

Εκπαίδευση εκπαιδευτικών στη βασισμένη στον H/Y μοντελοποίηση στα πλαίσια της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών

Δημήτρης Αλιμήσης,
Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικής και Τεχνολογικής Εκπαίδευσης
Πάτρα, Ελλάδα
pateslab@otenet.gr

Anca Duta – Capra
Transilvania University
Brasov, Romania
a.duta@unitbv.ro

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή περιγράφει ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης εκπαιδευτικών στη διδακτική αξιοποίηση της βασισμένης στον H/Y μοντελοποίησης με χρήση κατάλληλου λογισμικού. Σαν παράδειγμα επιλέχθηκε η χημική κινητική. Οι διδακτικές τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν ικανοποιούσαν την ανάγκη των ενηλίκων εκπαιδευομένων για ενεργητική συμμετοχή στη διαδικασία της μάθησης και για μάθηση μέσω της πράξης. Οι εκπαιδευόμενες κλήθηκαν να μοντελοποιήσουν το φαινόμενο της χημικής ισορροπίας αξιοποιώντας δεξιότητες που είχαν ήδη κατακτήσει στα πλαίσια εκπαιδευτικού προγράμματος αξιοποίησης των Τ.Π.Ε. στην εκπαίδευση. Μέσω της διαδικασίας αυτής επιδιώχθηκε να υιοθετήσουν οι εκπαιδευόμενες ερευνητικές και ανακαλυπτικές μεθόδους εκπαίδευσης με εργαλείο τον H/Y και το εκπαιδευτικό λογισμικό με τελικό στόχο να τις εφαρμόσουν στη συνέχεια με τους μαθητές τους. Οι εκπαιδευόμενες στο σύνολό τους αξιολόγησαν θετικά το πρόγραμμα εκπαίδευσης, αξιολόγησαν το λογισμικό μοντελοποίησης ως χρήσιμο στη διδασκαλία της Χημείας και ότι θα ήταν χρήσιμο για τους μαθητές τους να εργαστούν με παρόμοιο τρόπο στο μάθημα της Χημείας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: εκπαίδευση εκπαιδευτικών, λογισμικό μοντελοποίησης, διδασκαλία Χημείας, Χημική κινητική, Χημική ισορροπία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εισαγωγή των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών (Τ.Π.Ε.) στην εκπαίδευση τα τελευταία λίγα χρόνια έχει δημιουργήσει προσδοκίες ότι θα μπορούσε να συμβάλει στην ανανέωση της εκπαίδευσης και τη μετάβαση από το σημερινό δασκαλοκεντρικό σχολείο που κυριαρχείται από το μοντέλο μεταφοράς της γνώσης σε ένα σχολείο που θα μετατοπίσει το κέντρο βάρους από τη γνώση του «τι» στη μάθηση του «πώς». Σε ένα σχολείο όπου ο μαθητής «θα μαθαίνει πώς να μαθαίνει» σε ένα περιβάλλον που θα δίνει έμφαση στην εξερεύνηση και ανακάλυψη, στην ίδια την εμπειρία ανάπτυξης στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων, στη μεταφορά των δεξιοτήτων στην επίλυση νέων προβλημάτων και τελικά στην πρόσκτηση των δεξιοτήτων που οι πολίτες της «κοινωνίας της πληροφορίας» χρειάζεται να διαθέτουν (diSessa, Hoyles, Noss & Edwards, 1995).

Προϋπόθεση για μια τέτοια αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. αποτελεί η επιλογή των κατάλληλων τεχνολογικών εργαλείων και η ανάλογη εκπαίδευση και επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στην αξιοποίηση τους στη διδασκαλία και τη μάθηση. Στα πλαίσια του προβληματισμού αυτού η

εργασία μας παρουσιάζει και συζητά ένα ενδεικτικό παράδειγμα εκπαίδευσης εκπαιδευτικών στην αξιοποίηση εκπαιδευτικού λογισμικού μοντελοποίησης στα πλαίσια ενός ευρωπαϊκού προγράμματος εκπαίδευσης εκπαιδευτικών.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

Ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης εκπαιδευτικών στις Τ.Π.Ε. δεν θα πρέπει να περιορίζεται στη διεύρυνση της πληροφορικής και τεχνολογικής κουλτούρας των εκπαιδευόμενων. Το κυρίως ζητούμενο κατά την άποψή μας είναι να μάθουν οι εκπαιδευτικοί πώς να χρησιμοποιούν τα νέα τεχνολογικά εργαλεία στη διδασκαλία τους και όχι μόνο πώς να χρησιμοποιούν την τεχνολογία αυτή καθ' εαυτή. Η θέση αυτή υπερβαίνει τη συνήθη «τεχνοκρατική» αντίληψη που συχνά διέπει τα προγράμματα εκπαίδευσης και επιμόρφωσης εκπαιδευτικών και τα περιορίζει στην προσφορά βασικών δεξιοτήτων χρήσης γενικών εφαρμογών των Η.Υ. (επεξεργασία κειμένου, παρουσιάσεις, λογιστικά φύλλα, Internet). Αντιθέτως θεωρούμε ότι η έμφαση πρέπει να δίδεται σε προγράμματα λογισμικού που μπορούν να υποστηρίξουν τη διδασκαλία και την ανακαλυπτική μάθηση μέσω της δημιουργίας προσομοιώσεων, που ευνοούν την ενεργό συμμετοχή στη λύση ανοιχτών προβλημάτων και καλλιεργούν τη διερευνητικού τύπου μάθηση (Snir, Smith & Grosslight, 1995).

Στην κατηγορία αυτή εντάσσεται το λογισμικό μοντελοποίησης. Η μοντελοποίηση είναι βασικό μεθοδολογικό εργαλείο πολλών επιστημών και της επιστημονικής έρευνας. Συνεπώς οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίσουν και να οικειοποιηθούν τα εργαλεία αυτά. Το μοντέλο μπορεί να πάρει τη μορφή γραφικών και συμβολικών παραστάσεων και να κάνει το αφηρημένο συγκεκριμένο για τους μαθητές. Στη διαδικασία της μοντελοποίησης οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να εκφράσουν τις ιδέες τους και τα νοητικά τους μοντέλα. Διευκολύνεται η επικοινωνία ιδεών στη σχολική τάξη. Η εργασία των μαθητών με τη μοντελοποίηση μπορεί να τους ασκήσει σε θέματα περιγραφής, ερμηνείας και πρόβλεψης και να καλλιεργήσει νοητικές δεξιότητες στην αντιμετώπιση προβλημάτων (Jonassen, 2000). Η υποστήριξη της διαδικασίας μοντελοποίησης από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή με χρήση κατάλληλου λογισμικού καθιστά σήμερα απόλυτα εφικτή την εισαγωγή της μοντελοποίησης στην εκπαίδευση (Alimisis, 2003a και 2003b).

Το λογισμικό *Modellus* (<http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus>) επιλέχτηκε ανάμεσα σε άλλα (π.χ. Stella, <http://www.hps-inc.com>, Powersim, <http://www.powersim.com>) γιατί επιτρέπει μοντελοποιήσεις και πολλαπλές αναπαραστάσεις που βασίζονται σε ποσοτικό συλλογισμό μέσω εξισώσεων και γιατί διαθέτει μια λιτή αλλά λειτουργική επιφάνεια εργασίας, προσφέρει δυνατότητα άμεσου χειρισμού των αντικειμένων, προσομοιώσεις, γραφήματα και πίνακες τιμών. Η οπτικοποίηση που προσφέρουν οι πολλαπλές αναπαραστάσεις είναι καθοριστικό σημείο στην υποστήριξη της ανάπτυξης των συλλογισμών στα παιδιά και ευνοεί τη μετάβαση από τα συγκεκριμένα «οπτικοποιημένα» αντικείμενα στο συλλογισμό με αφηρημένες έννοιες. Το λογισμικό προσφέρει στα παιδιά προσομοιώσεις, ενασχόληση με ανοιχτά προβλήματα (εξερεύνηση, ανακάλυψη, διάγνωση λαθών), τον έλεγχο και την αυτονομία στη διαδικασία της μάθησης, αυθόρμητη έκφραση, πολλαπλές οπτικές ανάγνωσης ενός προβλήματος, ανάπτυξη αυτογνωσίας και γενικότερα υποστηρίζει την ενεργό εποικοδομητική μάθηση (Teodoro, 1997).

ΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα που περιγράφεται σε αυτή την εργασία αναπτύχθηκε στα πλαίσια ευρωπαϊκού σχεδίου εργασίας που χρηματοδοτήθηκε κατά τα ακαδ. έτη 2000-01 ως 2002-03 από το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα SOCRATES (Project CHEMINC-87160-CP-1-2000-1-RO-COMENIUS-C31, συντονιστής Prof. Anca Duta, Transilvania University of Brasov, με τη συνεργασία τριών εκπαιδευτικών ιδρυμάτων (Transilvania University of Brasov-Romania, University of Gent-Belgium και ΑΣΠΑΙΤΕ / Παράρτημα Πάτρας-Ελλάδα).

Το σχέδιο εργασίας αφορούσε στην ανάπτυξη και υλοποίηση προγραμμάτων κατάρτισης για εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην αξιοποίηση εκπαιδευτικού λογισμικού στη διδασκαλία της Χημείας. Το εκπαιδευτικό υλικό, η μεθοδολογία και το περιεχόμενο των προγραμμάτων κατάρτισης αναπτύχθηκαν με τη συνεργασία των ιδρυμάτων που συμμετείχαν στο σχέδιο εργασίας (Alimisis, 2002).

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται και σχολιάζεται ένα μόνο μέρος του προγράμματος που αναπτύχθηκε κατά το ακαδ. έτος 2002-03 (Ιούνιος 2003) και αφορούσε στην κατάρτιση εκπαιδευτικών στην αξιοποίηση εκπαιδευτικού λογισμικού μοντελοποίησης κατά τη διδασκαλία των χημικών αντιδράσεων και της χημικής κινητικής. Το συγκεκριμένο παράδειγμα επιλέχτηκε γιατί προσφέρεται ιδιαίτερος για την ανάπτυξη μοντέλων μελέτης και διερεύνησης και γιατί έχει επισημανθεί από τη βιβλιογραφία ότι δημιουργεί σοβαρές δυσκολίες κατανόησης στους μαθητές (Σταυρίδου, Σολομωνίδου & Σιγάλας, 1998). Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα υλοποιήθηκε στο Transilvania University (Brasov). Το παρακολούθησαν μετά από αίτησή τους 13 καθηγήτριες Χημείας από σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης της περιοχής του Brasov (Transilvania). Οι περισσότερες είχαν μόνο μικρή προηγούμενη εξοικείωση στη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Λαμβάνοντας υπ' όψη ότι απευθυνόμαστε σε εκπαιδευτικούς, πολλοί εκ των οποίων είχαν ήδη αρκετή διδακτική εμπειρία, δώσαμε έμφαση σε έναν αλληλεπιδραστικό τύπο κατάρτισης σύμφωνο με τις αρχές της εκπαίδευσης ενηλίκων (Rogers, 1999). Η διδασκαλία μέσω τυπικής εισήγησης αντικαταστάθηκε σε μεγάλο βαθμό από ενεργητικές τεχνικές που αξιοποιούσαν την υπάρχουσα εμπειρία των εκπαιδευόμενων σχετικά με το διδασκόμενο θέμα, έθεταν προς συζήτηση ένα παράδειγμα με πρακτικό ενδιαφέρον για τις εκπαιδευόμενες και «εκμαίευαν» με επιτυχία τη γνώση μέσα από την προσωπική εργασία που ακολουθούσε (Alimisis, 2002).

Οι διδακτικές τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν απέβλεπαν στην ικανοποίηση της ανάγκης των ενηλίκων εκπαιδευόμενων για ενεργητική συμμετοχή στη διαδικασία της μάθησης και για μάθηση μέσω της πράξης. Ο εκπαιδευτής ενθάρρυνε την ενεργητική συμμετοχή των εκπαιδευόμενων, τους άφηνε αρκετό χώρο πρωτοβουλίας και επιδίωκε τη μάθηση μέσω της πράξης και της αυτενέργειας. Το μαθησιακό κλίμα ευνοούσε την ουσιαστική επικοινωνία των εκπαιδευόμενων με τον εκπαιδευτή και μεταξύ τους και ανέπτυξε πνεύμα συνεργατικότητας. Ο εκπαιδευτής ενεργούσε κυρίως ως «διευκολυντής» (facilitator) που ενθάρρυνε, αλληλεπιδρούσε και συνεργαζόταν με τις εκπαιδευόμενες. Οι πρακτικές δραστηριότητες αναπτύχθηκαν σε ομάδες εργασίας των 2-3 εκπαιδευόμενων με στόχο την προώθηση της συνεργατικότητας και της δημιουργικότητας.

Στα πλαίσια της μεθοδολογίας αυτής θεωρήθηκε ως η πλέον κατάλληλη μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που περιελάμβανε:

- σύντομη παρουσίαση της παιδαγωγικής αξίας της μοντελοποίησης και των βασικών λειτουργιών του λογισμικού Modellus (1^η φάση, 3 διδακτικές ώρες).
- πρακτικές ασκήσεις εξοικείωσης σε εργαστήριο Η.Υ. Οι εκπαιδευόμενες εργάζονταν με παραδείγματα που τους δίνονταν σε φύλλο εργασίας (μαζί με την εντελώς απαραίτητη βοήθεια) με στόχο την εξοικείωση με το λογισμικό (2^η φάση, 3 διδακτικές ώρες).
- παραγωγή πρωτότυπου έργου με χρήση του λογισμικού. Οι εκπαιδευόμενες κλήθηκαν να αναπτύξουν ένα δικό τους παράδειγμα αξιοποιώντας τις δεξιότητες που είχαν ήδη κατακτήσει. Η κάθε εκπαιδευόμενη ξεχωριστά είχε τη δυνατότητα να προχωρήσει με το δικό της ρυθμό στις σχετικές εργαστηριακές ασκήσεις. Η βασική επιδίωξή μας ήταν η ανάπτυξη μέσα από τις

εργαστηριακές ασκήσεις στρατηγικών μάθησης και εξοικείωσης με τη χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού μάλλον παρά η προσφορά έτοιμης γνώσης (3^η φάση, 5 διδακτικές ώρες).

- αυτοεκπαίδευση μετά τη λήξη του προγράμματος (4^η φάση). Στις εκπαιδευόμενες δόθηκε CD με το λογισμικό για περαιτέρω εξάσκηση αλλά και για διδακτική αξιοποίηση στη σχολική τάξη.

Η ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Σαν παράδειγμα παρουσίας των δυνατοτήτων του Modellus παρουσιάστηκε (1^η φάση) η μελέτη της χημικής αντίδρασης $N_2O_4 \rightarrow 2NO_2$. Διατυπώθηκε το μοντέλο (εικόνα 1), στο οποίο $[N_2O_4]$ αντιπροσωπεύει τη συγκέντρωση του N_2O_4 , $[NO_2]$ τη συγκέντρωση του NO_2 και v την ταχύτητα της αντίδρασης. Δόθηκαν οι αρχικές τιμές των $[N_2O_4]$ και $[NO_2]$, δημιουργήθηκαν γραφικές παραστάσεις και προσομοίωση του μοντέλου, που έδειχναν πώς αλλάζουν οι συγκεντρώσεις $[N_2O_4]$, $[NO_2]$ και η ταχύτητα με το χρόνο στη διάρκεια της αντίδρασης $N_2O_4 \rightarrow 2NO_2$.

$$\begin{aligned} dN_2O_4 / dt &= -v \\ dNO_2 / dt &= 2*v \\ v &= k * N_2O_4 \end{aligned}$$

Εικόνα 1: το μοντέλο της χημικής αντίδρασης $N_2O_4 \rightarrow 2NO_2$

Για την εξοικείωση με τη μοντελοποίηση χημικής αντίδρασης (2^η φάση) δόθηκε προς επεξεργασία η χημική αντίδραση *κυκλοπροπάνιο* \rightarrow προπένιο και ζητήθηκε να εξεταστεί πώς η συγκέντρωση (mol/L) του κυκλοπροπάνιου και η ταχύτητα αντίδρασης αλλάζουν με το χρόνο. Δημιουργήθηκαν βήμα προς βήμα προσομοίωση, γραφικές παραστάσεις και πίνακες τιμών.

Μετά την εξοικείωση των εκπαιδευομένων προτάθηκε για μοντελοποίηση το φαινόμενο της Χημικής Ισορροπίας (3^η φάση). Δόθηκε το ακόλουθο σενάριο: Η χημική αντίδραση $H_2 + I_2 \leftrightarrow 2HI$ είναι μια αμφίδρομη αντίδραση πρώτης τάξης ως προς το H_2 και το I_2 και 2^{ης} τάξης ως προς το HI . Δίνεται $k_1=50$ για την αντίδραση $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$ ($v_1=k_1*H_2*I_2$) και $k_2=1$ για την αντίστροφη αντίδραση $2HI \rightarrow H_2 + I_2$ ($v_2=k_2*HI^2$). Πώς αλλάζουν οι συγκεντρώσεις H_2 , I_2 και HI με το χρόνο; Πώς αλλάζει η ταχύτητα αντίδρασης σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση H_2 ; Πώς αλλάζει η ταχύτητα αντίδρασης σε συνάρτηση με το χρόνο; Πώς αλλάζει το πηλίκο $Q = HI^2 / (H_2 * I_2)$ με το χρόνο; Πότε το σύστημα φτάνει σε ισορροπία; Τι συμβαίνει αν αλλάξουμε την αρχική συγκέντρωση του H_2 ή/και του I_2 ; Τι συμβαίνει αν αλλάξουμε την αρχική συγκέντρωση του HI ;

Η επιλογή του συγκεκριμένου σεναρίου απέβλεπε στην ανάδειξη του εκπαιδευτικού δυναμικού που εμπεριέχει δυνάμει η εργασία της μοντελοποίησης και προσομοίωσης του φαινομένου. Συγκεκριμένα αναμένεται μέσω της διαδικασίας αυτής να υιοθετήσουν οι εκπαιδευόμενες ερευνητικές και ανακαλυπτικές μεθόδους εκπαίδευσης με εργαλείο τον ΗΥ και το εκπαιδευτικό λογισμικό με τελικό στόχο να τις εφαρμόσουν στη συνέχεια με τους μαθητές τους με στόχο:

- να προωθήσουν την ενεργό συμμετοχή στην ανακάλυψη της γνώσης
- να τους προσφέρουν εργαλεία να εργαστούν με αφηρημένες έννοιες (όπως είναι η ταχύτητα αντίδρασης, οι συγκεντρώσεις και οι μεταξύ τους σχέσεις), να τις οπτικοποιήσουν και να τις κάνουν πιο συγκεκριμένες.

- να προσφέρουν στους μαθητές ευκαιρίες να δοκιμάσουν τα δικά τους γνωστικά μοντέλα και να τα αναθεωρήσουν στην κατεύθυνση των επιστημονικών ιδεών
- να ενθαρρύνουν τους μαθητές να ορίζουν τις έννοιες με μεγαλύτερη ακρίβεια

Στις εκπαιδευόμενες δώσαμε μόνο «τεχνική» βοήθεια όπου χρειάστηκε και τις αφήσαμε να εργαστούν πάνω στο σενάριο που τους δόθηκε με το δικό τους ρυθμό που διέφερε αναλόγως με το βαθμό εξοικείωσης που είχαν με τη χρήση του HY.

$$\begin{aligned}
 & ;H_2 + I_2 \rightarrow 2 HI \\
 \frac{dH_2}{dt} &= -v_1 + v_2 \\
 \frac{dI_2}{dt} &= -v_1 + v_2 \\
 \frac{dHI}{dt} &= 2 \times (v_1 - v_2) \\
 v_1 &= k_1 \times H_2 \times I_2 \\
 v_2 &= k_2 \times HI^2 \\
 Q &= \frac{HI^2}{(H_2 \times I_2)}
 \end{aligned}$$

Εικόνα 2: το παράθυρο του μοντέλου

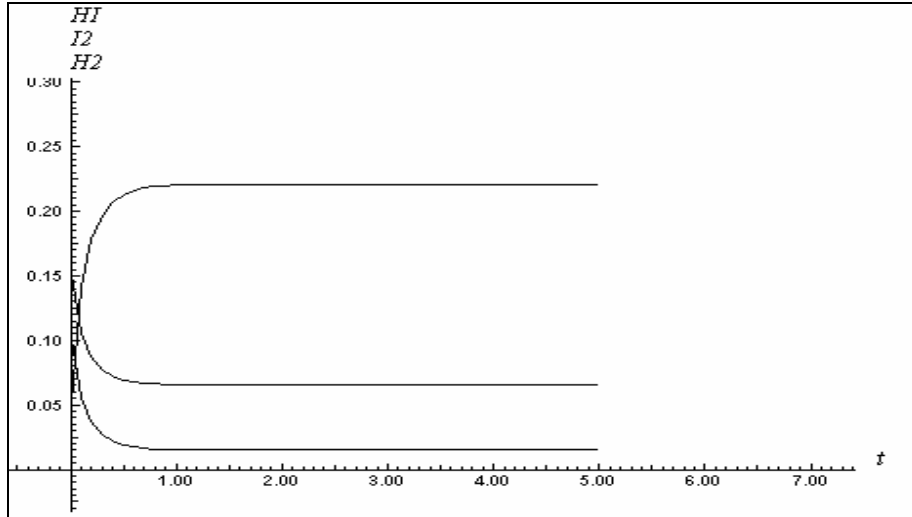
Ενδεικτικό παράδειγμα εργασίας εκπαιδευομένων με το παραπάνω σενάριο παρατίθεται στη συνέχεια. Στην εικόνα 2 φαίνεται το μοντέλο που έγραψαν οι εκπαιδευόμενες χρησιμοποιώντας αλγεβρικές και διαφορικές εξισώσεις. Οι κυριότερες δυσκολίες εντοπίστηκαν στη δημιουργία του μοντέλου, όπου οι εκπαιδευόμενες έπρεπε να προβλέψουν την επίδραση και των δυο ταχυτήτων v_1 και v_2 στη μεταβολή των συγκεντρώσεων (εικόνα 2).

Στην εικόνα 3 φαίνονται οι αρχικές τιμές των συγκεντρώσεων H_2 , I_2 και HI και οι τιμές των παραμέτρων k_1 και k_2 . Οι εκπαιδευόμενες μπορούσαν να αλλάξουν τις αρχικές τιμές των συγκεντρώσεων στη συνέχεια της εργασίας τους και να πειραματιστούν («τι θα συμβεί αν...») με διαφορετικές αρχικές συνθήκες. Αναμένεται ότι ως εκπαιδευτικοί θα δώσουν αντίστοιχες ευκαιρίες πειραματισμού και στους μαθητές τους κατά τη διδασκαλία της Χημείας.

k_1	50.00
k_2	1.00
H_2	0.10
I_2	0.15
HI	0.05

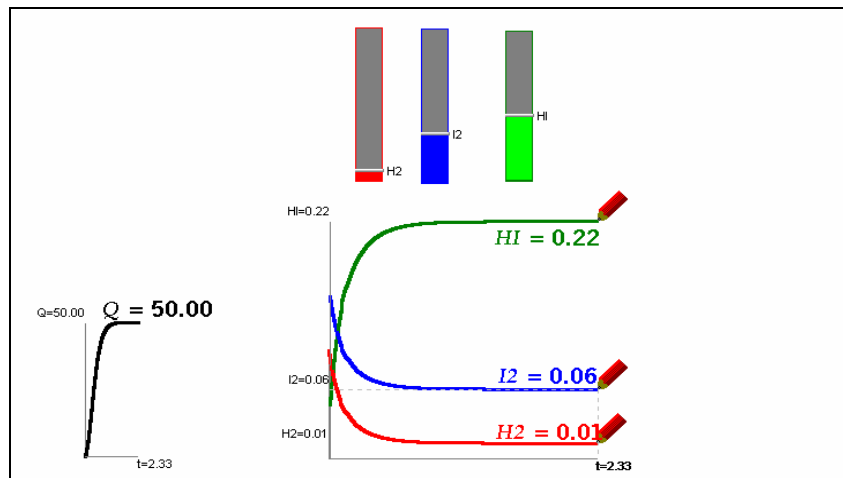
Εικόνα 3: παράθυρο αρχικών συνθηκών

Στην εικόνα 4 φαίνονται οι γραφικές παραστάσεις των τριών συγκεντρώσεων συναρτήσει του χρόνου που δημιουργήσαν οι εκπαιδευόμενες στο παράθυρο του γραφήματος. Η παράσταση αυτή προσφέρει σαφή οπτικοποίηση του φαινομένου της χημικής ισορροπίας: οι συγκεντρώσεις από κάποια στιγμή και μετά γίνονται σταθερές και είναι σαφές ότι το σύστημα έχει φτάσει σε κατάσταση χημικής ισορροπίας.



Εικόνα 4: το παράθυρο των γραφικών παραστάσεων

Στο παράθυρο παρουσίασης του φαινομένου (εικόνα 5) η μεταβολή των συγκεντρώσεων προσομοιώνεται με δείκτες στάθμης που «γεμίζουν» ή «αδειάζουν» όταν οι συγκεντρώσεις αυξάνονται ή ελαττώνονται αντιστοίχως.



Εικόνα 5: το παράθυρο παρουσίασης του φαινομένου της χημικής ισορροπίας

Οι δείκτες στάθμης σταδιακά σταθεροποιούνται στην κατάσταση χημικής ισορροπίας. Οι εκπαιδευόμενες (και στη συνέχεια οι μαθητές τους) μπορούν με άμεσο χειρισμό να αλλάζουν σύροντας «με το χέρι» τις τιμές των δεικτών, δηλαδή των συγκεντρώσεων. Στο ίδιο παράθυρο επίσης εμφανίζονται ταυτόχρονα γραφίδες που γράφουν τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις των συγκεντρώσεων και του πηλίκου Q συναρτήσει του χρόνου. Στο παράθυρο αυτό προσφέρονται ταυτόχρονα διαφορετικές αναπαραστάσεις (προσομοίωση, γραφήματα) του φαινομένου, που συντελούν στην καλύτερη κατανόησή του.

H ₂	I ₂	HI	Q
0.10	0.15	0.05	0.17
0.05	0.10	0.14	3.41
0.04	0.09	0.18	9.99
0.03	0.08	0.20	18.26
0.02	0.07	0.21	26.52
0.02	0.07	0.21	33.58
0.02	0.07	0.21	39.00
0.02	0.07	0.22	42.85
0.02	0.07	0.22	45.44
0.02	0.07	0.22	47.14
0.02	0.07	0.22	48.22
0.02	0.07	0.22	48.89
0.02	0.07	0.22	49.32
0.02	0.07	0.22	49.58
0.01	0.06	0.22	49.74
0.01	0.06	0.22	49.84
0.01	0.06	0.22	49.90
0.01	0.06	0.22	49.94
0.01	0.06	0.22	49.96
0.01	0.06	0.22	49.98
0.01	0.06	0.22	49.99
0.01	0.06	0.22	49.99
0.01	0.06	0.22	49.99
0.01	0.06	0.22	50.00
0.01	0.06	0.22	50.00
0.01	0.06	0.22	50.00

Εικόνα 6: παράθυρο πίνακα τιμών των συγκεντρώσεων και του πηλίκου Q

Τέλος στο παράθυρο του πίνακα τιμών δημιουργήθηκε μια ακόμη αναπαράσταση του ίδιου φαινομένου με μορφή αριθμών (εικόνα 6). Οι συγκεντρώσεις και εδώ μεταβάλλονται και σταδιακά σταθεροποιούνται προσεγγίζοντας την κατάσταση χημικής ισορροπίας.

Με κατάλληλη διευθέτηση των παραθύρων οι εκπαιδευόμενες μπορούσαν να έχουν ταυτόχρονα στην οθόνη τους τα γραφήματα, την προσομοίωση και τον πίνακα τιμών. Οι πολλαπλές αναπαραστάσεις θεωρείται ότι έχουν σημαντική μαθησιακή αξία, γιατί επιτρέπουν να αντιληφθεί κανείς με διαφορετικούς τρόπους το υπό μελέτη φαινόμενο (Teodoro 1997).

Η ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Η αξιολόγηση του προγράμματος στηρίχθηκε στη μελέτη των εργασιών των εκπαιδευόμενων που έγιναν στα πλαίσια των εκπαιδευτικών τους υποχρεώσεων στο εργαστήριο και στη συζήτηση που έγινε με τις εκπαιδευόμενες κατά τη λήξη του σεμιναρίου και στις προφορικές απαντήσεις τους σε ερωτηματολόγιο που τους υποβλήθηκε μετά το τέλος των μαθημάτων.

Κατ' αρχήν οι εκπαιδευόμενες επέδειξαν υψηλό ενδιαφέρον κατά τη συμμετοχή στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες και ιδιαίτερα κατά την 3^η φάση, όταν κλήθηκαν να αξιοποιήσουν τις δεξιότητες που απέκτησαν και να εργαστούν δημιουργώντας ένα προσωπικό έργο. Το ενδιαφέρον των εκπαιδευομένων αυξανόταν αναλογικώς προς τις δεξιότητες που κατακτούσαν. Αρχίζοντας ως θεατές, μετατρέπονταν σε πρωταγωνιστές και τελικά σε σχεδιαστές της μελλοντικής αυτο-εκπαίδευσής τους αποδεικνύοντας έτσι την καλή επίδραση που είχε πάνω τους το σχέδιο.

Οι εργασίες τους αποθηκευμένες στον ηλεκτρονικό υπολογιστή που εργάστηκαν αποτέλεσαν πολύτιμη πηγή πληροφοριών για την αξιολόγηση της μάθησης που επιτεύχθηκε. Η αξιολόγηση αυτή σχετίζεται με την ποιότητα και αποτελεσματικότητα του εκπαιδευτικού έργου με τελικό κριτήριο το «αν οι εκπαιδευόμενες μαθαίνουν ή όχι...» (Rogers, 1999). Η καταγραφή και μελέτη των έργων των εκπαιδευομένων έδειξε την επιτυχή εκτέλεση των ασκήσεων (2^η φάση) και την ικανοποιητική ποιότητα των εργασιών που εκπονήθηκαν (3^η φάση). Οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στις εργασίες των εκπαιδευομένων θα πρέπει να αποδοθούν στο διαφορετικό βαθμό προηγούμενης εξοικείωσης στη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι προφορικές απαντήσεις των εκπαιδευομένων όπως κατεγράφησαν κατά τη συζήτηση που οργανώσαμε κατά τη λήξη του σεμιναρίου.

Ερώτηση 1η: πώς αξιολογείτε το πρόγραμμα κατάρτισης με το λογισμικό Modellus;

Οι εκπαιδευόμενες στο σύνολό τους αξιολόγησαν θετικά το πρόγραμμα εκπαίδευσης. Κάποιες τόνισαν ότι ήταν «ενδιαφέρον», «χρήσιμο για τη διδασκαλία της Χημείας στο σχολείο», «είχε καλή δομή», «εξηγήθηκε βήμα – βήμα η χρήση του λογισμικού». Θετικά εκτιμήθηκε η εμφάνιση που αποδόθηκε στην πρακτική εργασία των εκπαιδευομένων με το λογισμικό, γεγονός που επιβεβαιώνει την προτίμηση των ενηλίκων εκπαιδευομένων στη μάθηση μέσω της πράξης (Rogers 1999).

Ερώτηση 2^η: Ας υποθέσουμε ότι το σχολείο σας είναι εξοπλισμένο με το αναγκαίο εργαστήριο ΗΥ. Νομίζετε ότι το Modellus είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για το δάσκαλο της Χημείας;

Το πρόγραμμα μοντελοποίησης Modellus αξιολογήθηκε ως χρήσιμο στη διδασκαλία της Χημείας από το σύνολο των εκπαιδευομένων. Οι περισσότερες απαντήσεις τόνιζαν τη χρησιμότητα του λογισμικού στη δημιουργία γραφικών παραστάσεων και τη βοήθεια που παρέχει στην κατανόηση φαινομένων της χημικής κινητικής και ισορροπίας γιατί «επιτρέπει την κατανόηση των διδασκόμενων εννοιών και του σωστού νοήματός τους», «μπορείς να μοντελοποιήσεις φαινόμενα που δεν μπορούν να γίνουν αντικείμενο πρακτικού πειραματισμού», «μπορείς να οπτικοποιήσεις τη μεταβολή της συγκέντρωσης των αντιδρώντων και των προϊόντων της αντίδρασης».

Κάποιες άλλες απαντήσεις τόνιζαν ότι η χρήση του λογισμικού στην τάξη θα προσφέρει οικονομία χρόνου γιατί επιτρέπει να γίνουν σε σύντομο χρόνο δραστηριότητες (γραφικές παραστάσεις, πίνακες τιμών) που συνήθως καταναλώνουν περισσότερο χρόνο όταν γίνονται με μολύβι και χαρτί και κίνητρα μελέτης στους μαθητές σε ένα μάθημα που παραδοσιακά θεωρείται δύσκολο. Τέλος κάποιες εκπαιδευόμενες σημείωσαν ότι το λογισμικό είναι εύκολο στο χειρισμό και στην εκμάθηση («το καταλαβαίνεις εύκολα»).

Ερώτηση 3^η: Αισθάνεστε ότι μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το λογισμικό Modellus στη διδασκαλία της Χημείας στο σχολείο σας;

Έξι εκπαιδευόμενες απάντησαν ανεπιφύλακτα θετικά. Οι υπόλοιπες απάντησαν πως χρειάζονταν περισσότερη εξάσκηση. Οι απαντήσεις αυτές κρίνονται ως αναμενόμενες γιατί οι

εκπαιδευόμενες είχαν ασκηθεί μόνο για λίγες διδακτικές ώρες και ήταν φυσικό ότι χρειαζόνταν περισσότερη εξάσκηση. Γι' αυτό άλλωστε το σκοπό είχε προβλεφτεί να δοθεί σε όλες τις εκπαιδευόμενες ένα CD με το λογισμικό και παραδείγματα για περαιτέρω εξάσκηση μετά τη λήξη του σεμιναρίου.

Ερώτηση 4^η: Νομίζετε ότι θα ήταν χρήσιμο για τους μαθητές σας να εργαστούν με το λογισμικό Modellus στο μάθημα της Χημείας;

Οι εκπαιδευόμενες απάντησαν θετικά τονίζοντας ότι η χημική κινητική είναι ένα δύσκολο μάθημα για τους μαθητές. Το λογισμικό κατά τη άποψή τους θα βοηθήσει τους μαθητές τους στη δημιουργία των γραφικών παραστάσεων, στη μελέτη φαινομένων που δεν μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο πειραματισμού στην πράξη και στη μελέτη φαινομένων που εξελίσσονται στο χρόνο. Π.χ. οι μαθητές μπορούν με τη βοήθεια του λογισμικού να παρακολουθήσουν τη μεταβολή της συγκέντρωσης των αντιδρώντων και των προϊόντων.

Άλλες απαντήσεις τόνιζαν τη δυνατότητα που προσφέρει στους μαθητές το λογισμικό για την οπτικοποίηση περισσότερων παραμέτρων στον ίδιο χρόνο στην ίδια παράσταση. «Οι μαθητές μπορούν να δημιουργήσουν γραφικά επιλέγοντας διαφορετικές τιμές κάθε φορά για τις παραμέτρους του προβλήματος και να οπτικοποιήσουν τη διακύμανση τους συναρτήσει του χρόνου». «Οι μαθητές μπορούν να ολοκληρώσουν τις πρακτικές δραστηριότητες με αυτό το σύγχρονο εργαλείο και έτσι να κατανοήσουν καλύτερα ό,τι συμβαίνει στην πράξη».

Τέλος τόνιζαν ότι η εργασία των μαθητών με το λογισμικό κατά την άποψή τους θα αναπτύξει τη λογική σκέψη και το ενδιαφέρον τους για τη μελέτη της χημείας και θα προσφέρει στους μαθητές κίνητρα για τη μάθηση της Χημείας. Σε ένα γενικότερο πλαίσιο συζήτησης οι εκπαιδευόμενες συμφώνησαν ότι η χρήση των Τ.Π.Ε. (κυρίως με τη μορφή εκπαιδευτικού λογισμικού) είναι όχι μόνο χρήσιμη αλλά αναγκαία για την παροχή υψηλής ποιότητας γνώσης στους μαθητές αλλά και για να κρατήσει ζωντανό το ενδιαφέρον τους για το μάθημα της Χημείας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Οι προαναφερθείσες αξιολογήσεις των ίδιων των εκπαιδευομένων παρέχουν ενδείξεις ότι τόσο το περιεχόμενο των ασκήσεων μοντελοποίησης όσο και η διδακτική μεθοδολογία που επιλέχτηκε, να δοθεί δηλαδή έμφαση στην αυτενέργεια και ενεργητική εμπλοκή των εκπαιδευομένων στις εργαστηριακές ασκήσεις με δραστηριότητες διερευνητικού τύπου, συνετέλεσε στο αυξημένο ενδιαφέρον και στην αφοσίωση των εκπαιδευομένων στην εργασία τους. Φαίνεται πως συνολικά το εκπαιδευτικό πρόγραμμα είχε θετική επίδραση στη μεγάλη πλειοψηφία των εκπαιδευομένων αφού συνετέλεσε σύμφωνα και με τις δικές τους αξιολογήσεις στην ανάπτυξη θετικής στάσης, αυτοπεποίθησης και προθυμίας να αξιοποιήσουν στη δουλειά τους στο σχολείο τις γνώσεις και δεξιότητες που απέκτησαν.

Βασισμένοι στη θετική εμπειρία που αποκομίσαμε από την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού αυτού προγράμματος θεωρούμε ιδιαίτερα χρήσιμη την ενσωμάτωση ανάλογων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων στα προγράμματα εκπαίδευσης και επιμόρφωσης εκπαιδευτικών στην αξιοποίηση των Τ.Π.Ε. με στόχο την ανάπτυξη εναλλακτικών παιδαγωγικών αντιλήψεων στα πλαίσια μιας εποικοδομητικής (constructivist) εκπαιδευτικής φιλοσοφίας με εργαλείο τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Τελικά, η αποτελεσματικότητα ενός εκπαιδευτικού προγράμματος κρίνεται από την ικανότητα των εκπαιδευομένων να εφαρμόσουν μετά τη λήξη του προγράμματος στον εργασιακό τους χώρο όσα έμαθαν και από την ποιότητα των δράσεων που θα αναληφθούν από τις εκπαιδευόμενες στις σχολικές τάξεις στα πλαίσια εφαρμογής στη σχολική τάξη των λογισμικών που διδάχτηκαν. Εντός του ακαδ. έτους 2003-04 οι εκπαιδευθείσες καθηγήτριες θα προσκληθούν να παρουσιάσουν τις

εμπειρίες τους και ενδεχόμενα αποτελέσματα από την εφαρμογή στη σχολική τάξη των λογισμικών που διδάχτηκαν συνολικά στα πλαίσια του εκπαιδευτικού προγράμματος που παρακολούθησαν.

Προβλέπεται επίσης να οργανωθούν «ανοιχτά μαθήματα» σε εθελοντική βάση, στη διάρκεια των οποίων οι εκπαιδευθείσες καθηγήτριες θα χρησιμοποιήσουν σε πραγματικό περιβάλλον σχολικής τάξης τις νέες δεξιότητες που απέκτησαν με την παρουσία των άλλων συναδέλφων τους και των εκπαιδευτών τους. Το «ανοιχτό μάθημα» θα ακολουθείται από μια κριτική συζήτηση. Πρόθεσή μας είναι να διατηρήσουμε την επαφή με τις εκπαιδευθείσες καθηγήτριες, να καταγράψουμε τις εμπειρίες τους και μέσω αυτών να αξιολογήσουμε την επίδραση που είχε το εκπαιδευτικό πρόγραμμα σαν σύνολο στην εκπαιδευτική τους πρακτική στη σχολική τάξη.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Alimisis, D. (2003a), Computer-based modeling as learning tool in kinematics, *Proceedings of the 6th International Conference on Technology in Mathematics Teaching*, 191-5, University of Thessaly.
- Alimisis, D. (2003b), From graph to model: Students as creators of models through PC use, *Proceedings of the 6th International Conference on Technology in Mathematics Teaching*, 196-200, University of Thessaly.
- Alimisis, D. (2002), Interactive Modelling in Science, In D. Ursutiu & D. Alimisis, *Modelling and Simulation Software in Chemistry*, 37-51, Transilvania Univerity Press, Brasov.
- diSessa, A., Hoyles, C., Noss, R. & Edwards, L., (1995), Computers and Exploratory Learning: setting the scene, in A.A.diSessa, C.Hoyles, R.Noss (eds.) *Computers and Exploratory Learning*, 1-14, NATO ASI Series, Vol. 146.
- Jonassen, D. (2000), Systems modeling as mindtools, In *Computers as Mindtools for Schools*, 136-154, Prentice Hall.
- Rogers, A. (1999), *Η εκπαίδευση ενηλίκων*, εκδ. Μεταίχμιο, Αθήνα
- Snir, J. Smith, C. & Grosslight, L. (1995), Conceptually enhanced simulations: A Computer Tool for Science Teaching, In Perkins, D. Schwartz, J. Maxwell West, M. Stone Wiske, M. *Software Goes to School*, 106-124, Oxford University Press.
- Teodoro, V.D. (1997), Modellus: Using a Computational Tool to Change the Teaching and Learning of Mathematics and Science, Paper presented at the UNESCO Colloquium "New Technologies and the Role of the Teacher", Open Univ., Milton Keynes, UK.
- Σταυρίδου, Ε., Σολομωνίδου, Χ. & Σιγάλας, Μ. (1998), Αντιλήψεις και δυσκολίες μαθητών/τριών σχετικά με την έννοια της χημικής ισορροπίας και ανάπτυξη του λογισμικού ChemEquilibria για την αντιμετώπισή τους, *Επιθεώρηση Φυσικής*, 26, 47-60.

