

Μελέτη των συλλογισμών των μαθητών ΣΤ' Δημοτικού Σχολείου με χρήση βίντεο, πειραματικής διαδικασίας και εκπαιδευτικού λογισμικού: Η περίπτωση των οξέων και βάσεων

Ζαχαρούλα Σμυρναίου¹, Βασίλης Κόμης², Αγγελική Δημητρακοπούλου³
smyrna@uop.gr, komis@upatras.gr, adimitr@rhodes.aegean.gr

Περίληψη

Πολλές σύγχρονες έρευνες εστιάζουν το ενδιαφέρον τους στις διαδικασίες μοντελοποίησης μέσω υπολογιστών ενώ υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον για τη δημιουργία εκπαιδευτικών λογισμικών μοντελοποίησης. Η παρούσα έρευνα μελετά τον τρόπο με τον οποίο μαθητές της ΣΤ' Δημοτικού οικοδομούν έννοιες σχετικές με τα οξέα, τις βάσεις και τους δείκτες κάνοντας χρήση τριών κατηγοριών εκπαιδευτικών εργαλείων (βίντεο, εκπαιδευτικό λογισμικό μοντελοποίησης, φυσικά αντικείμενα). Ξεκινώντας από την ανάλυση των απαντήσεων μαθητών παρουσιάζουμε αποτελέσματα όπου διαφαίνεται ότι είναι απαραίτητη η διεξαγωγή εικονικών πειραμάτων παράλληλα με την πραγματοποίηση πραγματικών πειραμάτων για να προχωρήσουν οι συλλογισμοί των μαθητών σε μεγαλύτερο βάθος και να περάσουν από την συγκεκριμένη σκέψη στην τυπική. Στο πλαίσιο αυτό, τα συμβολικά πειράματα δεν έρχονται σε αντίθεση με την πραγματική πειραματική διαδικασία αλλά την συμπληρώνουν. Παράλληλα, η χρήση περισσότερων παιδαγωγικών εργαλείων με διαφορετικά πλεονεκτήματα και διαφορετική σειρά χρήσης, φαίνεται να βοηθά ικανοποιητικά ώστε να δημιουργηθούν οι εννοιολογικοί δεσμοί μεταξύ της αναπαράστασης και της πραγματικότητας.

-
- ¹ Ζαχαρούλα Σμυρναίου: Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
 - ² Βασίλης Κόμης: Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Πανεπιστήμιο Πατρών
 - ³ Αγγελική Δημητρακοπούλου: Τμήμα Επιστημών της Προσχολικής Αγωγής και του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Εισαγωγή

Τα τελευταία τριάντα χρόνια το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών έχει επικεντρωθεί στη μοντελοποίηση και στη σημασία που έχει για την κατανόηση και τη μάθηση των εννοιών και φαινομένων των Φυσικών Επιστημών καθώς και τη σύνδεσή της με την πραγματικότητα (Martinand, 1992; Lemeignan & Weil-Barais, 1993; Mellar et al., 1994; κα). Την τελευταία δεκαετία μάλιστα οι έρευνες έχουν επικεντρωθεί στην προσομοίωση (Jimoγιannis & Komis, 2001) και στη μοντελοποίηση μέσω υπολογιστή ενώ υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον για τη δημιουργία εκπαιδευτικών λογισμικών μοντελοποίησης (Komis et al., 2001; Sandoval & Reiser, 2004; Dimitracopoulou & Komis, 2005).

Στις μέρες μας η δημιουργία μοντέλων, ο ρόλος και η χρησιμότητά τους στην εκπαιδευτική διαδικασία αποτελεί το επίκεντρο πολλών ερευνών. Ο Gilbert (2004), για παράδειγμα, θέτει μια σειρά από ερωτήματα που αφορούν τα μοντέλα και τη θέση τους στην εκπαίδευση: Ποιά μοντέλα πρέπει να διδάξουμε ώστε οι πολίτες να είναι ενήμεροι και να υπάρχει «χημικός αλφαριθμητισμός»; Ποιά μοντέλα πρέπει να αναπτυχθούν, να αντικατασταθούν ή να προστεθούν για να είναι ένα άτομο ικανό να επικοινωνήσει με άλλα άτομα σε περιορισμένης κλίμακας εφαρμογές; Ποιά μοντέλα πρέπει να αναπτυχθούν ώστε να έχει μάθει ένα άτομο να εφαρμόζει τη γνώση σε πληθώρα περιπτώσεων; Ο Thulstrup (2004), από την πλευρά του, θέτει το ζήτημα της σύνδεσης τη χημικής εκπαίδευσης με τον πραγματικό κόσμο και αναφέρει ότι για να το επιτύχουμε πρέπει να επιλύσουμε προβλήματα των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας που να σχετίζονται με την κινητοποίηση του ενδιαφέροντος των μαθητών, την ανάπτυξη κριτικής σκέψης και τη διαθεματικότητα. Παράλληλα, ο Balacheff (2004) επισημαίνει ότι είναι πολύ δύσκολη η δημιουργία εννοιολογικών δεσμών που συνδέουν την πραγματικότητα και την αναπαράστασή της και τονίζει ότι η σύνδεση αυτή αποτελεί το επίκεντρο πολλών σύγχρονων ερευνών. Τέλος, οι Wissiak-Grm και Krnel (2004) συμπεραίνουν ότι χρειάζεται ειδική στρατηγική για την πραγματοποίηση των πειραμάτων, κατά την οποία είναι πολύ σημαντικό όχι μόνο οι μαθητές να μαθαίνουν να επιλέγουν τις κατάλληλες χημικές έννοιες και νόμους αλλά και να τους καταλαβαίνουν. Μια τέτοια ειδική στρατηγική μπορεί να είναι η POE (predict-observe-explain) (προβλέπω-παρατηρώ-εξηγώ) (Champagne et al., 1980). Η στρατηγική αυτή εμπλέκει τους μαθητές σε μια διαδικασία όπου αρχικά προβλέπουν το αποτέλεσμα του πειράματος, στη συνέχεια παρατηρούν τα τεκταινόμενα κατά τη διάρκεια του πειράματος και τέλος προσπαθούν να εξηγήσουν τις διαφορές ανάμεσα στην πρόβλεψη και στο τελικό αποτέλεσμα.

Στόχος του άρθρου αυτού είναι η μελέτη του τρόπου με τον οποίο έλληνες μαθητές, ηλικίας 11-12 ετών (ΣΤ΄ Δημοτικού) αναπαριστάνουν συμβολικά, μέσω μοντέλων

που κατασκευάζουν στην επιφάνεια εργασίας λογισμικού μοντελοποίησης, τη γνώση που οικοδόμησαν από τα πειράματα τα οποία διεξήγαγαν συνεργατικά με απλά καθημερινά υλικά με τη στρατηγική ΡΟΕ και αφορούν την ταξινόμηση των ουσιών σε οξέα και βάσεις και τις ιδιότητες των δεικτών. Η εισαγωγή της πειραματικής κατάστασης έγινε μέσω βίντεο. Δηλαδή, στην αρχή οι μαθητές είδαν ένα πείραμα σε βίντεο, το οποίο έπρεπε να περιγράψουν και να εξηγήσουν, στη συνέχεια να διεξάγουν το πείραμα που είδαν με απλά υλικά, να τα ταξινομήσουν σε οξέα και βάσεις, να εξακριβώσουν τις ιδιότητες των δεικτών και τέλος να αναπαραστήσουν συμβολικά τα αποτελέσματά τους, με τη δημιουργία μοντέλων τα οποία μπορούν να προσομοιώσουν στο υπολογιστικό περιβάλλον της έρευνας. Η έρευνα εντάσσεται στη γενικότερη προβληματική που εξετάζει τα πλεονεκτήματα των τριών αυτών παιδαγωγικών εργαλείων (βίντεο, φυσικά αντικείμενα, εκπαιδευτικό λογισμικό μοντελοποίησης) και στο πως μπορούν να συμβάλλουν στην οικοδόμηση εννοιών Χημείας μέσω της διερεύνησης των συλλογισμών που αναπτύσσουν οι μαθητές στην κάθε περίπτωση.

Το εκπαιδευτικό λογισμικό ModellingSpace

Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκε το εκπαιδευτικό λογισμικό MODELLINGSPACE (Komis et al., 2001; Dimitracopoulou & Komis, 2005), που έχει ως στόχο να εισάγει τους μαθητές σε διαδικασίες μοντελοποίησης, και να τους βοηθήσει στην κατανόηση και μάθηση των φυσικών εννοιών. Πρόκειται για ένα λογισμικό που προορίζεται να βοηθά τους μαθητές να οικοδομούν μοντέλα, να σκέφτονται τη συμπεριφορά τους και ενδεχομένως τα όρια ισχύος τους. Το ενδιαφέρον αυτού του λογισμικού είναι ότι επιτρέπει στους μαθητές να χειρίζονται διαφορετικά συμβολικά συστήματα. Συγκρίνοντας τις μεταβολές των οντοτήτων, από παραστατικές και στατικές σε εικόνες δυναμικές μέσω της προσομοίωσης, συνδεδεμένες με διάφορες εκφράσεις σχέσεων, είναι δυνατόν να οδηγηθούμε σε συμπεράσματα για τη συμβατότητα ή την ασυμβατότητα των σχεσιακών εκφράσεων.

Δύο είναι τα βασικά χαρακτηριστικά του MODELLINGSPACE:

- α) Υποστηρίζει την έκφραση μοντέλων μέσω διαφορετικών εναλλακτικών συμβολικών συστημάτων. το MODELLINGSPACE είναι ένα ανοικτό περιβάλλον που επιτρέπει να εργαζόμαστε σε οντότητες (που αναπαριστούν αντικείμενα) και στις ιδιότητές τους (που αναπαριστούν τις έννοιες), οι οποίες συνδέονται με σχέσεις ποιοτικές, ημιποσοτικές ή ποσοτικές. Προκειμένου να επιτρέψει στους μαθητές να εκφράσουν τις ιδέες τους προσφέρει τρεις βασικές κατηγορίες 'οντοτήτων' από τις πιο αντικειμενοστραφείς στις πιο αφηρημένες: α) «οντότητες αντικείμε-

να» με ιδιότητες που μπορούν να θεωρηθούν ως «πρωτο-μεταβλητές», ικανές να εξελιχθούν σε πιο αφηρημένες. β) Οντότητες «αφηρημένα αντικείμενα», με μία μόνο μεταβλητή, όπως αυτά των περισσότερων λογισμικών μοντελοποίησης ή προσομοίωσης οντότητες «αφηρημένες μεταβλητές» - επιστημονικές έννοιες (Dimitracopoulou & Komis, 2005). Οι ιδιότητες των οντοτήτων συνδέονται με σχέσεις. Ο χειρισμός της ιδιότητας κάθε οντότητας έχει συνήθως οπτική συνέπεια: π.χ. η μικρή ή η μεγάλη μάζα ενός αυτοκινήτου, παρουσιάζεται ως διαφορετική κατηγορία αυτοκινήτου, π.χ. μικρό ιδιωτικό αυτοκίνητο, φορτηγάκι, μεγάλο φορτηγό. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει σχέσεις από τρεις κατηγορίες σχέσεων που υποστηρίζονται από το λογισμικό: τις ποιοτικές σχέσεις, τις ημιποσοτικές και τις ποσοτικές σχέσεις. Οι δραστηριότητες που θα συζητήσουμε αξιοποιούν τις ημιποσοτικές και ποσοτικές σχέσεις. Στις ημιποσοτικές σχέσεις οι μαθητές προσδιορίζουν την κατεύθυνση των σχέσεων, δηλαδή με ποιό τρόπο συν-μεταβάλλονται οι μεταβλητές. Παραδείγματα ημιποσοτικών σχέσεων είναι οι σχέσεις που αναφέρονται στη συμμεταβολή «αυξάνει το ένα μέγεθος αυξάνει και το άλλο» ή στη σχέση «αυξάνει το ένα μέγεθος το άλλο αυξάνει κατά πολύ».

- β) Υποστηρίζει πολλαπλές αναπαραστάσεις. Η απλή και άμεση πρόσβαση σε πολυάριθμες και διαφορετικές αναπαραστάσεις διαφορετικής φύσης όπως βίντεο, σταθερές εικόνες, δυναμικές εικόνες, πίνακες, γραφικές παραστάσεις, προσομοιώσεις καθιστά το MODELLINGSPACE ένα πλούσιο εκπαιδευτικό λογισμικό. Η σύγκριση των διαφορετικών αυτών αναπαραστάσεων, ο συνδυασμός τους και η δυναμικότητα το κάνουν ελκυστικό στους μαθητές και υποστηρίζουν τη μάθηση.

Θεωρητικό πλαίσιο

Για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση στη διδασκαλία και τη μάθηση

Η μοντελοποίηση αποτελεί βασικό συστατικό της ανθρώπινης δραστηριότητας και είναι παρούσα κάθε φορά που το άτομο προσπαθεί να καταλάβει, να ερμηνεύσει τα διάφορα φαινόμενα και να κάνει προβλέψεις. Σύμφωνα με μια κωδικοποίηση των μοντέλων, συναντάται συχνότερα η αναγκαιότητα του προκαθορισμού συστηματικών αντιστοιχίσεων σημείου προς σημείο μεταξύ του πραγματικού συστήματος και του μοντέλου που επιχειρεί να αναπαραστήσει το σύστημα (Ραβάνης, 1999). Όταν οι μαθητές θέλουν να οικοδομήσουν ένα μοντέλο, τότε εμπλέκονται διάφορες νοητικές διεργασίες όπως η επιλογή των γεγονότων και ο χρονικός διαχωρισμός. Η νοητική

διεργασία του χρονικού διαχωρισμού είναι μια διεργασία αρκετά κρυμμένη επειδή τις περισσότερες φορές δεν αποσαφηνίζεται (Lemeignan & Weil-Barais, 1993). Εφόσον το φυσικό ή χημικό φαινόμενο συνίσταται από δύο φάσεις απαιτείται να προσδιορίσουμε αυτές τις δύο φάσεις με σαφήνεια.

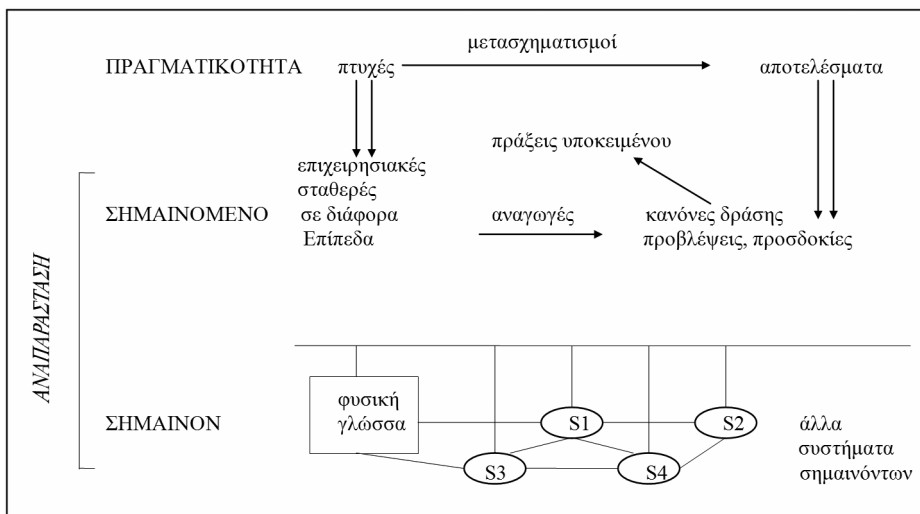
Πολλά θέματα και ερευνητικές μεθοδολογίες χρησιμοποιούν εκτενώς τις εικόνες. Οι κινούμενες εικόνες διευκολύνουν την αφηγηματική απεικόνιση και τη δυναμική μοντελοποίηση ή την προσομοίωση (Davis, 1991). Η περίληψη των πληροφοριών από τις εικόνες για τη μετατροπή σε κείμενο οδηγεί συχνά στην απώλεια πληροφοριών ή υπεραπλοποίησης. Η αναπαραγωγή των εικόνων ως στοιχεία παράλληλα με ένα κείμενο ή μια αριθμητική περίληψη των αποτελεσμάτων μπορεί να οδηγήσει στην καλύτερη περιγραφή από το συντάκτη και την καλύτερη απεικόνιση, την αναγνώριση και τον προσδιορισμό από τον αναγνώστη (Shepherd, 2001).

Για τη μοντελοποίηση μέσω υπολογιστή και το MODELLINGSPACE

Τα σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα παρέχουν τη δυνατότητα κατασκευής μοντέλων που σχετίζονται με διαφορετικά συμβολικά συστήματα αναπαράστασης. Η διαδικασία μετάφρασης μεταξύ διαφορετικών συμβολικών συστημάτων είναι πολύ σημαντική για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες όπως και η σύνδεση μεταξύ πραγματικότητας και αναπαράστασης (Vergnaud, 1987).

Το σχήμα που προτείνεται από το Vergnaud (Σχήμα 1) εμπίπτει σε μια εποικοδομητική προσέγγιση και τονίζει ότι η ανάπτυξη της γνώσης του υποκειμένου επιτυγχάνεται χάρη στις ενέργειές του και στη γνώση την οποία ήδη διαθέτει. Ο Vergnaud (1987) διακρίνει τρεις καταχωρητές: των ενεργειών πάνω στα αντικείμενα, των νοητικών και των συμβολικών αναπαραστάσεων. Οι νοητικές αναπαραστάσεις είναι οι γνωστικές κατασκευές που το υποκείμενο αναπτύσσει για να λάβει υπόψη του τις κανονικότητες που μαθαίνει, ξεκινώντας από τις ενέργειές του. Αυτές οι νοητικές αναπαραστάσεις κατευθύνουν τις δραστηριότητες του υποκειμένου. Κατά συνέπεια, έχουν δύο πηγές προέλευσης: τις ενέργειες και τις νοητικές δομές του υποκειμένου.

Στο πλαίσιο αυτό ενδιαφερόμαστε για τη χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού μοντελοποίησης που υποστηρίζει ή ευνοεί δραστηριότητες που σχετίζονται με τα συστήματα αυτά. Ένα τέτοιο εκπαιδευτικό λογισμικό είναι το MODELLINGSPACE (Komis et al., 2001; Dimitracopoulou & Komis, 2005). Το λογισμικό αυτό έχει ως στόχο να εισάγει τους μαθητές σε διαδικασίες μοντελοποίησης και να συμβάλλει στην κατανόηση και οικοδόμηση φυσικών εννοιών και διαδικασιών. Πρόκειται για ένα λογισμικό που



Σχήμα 1. Σχέσεις ανάμεσα σε αναπαράσταση και πραγματικότητα

βοηθά τους μαθητές να οικοδομούν μοντέλα, να σκέφτονται και να μελετούν τη συμπεριφορά τους και ενδεχομένως τα όρια ισχύος τους. Είναι ένα ανοικτό περιβάλλον που επιτρέπει να εργαζόμαστε σε οντότητες (που μπορούν να είναι συγκεκριμένες ή ανοικτές-αφηρημένες και αναπαριστούν τα αντικείμενα) και στις ιδιότητές τους (που αναπαριστούν τις έννοιες), οι οποίες συνδέονται με σχέσεις ποιοτικές, ημιποσοτικές ή ποσοτικές. Στην παρούσα έρευνα οι μαθητές χρησιμοποίησαν τις αφηρημένες οντότητες. Δηλαδή οι ίδιοι αποφάσιζαν για τα αντικείμενα και τις έννοιες που επέλεγαν για να αναπαραστήσουν την πειραματική τους διαδικασία.

Οι εκπαιδευτικές χρήσεις του βίντεο

Η χρήση βίντεο συνιστά έναν γρήγορο και σχετικά εύκολο τρόπο παρουσίασης μιας διαδικασίας, ενός φαινομένου, μιας συσκευής, ενός πειράματος. Στα περισσότερα εκπαιδευτικά βίντεο βλέπουμε κάποιον να κάνει ένα πείραμα ή την εξέλιξη ενός φαινομένου (Laws & Pfister, 1998). Το βίντεο μπορεί να αντικαταστήσει την εκφώνηση του προβλήματος ώστε να μην επηρεάζονται οι απαντήσεις των μαθητών από τις λέξεις ή από τον πειραματιστή.

Διαφορετικές τεχνικές αναπαράστασης (βίντεο-προβολές, δυναμικές κινήσεις ομοιωμάτων) έχουν χρησιμοποιηθεί στη διδασκαλία των χημικών εννοιών. Προηγούμενες έρευνες (Russell et al., 1997; Sanger & Greenbowe, 1997; Velazquez-Marcano et al., 2004) έχουν δείξει ότι όταν χρησιμοποιούνται δυναμικές κινήσεις μοριακών ο-

μοιωμάτων και προβολές βίντεο οι μαθητές καταφέρνουν καλύτερα να συνδέσουν τα τρία επίπεδα αναπαράστασης το μακροσκοπικό, το μικροσκοπικό και το συμβολικό. Αυτή η διαδικασία σκέψης επιτρέπει στους μαθητές να βελτιώσουν την κατανόηση των εννοιών και την ικανότητά τους να δημιουργούν δυναμικά νοητικά μοντέλα. Για παράδειγμα σε μια έρευνα που αφορούσε τη δυναμική ισορροπία των ρευστών (Velazquez-Marcano et al., 2004) οι μαθητές υλοποίησαν τρία πειράματα με τρία διαφορετικά παιδαγωγικά εργαλεία: ένα γραφικό σχέδιο, μια βίντεο-προβολή και μια δυναμική κίνηση μοριακών ομοιωμάτων. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι μαθητές βελτιώθηκαν ύστερα από κάθε αναπαράσταση. Έκπληξη προκάλεσε το γεγονός ότι δεν υπήρχε σημαντική βελτίωση ανάμεσα στην πρώτη και δεύτερη οπτικοποίηση. Η έρευνα αυτή δείχνει πόσο σημαντικό είναι να συνδυάζονται δύο είδη αναπαραστάσεων αλλά δεν υπήρξαν ενδείξεις ότι είναι προτιμότερη κάποια συγκεκριμένη σειρά υλοποίησης των πειραμάτων με τα διαφορετικά παιδαγωγικά εργαλεία. Παρόλα τα χαρακτηριστικά του βίντεο που ευνοούν τη μάθηση σύμφωνα με άλλες έρευνες (Shyu, 2000) πιστεύουμε ότι στις φυσικές επιστήμες η χρήση του πρέπει να συνοδεύεται με την εκτέλεση πειραμάτων με πραγματικά αντικείμενα ιδιαίτερα όταν οι μαθητές έχουν μικρή ηλικία. Η ύπαρξη και η λειτουργία εργαστηρίου στις φυσικές επιστήμες και η εκτέλεση πειραμάτων από τους μαθητές είναι μια πραγματικότητα εδώ και πάρα πολλά χρόνια σε πολλές χώρες. Το πείραμα θεωρείται σημαντικό για την κατανόηση της θεωρίας και την οικοδόμηση των φυσικών εννοιών, όταν ο δάσκαλος θέτει τις κατάλληλες ερωτήσεις.

Οι ιδέες και οι αντιλήψεις των παιδιών για τις έννοιες οξέα-βάσεις

Η έρευνά μας μελετά τη χρήση του βίντεο, των φυσικών αντικειμένων και του εκπαιδευτικού λογισμικού μοντελοποίησης στο πλαίσιο της διδασκαλίας της Χημείας και πιο συγκεκριμένα στην ενότητα οξέα και βάσεις. Παρόλο που οι έννοιες οξύ και βάση είναι από τις βασικότερες στο γνωστικό αντικείμενο της Χημείας δεν υπάρχουν πολλές έρευνες σε διεθνές επίπεδο για τις ιδέες των μαθητών σχετικά με αυτές και στο πως οικοδομούνται σε πραγματικές σχολικές συνθήκες. Ο Carr (1984) πρότεινε ότι οι ιδέες των μαθητών για τα οξέα προκύπτουν από αισθητηριακές αντιλήψεις, όπως η δοκιμή των λεμονιών, του ξυδιού, κλπ. Οι Hand και Treagust (1988) βρήκαν ότι δύο είναι οι κυρίαρχες αντιλήψεις μαθητών 15 ετών: «τα οξέα τρώνε τα υλικά» και «τα οξέα μπορούν να σε κάψουν». Επειδή ο όρος «βάση» όπως χρησιμοποιείται στη Χημεία δεν ενυπάρχει στην καθημερινή ζωή όπως ο όρος «οξύ», είναι λιγότερο πιθανό οι μαθητές να σχηματίσουν ιδέες για τις βάσεις πριν ακόμη τις διδαχθούν (Driver et al., 1994). Από έρευνες που αφορούν τις φυσικοχημικές μεταβολές

(Hatzinikita & Koulaïdis, 1998; Stavridou & Solomonidou, 2000) προέκυψε ότι οι μαθητές επικεντρώνουν συνήθως την προσοχή τους σε μακροσκοπικά χαρακτηριστικά ή σε κάτι που τους προκαλεί εντύπωση, π.χ. στην αλλαγή του χρώματος. Συγκεκριμένα οι (Hatzinikita & Koulaïdis, 1998) διακρίνουν τα μοντέλα απαντήσεων των μαθητών όπου φαίνεται το προηγούμενο συμπέρασμα. Τα μοντέλα απαντήσεων των μαθητών είναι: α) μεταβολές στη μορφή (αλλαγή χρώματος, κλπ.), β) μεταβολές στη διάταξη (συσσωμάτωση, κλπ.), γ) μεταβολές στη συγκρότηση, δ) μεταβολές στη θέση. Όλες αυτές οι μεταβολές όπως εξηγούν οι συγγραφείς συμβαίνουν ενώ η ύπαρξη και η ταυτότητα των ουσιών διατηρούνται αναλλοίωτες σ' ένα επίπεδο. Το κριτήριο που θεμελιώνεται με αυτή την ταξινόμηση αφορά στο «τι διατηρείται και τι αλλάζει», που όπως αναφέρουν οι Piaget and Garcia (1971) πρόκειται για τις δύο όψεις που χαρακτηρίζουν τις μεταβολές: την όψη της παραγωγής και την όψη της διατήρησης

Μεθοδολογικό πλαίσιο

Ερωτήματα και πληθυσμός της έρευνας

Λαμβάνοντας υπόψη τις γνωστικές διαδικασίες που εμπλέκονται στη διαδικασία μοντελοποίησης, η έρευνα που περιγράφεται στο άρθρο αυτό μελετά τη συμβολή των τριών διδακτικών εργαλείων (βίντεο, φυσικά αντικείμενα, εκπαιδευτικό λογισμικό) στην κατανόηση χημικών εννοιών, και πιο συγκεκριμένα των *βάσεων* και των *οξέων*. Στοχεύει, στο πλαίσιο αυτό, να συμβάλει στην κατανόηση της χρήσης εναλλακτικών διδακτικών εργαλείων για την οικοδόμηση εννοιών της Χημείας και στη μοντελοποίηση.

Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα μελετά: α) ποια είναι τα μοντέλα που αναπτύσσουν οι μαθητές σε κάθε περίπτωση (πειραματική διαδικασία που υλοποιούν) και σε τι διαφέρουν και β) ποιες είναι οι δυσκολίες γνωστικές λειτουργικές, τεχνικές που αντιμετωπίζουν οι μαθητές σε όλες τις φάσεις της διαδικασίας.

Η ερευνητική διαδικασία ακολουθεί το μεθοδολογικό παράδειγμα της ποιοτικής έρευνας. Στην έρευνα συμμετείχαν εικοσιτέσσερις μαθητές της ΣΤ' Δημοτικού. Οι μαθητές ήταν χωρισμένοι σε ομάδες των τριών ατόμων. Η επιλογή των τάξεων έγινε σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα. Οι μαθητές των τάξεων αυτών είχαν διδαχθεί τις έννοιες αυτές στην αρχή της σχολικής τους χρονιάς δηλαδή έξι μήνες πριν πραγματοποιηθεί η παρούσα έρευνα. Βέβαια οι πειραματικές δραστηριότητες που τους ζητήσαμε να υλοποιήσουν διέφεραν ιδιαίτερα και ήταν η πρώτη φορά που χρησιμοποίησαν βίντεο και λογισμικό μοντελοποίησης στις φυσικές επιστήμες. Η επιλογή των μαθητών έγινε από τον δάσκαλό τους και στόχος του ήταν όπως μας ανέφερε να

δημιουργήσει ανομοιογενείς ομάδες μαθητών με διαφορετικές δεξιότητες και γνωστικό επίπεδο τόσο στον υπολογιστή όσο και στις φυσικές επιστήμες. Οι μαθητές συμμετείχαν εθελοντικά και δεν ήταν ενημερωμένοι για το περιεχόμενο της έρευνας. Για τις ανάγκες της έρευνας, η κάθε ομάδα μαθητών συμμετείχε και μελετήθηκε μεμονωμένα και όχι σε συνθήκες τάξης. Οι ημικατευθυνόμενες συνεντεύξεις βιντεοσκοπήθηκαν, απομαγνητοφωνήθηκαν και αναλύθηκαν.

Μαθησιακό Σενάριο και περιγραφή της ερευνητικής διαδικασίας

Το σενάριο που χρησιμοποιήθηκε στο πλαίσιο της έρευνας σχετίζεται με τα «οξέα & βάσεις» και συγκεκριμένα αφορά την αλλαγή του χρώματος του ζωμού του κόκκινου λάχανου, που είναι ένας φυσικός δείκτης, με την προσθήκη οξέος ή βάσης. Οι μαθητές υλοποιούν έξι πειραματικές δραστηριότητες δηλαδή προσθέτουν έξι διαφορετικές ουσίες (λεμόνι, ξύδι, απορρυπαντικό για τα πιάτα, azax, κλπ.) στο ζωμό του κόκκινου λάχανου και παρατηρούν τις αλλαγές στο χρώμα. Στόχος είναι να κατηγοριοποιήσουν τις ουσίες αυτές σε οξέα και βάσεις και να εξάγουν συμπεράσματα όσον αφορά την αλλαγή χρώματος του φυσικού αυτού δείκτη παρουσία οξέος ή βάσεως. Όπως ήδη έχουμε αναφέρει οι μαθητές των τάξεων αυτών είχαν διδαχθεί την ενότητα αυτή στην αρχή της σχολικής τους χρονιάς. Η ερευνητική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε τρεις φάσεις. Οι μαθητές αρχικά παρακολούθησαν ένα βίντεο (το βίντεο περιείχε την αλλαγή του χρώματος του ζωμού του κόκκινου λάχανου με την προσθήκη ουσιών) και μετά από παρότρυνση των ερευνητών διηγήθηκαν τι συμβαίνει και διατύπωσαν υποθέσεις για την αλλαγή του χρώματος που είδαν στο βίντεο. Ο ερευνητής δε σχολιάζει τις απαντήσεις των μαθητών και δεν κάνει καμία παρέμβαση ενώ ο εκπαιδευτικός δεν παραβρίσκεται στη διαδικασία. Στηριζόμενοι σε προηγούμενη έρευνα που έχει δείξει ότι τα γνωστικά αποτελέσματα είναι καλύτερα όταν οι μαθητές χρησιμοποιούν το λογισμικό, αφού πρώτα έχουν πραγματοποιήσει το πείραμα με τα πραγματικά αντικείμενα (Smyrναίου, 2003; Smyrναίου & Weil-Barais, 2005), σε δεύτερη φάση τους ζητήσαμε να εκτελέσουν το πείραμα με απλά καθημερινά υλικά. Τα απλά αυτά υλικά ήταν οξέα και βάσεις που υπάρχουν σε κάθε σπίτι (όπως λεμόνι, υγρό καθαρισμού, κλπ.). Στην τελική φάση, κατά την οποία οι μαθητές χρησιμοποίησαν το λογισμικό MODELLINGSPACE, τους ζητήσαμε να σχεδιάσουν μοντέλα που να περιγράφουν την προηγούμενη πειραματική διαδικασία και τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν μέσω της πειραματικής διαδικασίας με τα καθημερινά απλά υλικά που χρησιμοποίησαν επιλέγοντας τις οντότητες, ιδιότητες και σχέσεις που θέλουν.

Αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μαθητών

Η αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών της έρευνας γίνεται αντικείμενο μελέτης σε άλλο άρθρο (Σμυρναίου, 2006). Στο άρθρο εκείνο ενδιαφερόμαστε για τα γνωστικά σχήματα διαλόγου που εμπλέκονται στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ μαθητών και το ρόλο του διαλόγου στην κατανόηση χημικών εννοιών. Δηλαδή, όταν η ίδια πειραματική κατάσταση μελετάται μέσω τριών διαφορετικών εκπαιδευτικών εργαλείων (βίντεο, φυσικά-υλικά αντικείμενα, λογισμικό μοντελοποίησης), οι διαλογικές αλληλεπιδράσεις των μαθητών είναι διαφορετικές; Επηρεάζουν την κατανόηση; Υπάρχει κάποιο εργαλείο που οδηγεί σε πιο εποικοδομητική συνεργασία; Υπάρχουν χαρακτηριστικά γνωρίσματα του διαλόγου (δομή, υφή, κα.) που συμβάλλουν στην οικοδόμηση των εννοιών της Χημείας και πως αυτά επηρεάζονται όταν γίνεται χρήση διαφορετικών διδακτικών εργαλείων;

Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής δείχνουν ότι δεν είναι εύκολη υπόθεση η σύσταση της ομάδας όπως έχει σημειωθεί και από πολλές άλλες έρευνες. Η εργασία στην ομάδα δεν οδηγεί αυτόματα στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Πολλοί είναι οι παράγοντες που παίζουν ρόλο και επηρεάζουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μαθητών, ανάμεσα στους οποίους η προσωπικότητα των μαθητών, οι σχέσεις τους, η ικανότητά τους να εκφράζουν την άποψη τους και να την υποστηρίζουν με θάρρος και παρησία αλλά και με τα ανάλογα επιχειρήματα ώστε να πείσουν τους άλλους, κλπ.

Παρατηρήσαμε ότι σε μερικές περιπτώσεις οι αντιθέσεις τους, τους οδήγησαν σε συγκρούσεις και απέτρεψαν τη λύση του προβλήματος. Ή σε άλλη περίπτωση ένας μαθητής με μια λαθεμένη αναπαράσταση κατάφερε να πείσει όλη την ομάδα. Οι τριάδες που επιτυχώς πραγματοποίησαν τα πειράματα χαρακτηρίστηκαν από συνεπείς δομές διαλόγου και οι μαθητές είχαν συχνά το ρόλο του αναστοχαστή. Οι τριάδες που δεν μπόρεσαν να συνεργαστούν επιτυχώς αντιμετώπισαν περισσότερες δυσκολίες στη φάση του εκπαιδευτικού λογισμικού. Δηλαδή είναι πιο εύκολο να συνεργαστούν όταν είναι απλοί παρατηρητές (βλέπουν την πειραματική διαδικασία) ή όταν ενεργούν πάνω στα αντικείμενα παρά όταν ενεργούν πάνω στα σύμβολα. Οι δυσκολίες τους σχετίζονταν με την επιλογή αντικειμένων, εννοιών, σχέσεων, δηλαδή αφορούσαν τη μοντελοποίηση της πειραματικής διαδικασίας και την εννοιοδότηση.

Κατηγορίες Ανάλυσης

Βασισμένοι στο θεωρητικό πλαίσιο της προηγούμενης ενότητας και ιδιαίτερα στην ανάλυση των δεδομένων που προτείνουν οι Χατζηνικήτα και Κουλαϊδής (2000),

αναπτύχθηκε ένα σύστημα κατηγοριοποίησης των τρόπων με τους οποίους οι μαθητές περιγράφουν και εξηγούν την πειραματική κατάσταση που παρατηρούν στο βίντεο και την πειραματική κατάσταση που πραγματοποιούν με τη χρήση απλών καθημερινών αντικειμένων (Πίνακας 1).

Πίνακας 1 Κατηγορίες ανάλυσης

Κατηγορίες	Μεταβολές
Μεταβολές στη μορφή	(M1)
Μεταβολές στη θέση	(M2)
Μεταβολές σε μεγέθη	(M3)
Μεταβολή στις ουσίες	(M4)
Σχεδιασμός οντοτήτων	(M5)
Επιλογή σχέσεων	(M6)
Αντιστοίχιση σημείου προς σημείο μεταξύ πραγματικού συστήματος και μοντέλου	(M7)
Επιλογή των συμβάντων και χρονικός διαχωρισμός	(M8)
Γενικεύουν ή κατηγοριοποιούν	(M9)
Δεν γνωρίζουν	(M10)

Έτσι η ανάλυση των δεδομένων στηρίχθηκε στις τέσσερις κατηγορίες που προτείνουν οι Χατζηνικήτα και Κουλαϊδής (2000): 1) Μεταβολές στη μορφή οι οποίες αφορούν απαντήσεις μαθητών όπου ανακοινώνονται μεταβολές στην κατάσταση (πχ. από στερεό έγινε υγρό) και μεταβολές στο χρώμα. 2) Μεταβολές στη διάταξη οι οποίες αφορούν απαντήσεις μαθητών του τύπου «ενώθηκαν», «συσσωματώθηκαν». 3) Μεταβολές στη συγκρότηση οι οποίες αφορούν απαντήσεις μαθητών όπου η ουσία μετατρέπεται σε μικροσκοπικά σωματίδια. 4) Μεταβολές στη θέση οι οποίες αφορούν απαντήσεις μαθητών του τύπου «κινήθηκε» κλπ. Πρέπει εδώ να σημειώσουμε ότι επειδή δεν βρήκαμε απαντήσεις που να ανήκουν στις κατηγορίες «Μεταβολές στη διάταξη» και «Μεταβολές στη συγκρότηση» δεν χρησιμοποιήσαμε τις κατηγορίες αυτές για την ανάλυση των δεδομένων μας. Επιπλέον κρίθηκε αναγκαίο να προσθέσουμε ακόμα δυο κατηγορίες που προκύπτουν από τις απαντήσεις των συμμετεχόντων μαθητών στην έρευνά μας και οι οποίες δεν εμπίπτουν σε καμία από τις προηγούμενες. Αυτές είναι: «Μεταβολές σε μεγέθη» (M3) οι οποίες αφορούν απαντήσεις μαθητών του τύπου «άλλαξε η θερμοκρασία» κλπ. και «Μεταβολή στις ουσίες» (M4) που ισοδυναμεί με προσθήκη ουσιών όπως «προσθήκη οξέος ή βάσεως ή δείκτη». Οι κατηγορίες που προκύπτουν από τα μοντέλα που οικοδομούν οι μαθητές

στην επιφάνεια εργασίας του λογισμικού μοντελοποίησης, όπως προκύπτουν από τις απαντήσεις των μαθητών που συμμετέχουν στην έρευνα, είναι: Σχεδιασμός οντοτήτων (M5) και Επιλογή σχέσεων (M6). Στηριζόμενοι στο θεωρητικό πλαίσιο της έρευνάς μας, κρίθηκε αναγκαία η προσθήκη δύο επιπλέον κατηγοριών, οι οποίες αφορούσαν στην προσπάθεια των μαθητών να αναπαραστήσουν το πείραμα που διεξήγαγαν με απλά καθημερινά υλικά ή τα αποτελέσματά τους στον υπολογιστή. Οι κατηγορίες αυτές είναι: Αντιστοίχιση σημείου προς σημείο μεταξύ πραγματικού συστήματος και μοντέλου (M7) και Επιλογή των συμβάντων και χρονικός διαχωρισμός (M8). Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές προσπαθούσαν να αντιστοιχίσουν τον αριθμό των πειραμάτων που πραγματοποίησαν ή των πειραματικών σωλήνων που χρησιμοποίησαν με τα μοντέλα που οικοδόμησαν. Ενώ δηλαδή όταν ολοκλήρωσαν τα πειράματα με πραγματικά αντικείμενα έφτασαν σε γενικά συμπεράσματα, όπως ταξινόμηση των ουσιών σε δύο κατηγορίες (οξέα και βάσεις) στη συνέχεια, σε αρκετές περιπτώσεις, η γενίκευση (M9) αυτή δεν εκφράστηκε στα μοντέλα τους με το λογισμικό.

Ανάλυση ερευνητικών δεδομένων

Η χρήση βίντεο ως εποπτικού μέσου

Έχουμε ήδη αναφέρει τις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών αλλά πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι οι απαντήσεις των μαθητών μπορούν να ανήκουν σε περισσότερες από μία κατηγορίες. Έτσι οι κατηγορίες είναι:

- Μεταβολές στη μορφή (M1). Στα πλαίσια αυτής της κατηγορίας μεταβολών, αλλάζει το χρώμα των μεταβολών των εξεταζόμενων συστημάτων. Οι απαντήσεις των μαθητών που εντάσσονται σ' αυτού του είδους τις μεταβολές περιέχουν συνήθως εκφράσεις του τύπου «αλλάζει το χρώμα». Παραδείγματα απαντήσεων: «όσο πάει και σκουραίνει», «έγινε μπλε, πράσινο», «έγινε πιο ανοιχτό το χρώμα», «έγινε ροζ», κλπ.
- Μεταβολές στη θέση (M2). Η κατηγορία αυτή των μεταβολών συνίσταται σε απλές αλλαγές της θέσης της ουσίας στο χώρο. Παραδείγματα απαντήσεων: «εδώ έχει ... κάτι που γυρνάει» κλπ.
- Μεταβολές σε μεγέθη (M3). Στα πλαίσια αυτής της κατηγορίας μεταβολών, αλλάζει ένα μέγεθος φυσικό ή χημικό. Οι απαντήσεις των μαθητών που εντάσσονται σ' αυτού του είδους τις μεταβολές περιέχουν συνήθως εκφράσεις του τύπου «αλλάζει η θερμοκρασία». Παραδείγματα απαντήσεων: «αυξάνει η θερμοκρασία», «αυξάνει η πίεση», κλπ.

- Μεταβολές στις ουσίες (M4) Στα πλαίσια αυτής της κατηγορίας μεταβολών, αλλάζουν η ύπαρξη και η ταυτότητα της ουσίας γιατί προσθέτουμε μια άλλη ουσία. Οι απαντήσεις των μαθητών που εντάσσονται σ' αυτού του είδους τις μεταβολές περιέχουν συνήθως εκφράσεις του τύπου «προσθήκη ουσίας». Παραδείγματα απαντήσεων: «όταν στάζουμε κάτι μ' ένα πραγματάκι», «προσθήκη οξέος», «προσθήκη βάσεως», «βάζουμε δείκτη», κλπ. Στην κατηγορία αυτή μπορούμε να διακρίνουμε δύο υποκατηγορίες. Η πρώτη αναφέρεται γενικά σε μεταβολή μιας «ουσίας», «κάτι», κλπ. ενώ η δεύτερη ειδικότερα σε μεταβολή σε «οξύ», «βάση» ή «δείκτη».

Από τον Πίνακα 2 παρατηρούμε ότι περίπου 52% των απαντήσεων των μαθητών αφορούν μεταβολές στη μορφή, 35% μεταβολές στις ουσίες, 8,6% μεταβολές σε μεγέθη και 4,4% μεταβολές στη θέση.

Πίνακας 2 Η χρήση του βίντεο ως εποπτικό μέσο

	Μεταβολές στη μορφή (M1)	Μεταβολές στη θέση (M2)	Μεταβολές σε μεγέθη (M3)	Μεταβολή στις ουσίες (M4)
1 ομάδα	3	0	0	2
2 ομάδα	4	1	0	2
3 ομάδα	0	0	2	1
4 ομάδα	4	0	0	3
5 ομάδα	4	0	0	2
6 ομάδα	0	0	2	1
7 ομάδα	6	1	0	3
8 ομάδα	3	0	0	2
Σύνολο	24	2	4	16

Όταν οι μαθητές παρατηρούν το βίντεο η πλειονότητα των απαντήσεών τους εμπίπτει στην κατηγορία «μεταβολές στη μορφή». Ενώ όταν οι μαθητές εξηγούν το βίντεο η πλειονότητα των απαντήσεων εμπίπτει στην κατηγορία «μεταβολές στις ουσίες» και συγκεκριμένα η πλειοψηφία στη δεύτερη υποκατηγορία δηλαδή «μεταβολές σε οξύ-βάση-δείκτη». Συμπεραίνουμε ότι όταν οι μαθητές παρατηρούν το βίντεο δίνουν διαφορετικές απαντήσεις από όταν το εξηγούν. Ποια η διαφορά ανάμεσα στην παρατήρηση και στην εξήγηση του βίντεο; Γιατί προκύπτουν οι διαφορές στις

κατηγορίες στις δύο περιπτώσεις; Είναι διαφορετικές οι γνωστικές διαδικασίες που ενεργοποιούνται κατά την παρατήρηση και κατά την εξήγηση. Η παρατήρηση κινείται στο φαινομενολογικό επίπεδο (οπότε η συζήτηση εστιάζεται σε αυτά που φαίνονται ή παρατηρούνται, τη μορφή συνεπώς) ενώ η εξήγηση μετατοπίζεται στο επίπεδο των συλλογισμών για τα αίτια (που ενδεχομένως δεν είναι εμφανή και προέρχονται από τη φύση των υλικών, τις ιδιότητές τους, κλπ.) όπου εμπλέκονται οι έννοιες και τα μοντέλα που σχετίζονται με το χημικό αυτό φαινόμενο. Η παρατήρηση και η εξήγηση αντιστοιχούν σε διαφορετικό καταχωρητή σύμφωνα με το σχήμα του Vergnaud που έχουμε ήδη αναφέρει στο θεωρητικό πλαίσιο. Η παρατήρηση αντιστοιχεί στο πρώτο επίπεδο της πραγματικότητας ενώ η εξήγηση στο δεύτερο της αναπαράστασης.

Διεξαγωγή πειραμάτων με αντικείμενα

Οι μαθητές στη συνέχεια, και αφού είχαν δει και συζητήσει το βίντεο, πραγματοποίησαν το πείραμα (έξι πειραματικές δραστηριότητες - προσθήκη έξι διαφορετικών ουσιών) χρησιμοποιώντας απλά καθημερινά υλικά, με στόχο τη σύνδεση της σχολικής γνώσης για τα οξέα και τις βάσεις με την καθημερινή ζωή (Stavridou & Solomonidou, 2000). Έτσι δόθηκαν στους μαθητές χημικές ουσίες/σώματα της καθημερινής ζωής που θα έπρεπε μέσω τους πειράματος να τα κατηγοριοποιήσουν και να αποφανθούν για τον όξινο ή βασικό χαρακτήρα τους. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, οι κατηγορίες απαντήσεων που διακρίνουμε σ' αυτή την περίπτωση είναι:

- Προβλέπουν ένα χρώμα (M1). Στα πλαίσια αυτής της κατηγορίας οι μαθητές προβλέπουν ένα χρώμα και οι εκφράσεις τους είναι του τύπου «θα γίνει πιο ανοικτό», «θα γίνει ροζ», «θα γίνει μωβ», «θα γίνει πράσινο», κλπ.
- Προβλέπουν μια ουσία (M4). Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι μαθητές οι οποίοι προβλέπουν ότι «είναι οξύ» «βάση», κλπ.
- Γενικεύουν ή κατηγοριοποιούν (M9). Η κατηγορία αυτή εμφανίζεται αφού έχουν πραγματοποιήσει το πρώτο πείραμα και οι εκφράσεις τους είναι του τύπου «θα βγει το ίδιο με πριν γιατί είναι και αυτό οξύ», «τα απορρυπαντικά είναι βάσεις», κλπ.
- Δεν γνωρίζουν (M10). Αρκετοί μαθητές δεν ξέρουν να απαντήσουν πριν πραγματοποιήσουν το πρώτο ειδικά πείραμα με τα αντικείμενα. Παραδείγματα απαντήσεων: «δεν ξέρω τι θα συμβεί», «δεν ξέρω τι χρώμα θα γίνει», κλπ.

Από τον Πίνακα 3 παρατηρούμε ότι περίπου 54% των απαντήσεων των μαθητών προβλέπουν ένα χρώμα ή μεταβολή στο χρώμα, 23% γενικεύουν 15,15 % προβλέπουν ότι θα είναι οξύ ή βάση, 7,7% δεν γνωρίζουν.

Πίνακας 3. Διεξαγωγή πειραμάτων με αντικείμενα

	Προβλέπουν ένα χρώμα (M1)	Προβλέπουν μια ουσία (M4)	Γενικεύουν ή κατηγο- ριοποιούν (M9)	Δεν γνωρίζουν (M10)
1 ομάδα	3	1	2	0
2 ομάδα	5	0	0	2
3 ομάδα	3		1	0
4 ομάδα	4	0	0	2
5 ομάδα	2	2	3	0
6 ομάδα	3	3	2	0
7 ομάδα	4		2	0
8 ομάδα	4	2	2	0
Σύνολο	28	8	12	4

Όταν πραγματοποιούν τα πειράματα και καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους οι εμφανιζόμενες κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών είναι:

- Μεταβολές στη μορφή (M1). Παραδείγματα απαντήσεων: «αλλάζει το χρώμα», «άνοιξε το χρώμα», «έγινε τουρκουάζ, μοβ», «έγινε ροζ», κλπ.
- Μεταβολές στις ουσίες (M4). Οι απαντήσεις των μαθητών που εντάσσονται σ' αυτού του είδους τις μεταβολές περιέχουν συνήθως εκφράσεις του τύπου «ρίξαμε λεμόνι», «προσθέσαμε απορρυπαντικό», «προσθήκη οξέος», κλπ. Εδώ πρέπει να διακρίνουμε δύο υποκατηγορίες. Η πρώτη υποκατηγορία περιλαμβάνει τις *ουσίες-αντικείμενα* (καθημερινά υλικά) που χρησιμοποιήσαμε στο πείραμα όπως «ρίξαμε λεμόνι» ενώ η δεύτερη αναφέρεται στις έννοιες οξύ, βάση, δείκτης («μεταβολές σε οξύ-βάση-δείκτη»).

Πρέπει να σημειώσουμε ότι δεν βρήκαμε απαντήσεις που να εμπίπτουν στις δύο κατηγορίες «Μεταβολές στη θέση» (M2) και «Μεταβολές σε μεγέθη» (M3). Όταν οι μαθητές πραγματοποιούν τα πειράματα, η πλειονότητα των απαντήσεών τους εμπίπτει στην κατηγορία «μεταβολές στη μορφή» και στην «μεταβολές στην ουσία» και συγκεκριμένα στην υποκατηγορία «μεταβολές στην ουσία-αντικείμενο». Ενώ όταν οι μαθητές εξηγούν τις παρατηρήσεις τους, μετά τη διεξαγωγή των πειραμάτων, η πλειονότητα των απαντήσεων εμπίπτει στην κατηγορία «μεταβολές στις ουσίες» και συγκεκριμένα η πλειοψηφία στη δεύτερη υποκατηγορία δηλαδή «μεταβολές σε οξύ-

βάση-δείκτη». Μετά το πέρας των πειραμάτων οι μαθητές κατέληξαν στα ακόλουθα συμπεράσματα, τα οποία είναι στη σωστή κατεύθυνση (βέβαια οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους έπαιξαν σπουδαίο ρόλο): 1) Ο δείκτης είναι «το ζουμί του κόκκινου λάχανου», το οποίο αλλάζει χρώμα με την προσθήκη βάσης ή οξέως (Σ1). 2) Η προσθήκη οξέως έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του χρώματος του δείκτη σε ροζ (Σ2). 3) Η προσθήκη βάσεως έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του χρώματος του δείκτη σε πράσινο (Σ2). 4) Ο «χυμός από λεμόνι», το «ξύδι», η «seven-up» είναι οξέα και επομένως με την προσθήκη του δείκτη το χρώμα γίνεται ροζ (Σ3). 5) Το «azax», το «απορρυπαντικό» για πλύσιμο πιάτων» είναι βάσεις και με την προσθήκη του δείκτη, το χρώμα γίνεται πράσινο (Σ3). 6) Όση ποσότητα δείκτη κι αν προσθέσουμε σε οξύ ή βάση το χρώμα του δεν αλλάζει (Σ4).

Από τον Πίνακα 4 παρατηρούμε ότι περίπου 87,5% των μαθητών καταλήγουν στο συμπέρασμα Σ1, 62,5% καταλήγουν στο συμπέρασμα Σ2, 75% καταλήγουν στο συμπέρασμα Σ3 και 37,5 % καταλήγουν στο συμπέρασμα Σ4.

Πίνακας 4. Συμπεράσματα στα οποία κατέληξε η κάθε ομάδα μετά την υλοποίηση των πειραμάτων με τα φυσικά αντικείμενα

	(Σ1)	(Σ2)	(Σ3)	(Σ4)
1 ομάδα	1	1	0	0
2 ομάδα	1	1	1	1
3 ομάδα	1	0	1	0
4 ομάδα	1	1	1	1
5 ομάδα	0	1	0	0
6 ομάδα	1	0	1	0
7 ομάδα	1	1	1	1
8 ομάδα	1	0	1	0
Σύνολο	7	5	6	3

Με το εκπαιδευτικό λογισμικό

Κατά τη χρήση του λογισμικού ξεκινούμε στο περιβάλλον με τις ανοικτές-αφηρημένες οντότητες, για να μπορούν ελεύθερα οι μαθητές να εκφράσουν τις ιδέες τους (τις οποίες καλούνται να τις ονομάσουν και να γράψουν τις ιδιότητές τους), και να εξάγουμε έτσι συμπεράσματα όσον αφορά στις αναπαραστάσεις τους. Παρόλο που όλες σχεδόν οι ομάδες μαθητών κατέληξαν σε ανάλογα συμπεράσματα μετά την ολοκλήρωση των πειραμάτων με τα αντικείμενα, όπως φάνηκε στη συνέχεια, τα μο-

ντέλα που οικοδόμησαν στο λογισμικό μοντελοποίησης ήταν διαφορετικά. Οι κατηγορίες των απαντήσεων σχολιάζονται στη συνέχεια, ενώ οι απαντήσεις των μαθητών μπορούν να ανήκουν σε περισσότερες από μία κατηγορίες. Συγκεκριμένα, τα μοντέλα διέφεραν ως προς το είδος και τα ονόματα των οντοτήτων που χρησιμοποίησαν, αλλά και ως προς τις ημιποσοτικές σχέσεις που χρησιμοποίησαν για να τις συνδέσουν.

- Επιλογή οντοτήτων (M5). Ως προς το είδος των οντοτήτων που οι μαθητές χρησιμοποίησαν, άλλοι χρησιμοποίησαν ανοικτές-αφηρημένες οντότητες, άλλοι οντότητες-κείμενο και άλλοι και τα δύο είδη μαζί.
- Ως προς τα ονόματα των οντοτήτων που χρησιμοποίησαν οι μαθητές, φαίνεται ότι οι πολλοί μαθητές της ΣΤ' Δημοτικού επηρεάστηκαν από φαινομενολογικές περιγραφές και ονόμασαν τις οντότητες αναφερόμενοι στα αντικείμενα (π.χ. λεμόνι, ξύδι) ή στις ιδιότητες των αντικειμένων όπως το χρώμα (π.χ. πράσινο, ροζ) ή ακόμα στη σειρά του πειράματος ή στις έννοιες (π.χ. οξύ). Από τα μοντέλα των μαθητών προκύπτει ότι τείνουν να λαμβάνουν υπόψη τους «περιορισμένες μόνον όψεις των καταστάσεων που προσεγγίζουν, με το επίκεντρο της προσοχής τους να εξαρτάται από τη λαμπρότητα ορισμένων δεδομένων πρόσληψης που παρέχει η εκάστοτε πειραματική διάταξη» (Χατζηνικήτα & Κουλαϊδής, 2000).
- Επιλογή σχέσεων. Ως προς τις ημι-ποσοτικές σχέσεις που οι μαθητές χρησιμοποίησαν για να συνδέσουν τις οντότητες, φάνηκε ότι μερικοί μαθητές της ΣΤ' Δημοτικού χρησιμοποίησαν ταυτόχρονα δύο ημι-ποσοτικές σχέσεις (δηλαδή η σχέση μεταξύ δύο εννοιών μπορεί να είναι ταυτόχρονα της συμμεταβολής αλλά και της αντίστροφης μεταβολής) ή μια εσφαλμένη σχέση. Επιπλέον, η πλειοψηφία των μοντέλων (75%) περιέχουν την ημιποσοτική σχέση της συμμεταβολής (αυξάνεται - αυξάνεται) ενώ λίγα (25%) την ημιποσοτική σχέση «το ένα αυξάνεται το άλλο σταθερό», όπου προσπαθούν να απεικονίσουν το συμπέρασμα ότι «όσο και να αυξάνεται η ποσότητα του δείκτη στο διάλυμα οξέος ή βάσης το χρώμα παραμένει σταθερό».
- Αντιστοίχιση σημείου προς σημείο μεταξύ πραγματικού συστήματος και μοντέλου. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τις απαντήσεις των παιδιών που μοντελοποιούν τον αριθμό των πειραμάτων που πραγματοποίησαν, προκύπτει δηλαδή μια αντιστοίχιση 1-1 του αριθμού των πειραμάτων ή των πειραματικών σωλήνων που χρησιμοποίησαν με τα μοντέλα που οικοδόμησαν όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στο Σχήμα 2. Έτσι στο Σχήμα 2 οι μαθητές φτιάχνουν ένα μοντέλο όπου, όπως εξηγούν, «φαίνονται ο πρώτος, ο δεύτερος και ο τρίτος δοκιμαστικός σωλήνας ... οι δύο έχουν οξέα και ο ένας βάση». Αρκετοί μαθητές

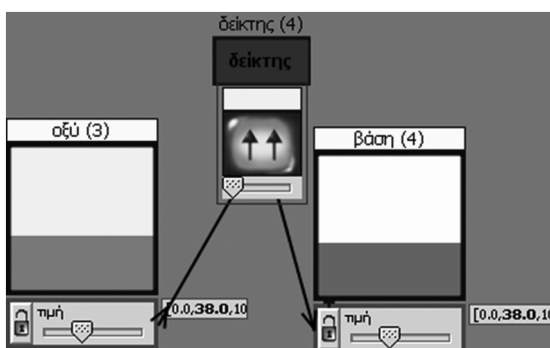
οικοδομούν ένα μοντέλο όπου όπως εξηγούν «δείχνει τα δύο πρώτα πειράματα που κάναμε» και υπάρχει μια λεκτική διαμάχη για το αν πρέπει να φτιάξουν «τέσσερα πειράματα στο ίδιο». Η παρατήρηση αυτή διαπιστώνεται στις μισές ομάδες των μαθητών. Δηλαδή το 50% των μαθητών αδυνατούν να σχεδιάσουν μοντέλα που να εκφράζουν συμπεράσματα γενικά και να ομαδοποιήσουν τις ίδιες περιπτώσεις.



Σχήμα 2. Μοντέλο 5 - αντιστοίχιση 1-1 με την πειραματική διαδικασία

- Επιλογή συμβάντων και χρονικός διαχωρισμός (M8). Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τις απαντήσεις των μαθητών, οι οποίοι αναρωτιούνται αν θα πρέπει να απεικονίσουν την αρχική φάση του πειράματος ή την τελική ή και τις δύο. Άλλοι οικοδομούν ένα μοντέλο όπου μέσω προσομοίωσης αναπαριστούν και οι δύο φάσεις ταυτόχρονα και άλλοι δύο μοντέλα όπου απεικονίζονται οι δυο φάσεις χωριστά. Άλλοι βέβαια δεν αναρωτιούνται και τείνουν να απεικονίζουν την τελική κατάσταση.

Τέλος, υπάρχουν μερικά μοντέλα που προσέγγιζαν το επιστημονικό. Στο Σχήμα 3, για παράδειγμα, έχουν οικοδομήσει ένα μοντέλο, με το οποίο, όπως εξήγησαν, προσπαθούν να αναπαραστήσουν όλα τα πειράματα μαζί. Ειδικότερα, έχουν σχεδιάσει δυο οντότητες, την οντότητα οξύ και την οντότητα βάση, οι οποίες αλλάζουν χρώμα παρουσία δείκτη.



Σχήμα 3. Μοντέλο μαθητή που προσεγγίζει το επιστημονικό μοντέλο

Αν κατηγοριοποιήσουμε τα μοντέλα ανάλογα με το είδος τους, την πληρότητά τους, τη σχέση που επιλέγουν και το συμπέρασμα της πειραματικής διαδικασίας που εκφράζει το κάθε μοντέλο τότε προκύπτει ο Πίνακας 5. Όπου το είδος του μοντέλου είναι: 1) Μοντέλο με οντότητες – κείμενο και 2) μοντέλο με αφηρημένες οντότητες. Όσον αφορά την πληρότητα των μοντέλων, το μοντέλο δεν είναι πλήρες όταν έχει τα εξής χαρακτηριστικά: 1) εστίαση σε ορισμένα αντιληπτικά φαινόμενα, 2) χρήση εσφαλμένης ημι-ποσοτικής σχέσης, 3) αντιστοίχιση 1-1 με την πειραματική διαδικασία, 4) συσχετισμός μεταξύ δύο πειραματικών διαδικασιών, 5) απεικόνιση αρχικής και τελικής φάσης μιας πειραματικής διαδικασίας δηλαδή επιλογή συμβάντων και χρονικός διαχωρισμός.

Όσον αφορά τα συμπεράσματα που περιγράφουν τα μοντέλα είναι τα συμπεράσματα της πειραματικής διαδικασίας που τους ζητήσαμε να τα απεικονίσουν με συμβολική μορφή οικοδομώντας ένα μοντέλο στην επιφάνεια εργασίας του MODELLINGSPACE. Δηλαδή: 1) Ο δείκτης είναι «το ζουμί του κόκκινου λάχανου» το οποίο αλλάζει χρώμα με την προσθήκη βάσης ή οξέως (Σ1). 2) Η προσθήκη οξέως ή βάσεως έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του χρώματος του δείκτη σε ροζ ή πράσινο αντίστοιχα (Σ2). 3) Ο «χυμός από λεμόνι», το «ξύδι», η «seven-up» είναι οξέα και επομένως με την προσθήκη του δείκτη, το χρώμα γίνεται ροζ ενώ το «azax», το «απορρυπαντικό» για πλύσιμο πιάτων» είναι βάσεις και με την προσθήκη του δείκτη, το χρώμα γίνεται πράσινο (Σ3). 4) Όση ποσότητα δείκτη κι αν προσθέσουμε σε οξύ ή βάση το χρώμα του δεν αλλάζει (Σ4).

Από τον πίνακα 5 παρατηρούμε ότι περίπου η πλειονότητα των μοντέλων που σχεδιάζουν οι μαθητές μπορούν να χαρακτηρισθούν ως μη πλήρη. Η κάθε ομάδα φτιάχνει περισσότερα από ένα μοντέλα. Στα μοντέλα τους αναπαριστάνουν κυρίως τα συμπεράσματα Σ1 και λιγότερο τα συμπεράσματα Σ3 και Σ4. Ενώ όσον αφορά τις σχέσεις –λόγω του ημιποσοτικού λογισμού, που είναι ένα από τα χαρακτηριστικά του λογισμικού- σε πολλά μοντέλα έχουν εισαχθεί οι σωστές σχέσεις.

Συμπεράσματα - Συζήτηση

Από την ανάλυση των δεδομένων μας προκύπτει ότι το βίντεο προκάλεσε το ενδιαφέρον των μαθητών. Οι απαντήσεις των μαθητών εμπίπτουν στις κατηγορίες *μεταβολές στη μορφή, μεταβολές στη θέση, μεταβολές σε μεγέθη, μεταβολές σε ουσίες* και μπορούν να ανήκουν σε περισσότερες από μία κατηγορίες. Όταν οι μαθητές παρατηρούν το βίντεο η πλειονότητα των απαντήσεών τους είναι του τύπου *μεταβολές στη μορφή* ενώ όταν εξηγούν το βίντεο η πλειονότητα των απαντήσεων εμπίπτει στην κατηγορία *μεταβολές στις ουσίες* και συγκεκριμένα η πλειοψηφία στη δεύτερη υποκατηγορία δηλαδή *μεταβολές σε οξύ-βάση-δείκτη*.

Πίνακας 5 Συγκεντρωτικός πίνακας - είδος, πληρότητα, σχέση, συμπεράσματα- για κάθε ομάδα

	Είδος	Πληρότητα	Σχέση	Συμπέρασμα
1ομάδα	4 μοντέλα με αφηρημένες οντότητες	4 αντιστοίχιση 1-1 με την πειραματική διαδικασία εστίαση σε ορισμένα αντιληπτικά φαινόμενα 4 όχι πλήρες	Καμία, 2 εσφαλμένη, 1 σωστή	Σ1, Σ1, Σ2 Σ1, Σ2 Σ1, Σ4
2 ομάδα	3 με αφηρημένες οντότητες 1 με οντότητες - κείμενο	4 εστίαση σε ορισμένα αντιληπτικά φαινόμενα 4 όχι πλήρες	2εσφαλμένη σωστή λεκτική	Σ2 Σ3 Σ4 Σ4
3ομάδα	3 με οντότητες - κείμενο 2 με αφηρημένες οντότητες	Δεν έχει σχέση 2 Δεν έχει ονομάσει οντότητες όχι πλήρες	καμία 2 σωστή	Κανένα Σ1, Σ2 Σ1, Σ2
4ομάδα	2 με αφηρημένες οντότητες	2 πλήρες	2σωστή	Σ1, Σ2 Σ1, Σ2
5ομάδα	2 με αφηρημένες οντότητες	2 πλήρες	2 σωστή	Σ1, Σ2 Σ1, Σ2
6 ομάδα	3 με οντότητες - κείμενο 2 με αφηρημένες οντότητες	Δεν έχει σχέση 2 Δεν έχει ονομάσει οντότητες 3 όχι πλήρες	καμία 2 σωστή	κανένα Σ1, Σ2 Σ1, Σ2
7 ομάδα	3 με αφηρημένες οντότητες 1 με οντότητες - κείμενο	1 Δεν έχει ονομάσει οντότητες 3 εστίαση σε ορισμένα αντιληπτικά φαινόμενα 4 όχι πλήρες	2 εσφαλμένη σωστή λεκτική	Σ3 Σ2 Σ4 Σ4
8 ομάδα	4 με αφηρημένες οντότητες	4 αντιστοίχιση 1-1 με την πειραματική διαδικασία εστίαση σε ορισμένα αντιληπτικά φαινόμενα όχι πλήρες	Καμία 2 εσφαλμένη σωστή	Σ1 Σ1, Σ2 Σ1, Σ2 Σ1, Σ4

Όταν οι μαθητές πραγματοποιούν το πείραμα με απλά καθημερινά υλικά η πλειοψηφία των απαντήσεων εμπίπτει στην κατηγορία *μεταβολές στη μορφή* και στην *μεταβολές στην ουσία* και συγκεκριμένα στην υποκατηγορία *μεταβολές στην ουσία-αντικείμενο*. Ενώ όταν εξηγούν τις παρατηρήσεις τους η πλειονότητα των απαντήσεων εμπίπτει στην κατηγορία *μεταβολές στις ουσίες* και συγκεκριμένα η πλειοψηφία στη δεύτερη υποκατηγορία δηλαδή *μεταβολές σε οξύ-βάση-δείκτη*.

Παρόλο που όλες σχεδόν οι ομάδες μαθητών κατέληξαν σε παρόμοια αποτελέσματα μετά το πέρας των πειραματικών δραστηριοτήτων με τη χρήση απλών καθημερινών υλικών και διατύπωσαν τα συμπεράσματά τους με τη χρήση των ίδιων γλωσσικών εκφράσεων που προαναφέρθηκαν, εντούτοις, η αναπαράσταση αυτών των συμπερασμάτων σε συμβολική μορφή μέσω του λογισμικού μοντελοποίησης οδηγεί σε τελείως διαφορετικά αποτελέσματα. Τα μοντέλα που αναπτύχθηκαν ήταν διαφορετικά ανάμεσα στους μαθητές ίδιας ηλικίας. Η λεπτομερής εξέταση αυτών δείχνει ότι μπορεί όλοι οι μαθητές να πραγματοποιήσουν οι ίδιοι το ίδιο πείραμα και να διατύπωσαν τα ίδια συμπεράσματα, όμως το αντιλήφθηκαν διαφορετικά που σημαίνει ότι εστίασαν την προσοχή τους σε διαφορετικά σημεία (π.χ. χρώμα, αντικείμενα (ξύδι, κλπ.)).

Άλλες δυσκολίες που καταγράφηκαν από τα μοντέλα των μαθητών με τη χρήση του λογισμικού μοντελοποίησης είναι ότι οι μαθητές α) εφευρίσκουν δικές τους μαθηματικές σχέσεις (συνδυάζοντας δύο μαζί) ή χρησιμοποιούν εσφαλμένες σχέσεις. Βέβαια αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι δεν ξέρουν τι είδους σχέση κρύβεται και ούτε το έχουν διδαχθεί, και β) συγχέουν το χρώμα με την ένταση του χρώματος έτσι οδηγούνται στο εσφαλμένο συμπέρασμα ότι όση ποσότητα δείκτη κι αν προσθέσουμε σε οξύ το χρώμα του αλλάζει.

Επιπλέον, από την προσπάθειά τους να αναπαραστήσουν το πείραμα που διεξήγαγαν με απλά καθημερινά υλικά ή τα αποτελέσματά τους στον υπολογιστή, δηλαδή στην προσπάθειά τους να συνδέσουν τον πραγματικό με τον συμβολικό κόσμο, αντιμετώπισαν μερικές δυσκολίες. Οι δυσκολίες αυτές ενεργοποιούν λειτουργίες της σκέψης που απαιτούν την επεξεργασία μιας αποτελεσματικής αναπαράστασης: επιλογή των συμβάντων και χρονικό διαχωρισμό της πειραματικής διαδικασίας όπου οι μαθητές αναρωτιούνται αν θα πρέπει να απεικονίσουν την αρχική φάση του πειράματος ή την τελική ή και τις δύο. Μια άλλη δυσκολία ήταν αν θα έπρεπε να αντιστοιχήσουν τον αριθμό των πειραμάτων που πραγματοποίησαν ή των πειραματικών σωλήνων που χρησιμοποίησαν με τα μοντέλα που οικοδόμησαν. Δηλαδή παρατηρήθηκε αδυναμία γενίκευσης και αφαίρεσης τη στιγμή που όταν ολοκλήρωσαν τα πειράματα με πραγματικά αντικείμενα έφτασαν σε γενικά συμπεράσματα και ταξινό-

μησαν τις ουσίες σε δύο κατηγορίες (οξέα και βάσεις). Σε αρκετές περιπτώσεις η γενίκευση αυτή δεν εκφράστηκε στα μοντέλα τους.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα άλλων ερευνών δεν βρήκαμε συναφείς έρευνες που να χρησιμοποιούν βίντεο και εκπαιδευτικό λογισμικό για να μελετήσουν τις έννοιες οξέα, βάσεις και δείκτες. Οι έρευνες άλλων μελετητών αφορούν την χρήση ψηφιακού βίντεο στις φυσικές επιστήμες ή αφορούν τις έννοιες αυτές αλλά τα πειράματα πραγματοποιούνται με απλά καθημερινά υλικά. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το ψηφιακό βίντεο αποτελεί ένα παιδαγωγικό εργαλείο χαμηλού κόστους το οποίο μπορεί να κινητοποιήσει τους μαθητές και πλεονεκτεί έναντι της παραδοσιακής διδασκαλίας (Laws & Pfister, 1998) και ότι ενισχύει τις δεξιότητες των μαθητών στην επίλυση προβλημάτων (Shyu, 2000). Επίσης ο συνδυασμός δύο τύπων απεικονίσεων (δυναμική κίνηση μοριακών ομοιωμάτων και βίντεο-προβολών) παρέχει τη δυνατότητα στους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τη διαδικασία γιατί συσχετίζουν τα τρία επίπεδα αναπαράστασης: μακροσκοπικός, υπομικροσκοπικός, και συμβολικός (Velazquez-Marcano et al., 2004).

Όσον αφορά τα αποτελέσματα των ερευνών που σχετίζονται με τις έννοιες αυτές, για παράδειγμα, οι Hatzinikita and Koulaïdis (1998), Χατζηνικήτα και Κουλαϊδής (2000) βρίσκουν, όπως έχουμε ήδη αναφέρει στο θεωρητικό πλαίσιο και στην ανάλυση των κατηγοριών μας, ότι οι μαθητές αντιλαμβάνονται τις φυσικοχημικές μεταβολές με όρους μεταβολών στη μορφή, στη διάταξη, στη συγκρότηση και στη θέση. Άρα οι κατηγορίες των μεταβολών που χειρίζονται οι μαθητές δεν συμπίπτουν με αυτές που υπάρχουν στα αναλυτικά προγράμματα και τα σχολικά εγχειρίδια. Επίσης οι συγγραφείς βρίσκουν ότι όσον αφορά τη συχνότητα χρήσης των διαφόρων κατηγοριών των μεταβολών έγινε φανερό ότι οι μαθητές που συμμετέχουν στην έρευνα αναφέρονται περισσότερο συχνά στην κατηγορία των μεταβολών στη μορφή οντοτήτων του μακρόκοσμου παρά στις άλλες κατηγορίες των μεταβολών γεγονός το οποίο συμφωνεί και με τα δικά μας αποτελέσματα.

Έτσι μπορούμε να διατυπώσουμε στο σημείο αυτό την πρόταση, ότι είναι απαραίτητη η διεξαγωγή εικονικών πειραμάτων παράλληλα με την πραγματοποίηση πραγματικών πειραμάτων για να προχωρήσουν οι συλλογισμοί των μαθητών σε μεγαλύτερο βάθος και να περάσουν από τη συγκεκριμένη σκέψη στην τυπική. Τα συμβολικά πειράματα δεν έρχονται σε αντίθεση με τα πραγματικά αλλά τα συμπληρώνουν. Η δε χρήση περισσότερων παιδαγωγικών εργαλείων με διαφορετικά πλεονεκτήματα και διαφορετική σειρά χρήσης, βοηθά από ότι φαίνεται ικανοποιητικά να δημιουργηθούν οι εννοιολογικοί δεσμοί μεταξύ της αναπαράστασης και της πραγματικότητας που θεωρείται μια πολύ δύσκολη διαδικασία και αποτελεί το επίκεντρο των σύγχρονων ερευνών στους τομείς της γνωστικής ψυχολογίας και της Διδακτικής. Βέβαια και

άλλοι παράγοντες επηρεάζουν αυτή τη διαδικασία όπως οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μαθητών και των καθηγητών και ο βαθμός εξάσκησης στη μοντελοποίηση. Η πρόταση αυτή μπορεί να επαληθευτεί ή να διαψευσθεί με τη συνέχεια των πειραμάτων στη δεύτερη φάση του προγράμματος καθώς επίσης και από την αντίστροφη διαδικασία. Δηλαδή να δοθεί ένα μοντέλο στους μαθητές και αφού το εξηγήσουν να προσπαθήσουν να υλοποιήσουν την πειραματική διαδικασία που αναπαριστά αυτό το μοντέλο.

Αναφορές

- Balacheff, N. (2004). Knowledge: the keystone of TEL design. Στο Μ. Γρηγοριάδου, Α. Ράπτης, Σ. Βοσνιάδου & Χ. Κυνηγός (Επ.) *Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση, Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή*, (σ. 35-46). Αθήνα.
- Carr, M. (1984). Model confusion in chemistry. *Research in Science Education*, 14, 97-103.
- Champagne, A., Klopfer, L. & Anderson, J. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48(12), 1074-1079.
- Davis, B. (1991). Image learning, <http://www.mit.edu:8001/people/davis/ImageLearn.html>.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood - Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science*. London: Routledge.
- Dimitracopoulou, A. & Komis, V. (2005). Design principles for the support of modelling and collaboration in a technology based learning environment. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning*, 15(1/2), 30-55.
- Gilbert, J. K. (2004). Chemical literacy: An approach through models and modeling. In S. A. Glazar & D. Krnel (Eds.), *Proceedings of European Conference on Research in Chemical Education*. 15-30, Ljubljana.
- Hatzinikita, V. & Koulaïdis, V. (1998). Représentations des élèves de l'école primaire sur les changements des systèmes physico-chimiques: système de classification. *Didaskalia*, 12, 93-114.
- Hand, B. M. & Treagust, D. F. (1988). Application of a conceptual conflict teaching strategy to enhance student learning of acids and bases: a two year study. *Research in Science Education*, 18, 53-63.
- Jimoyiannis, A. & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36, 183-204.
- Komis, V., Dimitracopoulou, A., Politis, P. & Avouris, N. (2001). Expérimentations sur l'utilisation d'un logiciel de modélisation par petits groupes d'élèves. *Sciences et techniques éducatives*, 8, 1-2, 75-86.
- Laws, P. W. & Pfister, H. (1998). Using Digital Video Analysis in Introductory Mechanics Projects. *The Physics Teacher*, 36, 282-287.
- Lemeignan, G. & Weil - Barais, A. (1993). *Construire des concepts en physique; l'enseignement de la mécanique*. Paris: Hachette.

- Martinand J. - L. (Coord.) (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris: INRP.
- Mellar, H., Bliss, J., Boohan, R., Ogborn, J. & Tompsett, C. (1994). *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*. London: The Falmer Press.
- Piaget, J. & Garcia, R. (1971). *Les explications causales*. Paris: PUF.
- Russell, J., Kozma, R., Jones, T., Wykoff, J., Marx, N. & Davis, J. (1997). Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts. *Journal of Chemical Education* 74, 330-334.
- Sandoval, W. A. & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88, 345-372.
- Sanger, M. J. & Greenbowe, T. J. (1997). Common student misconceptions in electrochemistry: Galvanic, electrolytic, and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 377-398.
- Shephard, K. (2001). Submission of student assignments on compact discs: exploring the use of audio, images and video in assessment and learning in higher education. *British Journal of Educational Technology*, 32(2), 161-170.
- Shyu, H. (2000). Using video-based anchored instruction to enhance learning: Taiwan's experience. *British Journal of Educational Technology*, 31(1), 57-69.
- Smyrnaioi, Z. (2003). *Modélisation: l'apport des logiciels éducatifs*. Thèse, Université Paris V.
- Smyrnaioi, Z. & Weil-Barais, A. (2005). Évaluation cognitive d'un logiciel de modélisation auprès d'élèves de collège. *Didaskalia*, 27, 133-149.
- Stavridou, H. & Solomonidou, Ch. (2000). Représentations et conceptions des élèves grecs par rapport au concept d'équilibre chimique. *Didaskalia*, 16, 107-134.
- Thulstrup, E. W. (2004). Connecting chemical education with the real world. In S. A. Glazar & D. Krnel (Eds.), *Proceedings of European Conference on Research in Chemical Education*. 37-51, Ljubljana.
- Velazquez - Marcano, A., Williamson, V. M., Ashkenazi, G. Tasker, R. & Williamson, K. C. (2004). The use of video demonstrations and particulate animation in general chemistry. *Journal of Science Education and Technology*, 13(3), 315-323.
- Vergnaud, G. (1987). La fonction de l'action et de la symbolisation dans la formation des connaissances chez l'enfant. In J. Piaget, P. Mounoud & J. P. Bronckart (Eds), *Psychologie*. Paris: Gallimard.
- Wissiak - Grm, K. S. & Krnel, D. (2004). The influence of experimental methodology on the comprehension of precipitation reaction. *Poster of European Conference on Research in Chemical Education*, Ljubljana.
- Κόκοτας (Επ.), Διδακτικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Ραβάνης, Κ. (1999). Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Χατζηνικήτα, Β. & Κουλαϊδής, Β. (2000). Αναπαραστάσεις μαθητών του δημοτικού σχολείου για τις μεταβολές φυσικοχημικών συστημάτων: Σύστημα Ταξινόμησης Στο Π. Σμυρναίου, Ζ. (2006). Αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μαθητών της ΣΤ' Δημοτικού στις Φυσικές Επιστήμες χρησιμοποιώντας βίντεο και εκπαιδευτικό λογισμικό. *Νέα Παιδεία*, (submitted).