ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2000)

2ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Διερεύνηση όψεων της αποτελεσματικότητας εργαστηριακών ασκήσεων υποστηριζόμενων από Συγχρονικές Διατάξεις σε μαθητές Λυκείου

Γ. Καράνης , Χ. Τσώνος , Γ. Μπισδικιάν , Δ. Ψύλλος

Βιβλιογραφική αναφορά:

Καράνης Γ., Τσώνος Χ., Μπισδικιάν Γ., & Ψύλλος Δ. (2025). Διερεύνηση όψεων της αποτελεσματικότητας εργαστηριακών ασκήσεων υποστηριζόμενων από Συγχρονικές Διατάξεις σε μαθητές Λυκείου. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 471–479. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/8284

Διερεύνηση όψεων της αποτελεσματικότητας εργαστηριακών ασκήσεων υποστηριζόμενων από Συγχρονικές Διατάξεις σε μαθητές Λυκείου

Καράνης Γ.,
ΜΤΠΔ, karanis@skiathos.physics.auth.gr
Τσώνος Χ.,
Δρ. Φυσικός, tsonos@eled.auth.gr
Μπισδικιάν Γ.,
Δρ. καθηγητής Μ.Ε, garo@eled.auth.gr
Ψύλλος Δ.,
καθηγητής ΠΤΔΕ, Α.Π.Θ., psillos@skiathos.physics.auth.gr
Τομέας ΤΕΦΕΜ, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Α.Π.Θ.

Περίληψη
Η παρούσα εργασία αναφέρεται στην αξιολόγηση της εφαρμογής σειράς εργαστηριακών ασκήσεων Φυσικής σε μαθητές Λυκείου, με ένταξη συστημάτων Συγχρονικών Διατάξεων, για τη λήψη και απεικόνιση, μέσω γραφικών παραστάσεων, των μεταβολών στα φυσικά μεγέθη. Στις ασκήσεις χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες κίνησης, δύναμης και επιτάχυνσης συνδεδεμένοι με υπολογιστή. Οι μαθητές εργάσθηκαν με ειδικά σχεδιασμένα Φύλλα εργασίας. Τα αποτελέσματα φανερώνουν ότι οι μαθητές εξοικειώθηκαν εύκολα στη χρήση των συστημάτων και ότι οι δραστηριότητες που κατευθύνονταν από τα Φύλλα Εργασίας ήταν εφαρμόσιμες και τους βοήθησαν, εκτός των άλλων, να αναπτύξουν δεξιότητες κατασκευής και ερμηνείας γραφικών παραστάσεων.
Λέξεις κλειδιά: Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών βασισμένο σε υπολογιστή, συγχρονικές διατάξεις με αισθητήρες, εφαρμοσιμότητα εργαστηριακών ασκήσεων, δεξιότητες χειρισμού γραφικών παραστάσεων

Abstract
This paper refers to the evaluation of a set of laboratory based on-line experiments (MBL) in the area of Mechanics, which were taught to Lyceum students (first form). The experiments used motion, force and acceleration sensors, connected to a computer, for real-time graph construction. The experimental subjects worked in teams using specially developed worksheets. Results show that the students eventually managed to perform, to a considerably extent, the experimental tasks and developed skills in constructing and interpreting graphs.

Εισαγωγή

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών παρουσιάζει ορισμένες ιδιαιτερότητες που συνδέονται με την ίδια τη φύση τους. Καθώς οι Φυσικές Επιστήμες είναι κατεξοχήν πειραματικές επιστήμες, η πειραματική εργασία αποτελεί ένα βασικό τμήμα της διδασκαλίας τους. Η βελτίωση της εργαστηριακής εργασίας και η ανάπτυξη καινοτομικών προσεγγίσεων αποτελεί αντικείμενο συνεχών μελετών από τους ερευνητές και τους εκπαιδευτικούς. Την τελευταία δεκαετία έχει αναπτυχθεί μεγάλος αριθμός εφαρμογών Νέων Τεχνολογιών οι οποίες εισάγουν νέες λειτουργίες στην εκπαιδευτική διαδικασία. Παράλληλα με την εξέλιξη των δυνατοτήτων του υπολογιστή, αναπτύχθηκαν εφαρμογές, οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές στην εκτέλεση φάσεων της εργαστηριακής εργασίας, όπως η πραγματοποίηση μετρήσεων φυσικών μεγεθών, η ανάλυση των μεταβολών και αναπαράστασή τους. Μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές για την πραγματοποίηση πειραμάτων στο εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών, περιλαμβάνει χρήση υπολογιστή και ειδικών συστημάτων αισθητήρων, τα οποία αναφέρονται συνολικά ως Συγχρονικές Διατάξεις (ΣΔ), διεθνώς δε ως MBL (Microcomputer Based Laboratory), (Thornton, 1989).
Βασικό χαρακτηριστικό των ΣΔ, είναι η αυτόματη λήψη μετρήσεων αναφορικά με τις μεταβολές οποιουδήποτε σχεδόν φυσικού μεγέθους από πειραματικές διατάξεις ή από το

περιβάλλον, η επεξεργασία τους από τον υπολογιστή και η απεικόνιση των μεταβολών σε πραγματικό χρόνο μέσω γραφικών παραστάσεων ή άλλων συμβολικών αναπαραστάσεων. Στις Φυσικές Επιστήμες, οι Γραφικές Παραστάσεις (ΓΠ) θεωρούνται βασικός μηχανισμός συμβολικής αναπαράστασης μεταβολών των φαινομένων και των σχέσεων μεταξύ φυσικών μεγεθών. Ο χειρισμός όμως των ΓΠ και η απόδοση φυσικής σημασίας στα χαρακτηριστικά τους από στους μαθητές, συνδέεται με πλήθος προβλημάτων κατανόησης (McDermott, 1990). Η δυνατότητα των ΣΔ να σχηματίζουν ΓΠ σε πραγματικό χρόνο με την εξέλιξη των φαινομένων και να παρέχουν δυναμικούς τρόπους αλληλεπίδρασης και πειραματισμού, προτείνεται διεθνώς ότι, όχι μόνο βοηθά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων χειρισμού ΓΠ, αλλά ταυτόχρονα ενισχύει το ρόλο των ΓΠ σαν εργαλεία που προάγουν την διερευνητική προσέγγιση των φαινομένων από τους μαθητές (Μπισδικιάν & Ψύλλος, 1998). Η αυτόματη δημιουργία μιας ΓΠ μέσω ενός συστήματος ΣΔ, ταυτόχρονα με την εξέλιξη ενός φαινομένου, επιτρέπει στους μαθητές να κατανοήσουν και να συνδέσουν τις μεταβολή που συμβολίζεται σε μια ΓΠ με την εξέλιξη του φαινομένου (Brassel 1987). Αυτή η εγκαθίδρυση νοητικών διασυνδέσεων μεταξύ ΓΠ και φαινομένου διευκολύνει την ανάπτυξη δεξιοτήτων χειρισμού ΓΠ και ταυτόχρονα τη κατανόηση του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών που αναπαρίσταται.

Στη χώρα μας πρόσφατα συντονίζεται από το ΥΠΕΠΘ η ένταξη των συστημάτων ΣΔ στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών των Ενιαίων Λυκείων. Κρίνεται επομένως σκόπιμη η ανάπτυξη δραστηριοτήτων που να λαμβάνουν υπόψη τις δυνατότητες των Νέων Τεχνολογιών, η αξιολόγηση της εφαρμογής τους και της συμβολής τους στη κατανόηση του γνωστικού περιεχομένου και την ανάπτυξη δεξιοτήτων από τους μαθητές. Διεθνώς έχουν διεξαχθεί αρκετές έρευνες σχετικά με τις δυνατότητες εφαρμογής, την κατανόηση του γνωστικού αντικειμένου και την προαγωγή δεξιοτήτων χειρισμού ΓΠ, με τη χρήση ΣΔ (Rogers, 1995, Roth & McGinn, 1997, Barton, 1997), αλλά δεν φαίνεται να έχουν διεξαχθεί συστηματικά αντίστοιχες έρευνες στον Ελλαδικό χώρο. Η παρούσα εργασία αναφέρεται σε όψεις της αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας σειράς εργαστηριακών ασκήσεων, οι οποίες βασίζονται στη χρήση ΣΔ και οι οποίες εφαρμόσθηκαν πιλοτικά σε μαθητές Α' Λυκείου.

Στοιχεία περιβάλλοντος ανάπτυξης και εφαρμογής των ασκήσεων

Στο ισχύον Αναλυτικό Πρόγραμμα προβλέπεται, εκτός των άλλων, η διεξαγωγή σειράς εργαστηριακών ασκήσεων, με περιεχόμενο την πειραματική μελέτη εννοιών και φαινομένων στη περιοχή της Μηχανικής. Επιπλέον, η θεματική περιοχή περιλαμβάνει σημεία για τα οποία οι μαθητές παρουσιάζουν ιδιαίτερα προβλήματα κατανόησης και τα οποία είναι, εν δυνάμει, δυνατόν να αντιμετωπιστούν σε σημαντικό βαθμό με συστήματα ΣΔ (Thornton, 1989). Οι εργαστηριακές ασκήσεις που αναπτύχθηκαν και οι οποίες προβλέπουν την ένταξη των ΣΔ, αναφέρονται σε θεματικές ενότητες από τη περιοχή της Μηχανικής της Α' τάξης του Ενιαίου Λυκείου, δηλαδή ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση, 2^{ος} νόμος της Δυναμικής και τριβή ολίσθησης. Επιπλέον οι μαθητές συμμετείχαν σε δύο ασκήσεις εξοικείωσης με τις ΣΔ και την πειραματική δραστηριότητα.

Η ποσοτική ανάλυση των μεταβολών και η μελέτη των αναπαραστάσεων προσεγγίστηκαν με λειτουργίες των ΣΔ. Τα φυσικά μεγέθη που εμπλέκονται στην εξέλιξη των φαινομένων και καταγράφεται η χρονική μεταβολή τους, είναι η απόσταση, τα παράγωγά της ταχύτητα και επιτάχυνση, η μάζα και η δύναμη. Σε ορισμένα επίσης φαινόμενα επιδιώκεται η ταυτόχρονη καταγραφή της μεταβολής όχι μόνο ενός, αλλά δύο ή περισσοτέρων μεγεθών, ώστε να μελετηθεί ο μεταξύ τους συσχετισμός. Για τη πραγματοποίηση των ασκήσεων επιλέχτηκε κατάλληλο σύστημα ΣΔ, το οποίο παρέχει δυνατότητα καταγραφής δεδομένων σχετικών με απόσταση, ταχύτητα, επιτάχυνση και δύναμη, με δυνατότητα ταυτόχρονης καταγραφής περισσοτέρων του ενός μεγέθους και με ρυθμούς δειγματοληψίας αρκετά ταχείς ώστε να προλαβαίνουν τις μεταβολές.

Για την υλοποίηση των ασκήσεων, όπως αναφέρεται εκτεταμένα αλλού (Τσώνος κ.αλ, 2000), χρησιμοποιήθηκε το σύστημα Συγχρονικής Διάταξης MULTILOG της εταιρίας Fourier, το

οποίο περιελάμβανε το λογισμικό "DBLab3.2" (Fourier, 1998), την κεντρική μονάδα και τρία από τα διαθέσιμα αισθητήρια, συγκεκριμένα: αισθητήριο απόστασης, δύναμης και επιτάχυνσης. Το λογισμικό DBLab3.2 που χρησιμοποιήθηκε, ήταν πλήρως εξελληνισμένο ως προς τις διάφορες επιλογές και παραμέτρους. Εκτός από την δυνατότητα άμεσου σχηματισμού της γραφικής παράστασης καθώς τα δεδομένα λαμβάνονταν από τα αισθητήρια, ο μαθητής μπορούσε, μέσω του λογισμικού να προχωρήσει σε δευτερογενή επεξεργασία των δεδομένων όπως, για παράδειγμα, στην παραγώγιση της πειραματικής καμπύλης, την εξομάλυνσή της, ή την προσαρμογή θεωρητικής καμπύλης στα πειραματικά σημεία. Επίσης τα δεδομένα και η αντίστοιχη καμπύλη (ή καμπύλες) μπορούσαν να αποθηκευτούν ώστε να χρησιμοποιηθούν σε επόμενα βήματα της άσκησης.

Για τη διεξαγωγή των ασκήσεων αναπτύχθηκαν ειδικά Φύλλα Εργασίας (ΦΕ). Βασική σχεδιαστική αρχή των ΦΕ που ακολούθησαν οι μαθητές, ήταν η κατασκευή ΓΠ η οποία συμβολίζει τη πρόβλεψη της εξέλιξης μιας μεταβολής σε ένα πείραμα, η σύγκριση της πρόβλεψης με την ΓΠ που λαμβάνεται πειραματικά με τη βοήθεια ΣΔ, η εξαγωγή συμπερασμάτων και η επανάληψη με διαφορετική τιμή παραμέτρων του πειράματος (Καράνης, 2000). Η παραπάνω δομή των φύλλων εργασίας θεωρήθηκε κατάλληλη, επειδή με τη χρήση συστημάτων ΣΔ, παρεμβάλλεται ελάχιστο χρονικό διάστημα μεταξύ της πρόβλεψης και της εκτέλεση του πειράματος με τη συγχρονική λήψη της ΓΠ, στοιχείο που επιτρέπει την άμεση σύγκριση των παραστάσεων.

Οι παραπάνω ασκήσεις εφαρμόστηκαν σε 4 τμήματα μαθητών της Α΄ Λυκείου στην περιοχή του Κιλκίς. Οι ασκήσεις αυτές υλοποιήθηκαν από τον καθηγητή της τάξης στη διάρκεια μιας διδακτικής ώρας η κάθε μια, αφού προηγήθηκε η διδασκαλία της αντίστοιχης θεωρητικής ενότητας. Σε κάθε τμήμα υπήρχαν 7 θέσεις εργασίας, με 4 μαθητές ανά θέση εργασίας. Η κάθε θέση εργασίας περιλάμβανε μια κεντρική μονάδα ΣΔ, έναν υπολογιστή με το αντίστοιχο λογισμικό και αισθητήρες κίνησης, επιτάχυνσης και δύναμης (Τσώνος κ.αλ., 2000).

Ερευνητικός σχεδιασμός

Θεωρητικό πλαίσιο

Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της εργαστηριακής εργασίας αποτελεί αντικείμενο πολλαπλών ερευνητικών προσεγγίσεων. Σε πρόσφατες εργασίες στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, επισημαίνεται ότι η αποτελεσματικότητα στο εργαστήριο δεν αφορά μόνο τα μαθησιακά αποτελέσματα μετά την εκτέλεση των ασκήσεων αλλά και το είδος και την ποιότητα των εργασιών τις οποίες εκτελούν οι μαθητές κατά την πορεία της εργαστηριακής άσκησης (Psillos et al. 1999, Giddings et al. 1991, Hodson 1993). Τα προϊόντα των μαθητών στο τέλος σειράς εργαστηριακών ασκήσεων, αποτελούν μία μόνο πτυχή της αξιολόγηση της εργαστηριακής εργασίας, η οποία είναι διαδεδομένη, αλλά δεν καλύπτει πολλές όψεις αυτής της πολύπλοκης εκπαιδευτικής διαδικασίας. Η απόσταση μεταξύ των προβλεπόμενων από τους εκπαιδευτικούς δραστηριοτήτων και όσων τελικά εκτελούνται από τις εργαστηριακές ομάδες, η κατανόηση των δραστηριοτήτων η χρήση της επιστημονικής θεωρίας, συγκροτούν μεταξύ άλλων δείκτες με τους οποίους μπορεί να εκτιμηθεί τι ακριβώς κάνουν οι μαθητές κατά τη διάρκεια του εργαστηρίου. Επισημαίνεται ότι η εργαστηριακή εργασία σχετίζεται με τη διεξαγωγή της επιστημονικής εργασίας και το συνδυασμό θεωρίας, οργάνων και πειραματικών διαδικασιών από τους μαθητές, συνήθως με βάση Φύλλα Εργασίας.

Σε πρόσφατες εργασίες (Psillos et al., 1999) προτάθηκε ότι η αποτελεσματικότητα της εργαστηριακής εργασίας μπορεί να διακριθεί σε "αποτελεσματικότητα 1", η οποία αφορά την εργασία και τα προϊόντα των μαθητών κατά τη διάρκεια των ασκήσεων και την "αποτελεσματικότητα 2", η οποία αφορά τα αποτελέσματα των μαθητών μετά το τέλος των εργαστηρικών ασκήσεων. Η "αποτελεσματικότητα 1" στην παρούσα εργασία εστιάζεται στον έλεγχο της εφαρμοσιμότητας των ασκήσεων από τους ίδιους τους μαθητές κατά την πιλοτική εκτέλεσή τους, καθώς το όλο περιβάλλον (ΣΔ, Φύλλο Εργασίας, ομαδική εργασία) αποτελεί καινοτομία στη σχολική πρακτική. Η "αποτελεσματικότητα 2" εστιάζεται στην διερεύνηση της επίδρασης της χρήσης των ΣΔ στην ανάπτυξη δεξιοτήτων χειρισμού ΓΠ.

Εργαλεία και εφαρμογή

Η αξιολόγηση της εφαρμοσιμότητας των ασκήσεων διερευνήθηκε με τη χρήση του μέσου ποσοστού κάλυψης από την κάθε ομάδα εργασίας του ΦΕ ανά εργαστηριακή άσκηση. Το ΦΕ κάθε άσκησης είναι ομαδικό και αποτελείται από αριθμό διακριτών δραστηριοτήτων που σημειώνονται με το αντίστοιχο τετραγωνάκι κάλυψης. Η κάθε ομάδα κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της άσκησης, κατέγραφε στο ΦΕ τα ζητούμενα στοιχεία, προβλέψεις και συμπεράσματα.

Στα αποσπάσματα Φύλλων Εργασίας του Σχήματος 1, φαίνονται εκτός των άλλων, η μορφή των κατευθυνόμενων διακριτών δραστηριοτήτων. Το ποσοστό κάλυψης του κάθε ΦΕ, για κάθε εργαστηριακή άσκηση, προκύπτει από τον αριθμό των δραστηριοτήτων που έχουν με επιτυχία εκτελεστεί, ως προς το συνολικό αριθμό δραστηριοτήτων.

… Να συγκρίνετε τις δύο παραστάσεις:

-Χωρίς να απομακρύνετε τη παράσταση από την οθόνη, να καλέσετε το αρχείο **OMALX1** της αρχικής παράστασης μεταβολής στην απόσταση.

-Αφού επιλέξτε το παράθυρο που αντιστοιχεί στη πρώτη παράσταση (αυτό αποκτά μπλε περίγραμμα), ζητήστε **Επεξεργασία** από το μενού της οθόνης και κατόπιν **Αντιγραφή**.

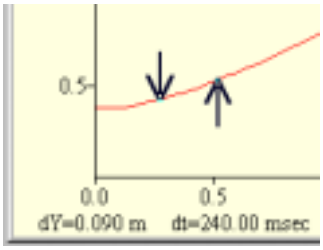
-Επιλέξτε κατόπιν τη γραφική παράσταση που αντιστοιχεί στη τελευταία μέτρηση και ζητήστε **Επεξεργασία** και **Επικόλληση**. Οι δύο γραφικές παραστάσεις επικαλύπτονται.

-Συγκρίνατε τις μορφές των δύο παραστάσεων. Τι συμπέρασμα προκύπτει από τις γραφικές παραστάσεις, σχετικά με τη μεταβολή στην απόσταση, όταν το αμαξίδιο κινείται με διαφορετικές ταχύτητες; ……..

……

... Να μελετήσετε τις μετρήσεις για δύο σημεία της παράστασης:

-Διπλοκτυπήστε σε ένα δεύτερο σημείο της γραφικής παράστασης. Εμφανίζεται στο σημείο αυτό ένα δεύτερο βέλος και οι διαφορές των τιμών απόστασης και χρόνου μεταξύ των δύο σημείων...



-Εντοπίστε τις τιμές και συμπληρώστε τα παρακάτω κενά:

-Και τις δύο φορές απομακρύνθηκε το αμαξίδιο, το ίδιο μακριά; …

Αν όχι, πόση ήταν η διαφορά στη απόσταση; = …….

-Πόσο χρόνο διήρκησε η πρώτη και πόσο η δεύτερη μετακίνηση του αμαξιδίου;

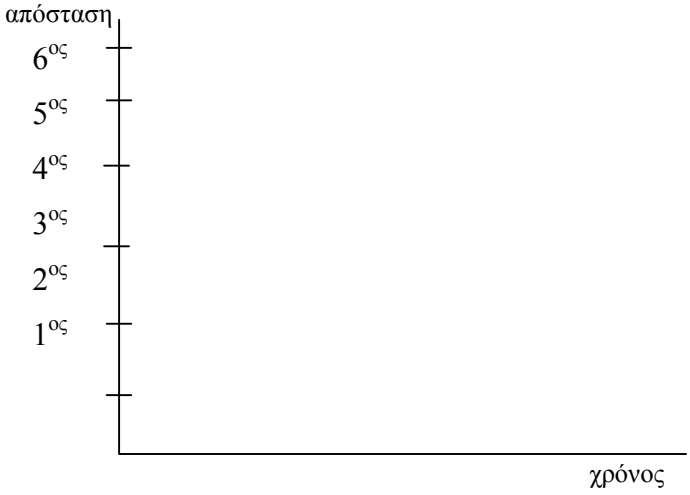
1η = …… , 2η = ……

ΣΧΗΜΑ 1. Αποσπάσματα Φύλλων Εργασίας με διακριτές δραστηριότητες

Δεδομένα για την αποτελεσματικότητα της χρήσης των ΣΔ στην ανάπτυξη δεξιοτήτων χειρισμού ΓΠ, έγινε δυνατό να ληφθούν μέσω ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων από τους μαθητές, αν και η διδασκαλία απευθυνόταν σε μαθητές Λυκείου σε κανονικές συνθήκες. Δόθηκαν δύο ερωτηματολόγια, ένα πριν την έναρξη εφαρμογής και ένα μετά την εφαρμογή των ασκήσεων. Στο πλαίσιο της πιλοτικής εφαρμογής το τελικό ερωτηματολόγιο, εκτός των τμημάτων που συμμετείχαν στην εφαρμογή, έγινε δυνατό να διακινηθεί μετά το πέρας της εφαρμογής και σε ένα τμήμα της Α’ Λυκείου, στο ένα από τα δύο σχολεία της εφαρμογής. Στο τμήμα αυτό δεν πραγματοποιήθηκε η συγκεκριμένη σειρά ασκήσεων με τις ΣΔ. Μπορεί επομένως να θεωρηθεί ως τμήμα αναφοράς, καθώς οι μαθητές του διδάχτηκαν την ίδια εποχή τις ίδιες ενότητες Φυσικής από τον ίδιο καθηγητή στον ίδιο χρόνο, παρακολούθησαν περιορισμένα πειράματα με παραδοσιακά όργανα (χρονομετρητή, κ.λ.π) και χρησιμοποίησαν έργα γραφικών παραστάσεων, όπως προβλέπονται από τα σχολικά βιβλία.

Τα δύο ερωτηματολόγια (αρχικό – τελικό) περιείχαν τα ίδια τρία έργα, η θεματολογία των οποίων δεν προερχόταν από το χώρο της Φυσικής και περιλάμβαναν εξελίξεις καθημερινών γεγονότων. Συγκεκριμένα, τα έργα ζητούσαν από τους μαθητές να επιλέξουν τη κατάλληλη φράση που νομίζουν ότι αντιστοιχεί σε μια δοθείσα ΓΠ, να ερμηνεύσουν σφαιρικά και τοπικά χαρακτηριστικά μιας ΓΠ, και να κατασκευάσουν μια ΓΠ με βάση λεκτική περιγραφή εξέλιξης γεγονότος. Τα έργα αυτά δεν είχαν διδαχθεί στους μαθητές των πειραματικών τμημάτων. Ενδεικτικά περιγράφουμε το τρίτο έργο (Σχήμα 2), το οποίο αναφέρεται στη κατασκευή γραφικής παράστασης, βάσει της λεκτικής περιγραφής των μεταβολών.

3ο έργο: *Ένα ασανσέρ ξεκινά από το ισόγειο και σταματά στο 3ο , 4ο και 6ο πάτωμα για 10΄΄ στο καθένα και τέλος επιστρέφει στο ισόγειο. Την απόσταση ανάμεσα σε κάθε πάτωμα τη διανύει σε 2΄΄. Να σχεδιάσεις ποια νομίζεις ότι είναι η γραφική παράσταση της απόστασής του από τη γη.*



ΣΧΗΜΑ 2. Έργο Νο3 του αρχικού και τελικού ερωτηματολογίου δεξιοτήτων

Επιπλέον, ατομικές, ημιδομημένες, συνεντεύξεις οι οποίες λήφθηκαν από περιορισμένο δείγμα μαθητών, κατέγραψαν τους συλλογισμούς τους σχετικά με τα παραπάνω έργα.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Α. Εφαρμοσιμότητα των ασκήσεων

Όπως προαναφέρθηκε, η εξέλιξη της ικανότητας εκτέλεσης των ασκήσεων διερευνήθηκε με τη χρήση του μέσου ποσοστού κάλυψης του ΦΕ ανά εργαστηριακή άσκηση. Μέσω της καταγραφής στοιχείων, προβλέψεων και συμπερασμάτων στο ΦΕ, ήταν δυνατή η παρακολούθηση της ολοκλήρωσης ή μη της εργαστηριακής άσκησης.

Παρακάτω φαίνεται συγκεντρωτικά (Πίνακας 1), το ποσοστό του Φύλλου Εργασίας που καλύφθηκε, κατά μέσο όρο, σε κάθε μια άσκηση, για όλα τα τμήματα μαθητών. Σε κάθε Φύλλο Εργασίας καταμετρήθηκαν οι δραστηριότητες οι οποίες είχαν ολοκληρωθεί σε σχέση με τις συνολικές. Τα τελικά ποσοστά προέκυπταν ως μέσοι όροι, για κάθε τμήμα. Παρατηρούμε ότι ειδικά κατά την πρώτη άσκηση, τα ποσοστά επιτυχούς εκτέλεσης είναι χαμηλά, πιθανόν λόγω αδυναμίας των μαθητών να προσαρμοστούν στις απαιτήσεις του ΦΕ. Όσο όμως εξελισσόταν η εφαρμογή, σταδιακά οι μαθητές ακολουθούσαν τις οδηγίες του όλο και με μεγαλύτερη ευχέρεια. Στις τελευταίες ασκήσεις, τα ποσοστά είναι υψηλά. Φαίνεται ότι όλες οι ομάδες εστίαζαν την προσοχή τους από την αρχή στις οδηγίες του ΦΕ και μένανε στο πλαίσιό του σε όλη τη διάρκεια της άσκησης. Με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 1, γίνεται

φανερή η σταδιακή αύξηση του ποσοστού κάλυψης των δραστηριοτήτων των ΦΕ με την εξέλιξη της εφαρμογής. Τα υψηλά ποσοστά κάλυψης των τελευταίων ασκήσεων φανερώνουν και την σχετική δεξιότητα την οποία είχαν αποκτήσει οι μαθητές στον χειρισμό των πειραματικών διατάξεων με βάση το Φύλλο Εργασίας.

		Άσκηση 1	**Άσκηση 2**	**Άσκηση 3**	**Άσκηση 4**
Σχολείο 1	**Τμήμα 1**	43 %	76 %	88 %	93 %
	Τμήμα 2	45 %	88 %	92 %	97 %
Σχολείο 2	**Τμήμα 1**	50 %	95 %	100 %	100 %
	Τμήμα 2	39 %	74 %	100 %	100 %
Μέσος όρος συνόλου		**44 %**	**83 %**	**95 %**	**98 %**

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Ποσοστό έργων που διεκπεραιώθηκαν από τους μαθητές της έρευνας

Η ενεργός συμμετοχή των μαθητών κατά τη διεξαγωγή των ασκήσεων προϋποθέτει την ύπαρξη ή την απόκτηση και την καλλιέργεια από μέρους τους, δεξιοτήτων χειρισμού των στοιχείων της πειραματικής διάταξης. Πέρα από τα υλικά του πειράματος οι μαθητές έπρεπε να εξοικειωθούν με το χειρισμό και της ΣΔ, τόσο σε επίπεδο χρήσης του υλικού (πχ σύνδεση αισθητήρων και κεντρικής μονάδας) όσο και με το χειρισμό του αντίστοιχου λογισμικού (επιλογή ρυθμού δειγματοληψίας, αποθήκευση και επεξεργασία δεδομένων κτλ). Με βάση τα δεδομένα φαίνεται ότι πολλοί μαθητές κατόρθωσαν να αναπτύξουν τις απαιτούμενες χειριστικές δεξιότητες.

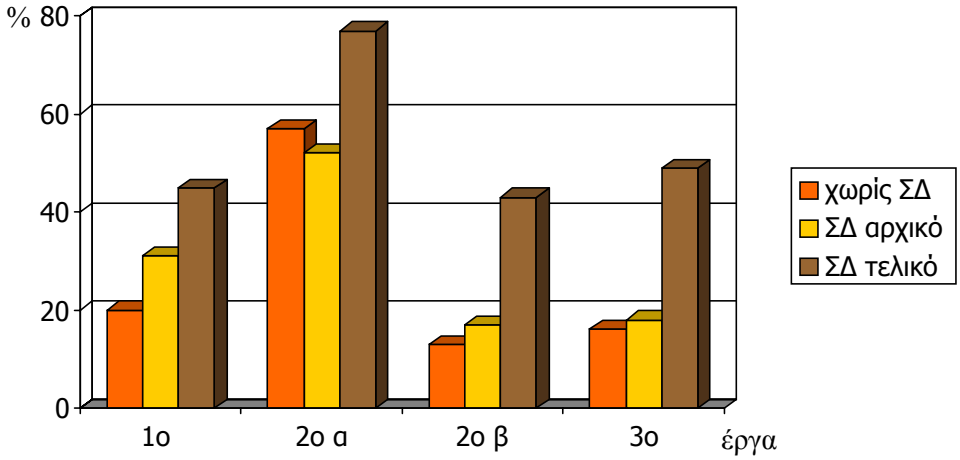
Θεωρούμε ότι η πραγματοποίηση των ασκήσεων με βάση συγκεκριμένο Φύλλο Εργασίας, αποτέλεσε μια βασική παράμετρο της εφαρμογής η οποία ήταν πρωτόγνωρη για τους μαθητές. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το Φύλλο Εργασίας ήταν ομαδικό και οι μαθητές εργάζονταν σε ομάδες των τεσσάρων περίπου ατόμων. Το γεγονός αυτό επέβαλε, ως μέρος της ικανότητας εκτέλεσης των ασκήσεων, οι μαθητές να αναπτύξουν και δεξιότητες συνεργασίας στο πλαίσιο της ομάδας για την επιτυχή εκτέλεσή τους. Πέρα από τα πιο πάνω αποτελέσματα κατά τη διάρκεια της εφαρμογής παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές συνεργάζονταν ικανοποιητικά μέσα στο πλαίσιο της ομάδας παρόλο που η διαδικασία αυτή δεν ήταν μέσα στην συνηθισμένη σχολική πρακτική. Θεωρούμε ότι το επίπεδο συνεργασίας των μαθητών υποβοήθησε σημαντικά την ομαλή διεξαγωγή και ολοκλήρωση των ασκήσεων η οποία αποτυπώνεται στον Πίνακα 1.

Β. Δεξιότητες χειρισμού Γραφικών Παραστάσεων

Στο κοινό ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους μαθητές πριν και μετά την εφαρμογή των ασκήσεων περιέχονταν έργα που στόχευαν στη καταγραφή των δεξιοτήτων των μαθητών σχετικά με την κατασκευή και ερμηνεία γραφικών παραστάσεων.

Τόσο το αρχικό όσο και το τελικό ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκαν από τους μαθητές μέσα στην τάξη, κατά τη διάρκεια μιας διδακτικής ώρας, υπό την επίβλεψη του καθηγητή του τμήματος. Τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια εξετάστηκαν κατόπιν ως προς το ποσοστό των ορθών απαντήσεων που περιέχονταν σε αυτά.

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα για τα δύο σχολεία της εφαρμογής:



ΣΧΗΜΑ 3. Τα ποσοστά επιτυχών αποκρίσεων στα έργα του ερωτηματολογίου

Στο πρώτο (1ο) έργο, ζητούνταν από τους μαθητές να επιλέξουν ποια λεκτική περιγραφή, από μια σειρά εναλλακτικών περιγραφών, αντιστοιχεί στην γραφική παράσταση που τους δίνεται. Το τμήμα που δεν συμμετείχε στην εφαρμογή εμφανίζει μικρότερο ποσοστό ορθής επιλογής της κατάλληλης περιγραφής, σε σύγκριση με τα τμήματα της έρευνας, τόσο πριν όσο και μετά την εφαρμογή. Σε ότι αφορά τα τμήματα της έρευνας, αυτά εμφανίζουν αξιοσημείωτη πρόοδο στην ικανότητα επιλογής της ορθής λεκτικής περιγραφής. Η πρόοδος αυτή θα μπορούσε να αποδοθεί στην επαφή των μαθητών με τη σειρά των ασκήσεων, καθώς η κλασική διδασκαλία όπως εκτελέστηκε από τον ίδιο καθηγητή, δεν φαίνεται να βοήθησε τους μαθητές του τμήματος αναφοράς να επιτύχουν ανάλογα ποσοστά ορθών απαντήσεων.

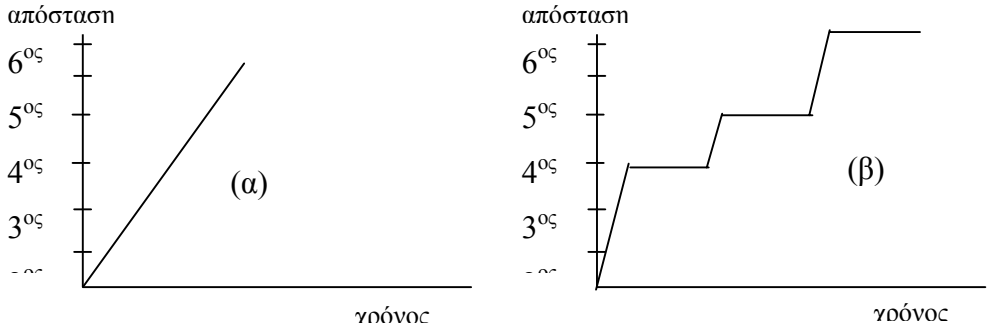
Στο δεύτερο έργο, το οποίο αποτελείται από δύο επιμέρους τμήματα (2ο α και 2ο β), καλούσε τους μαθητές να εξάγουν στοιχεία από τα σφαιρικά και τοπικά χαρακτηριστικά μιας ΓΠ. Τα τμήματα που συμμετείχαν στην έρευνα, πριν την υλοποίηση των ασκήσεων και το τμήμα αναφοράς που συμπλήρωσε το ερωτηματολόγιο στο τέλος, εμφανίζουν παραπλήσιες επιδόσεις στα ανωτέρω έργα, στοιχείο που δηλώνει ότι η κλασική διδασκαλία δεν βοήθησε τους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες χειρισμού ΓΠ. Μετά την εφαρμογή των ασκήσεων, τα τμήματα που συμμετείχαν στην έρευνα εμφάνισαν πρόοδο σε ό,τι αφορά τις σχετικές δεξιότητες. Συγκεκριμένα, στο έργο (2ο α) εμφανίζεται σημαντική αύξηση των ποσοστών ορθών απαντήσεων και στο (2ο β) το ποσοστό ορθών απαντήσεων μετά την εφαρμογή ήταν υπερδιπλάσιο του αρχικού.

Το 3ο έργο (Σχήμα 2), ζητούσε από τους μαθητές να κατασκευάσουν ΓΠ με βάση την λεκτική περιγραφή που τους δινόταν. Όπως και προηγουμένως, τα τμήματα που συμμετείχαν στην έρευνα, πριν την υλοποίηση των ασκήσεων και το τμήμα αναφοράς, εμφανίζουν παραπλήσιες επιδόσεις. Μετά όμως την ολοκλήρωση της εφαρμογής, τα τμήματα που συμμετείχαν σ' αυτήν, εμφανίζουν σημαντική βελτίωση των δεξιοτήτων τους. Συγκεκριμένα, το ποσοστό ορθών απαντήσεων στο τελικό ερωτηματολόγιο ήταν υπερδιπλάσιο του αρχικού.

Αναλύουμε στη συνέχεια ενδεικτικά, αποτελέσματα τα οποία προέρχονται από το τρίτο έργο. Μεταφέρουμε ως εκ τούτου, τις κατασκευές γραφικών παραστάσεων που έκανε ένας μαθητής στη τρίτη ερώτηση του αρχικού και τελικού ερωτηματολόγιου (Σχήμα 4 α,β) καθώς και τα αντίστοιχα αποσπάσματα της συνέντευξης. Τα αποτελέσματα φανερώνουν την εξέλιξη των δεξιοτήτων σχετικών με ΓΠ του μαθητή.

Ο μαθητής αιτιολογώντας τον τρόπο κατασκευής της ΓΠ δηλώνει κατά τη διάρκεια της αρχικής συνέντευξης (αναφέρεται στο Σχήμα 4α): *«..το ασανσέρ ξεκινάει από το ισόγειο, δηλαδή από το μηδέν, από εδώ και σταματάει για 10 δευτερόλεπτα στον 3ο, δηλαδή κάπου εδώ, άρα έτσι είναι το διάγραμμα..»*

ενώ στη τελική συνέντευξη (αναφέρεται στο Σχήμα 4β): *«...έκανα το διάγραμμα, στον τρίτο όροφο σταμάτησε, πήγε οριζόντια [η ΓΠ], έκατσε μερικά δευτερόλεπτα, μετά ξεκίνησε ξανά...»*



ΣΧΗΜΑ 4. *Απαντήσεις ενός μαθητή στο 3ο έργο πριν (α) και μετά (β) την εφαρμογή των ασκήσεων.*

Όπως παρατηρείται στο Σχήμα 4α, πριν την εφαρμογή των ασκήσεων ΣΔ, ο μαθητής δεν έχει την ικανότητα να σχηματίσει την ΓΠ με βάση την λεκτική περιγραφή. Σχεδιάζει ένα ευθύγραμμο τμήμα δείχνοντας την διαδικασία ανόδου αλλά δεν αποτυπώνει στην ΓΠ τις ενδιάμεσες φάσεις της ανόδου (διαστήματα στάσης του ανελκυστήρα). Είναι φανερή η μειωμένη ικανότητα κατασκευής ΓΠ από μια λεκτική περιγραφή.
Αντίθετα, στο Σχήμα 4β ο ίδιος μαθητής, μετά την εφαρμογή των ασκήσεων ΣΔ, έχει την ικανότητα να σχηματίσει την ΓΠ με βάση την λεκτική περιγραφή. Βέβαια το στάδιο της καθόδου δεν αποτυπώνεται στην ΓΠ. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο έργο είναι ανεξάρτητο του περιεχομένου της Φυσικής που περιλαμβάνονταν στις ασκήσεις ΣΔ. Αρχικά ο μαθητής δεν ήταν σε θέση να μετατρέψει την λεκτική περιγραφή σε ΓΠ η οποία ανταποκρίνεται σ' αυτή. Μετά την εφαρμογή των ασκήσεων ο μαθητής, όπως φαίνεται από το απόσπασμα της συνέντευξης, έχει κατανοήσει ότι αμετάβλητη απόσταση αναπαρίσταται με οριζόντιο ευθύγραμμο τμήμα στην ΓΠ ενώ συνολικά η εικόνα της ΓΠ ανταποκρίνεται στην λεκτική περιγραφή. Τόσο από τα αποσπάσματα των συνεντεύξεων όσο και από το Σχήμα 4, είναι εμφανής η σημαντική βελτίωση των δεξιοτήτων κατασκευής ΓΠ
Με βάση το Σχήμα 3 αλλά και τα δεδομένα των συνεντεύξεων, είναι φανερό ότι υπάρχουν θετικές ενδείξεις για την επίδραση της διεξαγωγής της σειράς των ασκήσεων με τη χρήση ΣΔ. Συγκεκριμένα, από τα ποσοστά του Σχήματος 3, μπορεί να παρατηρήσει κανείς πως τα τμήματα εφαρμογής των ΣΔ παρουσίασαν αξιοσημείωτη αύξηση των ποσοστών ορθών απαντήσεων σε ότι αφορά έργα σχετικά με γραφικές παραστάσεις. Σε δύο από τα έργα μάλιστα, τα ποσοστά αυτά υπερδιπλασιάστηκαν μεταξύ αρχικού και τελικού ερωτηματολογίου. Το τμήμα το οποίο δεν είχε καμιά επαφή με τις ΣΔ, εμφανίζεται στο τελικό ερωτηματολόγιο να βρίσκεται πολύ κοντά στα ποσοστά των τμημάτων της εφαρμογής που παρουσίασαν στο αρχικό ερωτηματολόγιο.

Συμπεράσματα

Με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της πιλοτικής εφαρμογής, τόσο από τα ερωτηματολόγια, όσο και από τα ΦΕ που συμπλήρωσαν οι μαθητές, προκύπτουν συμπεράσματα που αφορούν την εφαρμοσιμότητα των ασκήσεων και την ανάπτυξη δεξιοτήτων χειρισμού γραφικών παραστάσεων. Τα συμπεράσματα υπόκεινται στους περιορισμούς της έρευνας η οποία διεξήχθη στις συνθήκες εργασίας του Λυκείου.
Με τη χρονική εξέλιξη της διδασκαλίας και από άσκηση σε άσκηση, οι μαθητές κατάφερναν να ολοκληρώνουν όλο και μεγαλύτερο ποσοστό των έργων των Φύλλων Εργασίας. Αυτό μπορεί κατ΄ αρχήν να θεωρηθεί ως ένδειξη ανάπτυξης δεξιοτήτων χειρισμού της πειραματικής διάταξης, του λογισμικού και της ΣΔ. Μπορεί επιπλέον να υποδηλώνει την εξοικείωση των

μαθητών με το περιβάλλον εργαστηριακής άσκησης, πράγμα ιδιαίτερα σημαντικό για την εφαρμογή των ΣΔ στο Ελληνικό Λύκειο. Φαίνεται δηλαδή ότι η περιορισμένη εργαστηριακή εμπειρία των μαθητών σε κλασσικό εργαστήριο δεν αποτέλεσε εμπόδιο για την εξέλιξή τους στο Συγχρονικό εργαστήριο. Πρόκειται για μία πτυχή της αποτελεσματικότητας του εργαστηρίου ΣΔ η οποία μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στο σχεδιασμό τους και υποδηλώνει ότι θα μπορούσε να είναι δυνατή η εφαρμογή εργαστηρίων ΣΔ, χωρίς εκτεταμένη προηγούμενη εμπειρία σε κλασικό εργαστήριο.

Σε ότι αφορά τις δεξιότητες γραφικών παραστάσεων επισημαίνουμε ότι η μελέτη τους είναι αντικείμενο λίγων ερευνών στην Ελλάδα και διεθνώς. Από την παρούσα εργασία, μπορεί να υποστηριχτεί ότι οι δραστηριότητες εργαστηριακών ασκήσεων που υποστηρίζονται από ΣΔ, αν και αυτές αναφέρονται σε περιεχόμενο από τη περιοχή των Φυσικών Επιστημών, βοηθούν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων χειρισμού γραφικών παραστάσεων που αναφέρονται σε γενικό περιεχόμενο. Επιπλέον, από την ανάλυση των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε οτι τα τμήματα που χρησιμοποίησαν ΣΔ, υπερτερούν σημαντικά σε όλα τα επιμέρους έργα σε ποσοστό ορθών απαντήσεων, σε σχέση με το τμήμα που δεν είχε καμία επαφή με τις ΣΔ. Η επίτευξη έως και υπερδιπλάσιων ποσοστών ορθών απαντήσεων από τα τμήματα που είχαν επαφή με τη σειρά των ασκήσεων με χρήση ΣΔ, μπορεί να θεωρηθεί ως μια ισχυρή ένδειξη ότι οι ΣΔ είχαν θετική επίπτωση στην απόκτηση των δεξιοτήτων χειρισμού γραφικών παραστάσεων, σε συμφωνία με τη διεθνή βιβλιογραφία.

Σημ. Η παρούσα έρευνα υποστηρίχτηκε από Ι.Τ.Υ. στο πλαίσιο προγράμματος "Οδύσσεια".

Αναφορές

-Barton, R., Computer-Aided Graphing: A comparative study. *Journal of Information Technology for Teacher Education*. Vol. 6, No 1, p59-72.

-Brasell, H., “The Effect of Real-Time Laboratory Graphing on Learning Graphic Representations of Distance and Velocity”, *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 24, Nº 4, 385-395, (1987).

-Fourier Systems, Ltd., Multilog - DBLab User's Manual, Israel, (1998)

-Giddings, G. J., Hofstein, A. & Lunetta, V. N., Assessment and evaluation in the science laboratory. In Woolnough B. E. (ed), *Practical Science.* OU Press London, (1991).

-Hodson, D., Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education,* 22, 85-142, (1993).

-Καράνης, Γ., Ανάπτυξη συγχρονικών πειραμάτων για τη διδασκαλία της Φυσικής στο Λύκειο, με εφαρμογή στη περιοχή της Μηχανικής. Διπλωματική εργασία στο πλαίσιο ΠΜΣ "Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες", ΠΤΔΕ, ΑΠΘ, (2000).

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

-Μπισδικιάν Γκ. & Ψύλλος, Δ. "Ανάπτυξη γνώσης περιεχομένου και απόκτηση δεξιοτήτων γραφικών παραστάσεων: Η περίπτωση της Θερμότητας", *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών*, Αριστ. Πανεπιστ. Θεσσαλονίκης, Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, (1998).

-Psillos D., Niedderer H. & Vicentini M., Case studies on innovative types of Labwork. In Caravita et al, *Research in Science Education in Europe* pp 201-209, Kluwer, the Netherlands, (1999).

-Rogers, L.T., “The computer as an aid for exploring graphs”, *SSR*, 76, 276, (1995).

-Roth, W.M. & McGinn, M.K., “Graphing: Cognitive Ability or Practice?”, *Science Education*. 81, pp91-106, (1997).

-Thorton R., "Tools for scientific thinking: Learning physical concepts with real-time laboratory measurement tools", *In Redish E. et al (Eds), Proc. Conf. Computers in Phys. Instruction*, Addison Wesley, Reading, MA 177-189, (1989).

-Τσώνος, Χ., Καράνης, Γ., Μπισδικιάν, Γ. & Ψύλλος, Δ., "Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Εργαστηριακών Ασκήσεων Μηχανικής Λυκείου υποστηριζόμενες από Η/Υ", Ανακοίνωση στο Συνέδριο *Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και η Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Πανεπιστήμιο Κύπρου, (2000).