

ΣΤΕΛΛΑ ΒΟΖΝΙΑΔΟΥ & WILLIAM F BREWER

ΝΟΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΤΗΣ ΕΝΑΝΝΑΤΗΣ
ΤΗΣ ΜΕΡΑΣ/ΝΥΧΤΑΣ¹

ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΑΡΘΡΟΥ ΕΙΝΑΙ ΝΑ ΕΡΕΥΝΗΣΕΙ ΤΙΣ ΝΟΗΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΑ-
ραστάσεις 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 γνώ-
σεων. Η παρούσα εργασία αποτελεί συνέχεια προηγούμενων ερευ-
νών 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 κατα-
νόηση της διαδικασίας με την οποία αποκτώνται οι γνώσεις στον το-
μέα 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 ένοιας όπως η ύλη, το βάρος, η πυ-
κνότητα, η θερμότητα, η θερμοκρασία, η δύναμη κ.λπ. Οι έρευνες αυ-

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

τές συμπεριφέρονται μετάξυ τους τουλάχιστον σ' ένα θεμελιώδες ζήτημα: τα παιδιά δεν είναι ένας «άγγραφος κώδικας» όταν για πρώτη φορά έρχονται σ' επαφή με τις πολιτισμικά αποδερκείς επιστημονικές απόψεις. Αντίθετα, έρχονται εφοδιασμένα με αρχικές γνώσεις για τον φυσικό κόσμο, οι οποίες βασίζονται σε εφημερίες της καθημερινής τους εμπειρίας. Υπάρχει όμως σημαντική διαφωνία σχετικά με το πώς πρέπει να χαρακτριστούν αυτές οι αρχικές γνωστικές δομές και πώς πρέπει να περιγραφεί η εξέλιξή τους.

Μεγάλοι ερευνητές πιστεύουν ότι οι αρχικές, διαισθητικές ή αφελείς γνωστικές δομές αποτελούνται από έναν μεγάλο αριθμό φαινομενολογικών αρχών, χαλαρά οργανωμένων, οι οποίες ανταρτοποιούν την ελάχιστη αφαιρεση κοινών συμβάντων (π.χ. DiSessa, 1993). Άλλοι ερευνητές πιστεύουν ότι τα παιδιά αρχίζουν με λίγες-πιθωώς 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 ανταλλάβονται 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 παρόντες από τη νηπιακή ηλικία, και καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο τα παιδιά ερμηνεύουν τις παρατηρήσεις τους και τις πληροφορίες που παράγονται 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 υπάρχουν και μια άλλη, δεύτερη σειρά περιορισμών, τους οποίους ονομάζουμε *περιοχές* και *νοητικά μοντέλα*. Οι περιοχές 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, περιοχές 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 «νοητικά μοντέλα» 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 ανταρτοποιούν (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, Wisbet & Thagard, 1986, σ. 329). Εμπράδειον, υποθέτουμε ότι τα νοητικά μοντέλα είναι δυναμικές αναπαραστάσεις οι οποίες, συνήθως, δημιουργούνται με τον ειδικό σκοπό να καθήρουν τις ανάγκες άμεσης συγκεκριμένων προβλημάτων (Johnson-Laird, 1983, Vosniadou & Brewer, 1992, σ. 543). Υπάρχει φυσικά η πιθανότητα ορισμένα νοητικά μοντέλα, ή μέρος τους, τα οποία έχουν φανεί χρήση στο παρελθόν, να είναι εναποθηκευμένα στη μνήμη ως ξεχωριστές δομές και να ανακαλούνται όταν είναι

αναγκασία. Τα νοητικά μοντέλα πηγάζουν από τη δομή της βίωσης των γνώσεων και μπορούν να δώσουν ποικίλες πληροφορίες για τις υποκείμενες γνωσιακές δομές (τις προϋποθέσεις και τις προεξοχές) 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 μέγη 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 βελτιώνονται 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 αριθμικός *ενδιάμεσων* ή *συνθετικών* μοντέλων της Γης, όπως είναι το μοντέλο της διακής Γης, το μοντέλο

της κοίλης σφαίρας και το μοντέλο της πελαγουσμένης σφαίρας. Τα παιδιά που σχηματίζουν το νοητικό μοντέλο της διακής Γης πιστεύουν ότι υπάρχουν δύο γαίες: μια επίπεδη, πάνω στην οποία ζουν οι άνθρωποι, και μια στρογγυλή, που βυθίζεται ψηλά στον ουρανό. Σίμφωνα με το μοντέλο της κοίλης σφαίρας, οι άνθρωποι ζουν σε επίπεδο έδαφος που βυθίζεται μέσα στη σφαιρική Γη. Τέλος, σύμφωνα με το μοντέλο της πελαγουσμένης 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 πλήθωγα 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 υπάρκουνται 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 αντανακλώνονται τη Γη ως ένα φυσικό αντικείμενο, και όχι ως ένα ουράνιο σώμα. Υποθέτουμε, δε, πως το αντικείμενο αυτό υψίσταται όδες τις προϋποθέσεις οι οποίες περιγράφουν τα φυσικά αντικείμενα που βυθίζονται 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 διατήρησης, παραδείγματος χάρι, δεν απαιτείται αλλαγή σε οποιαδήποτε από τις βασικές προϋποθέσεις που αποτελούν την αιτία γέννησης του αρχικού μοντέλου μιας επίκτητης 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 αρχώς 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 κολής σφαιράς, από την άλλη μεριά, απαιτεί μια τροποποίηση των προϋποθέσεων του παιδιού. Τα παιδιά που σχηματίζουν αυτό το μοντέλο έχουν παρατηρήσει 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 εδαωμένων προϋποθέσεων τους και της πολιτισμικά αποδεκτής άποψης, δημιουργούν το συνθετικό μοντέλο μιας κολής σφαιράς. Με το να εμπνεύσει την άποψη ότι οι άνθρωποι ζουν πάνω στο επίπεδο έδαφος στο εσωτερικό της Γης, αυτό το νοητικό μοντέλο πετυχαίνει να συμβιβάζει 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 ανθεώρηση των εδαωμένων προϋποθέσεων που βασίζονται στην εμμηνεία 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-

~ 192 ~

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, τουλάχιστον, έναν αριθμό εννοιών που ασκούν αμοιβαία επίδραση (π.χ. Γη, Ήλιος, Σελήνη και άστρα) και απαιτούν την εξήγηση ενός συνθέτου 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 αναφέρονται σε διάφορους πολιτισμούς θεωρούν την κίνηση του Ήλιου ως τη βασική αιτία του κύκλου της μέρας/νύχτας. Διαφέρουν όμως στον τρόπο με τον οποίο ανταλαμβάνονται 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 τετραγώνη και ο Ήλιος κινείται προς άλλα μακρινά μέρη της Γης (Needham, 1975). Ο Έλληνας φιλόσοφος

~ 193 ~

Αναξιμένης πιστεύει ότι η Γη είναι επίπεδη σαν ένα τραπεζί. Ένας Έλληνας σχολιαστής σημειώνει ότι ο Αναξιμένης «υποστηρίζει πως τα ουράνια σώματα δεν κινούνται κάτω από τη Γη, όπως άλλοι υποθέτουν, αλλά γύρω από αυτήν, όπως ένας σκούφος γύρω από το κεφάλι μας. Ο Ήλιος γίνεται αθέατος όχι επειδή πηγαίνει κάτω από τη Γη, αλλά επειδή τον καλύπτουν τα ψηλότερα μέρη της Γης» (Heath, 1932, σ. 10). Μια παλαιά ινδική κοσμολογία υποστήριξε επίσης ότι ο Ήλιος δεν πηγαίνει κάτω από τη Γη, αλλά, τουναντίον, στρέφει μια σφαιρική πλάση του πλανήτη 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. Υποστήριξε ότι ο Ήλιος είναι φτιαγμένος από φωτιά. Όταν ο Ήλιος βασιλεύει, η φωτιά σβήνει, και κάθε αυγή ένας καινούργιος Ήλιος ανάβει (Heath, 1932).

Μια άλλη κοινή θεωρία του κύκλου της μέγας/νύχτας ήταν ότι ο Ήλιος που βασιλεύει πάλι 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 πλάση (Plumbly, 1975). Τα μέλη μιας σύγχρονης φυλής στο Περού που μιλάνε τη γλώσσα Quechua υποστηρίζουν μια περίπου παρόμοια άποψη. Πιστεύουν ότι η Γη είναι κάτω 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 βυθίζεται στο κέντρο του σύμπαντος. Ο Ήλιος και η Σελήνη είναι προσκολλημένα σε μεγάλυτρες σφαίρες που περιστρέφονται γύρω από μια ακίνητη Γη. Η περιστροφική κίνηση του Ήλιου γύρω από τη Γη προκαλεί την εναλλαγή της μέγας/νύχτας (Heath, 1932). Γίνεται σαφές, λοιπόν, ότι κατά τα

πρώτα στάδια κατανόησης της εναλλαγής της μέγας/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 Μέγας/Νύχτας»

Οι περισσότερες από τις μελέτες που έχουν γίνει με θέμα την αποκριση 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 μέγας/νύχτας. Η μια μελέτη, που έγινε από τον Sadler (1987), ερεύνησε τις ιδέες εκουσιέντε παιδιών τρίτης τάξης του Γυμνασίου σχετικά με την εναλλαγή της μέγας/νύχτας, των εποχών, και των φάσεων της Σελήνης. Η μελέτη αυτή αποκάλυψε την ύπαρξη τέντε διαφορετικών λόγων στους οποίους οφείλεται η εναλλαγή μέγας 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 διάκρισης 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.

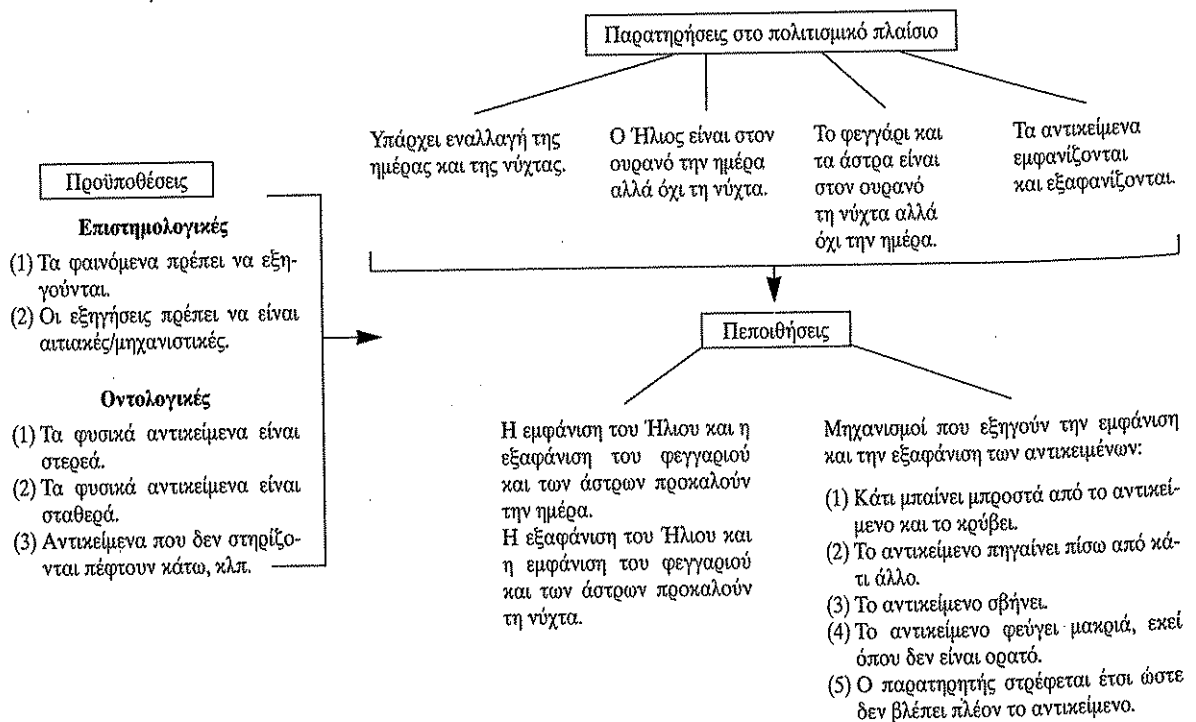
Μια λεπτομερέστερη μελέτη πάνω στις ιδέες των μαθητών για τα αστρονομικά φαινόμενα, συμπεριλαμβανομένης της εναλλαγής του κύκλου της μέγας/νύχτας, έγινε από τον Baxter (1989). Κατά τη με-

Λέτη αυτή, συνέλεξε μέσω ατομικών συνεντεύξεων τις απαντήσεις είκοσι μαθητών ηλικίας από 9 μέχρι 16 ετών. Οι απαντήσεις τους αποκόλυψαν 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 περισσότερο υιοθεμένα, 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 αυτό 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 χρησιμοποιήσαν για να αναλήθουν τις εξηγήσεις από τους μαθητές αλλά και για τη συνέχεια με την οποία τα χρησιμοποιήσαν, 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 επεκταίνουμε 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 Κόσμου της Μέρας/Νύχτας

Στο κείμενο που ακολουθεί θα περιγράψουμε τις υποθέμενες 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 1ης και του 2ηλου ασκούν περαιτέρω περιορισμούς στα νοητικά μοντέλα του φαινομένου της μέρας/νύχτας.

Υποθέμενη Διαδικασία Απόκτησης Γνώσεων

Προϋποθέσεις. Υποθέτουμε ότι τα παιδιά του Δημοτικού σχολείου δδουν 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 απιόδεις 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, χηρίζουν υποστηρίξης, και ούτω καθεξής). Οι εδωκάμενες 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 βόλκκεται στον ουρανό κατά τη διάρκεια της μέρας αλλά όχι και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Μια άλλη σχετικά παρατήρηση είναι ότι η Σελήνη και τα άστρα βόλκκενται

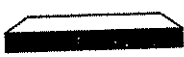


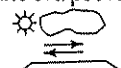
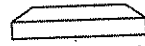





στον ουρανό κατά τη διάρκεια της νύχτας αλλά όχι και κατά τη διάρκεια της μέρας (τα περισσότερα παιδιά του Δημοτικού σχολείου δεν έχουν αντιληφθεί ότι το φεγγάρι ορισμένες φορές βόλκκεται στον ουρανό κατά τη διάρκεια της μέρας). Από τις παρατηρήσεις αυτές, και με δεδομένες τις εδοστωμένες πεποιθήσεις για τις οποίες ήδη κάναμε λόγο, πολλά παιδιά αγλάνν 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 παραγμάτων είναι ένα πολύ κοινό και εντυπωσιακό φαινόμενο στην καθημερινή εμπειρία του παιδιού. Παρατηρήσεις νηπίων δείχνουν το εξαγωγικό 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 βόλκκενται 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 επέθεσαν από τα νοητικά μοντέλα που σχημάτισαν τα παιδιά για τη 1η και τον 2ηλο, τη Σελή-

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

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

~ 200 ~

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

Περιορισμοί στην Επιλογή των Εξηγηματικών 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 ουρανιακών σώματων περιορίζονται από εδραιωμένες προϋποθέσεις του είδους που συζητήσαν οι Vosniadou και Brewer (1992), οι προϋποθέσεις αυτές επηρεάζουν 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 υπάγεται μια ιεραρχία περιορισμών, μερικοί από τους οποίους προέρχονται από τις προϋποθέσεις των παιδιών για τη φύση των ίδων των φυσικών αντικειμένων και άλλοι επηρεάζουν 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 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 αναπτυξιακές 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 χόρμα 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 κινείται, μπορεί να υποθέσουν ότι τη νύχτα πηγαίνει πίσω από τα βουνά (Σχήμα 2, 1Aα) ή ότι πηγαίνει πολύ μακριά (Σχήμα 2, 1Aβ). Εάν πιστεύουν ότι ο

~ 201 ~

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 αποδεδειγμένες επισημονικές πληροφορίες για τη Γη, τον Ήλιο και τον κύκλο της μέρας/νύχτας.

Συνθετικά και επιστημονικά μοντέλα. Το νοητικό μοντέλο μιας επίτευξης, ακίνητης Γης, γιζωμένης στο έδαφος, φαίνεται να αποκλειστικούς περιορισμούς στον τρόπο με τον οποίο το παιδί αντιλαμβάνεται την επιστημονική εξήγηση της εναλλαγής της μέρας/νύχτας. Παραδείγματος χάρι, είναι δύσκολο στο παιδί να φανταστεί πώς είναι δυνατόν μια επίτευξη Γη, γιζωμένη στο έδαφος, να περιγράφεται 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, περιβαλλόμενη 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 μπορεί να σχηματίσουν το μοντέλο του Ήλιου που κινείται κάτω, στην άλλη πλευρά της Γης, ή που περιγράφεται γύρω από τη σφαιρική Γη (Σχήμα 2Αα, 2Αβ). Αυτοί οι τρεις 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 προκύπτει από την περιστροφή κινήσης της Γης μπορεί να σχηματίσουν την εντύπωση ότι η σφαιρική Γη είτε περιφέρεται γύρω από έναν ακίνητο Ήλιο (Σχήμα 2Βα) είτε περιγράφεται γύρω από τον άξονά της (Σχήμα 2Ββ), ή και τα δύο.

Κριτική 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 αποδεδειγμένες θεωρίες για σχετικά φαινόμενα. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι όσοι ερευνητές υποστηρίζουν πώς 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 συνέχεια 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 επιδείξουν την εξήγηση της

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

Παρόλ' αυτά, λογικά ευσταθεί η πιθανότητα να πιστεύουμε ότι ο Ήλιος κινείται, αλλά να μη χρησιμοποιούμε την κίνηση του Ηλίου ως το μηχανισμό που εξηγεί την εναλλαγή της μέγας/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 Ηλίου. Οι αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των κοινών 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 μέγας/νύχτας. Αυτό που πρέπει να τονιστεί εδώ είναι ότι η υπόθεση πως τα παιδιά θα επιδείξουν λογική συνέπεια μας επιτρέπει να κάνουμε βιώσιμες προβλέψεις για τις σχέσεις μεταξύ των νοητικών μοντέλων για τη Γη και τον Ήλιο και των νοητικών μοντέλων για την εναλλαγή της μέγας/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 Κuhn (1977), το κριτήριο της απλότητας. «Μια θεωρία θα πρέπει να είναι απλή, να επιβιβάζει τάξη σε φαινόμενα που, αν αυτή απουσίαζε, θα ήταν απομονωμένα το ένα από το άλλο και, ως σύνολο, συγκεχυμένα» (Κuhn, 1977, σ. 322). Πιστεύουμε ότι μπορούμε να ελέγξουμε την ευαισθησία των παιδιών στο κριτήριο της απλότητας μέσω από τις εξηγήσεις τους της εναλλαγής της μέγας/νύχτας συγκρίνοντας την ομοιότητα ανά-

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

Αν τα παιδιά πιστεύουν ότι η Σελήνη και τα άστρα εμφανίζονται κατά έναν αιτιώδη τρόπο στον κύκλο της μέγας/νύχτας, θα πρέπει και τα νοητικά μοντέλα που έχουν για τον κύκλο της μέγας/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 μέγας/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 Ηλίου.

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 Ηλίου, 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 φθίνουν. Το να χρησιμοποιεί κανείς τον ίδιο μηχανισμό για να εξηγήσει την εξαφάνιση του Ηλίου, της Σελήνης και των άστρων κατά τη διάρκεια της μετάβασης από τη μέρα στη νύχτα δείχνει ευαισθησία στην απλότητα της εξήγησής.

Εγκαταλείβει, υποθέτουμε ότι τα παιδιά του Δημοτικού σχολείου μπορούν να δίνουν ακριβείς και λογικά συνεπείς μηχανιστικές εξηγήσεις για τον κύκλο της μέγας/νύχτας. Προβλέπουμε ότι οι εξηγήσεις των μικρότερων παιδιών θα γίνονται με βάση την απόκρυψη του Ηλίου από τα σύννεφα, το φθινόμιο του Ηλίου ή την κίνηση του Ηλίου πίσω από κάτι, ανάλογα με το εάν ο Ήλιος θεωρείται ακίνητος ή κινούμενος. Προβλέπουμε επίσης ότι τα μεγαλύτερα παιδιά θα σχηματίζουν 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 περιγράφεται γύρω από τον άξονά της. Επίτροπος τότες, το θεωρητικό μας πλαίσιο προβάλλεται αμοιβαίες συγγενείες μεταξύ των νοητικών μοντέλων της Γης, του Ηλίου, της Σελήνης και των άστρων και των νοητικών μοντέλων του κύκλου της μέγας/νύχτας που μπορούν να μας δώσουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την ευαισθησία των παιδιών σε ζητήματα αλτότητας 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 πρόσφορη απάντηση και άλλες που απαιτούν τη δημιουργία ενός σχήματος. Μετά 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 βρίσκεται τα άστρα κατά τη διάρκεια της ημέρας;»). Άλλες ερωτήσεις απαιτούσαν εξηγήσεις 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 μέγας/νύχτας. Τελικά, το σύνολο των νοητικών μοντέλων των παιδιών για τον κύκλο της μέγας/νύχτας αντλήθηκε από τη σύ-

γνώση των νοητικών μοντέλων του καθενός παιδιού για τον Ήλιο, τη Σελήνη και τα άστρα με τις εξηγήσεις του για την εναλλαγή μέγας και νύχτας. Μόνο τα παιδιά που έδειξαν λογική συνέπεια στα μοντέλα και τις εξηγήσεις τους θεωρήθηκαν ότι λειτούργησαν βάσει και του συνολικού νοητικού μοντέλου της μέγας/νύχτας που είναι λογικά συνεπές. Τα άλλα συμπεριλήφθηκαν 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 προεκοινοθύσαν ένα Δημοτικό σχολείο στην πόλη Ουζιμπάνο-Σαμπέν του Ιλνόνς. Προέχονταν κυρίως από τη μεσαία τάξη. Περίπου τα μισά από τα παιδιά ήταν κορίτσια και τα μισά αγόρια.

Υλικά

Το υλικό αποτελούνταν από ένα ερωτηματολόγιο σαργαντοκτώ 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 μέγας/νύχτας και την εξαφάνι-

ση των άστρογων 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 γ' αυτό το πρόσωπο. Δεξιά!
	Τώρα κάνε το ώστε να είναι νύχτα γ' 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 περιπάτο;
E32:	Κινείται η Σελήνη τη νύχτα όταν κοιμάσαι στο κρεβάτι σου;
E33:	Τι κι κινείται η Σελήνη;
Η εξαφάνιση των άστρογων κατά τη διάρκεια της ημέρας	
E36α:	Πού βρίσκονται τα άστρογ. τη νύχτα;
E36β:	Πού βρίσκονται αυτά κατά τη διάρκεια της ημέρας;
E37:	Κινοούνται τα άστρογ.

Οι Ερωτήσεις 22 και 23 («Πού βρίσκεται ο Ήλιος τη νύχτα», «Πώς συμβαίνει αυτό») παρόχουν 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 μπορούσαμε να ελέγξουμε την προέβασή μας ότι οι προτιμήσεις των παι-

διών για την κίνηση της Γης και του Ήλιου περιολίζουν 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. Περιμένουμε ότι οι εξηγήσεις αυτές θα βασιζόνταν 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 άστρογων έχουν μια *αυτατή* σχέση με τον κύκλο της μέρας/νύχτας, θα έπρεπε να μας δώσουν εξηγήσεις για την εμφάνιση και εμφάνιση της Σελήνης και των άστρογων.

Οι ερωτήσεις για την κίνηση της Σελήνης (E30, E31, E32, E33) και για την εξαφάνιση των άστρογων κατά τη διάρκεια της ημέρας (E36α, E36β, E37) σχεδιάστηκαν για να δώσουν παραπάνω πληροφορίες για τη σχέση που βλέπουν τα παιδιά μεταξύ του Ήλιου, της Σελήνης και των άστρογων. 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 αλτότητας της εξήγησης.

Διαδικασία

Τα παιδιά εξετάστηκαν ατομικά με τη μορφή συνέντευξης που διαρκούσε 30 με 45 λεπτά. Επίσης, η καθεμιά συνέντευξη καταγράφηκε σε μηχανογραφικά με τη χρήση μηχανογράφου. 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 διαφωνίες έγιναν αντικείμενο συζήτησης μέχρι που επιβέ σμφωνία. 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 ο' αυτή την περιοχή, εντορίσαμε 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 καθενιά εξήγηση με συνέπεια για ν' απαντήσουν σε όλες τις σχετικές ερωτήσεις. Έπειτα ελέγξαμε το αναμενόμενο υπόδειγμα απαντήσεων, αντανακλαβόλως 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 ο' 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 μέλέτη. 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

~210~

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 συνέχεια 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 ο' έναν τύπο εξήγησης. Οι τύποι απαντήσεων που κβίθηκαν 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 ο' 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 πρώτη αιτία της εξαφάνισής του, ενώ οι εξηγήσεις 7 και 8 θεωρούν την *κίνηση της Γης* ως την πρώτη αιτία της εξαφάνισής του Ήλιου τη νύχτα. Ο κύριος πίνακας περιέχει, για κάθε ερώτηση, τους τύπους απαντήσεων που κατατάχθηκαν ως παραδείγματα καθενός τύπου εξήγησης.

Οι απαντήσεις στην Ερώτηση 2Α, «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. Υπολόγισαμε 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

~211~

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Τύποι εξηγήσεων για τις ερωτήσεις τις σχετικές με την εξαφάνιση του Ηλιου τη νύχτα, και οι συχνότητες τους ανά σχολική τάξη.^a

Τύπος εξήγησης	Ποιά βλάπεται ο Ηλιος τη νύχτα;	Πώς συμβαίνει αυτό;	Καείται η Γη;	Καείται ο Ηλιος;
	E22	E23	E24α	E24β
(1) Ο Ηλιος εξαπλώνεται από τα σύννεφα και το σκοτάδι. (2, 2, 1 = 5) ^b	Πίσω από τα σύννεφα. Στο σκοτάδι. Στον ουρανό.	Τα σύννεφα ή το σκοτάδι σκεπάζουν τον Ήλιο.	Όχι ή Ναι.	Ναι ή Όχι.
(2) Ο Ηλιος κινείται μέσα κι έξω από το διάστημα. (1, 1, 0 = 2)	Στο διάστημα.	Ο Ηλιος πηδά μακριά, έξω στο διάστημα.	Όχι ή Ναι.	Ναι, πηδά στο διάστημα.
(3) Ο Ηλιος κερφαίνει νεφω/μέσα στο έδαφος. (6, 1, 1 = 8)	Ο Ηλιος κερφαίνει από μέσα στο έδαφος, κερφαίνει μέσα από τους λάκκους, τα βουνά, μέσα στο νερό.	Ο Ηλιος κερφαίνει.	Όχι ή Ναι.	Ναι, κινείται πάνω/κάτω.
(4) Ο Ηλιος κερφαίνει στην άλλη πλευρά της Γης. (2, 0, 1 = 3)	Κάτω απ' τη Γη. Κάτω από την επιφάνεια της Γης.	Ο Ηλιος κινείται κάτω, προς την άλλη πλευρά της Γης.	Όχι ή Ναι.	Ναι, κινείται πάνω/κάτω.

^a n = 60.

^b Οι αριθμοί στις παρενθέσεις δίνουν τη συχνότητα των τύπων εξηγήσης 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 τελικός αριθμός δίνει τη συχνότητα για το σύνολο και των τριών τάξεων.

(5) Ο Ηλιος κερφαίνει, χωρίς να κερφαίνεται προς τα πάνω. (2, 0, 0 = 2)	Κάτω.	Ο Ηλιος κερφαίνει, πηγαίνει σε άλλη χώρα.	Όχι ή Ναι.	Ναι, κινείται πάνω/κάτω.
(6) Ο Ηλιος περιφέρεται γύρω από τη Γη. (0, 1, 0 = 1)	Στην άλλη πλευρά της Γης.	Ο Ηλιος γυρνάει γύρω απ' τη Γη.	Όχι ή Ναι.	Ναι, γυρνάει γύρω απ' τη Γη.
(7) Η Γη γυρνάει κι ο Ηλιος μένει ακίνητος. (3, 7, 12 = 22)	Μένει όπου βρίσκεται ή πηδά στην άλλη πλευρά της Γης.	Η Γη γυρνάει, γυρνάει γύρω, στροβιλίζεται, περιφέρεται, γυρνάει κλώνοντας ή κινείται.	Ναι, η Γη γυρνάει, στροβιλίζεται, γυρνάει κλώνοντας ή κινείται.	Όχι, ή, αν Ναι, περιστροφική γύρω απ' τον άξονά του ή κίνηση εξαιτίας της διαστολής του σύμπαντος.
(8) Η Γη κερφαίνεται γύρω απ' τον Ήλιο. (0, 1, 2 = 3)	Μένει εκεί που είναι ή στην άλλη πλευρά της Γης.	Η Γη κερφαίνεται 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)	Ουδένποτε.	Ο Θεός τα έκανε έτσι.	Όχι.	Όχι.
(10) Μικτός. (1, 2, 3 = 6)	Ουδένποτε.	Λογικά αστήγυρες απαντήσεις.	Αστήγυρες απαντήσεις.	Αστήγυρες απαντήσεις.
(11) Αναθεώρωτος.	Ουδένποτε.	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 περιτρέφεται γύρω από τον άξονά του ή κινείται εξαιτίας της διαστολής του σμήπαντος).

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

Οι καταφατικές απαντήσεις στην Ερώτηση 24α, «Κινείται η Γη»;, δε θεωρήθηκαν αυθεντικές 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 νοηδίες γνώριζαν την πληροφορία ότι η Γη κινείται δεν κατάβαίνονταν ακριβώς πώς κινείται η Γη ή δεν αντιλαμβάνονταν ότι η κίνηση αυτή έχει κάποια εδημνευτική αξία 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 αυθεντικές με μια εξήγηση της εξαφάνισης του Ήλιου που βασιζεται στην κίνηση του Ήλιου (π.χ. η Γη κινείται/ταράζεται όπως όταν γίνεται σεισμός, ή η Γη κινείται περιστροφικά αλλά πολύ αργά, κινείται μια φορά το χρόνο, κ.τ.λ.).

Πιο συγκεκριμένες πληροφορίες για το πώς χρησιμοποιήσαμε τις απαντήσεις των παιδιών στις Ερωτήσεις 22 και 23 για να τις κατατάξουμε στους συγκεκριμένους τύπους εξήγησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 και συζητούνται παρακάτω. Ο Πίνακας 3 δίνει παραδείγματα φωτοκόλλων 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 «απαλάς» στον ου-

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Παραδείγματα εξηγήσεων της εξαφάνισης του Ήλιου τη νύχτα.

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

(5) Ο Ήλιος κατεβαίνει χωρίς να καθορίζεται προς τα πού.	6) Ο Ήλιος περιφέρεται γύρω από τη Γη.	(7) Η Γη γυρίζει και ο Ήλιος μένει ακίνητος.
<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. Σαν να... τις ώρες πριν το μεσημέρι ο Ήλιος είναι εδώ... για 12 ώρες, και η Σελήνη είναι στην Κίνα για 12 ώρες. Και όταν η Κίνα έχει Ήλιο για 12 ώρες, εμείς έχουμε Σελήνη για 12 ώρες. E: Λοιπόν, κινείται ο Ήλιος; A: Ναι, κινείται κάθε ώρα. Λοιπόν, κάθε χρόνο, ναι. Κινείται πολύ αργά. Κάθε χρόνο, κινείται λίγο, αλλά κινείται αργά και 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. E: 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 σα μονοπάτι που η Γη κάνει συνέχεια γύρω-γύρω, η Γη δεν πάει μπροστά-πίσω.</p>	<p>ΤΖΕΙΜΙ (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 πράγματι 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>ΤΣΑΡΑΣ (Αρ. 36, τρίτη τάξη) E: Πού βρίσκεται ο Ήλιος τη νύχτα; A: Πίσω από τη Σελήνη. E: Πώς γίνεται αυτό; A: Η Γη περιστρέφεται. Η Γη κάνει κύκλους 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>

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

2. Ο Ήλιος κινείται μέσα κι έξω από το διάστημα. Σύμφωνα με 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 είναι ότι ο Ήλιος βγίσκεται «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 αθ. 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 καθοδικικές απαντήσεις για την τοποθέτηση σ' αυτή την κατηγορία δόθηκαν στις Ερωτήσεις 22, 23 και 24β. Στην Ερώτηση 22, «Πού βγίσκεται ο Ήλιος τη νύχτα;», τα παιδιά απάντησαν ότι ο Ήλιος βγίσκεται 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;», είναι ότι ο Ήλιος κινείται πάνω-κάτω. Το πρωτόκολλο αθ. 3, Πίνακας 3, είναι ένα παράδειγμα αυτού του τύπου εξήγησης.

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

Ήλιος ανεβαίνει ή κατεβαίνει προς την άλλη πλευρά της Γης. Τρία παιδιά τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία. Ένα από τα παιδιά αυτά ενέλεξε τη Σελήνη στον κύκλο της μέσης/νύχτας, υποστηρίχοντας ότι η Σελήνη ανεβαίνει όταν ο Ήλιος κατεβαίνει (βλ. το πρωτόκολλο αθ. 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 ακριβείς 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 αθ. 5, Πίνακας 3) υποστήριξε ότι ο Ήλιος κατεβαίνει «σε μια άλλη πόλη ή κάτι τέτοιο». Η πόλη αυτή θα μπορούσε να βρεθεί 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 περιτριγφεται 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 βγίσκεται ο Ήλιος τη νύχτα;», είπε ότι ο Ήλιος βγίσκεται «στην άλλη πλευρά της Γης» γιατί «ο Ήλιος γυρίζει γύρω από τη Γη» (Ερώτηση 23) (βλ. το πρωτόκολλο αθ. 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 εικοσ δύο παιδιά. Όλα είναι ότι ο Ήλιος είτε μένει εκεί που βγίσκεται τη νύχτα (Ερώτηση 22) είτε ότι βγίσκεται 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, περιτριγφέρεται, κινείται γύρω σε κύκλους) (βλ.

το πρωτόκολλο αθ. 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 τοποθέτηθηκαν σ' αυτή την κατηγορία (ένα παράδειγμα αυτού του τύπου εξήγησης είναι το πρωτόκολλο αθ. 8 στον Πίνακα 3).

9. Ο Θεός έκανε τη μέρα και τη νύχτα. Μόνο ένα παιδί τοποθέτησε σ' αυτή την κατηγορία (πρωτόκολλο αθ. 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. Μικρές απαντήσεις. Μικτός χαρακτήριστηκε ένας τύπος απάντησης όταν χρησιμοποιήθηκαν περιουσιότεροι από ένας μηχανισμοί για να εξηγήσουν την εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα, κατάληγοντας έτσι σ' ένα εσωτερικά ασυνεπές μοντέλο. Σ' αυτή την κατηγορία τοποθετήθηκαν έξι παιδιά. Παράδειγματος χάρις, η Σάντρα (πρωτόκολλο αθ. 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 ρωπιέται 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 ερευνημένο φαινόμενο είτε έδωσαν μια εξήγηση που δεν μπορούσαμε να καταλάβουμε. Ένα παράδειγμα μιας από τις ελλιπείς απαντήσεις δίνεται στον Πίνακα 3 (πρωτόκολλο αθ. 11).

Πολλές από τις μικτές και ελλιπείς απαντήσεις αποκαλύπτουν τις προστάθειες των παιδιών να διατηρήσουν κάποια στοιχεία από τις αφελέεις εξηγήσεις τους (συνήθως με βάση την απόκρυψη του Ήλιου που κλείνεται πάνω-κάτω) καθώς τις αντικαθιστούσαν με την πολιτισμικά αποδεκτή εξήγηση μιας περιστεφόμενης Γης.

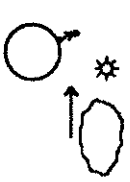


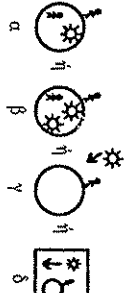
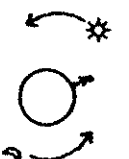
Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, τα περισσότερα από τα παιδιά της πρώτης τάξης έδωσαν εξηγήσεις με βάση το αρχικό νοητικό μοντέλο ενός Ήλιου που κατεβαίνει στο έδαφος, ενώ τα περισσότερα από τα μεγαλύτερα παιδιά έδωσαν εξηγήσεις με βάση την περιστροφική κίνηση της Γης.

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 παιδιαμείτωση σχεδίασε ένα κύκλο που απεικόνιζε τη Γη και τοποθέτησε μια φινιούρα στην άνω αριστερή πλευρά του κύκλου. Μετά είπε: «Φτιάξ' το έτσι ώστε να είναι μέρα γι' αυτό το πρόσωπο». Στην Ερώτηση 26α ξηγήθηκε 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 δ) 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 ασυνεπής μεταξύ τους (με την έννοια ότι χρησιμοποιούσαν διαφορετικούς μηχανισμούς), το παιδί τοποθετούνταν στην κατηγορία «μικτές απαντήσεις».


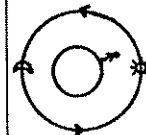

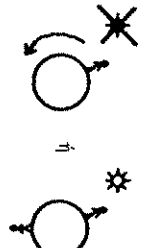
Όταν αποφασίστηκε να απεικονίζεται η Γη μ' έναν κύκλο και οι άνθρωποι που κατοικούν στη Γη με μια φινιούρα τοποθετημένη στο πάνω και αριστερό μέρος του κύκλου, δεν είχαμε ακόμα κατάλάβει

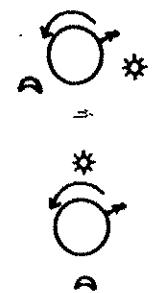



ΣΧΗΜΑ 3. Εξηγήσεις του κύκλου της μέγας/νύχτας και συχνητέρες τους ανά σχολική τάξη.

Τύπος εξήγησης	Με βάση το παρακάτω σχέδιο, ο περιγραμμένος λέει: Τώρα κάνει το ώστε να είναι μέγα γι' αυτό το πρόσωπο. Διατάξτε Τώρα κάνει το ώστε να είναι νύχτα γι' αυτό το πρόσωπο.	Δείτε μου. Πες μου ακόμα μια φορά πώς συμβαίνει αυτό.
(1) Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα ή το σκοτάδι. (1, 1, 1 = 3) ^{a,δ}		Τα σύννεφα ή το σκοτάδι ή η νύχτα καλύπτουν τον Ήλιο.
(2) Η μέγα αντικαθίσταται από τη νύχτα. (1, 0, 0 = 1)		Η μέγα αντικαθίσταται από ένα άλλο μέγος και το σκοτάδι, την αντικαθιστά.
(3) Ο Ήλιος μαίνεται στο διάστημα. (1, 1, 0 = 2)		Ο Ήλιος μαίνεται στο διάστημα και μετά επιστρέφει κάτω.
(4) Ο Ήλιος κατεβαίνει πάνω/μέσα στο έδαφος [και η Σελήνη ανεβαίνει]. (4, 0, 0 = 4)		Ο Ήλιος κατεβαίνει πάνω/μέσα στο έδαφος [πάνω από τους λόφους, μέσα στο νερό] και η Σελήνη ανεβαίνει.
(5) Ο Ήλιος πηγαίνει κάτω, στην άλλη πλευρά της Γης [και η Σελήνη έρχεται πάνω]. (3, 0, 0 = 3)		Ο Ήλιος πηγαίνει κάτω από τη Γη ή στην άλλη πλευρά της Γης [και η Σελήνη πηγαίνει πάνω].

^a n = 60.

^δ Οι ερμηνείες στις παραθέσεις δίνουν τη συχνότητα των τύπων εξήγησης για κάθε σχολική τάξη. Ο πρώτος ερμηνείας αποτελεί τη συχνότητα για την πρώτη τάξη, ο δεύτερος ερμηνείας για την τρίτη τάξη και ο τρίτος ερμηνείας για την πέμπτη τάξη. Ο τελευταίος ερμηνείας δίνει τη συχνότητα για το σύνολο και των τριών τάξεων.

(6) Ο Ήλιος κατεβαίνει γωρίς περιεργία διεκρινόμενος με επιφύλαξη ως προς την πλευρά της Γης. (3, 0, 0 = 3)		Ο Ήλιος κατεβαίνει. Πείτε σε άλλη πόλη.
(7) Ο Ήλιος και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τη Γη. (0, 2, 0 = 2)		Ο Ήλιος και η Σελήνη κινούνται γύρω από τη Γη κάθε μέγα.
(8) Η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο. (1, 2, 1 = 4)		Η Γη πηγαίνει [γυρίζει] γύρω από τον Ήλιο.
(9) Η Γη περιφέρεται πάνω/κάτω και ο Ήλιος είναι ακίνητος [δεν υπάρχουν διευκρινίσεις σχετικά με τη Σελήνη]. (1, 1, 5 = 7)		Η Γη γυρίζει γύρω-γύρω [τροφοβιάζεται ή περιστρέφεται]. Ο Ήλιος μένει σ' ένα μέγος.

Τύπος εξήγησης	Τώρα κάνει το ώστε να είναι μέσα γι' αυτό το πρόσωπο. Δεχθεί! Τώρα κάνει το ώστε να είναι νόχτα γι' αυτό το πρόσωπο.	E25	Δείξε μου. Πες μου ακόμα μια φορά πώς συμβαίνει αυτό.	E26a
(10) Η Γη περιστρέφεται πάνω/κάτω και ο Ήλιος και η Σελήνη είναι ακίνητα σε αντίθετες μερικές τους πλευρές της Γης (0, 3, 5 = 8)		Όταν είναι μέσα, η Γη γυρίζει [στροβιλίζεται] ή περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο. Όταν είναι νόχτα, η Γη γυρίζει προς το μέρος που είναι η Σελήνη.	Όταν είναι μέσα, η Γη γυρίζει [στροβιλίζεται] γύρω από τον Ήλιο.	
(11) Η Γη περιστρέφεται από τ' αριστερά προς τα δεξιά, δεν υπάρχουν διευκρινίσεις ως προς τη Σελήνη (0, 0, 1 = 1)		Όταν η Γη γυρίζει γύρω από την τροχιά της, αυτή η πλευρά γίνεται μέσα κι αυτή η πλευρά γίνεται νόχτα.	Όταν η Γη γυρίζει γύρω από την τροχιά της, αυτή η πλευρά γίνεται μέσα κι αυτή η πλευρά γίνεται νόχτα.	
(12) Η Γη περιστρέφεται από τ' αριστερά προς τα δεξιά και ο Ήλιος και η Σελήνη είναι ακίνητα σε αντίθετες μερικές τους πλευρές της Γης (0, 2, 0 = 2)				
(13) Η Γη περιστρέφεται προς αναλόγου κατεύθυνση και δεν υπάρχουν διευκρινίσεις για τη Σελήνη. (2, 2, 2 = 6)		Η Γη γυρίζει γύρω γύρω [στροβιλίζεται] ή περιστρέφεται.		

Τύπος εξήγησης	Τώρα κάνει το ώστε να είναι μέσα γι' αυτό το πρόσωπο. Δεχθεί! Τώρα κάνει το ώστε να είναι νόχτα γι' αυτό το πρόσωπο.	E25	Δείξε μου. Πες μου ακόμα μια φορά πώς συμβαίνει αυτό.	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 αμφισβητούμενη απάντηση.		Καμία απάντηση, μη σχετική ή αμφισβητούμενη 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 ξογραφίες που παρουσιάζονται στα Σχήματα 3 και 4, μερικά από τα παιδιά του δείγματος μας απέδρασαν σαφώς την απεικόνισή μας, και τοποθέτησαν την ανθρωπίνη φιγούρα μέσα στον κύκλο, σε μια επίπεδη γραμμή μέσα στον κύκλο, ή σε μια επίπεδη γραμμή κάτω από τον κύκλο. Άλλα δεν είχαν τίποτε, αλλά αγνόησαν την απεικόνισή μας κι έκαναν τη δική τους. Σε μερικές περιπτώσεις, όμως, η απεικόνιση και η τοποθέτησή τους. Σε μερικές περιπτώσεις, όμως, η απεικόνιση και η τοποθέτησή τους φηγοίρας κατέληξαν σε εικονογραφημένες αναπαράστασεις του κύκλου της μέρας/νόχτας οι οποίες ήταν ανυπερίτες με τις προφορικές εξηγήσεις ή που δεν αποτελούσαν ακριβή αντιανάκλαση αυτών. Όταν εζημεύσαμε τις απεικονίσεις, προσπαθήσαμε να λάβουμε υπόψη την άποψη του παιδιού, αλλά σε λίγες περιπτώσεις μπόρεί να τοποθετήσαμε τα παιδιά στην κατηγορία «μιατές απαντήσεις» ενώ στην προυργιακότητα δεν ανήκαν εκεί. Θα μπορούσαμε να είχαμε

αποφασίζει διαφορετικά και να μην έχουμε χρησιμοποιήσει τα δεδομένα που βασίζονταν στις ζωνογραφίες των παιδιών, αλλά αν το είχαμε κάνει αυτό θα είχαν χαθεί πολύ ενδιαφερόσους 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 τοποθετούνται στη μικτή κατηγορία εάν σε οποιοδήποτε μέτρος της συνέντευξης έδωσαν 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 φωτίθηκαν για τη φαινομενική κίνηση της Σελήνης, ή την εξαφάνιση των άστρων κατά τη διάρκεια της μέρας. Αυτό το αυστηρό κριτήριο μπορεί να εξηγήσει τον σχετικά μεγάλο αριθμό μικτών απαντήσεων γ' αυτό το ερώτημα ερωτησεών (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 ζωνογραφίες 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 παρεμποδίζόμενο από τα σύννεφα ή το σκοτάδι, είτε απάντησαν ότι τα σύννεφα, το σκοτάδι ή η νύχτα κάλυπτον τον Ήλιο, είτε έκαναν και τα δύο. Ένα παράδειγμα πρωτοκόλλου δίνεται στον Πίνακα 4 (πρωτόκολλο 1), και το αντίστοιχο σχέδιο είναι το υπ' αριθ. 1, Σχήμα 4. Το σχέδιο και η προφορική επικοινωνία δείχνουν ότι η Ταμίρα πιστεύει πως οι άνθρωποι ζουν μέσα στη Γη και πως ο Ήλιος κάλυπτεται τη νύχτα από τα σύννεφα. Όταν ένα σχέδιο που παρίστανε την παρεμπόδιση του Ήλιου συνοδεύεται από μια διαφορετική εξήγηση (π.χ. ότι ο Ήλιος κινείται πάνω-κάτω), ή όταν μια εξήγηση της παρεμπόδισης συνοδεύεται μ' ένα σχέδιο που απεικόνιζε έναν διαφορετικό μηχανισμό

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

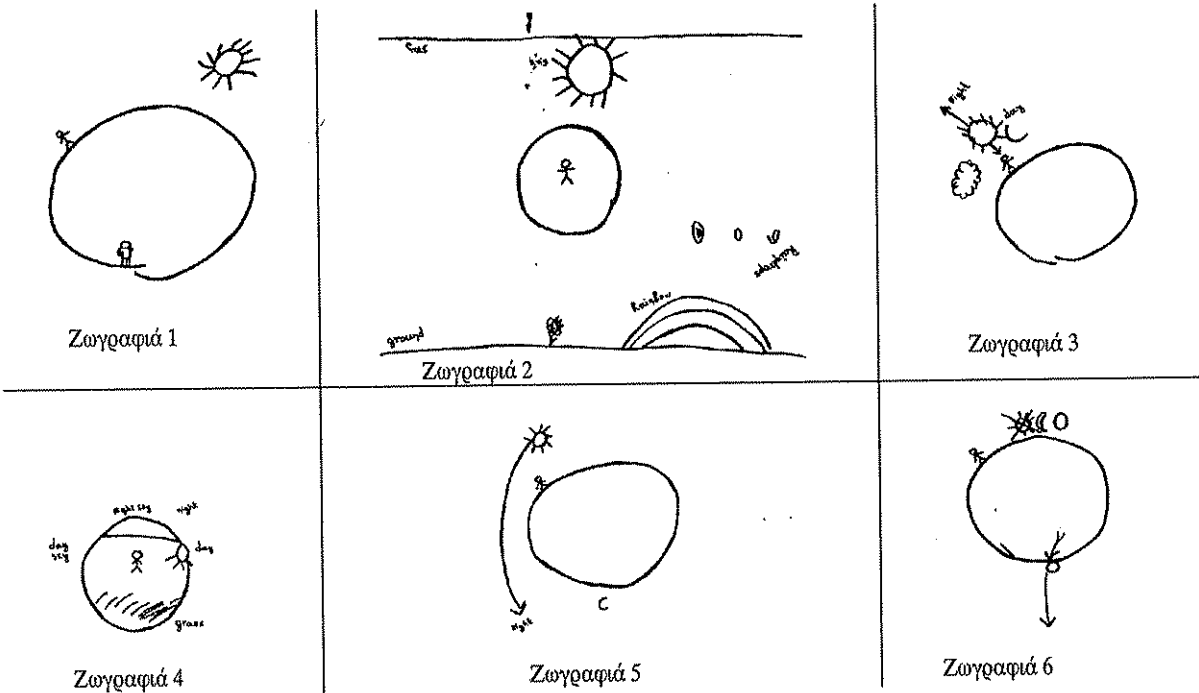
(1) Ο Ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα ή το σκοτάδι.	(2) Η μέρα αντικαθίσταται από τη νύχτα.	(3) Ο Ήλιος βγαίνει στο διάστημα.	(4) Ο Ήλιος κατεβαίνει πάνω/μέσα στο έδαφος [και η Σελήνη ανεβαίνει].
<p>ΤΑΜΑΡΑ (Αρ. 9, πέμπτη τάξη) Ε: Τώρα μπορείς να το κάνεις ώστε να είναι μέρα γι' αυτό το πρόσωπο; Α: Αυτός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

(5) Ο Ήλιος κατεβαίνει στην άλλη πλευρά της Γης.	(6) Ο Ήλιος κατεβαίνει, χωρίς να καθορίζεται προς ποια πλευρά της Γης [και η Σελήνη ανεβαίνει].	(7) Ο Ήλιος και η Σελήνη περιφέρονται γύρω από τη Γη.	(8) Η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο.
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.	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 βρίσκεται 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.	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.	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 σκιστάει τη Σελήνη]. Ε: Πες μου ακόμη μια φορά πώς γίνεται αυτό; Α: Η Γη γυρίζει γύρω από τον Ήλιο, και ο Ήλιος δίνει ζέση.

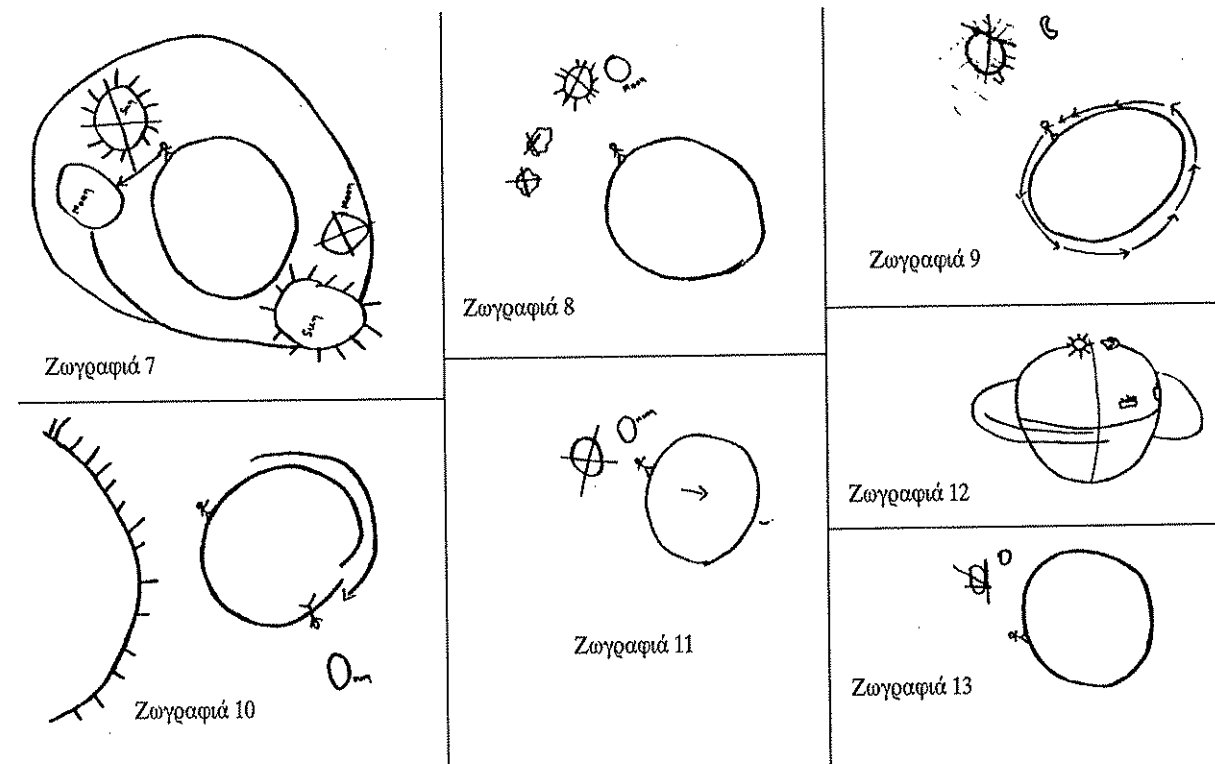
(9) Η Γη γυρίζει πάνω/κάτω και ο Ήλιος μένει ακίνητος [η Σελήνη δεν καθορίζεται τι κάνει].	(10) Ο Ήλιος γυρίζει πάνω-κάτω και ο Ήλιος και η Σελήνη μένουν ακίνητα σε αντίθετες μεταξύ τους θέσεις.	(11) Η Γη περιστρέφεται από τ' αριστερά προς τα δεξιά και ο Ήλιος μένει ακίνητος [η Σελήνη δεν καθορίζεται τι κάνει].	(12) Η Γη περιστρέφεται από τ' αριστερά προς τα δεξιά και ο Ήλιος και η Σελήνη μένουν ακίνητα σε αντίθετες μεταξύ τους πλευρές.
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.	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 σκισάρω κάπου αλλού; [Σκιστάει την ανθρώπινη φιγούρα στο κάτω μέρος της Γης]. Ε: Βέβαια. [Το παιδί σκιστάει βέλη που δείχνουν πώς στροβιλίζεται η Γη]. Ε: Πες μου πώς γίνεται αυτό; Α: Όταν ήταν μέρα, στροβιλίζοταν γύρω από τον Ήλιο. Όταν ήταν νύχτα, η Γη περιστρεφόταν προς τα εκεί όπου βρίσκεται η Σελήνη.	ΕΝΠΙ (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.	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. (13) Η Γη περιστρέφεται προς μια ακαθόριστη κατεύθυνση, η Σελήνη δεν καθορίζεται τι κάνει. ΤΖΟΣΟΥΑ (Αρ. 1, πέμπτη τάξη) [Το παιδί κάνει το σκίτσο 13, εικόνα 3]. Ε: Πώς γίνεται αυτό; Α: Γιατί ο κόσμος γυρίζει.

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

~230~



~231~



εξαρτήσεως του Ηλίου, το παιδί τοποθετούνταν στη μικτή κατηγορία.

2. Η μέρα αντικαθίσταται από τη νύχτα. Σύμφωνα με 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 παρομοίωση ως το μηχανισμό που προκάλεσε την εξάρτησή του Ηλίου, αλλά μάλλον την κίνηση του Ηλίου (αλλά και σιδηρότε άλλο συνιστά την ημέρα) σ' ένα άλλο μέρος. Επιπλέον, έχει το πλεονέκτημα, έναντι της εξήγησης που επικαλείται την παρεμπόδιση, ότι μπορεί να εξηγηθεί το γεγονός πως όταν είναι νύχτα σε κάποια μέση του κύκλου 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 με 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 ουρανός. Οι απεικονίσεις και τον 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 παρομοίαζαν τον Ήλιο να κατεβαίνει μεν αλλά όχι στην άλλη πλευρά της Γης, τα παιδιά χρησιμοποιούσαν 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 Χάρις-νι (που φοιτούσε στην πρώτη τάξη) πιστεύει ότι οι άνθρωποι ζουν μέσα στη Γη και ο Ήλιος κατεβαίνει τη νύχτα στο έδαφος.

~ 232 ~

Οι απεικονίσεις των παιδιών που έδειχναν τον Ήλιο να κατεβαίνει πάνω στο έδαφος ποικίλλαν σε σημαντικό βαθμό. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3, μερικά παιδιά, όπως η Χάρις-νι, τοποθέτησαν τον Ήλιο μέσα στον κύκλο που απεικόνιζε τη Γη (σχέδια α και β, Σχήμα 3, τριπλή 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 πως 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 υποστηρίζαν 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, γωδός να καθοριστεί 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

~ 233 ~

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 να μ' αυτή την εξήγηση, η εναλλαγή μέγας 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 περιτροπική τους πορεία βολιχώνται σε δύο διαμετρικά αντίθετες πλευρές της Γης, η εξήγηση αυτή περιγράφει θεωρητικά την εναλλαγή μέγας 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 μέγας/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 περιέχει την έννοια της περιφοράς αλλά έκαναν ένα σχέδιο που απεικονίζει την περιστροφή, τοποθετήθηκαν στη μικτή κατηγορία. Τα τέσσερα παιδιά που τοποθετήθηκαν στην κατηγορία 8 υποστήριξαν σαφώς στις προφορικές τους εξηγήσεις ότι η Γη γυρνάει γύρω από τον Ήλιο, κι έκαναν ένα σχέδιο που ήταν συνεπές μ' αυτή την εξήγηση. Ένα παράδειγμα απάντησης αυτού του τύπου είναι το πρωτόκολλο υπ' αρ. 8, Πίνακας 4, και το σχέδιο υπ' αρ. 8, Σχήμα 4.

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

θέση της Σελήνης δεν καθορίζεται). Η εξήγηση αυτή είναι η πρώτη μιας σειράς εξηγήσεων που μνημονεύουν την περιστροφή της Γης που έχει κατεύθυνση πάνω-κάτω. Και τα ετρία 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 δηλώνονταν είτε μ' ένα βέλος είτε με την τοποθέτηση της φηγούδας στον πίστο 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, στρεβιάζεται 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 περιέχει 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 αναμφίβολητη προφορική εξήγηση είτε από ένα αναμφίβολο σχέδιο, ή και από τα δύο. Τα σχέδια που απεικονίζονταν γι' αυτό τον τύπο εξήγησης φαίνονταν 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 περιγράφεται από αγιοτερά πηρος τα δεξιά και ο Ήλιος μένει ακίνητος (η θέση της Σελήνης δεν καθορίζεται). Η εξήγηση αυτή είναι παρόμοια με την υπ' αριθ. 9, αλλά η κατεύθυνση της περιγραφής είναι από τα αγιοτερά πηρος τα δεξιά μάλλον, παρά από πάνω προς τα κάτω. Η πληροφορία για την κατεύθυνση της περιγραφής αντλήθηκε από το σχέδιο που έγραψε να περιέχει ένα βέλος το οποίο να δείχνει προς τα πάνω. Μόνο ένα παιδί τοποθετήθηκε σ' αυτή την κατηγορία (βλ. πρωτόκολλο 11, Πίνακας 4, και σχέδιο 11, Σχήμα 4).

12. Η Γη περιγράφεται από τα αγιοτερά πηρος τα δεξιά και ο Ήλιος και η Σελήνη μένουν ακίνητα σε αντίθετες μετὰ ἑὸς τους πλευρές της Γης. Τα δύο παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία, στις απαντήσεις τους έδωσαν πληροφορίες ότι η Γη περιγράφεται από αγιοτερά πηρος τα δεξιά ενώ ο Ήλιος και η Σελήνη μένουν ακίνητα σε δυο αντίθετες πλευρές. Οι πληροφορίες για την κατεύθυνση της περιγραφής προέρχονταν από τα σχέδια που έδειχναν, είτε με την τοποθέτηση των βελών είτε με την τοποθέτηση των μορφών, ότι η Γη περιγράφεται από αγιοτερά πηρος 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 περιγράφεται και ο Ήλιος και η Σελήνη δεν κινούνται, κλπ.), ή/και από τα σχέδιά τους (που έδειχναν τον Ήλιο και τη Σελήνη ακίνητα στην αγιοτερά 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 περιγραφή της Γης στις οποίες έγινε ακαθόριστη η κατεύθυνση της περιγραφής και η θέση της Σελήνης. Και τα έξι παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία είπαν ότι η Γη γυρίζει, στροβιλίζεται ή περιγράφεται, 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 αγιοτερά 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. Μικρές απαντήσεις. Η μικτή κατηγορία περιελάμβανε έντεκα παιδιά που στις απαντήσεις τους έδωσαν αποδείξεις ότι υποστήριξαν δυο 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' αριθ. 15, το οποίο σχεδίασε ένα βέλος που έδειχνε τη Γη να περιφέρεται από πάνω προς τα κάτω αλλά απάντησε ότι η Γη περιγράφεται 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. Παράδειγματος χάρι, το υποκείμενο υπ' αριθ. 46 άρχισε με μια σαφέστατη εξήγηση της περιγραφής 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 παραμύθου της 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 περιγραφή της Γης.

Η Κίνηση της Σελήνης

Οι ιδέες των παιδιών για την κίνηση της Σελήνης καθοδηγήθηκαν 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 αναλήφθηκαν 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), είχαν 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, είχαν ότι η Σελήνη φαίνεται να κινείται μαζί με σένα όταν κάνεις έναν περπάτο, 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, «Ποιά 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, είχαν αλλά ότι η Σελήνη κινείται πάνω/κάτω. Μερικά από αυτά τα παιδιά ισχυρίστηκαν ότι η Σελήνη κινείται μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας μ' έναν «υδροαλικό» 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 είχαν ότι η Σελήνη δεν κινείται μαζί με σένα όταν κάνεις έναν περπάτο (Ερώτηση 31), αν και μερικά αναγγώνισαν 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 κάνεις περπάτο; E31	Κινείται η σελήνη όταν κοιμάσαι στο κρεβάτι σου; E32	Ποιά κινείται η Σελήνη; E33
(1) Όχι, με ή χωρίς εξήγηση. (2, 7, 8 = 17) ^b	Όχι. Όχι η Γη κινείται και φαίνεται σαν να κινείται η Σελήνη.	Όχι ή Ναι. Όχι, φαίνεται σαν να κινείται στην πραγματικότητα δεν κινείται.	Όχι.	Μη σχετική απάντηση.
(2) Ναι, πάνω/κάτω. (3, 0, 2 = 5)	Ναι. Πάνω και κάτω.	Όχι ή Ναι, φαίνεται σαν να κινείται.	Ναι, κινείται πάνω/κάτω, ή Όχι, κινείται την αυγή ώστε ο ήλιος να ανεβεί ψηλά και να γίνεσαι μέγας.	Πα να γίνει η αλλαγή μερας/νυχτας.
(3) Ναι, κίνηση χωρίς περιγραφή του διευκρινισμού. (11, 3, 4 = 18)	Ναι.	Όχι ή Ναι, φαίνεται σαν να κινείται αλλά στην πραγματικότητα δεν κινείται.	Ναι ή Όχι, γιατί κινείται κάποια άλλη άρα.	Δε γνωρίζω. Πα να γίνει η αλλαγή μερας/νυχτας. Εξαιτίας της βαρύτητας της Γης.
(4) Ναι, περιγράφω γύρω από τη Γη. (0, 4, 2 = 6)	Ναι, με ή χωρίς αναφορά στην περιφορά.	Όχι ή Ναι, φαίνεται σαν να κινείται.	Ναι, γυρίζει γύρω από τη Γη.	Πα να γίνει η νύχτα.
(5) Ναι, μωρές 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 σχολική τάξη. Ο πρώτος αριθμός αποτελεί τη συχνότητα για την πρώτη τάξη, ο δεύτερος αριθμός για την δεύτερη τάξη και ο τρίτος αριθμός για την τρίτη 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, ελλειψείς 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, ελλειψείς απαντήσεις (2, 2, 1 = 5)	Όχι	Αμφίσημη απάντηση (π.χ., ο Ήλιος μένει ακούλουθους όταν η μηλιά μου κι εγώ πηγαίνομε να ποδοί τον πεταπόι μου).	Αμφίσημη απάντηση (π.χ., η Σελήνη βολοκεται σε άλλων πλανήτη κατά τη διάρκεια της ημερας).	Δε γνωρίζω.

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

3. *Ναι, χωρίς να καθορίζεται η κίνηση.* Πολλά παιδιά (δεκαοκτώ) του δείγματος 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 να κινείται αλλά στα αήθητα 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 μπορούσαμε να κοιμηθούμε», «γιατί τη στρώθηκε ο αέρας», «απλάως κινείται», «δεν ξέρω». Ένα παράδειγμα πρωτοκόλλου δίνεται στον Πίνακα 6 (πρωτόκολλο υπ' αριθ. 3).

~ 240 ~

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

~ 241 ~

4. *Ναι, περιμερόδα γύρω από τη Γη.* Τα έξι παιδιά αυτής της κατηγορίας, απαντώντας στις Ερωτήσεις 30 και 32, είχαν ότι η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη. Ως απάντηση στην Ερώτηση 31 είχαν ότι δεν κινείται μαζί με σένα, αν και φαίνεται ότι κινείται. Οι περισσότερες από τις εξηγήσεις της περιφοράς της Σελήνης που αποτέλούσαν απάντηση στην Ερώτηση 33, «Παρά 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 εξήγησης σ' αυτή την κατηγορία υποδηλώνει ότι η περιμόδα 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, ελλειπείς απαντήσεις.* Η κατηγορία αυτή δημιουργήθηκε για να περιλάβει τα έξι παιδιά που είχαν «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. Το 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, ελλειπείς απαντήσεις.* Τα τρία παιδιά που τοποθετήθηκαν στην κατηγορία όχι, μικτή (τύπος εξήγησης 7, Πίνακας 6), απαντώντας στις Ερωτήσεις 30 και 31 είχαν ότι η Σελήνη δεν κινείται, αλλά έπειτα, αυθαιματούμενα, είχαν ότι η Σελήνη κινείται όταν εμείς κοιμόμαστε (Ερώτηση 32). Τα πέντε παιδιά που τοποθετήθηκαν στην κατηγορία όχι, ακαθόριστη (τύπος εξήγησης 8, Πίνακας 6), είχαν «όχι» στην Ερώτηση 30, αλλά έπειτα έδωσαν μια αμφιβολή 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 συγγένεια 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 χαρακτηρισρίζει τα παιδιά της τρίτης και της πέμπτης τάξης.

Επομένως, η σχετική με την κίνηση ερώτηση δίνει μια πολύ ενδιαφέρουσα εξέλιξη 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 μέρους 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 λείπουν με βάση ένα μοντέλο περιτορροφημένης Γης με τη Σελήνη σταθερή σε μια θέση. Όταν οι ενήλικες λένε ότι η Σελήνη κινείται, εκφράζουν την επιστημονική άποψη στην οποία η Σελήνη γυρίζει γύρω από τη Γη. Η ανάληψη 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 Εξάφάνιση των Άστρων κατά τη Διάρκεια της Ημέρας

Οι εξηγήσεις που έδωσαν τα παιδιά για την εξαφάνιση των άστρων κατά τη διάρκεια της ημέρας ερμηνήθηκαν 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. Παράδειγματα πρωτοκόλλων από κάθε κατηγορία φαίνονται στον Πίνακα 8.

1. *Τα άστρα εμποδίζονται από τα σύννεφα.* Σ' αυτή την κατηγορία

ΠΙΝΑΚΑΣ 7. Τύποι εξηγήσεων ως απάντηση στις ερωτήσεις σχετικά με την εξοργισμένη των δάσγων κατά τη διάρκεια της ημέρας, και οι συχνότητες τους ανά σχολική τάξη.*

Τύπος εξήγησης	Ποιά είναι τα δάσγα τη νύχτα; E36a	Ποιά είναι τα δάσγα την ημέρα; E36β	Κινούνται τα δάσγα; E37
(1) Τα δάσγα εμποδίζονται από τα σύννεφα. (3, 5, 3 = 11) ^β	Στον ουρανό.	Πίσω από τα σύννεφα.	Ναι ή Όχι.
(2) Τα δάσγα βγαίνουν στο διάστημα. (2, 2, 1 = 5)	Στον ουρανό.	Απομακρύνονται στο διάστημα.	Ναι.
(3) Τα δάσγα κατεβαίνουν πάνω/μέσα στο έδαφος [πίσω από τους λόφους]. (1, 0, 1 = 2)	Στον ουρανό.	Πίσω από τους λόφους.	Ναι.
(4) Τα δάσγα κατεβαίνουν κάτω από τη Γη. (3, 1, 1 = 5)	Στον ουρανό.	Κατεβαίνουν κάτω ή απηχίζονται στην άλλη πλευρά της Γης.	Ναι.
(5) Τα δάσγα κατεβαίνουν, ακαθόριστο σε ποια πλευρά της Γης. (2, 0, 0 = 2)	Στον ουρανό.	Κατεβαίνουν.	Ναι.
(6) Τα δάσγα κινούνται κάτω από τον αέρα. (1, 0, 0 = 1)	Στον ουρανό.	Σε μια άλλη πύλη/χώρα.	Ναι.

* 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	Ποιά είναι τα δάσγα τη νύχτα; E36a	Ποιά είναι τα δάσγα την ημέρα; E36β	Κινούνται τα δάσγα; E37
(7) Τα δάσγα εξαφανίζονται. (1, 0, 0 = 1)	Στον ουρανό.	Φεύγουν/εξαφανίζονται.	Δεν ξέρω.
(8) Τα δάσγα μένουν εκεί που βρίσκονται. (3, 9, 12 = 24)	Στον ουρανό.	Βρίσκονται ακόμα στον ουρανό. Δεν μπορείς να τα δεις εξαιτίας της λάμπης του Ήλιου.	Όχι, δεν κινούνται.
(9) Ελλείψεις αστεριών. (4, 3, 2 = 9)	Στον ουρανό.	Καμία απάντηση, δε γνωρίζω, μη σχετική ή αμφοίσημη απάντηση.	Ναι ή Όχι.

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

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

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

5. Τα δάσγα 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.

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

~ 246 ~

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

~ 247 ~

θορούμε 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 κάτω 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 φαινόταν 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 δείγμάτος μας (εξοικετέστερα 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. Ελλείψεις απαντήσεων. Εννιά παιδιά τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία, γιατί απάντησαν ότι δε γνωρίζουν πού βρισκονται 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 φαινόταν 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.^a

Τύπος μοντέλου	Ερωτήσεις για την εμφάνιση 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) ^b	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, εμποδιζόμενα 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.

^a n = 60.

^b 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.

~ 250 ~

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, μπαινουν στο διάστημα ή εμποδίζονται.

~ 251 ~

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 μεταξύ τους πλευρές της Γης. (0, 1, 1 = 2)	Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της, ή δεν καθορίζεται τι κάνει.	Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της.	Η Σελήνη δεν κινείται.	Τα άστρα εμποδίζονται.
(11) Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της· ο Ήλιος μένει ακίνητος αλλά η Σελήνη κινείται. (0, 1, 0 = 1)	Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της και ο Ήλιος είναι ακίνητος.	Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της.	Η Σελήνη κινείται χωρίς περαιτέρω διευκρινίσεις ή περιφέρεται γύρω από τη Γη.	Τα άστρα μένουν εκεί που βρίσκονται.
(12) Η Γη περιστρέφεται χωρίς να καθορίζεται η κατεύθυνση. (1, 1, 1 = 3)	Η Γη γυρίζει χωρίς περαιτέρω διευκρινίσεις.	Η Γη γυρίζει χωρίς περαιτέρω διευκρινίσεις.	Η Σελήνη κινείται ή δεν κινείται.	Τα άστρα μένουν εκεί που βρίσκονται.

Τύπος μοντέλου	Ερωτήσεις για την εμφάνιση 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 μηκή απάντηση.	Οτιδήποτε.
(14) Μικτός: η Γη περιστρέφεται και περιφέρεται. (1, 2, 2 = 5)	Μικτή: η Γη περιστρέφεται και περιφέρεται.	Μικτή: η Γη περιστρέφεται και περιφέρεται.	Η Σελήνη κινείται ή δεν κινείται.	Οτιδήποτε.
(15) Μικτός: γενικός. (0, 5, 1 = 6)	Μικτή: ο Ήλιος εμποδίζεται και κινείται πάνω/κάτω και η Γη περιστρέφεται.	Μικτή.	Η Σελήνη κινείται ή δεν κινείται.	Οτιδήποτε.
(16) 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.	Οτιδήποτε.

~ 252 ~

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 εξηγήσεων που έχουν ήδη περιγραφεί.

Τα κριτήρια για την κατάταξη των παιδιών στα συνολικά νοητικά μοντέλα περιγράφονται στον Πίνακα 9 και συζητούνται 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, απάντώντας 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 πρόθεσαν 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.

Διακρίνουμε μια τέση 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-

~ 253 ~

ντέλο 2: Πάνω στο έδαφος. Μοντέλο 3: Στην άλλη πλευρά της Γης.
Μοντέλο 4: Ακαθόριστο. Μοντέλο 5: Έξω στο διάστημα. Μοντέλο 6:
Προτιγιάζεται 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 είναι ότι ο Ήλιος κατεβαίνει στο έδαφος. Απαντώντας στις ερωτήσεις σχετικά με την κίνηση της Σελήνης είναι ότι η Σελήνη κινείται πάνω/κάτω, ή δεν καθόρισαν πώς κινείται. Απαντώντας στις ερωτήσεις σχετικά με την εξήγηση του κύκλου της μέρας/νύχτας είναι 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 είναι 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 καθορίστηκε 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 πραγματώ 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, είναι 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 με 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, περιφορά: μοντέλα 8, 9, 10, 11 και 12). Τα μοντέλα περιτορφοφής διαφοροποιήθηκαν ακόμη περισσότερο ανάλογα με τον τύπο περιτορφοφής (π.χ. πάνω/κάτω ή από ανατολικά προς δυτικά), 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 περιτρέφεται 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 περιτρέφεται και ο Ήλιος μένει ακίνητος. Επίσης, τα παιδιά αυτά, σε απάντηση στις ερωτήσεις που αναφέρονταν στην κίνηση της Σελήνης, είναι ότι η Σελήνη δεν κινείται. Εξήγησαν τον κύκλο της μέρας/νύχτας με βάση την περιτορφοφή 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 περιτορξέφεται 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 βόλιζεται 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 περιτορξέφεται 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 περιτορξέφεται γύρω από τον (βορρά/νότο) άξονά της απαντώντας στις ερωτήσεις που αναφέρονταν στην εξαφάνιση του Ήλιου τη νύχτα και/ή στις ερωτήσεις που ζήτησαν 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 περιτορξέφεται 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 περιτορξέφεται 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 περιτορξέφεται 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 περιτορξής της Γης και κινήσεων του

Ήλιου πάνω/κάτω (μοντέλο 13) από εκείνα που συνέχισαν την περιτορξή 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 άλλων απαντήσεων.

Μοντέλο 13: Μικτό: Η Γη περιτορξέφεται και ο Ήλιος κινείται πάνω/κάτω. Τα πέντε παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία πίστευαν ότι η Γη περιτορξέφεται 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 βόλιζονται, κινούνται προς τα κάτω, εμποδίζονται).

Μοντέλο 14: Μικτό: Η Γη περιτορξέφεται και περιφέρεται. Άλλα πέντε παιδιά εξήγησαν τον κύκλο της μέρας/νύχτας με δικές τους με βάση την περιτορξή της Γης κι άλλες φορές με βάση την περιφορά της κίνησης.

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 περιτορξέφεται 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: Άλλες απαντήσεις. Τα τρία παιδιά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την κατηγορία έδωσαν άλλες 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 περιγραφή 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 γο- γίς περατέρω διευθυνόμενες.
Αυτή 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.
Κόλη 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 μεριές 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 μεριές 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 μεριές 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 μετα-
κίνηση από το αρχικό μοντέλο ενός Ήλιου και μιας Σελήνης που κι-
νούνται πάνω/κάτω προς εξηγήσεις που παρατέμνουν στην περι-
στροφή της κίνησης της Γης.

Σχέση μεταξύ των Συνοδικών Νοητικών Μοντέλων του Κύκλου της Μέρας/Νύχτας και των Νοητικών Μοντέλων της Γης

Στην Εισαγωγή περιγράψαμε μερικώς από τους περιγραφικούς που
επιβάλλουν τα νοητικά μοντέλα της Γης στα νοητικά μοντέλα της
εναλλαγής της μέρας/νύχτας (βλ. το Σχήμα 2). Εφόσον είχαμε ανε-
ξάρτητα κατατάξει τα παιδιά που πήραν μέρος στη μέετη αυτή σε
νοητικά μοντέλα της Γης σε προηγούμενη έρευνα (βλ. Vosniadou &
Brewer, 1992), είχαμε τις πληροφορίες που απαιτούνταν για να εξε-
τάσουμε τη σχέση μεταξύ των νοητικών τους μοντέλων για την εναλ-
λαγή της μέρας/νύχτας και των νοητικών τους μοντέλων για τη Γη.
Όπως δείχνει ο Πίνακας 10, η σύγκριση έδειξε ότι τα παιδιά που εί-
χαν σχηματίσει τα μοντέλα της ορθογώνιας Γης, της Γης-δίσκου και
της διαλκής 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.

Αν παρατηρήσαμε περιπτώσεις όπου ένα από τα παραπάνω
επίπεδα μοντέλα της Γης να συνδυάζεται με μια εξήγηση της εναλ-
λαγής της μέρας/νύχτας με βάση την περιφορά ή την περιστροφή της
Γης, ή ακόμμη με την εξήγηση σύμφωνα με την οποία ο Ήλιος κατε-
βαίνει στην άλλη πλευρά της Γης (Πίνακας 9, μοντέλο 3). Από την
άλλη μεριά, τα παιδιά που είχαν σχηματίσει το επιστημονικό μοντέλο
ή ακόμμη και συνθετικά μοντέλα οραματικής 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. Αναλόισαμε τα δεδομένα του Πίνακα 10. Συ-

γκρίθηκαν παιδιά που είχαν μοντέλα επίτρεσης Γης με παιδιά που είχαν εξήγησεις της μέγας/νύχτας με βάση μοντέλα όπου η Γη δεν κινείται (μοντέλα 1, 2, 3, 4, 5). Τα παιδιά με μοντέλα επίτρεσης 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 οργανικής Γης που περιβάλλεται από το διάστημα είναι μια αναγκαία αλλά όχι κακή συνθήκη για την απόκτηση της επιστημονικής εμνημίας του κύκλου μέγας/νύχτας.

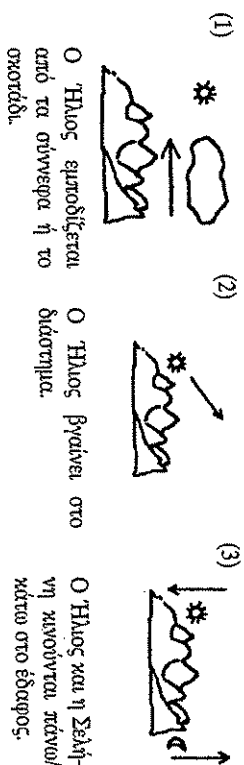
ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Νοητικά Μοντέλα του Κύκλου της Μέγας/Νύχτας

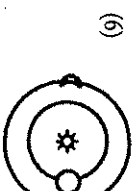
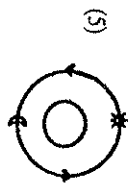
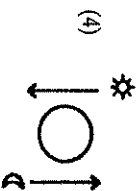
Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν ότι ριζαντυσοκτικό από τα εξήντα παιδιά του δείγματος μας μπόρεσαν να τοποθετηθούν σ' ένα καλά καθορισμένο νοητικό μοντέλο της εναλλαγής της μέγας/νύχτας. Μία εικονική αναπαράσταση των πιο σημαντικών μοντέλων που επινόησαν τα παιδιά του δείγματος μας φαίνεται στο Σχήμα 5. Οι συγκεκριμένες εξηγήσεις της εναλλαγής της μέγας/νύχτας που αντλήσαμε ήταν παρόμοιες με αυτές που εντοπίστηκαν σε προηγούμενες έρευνες (π.χ. Sadler, 1987; Baxter, 1989). Τα παιδιά έδωσαν εξηγήσεις της εναλλαγής μέγας/νύχτας με βάση την ιδέα ότι ο Ήλιος κινείται πάνω από τους λόφους ή κλύπτεται 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 περιφέρεται 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 κατανοήση κλειμένων (βλ. Vosniadou, 1991b).

Επίσης διαπιστώθηκε μια αξιοσημείωτη ομοιότητα μεταξύ των μοντέλων που σχημάτισαν τα παιδιά για την εναλλαγή μέγας/νύχτας και των ειδών των εξηγήσεων της εναλλαγής της μέγας/νύχτας που

ΣΧΗΜΑ 5. Νοητικά μοντέλα του κύκλου της μέγας/νύχτας.



Συνθετικά Νοητικά Μοντέλα



«Επιστημονικά» Νοητικά Μοντέλα



βεβήγκαν στην ιστορία της Αστρονομίας. Τα μικρά παιδιά του δείχνματός μας εξήγησαν τον κύκλο της μέγας/νύχτας με βάση τη μετακίνηση του Ήλιου σε μακρινά μέρη της Γης, την απόκλιση του πλάτος από λόφους ή όρη, ή το βασιλεία του κάτω από τη Γη στη δύση και την επανεμφάνισή του στην ανατολή. Τα μοντέλα αυτά μοιάζουν αρκετά με τις πρώιμες θεωρίες στην ιστορία της Αστρονομίας.

Τρία Είδη Νοητικών Μοντέλων:

Αρχικά, Συνθετικά και Επιστημονικά

Το θεωρητικό μας πλαίσιο μας οδήγησε στην πρόβλεψη ότι θα εντοπίσαμε τρία είδη νοητικών μοντέλων της εναλλαγής μέγας/νύχτας: (α) *αρχικά μοντέλα*, δηλαδή μοντέλα που είναι συνεπή με τις παρατηρήσεις που στηρίζονται στις καθημερινές εμπειρίες, (β) *συνθετικά μοντέλα*, δηλαδή μοντέλα που αναπτύσσονται προσεχώς των παιδιών να συμβιβάζουν την πολιτισμικά αποδεκτή επιστημονική εξήγηση του κύκλου της μέγας/νύχτας με τις παρατηρήσεις που στηρίζονται στην εμπειρία, και (γ) *επιστημονικά μοντέλα*, δηλαδή μοντέλα της εναλλαγής της μέγας/νύχτας που συμφωνούν με την επιστημονική άποψη. Τα νοητικά μοντέλα του κύκλου της μέγας/νύχτας που εντοπίσαμε σ' αυτή τη μελέτη μπορούν πρώτιστα 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 εστιάζονται από την πολιτισμικά αποδεκτή επιστημονική άποψη σύμφωνα με την οποία η εναλλαγή μέγας και νύχτας προκαλείται από την περιστογή της Γης γύρω από τον άξονά της, ούτε εμπειρεύουν 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 μέγας/νύχτας, ενώ μόνο δύο παιδιά της τρίτης τάξης και ένα της πέμπτης υιοθέτησαν ένα αρχικό μοντέλο. Η ανάλογη 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 αναπτύσσονται προσεχώς 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, περιστογή πάνω/κάτω ή περιστογή γύρω από τον άξονα), και αν η Σελήνη εμπλέκεται κατά έναν αιτιώδη τρόπο στον κύκλο της μέγας/νύχτας. Όπως έχουμε δει, μερικά παιδιά νομίζουν ότι ο κύκλος της μέγας/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 μενουν ακίνητα. Τα μεγαλύτερα παιδιά νομίζουν ότι η Γη περιφέρεται πάνω/κάτω, ο δε Ήλιος και η Σελήνη παραμένουν ακίνητα σε ανήθες 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 ανάλογη 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, περιστογή της Γης γύρω από τον άξονά της, και περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη. Μόνο ένα παιδί σχημάτισε το μοντέλο 8.

Τα υπόλοιπα είκοσι δύο 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 περιστογής της Γης -περιστογή γύρω από τον άξονα της ή περιστογή 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 μακτών απαντήσεων. Πέντε από αυτά χρησιμοποιή-

σαν ως εξηγήσεις της ενσάλωσης της μέγας/νύχτας και την πάνω/κάτω κίνηση του Ηλιου και την περιτροπή της Γης (μοντέλο 13, Πινάκας 9). Άλλα πέντε χρησιμοποιήσαν και την εξήγηση σχετικά με την περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο και την περιτροπή της Γης (μοντέλο 14, Πινάκας 9). Τα υπόλοιπα έξι παιδιά έκαναν χρήση ποικίλων μηχανισμών στις εξηγήσεις τους (μοντέλο 15, Πινάκας 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 του 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 με 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 Μέγας/Νύχτας

Στην εισαγωγή αναφέραμε το πώς τα νοητικά μοντέλα του κύκλου της μέγας/νύχτας επηρεάζονται από μια μερακλία περιορισμών (εδαφαιμένες 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 με αυτή την υποτιθέμενη εννοιολογική δομή.

Προϋποθέσεις. Η υπόθεση ότι ορισμένες οντολογικές και επισημολογικές 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 ενσάλωση της μέγας/νύχτας αποτελεί ένα φαινόμενο που απαιτεί εξήγηση. Επιπλέον, η μεγάλη πλειοψηφία των παιδιών του δείγματος μας έδωσε μηχανιστικές εξηγήσεις του φαινομένου αυτού. Μόνο ένα παιδί είπε ότι «ο Θεός τα έφτιαξε έτσι», ενώ κανένα παιδί δεν έδωσε ανημιτιστικές εξηγήσεις. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η επιστημονική εξήγηση του κύκλου της μέγας/νύχτας δεν απαιτεί αναθέωση των βασικών αυτών επιστημολογικών προϋποθέσεων. Απαιτεί όμως την αναθέωση των μερικών από τις οντολογικές πεποιθήσεις που επηρεάζουν το σχηματισμό μοντέλων για τη μέγα/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 μέγας/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 μέγας/νύχτας εξακολουθούσε να υπάρχει στα συνθετικά μοντέλα των μεγαλύτερων παιδιών του δείγματος μας. Δεν είναι σαφές αν η αντοχή αυτής της άποψης οφείλεται στην εδραίωσή της ή στο γεγονός ότι, κατά τις συνηθισμένες παρουσιάζσεις των επιστημονικών εξηγήσεων του κύκλου της μέγας/νύχτας, ο ρόλος της Σελήνης συνήθως δε διευκρινίζεται. Σε μια έρευνα των ενοτήτων Αστρονομίας σχετικά με τον κύκλο της μέγας/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 μέγας/νύχτας (Vosniadou 1991a, 1991b).

Ο μηχανισμός που χρησιμοποιήσαν τα παιδιά για να εξηγήσουν την εμφάνιση και την εξαφάνιση του Ήλιου και της Σελήνης βασίστηκε είτε στην αντίληψη ότι κινούνταν γύρω τα κάτω που δεν μπορούσαμε να τα δούμε είτε ότι κάτι ερχόταν και τα έκρυβε απ' τα μά-

πια μας. Δεν εντοπίσαμε εξηγήσεις που να εμπλεκόνταν 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 ερμηνεύεται από αυτά του σχηματισμού 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 επιρρέζουν τα μοντέλα της μέρας/νύχτας με δύο τρόπους:

Πρώτον, ως αρχίσουμε με τη διάκριση ανάμεσα στην επίρρηση Γη και τη σφαιρική Γη. Τα μοντέλα της επίρρησης Γης περιγράφονται από την προϋπόθεση ότι τα αντικείμενα που δε στηρίζονται πέφτουν «κάτω». Στο Σχήμα 2 περιγράψαμε πώς οι προϋποθέσεις αυτές και τα νοητικά μοντέλα της επίρρησης Γης τα οποία παράγουν περιγράφουν τις εξηγήσεις των παιδιών για την εναλλαγή της μέρας/νύχτας. Όλα τα παιδιά στο δείγμα μας που είχαν ένα μοντέλο επίρρησης 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 εξηγούν την πάνω/κάτω κίνηση του Ήλιου σε σχέση πρώτα 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 κολής σφαιρας είχαν δυσκολίες να σχηματίσουν μια λογικά συνεπή εξήγηση της εναλλαγής της μέρας/νύχτας. Επτά από τα δώδεκα παιδιά με μοντέλα κολής σφαιρας έδωσαν ελλείψεις ή μικτές απαντήσεις. Υπήρχαν μόνο δύο εξηγήσεις σύμφωνα με τις οποίες η Γη περιστρέφεται πάνω/κάτω – ένα εύρημα που είναι σύμφωνα με την υπόθεση ότι τα παιδιά που είχαν σχηματίσει το μοντέλο της κολής σφαιρας δούσαν 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 κολής σφαιρας, 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 κολής σφαιρας επλάγουν τη λύση αυτή.

Το μοντέλο της κολής 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 υπάγχει μια πλανήτα της Γης που έχει πάντα «μέρα» και μια άλλη που έχει πάντα «νύχτα». Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, ο Ήλιος εξαφανίζεται όταν το μέγος 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 ζωνογραφία 12, Σχήμα 4, είδος εξήγησης 12, Πίνακας 4).

Άλλη μια ενδιαφέρουσα εμπειρική σχέση υπάγχει 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 κολής σφαιρας και το άλλο ένα μοντέλο πλανητικής σφαιρας. Αντίθετα, υπήρχαν εκατοστά παιδιά με μοντέλα σφαιρικής Γης, δεκατρία εκ των οποίων απέδωσαν τη μέρα/νύχτα στην περιστροφή της Γης. Και τα δεκατρία αυτά παιδιά εξηγήσαν 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 εξηγήσεις 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 περιτορφεμένης Γης κι ενός ακίνητου Ήλιου (μοντέλο 7α, Σχήμα 5) και το μοντέλο μιας ακίνητης Γης κι ενός Ήλιου και μιας Σελήνης που ανεβοκατεβαίνουν γροκιάλωντας τη μέγανύχτα (μοντέλο 4, Σχήμα 5). Τα δύο αυτά μοντέλα του κύκλου της μέγας/νύχτας είναι όμοια, με την εξαίρεση ότι στο ένα η Γη περιτορφέρεται πάνω/κάτω ενώ στο άλλο ο Ήλιος και το φεγγάδι 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 μάθαιναν ότι η αιτία της εξοφάνισης του Ήλιου τη νύχτα είναι η περιτορφοική κίνηση της Γης.

Το μοντέλο 7α (Σχήμα 5) είναι επίσης συνειστές με την περιποίηση ότι ο Ήλιος βρισκείται στο «πάνω» μέρος της σφαιρικής Γης αντί στο πλάι κοντά στον Ισημερινό. Αυτή η άποψη μπορεί να θεωρηθεί ως απομεινίδι ενός αρχικού μοντέλου της εναλλαγής της μέγας/νύχτας, βασισμένου στην καθημερινή εμπειρία, στο οποίο τα παιδιά συνεχίζον να πιστεύουν ακόμη κι όταν έχουν καταλάβει πως το σχήμα της Γης είναι σφαιρικό. Δεδομένης της περιποίησης ότι ο Ήλιος βρίσκεται στο «πάνω» μέρος της σφαιρικής Γης, η δημιουργία ενός μοντέλου της εναλλαγής της μέγας/νύχτας με επεξηγηματική ισχύ απαιτεί μια περιτορφοή 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 ανάλησή μας της κατεύθυνσης της περιτορφοής της Γης δείχνει ότι η εμπίναία αυτή της περιτορφοής είναι μια ενδιαφέρουσα περιποίηση συνθετικού μοντέλου.

Εν κατακλείδι, τα αποτελέσματα της παρούσης μελέτης είναι σύμφωνα με την αρχική μας υπόθεση ότι τα νοητικά μοντέλα των παιδιών επηρεάζονται από μια ιεραρχία περιτορφοιών, τους οποίους έχουμε ονομάσει *προϋποθέσεις, πεπιθήσεις και νοητικά μοντέλα*, και οι οποίοι δρουν παράλληλα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας απόκτησης γνώσεων. Μερικοί από τους περιτορφοί τους (π.χ. οι οντολογικές προϋποθέσεις που έχουμε αναφέρει, η πεπιθήση ότι ο Ήλιος κινείται κάτω) εμφανίζονται με παρόμοιους τρόπους και σε παιδιά που μεγαλώνουν σε διαφορετικούς πολιτισμούς (βλ. Vosniadou, 1994), όπως και στους πρώτους αστρονόμους που προσαρτήσαν να εξηγήσουν τον κύκλο της μέγας/νύχτας.

Εξήγηση της Δημιουργίας Συνθετικών Μοντέλων της Εναλλαγής της Μέγας/Νύχτας

Σε προηγούμενη εργασία μας (Vosniadou & Brewer, 1992) εξηγήσαμε τη δημιουργία των συνθετικών μοντέλων ως προϊόντων της σταδιακής άδοσης των περιτορφοιών 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 ανάληψη αυτή μπορεί να επεκταθεί και στη δημιουργία συνθετικών μοντέλων στην περιποίηση της εναλλαγής της μέγας/νύχτας.

Για να γίνει πιο εύκολη η συζήτηση, θα αναφερθούμε μόνο στην υποκατηγορία των μοντέλων που παρομοιάζονται στο Σχήμα 5. Τα τέτα αρχικά μοντέλα της μέγας/νύχτας (μοντέλα 1, 2 και 3) περιλαμβάνονται από το μοντέλο μιας ακίνητης και επίπεδης Γης. Στα μοντέλα αυτά η εξήγηση της εναλλαγής της μέγας/νύχτας γίνεται είτε με την κίνηση του Ήλιου (και της Σελήνης) είτε με την περιτορφοή τους από κάτω (π.χ. σύννεφα).

Η πρώτη ουσιαστική αλλαγή που αφήνει περιθώρια για τη δημιουργία συνθετικών μοντέλων της μέγας/νύχτας απαιτεί την άδοση των περιτορφοιών που βάζει το μοντέλο της επίπεδης Γης, και άρα, εμμέσως, των οντολογικών προϋποθέσεων σχετικά με το επίπεδο του εδάφους και της πάνω/κάτω βαρύτητας. Υποθετώντας το μοντέλο της ακίνητης σφαιρικής Γης, που περιβάλλεται από το διάστημα, τα παιδιά μάροδούν να εξηγήσουν τον κύκλο της μέγας/νύχτας κάνοντας τον Ήλιο να πηγαίνει στην «κάτω» μεριά της σφαιρικής Γης (μοντέλο 4).

Το μοντέλο της σφαιρικής Γης, εν συνεχεία, επιτρέπει τη δημιουργία μιας σειράς συνθετικών μοντέλων του κύκλου της μέγας/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 περισοδικική και όχι ανεβροκαταβόαση. Η αλλαγή αυτή φανερώσει την επίδραση της πολυτιμικής πληροφορίας σχετικά με την περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη ή της Γης γύρω από τον Ήλιο που χρησιμοποιούνται για το σχηματισμό μιας γαλακτογενικής εξήγησης του φαινομένου της μέρας/νύχτας.

Τα παιδιά με το μοντέλο 6 έχουν άγει την περσίωση 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 εντεταλμένης μέρας/νύχτας.

Το μοντέλο 7 επίσης απαιτεί άδοση του περιδοισμού της ακίνητης Γης. Στο μοντέλο αυτό, όμως, είναι η περισοδική και όχι η περιφορά της Γης που εξηγεί τη μέρα/νύχτα. Το μοντέλο αυτό ααγίζει να προσγγίζει το επιστημονικό, αλλά διατηρεί ακόμη ένα σημαντικό συνθετικό στοιχείο: την υπόθεση ότι ο Ήλιος και η Σελήνη βόσκονται τοποθετημένα διαμετρικά αντίθετα στο διάστημα, σε αντίθετες πλευρές από τη Γη (είτε «πάνω/κάτω» είτε «αριστερά/δεξιά»), και δεν κινούνται. Το μοντέλο αυτό παρέρχει μια κομψή λύση του προβλήματος του κύκλου της μέρας/νύχτας.

Τέλος, τα παιδιά που έχουν σχηματίσει το μοντέλο 8 έχουν και-τανοήσει την ουδία της επιστημονικής εξήγησης με μια περισοδικό-μενη 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 ξέχουν πόση άρα χερδαίζεται η Σελήνη να περισοδικά γύρω από τη Γη ή να μπορούν να εξηγήσουν τις φάσεις της Σελήνης.

Αναφερόντας την αρχική υπόθεση μας, ότι δηλαδή στη σκέψη

των παιδιών τα άστρα θα είχαν κάποια απώδη 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 δείματός μας νόμιζε ότι τ' άστρα είναι ακίνητα και γνώριζαν ότι μπορεί να βόσκονται 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 βόσκειται στον ουρανό μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας και η Σελήνη και τα άστρα βόσκονται 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 αμφοιβητούμενα μοντέλα.

Είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε ότι η εμπειρική ακρίβεια είναι χαρακτηριστικό ακόμα και των συνθετικών μοντέλων, παρόλο που τα συνθετικά μοντέλα αντιπροσωπεύουν σημαντικές παρερμηνείες των επιστημονικών πληροφοριών. Παράγματος, πολλές φορές τα «άδφη» 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 συμπρααίνουν επί τη βάση των παρατηρήσεων τους ότι ο Ήλιος βόσκειται στον ου-

γανό 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 (Ασθασμένης) παρατήρησης ότι η Σελήνη βρίσκεται στον ουρανό μόνο τη νύχτα.

Λογική συνέπεια. Τα ασθαστά τέρατα 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 περισταχόταν η Γη (μοντέλο 14, περιστροφή έναντι περιφοράς). Μόνο εννέα παιδιά από τα εξήντα φάνηκαν να είναι συγκεκριμένα ή αβέβαια σχετικά με τον τρόπο εξήγησης αυτού του κοινού φαινομένου (τάξιμοι 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 συνθετων φαινομένων που επηρεάζουν το ένα πάνω στο άλλο (Yoshida & Brewer, 1997; Brewer & Samarapungavan, 1991).

Ενώ τα αποτελέσματά μας μπορεί να φαίνεται ότι έχουνται σε σύγκριση με απώψεις σύμφωνα με τις οποίες όχι μόνο τα μικρά παιδιά αλλά και οι μαθητές των Γυμνασίων και οι φοιτητές των κο-

λίων δίνουν εσωτερικά συνεπείς απαντήσεις σε ερωτήσεις που ερευνούν πλανεύς των γνώσεων τους για την επιστήμη (π.χ. DiSessa, 1988, 1993; Solomon, 1983), τα πειράματα μπορεί να μην είναι ακριβώς έτσι. Στις περισσότερες από τις έρευνες που έχουν γίνει και όπου επιστημόθηκαν τέτοιες ασυνέπειες, ένας μαθητής θεωρείται εσωτερικά συνεπής 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 σωφώς 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 δείγμάτος μας υιοθετούν νοητικά μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας σωφώς ορισμένα, τα οποία χρησιμοποιούν με συνέπεια για ν' απαντήσουν σε διάφορες ερωτήσεις σχετικά 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 φαινόμενη εξαφάνιση της Σελήνης και των άστρων κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι η πλειοψηφία των παιδιών του δείγμάτος 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 παρμητόδιση), 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 υποστηρίχξαν 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 *υδροαυλικό 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. Παραδειγματος χά-ρη, τα παιδιά που απάντησαν ότι ο Ήλιος περιφέρεται γύρω από τη Γη ανέφεραν επίσης ότι η κίνηση της Σελήνης είναι παρόμοια. Δεν εί-χαμε κανένα μοντέλο όπου ο Ήλιος περιφέρεται γύρω από τη Γη αλ-λά η Σελήνη κινείται με κατεύθυνση πάνω/κάτω, ή το αντίθετο. Τέ-λος, τα περισσότερα από τα παιδιά που υποθέτησαν την εξήγηση σύμφωνα με την οποία ο κύκλος της μέρας/νύχτας προκαλείται από την περιτροπή της Γης θεωρούσαν ότι ο Ήλιος και η Σελήνη παρα-μένουν ακίνητα. Και πάλι δεν είχαμε παραδείγματα στα οποία να διατυπώνεται η άποψη ότι η Γη περιτρέφεται γύρω από τον άξονά της, ο Ήλιος μένει ακίνητος και η Σελήνη κινείται προς μια κατεύ-θυνση πάνω/κάτω, αν και είχαμε επιστημονικά μοντέλα σύμφωνα με τα οποία η Γη περιτρέφεται γύρω από τον άξονά της, ο Ήλιος μένει ακίνητος και η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη. Είναι ενδιαφέ-ρον να σημειώσουμε εδώ ότι το μοντέλο των παιδιών σύμφωνα με το οποίο η Γη περιτρέφεται 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 περι-φέρεται γύρω από τη Γη.

Οι εξηγήσεις που δόθηκαν για την εξαφάνιση των άστρων τη νύ-χτα δεν ήταν τόσο συντονισμένες με την εξαφάνιση του Ήλιου και της Σελήνης όσο ήταν η περίπτωση αυτού του Ήλιου και της Σελήνης. Εκτός από τα παιδιά που απείδωσαν τον κύκλο της μέ-ρας/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, χρησιμοποίη-σαν έναν ειδικό μηχανισμό διαφορετικό από αυτόν που χρησιμοποι-

ποιούσαν για να εξηγήσουν την εξαφάνιση των άστρων και της Σε-λήνης. Επιπλέον, η μεγάλη πλειοψηφία των μεγαλύτερων παιδιών του δείματός 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 διάρ-κεια της ημέρας.

Συμπραγματικά, τα ευρήματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι η πλειοψηφία των παιδιών του δείματός μας σχημάτισε ακριβή και λογικά συνεπή μοντέλα του κύκλου της μέρας/νύχτας. Επιπλέον, τα μοντέλα τους αποκάλυψαν συστηματικές σχέσεις μεταξύ των μη-χανισμών που χρησιμοποίησαν για να εξηγήσουν την εξαφάνιση του Ήλιου και της Σελήνης και αξιοσημείωτη ευαισθησία σε ζητήματα αλτότητας.

Η Φύση της Ενωσιολογικής Αλλαγής

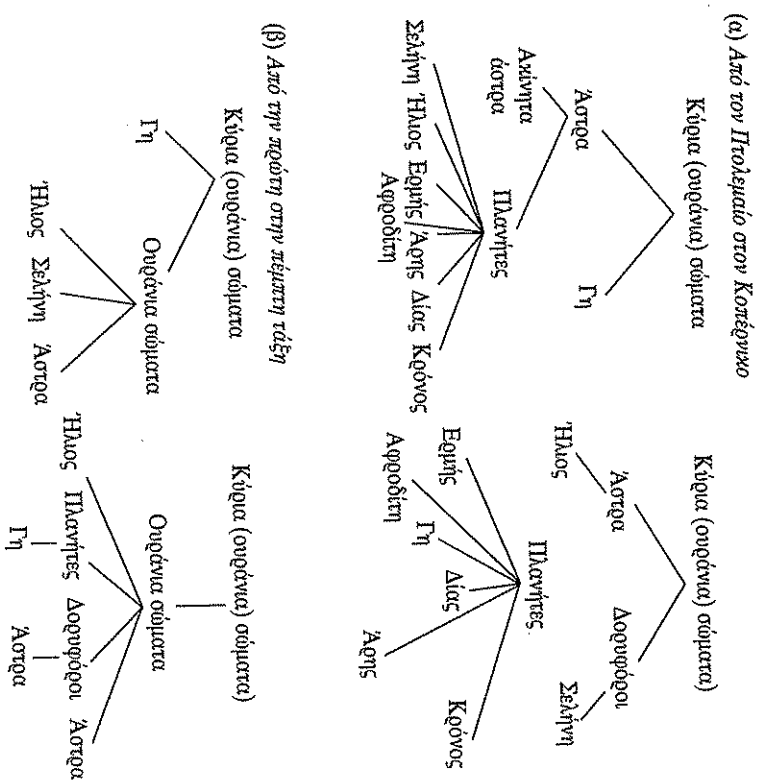
Το αρχικό μοντέλο του κύκλου της μέρας/νύχτας, σύμφωνα με το οποίο ο Ήλιος κατεβαίνει πίσω από τα βουνά ή τα σύννεφα κινού-νται και τον σκεπάζουν, είναι πολύ διαφορετικό από το επιστημονι-κό μοντέλο μιας Γης που περιτρέφεται γύρω από τον άξονά της. Αν και τα δεδομένα μας είναι συγχρονικά κι όχι διαχρονικά, δείχνουν όμως σαφώς ότι τα εξέχοντα 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 συν-θετικό ή σ' ένα επιστημονικό μοντέλο. Ποιος είναι ο καλύτερος τρό-πος για να χαρακτηρίσουμε το είδος της εννοιολογικής αλλαγής που λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια αυτών των ετών, καθώς οι πολιτι-σμικές γνώσεις ασκούν όλο και μεγαλύτερη επίδραση πάνω στα μο-ντέλα που σχηματίζουν τα παιδιά για τον κύκλο της μέρας/νύχτας;

Σύμφωνα με τη Spelke (1991), οι αντιλήψεις για τα φυσικά αντι-κείμενα, 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 ατλολογικούς συλλογισμούς των εηλικιών 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 ηητικών 6 μηνών, ενώ άλλοι ερευνητές έδειξαν ότι είναι στη διάθεση ακόμη μικρότερων ηητικών (Needham & Baillargeon, 1993). Αυτή όμως η θεμελιώδης γνώση πρέπει να αναθεωρηθεί, και πράγματι αναθεωρείται στα πλαίσια του εννοιολογικού εξοστραχισμού των παιδιών του Δημοτικού που συμπεριελήφθησαν στο δείγμα μας, και τα οποία παιδιά έδωσαν επιστημονικές ή ακόμη και συνθετικές εξηγήσεις του κώνλου 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 μέγους και όλου. Ισομήνη μ' αυτό τον τρόπο, η εννοιολογική αλλαγή μπορεί να περιλαμβάνει την προσθήκη ή την εξάλειψη εννοιών, ή τις μεταμορφώσεις τους, που μπορεί να είναι ατλές, όταν περιλαμβάνουν διαφοροποίηση ή συνένωση, ή πολυπλοκές, όταν περιλαμβάνουν αλλαγές στις σχέσεις είδους ή στις σχέσεις μέγους. Ο Thagard αποκαλεί μια τέτοια αλλαγή *πλαστικό 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 κρίκικά είδη εννοιολογικής αλλαγής που χαρακτηρίζει τις επιστημονικές επαναστάσεις, φαιίνεται στο Σχήμα 6, και περιγράφει τη μετακίνηση από την κατάσταση των ουρανίων σωμάτων σύμφωνα με το πτολεμαϊκό σύστημα (Σχήμα 6α) στη σύγχρονη κοπερνική άποψη. Ο Κοπέρνικος ανέθεωσε τις μέγους τότε κλατούδες ατόψεις για τη Γη, που την είδε ως έναν πλανή-

ΣΧΗΜΑ 6. Αλλαγές στο σύστημα κατηγοριοποίησης των κώνλων αστρονομικών σωμάτων.



τη, και ανακατέταξε τη Σελήνη ως έναν δορυφόρο της Γης. Ο Ήλιος δεν αναγνωρίστηκε 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 αντιπροσώπωναν σ' ένα κρίκικό διαφοροτικό σύστημα εννοιολογικής οργάνωσης.

Ενώ στην προουσία μέλκρη δεν έχουμε ακόμα συλλέξει όλες τις πληροφορίες που θα μας επέτρεπαν να εξιγνώσουμε τις αλλαγές

στις κοσμολογίες των παιδιών και τις κατηγοριοποιήσεις των μεγάλων σωματίων, έχουμε αρκετές πληροφορίες για να συμπληρώσουμε το είδος του γλιεκού 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 εξαράνιση 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. Ταυτόχρονας, ο Ήλιος, η Σελήνη και τα άστρα σαφώς διαφοροποιούνται, με την αναγνώριση από μέγους του παιδιού ότι η Σελήνη δεν έχει απώδη 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 πλαίσιο των εννοιών που βρίσκονται κάτω από τα αρχικά και επιστημονικά νοητικά μοντέλα που σχηματίζουν τα παιδιά για τη Γη είναι συγγένημα με τις γλιεκότερες 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, πολλαπλικά αποδεκτές, επιστημονικές εξηγήσεις των φαινόμενων είναι πολύ διαφορετικές από τις αρχικές εξηγήσεις που επικρατούν τα παιδιά με βάση τις καθημερινές τους παρατηρήσεις. Είμεν αναλαμβάνονα-

στε αυτές τις αναδιοργανώσεις των γνώσεων με βάση την επανεμφάνιση μιας ιεραρχίας περιδοσιμών που διαφέρει ως προς το βαθμό εδραιώσης τους. Στο σύστημά μας, οι βαθύτεροι περιδοσιμοί, που ανθεωρούνται και πιο δύσκολοι, εκφράζονται ως εδραιωμένες προϋποθέσεις. Οι εδραιωμένες προϋποθέσεις του είδους που είμεν περιγράψαμε βρίσκονται στη βάση της οντολογίας και επιστημολογίας των ατόμων, και ασκούν περιδοσιμούς 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 σφαιρικής 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 περιδοσιμοί είναι έμφυτοι (π.χ. Gelman, 1990, Spelke, 1991). Είναι επίσης πιθανόν αυτοί οι περιδοσιμοί 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 επηρεγούν επίσης ως περιδοσιμοί κατά τη διαδικασία απόκτησης γνώσεων. Οι εν λόγω περιδοσιμοί μοιάζουν μ' αυτό που ο Keil (1990) αποκαλεί *επίκρητοι και ειδικό ανά τομέα περιδοσιμοί*. Υπάρχουν τα είδη περιδοσιμών 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 δυναμική που απαντάται στην αναθεώρηση θεωριών σαν αυτή που περιγράφηκε η Carey (1985, 1991) δεν είναι κατ' ανάγκη πάντα η ίδια, αλλά μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με το πόσο εδραιωμένο είναι ο περιδοσιμοί που επηρεγούν σ' αυτήν. Έτσι, η αναθεώρηση των αρχικών κοσμολογικών θεωριών μπορεί να είναι ευκολότερη από την αναθεώ-

σηση μιας αεχικής θεοσίας της ύλης, όπως κι αυτή η δεύτερη μπορεί να είναι ευκολότερη από την αναθεώρηση μιας θεοσίας Μηχανικής.

Συμπέρασματα

Η έρευνα που περιγράψαμε σ' αυτό το άρθρο προστάθηκε να εντοπιστεί και να χαρακτηριστούν τα νοητικά μοντέλα που σχηματίζουν τα παιδιά του Δημοτικού για τον κύκλο της μέγας/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 μέγας/νύχτας. Τα μοντέλα αυτά διέπονταν από λογική οπτική και τις περισσότερες φορές από εμπειρική ακρίβεια και αλήθεια. Τα αεχικά νοητικά μοντέλα φάνηκαν να μην επηρεάζονται καθόλου από την επιστημονική εξήγηση του κύκλου της μέγας/νύχτας που είναι σήμερα αποδεκτή. Τα συνθετικά νοητικά μοντέλα, από την άλλη μεριά, αντιπροσώπευαν προστιθέσιμες των παιδιών να αφομοιάσουν τις επιστημονικές εξηγήσεις στις εννοιολογικές δομές που ήδη είχαν.

Συμπεραφίσαμε ένα θεοητικό πλαίσιο που μπορεί να εξηγήσει το σχηματισμό των αεχικών και των συνθετικών μοντέλων με την προϋπόθεση ότι δεχόμαστε ως αξίωμα ότι υπάρχει μία μεραρχία τελοιοιολογικών, όπως εδραιοιολογικές προϋποθέσεις, τελοιοιολογικές και νοητικά μοντέλα, μερικά εκ των οποίων υπάγονται από πολύ νωρίς στα παιδιά και άλλα τα οποία πηγάζουν αργότερα από τη δομή των αποκτηθεισών γνώσεων και τα οποία επηρεάζονται 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.), *Modeling Cognition*. Chichester, England: Wiley.
- Brewer, W.F., Herditch, E.J., & Vosniadou, S. (1987, January), *A Cross-Cultural Study of Children's Development of Cosmological Models: Samon 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., Glaser, J.D., & de Leeuw, N. (από έσοδ.), «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.), *Constructionism 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.
- Gombich, 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, 00. 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». *Zro Eysenck, M.W. (ed.), Cognitive Psychology: An International Review*. Chichester, England: John Wiley & Sons.
- Kuhn, D. (1989). «Children and Adults as Intuitive Scientists». *Psychological Review*, 96, 00. 674-89.
- Kuhn, T.S. (1977). «Objectivity, Value Judgement, and Theory Choice». *Zro Kuhn, T.S. (ed.), The Essential Tension*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lambert, W.G. (1975). «The Cosmology of Sumner and Babylon». *Zro Blacker, C., & Loewe, M. (ed.), Ancient Cosmologies*. London: George Allen & Unwin.
- Needham, A., & Bailargeon, R. (1993). «Intuitions about Support in 4.5-Month-Old Infants». *Cognition*, 47, 00. 121-48.
- Needham, J. (1975). «The Cosmology of Early China». *Zro Blacker, C., & Loewe, M. (ed.), Ancient Cosmologies*. London: George Allen & Unwin.
- Nussbaum, I. (1979). «Children's Conceptions of the Earth as a Cosmic Body: A Cross-Stage Study». *Science Education*, 63, 00. 83-93.
- Nussbaum, J., & Novak, J.D. (1976). «An Assessment of Children's Concepts of the Earth Utilizing Structured Interviews». *Science Education*, 60, 00. 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». *Zro Blacker, C., & Loewe, M. (ed.), Ancient Cosmologies*. London: George Allen & Unwin.
- Reif, F., & Allen, S. (1992). «Cognition for Interpreting Scientific Concepts: A Study of Accelerations». *Cognition and Instruction*, 9, 00. 1-44.
- Sadler, P.M. (1987). «Misconceptions in Astronomy». *Zro Novak, J.D. (ed.), 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, 00. 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, 00. 205-21.

- Solomon, J. (1983). «Thinking in Two Worlds of Knowledge». *Zro Helm, H., & Novak, J.D. (ed.), 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, 00. 29-56.
- Spelke, E.S. (1991). «Physical Knowledge in Infancy: Reflections on Piaget's Theory». *Zro Carey, S., & Gelman, R. (ed.), The Epigenesis of Mind: Essays on Biology and Cognition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual Revolutions*. Princeton: Princeton University Press.
- Urron, 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, 00. 219-37.
- Vosniadou, S. (1991b). «Children's Naive Models and the Processing of Expository Text». *Zro Carretero, M., Pope, M., Simons, R.J., & Pozo, T.L. (ed.), Learning and Instruction: European Research in an International Context* (τ. 3). Oxford: Pergamon.
- Vosniadou, S. (1992). «Conceptual Change in Cultural Context». *Learning and Instruction*.
- Vosniadou, S. (1993). «Universal and Culture-Specific Properties of Children's Mental Models of the Earth». *Zro Hirschfeld, L., & Gelman, S. (ed.), 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, 00. 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». *Zro Mandl, H., De Corte, E., Bennett, N., & Friedrich, H.F. (ed.), 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, 00. 535-85.