

## Προβλεπτική χρήση μοντέλων φόρτισης μονωτών και αγωγών

Πετρίδου Ε.<sup>1</sup>, Ψύλλος Δ.<sup>1</sup>, Χατζηκρανιώτης Ε.<sup>2</sup>

1 Παιδαγωγικό τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ., psillos@eled.auth.gr

2 Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ., evris@physics.auth.gr

Σχεδιάσαμε, αναπτύξαμε και εφαρμόσαμε ένα τρίωρο εκπαιδευτικό σενάριο βασισμένο στα μοντέλα, στο οποίο 12 φοιτητές/τριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Α.Π.Θ. συμμετείχαν ενεργά στην προβλεπτική χρήση έτοιμων προσομοιωμένων μοντέλων που αναπτύξαμε για τις ανάγκες της διδασκαλίας και αναφέρονται στο διαφορετικό τρόπο φόρτισης των αγωγών και των μονωτών. Στόχος της παρούσας έρευνας είναι να διερευνήσουμε την επίδραση των προσομοιωμένων μοντέλων στην εξοικείωση των φοιτητών/τριών με την προβλεπτική χρήση των μοντέλων και την καταλληλότητα του φαινομένου της περιστροφής του απλού μπαλονιού και της μη περιστροφής του μπαλονιού που είναι τυλιγμένο με αλουμινόχαρτο καθώς έλκονται από μία ετερόνυμα φορτισμένη ακλόνητη ράβδο που βρίσκεται δίπλα τους για την ανάδειξη της προβλεπτικής λειτουργίας των μοντέλων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις γραπτές προβλέψεις των φοιτητών/τριών και τις ομαδικές συνεντεύξεις σε συγκεκριμένες φάσεις του εκπαιδευτικού σεναρίου έδειξαν ότι οι φοιτητές/τριες κατάφεραν να προβλέψουν το φαινόμενο με τη χρήση των προσομοιωμένων μοντέλων και να λειτουργήσουν σύμφωνα με την επιστημονική μέθοδο.

### Εισαγωγή

Στη χώρα μας υπάρχει έντονο εκπαιδευτικό ενδιαφέρον για τη διδασκαλία και μάθηση με μοντέλα αφού σύμφωνα με το πρόσφατα θεσμοθετημένο Ενιαίο Διαθεματικό Πρόγραμμα Σπουδών<sup>1</sup> σε όλες τις βαθμίδες της υποχρεωτικής εκπαίδευσης τονίζεται η σημασία των μοντέλων και συγκεκριμένα αναφέρει στους σκοπούς για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (σελ. 540): «προτεραιότητα του εκπαιδευτικού είναι να οδηγήσει το μαθητή/τρια στην οικοδόμηση και χρήση επιστημονικών προτύπων-μοντέλων προκειμένου να περιγράψει, να ερμηνεύσει και να προβλέψει ορισμένα φυσικά ή χημικά φαινόμενα και διαδικασίες».

Τα μοντέλα αποτελούν πολύτιμα εργαλεία διότι μπορεί κανείς να κατανοήσει αφηρημένες, δύσκολες έννοιες και μη ορατά φαινόμενα (Treagust & Harrison, 1999), ενώ παίζουν θεμελιώδη ρόλο στη μεθοδολογία της επιστήμης (Ogborn & Martins, 1996). Διδακτικές προσεγγίσεις που βασίζονται στα μοντέλα, εμπλέκουν τους μαθητές/τριες σε αυθεντικές πρακτικές χρήσης των μοντέλων ως εργαλεία για την περιγραφή, τη διερεύνηση, την ερμηνεία, την πρόβλεψη των φαινομένων και την εποικοδόμηση της γνώσης. Η χρήση των μοντέλων μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές/τριες να κατανοήσουν τα φυσικά φαινόμενα (Σταυρίδου 1995) ή τα σύνθετα συστήματα και να τους διευκολύνει στην κατανόηση στοιχείων της φύσης της επιστήμης, ενώ ταυτόχρονα τους δίνεται η ευκαιρία να μάθουν για την επιστημονική έρευνα (Wisnudel-Spitulnik et.al 1999). Όταν ένα μοντέλο χρησιμοποιείται για οπτικοποίηση περιέχει χαρακτηριστικά του αντικείμενου που αναπαριστά και φαίνεται ή λειτουργεί όπως το αντικείμενο, όταν ένα μοντέλο χρησιμοποιείται για εξήγηση περιέχει τα σημαντικά χαρακτηριστικά που βοηθούν στην κατανόηση του φαινομένου και όταν χρησιμοποιείται για πρόβλεψη βοηθάει τον χρήστη να ελέγξει τις υποθέσεις του και να προβλέψει το φαινόμενο (Carpenter & Romberg 2004).



Ωστόσο, πολλές έρευνες ανέδειξαν τις περιορισμένες γνώσεις των μαθητών/τριών, φοιτητών/τριών, ακόμα και των εν ενεργεία εκπαιδευτικών σχετικά με τα μοντέλα και ότι οι εκπαιδευτικοί εμφανίζουν προβλήματα στο να διδάξουν μοντέλα ή να εφαρμόσουν διαδικασίες μοντελοποίησης μέσα στην τάξη (Grosslight et. al 1991, Ingham & Gilbert 1991, Van Driel & Verloop 1999). Δυσκολίες αντιμετωπίζονται στην αναγνώριση και την εφαρμογή της ερμηνευτικής λειτουργίας των μοντέλων αλλά κυρίως στην αναγνώριση της προβλεπτικής τους λειτουργίας (Treagust et. al 2002, Cullin & Crawford 2003). Συγκεκριμένα, στις περισσότερες έρευνες (Casperson & Linn 2006, Borghi et. al 2007), όπως στην περιοχή του στατικού ηλεκτρισμού το μοντέλο χρησιμοποιείται επεξηγηματικά. Οι μαθητευόμενοι αρχικά παρατηρούν πειράματα και στη συνέχεια χρησιμοποιούν έτοιμα μοντέλα ή εποικοδομούν οι ίδιοι μοντέλα προκειμένου να εξηγήσουν τα πειράματα ή τα φαινόμενα.

Σύμφωνα με τους Mellar και Bliss (1994) στις “διερευνητικές” δραστηριότητες οι μαθητευόμενοι διερευνούν έτοιμα μοντέλα, ενώ στις “εκφραστικές” οικοδομούν οι ίδιοι τα μοντέλα. Θεωρούμε ότι για την εξοικείωση της προβλεπτικής χρήσης των μοντέλων, που είναι η πιο δυσνόητη από τις λειτουργίες των μοντέλων και αποτελεί σημαντικό στοιχείο της επιστημονικής μεθόδου, απαιτείται η ενεργή συμμετοχή του μαθητευομένου σε διαδικασίες κατά τις οποίες το μοντέλο θα χρησιμοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε να αναδεικνύεται η προβλεπτική του λειτουργία, δίχως όμως να “επιβαρύνεται” ταυτόχρονα ο μαθητευόμενος με την απαιτητική διαδικασία οικοδόμησης του μοντέλου.

Επίσης, για την ανάδειξη της προβλεπτικής λειτουργίας του μοντέλου πρέπει να επιλεγούν τα κατάλληλα φαινόμενα και μοντέλα. Για παράδειγμα, φαινόμενα από την περιοχή του στατικού ηλεκτρισμού επιτυγχάνονται με απλά μέσα, πολλά είναι οικεία και διδάσκονται σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες. Για την ερμηνεία τους, όμως, ή την πρόβλεψή τους απαιτείται το μικροσκοπικό μοντέλο, ενώ μαθητές/τριες ακόμα και μελλοντικοί δάσκαλοι συναντούν δυσκολίες (Park et. al 2001, Barbas & Psillos 2003). Οι Barbas & Psillos (2003) επισημαίνουν ότι η μετάβαση της ερμηνείας σε μικροσκοπικό επίπεδο διευκολύνεται με την αλληλεπίδραση των μαθητευομένων με προσομοιώσεις που αναπαριστούν μικροσκοπικές διαδικασίες και τονίζουν ότι στην αλληλεπίδραση “αιτιότητας-παρατήρησης”, όταν η σχέση αιτίας-αιτιατού είναι γνωστή τότε οι προσομοιώσεις παρατηρούνται εύκολα, ενώ η αντίστροφη οδός, δηλαδή η εξαγωγή της σχέσης αιτίας-αιτιατού από τις προσομοιώσεις είναι δύσκολη.

Στο πλαίσιο αυτό, επιλέξαμε ένα τέτοιο φαινόμενο από την περιοχή του στατικού ηλεκτρισμού και αναπτύξαμε δύο προσομοιωμένα μοντέλα προκειμένου να τα χρησιμοποιήσουν οι φοιτητές/τριες προβλεπτικά. Το φαινόμενο που επιλέξαμε άπτεται του διαφορετικού τρόπου φόρτισης των μονωτών και των αγωγών και είναι αυτό κατά το οποίο όταν ένα απλό μπαλόνι τρίβεται στη μπροστινή του περιοχή με μάλλινο ύφασμα και άρα φορτίζεται τοπικά με αρνητικό φορτίο, περιστρέφεται καθώς έλκεται από ετερόνυμα φορτισμένη ακλόνητη ράβδο που βρίσκεται δίπλα του, ενώ ένα μπαλόνι που είναι τυλιγμένο με αλουμινόχαρτο έλκεται δίχως να περιστρέφεται.

Σκοπός, λοιπόν, της παρούσας έρευνας είναι να διερευνήσει την επίδραση των προσομοιωμένων μοντέλων στην εξοικείωση των φοιτητών/τριών με την προβλεπτική χρήση των μοντέλων και την καταλληλότητα του φαινομένου της περιστροφής του απλού μπαλονιού καθώς και της μη περιστροφής του μπαλονιού που είναι τυλιγμένο με αλουμινόχαρτο για την ανάδειξη της προβλεπτικής λειτουργίας των μοντέλων.

## Μεθοδολογία

### I) Το πλαίσιο

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 12 φοιτητές/τριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης στο Α.Π.Θ, μελλοντικοί δάσκαλοι, οι οποίοι προέρχονταν από όλες τις κατευθύνσεις, βρίσκονταν στο μέσο των σπουδών τους και η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του κατά επιλογή υποχρεωτικού μαθήματος της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Οι 12 φοιτητές/τριες σχημάτισαν τρεις τετραμελείς ομάδες και συμμετείχαν σε ένα τρίωρο εκπαιδευτικό σεμινάριο.

### II) Η ανάπτυξη των προσομοιωμένων μοντέλων

Η πλειοψηφία των φοιτητών/τριών αναγνωρίζει ότι οι αγωγοί επιτρέπουν τη διέλευση φορτίου μέσα από τη μάζα τους, ενώ οι μονωτές όχι, αλλά δεν μπορούν να προβλέψουν, ακόμα και να εξηγήσουν, το διαφορετικό τρόπο κίνησης των δύο μπαλονιών όπως έδειξαν πιλοτικές εφαρμογές που πραγματοποιήσαμε. Επίσης, για να διερευνηθεί το φαινόμενο της περιστροφής του απλού μπαλονιού (μονωτής) και της μη περιστροφής του μπαλονιού που είναι τυλιγμένο με αλουμινόχαρτο (αγωγός) καθώς έλκονται από μία ετερόνυμα φορτισμένη ακλόνητη ράβδος που βρίσκεται δίπλα τους, χρειάζεται ένα μοντέλο που να αναπαριστά μικροσκοπικά το διαφορετικό τρόπο φόρτισης σε ένα απλό μπαλόνι που είναι μονωτής και σε ένα μπαλόνι που είναι τυλιγμένο με αλουμινόχαρτο και αποτελεί τον αγωγό. Συνεπώς το φαινόμενο αυτό ενδείκνυται για να προσπαθήσουν οι φοιτητές/τριες να το προβλέψουν με τη χρήση των μοντέλων.

Αναπτύξαμε δύο προσομοιωμένα μοντέλα με το πρόγραμμα Macromedia Flash. Σκοπός μας ήταν οι φοιτητές/τριες να χρησιμοποιήσουν τα προσομοιωμένα μοντέλα προκειμένου να προβλέψουν την περιστροφή ενός απλού μπαλονιού και την μη περιστροφή ενός μπαλονιού που είναι τυλιγμένο με αλουμινόχαρτο όταν τα τρίβουμε με μάλλινο ύφασμα στη μπροστινή τους πλευρά και δίπλα τους υπάρχει θετικά φορτισμένη ακλόνητη ράβδος.

#### *Το μπαλόνι μονωτής*

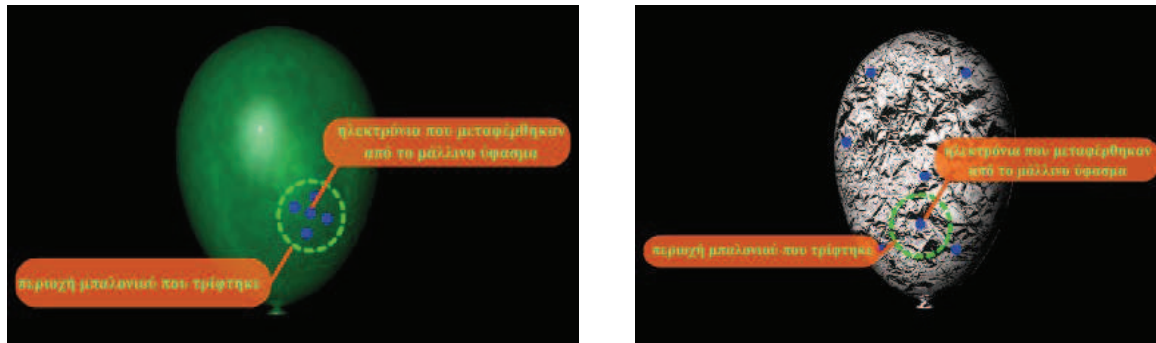
Στο προσομοιωμένο μοντέλο του μπαλονιού - μονωτή ο χρήστης μπορεί να επιλέξει και να τρίψει με ένα κομμάτι μάλλινου υφάσματος οποιαδήποτε περιοχή ενός απλού μπαλονιού και να δει τα ηλεκτρόνια να μεταφέρονται από το ύφασμα στην περιοχή του μπαλονιού που το έτριψε. Με πράσινο διακεκομμένο κύκλο φαίνεται κάθε φορά η περιοχή η οποία έχει τριφτεί και με μπλε μικρές σφαίρες τα ηλεκτρόνια που μεταφέρθηκαν κατά την τριβή.

#### *Το μπαλόνι αγωγός*

Στο προσομοιωμένο μοντέλο του μπαλονιού - αγωγού ο χρήστης μπορεί να επιλέξει και να τρίψει με ένα κομμάτι μάλλινου υφάσματος οποιαδήποτε περιοχή ενός μπαλονιού που είναι τυλιγμένο με αλουμινόχαρτο και να δει τα ηλεκτρόνια να μεταφέρονται από το ύφασμα σε όλη την επιφάνεια του μπαλονιού ανεξάρτητα από την περιοχή του μπαλονιού που επέλεξε να τρίψει. Και σε αυτό το προσομοιωμένο μοντέλο με πράσινο διακεκομμένο κύκλο φαίνεται κάθε φορά η περιοχή η οποία έχει τριφτεί και με μπλε μικρές σφαίρες τα ηλεκτρόνια που μεταφέρθηκαν κατά την τριβή.



**Εικόνα 1:** Ηλεκτρόνια που μεταφέρθηκαν στο απλό μπαλόνι και σ' αυτό με το αλουμινόχαρτο



Στην εικόνα 1 μπορεί κανείς να δει τα ηλεκτρόνια που έχουν μεταφερθεί από το μάλλινο ύφασμα στο κάθε μπαλόνι. Το μοντέλο αυτό αναπαριστά μικροσκοπικά την ιδιότητα των αγωγών και των μονωτών να επιτρέπουν (ή όχι) τη διέλευση ηλεκτρικού φορτίου μέσα από τη μάζα τους.

### III) Το εκπαιδευτικό σενάριο

Σύμφωνα με το σχεδιασμό του εκπαιδευτικού σεναρίου μας, αρχικά οι φοιτητές/τριες προσπαθούν να προβλέψουν το φαινόμενο, στη συνέχεια διερευνούν τα προσομοιωμένα μοντέλα, ακολουθεί η φάση στην οποία προσπαθούν να προβλέψουν ξανά το ίδιο φαινόμενο αφού όμως έχουν ήδη γνωρίσει το μοντέλο, σε επόμενη φάση παρατηρούν το εικονικό πείραμα και στο τέλος συμμετέχουν σε μεταγνωστικές διαδικασίες, όπου συγκρίνουν τις προβλέψεις τους πριν και μετά το μοντέλο, αναστοχάζονται στον τρόπο που χρησιμοποίησαν το μοντέλο και γενικά συνειδητοποιούν τη φύση και τη λειτουργία του μοντέλου.

Το εκπαιδευτικό σενάριο δηλαδή περιλαμβάνει *πρόβλεψη – διερεύνηση του μοντέλου – πρόβλεψη πάλι – παρατήρηση του φαινομένου και μεταγνωστική διαδικασία*, δηλαδή ενισχύει την προβλεπτική χρήση των μοντέλων και όχι την επεξηγηματική τους, αφού ζητάμε από τους φοιτητές/τριες πρώτα να διερευνήσουν τα μικροσκοπικά μοντέλα έτσι ώστε να προσπαθήσουν να προβλέψουν το πείραμα και στη συνέχεια να το παρατηρήσουν. Αντίθετα, σε άλλες προτάσεις όπως των Borghi et. al (2007) τα μικροσκοπικά μοντέλα στο στατικό ηλεκτρισμό είχαν επεξηγηματική λειτουργία: **οι φοιτητές/τριες πρώτα παρακολουθούσαν το πείραμα και στη συνέχεια προσπαθούσαν να κατασκευάσουν μικροσκοπικά μοντέλα προκειμένου να ερμηνεύσουν το πείραμα.** Την επεξηγηματική λειτουργία των μοντέλων στην ίδια περιοχή διερεύνησαν και οι Casperson & Linn (2006), οι οποίοι ανέπτυξαν μία σειρά αναπαραστάσεων και κάλεσαν τους φοιτητές/τριες να προβλέψουν, να παρατηρήσουν, να εξηγήσουν και να διερευνήσουν την αναπαράσταση προκειμένου να κατανοήσουν ηλεκτροστατικά φαινόμενα.

Στην παρούσα εργασία διαπραγματευόμαστε μόνο ένα μέρος του εκπαιδευτικού σεναρίου και εστιάζουμε την προσοχή μας μόνο στις φάσεις της πρόβλεψης του φαινομένου πριν και μετά τη διερεύνηση του μοντέλου.

### IV) Τα εργαλεία

Πριν και μετά τη διερεύνηση των μοντέλων οι φοιτητές/τριες προέβλεψαν την κίνηση ενός απλού μπαλονιού και ενός μπαλονιού τυλιγμένου με αλουμινόχαρτο. Συγκεκριμένα, δόθηκαν στους φοιτητές/τριες δύο εικόνες που αναπαριστούσαν το κάθε μπαλόνι με την ακλόνητη ράβδο δίπλα τους και τους ζητήθηκε να προβλέψουν τι θα συμβεί όταν τρίψουμε το κάθε μπαλόνι με μάλλινο ύφασμα στην μπροστινή του περιοχή και δίπλα του υπάρχει ακλόνητη θετικά φορτισμένη ράβδος, να απαντήσουν αν τα δύο μπαλόνια θα κινηθούν με τον ίδιο ή διαφορετικό τρόπο και να αιτιολογήσουν αναλυτικά την πρόβλεψή τους.

Οι φοιτητές/τριες κατέγραφαν τις προβλέψεις τους ατομικά στα φύλλα εργασίας και στη συνέχεια συμμετείχαν σε ομαδικές συνεντεύξεις ανά τετραμελή ομάδα με μία εκ των συγγραφέων. Οι εστιασμένες σε ομάδες συνεντεύξεις, οι οποίες ενισχύουν την ελεύθερη έκφραση των ιδεών (Vaughn et. al, 1996) βασίζονταν στις απαντήσεις που έδωσαν γραπτώς οι φοιτητές/τριες στα φύλλα εργασίας και στόχο είχαν πρώτον την ανάδειξη των ιδεών των φοιτητών/τριών σε μεγαλύτερο βάθος από αυτό που προκύπτει από τις γραπτές απαντήσεις τους στα φύλλα εργασίας (Cohen & Manion, 1997) και δεύτερον τη γνωστοποίηση των αντιλήψεων του κάθε φοιτητή/τριας στους συμφοιτητές/τριές του. Ο ρόλος της ερευνήτριας ήταν καθοδηγητικός και συντονιστικός. Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων αναλύσαμε το περιεχόμενο των συνεντεύξεων και ταξινομήσαμε τις προβλέψεις των φοιτητών/τριών. Οι προβλέψεις ταξινομήθηκαν με βάση τις αναφορές των φοιτητών/τριών για τον τρόπο κίνησης των μπαλονιών, δηλαδή αν αναφέρουν ότι θα είναι ίδιος ή διαφορετικός και αν στην αιτιολόγησή τους περιλαμβάνεται μακροσκοπικό ή μικροσκοπικό επίπεδο.

### Αποτελέσματα

Στον πίνακα 1 που ακολουθεί παρουσιάζεται η ταξινόμηση των αρχικών (πριν τα μοντέλα) και τελικών (μετά τα μοντέλα) προβλέψεων των φοιτητών/τριών. Παρατηρούμε ότι οι προβλέψεις των φοιτητών/τριών πριν και μετά τα μοντέλα είναι διαφορετικές.

**Πίνακας 1:** ταξινόμηση αρχικών και τελικών προβλέψεων φοιτητών/τριών

| κίνηση μπαλονιών  | προβλέψεις |         |
|---|------------|---------|
|   | αρχικές    | τελικές |
| <i>Ίδια κίνηση: έλξη προς τη ράβδο και τα δύο μπαλόνια (μακροσκοπική ερμηνεία: όχι αναφορά σε ηλεκτρόνια)</i>   | 7          |         |
| <i>Ίδια κίνηση: έλξη προς τη ράβδο και περιστροφή και τα δύο μπαλόνια</i>   | 1          |         |
| <i>Διαφορετική κίνηση: το μπαλόνι με το αλουμινόχαρτο έλκεται λιγότερο λόγω βάρους ή διαφορετικού υλικού (μακροσκοπική ερμηνεία: όχι αναφορά σε ηλεκτρόνια)</i> | 3          |         |
| <i>Διαφορετική κίνηση: το μπαλόνι με το αλουμινόχαρτο έλκεται λιγότερο λόγω βάρους ή διαφορετικού υλικού (μικροσκοπική ερμηνεία: αναφορά σε ηλεκτρόνια)</i>     |            | 3       |
| <i>Διαφορετική κίνηση: έλξη προς τη ράβδο και τα δύο μπαλόνια, μόνο το απλό μπαλόνι περιστρέφεται (μακροσκοπική ερμηνεία: όχι αναφορά σε ηλεκτρόνια)</i>        |            | 3       |
| <i>Διαφορετική κίνηση: έλξη προς τη ράβδο και τα δύο μπαλόνια, μόνο το απλό μπαλόνι περιστρέφεται (μικροσκοπική ερμηνεία: αναφορά σε ηλεκτρόνια)</i>            |            | 6       |
| <i>Καμία πρόβλεψη</i>   | 1          |         |

#### 1) Προβλέψεις πριν τα μοντέλα

Από τις προβλέψεις πριν τα μοντέλα προκύπτει ότι οι φοιτητές/τριες γνωρίζουν ότι τα μπαλόνια θα φορτιστούν μετά το τρίψιμο αρνητικά και στη συνέχεια θα κινηθούν αφού έλκονται από τη ράβδο:

*«εγώ έχω επιλέξει ότι θα κινηθούν με τον ίδιο τρόπο τα δύο μπαλόνια...ότι και στις δύο περιπτώσεις όταν τρίβουμε με μάλλινο ύφασμα το μπαλόνι φορτίζεται αυτό αρνητικά με αποτέλεσμα να έλκεται από τη θετικά φορτισμένη ράβδο».*

Κανένας όμως δε συνδέει το διαφορετικό υλικό με το διαφορετικό τρόπο φόρτισης και συνεπώς με τη διαφορετική κίνηση των δύο μπαλονιών. Η πλειοψηφία των φοιτητών/τριών (8/12) απάντησε ότι τα μπαλόνια θα κινηθούν με τον ίδιο τρόπο:



*«τα δύο μπαλόνια θα κινηθούν με τον ίδιο τρόπο. Το πρώτο μπαλόνι φορτίζεται αρνητικά όταν τρίψουμε πάνω του το μάλλινο ύφασμα και έτσι επειδή είναι θετικά φορτισμένη η γυάλινη ράβδος, η γυάλινη ράβδος θα έλκει το φορτισμένο μπαλόνι και στο δεύτερο σχήμα πάλι θα φορτιστεί αρνητικά το μπαλόνι και θα συμβεί το ίδιο».*

Δύο από αυτούς τους φοιτητές/τριες προβληματίστηκαν για την επίδραση του διαφορετικού υλικού κατά τη διάρκεια της ομαδικής συνέντευξης αλλά τελικά δεν άλλαξαν την αντίληψή τους η οποία παρέμεινε στο γενικό επίπεδο της φόρτισης:

*«και εγώ πιστεύω ότι τα μπαλόνια θα κινηθούν με τον ίδιο τρόπο...αλλά σκέφτομαι μήπως το γεγονός ότι έχουμε το ένα μπαλόνι τυλιγμένο με αλουμινόχαρτο επηρεάζει την αλληλεπίδραση του μπαλονιού με τη ράβδο...αλλά δεν ξέρω...».*

Από τους 8 φοιτητές/τριες που επέλεξαν ότι τα μπαλόνια θα κινηθούν με τον ίδιο τρόπο, ενδιαφέρον έχει η ερμηνεία ενός φοιτητή/τριας, διότι ενώ σκέφτηκε την περιστροφή του απλού μπαλονιού, δεν διαχώρισε το διαφορετικό υλικό στο μπαλόνι με το αλουμινόχαρτο θεωρώντας ότι και τα δύο μπαλόνια θα περιστραφούν:

*«τρίβοντας το μπαλόνι αποκτά αρνητικό φορτίο. Αυτό ισχύει για το ένα μπαλόνι αλλά το ίδιο ακριβώς και για το άλλο μπαλόνι...Η ράβδος είναι θετικά φορτισμένη άρα προκύπτει ελκτική δύναμη μεταξύ της ράβδου και του συγκεκριμένου σημείου του μπαλονιού. Λόγω της άσκησης δύναμης στο συγκεκριμένο αυτό σημείο, το μπαλόνι περιστρέφεται ώστε το φορτισμένο σημείο να έρθει στην ίδια ευθεία με τη ράβδο και στη συνέχεια το μπαλόνι πλησιάζει τη στερεωμένη ράβδο από το φορτισμένο πάντα σημείο».*

Τρεις από τους 12 φοιτητές/τριες πήραν υπόψη τους το διαφορετικό υλικό αλλά το συνέδεσαν με το μέτρο της δύναμης. Συγκεκριμένα ότι το μπαλόνι με το αλουμινόχαρτο δεν θα πλησιάσει τόσο πολύ στη ράβδο όσο το απλό μπαλόνι, λόγω βάρους ή διαφορετικού υλικού, ενώ δεν σκέφτηκαν την τοπική φόρτιση και την πιθανή περιστροφή στην κίνηση του απλού μπαλονιού:

*«εγώ θεωρώ ότι το υλικό παίζει ρόλο και συγκεκριμένα πιστεύω ότι το απλό μπαλόνι θα κινηθεί ενώ το μπαλόνι με το αλουμινόχαρτο δεν θα κινηθεί καθόλου ή θα κινηθεί λιγότερο από το απλό».*

Μία φοιτήτρια δεν έκανε καμία πρόβλεψη.

## II) Προβλέψεις μετά τα μοντέλα

Μετά τη διερεύνηση των μοντέλων ζητήθηκε από τους φοιτητές/τριες να προβλέψουν πάλι τον τρόπο κίνησης των δύο μπαλονιών.

Οι 9 από τους 12 φοιτητές/τριες προέβλεψαν την περιστροφή του απλού μπαλονιού και την μη περιστροφή του μπαλονιού με το αλουμινόχαρτο. Έξι από αυτούς χρησιμοποίησαν αιτιολόγηση στο μικροσκοπικό επίπεδο, δηλαδή τη μεταφορά ηλεκτρονίων καθώς και την διαφορετική κατανομή, δηλαδή ότι το απλό μπαλόνι φορτίζεται μόνο στην περιοχή που το τρίψαμε με το μάλλινο ύφασμα και ότι τα ηλεκτρόνια διασπείρονται σε όλη την επιφάνεια του μπαλονιού με το αλουμινόχαρτο:

*«το μπαλόνι που δεν είναι τυλιγμένο με αλουμινόχαρτο, το απλό μπαλόνι, θα φορτιστεί στο σημείο που είναι το λουλούδι, θα κινηθεί προς τη ράβδο και θα στραφεί προς αυτήν με την πλευρά που είναι το λουλούδι...ενώ στην δεύτερη περίπτωση που υπάρχει το αλουμινόχαρτο θα μεταφερθούν γενικά σε όλο το μπαλόνι τα ηλεκτρόνια και θα κινηθεί έτσι όπως είναι προς την ράβδο, χωρίς να έχει στραφεί»*

ή

*«ενώ στην αρχή πίστευα ότι δεν θα κινηθεί καθόλου ή πολύ λίγο το μπαλόνι με το αλουμινόχαρτο λόγω βάρους ή υλικού, δηλαδή ήταν εντελώς αδιανόητο για μένα να κινηθεί το μπαλόνι με το αλουμινόχαρτο τώρα αυτό καταρρίπτεται και πιστεύω ότι θα συμβεί το ακριβώς αντίθετο, δηλαδή θα κινηθεί πολύ εύκολα προς τη ράβδο αφού τα ηλεκτρόνια βρίσκονται παντού...το άλλο μπαλόνι θα γυρίσει προς τη ράβδο ενώ κινείται γιατί έχει ηλεκτρόνια μόνο στο σημείο της τριβής...».*

Οι 3 από τους 9 φοιτητές/τριες που προέβλεψαν την περιστροφή του απλού μπαλονιού και τη μη περιστροφή του μπαλονιού με το αλουμινόχαρτο δεν χρησιμοποίησαν αιτιολόγηση στο μικροσκοπικό επίπεδο και απλώς ανέφεραν ότι απλό μπαλόκι φορτίζεται τοπικά ενώ το μπαλόκι με το αλουμινόχαρτο φορτίζεται σε όλη του την επιφάνεια:

*«τώρα πιστεύω ότι μόνο το απλό μπαλόκι θα περιστραφεί έτσι ώστε να έρθει στην ίδια ευθεία η φορτισμένη περιοχή με την ράβδο ενώ το μπαλόκι με το αλουμινόχαρτο θα κινηθεί προς την ράβδο χωρίς να περιστραφεί γιατί άσχετα με το γεγονός ότι το τρίψαμε σε συγκεκριμένο σημείο έχει φορτιστεί ολόκληρο αρνητικά επειδή είναι καλός αγωγός»*

Τρεις από τους 12 φοιτητές/τριες δεν κατάφεραν να προβλέψουν την περιστροφή του απλού μπαλονιού. Για παράδειγμα έλαβαν υπόψη τους την ποσότητα των ηλεκτρονίων και όχι την κατανομή τους με αποτέλεσμα να θεωρήσουν ότι το μπαλόκι με το αλουμινόχαρτο θα κινηθεί πιο αργά προς τη ράβδο απ' ότι το απλό μπαλόκι και έτσι δεν προέβλεψαν την περιστροφή του απλού μπαλονιού:

*«πάλι πιστεύω ότι θα ασκηθεί έλξη ανάμεσα στη ράβδο και στο μπαλόκι και ότι το μπαλόκι με το αλουμινόχαρτο θα χρειαστεί περισσότερο χρόνο μέχρι να κολλήσει στη ράβδο γιατί θα μεταφερθούν λιγότερα ηλεκτρόνια από το μάλλινο ύφασμα στο μπαλόκι και έτσι θα αργήσει να κολλήσει στη ράβδο».*

### **Συζήτηση – Συμπεράσματα**

Σχεδιάσαμε ένα εκπαιδευτικό σενάριο στο οποίο οι φοιτητές/τριες χρησιμοποίησαν δύο προσομοιωμένα μοντέλα προκειμένου να προβλέψουν ένα φαινόμενο που άπτεται της διαφορετικής φόρτισης μονωτών και αγωγών, δηλαδή χρησιμοποίησαν το μοντέλο με επιστημονικό τρόπο. Το καινοτομικό στοιχείο της έρευνάς μας είναι η πρότασή μας για τον τρόπο που μπορεί να αναδειχθεί η προβλεπτική χρήση των μοντέλων. Συγκεκριμένα, οι περισσότερες έρευνες (Casperson & Linn 2006, Borghi et. al 2007) χρησιμοποιούν τα μοντέλα επεξηγηματικά μετά την εκτέλεση των επιλεγμένων πειραμάτων. Στην πρότασή μας οι φοιτητές/τριες εμπλέκονται στη χρήση των μοντέλων πριν την παρατήρηση ενός επιλεγμένου κατάλληλου πειράματος και προτρέπονται να προβλέψουν το φαινόμενο πριν και μετά τη διερεύνηση των μοντέλων.

Τα αποτελέσματα έδειξαν τη σημαντική επίδραση των προσομοιωμένων μοντέλων στην προβλεπτική ικανότητα των φοιτητών/τριών αφού μετά τη διερεύνηση των μοντέλων οι περισσότεροι φοιτητές/τριες χρησιμοποίησαν στις προβλέψεις τους το μικροσκοπικό επίπεδο, σε αντίθεση με τις προβλέψεις τους πριν τα μοντέλα οι οποίες ήταν μακροσκοπικές.

Θεωρούμε ότι η καινοτομία του εκπαιδευτικού σεναρίου μας είναι ότι στηρίζεται στην ισορροπία ανάμεσα στον ήδη γνωστό τρόπο μάθησης των φοιτητών/τριών, που είναι η χρήση ενός μοντέλου για τη διδασκαλία συγκεκριμένου γνωστικού περιεχομένου και στην ενεργή συμμετοχή των φοιτητών/τριών στην όλη διαδικασία όπου οι ίδιοι χρησιμοποιούν τα μοντέλα προκειμένου να προβλέψουν τα φαινόμενα, ακολουθώντας διαδικασίες μοντελοποίησης. Με αυτόν τον τρόπο οι φοιτητές/τριες εξοικειώνονται ομαλά στην προβλεπτική χρήση των μοντέλων, ενώ ταυτόχρονα, εξάγουν οι ίδιοι από τα προσομοιωμένα μοντέλα τη σχέση αιτίας-αιτιατού, κάτι που σύμφωνα με τους Barbas & Psillos (2003) είναι πιο δύσκολο από το να την γνωρίζουν πριν τη διερεύνηση του προσομοιωμένου μοντέλου. Τη σχέση αιτίας-αιτιατού καλούν να εξάγουν από τις αναπαραστάσεις και οι Casperson & Linn (2006) στην έρευνά τους, όπου οι μαθητές/τριες διερευνούν τις αναπαραστάσεις μετά το πείραμα και έτσι τις χρησιμοποιούν επεξηγηματικά, ενώ στη δική μας έρευνα, οι φοιτητές/τριες πρώτα διερευνούν το προσομοιωμένο μοντέλο, προσπαθούν να εξάγουν τη σχέση αιτίας-αιτιατού για να προβλέψουν το φαινόμενο και στη συνέχεια παρατηρούν το φαινόμενο.

Το φαινόμενο που επιλέχτηκε φαίνεται να είναι κατάλληλο για την ανάδειξη της προβλεπτικής λειτουργίας των μοντέλων αφού οι φοιτητές/τριες πριν τα μοντέλα δεν γνώριζαν τον τρόπο κίνησης των δύο μπαλονιών, δίνοντας λανθασμένες προβλέψεις, ενώ μετά τα



μοντέλα οι περισσότεροι από αυτούς κατάφεραν να προβλέψουν σωστά το φαινόμενο. Επίσης, είχε νόημα η χρήση των μοντέλων αφού για τη μελέτη του φαινομένου ήταν απαραίτητη η διείσδυση σε μικροσκοπικό επίπεδο. Η πλειοψηφία των φοιτητών/τριών κατάφερε να χρησιμοποιήσει τα μοντέλα προκειμένου να προβλέψει το φαινόμενο.

Λαμβάνοντας υπόψη το μικρό δείγμα της έρευνάς μας, θεωρούμε ότι ο συνδυασμός της διερεύνησης των φοιτητών/τριών με τα έτοιμα μοντέλα που αναπτύξαμε και η ενεργή συμμετοχή τους σε διαδοχικές προβλέψεις του ίδιου φαινομένου πριν και μετά το μοντέλο συνέβαλαν σημαντικά στην εξοικείωσή τους με την προβλεπτική χρήση των μοντέλων η οποία αποτελεί ουσιαστικό στοιχείο του επιστημονικού τρόπου χρήσης των μοντέλων.

## Βιβλιογραφία

Σταυρίδου, Ε. (1995). Μοντέλα Φυσικών Επιστημών και διαδικασίες μάθησης. Εκδόσεις Σαββάλα.

Cohen, L., & Manion, L. (1997). Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας. Εκδόσεις μεταίχμιο – έκφραση, Αθήνα.

Barbas, A., & Psillos, D. (2003). Evolution of Students' Reasoning about Microscopic Processes in Electrostatics under the Influence of Interactive Simulations. In D. Psillos (Ed.): Teaching and Learning in the Science Laboratory, Kluwer Academic Pub 243 – 254.

Borghi, L., De Ambrosis, A., & Mascheretti, P. (2007). Microscopic models for bridging electrostatics and currents. *Physics Education*, 42.

Carpenter, P. T., & Romberg, A. T. (2004). Powerful Practices in Mathematics & Science. Research – Based Practices for Teaching and Learning.

Casperson, J. M., & Linn, M. C. (2006). Using visualizations to teach electrostatics. *Am. J. Phys.* 74, 316-23.

Cullin, M., & Crawford, B. A. (2003). Using technology to support prospective science teachers in learning and teaching about scientific models. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 2/4, 409 - 426.

Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. & Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.

Ingham, A. I., & Gilbert, K. J. (1991). The use of analogue models by students of chemistry at higher education level. *International Journal of Science Education*, 13, 203 - 215.

Mellar, H., and Bliss, J. (1994). Introduction: Modelling and Education. In Mellar, H., Bliss, J., Boohan, R., Ogborn, J., Tompsett, C. (eds), *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*. (London: The Falmer Press), 1-7.

Ogborn, J., & Martins, I. (1996). Metaphorical understandings and scientific ideas. *International Journal of Science Education*, 18, 631-652.



Park, J., Ikgyun, K., Myunghwan, K., & Moo Lee. (2001). Analysis of students' processes of confirmation and falsification of their prior ideas about electrostatics. *International Journal of Science Education*, 23(12), 1219-1236.

Treagust, D. F., & Harrison, A. G. (1999). The genesis of effective scientific explanations for the classroom. In J. Loughran (ed.), *Researching Teaching: Methodologies and Practices for Understanding Pedagogy* (London: Falmer Press), 28-43.

Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, L. T. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, 357 – 368.

Van Driel, J. H., & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21, 1141-1153.

Vaughn, S., Schumm, J. S. & Sinagub, J. M. (1996). *Focus Group Interviews in Education and Psychology*. Sage Publications, International Educational and Professional Publisher, London, New Delhi.

Wisnudel-Spitulnik, M., Kracjik, J., & Soloway, E. (1999). Construction of models to promote scientific understanding. In W. Feurzeig & N. Roberts (Eds.), *Modelling and simulation in science and mathematics* (pp.70-94). New York: Springer-Verlag.

1: [http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps\\_FisikisXimias.pdf](http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf)