

# Εννοιολογική αλλαγή στην Αστρονομία μέσω εικονικών περιβαλλόντων

Χρήστος Μπάκας, Ιωάννα Μπέλλου και Τάσος Α. Μικρόπουλος

cbakas@sch.gr, me00243@cc.uoi.gr, amikrop@cc.uoi.gr

Εργαστήριο Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση,

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαδικασία πρόσκτησης της γνώσης περιλαμβάνει τη συνεχή αναδιοργάνωση των υπαρχόντων νοητικών δομών. Αυτό παρατηρείται ιδιαίτερα στον τομέα των Φυσικών Επιστημών, όπου οι επιστημονικά αποδεκτές ερμηνείες φαινομένων είναι πολύ διαφορετικές από τις αρχικές που επινοούν οι μαθητές βασιζόμενοι συνήθως στα καθημερινά τους δεδομένα. Στόχος της παρούσας μελέτης είναι η ανίχνευση της εννοιολογικής αλλαγής, μέσω της εφαρμογής ενός εκπαιδευτικού εικονικού περιβάλλοντος, σε θέματα Αστρονομίας και ειδικότερα στη μελέτη των κινήσεων της γης, της εναλλαγής μέρας και νύχτας και της αλλαγής των εποχών. Το τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον που αναπτύχθηκε βασίστηκε στα αποτελέσματα εμπειρικών ερευνών, παρέχει ελεύθερη και κατευθυνόμενη πλοήγηση, δυνατότητες τροποποίησής του και μαθησιακές δραστηριότητες με συγκεκριμένους στόχους. Σε έρευνα με 27 μαθητές Α' Γυμνασίου, η ανάλυση των δεδομένων πριν και μετά την αλληλεπίδρασή τους με το εικονικό περιβάλλον έγινε με τη μέθοδο SOLO. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι σε μεγάλο βαθμό το επίπεδο κατανόησης των παιδιών μετατοπίστηκε προς τα υψηλότερα ιεραρχικά επίπεδα της ταξινομίας SOLO, φτάνοντας και το πέμπτο επίπεδο της εκτεταμένης θεώρησης ή αφαίρεσης, γεγονός σπάνιο στις Φυσικές Επιστήμες. Φαίνεται ότι επειδή τα εικονικά περιβάλλοντα παρέχουν πληροφορία και αλληλεπίδραση με διαφορετικό τρόπο από ότι άλλες πληροφορικές υλοποιήσεις, συμβάλλουν αποτελεσματικά στη μάθηση, δηλαδή στην πρόσκτηση, διατήρηση και αξιοποίηση των γνώσεων και τελικά επιφέρουν την επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών που διδάσκονται στο σχολείο συχνά δεν έχουν τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα καθώς δεν επιφέρουν τις προσδοκώμενες εννοιολογικές αλλαγές στους μαθητές. Η διδακτική προσέγγιση ενός γνωστικού αντικειμένου και ιδιαίτερα των

Φυσικών Επιστημών έχει να αντιμετωπίσει τις προσωπικές αντιλήψεις των μαθητών για τα φυσικά μεγέθη και τα φαινόμενα που εξετάζονται.

Η οικοδόμηση της γνώσης προϋποθέτει την απόρριψη των προσωπικών υποθέσεων και την αντικατάσταση των υπάρχουσών νοητικών δομών με νέες που ανταποκρίνονται καλύτερα στην πραγματικότητα (Ojala 1997). Αυτό είναι δύσκολο και απαιτεί να βάλουμε το μαθητή σε κατάσταση γνωστικής σύγκρουσης και να αντιμετωπίσει με ισχυρά αποδεικτικά στοιχεία τη νέα γνώση, ώστε να συνειδητοποιήσει τους περιορισμούς που θέτουν οι δικές του θεωρίες και να τις αλλάξει (Vosniadou 1991). Πολύ σημαντικό είναι ότι για το μαθητή οι παρανοήσεις γεγονότων και φαινομένων είναι γνώσεις, όπως όλες οι άλλες που κατέχει. Είναι δηλαδή αποτέλεσμα μίας διαδικασίας σταδιακής ερμηνείας και κατανόησης των πραγμάτων, τις οποίες ο μαθητής έχει αποδεχθεί ως σωστές (Rowell et al. 1990). Η μετάβαση λοιπόν από τις παρανοήσεις στην ορθή επιστημονικά γνώση δεν εξαρτάται μόνο από τη διδασκαλία, αλλά κυρίως από τον τρόπο που οι μαθητές ερμηνεύουν την πληροφορία που δέχονται, βασιζόμενοι πάντα σε ό,τι ήδη γνωρίζουν. Η προσωρινή αποδοχή μίας όχι καλά στηριζόμενης ερμηνείας δεν πρόκειται να γίνει αποδεκτή από το μαθητή και να πάρει τη θέση της προηγούμενης λανθασμένης, αλλά σωστής για το παιδί, γνώσης.

Η κατανόηση των πλανητικών φαινομένων έρχεται να επαληθεύσει τον παραπάνω ισχυρισμό. Τα παιδιά παρουσιάζουν προβλήματα στην κατανόηση των φαινομένων αυτών και δημιουργούν εσφαλμένη εικόνα αναφορικά με το σχήμα των ουράνιων σωμάτων, το μέγεθός τους, τις αποστάσεις που τα χωρίζουν, το φαινόμενο της εναλλαγής μέρας και νύχτας και το φαινόμενο των εποχών του έτους, καθώς στηρίζονται στις δικές τους παρατηρήσεις και ερμηνείες. Η απλοϊκή εξήγηση που δίνουν στα φαινόμενα τους φαίνεται τόσο λογική, ώστε δεν τους δημιουργείται καμιά ανάγκη να την αναιρέσουν.

Ορισμένοι από τους λόγους για τους οποίους τα παιδιά οδηγούνται σε παρερμηνείες όσον αφορά τα πλανητικά φαινόμενα καταγράφονται ως εξής (Kambly and Suttle 1963, Driver et al. 1985, Μπάκας 2004):

- Τα παιδιά έχουν την τάση να ερμηνεύουν την πραγματικότητα σύμφωνα με τον τρόπο που γίνεται αντιληπτή από τη δική τους οπτική (παιδικός εγωκεντρισμός του Piaget)
- Η παρατήρηση των ουράνιων σωμάτων γίνεται από τη γη. Είναι δύσκολο να κατανοήσουν ότι ο ήλιος και όχι η γη είναι το κέντρο του ηλιακού συστήματος
- Τα ουράνια σώματα εκτός της περιφοράς τους γύρω από τον ήλιο, περιστρέφονται και γύρω από τον άξονά τους. Αυτή η περιστροφή δύσκολα γίνεται κατανοητή
- Η απεραντοσύνη του σύμπαντος και οι τεράστιες αποστάσεις μεταξύ των ουράνιων σωμάτων καθιστούν απατηλές τις παρατηρήσεις μεγεθών, σχημάτων και κινήσεων.

Τα παιδιά έρχονται στο σχολείο με πληθώρα διαφορετικών ερμηνειών αναφορικά με τα πλανητικά φαινόμενα (Brewer and Vosniadou 1992, Sneider and Ohadi 1998, Trumper 2001). Οι παρατηρήσεις τους ποικίλουν και οι εξηγήσεις που δίνουν παρουσιάζουν μεγάλη ανομοιομορφία παρότι βρίσκονται στην ίδια ηλικία και έχουν παρόμοιες εμπειρίες. Η διδασκαλία στα μαθήματα Φυσικών Επιστημών περιορίζεται στην απλή απομνημόνευση εννοιών και συγκράτηση πληροφοριών, κάτι το οποίο έρχεται σε αντίθεση με την ποικιλία των προϋπαρχουσών γνώσεων. Οι διδάσκοντες είναι φυσιολογικό να εκπλήσσονται καθώς παρατηρούν ότι το περιεχόμενο που διδάσκουν διαρκεί λίγο και οι παλαιότερες ερμηνείες των μαθητών δεν αργούν να επανέλθουν (Vosniadou 1991).

Όταν αναφερόμαστε στις γνώσεις των παιδιών σχετικά με το ηλιακό μας σύστημα και τα φαινόμενά του εννοούμε κυρίως την κατανόηση του συστήματος που αποτελείται από τη γη και τον ήλιο, καθώς και το σχήμα, το μέγεθος και τις κινήσεις των σωμάτων αυτού του συστήματος. Το σχήμα του ήλιου είναι κατά ένα μεγάλο βαθμό ανοιχτό σε άμεση παρατήρηση, δε συμβαίνει όμως το ίδιο και με το σχήμα της γης. Το μέγεθος των ουράνιων σωμάτων είναι ακόμα πιο δύσκολο να κατανοηθεί, καθώς υπάρχει μεγάλη διαφορά ανάμεσα σε αυτό που νομίζουμε ότι έχουν και σε αυτό που πραγματικά έχουν. Η ύπαρξη της διαφοράς αυτής μεταξύ εκείνου που φαίνεται και εκείνου που πραγματικά υφίσταται μπορεί να γίνει κατανοητή από τα παιδιά, όχι όμως και τα πραγματικά μεγέθη της γης και του ήλιου, χωρίς την κατανόηση ορισμένων πρωταρχικών και απαραίτητων

εννοιών. Οι κινήσεις των σωμάτων προκαλούν επίσης προβλήματα όσον αφορά στην κατανόησή τους καθώς όροι όπως περιστροφή, περιφορά, ελλειπτική, κυκλική τροχιά, εναλλάσσονται πολύ συχνά δημιουργώντας σύγχυση. Αρκετές έρευνες έχουν γίνει προκειμένου να αναδειχθούν τα προβλήματα και οι παρανοήσεις που δημιουργούνται από τα παιδιά σε θέματα Αστρονομίας και πλανητικών φαινομένων.

## ΠΑΡΑΝΟΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ

Αναφορικά με το σχήμα της γης, οι Brewer και Vosniadou (1992) κατέγραψαν πέντε ειδών εναλλακτικές ιδέες σε παιδιά ηλικίας 6-11 ετών: ορθογώνια γη, γη σε σχήμα δίσκου, διπλή γη, κοίλη σφαίρα και πεπλατυσμένη σφαίρα. Τα παιδιά του δημοτικού σχολείου φάνηκε να δυσκολεύονται να κατανοήσουν ότι η γη είναι σφαιρική και οι άνθρωποι ζουν πάνω σ' αυτή και σχηματίζουν ποικίλες εναλλακτικές ιδέες σχετικά με το σχήμα της. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι ότι τα παιδιά λειτουργούν κάτω από τους περιορισμούς συγκεκριμένων προϋποθέσεων, οι οποίες δε συμφωνούν με την επιστημονικά ορθή άποψη ότι η γη είναι σχεδόν σφαιρική.

Σχετικά με το μέγεθος των ουράνιων σωμάτων, ο Sharp (1996) έκανε έρευνα σε παιδιά ηλικίας 10-11 ετών. Σχεδόν τα μισά παιδιά απάντησαν επιστημονικά ορθά, καθώς θεώρησαν ότι ο ήλιος είναι μεγαλύτερος από τη γη, η οποία είναι μεγαλύτερη από τη σελήνη. Διάφορες παρανοήσεις καταγράφηκαν από μαθητές οι οποίοι είτε δεν κατανόησαν σωστά όσα είχαν μάθει στο σχολείο, είτε βασίστηκαν σε δικές τους προσωπικές παρατηρήσεις, ή αρκέστηκαν απλά στο να πραγματοποιήσουν υποθέσεις.

Αναφορικά με το φαινόμενο μέρας και νύχτας οι Sadler (1987), Baxter (1989), Brewer και Vosniadou (1994) και Sharp (1996) κατέγραψαν ποικιλία παρανοήσεων στην προσπάθεια των μαθητών να προσδιορίσουν την αιτία του φαινομένου. Συγκεκριμένα αναφέρουν ότι το φαινόμενο οφείλεται κυρίως στους εξής λόγους: ο ήλιος περιστρέφεται γύρω από τη γη μία φορά τη μέρα, η γη περιστρέφεται γύρω από τον ήλιο μία φορά τη μέρα, η γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της

μία φορά τη μέρα, η γη μένει ακίνητη ενώ ο ήλιος και το φεγγάρι κινούνται πάνω – κάτω, ο ήλιος και το φεγγάρι κινούνται γύρω από μια ακίνητη γη, ο ήλιος εμποδίζεται από τα σύννεφα, ο ήλιος κινείται γύρω από τη γη, η σελήνη σκεπάζει τον ήλιο, ο ήλιος εξαφανίζεται τη νύχτα, η ατμόσφαιρα σκεπάζει τον ήλιο, ο ήλιος πηγαίνει πίσω από τους λόφους.

Τέλος, αναφορικά με το φαινόμενο της αλλαγής των εποχών του έτους οι Sharp (1996) και Ojala (1997) κατέγραψαν λίγες αλλά σημαντικές παρανοήσεις και αναφέρουν πως μόνο ένα μικρό ποσοστό του δείγματος των ερευνών τους ήταν σε θέση να διατυπώσει την επιστημονικά ορθή ερμηνεία του φαινομένου. Σύμφωνα με τις εξηγήσεις που δόθηκαν, η γη γυρίζει γύρω από έναν ακίνητο ήλιο κάθε ένα έτος, η γη και ο ήλιος είναι ακίνητοι στο διάστημα και ο ήλιος άλλοτε είναι πολύ ζεστός και άλλοτε κρυώνει, η γη γυρίζει γύρω από τον εαυτό της κάθε ένα έτος, όταν η γη βλέπει τον ήλιο έχει ζέστη ενώ όταν δεν τον βλέπει κάνει κρύο, η γη πλησιάζει και απομακρύνεται από τον ήλιο με αποτέλεσμα άλλοτε να έχει ζέστη και άλλοτε κρύο, ο ήλιος κινείται γύρω από μια ακίνητη γη, τα σύννεφα άλλοτε εμποδίζουν τις ακτίνες του ήλιου και άλλοτε όχι.

Οι παραπάνω έρευνες κρίνουν απαραίτητη τη χρήση κατάλληλων διδακτικών παρεμβάσεων παράλληλα με τη συμβατική διδασκαλία, που να δίνουν τη δυνατότητα στους μεν εκπαιδευτικούς να δημιουργήσουν αναπαραστάσεις και μοντέλα των φαινομένων που εξετάζουν, στους δε μαθητές να φέρουν σε σύγκρουση τα νοητικά τους μοντέλα με τα επιστημονικά αποδεκτά, ώστε να μπορέσουν να αναθεωρήσουν τα δικά τους και να αποδεχτούν τα ορθά. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού θεωρείται σημαντική η δημιουργία ολοκληρωμένων εκπαιδευτικών περιβαλλόντων, στα οποία ο μαθητής έχει ενεργό συμμετοχή και ασχολείται με συγκεκριμένες μαθησιακές δραστηριότητες και την αντιμετώπιση προβληματικών καταστάσεων. Η δημιουργία τέτοιων διδακτικών καταστάσεων μπορεί να διευκολύνει την εννοιολογική αλλαγή.

Με τον όρο εννοιολογική αλλαγή εννοούμε την τροποποίηση των αντιλήψεων των μαθητών προκειμένου να προβούν σε επιστημονικά ορθή ερμηνεία των φαινομένων. Η εννοιολογική αλλαγή αφορά στην αναδόμηση της ήδη υπάρχουσας γνώσης, αφού οι ιδέες των παιδιών είναι πολλές φορές λανθασμένες. Για να πραγματοποιηθεί η εννοιολογική αλλαγή πρέπει να προηγηθεί η

γνωστική σύγκρουση, να βρεθεί δηλαδή ο μαθητής αντιμέτωπος με μία ασυμφωνία ανάμεσα στα αποτελέσματα μίας κατάστασης και στις προβλέψεις που έχει κάνει (Halford 1993). Ή διαφορετικά, κατά την ορολογία του Piaget, να βιώσει ο μαθητής μία κατάσταση ανισορροπίας, με την έννοια της γνωστικής διάψευσης (Strike et al. 1985). Αυτή η θέση ουσιαστικά συμπίπτει με την άποψη του Luffiego και των συνεργατών του (Luffiego et al. 1994) σύμφωνα με τους οποίους η εννοιολογική αλλαγή προϋποθέτει για τη νέα πληροφορία να μην είναι σχετική με το υπάρχον σχήμα ή να είναι ασυμβίβαστη με τα νοητικά μοντέλα που έχει οικοδομήσει ο μαθητής. Κάτι τέτοιο καθιστά απαραίτητη την υιοθέτηση επιστημονικών μοντέλων από το μαθητή.

Για να πετύχουμε τη γνωστική σύγκρουση ή διάψευση, θα πρέπει να εφοδιάσουμε τους μαθητές με μαθησιακές εμπειρίες που θα τους κάνουν να αντιληφθούν ότι οι εξηγήσεις που έχουν σχηματίσει είναι ερμηνείες των οποίων η επάρκεια μπορεί να αμφισβητηθεί και ότι μπορούν να αντικατασταθούν από άλλες εναλλακτικές εξηγήσεις (Vosniadou 1994).

#### ΕΝΑ ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΓΙΑ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Η διαδικασία της διδασκαλίας, που στοχεύει στην αντικατάσταση των προϋπαρχουσών πεποιθήσεων των μαθητών θα πρέπει πρώτα να δημιουργήσει τις προϋποθέσεις, ώστε οι μαθητές να ελέγξουν αυτές τις ιδέες τους. Αυτό μπορεί να γίνει με την εισαγωγή των μαθητών σε καταστάσεις όπου οι εμπειρίες που θα αποκτήσουν θα τους επιτρέψουν να αξιολογήσουν τα στοιχεία, τα οποία είναι αντίθετα προς αυτά που πιστεύουν. Επιπλέον, είναι απαραίτητο να παρασχεθεί μία σαφής εξήγηση των επιστημονικών εννοιών και των φαινομένων, κατά προτίμηση υπό τη μορφή μοντέλων (Vosniadou 1991), τα οποία έχουν εκτιμηθεί ως χρήσιμα εργαλεία, που ενισχύουν τη μάθηση.

Οι Duffy και Jonassen αναφέρουν ότι οι εμπειρίες είναι πολύ σημαντικές για την κατανόηση των εννοιών, αλλά και για τον τρόπο με τον οποίο θα μπορέσουν να καταστούν χρηστικές και να αξιοποιηθούν (1992). Όταν η έννοια που μας ενδιαφέρει είναι ενσωματωμένη σε μία εμπειρία, αυτή θα αποτελέσει το όχημα που θα οδηγήσει στην κατανόηση της έννοιας (Rose 1995). Οι εμπειρίες

παρέχουν το υλικό που δίνει τις δυνατότητες στους μαθητές να κατασκευάζουν μοντέλα εννοιών, τα οποία αποτελούν τη βάση για την κατανόηση άλλων πιο σύνθετων εννοιών και γεγονότων.

Για την απόκτηση εμπειριών και την οικοδόμηση της γνώσης απαιτούνται ολοκληρωμένα μαθησιακά περιβάλλοντα, τα οποία παρέχουν κίνητρα στο μαθητή. Μέσα σ' αυτά ο μαθητής έχει ενεργό συμμετοχή και αλληλεπίδραση παίρνοντας μέρος σε μαθησιακές δραστηριότητες με συγκεκριμένους διδακτικούς στόχους (Winn 1993). Τέτοια μαθησιακά περιβάλλοντα μας παρέχουν οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ), οι οποίες δημιουργούν νέες μαθησιακές διαδικασίες, ποιοτικά διαφορετικές από τις παραδοσιακές.

Οι τεχνολογίες της εικονικής πραγματικότητας αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο για τη μαθησιακή διαδικασία, λόγω των βασικών ιδιοτήτων τους και υποστηρίζουν τη δημιουργία και εξερεύνηση επιστημονικών μοντέλων. Η ελευθερία πλοήγησης σε τρισδιάστατα χωρικά (εικονικά) περιβάλλοντα, η αυτονομία των περιβαλλόντων σε σχέση με τις δράσεις του χρήστη, η αίσθηση της παρουσίας του χρήστη στα εικονικά περιβάλλοντα και ο ισχυρός βαθμός αλληλεπίδρασης με φυσικούς τρόπους αποτελούν τα χαρακτηριστικά που υλοποιούν τα μοντέλα σε προσομοιώσεις μέσω οπτικοποιήσεων και ουσιαστικά υποστηρίζουν τη μάθηση (Pantelidis 1993, Winn 1993, Furness et al. 1997, Μικρόπουλος 2003).

Τα προτεινόμενα εικονικά περιβάλλοντα αφορούν στη μελέτη των πλανητικών φαινομένων και ενσωματώνουν σε μεγάλο βαθμό τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Παρέχουν ένα αλληλεπιδραστικό περιβάλλον τρισδιάστατων χωρικών αναπαραστάσεων, με στόχο την ενίσχυση των εμπειριών των μαθητών και την τοποθέτησή τους σε καταστάσεις γνωστικής σύγκρουσης, αφού έχουν ήδη καταγραφεί οι ιδέες των παιδιών.

Το πληροφορικό εκπαιδευτικό περιβάλλον της παρούσας μελέτης φέρνει το μαθητή σε επαφή με δύο διασυνδεδεμένα εικονικά περιβάλλοντα. Το πρώτο αποτελεί μία αναπαράσταση του ηλιακού μας συστήματος με τους εννέα πλανήτες και τον ήλιο. Στο εισαγωγικό αυτό περιβάλλον ο χρήστης δεν έχει τη δυνατότητα ελεύθερης πλοήγησης και αλληλεπίδρασης με τα αντικείμενα του εικονικού χώρου. Μέσω κατευθυνόμενης, αναγνωριστικής πλοήγησης κινείται αργά ανάμεσα στους εννέα

πλανήτες του ηλιακού συστήματος, οι οποίοι περιφέρονται στις τροχιές τους γύρω από τον ήλιο και κατευθύνεται προς το σύστημα – στόχο της εφαρμογής, που αποτελείται από τη γη και τον ήλιο.

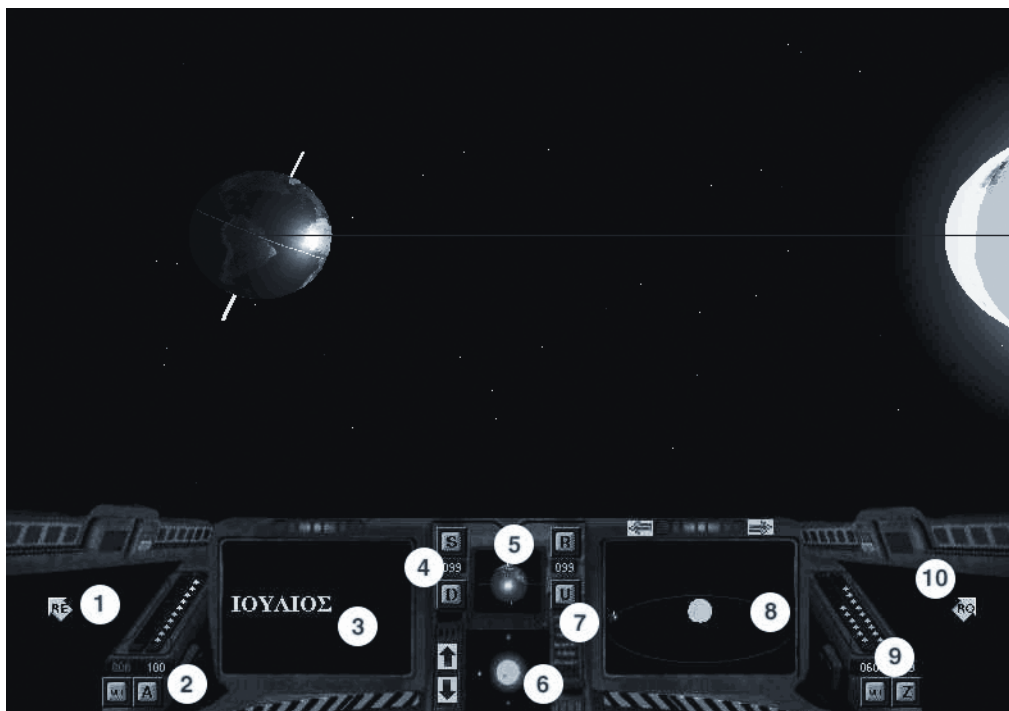
Το δεύτερο εικονικό περιβάλλον αποτελείται μόνο από τα δύο ουράνια σώματα, που είναι απαραίτητα για τους στόχους της εφαρμογής, τη γη και τον ήλιο. Στο περιβάλλον αυτό ο μαθητής έχει πλήρη έλεγχο, μπορεί να κινηθεί ελεύθερα, να έρθει σε επαφή με τα εικονικά αντικείμενα και να επηρεάσει τις ιδιότητές τους.

Στόχος της εφαρμογής είναι να δημιουργηθεί το κατάλληλο μαθησιακό περιβάλλον, στο οποίο ο μαθητής μπορεί να έρθει σε άμεση επαφή με τα ουράνια σώματα και τα φαινόμενα που συμβαίνουν στο ηλιακό μας σύστημα, και ειδικότερα το σύστημα γη – ήλιος, να γνωρίσει από κοντά και να εποπτεύσει ό,τι στην πραγματικότητα βρίσκεται πολύ μακριά του χωρίς δυνατότητα πρόσβασης και παρατήρησης, να έρθει σε γνωστική σύγκρουση και να απορρίψει πιθανές παρανοήσεις και παρερμηνείες που έχει σχηματίσει γι' αυτά και να εξοικειωθεί με τα εικονικά περιβάλλοντα, τα οποία του παρέχουν άμεσα πληροφορίες, οι οποίες αφορούν την καθημερινή του ζωή.

Η πλοήγηση μέσα στο εικονικό περιβάλλον γίνεται με τη βοήθεια ενός εικονικού διαστημοπλοίου.

Ο χρήστης από τη θέση του κυβερνήτη του διαστημοπλοίου έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί το εικονικό περιβάλλον καθώς ταξιδεύει, ενώ παράλληλα μπορεί να το ελέγχει μέσω των χειριστηρίων και των οργάνων που βρίσκονται στην κονσόλα του σκάφους. Επίσης, μέσω δύο βοηθητικών οθονών μπορεί να παρακολουθεί το σύστημα γη – ήλιος από διαφορετική οπτική γωνία και ταυτόχρονα να ενημερώνεται για τη χρονική στιγμή που συμβαίνει κάθε ενέργεια σε αυτό (Σχήμα 1).





Σχήμα 1. Άποψη από το εσωτερικό του διαστημοπλοίου και η κονσόλα με τα χειριστήρια. 1. αλλαγή ταχύτητας περιφοράς της γης, 2. εμφάνιση νοητού άξονα και τροχιάς της γης, 3. εμφάνιση μήνα, 4. αλλαγή οπτικής γωνίας, 5. προσέγγιση γης, 6. προσέγγιση γης σε συγκεκριμένες ημερομηνίες, 7. κατευθυνόμενη πλοήγηση, 8. παρατήρηση από μακριά, 9. μεγέθυνση παραθύρου, 10. αλλαγή ταχύτητας περιστροφής της γης.

## ΜΕΘΟΔΟΣ

### *Δείγμα*

Προκειμένου να διερευνηθεί η επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή, αναφορικά με τα πλανητικά φαινόμενα μέσω των εικονικών περιβαλλόντων, διεξήχθη έρευνα σε δείγμα μαθητών Γυμνασίου, ηλικίας 12-13 ετών. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις και έλαβαν μέρος 27 μαθητές και μαθήτριες. Όλοι τους είχαν παρακολουθήσει στα πλαίσια του μαθήματος της Γεωγραφίας τη διδασκαλία της ενότητας, που αναφέρονταν στα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες της γης και του ήλιου, καθώς και στα πλανητικά φαινόμενα του ηλιακού μας συστήματος.

Οι στόχοι της έρευνας ήταν:

1. η διερεύνηση των ιδεών των μαθητών αναφορικά με τις κινήσεις της γης, το φαινόμενο εναλλαγής μέρας και νύχτας και το φαινόμενο της αλλαγής των εποχών του έτους
2. η μελέτη των νέων τροποποιημένων ιδεών των μαθητών όπως αναμένεται να προκύψουν μετά από την αλληλεπίδρασή τους με τα εικονικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

Η συγκριτική μελέτη των δύο φάσεων της έρευνας αναμένεται να αναδείξει την αναμενόμενη εννοιολογική αλλαγή.

### *Διαδικασία*

Δεδομένου ότι τα παιδιά εκτίθενται από πολύ νωρίς σε πληροφορίες που προέρχονται από το περιβάλλον τους και σχετίζονται με τις ιδιότητες της γης και του ήλιου και τα σχετικά φαινόμενα, θεωρήθηκε σημαντικό να υποβληθούν ερωτήσεις, οι οποίες αφ' ενός να μπορούν να εξετάσουν τη γνώση εννοιών και φαινομένων και αφ' ετέρου να μπορούν να ελέγξουν την αξιοποίηση της γνώσης μέσω του υπολογισμού των συνεπειών αυτών των φαινομένων. Αυτός είναι άλλωστε και ο σκοπός του εικονικού περιβάλλοντος που αναπτύχθηκε, καθώς τα παιδιά θα πρέπει να στοχεύουν όχι μόνο στην κατάκτηση της νέας γνώσης, αλλά κυρίως στην αξιοποίησή της. Αυτό θα επιτευχθεί όταν τα ίδια τα παιδιά αναγνωρίζουν τη σπουδαιότητα όσων ανακαλύπτουν, συγκρίνουν τη νέα γνώση με την παλαιά και συνειδητοποιούν με ποια διαδικασία αποκτήθηκε.

Για να διερευνηθεί η κατανόηση των παιδιών υποβλήθηκαν σε αυτά δύο είδη ερωτήσεων: α) ερωτήσεις γεγονότων και β) παραγωγικές ερωτήσεις (Brewer and Vosniadou 1992). Οι ερωτήσεις γεγονότων παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την έκθεση των παιδιών σε ορισμένα σημαντικά γεγονότα από θεωρητικής άποψης, αλλά όχι και για την ικανότητά τους να χρησιμοποιούν αυτά τα γεγονότα κατά ένα δημιουργικό τρόπο. Οι παραγωγικές ερωτήσεις ζητούν από τα παιδιά να προβούν σε συμπεράσματα και να δείξουν αν οι πληροφορίες που έχουν δεχθεί έχουν κατακτηθεί και αν έχουν αναπτύξει μεταγνωστικές δεξιότητες.

Οι ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στη συνέντευξη βασίστηκαν σε παλαιότερες έρευνες, που έγιναν πάνω στο ίδιο θέμα σε διεθνές επίπεδο. Οι βασικές κατηγορίες στις οποίες χωρίστηκαν ήταν οι εξής:

α) Κινήσεις γης

- Ποιες κινήσεις κάνει η γη στο διάστημα; (ερώτηση γεγονότων)
- Αλλάζει η απόσταση ανάμεσα στον ήλιο και τη γη; (ερώτηση γεγονότων)

β) Φαινόμενο μέρας και νύχτας

- Πού οφείλεται η αλλαγή μέρας και νύχτας; (ερώτηση γεγονότων)
- Όταν στην Ελλάδα είναι πρωί σε ποιες περιοχές έχει σκοτάδι; (παραγωγική ερώτηση)
- Όταν στην Ελλάδα είναι μεσάνυχτα τι συμβαίνει σχετικά με τον ήλιο στην Αυστραλία; Τι συμβαίνει στη Νέα Υόρκη; (παραγωγική ερώτηση)

γ) Φαινόμενο διαφορετικών εποχών του έτους

- Πού οφείλεται το φαινόμενο της αλλαγής των εποχών του έτους; (ερώτηση γεγονότων)
- Όταν στην Ελλάδα είναι καλοκαίρι και έχει πολλή ζέστη σε ποιες περιοχές έχει κρύο; (παραγωγική ερώτηση)
- Έχει ζέστη ή κρύο στον Καναδά τον Ιανουάριο; Στην Αυστραλία; (παραγωγική ερώτηση).

Η φύση και η σειρά των παραπάνω ερωτήσεων, γεγονότων και παραγωγικών, απαιτούν γνώση, κατανόηση, συνδυασμό κατάλληλων πληροφοριών, υψηλού επιπέδου πνευματικές δεξιότητες, αφαιρετική ικανότητα και δυνατότητα γενίκευσης. Οι απαντήσεις των ερωτήσεων αναδεικνύουν γνωστικά ιεραρχικά επίπεδα των παιδιών που μπορούν να ταξινομηθούν. Ως η πλέον κατάλληλη μεθοδολογία για την ποιοτική αξιολόγηση των απαντήσεων, θεωρήθηκε η ταξινομία SOLO (Structure of the Observed Learning Outcomes) των Biggs και Collis (1982). Σύμφωνα με τη SOLO είναι δυνατό να βρεθούν ομάδες μαθητών με το ίδιο επίπεδο κατανόησης για το υπό μελέτη αντικείμενο, όπως επίσης και ομάδες μαθητών ίδιας ηλικίας που ανήκουν σε διαφορετικά επίπεδα κατανόησης, τα οποία τελικά συνθέτουν μία ιεραρχία επιπέδων. Ο αριθμός των επιπέδων της ιεραρχίας εξαρτάται από το χαρακτήρα του αντικειμένου και τον τρόπο που παρουσιάζεται.

Κάθε απάντηση του μαθητή εκφράζει την εξελικτική πορεία της διαδικασίας οικοδόμησης της γνώσης και την επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή. Ταξινομείται σε ένα επίπεδο σύμφωνα με τις ακόλουθες τρεις συνιστώσες: στοιχεία – συσχετισμοί – συμπεράσματα (τα τρία σίγμα) και αφορούν (Μπέλλου 2003):

1. στον εντοπισμό και την αναφορά των στοιχείων
2. στους συσχετισμούς των δεδομένων
3. στην εξαγωγή τεκμηριωμένου συμπεράσματος.

Η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών οδήγησε στην καταγραφή των πέντε επιπέδων κατανόησης της ταξινομίας SOLO.

1. Πρώτο επίπεδο προ-δομικό, πρώιμο. Ο μαθητής με την απάντηση που δίνει:

- αποφεύγει την ερώτηση (άρνηση, απόκρουση)
- μεταφέρει την ερώτηση καταφατικά (ταυτολογία)
- κάνει έναν άσχετο συνειρμό βασισμένο σε προσωπικά δεδομένα
- δεν εξετάζει τους παράγοντες και τις έννοιες που εμπλέκονται με το θέμα και δεν προβαίνει σε κανένα συσχετισμό τους
- χρησιμοποιεί λίγες από τις διαθέσιμες πληροφορίες και σπάνια καταλήγει σε συμπέρασμα.

Κατά το μεταβατικό στάδιο μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου επιπέδου, ο μαθητής χρησιμοποιεί ανεπαρκώς κάποιο σχετικό στοιχείο κάνοντας με ανακρίβεια μία υπόθεση.

2. Δεύτερο επίπεδο μονο-παραγοντικό, μονο-δομικό. Ο μαθητής:

- επιλέγει ένα από τα δεδομένα και επικεντρώνεται σ' αυτό
- ανταποκρίνεται με περιορισμένο τρόπο, σπάνια συνδέει τμήματα πληροφοριών και δε δίνει εξηγήσεις
- δεν καταλήγει σε συμπέρασμα ή το συμπέρασμα προκύπτει από λίγα στοιχεία.

Σε ένα μεταβατικό στάδιο μεταξύ του δεύτερου και τρίτου επιπέδου ο μαθητής επιλέγει δύο σχετικά στοιχεία που δε συμφωνούν, είναι ασυνεπή και αποτρέπουν την εξαγωγή συμπεράσματος.

3. Τρίτο επίπεδο πολύ-παραγοντικό, παραθετικό, πολύ-δομικό. Ο μαθητής:

- επιλέγει δύο ή περισσότερα δεδομένα και τα παραθέτει, αγνοώντας τις μεταξύ τους σχέσεις
- δε χρησιμοποιεί όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες και δεν επιχειρεί να κάνει συσχετισμούς
- δεν καταλήγει σε συμπέρασμα ή οδηγείται σε εναλλακτικό συμπέρασμα ή αναφέρει το αναμενόμενο συμπέρασμα αποσπασματικά, χωρίς να προκύπτει από τα δεδομένα και τη λογική που χρησιμοποιεί
- Ο τόνος στο λόγο του παρουσιάζεται περιγραφικός, δηλωτικός.

Στο μεταβατικό στάδιο μεταξύ του τρίτου και τέταρτου επιπέδου ο μαθητής αναγνωρίζει κάποια ανακολουθία, αλλά δε μπορεί να την αντιμετωπίσει, ή κάνει επί μέρους συσχετισμό των δεδομένων.

4. Τέταρτο επίπεδο συσχετιστικό, συνδυαστικό, συνθετικό. Ο μαθητής:

- χρησιμοποιεί τις περισσότερες ή όλες τις πληροφορίες, τις συνδέει με συνεπή τρόπο και τις ενσωματώνει σε ένα εννοιολογικό σχήμα
- αρχίζει να δίνει εξηγήσεις συνδυάζοντας τα δεδομένα και αναζητώντας σχέσεις αιτίου – αποτελέσματος. Έτσι παράγει ένα επιχείρημα και δεν αρκείται απλώς σε μία παράθεση σχετικών στοιχείων
- η διαδικασία της επαγωγής οδηγεί σε ένα επιστημονικά αποδεκτό συμπέρασμα. Ως εκ τούτου δεν αναφέρεται καμιά εναλλακτική λύση
- Ο τόνος στο λόγο του είναι επεξηγηματικός.

Σε μεταβατικό στάδιο μεταξύ του τέταρτου και πέμπτου επιπέδου ο μαθητής γενικεύει ανεπαρκώς.

5. Πέμπτο επίπεδο θεωρητικής γενίκευσης, εκτεταμένης θεώρησης. Ο μαθητής:

- χρησιμοποιεί πληροφορίες που δεν περιλαμβάνονται στα δεδομένα, γενικευμένες επιστημονικές αρχές που δείχνουν ότι το παράδειγμα είναι μία μόνο πιθανή περίπτωση ενός φαινομένου που επεκτείνεται σε άλλες περιπτώσεις
- κάνει νέες υποθέσεις, που βασίζονται σε προηγούμενα λογικά αιτιολογημένα συμπεράσματα
- δεν επιδιώκει να προσδιορίσει ένα ορισμένο ή περιορισμένο συμπέρασμα, αλλά δοκιμάζει, υποθέτει και κρίνει άλλες πιθανές απαντήσεις που θα ταίριαζαν στο ερώτημα

- Ο τόνος στο λόγο του εμφανίζεται συμπερασματικός.

Στην πρώτη φάση της έρευνας οι μαθητές πήραν μέρος σε ατομική συνέντευξη, στην οποία τους τέθηκαν οι ερωτήσεις που έχουν αναφερθεί παραπάνω. Οι μαθητές είχαν αρκετό χρόνο στη διάθεσή τους για να αναπτύξουν τις απόψεις τους, καθώς επίσης και τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν την υδρόγειο σφαίρα, αν το έκριναν οι ίδιοι αναγκαίο, κυρίως για τον υπολογισμό των συνεπειών των δύο φαινομένων.

Κατά τη δεύτερη φάση οι μαθητές αλληλεπίδρασαν με το περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας που αναπτύχθηκε. Κάθε μαθητής ενημερώθηκε για το περιβάλλον του εικονικού κόσμου, για τον τρόπο αλληλεπίδρασής του με αυτό, καθώς και για τα εικονικά εργαλεία που είχε στη διάθεσή του προκειμένου να εξερευνήσει το ηλιακό σύστημα και να οδηγηθεί σε συμπεράσματα. Στη συνέχεια, ο ερευνητής έθετε μία προς μία τις ίδιες ερωτήσεις, στις οποίες ο μαθητής απαντούσε, αφού πρώτα του δίνονταν αρκετός χρόνος ώστε να πλοηγηθεί και να αλληλεπιδράσει με το εικονικό περιβάλλον, να το εξερευνήσει και να ανακαλύψει τις πληροφορίες που τον ενδιέφεραν.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι επιστημονικά αποδεκτές απαντήσεις στα ερωτήματα που τέθηκαν στους μαθητές αποδίδονται συνοπτικά ως εξής:

α) Η γη περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της, περιφέρεται γύρω από τον ήλιο και μαζί με τον ήλιο κινείται στο διάστημα. Η απόσταση γης – ήλιου μεταβάλλεται ελάχιστα και για το λόγο αυτό θεωρείται σταθερή.

β) Η εναλλαγή ημέρας – νύχτας οφείλεται στην περιστροφή της γης γύρω από τον εαυτό της. Όλοι οι τόποι που βρίσκονται στο ίδιο περίπου γεωγραφικό μήκος, ίδια ωρική ζώνη, έχουν την ίδια ώρα και κάθε μία από τις 24 ωρικές ζώνες με τη διαδοχική της παρουσιάζει διαφορά μία ώρα.

γ) Η αλλαγή των εποχών οφείλεται στην κλίση του άξονα της γης. Εξαιτίας της η γη σε ετήσια βάση στρέφει εναλλάξ το βόρειο και το νότιο ημισφαίριο προς τον ήλιο καθώς περιφέρεται γύρω του και έτσι προκύπτει η εναλλαγή των εποχών.

### *Κινήσεις και απόσταση γης – ήλιου*

Κατά την πρώτη φάση της έρευνας, για την ερώτηση σχετικά με τις κινήσεις της γης στο διάστημα, όλοι οι μαθητές εκτός από έναν έδωσαν την επιστημονικά αποδεκτή απάντηση. Οι επτά (7) μάλιστα από τους 27 μαθητές πρόσθεσαν και την τρίτη, λιγότερο γνωστή ελικοειδή κίνηση, με την οποία ακολουθεί τον ήλιο στο διάστημα. Οι επικρατούσες παρανοήσεις εκφράζονται στα δύο παραδείγματα απαντήσεων που παρατίθενται.

*‘Η γη πλησιάζει τον ήλιο το καλοκαίρι και απομακρύνεται από τον ήλιο το χειμώνα’.*

*‘Η γη συνεχώς πάει κοντά στον ήλιο και μετά πάει πολύ μακριά του’.*

Όσον αφορά στην απόσταση γης – ήλιου, 14 μαθητές δήλωσαν ότι είναι σταθερή, ενώ 13 ανέφεραν ότι αλλάζει.

Μετά την αλληλεπίδραση με το εικονικό περιβάλλον, οκτώ (8) μαθητές παρέμειναν στην αρχική τους άποψη ότι η απόσταση μεταβάλλεται, ενώ όλοι οι υπόλοιποι έδωσαν την επιστημονικά αποδεκτή απάντηση, ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασής τους με την εφαρμογή, που αφορούσε κυρίως την θέαση του συστήματος γης – ήλιου από διαφορετικές οπτικές γωνίες.

### *Εναλλαγή μέρας – νύχτας*

Αναφορικά με τον τρόπο εναλλαγής ημέρας – νύχτας οι μαθητές στην πλειοψηφία τους δε φάνηκαν να παρουσιάζουν ιδιαίτερες δυσκολίες, αλλά δεν αποκρίθηκαν ικανοποιητικά όταν ερωτήθηκαν για τις συνέπειες του φαινομένου. Ενδεικτικές παρανοήσεις στις απαντήσεις των μαθητών είναι οι εξής:

*‘Όταν στην Ελλάδα είναι μεσάνυχτα, στην Αυστραλία μάλλον πρέπει να είναι πρωί, γιατί η Ελλάδα βρίσκεται βόρεια και η Αυστραλία είναι νότια, πολύ χαμηλά. Στη Νέα Υόρκη πρέπει να έχουν... μέρα, γιατί η Νέα Υόρκη είναι από πίσω’.*

*‘Ο ήλιος γυρίζει και όταν φτάνει από τη μια μεριά έχει φως και από την άλλη έχει σκοτάδι’.*

‘Όταν πάει κοντά στον ήλιο η γη στο μισό που βλέπει τον ήλιο έχουν μέρα και μετά καθώς γυρνάει γίνεται από την άλλη μεριά μέρα’.

Σύμφωνα με την ποιοτική ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών έγινε η κατηγοριοποίησή τους στα πέντε ιεραρχικά γνωστικά επίπεδα της ταξινομίας SOLO, σε κάθε μία από τις δύο φάσεις της έρευνας. Ο Πίνακας 1 δείχνει το πλήθος των απαντήσεων των μαθητών ανά επίπεδο κατανόησης.

Πίνακας 1. Ταξινόμηση απαντήσεων για το φαινόμενο εναλλαγής μέρας – νύχτας

ΠΛΗΘΟΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ		
ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	ΠΡΩΤΗ ΦΑΣΗ	ΔΕΥΤΕΡΗ ΦΑΣΗ
1 ΠΡΟΔΟΜΙΚΟ	1	-
2 ΜΟΝΟΔΟΜΙΚΟ	4	1
3 ΠΟΛΥΔΟΜΙΚΟ	15	4
3→4 ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΟ	2	3
4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΤΙΚΟ	5	14
4→5 ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΟ	-	1
5 ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗΣ ΘΕΩΡΗΣΗΣ	-	4
ΣΥΝΟΛΟ	27	27

Στο θέμα της εναλλαγής μέρας – νύχτας, περισσότερες από τις μισές απαντήσεις (15) ταξινομήθηκαν στο πολύ-δομικό (3<sup>ο</sup>) επίπεδο. Οι 15 μαθητές παρέθεσαν δύο ή περισσότερα από τα σχετικά στοιχεία χωρίς όμως να τα συσχετίσουν μεταξύ τους για να οδηγηθούν σε κάποιο συμπέρασμα, ή οδηγήθηκαν σε λανθασμένο συμπέρασμα. Το ανώτερο επίπεδο στο οποίο σημειώθηκαν 5 απαντήσεις συνολικά, ήταν το συσχετιστικό. Οι πέντε μαθητές συσχέτισαν τα δεδομένα και κατέληξαν σε επιστημονικά αποδεκτό συμπέρασμα, χωρίς όμως να μπορούν να εφαρμόσουν ή να εκφράσουν μία πιο γενικευμένη άποψη για το θέμα.

Μετά την αλληλεπίδραση με το εικονικό περιβάλλον, τα αποτελέσματα άλλαξαν σημαντικά. Οι απαντήσεις των μαθητών μετατοπίστηκαν προς υψηλότερα ιεραρχικά επίπεδα. Στο συσχετιστικό



επίπεδο ταξινομήθηκαν 14 απαντήσεις και εμφανίσθηκαν τέσσερις (4) απαντήσεις στο 5<sup>ο</sup> επίπεδο της εκτεταμένης θεώρησης. Χαρακτηριστική είναι η μετακίνηση 11 μαθητών από το πολυ-δομικό, σε υψηλότερα επίπεδα. Αξιοπρόσεκτο στοιχείο θεωρείται επίσης η εμφάνιση μόνο μίας απάντησης στο μονο-δομικό επίπεδο μετά την αλληλεπίδραση με το εικονικό περιβάλλον.

Στη συνέχεια για να γίνει περισσότερο σαφής ο τρόπος ταξινόμησης των απαντήσεων, παρατίθενται παραδείγματα από τις απαντήσεις των μαθητών, για κάθε ιεραρχικό επίπεδο.

Η απάντηση ενός μαθητή για τον τρόπο εναλλαγής ημέρας-νύχτας

*‘ο ήλιος πάει σε άλλες χώρες’,*

*‘όταν στην Ελλάδα είναι πρωί η Αφρική έχει σκοτάδι γιατί είναι πίσω από την Ελλάδα’,*

*‘Η Νέα Υόρκη κοντά στην Ιταλία...δεν ξέρω’*

κατατάχθηκε στο 1<sup>ο</sup> προ-δομικό επίπεδο, αφού είναι αόριστη, δε δίνει κανένα στοιχείο για την εναλλαγή μέρας – νύχτας, κάνει έναν άσχετο συνειρμό βασισμένο σε προσωπικά δεδομένα, χρησιμοποιεί λίγες από τις διαθέσιμες πληροφορίες, μάλλον δε γνωρίζει τη θέση ηπείρων και πόλεων στην υδρόγειο, απαντά με την έκφραση ‘δεν ξέρω’. Φαίνεται ότι δεν έχει διαμορφώσει ακόμα άποψη σύμφωνη με την επιστημονικά αποδεκτή.

Η απάντηση ενός άλλου μαθητή για το φαινόμενο μέρας – νύχτας

*‘ο ήλιος γυρίζει και όταν φτάνει από τη μία μεριά έχει φως και από την άλλη σκοτάδι’,*

*‘όταν στην Ελλάδα είναι πρωί η Αμερική έχει σκοτάδι γιατί είναι μακριά’,*

*‘όταν στην Ελλάδα είναι μεσάνυχτα στην Αυστραλία και στη Νέα Υόρκη είναι πρωί γιατί βρίσκεται μακριά από την Ελλάδα’*

ταξινομήθηκε στο 2<sup>ο</sup> μονο-δομικό επίπεδο, αφού ο μαθητής ανταποκρίνεται με περιορισμένο τρόπο, αναφέρει ότι η ήλιος γυρίζει γύρω από τη γη και το μόνο στοιχείο που χρησιμοποιεί ως κριτήριο σχετικά με τα μέρη που έχουν μέρα όταν στην Ελλάδα είναι μεσάνυχτα είναι ότι βρίσκονται μακριά. Επιλέγει δηλαδή ένα από τα δεδομένα και επικεντρώνεται σ’ αυτό, δε συνδέει πληροφορίες και το συμπέρασμά του προκύπτει από λίγα στοιχεία.

Στο 3<sup>ο</sup> πολύ-δομικό επίπεδο ταξινομήθηκε η ακόλουθη απάντηση ενός μαθητή που ανέφερε

*‘η γη γυρίζει και ο ήλιος βλέπει διάφορα μέρη και έχουν μέρα, ενώ τα άλλα έχουν νύχτα’,  
‘όταν στην Ελλάδα είναι πρωί στην πίσω μεριά της γης έχει νύχτα’,  
‘όταν στην Ελλάδα είναι μεσάνυχτα στην Αυστραλία και στην Νέα Υόρκη ξημερώνει’,  
‘το ίδιο νυχτώνει στη Δυτική, στην Ανατολική Ελλάδα, σε όλη την Ελλάδα’.*

Ο μαθητής εξηγεί την εναλλαγή, παραθέτει ικανοποιητικές απαντήσεις για ορισμένα ερωτήματα, χωρίς όμως να συσχετίζει την ακριβή θέση στην υδρόγειο με τη διαφορά ώρας στα διάφορα σημεία του πλανήτη. Δε χρησιμοποιεί όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες και δεν επιχειρεί να κάνει συσχετισμούς. Έτσι οδηγείται σε εναλλακτικά συμπεράσματα.

Στο μεταβατικό από το 3<sup>ο</sup> προς το 4<sup>ο</sup> επίπεδο κατατάχθηκε η παρακάτω απάντηση:

*‘Λόγω της περιστροφής της γης, όταν η γη κοιτάει τον ήλιο έχει φως και από πίσω έχει σκοτάδι’,  
‘όταν στην Ελλάδα είναι πρωί έχει σκοτάδι στο πίσω μέρος της γης’,  
‘όταν στην Ελλάδα είναι μεσάνυχτα στην Αυστραλία είναι περίπου 12 το μεσημέρι. Στην Αμερική θα είναι πιο αργά...Θα είναι απόγευμα’,  
‘το ίδιο νυχτώνει στη Δυτική, στην Ανατολική και σε όλη την Ελλάδα’.*

Η απάντηση του μαθητή περιλαμβάνει αρκετά από τα στοιχεία που αναμένεται να παραθέσει, επιχειρεί να κάνει ορισμένους συσχετισμούς σχετικά με τη θέση των τόπων στην υδρόγειο και τη διαφορά ώρας, κάνει όμως επί μέρους συσχετισμό των δεδομένων και δεν καταφέρνει να φτάσει σε ορθά συμπεράσματα σε όλες τις περιπτώσεις.

Στο 4<sup>ο</sup> συσχετιστικό επίπεδο ταξινομήθηκε η απάντηση που παρατίθεται παρακάτω.

*‘Λόγω της περιστροφής της γης, όταν η γη κοιτάει τον ήλιο έχει μπροστά φως και από πίσω έχει σκοτάδι’,  
‘όταν στην Ελλάδα είναι πρωί στην Αμερική έχει σκοτάδι γιατί βρίσκεται στην αντίθετη μεριά’,  
‘όταν στην Ελλάδα είναι μεσάνυχτα στην Αυστραλία είναι πρωί, γιατί είναι στην πίσω μεριά, στη Νέα Υόρκη είναι μέρα, γιατί έχουμε 8 ώρες διαφορά’.*

Εδώ η μαθήτρια χρησιμοποιεί τα περισσότερα στοιχεία, διατυπώνει επιστημονικά αποδεκτές πληροφορίες και αιτιολογίες για το θέμα, δεν αρκείται απλώς σε μια παράθεση σχετικών στοιχείων,

τα συνδέει με συνεπή τρόπο και τα ενσωματώνει σε ένα εννοιολογικό σχήμα. Έτσι οδηγείται σε επιστημονικά αποδεκτό συμπέρασμα.

Στο μεταβατικό από το 4<sup>ο</sup> προς το 5<sup>ο</sup> επίπεδο ταξινομήθηκε η παρακάτω απάντηση:

*‘Όπως η γη γυρίζει γύρω- γύρω εκεί που έχουμε ήλιο έχει μέρα και στις άλλες περιοχές νύχτα’,*

*‘όταν στην Ελλάδα είναι πρωί στην Αμερική έχει σκοτάδι γιατί βρίσκεται στην αντίθετη μεριά από την Ελλάδα’,*

*‘όταν στην Ελλάδα είναι μεσάνυχτα στην Αυστραλία είναι μέρα και στη Νέα Υόρκη είναι μέρα, γιατί (δείχνει στη σφαίρα) η Ελλάδα είναι εδώ που έχει νύχτα ενώ η Αυστραλία και η Νέα Υόρκη είναι από την αντίθετη μεριά που έχει μέρα’,*

*‘στην Αθήνα νυχτώνει πιο νωρίς γιατί καθώς γυρίζει ο ήλιος περνάει πρώτα από τις ανατολικές περιοχές και μετά από τις δυτικές’.*

Η μαθήτρια δίνει εξηγήσεις συνδυάζοντας τα δεδομένα και αναζητώντας σχέσεις αιτίου – αποτελέσματος. Δεν αρκείται απλώς σε μια παράθεση σχετικών στοιχείων, δημιουργεί ένα επιχειρήμα και καταλήγει σε επιστημονικά αποδεκτό συμπέρασμα.

Καταφέρνει επιπλέον από τις απαντήσεις του προηγούμενου επιπέδου να διακρίνει και την περίπτωση ότι στην Ελλάδα νυχτώνει πιο νωρίς στις ανατολικές περιοχές. Ο λόγος που η απάντηση δεν εντάσσεται στο επίπεδο εκτεταμένης θεώρησης είναι ότι η μαθήτρια γενικεύει ανεπαρκώς, συγκεκριμένα δε διευκρινίζει τη διαφορά ώρας στην Αυστραλία και τη Ν. Υόρκη.

Στο 5<sup>ο</sup> επίπεδο εκτεταμένης θεώρησης ταξινομήθηκε η απάντηση:

*‘οι περιοχές που χτυπάει ο ήλιος έχουν μέρα και οι πίσω νύχτα’,*

*‘όταν στην Ελλάδα είναι μέρα, νύχτα είναι στις πίσω περιοχές της γης’,*

*‘όταν στην Ελλάδα είναι μεσάνυχτα στη Νέα Υόρκη είναι απόγευμα και νυχτώνει και στην Αυστραλία ζημερώνει’,*

*‘και στην Ελλάδα νυχτώνει ανατολικά πιο νωρίς, γιατί η γη κινείται προς τα ανατολικά’.*

Η απάντηση περιλαμβάνει ικανοποιητική αιτιολόγηση του φαινομένου, χρησιμοποιεί πληροφορίες που δεν περιλαμβάνονται στα δεδομένα. Κάνει νέες υποθέσεις που βασίζονται σε προηγούμενα

λογικά αιτιολογημένα συμπεράσματα προσδιορίζοντας ένα γενικότερο συμπέρασμα. Καταλήγει σε γενικευμένες επιστημονικές αρχές που δείχνουν ότι το παράδειγμα είναι μία μόνο πιθανή περίπτωση ενός φαινομένου, που επεκτείνεται σε άλλες περιπτώσεις. Φαίνεται ότι ο μαθητής έχει διαμορφώσει τη γενική θεώρηση βάσει της οποίας μπορεί να ερμηνεύσει τα επί μέρους φαινόμενα, όπως στην τελευταία απάντηση.

### *Αλλαγή εποχών*

Κατά την πρώτη φάση της μελέτης εμφανίσθηκαν σοβαρές παρανοήσεις κατά την ερμηνεία του φαινομένου αλλαγής των εποχών, που οδήγησαν και σε λανθασμένα συμπεράσματα αναφορικά με τις συνέπειες του φαινομένου στα διάφορα σημεία της γης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα απαντήσεων παραθέτονται παρακάτω.

*‘Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του έτους σε μια περιοχή της γης αλλάζει γιατί εξαρτάται από τη θέση που βρίσκεται η γη, ανάλογα πόσο κοντά είναι στον ήλιο’.*

*‘Όταν στην Ελλάδα έχει πολλή ζέστη έχει κρύο στο Β. και Ν. πόλο. Τον Ιανουάριο στον Καναδά κάνει κρύο, γιατί βρίσκεται κοντά στο Β. πόλο. Η Αυστραλία έχει ζέστη γιατί βρίσκεται κοντά στον Ισημερινό’.*

*‘Με την περιφορά της γης κατά τη διάρκεια του έτους, όταν ο ήλιος χτυπάει τη μια μεριά έχει ζέστη και η άλλη έχει κρύο.... Παίζει ρόλο και η απόσταση, όταν είμαστε κοντά κάνει ζέστη και όταν απομακρυνόμαστε κάνει κρύο’.*

Η ποιοτική ανάλυση των απαντήσεων τις κατέταξε στα πέντε ιεραρχικά γνωστικά επίπεδα της ταξινομίας SOLO, σε κάθε μία από τις δυο φάσεις της έρευνας. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών στα ιεραρχικά επίπεδα της ταξινομίας SOLO.

Πίνακας 2. Ταξινόμηση απαντήσεων για το φαινόμενο αλλαγής εποχών

ΠΛΗΘΟΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ		
ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	ΠΡΩΤΗ ΦΑΣΗ	ΔΕΥΤΕΡΗ ΦΑΣΗ
1 ΠΡΟΔΟΜΙΚΟ	2	1
2 ΜΟΝΟΔΟΜΙΚΟ	10	1
2→3 ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΟ	5	-
3 ΠΟΛΥΔΟΜΙΚΟ	5	2
3→4 ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΟ	1	-
4 ΣΥΣΧΕΤΙΣΤΙΚΟ	2	7
4→5 ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΟ	-	-
5 ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗΣ ΘΕΩΡΗΣΗΣ	2	16
ΣΥΝΟΛΟ	27	27

Κατά την πρώτη φάση οι περισσότερες απαντήσεις (10) κατατάχθηκαν στο μονο-δομικό επίπεδο. Το πολυ-δομικό και το επόμενο μεταβατικό επίπεδο συγκέντρωσαν από πέντε (5) απαντήσεις. Απάντηση στο επίπεδο εκτεταμένης θεώρησης δε σημειώθηκε.

Αντίθετα, μετά την αλληλεπίδραση με το εικονικό περιβάλλον εμφανίσθηκαν μόνο δύο απαντήσεις στα δύο πρώτα επίπεδα, ενώ παρατηρήθηκε σημαντική μετακίνηση των ιδεών του μεγαλύτερου αριθμού των μαθητών προς τα ανώτερα επίπεδα. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η συγκέντρωση 16 απαντήσεων στο ανώτατο επίπεδο εκτεταμένης θεώρησης, από δύο μόνο που είχαν σημειωθεί πριν την αλληλεπίδραση των μαθητών με το εικονικό περιβάλλον.

Παρακάτω παρατίθενται παραδείγματα απαντήσεων από κάθε ιεραρχικό επίπεδο.

Μία μαθήτρια που η απάντησή της κατατάχθηκε στο 1<sup>ο</sup> προ-δομικό επίπεδο ανέφερε τα εξής.

*‘Το καλοκαίρι είναι πιο κοντά στον ήλιο και το χειμώνα μακριά’,*

*‘όταν στην Ελλάδα έχει πολύ ζέστη στη Γερμανία (έχει πάει) και στον Καναδά έχει κρύο, δεν ξέρω γιατί’,*

*‘ο Καναδάς τον Ιανουάριο έχει κρύο. Εκεί έχει πάντα κρύο, γιατί είναι μακριά. Η Αυστραλία έχει κρύο γιατί είναι χειμώνας’.*

Η απάντηση δεν περιέχει κανένα στοιχείο σύμφωνο με την επιστημονική θεώρηση. Η μαθήτρια κάνει έναν άσχετο συνειρμό βασισμένο σε προσωπικά δεδομένα, δεν εξετάζει τους παράγοντες και τις έννοιες που εμπλέκονται με το θέμα, δεν μπορεί να προσδιορίσει καμία αιτία και δεν προβαίνει σε κανένα συσχετισμό.

Μία άλλη μαθήτρια που κατατάχθηκε στο 2<sup>ο</sup> μονο-δομικό επίπεδο έδωσε τις παρακάτω απαντήσεις.

*‘Το χειμώνα απομακρυνόμαστε από τον ήλιο και έχει κρύο και το καλοκαίρι πλησιάζουμε και έχει ζέστη’,*

*‘οι έρημοι παρουσιάζουν πάντα τις υψηλότερες θερμοκρασίες’,*

*‘όταν στην Ελλάδα έχει πολλή ζέστη έχει κρύο στο Β. και Ν. πόλο, τη Σουηδία, στις περιοχές κοντά στους πόλους’,*

*‘ο Καναδάς τον Ιανουάριο έχει κρύο. Στην Αυστραλία θα είναι άνοιξη γιατί είναι χειμώνας αλλά είναι και κοντά στον Ισημερινό’.*

Η αντίληψη για το λόγο της αλλαγής των εποχών δε συμφωνεί με την επιστημονική θεώρηση. Η μαθήτρια έχει υπόψη της μόνο ένα αποδεκτό στοιχείο (στον ισημερινό κάνει ζέστη και στους πόλους κρύο) και με βάση αυτό προσπαθεί να προσδιορίσει τη θερμοκρασία σε άλλες περιοχές κατά τη διάρκεια του έτους. Δε χρησιμοποιεί όλα τα δεδομένα, δεν κάνει συσχετισμούς και δεν καταλήγει σε συμπεράσματα σύμφωνα με τα επιστημονικά.

Στο 3<sup>ο</sup> πολύ-δομικό επίπεδο ταξινομήθηκε ο μαθητής που έδωσε τις παρακάτω απαντήσεις.

*‘Ανάλογα με τις εποχές σε μερικά σημεία της γης οι ακτίνες πέφτουν κάθετα και έχει ζέστη και σε άλλα σημεία είναι πιο πλάγιες και κάνει κρύο’,*

*‘στον ισημερινό έχει πάντα τις υψηλότερες θερμοκρασίες’,*

*‘όταν στην Ελλάδα έχει πολύ ζέστη στη Σουηδία και τη Φιλανδία έχει κρύο. Εκεί έχει πάντα κρύο, είναι κοντά στους πόλους’,*

*‘η Αυστραλία έχει κρύο γιατί είναι κοντά στους πόλους και πάντα όταν είναι κοντά στους πόλους πέφτουν πλάγια οι ακτίνες’.*

Η απάντηση αυτή παραθέτει τους λόγους για τους οποίους παρουσιάζονται κρύες και ζεστές εποχές, όπως και για τα φαινόμενα στους πόλους και τον ισημερινό. Όμως δε χρησιμοποιεί σωστά κριτήρια για τις επόμενες ερωτήσεις ούτε κάνει κατάλληλους συσχετισμούς, ώστε να καταλήξει σε επιστημονικά αποδεκτά συμπεράσματα.

Ο μαθητής που ταξινομήθηκε στο 4<sup>ο</sup> συσχετιστικό επίπεδο απάντησε ως εξής:

*‘Η αλλαγή των εποχών οφείλεται στον ήλιο. Το καλοκαίρι οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν κάθετες ενώ το χειμώνα πλάγιες’,*

*‘η τροπική ζώνη, η έρημος, παρουσιάζουν πάντα τις υψηλότερες θερμοκρασίες, αλλά συγχρόνως βρέχει κιόλας εκεί το βράδυ’,*

*‘όταν στην Ελλάδα έχει πολλή ζέστη ίσως στον Καναδά τότε έχει κρύο’,*

*‘πιστεύω πως ο Καναδάς έχει τον Ιανουάριο κρύο και η Αυστραλία ζέστη’.*

Στην απάντηση ο μαθητής αιτιολογεί το φαινόμενο ικανοποιητικά, παραθέτει τα στοιχεία, κάνει τους κατάλληλους συσχετισμούς και καταλήγει σε συμπεράσματα, χωρίς όμως δυνατότητα γενίκευσης, αφού η απάντηση για τον Καναδά λαμβάνει υπόψη ότι βρίσκεται κοντά στο Β. Πόλο.

Στο 5<sup>ο</sup> επίπεδο εκτεταμένης θεώρησης ταξινομήθηκαν οι παρακάτω απαντήσεις ενός μαθητή.

*‘Το καλοκαίρι ο ήλιος χτυπάει το Β. ημισφαίριο και έχει ζέστη ενώ το χειμώνα χτυπάει το Ν. ημισφαίριο και έχει ζέστη εκεί’,*

*‘στον ισημερινό παρουσιάζονται πάντα οι υψηλότερες θερμοκρασίες’,*

*‘όταν στην Ελλάδα έχει πολλή ζέστη στη Ν. Αμερική, στο Ν. ημισφαίριο έχει κρύο γιατί η γη έχει πάρει κλίση προς το βόρειο ημισφαίριο και το νότιο δεν το χτυπάει πολύ ο ήλιος’,*

*‘ο Καναδάς τον Ιανουάριο έχει κρύο γιατί δε χτυπάνε αρκετά οι ακτίνες. Η Αυστραλία έχει ζέστη γιατί χτυπάνε κάθετα οι ακτίνες’.*

Ο μαθητής χρησιμοποιεί επιπλέον πληροφορίες που δεν περιλαμβάνονται στα δεδομένα, μία γενικευμένη επιστημονική αρχή, που δείχνει ότι το παράδειγμα θεωρείται μία πιθανή περίπτωση

ενός φαινομένου που επεκτείνεται σε πολλές περιπτώσεις. Έτσι παρατηρούμε ότι οι απαντήσεις στις παραγωγικές ερωτήσεις βασίζονται σε προηγούμενα λογικά αιτιολογημένα συμπεράσματα.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα μελέτη διερευνά την εννοιολογική αλλαγή σε θέματα Αστρονομίας σε μαθητές Γυμνασίου μετά την αλληλεπίδρασή τους με ένα κατάλληλα σχεδιασμένο εκπαιδευτικό εικονικό περιβάλλον με συγκεκριμένους διδακτικούς στόχους.

Όσον αφορά στις κινήσεις της γης, οι απαντήσεις των μαθητών ήταν γενικά σωστές ανεξάρτητα από την αλληλεπίδραση με το λογισμικό. Αυτό θεωρείται αναμενόμενο αφού αυτό είναι θέμα απλής δηλωτικής γνώσης, διδάσκεται από το Δημοτικό και αποτελεί αντικείμενο και καθημερινών συζητήσεων. Οι επτά (7) μαθητές που πρόσθεσαν και την τρίτη ελικοειδή κίνηση της γης, δεν την ανέφεραν μετά την αλληλεπίδρασή τους με το εικονικό περιβάλλον. Το γεγονός αυτό δείχνει την ισχυρή επιρροή του δυναμικού μέσου που προσφέρει τρισδιάστατες χωρικές αναπαραστάσεις φαινομένων έξω από την εμπειρία των μαθητών στη διαμόρφωση των ιδεών τους και στην εννοιολογική αλλαγή, έστω και με ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Το εικονικό περιβάλλον εστιάζει στις σχετικές κινήσεις γης – ήλιου και όχι στο σύστημα ως σύνολο. Πέρα από αυτό το στοιχείο στο οποίο δε δίνεται έμφαση, όλοι αποκρίθηκαν με την επιστημονικά αποδεκτή απάντηση, όσον αφορά στις δύο κινήσεις της γης. Γίνεται εμφανές πόσο το εικονικό περιβάλλον επηρεάζει την απάντηση του μαθητή.

Η κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών σύμφωνα με την ταξινόμια SOLO επέτρεψε την ανάλυση σε βάθος των ιδεών τους και τη λεπτή διάκριση τους στα επίπεδα κατανόησης. Για να απαντήσουν οι μαθητές στα ερωτήματα σχετικά με την εναλλαγή μέρας – νύχτας και των εποχών του έτους, απαιτείται η δηλωτική γνώση να γίνει δομική και διαδικαστική, ώστε να φτάσουν σε μία ολοκληρωμένη και γενικευμένη θεώρηση. Σε αυτό το σημείο ανιχνεύθηκαν οι περισσότερες παρανοήσεις που επαληθεύουν και παλαιότερες μελέτες (Sharp 1996, Ojala 1997), πριν την αλληλεπίδραση με το εικονικό περιβάλλον. Η δομή και η σειρά των ερωτημάτων επέτρεψε ακόμα



και την ανίχνευση μεταβατικών επιπέδων, που μεταφράζονται σε λεπτές διακρίσεις στη σκέψη των μαθητών.

Όσον αφορά στην εναλλαγή μέρας – νύχτας η μετακίνηση των περισσότερων μαθητών από το πολύ-δομικό στο συσχετιστικό επίπεδο και η εμφάνιση τεσσάρων μαθητών στο επίπεδο εκτεταμένης θεώρησης μετά την αλληλεπίδρασή τους με το λογισμικό, θεωρείται σημαντικό βήμα προς την επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή που αφορά στο φαινόμενο.

Η εννοιολογική αλλαγή είναι εμφανέστερη κατά το φαινόμενο της αλλαγής των εποχών στο οποίο εμφανίσθηκαν οι περισσότερες και σημαντικότερες παρανοήσεις, όπως δείχνουν τα αποτελέσματα μίας ευρύτερης κλίμακας έρευνας (Bakas and Mikropoulos 2003). Σ' αυτήν την περίπτωση η πλειοψηφία των απαντήσεων μετακινήθηκε από το μονο-δομικό και το πολυ-δομικό επίπεδο στο ανώτερο της εκτεταμένης θεώρησης. Εδώ, η συμβολή του εικονικού περιβάλλοντος είναι εμφανής.

Με την ολοκλήρωση της έρευνας φαίνεται ότι οι μαθητές είναι σε θέση όχι μόνο να γνωρίζουν τις ιδιότητες των ουράνιων σωμάτων και την αιτία των φαινομένων που συμβαίνουν στο ηλιακό μας σύστημα, αλλά και να μπορούν να εμβαθύνουν τη γνώση τους αυτή χρησιμοποιώντας την παραγωγικά στην καθημερινή ζωή.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης επαληθεύουν τα πρώτα αποτελέσματα αντίστοιχης που προέκυψαν κατά τη διαδικασία σχεδίασης και διαμορφωτικής αξιολόγησης του προτεινόμενου εικονικού περιβάλλοντος (Bakas and Mikropoulos 2003). Ιδιαίτερα σημαντική θεωρείται η παραλληλία των αποτελεσμάτων για κάθε περίπτωση χωριστά, παρέχοντας ένα στοιχείο αξιοπιστίας της ταξινομίας SOLO, αλλά και λεπτομερέστερης καταγραφής του επίπεδου των μαθητών πέρα από περιγραφικά στατιστικά στοιχεία.

Θεωρούμε ότι η εννοιολογική αλλαγή που αφορά στα φαινόμενα εναλλαγής μέρας – νύχτας και εποχών είναι αποτέλεσμα των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και πλεονεκτημάτων των τεχνολογιών εικονικής πραγματικότητας οι οποίες οφείλουν να οδηγούν στην ανάπτυξη εκπαιδευτικών εικονικών περιβαλλόντων με κατάλληλο περιεχόμενο και μαθησιακές δραστηριότητες που καλύπτουν συγκεκριμένους διδακτικούς στόχους.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Bakas, Ch. and Mikropoulos, T. A. (2003), Design of virtual environments for the comprehension of planetary phenomena based on students' ideas, *International Journal of Science Education*, 25(8), 949-967
- Baxter, S. (1989), Children's understanding of familiar astronomical events, *International Journal of Science Education*, 11(5), 502-513
- Biggs, J. B. and Collis, K. F. (1982), *Evaluating the quality of learning. The SOLO taxonomy*, NY: Academic Press
- Brewer, W., Vosniadou, S. (1992), Mental models of the Earth: A study of conceptual change in childhood, *Cognitive Psychology*, 24, 535-585
- Brewer, W., Vosniadou, S. (1994), Mental models of the daylight cycle, *Cognitive Science*, 18, 123-183
- Driver, R., Guesne, E. and Tiberghien, A. (1985), *Children's ideas in Science*, Milton Keynes: Open University Press
- Duffy, T., Jonassen, D. (1992), *Constructivism and the technology of instruction: a conversation*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum
- Furness, T., Winn W., Yu R. (1997), The impact of three dimensional immersive virtual environments on modern pedagogy: Global change, VR and learning, <http://www.hitl.washington.edu/publications>
- Halford, G. S. (1993), *Children vs understanding. The development of mental models*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum
- Kambly, P., Suttle, J. (1963), *Teaching elementary school science: Methods and resources*, New York: The Ronald Press Company
- Luffiego, M., Bastida, F., Ramos, F., Soto, J. (1994), Systemic model of conceptual evolution, *International Journal of Science Education*, 16(3), 305-313

- Ojala, J. (1997), The concept of Planetary Phenomena held by trainee primary school teachers, *International Research in Geographical and Environmental Education*, 6(3), 183-203
- Pantelidis, V. (1993), Virtual Reality in the classroom, *Educational Technology*, 23, 23-27
- Rose, H. (1995), *Assessing learning in VR: towards developing a paradigm Virtual Reality Roving Vehicles (VRRV)*, Project HITL, TR-95-1
- Rowell, J., Dawson, C., Lyndon, H. (1990), Changing misconceptions: a challenge to science educators, *International Journal of Science Education*, 12(2), 167-175
- Sadler, P. (1987), Misconceptions in Astronomy, Paper presented at the 2<sup>nd</sup> *International seminar: misconceptions and educational strategies in Science and Mathematics*, 26-29 July, New York: Cornell University
- Sharp, J. (1996), Children's astronomical beliefs: a preliminary study of year 6 children in south west England, *International Journal of Science Education*, 18(6), 685-712
- Sneider, C. and Ohadi, M. (1998), Unraveling students' misconceptions about the earth's shape and gravity, *Science Education*, 82(2), 265-284
- Strike, K., Posner, G. (1985), A Conceptual change view of learning and understanding, In L. West, A. Pines (ed.), *Cognitive Structure and Conceptual Change*, 214-215, Academic Press
- Trumper, R. (2001), A cross-college age study of science and non-science students' conceptions of basic Astronomy concepts in preservice training for High-School teachers, *Journal of Science Education and Technology*, 10(2), 189-195
- Vosniadou, S. (1991), Designing curricula for conceptual restructuring: Lessons from the study of knowledge acquisition in Astronomy, *Journal of Curriculum Studies*, 23(3), 219-237
- Vosniadou, S. (1994), Universal and culture-specific properties of children's mental models of the earth, In A. Hirschfeld and S. Gelman (eds.), *Mapping the Mind: Domain specificity in cognition and culture*, 411-430, Cambridge University Press
- Winn, W. (1993), A conceptual basis for educational applications of Virtual Reality, [www.hitl.washington.edu/publications](http://www.hitl.washington.edu/publications)

- Μικρόπουλος, Γ. (2003), Οι Τεχνολογίες Πληροφορίες και Επικοινωνιών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: κριτική θεώρηση και προτάσεις, *Πρακτικά 8<sup>ου</sup> κοινού συνεδρίου Ένωσης Ελλήνων Φυσικών*, Τόμος Α', 22-28
- Μπάκας, Χ. (2004), *Αλληλεπίδραση Χρηστών και Εκπαιδευτικών Εικονικών Περιβαλλόντων. Διδασκαλία με τη βοήθεια υπολογιστή: Εικονικά Περιβάλλοντα στη διδασκαλία της Αστρονομίας*, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
- Μπέλλου, Ι. (2003), Ποιοτική αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών μετά την αλληλεπίδρασή τους με εκπαιδευτικό λογισμικό, στο Μ. Ιωσηφίδου και Ν. Τζιμόπουλος (επ.) 2<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ 'Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη', Β 85-95, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών