

Αξιολόγηση της γνώσης μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης πάνω σε έννοιες των Φυσικών Επιστημών με χρήση κινούμενων σχεδίων

Κωνσταντίνα Δαλακώστα¹, Παπαρρηγοπούλου-Καμαριωτάκη Μαίρη² Ευαγγελία Παυλάτου³

¹ PhD Σχολής Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π
cdal@chemeng.ntua.gr

² Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τμήματος Χημείας
Ε.Κ.Π.Α, kamariotaki@chem.uoa.gr

³ Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Σχολής Χημικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π
pavlatou@chemeng.ntua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία περιγράφει τα αποτελέσματα έρευνας που διεξήχθη σε μαθητές Ε' Τάξης Δημοτικού Σχολείου και μελετά αλλά και αξιολογεί τη συνεισφορά των κινούμενων σχεδίων στην εννοιολογική εξέλιξη εννοιών των Φυσικών Επιστημών και στον τρόπο σύνδεσης των διδασκόμενων εννοιών με την προγενέστερη γνώση των μαθητών. Οι έννοιες που μελετήθηκαν αφορούσαν τα διαλύματα, τη μάζα, τον όγκο και την πυκνότητα, οι οποίες συχνά προκαλούν παρανοήσεις στους μαθητές. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με συμμετοχή 363 μαθητών ηλικίας 11 ετών. Τα ποσοστά επιτυχίας των μαθητών έδειξαν ότι τα κινούμενα σχέδια μπορούν να τους βοηθήσουν να επαναφέρουν πιο αποτελεσματικά την προγενέστερη γνώση τους. Ταυτόχρονα, τους ωθούν να αντιμετωπίσουν τις παρανοήσεις τους και επομένως, να προάγουν τη διαδικασία της εννοιολογικής εξέλιξης. Ακόμα, βρέθηκε ότι σε μαθητές ηλικίας 11 ετών οι ερωτήσεις μακρόχρονης μεταφοράς (*far transfer*) που προϋποθέτουν για να απαντηθούν πολύπλοκες γνωστικές διαδικασίες και οι ερωτήσεις που κάνουν χρήση αποκλειστικά και μόνο του κειμένου, δεν προσφέρουν πληροφορίες σχετικά με την επίδραση της μεθόδου διδασκαλίας (κλασική μέθοδος-μέθοδος με κινούμενα σχέδια) στην επίδοση των μαθητών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Κινούμενα σχέδια, αξιολόγηση σε έννοιες φυσικών επιστημών, πρωτοβάθμια εκπαίδευση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κινούμενα σχέδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά στη διδασκαλία με την προϋπόθεση ότι παρέχουν πληροφορίες σχετικά με συγκεκριμένα διδακτικά αντικείμενα. Χρησιμοποιήθηκαν από πολλούς ερευνητές στην αίθουσα διδασκαλίας για να προάγουν την μάθηση τόσο σε παιδιά όσο και σε εφήβους (Madden et.al, 2009; 2008, Dalacosta et al, 2009; Tsou et.al, 2006; Peacock, 1995; De Fren, 1988). Κατά τη χρήση τους στη διδακτική πράξη αιχμαλωτίζουν αρχικά το βλέμμα των μαθητών, και στη συνέχεια τους επιτρέπουν να ταξιδέψουν με το μυαλό τους σε ένα κόσμο φαντασίας και διασκέδασης. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα τους είναι ότι

λόγω του χαλαρού και μη επίσημου ύφους τους, οι μαθητές δεν τα αντιλαμβάνονται ως απειλή, ή ως υλικό εκμάθησης που τους επιβάλλεται από το δάσκαλο/εκπαιδευτικό (Richie, 1979).

Η χρήση κινουμένων σχεδίων είναι αποτελεσματική, για το λόγο ότι οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι με αυτή τη μορφή γραφής και μπορούν να αποκαλύψουν λεπτομέρειες και πληροφορίες σχετικά με ένα θέμα με μια μόνο ματιά. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ποικιλοτρόπως καθώς ανταποκρίνονται στις ανάγκες, στις εμπειρίες και στο επίπεδο γνώσης ενός μεγάλου αριθμού μαθητών (Wright & Sherman, 1999). Στο δημοτικό σχολείο μπορούν να εξυπηρετήσουν βασικές εκπαιδευτικές και μαθησιακές λειτουργίες καθώς βοηθούν τους μαθητές να διαβάσουν, να οργανώσουν, και να ερμηνεύσουν μια σειρά γεγονότων.

Στο τομέα των Φυσικών Επιστημών οι Keogh&Naylor (1999) ανέπτυξαν και μελέτησαν τα εννοιολογικά κινούμενα σχέδια (concept cartoons) στη πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Τα εννοιολογικά κινούμενα σχέδια αποτελούν την οπτική αναπαράσταση επιστημονικών θεμάτων, συνοδεύονται από μικρά γραπτά κείμενα με τη μορφή διαλόγου και παρουσιάζουν εναλλακτικές προτάσεις γύρω από το κυρίως θέμα. Στη πραγματικότητα αποτελούν ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, όπου παράλληλα με το κείμενο, το οποίο εμφανίζεται σε μορφή διαλόγου, υπάρχει και το οπτικό ερέθισμα. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι ότι εμφανίζονται να λειτουργούν ως τα οπτικά μέσα που παρέχουν τις κατάλληλες ευκαιρίες για μάθηση σε ποικίλα γνωστικά επίπεδα και ενισχύουν το κίνητρο ενασχόλησης των παιδιών με τις φυσικές επιστήμες. Έχουν αξιοποιηθεί από εκπαιδευτικούς τόσο για να διδάξουν (Stephenson&Warwick, 2002) όσο και για να αξιολογήσουν τη γνώση των μαθητών αλλά και το επίπεδο κατανόησής τους πάνω σε έννοιες των Φυσικών Επιστημών (Chin & Teou, 2008).

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΚΙΝΟΥΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑ

Τα κινούμενα σχέδια είναι ένα εργαλείο που παρέχει επιτυχώς ένα μέσο αξιολόγησης της πορείας μάθησης, αλλά και της γνωστικής ανάπτυξης επιστημονικών εννοιών που διδάσκονται στο σχολείο. Ως εναλλακτική στρατηγική αξιολόγησης, πέρα της κλασικής με τη συμβατική μορφή της γραπτής ή προφορικής δοκιμασίας (διαγώνισμα), χρησιμοποιήθηκαν τα κινούμενα σχέδια για να βοηθήσουν τους εκπαιδευτικούς να αξιολογήσουν τις ιδέες των μαθητών, παλαιές και νέες, αλλά και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν κατά την πορεία της γνωστικής τους εξέλιξης.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι τα εννοιολογικά κινούμενα σχέδια χρησιμοποιήθηκαν για να αξιολογήσουν: την πιθανή πρόοδο και εξέλιξη των μαθητών κατά την εννοιολογική ανάπτυξη, την προγενέστερη γνώση των μαθητών και τις ιδέες και αντιλήψεις που φέρουν μαζί τους στο χώρο της σχολικής αίθουσας, τα αποτελέσματα της μάθησης των μαθητών και τη δυνατότητά τους να εφαρμόσουν συγκεκριμένες επιστημονικές έννοιες σε καταστάσεις της καθημερινής ζωής (Naylor & Keogh, 2000).

Συνεπώς, τα κινούμενα σχέδια μπορούν να λειτουργήσουν ως ισχυρό εργαλείο μάθησης για τους μαθητές, το οποίο βοηθά στο να ερμηνεύσουν, να αναβαθμίσουν την επιστημονική γνώση και για να εφαρμόσουν το τι ξέρουν. Και αυτό, γιατί απλά η χρησιμοποίηση των κινουμένων σχεδίων είναι πιο συναρπαστική και αποτελεσματική από την απλή παρουσίαση των γεγονότων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στο χώρο των Φυσικών Επιστημών, οι έννοιες του όγκου, της μάζας και της πυκνότητας χαρακτηρίζονται ως δυσνόητες καθώς συχνά προκαλούν όχι μόνο δυσκολίες στη διαδικασία της μάθησης αλλά και παρανοήσεις σε μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Ερευνητές, όπως οι Adey και Shayer (1988) και οι Smith et al. (1985) έχουν ήδη επισημάνει τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μαθητές των τελευταίων τάξεων του Δημοτικού, καθώς σε αυτή την ηλικία δυσκολεύονται να διαφοροποιήσουν τις έννοιες του μεγέθους, του βάρους, της μάζας, του όγκου και κατά επέκταση της πυκνότητας. Η σημαντικότερη και ίσως η ουσιαστικότερη δυσκολία που συναντούν οι μαθητές με την έννοια της πυκνότητας, είναι ότι δεν υπάρχει κανένας άμεσος τρόπος για να μετρηθεί. Είναι στην ουσία ένα μέγεθος το οποίο δεν μπορεί να παρατηρηθεί και να μετρηθεί άμεσα, αλλά προκύπτει από το λόγο δύο άλλων μεγεθών: της μάζας και του όγκου. Παράλληλα, αξίζει να επισημανθεί ότι τα παιδιά-μαθητές από την ηλικία των εννέα ετών, ενώ έχουν σχηματίσει μια σφαιρική άποψη για τις έννοιες της μάζας και του όγκου, για τον προσδιορισμό της έννοιας της πυκνότητας δυσκολεύονται, καθώς απαιτείται πρώτα η διαφοροποίηση των δύο μεταβλητών (της μάζας και του όγκου) και στη συνέχεια η μεταξύ τους συσχέτιση. Ειδικότερα, βρέθηκε ότι οι μαθητές της Ε' τάξης προσπαθούν να την υπολογίσουν αριθμητικά ή να κατανοήσουν ότι υπάρχει μια μοναδική τιμή που αντιστοιχεί στην πυκνότητα κάθε ουσίας και κατά συνέπεια την καθορίζει υπό κανονικές συνθήκες.

Στην περίπτωση των διαλυμάτων παρατηρούνται δυσκολίες στην κατανόηση και αφομοίωση των διεργασιών που υφίστανται κατά τη διάλυση μιας ουσίας. Οι Prieto et al. (1989) και Ebenezer & Gaskell (1995) επισήμαναν ότι οι μαθητές διατηρούν μια σειρά από διαφορετικές αντιλήψεις, όσον αφορά στις διεργασίες και αλλαγές που υφίσταται μια διαλυμένη ουσία, όπως η ζάχαρη η οποία αναδεύεται με ένα διαλύτη π.χ. το νερό (δηλαδή η ζάχαρη μπορεί να εξαφανίζεται, να υγροποιείται, ή να ανάγεται σε μικρότερου μεγέθους κομμάτια όταν αναμιγνύεται με το νερό). Οι Lee et al. (1993) έχουν καταγράψει διαφορετικές απόψεις μαθητών όσον αφορά την ομοιογένεια των σχηματιζόμενων διαλυμάτων (όπως π.χ. η διαλυμένη ουσία απαντάται κυρίως στον πυθμένα του διαλύματος, επομένως δεν κατανέμεται ομοιόμορφα στο διαλύτη!). Οι Blanco και Prieto (1997) αναφέρουν ότι οι μαθητές συνήθως πιστεύουν ότι η υψηλή θερμοκρασία και η ανάδευση είναι απαραίτητες για τη διάλυση και μάλιστα πολλοί από αυτούς δεν καταφέρνουν να διαφοροποιήσουν τη διαδικασία της τήξης από αυτή της διάλυσης.

Συνεπώς η παρούσα έρευνα σχεδιάστηκε προκειμένου να μελετηθεί, εάν και κατά πόσο οι μαθητές της Ε' τάξης του Δημοτικού σχολείου: (α) έχουν κατανοήσει την έννοια της διαλυτότητας και έχουν διορθώσει τυχόν παρανοήσεις τους και (β) έχουν κατανοήσει αλλά και συσχετίσει τις έννοιες του μεγέθους, της μάζας και του όγκου με την πυκνότητα, προκειμένου να επιλύσουν προβλήματα που σχετίζονται με τις έννοιες αυτές. Η έρευνα αποσκοπεί κυρίως στο να εξετάσει εάν τα κινούμενα σχέδια βοηθούν τους μαθητές να διαφοροποιήσουν τελικά τις προαναφερθείσες έννοιες και κατά επέκταση, να τις συνδέσουν με την επίλυση σχετικών προβλημάτων.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με συμμετοχή 363 μαθητών της Ε' τάξης του Δημοτικού Σχολείου, όπου 179 μαθητές αξιολογήθηκαν πάνω στις έννοιες της μάζας,

όγκου και της πυκνότητας ενώ 184 στα διαλύματα. Οι μαθητές έλαβαν μέρος στην έρευνα, μόνο αφού συναινέσαν οι δάσκαλοί τους, οι γονείς τους και οι ίδιοι. Το δείγμα επιλέχθηκε τυχαία κατά συστάδες από διάφορα δημόσια σχολεία του νομού Αττικής και ύστερα από άδεια που δόθηκε από το Υπουργείο Παιδείας και το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο. Επίσης επειδή η έρευνα έγινε σε δημόσια σχολεία, επιλέχθηκαν να μελετηθούν από τις θεματικές ενότητες που ήταν εντός της διδακτέας ύλης, οι «ιδιότητες των υλικών σωμάτων» (μάζα, όγκος, πυκνότητα) και τα «Διαλύματα» (παρασκευή διαλυμάτων, πως επηρεάζει η θερμοκρασία τη διαλυτότητα), από το «Φυσικά» Ε' Δημοτικού, Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Βιβλίο μαθητή και Τετράδιο εργασιών, ακολουθώντας το υφιστάμενο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών.

Χρησιμοποιήθηκαν δυο διαφορετικές μέθοδοι διδασκαλίας: η κλασική μέθοδος διδασκαλίας και η *προσαρμοσμένη στη χρήση των κινούμενων σχεδίων* (πρώτα για τη διδασκαλία των διαλυμάτων και έπειτα της μάζας, όγκου και της πυκνότητας). Και στις δύο περιπτώσεις η αξιολόγηση των μαθητών έγινε μέσω διαφορετικού τύπου παρουσίασης το ίδιου ερωτηματολογίου που τους δόθηκε, ανάλογα με την περίπτωση. Τα ερωτηματολόγια αποτελούνταν από ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, είχαν ακριβώς τον ίδιο αριθμό και τύπο ερωτήσεων, εξετάστηκαν οι ίδιες έννοιες και διαφοροποιήθηκαν μόνο στον τρόπο παρουσίασης τους (κινούμενα σχέδια έναντι κειμένου). Πρέπει να τονιστεί η αξιολόγηση (post test) αποσκοπούσε στο να καταγραφεί, πάνω στις εξεταζόμενες έννοιες των Φυσικών Επιστημών τι κατανοούν και τι μαθαίνουν οι μαθητές, ανάλογα με τη μέθοδο διδασκαλίας ώστε να μπορούν να συνδέσουν τη νέα γνώση με τη προγενέστερη γνώση τους.

Για τη διεξαγωγή της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν δύο ομάδες μαθητών. Σε κάθε ομάδα εφαρμόστηκαν διαφορετικές εκπαιδευτικές μέθοδοι, αλλά και στις δύο ομάδες οι ίδιες έννοιες των διαλυμάτων αλλά και της μάζας, του όγκου και της πυκνότητας παρουσιάστηκαν ακολουθώντας πιστά το τρέχον σχολικό βιβλίο «Φυσικά» Ε' Δημοτικού. Η πρώτη ομάδα ακολούθησε την *κλασική μέθοδο διδασκαλίας*. Αναλυτικότερα, ο εκπαιδευτικός χρησιμοποίησε τη συνηθισμένη εκπαιδευτική μεθοδολογία, η οποία περιλάμβανε: τη θεωρητική επεξήγηση των βασικών εμπλεκόμενων εννοιών μαζί με αναλυτικά σχόλια, ποιοτικά και ποσοτικά παραδείγματα, την απάντηση ερωτημάτων και αποριών των μαθητών, την πραγματοποίηση εργαστηριακών πειραμάτων με τη χρήση απλών μέσων (όπως π.χ σε ένα ποτήρι του κρασιού γεμισμένο με νερό και σε ένα ποτήρι νερού γεμισμένο με νερό ρίχνουμε αλάτι και παρατηρούμε που θα διαλυθεί το περισσότερο αλάτι, σε ένα ποτήρι του κρασιού γεμισμένο με κρύο νερό και σε ένα άλλο ποτήρι του κρασιού γεμισμένο με ζεστό νερό ρίχνουμε κουταλιές με ζάχαρη και παρατηρούμε πόσες κουταλιές διαλύονται στο κρύο νερό και πόσες στο ζεστό), την ενεργό συμμετοχή των μαθητών στη επίλυση ασκήσεων και προβλημάτων σχετικών με τις εξεταζόμενες έννοιες και τέλος, ένα ερωτηματολόγιο για να συμπληρωθεί και να απαντηθεί από τους μαθητές. Στη δεύτερη ομάδα χρησιμοποιήθηκαν μόνο δύο διαφορετικές πολυμεσικές εφαρμογές κινούμενων σχεδίων (μια παρουσίασε την έννοια των διαλυμάτων και μια παρουσίασε τις έννοιες της μάζας, του όγκου και της πυκνότητας). Στην Ελλάδα δεν υπάρχει κάποιο λογισμικό όπου με χρήση κινούμενων σχεδίων να παρουσιάζει τις συγκεκριμένες έννοιες των Φυσικών Επιστημών, σε επίπεδο πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Γι' αυτό το λόγο τα κινούμενα σχέδια σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν εκ του μηδενός από τους δημιουργούς στο

πρόγραμμα Animo (Cambridge Animation Systems). Για τη δημιουργία των δυο πολυμεσικών εφαρμογών χρησιμοποιήθηκε το πολυμεσικό συγγραφικό εργαλείο χρονο-διαδρόμου Macromedia Director (Adobe). Κάθε μια από τις πολυμεσικές εφαρμογές περιλάμβανε κείμενα, αφηγήσεις, ηχογραφημένους διαλόγους, κίνηση - animation, και στατικές εικόνες – γραφικά. Συγκεκριμένα, κάθε μια από αυτές περιελάμβανε μια εισαγωγική ιστορία κινουμένων σχεδίων με δύο βασικούς ήρωες (διάρκειας 15 λεπτών η κάθε μία). Η κάθε ιστορία διαδραματίζεται στο χώρο ενός σπιτιού, με τους βασικούς ήρωες την ηλικιωμένη κουκουβάγια, τον Αριστείδη και το φιλομαθές κουνελάκι, τη Χλόη. Ακολουθείται κάθε φορά ένα συγκεκριμένο σενάριο, όπου ο Αριστείδης απαντά σε ερωτήσεις της Χλόης, δράπτοντας έτσι την ευκαιρία να εξηγήσει τις βασικές έννοιες της μάζας, του όγκου και της πυκνότητας ή των διαλυμάτων αντίστοιχα, μαζί με αναλυτικά σχόλια, ποιοτικά και ποσοτικά παραδείγματα, πειράματα με χρήση απλών μέσων (όπως π.χ φαίνεται στο σχήμα 1), λύνει απορίες της Χλόης, θέτει ερωτήματα και, μέσω των απαντήσεων που λαμβάνει, διορθώνει παρανοήσεις της που αφορούν τις παραπάνω βασικές έννοιες. Για την κάθε παρουσιαζόμενη ιστορία έχουν σχεδιαστεί ειδικά γραφικά τα οποία σε συνδυασμό με τις ηχογραφήσεις, λειτουργούν βοηθητικά προς το χρήστη μαθητή. Στο δεύτερο μέρος της εφαρμογής παρουσιάζεται μια σειρά από ερωτήματα κλειστού τύπου. Οι ερωτήσεις είναι όλες πολλαπλής επιλογής, και κάθε μαθητής έχει τρεις επιλογές και μια προσπάθεια προκειμένου να δώσει την απάντηση σε κάθε ερώτηση, όλες υπό μορφή κινουμένων σχεδίων.



Σχήμα 1: Πείραμα σε μορφή κινουμένων σχεδίων, όπου για να κατανοήσει την έννοια της πυκνότητας ο λαγός, ζυγίζει δύο πώματα –ένα από χαλκό και ένα από φελλό- ίδιου όγκου 50cm^3 που έχουν όμως προφανώς διαφορετική μάζα, την οποία παρατηρεί και καταγράφει.

Οι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση, σύμφωνα με τους Chi et al. (2001), διακρίνονται σε τρία είδη: τις ερωτήσεις απομνημόνευσης (retention), βραχύχρονης μεταφοράς (near transfer) και μακρόχρονης μεταφοράς (far transfer). Όλες τους προϋποθέτουν από το μαθητή να εφαρμόσει τη γνώση που αποκόμισε από το μαθησιακό περιβάλλον με τα κινούμενα σχέδια στον Η/Υ ή το εισαγωγικό μάθημα του εκπαιδευτικού. Κύριος σκοπός τους ήταν να εξετάσουν το βαθμό και το βάθος της γνωστικής ανάπτυξης και εξέλιξης των μαθητών πάνω σε συγκεκριμένες έννοιες των Φυσικών Επιστημών, αν δηλαδή επιτυγχάνεται βραχύχρονη ή μακρόχρονη μεταφορά γνώσης.

Αναλυτικότερα, οι ερωτήσεις απομνημόνευσης (retention) προϋπόθεταν από τους μαθητές να επαναφέρουν απλά τις πληροφορίες που ήδη αποκόμισαν. Αυτού του είδους οι ερωτήσεις θα μπορούσαν να απαντηθούν άμεσα με την αναφορά σε

μια συγκεκριμένη πρόταση που άκουσαν στην ιστορία με τα κινούμενα σχέδια ή στο εισαγωγικό μάθημα. Ένα παράδειγμα ερώτησης αυτού του είδους, που εξετάζει την έννοια του όγκου είναι: «Τι θα χρησιμοποιήσεις για να μετρήσεις τον όγκο μιας πατάτας; Διάλεξε τη σωστή απάντηση.» Για να απαντήσει ο μαθητής είχε τρεις επιλογές: (α) το ογκομετρικό δοχείο, (β) τη ζυγαριά, και (γ) το ογκομετρικό δοχείο τοποθετημένο πάνω στη ζυγαριά.

Οι ερωτήσεις βραχύχρονης μεταφοράς (near transfer) ενέπλεκαν τους μαθητές στη διαδικασία της εξαγωγής συμπερασμάτων. Για να απαντήσουν οι μαθητές σε αυτού του είδους έπρεπε να συλλέξουν τις απαιτούμενες πληροφορίες που άκουσαν στην ιστορία με τα κινούμενα σχέδια ή στο εισαγωγικό μάθημα, να τις επεξεργαστούν και να τις συσχετίσουν με τις ήδη υπάρχουσες γνώσεις τους, για να απαντήσουν στα ερωτήματα που τους τέθηκαν. Παράδειγμα ερώτησης αυτού του είδους που εξετάζει την έννοια της διαλυτότητας, είναι: «Σε ένα ποτήρι με νερό έχω ρίξει τρεις κουταλιές σόδα, ανακάτεψα καλά και δε διαλύθηκαν τελείως. Τι θα κάνεις για να διαλυθεί και η υπόλοιπη σόδα; Διάλεξε τη σωστή απάντηση.» Για να απαντήσει ο μαθητής είχε τρεις επιλογές: (α) θα συνεχίζεις να ανακατεύεις; (β) θα προσθέσεις και άλλο νερό συνεχίζοντας ν' ανακατεύεις; και (γ) θα ρίξεις το νερό με τη σόδα σε μεγαλύτερο ποτήρι και έτσι θα διαλυθεί;

Τέλος, οι ερωτήσεις μακρόχρονης μεταφοράς (far transfer) εξέταζαν την ικανότητα των μαθητών να εφαρμόσουν τη γνώση που αποκόμισαν για να λύσουν προβλήματα σχετικά με τις έννοιες της διαλυτότητας, της μάζας, του όγκου και της πυκνότητας. Ουσιαστικά, περιγράφουν μια πολύπλοκη διαδικασία καθώς απαιτούσε από τους μαθητές να αναλύσουν, να ταξινομήσουν, να ενσωματώσουν και να αναβαθμίσουν γνώση που τους παρέιχε η ιστορία με τα κινούμενα σχέδια ή το εισαγωγικό μάθημα. Παράδειγμα ερώτησης αυτού του είδους είναι «Η κανάτα που βρίσκεται πάνω στη ζυγαριά έχει μάζα 200 g. Έχω ένα ποτήρι με νερό, ένα με οινόπνευμα και ένα με πορτοκαλάδα. Ρίχνω κάθε φορά 200 g από το κάθε υγρό στην κανάτα. Δες στον πίνακα την πυκνότητα του κάθε υγρού. Ποιο από τα τρία υγρά θα έχει τον μικρότερο όγκο; Διάλεξε τη σωστή απάντηση.» Για να απαντήσει ο μαθητής είχε τρεις επιλογές: (α) το νερό, (β) την πορτοκαλάδα, και (γ) το οινόπνευμα (σχήματα 2 και 3).

Η κανάτα που βρίσκεται πάνω στη ζυγαριά έχει βάρος 200g. Έχω ένα ποτήρι με νερό, ένα με οινόπνευμα και ένα με πορτοκαλάδα. Ρίχνω κάθε φορά 200g από το κάθε υγρό στην κανάτα. Δες στον πίνακα την πυκνότητα του κάθε υγρού. Ποιο από τα τρία υγρά θα έχει τον μικρότερο όγκο; Κάνε κλικ με το ποντίκι σου στο σχήμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

ΥΛΙΚΟ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ g/cm ³
ΝΕΡΟ	1
ΟΙΝΟΠΝΕΥΜΑ	0,80
ΠΟΡΤΟΚΑΛΑΔΑ	1,28

NEPO
ΠΟΡΤΟΚΑΛΑΔΑ
ΟΙΝΟΠΝΕΥΜΑ

Σχήμα 2: Παράδειγμα ερώτησης σε μορφή κινουμένων σχεδίων που μελετά την έννοια της πυκνότητας



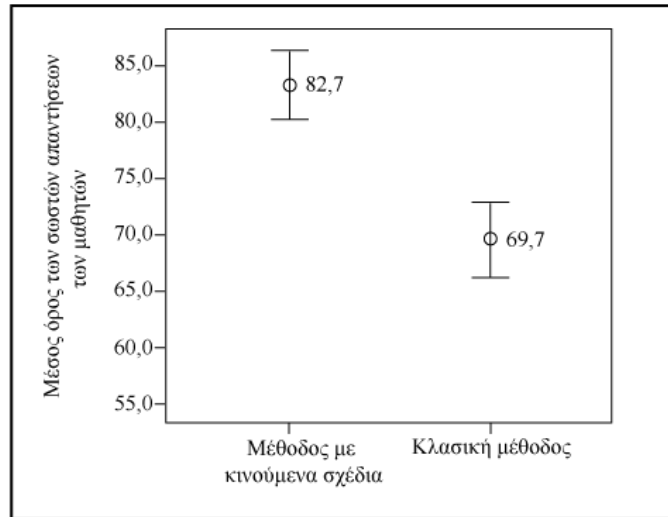
Σχήμα 3: Ενδεικτικά καρτέ που δίνονται κατά τη διάρκεια της απάντησης στην ερώτηση του σχήματος 1

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Θεματική ενότητα των διαλυμάτων

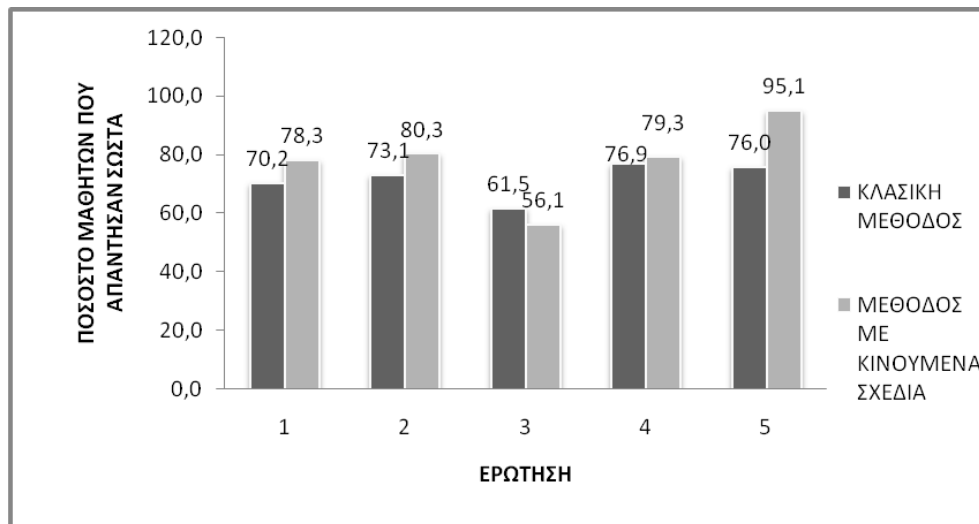
Έγινε προέλεγχος και κυρίως έρευνα. Αφού έγιναν όλες οι απαραίτητες διορθώσεις μετά τον προέλεγχο, στην κυρία έρευνα βρέθηκαν τα εξής: α) στην περίπτωση των κινουμένων σχεδίων, η τιμή του Cronbach's Alpha βρέθηκε ίση με 0,755, ενώ στην περίπτωση της κλασικής μεθόδου η τιμή του Cronbach's Alpha βρέθηκε ίση με 0,776, β) ο συσχετισμός του Pearson (Total Item Correlation) μεταξύ των ερωτήσεων βρέθηκε για όλες τις ερωτήσεις, και στις δύο μεθόδους, μεγαλύτερος από 0,4 (DeVellis, 1991).

Έγινε έλεγχος με τη χρήση των Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk test και βρέθηκε ότι έχουμε μη κανονική κατανομή. Γι' αυτό επιλέχθηκε ένα μη παραμετρικό τεστ (Ρούσσος, 2001; Παυλόπουλος, 2004; Nancy et.al., 2005), το Mann-Whitney U Test (Ξεκαλάκη, 2001).



Διάγραμμα 1: Μέσος όρος σωστών απαντήσεων των μαθητών στα «Διαλύματα» (Διάστημα εμπιστοσύνης 95%).

Το Mann-Whitney U test έδωσε: $U=2846.000$, $N_1=81$, $N_2=103$, $p=0.000<0.05$. Άρα, από τη σύγκριση των δύο μεθόδων παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά. Υπολογίσθηκε ο μέσος όρος των σωστών απαντήσεων των μαθητών (μ_i): για την μέθοδο με τα κινούμενα σχέδια $\mu_{\text{κινούμενα σχέδια}} = 82.7\%$ και για την κλασική μέθοδο $\mu_{\text{κλασικό}} = 69.7\%$ (Διάγραμμα 1). Η ανάλυση έγινε με δείκτη εμπιστοσύνης 95%.



Διάγραμμα 2: Ποσοστό μαθητών που απάντησαν σωστά, σε κάθε ερώτηση και στις δύο μεθόδους («Διαλύματα»).

Από τα Διάγραμμα 2 διαφαίνεται ότι το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν σωστά σε κάθε ερώτηση είναι υψηλότερο στην περίπτωση διδασκαλίας με τα κινούμενα σχέδια σε σχέση με την κλασική μέθοδο.

Στις πέντε ερωτήσεις αξιολόγησης έγινε το Mann-Whitney U test. Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μεθόδων βρέθηκαν στις ερωτήσεις 1,2,4 και 5 καθώς το $p<0.05$ (Πίνακας 1). Εντούτοις, στην περίπτωση της ερώτησης νούμερο 3 (ερώτηση παράδειγμα βραχύχρονης μεταφοράς) καμία στατιστική διαφορά δεν παρατηρήθηκε, δηλαδή οι μαθητές αναμένεται να απαντήσουν με τον ίδιο τρόπο και

στις δύο μεθόδους. Και αυτό γιατί, στην ερώτηση 3 υπάρχει μόνο κείμενο με αποτέλεσμα να στερεί από τους μαθητές ηλικίας 11 ετών, τη βοηθητική και επεξηγηματική επίδραση των γραφικών, στατικών ή κινούμενων.

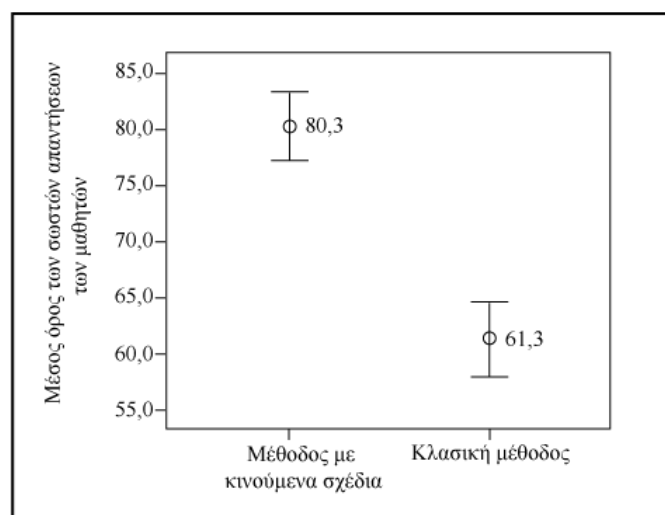
Ερώτηση No	1	2	3	4	5
Mann-Whitney U	3626,000	3453,000	4148,000	3655,500	3262,000
Wilcoxon W	8982,000	8809,000	9504,000	9011,500	8618,000
Z	-2,075	-2,691	-,078	-2,014	-4,138
Asymp. Sig. (2-tailed)	,038	,007	0,938	,044	,000

Πίνακας 1: Mann-Whitney U τεστ για τη κάθε ερώτηση μεταξύ των δύο μεθόδων διδασκαλίας

Θεματική ενότητα της μάζας, του όγκου και της πυκνότητας

Έγινε προέλεγχος και κυρίως έρευνα. Αφού έγιναν όλες οι απαραίτητες διορθώσεις μετά τον προέλεγχο, στην κυρία έρευνα βρέθηκαν για τη θεματική ενότητα των διαλυμάτων τα εξής: α) στην περίπτωση των κινουμένων σχεδίων, η τιμή του Cronbach's Alpha βρέθηκε ίση με 0,730, ενώ στην περίπτωση της κλασικής μεθόδου η τιμή του Cronbach's Alpha βρέθηκε ίση με 0,726, β) ο συσχετισμός του Pearson (Total Item Correlation) μεταξύ των ερωτήσεων βρέθηκε για όλες τις ερωτήσεις, και στις δύο μεθόδους, μεγαλύτερος από 0,3 (DeVellis, 1991).

Έγινε έλεγχος με τη χρήση των Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk test και βρέθηκε ότι έχουμε μη κανονική κατανομή. Γι' αυτό επιλέχθηκε ένα μη παραμετρικό τεστ (Ρούσσος 2001, Παυλόπουλος 2004 Nancy et.al. 2005), το Mann-Whitney U Test (Ξεκαλάκη, 2001).

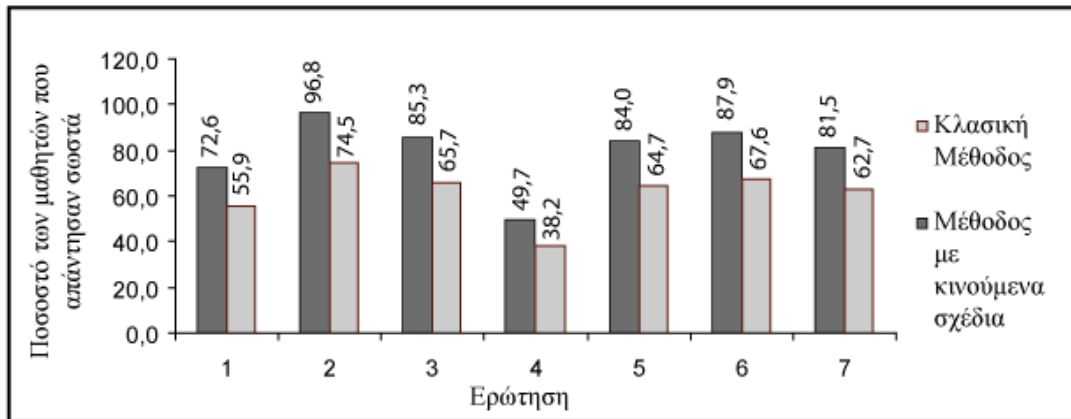


Διάγραμμα 3: Μέσος όρος των σωστών απαντήσεων των μαθητών στις έννοιες της μάζας, του όγκου και της πυκνότητας (Διάστημα εμπιστοσύνης 95%).

Το Mann-Whitney U test έδωσε: $U=1515.500$, $N_1 = 77$, $N_2 = 102$, $p = 0,001 < 0,05$. Άρα, από τη σύγκριση των δύο μεθόδων παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική

διαφορά. Υπολογίσθηκε ο μέσος όρος των σωστών απαντήσεων των μαθητών (μ): για την μέθοδο με τα κινούμενα σχέδια $\mu_{\text{κινούμενα σχέδια}} = 80.3\%$ και για την κλασική μέθοδο $\mu_{\text{κλασικό}} = 61.3\%$ (Διάγραμμα 3). Η ανάλυση έγινε με δείκτη εμπιστοσύνης 95%.

Στην περίπτωση διδασκαλίας με χρήση κινουμένων σχεδίων βρέθηκε ότι το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν σωστά σε κάθε ερώτηση είναι υψηλότερο σε σχέση με την κλασική μέθοδο διδασκαλίας (Διάγραμμα 4).



Διάγραμμα 4: Ποσοστό μαθητών που απάντησαν σωστά, σε κάθε ερώτηση και στις δύο μεθόδους («Μάζα, όγκος και πυκνότητα»).

Στις επτά ερωτήσεις αξιολόγησης έγινε το Mann-Whitney U test. Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο μεθόδων βρέθηκαν στις ερωτήσεις 1,2,3,5,6, και 7 καθώς το $p < 0,05$ (Πίνακας 2). Εντούτοις, στην περίπτωση της ερώτησης νούμερο 4 (ερώτηση σχήματος 1 και παράδειγμα μακρόχρονης μεταφοράς) καμία στατιστική διαφορά δεν παρατηρήθηκε δηλαδή οι μαθητές απαντούσαν με τον ίδιο τρόπο και στις δύο μεθόδους. Η ερώτηση 4, ως ερώτηση μακρόχρονης μεταφοράς, είναι πιο απαιτητική ερώτηση σε σχέση με τις υπόλοιπες.

Ερώτησ η Νο	1	2	3	4	5	6	7
Mann-Whitney U	2959,50 0	3385,000	3191,500	3714,000	2572,500	3370,500	3076,00 0
Wilcoxon W	8212,50 0	8638,000	8444,500	8967,000	7825,500	8623,500	8329,00 0
Z	-3,447	-2,299	-2,812	-,762	-4,565	-2,127	-3,190
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,001	0,022	0,005	0,446	0,000	0,033	0,001

Πίνακας 2: Mann-Whitney U τεστ για τη κάθε ερώτηση μεταξύ των δύο μεθόδων διδασκαλίας

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής υποδεικνύουν την υπεροχή των κινούμενων σχεδίων έναντι της κλασικής μεθόδου. Το ποσοστό των σωστών απαντήσεων των μαθητών έφθασαν το 80,3% στις έννοιες «Μάζα, όγκος και Πυκνότητα» και 89,7 % στα «Διαλύματα» αντίστοιχα στην περίπτωση της μεθόδου με τα κινούμενα σχέδια, και το 61,3% στις έννοιες «Μάζα, όγκος και Πυκνότητα» και 69,7% στα «Διαλύματα» στην κλασική μέθοδο. Συνεπώς, στην παρούσα έρευνα καθίσταται εμφανές ότι σε παιδιά ηλικίας έντεκα ετών έννοιες των Φυσικών Επιστημών, που τις θεωρούν δυσνόητες και τους «φοβίζουν», με τη βοήθεια των κινούμενων σχεδίων γίνονται πιο κατανοητές, καθώς η αναμφισβήτητη δύναμή τους είναι οι απλές γραμμές που χρησιμοποιούν. Επίσης, σε αυτήν την ηλικία τα παιδιά είναι εξοικειωμένα με τις φιγούρες των ηρώων των κινούμενων σχεδίων που παρακολουθούν στην τηλεόραση (π.χ. Disney). Ο Rieber (2000) έχει τονίσει ότι το animation στα κινούμενα σχέδια έχει μεγαλύτερη αποδοχή στα παιδιά από ό,τι στους ενήλικους.

Στην περίπτωση της αξιολόγησης της απόδοσης των μαθητών, βρέθηκε ότι και στις δύο μεθόδους οι ερωτήσεις που υποβλήθηκαν στους μαθητές απαντήθηκαν επιτυχώς με υψηλά ποσοστά επιτυχίας (βλέπε διαγράμματα 2 και 4) εκτός από την ερώτηση 4, στην περίπτωση που εξετάζονται οι έννοιες μάζα-όγκος-πυκνότητα και την ερώτηση 3, στην περίπτωση που εξετάζεται η έννοια της διαλυτότητας. Είναι προφανές ότι οι ερωτήσεις αυτές δυσκόλεψαν τους μαθητές, καθώς η ερώτηση 4 μπορεί να θεωρηθεί πιο απαιτητική σε σχέση με τις υπόλοιπες ερωτήσεις απομνημόνευσης ή βραχύχρονης μεταφοράς, ενώ η ερώτηση 3 είναι μια ερώτηση που βασίζεται καθαρά μόνο στο κείμενο. Συνεπώς, όπως επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα οι ερωτήσεις 4 και 3 δεν είχαν καμία στατιστική σημασία, δεδομένου ότι αναμενόταν οι μαθητές να απαντήσουν με τον ίδιο τρόπο και στις δύο μεθόδους. Για την περίπτωση της ερώτησης 4, ως πιθανή αιτία θα μπορούσε να θεωρηθεί ο ιδιαίτερα αυξημένος βαθμός δυσκολίας της, ο οποίος προκύπτει από τη περίπλοκη διαδικασία για μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, όπου οι πληροφορίες έπρεπε να προκύψουν από την αφήγηση που ακούστηκε στο πρώτο μέρος της εφαρμογής ή από τη θεωρητική εισαγωγή του δασκάλου στην κλασική μέθοδο, να κωδικοποιηθούν και να ενσωματωθούν στη μνήμη. Αντίθετα, στην περίπτωση της ερώτησης 3, η χρήση μόνο κειμένου, στέρησε από τους μαθητές την ευνοϊκή επίδραση των γραφικών, που συμβάλουν στη βελτίωση και στη βαθύτερη κατανόηση του κειμένου. Είναι γνωστό ότι τα γραφικά, στατικά ή κινούμενα, βοηθούν τους μαθητές να χτίζουν τις κατάλληλες συνδέσεις μεταξύ των λέξεων του κειμένου και της εικόνας, οι οποίες εξυπηρετούν την καλύτερη ανάκληση της γνώσης και κατά επέκταση τη βαθύτερη κατανόηση (Gyselinck & Tardieu, 1999).

Η χρήση κινούμενων σχεδίων στο χώρο των θετικών επιστημών, ενδείκνυται για την παρουσίαση της «επιστήμης» με ένα μη συμβατικό αλλά ταυτόχρονα ευχάριστο και αποδοτικό παιδαγωγικό τρόπο (Shurkin et. al, 2015). Διάφορες έρευνες έρχονται να υποστηρίξουν τα θετικά αποτελέσματα της χρήσης τους σε περιπτώσεις όπως στη διδασκαλία των εννοιών της δύναμης και της κίνησης (Sasmaz-Oren & Meric, 2014), όπως και στην εύρεση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών πάνω στην έννοια του χημικού δεσμού (Ulfay, 2015).

Είναι γνωστό άλλωστε ότι τα κινούμενα σχέδια και μάλιστα αυτά που εκθέτουν συγκεκριμένη επιστημονική γνώση (Perales & Vilchez, 2005), απολαμβάνονται από

τους περισσότερους νεαρούς σε ηλικία μαθητές. Σε αυτή τη διαπίστωση βασίζεται και ο εκπαιδευτικός, ο οποίος θα είναι αυτός που θα καθορίσει τον τρόπο που θα τα χρησιμοποιήσει σε μια διδασκαλία, αν δηλαδή θα εμπλουτίσει μια πειραματική διδασκαλία με κινούμενα σχέδια ή θα διαμορφώσει τη διδασκαλία με κεντρικό άξονα τα κινούμενα σχέδια, πάντοτε όμως χρησιμοποιώντας τα ως ένα συμπληρωματικό διδακτικό εργαλείο (Naylor & Keogh, 2000).

Επίσης από την έρευνα διαφαίνεται ότι τα κινούμενα σχέδια μπορούν να αποτελέσουν ακόμα και ένα πολύτιμο εργαλείο αξιολόγησης στο τομέα των Φυσικών Επιστημών. Διότι είναι σχετικά με τα ενδιαφέροντα των μαθητών και ειδικά σε φαινόμενα που σχετίζονται με την καθημερινή ζωή προωθούν τις δεξιότητες της παρατήρησης και αναζήτησης, προάγουν τη συζήτηση και την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης (Morris et al., 2007). Άλλωστε, ποιος μπορεί να αρνηθεί ότι τα κινούμενα σχέδια μέσω της τηλεόρασης και των κόμικς αποτελούν μέρος της ζωής των παιδιών μας (Perales & Vilchez, 2006). Οπότε συμπερασματικά, θα μπορούσε να ειπωθεί, όπως υποστήριξαν οι Song et al. (2008), ότι τα κινούμενα σχέδια προσφέρουν την ευκαιρία στον εκπαιδευτικό να αξιολογήσει την πορεία της μάθησης, αλλά και κατανόησης των μαθητών του με έναν αυθεντικό τρόπο.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Ξεκαλάκη, Ε. (2001). *Μη Παραμετρική Στατιστική* (ISBN:960-90146-2-3).
- Παυλόπουλος, Β. (2004). *Μοντέλα Ανάλυσης Διακύμανσης Σημειώσεις για το μάθημα Πολυπαραγοντική Στατιστική Ανάλυση*, Τομέας Ψυχολογίας, Τμήμα Φιλοσοφίας, Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Ρούσσος, Π. (2001). *Σύντομο Εγχειρίδιο Χρήσης του Λογισμικού Στατιστικής Επεξεργασίας SPSS για Windows v. 8.0*, Διαπανεπιστημιακό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Βασική και Εφαρμοσμένη Γνωσιακή Επιστήμη», Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας & Θεωρίας της Επιστήμης, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Adey, P., & Shayer, M., (1988). Strategies for meta-learning in physics. *Physics Education* 23, 97–104.
- Blanco, A. & Prieto, T. (1997) Pupils' views on how stirring and temperature affect the dissolution of a solid in a liquid: a cross-age study (12 to 18). *International Journal of Science Education*, 19(3), 303-315.
- Chi, M. T. H., Siler, S. A., Jeong, H., Yamauchi, T., & Hausmann, R. G. (2001). Learning from human tutoring. *Cognitive Science*, 25, 471–533.
- Chin, C. & Teou L.Y. (2008). Using Concept Cartoons in Formative Assessment: Scaffolding students' argumentation, *International Journal of Science Education*, 1–26.
- Dalacosta, K., Kamariotaki-Paparrigopoulou, M., Palyvos, J.A., & Spyrellis, N. (2009). Multimedia application with animated cartoons for teaching science in elementary education. *Computers & Education*, 52 (4), 741-748.
- De Fren, M. (1988). Using cartoons to develop writing and thinking skills. *Social Studies Journal*, 79, 221–224.
- DeVellis, R. F. (1991). *Scale development: Theory and applications*. London: Sage Ltd.

Ebenezer, J. & P. Gaskell, J.(1995).Relational Conceptual Change in Solution Chemistry, *Science Education* , 79(1), 1-17.

Gyselinck, V., & Tardieu H. (1999). The role of illustration in text comprehension: what, when, for whom, and why? In: Goldman SR, Van Oostendorp H, editors. *The construction of mental representation during reading*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp 195–218.

Keogh, B., & Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. *International Journal of Science Education*, 21(4), 431–446.

Lee, O., Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berkheimer, G.D. & Blakeslee, T.D. (1993) Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 249-270.

Madden, M., Chung, P.W.H. & Dawson C.W. (2008). The effect of a computer-based cartooning tool on children's cartoons and written stories. *Computers & Education*, 51, 2, 900–925.

Madden, M., Chung, P.W.H. & Dawson, C.W. (2009). Cartoons beyond clipart: A computer tool for storyboarding and storywriting. *Computers & Education*, 52, 1, 188-200.

Nancy, L., Leech, K., Barrett, C.G., Morgan, A. (2005), *SPSS for Intermediate Statistics; Use and Interpretation*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers Mahwah, New Jersey, London 2005

Morris, M., Merritt, M., Fairclough, S., Birrell, N., Howitt, C. Ve. (2007). Trialling concept cartoons in early childhood teaching and learning of science, *Teaching Science*, 53 (2) (2007), pp. 42–45

Naylor, S. & Keogh, B. (2000) *Concept Cartoons in Science Education*. Millgate House Publishers.

Peacock, A. (1995). An agenda for research on text material in primary science for second language learners of English in developing countries. *Journal of Multilingual and Multicultural Development*, 16, 389–401.

Perales, F. J., & Vilchez, J. M (2005). The Teaching of Physics and Cartoons: Can they be interrelated in secondary education? *International Journal of Science Education*, 27 (14), 1647–1670.

Perales, F. J., & Vilchez, J. M. (2006). Image of science in cartoons and its relationship with the image in comics. *Physics Education*, 41 (3), 240–249.

Prieto, T., Blanco, A. & Rodriguez, A. (1989). The ideas of 11 to 14 year old students about the nature of solutions. *International Journal of Science Education*, 11 (4), 451-463.

Richie, J. R. (1979). The funnies aren't just funny: Using cartoons and comic strips to teach. In J. L. Thomas, *Cartoons and Comics in the Classroom: A Reference for Teachers and Librarians* (pp 34-39). Littleton, CO: Libraries Unlimited.

Rieber, L.P. (2000). *Computers, Graphics, and Learning*. The University of Georgia Athens. Loyd P. Rieber.

Smith, C., Carey, S., & Wiser, M. (1985). On differentiation: A case study of development of the concepts of size, weight and density. *Cognition* 21, 177 – 237.

Song, Y.,Heo, M., Krumenaker, L. & Tippins, D. (2008). Cartoons - An Alternative Learning Assessment, *Science Scope*, 31, 5, 16-21.

Stephenson, P. & Warwick P. (2002). Using concept cartoons to support progression in students' understanding of light. *Physics Education*, 37 (2), 135-141.

Shurkin, J., Keogh, B., Naylor, S. (2015). Science and culture: Cartoons to better communicate science, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112 (38), 11741-2

Tsou, W., Wang, W. & Tzeng, Y (2006). Applying a multimedia storytelling website in foreign language learning. *Computers & Education* , 47, 17-28.

Wright, G., & Sherman, R. (1999). Let's create a comic strip. *Reading Improvement*, 36, 66-72

Sasmaz-Oren, F. & Meric, G. (2014). Seventh grade students' perceptions of using concept cartoons in science and technology course. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 2(2), 116-137.

Ultay, N. (2015). The effect of concept cartoons embedded within context-based chemistry : Chemical bonding. *Journal of Baltic Science Education*, 14(1), 96–108.