

Χρήση στην Τάξη Εκπαιδευτικού Λογισμικού Παρουσιάσεων για Εποικοδομητική Διδασκαλία της Νευτώνειας Δυναμικής

Δημήτρης Κολοκοτρώνης
Εκπ/κός Β/θμιας Εκπ/σης, MSc Computer Science, Υπ. Δρ. Π.Τ.Π.Ε. Παν/μίου Θεσσαλίας
Βενιζέλου 28, 41500 Γιάννουλη
kolokotr@teilar.gr

Χριστίνα Σολομωνίδου
Αναπληρώτρια καθηγήτρια Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
Αργοναυτών & Φιλελλήνων, 38221 Βόλος
xsolom@uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αναφέρεται στα αποτελέσματα χρήσης στην τάξη ενός εκπαιδευτικού λογισμικού παρουσιάσεων εποικοδομητικού τύπου, για θέματα που αφορούν την αλληλεπίδραση μεταξύ σωμάτων. Η σχεδίαση και ανάπτυξη του λογισμικού βασίστηκε στα αποτελέσματα έρευνας που πραγματοποιήθηκε για να ανιχνεύσει τις απόψεις μαθητών/ριών ηλικίας 11 – 16 ετών για τα θέματα αυτά. Επίσης περιγράφεται η διδακτική παρέμβαση που έγινε στους/ς μαθητές/ριες αυτούς/ές με τη χρήση του λογισμικού παρουσιάσεων. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπήρξε μετασχηματισμός των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/ριών σε πιο ορθότερες και επιστημονικά πιο αποδεκτές αντιλήψεις, σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ακόμη και τέτοιου τύπου εκπαιδευτικά λογισμικά, που μπορούν να αναπτυχθούν από ένα/μια διδάσκοντα/ουσα Φυσικής, μη «ειδικό» στην Πληροφορική, μπορούν να είναι ωφέλιμα στην εκπαιδευτική διαδικασία, αρκεί να είναι εποικοδομητικού τύπου και να σχεδιάζονται με βάση κάποια επιστημονική μέθοδο.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/ριών, εκπαιδευτικό λογισμικό παρουσιάσεων εποικοδομητικού τύπου, αλληλεπίδραση μεταξύ σωμάτων, αλληλεπιδραστικό λογισμικό

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι τρόποι αξιοποίησης του υπολογιστή για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) αποτελούν αντικείμενο έρευνας από τα μέσα της δεκαετίας του '60. Οι πρώτες προσπάθειες για την ανάπτυξη εκπαιδευτικών εφαρμογών έδωσαν τα αποτελέσματά τους με τη μορφή λογισμικών προσομοίωσης φυσικών φαινομένων. Στη δεκαετία του '80 η εμφάνιση των μικροϋπολογιστών κάνει πιο αισθητή τη χρήση των εφαρμογών της τεχνολογίας της πληροφορίας στην εκπαίδευση. Κατά τη δεκαετία του '90, είναι κυρίως η τεχνολογία των πολυμέσων που δίνει νέα ώθηση στην ανάπτυξη εκπαιδευτικών λογισμικών και στην αξιοποίηση των εφαρμογών αυτών στη μαθησιακή διαδικασία. Οι λόγοι για τους οποίους τα συστήματα αυτά εντάσσονται στην εκπαίδευση και στη διδασκαλία των ΦΕ είναι (Δημητρακοπούλου 1999): α) επιστημολογικοί (οι υπολογιστές έχουν την δυνατότητα να εκτελούν γρήγορους υπολογισμούς, να επεξεργάζονται σύμβολα, να παράγουν εικόνες, να προσομοιώνουν και να μοντελοποιούν φαινόμενα) και β) μαθησιακοί (το εκπαιδευτικό

λογισμικό δίνει νέες δυνατότητες τόσο για τις δραστηριότητες με τις οποίες μπορούν πλέον να ασχοληθούν οι μαθητές/ριες, όσο και για την υποστήριξη της ίδιας της διαδικασίας της μάθησης).

Το λογισμικό PowerPoint που επιτρέπει τη δημιουργία διαφανειών που περιέχεται στο πακέτο 'MS Office' είναι ένα ισχυρό εργαλείο ηλεκτρονικών παρουσιάσεων και χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό ευρέως από την επιστημονική κοινότητα (αλλά και σε άλλους χώρους όπως τον εμπορικό, τον επιχειρηματικό κ.ά.). Η χρήση του περιορίζεται στην εκμετάλλευση των δυναμικών του στοιχείων (Holzl, 1997) για τη δημιουργία εντυπωσιακών και «μοντέρνων» παρουσιάσεων. Η αξιολόγησή του ως διδακτικού εργαλείου που είναι σε θέση να προωθήσει μαθησιακούς στόχους δεν έχει απασχολήσει εκτενώς τους ερευνητές, εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις (Harknett & Cobane, 1997; Evans, 1998; Lowry, 1999; Szabo & Hastingsb, 2000). Οι απόψεις όλων των ερευνητών συγκλίνουν στο γεγονός ότι η διδασκαλία με παρουσιάσεις PowerPoint είναι ελκυστικότερη για τους/ις μαθητές/ριες από την παραδοσιακή (μη 'ηλεκτρονική') διδασκαλία. Επίσης, μειώνει δυσκολίες προσοχής και παρακολούθησης, παρακινεί τους/ις μαθητές/ριες και βοηθά στην αποτελεσματικότερη απομνημόνευση των διδασκομένων. Όμως, τα ερευνητικά αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών δίστανται σχετικά με το κατά πόσο και με ποιους τρόπους μπορεί να υποστηρίξει μηχανισμούς μάθησης, καθώς δεν φαίνεται να υπάρχει ιδιαίτερα ευεργετική επίδραση στη μάθηση όταν αλλάζει απλά και μόνο το εποπτικό μέσο διδασκαλίας (Szabo & Hastingsb, 2000). Κατά την άποψή μας, χρειάζεται να προταθούν τρόποι με τους οποίους θα αξιοποιηθεί το PowerPoint για αποτελεσματικότερη διδασκαλία μέσα στο πλαίσιο της εποικοδομητικής αντίληψης για τη μάθηση. Μία τέτοια προσπάθεια παρουσιάζεται στην εργασία αυτή.

Πολλές από τις έρευνες που έχουν γίνει στην κατεύθυνση της μελέτης των μηχανισμών μάθησης αλλά και του σχεδιασμού νέων διδακτικών πρακτικών, εμπλέκουν την χρήση νέων τεχνολογιών στη διδασκαλία των ΦΕ (Σολομωνίδου 1999) και ειδικότερα την τεχνολογία των πολυμέσων, που δίνει νέα ώθηση στην ανάπτυξη εκπαιδευτικού λογισμικού (Ράπτης & Ράπτη 2001). Οι προτεινόμενες όμως διαδικασίες, και το υπάρχον λογισμικό που έρχεται να συνδράμει θετικά στην κατεύθυνση αυτή, δεν καλύπτουν επαρκώς όλα τα φυσικά φαινόμενα, με την έννοια ότι ενώ τα προβλήματα που έχουν οι μαθητές/ριες σχετικά με την κατανόηση των νόμων της κίνησης έχουν ερευνηθεί ποικιλοτρόπως, δεν έχει δοθεί η απαραίτητη βαρύτητα στο νόμο δράσης-αντίδρασης. Αναφορικά λοιπόν με τον 3^ο νόμο του Νεύτωνα και τη Νευτώνεια Δυναμική, δεν έχει αναπτυχθεί σχεδόν κανένα κατάλληλο λογισμικό που να αλλάζει τις εναλλακτικές θεωρήσεις των μαθητών/ριών (Σολομωνίδου 2000). Εξαιρέση αποτελεί το λογισμικό «Διανύσματα στη Φυσική και τα Μαθηματικά», που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος Σειρήνες – Οδύσσεια, στο οποίο γίνεται μία προσπάθεια στη κατεύθυνση αυτή (Grigoriadou, Mitropoulos, Samarakou, Solomonidou, Stavridou 1999; Μητρόπουλος, κ.ά. 1999).

Η έννοια της αλληλεπίδρασης των σωμάτων και ο 3^{ος} νόμος του Νεύτωνα που την περιγράφει είναι πρωταρχικής σημασίας για την οικοδόμηση των εννοιών που σχετίζονται με καταστάσεις κίνησης, ισορροπίας ή μεταβολής της κινητικής κατάστασης των σωμάτων, δηλαδή με τους δύο άλλους νόμους, και δεν μπορεί σε καμιά περίπτωση να παραμελείται ή να εξετάζεται αποκομμένα. Πολλές έρευνες έχουν γίνει στο παρελθόν για την ανίχνευση των γνωστικών δυσκολιών και των εναλλακτικών ιδεών μαθητών/ριών λυκείου και φοιτητών/ριών φυσικής για βασικές έννοιες της Νευτώνειας Δυναμικής και κυρίως για τον 3^ο νόμο του Νεύτωνα (Viennot 1979; Halloun & Hestenes 1985; Terry & Jones 1986). Για την αντιμετώπιση των εναλλακτικών αυτών ιδεών των μαθητών/ριών η Viennot (1979) πρότεινε τη χρήση ενός μοντέλου που συνοψίζεται στα εξής: συμβολισμός της κατάστασης αλληλεπίδρασης με ένα εκτεταμένο σχήμα, όπου για κάθε ζεύγος σωμάτων που αλληλεπιδρούν σχεδιάζεται ένα ζεύγος διανυσμάτων αντίθετων δυνάμεων με το ίδιο χρώμα ή σχέδιο, συμβολισμός του συνόλου των αλληλεπιδράσεων που επηρεάζουν την κινητική κατάσταση των σωμάτων ενός συστήματος, «απομόνωση» με μια κλειστή γραμμή κάθε σώματος από τα υπόλοιπα μαζί με τα διανύσματα των δυνάμεων που δέχεται, ώστε να είναι εύκολη η εύρεση της συνισταμένης δύναμης που ενεργεί πάνω στο σώμα αυτό. Οι Σολομωνίδου και

Σταυρίδου (1993) σε μια αρκετά μεγάλη έρευνα με φοιτητές/ριες ΠΤΔΕ χρησιμοποίησαν το μοντέλο της Viennot και δίδαξαν σύμφωνα με την εποικοδομητική αντίληψη, με πολύ θετικά αποτελέσματα. Την ίδια αποτελεσματική καινοτομική μέθοδο προτείνουν και οι Lemeignan και Weil-Barais (1993) στη διδασκαλία εννοιών της Φυσικής σε μαθητές/ριες δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Η ΑΡΧΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Αρχικά πραγματοποιήθηκε έρευνα για τη μελέτη των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/ριών σχετικά με την αλληλεπίδραση των σωμάτων και τον 3^ο νόμο του Νεύτωνα. Τα συμπεράσματα της έρευνας αυτής λήφθηκαν υπόψη στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη του λογισμικού παρουσιάσεων, αλλά και ενός αλληλεπιδραστικού λογισμικού. Η έρευνα και η διδακτική παρέμβαση αφορούσε μαθητές/ριες από τις εξής τάξεις: Ε' και ΣΤ' Δημοτικού, Α', Β' και Γ' Γυμνασίου, Α' και Β' Ενιαίου Λυκείου, Α' και Β' Τ.Ε.Ε. Η ερευνητική διαδικασία περιέλαβε τα ακόλουθα στάδια:

α) Πραγματοποίηση πιλοτικής έρευνας με κλινικού τύπου προσωπικές συνεντεύξεις όπου συμμετείχαν 10 μαθητές/ριες των παραπάνω τάξεων, ώστε να γίνει μία πρώτη διερεύνηση των αντιλήψεών τους σχετικά με θέματα που αφορούν τις μηχανικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ σωμάτων και τον 3^ο νόμο του Νεύτωνα (Solomonidou & Kolokotronis 2001).

β) Πραγματοποίηση της κύριας έρευνας για την ανίχνευση των αντιλήψεων των μαθητών/ριών σχετικά με τις μηχανικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ σωμάτων, με ερωτηματολόγια που συμπλήρωσαν 451 μαθητές/ριες των παραπάνω τάξεων, οι ερωτήσεις του οποίου σχεδιάστηκαν με βάση τα αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας (άνοιξη 2001).

γ) Προσωπικές συνεντεύξεις με 26 μαθητές/ριες που συμμετείχαν στην κύρια έρευνα, ώστε να διευκρινιστούν ακόμα περισσότερο οι απαντήσεις τους στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου (άνοιξη 2001).

Η ανάλυση των απαντήσεων και η μελέτη των σχημάτων των μαθητών/ριών, μας επέτρεψαν να συναγάγουμε ορισμένα συμπεράσματα για τις αναπαραστάσεις τους σχετικά με θέματα σχετικά με την αλληλεπίδραση μεταξύ δύο σωμάτων, και τα οποία μπορούν να ομαδοποιηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/ριών:

1^η κατηγορία: αλληλεπίδραση υπάρχει όταν υπάρχει κίνηση ή δυνατότητα κίνησης (στην αλληλεπίδραση μεταξύ δύο σωμάτων, τουλάχιστον το ένα από τα δύο πρέπει να είναι 'ενεργό'),

2^η κατηγορία: στη φύση οι δυνάμεις δεν εμφανίζονται κατ' ανάγκη σε ζεύγη,

3^η κατηγορία: στην αλληλεπίδραση υπάρχει ζεύγος δυνάμεων με διαφορετικά χαρακτηριστικά η μία δύναμη από την άλλη, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται τα ακόλουθα σφάλματα: α) μέτρου, β) χρονική, γ) σημείου εφαρμογής και δ) διεύθυνσης,

4^η κατηγορία: αλληλεπίδραση υπάρχει όταν υπάρχει κατακόρυφη δύναμη λόγω επαφής δύο σωμάτων,

5^η κατηγορία: πολλοί/ές μαθητές/ριες θεωρούν ότι η κίνηση ενός σώματος είναι αποτέλεσμα της επίδρασης εσωτερικών δυνάμεων πάνω σε αυτό και αγνοούν την ύπαρξη της τριβής ως μία δύναμη αντίθετη με τη κίνηση και πάνω στη διεύθυνση αυτής.

6^η κατηγορία: για κάποιους/ες μαθητές/ριες η έννοια της αλληλεπίδρασης και η εφαρμογή του 3^{ου} νόμου του Νεύτωνα, δηλαδή η αμοιβαία άσκηση δυνάμεων ίσου μέτρου και αντίθετης φοράς μεταξύ δύο αλληλεπιδρώντων σωμάτων, ταιριάζει περισσότερο μεταξύ «ιδίων» ή «παρόμοιων» σωμάτων, δηλαδή σωμάτων με κοινά χαρακτηριστικά όπως μέγεθος, σχήμα, μάζα, ταχύτητα, και λιγότερο μεταξύ διαφορετικών σωμάτων (συμμετρικές αναπαραστάσεις).

Προέκυψαν διαφοροποιήσεις σε σχέση με το φύλο των παιδιών (τα κορίτσια απάντησαν σωστά σε μεγαλύτερο ποσοστό από τα αγόρια), την ηλικία (πολύ περισσότερα παιδιά ηλικίας 11-13 ετών απάντησαν σωστά σε σχέση με τα παιδιά 14-16 ετών), με τον τύπο του σχολείου (πολύ λιγότερα παιδιά από Τ.Ε.Ε έδωσαν σωστές απαντήσεις σε σχέση με τα παιδιά του Ενιαίου Λυκείου) και με τη γεωγραφική περιοχή (παιδιά από ημιαστικές-αγροτικές περιοχές εμπλέκουν

σαφώς περισσότερο στις απαντήσεις τους το σώμα της Γης, απο ότι παιδιά αστικών περιοχών).

ΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΩΝ

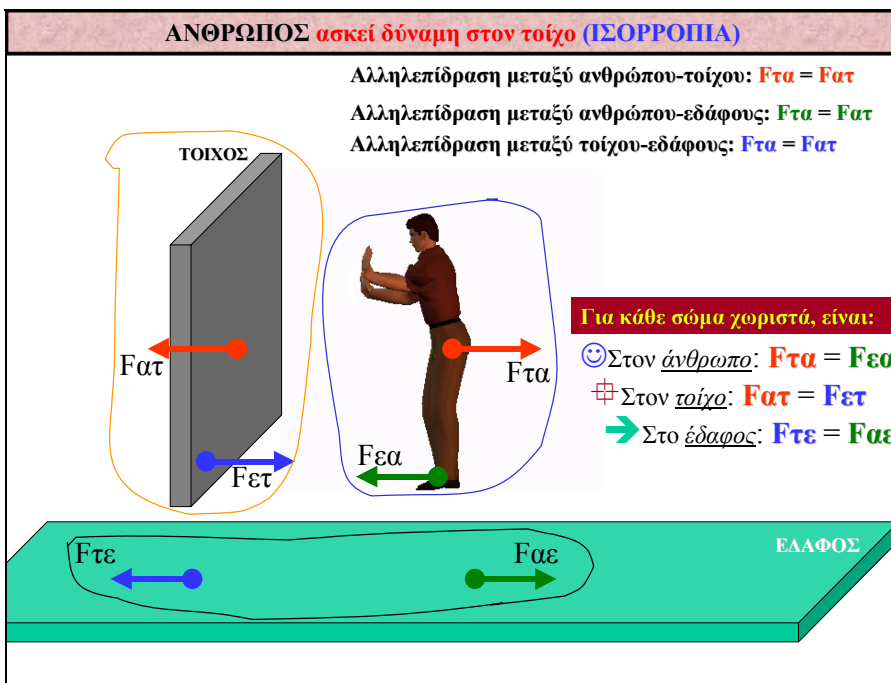
Το εκπαιδευτικό λογισμικό παρουσιάσεων, το οποίο σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε με τη βοήθεια του PowerPoint αποκλειστικά για τις ανάγκες αυτής της έρευνας, αποτελείται από 10 εκπαιδευτικά πειράματα, τα οποία είναι εικονικά και πραγματεύονται καταστάσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ σωμάτων, οι περισσότερες από τις οποίες συναντώνται στην καθημερινή ζωή και μπορούν να εκτελεστούν από τους/ις μαθητές/ριες μέσα στην τάξη. Η μοντελοποίηση των καταστάσεων αυτών αλληλεπίδρασης έγινε έτσι ώστε να προσεγγίζεται σταδιακά η καινοτομική μέθοδος της L. Viennot. Συγκεκριμένα:

1) Στα 3 πρώτα πειράματα (άνθρωπος που κρατά ραβδί και είναι πάνω σε ζυγαριά λουτρού ασκεί δύναμη α. πάνω στη ζυγαριά, β. πάνω στην οροφή και γ. στο έδαφος), για την επίδειξη της πειραματικής διαδικασίας, χρησιμοποιήθηκε εκτεταμένο σχήμα, όπου τα σώματα που αλληλεπιδρούν εμφανίζονται σε μικρή απόσταση το ένα από το άλλο, ώστε να ξεχωρίζουν μεταξύ τους. Εξάιρεση αποτελεί η πρώτη διαφάνεια του 1^{ου} πειράματος, όπου το σχήμα δεν είναι πλήρως εκτεταμένο (μόνο το σώμα της Γης, με το οποίο υπάρχει αλληλεπίδραση από απόσταση ξεχωρίζει από τα υπόλοιπα). Το ίδιο σχήμα επαναλαμβάνεται στη 2^η διαφάνεια του 1^{ου} πειράματος σε εκτεταμένη όμως μορφή, προκειμένου να φανερί η σχέση που υπάρχει μεταξύ τους και να γίνει πιο κατανοητή η χρήση των εκτεταμένων σχημάτων στα επόμενα πειράματα. Τα ζεύγη διανυσμάτων αντίθετων δυνάμεων σχεδιάστηκαν με το ίδιο χρώμα. Σχεδιάστηκε ένα ζεύγος διανυσμάτων αντίθετων δυνάμεων για την αλληλεπίδραση του ραβδιού με τα άλλα σώματα, της ζυγαριάς με το έδαφος και του ανθρώπου με τη Γη, διότι ο στόχος ήταν να προσδιοριστεί η νέα ένδειξη της ζυγαριάς και να δοθεί έμφαση στην επιπλέον δύναμη που εφαρμόζει ο άνθρωπος πάνω στη ζυγαριά ή το έδαφος, ώστε οι μαθητές/ριες να προβλέψουν για την 'αντίδραση' στη δύναμη αυτή. Έτσι φαίνεται ξεκάθαρα από το σχήμα ποια η είναι η συνισταμένη δύναμη πάνω σε κάθε σώμα.

2) Η σχεδίαση των πειραμάτων 4 ως 6 (άνθρωπος που κρατά βαλίτσα στο χέρι και αρχίζει να την κινεί προς τα πάνω, μαγνήτες επάνω σε ζυγαριά κουζίνας με αντικριστούς τους όμοιους ή τους ανόμοιους πόλους), έγινε όπως και στα 3 πρώτα πειράματα, και χρησιμοποιήθηκε επιπλέον μία κλειστή γραμμή η οποία περιέκλειε κάποια από τα αλληλεπιδρόντα σώματα, στα οποία εστιάζονταν η προσοχή της πειραματικής διάταξης, ώστε να τα ξεχωρίσει και να τα απομονώσει από τα υπόλοιπα. Επιπλέον, η κλειστή γραμμή περιέκλειε και όλα τα διανύσματα των δυνάμεων που ασκούσαν στα σώματα αυτά, για να είναι εύκολη η εύρεση της συνισταμένης δύναμης που ενεργεί πάνω σε αυτά.

3) Η σχεδίαση των πειραμάτων 7 ως 10 (άνθρωπος ασκεί δύναμη σε τοίχο, άνθρωπος φοράει πατίνια και ασκεί δύναμη σε τοίχο, οδηγός σπρώχνει χαλασμένο αυτοκίνητο, διελκυστίνδα), έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο της Viennot (εκτεταμένο σχήμα, σχεδίαση για κάθε ζεύγος σωμάτων που αλληλεπιδρούν ενός ζεύγους αντίθετων δυνάμεων με το ίδιο χρώμα, συμβολισμός του συνόλου των αλληλεπιδράσεων των σωμάτων ενός συστήματος, «απομόνωση» με μια κλειστή γραμμή κάθε σώματος από τα υπόλοιπα μαζί με τα διανύσματα των δυνάμεων που δέχεται με στόχο την εύκολη εύρεση της συνισταμένης).

Σε κάθε εικονικό πείραμα αντιστοιχούν 1–3 διαφάνειες. Στα 6 πρώτα πειράματα οι δυνάμεις που ασκούνται έχουν κατακόρυφη διεύθυνση και υπάρχουν δυνάμεις τόσο λόγω επαφής, όσο και βαρυτικές λόγω αλληλεπίδρασης από απόσταση με το σώμα της Γης. Στα πειράματα αυτά, ένα τμήμα της γήινης σφαίρας εμφανίζεται σταθερά στο κάτω μέρος της οθόνης, ως ένα από τα αλληλεπιδρόντα σώματα. Στα υπόλοιπα 4 πειράματα παραβλέπονται οι έλξεις λόγω βαρύτητας και η προσοχή επικεντρώνεται σε δυνάμεις με οριζόντια διεύθυνση, μεταξύ σωμάτων σε επαφή. Η επόμενη εικόνα δείχνει μία από τις διαφάνειες (πείραμα 7) που περιλαμβάνει το συγκεκριμένο λογισμικό.



Εικόνα 1. Λογισμικό παρουσιάσεων (πείραμα 7): άνθρωπος ασκεί δύναμη σε έναν τοίχο (εκτεταμένο σχήμα)

Καθώς οι μαθητές/ριες εκτελούν (εικονικά) ένα πείραμα του λογισμικού, στην οθόνη του υπολογιστή τους προβάλλεται η πρώτη διαφάνεια του πειράματος. Τα διάφορα δομικά στοιχεία που αποτελούν τη διαφάνεια, όπως εικόνες, κείμενα, διανύσματα και αφηγήσεις, δεν εμφανίζονται όλα ταυτόχρονα στην οθόνη αλλά «έρχονται» όταν το θελήσει ο/η μαθητής/ρια με ένα απλό πάτημα του αριστερού πλήκτρου του ποντικιού. Διανύσματα που αποτελούν ζεύγη δυνάμεων δράσης – αντίδρασης εμφανίζονται να τοποθετούνται πάνω στα σώματα που ασκούνται πάντα ταυτόχρονα, με το πάτημα του αριστερού πλήκτρου του ποντικιού, και έχουν τον ίδιο χρωματισμό όπως και το ίδιο μήκος και διεύθυνση. Στα διάφορα κείμενα που εμφανίζονται στις διαφάνειες, τονίζεται η σχέση που έχουν μεταξύ τους οι ασκούμενες στα σώματα δυνάμεις, έτσι ώστε αυτά να ισορροπούν ή να κινούνται ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε πειράματος. Στην εξαγωγή των επιμέρους συμπερασμάτων βοηθούν και κατάλληλες σύντομες αφηγήσεις που παρεμβάλλονται στα πειράματα. Η εμφάνιση των διαφόρων δομικών στοιχείων συνοδεύεται από κάποια μορφή κίνηση (διαφορετική ανάλογα με το στοιχείο), όπως επίσης και από κάποιο ηχητικό σήμα. Στόχος της κίνηση αυτού του είδους (animation) είναι να διατηρεί την προσοχή των μαθητών/ριών σε εγρήγορση. Οι εικόνες είναι είτε σχεδιασμένες είτε έτοιμα σκίτσα (clipart).

Για παράδειγμα, όταν ο/η μαθητής/ρια εκτελεί το πείραμα όπου ένας άνθρωπος ασκεί δύναμη σε τοίχο (Εικόνα 1), αρχικά εμφανίζεται μόνο μία λευκή οθόνη με τον τίτλο του πειράματος. Κατόπιν, πατώντας το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού, κάνει την εμφάνισή του πρώτα το οριζόντιο έδαφος από το κάτω μέρος της οθόνης και μετά ο τοίχος «έρχεται» από τα αριστερά της οθόνης κινούμενος προς τα δεξιά και σταθεροποιείται τελικά πάνω από το έδαφος, σε μικρή απόσταση από αυτό (εκτεταμένο σχήμα). Στη συνέχεια, με ένα δεύτερο «κλικ» του ποντικιού,

εμφανίζεται ο άνθρωπος με το σώμα του τοποθετημένο έτσι ώστε να σπρώχνει τον τοίχο, αλλά σε μία μικρή απόσταση από αυτόν. Με τρίτο «κλικ» εμφανίζεται το ζεύγος των διανυσμάτων των δυνάμεων (από αλληλεπίδραση) μεταξύ ανθρώπου και τοίχου, τοποθετημένα επάνω στα αντίστοιχα σώματα και με χρώμα κόκκινο. Ταυτόχρονα εμφανίζεται και ο συμβολισμός των δυνάμεων αυτών με γράμματα (Fat και Ftα). Με το τέταρτο «κλικ» εμφανίζεται, κινούμενο από πάνω προς τα κάτω, το ζεύγος των διανυσμάτων των δυνάμεων από αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπου και εδάφους, το οποίο τελικά ακινητοποιείται επάνω στα αντίστοιχα σώματα και έχει πράσινο χρώμα. Με το πέμπτο «κλικ» εμφανίζεται, κινούμενο από κάτω προς τα πάνω, το ζεύγος των διανυσμάτων των δυνάμεων από αλληλεπίδραση μεταξύ τοίχου και εδάφους, το οποίο και αυτό ακινητοποιείται επάνω στα αντίστοιχα σώματα και έχει μπλε χρώμα. Με το έκτο «κλικ» εμφανίζονται τρεις κλειστές γραμμές χρώματος πορτοκαλί, μπλε και μαύρου, οι οποίες περικλείουν τον τοίχο, τον άνθρωπο και το έδαφος αντίστοιχα, καθώς και τα διανύσματα που ασκούνται σε καθένα από τα σώματα αυτά. Με τα επόμενα τρία «κλικ» εμφανίζονται αντίστοιχα οι τρεις γραμμές του κειμένου, το οποίο δείχνει και εξηγεί τον συσχετισμό των δυνάμεων που ασκούνται σε κάθε σώμα (λόγω των αλληλεπιδράσεών του με άλλα σώματα του συστήματος), καθώς και το λόγο που τα τρία σώματα ισορροπούν. Τέλος, με το τελευταίο «κλικ», ακούγεται υπό τη μορφή αφήγησης η περιγραφή του πειράματος και ο λόγος που τελικά όλα τα σώματα ισορροπούν («ο άνθρωπος δεν μπορεί να κινηθεί λόγω μεγάλης δύναμης τριβής μεταξύ του εδάφους και των παπουτσιών του»). Όταν η παρουσίαση του πειράματος έχει τελειώσει, ο/η μαθητής/ρια μπορεί να επιλέξει το επόμενο πείραμα. Οι κινήσεις των σωμάτων και των διανυσμάτων του πειράματος που προαναφέρθηκαν, συνοδεύονται από μικρής διάρκειας χαρακτηριστικούς ήχους (ήχος –εφέ- πτήσης, λείζερ, φωτογραφικής μηχανής γραφομηχανής).

Με το PowerPoint δεν μπορεί να αναπτυχθεί αλληλεπιδραστικό λογισμικό διότι στο συγκεκριμένο περιβάλλον δεν υπάρχει κάποια γλώσσα προγραμματισμού που να δίνει τη δυνατότητα να εισαχθούν κουμπιά ή περιοχές με ιδιαίτερες και πολύπλοκες λειτουργίες. Παρόλα αυτά, η ανάπτυξη εκπαιδευτικού λογισμικού με τη βοήθεια του PowerPoint προσφέρει δυνατότητα δημιουργίας ενός φιλικού και ελκυστικού περιβάλλοντος και έχει τη δυνατότητα να ενσωματώσει όλα τα δομικά στοιχεία των πολυμέσων (κείμενο, ήχο, εικόνα, βίντεο, κινούμενα σχέδια). Υποθέσαμε ότι η εφαρμογή PowerPoint που αναπτύξαμε με βάση τις ιδέες και τις αντιλήψεις των μαθητών/ριών και με βάση την καινοτομική μέθοδο της Viennot για την αντιμετώπισή τους, θα μπορούσε να αποτελέσει ένα χρήσιμο διδακτικό εργαλείο για την προώθηση της οικοδόμησης αποδεκτής επιστημονικά γνώσης από τους/ις μαθητές/ριες στην περιοχή της Νευτώνειας Δυναμικής και των τριών νόμων του Νεύτωνα.

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΟΥ 3^{ΟΥ} ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΩΝ

Μετά τις διάφορες φάσεις της έρευνας και τη σχεδίαση και ανάπτυξη του λογισμικού παρουσιάσεων, ακολούθησαν διδασκαλίες μέσα στις σχολικές αίθουσες με τη χρήση υπολογιστή για την παρουσίαση διαφανειών αλλά και με τη χρήση πίνακα. Σκοπός της διδακτικής αυτής παρέμβασης ήταν να διερευνηθεί αν η σχεδίαση και η ανάπτυξη εκπαιδευτικού λογισμικού που δεν είναι αλληλεπιδραστικό και βασίζεται στην ηλεκτρονική προβολή διαφανειών και πολυδιαφανειών (κάτι που μπορεί να γίνει εύκολα από τους/ις περισσότερους/ες εκπαιδευτικούς μετά από μία σχετική επιμόρφωση), είναι δυνατό να συνεισφέρει στην μαθησιακή διαδικασία και να λειτουργήσει ως ένα χρήσιμο εκπαιδευτικό εργαλείο που θα βοηθήσει τους/ις μαθητές/ριες να μετασχηματίσουν τις όποιες λανθασμένες τους απόψεις για θέματα που αφορούν στην αλληλεπίδραση σωμάτων, σε απόψεις επιστημονικά αποδεκτές.

Οι διδασκαλίες πραγματοποιήθηκαν την άνοιξη του 2001 σε σχολικά εργαστήρια Πληροφορικής, τα οποία αποτελούνταν από 10 σύγχρονους υπολογιστές και διήρκεσε μία διδακτική ώρα. Συμμετείχαν συνολικά 90 μαθητές/ριες (44 αγόρια και 46 κορίτσια) ηλικίας 11–16

ετών που είχαν νωρίτερα λάβει μέρος στην κύρια έρευνα και εργάστηκαν ανά δύο σε κάθε υπολογιστή. Οι μαθητές/ριες ηλικίας 11, 14 και 15 ετών είχαν διδαχθεί τον 3^ο νόμο του Νεύτωνα στο σχολείο τους 3-4 μήνες πριν την πραγματοποίηση της έρευνας. Η επίδοση των μαθητών/ριών του δείγματος στο σχολείο κατά την προηγούμενη σχολική χρονιά ήταν από κακή έως άριστη.

Κατά τη διάρκεια των 10-15 περίπου πρώτων λεπτών της διδασκαλίας χρησιμοποιήθηκε ο πίνακας που υπήρχε σε όλα τα εργαστήρια, προκειμένου να περιγραφούν περιληπτικά η έννοια και τα είδη της αλληλεπίδρασης στη φύση, καθώς και ο 3^{ος} νόμος του Νεύτωνα (διατύπωση και αναφορά σε 2-3 παραδείγματα). Στη συνέχεια και για το υπόλοιπο της διδακτικής ώρας (περίπου 35-40 λεπτά) οι μαθητές/ριες άνοιξαν τους υπολογιστές, στους οποίους υπήρχε ήδη εγκατεστημένο το λογισμικό παρουσιάσεων του PowerPoint. Όλοι/ες οι μαθητές/ριες είχαν τουλάχιστον στοιχειώδεις γνώσεις χειρισμού του υπολογιστή, αφού είχαν κάνει σχετικά μαθήματα στο σχολείο τους, ακόμη και αυτοί/ές του Δημοτικού σχολείου, δεδομένου ότι το 4^ο Δημοτικό σχολείο Λάρισας όπου έγινε η έρευνα συμμετείχε στο πιλοτικό πρόγραμμα «Το Νησί των Φαιάκων» της Οδύσσειας.

Οι μαθητές/ριες, μόνον/ες τους αλλά και καθοδηγούμενοι/ες όπου απαιτούνταν, πρόβαλαν τις διαφάνειες των πειραμάτων του λογισμικού στην οθόνη του υπολογιστή τους μία προς μία, ενώ ταυτόχρονα κλήθηκαν να σχολιάσουν αυτά που έβλεπαν και να κάνουν τις ερωτήσεις και παρατηρήσεις τους. Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν παρουσιάστηκαν ιδιαίτερα προβλήματα κατανόησης των μηχανισμών εκτέλεσης των «εικονικών» πειραμάτων στον υπολογιστή, ούτε και των επεξηγήσεων που τα συνόδευαν. Αμέσως μετά την ολοκλήρωση της ωριαίας διδασκαλίας, ακολούθησε συζήτηση μέσα στη τάξη γύρω από τα πειράματα του λογισμικού για περίπου 15-20 λεπτά. Κατά τη διάρκεια του χρόνου αυτού επαναδιατυπώθηκε ο 3^{ος} νόμος του Νεύτωνα, αναφέρθηκαν οι εφαρμογές του, καθώς και ο ρόλος του στην ισορροπία ή στην κίνηση των σωμάτων. Στο σημείο αυτό έγινε συσχέτιση του 3^{ου} με τους άλλους δύο νόμους του Νεύτωνα. Στο υπόλοιπο της δεύτερης αυτής διδακτικής ώρας, διανεμήθηκε στους/ις μαθητές/ριες ένα ερωτηματολόγιο (το ίδιο με αυτό που είχαν συμπληρώσει στην αρχική έρευνα) και αφού δόθηκαν πάλι κάποιες οδηγίες σχετικά με τους σκοπούς και τον τρόπο συμπλήρωσής του, ζητήθηκε από αυτούς/ές να το μελετήσουν προσεκτικά και να απαντήσουν. Για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου δεν τέθηκε κανένας χρονικός περιορισμός, αλλά όλον/ες οι μαθητές/ριες το ολοκλήρωσαν μέσα στη δεύτερη αυτή διδακτική ώρα (δηλαδή σε περίπου 30 λεπτά). Μετά τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων, έγινε η συλλογή τους από κάθε τμήμα χωριστά. Ακολούθησε η κωδικοποίηση των απαντήσεων των μαθητών/ριών, στη διάρκεια της οποίας καταγράφηκαν και λήφθηκαν υπόψη και οι εξής παράμετροι σχετικά με τους/ις μαθητές/ριες: φύλο, ηλικία, σχολείο και τμήμα στο οποίο φοιτούν. Η ανάλυση και στατιστική επεξεργασία όλων των δεδομένων έγινε με χρήση του στατιστικού προγράμματος SPSS, μετά την κωδικοποίηση όλων των στοιχείων και την καταχώρησή τους σε αρχείο του προγράμματος.

Από τη στατιστική επεξεργασία και τη μελέτη των απαντήσεων των μαθητών/ριών στα ερωτηματολόγια, διαπιστώθηκε ότι η χρήση του λογισμικού παρουσιάσεων PowerPoint στη διδασκαλία του 3^{ου} νόμου του Νεύτωνα είχε θετικά αποτελέσματα στα περισσότερα σημεία όπου παρατηρούνταν μαθησιακές δυσκολίες. Επίσης παρατηρήθηκε άμβλυνση των ανισοτήτων μεταξύ των μαθητών/ριών με διαφορετικό φύλο, ηλικία, τύπο σχολείου που φοιτούν και περιοχή όπου διαμένουν, που είχαν σημειωθεί στην αρχική έρευνα. Πιο συγκεκριμένα διαπιστώθηκαν τα εξής:

1) Σχετικά με την πρώτη κατηγορία εναλλακτικών ιδεών, πιο πολλοί/ές μαθητές/ριες (κατά 30% περισσότεροι/ες από αυτούς/ές πριν τη διδασκαλία) θεωρούν πλέον ότι η άσκηση δύναμης είναι δυνατή και μεταξύ άπνυχνων αντικειμένων, αρκεί αυτά να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και όχι μόνο μεταξύ «ζώντων οργανισμών».

2) Σχετικά με τη δεύτερη κατηγορία εναλλακτικών ιδεών, περίπου δύο στους/ις τρεις μαθητές/ριες (από τρεις στους/ις τέσσερις που ήταν πριν τη διδασκαλία) αδυνατούν να εντοπίσουν το πλήθος των ζευγαριών των δυνάμεων που ασκούνται στα σώματα που αλληλεπιδρούν.

3) Σχετικά με την τρίτη κατηγορία εναλλακτικών ιδεών, το ποσοστό των μαθητών/ριών που υποστηρίζουν ότι τα μέτρα των δυνάμεων από αλληλεπίδραση δεν είναι κατ' ανάγκην ίσα, μειώθηκε κατά 25% περίπου. Το σφάλμα διεύθυνσης, που γινόταν από ένα μικρό μέρος μαθητών/ριών, αφορά μετά τη διδασκαλία σε ακόμα λιγότερους/ες (κατά περίπου 35%) μαθητές/ριες, οι οποίοι/ες σχεδιάζουν ζεύγη δυνάμεων ίσου μέτρου αλλά διαφορετικής διεύθυνσης. Η συγκεκριμένη διδασκαλία είχε ελάχιστη ευεργετική επίδραση όσον αφορά στο σφάλμα σημείου εφαρμογής και στο σφάλμα διεύθυνσης.

4) Επίσης, πριν τη διδασκαλία με το λογισμικό PowerPoint, το ποσοστό των μαθητών/ριών που συνήθως αγνοούν την αλληλεπίδραση από απόσταση κάθε σώματος με τη Γη και δεν συμπεριλαμβάνουν το σώμα της Γης στις αλληλεπιδράσεις που σημειώνουν (τέταρτη κατηγορία εναλλακτικών ιδεών) ήταν περίπου 40% (μέσος όρος από όλες τις ομάδες ερωτήσεων). Μετά τη διδασκαλία το ποσοστό αυτό μειώθηκε στο 25%.

5) Τα ποσοστά των μαθητών/ριών που δυσκολεύονται να αντιληφθούν ότι για να αρχίσει να κινείται ένα σώμα απαιτείται να ασκηθεί σ' αυτό μια εξωτερική δύναμη, και ότι το ρόλο της δύναμης αυτής μπορεί να παίξει η αντίδραση στη δύναμη τριβής μεταξύ ενός σώματος και του επιπέδου όπου το σώμα τείνει να κινηθεί (πέμπτη κατηγορία εναλλακτικών ιδεών), μειώθηκαν κατά 20% μετά τη διδακτική παρέμβαση με το λογισμικό παρουσιάσεων.

6) Υπήρξε μικρή μείωση (περίπου 15%) στα ποσοστά των μαθητών/ριών που ανατρέχουν στην ιδέα της επικυριαρχίας προκειμένου να ερμηνεύσουν τις δυνάμεις που ασκούνται από αλληλεπίδραση μεταξύ δύο σωμάτων, σύμφωνα με την οποία το σώμα με τη μεγαλύτερη ορμή ασκεί μεγαλύτερη δύναμη (έκτη κατηγορία εναλλακτικών ιδεών). Τέλος, τα ποσοστά των μαθητών/ριών αυτών που θεωρούν ότι η εφαρμογή του 3ου νόμου του Νεύτωνα ισχύει κυρίως για «ίδια» ή «παρόμοια» σώματα δηλαδή σωμάτων με κοινά χαρακτηριστικά όπως μέγεθος, σχήμα, μάζα, ταχύτητα, και όχι για σώματα διαφορετικά μεταξύ τους, δεν έχουν μειωθεί σε σχέση με τα αντίστοιχα ποσοστά πριν τη διδασκαλία.

Όσον αφορά στις διαφοροποιήσεις που παρατηρήθηκαν στις απαντήσεις των μαθητών/ριών πριν τη διδασκαλία, προέκυψαν μετά από αυτή τα ακόλουθα αποτελέσματα:

α) *Με το φύλο:* Η διαφοροποίηση των απαντήσεων μεταξύ αγοριών και κοριτσιών δεν υφίσταται πλέον ή δεν είναι στατιστικά σημαντική ανάμεσα στις απαντήσεις των μαθητών και των μαθητριών. Το γεγονός αυτό καταγράφεται στην ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών/ριών σε όλες τις ερωτήσεις της έρευνας μετά τη διδασκαλία με το PowerPoint.

β) *Με την ηλικία:* Αν και η ηλικιακή ομάδα των 14 – 16 ετών συνεχίζει να δίνει περισσότερες σωστές απαντήσεις σε σχέση με την αντίστοιχη των 11 – 13 ετών και στην έρευνα αυτή (και αυτό είναι λογικό να συμβαίνει), η διαφορά μεταξύ των απαντήσεων των δύο ομάδων έχει μικρύνει ελαφρώς μετά από τη διδασκαλία, γεγονός που επαληθεύεται από τις απαντήσεις των μαθητών/ριών σε όλο το φάσμα των ερωτήσεων. Αυτό ενισχύει την άποψη για την ανάγκη διδασκαλίας του 3ου νόμου του Νεύτωνα στην ΣΤ' Δημοτικού ή/και στη Β' Γυμνασίου, προκειμένου να καλυφθεί το κενό των τριών τάξεων (ΣΤ' Δημοτικού, Α' Γυμνασίου και Β' Γυμνασίου) όπου ο νόμος αυτός δεν διδάσκεται καθόλου.

γ) *Με τον τύπο του σχολείου:* το ποσοστό των σωστών απαντήσεων των μαθητών/ριών που φοιτούν σε Τ.Ε.Ε. παραμένει μικρότερο από το αντίστοιχο αυτών που φοιτούν σε Ενιαία Λύκεια, αλλά η διαφορά μεταξύ τους έχει μικρύνει μετά από τη διδασκαλία. Αυτό σημαίνει ότι η καινοτομική διδασκαλία με Η/Υ και εκπαιδευτικό λογισμικό παρουσιάσεων εποικοδομητικού τύπου έχει πιο ευνοϊκά μαθησιακά αποτελέσματα για τους/ις σχετικά «αδύναμους/ες» μαθητές/ριες των Τ.Ε.Ε. από ότι η παραδοσιακή διδασκαλία με πίνακα και κιμωλία.

δ) *Με την περιοχή:* δεν παρατηρείται πλέον στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στα ποσοστά των μαθητών/ριών της ημιαστικής – αγροτικής περιοχής και τα αντίστοιχα αυτών της αστικής περιοχής, όσον αφορά την εμπλοκή του σώματος της Γης στις απαντήσεις τους.

Η ευεργετική αυτή επίδραση βέβαια σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να χαρακτηριστεί επαρκής, διότι ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό των μαθητών/ριών (50% - 60% κατά μέσο όρο για όλες τις

ομάδες ερωτήσεων) συνεχίζει να δίνει λανθασμένες απαντήσεις σε ερωτήσεις που αφορούν στη Νευτώνεια Δυναμική και ειδικότερα στο νόμο δράσης – αντίδρασης. Κατά τη γνώμη μας αυτό συμβαίνει διότι το συγκεκριμένο λογισμικό τύπου PowerPoint, παρόλο που είναι επικοινωνιακού τύπου και στηρίζεται σε μια τεκμηριωμένη διδακτική μέθοδο, έχει εγγενείς αδυναμίες, όπως: α) ότι οι μαθητές/ριες δεν αλληλεπιδρούν αρκετά με το λογισμικό, εκτός από το ότι έχουν την άνεση να ρυθμίζουν αυτοί/ές τον ρυθμό προβολής των διαφανειών και των διαφόρων δομικών στοιχείων της διαφάνειας, β) δεν υπάρχει η δυνατότητα να δημιουργούν οι μαθητές/ριες τα δικά τους μοντέλα για τα πειράματα, ρυθμίζοντας τις συνθήκες και τον τρόπο εκτέλεσής τους, γ) δεν προσφέρει τη δυνατότητα να ενσωματωθούν ερωτήσεις και δραστηριότητες για να εξασκηθούν οι μαθητές/ριες με την εφαρμογή του 3^{ου} νόμου του Νεύτωνα κατά την εκτέλεση των πειραμάτων.

Προκειμένου να ξεπεράσουμε τις συγκεκριμένες αδυναμίες και να δημιουργήσουμε ένα καλύτερο τεχνικά και διδακτικά εκπαιδευτικό εργαλείο, σχεδιάσαμε και αναπτύξαμε το εκπαιδευτικό λογισμικό πολυμέσων «Αλληλεπιδράσεις σωμάτων», που είναι αλληλεπιδραστικού τύπου και έχει δημιουργηθεί με το πρόγραμμα Toolbook.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διδακτική αντιμετώπιση των αρχικών ιδεών των μαθητών/ριών για την έννοια της μηχανικής αλληλεπίδρασης απαιτεί μια καινοτομική μέθοδο διδασκαλίας και μοντελοποίησης πραγματικών καταστάσεων αλληλεπίδρασης μεταξύ σωμάτων. Εκτός από το κατάλληλο πειραματικό υλικό, η αξιοποίηση του υπολογιστή και η ανάπτυξη και χρήση κατάλληλου εκπαιδευτικού λογισμικού θα μπορούσε να συμβάλει θετικά στην αλλαγή των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/ριών και στην οικοδόμηση επιστημονικών απόψεων συμβατών με τη Νευτώνεια Δυναμική. Αναπτύξαμε μια εφαρμογή με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας για τις ιδέες και αναπαραστάσεις των μαθητών/ριών με το λογισμικό παρουσιάσεων PowerPoint, η οποία μπορεί να μην είναι μεν αλληλεπιδραστικού τύπου, αλλά προωθεί την κατανόηση της έννοιας της αμοιβαίας δράσης μεταξύ σωμάτων που αλληλεπιδρούν λόγω της μάζας τους. Επίσης προωθεί την κατανόηση των αποτελεσμάτων που έχει στην κίνηση ο συσχετισμός των δυνάμεων από αλληλεπίδραση που ασκούνται πάνω στα σώματα ενός συστήματος.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση με τη χρήση στην τάξη της μη αλληλεπιδραστικής αυτής εφαρμογής, διαπιστώθηκε ότι το λογισμικό αυτό, αν και έχει ορισμένες αδυναμίες, είχε ευεργετικά μαθησιακά αποτελέσματα. Είναι πολύ σημαντικό το γεγονός ότι τέτοιου τύπου λογισμικό μπορεί να αναπτυχθεί σχετικά εύκολα από μη ειδικούς της πληροφορικής και κατά συνέπεια από τους ίδιους τους/ις διδάσκοντες/ουσες των μαθημάτων Φυσικής στα σχολεία. Βέβαια, ένα αλληλεπιδραστικό εκπαιδευτικό λογισμικό ανοικτού τύπου, που να συνδυάζει τα χαρακτηριστικά του λογισμικού παρουσιάσεων και, επιπλέον, να δίνει την ευκαιρία στους/ις μαθητές/ριες να κατασκευάζουν δικά τους μοντέλα, να παρατηρούν τις συνέπειες των προβλέψεών τους και να συγκρίνουν τη συμπεριφορά των σωμάτων με την πραγματικότητα και το επιστημονικό μοντέλο, αποτελεί σαφέστερα πιο κατάλληλο διδακτικό εργαλείο. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου λογισμικού προϋποθέτει την συνεργασία ειδικών Πληροφορικής (προγραμματιστών), παιδαγωγών για τη σχεδίαση του παιδαγωγικού πλαισίου, και πιθανόν γραφιστών (καλλιτεχνών) για τη δημιουργία ελκυστικότερων γραφικών και βίντεο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Grigoriadou, M., Mitropoulos, D., Samarakou, M., Solomonidou, C., & Stavridou, H. (1999), Methodology for the design of educational software in mathematics and physics for the secondary education, *Proceedings of the International Conference on Technology and Education*, ICTE, Edinburgh, paperID 247, p1-3

- Evans, L. (1998), Preliminary study: lectures versus PowerPoint. 4.0, http://www.kcmetro.cc.mo.us/longview/lect_ppt.HTM
- Halloun, I., & Hestenes, D. (1985), Common sense concepts about motion, *American Journal of Physics*, 53(11), 1056-1065
- Harknett, R.J. & Cobane, C.T., (1997), Introducing instructional technology to international relations, *Political Science and Politics* 30, 496-500
- Holz, J., (1997), Twelve tips for effective PowerPoint presentations for the technologically challenged, *Medical Teacher* 19, 175-179
- Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1993), *Construire les concepts en Physique*. Paris: Hachette (ελλην. μετάφραση: Ν. Δαπόντες, Α. Δημητρακοπούλου, Αθήνα)
- Lowry, R.B., (1999), Electronic presentation of lectures. Effect upon student performance, *University Chemistry Education* 3(1), 18-21
- Solomonidou, C., & Kolokotronis, D. (2001), Interactions between bodies: Students' (aged 11-16) empirical ideas and design of appropriate educational software, *Themes in Education*, 2(2-3), 175-210
- Szaboa, A., & Hastingsb, N. (2000), Using IT in the undergraduate classroom: should we replace the blackboard with PowerPoint?, *Computers & Education*, 35(3), 175-187
- Terry, C., & Jones, G. (1986), Alternative frameworks: Newton's third law and conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8(3), 291-298
- Viennot, L. (1979), Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics, *Eur.J.Sci.Ed.*, 1(2), 205-221
- Δημητρακοπούλου, Α. (1999), Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών-Τι προσφέρουν και πώς τις αξιοποιούμε, *Επιθεώρηση Φυσικής*, Περίοδος Γ'- Τόμος Η' Τεύχος 30, 45-58
- Μητρόπουλος, Δ., Σαμαράκου, Μ., Ρηγούσος, Α., Γρηγοριάδου, Μ., Σταυρίδου, Ε., & Σολομωνίδου, Χ. (1999), Μεθοδολογία σχεδίασης του εκπαιδευτικού λογισμικού 'Διανύσματα στη Φυσική και τα Μαθηματικά'. *Επιθεώρηση Φυσικής: Αφιέρωμα στην Πληροφορική στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, Τεύχος 30, Άνοιξη 1999, Περίοδος Γ', τόμος Η', 59-65
- Ράπτης, Α., & Ράπτη, Α. (2001), *Πληροφορική και εκπαίδευση. Συνολική προσέγγιση*, Αθήνα
- Σολομωνίδου, Χ. (1999), Μια κριτική θεώρηση των σύγχρονων τάσεων και απόψεων για τη χρήση Νέων Τεχνολογιών στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών, *Επιθεώρηση Φυσικής*, Περίοδος Γ'- Τόμος Η', Τεύχος 30, 66-72
- Σολομωνίδου Χ. (2000), Γνωστικές δυσκολίες για ένα θέμα πάντα επίκαιρο, τη Νευτώνεια Μηχανική. Λογισμικό για διδακτική αντιμετώπιση, *Επιθεώρηση Φυσικής*, 31, 29-42
- Σολομωνίδου, Χ. & Σταυρίδου, Ε. (1993), Οι έννοιες της δράσης και της αντίδρασης: Μελέτη γνωστικών δυσκολιών και διδακτική αντιμετώπιση μ' ένα καινοτομικό μοντέλο ερευνητικής και διδακτικής παρέμβασης, *Επιθεώρηση Φυσικής*, 24, 19-29