



## Εκπαίδευση μελλοντικών εκπαιδευτικών στην ανάπτυξη προσομοιώσεων για το μοντέλο του ιδανικού αερίου

**Γρηγορίου Β., Καλκάνης Γ.**

Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος, Π.Τ.Δ.Ε.  
Πανεπιστήμιο Αθηνών  
vgrigor@primedu.uoa.gr, kalkanis@primedu.uoa.gr, <http://micro-kosmos.uoa.gr>

Η εργασία αυτή αποτελεί μέρος μίας ευρύτερης ερευνητικής προσπάθειας στα πλαίσια της οποίας μελετώνται οι προϋποθέσεις κάτω από τις οποίες τελειόφοιτοι φοιτητές του Φυσικού Τμήματος του Ε.Κ.Π.Α. μπορούν να μετασχηματίσουν ένα επιστημονικό πρότυπο σε εκπαιδευτικό, δημιουργώντας υλικό / λογισμικό που θα αξιοποιεί και τις νέες τεχνολογίες, όπου θεωρείται απαραίτητο. Εν προκειμένω στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια ποιοτική έρευνα κατά την οποία μελετήθηκε η υποστηρικτική-εκπαιδευτική διαδικασία τελειόφοιτων φοιτητών, κατά τη δημιουργία ενός εργαλείου προσομοίωσης και εκπαιδευτικού υλικού για το αντικείμενο του ιδανικού αερίου. Το εκπαιδευτικό υλικό έπρεπε να είναι συνεπές ως προς το επιστημονικό-εκπαιδευτικό πρότυπο. Η εκπαίδευσή τους συμπεριελάμβανε αρχές διδακτικής και θέματα τεχνολογίας και προγραμματισμού, με τη μορφή συζητήσεων και παρακολούθησης πρότυπων διδασκαλιών. Η διάρκειά της ήταν τριών εβδομάδων. Συμπερασματικά διαπιστώθηκε η αναγκαιότητα μιας αυστηρά καθοδηγούμενης εκπαιδευτικής διαδικασίας προκειμένου να καταστούν ικανοί να εκπληρώσουν τους αρχικούς στόχους.

### Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες υπήρξε ενδεδειγμένη έρευνα στον τομέα της εκπαίδευσης εκπαιδευτικών παγκοσμίως (Pinto, Couso & Gutierrez, 2004). Μελέτες δείχνουν ότι βραχύβιες εκπαιδευτικές διαδικασίες στοχευμένες στη μεθοδολογία, με τη δυνατότητα προσωπικής πρακτικής, διαδραματίζουν πρωτεύοντα ρόλο στην υποστήριξη μελλοντικών εκπαιδευτικών στην απόκτηση εμπειρίας και αυτοπεποίθησης (Hewson, Tabachnick, Zeichner & Lemberger, 1998).

Επιπρόσθετα, η εκμάθηση κατασκευής και ερμηνείας μοντέλων κατά γενική ομολογία έχει υψηλή αξία στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Stylianidou, Booahan & Ogborn, 2002). Μοντέλα που έχουν αναπτυχθεί στον υπολογιστή μπορούν να οδηγήσουν σε καλύτερα εννοιολογικά αποτελέσματα σε σύγκριση με τα παραδοσιακές ποσοτικές προσεγγίσεις (Osborne, 1990) καθώς επίσης μπορούν να συνεισφέρουν στην εξωτερίκευση με αναπαραστάσεις διαδικασιών σκέψης, ανοικτές στο διάλογο και στο στοχασμό (Orhum, 1995; Tinker, 2000).

Η έρευνα που παρουσιάζεται είναι συνιστώσα ενός ευρύτερου ερευνητικού πλαισίου που πραγματεύεται τη διερεύνηση της υποστήριξης-εκπαίδευσης που χρειάζεται να προσλάβουν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες προκειμένου να καταστούν ικανοί να μετασχηματίζουν επιστημονικά πρότυπα σε εκπαιδευτικά αξιοποιώντας όπου κρίνουν απαραίτητο και τις νέες τεχνολογίες, παράγοντας εκπαιδευτικό υλικό.

Το ερευνητικό πρόβλημα και η αναγκαιότητα μελέτης προέκυψαν κατόπιν πολυετούς παρατήρησης της αδυναμίας φοιτητών που ασχολούνταν, στα πλαίσια εκπόνησης των πτυχιακών τους εργασιών, με τη δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού να το εντάξουν σε μία εκπαιδευτική μεθοδολογία. Ως εκ τούτου ανέκυψε το ερευνητικό ενδιαφέρον σχετικά με την εκπαίδευση μελλοντικών εκπαιδευτικών.

Σε προηγούμενη εργασία, (Γρηγορίου & Καλκάνης 2007), παρουσιάστηκε το εκπαιδευτικό υλικό που δημιούργησαν δύο προπτυχιακοί φοιτητές του Φυσικού Τμήματος του Ε.Κ.Π.Α. όταν κλήθηκαν να προτείνουν έναν εκπαιδευτικό μετασχηματισμό της ερευνητικής δραστηριότητας που μελετά το φαινόμενο του βαρυτοτροπισμού. Στην εργασία εκείνη παράχθηκε τόσο πειραματικό εκπαιδευτικό υλικό όσο και εκπαιδευτικό λογισμικό. Επιγραμματικά, τα συμπεράσματα που πρόέκυψαν είναι:

1. Οι φοιτητές χειρίστηκαν με σχετική ευχέρεια το σχεδιασμό και τη δημιουργία της κατάλληλης πειραματικής διάταξης.
2. Ήταν εξοικειωμένοι στο χειρισμό λογισμικού δημιουργίας ιστοσελίδων.
3. Συνάντησαν μεγάλες δυσκολίες στην ένταξη των παραγόμενων εργαλείων σε ένα συνεπές εκπαιδευτικό πλαίσιο.

Σε αυτή την εργασία επιδιώχθηκε να μελετηθεί η δυνατότητα δημιουργίας ενός διαφορετικού εργαλείου και ενσωμάτωσης του σε εκπαιδευτικά πλαίσια. Επελέγησαν οι προσομοιώσεις ως μία τεχνολογία αιχμής που χρησιμοποιείται ευρύτατα από την εκπαιδευτική κοινότητα.

Αναζητώντας μια κατάλληλη θεματική των φυσικών Επιστημών που να ενδείκνυται η χρήση προσομοιώσεων, επιλέξαμε το μοντέλο του ιδανικού αερίου. Η συλλογιστική ήταν ότι κατά πρώτον απαιτεί μια αφαιρετική προσέγγιση από την πλευρά των μαθητών γεγονός που ευνοεί τη χρήση εποπτικού υλικού και δη προσομοιώσεων, κατά δεύτερον αποτελεί ένα διαδομένο και αρκετά επιτυχημένο δείγμα μοντελοποίησης στο πλαίσιο της επιστήμης και κατά τρίτον αποτελεί εκτεταμένο κομμάτι της διδακτέας ύλης του μαθήματος Φυσική Κατεύθυνσης Β' Λυκείου.

Η εκπαιδευτική μεθοδολογία στην οποία κλήθηκαν να εξοικειωθούν και τελικά να εφαρμόσουν οι φοιτητές είναι η επιστημονική-εκπαιδευτική μεθοδολογία που εντάσσεται στη φιλοσοφία που υπαγορεύει το ανακαλυπτικό μοντέλο. Βασικά χαρακτηριστικά αυτής της μεθοδολογίας αποτελούν η ανάπτυξη δεξιοτήτων κατά την πειραματική διαδικασία από τους μαθητές και η ανάπτυξη ενός ερμηνευτικού πλαισίου βασισμένο σε μικροσκοπικές προσεγγίσεις. Η διδακτική ακολουθία του επιστημονικού-εκπαιδευτικού προτύπου, αποτελείται από πέντε βήματα, τα οποία επιγραμματικά είναι: α) έναυσμα ενδιαφέροντος, β) διατύπωση υποθέσεων, γ) πειραματισμός, δ) εξαγωγή συμπερασμάτων και ε) γενίκευση, μικροσκοπική ερμηνεία.

### **Δείγμα**

Το δείγμα της έρευνας το αποτελούν τρεις τελειόφοιτοι φοιτητές του Φυσικού Τμήματος του Ε.Κ.Π.Α., οι οποίοι εθελοντικά προσφέρθηκαν να συμμετάσχουν. Επιλέξαμε να εργαστούν σε ομάδα, προκειμένου η λήψη των αποφάσεων να λαμβάνεται συνολικά μέσα από διαδικασίες διαλόγου και ανταλλαγής επιχειρημάτων.

Οι φοιτητές είχαν σχεδόν εκπληρώσει τις σπουδές τους, ενώ την υποχρεωτική εκπαίδευση την είχαν περατώσει στην Κύπρο. Στη διάρκεια του δεύτερου έτους των σπουδών τους, είχαν παρακολουθήσει το υποχρεωτικό μάθημα «Μέθοδοι Διδασκαλίας Φυσικής», που πραγματεύεται αρχές διδακτικής, μεθοδολογικά πρότυπα και χρησιμοποίηση των τεχνολογιών για τη δημιουργία εκπαιδευτικών εργαλείων. Επίσης, στο τρίτο έτος των σπουδών τους είχαν επιλέξει και οι τρεις τον τομέα εκπαίδευσης, παρακολουθώντας σειρά μαθημάτων σχετιζόμενα με την εκπαίδευση.

Μολαταύτα, κατόπιν συζήτησης μαζί τους προέκυψαν βασικές ελλείψεις από μέρους τους τόσο σε θέματα διδακτικής όσο και τεχνολογίας. Ανέκυψαν δυσκολίες σε ζητήματα που αφορούσαν τη δόμηση μιας μεθοδολογικά συνεπούς διδασκαλίας με ένα εκπαιδευτικό πρότυπο, στη διατύπωση με σαφήνεια διδακτικών στόχων καθώς και στη χρήση των ψηφιακών



τεχνολογιών για τη δημιουργία εκπαιδευτικών εργαλείων. Τα παραπάνω δεδομένα ενίσχυσαν την άποψή μας να εργαστούν οι φοιτητές σε ομάδα και ταυτόχρονα κρίθηκε αναγκαία να υποστηριχθούν μέσα από μια εκπαιδευτική διαδικασία, όπως αναλύεται εκτενέστερα παρακάτω.

### **Ερευνητικά ερωτήματα**

Τα ερωτήματα προς διερεύνηση που τέθηκαν στην υπό παρουσίαση έρευνα είναι κάτω από ποιες προϋποθέσεις και με τι υποστήριξη τελειόφοιτοι φοιτητές του Φυσικού Τμήματος είναι σε θέση:

1. Να δημιουργήσουν για το μοντέλο του ιδανικού αερίου προσομοιώσεις με χρήση εκπαιδευτικών λογισμικών.
2. Να διακρίνουν τα εκπαιδευτικά πλεονεκτήματα κάθε μιας από τις διαφορετικές υλοποιήσεις των εργαλείων (προσομοιώσεων).
3. Να εντάξουν τα εργαλεία που δημιούργησαν σε ένα συνεπές διδακτικό πρότυπο (επιστημονικό-εκπαιδευτικό πρότυπο).
4. Να επιλέγουν το κατάλληλο εργαλείο με βάση τους διδακτικούς στόχους και τις συνθήκες διδασκαλίας.

### **Μεθοδολογία έρευνας**

Ακολουθώς παραθέτονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την εκπαίδευση των φοιτητών και την καταγραφή των αποτελεσμάτων της.

*Βήματα της μεθοδολογίας έρευνας:*

- Συζητήσεις-εκπαίδευση των φοιτητών στις ψηφιακές τεχνολογίες.
- Συζητήσεις-εκπαίδευση φοιτητών σε θεμελιώδεις αρχές της διδακτικής μεθοδολογίας.
- Συζητήσεις-εκπαίδευση φοιτητών σε σχέση με την ενσωμάτωση ενός εργαλείου σε ένα εκπαιδευτικό πρότυπο.
- Επίδειξη «πρότυπων» εργαλείων ψηφιακών τεχνολογιών εναρμονισμένων με το επιστημονικό-εκπαιδευτικό πρότυπο.
- Παρακολούθηση «πρότυπης» διδασκαλίας με στόχο τον τρόπο ενσωμάτωσης του εργαλείου στην εκπαιδευτική μεθοδολογία.
- Δημιουργία από μέρος των φοιτητών προσομοιώσεων.
- Συζητήσεις για το παραγόμενο εργαλείο (προσομοιώσεις).
- Αναπροσαρμογή του εργαλείου και πιλοτική εφαρμογή του σε δείγμα μεταπτυχιακών φοιτητών.
- Καταγραφή με ερωτηματολόγιο των απόψεων των μεταπτυχιακών φοιτητών για την αποτελεσματικότητα και λειτουργικότητα των προσομοιώσεων με βάση τους στόχους.
- Δημιουργία φύλλου εργασίας που να ενσωματώνει τις προσομοιώσεις όπου και όπως αυτό κρίνεται απαραίτητο.
- Συζητήσεις για το φύλλο εργασίας σε συνάρτηση με τη συνέπεια του ως προς το μοντέλο και καταγραφή σε πρωτόκολλα.
- Ανάλυση εργαλείων καταγραφής (πρωτόκολλα και ερωτηματολόγια) των παραχθέντων από τους φοιτητές υλικών (προσομοιώσεις και φύλλα εργασίας).
- Συμπεράσματα.

### *Ανάλυση της μεθοδολογίας έρευνας.*

Αναλυτικότερα, κατόπιν της αρχικής συζήτησης που έγινε με το δείγμα και της διαφαινόμενης ανεπάρκειας από μέρους του σε θέματα διδακτικής και τεχνολογίας, ανέκυψε η αναγκαιότητα της υποστήριξης-εκπαίδευσής του. Προς αυτή την κατεύθυνση, αρχικά έγιναν συζητήσεις σχετικά με τις ψηφιακές τεχνολογίες, διάρκειας περίπου δύο ωρών, συνεπικουρούμενες από επίδειξη χαρακτηριστικών παραδειγμάτων.

Όμοια, έγινε συζήτηση και εκπαίδευση των φοιτητών πάνω σε ζητήματα διδακτικής μεθοδολογίας. Ενημερώθηκαν στις βασικές αρχές της σύγχρονης διδακτικής και στα σύγχρονα διδακτικά μοντέλα και παρουσιάστηκε το προτεινόμενο ερευνητικό-εκπαιδευτικό μοντέλο με την αντίστοιχη διδακτική ακολουθία των πέντε βημάτων, που αναλυτικότερα είναι: α) έναυσμα ενδιαφέροντος, όπου γίνεται πρόκληση του ενδιαφέροντος του μαθητή, β) διατύπωση υποθέσεων, όπου μέσα από συζήτηση διατυπώνονται υποθέσεις από τους μαθητές για το συγκεκριμένο θέμα και διερευνώνται οι προαντιλήψεις τους, γ) πειραματισμός, όπου οι μαθητές σε ομάδες διεξάγουν πειράματα συλλέγοντας δεδομένα και προχωρώντας σε επεξεργασία και αξιολόγησή τους, δ) εξαγωγή συμπερασμάτων, όπου κατόπιν της επεξεργασίας του συγκεντρωθέντος υλικού διατυπώνονται συμπεράσματα με τη μορφή θεωρίας και ε) γενίκευση, μικροσκοπική ερμηνεία, όπου γίνεται προσπάθεια εφαρμογής των συμπερασμάτων και σε άλλες παρόμοιες διαδικασίες με χρήση, όπου είναι εφικτό, του ερμηνευτικού πλαισίου του μικρόκοσμου. Η εκπαίδευση αυτή διήρκεσε τέσσερις ώρες.

Ακολούθησε συζήτηση και εκπαίδευση των φοιτητών σε σχέση με την ενσωμάτωση ενός εργαλείου στο εκπαιδευτικό πρότυπο. Αναλύθηκε η ανάγκη το εργαλείο να υποτάσσεται στις εκπαιδευτικές αρχές της μεθοδολογίας και στους στόχους που θέτονται και να μην μονοπωλεί το ενδιαφέρον και την προσοχή. Η εκπαίδευση αυτή διήρκεσε μία ώρα.

Κατόπιν παρουσιάστηκαν στους φοιτητές «πρότυπα» εργαλεία ψηφιακών τεχνολογιών, εναρμονισμένα με το επιστημονικό-εκπαιδευτικό πρότυπο, που είχαν αναπτυχθεί σε προηγούμενες έρευνες. Τα εργαλεία αυτά είχαν διαφορετικές μορφές (πειραματικές συσκευές, διαδραστικά λογισμικά, προσομοιώσεις, φύλλα εργασίας) και εκτείνονταν και σε διαφορετικές θεματικές περιοχές των Φυσικών Επιστημών. Οι φοιτητές είχαν αφενός την ευκαιρία να χρησιμοποιήσουν αυτά τα εργαλεία σαν εκπαιδευόμενοι και αφετέρου να έρθουν σε επαφή με τη διαδικασία δημιουργίας τους, ώστε να εξοικειωθούν και με τεχνικά ζητήματα. Η εκπαίδευση αυτή διήρκεσε τέσσερις ώρες.

Προτού προχωρήσουν οι φοιτητές στην ανάπτυξη των εκπαιδευτικών εργαλείων, επιδιώκοντας την προβολή και την ενίσχυση της συνέχειας και της συνεκτικότητας της εκπαιδευτικής διαδικασίας, ακολούθησε η παρακολούθηση από μέρους τους μιας «πρότυπης» διδασκαλίας. Η διδασκαλία έγινε από την ερευνητική ομάδα σε τριτοετείς φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος του Ε.Κ.Π.Α. στα πλαίσια του υποχρεωτικού εργαστηριακού μαθήματος Φυσικών Επιστημών που παρακολουθούν. Η θεματική ενότητα αφορούσε τα θερμικά φαινόμενα σε έναν ρευματοφόρο αγωγό.

Στη συνέχεια, οι φοιτητές κατόπιν δικής τους έρευνας, πρότειναν στην ερευνητική ομάδα υποψήφια προγράμματα δημιουργίας προσομοιώσεων τα πλαίσια των Φυσικών Επιστημών. Ακολούθησε συζήτηση προκειμένου να αποφασισθεί ποιες προδιαγραφές θα έπρεπε να πληρούσαν ώστε να ακολουθήσει και η επιλογή τους.

Στόχος ήταν να επιλεγεί ένα πρόγραμμα ευρείας κυκλοφορίας, εύχρηστο και λειτουργικό, που να μην απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού και να απευθύνεται κυρίως σε εκπαιδευτικούς και όχι επαγγελματίες προγραμματιστές. Εξάλλου, αποτελούσε προσδοκία, οι παραγόμενες μέσω αυτών των προγραμμάτων προσομοιώσεις, να μπορούν, κάτω από κατάλληλη επίβλεψη, να αναπαραχθούν και από τους ίδιους τους διδασκόμενους, σαν κομμάτι της εκπαιδευτικής διαδικασίας.



Όλες οι παραπάνω απαιτήσεις οδήγησαν στην επιλογή των προγραμμάτων Interactive Physics 2000 και Modellus 4, που επιπλέον είχαν και το πλεονέκτημα ότι ήδη έχουν διανεμηθεί στα Λύκεια της χώρας, οπότε αφενός υπάρχει μια ευρεία βάση εφαρμογών και αφετέρου σημαντικό μερίδιο διδασκόντων γνωρίζει να τα χειρίζεται.

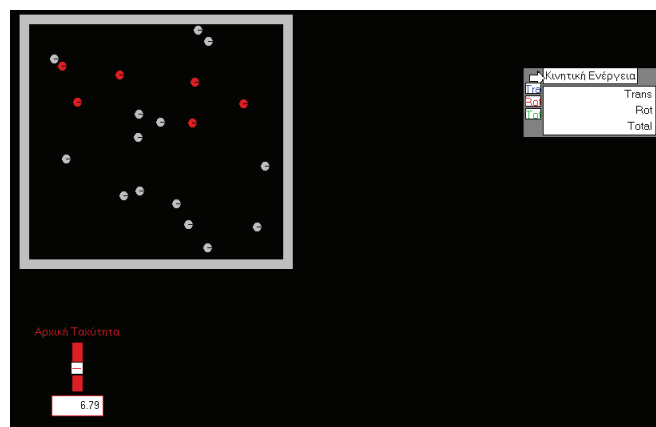
Τα δυο προγράμματα παρουσιάζουν ομοιότητες ως προς τον τρόπο χρήσης τους αλλά και σημαντικές διαφορές. Πιο συγκεκριμένα, το Interactive Physics 2000 προσφέρει παραθυρικό περιβάλλον εργασίας, όπου ο δημιουργός μπορεί να επιλέξει από ένα μεγάλο πλήθος έτοιμων συναρτήσεων και φυσικών προτύπων, χωρίς να χρειάζεται να καταφύγει στη διαδικασία να χρησιμοποιήσει μακροσκελή προγραμματιστικό κώδικα. Επίσης, προσφέρει μεγάλη ποικιλία εργαλείων σχεδιασμού και παραμετροποίησης της προσομοίωσης.

Το Modellus 4 χρησιμοποιεί και αυτό παραθυρικό περιβάλλον, αλλά πρέπει ο ίδιος ο δημιουργός με τη μορφή ψευδοκώδικα, να προγραμματίσει την προσομοίωση. Το χαρακτηριστικό αυτό το καθιστά λιγότερο φιλικό στην ανάπτυξη σε σχέση με το Interactive Physics, αλλά επιτρέπει στο χρήστη-εκπαιδευόμενο να έρθει ανά πάσα στιγμή σε επαφή με τον κώδικα και να αντιληφθεί άμεσα τις αρχές και τους Φυσικούς νόμους βάσει των οποίων έχει αναπτυχθεί η προσομοίωση.

Γίνεται λοιπόν αντιληπτή ο διαφορετικός τρόπος που τα δύο προγράμματα προσεγγίζουν το ζήτημα της δημιουργίας προσομοιώσεων, όταν κοντολογίς, το Interactive Physics ρέπει προς τη φιλικότητα στη χρήση, αλλά μερικές φορές λόγω του μεγάλου πλήθους βιβλιοθηκών με έτοιμες συναρτήσεις που περιέχει, λειτουργεί σαν «μαύρο κουτί», ενώ το Modellus είναι απαιτητικότερο ως προς τον προγραμματισμό αλλά πιο «διαυγές» στον τρόπο λειτουργίας του. Η διαφορετικότητα στη φιλοσοφία των δύο προγραμμάτων έδωσε την αφορμή να αναπτυχθούν δύο ξεχωριστές προσομοιώσεις, με διαφορετικά χαρακτηριστικά η μία από την άλλη.

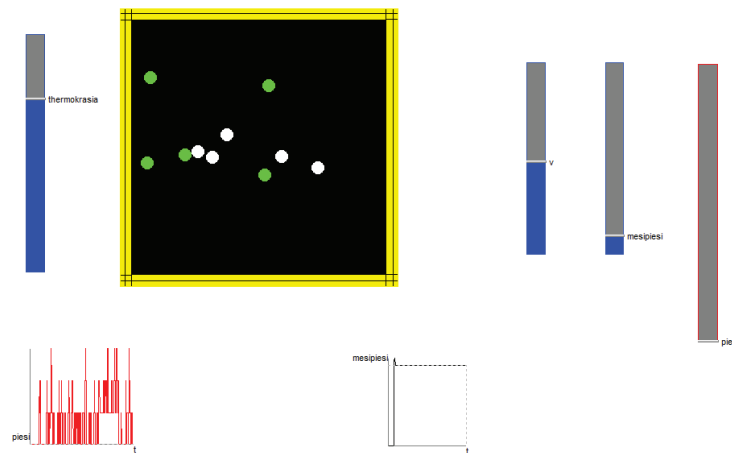
Στις προσομοιώσεις παριστάνεται κίνηση των μορίων του ιδανικού αερίου. Ο χρήστης μπορεί να αλλάξει, μέσω επιλογέα, τις αρχικές συνθήκες και να παρατηρήσει τη μεταβολή στην κίνηση των μορίων καθώς επίσης και τη μεταβολή στην τιμή μακροσκοπικών μεγεθών, όπως η θερμοκρασία και η πίεση του αερίου, με τη μορφή διαγραμμάτων. Επίσης, μπορεί να παρατηρήσει την κίνηση και τελικά την αλλαγή της χωρικής κατανομής των μορίων δύο «διαφορετικών» υποτιθέμενων ιδανικών αερίων, όταν βρίσκονται στο ίδιο δοχείο.

Σχήμα 1: Προσομοίωση στο πρόγραμμα Interactive Physics





Σχήμα 2: Προσομοίωση στο πρόγραμμα Modellus 4



Μετά τη δημιουργία των προσομοιώσεων από τους φοιτητές, ακολούθησε συζήτηση για το παραγόμενο εργαλείο. Κατά τη διάρκεια της συζήτησης λύθηκαν ποικίλα ζητήματα τεχνικής φύσης αλλά και αναπτύχθηκε διάλογος με θέματα λειτουργικότητας, αισθητικής και εκπαιδευτικής χρησιμότητας. Τα συμπεράσματα οδήγησαν σε αναπροσαρμογή του εργαλείου.

Ακολούθησε πιλοτική εφαρμογή του εργαλείου σε δείγμα μεταπτυχιακών φοιτητών του Παιδαγωγικού Τμήματος του Ε.Κ.Π.Α. στην κατεύθυνση «Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση». Το δείγμα αποτελούνταν από δεκαπέντε μεταπτυχιακούς φοιτητές, εκ των οποίων οι οκτώ διέθεταν βασικό πτυχίο στις Φυσικές Επιστήμες και οι επτά βασικό πτυχίο Παιδαγωγικού Τμήματος. Οι μεταπτυχιακοί φοιτητές ανά ζεύγη είχαν στη διάθεσή τους έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή και χρησιμοποίησαν και τις δύο προσομοιώσεις, σύμφωνα με τις οδηγίες που έλαβαν από τους φοιτητές-εισηγητές. Επιλέχθηκε η πιλοτική εφαρμογή να γίνει σε μεταπτυχιακούς φοιτητές αφενός λόγω της μεγαλύτερης εξοικείωσής τους σε μεθοδολογικά θέματα, αφετέρου λόγω των γνώσεών τους σε θέματα τεχνολογίας. Επομένως ήταν εν δυνάμει σε θέση να αξιολογήσουν την εκπαιδευτική χρησιμότητα των παραχθέντων εργαλείων και τον τρόπο που αυτή επιχειρήθηκε.

Μετά τη χρήση του εργαλείου, διανεμήθηκε στους μεταπτυχιακούς φοιτητές ερωτηματολόγιο. Το ερωτηματολόγιο περιείχε ερωτήσεις που αφορούσαν τη λειτουργικότητα, την επιστημονική ορθότητα, την αισθητική και την εκπαιδευτική αξία του εργαλείου. Οι μεταπτυχιακοί φοιτητές είχαν να διαλέξουν τις απαντήσεις τους, μέσα από μια κλίμακα τεσσάρων βαθμίδων (πάρα πολύ, πολύ, λίγο, καθόλου). Το ερωτηματολόγιο αυτό μοιράστηκε και για τις δύο προσομοιώσεις ώστε να υπάρξει και ένα μέτρο σύγκρισης ανάμεσά τους.

Σειρά είχε η δημιουργία φύλλων εργασίας από τους φοιτητές, με την ενσωμάτωση, όπου και όπως αυτοί έκριναν απαραίτητο, των προσομοιώσεων. Σκόπιμα δεν τέθηκε περιορισμός από την ερευνητική ομάδα ως προς την ηλικία που θα απευθύνονταν τα φύλλα εργασίας, ώστε να ελεγχθεί κατά πόσο θα το λάμβαναν υπόψη τους οι φοιτητές και πώς θα χειρίζονταν στην περίπτωση αυτή το εργαλείο. Τελικά, πρότειναν δύο φύλλα εργασίας: ένα για μαθητές της δευτέρας γυμνασίου και ένα για μαθητές της δευτέρας λυκείου.

Ακολούθησαν συζητήσεις για το φύλλο εργασίας σε συνάρτηση με τη συνέπεια του ως προς το μοντέλο και καταγραφή σε πρωτόκολλα της επιχειρηματολογίας που ανέπτυξαν για τον τρόπο δόμησης του φύλλου εργασίας καθώς και των διορθώσεων που έγιναν μέχρι να καταλήξουν στο τελικό αποτέλεσμα.



Στη συνέχεια, αναλύθηκαν τα εργαλεία καταγραφής (πρωτόκολλα και ερωτηματολόγια) των παραχθέντων από τους φοιτητές υλικών (προσομοιώσεις και φύλλα εργασίας). Ελέγχθηκε η συνέπεια με το μεθοδολογικό πρότυπο, το κατά πόσο τα φύλλα εργασίας ήταν συνεπή με τη διδακτική ακολουθία των πέντε προτεινόμενων βημάτων και τον τρόπο που ενσωματώθηκε το εργαλείο (προσομοίωση) σε αυτά. Επίσης, αναλύθηκαν τα ερωτηματολόγια και ποσοτικοποιήθηκαν τα αποτελέσματα, όντας εξαρχής διαβαθμισμένα.

Ακολούθησε η εξαγωγή συμπερασμάτων με βάση τα δεδομένα που προέκυψαν από την ανάλυση

### **Αποτελέσματα**

Οι φοιτητές μετά την εξοικείωσή τους με τα λογισμικά, κατάφεραν να δημιουργήσουν δύο διαφορετικά περιβάλλοντα προσομοίωσης για το ιδανικό αέριο με βάση τα λογισμικά Interactive Physics 2000 και Modellus. Οι προσομοιώσεις αυτές είχαν τη δυνατότητα να πληρούν πλήθος στόχων με βασικό χαρακτηριστικό τους τη συσχέτιση μακροσκοπικών και μικροσκοπικών μεγεθών, επιτρέποντας την ανάπτυξη ενός μικροσκοπικού ερμηνευτικού πλαισίου. Τα εργαλεία που παρήγαγαν κρίθηκαν από τους μεταπτυχιακούς φοιτητές ως εύχρηστα και υποβοηθητικά για την κατανόηση του αντικειμένου.

Αξίζει να σημειώσουμε ότι σε αντίθεση με προηγούμενη εργασία όπου οι φοιτητές σχεδίασαν και κατασκεύασαν με σχετική ευκολία μια πειραματική διάταξη που θα αποτελούσε και το εκπαιδευτικό εργαλείο, στην παρούσα έρευνα η ανάπτυξη των προσομοιώσεων αποδείχθηκε μια δύσκολη διαδικασία κατά την οποία χρειάστηκε αρκετή υποστήριξη.

Επίσης, από τα πρωτόκολλα διαφάνηκε το γεγονός ότι παρότι οι ίδιοι παρήγαγαν τα εκπαιδευτικά αυτά εργαλεία, δεν ήταν σε θέση εύκολα να επιχειρηματολογήσουν για τις εκπαιδευτικές ιδιαιτερότητες που τους παρέχει καθεμιά από τις προσομοιώσεις, συγχέοντας συχνά τα κριτήριά τους με τεχνικά ή αισθητικά ζητήματα.

Ως προς την ευχέρειά τους να ακολουθήσουν με συνέπεια μια διδακτική ακολουθία σε ένα εκπαιδευτικό υλικό και να ενσωματώσουν σε αυτό τις προσομοιώσεις, προέκυψε ότι μπορούσαν να ακολουθήσουν τα προτεινόμενα βήματα, αλλά δεν μπορούσαν να υιοθετήσουν τη φιλοσοφία του διδακτικού μοντέλου. Δηλαδή, ήταν σε θέση να δομήσουν τεχνικά ένα φύλλο εργασίας που να ακολουθεί τα πέντε βήματα της ερευνητικής-εκπαιδευτικής μεθοδολογίας, αλλά διαφάνηκε αδυναμία ενός τέτοιου συνολικού σχεδιασμού που να υιοθετεί τους γενικότερους σκοπούς αυτής. Επίσης οι φοιτητές, κατά την ενσωμάτωση των προσομοιώσεων στα φύλλα εργασίας, έδειξαν αδυναμία στην καθυπόταξη του εργαλείου στο διδακτικό μοντέλο, προβάλλοντας υπέρμετρα το μέσο εις βάρος του επιδιωκόμενου στόχου.

Τέλος, από τα πρωτόκολλα και τα ερωτηματολόγια έγινε φανερό ότι οι φοιτητές δυσκολεύτηκαν ιδιαίτερα να χρησιμοποιήσουν την κατάλληλη προσομοίωση στο εκάστοτε φύλλο εργασίας. Παρόλο που είχαν διαπιστώσει και είχαν καταγράψει διαφορές ανάμεσα στις δύο προσομοιώσεις, δεν μπόρεσαν να τις χρησιμοποιήσουν με τέτοιο τρόπο ώστε να υπηρετήσουν τους συγκεκριμένους στόχους που οι ίδιοι έθεταν για το εκπαιδευτικό εργαλείο.

### **Συμπεράσματα**

Οι φοιτητές του Φυσικού Τμήματος του Ε.Κ.Π.Α. φαίνεται ότι βρίσκουν ιδιαίτερες δυσκολίες στη διαδικασία μετασχηματισμού ενός επιστημονικού προτύπου σε εκπαιδευτικό, δημιουργώντας υλικό που να αξιοποιεί τις ψηφιακές τεχνολογίες, όπου αυτό θεωρείται απαραίτητο. Παρουσιάζουν ελλείψεις τόσο σε τεχνικά ζητήματα όσο και σε θέματα διδακτικής μεθοδολογίας, παρά το γεγονός της παρακολούθησης σχετικών μαθημάτων κατά τη διάρκεια των σπουδών τους.

Τα εκπαιδευτικά τους ελλείμματα φαίνονται τόσο σε αυτή την έρευνα όσο και σε προηγούμενες, με κύρια χαρακτηριστικά τη μεθοδολογική ασυνέπεια κατά την ανάπτυξη φύλλων εργασίας καθώς και την προβληματική ενσωμάτωση ενός εργαλείου (στην προκειμένη περίπτωση των προσομοιώσεων) και την καθυπόταξή του στην εκπαιδευτική φιλοσοφία ενός ευρύτερου μοντέλου.

### **Προτάσεις**

Ως εκ τούτου, κρίνεται αναγκαία η υποστήριξη-εκπαίδευση μελλοντικών εκπαιδευτικών, με μια έστω και βραχεία διαδικασία, τόσο στις ψηφιακές τεχνολογίες όσο και στην εκπαιδευτική τους αξιοποίηση. Η εκπαίδευση αυτή προτείνεται να περιλαμβάνει δυνατότητες ατομικής πρακτικής άσκησης, υπό την καθοδήγηση έμπειρων εκπαιδευτικών. Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να έχουν την ευκαιρία να εμπλακούν σε διαδικασίες που να απαιτούν εκπαιδευτική δράση και λήψη αποφάσεων (Kollas S., Stavrou D., Halkia K. 2007).

Σε επόμενη εργασία προτείνεται να συνεχισθεί η ερευνητική προσπάθεια μελέτης των προϋποθέσεων κάτω από τις οποίες μελλοντικοί εκπαιδευτικοί μπορούν να μετασχηματίσουν ένα επιστημονικό πρότυπο σε εκπαιδευτικό, δημιουργώντας υλικό / λογισμικό που θα αξιοποιεί και τις νέες τεχνολογίες, όπου θεωρείται απαραίτητο.

Ειδικότερα, προτείνεται η έρευνα να συμπεριλάβει και άλλες μορφές εκπαιδευτικού υλικού καθώς επίσης να επεκταθεί και σε διαφορετικές θεματικές ενότητες των Φυσικών Επιστημών. Επίσης, πρέπει να εξετασθεί η μορφή, το περιεχόμενο και η διάρκεια της εκπαίδευσης που χρειάζεται να λάβουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί.

### **Βιβλιογραφία**

Γρηγορίου Β., Καλκάνης Γ. (2007). Από μια Ερευνητική σε μια Εκπαιδευτική Δραστηριότητα: η Περίπτωση του ΒαρυτοΤροπισμού – Εργαστηριακό Υλικό και Εκπαιδευτικό Λογισμικό. (Πρακτικά 5ου Συνεδρίου) Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, 5 (Γ) 1050-1058. [<http://www.kodipheet.gr>]

Hewson P. W., Tabachnick B. R., Kenneth M. Zeichner M., Lemberger J. (1999) Educating Prospective Teachers of Biology: Findings, Limitations, and Recommendations. *Science Education* 83:373–384.

Kollas S., Stavrou D., Halkia K. (2007) Constructivist oriented science teaching by pre-service teachers in classroom practice. ESERA 2007, International Conference in Malmö, Sweden, August 21-25. Abstracts p. 173

Pinto R., Couso D., Guttierrez R. (2004). Using Research on Teachers' Transformations of Innovations to Inform Teacher Education. The Case of Energy Degradation. *Science Education*, 89:38 – 55.

Stylianidou F., Boohan R., Ogborn J. (2005) Science Teachers' Transformations of the Use of Computer Modeling in the Classroom: Using Research to Inform Training. *Science Education* 89:56 – 70.

Orhum, E. (1995). Design of computer-based cognitive tools. In A. diSessa, C. Hoyles, C., & R Noss (Eds.), *Computers and exploratory learning* (pp. 305 – 319). Berlin: Springer-Verlag.

Osborne, J. (1990). Sacred cows in physics. Towards a redefinition of science education. *Physics Education*, 25, 189 – 196.