα των τύπων εξήγησης για κάθε σχολι- κή 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) E: Κινείται η Σελήνη; A: Ναι. Μην το διαγράφεις. Δεν κινείται. Εσύ είσαι που κινείσαι. Και φαίνεται σα να κινείται η Σελήνη. Αυτή είναι ακίνητη όταν εσύ κινείσαι. E: Κινείται η Σελήνη όταν κινείσαι; A: Όχι. E: Κινείται η Σελήνη όταν κινείσαι στο κρεβάτι σου; A: Όχι. Μένει στο ίδιο μέρος. Η Γη κινείται.</p> | <p>ΚΙΝΤΕΝ (Αρ. 44, πρώτη τάξη) E: Κινείται η Σελήνη; A: Μόνο πάνω/κάτω. E: Κινείται η Σελήνη μαζί σου όταν κάνεις περίπατο; A: Όχι. E: Κινείται η Σελήνη όταν κινείσαι στο κρεβάτι σου; A: Όχι. E: Γιατί κινείται η Σελήνη; A: 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) E: Κινείται η Σελήνη; A: Ναι. E: Κινείται η Σελήνη μαζί σου όταν κάνεις περίπατο; A: Όχι. E: Κινείται η Σελήνη όταν κινείσαι στο κρεβάτι σου; A: Ναι. E: Γιατί κινείται η Σελήνη; A: Γιατί έλκεται από τη βαρύτητα της Γης. Και κινείται μαζί με τη Γη.</p> | <p>ΤΖΟΣ (Αρ. 32, τρίτη τάξη) E: Κινείται η Σελήνη; A: Ναι. E: Κινείται η Σελήνη μαζί σου όταν κάνεις περίπατο; A: Όχι. E: Κινείται η Σελήνη όταν κινείσαι στο κρεβάτι σου; A: Ναι. Κινείται γύρω από τη Γη. E: Γιατί κινείται η Σελήνη; A: 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 εν συνεχεία. 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.^a

| 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) ^β | 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. |

^a $n = 60$.

^β 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) Ελλειπείς 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>ΜΑΡΓΚΑΡΕΤ (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, κι 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>ΜΠΑΡΙΑΝ (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>ΝΤΟΝΑΛΑΝΤ (Αρ. 49, 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 εδώ. Κατέβηκαν. E: Κάτω πού; A: Κάπου κάτω. E: Κινούνται τα άστρα; A: Ναι.</p> | <p>(6) Τα άστρα κινούνται κάπου αλλού.</p> <p>ΟΤΟΜΝ (Αρ. 51, πρώτη τάξη) E: Πού βρίσκονται 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>ΡΑΣΣΕΛ (Αρ. 59, πρώτη τάξη) E: Πού βρίσκονται τα άστρα τη νύχτα; A: Βρίσκονται 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 βρίσκονται.</p> | <p>ΝΤΑΝΙΕΛ (Αρ. 4, πέμπτη τάξη) E: Πού βρίσκονται τα άστρα τη νύχτα; A: Βρίσκονται 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 βρίσκονται 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 συχνότητές τους ανά σχολική τάξη.^α

| 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) ^β | 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, εμποδίζομενα 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. |

^α n = 60.

^β 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 Ήλιου | 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 εξαφάνιση 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 μεταξύτες 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 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 μηκτική απάντηση. | Οπιδήποτε. |
| (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. | Οπιδήποτε. |
| (15) Μικτός: γενικός. (0, 5, 1 = 6) | Μικτή: ο Ήλιος εμπλοδίζεται και κινείται πάνω/κάτω και η Γη περιστρέφεται. | Μικτή. | Η Σελήνη κινείται ή δεν κινείται. | Οπιδήποτε. |
| (16) Ελλιπείς 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. | Οπιδήποτε. |

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 συνέχισαν 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.^a

| Αρ. υποκειμένου | Αρ. μοντέλου και περιγραφή |
|---|--|
| Γη-παράλληλόγραμμο 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. |

^a 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 ορθογωνίας 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

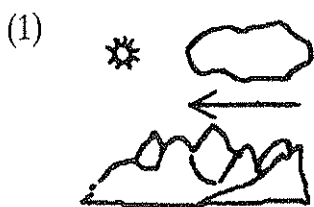
Νοητικά Μοντέλα του Κύκλου της Μέρασ/Νύχτας

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.

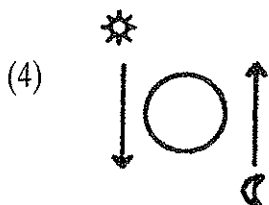


Ο Ήλιος βγαίνει στο διάστημα.

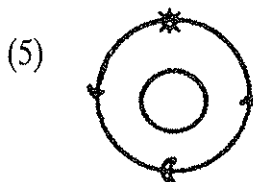


Ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται πάνω/κάτω στο έδαφος.

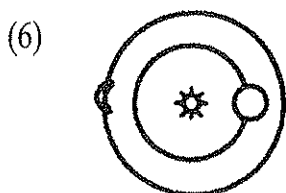
Συνθετικά Νοητικά Μοντέλα



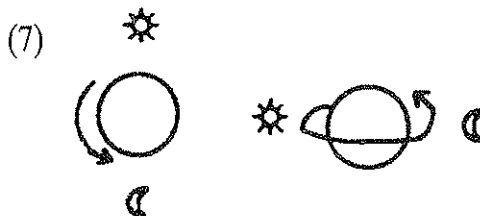
Ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται πάνω/κάτω στην άλλη πλευρά της Γης.



Ο Ήλιος και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τη Γη μια φορά κάθε μέρα.

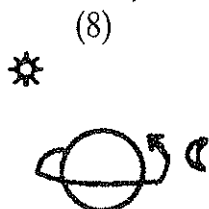


Η Γη και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο κάθε 24 ώρες.



(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 εντοπίζαμε 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 χρησιμοποιήθη-

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 συμπέραναν 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, ως 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 ελλιπείς 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.

Εν κατακλείδι, 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

τ
τ
ε
σ
ό
μ
τ
κ
κ
ν

κ
σ
Σ
δ
β

κ
μ
σ
κ
χ
ρ
γ

ν
π
ν
«
β
μέ
επ

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;

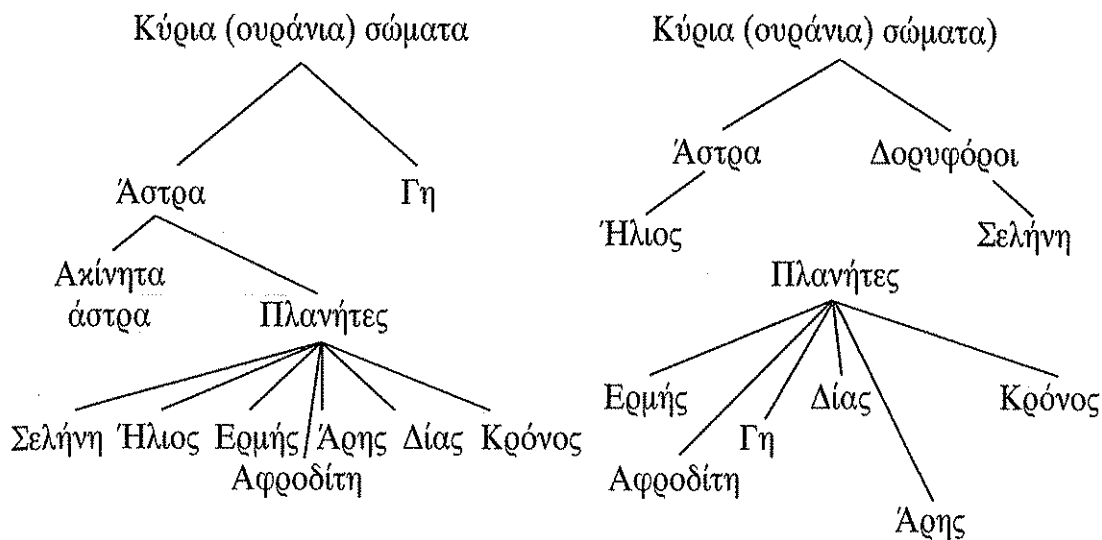
Σύμφωνα με τη Spelke (1991), οι αντιλήψεις για τα φυσικά αντικείμενα, καθώς αναπτύσσεται το παιδί, δεν υφίστανται θεμελιώδεις αλλαγές, και βασικές γνώσεις όπως η συνέχεια και η στερεότητα των φυσικών αντικειμένων εξακολουθούν να παίζουν βασικό ρόλο

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).

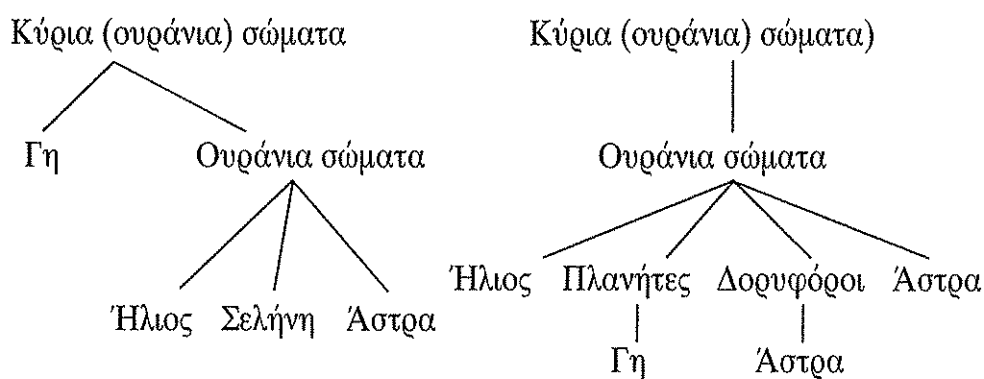
Σ' ένα πρόσφατο βιβλίο του με θέμα την εννοιολογική αλλαγή στην επιστήμη, ο Thagard (1992) υποστηρίζει ότι οι έννοιες είναι οργανωμένες σε θεωρίες οι οποίες είναι πρωτίστως δομημένες με τη μορφή ιεραρχιών που αναφέρονται σε σχέσεις είδους ή σχέσεις μέρους και όλου. Ιδωμένη μ' αυτό τον τρόπο, η εννοιολογική 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.

