



Μια δραστηριότητα βασιζόμενη σε σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις για μια εποικοδομιστική προσέγγιση του ηλεκτρομαγνητισμού

Παπαδημητρίου Α., Γυφτοδήμος Γ., Γρηγοριάδου Μ.

Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών, Πανεπιστήμιο Αθηνών, alexandr@di.uoa.gr

Τμ. Μεθ., Ιστορίας & Θεωρίας της Επιστήμης, Πανεπιστήμιο Αθηνών,
geogyf31@di.uoa.gr

Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών, Πανεπιστήμιο Αθηνών, gregor@di.uoa.gr

Σε αυτό το άρθρο περιγράφουμε το πλαίσιο μιας δραστηριότητας επίλυσης προβλήματος που βασίζεται στις διδακτικές προσεγγίσεις του πειραματισμού μέσω προσομοιώσεων, των διερευνήσεων και της καθοδηγούμενης ανακάλυψης, όπως αυτή υποστηρίζεται από το προσαρμοστικό εκπαιδευτικό σύστημα υπερμέσων MATHEMA που έχουμε σχεδιάσει και πραγματοποιήσει. Ο σκοπός της δραστηριότητας αυτής είναι να βοηθήσει τους μαθητές Λυκείου να οικοδομήσουν τις γνώσεις τους στον ηλεκτρομαγνητισμό μέσω της μελέτης των εννοιών του και να ξεπεράσουν τις λανθασμένες αντιλήψεις τους και τις μαθησιακές τους δυσκολίες, καθώς επίσης να αναπτύξουν κριτική σκέψη. Η δραστηριότητα αυτή τέθηκε σε εφαρμογή σε σχολική αίθουσα, στο πλαίσιο του μαθήματος της Φυσικής και τα αποτελέσματα της έρευνας κατέδειξαν ότι, οι μαθητές που συμμετείχαν σε αυτή βελτίωσαν τις επιδόσεις τους εργαζόμενοι ατομικά και ομαδικά.

Εισαγωγή

Οι μαθητές έχουν δυσκολία στην κατανόηση των εννοιών της Φυσικής, στην οποία έχουν πολύ λίγες αυθεντικές αναφορές και εμπεριέχονται σε αυτή μη ορατοί συντελεστές και σύνθετες αφαιρέσεις (Chi *et al.* 1991). Γενικά, οι μαθητές έχουν δυσκολία στο να κατανοούν μη ενστικτώδεις, αφηρημένες έννοιες όπως εκείνες του ηλεκτρομαγνητισμού (Furio & Guisasaola 1998). Στον τομέα του ηλεκτρομαγνητισμού έχουν μελετηθεί από διάφορους ερευνητές οι μαθησιακές δυσκολίες και οι λανθασμένες αντιλήψεις (misconceptions) των μαθητών. Οι δυσκολίες και οι λανθασμένες αντιλήψεις των μαθητών στην κατανόηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των ηλεκτρικών φορτίων και των μαγνητικών πεδίων έχουν καταγραφεί από τον Maloney (1985) και τους Bagno & Eylon (1997). Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι, οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολία στο να αποφασίζουν για την κατεύθυνση της δύναμης Lorentz και έχουν τις παρακάτω λανθασμένες αντιλήψεις:

- Οι μαγνητικοί πόλοι ασκούν δυνάμεις πάνω στα ηλεκτρικά φορτία, ανεξάρτητα από το αν αυτά κινούνται ή όχι.
- Το σταθερό μαγνητικό πεδίο αλλάζει την ταχύτητα (το μέτρο της) του φορτισμένου σωματιδίου το οποίο κινείται μέσα σε αυτό.

Το πώς θα εμπλέξουμε τους μαθητές στη σύνθετη σκέψη που απαιτεί η Φυσική είναι μια πρόκληση, αλλά οι προσομοιώσεις μας προσφέρουν έναν τρόπο που εξάπτει το ενδιαφέρον των μαθητών για να τους εμπλέξει στη μελέτη αφηρημένων, σύνθετων φυσικών φαινομένων (diSessa 2000). Έχει αποδειχτεί ότι οι προσομοιώσεις είναι αποτελεσματικές στην εννοιολογική αλλαγή (McDermott 1990). Οι γνωστικές συγκρούσεις που αναδύονται από τις προσομοιώσεις οδηγούν τους εκπαιδευόμενους να ανακαλύψουν τις πιθανές λανθασμένες αντιλήψεις τους και να αναδομήσουν τα νοητικά τους μοντέλα (Grigoriadou & Papanikolaou 2000). Επίσης, σύμφωνα με τη Βοσνιάδου *et al* (1994), απαραίτητες προϋποθέσεις για την άρση των

λανθασμένων αντιλήψεων των μαθητών είναι η συνειδητοποίηση από μέρους τους των απόψεών τους αφενός και της ανεπάρκειάς τους να επεξηγούν τα Φυσικά φαινόμενα αφετέρου.

Διάφορα και διαφορετικά είδη ερευνητικών εργασιών αναφέρονται σε συνεργατικές μαθησιακές δραστηριότητες. Μια από αυτές, ίσως η πιο εξέχουσα, είναι ο συνδυασμός ατομικής και συνεργατικής επίλυσης προβλήματος μέσω δραστηριότητας, που λαμβάνει χώρα σε κατάλληλες καταστάσεις και περιβάλλοντα συνεργατικής μάθησης (Dillenbourg 1999). Στη δραστηριότητα αυτή ενθαρρύνεται η εμπλοκή των συμμετεχόντων σε μια συντονισμένη προσπάθεια για να λύσουν ένα πρόβλημα μαζί (Roschelle & Teasley 1995).

Η επίλυση προβλήματος απαιτεί γνωστικές και μετα-γνωστικές διαδικασίες. Κατά κάποιο τρόπο, οι γνωστικές διαδικασίες είναι απαραίτητες, αλλά είναι ανεπαρκείς προϋποθέσεις για την επίλυση των προβλημάτων, ειδικά των σύνθετων και των ασθενώς δομημένων προβλημάτων. Οι μαθητές πρέπει να είναι ικανοί ώστε να βγάζουν νόημα από το εκπαιδευτικό υλικό συγκροτώντας σε ενιαίο σύνολο τη νέα γνώση με την πρότερη γνώση διαμέσου της εμπειρίας της επίλυσης του προβλήματος, χρησιμοποιώντας γνωστικές δεξιότητες κριτικής σκέψης. Σε περιβάλλον επίλυσης προβλήματος, ο εκπαιδευόμενος πρέπει να ενθαρρύνεται ώστε να λύσει το πρόβλημα σε ένα αυθεντικό περιβάλλον και ασφαλώς το πρόβλημα πρέπει να είναι ενδιαφέρον, προκλητικό και σύνθετο για τον εκπαιδευόμενο. Για να λύσουν ένα πρόβλημα οι εκπαιδευόμενοι, πρέπει να ανακαλύψουν ή να μάθουν νέα γνώση είτε με ατομική είτε με ομαδική προσπάθεια, αναλύοντας τη σχετική πληροφορία που αποκτήθηκε από διαφορετικές πηγές, να σκεφτούν κριτικά και να συζητήσουν τη λύση με άλλους. Οι Φυσικοί γενικά δέχονται ότι η επίλυση προβλήματος οδηγεί στην κατανόηση της Φυσικής (Maloney 1994, Hobden 1999).

Το υπόλοιπο του άρθρου είναι οργανωμένο ως εξής. Στη δεύτερη ενότητα αναφερόμαστε στις διδακτικές προσεγγίσεις που χρησιμοποιεί το MATHEMA (Meta-Adaptation Technology Hypermedia for ElectroMagnetism Approach). Στην τρίτη ενότητα περιγράφουμε το πλαίσιο της δραστηριότητας. Στην τέταρτη ενότητα περιγράφουμε την πειραματική μελέτη, σχετικά με τη δραστηριότητα, σε μια σχολική τάξη. Στην τελευταία ενότητα συζητάμε για τα αποτελέσματα της έρευνας και αναφερόμαστε στα μελλοντικά μας σχέδια.

Οι διδακτικές προσεγγίσεις που χρησιμοποιεί το MATHEMA

Ο γενικός σκοπός του MATHEMA είναι η υποστήριξη των μαθητών Λυκείου και των αρχάριων φοιτητών, μέσα από ένα αλληλεπιδραστικό και εποικοδομιστικό περιβάλλον, να οικοδομήσουν τη γνώση τους σε έννοιες των Φυσικών επιστημών, ατομικά ή ομαδικά.

Το MATHEMA δημιουργεί για κάθε μαθησιακό στόχο κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό σύμφωνα με τα εξής χαρακτηριστικά του εκπαιδευόμενου: *το επίπεδο γνώσης στο μαθησιακό στόχο, το επίπεδο γνώσης σε κάθε έννοια, το μαθησιακό στυλ, τη συγκεκριμένη ή την αφηρημένη διάσταση του μαθησιακού στυλ, την εμπειρία στο διαδίκτυο, την προτίμηση για οπτική και/ή λεκτική ανατροφοδότηση και την προτίμηση για το είδος πλοήγησης*. Επίσης, υποστηρίζει τις εξής διδακτικές προσεγγίσεις: *παρουσίαση θεωρίας και παραδειγμάτων, ερωτήσεις, επίλυση ασκήσεων και δραστηριότητα επίλυσης προβλήματος διαμέσου πειραματισμού με προσομοιώσεις, διερευνήσεις (Gogoulou et al. 2003), καθοδηγούμενη ανακάλυψη (Mayer 2003) και συνεργασία σε ομάδες εργασίας*.

Για να υποστηρίξουμε τις προηγούμενες διδακτικές προσεγγίσεις και για να εμπλουτίσουμε την προσαρμοστική λειτουργικότητα του συστήματος, υλοποιήσαμε τις εξής προσαρμοστικές τεχνικές: *αλληλουχία μαθημάτων, προσαρμοστική παρουσίαση, υποστήριξη προσαρμοστικής και μετα-προσαρμοστικής πλοήγησης, υποστήριξη αλληλεπιδραστικής επίλυσης προβλήματος και προσαρμοστικό σχηματισμό ομάδων και βοήθεια ομότιμων*



Το πλαίσιο της Δραστηριότητας και Εφαρμογή

Ο ειδικός σκοπός του πλαισίου της δραστηριότητας που περιγράφουμε σε αυτό το άρθρο είναι να υποστηρίξει τους εκπαιδευόμενους ώστε να ξεπεράσουν τις μαθησιακές δυσκολίες και τις λανθασμένες αντιλήψεις τους στο κεφάλαιο του ηλεκτρομαγνητισμού (Παπαδημητρίου *et al.* 2007), καθώς επίσης να αναπτύξουν κριτική σκέψη. Στην αρχή της δραστηριότητας ο μαθητής ενημερώνεται για τους μαθησιακούς στόχους της βασικής έννοιας που έχει επιλέξει για να μελετήσει. Επίσης, το σύστημα προσφέρει συνδέσμους προς τις προαπαιτούμενες γνώσεις που πρέπει να έχει ο μαθητής. Μετά, στο μαθητή δίδεται το πρόβλημα που καλείται να λύσει. Το γενικό πλαίσιο της δραστηριότητας για την επίλυση του προβλήματος περιλαμβάνει έξι στάδια που είναι τα ακόλουθα:

Στάδιο 1: Ενεργοποίηση της πρότερης γνώσης του μαθητή.

Στους μαθητές δίνονται οι μαθηματικοί τύποι που έχουν ήδη διδαχτεί σε προηγούμενα κεφάλαια της Φυσικής και ίσως αυτοί να γνωρίζουν πώς να τους χρησιμοποιούν (πρότερη γνώση). Στην περίπτωση που οι μαθητές στερούνται επαρκούς γνώσης, το σύστημα προσφέρει πρόσθετη σχετική γνώση. Επίσης, στους μαθητές δίνονται οι βασικοί μαθηματικοί τύποι από την τρέχουσα ενότητα που μελετούν. Μετά, από τους μαθητές ζητείται να συνθέσουν όλους τους διδόμενους μαθηματικούς τύπους με σκοπό να εξάγουν νέους μαθηματικούς τύπους, ώστε να τους χρησιμοποιήσουν για να υπολογίσουν τις τιμές συγκεκριμένων φυσικών μεγεθών.

Στάδιο 2: Αναγνώριση των περιορισμών στις τιμές των παραμέτρων των νέων μαθηματικών τύπων.

Οι μαθητές, μέσω καθοδηγούμενου διαλόγου με το σύστημα, διερευνούν αν πρέπει να θέσουν κάποιους περιορισμούς στις τιμές των παραμέτρων των μαθηματικών τύπων που εξήγαγαν στο Στάδιο 1.

Στάδιο 3: Εφαρμογή των νέων μαθηματικών τύπων και πρόβλεψη του είδους της κίνησης του σώματος ή του σωματιδίου.

Από τους μαθητές ζητείται να εφαρμόσουν τους μαθηματικούς τύπους που εξήγαγαν στο Στάδιο 1 με σκοπό να υπολογίσουν τις τιμές των αντίστοιχων φυσικών μεγεθών για διάφορες τιμές των παραμέτρων και να τις καταγράψουν σε πίνακα. Επιπλέον, τους ζητείται να κάνουν πρόβλεψη για το είδος της κίνησης.

Στάδιο 4: Εργασία με την προσομοίωση

Από τους μαθητές ζητείται να ρυθμίσουν τις ίδιες τιμές των παραμέτρων των φυσικών μεγεθών που υπολόγισαν στο Στάδιο 3, σε μια δεδομένη προσομοίωση και μετά να την τρέξουν. Τα αποτελέσματα (οι τιμές των φυσικών μεγεθών και το είδος της κίνησης του σώματος ή του σωματιδίου) καταγράφονται σε πίνακα. Μετά, ζητείται από τους μαθητές να συγκρίνουν τις τιμές που υπολόγισαν ή το είδος της κίνησης που πρόβλεψαν με τις αντίστοιχες τιμές ή το είδος της κίνησης που έλαβαν από την προσομοίωση. Στην περίπτωση που υπάρχουν διαφορές, ζητείται από τους μαθητές να καταγράψουν τους πιθανούς λόγους αυτών των διαφορών με την αντίστοιχη αιτιολόγηση.

Στάδιο 5: Συνεργασία ανά δυάδες μαθητών

Οι μαθητές συνεργάζονται ανά δυο για να ανταλλάξουν τις εμπειρίες τους, τις απόψεις τους και τα αποτελέσματα της εργασίας τους με σκοπό να συμπληρώσουν ένα τελικό πίνακα. Σε περίπτωση που διαφωνούν σε κάτι, τότε τους ζητείται να καταγράψουν τις διαφωνίες τους.

Στάδιο 6: Έλεγχος των τελικών αποτελεσμάτων των μαθητών διαμέσου ενός καθοδηγούμενου διαλόγου με το σύστημα.

Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να ελέγχουν ατομικά ή συνεργατικά τα τελικά αποτελέσματα που δέχονται ως σωστά μέσω του καθοδηγούμενου διαλόγου με το σύστημα. Ο σκοπός του καθοδηγούμενου διαλόγου στο Στάδιο 6 της δραστηριότητας είναι να διαγνώσει πιθανές

λανθασμένες αντιλήψεις ή μαθησιακές δυσκολίες των μαθητών με σκοπό να τους βοηθήσει να τις ξεπεράσουν. Ο καθοδηγούμενος διάλογος μεταξύ ενός μαθητή και του συστήματος στο Στάδιο 6, για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων του τελικού πίνακα του Σταδίου 5, διεξάγεται σε τέσσερις φάσεις ως εξής:

Φάση 1: Από το μαθητή ζητείται να καταγράψει στις φόρμες ελέγχου του συστήματος την τελική τιμή του φυσικού μεγέθους που πιστεύει ως σωστή ή το είδος της κίνησης που πιστεύει ως σωστό (θα τα ονομάζουμε στο εξής τελικό αποτέλεσμα) και την αντίστοιχη τιμή ή το είδος της κίνησης που αυτός έλαβε από την προσομοίωση (θα το ονομάζουμε στο εξής αποτέλεσμα της προσομοίωσης).

Τις περιπτώσεις τις οποίες εξετάζει το σύστημα είναι οι εξής:

α) Αν το τελικό αποτέλεσμα είναι ίσο (ή ίδιο) με το αποτέλεσμα της προσομοίωσης, τότε το σύστημα ενημερώνει το μαθητή ότι η τιμή του φυσικού μεγέθους που υπολόγισε είναι σωστή ή το είδος της κίνησης που πρόβλεψε είναι σωστό και επίσης εξηγεί γιατί είναι σωστή ή σωστό.

β) Αν το τελικό αποτέλεσμα είναι σωστό και το αποτέλεσμα της προσομοίωσης είναι λάθος, τότε το σύστημα πληροφορεί το μαθητή ότι η τιμή του φυσικού μεγέθους που υπολόγισε είναι σωστή ή το είδος της κίνησης που πρόβλεψε είναι σωστό και επίσης εξηγεί γιατί είναι σωστή ή σωστό. Επίσης, παρουσιάζει στο μαθητή τους πιθανούς λόγους που έδωσαν λανθασμένο αποτέλεσμα της προσομοίωσης. Στη συνέχεια, το σύστημα προτρέπει το μαθητή να επαναλάβει την προσομοίωση για τη συγκεκριμένη περίπτωση.

γ) Αν και τα δυο αποτελέσματα είναι λάθος, τότε το σύστημα ενημερώνει το μαθητή ότι και τα δυο αποτελέσματα είναι λάθος. Στη συνέχεια, το σύστημα προτείνει στο μαθητή να επαναλάβει από την αρχή τη δραστηριότητα για τη συγκεκριμένη περίπτωση.

δ) Αν το τελικό αποτέλεσμα είναι λάθος και το αποτέλεσμα της προσομοίωσης είναι σωστό, τότε το σύστημα προχωράει στη Φάση 2 του διαλόγου.

Φάση 2: Το σύστημα ενημερώνει το μαθητή ότι το λανθασμένο αποτέλεσμα είναι πιθανό να οφείλεται σε λανθασμένο μαθηματικό τύπο ή σε λανθασμένη χρήση του σωστού μαθηματικού τύπου που υπολογίζει το φυσικό μέγεθος. Ο σωστός μαθηματικός τύπος και πρόσθετη βοήθεια για την εφαρμογή του παρουσιάζεται και ζητείται από το μαθητή να επαναλάβει τον υπολογισμό της τιμής του φυσικού μεγέθους και μετά να επιλέξει μια απάντηση ανάμεσα σε πιθανές απαντήσεις που του δίνονται. Από αυτές τις απαντήσεις η μια είναι η σωστή, ενώ οι υπόλοιπες είναι πιθανές λανθασμένες αντιλήψεις ή μαθησιακές δυσκολίες του μαθητή. Αν επιλέξει τη σωστή απάντηση, τότε το σύστημα επιστρέφει στη Φάση 1, ώστε ο μαθητής να ελέγξει ένα άλλο αποτέλεσμα. Αν ο μαθητής επιλέξει ξανά μια λανθασμένη απάντηση, τότε το σύστημα προχωράει στη Φάση 3 του διαλόγου.

Φάση 3: Το σύστημα δίνει στο μαθητή μια εξήγηση για τη λανθασμένη απάντησή του, χρησιμοποιώντας μαθηματικά επιχειρήματα. Μετά, το σύστημα ρωτάει το μαθητή αν επιμένει στην άποψή του. Αν ο μαθητής απαντήσει "Όχι", τότε το σύστημα επιστρέφει στη Φάση 1 του διαλόγου, ώστε ο μαθητής να ελέγξει ένα άλλο αποτέλεσμα. Αν ο μαθητής απαντήσει "Ναι", τότε το σύστημα προχωράει στη Φάση 4 του διαλόγου.

Φάση 4: Το σύστημα δίνει στο μαθητή μια διαφορετική εξήγηση για τη λανθασμένη απάντησή του χρησιμοποιώντας επιχειρήματα από την εμπειρία που αυτός απέκτησε διαμέσου της προσομοίωσης. Στη συνέχεια, το σύστημα ρωτάει το μαθητή αν επιθυμεί να υπολογίσει ξανά το φυσικό μέγεθος ή να επιστρέψει στην αρχή του διαλόγου για να ελέγξει ένα άλλο αποτέλεσμα.

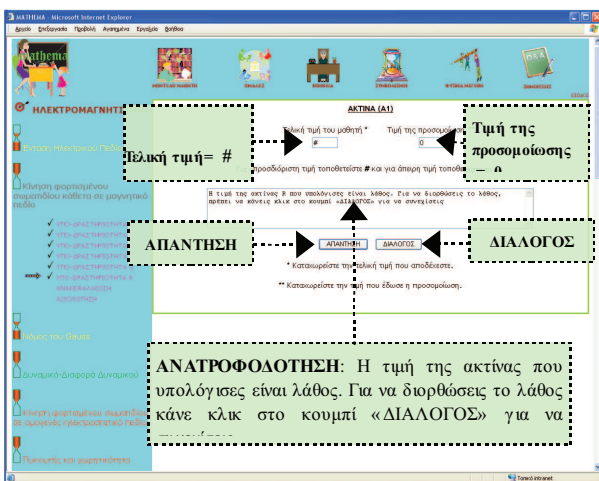
Εφαρμογή: Η δραστηριότητα έχει σχεδιαστεί για να καλύψει την ενότητα του ηλεκτρομαγνητισμού που είναι η: κίνηση ενός φορτισμένου σωματιδίου κάθετα προς την κατεύθυνση ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Από την εφαρμογή αυτής της δραστηριότητας έχουμε επιλέξει ένα παράδειγμα της χρήσης του καθοδηγούμενου διαλόγου στο Στάδιο 6, μεταξύ του συστήματος και ενός συγκεκριμένου μαθητή, του Γιάννη. Η συγκεκριμένη ερώτηση στην οποία



ο Γιάννης καλείται να απαντήσει είναι η εξής: Ποια είναι η τιμή της ακτίνας, R , που διαγράφει ένα φορτισμένο σωματίδιο μάζας, $m = 1mg$ και φορτίου, $q = -2\mu C$, το οποίο παραμένει ακίνητο ($v = 0m/s$) μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο μαγνητικής επαγωγής, $B = 2T$; Αυτή η ερώτηση αποσκοπεί στην ανίχνευση της λανθασμένης αντίληψης που έχουν οι μαθητές για την αλληλεπίδραση μεταξύ ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων που είναι: οι μαγνητικοί πόλοι ενός μαγνήτη ασκούν δύναμη σε ένα φορτισμένο σωματίδιο που βρίσκεται ανάμεσά τους είτε αυτό κινείται είτε όχι (Maloney, 1985).

Φάση 1: Στην Εικ. 1 μπορούμε να δούμε την τελική τιμή, που είναι απροσδιόριστη (στο MATHEMA συμβολίζεται με #) και την τιμή της προσομοίωσης που είναι μηδέν, όπως καταχωρήθηκαν για έλεγχο από το Γιάννη.

Εικ. 1: Έλεγχος των αποτελεσμάτων του Γιάννη



Φάση 2: Υπόδειξη του MATHEMA: Η τιμή για την ακτίνα, R , που υπολόγισες δεν είναι σωστή και ίσως να οφείλεται είτε σε λανθασμένο τύπο είτε σε λανθασμένη χρήση του τύπου, δηλαδή είτε σε λανθασμένη χρήση του SI συστήματος, είτε στον λανθασμένο υπολογισμό του μέτρου του φορτίου, είτε στις εκτελέσεις των αριθμητικών πράξεων (πολλαπλασιασμοί, διαιρέσεις). Ο μαθηματικός τύπος που υπολογίζει την ακτίνα, R , της κυκλικής κίνησης ενός σωματιδίου μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο είναι:

$$R = \frac{m \cdot v}{B \cdot |q|} \quad (1)$$

Χρησιμοποιώντας τον προηγούμενο τύπο, να επαναλάβεις τους υπολογισμούς σου και μετά

να επιλέξεις ξανά μια από τις ακόλουθες απαντήσεις:

- Μηδέν
- Απροσδιόριστη
- Άπειρη
- Άλλη

Ο μαθητής κάνοντας κλικ με το ποντίκι πάνω στους συνδέσμους SI συστήματος και μέτρου του φορτίου μπορεί να λάβει πρόσθετη βοήθεια.

Επιλογή του Γιάννη: *Άπειρη*

Φάση 3: Απάντηση του MATHEMA: Γενικά, η τιμή ενός κλάσματος είναι άπειρη όταν ο αριθμητής δεν έχει μηδενική ή άπειρη τιμή και ο παρονομαστής έχει μηδενική τιμή. Έτσι, η τιμή της ακτίνας R είναι άπειρη όταν ο αριθμητής δεν έχει μηδενική ή άπειρη τιμή και ο παρονομαστής έχει μηδενική τιμή. Όμως, εφόσον η τιμή της γραμμικής ταχύτητας είναι μηδέν, τότε ο αριθμητής είναι μηδέν. Επίσης, τα, B , και, q , δεν είναι μηδέν. Επομένως, ο παρονομαστής δεν είναι μηδέν. Συνεπώς, η τιμή της ακτίνας, R , δεν είναι άπειρη αλλά είναι μηδέν. Όπως ήδη εξετάσαμε στους περιορισμούς των παραμέτρων ανήκουν και οι συγκεκριμένες τιμές της ταχύτητας, v , και του φορτίου, q , και καλό είναι να αποφεύγονται.

Επιμένεις ότι η τιμή της ακτίνας είναι άπειρη;

- Ναι
- Όχι

Επιλογή του Γιάννη: *Ναι*

Φάση 4: Απάντηση του MATHEMA: Κατά τη μελέτη της προσομοίωσης θα συμπεράνες ότι

η ακτίνα, R , της κυκλικής κίνησης είναι άπειρη όταν το σωματίδιο κινείται ευθύγραμμα. Σε αυτή την περίπτωση, θα παρατήρησες ίσως ότι το σωματίδιο παραμένει ακίνητο. Αυτό σημαίνει ότι, η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς είναι μηδέν.

Θέλεις να επαναλάβεις ξανά τον υπολογισμό της ακτίνας;

- Ναι
- Όχι

Πειραματική Μελέτη

Για να αξιολογήσουμε την πρότασή μας, διεξήγαμε μια έρευνα με μαθητές της τελευταίας τάξης του 1^{ου} ΕΠΑΛ-ΤΕΕ Ν. Φιλαδέλφειας τον Ιανουάριο του 2007. Τα ερευνητικά ερωτήματα που θέσαμε για την εφαρμογή της δραστηριότητας είναι: (α) οι μαθητές βελτιώνουν τις επιδόσεις τους όταν εκπονούν την προτεινόμενη δραστηριότητα; (β) είναι σε θέση να αντιλαμβάνονται τα λάθη τους και να αναθεωρούν τις απόψεις τους (γ) είναι σε θέση να αιτιολογούν τις απόψεις τους; (δ) αποδέχονται ότι πρέπει να υπάρχουν περιορισμοί στη χρήση των τύπων; Στην πειραματική διαδικασία συμμετείχαν 12 μαθητές. Στους μαθητές αυτούς δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο ελέγχου (pre-test) που αποσκοπούσε στον εντοπισμό των δυσκολιών τους και των λανθασμένων αντιλήψεών τους σχετικά με την ενότητα που θα τους παρουσιάσαμε μέσω της δραστηριότητας. Η δραστηριότητα που δόθηκε για να εκπονήσουν οι μαθητές μέσω του MATHEMA έχει σχεδιαστεί για να καλύψει την ενότητα του ηλεκτρομαγνητισμού που είναι η: *κίνηση φορτισμένου σωματιδίου κάθετα προς την κατεύθυνση ομογενούς μαγνητικού πεδίου*.

Στο Στάδιο 1 της δραστηριότητας δόθηκαν οι ακόλουθοι τύποι:

$$F_k = \frac{m \cdot v^2}{R}, \quad v = \omega \cdot R, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}, \quad F_\ell = B \cdot v \cdot |q| \quad (2)$$

Στους μαθητές εξηγήθηκε ότι F_k σημαίνει κεντρομόλος δύναμη και F_ℓ σημαίνει δύναμη Lorentz και ότι οι τύποι αυτοί αφορούν το ίδιο φυσικό μέγεθος, δηλαδή ότι η δύναμη Lorentz είναι κεντρομόλος δύναμη. Στη συνέχεια τους ζητήθηκε να συνθέσουν τους προηγούμενους τύπους και να εξάγουν τους μαθηματικούς τύπους που υπολογίζουν την ακτίνα, R , και την περίοδο, T , της κυκλικής κίνησης του σωματιδίου σε συνάρτηση με τη μαγνητική επαγωγή, B , τη γραμμική ταχύτητα, v , του σωματιδίου και το φορτίο, q , του σωματιδίου. Στο στάδιο 2, μέσω του καθοδηγούμενου διαλόγου με το σύστημα από τους μαθητές ζητήθηκε να θέσουν κάποιους περιορισμούς στις τιμές των παραμέτρων, v , και, q , για τον υπολογισμό της ακτίνας, R , και της περιόδου, T , της κυκλικής κίνησης του σωματιδίου. Στο Στάδιο 3, οι μαθητές υπολόγισαν τις τιμές της ακτίνας και της περιόδου και συμπλήρωσαν τον Πίνακα 1 καθώς επίσης έκαναν πρόβλεψη της κίνησης του σωματιδίου κάνοντας χρήση του κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού. Επίσης, στους μαθητές δόθηκαν οι τιμές της μάζας του σωματιδίου ($m = 1\text{mg}$) και της μαγνητικής επαγωγής ($B = 2\text{T}$). Στο Στάδιο 4, οι μαθητές ρύθμισαν στους μεταβολείς τις τιμές για όλα τα ζεύγη των τιμών που φαίνονται στον Πίνακα 1 και έτρεξαν την προσομοίωση, που είχαμε σχεδιάσει σε περιβάλλον Interactive Physics. Στη συνέχεια, τους ζητήθηκε να συγκρίνουν τις τιμές που υπολόγισαν ή τις προβλέψεις τους για το είδος της κίνησης με τα αντίστοιχα αποτελέσματα που έλαβαν από την προσομοίωση, να καταγράψουν και να αιτιολογήσουν τις πιθανές διαφορές και τελικά να αποφασίσουν ποια αποτελέσματα είναι σωστά και ποια όχι. Στο Στάδιο 5, οι μαθητές συνεργάστηκαν ανά δυο, ώστε να ανταλλάξουν τις εμπειρίες τους, τις απόψεις τους και τα αποτελέσματα με σκοπό να συμπληρώσουν ένα τελικό πίνακα. Επίσης, τους ζητήθηκε να καταγράψουν τις διαφωνίες τους και να τις αιτιολογήσουν. Στο Στάδιο 6, οι μαθητές διαμέσου του καθοδηγούμενου διαλόγου με το σύστημα έκαναν έλεγχο των αποτελεσμάτων τους. Ο αριθμός των μαθητών που έδωσαν



σωστές απαντήσεις για τον υπολογισμό της ακτίνας της κυκλικής κίνησης του σωματιδίου, για τα στάδια της δραστηριότητας που τους ζητείται, παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 1: Υπολογισμός των φυσικών μεγεθών και της πρόβλεψης του είδους της κίνησης

α/α ερώτησης	Φορτίο σωματιδίου, q (C)	Ταχύτητα σωματιδίου, υ (m/s)	Ακτίνα, R (m)	Περίοδος, T (s)	Είδος της κίνησης του σωματιδίου
1	0μC	0			
2	0μC	2			
3	+2μC	0			
4	+2μC	2			
5	+2μC	4			
6	-2μC	0			
7	-2μC	2			
8	-2μC	4			

Πίνακας 2: Μαθητές που έδωσαν τις σωστές απαντήσεις στις ερωτήσεις του Πίνακα 1 για την ακτίνα, R, και για τα στάδια της δραστηριότητας που τους ζητείται.

α/α ερώτησης	Αριθμός των μαθητών που έδωσαν σωστές απαντήσεις για την ακτίνα R.				
	Αρχική εκτίμηση των μαθητών	Μετά την προσομοίωση	Συνεργασία		Μετά από το διάλογο με το σύστημα
			Πριν	Μετά	
1	7	11	11	12	12
2	2	11	9	11	12
3	5	11	11	11	12
4	4	9	9	10	12
5	5	12	11	11	12
6	5	11	11	12	12
7	4	11	9	10	12
8	4	12	9	11	12

Από τον Πίνακα 2 μπορούμε να συμπεράνουμε τα εξής: Κατά τον αρχικό υπολογισμό της ακτίνας, οι περισσότεροι μαθητές έδωσαν λάθος απαντήσεις. Επίσης, μερικοί μαθητές έδωσαν λάθος απαντήσεις μετά την προσομοίωση. Όταν από τους μαθητές ζητήθηκε να καταγράψουν τις σωστές απαντήσεις πριν τη συνεργασία με το συμμαθητή τους, μερικοί δεν δέχθηκαν το αποτέλεσμα της προσομοίωσης, αλλά επέμεναν στο αρχικό τους αποτέλεσμα. Η συνεργασία βοήθησε τους μαθητές να διορθώσουν κάποιες από τις λανθασμένες απαντήσεις τους, αλλά όχι όλες. Όμως, μετά το διάλογο με το σύστημα, όλοι οι μαθητές έδωσαν τις σωστές απαντήσεις για όλες τις ερωτήσεις του προβλήματος.

Μετά από πέντε μέρες από την παρουσίαση της δραστηριότητας, δόθηκε στους μαθητές ξανά ερωτηματολόγιο ελέγχου (post-test) ίδιο με το αρχικό για την αξιολόγηση των επιδόσεών τους.



Συμπεράσματα και Μελλοντικά σχέδια

Η ποσοτική ανάλυση των στοιχείων από τα ερωτηματολόγια ελέγχου (pre-/post-tests) έδειξε ότι η βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών από το αρχικό μέχρι το τελικό ερωτηματολόγιο είναι της τάξης του 92%.

Η ποιοτική ανάλυση των στοιχείων που συλλέξαμε από τα φύλλα έργου των μαθητών έδειξε ότι η δραστηριότητα βοηθάει τους περισσότερους μαθητές να αντιλαμβάνονται τα λάθη τους, να αναθεωρούν τις απόψεις τους, να είναι σε θέση να αιτιολογούν τις επιλογές τους και να αποδέχονται ότι υπάρχουν περιορισμοί στη χρήση των τύπων.

Στα μελλοντικά μας σχέδια έχουμε δρομολογήσει τη μελέτη πιο σύνθετων δραστηριοτήτων.

Βιβλιογραφία

Παπαδημητρίου, Α., Γυφτοδήμος, Γ., Γρηγοριάδου, Μ., & Γλέζου, Κ. (2007). Αντιμετώπιση των παρανοήσεων και των δυσκολιών που δημιουργεί ο φορμαλισμός του ηλεκτρομαγνητισμού, με τη χρήση προσομοιώσεων. Ζ' Πανελλήνιο Συνέδριο «Εκπαίδευση και Έρευνα στις Φυσικές Επιστήμες στα Παιδαγωγικά Τμήματα Δημοτικής Εκπαίδευσης». ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Αθηνών. (υπό έκδοση).

Bagno, E., and Eylon, B.S. (1997). From problem solving to knowledge structure: An example from electromagnetism, *American Journal of Physics*, 65, 726-736.

Chi, M.T.H., Feltovich, P. J., and Glaser, R. (1991). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Journal Cognitive Sciences*, 5, 121-152.

Dillenbourg, P. (1999). *Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches*, Oxford, UK: Elsevier Press.

diSessa, A. (2000). *Changing Minds: Computers, Learning, and Literacy*. Cambridge: MIT Press.

Furio, C, and Guisasola, J. (1998). Learning Difficulties in learning the concept of electric field. *Journal Science Education*, 82(4), 511–526.

Gogoulou, A., Gouli, E., and Grigoriadou, M. (2003). Adopting Exploratory + Collaborative Learning in an Adaptive CSCL Environment for Introductory Programming," *Proc. Workshop Innovations in Teaching Programming*, 417-424.

Grigoriadou, M., and Papanikolaou, K. (2000). Learning Environments on the WEB: The Pedagogical Role of the Educational Material, *Themes in Education*, 1(2), 145-161.

Maloney, D.P. (1985). Charged Poles. *Journal Physics Education*, 20(6), 310-316.

Maloney, D.P. (1994). Research on Problem Solving: Physics. In D.L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research in Science Teaching and Learning*, New York: Macmillan. 327-354.

Mayer, R. E. (2003). *Learning and Instruction*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall Inc.

McDermott, L.C. (1990). Research and computer-based instruction: Opportunity for interaction. *American Journal of Physics*, 58(5), 452-462.

Roschelle J., and Teasley S.D. (1995). The construction of shared knowledge in collaborative problem solving. In C.E. O'Malley (Ed), *Computer Supported Collaborative Learning*, Berlin: Springer-Verlag. 69-197.



Vosniadou, S., et al. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Journal Learning and Instruction*, 4(1), 45-69.