

Συνδυάζοντας Πειράματα Χημείας και Τεχνολογικά Γνωστικά Εργαλεία Μοντελοποίησης για Μαθητές Δημοτικού

Νίκος Κομματάς*, Τζούλια Φορτούνη*, Μαρία Φραγκάκη,*
Νίκος Πασάλης & Αγγελική Δημητρακοπούλου**

*Εκπαιδευτικοί, μεταπτυχιακοί φοιτητές, ΠΤΔΕ, Ε.Κ. Πανεπιστήμιο Αθηνών

**Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

{nkomatas; gfort; mfragaki}@primedu.uoa.gr; {adimitr; passalis}@rhodes.aegean.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Είναι κοινή διαπίστωση, ότι σήμερα διατίθεται ένας μικρός αριθμός εκπαιδευτικών λογισμικών που υποστηρίζουν τη μάθηση για μαθητές Δημοτικού σχολείου, σύμφωνα με τις σύγχρονες θεωρίες μάθησης. Πέρα όμως από την έλλειψη αυτή ή μη, είναι σημαντικό να διερευνήσουμε τη δημιουργία πλούσιων μαθησιακών περιβαλλόντων που αξιοποιούν κατάλληλα τα εκπαιδευτικά μέσα, και δεν εστιάζουν αποκλειστικά στο τεχνολογικό περιβάλλον. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να παρουσιάσει τα ερευνητικά δεδομένα μιας διδακτικής προσέγγισης της ενότητας «Διαλύματα» στη Χημεία, όπου το μαθησιακό περιβάλλον καθορίζεται από την παράλληλη αξιοποίηση δύο βασικών συμπληρωματικών μέσων: εργαστηριακά πειράματα και λογισμικό μοντελοποίησης. Από μεθοδολογική άποψη η έρευνα αποτελεί μια μελέτη περίπτωσης στην οποία διερευνάται γενικότερα η αλληλεπίδραση των μαθητών, με διαφορετικά γνωστικά εργαλεία και εκφραστικά μέσα μοντέλων (ποιοτικά μοντέλα χαρτών εννοιών και ημιποσοτικά μοντέλα), του τεχνολογικού περιβάλλοντος του ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΥ ΜΟΝΤΕΛΩΝ παράλληλα με πειραματικές δραστηριότητες με πραγματικά αντικείμενα, μέσα από μια κατάλληλη ενότητα μαθησιακών δραστηριοτήτων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: *πείραμα, μοντελοποίηση, Διαλύματα, Χημεία, Δημιουργός Μοντέλων, εννοιολογικοί χάρτες, ημιποσοτικά μοντέλα, εναλλακτικές ιδέες, επιστημονικές έννοιες*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι αλήθεια ότι στην Ελλάδα, δεν έχει ακόμα αναπτυχθεί, ένας ικανοποιητικός αριθμός εκπαιδευτικών λογισμικών, που πραγματικά να υποστηρίζουν μαθησιακά τους μαθητές του Δημοτικού Σχολείου, στην οικοδόμηση εννοιών των Φυσικών Επιστημών (Σταυρίδου και άλλοι, 2000, Σολομωνίδου 2002,). Σε επίπεδο σχολικής πρακτικής έχουν επικρατήσει κυρίως τα λογισμικά πρακτικής και εξάσκησης, ή ακόμα τα λεγόμενα εκπαιδευτικά παιχνίδια. Τα περιβάλλοντα αυτά μπορεί να είναι ελκυστικά στους μαθητές, ή ίσως χρήσιμα για μια πρώτη εξοικείωση των παιδιών με τη χρήση της τεχνολογίας, δε δίνουν όμως τη δυνατότητα για (α) υποστήριξη υψηλότερων μαθησιακών στόχων, (β) εργασία σε συνθήκες τάξης όπου τουλάχιστον δύο παιδιά εργάζονται μπροστά στον υπολογιστή, με σκοπό την αξιοποίηση των δυνατοτήτων της ομάδας στη λεκτική έκφραση και κυρίως στη διαπραγμάτευση των νοημάτων.

Για να αντιμετωπιστούν οι δυσκολίες των μαθητών στην οικοδόμηση εννοιών έχουν γίνει σημαντικές προτάσεις που αφορούν, σε ένα μεγάλο βαθμό, στη χρήση διερευνητικών εκπαιδευτικών λογισμικών. Έρευνες που έχουν γίνει στην κατεύθυνση της μελέτης των μηχανισμών μάθησης, αλλά και το σχεδιασμό νέων διδακτικών πρακτικών, εμπλέκουν την αξιοποίηση των ΤΠΕ στη διδασκαλία (Σολομωνίδου, 2002) και την καθιστούν συχνά αδήριτη

αναγκαιότητα για λόγους επιστημολογικούς, αλλά και μαθησιακούς (Δημητρακοπούλου, 2004). Παρόλα αυτά, συχνά οι προσπάθειες αυτές εστιάζουν στην αποκλειστική χρήση των τεχνολογικών αυτών περιβάλλοντων, δίχως να αξιοποιούν παράλληλα άλλα υπάρχοντα εκπαιδευτικά μέσα.

Η πειραματική διαδικασία, πέρα από τη σημασία της ως πρωταρχική μέθοδος της επιστήμης, φαίνεται να έχει σημαίνοντα ρόλο στη μαθησιακή διαδικασία, για δύο επιπρόσθετους λόγους: (α) για να αποφευχθεί η σύγχυση που μπορεί να δημιουργηθεί στους μικρούς μαθητές ανάμεσα στον ψηφιακό και στον πραγματικό κόσμο, -ανάμεσα στις προσομοιώσεις και το φαινόμενο, το μοντέλο και την πραγματικότητα- (Δημητρακοπούλου, 2004), (β) για την καλύτερη υποστήριξη της διαδικασίας της μάθησης (Smymnaiou & Barais, 2003).

Το πείραμα δημιουργεί το πραγματικό ρεαλιστικό πλαίσιο μελέτης. Για να εξελιχθεί όμως μια νοητή διαδικασία όπως η συγκρότηση των επιστημονικών εννοιών, είναι στη συνέχεια συχνά απαραίτητη η χρήση διερευνητικών λογισμικών, όπως τα συστήματα μοντελοποίησης, που προσφέρουν κατάλληλα γνωστικά εργαλεία, για την υποστήριξη του συλλογισμού.

Στη παρούσα εισήγηση, παρουσιάζεται μια διερευνητική μελέτη, η οποία προτείνει μαθησιακές δραστηριότητες για παιδιά της ΣΤ' τάξης του Δημοτικού σχολείου, στο αντικείμενο των Διαλυμάτων της Χημείας, και συνδυάζει (α) την αξιοποίηση πειράματος, παράλληλα με τεχνολογικό περιβάλλον, και (β) δύο διαφορετικές εκφραστικές και διερευνητικές συλλογιστικές προσεγγίσεις μέσω ποιοτικών μοντέλων και ημιποσοτικών μοντέλων. Το ενδιαφέρον μας έγκειται στο να μελετήσουμε κατά πόσο ο συνδυασμός αυτός, επιτρέπει στα παιδιά, να εκφράσουν τις νοητικές τους αναπαραστάσεις, ώστε στη συνέχεια να τις εξελίσσουν προς την πορεία της οικοδόμησης των επιστημονικών εννοιών.

Η επιλογή του αντικειμένου των Διαλυμάτων, έγινε καταρχάς λόγω των δυσκολιών που έχουν οι μαθητές στη συγκρότηση των εμπλεκόμενων εννοιών. Οι απλές σχετικά έννοιες (π.χ. μίγματα, διαλύματα, ομοιογένεια) παρουσιάζουν δυσκολίες στους μαθητές (Longden, & Ken, 1991; Ebenezer, et all 1995). Όμως ακόμα και δάσκαλοι δεν έχουν επαρκή εννοιολογική συγκρότηση των εννοιών αυτών (Papageorgiou & Sakka, 2000). Σε πολλές περιπτώσεις, φαίνεται να υπεισέρχονται οι δυσκολίες των σωματιδιακών μοντέλων της ύλης, στην κατανόηση ορισμένων εννοιών (π.χ. ομοιογένειας, διάλυσης αλλά μη εξαφάνισης ουσιών) (Stavridou et all, 1993) Xatzinikita & Koulaïdis 1997, Σταυρίδου & αλ. 2000)

Η επιλογή του τεχνολογικού περιβάλλοντος, έγινε με κριτήριο το κατά πόσο φαίνεται να παρέχει γνωστικά εργαλεία, εν δυνάμει ικανά να υποστηρίξουν ουσιαστικά τους μαθητές, παρέχοντας σημασιολογικά συστήματα και φορμαλισμούς μοντέλων, συμβατούς με τις δυνατότητες των μικρών παιδιών. Για το λόγο αυτό, αξιοποιήθηκε ο ΔΗΜΙΟΥΡΓΟΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ (ΔΜ), ένα ανοικτό πολυλογιστικό περιβάλλον μάθησης, για την επινόηση και το σχεδιασμό μοντέλων, τη διερεύνηση της συμπεριφοράς τους, τη βελτίωση καθώς και τον έλεγχο των ορίων της εγκυρότητάς τους (Dimitracopoulou et all. 1999, Komis et all. 2000). Πέρα από την υποστήριξη έκφρασης αφηρημένων επιστημονικών μοντέλων, επιτρέπει τη δημιουργία ποιοτικών, και ημιποσοτικών μοντέλων και παρέχει εναλλακτικούς τρόπους έκφρασης και αναπαράστασης.

Η εισήγηση παρουσιάζει το μεθοδολογικό πλαίσιο της διερευνητικής διδακτικής παρέμβασης (ερευνητικά ερωτήματα, συνθήκες και δομή δραστηριοτήτων), ενώ στη συνέχεια παρουσιάζει και αναλύει τα αποτελέσματα, εστιάζοντας τόσο στον εκφραστικό λόγο των παιδιών (κατά τη διάρκεια πειραμάτων και μοντελοποίησης), όσο και στην ποιότητα των μοντέλων που κατασκευάζουν.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ερευνητικά ερωτήματα

Η μελέτη αυτή επιχειρεί να διερευνήσει αν το προτεινόμενο μαθησιακό περιβάλλον (δραστηριότητες- φύλλα εργασίας, πειράματα, ποιοτικά και ημιποσοτικά μοντέλα) επιτρέπει (α) στις αρχικές διαισθητικές αντιλήψεις των παιδιών, να αναδυθούν, και (β) πώς αυτές

διαμορφώνονται και τροποποιούνται κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης, αναδεικνύοντας παράλληλα τις εναλλακτικές ιδέες, τις παρερμηνείες, καθώς επίσης και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στην κατανόηση νέων επιστημονικών εννοιών.

Μας ενδιαφέρει δηλαδή να μελετήσουμε αν το περιβάλλον αυτό επιτρέπει στα παιδιά να εκφράζουν τις ιδέες τους, και τις νοητικές τους αναπαραστάσεις ώστε στη συνέχεια, να τις εξελίξουν σε μια πορεία οικοδόμησης των επιστημονικών εννοιών.

Τα υποκείμενα

Στην πειραματική διαδικασία συμμετείχαν εθελοντικά 6 παιδιά (4 κορίτσια, 2 αγόρια), της ΣΤ΄ τάξης του 7^{ου} Δημοτικού Σχολείου Χαϊδαρίου. Όλοι οι μαθητές ήταν λίγο ή πολύ εξοικειωμένοι με τη χρήση Η/Υ, τέσσερις από αυτούς, είχαν υπολογιστή στο σπίτι. Για τις ανάγκες της μελέτης μας, χωρίστηκαν σε τρεις διμελείς ομάδες, λαμβάνοντας υπόψη και τις προτιμήσεις των παιδιών (κοινωνιόγραμμα της τάξης). Οι ομάδες παρέμειναν σταθερές από την αρχή ως το τέλος της διαδικασίας. Για λόγους διακριτικότητας χρησιμοποιήθηκαν ψευδώνυμα αντί για τα πραγματικά ονόματα των μαθητών, όπου αυτοί αναφέρονται στην παρούσα εργασία.

Οι σχολικές επιδόσεις των παιδιών κυμαίνονταν από άριστες μέχρι αρκετά καλές. Οι μαθητές κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς (πριν από τέσσερις περίπου μήνες), είχαν ήδη διδαχθεί τη σχετική ενότητα «Μίγματα-Διαλύματα» από το σχολικό εγχειρίδιο «Ερευνώ και ανακαλύπτω» της Στ΄ Δημοτικού. Οι έννοιες που είχαν επεξεργαστεί ήταν: μίγμα, διάλυμα, ετερογενές- ομογενές μίγμα, κορεσμένο διάλυμα.

Σχεδιασμός δραστηριοτήτων & Συνθήκες υλοποίησης ερευνητικής διαδικασίας

Η θεματική ενότητα που επιλέχθηκε είναι τα «Διαλύματα» στο μάθημα «Ερευνώ και ανακαλύπτω» της Στ΄ τάξης Δημοτικού και βασίζεται σε έξι επιμέρους μελέτες θεμάτων, που έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- (a) οι μαθητές εμπλέκονται αρχικά με πειραματικές διαδικασίες στο σχολικό εργαστήριο (χρηστικό επίπεδο).
- (b) εκφράζουν τις πειραματικές αυτές διαδικασίες με έννοιες μέσα από εννοιολογικούς χάρτες στο περιβάλλον του ΔΜ (συμβολικό επίπεδο).
- (c) μέσω δραστηριοτήτων μοντελοποίησης (εικονικό επίπεδο), στο ΔΜ, οι μαθητές σταδιακά: α) εστιάζουν σε μια βασική ιδιότητα των διαλυμάτων, αυτή της ομοιογένειας, β) μελετούν τις βασικές διεργασίες των διαλυμάτων: αραίωση, συμπύκνωση, γ) αναπαριστούν τις βασικές έννοιες, ιδιότητες και διεργασίες των διαλυμάτων με την κατασκευή εννοιολογικών χαρτών.

Τα φύλλα εργασίας που συνοδεύουν την κάθε επιμέρους θεματική ενότητα [ο αναγνώστης μπορεί να τις αναζητήσει στην ιστοσελίδα του ΔΜ], δημιουργήθηκαν αρχικά από τον Νίκο Πασσάλη (καθηγητή Χημείας) για τη διδασκαλία της αντίστοιχης θεματικής ενότητας στη Β΄ Γυμνασίου, και στη συνέχεια έγινε η προσαρμογή τους για μαθητές Δημοτικού (απλοποιήθηκε η γλώσσα, αφαιρέθηκαν γνωστικά δύσκολες δραστηριότητες, προστέθηκαν άλλες υποστηρικτικές).

Η πλήρης ενότητα των διδασκαλιών και δραστηριοτήτων παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

Χρειάζεται να διευκρινιστεί ο ρόλος του δασκάλου-ερευνητή, κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης: οι ερωτήσεις του είχαν κυρίως ως στόχο να προκαλέσουν την ενεργοποίηση και τη συνεργασία των μαθητών, την ανάκληση προηγούμενων γνώσεων ή ιδεών, την έκφραση προβληματισμών αλλά και συναισθημάτων, την περιγραφή πειραματικών δεδομένων, κλπ.

Συλλογή δεδομένων

Η ερευνητική αυτή μελέτη είχε συνολική διάρκεια επτά διδακτικών ωρών (Σχήμα 1). Η διαδικασία βιντεοσκοπήθηκε με εστίαση του βίντεο σε όλη την τάξη και το διδάσκοντα, ώστε να καταγραφούν οι διομαδικές παρουσιάσεις και επικοινωνίες. Χρησιμοποιήθηκαν συμπληρωματικά δημοσιογραφικά κασετόφωνα για την ηχογράφηση των συνομιλιών της κάθε ομάδας ξεχωριστά.

Μετά τη λήξη των διδασκαλιών ζητήθηκαν και ηχογραφήθηκαν οι γνώμες των παιδιών για τη διαδικασία (συνεντεύξεις). Πηγές δεδομένων της έρευνας αποτέλεσαν (α) οι σημειώσεις του ερευνητή, (β) η βιντεοσκοπημένη καταγραφή των διαλόγων στη τάξη, (γ) τα ηχητικά δεδομένα της κάθε ομάδας, (δ) οι συνεντεύξεις των μαθητών, (ε) τα συμπληρωμένα φύλλα εργασίας, (ζ) τα αποθηκευμένα μοντέλα των παιδιών.

Πίνακας 1: Πίνακας διδασκαλιών, μέσων & διδακτικών στόχων

Δ/λίες	Ενότητες	Διδακτικοί στόχοι	Διάρκεια
Αρχική δ/λία	Επίδειξη του προγράμματος «Δημιουργός Μοντέλων»	*Εξοικείωση με το περιβάλλον του λογισμικού. *Κατανόηση των βασικών εργαλείων και λειτουργιών.	45 λεπτά
1 ^η δ/λία	«Παρασκευάζω ζαχαρόνερο» (πείραμα και χάρτες εννοιών)	*Διάκριση των βασικών εννοιών των διαλυμάτων. *Η ποιοτική ανάλυση κι έκφραση με χάρτη εννοιών	45 λεπτά
2 ^η δ/λία	«Μια βασική ιδιότητα των διαλυμάτων» (πείραμα και ημιποσοτικά μοντέλα)	*Να κατανοήσουν την «ομοιογένεια» σαν μια βασική ιδιότητα των διαλυμάτων. *Η διαδικασία μοντελοποίησης της ομοιογένειας	45 λεπτά
3 ^η δ/λία	«Η έννοια της περιεκτικότητας» (πείραμα και ημιποσοτικά μοντέλα)	*Κατανόηση της έννοιας της περιεκτικότητας. *Η διαδικασία μοντελοποίησης της περιεκτικότητας.	45 λεπτά
4 ^η δ/λία	«Αραίωση ζαχαρόνερο» (πείραμα και ημιποσοτικά μοντέλα)	*Κατανόηση της διεργασίας της αραίωσης των διαλυμάτων *Η διαδικασία μοντελοποίησης της διεργασίας της αραίωσης.	45 λεπτά
5 ^η δ/λία	«Συμπύκνωση ζαχαρόνερο» (πείραμα και ημιποσοτικά μοντέλα)	*Κατανόηση της διεργασίας της συμπύκνωσης των διαλυμάτων. *Η διαδικασία μοντελοποίησης της διεργασίας της συμπύκνωσης.	45 λεπτά
6 ^η δ/λία	«Στοχασμός στις βασικές έννοιες, ιδιότητες και διεργασίες των διαλυμάτων» (χάρτες εννοιών)	*Κατανόηση των βασικών εννοιών, των ιδιοτήτων και διεργασιών των διαλυμάτων. *Η ποιοτική ανάλυση κι έκφραση με χάρτη εννοιών.	45 λεπτά

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται και συζητώνται, εστιάζοντας (α) στον προφορικό λόγο των παιδιών (Luria, 1979) κατά τη διάρκεια πειραμάτων ποιοτικής ή ημιποσοτικής μοντελοποίησης, (β) στην ποιότητα των μοντέλων που κατασκευάζουν, ιδιαίτερα όσον αφορά στους χάρτες εννοιών (στα ημιποσοτικά μοντέλα δεν υπάρχει διαφοροποίηση των κατασκευών των μαθητών)

(1.) Σχετικά με την οικοδόμηση εννοιών κατά τη διαδικασία των πειραμάτων και της ημιποσοτικής μοντελοποίησης

Η ανάλυση των δεδομένων εστιάζει στη δόμηση των εμπλεκόμενων εννοιών ‘διάλυση ουσίας’, ‘ομοιογένεια’ και ‘περιεκτικότητα’, και συγκεκριμένα στην έκφραση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών, αλλά και την εξέλιξή τους.

α) Παρερμηνεία της έννοιας «διάλυση μιας ουσίας»

Από την ανάλυση του βίντεο παρατηρήσαμε, ότι δύο παιδιά διαφορετικών ομάδων (Άρης και Μαρία), κατά την παρασκευή του ζαχαρόνερου, χρησιμοποίησαν τη φράση «η ζάχαρη εξαφανίστηκε» για να περιγράψουν τη διάλυση της ζάχαρης μέσα στο νερό (περιστατικό 1 και περιστατικό 2).

Περιστατικό 1: (1^η διδασκαλία) 6:25μ.μ

Δάσκαλος: Η πρώτη ομάδα. Άρη, τι έγινε; Πες μας!

Άρης: Το εξαφάνισα!

Δάσκαλος: Τι έγινε, δηλαδή; Πες μας αρχικά τι έχεις βάλει εκεί μέσα

Άρης: νερό, ζάχαρη και το ανακάτεψα

Δάσκαλος: Πού είναι η ζάχαρη; Δε τη βλέπω...

Άρης: Το εξαφάνισα

Περιστατικό 2: (1^η διδασκαλία) 6:28μ.μ)

Μαρία: Λοιπόν, στο πρώτο μπουκαλάκι που έχει μέσα το ρύζι, το ρύζι έχει κατακάτσει στον πάτο και το νερό είναι θολό, ενώ στο δεύτερο ποτήρι που έχει μέσα αλατόνερο, το αλάτι έχει εξαφανιστεί, έχει διαλυθεί και το νερό είναι καθαρό.

Η λανθασμένη αυτή αντίληψη φαίνεται να ανατρέπεται στην πορεία κατά την *πειραματική διαδικασία* (περιστατικό 3), αλλά και κατά τη δημιουργία ποιοτικού μοντέλου χάρτη εννοιών με το ΔΜ, όπου τα παιδιά «χαρτογραφούν» το πείραμα και ξεκαθαρίζουν την έννοια του διαλύματος και τις συναφείς έννοιες: διαλυτής, διαλυμένη ουσία, ετερογενές-ομογενές μίγμα (περιστατικό 5).

Περιστατικό 3: (1^η διδασκαλία) 6:38μ.μ)

Δάσκαλος: Από τι αποτελείται Άρη το διάλυμα αυτό;

Άρης: Από νερό και ζάχαρη

Δάσκαλος: Με ποιο απλό τρόπο μπορείτε να αποδείξετε ότι στο ζαχαρόνερο και αλατόνερο υπάρχει ζάχαρη και αλάτι, αντίστοιχα;

Άρης: Με να το δοκιμάσουμε (Η ίδια απάντηση έχει δοθεί και στο 1^ο Φύλλο Εργασίας)

Περιστατικό 5: (1^η διδασκαλία) 7:05μ.μ) Από ομάδα 2 (Μαρία-Ελένη) που εξηγεί τον χάρτη εννοιών της

Μαρία: Έχουμε κάνει μια σχέση που λέμε ομογενές μίγμα ή αλλιώς διάλυμα και μετά εξηγούμε ότι το διάλυμα αποτελείται από νερό, αλάτι ή ζάχαρη σε δυο άλλα συννεράκια.

β) Παρερμηνεία της έννοιας «ομοιογένεια»

Μια άλλη παρανόηση που αναδείχτηκε μέσα από τα ερευνητικά μας δεδομένα, αφορά στην ιδιότητα της ομοιογένειας των διαλυμάτων. Συγκεκριμένα ο Άρης (ομάδα 1) και ο Κώστας (ομάδα 3) κατά την πειραματική διαδικασία (όταν τους ζητήθηκε να συγκρίνουν τη γλυκιά γεύση σε δύο διαφορετικά σημεία), θεώρησαν ότι στο διάλυμα του ζαχαρόνερου στον πυθμένα, υπάρχει περισσότερη ζάχαρη απ' ό,τι στην επιφάνεια (περιστατικά 6 και 7).

Περιστατικό 6: (2^η διδασκαλία) 7:26μ.μ) Από ομάδα 1 (Άρης-Αναστασία)

Άρης: Όταν ρουφάω από κάτω έχει πιο πολύ ζάχαρη.

Δάσκαλος: Κατάλαβες διαφορά;

Άρης: Ναι, κατάλαβα

Περιστατικό 7: (2^η διδασκαλία) 7:28μ.μ) Από ομάδα 3 (Μαίρη-Κώστας)

Δάσκαλος: Εσύ Κώστα, τι λες; Υπάρχει διαφορά;

Κώστας: Κύριε, ναι, όχι δεν υπάρχει διαφορά.

Δάσκαλος: Γιατί;

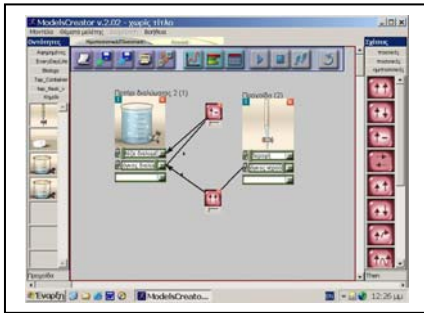
Κώστας: Γιατί άμα πω πως υπάρχει θα με βάλετε να πω... (γέλια από όλους...)

Δάσκαλος: Εγώ θέλω να μου το εξηγήσεις.

Κώστας: Πιστεύω πως υπάρχει διαφορά, διότι, κάτω-κάτω, κύριε, είναι πιο πολύ ζάχαρη, γιατί εκεί θα πάει η πιο πολύ ζάχαρη

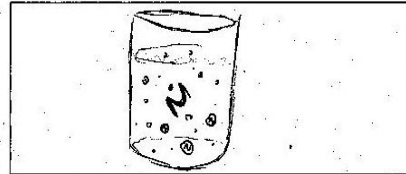
Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις των ερευνητών η παρανόηση του Άρη οφείλεται σε «λάθος εργαστηρίου» (μπορεί δηλαδή η ζάχαρη να μην είχε διαλυθεί καλά), ενώ του Κώστα κυρίως στη λανθασμένη διαισθητική αντίληψη, ότι η ζάχαρη, λόγω του βάρους της κατακάθεται στον πυθμένα. Οι δυνατότητες παραμετροποίησης των συγκεκριμένων οντοτήτων του ΔΜ, που χρησιμοποιούν οι μαθητές στα *ημιποσοτικά μοντέλα* (Σχήμα 1) και κυρίως οι δυνατότητες

οπτικοποίησής του (τα μόρια της ζάχαρης αναπαρίστανται με μικρούς κύκλους, που κατανέμονται ισομερώς στο νερό), βοηθούν τους μαθητές να ξεπεράσουν τις παρερμηνείες από την πειραματική διαδικασία, και να προσεγγίσουν σταδιακά την έννοια της ομοιογένειας (περιστατικά 8 και 9). Έτσι στο φύλλο εργασίας 2, αναπαριστούν σωστά (ομοιόμορφα) την κατανομή των μορίων της ζάχαρης στο νερό (Σχήμα 2).



Σχήμα 1: Ημιποσοτικό Μοντέλο στον ΔΜ

- Αν λάβετε υπόψη σας ότι η ζάχαρη και το νερό αποτελούνται από πολύ μικρά σωματίδια που τα λέμε μόρια, σάς νομίζετε ότι αυτά συμπεριφέρονται στη διαδικασία διάλυσης της ζάχαρης στο νερό, Σχεδιάστε εδώ:



Σχήμα 2: Απόσπασμα από φύλλο εργασίας 3^{ης} ομάδας

Περιστατικό 8: (2^η διδασκαλία 7:44μ.μ) Κατασκευή ημιποσοτικού μοντέλου από ομάδα 3.

Δάσκαλος: Πώς χωρίζεται η ζάχαρη;

Κώστας: Σε πολλά σημεία

Δάσκαλος: Δηλαδή η κατανομή είναι η ίδια;

Κώστας: διαμοιράζεται

Περιστατικό 9: (2^η διδασκαλία 7:48μ.μ) Οι ομάδες συγκεντρώνονται για να συζητήσουν πάνω στα μοντέλα που έχουν κατασκευάσει και στα συμπεράσματα που έχουν καταλήξει

Δάσκαλος: Μας ενδιαφέρει πως είναι διασκορπισμένη η ζάχαρη μέσα στο διάλυμα. Τι παρατηρήσατε;

Κώστας: Δεν είμαι σίγουρος... Πως μπαίνουν το ίδιο, δηλαδή, στο νερό. Η ζάχαρη χωρίζεται το ίδιο σε διάφορα σημεία;

γ) Δόμηση της έννοιας «περιεκτικότητα»

Η δόμηση της έννοιας της περιεκτικότητας προκάλεσε το ερευνητικό μας ενδιαφέρον λόγω της ιδιαίτερης δυσκολίας της αφενός, κι αφετέρου λόγω των σταδίων που κατά την άποψη των ερευνητών τα παιδιά ακολούθησαν, προκειμένου να την οικοδομήσουν και να την εντάξουν στις προϋπάρχουσες γνωστικές δομές τους. Έτσι, σύμφωνα με τα ερευνητικά μας δεδομένα, διακρίνονται τα παρακάτω γενικά στάδια:

1) Η σημασία των πρότερων γνώσεων: Από την ανάλυση του βίντεο αναδεικνύεται η σημασία των πρότερων γνώσεων των παιδιών προκειμένου να κατανοήσουν τη νέα έννοια. Έτσι παρατηρούμε, ότι τα δύο παιδιά της ομάδας 3 (Κώστας, Μαίρη), παρουσιάζουν και επεξηγούν τα πειραματικά δεδομένα, όχι μόνο με βάση την παρατήρηση και τις αισθήσεις (γεύση), αλλά και τις προϋπάρχουσες γνώσεις (έχουν ήδη κατακτήσει την έννοια της ομοιογένειας στην προηγούμενη διδασκαλία). Συγκεκριμένα, η Μαίρη (περιστατικό 10), βασίζεται αποκλειστικά στην προϋπάρχουσα γνώση ότι η ζάχαρη είναι παντού διαλυμένη με τον ίδιο τρόπο, ενώ στον Κώστα (περιστατικό 11), προκαλείται σε κάποιο βαθμό γνωστική σύγκρουση, αφού τα πειραματικά δεδομένα του δεν επαληθεύουν τις πρότερες γνώσεις του.

Περιστατικό 10: (3^η διδασκαλία, 7:59) (Κάθε ομάδα αδειάζει αργά –αργά το ποτήρι που περιέχει το ζαχαρόνερο που έφτιαξαν στην προηγούμενη διδασκαλία και ταυτόχρονα δοκιμάζουν τη γλυκιά του γεύση, ενώ ελαττώνεται ο όγκος του).

Από ομάδα 3 (Μαίρη-Κώστας)

Μαίρη: Εφ' όσον είπαμε ότι η ζάχαρη είναι διασκορπισμένη το ίδιο, σε όλο το διάλυμα, οπότε δε μπορεί στο προηγούμενο, που ήταν πιο πολύ να είναι πιο γλυκό και σε αυτό που είναι πιο λίγο να είναι λιγότερο...

Περιστατικό 11: (3^η διδασκαλία 7:58μ.μ)

Κώστας: Κύριε, κοιτάζτε...εγώ πιστεύω...ξέρω ποιο είναι το σωστό, αλλά...

Δάσκαλος: Τι κατάλαβες, πες μου!

Κώστας: Κατάλαβα πως δεν ήταν τόσο γλυκό, όσο πριν, αλλά κύριε ξέρω πως είναι πιο σωστό να είναι το ίδιο.

Δάσκαλος: Γιατί να είναι το ίδιο;

Κώστας: Αφού την ίδια κουταλιά έβαλα, τόση ποσότητα έχει εδώ μέσα.

2) Γεφύρωμα τυπικών κι άτυπων γνώσεων: Ο διδάσκων με κατάλληλους διδακτικούς χειρισμούς και καθοδήγηση, εισάγει στα παιδιά τον όρο «περιεκτικότητα» και τα βοηθά να συνδέσουν τη νέα έννοια με την ήδη γνωστή έννοια της ομοιογένειας, συσχετίζοντας *το πείραμα με τα ημιποσοτικά μοντέλα* που δημιουργούν στον ΔΜ. Επιπλέον με τις δυνατότητες των εργαλείων του προγράμματος, η έννοια της περιεκτικότητας οπτικοποιείται με ραβδόγραμμα και γραφική παράσταση, ενισχύοντας έτσι την ενσωμάτωσή της στις γνωστικές δομές των παιδιών.

3) Κατανόηση και προσέγγιση της νέας έννοιας: Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των ερευνητών η *πειραματική διαδικασία* και οι παρεμβάσεις του διδάσκοντα, δεν οδήγησαν τους μαθητές στην κατανόηση της νέας έννοιας. Τα παιδιά δεν μπορούν να ανταποκριθούν επαρκώς στο διάλογο που ο διδάσκων προκαλεί, και μόνο ένα φαίνεται να «υποταύεται» τη σημασία της έννοιας. Έτσι η χρήση ενός διαμεσολαβητικού εργαλείου, καθίσταται απαραίτητη (Crawford, 1996). Τα παιδιά κατασκευάζοντας διαφορετικά ημιποσοτικά μοντέλα, στο περιβάλλον του ΔΜ, φαίνεται να κατανοούν καλύτερα την πειραματική διαδικασία που προηγήθηκε και να εκφράζονται στη συνέχεια σταδιακά με «επιστημονικό λόγο», κατά τη διάρκεια δημιουργίας χάρτη εννοιών (περιστατικό 18)

Περιστατικό 18: (6^η διδασκαλία) *Η Μαρία αναλύει τον χάρτη εννοιών της ομάδας της στην ομάδα 3*

Μαρία: Έχουμε ξεκινήσει με τη λέξη μίγμα, συνδέουμε δυο συννεφάκια που δείχνουν τη σχέση ομογενές και ετερογενές, δηλαδή τη βασική ιδιότητα του μίγματος. Μετά προεκτείνουμε τη λέξη ομογενές, που τη συνδέουμε με το διάλυμα.

Δάσκαλος: Ομογενές μίγμα είναι το διάλυμα, ωραία!

Μαρία: Το διάλυμα αποτελείται από νερό και σε άλλο συννεφάκι από αλάτι ή από ζάχαρη. Στο νερό έχουμε βάλει μια προέκταση που λέει ή αλλιώς διαλύτης. Και στο αλάτι ή ζάχαρη έχουμε βάλει μια προέκταση που λέει ή αλλιώς, διαλυμένη ουσία. Στο διάλυμα επάνω (γελώντας για τις πολλές προεκτάσεις...), κάναμε άλλη μια προέκταση, με τη βασική ιδιότητα που είναι η λέξη περιεκτικότητα, που έχει άλλες δυο προεκτάσεις με τις λέξεις αραίωση και συμπύκνωση.

Μπορούμε συνεπώς να συμπεράνουμε ότι η παράλληλη πειραματική διαδικασία με τη χρήση των εργαλείων του ΔΜ, εμπλουτίζει το γνωστικό δυναμικό των μαθητών, ώστε να μπορέσουν να εξελίξουν τα δικά τους νοητικά σχήματα, με την ανασκευή των λανθασμένων αντιλήψεων και τη δόμηση νέων εννοιών. Οι δυνατότητες του περιβάλλοντος, παρέχουν στους μαθητές ευκαιρίες πειραματισμού, δημιουργώντας κίνητρο για μάθηση κι εμπλέκοντάς τους σε μια διαδικασία, όπου η γνώση αντιμετωπίζεται ως νοητική κατασκευή και όχι ως διαδικασία απομνημόνευσης.

(2.) Σχετικά με την έκφραση των εννοιολογικών χαρτών (ποιοτικά μοντέλα)

Στην παρούσα μελέτη, η έκφραση των παιδιών μέσα από εννοιολογικούς χάρτες (ποιοτικά μοντέλα για το περιβάλλον του ΔΜ), έγινε στην πρώτη και στην τελευταία (6^η) διδασκαλία. Συγκεκριμένα στην πρώτη διδασκαλία ζητείται από τις ομάδες να παρουσιάσουν με μορφή εννοιολογικού χάρτη το διάλυμα που έφτιαξαν κατά την πειραματική διαδικασία και να το συνδέσουν με τις αφηρημένες έννοιες διαλυμένη ουσία, διαλύτης, διάλυμα και μίγμα. Η κάθε ομάδα κατασκεύασε δύο εννοιολογικούς χάρτες, έναν αρχικό κι έναν τελικό. Οι τελικοί χάρτες διαμορφώθηκαν μετά τη διομαδική παρουσίαση των αρχικών χαρτών στην τάξη. Αντίστοιχα στην

6^η δ/λία ζητείται από κάθε ομάδα να καταγράψει τις βασικές έννοιες, ιδιότητες και διεργασίες των διαλυμάτων. Συλλέχθηκαν από κάθε ομάδα δύο εννοιολογικοί χάρτες (αρχικός και τελικός), δηλαδή συνολικά 12 χάρτες, 6 αρχικοί και 6 τελικοί.

Οι χάρτες εννοιών αναλύθηκαν τόσο με ποσοτικά κριτήρια (αριθμός κόμβων και σχέσεων, βάθος των συνδέσεων), όσο και με ποιοτικά (το σχήμα τους και το περιεχόμενό τους).

Σε μια αναλυτική παρουσίαση των δεδομένων (Πίνακες 2 και 3), παρουσιάζεται η διαφορά των κόμβων και των συνδέσεων ανά ομάδα. Στους πέντε από τους έξι τελικούς χάρτες παρουσιάζεται αύξηση των κόμβων και των σχέσεων, ενώ σε έναν παραμένουν το ίδιο. Επισημαίνουμε εδώ τη μεγαλύτερη διαφορά (3^η ομάδα στην 1^η διδασκαλία), όπου οι αρχικοί κόμβοι και σύνδεσμοι ήταν 6 και 3 αντίστοιχα, ενώ οι τελικοί, 12 και 11 αντίστοιχα.

Το βάθος των συνδέσεων παρουσιάζει σημαντική αύξηση στους τελικούς χάρτες, γεγονός που αποτελεί ένδειξη καλύτερης οργάνωσης και ιεράρχησης των εννοιών. Ένα άλλο κοινό χαρακτηριστικό των συνδέσεων σε όλους τους χάρτες είναι ότι όλες οι σχέσεις προσδιορίζονται με λεκτικές ετικέτες, γεγονός που αποδίδεται στην εξοικείωση των παιδιών με την τεχνική της εννοιολογικής χαρτογράφησης.

Σχετικά με τη δομή των χαρτών (Πίνακες 2 και 3), οι τρεις δεν άλλαξαν σχήμα, ενώ οι άλλοι τρεις βελτιώθηκαν κι εξελίχθηκαν σε πιο πολύπλοκη μορφή. Έτσι στην απλούστερη μορφή του «αστεριού» από τρεις αρχικούς χάρτες παραμένει μόνο ένας στους τελικούς, στην ενδιάμεση κατηγορία του «δέντρου» εμφανίζονται δύο στους τελικούς (σαν μετεξέλιξη των προηγούμενων «αστεριών»), ενώ στην πιο σύνθετη κατηγορία του «δικτύου», έχουμε αύξηση των δύο αρχικών σε τρεις. Ένας μόνο χάρτης (αρχικός) είχε απροσδιόριστη δομή, ενώ έλειπε εντελώς η γραμμική μορφή, γεγονός που προκάλεσε την έκπληξη αρχικά των ερευνητών, εφόσον στη βιβλιογραφία αναφέρεται ως η επικρατέστερη μορφή εννοιολογικών χαρτών στα παιδιά του Δημοτικού Σχολείου, (Καρασαββίδης, 2002) και (Μαυραντωνάκη, 2001). Αποδόθηκε ωστόσο στην ενασχόληση και εξοικείωση της συγκεκριμένης τάξης, κατά τη διάρκεια της τελευταίας σχολικής χρονιάς, με την τεχνική της εννοιολογικής χαρτογράφησης.

Πίνακας 2: Συγκριτικοί πίνακες αρχικών-τελικών χαρτών 1^{ης} δ/λίας

ΑΡΧΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ 1 ^{ης} ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ					ΤΕΛΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ 1 ^{ης} ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ				
Ομάδα	Κόμβοι	Σχέσεις	Βάθος	Σχήμα	Ομάδα	Κόμβοι	Σχέσεις	Βάθος	Σχήμα
1	7	6	3	αστέρι	1	10	9	4	δέντρο
2	4	3	2	αστέρι	2	6	5	3	αστέρι
3	6	3	2	;	3	12	11	4	δίκτυο

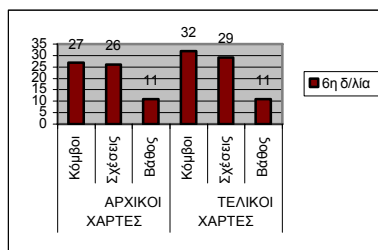
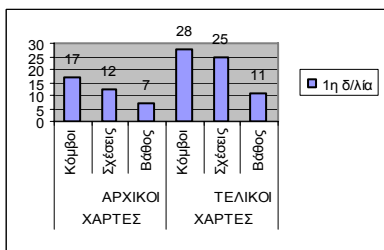
Πίνακας 3: Συγκριτικοί πίνακες αρχικών-τελικών χαρτών 6^{ης} δ/λίας

ΑΡΧΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ 6 ^{ης} ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ					ΤΕΛΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ 6 ^{ης} ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ				
Ομάδα	Κόμβοι	Σχέσεις	Βάθος	Σχήμα	Ομάδα	Κόμβοι	Σχέσεις	Βάθος	Σχήμα
1	6	7	3	αστέρι	1	9	8	3	δέντρο
2	10	8	3	δίκτυο	2	10	8	3	δίκτυο
3	11	11	5	δίκτυο	3	13	13	5	δίκτυο

Αναλύοντας τα δεδομένα ως προς την κάθε διδασκαλία ξεχωριστά (σχήμα 15), παρατηρούμε ότι:

α) Στην πρώτη διδασκαλία έχουμε εντυπωσιακή αύξηση κόμβων, σχέσεων και βάθους συνδέσεων (Σχήμα 3).

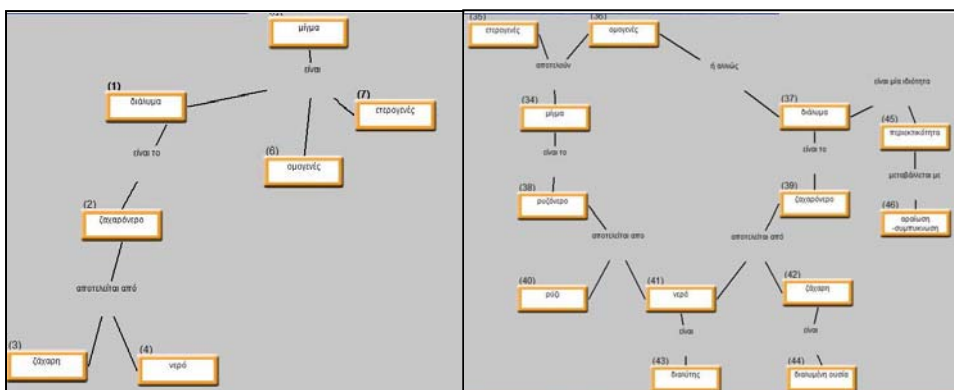
β) Στην έκτη διδασκαλία παρατηρούμε μια σχετική αύξηση κόμβων και σχέσεων, ενώ το βάθος των συνδέσεων παραμένει σταθερό (Σχήμα 3).



Σχήματα 3a 3b: Σύγκριση αρχικών-τελικών χαρτών 1^{ης} και 6^{ης} δ/λίας

Η αύξηση των κόμβων και των σχέσεων στους τελικούς χάρτες και των δύο διδασκαλιών είναι εμφανής και αποτελεί ένδειξη ενσωμάτωσης νέων εννοιών στις γνωστικές δομές των παιδιών. Συγκεκριμένα, οι βασικές έννοιες που περιλαμβάνονται στους χάρτες του τέλους της 1^{ης} διδασκαλίας ήταν: ‘ομογενή μίγματα’, ‘ετερογενή μίγματα’, ‘διάλυμα’, ‘διαλύτης’, ‘διαλυμένη ουσία’. Ο αρχικός χάρτης των ομάδων της 6ης διδασκαλίας περιλαμβάνει συμπληρωματικά τις έννοιες: ‘πυκνότητα’, ‘αραίωση’, ‘συμπύκνωση’, για τις δύο ομάδες, και μόνο ‘πυκνότητα’, για την ομάδα 1. Στις δύο ομάδες όλες οι σχέσεις ήταν σωστές και οι χάρτες θεωρήθηκαν πλήρεις, ενώ στην ομάδα 1, η σύνδεση της πυκνότητας με τις διαδικασίες αραίωσης και συμπύκνωσης, άλλαξε μέσα από δια-ομαδική επικοινωνία.

Χρειάζεται να σημειωθεί ότι η τεχνική της εννοιολογικής χαρτογράφησης στην πρώτη διδασκαλία λειτουργήσε κυρίως ως διαγνωστικό εργαλείο για το διδάσκοντα, ενώ στην τελευταία, κυρίως ως εργαλείο αξιολόγησης. Συγκεκριμένα, στην πρώτη διδασκαλία ανιχνεύονται οι γνώσεις των παιδιών, γύρω από τη γνωστική περιοχή των διαλυμάτων, όπως αυτές έχουν διαμορφωθεί μετά την πειραματική διαδικασία. Ο διδάσκων έτσι έχει την ευκαιρία να διαγνώσει τυχόν παρερμηνείες και να προσαρμόσει τις διδακτικές τακτικές του για να διευκολύνει την οικοδόμηση της νέας γνώσης. Στην τελευταία διδασκαλία οι εννοιολογικοί χάρτες διατέλεσαν το ρόλο ενός αξιολογητικού εργαλείου της διδακτικής παρέμβασης, αφού αναπαριστούν τα διαμορφωμένα πια γνωστικά σχήματα των παιδιών γύρω από τη θεματική ενότητα των διαλυμάτων, έχοντας ενσωματώσει έννοιες που οικοδόμησαν μέσα από την δημιουργία ημιποσοτικών μοντέλων, και τις παρεμβάσεις του διδάσκοντα (Σχήμα 4.β).



Σχήμα 4: (α) Αρχικός χάρτης της ομάδας 2 (1^η διδασκαλία), (β) Τελικός χάρτης (6^η διδασκαλία)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνάγουμε καταρχάς, ότι μέχρι ένα ορισμένο βαθμό, η πειραματική διαδικασία, και η δια-ομαδική επικοινωνία είναι ικανή να συντελέσει στην εξέλιξη των βασικών εννοιών. Η συγκρότηση όμως νέων εννοιών (όπως ομοιογένεια, περιεκτικότητα, κλπ. απαιτούν πιο σύνθετες νοητικές διεργασίες, που ενεργοποιούνται μέσα από μια σειρά δραστηριοτήτων, οι οποίες εμπλέκουν παράλληλα: πείραμα και μοντελοποίηση με μέσα προσιτά στις γνωστικές δυνατότητες των μαθητών [(α) ημιποσοτικές σχέσεις ανάμεσα σε έννοιες (β) οπτικοποιήσεις προσομοιώσεων, και (γ) ραβδογράμματα συμμεταβολής τιμών μεταβλητών].

Κατά τη διαδικασία της δημιουργίας ημιποσοτικών μοντέλων οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να εστιάσουν σε επιμέρους έννοιες, και στην πραγματικότητα να διαπραγματευτούν τη συσχέτιση και συμμεταβολή εννοιών ανά δύο.

Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της δημιουργίας εννοιολογικών χαρτών, εστιάζουν στη σύνθεση όλων των εννοιών, οργανώνοντας το δίκτυο των εννοιών και των διαδικασιών της συγκεκριμένης γνωστικής περιοχής. Χρειάζεται να σημειωθεί ότι οι εννοιολογικοί χάρτες, στην παρούσα διδακτική πρόταση αποτέλεσαν πραγματικά *εργαλεία διαπραγμάτευσης νοήματος* (Novak et all. 1997), αφού οι μαθητές εξέφραζαν και διαπραγματεύονταν τις ιδέες τους, ώστε να συμφωνήσουν σε μια κοινή δομή των εννοιών και των μεταξύ των συνδέσεων στο χάρτη, τόσο στα πλαίσια της δικής τους ομάδας (ενδο-ομαδική επικοινωνία), όσο και στο κοινωνικό πλαίσιο της τάξης (δια-ομαδική επικοινωνία).

Ο συνδυασμός των διαδοχικών πειραμάτων, της δημιουργίας ημιποσοτικών μοντέλων συναφών με το κάθε πείραμα, και της εννοιολογικής χαρτογράφησης στην αρχή και στο τέλος της διδακτικής ενότητας, θεωρούμε ότι δημιούργησε ένα ικανοποιητικό μαθησιακό περιβάλλον που επέτρεψε: (α) την ανάδυση εναλλακτικών ιδεών (που ενυπήρχαν παρόλο που οι μαθητές είχαν ήδη διδαχθεί μερικούς μήνες πριν τη σχετική ενότητα), (β) σταδιακή δόμηση, μέσα από την παράλληλη λειτουργία πειραμάτων και ημιποσοτικής μοντελοποίησης, (γ) σύνθεση και συγκρότηση των εννοιών και διαδικασιών συναφών με το αντικείμενο των 'Διαλυμάτων'.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ: Το Λογισμικό Δημιουργός Μοντέλων αναπτύχθηκε μέσα από τα έργα Σειρήνες & Πηνελόπη (Β' & Γ'ΚΠΣ), [<http://www.ecedu.upatras.gr/modelscreator/index.htm>]. Η παρούσα έρευνα υποστηρίχθηκε από το έργο ModellingSpace/ IST-2000-25385/School of Tomorrow.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Crawford, N. & Kathryn. M. (1996) Vygotskian approaches to human development in the information era. *Educational Studies in Mathematics*. (31) 43-62.
- Dimitracopoulou, A., Komis, V., Apostolopoulos & P., Politis P. (1999). Design principles of a new modelling environment for young students, supporting various types of reasoning and interdisciplinary approaches. in S. Lajoie & M. Vivet (Eds), *Artificial Intelligence In Education, Open Learning Environments, Proceedings 9th International Conference on Artificial Intelligence in Education*, Le Mans, France, IOS Press, pp. 109-120.
- Ebenezer, N. Jazlin V., Gaskell, P., James K. (1995). "Relational Conceptual Change in Solution Chemistry." *Science Education*, v79 n1 p1-17 Jan 1995.
- Hatzinikita, V. & Koulaidis, V. (1997) Pupils' ideas on conservation during changes in the state of water. *Research in Science and Technological Education*, 15 (1), 53-70
- Komis, V., Dimitracopoulou, A. & Politis, P. (1998). Contribution à la conception et au développement d'un environnement de modélisation. in J.-F. Rouet et D. De La Pasardière (Eds), *4eme Colloque Hypermédias et Apprentissage*, Poitiers, 15-17 Oct., Ed. INRP, 263-268.
- Longden, Ken; et al., "Children's Interpretation of Dissolving", *International Journal of Science Education*, v13 n1 (Jan.-Mar. 1991): 59-68..
- Luria A.R. (1979), *The Making of Mind.*: Harvant University Press

Κομματάς, Ν., Φορτούνη, Τ., Φραγκάκη Μ., Πασάλης, Ν. Δημητρακοπούλου Α. (2004). Συνδυάζοντας πραγματικά πειράματα στη Χημεία με τεχνολογικά γνωστικά εργαλεία για μαθητές Δημοτικού. Στο (Επιμ). Μ. Γρηγοριάδου, Σ. Βοσνιάδου, Α. Ράπτης, Χ. Κυνηγός. *Πρακτικά 4^{ου} Ελληνικού Συνεδρίου με Διεθνή συμμετοχή για τις ΤΠΕ στην Εκπαίδευση*, Αθήνα, 29/1-1/10 2004, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Τόμος Β'. σελ. 25-34

- Novak, J.D., Gowin, D.B., and Johansen, G.T. (1983) The use of concept mapping and knowledge mapping with junior high school science students. *Science Education*, 67, 625-645.
- Papadimitriou G. & Sakka D. (2000). Primary School Teachers ; view on fundamental chemical concepts. *Chemistry Education. Research & Practice in Europe*. Vol. 1, No2, pp. 237-247
- Smyrniou, Z. & Weil-Barais, A. (2003). Cognitive evaluation of a technology based learning environment for scientific education In *6th international conference on computer based learning in science (CLBIS)*, Colloque, Nicosia, 5-10 July.
- Stavridou H., Solomonidou X. & Papadimitriou G. (1993) Students' Teachers Conceptions about Physical and Chemical Transformations of Matter. In *proceedings of ATTI, European Conference on Research in Chemical Education*. September, 1993, University of Piza, Italy
- Δημητρακοπούλου, Α. (2004) Τρέχουσες και νέες τάσεις στις εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας και των επικοινωνιών για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Στο (Επιμ. Ι.Κεκές), *Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Ζητήματα Σχεδιασμού και Εφαρμογών, Φιλοσοφικές-Κοινωνικές Προεκτάσεις*, Ειδική Έκδοση, Ένωσης Ελλήνων Φυσικών, Εκδόσεις Ατραπός, σελ. 201-248.
- Καρασαββίδης, Η. (2002), Η διδασκαλία μάθησης του μαθήματος της Ιστορίας με λογισμικό εννοιολογικής χαρτογράφησης: Διδακτικές και γνωστικές παράμετροι της διαδικασίας οικειοποίησης του χάρτη εννοιών ως γνωστικού εργαλείου», στο Α.Δημητρακοπούλου (Επιμ.) *Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση*, Πρακτικά 3^{ου} Συνεδρίου, Ρόδος, Σεπτέμβριος 2002, Εκδ. ΚαστανιωτηInter@ctive.
- Μαυραντωνάκη, Α. (2001), «Οι χάρτες εννοιών ως γνωστικά εργαλεία αναπαράστασης γνωστικών δομών, μια περίπτωση μελέτης», Β. Μακράκης (Επιμ). *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση από απόσταση*, Ρέθυμνο, 8-10 Ιουνίου 2001, εκδ. Ατραπός.
- Σολομωνίδου, Χ. (2002), «Συνεργατική Μάθηση με τη χρήση των ΤΠΕ: Εμπειρίες από Δημοτικά Σχολεία της Θεσσαλίας», στο Α.Δημητρακοπούλου (Επιμ.) *Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση*, Πρακτικά 3^{ου} Συνεδρίου, Ρόδος, Σεπτέμβριος 2002, Εκδ. [ΚαστανιωτηInter@ctive](mailto:KastaniotiInter@ctive).
- Σταυρίδου, Ε., Σολομωνίδου, Χ., Σαμαράκου, Μ., Γρηγοριάδου Μ., Μητρόπουλος Δ., Ρηγούτσος Α., (2000). Εκπαιδευτικό λογισμικό για τη μελέτη και μοντελοποίηση της θερμικής διαστολής και των αλλαγών φυσικής κατάστασης σωμάτων. Στο Β. Κόμης (Επιμ). *Πρακτικά 2^{ου} Συνεδρίου, Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση*, Εκδόσεις, Παν/μιο Πατρών.