

Οι αντιλήψεις των μαθητών και μαθητριών της Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για το σχήμα της Γης και τη βαρύτητα

Ειρήνη Σπυράτου¹, Κρυσταλία Χαλκιά²

¹ 7^ο Δημ. Σχολείο Αμαρουσίου, eirinispyratou@yahoo.gr

² ΠΤΔΕ Παν/μίου Αθηνών, kxalkia@primedu.uoa.gr

Περίληψη. Η εργασία αυτή διερευνά τις αντιλήψεις των μαθητών και μαθητριών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για το σχήμα - σφαιρικότητα της Γης και τη βαρύτητα. Επιχειρεί, μέσα από τη μελέτη των πορισμάτων σχετικών ερευνών και την καταγραφή των γνωστικών δυσκολιών, το σχεδιασμό και τη διαμόρφωση μιας διδακτικής πρότασης που στοχεύει οι μαθητές και οι μαθήτριες να οικοδομήσουν γνώσεις συμβατές με τις επιστημονικές για τις συγκεκριμένες έννοιες και να οδηγηθούν στην ανάπτυξη ενός νοητικού μοντέλου συμβατού με την επιστημονική γνώση. Για τις ανάγκες της παρούσας διδακτικής πρότασης, προηγήθηκε η αναζήτηση, επιλογή, επεξεργασία και ταξινόμηση διαδικτυακού υλικού το οποίο αξιοποιήθηκε στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η εφαρμογή της στη διδακτική πράξη (σε μαθητές Στ' Δημοτικού δύο σχολείων), ανέδειξε την αποτελεσματικότητα της αξιοποίησης πολυμεσικού και αλληλεπιδραστικού υλικού μέσα από εποικοδομητικές, διερευνητικές και ομαδοσυνεργατικές προσεγγίσεις, βασισμένων στη μέθοδο του σχεδίου εργασίας.

Εισαγωγή

Το μοντέλο της σφαιρικής Γης αποτελεί ένα από τα πρώτα επιστημονικά μοντέλα που καλούνται οι μαθητές και οι μαθήτριες να οικοδομήσουν στο πλαίσιο της σχολικής διδασκαλίας και σύμφωνα με τα ερευνητικά δεδομένα αποτελεί ένα γνωστικό αντικείμενο που συνδέεται με σύνθετες έννοιες και περιλαμβάνει διεργασίες εννοιολογικής αλλαγής (Nussbaum & Novak, 1976, Nussbaum 1979, Mali & Howe, 1979, Sneider και Pulos, 1983, Nussbaum & Sharoni-Dagan, 1983, Vosniadou & Brewer, 1987, 1992, 1993, 1994). Η καθημερινή εμπειρία και δράση ωθεί τους μαθητές στη βαθιά ριζωμένη αντίληψη της επίπεδης Γης και στην νοητική αναπαράσταση ενός κόσμου ο οποίος χαρακτηρίζεται από δυο παράλληλες ζώνες εκείνης της Γης και του ουρανού ενώ οι κατευθύνσεις προς τις οποίες κινούνται τα αντικείμενα που αφήνονται ελεύθερα στην επιφάνεια της Γης είναι παράλληλες.

Αν και η σφαιρικότητας της Γης αποτελεί μια έννοια που φαινομενικά γίνεται εύκολα αποδεκτή από τους μαθητές και τις μαθήτριες σχετικές έρευνες αναδεικνύουν ένα πλήθος εναλλακτικών αντιλήψεων σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Τα παιδιά διατηρούν τις δικές τους ιδέες για το σχήμα της Γης και τη βαρύτητα (Driver et al 2000, Χαλκιά 2006). Οι νοητικές αναπαραστάσεις για τη Γη συγκροτούν γερά δομημένες νοητικές δομές και αποτελούν μηχανισμούς ερμηνείας και πρόβλεψης για το φυσικό κόσμο (Βοσνιάδου 2002, Samarapungavan et al 1996).

Οι ιδέες των μαθητών για το σχήμα της Γης είναι άμεσα συνδεδεμένες με τις ιδέες τους για τη βαρύτητα (Vosniadou 1994) και το φαινόμενο της εναλλαγής μέρας – νύχτας. Οι μαθητές δυσκολεύονται να συσχετίσουν τη βαρύτητα των σωμάτων με το κέντρο της Γης εν μέρει διότι η καθημερινή εμπειρία τους έρχεται σε αντίθεση με τη σφαιρικότητα της Γης. Αδυνατούν να εξηγήσουν γιατί οι άνθρωποι δεν πέφτουν από το κατώτατο σημείο της επιφάνειας της Γης και ταυτίζουν τη βαρύτητα με την «προς τα κάτω» διεύθυνση της πτώσης των αντικειμένων που αφήνονται ελεύθερα στην επιφάνεια της Γης. Αν και ισχυρίζονται πως

το σχήμα της Γης είναι σφαιρικό, πιστεύουν πως οι άνθρωποι ζουν στο επίπεδο τμήμα στο επάνω μέρος ή στο εσωτερικό της Γης. Ακόμη ισχυρίζονται πως η στρογγυλή Γη είναι «επάνω» όπως οι άλλοι πλανήτες ενώ οι άνθρωποι ζουν κάτω, στην επίπεδη Γη (Sneider & Ohadi, 1998, Vosniadou, 1994). Οι μαθητές σε όλες τις ηλικίες διατηρούν εναλλακτικές ιδέες σχετικά με τη έλξη της γήινης βαρυτικής δύναμης (Gunstone & White, 1981), δυσκολεύονται να αντιληφθούν τις βαρυτικές δυνάμεις ως αλληλεπιδράσεις και πιστεύουν πως η έλξη της βαρύτητας παρατηρείται μόνο στη Γη και ενεργεί «προς τα κάτω» και όχι προς το κέντρο της.

Αντιμετωπίζουν το φαινόμενο της πτώσης ενός σώματος ως "φυσικό" χωρίς την ανάγκη για περαιτέρω εξήγηση ή το αποδίδουν σε μια εσωτερική προσπάθεια του αντικειμένου που πέφτει και το συνδέουν με το μέσον σκεφτόμενοι πως είναι ο αέρας που ασκεί τη δύναμη (Ruggiero et al, 1985).

Είναι σημαντικό οι μαθητές και οι μαθήτριες να οικοδομήσουν στέρεα την έννοια της σφαιρικής Γης προκειμένου να προσεγγίσουν άλλες συναφείς έννοιες και να ερμηνεύσουν απλά φαινόμενα της καθημερινής ζωής (Χαλκιά 2006), και άλλα πιο σύνθετα όπως, την προώθηση ενός διαστημικού δορυφόρου, τα διαστημικά ταξίδια στους πλανήτες, τη σύγχρονη επικαιρότητα και την εξερεύνηση του διαστήματος που αποτελεί ένα από τα δημοφιλέστερα θέματα για τους μαθητές και τις μαθήτριες στην πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Η οικοδόμηση του μοντέλου της σφαιρικής Γης προϋποθέτει την κατάκτηση ενός πλέγματος άλλων σύνθετων εννοιών όπως των παρακάτω:

- Ο πλανήτης Γη είναι μια σφαίρα που περιβάλλεται κυκλικά από αέρα και πέρα από την ατμόσφαιρα εκτείνεται το διάστημα προς όλες τις κατευθύνσεις, δεν υποστηρίζεται και δεν υπάρχει απόλυτη "κάτω από" κατεύθυνση στο διάστημα.
- Οι άνθρωποι ζουν σε όλη την επιφάνεια της Γης.
- Λόγω της βαρύτητας άνθρωποι και αντικείμενα που βρίσκονται στην επιφάνεια της Γης έλκονται προς το κέντρο της Γης.

Περιγραφή της προτεινόμενης διδακτικής πρότασης

Η πρότασή αυτή αφορά στο μάθημα της Γεωγραφίας αλλά και γενικότερα τις Φυσικές Επιστήμες και παρέχει στον εκπαιδευτικό και τους μαθητές τη δυνατότητα γνωστικής σύνδεσης με αντικείμενα άλλων γνωστικών περιοχών (Ιστορία, Μαθηματικά, Λογοτεχνία, Μυθολογία) και με την καθημερινή ζωή. Απευθύνεται κυρίως σε μαθητές της Ε' - Στ' Δημοτικού αλλά και μαθητές Γυμνασίου και διαχειρίζεται τη μεταφορά της επιστημονικής γνώσης στη σχολική τάξη με την αξιοποίηση πολλαπλών διδακτικών εργαλείων: κείμενα, εικόνες, χάρτες, κινούμενα γραφικά, υπερκείμενα, προσομοιώσεις, μικρόκοσμοι. Προκειμένου να σχεδιαστεί το κατάλληλο εκπαιδευτικό περιβάλλον, η επιλογή των παραπάνω διδακτικών εργαλείων έγινε με βάση τη γνωστική υποδομή των μαθητών και την οριοθέτηση των διδακτικών στόχων. Απώτερος στόχος είναι η διαμόρφωση ενός εκπαιδευτικού περιβάλλοντος με την αξιοποίηση στη μαθησιακή διαδικασία ταξινομημένου διαδικτυακού υλικού μέσα από το οποίο οι μαθητές προσανατολίζονται στη διερεύνηση των φαινομένων, διαχειρίζονται τα διδακτικά αντικείμενα με δημιουργικό και κριτικό τρόπο, διευκολύνονται στη διαπραγμάτευση πληροφοριών, παρακινούνται στην έρευνα μέσα από τη διαθεματική προσέγγιση των γνωστικών αντικειμένων και εμπλέκονται σταδιακά στην επίλυση προβλημάτων σε ομάδες εργασίας, μέσα από αυθεντικές καταστάσεις της καθημερινής ζωής.

Οι γενικοί στόχοι είναι οι μαθητές και μαθήτριες:

- Να προσεγγίσουν συστηματικά έννοιες των Φυσικών Επιστημών με την αξιοποίηση πολυμεσικών εργαλείων και να ασκηθούν σε τρόπους ανεξάρτητης μάθησης μέσα από τη διαχείριση τεχνολογικών εργαλείων.

- Να αισθητοποιήσουν αφηρημένες έννοιες με τη χρήση των προσομοιώσεων που συνδέονται με φαινόμενα της καθημερινής ζωής όπως σφαιρικότητα της Γης, βαρύτητα κ. ά.
- Να καλλιεργήσουν δεξιότητες συνεργασίας και επικοινωνίας με τα άλλα μέλη της σχολικής ομάδας προκειμένου να εκτελέσουν μαθησιακά έργα.

Οι ειδικοί στόχοι που σχετίζονται με τη σφαιρικότητα της Γης και τη βαρύτητα είναι οι μαθητές και μαθήτριες:

- Να γνωρίσουν τα χαρακτηριστικά του πλανήτη Γη και τη βαρύτητα κ. ά.
- Να αναζητήσουν ενδείξεις για τη σφαιρικότητα της Γης και να διερευνήσουν το σχήμα της Γης συσχετίζοντάς το με την έννοια της βαρύτητας.
- Να αισθητοποιήσουν με τη βοήθεια των προσομοιώσεων τα σχετικά φαινόμενα.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων έχουν σχεδιαστεί ειδικά σενάρια, προκειμένου να εμπλακούν οι μαθητές στη μελέτη των γνωστικών αντικειμένων, προτείνονται σχέδια μαθημάτων με δραστηριότητες και τα απαιτούμενα διδακτικά εργαλεία.

Σχήμα της Γης- Σφαιρικότητα (Τάξη: Στ' Δημ., Μάθημα: Γεωγραφία, Διδ. ώρες: 3-4, Ενότητα ΑΠΣ: Σχήμα και κινήσεις της Γης)

Στη διδακτική αυτή πρόταση επιχειρείται η διερεύνηση του σχήματος της Γης με τη μέθοδο του σχεδίου εργασίας. Με κύριο άξονα το σχήμα της Γης οι μαθητές παρακινούνται στη μελέτη επιλεγμένων θεμάτων σε γνωστικά αντικείμενα της Φυσικής, της Γεωγραφίας, της Λογοτεχνίας, της Ιστορίας, της Μυθολογίας κλπ.

Διαδικασία: Οι μαθητές και οι μαθήτριες διαπραγματεύονται μέσα από ειδικά σχεδιασμένες δραστηριότητες ενδεικτικά κριτήρια της σφαιρικότητας της Γης όπως είναι η πορεία ενός πλοίου, ο περίπλους της Γης από το Μαγγελάνο, η παρακολούθηση των αστερισμών, τα ταξίδια στο διάστημα κτλ. Με βάση αυτά τα κριτήρια σφαιρικότητας οι μαθητές χωρίζονται στις παρακάτω 4 ομάδες:

- Η Α' ομάδα, των *σύγχρονων εξερευνητών*, θα ακολουθήσει την πορεία του Μαγγελάνου, ο οποίος επιχειρήσει να πραγματοποιήσει τον περίπλου της Γης (π.χ. πλοήγηση σε σχετική ιστοσελίδα, καταγραφή ημερολογίου πλεύσης, εφοδιασμός καραβέλας ταξιδιού, χαρτογραφία εποχής κτλ).
- Η Β' ομάδα, των *αστροναυτών*, θα πραγματοποιήσει ένα ταξίδι στο διάστημα και θα συλλέξει τα στοιχεία της χρησιμοποιώντας τα όργανα της σύγχρονης τεχνολογίας (π.χ. συλλογή υλικού για δορυφορικές φωτογραφίες, διαστημικά ταξίδια και οχήματα, παιχνίδι διαστημικού χώρου κτλ).
- Η Γ' ομάδα, των *ναυαγών*, θα ταξιδέψει σε ένα νησί του Ειρηνικού και με γυμνό μάτι παρατηρώντας τα φυσικά φαινόμενα θα καταγράψει τις παρατηρήσεις της (π.χ. παρατήρηση της εμφάνισης πλοίου, μελέτη κίνησης αστερισμών, κατασκευή μοντέλου 20έδρης Γης κτλ).
- Η Δ' ομάδα, των *Αρχαίων Ελλήνων φιλοσόφων*, θα κάνει ένα ταξίδι στην αρχαιότητα και θα αναζητήσει την πορεία της σκέψης του αρχαίου ανθρώπου (απόψεις αρχαίων Ελλήνων, παρατήρηση έκλειψης σελήνης κτλ).

Κάθε ομάδα ανάλογα με την προσέγγιση που θα ακολουθήσει καλείται να απαντήσει σε ανάλογα ερωτήματα, να καταγράψει τα δικά της στοιχεία για τη σφαιρικότητα της Γης. Οι μαθητές παρακινούνται μέσα από τα φύλλα εργασίας να επισκεφτούν συγκεκριμένους δικτυακούς τόπους, να αισθητοποιήσουν μέσα από τις προσομοιώσεις το σχήμα του πλανήτη Γη, να αναζητήσουν πληροφορίες χρησιμοποιώντας μία μηχανή αναζήτησης, δίνοντας λέξεις κλειδιά, να επεξεργαστούν και να μεταφέρουν τις πληροφορίες και τα δεδομένα που θα βρουν στο φύλλο εργασίας τους. Ανάλογα με τα φύλλα εργασίας και τις δεξιότητες που έχουν, τα μέλη της ομάδας μπορούν να εργαστούν είτε στην ηλεκτρονική μορφή των φύλλων εργασίας είτε χειρόγραφα γράφοντας πάνω στο φύλλο εργασίας τις απαντήσεις και κολλώντας τις φωτογραφίες που ζητούνται αφού πρώτα τις εκτυπώσουν. Κάθε ομάδα

συγκεντρώνει εικόνες, κείμενα, χάρτες και σχεδιαγράμματα, κάνει κατασκευές και σχεδιάζει ταξίδια, προκειμένου να αποδείξει τη σφαιρικότητα της Γης και να υποστηρίξει τις απόψεις της. Τέλος παρουσιάζει τα στοιχεία που συνέλεξε και τα συμπεράσματα στα οποία οδηγήθηκε στις άλλες ομάδες.

Βαρύτητα (Τάξη: Στ' Δημ., Μάθημα: Φυσική, Γεωγραφία, Διδ. ώρες: 2-4, Ενότητα ΑΠΣ: Βάρος και βαρύτητα)

Οι μαθητές και οι μαθήτριες έχουν δυσκολίες να κατανοήσουν την έννοια της βαρύτητας και να τη συσχετίσουν με φαινόμενα της καθημερινής ζωής (Gunstone & White 1981, Galili 1993, Galili & Kaplan 1996, Galili 2001). Διατηρούν εναλλακτικές ιδέες για την άσκηση της βαρύτητας. Δυσκολεύονται να συνειδητοποιήσουν ότι η βαρύτητα συνδέεται με τα φυσικά σώματα, και όχι με μια απόλυτη, «προς τα κάτω» κατεύθυνση (Treagust & Smith, 1989, Lightman & Sadler, 1993). Η συσχέτιση της βαρύτητας με το σφαιρικό σχήμα της Γης μπορεί να διευκολύνει τους μαθητές να αποκτήσουν μια στέρεη κατανόηση φαινομένων που σχετίζονται με την καθημερινή ζωή, όπως η εναλλαγή νύχτας μέρας και οι εποχές και να γνωρίσουν βασικά στοιχεία του πλανήτη μας (Zeilik et al, 1998) όπως η θέση του στο ηλιακό σύστημα και η περιφορά του γύρω από τον ήλιο.

Διαδικασία: Οι μαθητές και οι μαθήτριες παρακολουθούν ένα εισαγωγικό βίντεο με το ταξίδι της ολυμπιακής φλόγας. Παρουσιάζεται η διαδρομή των αθλητών με την ολυμπιακή φλόγα στον επίπεδο παγκόσμιο χάρτη. Προκαλείται συζήτηση για τους στόχους του μαθήματος. Οι μαθητές συμπληρώνουν το ερωτηματολόγιο και εκφράζουν τις απόψεις τους. Μέσω του αντίστοιχου φύλλου εργασίας γίνεται ανάδειξη των ιδεών των μαθητών για τη βαρύτητα στην επιφάνεια της Γης και έξω από αυτήν, μέσα από το σχεδίαση της πορείας μιας μπάλας που αφήνουν να πέσει αθλητές οι οποίοι μεταφέρουν την ολυμπιακή φλόγα σε διάφορες περιοχές στην επιφάνεια της σφαιρικής Γης. Στη συνέχεια γίνεται συζήτηση σε ομάδες. Δείχνουμε εικόνες με αστροναύτες να περπατούν στη σελήνη, άλλες εικόνες από τη Γη (το «μήλο του Νεύτωνα») καθώς και ολιγόλεπτα video. Συνδεόμαστε με το διαδίκτυο ή εφοδιάζουμε τα παιδιά με υλικό για πίνακες και με τα κατάλληλα στοιχεία για να υπολογίσουν το βάρος τους στη Γη και στους άλλους πλανήτες και να μελετήσουν τη σφαιρική αναπαράσταση της Γης. Ζητάμε από τα παιδιά να παρατηρήσουν ομοιότητες - διαφορές και να κάνουν υποθέσεις. *Τι είναι αυτό που κάνει τα μήλα να πέφτουν. Γιατί οι άνθρωποι φαίνονται ελαφρύτεροι κατά το περπάτημα στο φεγγάρι και φορούν ειδικές μπότες π.χ. ζυγίζουν λιγότερο στο φεγγάρι, η βαρύτητα είναι μικρότερη έτσι οι άνθρωποι δεν τραβιούνται κάτω τόσο πολύ*

Εφαρμογή και αξιολόγηση δραστηριοτήτων

Μέσα από τη διδακτική πρόταση οι μαθητές και οι μαθήτριες μελέτησαν τη Γη συστηματικά προσεγγίζοντάς την από το διάστημα και τον ευρύτερο χώρο του σύμπαντος έως τη γήινη επιφάνειά της. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε 2 θεματικές ενότητες της Γεωγραφίας 2 σχολείων και 2 τάξεων, σε 110 περίπου μαθητές της Στ' Δημ. (του 7ου Δημοτικού Αμαρουσίου καθώς και των Εκπαιδευτηρίων Δούκα στο πλαίσιο του ερευνητικού τους έργου "E-learning Land", κατά τα διδακτικά έτος 2004-2005). Για κάθε μία ενότητα δόθηκε ένα αρχικό ατομικό ερωτηματολόγιο ανάδειξης ιδεών (για 1 διδ. ώρα) και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η διδακτική παρέμβαση στην αίθουσα διδασκαλίας και στο εργαστήριο πληροφορικής σε ομάδες 3-4 μαθητών (για 3 διδ. ώρες), βασισμένη σε ειδικά σχεδιασμένα σενάρια υποστηριζόμενα από φύλλα εργασίας.

Στις παραγράφους που ακολουθούν εστιάζουμε σε δραστηριότητες που αφορούν στην ανάδειξη των ιδεών και προαντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τις θεματικές ενότητες:

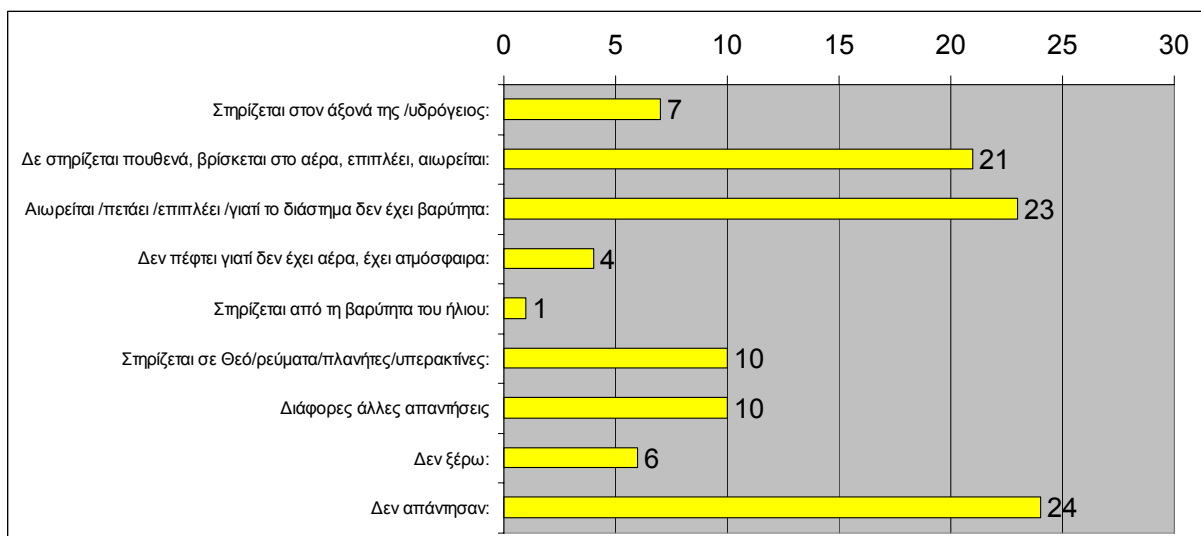
- *Σχήμα της Γης– σφαιρικότητα*
- *Βαρύτητα*

Η επεξεργασία των ερωτηματολογίων που αφορούν στις ιδέες και τις προαντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το σχήμα, τις κινήσεις της Γης και η ποιοτική ανάλυση των στοιχείων που προέκυψαν οδηγεί στις παρακάτω διαπιστώσεις.

Σχήμα της Γης - Σφαιρικότητα

Μέσα από τις δραστηριότητες της ενότητας αυτής προέκυψε ότι πάνω από το 95% των μαθητών θεωρούν τη Γη σφαιρική, αποτυπώνοντάς την στα σχέδιά τους (φυσικά με ποικίλες απεικονίσεις), οπότε στο πλαίσιο της εισήγησης εστιαζόμαστε κύρια στη βαρύτητα, όπου έχουμε σημαντικά ευρήματα, τα περισσότερα σε συνάφεια με παρόμοιες ερευνητικές εργασίες αλλά και με νέα ενδιαφέροντα στοιχεία.

Στο ερώτημα «*Πού στηρίζεται η Γη;*» οι μαθητές και οι μαθήτριες απάντησαν κατά πλειοψηφία ότι η Γη δε στηρίζεται πουθενά, επειδή στο διάστημα δεν υπάρχει βαρύτητα ενώ στη Γη υπάρχει βαρύτητα. Στις απαντήσεις των μαθητών και μαθητριών παρουσιάζεται ένας σαφής διαχωρισμός Γης και ουρανού (διάστημα). Στο διάστημα ισχύουν διαφορετικοί νόμοι από τη Γη. Ο νόμος της βαρύτητας δεν έχει καθολική ισχύ αλλά ισχύει μόνο στην επιφάνεια της Γης. Εκεί τα αντικείμενα που αφήνονται ελεύθερα πέφτουν διαγράφοντας παράλληλες πορείες. Στο διάστημα τα πράγματα επιπλέουν, αιωρούνται, λειτουργούν από μόνα τους έχουν τη δικιά τους εσωτερική δύναμη ή στηρίζονται στο Θεό. Οι απαντήσεις των μαθητών φαίνονται αποσπασματικές και χαρακτηρίζονται από έλλειψη συνοχής. Μερικοί μαθητές θεωρούν πως η Γη αιωρείται, επιπλέει, πετάει στο διάστημα επειδή δεν υπάρχει βαρύτητα. Κάποιοι άλλοι υποστηρίζουν πως η Γη αιωρείται στο διάστημα επειδή υπάρχει αέρας ή στηρίζεται στο διάστημα επειδή η ατμόσφαιρα δρα προστατευτικά και στηρίζει τη Γη. Άλλοι προτείνουν πως η παρουσία του αέρα είναι που δημιουργεί την κίνηση της Γης ή πως η απουσία του αέρα δεν διαταράσσει την ισορροπία της Γης στο διάστημα, δηλαδή δεν την εξαναγκάζει να πέσει. Άλλα παιδιά συνδέουν την παρουσία του αέρα στο διάστημα με την έλλειψη βαρύτητας και θεωρούν πως αυτή είναι η αιτία στήριξης της Γης στο διάστημα (Osborne & Gilbert, 1980). Κάποιοι μαθητές και μαθήτριες συνδέουν την έλλειψη βαρύτητας με το κενό, άλλοι με τον αέρα που επειδή είναι ελαφρύς κάνει τα αντικείμενα να αιωρούνται (φυσική παρατήρηση) ή με την ατμόσφαιρα που δεν αφήνει τη Γη να πέσει αλλά τη στηρίζει. Ένας μόνο μαθητής ανέφερε ότι η Γη «*Στηρίζεται από τη βαρύτητα του Ήλιου*». Οι ομαδοποιημένες (106 συνολικά) απαντήσεις στο ερώτημα «*Πού στηρίζεται η Γη;*» δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

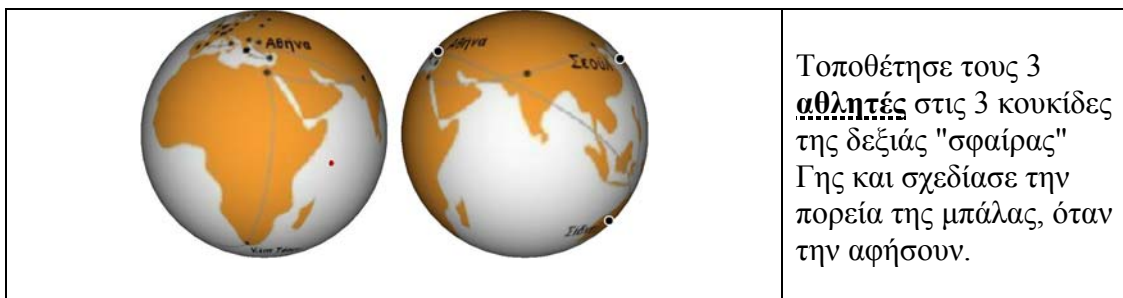


Άλλες ενδιαφέρουσες απαντήσεις ήταν και οι παρακάτω:

Η Γη στηρίζεται από την τροχιά της
 Η Γη στηρίζεται από μία τεράστια βάση
 Η Γη στηρίζεται λόγω της ατμόσφαιρας που υπάρχει στο διάστημα
 Στο διάστημα δεν υπάρχει βαρύτητα με αποτέλεσμα η Γη να μη στηρίζεται πουθενά
 Η Γη στηρίζεται πάνω στους άλλους πλανήτες
 Η Γη επιπλέει στον αέρα όπως εμείς όταν πάμε στο διάστημα
 Η Γη πέφτει αλλά δεν το καταλαβαίνουμε
 Η Γη είναι ένα σώμα που δε χρειάζεται στήριγμα
 Η Γη δεν πέφτει γιατί βρίσκεται σε ένα άλλο μέρος που ονομάζεται διάστημα
 Η Γη δεν μπορεί να πέσει γιατί επάνω της στηρίζονται εκατομμύρια άνθρωποι
 Η Γη στηρίζεται από τη φύση της επειδή ο Θεός την έφτιαξε έτσι

Βαρύτητα

Ζητήθηκε από τους μαθητές και τις μαθήτριες να απαντήσουν σε ερωτήσεις που είχαν στόχο να διερευνήσουν τις ιδέες τους για τη βαρύτητα και να σχεδιάσουν στα φύλλα εργασίας τους την πορεία μια μπάλας που άφηναν από τα χέρια τους τρεις αθλητές που βρίσκονταν σε αντιδιαμετρικά σημεία στην επιφάνεια της Γης.

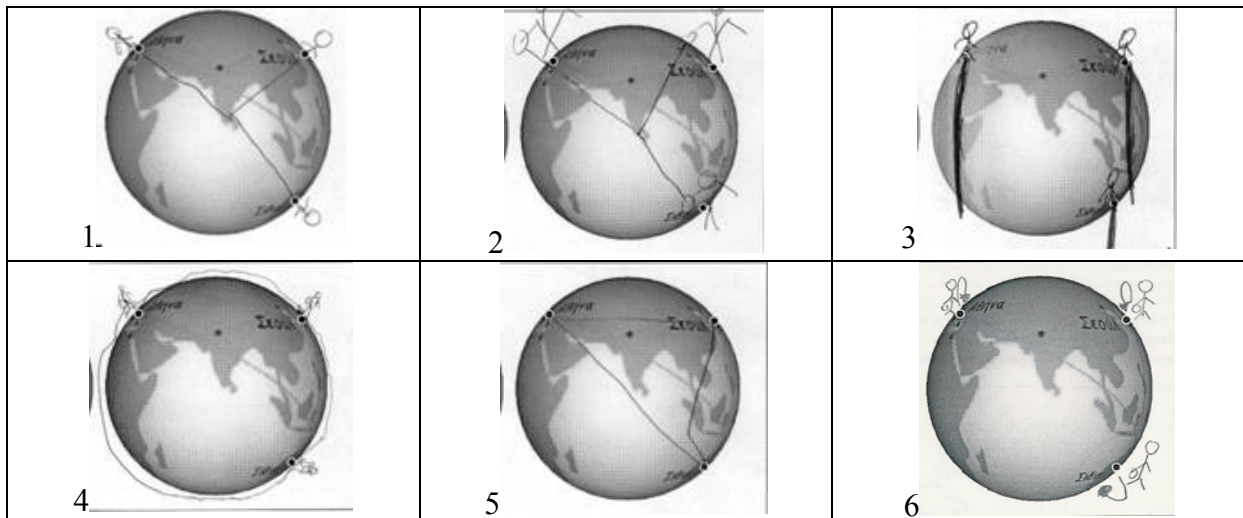


Σχήμα 1: Δείγμα ερώτησης από φύλλο εργασίας με σενάριο βασισμένο στην παγκόσμια πορεία της Ολυμπιακής Φλόγας με αθλητές.

Από τις απαντήσεις των μαθητών διαπιστώθηκε ότι γενικά οι μαθητές και οι μαθήτριες χρησιμοποιούν την έννοια της βαρύτητας με ένα ασυνεπή και συγκεχυμένο τρόπο. Η φράση «στηρίζεται στη βαρύτητα» αποδίδει ένα χαρακτήρα ανθρωποχρηστικό στην έννοια αυτή και αναδεικνύει μια δηλωτική λειτουργία και μια σαφώς ελλιπή κατανόηση της βαρύτητας. Η βαρύτητα αποτελεί ιδιότητα του ίδιου του αντικειμένου και δε συνδέεται με αντικείμενο άλλης μάζας. Η έννοια της βαρύτητας στις θεωρητικές απαντήσεις των μαθητών δε φαίνεται να συνδέεται με αυτό που ήδη έχουν διδαχθεί, δηλαδή με την έννοια της δύναμης από απόσταση. Κυριαρχεί η εμπειρική διάσταση της πτώσης των μη υποστηριζόμενων αντικειμένων, και της αναστολής της κίνησής τους με την ύπαρξη κάποιου εμποδίου (η μπάλα σταματά ... γιατί δεν έχει πιο χαμηλά να πέσει...). Στον πίνακα που ακολουθεί κατηγοριοποιούνται οι απαντήσεις 116 μαθητών σε σχέση με τη θέση των ανθρώπων και την πτώση αντικειμένων στην επιφάνεια της Γης.

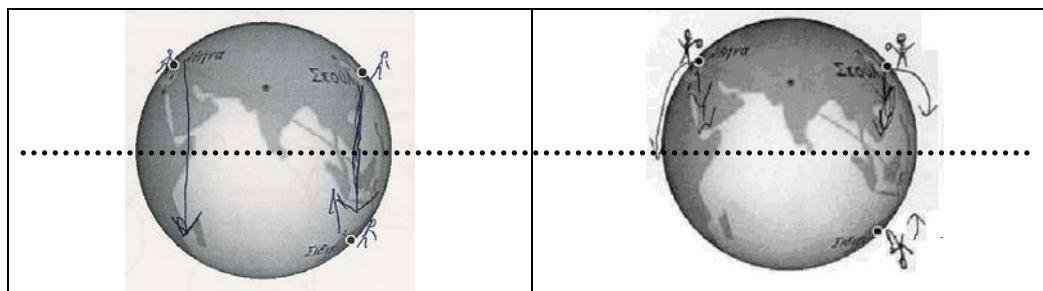
1. Το επιστημονικό μοντέλο: Τα αντικείμενα πέφτουν προς το κέντρο της Γης και οι αθλητές είναι τοποθετημένοι σωστά στην επιφάνειά της (6/116, ποσοστό **5,2%**).
2. Το πρώιμο επιστημονικό μοντέλο: Τα αντικείμενα πέφτουν προς το κέντρο της Γης αλλά οι αθλητές είναι τοποθετημένοι σε παράλληλες διευθύνσεις ή οι αθλητές είναι σωστά τοποθετημένοι αλλά τα αντικείμενα δεν πέφτουν προς το κέντρο. Υπάρχει δηλαδή η απόλυτη διάσταση «πάνω – κάτω» που υποδηλώνεται από την «κατακόρυφη στάση» του αθλητή και συνδέεται με την καθημερινή εμπειρία (4+3/116, ποσοστό **6%**).
3. Το μοντέλο των παράλληλων πορειών «πάνω/κάτω»: Οι αθλητές είναι τοποθετημένοι σε παράλληλες διευθύνσεις και τα αντικείμενα πέφτουν προς τα κάτω (ή σε ποσοστό 10% για τους «πάνω» αθλητές προς τα κάτω, ενώ για τον «κάτω» αθλητή προς τα πάνω) ακολουθώντας παράλληλες πορείες (40/116 ποσοστό **34,5%**).
4. Το μοντέλο της κυκλικής κίνησης: Τα αντικείμενα πέφτουν διαγράφοντας κυκλική πορεία και κινούνται εφαπτομενικά στη σφαιρική Γη (20/116, ποσοστό **17,2%**).
5. Ασαφές μοντέλο I: Τα αντικείμενα πέφτουν ακολουθώντας διάφορες πορείες, π.χ. τριγωνική ή κάποια άλλη πολυγωνική πορεία από τον έναν αθλητή στον άλλο ή και ανεξάρτητα από αυτούς (17/116, ποσοστό **14,7%**).
6. Ασαφές μοντέλο II: Τα αντικείμενα πέφτουν προς το έδαφος χωρίς να προσδιορίζεται κάποια συγκεκριμένη πορεία και οι αθλητές είναι συνήθως τοποθετημένοι παράλληλα μεταξύ τους (9/116, ποσοστό **7,7%**).

Πίνακας 1: Οι 6 βασικές κατηγορίες 99 απαντήσεων σε σύνολο 116, δηλαδή ποσοστό: 85,4% (οι υπόλοιπες 10/116, ποσοστό: 8,6% αποτελούν μεμονωμένες αντιλήψεις, ενώ 7/116, ποσοστό: 6 % δεν απάντησαν)



Σχήμα 2: Σχέδια μαθητών αναφορικά με θέση ανθρώπων και πτώση αντικειμένων στην επιφάνεια της Γης

Στις 5 παραπάνω προτεινόμενες κατηγορίες (εξαιρώντας την πρώτη και ορθή) κατανέμονται και ανάλογες απαντήσεις (10 σε σύνολο 116, δηλ. ποσοστό: 8,6) οι οποίες έχουν ένα σημαντικό κοινό χαρακτηριστικό: οι 2 αθλητές της Αθήνας και Σεούλ θεωρούνται οι «πάνω» και ο τρίτος ο «κάτω» (υπονοώντας πιθανόν μια πάνω και μια κάτω επίπεδη επιφάνεια), οπότε και σχεδιάζονται από τους μαθητές ανάλογα είτε οι πορείες (αριστερό κάτω σχήμα 3) είτε οι αθλητές (δεξιό κάτω σχήμα 3). Δηλαδή προκύπτει ένα «καθρεπτικό» μοντέλο με πορείες ή θέσεις του σώματος των αθλητών συμμετρικές ως παράλληλη ευθεία προς το οριζόντιο επίπεδο στο οποίο βρίσκεται ο μαθητής (όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 3).



Σχήμα 3 «Καθρεπτικό» μοντέλο

Συμπεράσματα

Η πλειοψηφία των μαθητών δεν έχει κατανοήσει σε βάθος το σφαιρικό μοντέλο της Γης. Οι μαθητές και οι μαθήτριες προσεγγίζουν την έννοια της σφαιρικότητας επιφανειακά χωρίς συστηματική αναφορά στα συνθετικά στοιχεία της έννοιας. Δεν αντιμετωπίζουν τον πλανήτη Γη ως μια σφαίρα στο διάστημα που περιβάλλεται κυκλικά από αέρα προς όλες τις διευθύνσεις και προτείνουν πως υποστηρίζεται από στρώμα αέρα ή ατμόσφαιρας. Αδυνατούν να τοποθετήσουν τους ανθρώπους σε όλη την επιφάνεια της Γης και ταυτίζουν τη βαρύτητα με μια απόλυτη «προς τα κάτω» κατεύθυνση. Αν και ισχυρίζονται πως το σχήμα της Γης είναι σφαιρικό τοποθετούν τους ανθρώπους σε παράλληλες ζώνες προς το γήινο επίπεδο και με κατακόρυφη στάση προς αυτές. Τα αντικείμενα που αφήνονται ελεύθερα στη γήινη επιφάνεια απομακρύνονται στο διαστημικό χώρο ακολουθώντας απόλυτες παράλληλες «πάνω-κάτω» κατευθύνσεις (στοιχεία που υποδηλώνουν την έννοια της επίπεδης Γης).

Οι περισσότεροι μαθητές δεν επεκτείνουν το νόμο της βαρύτητας στο διάστημα. Για τους μαθητές ο νόμος της βαρύτητας δεν έχει καθολική ισχύ αλλά ισχύει μόνο στην επιφάνεια της Γης. Η πτώση των αντικειμένων διαφοροποιείται στις δυο ζώνες, της Γης και του ουρανού (διάστημα). Τα αντικείμενα που δεν υποστηρίζονται στην επιφάνεια της Γης πέφτουν σε μια απόλυτη προς τα κάτω κατεύθυνση. Στο διάστημα τα ουράνια σώματα δε χρειάζονται υποστήριξη, αιωρούνται, επιπλέουν, πετάνε επειδή δεν υπάρχει βαρύτητα. Στην επίπεδη Γη, η βαρύτητα κάνει τα αντικείμενα που δεν υποστηρίζονται να πέφτουν κάτω στο έδαφος διαγράφοντας παράλληλες τροχιές. Στη σφαιρική Γη η μπάλα αιωρείται ή κινείται περιφερειακά. Ελάχιστοι μαθητές και μαθήτριες ανέφεραν τη βαρύτητα να έλκει τα αντικείμενα προς το κέντρο της Γης και σχεδίασαν σωστά την πορεία της μπάλας.

Οι μαθητές έχουν αποδώσει στις πολιτισμικές αναπαραστάσεις των μοντέλων της Γης (νοητός άξονας, τροχιά, υδρόγειος) ρεαλιστικό χαρακτήρα και προσδίδουν χαρακτηριστικά στο μοντέλο της Γης τα οποία έχουν αντλήσει από τα εποπτικά εργαλεία που χρησιμοποιούν στο σχολείο για την αισθητοποίηση ανάλογων εννοιών. Ακόμη έχουν απομονώσει λέξεις και έννοιες από τη Φυσική, *τροχιά, άξονας, πόλοι*, στις οποίες έχουν αποδώσει χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την καθημερινή χρήση της γλώσσας.

Συνδέουν την άσκηση ή μη της βαρύτητας, με το μέσον (αέρας, ατμόσφαιρα, κενό) και υποστηρίζουν πως η ύπαρξη του αέρα και της ατμόσφαιρας κάνει τα ουράνια σώματα να επιπλέουν, να αιωρούνται και να πετάνε στο διάστημα. Ενώ κάποιοι αποδίδουν την ακινησία, και επομένως τη μη ύπαρξη βαρύτητας, στην απουσία του αέρα. Χρησιμοποιούν το νόμο της βαρύτητας και το βάρος υπό την έννοια του αποτελέσματος της μη υποστήριξης και όχι ως την ελκτική δύναμη μεταξύ των σωμάτων. Χαρακτηρίζουν την απουσία της βαρύτητας με τους όρους, *πετάει, αιωρείται, επιπλέει*. Αποδίδουν μια ανθρωποκεντρική διάσταση στα χαρακτηριστικά και τις κινήσεις της Γης ή τα αποδίδουν στο Θεό και τους εξωγήινους.

Πέρα από τα ευρήματα που έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία μια όχι ασήμαντη μερίδα μαθητών (περίπου 9%), έχει δομήσει νοητικές αναπαραστάσεις για τη θέση των

ανθρώπων και την πορεία πτώσης των αντικειμένων στην επιφάνεια της Γης, το οποίο και χαρακτηρίσαμε «μοντέλο του καθρέπτη» (ως προς ένα νοητό οριζόντιο επίπεδο).

Συμπερασματικά μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η ανάλυση περιεχομένου των φύλλων εργασίας που συμπλήρωσαν οι μαθητές (ποιοτική διαμορφωτική αξιολόγηση) ανέδειξε στοιχεία αναδόμησης στο σύνολό τους όσον αφορά στις έννοιες του σχήματος και στα κριτήρια της σφαιρικότητας αλλά ιδιαίτερα περιορισμένα στη «δύσκολη» έννοια της βαρύτητας.

Παράρτημα. Επιλεγμένες πηγές στο διαδίκτυο (τελευταία πρόσβαση: 15/11/2006)

http://btc.montana.edu/messenger/students/student_index.htm

<http://www.nasa.gov/audience/forkids/home/index.html>

<http://starchild.gsfc.nasa.gov/docs/SarChild>

<http://www.doukas.gr/geo/begin.htm>

<http://www.educnet.education.fr/meteo>

<http://www.exploratorium.edu/>

<http://www.fourmilab.to/earthview/satellite.html>

http://www.greekastronomy.gr/solarsystem/sol_sun.htm

<http://www.ipet.gr/e-land/>

Παραπομπές

- Βοσνιάδου Σ., 2002, Η εννοιολογική αλλαγή στην παιδική ηλικία: παραδείγματα από το χώρο της Αστρονομίας, στο: «Αναπαραστάσεις του Φυσικού Κόσμου», επιμ. Β. Κουλαϊδής, εκδ. Gutenberg, Αθήνα.
- Χαλκιά Κ., 2006, Το Ηλιακό Σύστημα μέσα στο Σύμπαν, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
- Driver R., Squires A., Rushworth P., Wood-Robinson V., Οικο-δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, μία παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών, Εκδ. Τυπωθήτω, Αθήνα, 2000
- Galili, I. 1993, "Weight and Gravity: Teachers' Ambiguity and Students' Confusing about Concepts," International Journal of Science Education, 15, 149.
- Galili, I. 2001, "Weight Versus Gravitational Force: Historical and Educational Perspectives," International Journal of Science Education, 23(10), 1073.
- Galili, I. & Kaplan, D. 1996, "Students' Operation with the Concept of Weight," Science Education, 80(4), 457.
- Gunstone, R. & White, R. (1981). Understanding of gravity. Science Education, 65, 291-299.
- Lightman, A. & Sadler, P. (1993). Teacher predictions versus actual student gains.
- Mali, G. B. & Howe, A. 1979, "Development of Earth and Gravity Concepts Among Nepali Children," Science Education, 63, 685.
- Nobes, G., Moore, D. G., Martin, A. E., Clifford, B. R., Butterworth, G., Panagiotaki, G., & Siegal, M. 2003, "Children's Understanding of the Earth in a Multicultural Community: Mental Models or Fragments of Knowledge?," Developmental Science, 6, 72.
- Nussbaum, J. & Novak, J. 1976, "An Assessment of Children's Concepts of the Earth Utilizing Structured Interviews," Science Education, 60, 535.
- Nussbaum, J. & Sharoni-Dagan, N. 1983, "Changes in Second Grade Children's Preconceptions About the Earth as a Cosmic Body Resulting from a Short Series of Audio-Tutorial Lessons," Science Education, 67, 99.
- Nussbaum, J. 1979, "Children's Conception of the Earth as a Cosmic Body: A Cross Age Study," Science Education, 63, 83.

- Osborne, R. J. & Gilbert, J. K. 1980, "A Method for Investigated Concept Understanding in Science," *European Journal of Science Education*, 2, 311.
- Ruggiero, S., Cartelli, A., Dupre, F., Vincentini Missoni, M. 1985, "Weight, Gravity and Air Pressure: Mental Representations by Italian Middle School Pupils," *European Journal of Science Education*, 7(12), 181.
- Samarapungavan, A., Vosniadou, S., Brewer, W. 1996, "Mental Models of the Earth, Sun, and Moon: Indian Children's Cosmologies," *Cognitive Development*, 11, 491.
- Sneider, C. & Ohadi, M. 1998, "Unraveling Students' Misconceptions about the Earth's Shape and Gravity," *Science Education*, 82, 265.
- Sneider, C. & Pulos, S. 1983, "Children's Cosmographies: Understanding the Earth's Shape and Gravity," *Science Education*, 67, 205.
- Treagust, D. & Smith, C. (1989). Secondary students' understanding of gravity and the motion of planets. *School Science and Mathematics*, 89, 380-391.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. 1987, "Theories of Knowledge Restructuring in Development," *Review of Educational Research*, 57, 51.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. 1992, "Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood," *Cognitive Psychology*, 24, 535.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. 1993, "Constraints on Knowledge Acquisition: Evidence from Children's Models of the Earth and the Day/Night Cycle," in *Proceedings of the Fifteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, June 18 to 21, 1993, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1052.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. 1994, "Mental Models of the Day/Night Cycle," *Cognitive Science*, 18, 123.
- Vosniadou, S. 1994, "Universal and Culture-Specific Properties of Children's Mental Models of the Earth," in *Mapping the mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*, L. Hirschfeld & S. A. Gelman (Editors), New York: Cambridge University Press, 412.
- Zeilik, M., Schau, C., Mattern, N. 1998, "Misconceptions and Their Change in University Astronomy Courses," *The Physics Teacher*, 36, 104.