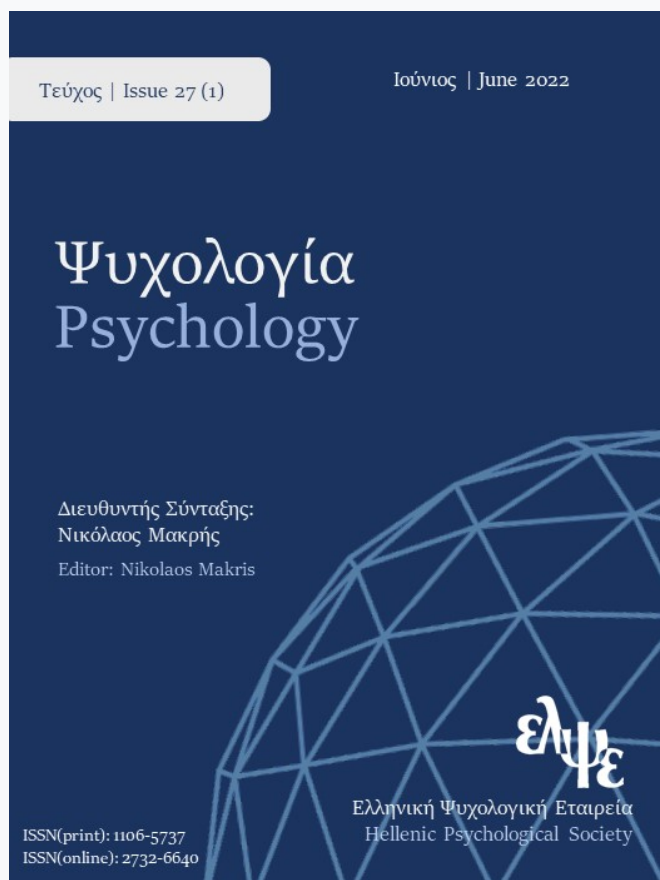


Psychology: the Journal of the Hellenic Psychological Society

Vol 27, No 1 (2022)

Special Section: Learning Counter-intuitive Explanations from a Conceptual Change Perspective



Instructional analogies and conceptual change: the role of prior knowledge in understanding counter-intuitive scientific information through the use of instructional analogies

Irini Skopeliti, Stella Vosniadou

doi: [10.12681/psychps.30684](https://doi.org/10.12681/psychps.30684)

Copyright © 2022, Ειρήνη Σκοπελίτη, Στέλλα Βοσνιάδου



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

To cite this article:

Skopeliti, I., & Vosniadou, S. (2022). Instructional analogies and conceptual change: the role of prior knowledge in understanding counter-intuitive scientific information through the use of instructional analogies. *Psychology: The Journal of the Hellenic Psychological Society*, 27(1), 66–85. <https://doi.org/10.12681/psychps.30684>

Διδακτικές αναλογίες και εννοιολογική αλλαγή: ο ρόλος της προϋπάρχουσας γνώσης στην κατανόηση αντι-διαισθητικών επιστημονικών εξηγήσεων μέσα από τη χρήση διδακτικών αναλογιών

Ειρήνη ΣΚΟΠΕΛΙΤΗ¹, Στέλλα ΒΟΣΝΙΑΔΟΥ²

¹ Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα, Ελλάδα

² College of Education, Psychology and Social Work, Flinders University, Adelaide, Australia

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Διδακτικές αναλογίες,
εννοιολογική αλλαγή,
αντι-διαισθητικές
εξηγήσεις

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Προηγούμενες έρευνες έδειξαν ότι οι αναλογίες που χρησιμοποιούνται σε κείμενα για την διδασκαλία αντι-διαισθητικών επιστημονικών εξηγήσεων, που έρχονται δηλαδή σε πλήρη αντίθεση με τα αισθητηριακά δεδομένα, μπορούν να έχουν θετικές επιδράσεις στη μάθηση. Υποστηρίχθηκε ότι υπάρχει ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στην προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών και τα οφέλη που προκύπτουν από τις αναλογίες, αφού συμμετέχοντες με προχωρημένη προϋπάρχουσα γνώση κατανόησαν καλύτερα τις αναλογίες και στον μεταέλεγχο έδωσαν απαντήσεις που ήταν πιο κοντά στην επιστημονική. Παραδόξως όμως, στις έρευνες αυτές υπήρξαν συμμετέχοντες με αφελή προϋπάρχουσα γνώση, που κατανόησαν τις αναλογίες, αλλά και συμμετέχοντες που ενώ κατανόησαν τις αναλογίες, δεν βελτίωσαν τις εξηγήσεις τους στον μεταέλεγχο. Τα ευρήματα αυτά οδήγησαν στη διεξαγωγή έρευνας που στόχο είχε να διερευνηθεί περαιτέρω μέσω συνεντεύξεων τη σχέση μεταξύ προϋπάρχουσας γνώσης, κατανόησης της αναλογίας και αποδοχής της επιστημονικής εξήγησης, όταν αυτή δίνεται μέσα από κείμενα που είτε χρησιμοποιούν είτε όχι διδακτικές αναλογίες. Στην έρευνα συμμετείχαν μαθητές της 3ης και 5ης δημοτικού. Χρησιμοποιήσαμε ένα ανοικτού τύπου ερωτηματολόγιο για τη διερεύνηση των γνώσεων των μαθητών σχετικά με τη Γη και την εναλλαγή μέρας/νύχτας και δύο επεξηγηματικά κείμενα. Το ένα εξηγούσε την εναλλαγή μέρας/νύχτας χρησιμοποιώντας μία αναλογία, ενώ το άλλο έδινε την ίδια εξήγηση χωρίς αναλογία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι για την κατανόηση της επιστημονικής εξήγησης και της αναλογίας προαπαιτείται η κατανόηση της έννοιας της Γης ως ένα σφαιρικό αστρονομικό σώμα που περιλαμβάνει προχωρημένες οντολογικές και αναπαραστασιακές πεποιθήσεις σχετικά με τη Γη. Επιπλέον φάνηκε ότι, ακόμη και αν γίνει κατανοητή η επιστημονική εξήγηση για την εναλλαγή μέρας/νύχτας –κάτι το οποίο διευκολύνεται με τη χρήση διδακτικών αναλογιών– είναι εξαιρετικά δύσκολο για τους μαθητές να αποδεχτούν μία επιστημονική αντι-διαισθητική εξήγηση, εφόσον οι επιστημολογικές τους πεποιθήσεις δεν είναι προωθημένες, ώστε να τους επιτρέπουν να κατανοήσουν ότι τα πράγματα δεν είναι πάντα όπως τα βλέπουμε με τα μάτια μας. Ως εκ τούτου φαίνεται να απαιτείται η χρήση επιπλέον διδακτικών μεθόδων που θα μπορέσουν να ενισχύσουν τα οφέλη των αναλογιών στη μάθηση.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ

ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Ειρήνη Σκοπελίτη,
Πανεπιστήμιο Πατρών
ΤΕΕΑΠΗ,
Πανεπιστημιούπολη, Ρίον
26504, Πάτρα
eskopel@upatras.gr

Εισαγωγή

Προηγούμενες έρευνες στο χώρο της γνωστικής ψυχολογίας έχουν διερευνησει τον ρόλο των διδακτικών αναλογιών στη διδασκαλία φυσικών επιστημών (Clement, 2013· Coll et al., 2005· Dagher, 1994· Duit, 1991· Gentner & Gentner, 1983· Glyn, 1991· Orgill & Bodner, 2004). Οι διδακτικές αναλογίες χρησιμοποιούνται προκειμένου να παρουσιάσουν στους μαθητές μία επιστημονική έννοια βασισμένη στη δομική ομοιότητά της με μία άλλη έννοια που έρχεται από έναν εξαιρετικά οικείο χώρο. Σε αυτές τις έρευνες, ο μαθητής χρειάζεται

να κατανοήσει την αναλογική σχέση που υπάρχει ανάμεσα στη «βάση» (οικεία έννοια) και τον «στόχο» (επιστημονική έννοια) και να αντιστοιχίσει όλες τις σχετικές έννοιες από την οικεία βάση σε αυτές του στόχου.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από αυτές τις έρευνες είναι αντιφατικά. Κάποιες οδηγήθηκαν σε θετικά αποτελέσματα μετά τη χρήση των αναλογιών, (Brown, 1992· Brown & Clement, 1989· Clement, 1993· Danielson et al., 2016· Gentner & Gentner, 1983· Sibley, 2009) ενώ άλλες όχι, εφόσον δεν εντόπισαν ιδιαίτερα οφέλη από τη χρήση των διδακτικών αναλογιών (Alexander & Kulikowich, 1991· Donnelly & McDaniel, 1993· Else, Clement, & Rea-Ramirez, 2008· Gilbert, 1989· Jaeger & Wiley, 2015). Επιπλέον υπάρχουν και έρευνες οι οποίες αναφέρουν ότι η χρήση διδακτικών αναλογιών προκάλεσε επιπρόσθετα προβλήματα στους μαθητές και οδήγησε στη δημιουργία επιπλέον παρανοήσεων (Duit et al., 2001· Zook, 1991).

Οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών είναι ένας παράγοντας που θα μπορούσε να ερμηνεύσει εν μέρει αυτές τις διαφορές στα ευρήματα των ερευνητών (Braasch & Goldman, 2010· Brown & Clement, 1989· Clement, 2008). Αναφερόμαστε στις προϋπάρχουσες γνώσεις τόσο για τον τομέα-στόχο, δηλαδή την επιστημονική εξήγηση, όσο και για τον τομέα-βάση, δηλαδή την ίδια την αναλογία. Από την μία πλευρά, αν οι προϋπάρχουσες γνώσεις από τον τομέα-στόχο έρχονται σε πλήρη αντίθεση με τις επιστημονικές εξηγήσεις, τότε ενδέχεται να μην διευκολύνουν την κατανόηση της διδακτικής αναλογίας, αλλά αντίθετα να την παρακωλύουν και να οδηγούν στη δημιουργία επιπλέον παρανοήσεων. Υπάρχουν αναλογίες που ενώ οι ενήλικες τις θεωρούν αποτελεσματικές οι μαθητές τις απορρίπτουν, γιατί, λόγω έλλειψης της απαιτούμενης προϋπάρχουσας γνώσης, αδυνατούν να κατανοήσουν τη σχέση ανάμεσα στον τομέα-βάση και τον τομέα-στόχο (Brown & Clement, 1989· Clement, 2013). Από την άλλη πλευρά, οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών από τον τομέα-βάση παίζουν καθοριστικό ρόλο στην κατανόηση της διδακτικής αναλογίας. Όσες λιγότερες γνώσεις διαθέτουν οι συμμετέχοντες σχετικά με την ίδια την αναλογία τόσο πιο πιθανό θεωρείται να δημιουργήσουν επιπλέον παρανοήσεις, αφού δεν μπορούν να διακρίνουν πώς μπορούν να την εφαρμόσουν στην περίπτωση της επιστημονικής έννοιας και ενδέχεται να μεταφέρουν λανθασμένες αντιλήψεις για την αναλογία (τομέας-βάση) στην επιστημονική εξήγηση (τομέας-στόχος) (Braasch & Goldman, 2010).

Ένας άλλος παράγοντας που φαίνεται να οδηγεί τους ερευνητές σε διαφορετικά αποτελέσματα σχετικά με τα πιθανά οφέλη από τη χρήση διδακτικών αναλογιών είναι ο τρόπος που βαθμολογείται το αποτέλεσμα της μάθησης. Οι ερευνητές χρησιμοποιούν διαφορετικές κλίμακες για να αξιολογήσουν το μαθησιακό αποτέλεσμα (βλ. Alexander & Kulikowich, 1991· Braasch & Goldman, 2010· Donnelly & McDaniel, 1993· Yanowitz, 2001). Ορισμένοι μετρούν το μαθησιακό αποτέλεσμα υπολογίζοντας την αύξηση του αριθμού ολοκληρωμένων νοητικών μοντέλων που κατασκευάζουν οι συμμετέχοντες και του αριθμού των σωστών απαντήσεων σε ερωτήσεις που απαιτούν παραγωγική χρήση των πληροφοριών που δίνονται. Άλλοι υπολογίζουν το μαθησιακό αποτέλεσμα με βάση την αύξηση του αριθμού των σωστών απαντήσεων σε ερωτήσεις που απαιτούν απλή επανάληψη πληροφοριών.

Σε προηγούμενες έρευνές μας επιχειρήσαμε να απαντήσουμε σε αυτό το ερευνητικό ερώτημα που αφορά στα διφορούμενα αποτελέσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της χρήσης διδακτικών αναλογιών στην μάθηση αντι-διαισθητικών επιστημονικών εξηγήσεων (Vosniadou & Skopeliti, 2017). Στόχος μας ήταν να αξιολογήσουμε τα μαθησιακά αποτελέσματα που προκύπτουν μετά την ανάγνωση κειμένων που χρησιμοποιούν διδακτικές αναλογίες λαμβάνοντας υπόψη τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών.

Το πεδίο έρευνας ήταν αυτό της Παρατηρησιακής Αστρονομίας και πιο συγκεκριμένα η εναλλαγή μέρας/νύχτας και η εναλλαγή των εποχών. Επιλέξαμε αυτά τα δύο πεδία γιατί υπάρχει πολύ μεγάλη βιβλιογραφία σχετικά με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην κατανόηση των επιστημονικών εξηγήσεων αυτών των φαινομένων (Atwood & Atwood, 1996· Chiras, 2008· DeLaughter et al., 1998· Kikas, 1998, 2004· Küçüközer & Bostan, 2010· Schwarz et al., 2010· Trumper, 2000· Vosniadou & Brewer, 1994).

Για την αξιολόγηση της προϋπάρχουσας γνώσης αλλά και της μάθησης που προκύπτει από τη χρήση των διδακτικών αναλογιών χρησιμοποιήσαμε μία νέα τακτική κλίμακα η οποία στηρίζεται σε δύο κριτήρια, (1) το βαθμό που πλησίαζαν οι εξηγήσεις των μαθητών την επιστημονικά αποδεκτή εξήγηση και (2) την εσωτερική συνοχή των εξηγήσεων των μαθητών.

Για το πρώτο κριτήριο η κλίμακα κατέγραφε τις επιδόσεις των μαθητών στις ερωτήσεις για την εναλλαγή μέρας/νύχτας σε προέλεγχο και μεταέλεγχο με αποτέλεσμα να αναδεικνύεται η μαθησιακή εξέλιξη μετά την

ανάγνωση κειμένων με ή χωρίς αναλογία. Έρευνες στο χώρο της διδακτικής των φυσικών επιστημών έχουν δείξει ότι οι μαθητές αρχικά δίνουν αφελείς εξηγήσεις σχετικά με την εναλλαγή μέρας/νύχτας οι οποίες βασίζονται στην φαινομενική κίνηση του Ήλιου και του Φεγγαριού πίσω από τα βουνά. Όταν οι μαθητές κατανοήσουν ότι η Γη είναι ένα αστρονομικό σώμα που βρίσκεται στο διάστημα, τότε μπορούν να αλλάξουν τις αρχικές-αφελείς τους εξηγήσεις και να ερμηνεύουν την εναλλαγή μέρας/νύχτας λέγοντας ότι ο Ήλιος κατεβαίνει και πηγαίνει στην άλλη μεριά της Γης. Όταν στη συνέχεια διδαχθούν ότι η Γη δεν είναι σταθερή, αλλά κινείται γύρω από τον Ήλιο, ενδέχεται να ερμηνεύσουν την εναλλαγή μέρας/νύχτας λέγοντας ότι η Γη γυρίζει γύρω από τον Ήλιο (Chiras, 2008· Kikas, 1998· Vosniadou & Brewer, 1994). Καμία από αυτές τις εξηγήσεις δεν θεωρείται επιστημονικώς ορθή. Εντούτοις αναδεικνύεται μία ολοένα μεγαλύτερη έκθεση στην επιστημονική πληροφορία και μία σταδιακή βελτίωση προς την κατεύθυνση της επιστημονικά αποδεκτής εξήγησης. Αυτή η σταδιακή βελτίωση είναι ένα από τα κριτήρια που κατέγραφε η κλίμακα μαθησιακής εξέλιξης.

Το δεύτερο κριτήριο της κλίμακας αξιολογούσε τις εξηγήσεις των συμμετεχόντων για την εναλλαγή της μέρας/νύχτας και των εποχών με βάση την εσωτερική τους συνοχή, είτε ως συνεκτικά είτε ως κατακερματισμένα (Vosniadou & Skopeliti, 2014, 2017). Για παράδειγμα ένας μαθητής θα μπορούσε να χρησιμοποιεί συστηματικά ένα μοντέλο σύμφωνα με το οποίο η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο και το Φεγγάρι, ενώ άλλος σε κάποιες ερωτήσεις να λέει ότι η Γη γυρίζει και νυχτώνει και σε άλλες, που απαιτούν παραγωγική χρήση της γνώσης που διαθέτει, να επιστρέφει στην αρχική-αφελή αντίληψη σύμφωνα με την οποία ο Ήλιος πηγαίνει πίσω από τα βουνά. Στην πρώτη περίπτωση ο μαθητής έχει κατασκευάσει ένα συνθετικό μοντέλο που χαρακτηρίζεται από εσωτερική συνοχή και επεξηγηματική ισχύ, ενώ στη δεύτερη ο μαθητής έχει προσθέσει την επιστημονική πληροφορία στην αρχική-αφελή αντίληψη και έτσι το μοντέλο του είναι αποσπασματικό χωρίς συνοχή και επεξηγηματική ισχύ. Παρόλο που κανένα δεν είναι επιστημονικώς ορθό, το πρώτο αξιολογείται θετικότερα από το δεύτερο.

Τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας έδειξαν ότι η χρήση διδακτικών αναλογιών δεν οδηγεί στη δημιουργία επιπλέον παρανοήσεων, σχετικών τουλάχιστον με το φαινόμενο που εξηγούν. Αντίθετα οι συμμετέχοντες που διάβασαν κείμενα που περιελάμβαναν μία αναλογία μπόρεσαν να ανακαλέσουν περισσότερες και ορθότερες πληροφορίες από το κείμενο, και να κατασκευάσουν στον μεταέλεγχο ολοκληρωμένα νοητικά μοντέλα που ήταν πιο κοντά στην επιστημονική εξήγηση και με μεγαλύτερη εσωτερική συνοχή, σε σύγκριση με εκείνους που διάβασαν κείμενα χωρίς αναλογία.

Επιπλέον σημειώθηκε ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στην προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών (τομέας-στόχος), την κατανόηση της αναλογίας (τομέας-βάση) και τις επιδόσεις τους στον μεταέλεγχο αναφορικά με το κριτήριο μαθησιακής βελτίωσης και συνοχής. Ειδικότερα τα αποτελέσματα υποδήλωναν ότι η προϋπάρχουσα γνώση μπορεί να είναι ισχυρός προβλεπτικός παράγοντας της κατανόησης της αναλογίας και εν συνεχεία και οι δύο αυτοί παράγοντες μαζί -προϋπάρχουσα γνώση και κατανόηση της αναλογίας- μπορούν να προβλέψουν τις βελτιώσεις των απαντήσεων από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο. Αναλυτικότερα, οι συμμετέχοντες με προηγμένη προϋπάρχουσα γνώση έδειξαν πληρέστερη κατανόηση της αναλογίας και σημείωσαν σημαντικότερη βελτίωση στον μεταέλεγχο.

Εντούτοις, αυτό το εύρημα δεν ήταν απόλυτο. Υπήρξε ένας σημαντικός αριθμός συμμετεχόντων που ενώ στον προέλεγχο έδωσαν αρχικές-αφελείς εξηγήσεις, παραδόξως μπόρεσαν να κατανοήσουν πλήρως την αναλογία. Επιπλέον, πολλοί συμμετέχοντες που έδειξαν να κατανοούν πλήρως την αναλογία δεν σημείωσαν καμία βελτίωση από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο. Αυτά τα δύο μη-αναμενόμενα ευρήματα μας οδήγησαν στην διεξαγωγή της παρούσας έρευνας προκειμένου να διερευνήσουμε με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τις συσχετίσεις ανάμεσα στις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών και τις διδακτικές αναλογίες.

Η παρούσα έρευνα

Το πεδίο διεξαγωγής της έρευνας ήταν και πάλι αυτό της Παρατηρησιακής Αστρονομίας. Ειδικότερα εστίασαμε στο φαινόμενο της εναλλαγής μέρας/νύχτας. Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι οι μαθητές πριν εκτεθούν στις επιστημονικές πληροφορίες έχουν ήδη διαμορφώσει κάποιες αρχικές αντιλήψεις για την

εναλλαγή μέρας/νύχτας οι οποίες βασίζονται στις καθημερινές τους παρατηρήσεις. Σύμφωνα με αυτές η Γη είναι σταθερή και ο Ήλιος και το Φεγγάρι κινούνται πίσω από τα βουνά. Οι αρχικές αυτές αντιλήψεις θεωρούνται διαισθητικές γιατί βασίζονται στις καθημερινές εμπειρίες όπως αυτές προσλαμβάνονται μέσω των αισθήσεων, επιβεβαιώνονται από τις αισθήσεις καθημερινά και συνεπικουρούνται από τον καθημερινό λόγο. Οι επιστημονικές εξηγήσεις από την άλλη πλευρά έρχονται σε πλήρη αντίθεση με τις αρχικές-αφελείς αντιλήψεις μας, δεν επιβεβαιώνονται από αυτές, αλλά προκύπτουν από τον πειραματισμό και τον έλεγχο υποθέσεων., και ως εκ τούτου θεωρούνται αντι-διαισθητικές. Ειδικότερα, σύμφωνα με την επιστημονική εξήγηση, η εναλλαγή μέρας/νύχτας οφείλεται στην περιστροφική κίνηση της Γης γύρω από τον εαυτό της.

Όταν λοιπόν οι μαθητές εκτίθενται στις επιστημονικές εξηγήσεις συχνά δημιουργούν διάφορες παρανοήσεις (Bryce & Blown, 2007· Dunlop, 2000· Kikas, 1998· Vosniadou & Brewer, 1994). Αυτές οι παρανοήσεις είναι υβριδικά κατασκευάσματα που περιλαμβάνουν στοιχεία τόσο από τις επιστημονικές όσο και από τις αρχικές-αφελείς εξηγήσεις των μαθητών (Βοσνιάδου, 2019). Κάποια από αυτά τα κατασκευάσματα στηρίζονται στην απλή προσθήκη των επιστημονικών πληροφοριών στις αρχικές-αφελείς εξηγήσεις και έτσι χαρακτηρίζονται από αποσπασματικότητα, γιατί δεν διαθέτουν εσωτερική συνοχή. Άλλες παρανοήσεις έχουν τη μορφή συνθετικών μοντέλων που χαρακτηρίζονται από εσωτερική συνοχή και επεξηγηματική ισχύ.

Η πλήρης κατανόηση των αντι-διαισθητικών εξηγήσεων είναι μία αρκετά δύσκολη διαδικασία μάθησης. Ενδεχομένως αυτές οι δυσκολίες να προκύπτουν υπό δύο βασικές συνθήκες. Η πρώτη συνθήκη έχει να κάνει με τη φύση των εξηγήσεων. Οι αντι-διαισθητικές εξηγήσεις δεν πηγάζουν από το εξωτερικό περιβάλλον, δεν βασίζονται στις αισθήσεις και δεν επιβεβαιώνονται από αυτές. Αντιθέτως, έρχονται σε σύγκρουση με τις καθημερινές αντιλήψεις και με όσα μας πληροφορούν οι αισθήσεις μας. Συνεπώς, είναι προφανώς εξαιρετικά δύσκολο για τους μαθητές να κατανοήσουν μία επιστημονική αντι-διαισθητικής πληροφορία όταν αυτή έρχεται σε πλήρη αντίθεση με τις εμπειρίες τους.

Η δεύτερη συνθήκη που δυσκολεύει τη μάθηση αντι-διαισθητικών εξηγήσεων έχει να κάνει με τις αλλαγές που πρέπει να γίνουν στις αρχικές-αφελείς εξηγήσεις των μαθητών. Για τη μάθηση αντι-διαισθητικών εξηγήσεων δε χρειάζεται απλώς η οικοδόμηση της νέας γνώσης στις υπάρχουσες γνωστικές δομές, αλλά απαιτούνται ριζικές αναδιοργανώσεις των υπάρχουσών γνωστικών δομών πραγματοποιώντας ποικίλες εννοιολογικές αλλαγές --οντολογικές, επιστημολογικές και αναπαραστασιακές εννοιολογικές αλλαγές (Βοσνιάδου, 2019).

Οι οντολογικές και οι επιστημολογικές πεποιθήσεις καθώς και οι αρχικές αναπαραστάσεις, που κατευθύνουν την προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών, μπορούν να θέσουν ισχυρά εμπόδια στην αποδοχή αντίθετων, αντι-διαισθητικών δεδομένων. Για παράδειγμα, η κατηγοριοποίηση της έννοιας της Γης με τα αστρονομικά σώματα είναι προαπαιτούμενο για να γίνει κατανοητό ότι είναι ένα σφαιρικό σώμα του ηλιακού συστήματος (Vosniadou & Skopeliti, 2005). Κατ'επέκταση η κατανόηση της αναπαράστασης του σφαιρικού σχήματος της Γης είναι προαπαιτούμενο για την κατανόηση της κίνησης της Γης. Τέλος, για την πλήρη κατανόηση των επιστημονικών εξηγήσεων και τη χρήση τους με παραγωγικό τρόπο προαπαιτούνται επιστημολογικές αλλαγές, που θα οδηγούν στην κατανόηση ότι ενδέχεται να υπάρχουν διαφορετικές αναπαραστάσεις του ίδιου φαινομένου, τις οποίες χειριζόμαστε διαφορετικά ανάλογα με το πλαίσιο αντιλαμβανόμενοι τα πλεονεκτήματα της καθεμίας

Στόχος αυτής της έρευνας είναι να μελετήσει με μεγαλύτερη λεπτομέρεια την επίδραση της προϋπάρχουσας γνώσης για τη Γη –και όχι συγκεκριμένα για την εναλλαγή μέρας/νύχτας-- στην κατανόηση της αναλογίας και πώς αυτή η επίδραση μπορεί να ερμηνεύσει το παράδοξο εύρημα της προηγούμενης έρευνας, όπου υπήρξαν μαθητές που ενώ έδωσαν αρχικές-αφελείς εξηγήσεις για την εναλλαγή μέρας/νύχτας στον προέλεγχο, κατανόησαν το κείμενο με την αναλογία (Vosniadou & Skopeliti, 2018). Πιο συγκεκριμένα το ερώτημα που ερευνάται εδώ είναι αν οντολογικές (η κατηγοριοποίηση της Γης ως αστρονομικό σώμα) και αναπαραστασιακές πεποιθήσεις (η κατανόηση του σφαιρικού σχήματος της Γης και η θέση της στο ηλιοκεντρικό πλανητικό σύστημα) είναι αρκετές για την κατανόηση της αναλογίας. Υποθέσαμε ότι τα παιδιά που θα κατηγοριοποιήσουν τη Γη με τα αστρονομικά σώματα και θα γνωρίζουν το σφαιρικό της σχήμα και τη θέση της στο ηλιοκεντρικό σύστημα θα κατανοήσουν την αναλογία και την επιστημονική εξήγηση για την εναλλαγή μέρας/νύχτας, ακόμη και αν αρχικά δώσουν αφελείς εξηγήσεις για την εναλλαγή μέρας/νύχτας.

Ένας ακόμη στόχος της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνήσει την επίδραση αλλαγών των επιστημολογικών πεποιθήσεων στην κατανόηση της επιστημονικής εξήγησης για την εναλλαγή μέρας/νύχτας. Ειδικότερα, διατυπώνεται το ερώτημα αν θα υπάρξουν μαθητές που θα δείξουν ότι κατανοούν την αναλογία και την επιστημονική εξήγηση της εναλλαγής μέρας/νύχτας, αλλά στον μεταέλεγχο δε θα βελτιώσουν τις αρχικές τους απαντήσεις, εύρημα το οποίο καταγράφηκε στην προηγούμενη έρευνά μας (Vosniadou & Skopeliti, 2018). Μία εξήγηση ενός τέτοιου πιθανού ευρήματος θα μπορούσε να είναι ότι οι μαθητές δεν θα πειστούν από την αναλογία. Σύμφωνα με αυτή την υπόθεση, θα υπάρξουν μαθητές που θα κατανοήσουν τη διαφορετική εξήγηση της εναλλαγής μέρας/νύχτας που παρουσιάζεται στο κείμενο, αλλά δε θα κάνουν τις απαραίτητες αλλαγές στις επιστημολογικές πεποιθήσεις τους που θα τους οδηγήσουν στη μη-ορθότητα των αρχικών-αφελών τους εξηγήσεων.

Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι υπάρχουν πεποιθήσεις που αντιστέκονται σθεναρά στην αντικατάστασή τους ακόμη και όταν προβάλλονται αντίθετα δεδομένα που τις αμφισβητούν (Chinn & Brewer, 1993). Συνήθως οι μαθητές είτε αγνοούν τα αντίθετα δεδομένα, είτε τα απορρίπτουν, είτε ακόμη τα επαναξιολογούν υπό το φως της δικής τους θεωρίας. Όμως για την επίτευξη της μάθησης, κρίνεται σημαντικός ο ρόλος της δυσaréσκειας των μαθητών για τις αρχικές τους πεποιθήσεις, η αναγνώριση της αληθοφάνειας και της εφαρμοσιμότητας των επιστημονικών εξηγήσεων (Alexander et al., 2001· Posner et al., 1982) καθώς και η αναγνώριση ότι οι επιστημονικές θεωρίες δεν είναι απλώς πληροφορίες που πρέπει να απομνημονευθούν αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο υποθέσεων και τον επαναπροσδιορισμό των αρχικών-αφελών θεωριών (Brewer & Samarapungavan, 1991· Songer & Linn, 1991).

Προκειμένου να διερευνήσουμε το ερώτημα αν η διδακτική αναλογία που χρησιμοποιήσαμε ήταν αρκετά πειστική, ώστε να κάνει τους μαθητές να την αποδεχτούν και να αλλάξουν τις αρχικές-αφελείς αντιλήψεις, παρουσιάσαμε την επιστημονική εξήγηση ως την άποψη ενός υποτιθέμενου παιδιού με το όνομα 'Βασίλης' και ζητήσαμε από τα παιδιά να μας πουν αν συμφωνούν με την άποψή του. Υποθέσαμε ότι θα υπήρχαν παιδιά που θα κατανοούσαν την αναλογία αλλά δε συμφωνούσαν με αυτή και θα το δήλωναν ξεκάθαρα όταν θα τα ρωτούσαμε σχετικά.

Η διδακτική αναλογία

Η διδακτική αναλογία που χρησιμοποιήσαμε ήταν αυτή του γύρου ίδια με εκείνη της προηγούμενης έρευνας (Vosniadou & Skopeliti, 2018). Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της και έτσι ο Ήλιος φωτίζει διαφορετικό μέρος κάθε φορά, όπως και ο γύρος περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό του και έτσι η φωτιά ψήνει διαφορετικό μέρος κάθε στιγμή. Οι μαθητές θα μπορούσαν να μεταφέρουν τη γνώση που διέθεταν ήδη για το πώς κινείται ο γύρος (τομέας-βάση) προκειμένου να κατανοήσουν κάτι νέο και αντι-διαισθητικό· πώς κινείται η Γη γύρω από τον άξονά της (τομέας-στόχος). Υποθέσαμε ότι αυτή δυνατότητα μεταφοράς γνώσης από το ένα πεδίο στο άλλο μπορεί να οδηγήσει σε πιο ακριβή αναδιοργάνωση της αρχικής γνώσης και να διευκολυνθεί η μάθηση που απαιτεί εννοιολογική αλλαγή, γιατί ο μαθητής διαθέτει ένα πρότυπο μηχανισμού που μπορεί να το χρησιμοποιήσει προκειμένου να κατανοήσει αυτό το οποίο δεν μπορεί να το αντιληφθεί μέσω των αισθήσεων.

Ειδικότερα αναμέναμε ότι τα αποτελέσματα της έρευνας θα επιβεβαίωναν τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών, δηλαδή ότι οι μαθητές που θα διάβαζαν το κείμενο με την αναλογία (πειραματική ομάδα) θα ανακαλούσαν περισσότερες πληροφορίες, θα παραποιούσαν λιγότερο τα νοήματα του κειμένου και θα είχαν καλύτερες επιδόσεις στον μεταέλεγχο σε σύγκριση με τους μαθητές που θα διάβαζαν το κείμενο χωρίς την αναλογία (ομάδα ελέγχου). Επιπλέον υποθέσαμε ότι η προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών ως προς το στόχο θα είναι αναγκαία προϋπόθεση για την κατανόηση της διδακτικής αναλογίας και έτσι μόνο τα παιδιά που θα αντιλαμβάνονται τη Γη σαν ένα σφαιρικό αστρονομικό σώμα στο ηλιοκεντρικό πλανητικό σύστημα θα μπορέσουν να κατανοήσουν την αναλογία και την επιστημονική εξήγηση για την εναλλαγή μέρας/νύχτας. Τέλος περιμέναμε ότι θα υπήρχαν μαθητές που θα κατανοούσαν πλήρως την αναλογία, αλλά δεν θα σημείωναν καμία αλλαγή στις απαντήσεις τους από τον πρόελεγχο στον μεταέλεγχο και θα ήταν οι μαθητές εκείνοι που θα δήλωναν ότι δεν έχουν πειστεί από το εξήγηση που παρουσιάζεται στο κείμενο.

Μεθοδολογία

Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν 40 παιδιά δημοτικού σχολείου. Τα 20 ήταν μαθητές της 3^{ης} τάξης (Μ.Ο. ηλικίας: 8 ετών και 11 μηνών) ενώ τα άλλα 20 ήταν μαθητές της 5^{ης} τάξης (Μ.Ο. ηλικίας: 10 ετών και 3 μηνών). Όλοι ήταν μαθητές ενός δημοτικού σχολείου στην Αθήνα. Όλοι οι συμμετέχοντες είχαν ως μητρική γλώσσα την Ελληνική, δεν είχαν αξιολογηθεί με κάποια μαθησιακή δυσκολία, και σύμφωνα με τους εκπαιδευτικούς τους δεν αντιμετώπιζαν κάποιο πρόβλημα γλωσσικής κατανόησης.

Υλικά

Ερωτηματολόγιο Προελέγχου. Το ερωτηματολόγιο στο οποίο βασίστηκε η συνέντευξη του προελέγχου αποτελείται από τέσσερα έργα.

(1) **Κατηγοριοποίηση της Γης:** Χρησιμοποιήσαμε τη μεθοδολογία προηγούμενης έρευνας κατηγοριοποίησης για τη Γη (Vosniadou & Skopeliti, 2005) και παρουσιάσαμε στα παιδιά 10 κάρτες με λέξεις αστρονομικών και μη-αστρονομικών σωμάτων. Ζητήσαμε από τους συμμετέχοντες να χωρίσουν τις κάρτες σε δύο ομάδες και στη μία να βάλουν τα αντικείμενα που ταιριάζουν με τη Γη και στην άλλη αυτά που δεν ταιριάζουν και να αιτιολογήσουν.

(2) **Σχήμα της Γης:** Χρησιμοποιήσαμε 7 από τις ερωτήσεις που υπάρχουν στο αρχικό ερωτηματολόγιο της κλασικής έρευνας για το σχήμα της Γης των Vosniadou και Brewer (1992) και ζητούσε από τους μαθητές να κατασκευάσουν με πλαστελίνη το σχήμα της Γης, να δείξουν πού ζουν οι άνθρωποι και να μας πουν αν τελειώνει κάπου η Γη.

(3) **Πλανητικό σύστημα.** Παρουσιάσαμε στα παιδιά 3 κάρτες. Η μία έδειχνε μία φαινομενική αναπαράσταση της Γης που έδειχνε τη Γη επίπεδη και τον ουρανό από πάνω της, η άλλη ένα γεωκεντρικό πλανητικό σύστημα και η τρίτη ένα ηλιοκεντρικό πλανητικό σύστημα και ζητήσαμε από τα παιδιά να μας πουν ποια δείχνει καλύτερα τη Γη και τον Ήλιο και να αιτιολογήσουν την επιλογή τους.

(4) **Εναλλαγή μέρας/νύχτας.** Ζητήσαμε από τα παιδιά να μας ζωγραφίσουν ένα παιδάκι που ζει στη Γη όταν είναι μέρα. Για το ίδιο παιδάκι να μας δείξουν πώς θα είναι όταν θα έχει νύχτα και τέλος να δείξουν στη ζωγραφιά τους τι αλλάζει. Επιπλέον ζητήσαμε να μας εξηγήσουν λεκτικά με ποιο τρόπο αλλάζει από μέρα σε νύχτα. Υπήρξαν επιπλέον διευκρινιστικές ερωτήσεις για να διευκολύνουν τα παιδιά να εξηγήσουν την εναλλαγή μέρας/νύχτας σε περίπτωση που δυσκολεύονταν –για παράδειγμα «Κινείται η Γη;», «Κινείται ο Ήλιος;», «Τι νομίζεις;». Οι διευκρινιστικές ερωτήσεις γίνονταν μόνο σε εκείνα τα παιδιά που αντιμετώπιζαν δυσκολίες να εξηγήσουν λεκτικά ή με ζωγραφιά τις ιδέες τους.

Ερωτηματολόγιο ανάκλησης, κατανόησης και συμφωνίας. Ζητήσαμε από τους μαθητές να ανακαλέσουν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες μπορούσαν από το κείμενο που διάβασαν για την εναλλαγή μέρας/νύχτας. Επιπλέον τους ζητούσαμε να μας πουν αν συμφωνούν με την εξήγηση που τους δινόταν στο κείμενο και να αιτιολογήσουν την απόφασή τους. Τέλος για το κείμενο με τη διδακτική αναλογία υπήρχε μία ακόμη ερώτηση που ζητούσε από τους μαθητές να εξηγήσουν με δικά τους λόγια σε τι νομίζουν ότι μοιάζει ο γύρος με την εναλλαγή μέρας/νύχτας.

Ερωτηματολόγιο Μεταελέγχου. Στο μεταέλεγχο χρησιμοποιήσαμε μόνο το μέρος εκείνο των ερωτήσεων του προελέγχου που αφορούσε στην εξήγηση της εναλλαγής μέρας/νύχτας όπου οι μαθητές και πάλι έπρεπε να εξηγήσουν την εναλλαγή μέρας/νύχτας λεκτικά και με ζωγραφιά.

Κείμενα. Το κείμενο που δεν χρησιμοποιούσε τη διδακτική αναλογία, έδινε την επιστημονικά αποδεκτή εξήγηση για την εναλλαγή μέρας/νύχτας όπως αυτή παρουσιάζεται στα εκπαιδευτικά βιβλία του δημοτικού σχολείου. Εξηγούσε δηλαδή ότι η Γη είναι στρογγυλή και ότι αλλάζει από μέρα σε νύχτα γιατί η Γη γυρίζει γύρω από τον εαυτό της. Επιπλέον εξηγούσε ότι το Φεγγάρι δεν παίζει κανένα ρόλο στην εναλλαγή μέρας/νύχτας. Το κείμενο που χρησιμοποιούσε τη διδακτική αναλογία περιελάμβανε τέσσερις επιπλέον προτάσεις που εξηγούσαν την αναλογία του γύρου. Το κείμενο χωρίς την αναλογία ήταν μικρότερο από το κείμενο με την αναλογία (122 έναντι 181 λέξεων), αλλά και τα δύο ήταν ανάλογης αναγνωστικής δυσκολίας

(Flesch index: 82.36 για το κείμενο χωρίς την αναλογία και 81.99 για το κείμενο με την αναλογία)¹. Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται το κείμενο με την αναλογία. Οι προτάσεις που είναι μαρκαρισμένες με έντονη γραμματοσειρά είναι αυτές που υπήρχαν μόνο στο κείμενο με την αναλογία.

Πίνακας 1

Κείμενο με διδακτική αναλογία για την εξήγηση της εναλλαγής μέρας/νύχτας

Ο Βασίλης μας είπε:/ «Η γη είναι στρογγυλή./ Η αλλαγή από μέρα σε νύχτα γίνεται/ γιατί/ η γη γυρίζει γύρω από τον εαυτό της./ **Η γη γυρίζει γύρω-γύρω/ όπως γυρίζει ο γύρος στη σούβλα/ όταν ψήνεται./** Το φως του ήλιου φωτίζει μόνο μία πλευρά της γης/ και εκεί έχει μέρα./ **Με τον ίδιο τρόπο/ και η φωτιά ψήνει μόνο μια πλευρά του γύρου,/ εκείνη που είναι στραμμένη προς αυτήν./** Στην άλλη πλευρά της γης,/ αυτή που δεν φωτίζεται από τον ήλιο,/ έχει νύχτα./ Καθώς η γη περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της,/ η πλευρά που είχε νύχτα/ στρέφεται σιγά-σιγά προς τον ήλιο/ και γίνεται μέρα./ **Κάπως έτσι/ γυρίζει και ο γύρος,/ και η πλευρά που πριν δεν ψηνόταν/ σιγά-σιγά στρέφεται προς την φωτιά/ και ψήνεται./** Αντίθετα,/ η πλευρά της γης που πριν είχε μέρα/ απομακρύνεται σιγά-σιγά από τον ήλιο/ και γίνεται νύχτα,/ **όπως και η πλευρά του γύρου που πριν ψηνόταν/ απομακρύνεται σιγά-σιγά από την φωτιά/ και δεν ψήνεται./** Το φεγγάρι δεν παίζει κανένα ρόλο/ στην αλλαγή από μέρα σε νύχτα./ Νυχτώνει λοιπόν,/ γιατί η γη γυρίζει/ και δεν φαίνεται ο ήλιος»./

Πειραματική Διαδικασία

Δύο ερευνήτριες συμμετείχαν στη διεξαγωγή των συνεντεύξεων. Οι συνεντεύξεις ήταν ατομικές και έλαβαν χώρα σε μία ήσυχη αίθουσα του σχολικού κτιρίου. Μετά την ολοκλήρωση του προελέγχου, το κάθε παιδί έπαιρνε τυχαία ένα από τα δύο κείμενα. Οι μαθητές ενημερώνονταν ότι η εξήγηση που θα διάβαζαν ήταν η απάντηση ενός παιδιού για την εναλλαγή μέρας/νύχτας και ότι θα έπρεπε να τη διαβάσουν πολύ προσεκτικά για να την κατανοήσουν και να θυμηθούν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες μετά. Κάθε παιδί είχε στη διάθεσή του 5' για να διαβάσει το κείμενο και αφού ολοκληρωνόταν η ανάγνωση, στη συνέχεια το διάβαζε ξανά μία από τις ερευνήτριες, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι το κάθε παιδί είχε λάβει την πληροφορία. Τέλος απαντούσε σε διευκρινιστικές ερωτήσεις αν υπήρχαν (π.χ. άγνωστες λέξεις, κ.λ.π.). Στη συνέχεια γίνονταν οι ερωτήσεις της ανάκλησης, της κατανόησης και της συμφωνίας και τέλος οι ερωτήσεις του μεταελέγχου. Η κάθε συνέντευξη διαρκούσε περίπου 30'. Οι συνεντεύξεις μαγνητοφωνήθηκαν προκειμένου να ακολουθήσει απομαγνητοφώνηση για την πληρέστερη αξιολόγηση των απαντήσεων των συμμετεχόντων.

Βαθμολόγηση

Κατηγορίες απαντήσεων στα έργα για την κατηγοριοποίηση, το σχήμα της Γης και το πλανητικό σύστημα. Δύο ανεξάρτητοι κριτές βαθμολόγησαν τις απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις των έργων και οι απαντήσεις τους κατηγοριοποιήθηκαν με βάση τις κατηγορίες που έχουν καταγραφεί από προηγούμενες έρευνες (Κυριακοπούλου & Βοσνιαδου, 2004· Vosniadou & Brewer, 1992· Vosniadou & Skopeliti, 2005). Η συμφωνία μεταξύ των κριτών έφτασε στο 91% και ήταν στατιστικά σημαντική [$t=0,83$, $N=40$, $p<0,001$]. Όλες οι διαφωνίες συζητήθηκαν μέχρι να υπάρξει συμφωνία στην κατηγοριοποίηση όλων των απαντήσεων (βλ. Πίνακας 2).

¹ Το κείμενο αξιολογήθηκε με τη χρήση λογισμικού αναγνωσιμότητας ελληνικών κειμένων που προσφέρεται στη Δικτυακή Πύλη για την Ελληνική Γλώσσα (http://www.greek-language.gr/greekLang/modern_greek/foreign/tools/readability/). Το λογισμικό στοχεύει στον προσδιορισμό του βαθμού δυσκολίας ελληνικών κειμένων και μπορούν να το χρησιμοποιήσουν συγγραφείς, εκπαιδευτικοί και ερευνητές για να αξιολογήσουν το βαθμό αναγνωσιμότητας των κειμένων που συντάσσουν και χρησιμοποιούν προκειμένου να βεβαιωθούν ότι ανταποκρίνονται στο επίπεδο ελληνομάθειας των αναγνωστών στους οποίους απευθύνονται.

Κατηγορίες εξηγήσεων εναλλαγής μέρας/νύχτας σε προέλεγχο & μεταέλεγχο (κατανόηση). Για την κατηγοριοποίηση των απαντήσεων των μαθητών στο έργο της εναλλαγής μέρας/νύχτας χρησιμοποιήσαμε την κλίμακα αξιολόγησης που αναπτύχθηκε στην προηγούμενη έρευνά μας (Vosniadou & Skopeliti, 2018). Η κλίμακα ήταν δεκαβάθμια και με «1» βαθμολογείτο μία αρχική-αφελής απάντηση ενώ με «10» μία απάντηση που ήταν σύμφωνη με την επιστημονική εξήγηση της εναλλαγής μέρας/νύχτας. Οι υπόλοιπες απαντήσεις που βρίσκονταν ανάμεσα σε αυτές τις δύο κατηγορίες έδειχναν έκθεση στην επιστημονική πληροφορία και ανάλογα με τον βαθμό έκθεσης σε αυτή έπαιρναν και τον αντίστοιχο βαθμό. Όλη η κλίμακα των εξηγήσεων παρουσιάζεται στον Πίνακα 3 που ακολουθεί.

Δύο ανεξάρτητοι κριτές βαθμολόγησαν τις απαντήσεις των συμμετεχόντων στον προέλεγχο και τον μεταέλεγχο και η συμφωνία μεταξύ τους έφτασε στο 93% και ήταν στατιστικά σημαντική [$t=0,829$, $N=40$, $p<0,001$]. Όλες οι διαφωνίες συζητήθηκαν μέχρι οι κριτές να καταλήξουν σε μία κοινή βαθμολόγηση για όλες τις απαντήσεις των συμμετεχόντων.

Ανάκληση. Οι απαντήσεις των μαθητών στο έργο ανάκλησης χωρίστηκαν σε μονάδες πληροφορίας που αντιστοιχούσαν στις μονάδες πληροφορίας του κειμένου και καταμετρήθηκε ο συνολικός αριθμός των μονάδων (βλ. Πίνακα 1). Οι επιπλέον πληροφορίες που υπήρχαν στο κείμενο της αναλογίας καταμετρήθηκαν ξεχωριστά και δεν συνυπολογίστηκαν σε αυτή την επίδοση των μαθητών.

Παραποιήσεις νοήματος. Οι απαντήσεις στο έργο ανάκλησης αξιολογήθηκαν και αναφορικά με τις παραποιήσεις που έκαναν οι μαθητές στις πληροφορίες του κειμένου. Και πάλι καταμετρήθηκε ο συνολικός αριθμός των παραποιήσεων νοήματος που έκανε ο κάθε μαθητής. Η συμφωνία μεταξύ των κριτών έφτασε στο 95% και ήταν στατιστικά σημαντική [$t=0,95$, $N=40$, $p<0,001$]. Όλες οι διαφωνίες συζητήθηκαν μέχρι να υπάρξει συμφωνία μεταξύ των κριτών (βλ. Πίνακας 4).

Κατανόηση της αναλογίας. Οι συμμετέχοντες που διάβασαν το κείμενο με την αναλογία κατηγοριοποιήθηκαν σε μία από τρεις κατηγορίες με βάση το βαθμό κατανόησης της αναλογίας. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη κατηγορία περιελάμβανε απαντήσεις που δεν έδειχναν καμία κατανόηση της αναλογίας («Ο Ήλιος πέφτει σε μία πλευρά της γης όπως ψήνεται ο γύρος»). Στη δεύτερη κατηγορία εντάχθηκαν απαντήσεις που έδειχναν ότι οι συμμετέχοντες κατανοούσαν την αναλογία μόνο εν μέρει. Για παράδειγμα είτε αναφέρονταν στην αναλογία χωρίς να κάνουν ιδιαίτερη αναφορά στη μηχανιστική εξήγηση («Η Γη γυρίζει όπως ο γύρος που ψήνεται»), είτε έκαναν αναφορά στην αναλογία χωρίς να διαφαίνεται ξεκάθαρα ότι κατανοούν την αντιστοιχία («Η Γη γυρίζει όπως και ο γύρος και όταν η μία πλευρά έχει μέρα εκεί είναι ο Ήλιος στον ουρανό και ο γύρος ψήνεται»). Τέλος, στην τρίτη κατηγορία κατηγοριοποιήθηκαν απαντήσεις που έδειχναν πλήρη κατανόηση της αναλογίας («Η Γη γυρίζει όπως και ο γύρος και όταν η μία πλευρά είναι γυρισμένη προς τον Ήλιο έχει μέρα, όπως και στο γύρο όταν η μία πλευρά είναι γυρισμένη στη φωτιά ψήνεται»). Η συμφωνία στη βαθμολόγηση μεταξύ των δύο κριτών ήταν στατιστικά σημαντική [$t=0,968$, $N=40$, $p<0,001$] (93%). Όλες οι διαφωνίες συζητήθηκαν μέχρι την επίλυσή τους.

Στατιστικές αναλύσεις. Δεδομένου ότι το δείγμα των συμμετεχόντων στην έρευνα ήταν μικρό και επειδή δεν ικανοποιείτο το κριτήριο της κανονικής κατανομής, οι στατιστικές αναλύσεις που έγιναν βασίστηκαν σε μη-παραμετρικά κριτήρια.

Αποτελέσματα

Προέλεγχος

Τα αποτελέσματα που συγκεντρώθηκαν από τις απαντήσεις των μαθητών στον προέλεγχο επιβεβαίωσαν τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών (Κυριακοπούλου & Βοσνιαδού, 2004· Vosniadou & Brewer, 1992, 1994· Vosniadou & Skopeliti, 2005).

Κατηγοριοποίηση της Γης. Η πλειονότητα των μαθητών στο έργο κατηγοριοποίησης έδωσε απαντήσεις που έδειχναν ότι μπορούσαν να διακρίνουν ανάμεσα σε αστρονομικά και μη-αστρονομικά σώματα και τοποθετούσαν τη Γη στην κατηγορία των αστρονομικών σωμάτων (16/20 της 3^{ης} και 18/20 της 5^{ης}). Μόνο 6 από τα παιδιά και των δύο τάξεων δεν κατηγοριοποίησαν τη Γη με τα αστρονομικά σώματα.

Σχήμα της Γης. Από τις απαντήσεις των μαθητών στο έργο για το σχήμα της Γης προέκυψε ότι η πλειονότητα έδωσε απαντήσεις που ήταν σύμφωνες με κάποιο εναλλακτικό μοντέλο. Ένα παιδί της 3^{ης} τάξης έδωσε απαντήσεις σύμφωνες με ένα αρχικό/επίπεδο μοντέλο Γης και λίγα παιδιά (6/20 της 3^{ης} και 8/20 της 5^{ης}) κατασκεύασαν ένα επιστημονικό μοντέλο για το σχήμα της Γης. Συνεπώς η πλειονότητα των παιδιών φαίνεται ότι έχει εκτεθεί στην πληροφορία ότι η Γη είναι ένα σφαιρικό, αστρονομικό σώμα αλλά δεν έχουν κατανοήσει πλήρως αυτή την πληροφορία και ως εκ τούτου κατασκεύασαν μοντέλα εναλλακτικά του επιστημονικού για το σχήμα της Γης.

Πλανητικό σύστημα. Στο έργο για το πλανητικό σύστημα μόνο 7 μαθητές (από τους 40) και από τις δύο ηλικιακές ομάδες επέλεξαν το γεωκεντρικό μοντέλο. Οι υπόλοιποι μαθητές είτε επέλεξαν το ηλιοκεντρικό μοντέλο, είτε επέλεξαν και το φαινομενικό και το ηλιοκεντρικό μοντέλο. Από αυτούς οι περισσότεροι μπόρεσαν να εξηγήσουν ότι το φαινομενικό μοντέλο δείχνει πώς φαίνονται τα αστρονομικά σώματα από την οπτική κάποιου που είναι πάνω στη Γη, ενώ το ηλιοκεντρικό μοντέλο δείχνει ποια είναι η θέση της Γης στο πλανητικό σύστημα.

Εναλλαγή μέρας/νύχτας. Στον προέλεγχο δεν υπήρξαν μαθητές που έδωσαν απαντήσεις σύμφωνες με την επιστημονικά αποδεκτή εξήγηση της εναλλαγής μέρας/νύχτας. Η πλειονότητα έδωσε εναλλακτικές εξηγήσεις του φαινομένου (12/20 της 3^{ης} & 17/20 της 5^{ης}). Υπήρξαν και ορισμένες αρχικές-αφελείς εξηγήσεις, κυρίως από τους μαθητές της 3^{ης} τάξης (8/20) (βλ. Πίνακα 3).

Ανάκληση. Το μη-παραμετρικό στατιστικό κριτήριο Mann-Whitney, που εφαρμόστηκε στο μέσο όρο των μονάδων πληροφορίας που ανακάλεσαν οι μαθητές, έδειξε ότι οι συμμετέχοντες στην πειραματική ομάδα ανακάλεσαν σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό πληροφορίας σε σύγκριση με εκείνους της ομάδας ελέγχου και η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική [$U=109,50$, $p=0,009$, $\eta^2=0,173$]. Επιπλέον οι μαθητές της 5^{ης} τάξης ανακάλεσαν μεγαλύτερο αριθμό πληροφοριών σε σύγκριση με τους μαθητές της 3^{ης} αλλά αυτή η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Τα αποτελέσματα περιγράφονται με λεπτομέρεια στον Πίνακα 4 που ακολουθεί.

Παραποιήσεις νοήματος. Πολύ λίγες παραποιήσεις νοήματος κατεγράφησαν στις απαντήσεις ανάκλησης των μαθητών της πειραματικής ομάδας. Ειδικότερα, όπως φαίνεται στον πίνακα 5, μόνο 3 μαθητές της 3^{ης} τάξης και 2 μαθητές της 5^{ης} ανακάλεσαν λανθασμένα ένα από τα νοήματα του κειμένου. Αντίθετα στην περίπτωση των συμμετεχόντων στην ομάδα ελέγχου, η πλειονότητα των μαθητών της 5^{ης} τάξης (6/10) και το σύνολο των μαθητών της 3^{ης} παραποίησαν τουλάχιστον μία φορά το περιεχόμενο του κειμένου (βλ. Πίνακα 5).

Κατανόηση της αναλογίας. Οι απαντήσεις των μαθητών της πειραματικής ομάδας στο έργο ανάκλησης αξιολογήθηκαν και αναφορικά με την κατανόησή τους για την αναλογία. Οι απαντήσεις εντάχθηκαν σε τρεις κατηγορίες και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 5. Τέσσερις μαθητές της 3^{ης} και 5 της 5^{ης} τάξης έδειξαν πλήρη κατανόηση και 3 από κάθε τάξη έδειξαν μερική κατανόηση της αναλογίας. Υπήρξαν και κάποιοι μαθητές (3 της 3^{ης} και 2 της 5^{ης}) που έδειξαν ότι δεν κατανόησαν καθόλου πώς φαίνεται να σχετίζεται η κίνηση του γύρου με αυτή της Γης.

Συμφωνία με την πληροφορία του κειμένου. Στο ερώτημα αν οι μαθητές συμφωνούν με την άποψη του παιδιού που παρουσιάζεται στο κείμενο, 8 μαθητές της 3^{ης} τάξης και 5 της 5^{ης} δήλωσαν ότι συμφωνούν. Τα ποσοστά αυτά ήταν τα ίδια ακριβώς και για τις δύο ομάδες –ομάδα ελέγχου και πειραματική. Οι διαφωνίες που διατυπώθηκαν από τους μαθητές της 3^{ης} τάξης ήταν από εκείνους με αρχικές-αφελείς αντιλήψεις. Αφορούσαν κυρίως στην κίνηση της Γης έναντι αυτής του Ήλιου και συνοψίζονταν στην παρανόηση ότι «...ο Ήλιος κινείται και νυχτώνει, όχι η Γη». Από την άλλη πλευρά τα μισά παιδιά της 5^{ης} τάξης και από τις δύο ομάδες συμφωνούσαν με την κίνηση της Γης αλλά διαφωνούσαν κυρίως στο ρόλο του Φεγγαριού στην εναλλαγή μέρας/νύχτας. Οι διαφωνίες τους συνοψίζονταν στην παρανόηση ότι «...το Φεγγάρι έχει σχέση με τη νύχτα».

Προέλεγχος-Μεταέλεγχος

Προκειμένου να συγκρίνουμε τις επιδόσεις των μαθητών για την εναλλαγή μέρας/νύχτας στον προέλεγχο και τον μεταέλεγχο χρησιμοποιήσαμε το στατιστικό κριτήριο Wilcoxon Signed Ranks Test στις απαντήσεις των μαθητών στις διαφορετικές μετρήσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο για τους μαθητές και των δύο ηλικιακών ομάδων (3^η: [$Z=-3,07$, $p=0,002$, $r=0,34$],

5^η: [$Z=-3,08$, $p=0,002$, $r=0,345$]) καθώς και των δύο ομάδων (ελέγχου: [$Z=-2,84$, $p=0,004$, $r=0,318$], πειραματική: [$Z=-3,31$, $p=0,001$, $r=0,370$]).

Στη συνέχεια προκειμένου να δούμε αν αυτή η βελτίωση ήταν σημαντικότερη για κάποια από τις ομάδες, χρησιμοποιήσαμε το Mann-Whitney test για να διερευνήσουμε τις διαφορές των ομάδων σε προέλεγχο και μεταέλεγχο ξεχωριστά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ενώ οι επιδόσεις των μεγαλύτερων μαθητών ήταν καλύτερες από αυτές των μικρότερων και στον προέλεγχο και στον μεταέλεγχο, οι διαφορές αυτές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές σε καμία μέτρηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο ανάμεσα στην ομάδα ελέγχου και την πειραματική και μόνο στις επιδόσεις του μεταελέγχου [$U=125,00$, $p=0,043$, $\eta^2=0,109$]. Ειδικότερα, ενώ στον προέλεγχο δεν υπήρχαν διαφορές ανάμεσα στις επιδόσεις των μαθητών της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής, (Median [ελέγχου:3], [πειραματική:3]) στον μεταέλεγχο υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές της πειραματικής ομάδας (Median [ελέγχου:4], [πειραματική:8]). Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι στον μεταέλεγχο οι μαθητές της πειραματικής ομάδας είχαν μεγαλύτερη βελτίωση σε σύγκριση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 2

Συχνότητες/Ποσοστά Απαντήσεων των Μαθητών στις Ερωτήσεις του Προελέγχου για τα έργα “Κατηγοριοποίηση Γης”, “Σχήμα Γης”, & “Πλανητικό Σύστημα”

Έργο	Κατηγορία απάντησης	Κείμενο χωρίς αναλογία		Κείμενο με αναλογία		
		3 ^η τάξη (N=10)	5 ^η τάξη (N=10)	3 ^η τάξη (N=10)	5 ^η τάξη (N=10)	
Κατηγοριοποίηση της Γης	1. Αδυναμία διάκρισης αστρονομικών/μη-αστρονομικών σωμάτων.	1	1		1	
	2. Διάκριση αστρονομικών-μη/αστρονομικών σωμάτων. Γη με μη-αστρονομικά.	2		1		
	3. Διάκριση αστρονομικών/μη-αστρονομικών σωμάτων. Γη με αστρονομικά.	7	9	9	9	
Σχήμα της Γης	Αρχικό	1. Γη-τετράγωνη	1			
		2. Γη-δίσκος	1		3	1
	Εναλλακτικό	3. Διπλή-Γη	1	1		1
		4. Κοίλη-Γη	2	2	2	2
		5. Σφαίρα χωρίς βαρύτητα	2	3	2	2
		6. Σφαίρα	3	4	3	4
Πλανητικό Σύστημα	1. Γεωκεντρικό μοντέλο	4		3		
	2. Ηλιοκεντρικό μοντέλο μόνο	3	3	4	4	
	3. Φαινομενικό & ηλιοκεντρικό μοντέλο, χωρίς εξήγηση γιατί και οι δύο αναπαραστάσεις δείχνουν τη Γη.			3	2	
	4. Φαινομενικό & ηλιοκεντρικό μοντέλο με διάκριση ανάμεσα στις δύο αναπαραστάσεις.	3	4	3	4	



Πίνακας 3

Συχνότητες/Ποσοστά Απαντήσεων των Μαθητών στις Ερωτήσεις Προελέγχου & Μεταελέγχου στο Έργο «Εναλλαγή Μέρασ/Νύχτας»

Κατηγορία εξήγησης		Κείμενο χωρίς αναλογία				Κείμενο με αναλογία					
		3 ^η τάξη (N=10)		5 ^η τάξη (N=10)		3 ^η τάξη (N=10)		5 ^η τάξη (N=10)			
		Προ-έλεγχος	Μετά-έλεγχος	Προ-έλεγχος	Μετά-έλεγχος	Προ-έλεγχος	Μετά-έλεγχος	Προ-έλεγχος	Μετά-έλεγχος		
Εναλλαγή μέρας/ νύχτας	Αρχικό	1. Ήλιος πάει πίσω από τα βουνά και Φεγγάρι ανεβαίνει στον ουρανό.		5	3	2	2	2	1	1	1
	Εναλλακτικό (Αποσπασματικό ή Συνθετικό)	2. Γη ακίνητη. Ήλιος (& Φεγγάρι) πάει στην άλλη πλευρά της Γης.		3	2	2	1	4	2	4	3
		3. Γη ακίνητη. Ήλιος (& Φεγγάρι) περιφέρονται γύρω από τη Γη.			1	1	1				
		4. Κινούνται Γη αλλά και Ήλιος (μερικές φορές κινείται & Φεγγάρι).			2	1	1	1			
		5. Κινείται Γη (δεν εξηγείται πώς)		1	1	1		1		1	
		6. Γη περιφέρεται γύρω από Ήλιο.				1	1	1		1	
		7. Γη περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της και περιφέρεται γύρω από Ήλιο.						1			1
		8. Γη κινείται γύρω από τον εαυτό της και στη μια μεριά της Γης είναι Ήλιος ενώ στην άλλη Φεγγάρι.		1	1	2	3		3	1	1
		Ατελές επιστημονικό	9. Γη γυρίζει γύρω από τον εαυτό της και η πλευρά που φωτίζεται από Ήλιος έχει μέρα ενώ η άλλη νύχτα							1	2
	Επιστημονικό	10. Γη γυρίζει γύρω από τον εαυτό της και η πλευρά που φωτίζεται από Ήλιο έχει μέρα ενώ η άλλη νύχτα. Φεγγάρι δεν παίζει κανένα ρόλο στην αλλαγή από μέρα σε νύχτα.					1		3		3

Πίνακας 4

Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις ανάκλησης πληροφοριών από τα κείμενα ανά ηλικία και πειραματική ομάδα

		Τάξεις					
		3 ^η		5 ^η			
		Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
Κείμενα	Χωρίς αναλογία	4,45	2,36	5,40	1,08	4,93	1,85
	Με αναλογία	6,50	1,65	6,80	2,23	6,65	1,95
		5,48	2,25	6,10	1,89		

Επιπλέον θελήσαμε να συγκρίνουμε το περιεχόμενο των εξηγήσεων που έδωσαν οι μαθητές στον προέλεγχο και τον μεταέλεγχο σε κάθε συνθήκη. Μία προσεκτική ματιά στα αποτελέσματά μας έδειξε ότι αρκετοί από τους μαθητές της πειραματικής ομάδας κινήθηκαν σε πιο βελτιωμένου τύπου εξηγήσεις (Πίνακα 3, κατηγορίες εξηγήσεων 8, 9, 10). Αντίθετα, από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου λίγοι έδωσαν βελτιωμένες εξηγήσεις στον μεταέλεγχο και επιπλέον υπήρξαν μαθητές που παρείχαν απαντήσεις χωρίς κάποια επεξηγηματική ισχύ (Πίνακα 3, κατηγορίες εξηγήσεων 3, 4). Η διαφορά αυτή ήταν στατιστικά σημαντική υπέρ της ομάδας που διάβασε το κείμενο με την αναλογία [$\chi^2(8)=16,60$, $p=0,035$, $V=0,109$]. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αλλαγής από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο ανά πειραματική συνθήκη παρουσιάζονται στον Πίνακα 6. Η Χριστίνα, μαθήτρια της 3^{ης} τάξης που ανήκε στην ομάδα ελέγχου, στον μεταέλεγχο άλλαξε την αρχική της απάντηση αλλά κατασκεύασε ένα μοντέλο χωρίς επεξηγηματική ισχύ. Αντίθετα ο Μάριος, μαθητής της 3^{ης} τάξης που ανήκε στην πειραματική ομάδα, στον μεταέλεγχο έδωσε μία βελτιωμένη απάντηση με εσωτερική συνοχή και επεξηγηματική ισχύ.

Προϋπάρχουσα Γνώση & Κατανόηση Αναλογίας

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μόνο 6 από τα παιδιά που συμμετείχαν στην έρευνα (4 της ομάδας ελέγχου και 2 της πειραματικής) έδωσαν απαντήσεις που δεν ήταν σύμφωνες με τις επιστημονικές οντολογικές και αναπαραστασιακές πληροφορίες για τη Γη. Πρόκειται για τα παιδιά εκείνα που δεν κατηγοριοποίησαν τη Γη με τα αστρονομικά σώματα και δεν έδωσαν την επιστημονική εξήγηση για το πλανητικό σύστημα και τη θέση της Γη σε αυτό. Πρόκειται για τα παιδιά εκείνα που δεν κατηγοριοποίησαν τη Γη με τα αστρονομικά σώματα. Τα παιδιά αυτά έδωσαν απαντήσεις για το σχήμα της Γης που δεν έδειχναν καμία κατανόηση της σφαιρικότητάς της (επίπεδη-γη, γη-δίσκος, διπλή-γη). Ένας αναλυτικός και ποιοτικός έλεγχος των δεδομένων έδειξε ότι κανένα από αυτά τα παιδιά δεν μπόρεσε να κατανοήσει πλήρως την αναλογία, αλλά είτε έδειξαν να μην την κατανοούν καθόλου (5/6) είτε έδειξαν να την κατανοούν μερικώς (1/6). Επιπλέον κανένα από αυτά τα παιδιά δεν σημείωσε κάποια βελτίωση στις επιδόσεις του στον μεταέλεγχο.

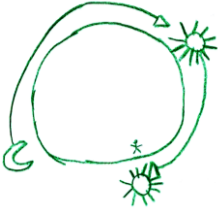



Οι υπόλοιποι μαθητές που είχαν την απαιτούμενη προϋπάρχουσα οντολογική και αναπαραστασιακή γνώση για τη Γη, έδειξαν πλήρη ή μερική κατανόηση της αναλογίας κατά την ανάκληση των πληροφοριών του κειμένου. Οι μαθητές που κατανόησαν μερικώς την αναλογία ήταν εκείνοι που είχαν παρανοήσεις σχετικά με την εναλλαγή μέρας/νύχτας στον προέλεγχο. Οι παρανοήσεις αυτές εντοπίστηκαν και στην ανάκληση του κειμένου. Για παράδειγμα, ένας μαθητής της 5^{ης} τάξης που είπε ότι η Γη είναι ένα σφαιρικό αστρονομικό σώμα του ηλιοκεντρικού συστήματος, υποστήριξε ότι η εναλλαγή μέρας/νύχτας γίνεται, γιατί η Γη γυρίζει γύρω από τον εαυτό της και ο Ήλιος και το Φεγγάρι βρίσκονται σταθερά σε αντίθετες πλευρές της Γης. Αυτή η παρανόηση εντοπίστηκε και στην ανάκληση του κειμένου γεγονός το οποίο ανέδειξε μερική κατανόηση της αναλογίας.

Πίνακας 5
Συχνότητες/Ποσοστά Απαντήσεων των Μαθητών στις Ερωτήσεις Ανάκλησης και Συμφωνίας

Έργο	Κατηγορία Απάντησης	Κείμενο χωρίς αναλογία		Κείμενο με αναλογία	
		3 ^η τάξη (N=10)	5 ^η τάξη (N=10)	3 ^η τάξη (N=10)	5 ^η τάξη (N=10)
Παραπονήσεις νοήματος	1. Ήλιος πάει στην άλλη πλευρά της Γης.	1	1		
	2. Φεγγάρι καλύπτει Ήλιο		1		
	3. Γη κουνιέται	7	2		
	4. Γη γυρίζει και η μία πλευρά είναι γυρισμένη προς Ήλιο ενώ η άλλη προς Φεγγάρι.	2	2	2	1
	5. Ήλιος γυρίζει γύρω από τον εαυτό του σαν το γύρο.			1	1
	Σύνολο παραπονήσεων νοήματος	11	6	3	2
	Σύνολο μαθητών που παραποίησαν νοήματα	10	6	3	2
Κατανόηση της αναλογίας	1. Καμία			3	2
	2. Μερική			3	3
	3. Πλήρης			4	5
Συμφωνία με την πληροφορία του κειμένου	1. Συμφωνία	8	5	8	5
	2. Διαφωνία	2	5	2	5

Πίνακας 6

Παραδείγματα εξηγήσεων της εναλλαγής μέρας/νύχτας σε Προέλεγχο και Μεταέλεγχο

Προέλεγχος	Μεταέλεγχος
Χριστίνα, 3η τάξη, Ομάδα ελέγχου	
<p>Το μεσημέρι ο Ήλιος βρίσκεται ακριβώς πάνω από το κεφάλι μας και όπως περνάει ο χρόνος ο Ήλιος κατεβαίνει και ανεβαίνει το Φεγγάρι.</p> <p>(Ζωγραφίζει ένα βέλος για να δείξει ότι ο Ήλιος πηγαίνει στο κάτω μέρος της Γης. Μετά ζωγραφίζει το Φεγγάρι στην άλλη μεριά, κοντά εκεί που ήταν αρχικά ο Ήλιος. Με ένα βέλος δείχνει ότι το Φεγγάρι πηγαίνει στη θέση του Ήλιου.)</p> 	<p>Το παιδάκι στη μία πλευρά της γης έχει μέρα και μετά η Γη γυρίζει.... και ο Ήλιος φεύγει και έρχεται το Φεγγάρι.</p> <p>(Ζωγραφίζει τον Ήλιο δίπλα στον κύκλο από τη μεριά που έχει ζωγραφίσει το ανθρωπάκι. Κάνει ένα βέλος για να δείξει ότι ο Ήλιος κινείται και αλλάζει θέση με το Φεγγάρι.)</p> 
Μάριος, 3η τάξη, Πειραματική ομάδα	
<p>Ο Ήλιος κατεβαίνει και πηγαίνει πίσω από τα βουνά.... Όταν ο Ήλιος είναι επάνω η Γη γυρίζει και ένα μέρος φωτίζεται και όταν ο Ήλιος καταβαίνει πίσω από τα βουνά μπορούμε να δούμε το Φεγγάρι και είναι νύχτα.</p> <p>(Ζωγραφίζει τη Γη και ένα παιδάκι στο πάνω μέρος, τον Ήλιο στη γωνία της σελίδας, αλλά το σκίτσο δεν είναι περιγραφικό για το τι κινείται.)</p> 	<p>Η Γη περιστρέφεται. Το παιδάκι βρίσκεται εδώ και ο Ήλιος εδώ. Ο Ήλιος είναι στο ίδιο σημείο πάντα. Δεν κινείται.</p> <p>(Ζωγραφίζει ένα βέλος να δείξει την κίνηση της Γης γύρω από τον εαυτό της και ένα δεύτερο σημείο στη ζωγραφία, όπου θα βρεθεί το παιδάκι.)</p> 

Συμφωνία με την πληροφορία του κειμένου & Αλλαγή εξήγησης στον Μεταέλεγχο

Υπήρχαν παιδιά και από τις δύο ομάδες που δεν συμφώνησαν με την πληροφορία που παρουσιαζόταν στο κείμενο που διάβασαν (7 της ομάδας ελέγχου και 7 της πειραματικής ομάδας). Στην περίπτωση του κειμένου με την αναλογία 4 από τα 7 παιδιά (1 της 3^{ης} και 3 της 5^{ης}) που δεν συμφώνησαν με την πληροφορία του κειμένου, έδειξαν ότι είχαν κατανοήσει πλήρως την αναλογία. Το γεγονός ότι το κείμενο παρουσιαζόταν ως η άποψη ενός παιδιού και όχι ως η επιστημονικά αποδεκτή άποψη, έδινε στους συμμετέχοντες τη δυνατότητα να διαφωνήσουν με αυτή.

Τα σημεία στα οποία διαφώνησαν οι μαθητές αφορούσαν είτε στην κίνηση της Γης έναντι της κίνησης του Ήλιου, είτε στο ρόλο του Φεγγαριού στην εναλλαγή μέρας/νύχτας. Ένα παράδειγμα έρχεται από τη Μαρία, μία μαθήτρια της Γ' τάξης που διάβασε το κείμενο με την αναλογία και στα έργα του προελέγχου κατασκεύασε μία νοητική αναπαράσταση της Γης ως αστρονομικό, σφαιρικό σώμα που δεν βρίσκεται στο κέντρο του πλανητικού συστήματος. Από την ανάκληση των πληροφοριών του κειμένου φάνηκε ότι κατανόησε πλήρως την αναλογία. Όταν όμως ρωτήθηκε αν συμφωνεί με την εξήγηση που έδωσε ο Βασίλης για την εναλλαγή μέρας/νύχτας απάντησε: «Όχι, γιατί στην περίπτωση του γύρου, δεν κινείται η φωτιά γύρω από τον γύρο. Ο γύρος γυρίζει γύρω-γύρω, όχι η φωτιά. Για να νυχτώσει όμως είναι ο Ήλιος που γυρίζει γύρω από τη Γη.»

Ένα δεύτερο παράδειγμα έρχεται από τον Χρήστο, μαθητή της Ε' τάξης, ο οποίος διάβασε το κείμενο με την αναλογία. Είχε καλές επιδόσεις στον προέλεγχο, γεγονός που οδήγησε στην αναμενόμενη κατανόηση της αναλογίας. Στην ερώτηση αν συμφωνεί με την απάντηση του Βασίλη απάντησε: «Δεν συμφωνώ και πολύ. Το βράδυ το Φεγγάρι φωτίζει... το βλέπουμε στον ουρανό. Θα πρέπει να έχει κάποια σχέση με τη νύχτα. Ο Βασίλης όμως δεν λέει κάτι τέτοιο.» Οι συγκεκριμένοι μαθητές, όπως και όλοι όσοι ενώ κατανόησαν πλήρως την πληροφορία του κειμένου, δεν συμφώνησαν με αυτή, στον μεταέλεγχο δεν άλλαξαν τις αρχικές τους εξηγήσεις για την εναλλαγή μέρας/νύχτας.

Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της έρευνάς μας παρέχουν πληροφορίες σχετικά με σημαντικά ερωτήματα που έχουν διατυπωθεί αναφορικά με το ρόλο των διδακτικών αναλογιών στην διαδικασία της μάθησης (Clement 2013· Glynn, 1991· Orgill & Bodner, 2004). Συνολικά τα αποτελέσματά μας επιβεβαίωσαν την πρώτη μας ερευνητική υπόθεση και ενίσχυσαν τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών που υποστηρίζουν ότι υπάρχουν οφέλη μετά τη χρήση κατάλληλα σχεδιασμένων διδακτικών αναλογιών (Brown, 1992· Brown & Clement, 1989· Clement, 1993· Danielson et al., 2016· Gentner & Gentner, 1983· Sibley, 2009· Vosniadou & Skopeliti, 2018). Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας που διάβασαν το κείμενο με την αναλογία ανακάλυψαν περισσότερες πληροφορίες από το κείμενο, έκαναν λιγότερες παραποιήσεις νοήματος και σημείωσαν σημαντικότερη βελτίωση στις εξηγήσεις τους από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο, κατασκευάζοντας μοντέλα εξηγήσεων πιο κοντά στο επιστημονικό και με μεγαλύτερη εσωτερική συνοχή, σε σύγκριση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου.

Επιπλέον, τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι συμμετέχοντες, μαθητές της 3^{ης} και 5^{ης} τάξης δημοτικού σχολείου, έχουν τη δυνατότητα να κατανοήσουν μία διδακτική αναλογία η οποία επεξηγεί έναν αντι-διαισθητικό επιστημονικό μηχανισμό, επιβεβαιώνοντας ευρήματα προηγούμενων ερευνών, που υποστηρίζουν ότι η δεδομένη αναλογία μπορεί να γίνει εύκολα κατανοητή, ακόμη και από τους νεαρότερους μαθητές, γιατί πηγάζει από έναν εξαιρετικά οικείο χώρο για αυτούς (Vosniadou & Skopeliti, 2018).

Επιπροσθέτως τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν τη δεύτερη ερευνητική μας υπόθεση αναδεικνύοντας τη σημαντικότητα της προϋπάρχουσας γνώσης για την κατανόηση της αναλογίας. Υπήρξαν μαθητές που ενώ έδωσαν αρχικές εξηγήσεις για την εναλλαγή μέρας/νύχτας εντούτοις μπόρεσαν να κατανοήσουν την αναλογία. Πρόκειται για τους μαθητές εκείνους που είχαν την κατάλληλη οντολογική και αναπαραστασιακή γνώση για τη Γη (σφαιρικό, αστρονομικό σώμα στο ηλιοκεντρικό σύστημα). Το εύρημα αυτό, υποδηλώνει ότι οι μαθητές ανεξαρτήτως ηλικίας μπορούν να κατανοήσουν την αναλογία μίας αντι-διαισθητικής εξήγησης, εφόσον όμως διαθέτουν την κατάλληλη προϋπάρχουσα γνώση από το πεδίο-στόχο.

Επιπλέον, υπήρξαν και περιπτώσεις μαθητών που είχαν την προαπαιτούμενη γνώση για τη γη, αλλά έδειξαν μερική κατανόηση της αναλογίας. Οι πιο συχνές περιπτώσεις, ήταν εκείνες των παιδιών που είχαν τις

κατάλληλες οντολογικές και αναπαραστασιακές γνώσεις για τη Γη και στον προέλεγχο έδωσαν μία εναλλακτική εξήγηση για την εναλλαγή μέρας/νύχτας. Η παρανόηση που υπήρχε στην αρχική τους εξήγηση εμφανιζόταν και στην ανάκληση του κειμένου και έτσι αναδείκνυε μερική κατανόηση της αναλογίας. Το εύρημα αυτό έρχεται να ενισχύσει την υπόθεσή μας για το ρόλο της προϋπάρχουσας γνώσης στην κατανόηση της αναλογίας. Οι οντολογικές και αναπαραστασιακές γνώσεις για τη Γη είναι αναγκαία όχι όμως επαρκής προϋπόθεση για την κατανόηση της αναλογίας, αφού οι παρανοήσεις σχετικά με την εναλλαγή μέρας/νύχτας μπορούν να εμποδίσουν την πλήρη κατανόησή της.

Φαίνεται λοιπόν ότι υπάρχουν κάποιες γνώσεις οι οποίες θεωρούνται προαπαιτούμενες και πρέπει να τις διαθέτει ο μαθητής, διαφορετικά η προϋπάρχουσα γνώση μπορεί να θέσει ισχυρά εμπόδια στην κατανόηση της αναλογίας και των επιστημονικών εξηγήσεων. Τα παραπάνω συμφωνούν και με τη θέση των Brown, Clement και των συνεργατών τους (Brown 1992· Brown & Clement, 1989· Clement, 2013) ότι υπάρχουν αναλογίες τις οποίες οι ενήλικες θεωρούν επιτυχημένες όμως δεν τυγχάνουν ίδιας εκτίμησης από τους μαθητές, γιατί λόγω έλλειψης της προαπαιτούμενης προϋπάρχουσας γνώσης δεν μπορούν να δουν τη σχέση ανάμεσα στη βάση και τον στόχο. Βέβαια τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας πηγαίνουν ένα βήμα παραπέρα, παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με περιπτώσεις που χρειάζεται να συντελεστούν εννοιολογικές αλλαγές στις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών –οντολογικές ή αναπαραστασιακές-- προκειμένου η διδακτική αναλογία να γίνει κατανοητή.

Επιπροσθέτως, τα αποτελέσματα από προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι, ενώ οι μαθητές είναι σε θέση να κατανοήσουν την αναλογία για την εναλλαγή μέρας/νύχτας, στον μεταέλεγχο δεν αλλάζουν τις αρχικές τους αντιλήψεις (Vosniadou & Skopeliti, 2018). Η παρούσα έρευνα έδειξε ότι οι μαθητές που κατανόησαν την αναλογία, δεν άλλαξαν τις αρχικές τους αντιλήψεις στον μεταέλεγχο γιατί δεν πείστηκαν από αυτή, επιβεβαιώνοντας έτσι την τρίτη ερευνητική μας υπόθεση. Οι ενστάσεις τους αφορούσαν σε δύο σημαντικά θέματα, στα οποία υπήρχε σύγκρουση ανάμεσα στην προϋπάρχουσα γνώση τους και τις πληροφορίες του κειμένου --κίνηση του Ήλιου και ρόλος του Φεγγαριού στην εναλλαγή μέρας/νύχτας. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι ακόμη και αν οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να εντοπίσουν την ομοιότητα που υπάρχει ανάμεσα στον τομέα-βάση και τον τομέα-στόχο, κάποιοι από αυτούς είναι απρόθυμοι να την αποδεχτούν. Ενδεχομένως γιατί δεν έχουν γίνει ακόμη οι απαραίτητες αλλαγές στην προσωπική τους επιστημολογία, οι οποίες είναι απαραίτητες για την κατανόηση και την αποδοχή αντι-δισαισθητικών επιστημονικών εξηγήσεων (Brewer & Samarapungavan, 1991· Chinn & Brewer, 1993· Songer & Linn, 1991).

Τα παραπάνω συνάδουν με τη θέση του Posner και των συνεργατών του (1982) που υποστηρίζουν ότι η δυσαρέσκεια που μπορεί να έχουν οι μαθητές από τις υπάρχουσες εξηγήσεις και η αναγνώριση της αληθοφάνειας και της εφαρμοσιμότητας των νέων εξηγήσεων αποτελούν σημαντικές προϋποθέσεις για την εννοιολογική αλλαγή. Επιπλέον συνάδουν και με τις έρευνες που υποστηρίζουν ότι για την αποδοχή των επιστημονικών εξηγήσεων –ιδιαιτέρως των αντι-δισαισθητικών επιστημονικών εξηγήσεων- ένα κείμενο πρέπει να είναι επαρκώς πειστικό (Alexander, et al., 2001· Dole & Sinatra, 1998· Hynd, 2001) και να παρέχει την κατάλληλη επιχειρηματολογία που θα εξηγεί στους μαθητές την ορθότητα των επιστημονικών εξηγήσεων, όταν δεν μπορούν να υποστηριχθούν από τα όσα μας λένε τα μάτια μας (Brewer & Samarapungavan, 1991) ενισχύοντας έτσι αλλαγές στις επιστημολογικές πεποιθήσεις που είναι απαραίτητες και αυτές για τη μάθηση αντι-δισαισθητικών εξηγήσεων (Βοσνιαδου, 2019).

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας φαίνεται να υποστηρίζουν τη χρήση σωστά σχεδιασμένων διδακτικών αναλογιών, γιατί μπορούν να βοηθήσουν στη μάθηση επιστημονικών αντι-δισαισθητικών πληροφοριών. Ταυτόχρονα όμως απαιτούνται οι κατάλληλες προαπαιτούμενες γνώσεις που θα ευνοήσουν την κατανόηση της αναλογίας και της επιστημονικής εξήγησης. Τέλος, φαίνεται κρίσιμη και η πειστικότητα των διδακτικών αναλογιών για την επίτευξη της μάθησης που απαιτεί ποικίλες εννοιολογικές αλλαγές στις αναπαραστάσεις και τις επιστημολογικές πεποιθήσεις των μαθητών.

Τα παραπάνω μπορούν να έχουν σημαντικές προεκτάσεις στη διδακτική χρήση αναλογιών μέσα από κείμενα. Ενώ κρίνεται σκόπιμο να χρησιμοποιούνται αναλογίες από εξαιρετικά οικεία πεδία και να δηλώνεται σαφώς η σχέση ανάμεσα στον τομέα-βάση και τον τομέα-στόχο, επιπλέον κρίνεται σημαντικό να χρησιμοποιούνται πληροφορίες που θα γεφυρώσουν το χάσμα ανάμεσα σε αυτό που ξέρει ο μαθητής και αυτό που προαπαιτείται να γνωρίζει από τον κάθε τομέα, ώστε να μπορέσει να κατανοήσει την αναλογία και την επιστημονική εξήγηση.

Η χρήση των αναλογιών μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα, όταν συνοδεύεται από επιπλέον υλικό που θα ενισχύσει την πειστικότητά τους. Ενδέχεται να είναι σημαντική η ύπαρξη πληροφοριών που θα ενισχύσουν τη δυσαρέσκεια των μαθητών με τις υπάρχουσες εξηγήσεις τους και θα κάνουν την αναλογία πιο πειστική. Τα ανατρεπτικά κείμενα που χρησιμοποιούνται για να αμφισβητήσουν την αληθοφάνεια και την εφαρμοσιμότητα των αρχικών-αφελών εξηγήσεων και προετοιμάζουν τους μαθητές να αποδεχτούν τις επιστημονικές εξηγήσεις, μπορούν να συμπεριλάβουν διδακτικές αναλογίες και να αυξήσουν την αποτελεσματικότητά τους (Danielson et al., 2016), τόσο του ίδιου του ανατρεπτικού κειμένου όσο και της αναλογίας. Επιπλέον, τα ανατρεπτικά κείμενα είναι ένα πρόσφορο μέσο για να δοθούν ερμηνείες για τις αντι-διαισθητικές επιστημονικές εξηγήσεις και για το πώς θα μπορούσαν να συμβιβαστούν αυτές με τα διαισθητικά εμπειρικά δεδομένα.

Ενδεχομένως μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να διερευνήσουν με συστηματικό τρόπο και με μεγαλύτερη λεπτομέρεια πώς διαφορετικά κείμενα, με διαφορετική δομή (ανατρεπτικά ή μη) και περιεχόμενο (με αναλογίες ή με επιπλέον πληροφορίες γεφύρωσης) μπορούν να διευκολύνουν τη διδασκαλία επιστημονικών αντι-διαισθητικών εξηγήσεων και να επηρεάσουν την αναδιοργάνωση της γνώσης προκαλώντας μάθηση που απαιτεί ποικίλες εννοιολογικές αλλαγές.

Βιβλιογραφία

- Alexander, P. A., Buehl, M. M., & Sperl, C. T. (2001). The persuasiveness of persuasive discourses. *International Journal of Educational Research*, 3, 651-674. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(02\)00008-3](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(02)00008-3)
- Alexander, P. A., & Kulikowich, J. M. (1991). Domain knowledge and analogic reasoning ability as predictors of expository text comprehension. *Journal of Literacy Research*, 23, 165-190. <https://doi.org/10.1080/10862969109547735>
- Atwood, R. K. & Atwood, V. A. (1996). Preservice elementary teachers' conceptions of the causes of seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 553-563. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199605\)33:5<553::AID-TEA6>3.0.CO;2-Q](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199605)33:5<553::AID-TEA6>3.0.CO;2-Q)
- Βοσνιάδου, Σ. (2019). Η θεωρία πλασίου και οι εκπαιδευτικές προεκτάσεις της. Στο Ν. Κυριακοπούλου & Ε. Σκοπελίτη (Επιμ.) *Νόηση και Μάθηση υπό το πρίσμα της Εννοιολογικής Αλλαγής: Σύγχρονες Έρευνες και Προβληματισμοί* (σσ. 19-34). Gutenberg.
- Braasch, J. L., & Goldman, S. R. (2010). The role of prior knowledge in learning from analogies in science texts. *Discourse Processes*, 47, 447-479. <https://doi.org/10.1080/01638530903420960>
- Brewer, W. F., & Samarapungavan, A. (1991). Children's theories vs. scientific theories: Differences in reasoning or differences in knowledge? In R. R. Hoffman & D. S. Palermo (Eds.), *Cognition and the symbolic processes: Applied and ecological perspectives* (pp. 209-232). Erlbaum. <https://doi.org/10.4324/9781315807263>
- Brown, D. E. (1992). Using examples and analogies to remediate misconceptions in physics: Factors influencing conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 17-34. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290104>
- Brown, D. & Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18, 237-261. <https://doi.org/10.1007/BF00118013>
- Bryce, T. G. K. & Blown, E. J. (2007). Cultural Mediation of Children's Cosmologies: A longitudinal study of the astronomy concepts of Chinese and New Zealand children. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1113-1160. <https://doi.org/10.1080/09500690500439280>

- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1993). The Role of Anomalous Data in Knowledge Acquisition: A Theoretical Framework and Implications for Science Instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), 1-49. <https://doi.org/10.3102/00346543063001001>
- Chiras, A. (2008). Day/Night Cycle: Mental Models of Primary School Children. *Science Education International*, 19(1), 65-83. Retrieved at <https://eric.ed.gov/?id=EJ890625>
- Clement, J. (1993). Using Bridging Analogies and Anchoring Intuitions to Deal with Student's Preconceptions in Physics, *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241-1257. <https://doi.org/10.1002/tea.3660301007>
- Clement, J. (2013) Roles for explanatory models and analogies in conceptual change. In S. Vosniadou (Ed.), *The international handbook of conceptual change*, 2nd ed., (pp. 412-446). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203154472>
- Coll, R. K., France, B., & Taylor, I. (2005). The role of models and analogies in science education: implications for research. *International Journal of Science Education*, 27, 183-198. <https://doi.org/10.1080/0950069042000276712>
- Dagher, Z. R. (1994). Does the use of analogies contribute to conceptual change? *Science education*, 78(6), 601-614. <https://doi.org/10.1002/sce.3730780605>
- DeLaughter, J. E., Stein, S., Stein, C. A., & Bain, K. R. (1998). Preconceptions Abound Among Students in an Introductory Earth Science Course, *EOS Transactions*, 79, 429-432. <https://doi.org/10.1029/98EO00325>
- Danielson, R.W., Sinatra, G.M., & Kendeou, P. (2016). Augmenting the refutation text effect with analogies and graphics, *Discourse Processes*, 53(5-6), 392-414. <https://doi.org/10.1080/0163853X.2016.1166334>
- Dole, J. A., & Sinatra, G. M. (1998). Reconceptualizing change in the cognitive construction of knowledge. *Educational Psychologist*, 33(2/3), 109-128. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3302&3_5
- Donnelly, C. M., & McDaniel, M. A. (1993). Use of analogy in learning scientific concepts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 975-987. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.19.4.975>
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75, 649-672. <https://doi.org/10.1002/sce.3730750606>
- Duit, R., Roth, W.M., Komorek, M. & Wilbers, J. (2001). Fostering Conceptual Change by Analogies - Between Scylla and Charybdis. *Learning and Instruction*, 11, 283-303. [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00034-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00034-7)
- Dunlop, J. (2000). How Children Observe the Universe. *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 17(2), 194-206. <https://doi.org/10.1071/AS00194>
- Else, M., Clement, J., & Rea-Ramirez, M. A. (2008). Using analogies in science teaching and curriculum design: Some guidelines. In J. Clement & M. A. Rea-Ramirez (Eds.), *Model based learning and instruction in science*, (pp. 215-233). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6494-4>
- Gentner, D., & Gentner, D. R. (1983). Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 99-129). Lawrence Erlbaum Associates. (Reprinted in M. J. Brosnan (Ed.), *Cognitive functions: Classic readings in representation and reasoning*. Greenwich University Press. <https://doi.org/10.4324/9781315802725>
- Gilbert, S. (1989). An evaluation of the use of analogy, simile, and metaphor in science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(3), 315-327. <https://doi.org/10.1002/tea.3660260405>
- Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A Teaching-with-Analogies Model. In S. M. Glynn, R. H. Yeany, & B. K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp. 219-240), Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203052396>
- Hynd, C. R. (2001). Refutational texts and the change process. *International Journal of Educational Research*, 3, 699-714. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(02\)00010-1](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(02)00010-1)
- Jaeger, A. J., & Wiley, J. (2015). Reading an analogy can cause the illusion of comprehension. *Discourse Processes*, 52, 376 - 405. <https://doi.org/10.1080/0163853X.2015.1026679>
- Kikas, E. (1998). The impact of teaching on students' definitions and explanations of astronomical phenomena. *Learning and Instruction*, 8(5), 439-454. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(98\)00004-8](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(98)00004-8)
- Kikas, E. (2004). Teacher's cocneptions and misconceptions concerning three natural phenomena. *Journal of Science Teaching*, 41, 432-448. <https://doi.org/10.1002/tea.20012>

- Küçüközer, H. & Bostan, A. (2010). Ideas of Kindergarten Students on the Day-Night Cycles, the Seasons and the Moon Phases. *Journal of Theory and Practice in Education*, 6(2), 267-280. <https://doi.org/10.12738/estp.2015.4.2741>
- Κυριακοπούλου, Ν. & Βοσνιάδου, Σ. (2004). Οντολογικά και Επιστημολογικά Προβλήματα της Διάκρισης ανάμεσα σε Φαινομενολογικές και Επιστημονικές Εξηγήσεις του Φυσικού Κόσμου: Μια Αναπτυξιακή μελέτη στο χώρο της Παρατηρησιακής Αστρονομίας. *Ψυχολογία: το Περιοδικό της Ελληνικής Ψυχολογικής Εταιρείας*, 11(3), 356-372. https://doi.org/10.12681/psy_hps.24013
- Orgill, M. & Bodner, G. (2005). The role of analogies in Chemistry Teaching. In N. Pienta, M. Cooper, & T. Greenbowe (Eds.) *Chemists' Guide to Effective Teaching*, (pp. 90-105). Prentice-Hall. Retrieved at http://chemed.chem.purdue.edu/chemed/bodnergrou/PDF_2008/80%20Orgill%20Greenbowe.pdf
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Schwarz, B. B., Schur, Y., Pensso, H., & Tayer, N. (2010). Perspective taking and synchronous argumentation for learning the day/night cycle. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 6(1), 113-138. <https://doi.org/10.1007/s11412-010-9100-x>
- Sibley, D. F. (2009). A cognitive framework for reasoning with scientific models. *Journal of Geoscience Education*, 57, 255-263. <https://doi.org/10.5408/1.3559672>
- Songer, N. B., & Linn, M. C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration? *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 761-784. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280905>
- Trumper, R. (2000). University students' conceptions of basic astronomy concepts. *Physics Education*, 35(1), pp. 9-14. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/35/1/301>
- Vosniadou, S. (2013) (ed.) *International handbook of research on conceptual change* (2nd edition). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203154472>
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1992). Mental models of the Earth. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(92\)90018-W](https://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90018-W)
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1801_4
- Vosniadou, S., & Skopeliti, I. (2005). Developmental Shifts in Children's Categorization of the Earth. In B. G. Bara, L. Barsalou, & M. Bucciarelli (Eds.) *Proceedings of the XXVII Annual Conference of the Cognitive Science Society*, (pp. 2325-2330). Lawrence Erlbaum Associates. <https://escholarship.org/uc/item/3c8osovf>
- Vosniadou, S., & Skopeliti, I. (2014). Conceptual Change from the Framework Theory Side of the Fence. *Science and Education*, 23(7), 1427-1445. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9640-3>
- Vosniadou, S., & Skopeliti, I. (2017). Is it the Earth that Turns or the Sun that Goes Behind the Mountains? Students' Misconceptions about the Day/Night Cycle after Reading a Science Text. *International Journal of Science Education*, 39(15), pp. 2027-2051. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1361557>
- Vosniadou, S., & Skopeliti, I. (2018). Evaluating the effects of analogy enriched text on the learning of science: The importance of learning indexes. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(6), pp. 732-764. <https://doi.org/10.1002/tea.21523>
- Yanowitz, K. L. (2001). Using analogies to improve elementary school students' inferential reasoning about scientific concepts. *School Science and Mathematics*, 101, 133-142. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2001.tb18016.x>
- Zook, K. B. (1991). Effects of analogical processes on learning and misrepresentation. *Educational Psychology Review*, 3, 41-72. <https://doi.org/10.1007/BF01323662>

Instructional analogies and conceptual change: the role of prior knowledge in understanding counter-intuitive scientific information through the use of instructional analogies

Irini SKOPELITI¹, Stella VOSNIADOU²

¹ Department of Educational Sciences and Early Childhood Education, University of Patras, Patras, Greece

² College of Education, Psychology and Social Work, Flinders University, Adelaide, Australia

KEYWORDS

Instructional analogies,
conceptual change,
counter-intuitive information

ABSTRACT

Previous research on instructional analogies used in scientific texts explaining counter-intuitive scientific information, meaning that they are in complete contradiction to their everyday experiences, has shown that they can promote the learning process. High correlation was found between the readers' prior knowledge and the positive effects of the analogy since the participants with more sophisticated prior knowledge showed better understanding of the analogies and learning improvement in the posttest. Unexpectedly, however, there were participants with naive prior knowledge who showed complete understanding of the analogies used and also participants who, although they understood the analogy, did not show learning improvement in the posttest. These findings led to an interview study, which investigated in greater detail the relations between prior knowledge, analogy understanding and acceptance of the scientific explanation presented in texts. The participants of the study were 3rd and 5th grade elementary school students. We used an open-ended questionnaire, which investigated students' knowledge about the Earth and the day/night cycle and two explanatory texts. One text explained the day/night cycle using an instructional analogy, while the other gave the scientific explanation of day/night cycle without the use of the analogy. We hypothesized that the understanding the scientific explanation and the analogy requires an improved, sophisticated prior knowledge of the Earth as a spherical astronomical object that is guided by sophisticated ontological and epistemological beliefs. The results of the study confirmed our hypothesis and showed that even when the scientific explanation is understood –a process facilitated by the use of instructional analogies– it is significantly difficult for the students to accept the scientific explanations when these are counter-intuitive and in complete contradiction to their everyday experiences and their epistemological beliefs are not sophisticated but prevented by the belief that “things are as they appear to be”. Consequently, it appears that additional educational practices can be used to reinforce the positive outcomes of the instructional analogies.

CORRESPONDENCE

Irini Skopeliti,
University of Patras
ECEDU, University Campus
Rion 26504, Patras
eskopel@upatras.gr