

ΝΟΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΤΗΣ ΓΗΣ:
ΜΙΑ ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ
ΣΤΗΝ ΠΑΙΔΙΚΗ ΗΛΙΚΙΑ¹

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

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

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

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

Τα Παιδιά και οι Ενήλικοι διαμορφώνουν μια Διαισθητική Αντίληψη του Κόσμου

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

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

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

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

Αφελείς Θεωρίες έναντι Αποσπασματικών Γνώσεων

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

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

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

Η Διαδικασία της Απόκτησης Γνώσεων

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

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

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

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

Άλυτα Ζητήματα

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

Ο Τομέας της Παρατηρησιακής Αστρονομίας

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

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

Η Έννοια της Γης στην Ιστορία της Αστρονομίας

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

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

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

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

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

Οι Ιδέες των Παιδιών για το Σχήμα της Γης

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

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

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

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

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

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

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

Η Παρούσα Μελέτη

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

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

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

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

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

Μεθοδολογία

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

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

Οι παραγωγικές ερωτήσεις έχουν πολύ μεγαλύτερη δυνατότητα

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

Νοητικά Μοντέλα

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

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

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

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

Μέθοδος

Υποκείμενα

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

Υλικά

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

Ερωτήσεις

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Διαδικασία















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

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

Βαθμολόγηση

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

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

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

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

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

Αποτελέσματα

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

ΚΡΙΣΤΙ (πρώτη τάξη) [Ερωτήσεις 10, 11, 12, 13, Απάντηση τύπου γ, «πέσιμο»]
 Ε: Αν περπατούσες συνέχεια για πολλές μέρες σε μια ίσια γραμμή, πού θα κατέληγες;
 Π: Θα έφτανες σε μια διαφορετική πόλη.
 Ε: Ωραία. Αν όμως συνέχιζες να περπατάς και να περπατάς;
 Π: Σ' ένα σωρό από διαφορετικές πόλεις, πολιτείες, και μετά, αν ήσουν εδώ και συνέχιζες να περπατάς εδώ [το παιδί δείχνει την άκρη του κύκλου που ζωγράφισε για να απεικονίσει τη Γη], θα περπατούσες κατευθείαν έξω από τη Γη.

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

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

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

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

- ΤΕΡΙΝΑ (πέμπτη τάξη) [Ερώτηση 9, Απάντηση τύπου ε, «τηγανίτα»]
 Π: Η Γη είναι στρογγυλή, αλλά όταν την κοιτάς είναι επίπεδη.
 E: Γιατί συμβαίνει αυτό;

- Π: Γιατί αν την κοιτούσες γύρω-γύρω θα ήταν στρογγυλή.
 E: Αλλά ποιο είναι το πραγματικό σχήμα της Γης;
 Π: Στρογγυλό, όπως μια λεπτή τηγανίτα.

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

- Π: Πώς γίνεται η Γη εδώ να είναι επίπεδη ενώ πριν είπες ότι είναι στρογγυλή;
 E: Γιατί η Γη είναι πάνω στον ουρανό, κι αυτό [δείχνει την εικόνα του σπιτιού] είναι κάτω στη Γη.

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

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

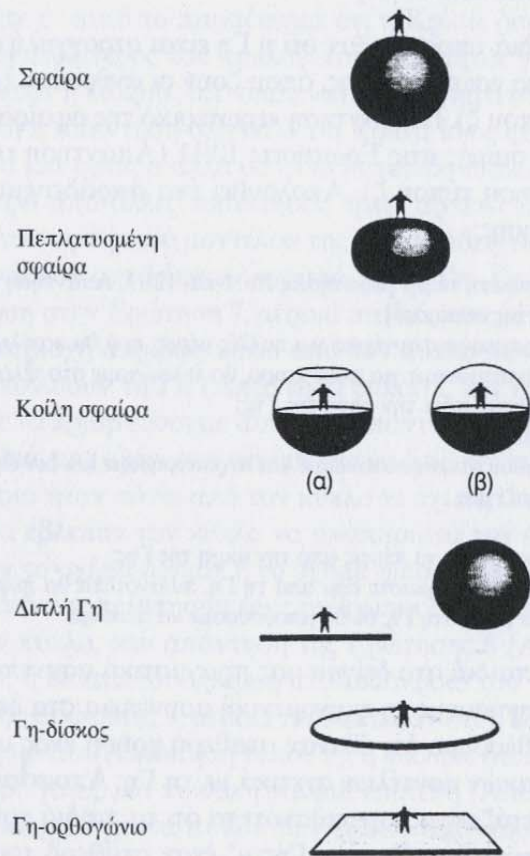
- E: Αν περπατούσες συνέχεια για πολλές μέρες, πού θα κατέληγες;
 Π: Αν περπατούσαμε για πολύ καιρό, θα τελειώναμε στο τέλος της Γης.
 E: Θα έφτανες ποτέ την άκρη της Γης;
 Π: Δε νομίζω.
 E: Φαντάσου ότι περπατούσαμε και περπατούσαμε και δεν είχαμε πολύ φαγητό μαζί μας.
 Π: Ίσως.
 E: Θα μπορούσες να πέσεις από την άκρη της Γης;
 Π: Όχι. Γιατί αν ήμαστε έξω από τη Γη, πιθανότατα θα πέφταμε, αλλά αν ήμαστε μέσα στη Γη, δε θα μπορούσαμε να πέσουμε.

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

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

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

ΣΧΗΜΑ 1. Νοητικά μοντέλα της Γης.



Πρωταρχικά Μοντέλα της Γης

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

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

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

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

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

Τροποποίηση των Πρωταρχικών Μοντέλων

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

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

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

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

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

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

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

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

E10	Αν περπατούσες για πολλές μέρες ίσια μπροστά, πού θα έφτανες;	Δεν υπάχει τέλος/άκρη	Δεν υπάχει ένα τέλος/άκρη	Ναι, υπάχει ένα τέλος/μία άκρη	Ναι, υπάχει μια άκρη
E11	(α) Θα έφτανες ποτέ στο τέλος/στην άκρη της Γης; (β) Υπάχει ένα τέλος ή μια άκρη στη Γη;		Ναι, αλλά δεν μπορούμε να φτάσουμε επειδή είμαστε στο εσωτερικό της σφαιρας		
E12	Μπορείς να πέσεις από αυτό το τέλος / την άκρη;	Μη σχετική απάντηση ή	Μη σχετική απάντηση ή	Ναι, μπορείς να πέσεις	Ναι, μπορείς να πέσεις
E13	Πού θα έπεφτες;	Όχι, η βαρύτητα θα σε κρατήσει	Όχι, βρίσκεσαι στο εσωτερικό της σφαιρας		
E14	(α) Τώρα, μου δείχνεις πού είναι το Champagne; (β) Πού είναι η Κίνα;	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο ή Το ένα βρίσκεται στην άλλη μη ορατή πλευρά της Γης	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο	Και τα δύο μέρη μέσα στη Γη-παραλληλό-γραμμο	Μέσα στον κύκλο, ή σε επίπεδο έδαφος έξω απ' αυτόν
E15	Τώρα πες μου πι υπάχει εδώ, κάτω από τη Γη.	Ουρανό, διάστημα, ήλιος/φεγγάρι/άστρα	Ουρανό, διάστημα, ήλιος/φεγγάρι/άστρα	Χώμα/έδαφος, νερό	Ουρανό, ήλιος/φεγγάρι/άστρα, ή έδαφος

1. Οι τύποι των απαντήσεων αναγράφονται στον Πίνακα 1.

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

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

Τελικά Μοντέλα της Γης

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

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

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

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

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

Ερώτηση	Σφαίρα	Πεπλατισμένη σφαίρα	Κοίλη σφαίρα	Γη-διάκος	Γη-παράλληλο-λογράμμο	Διπλή Γη
E1	Ποιο είναι το σχήμα της Γης;	Σφαιρικό/στρογγυλό σαν μπάλα, στρογγυλό ή ελλειψοειδές (κύκλος)	Στρογγυλό, ελλειψοειδές ή κυκλικό	Κυκλικό στρογγυλό	Ορθογώνιο, επίπεδο	Σφαιρικό/στρογγυλό σαν μπάλα, στρογγυλό ή κυκλικό
E2	Προς τα πού κοιτάμε για να δούμε τη Γη;	Προς τα κάτω, στο πλάι ή τριγύρω (ψηλά)	Προς τα κάτω, στο πλάι ή τριγύρω (ψηλά)	Προς τα κάτω, στο πλάι ή τριγύρω (ψηλά)	Προς τα κάτω, στο πλάι ή τριγύρω (ψηλά)	Ψηλά
E6	Μπορείτε να ζωγραφίσετε μια εικόνα της Γης;	Κύκλος	Κύκλος	Κύκλος	Ορθογώνια, επίπεδη Γη	Κύκλος
E7	Δείξε μου τώρα, σ' αυτή τη ζωγραφιά, πού υπάρχουν η Σελήνη και τ' άστρα; Ίσως ζωγραφίσω μου τον ουρανό.	Απάντηση τύπου α, β, γ ή δ	Απάντηση τύπου α, β, γ ή δ	Απάντηση τύπου α, β ή ε	Απάντηση τύπου θ	Απάντηση τύπου α, β, γ, δ, ζ ή η
E8	Δείξε μου πού ζουν οι άνθρωποι.	Απάντηση τύπου α ή β	Απάντηση τύπου α ή β	Απάντηση τύπου α	Απάντηση τύπου ζ	Απάντηση τύπου α, β, γ ή δ
E9	(α) Να η εικόνα ενός οπτικού. Το σπίτι αυτό βρέσκεται πάνω στη Γη, έτσι δεν είναι; (β) Πώς εδó η Γη είναι επίπεδη ενώ προηγούμενως την έκανες στρογγυλή;	Η Γη φαίνεται επίπεδη επειδή είναι πολύ μεγάλη, ή Το παιδί αναποφίξει την αντίθεση, αλλά δεν μπορεί να την εξηγήσει (η Γη είναι στρογγυλή αλλά οι άνθρωποι ζουν σε επίπεδα μέρη στην Ξηρά)	Η Γη είναι στρογγυλή σαν τηραντά	Η Γη είναι επίπεδη στο εσωτερικό της	Μη σχετική απάντηση	Η στρογγυλή Γη είναι πάνω στον ουρανό

E10	Αν περπατούσες για πολλές μέρες ίσια μπροστά, πού θα εφτανες;	Δεν υπάχει τέλος/άκρη (Ναι, υπάχει τέλος/άκρη, αλλά δεν μπορείς να πέσεις	Δεν υπάχει τέλος/άκρη	Ναι, υπάχει ένα τέλος/μα άκρη	Ναι, υπάχει ένα τέλος/μα άκρη	Ναι, υπάχει ένα τέλος/μα άκρη ή Όχι, δεν υπάχει τέλος/άκρη, γιατί η στρογγυλή Γη είναι πάνω στον ουρανό
E11	(α) Θα έφτανες ποτέ στο τέλος/στην άκρη της Γης; (β) Υπάχει ένα τέλος/μα άκρη στη Γη;	Εξαιτίας της βεβαιότητάς	Μη σχετική απάντηση	Ναι, μπορείς να πέσεις	Ναι, μπορείς να πέσεις	Ναι, μπορείς να πέσεις
E12	Μπορείς να πέσεις απ' αυτό το τέλος/την άκρη;	Μη σχετική απάντηση	Μη σχετική απάντηση	Ναι, μπορείς να πέσεις	Ναι, μπορείς να πέσεις	Ναι, μπορείς να πέσεις
E13	Πού θα έπεφτες;	Και τα δύο μέρη στον κύκλο	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο	Και τα δύο μέρη μέσα στη Γη-παράλληλο-λογράμμο	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο
E14	(α) Τώρα, μου δείχνεις πού είναι η Σαμπέν; (β) Πού είναι η Κίνα;	Το ένα βρισκείται στην άλλη μη ορατή πλευρά της Γης	Το ένα βρισκείται στην άλλη μη ορατή πλευρά της γης	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο	Και τα δύο μέρη μέσα στον κύκλο
E15	Τώρα πες μου τι υπάχει εδώ, κάτω από τη Γη.	Ουρανό, διάστημα ή Ηλιος/φεγγάρι/άστρα	Ουρανό, διάστημα ή Ηλιος/φεγγάρι/άστρα	Χώμα/έδαφος, νερό	Χώμα/έδαφος, νερό	Ουρανό, ήλιος/φεγγάρι/άστρα ή έδαφος

1. Οι απαντήσεις στις παρενθέσεις δείχνουν αποδεκτές παρεκκλίσεις.

2. Οι τύποι των απαντήσεων αναφέρονται στον Πίνακα 1.

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

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

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

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

και θεωρήθηκαν μη αποδεκτές αποκλίσεις γι' αυτή την κατηγορία.

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

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

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

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

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

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

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

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

Ε: Ποιο είναι το σχήμα της Γης;

Π: Είναι το σχήμα της μπάλας.

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

Π: Προς τα κάτω.

Ε: Τι υπάρχει πάνω από τη Γη;

Π: Διάστημα.

Ε: Τι υπάρχει κάτω από τη Γη;

Π: Διάστημα.

Ε: Μπορείς να ζωγραφίσεις μια εικόνα της Γης;

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

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

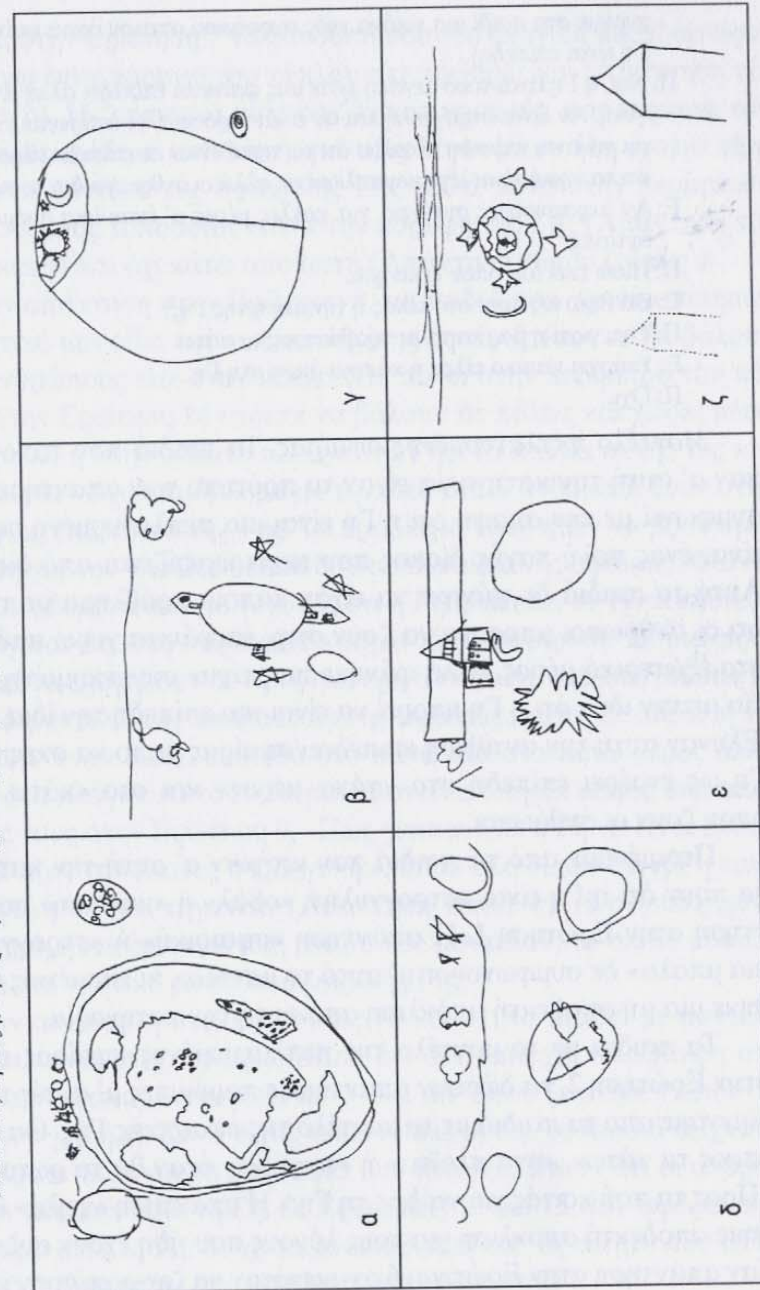
Π: Λοιπόν, τα αστέρια πηγαίνουν γύρω από τη Γη και το φεγγάρι πιθανότατα θα βρίσκεται ψηλά εδώ. Κι εδώ θα είναι ο ήλιος.

Ε: Τώρα ζωγράφισε τον ουρανό.

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

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

ΣΧΗΜΑ 2. Ζωγραφιές της Γης. Σελήνης, άστρων και του ουρανού των παιδιών που αναφέρονται στο κείμενο: (α) Ίθαν, 1η τάξη, σφαιρική Γη; (β) Μπαράν, 1η τάξη, πεπλατυσμένη σφαίρα; (γ) Βένικα, 3η τάξη, κοίλη σφαίρα; (δ) Τζέμι, 3η τάξη, Γη-δίσκος; (ε) Ντοναλντ, 1η τάξη, Γη-ορθογώνιο; (ζ) Ντάρσι, 3η τάξη, διαπλή Γη.



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

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

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

Π: Πίσω εκεί απ' όπου ξεκίνησα.

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

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

Ε: Υπάρχει κάποιο τέλος ή κάποια άκρη στη Γη;

Π: Όχι.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ε: Ποιο είναι το σχήμα της Γης;

Π: Στρογγυλό.

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

Π: Τριγύρω.

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

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

Π: Επειδή η Γη έχει... είναι στρογγυλή και επίπεδη σε κάθε πλευρά.

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

Π: Στο Μεξικό.

Ε: Κι αν συνέχιζες να περπατάς;

Π: Στη Φλόριδα.

Ε: Κι αν συνέχιζες να περπατάς;

Π: Στην Καλιφόρνια.

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

Π: Όχι.

Ε: Γιατί όχι;

Π: Επειδή το βάθος της Γης... και είναι μόνο...

Ε: Πες μου τι υπάρχει εδώ, κάτω ακριβώς από τη Γη, σ' αυτή την εικόνα;

Π: Το φεγγάρι.

[Το παιδί ρωτήθηκε ξανά στο τέλος της συνέντευξης]:

Ε: Ας σου κάνω μερικές ερωτήσεις. Βλέπεις σ' αυτή την εικόνα της Γης ότι η Γη είναι επίπεδη εδώ, ενώ πριν την έκανες στρογγυλή. Πώς γίνεται αυτό;

Π: Επειδή είναι επίπεδη σε κάθε πλευρά.

Ε: [Ο εξεταστής δίνει στο παιδί λίγο πηλό] Μπορείς να φτιάξεις τη Γη όποιο σχήμα κι αν έχει;

[Το παιδί φτιάχνει ένα δίσκο επίπεδο σε κάθε πλευρά].

Ε: Ωραία. Τώρα πού είναι επίπεδη;

Π: Ακριβώς εδώ κι εδώ. [Δείχνει το «πάνω» και το «κάτω» μέρος του δίσκου].

Ε: Πριν είπες ότι είναι επίπεδη σα μια τηγανίτα. Είναι αυτό αλήθεια ή είναι κάποιο διαφορετικό είδος επιπέδου;

Π: Ναι, είναι επίπεδη σα μια τηγανίτα.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Π: Όχι. Αλλά ίσως πέφταμε πάνω σε κάτι.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ε: Άρα ποιο είναι το πραγματικό σχήμα της Γης;

Π: Στρογγυλό.

Ε: Γιατί φαίνεται επίπεδο;

Π: Γιατί είσαι μέσα στη Γη.

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

Αργότερα:

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

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

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

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

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

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

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

E: Ποιο είναι το σχήμα της Γης;

Π: Στρογγυλό.

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

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

Στο τέλος της συνέντευξης έγιναν στο παιδί κάποιες ερωτήσεις ξανά:

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

Μοντέλο ορθογώνιας Γης. Οι αναμενόμενες απαντήσεις σ' αυτή

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

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

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

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

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

- Ε: Ποιο είναι το σχήμα της Γης;
 Π: Δεν ξέρω.
 Ε: Προς τα πού κοιτάμε για να δούμε τη Γη;
 Π: Αριστερά.
 Ε: Τι υπάρχει πάνω από τη Γη;
 Π: Θεός.
 Ε: Ζωγράφισε μια εικόνα της Γης.
 [Το παιδί ζωγραφίζει την εικόνα που φαίνεται στο Σχήμα 2γ].

Π: Δεν ξέρω πώς μοιάζει. Ξέρω μόνο τα σύννεφα. Είναι όλα μπλε εκεί πάνω.

Ένα ορθογώνιο; Εννοώ ένα μεγάλο πράγμα σαν κι αυτό.

Ε: Αυτή είναι μια εικόνα ενός σπιτιού που βρίσκεται στη Γη, κι εδώ η Γη είναι επίπεδη. Νομίζεις ότι η Γη είναι επίπεδη;

Π: Κι η δικιά μου είναι.

Ε: Δείξε μου πού ζουν οι άνθρωποι.

Π: Σ' ένα σπίτι [ζωγραφίζει το σπίτι] πάνω στη Γη.

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

Π: Στο Πιλόις.

Ε: Κι αν συνεχίζαμε να περπατάμε;

Π: Πέρα! Δεν ξέρω.

Ε: Θα έφτανες ποτέ στην άκρη της Γης;

Π: Θα έφτανα.

Ε: Υπάρχει κάποια άκρη στη Γη;

Π: Ναι.

Ε: Μπορείς να πέσεις από την άκρη της Γης;

Π: Όχι, γιατί... Ναι, μπορείς.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ε: Ποιο είναι το σχήμα της Γης;

Π: Στρογγυλό.

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

Π: Ψηλά.

Ε: Μπορείς να ζωγραφίσεις μια εικόνα της Γης;

Π: Στρογγυλό. Δεν μπορώ να ζωγραφίσω τέτοιο.

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

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

Π: Είναι χάλια.

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

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

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

Π: Εδώ κάτω;

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

Ε: Εδώ ζουν οι άνθρωποι στη Γη;

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

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

Π: Δεν ξέρω.

Ε: Είναι στ' αλήθεια στρογγυλή;

Π: Όχι.

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

Π: Ναι, είναι στρογγυλή.

Ε: Τότε πώς γίνεται να φαίνεται επίπεδη εδώ;

Π: Επειδή είναι πάνω στο έδαφος.

Ε: Αλλά γιατί αυτό την κάνει να φαίνεται επίπεδη;

Π: Επειδή το έδαφος είναι επίπεδο.

Ε: Αλλά το σχήμα της Γης είναι...

Π: Στρογγυλό.

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

Π: Πάνω στη Γη.

Ε: Θα έφτανες ποτέ στην άκρη της Γης;

Π: Όχι.

Ε: Γιατί όχι;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Δοκιμασία της Συνέπειας του Νοητικού Μοντέλου

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

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

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

προσδιορίσουμε τα νοητικά μοντέλα των παιδιών χρησιμοποιώντας τις ανακαταταγμένες απαντήσεις.

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

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

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

Η Πιθανότητα της Επίδρασης των Ερωτήσεών μας

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Νοητικά Μοντέλα της Γης

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

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

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

Νοητικά Μοντέλα: Προσχηματισμένα ή Κατασκευασμένα επιτόπου;

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

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

Προϋποθέσεις που περιορίζουν τη Δημιουργία Νοητικών Μοντέλων

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

Υποθέτουμε ότι ο λόγος για τον οποίο τα παιδιά δυσκολεύονται

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Αρχικά Νοητικά Μοντέλα της Γης

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

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

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

Συνθετικά Νοητικά Μοντέλα της Γης

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

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

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

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

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

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

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

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

Σταθερότητα έναντι Διάσπασης

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

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

Η Εννοιολογική Αλλαγή απαιτεί Αναδιοργάνωση

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

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

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

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

Ζητήματα Μεθοδολογίας

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

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

Μια άλλη ενδιαφέρουσα μεθοδολογική μελέτη είναι η διαδικα-

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

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

Συμπεράσματα

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

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

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

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

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

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

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

(Accepted April 30, 1992).