

Χρήση πειραμάτων απομακρυσμένης πρόσβασης με ασύρματη επικοινωνία στη διδασκαλία φυσικής: ανασκόπηση βιβλιογραφίας και προτάσεις

Μπολανάκης Δ., Κώτσης Κ.

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
dbolanakis@ieee.org & kkotsis@cc.uoi.gr

Η διδασκαλία με ασύρματη επικοινωνία αποτελεί ένα σύγχρονο παράδειγμα εφαρμογής νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση. Παρόλο που στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχει μεγάλη διάδοση της εφαρμογής αυτής στην εκπαίδευση των μηχανικών, ένας πολύ περιορισμένος αριθμός παραδειγμάτων συναντάται στον τομέα της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Στην εργασία αυτή γίνεται ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας και διερευνώνται τα πλεονεκτήματα / μειονεκτήματα διεξαγωγής πειραμάτων φυσικής από απόσταση. Συζητούνται επίσης, προτάσεις υλοποίησης εξ αποστάσεως πειραμάτων με ασύρματη επικοινωνία για την διδασκαλία της Φυσικής για μαθητές ή/και φοιτητές.

Εισαγωγή

Ο ρόλος του εργαστηρίου είναι σημαντικός ειδικότερα για την δευτεροβάθμια εκπαίδευση, αλλά και το Πανεπιστήμιο διότι οι μαθητές μπορούν να οικοδομούν την γνώση τους για τις έννοιες της Φυσικής, να ανακαλύπτουν σχέσεις καθώς επίσης και να επιβεβαιώνουν την επιστημονική άποψη. Αυτή η γνώση δεν μπορεί απλά να μεταφερθεί με το διδάσκοντα αλλά πρέπει να αναπτυχθεί από τους μαθητές/φοιτητές σε αλληλεπίδραση με τη φύση και το διδάσκοντα. Οι εμπλεκόμενοι στη διδασκαλία και μάθηση πολλών εννοιών στη φυσική, αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση τους και οι εναλλακτικές ιδέες τους είναι έντονες και αντιστέκονται στην αλλαγή. Όταν χρησιμοποιηθούν παραδοσιακές διδακτικές προσεγγίσεις, είναι αμφίβολο εάν οι μαθητές είναι σε θέση να αφομοιώσουν την επιστημονική θεώρηση. Απαιτείται να αφιερωθεί πολύ περισσότερος χρόνος σε θεμελιώδεις έννοιες στο πλαίσιο κατάλληλων μαθησιακών περιβαλλόντων, για να παρέχονται στους εμπλεκόμενους ευκαιρίες για να οικοδομούν τις ιδέες τους, να εφαρμόζουν και να δοκιμάζουν τις αντιλήψεις τους και να επαναλαμβάνουν όσα έχουν κατανοήσει σε ένα όχι «κριτικό» αλλά σε ένα υποστηρικτικό περιβάλλον μάθησης (Dykstra κ.α. 1992).

Συνεπώς, η μαθησιακή διαδικασία πρέπει να οδηγεί στην προοδευτική διαφοροποίηση ανάμεσα στις αντιλήψεις των ατόμων και την επιστημονική γνώση για τις έννοιες. Μια προσέγγιση στο πλαίσιο της οποίας μπορούν να δημιουργηθούν οι συνθήκες για επίτευξη εννοιολογικής κατανόησης των εννοιών είναι ο πειραματισμός μέσω διερώτησης, ο οποίος μπορεί να εφαρμοστεί τόσο μέσω πειραματισμού σε πραγματικό εργαστήριο, όσο και μέσω πειραματισμού σε απομακρυσμένο εργαστήριο (Finkelstein κ.α. 2005). Ο πειραματισμός σε πραγματικό εργαστήριο ορίζεται ως μια μαθησιακή εμπειρία, η οποία επιτρέπει στα άτομα να αλληλεπιδρούν με πραγματικά υλικά και μοντέλα με σκοπό την παρατήρηση και κατανόηση φυσικών φαινομένων και ο πειραματισμός σε απομακρυσμένο εργαστήριο ως μια μαθησιακή εμπειρία η οποία επιτρέπει στα άτομα να αλληλεπιδρούν με εικονικά (ή και πραγματικά σε κάποιες περιπτώσεις) υλικά και μοντέλα με σκοπό την παρατήρηση και κατανόηση φυσικών φαινομένων.



Πολλές έρευνες στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών έχουν εντοπίσει ως βασικό πλεονέκτημα, τόσο του πραγματικού όσο και του απομακρυσμένου εργαστηρίου, το γεγονός ότι επιτρέπουν στα άτομα να αλληλεπιδρούν πειραματικά με υλικά και μοντέλα (Hofstein & Lunetta 2004, Windschitl 2001). Παρέχουν, δηλαδή, τη δυνατότητα στα άτομα να διερευνήσουν το γεγονός που τους παρουσιάζεται αλλάζοντας πραγματικά ή εικονικά τις τιμές των παραμέτρων, ενεργοποιώντας διαδικασίες και παρατηρώντας τα αποτελέσματα των ενεργειών τους. Τα άτομα μπορούν με αυτό τον τρόπο να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα των φυσικών επιστημών, όπως αυτά παρουσιάζονται μέσα από τα εικονικά ή πραγματικά πειράματα, να συγκρίνουν τα αποτελέσματα που προκύπτουν με τις δικές τους αντιλήψεις, να διατυπώσουν και να διερευνήσουν υποθέσεις και να επιλύσουν πιθανές ασυμφωνίες ανάμεσα στις ιδέες τους και σε αυτές που παρουσιάζονται στα πειράματα (Hofstein & Lunetta 2004, Tao & Gunstone 1999). Ο συνδυασμός αυτών των δυνατοτήτων κάνει τον πειραματισμό τόσο σε πραγματικό όσο και σε απομακρυσμένο εργαστήριο ιδανικές μεθόδους για προώθηση της εννοιολογικής αλλαγής.

Είναι ευρύτατα αποδεκτό ότι οι ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις των τελευταίων ετών και η διάδοση των ΤΠΕ έχουν άμεση επίδραση στην εκπαίδευση και αλλάζουν τη δομή, το περιεχόμενο, τους στόχους και όλες τις πτυχές της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Η αξιοποίηση των παιδαγωγικών χαρακτηριστικών των ΤΠΕ προσφέρει δυνατότητες ριζικών αλλαγών στο πλαίσιο διδασκαλίας και μάθησης, με πιο σημαντική τη δυνατότητα μετακίνησης από το δασκαλοκεντρικό σύστημα διδασκαλίας σε ανοικτά περιβάλλοντα, τα οποία ευνοούν την ενεργητική, αλληλεπιδραστική και συνεργατική μάθηση για όλους τους μαθητές. Τέτοιου είδους μάθηση είναι ο πειραματισμός στην διδασκαλία της Φυσικής.

Εξήντα τρία χρόνια (Bush 1945) από τη σύλληψη μιας ιδέας και μόλις δεκαεννιά (Berners-Lee 1989) από την ανακοίνωση μιας πρότασης για την υλοποίηση του παγκόσμιου ιστού (WWW – World Wide Web), η χρήση του διαδικτύου βρήκε πολύ γρήγορα απήχηση στον τομέα της εκπαίδευσης, αποτελώντας πλέον αναπόσπαστο μέρος της διδασκαλίας και της εκμάθησης. Η εκπαίδευση μέσω διαδικτύου, ή εξ αποστάσεως εκπαίδευση όπως συνηθίζεται, ξεκίνησε με την παροχή διαλέξεων για την κάλυψη θεωρητικών μαθημάτων, ενώ πολύ γρήγορα πήρε μορφή διαδραστικών διαλέξεων, παρέχοντας τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης των διδασκόμενων με τους διδάσκοντες, καθώς και με έτερους διδασκόμενους. Σήμερα, η εξ αποστάσεως εκπαίδευση χρησιμοποιείται εξίσου και στη διεξαγωγή πειραμάτων, αποσκοπώντας στη βαθύτερη κατανόηση των θεωρητικών εννοιών και τη συσχέτιση αυτών με τον πραγματικό κόσμο. Θα μπορούσε λοιπόν κανείς να προβεί σ' ένα γενικό διαχωρισμό της εκπαίδευσης από απόσταση με βάση την ιδιότητα ενός μαθήματος, δηλαδή στην α) εξ αποστάσεως μελέτη και β) στον εξ αποστάσεως πειραματισμό. Επιπλέον, ένας ειδικός διαχωρισμός σε α) διαδραστική και β) μη-διαδραστική μορφή διδασκαλίας μπορεί να ληφθεί υπόψη βάσει της μεθοδολογίας με την οποία διεξάγεται η εξ αποστάσεως μελέτη ή/και πειραματισμός. Ο διαχωρισμός αυτός προσδιορίζεται από τη δυνατότητα αμφίδρομης (ή όχι αντίστοιχα) επικοινωνίας του εκπαιδευτικού μέσου διδασκαλίας με τους διδασκόμενους. Τελευταία, η διαδεδομένη χρήση των τεχνολογιών ασύρματης επικοινωνίας (και δη των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στην κινητή τηλεφωνία) μπορεί να αποδεσμεύσει τη συνυφασμένη έννοια της εκπαίδευσης από απόσταση με την εκπαίδευση μέσω διαδικτύου, προβαίνοντας σε ένα περαιτέρω διαχωρισμό της εκπαίδευσης από απόσταση. Στο σημείο αυτό επιχειρούμε να προβούμε σε ένα ακόμη διαχωρισμό της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης, εισάγοντας τις έννοιες α) εξ αποστάσεως εκπαίδευση διαδικτυακής επικοινωνίας και β) εξ αποστάσεως εκπαίδευση εναλλακτικής επικοινωνίας για τον τεχνολογικό αυτό διαχωρισμό. Στη παρούσα εργασία, δίδεται έμφαση στον εξ αποστάσεως διαδραστικό πειραματισμό εναλλακτικής επικοινωνίας και στη συμβολή αυτού στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών.

Ο εξ αποστάσεως πειραματισμός

Στη διεθνή βιβλιογραφία συναντάται πληθώρα προτάσεων για τη διεξαγωγή πειραμάτων από απόσταση (Amadou κ.α. 2006, Baccigalupi κ.α. 2006, Deniz κ.α. 2003, Fallery κ.α. 2008, Gravier κ.α. 2007, Hanson κ.α. 2008, Kolias κ.α. 2008), οι οποίες διακρίνονται δε δυο κατηγορίες πειραμάτων: α) τα πειράματα προσομοιώσεων και β) τα πειράματα απομακρυσμένης πρόσβασης. Τα πρώτα προσομοιώνουν τη χρήση ενός εργαστηριακού εξοπλισμού για τη συλλογή και την ανάλυση «μη-πραγματικών» δεδομένων, ενώ τα τελευταία παρέχουν πρόσβαση σε πραγματικό εργαστηριακό εξοπλισμό, λαμβάνοντας και αναλύοντας πραγματικά δεδομένα. Και οι δύο κατηγορίες πειραμάτων προορίζονται να συμπληρώσουν τις αδυναμίες του παραδοσιακού πειραματισμού, οι οποίες είναι συνάρτηση του κόστους των εργαστηριακών εξοπλισμών καθώς και του χρόνου διεξαγωγής των πειραμάτων. Σε καμία περίπτωση όμως δε δύνανται να αντικαταστήσουν τον παραδοσιακό πειραματισμό, καθότι η επαφή των διδασκόμενων με έναν πραγματικό εργαστηριακό εξοπλισμό είναι αποδεδειγμένα η αποτελεσματικότερη μέθοδος συσχέτισης των θεωρητικών εννοιών με τις πραγματικές συνθήκες (Deniz κ.α. 2007). Συγκρίνοντας τις δύο κατηγορίες διεξαγωγής πειραμάτων από απόσταση, τα πειράματα απομακρυσμένης πρόσβασης πλεονεκτούν των πειραμάτων προσομοιώσεων όσον αφορά την αλληλεπίδραση των διδασκόμενων με πραγματικές συνθήκες, γεγονός που τα καθιστά άμεσα σε μειονεκτικότερη θέση όσον αφορά το κόστος υλοποίησης, αλλά και τη δυσκολία εκμάθησης χειρισμού ενός πραγματικού εργαστηριακού εξοπλισμού. Στο σημείο αυτό επιχειρούμε να διαχωρίσουμε τις δύο κατηγορίες πειραματισμού από απόσταση με γνώμονα την έννοια της διαδραστικότητας. Παρόλο που και στις δύο κατηγορίες παρέχεται η δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας του εκπαιδευτικού μέσου διδασκαλίας με τους διδασκόμενους, επιλέγουμε τον όρο διαδραστικός πειραματισμός από απόσταση όταν αναφερόμαστε στα πειράματα απομακρυσμένης πρόσβασης. Αφορμή γι' αυτόν το διαχωρισμό αποτελεί το γεγονός ότι, στον πειραματισμό (με την ευρεία έννοια του όρου) η βαθύτερη κατανόηση των θεωρητικών εννοιών και η συσχέτιση αυτών με τον πραγματικό κόσμο οφείλεται, σε ένα μεγάλο βαθμό, στη μελέτη και ανάλυση μεταβολών των πειραματικών μετρήσεων σε σχέση με τις αναμενόμενες μετρήσεις, οι οποίες προκαλούνται από εξωγενείς παράγοντες (δηλ. τυχαία ή συστηματικά σφάλματα).

Παραδείγματα διαδραστικού πειραματισμού από απόσταση συναντώνται κυρίως στην εκπαίδευση των μηχανικών και αυτό διότι, μέρος της εκπαίδευσης αποτελεί πολλές φορές η εκμάθηση ανάπτυξης τεχνικών και ηλεκτρονικών συσκευών για τον έλεγχο απομακρυσμένων διατάξεων (Lazar. & Carari 2008, Leva & Donida 2008). Αυτός ίσως είναι και ο κύριος λόγος που δε συναντώνται εξίσου συχνά στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών. Πάραυτα, στη διεθνή βιβλιογραφία εντοπίζονται κατά καιρούς σοβαρές μελέτες διαδραστικού πειραματισμού φυσικής από απόσταση (Harms 2000, Kocijancic 2002, Lee κ.α. 2002, Thomsen 2005, Schauer κ.α. 2008), η εκπαιδευτική συνεισφορά των οποίων συνοψίζεται στα ακόλουθα ζητήματα: α) στην ανάγκη περιορισμού των ακριβών και πολύπλοκων εξοπλισμών που απαιτούνται συχνά στα πειράματα φυσικής, β) στην παροχή ευελιξίας όσον αφορά τη διεξαγωγή χρονοβόρων πειραμάτων που δε δύνανται να καλυφθούν στο προβλεπόμενο χρόνο οργάνωσης και εκτέλεσης εργαστηριακών ασκήσεων και γ) στην αποφυγή έκθεσης των διδασκόμενων σε κινδύνους, όπως για παράδειγμα κατά τη διεξαγωγή πειραμάτων για τη μέτρηση ακτινοβολίας (Lee κ.α. 2002).

Πρόταση για τη διδασκαλία Φυσικών Επιστημών

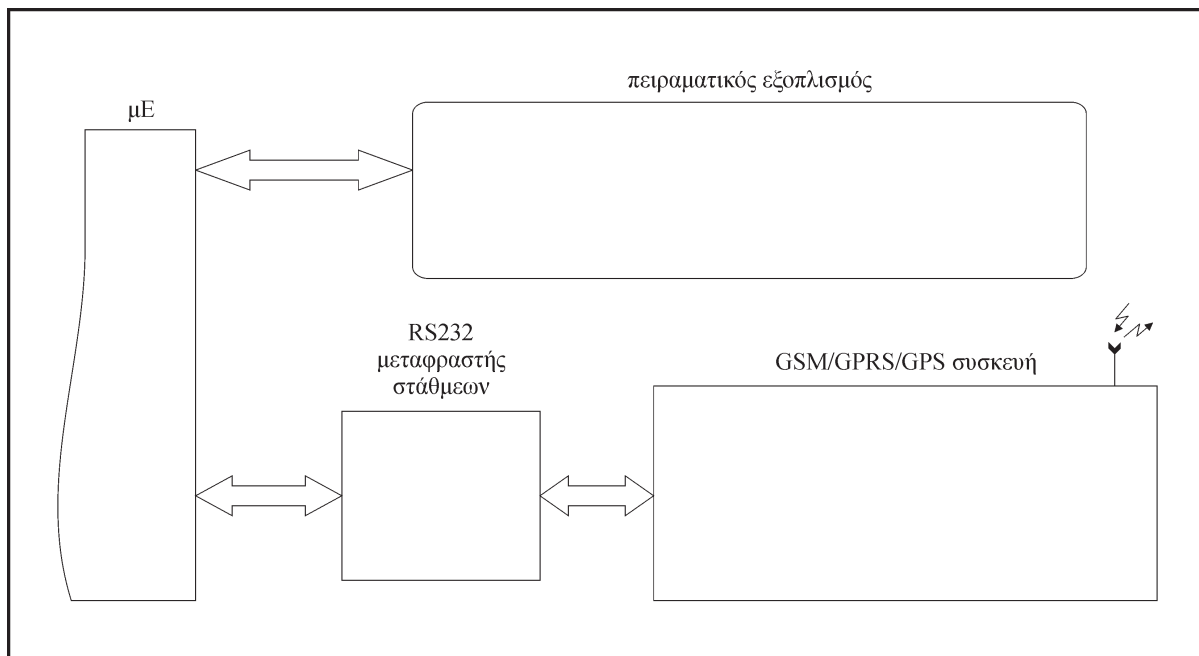
Είναι γνωστό ότι ο τρόπος που αναπτύσσεται η σχολική γνώση στις φυσικές επιστήμες καθορίζεται από παλιές (ξεπερασμένες) αντιλήψεις για την επιστημονική γνώση και τη μάθηση (Τζιμογιάννης & Σιόρεντα 2007). Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη πώς η εκπαιδευτική σκέψη εξελίσσεται και μετακινείται σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, το οποίο καθορίζεται από την



τεχνολογία και τις επαγόμενες αλλαγές στην κοινωνία. Το εκπαιδευτικό σύστημα δεν πρέπει να προετοιμάσει κατάλληλα τους μαθητές/σπουδαστές για την κοινωνία του μέλλοντος και αυτό δεν γίνεται αν η εκπαίδευσή τους στις φυσικές επιστήμες βασίζεται στους στόχους, στις μεθοδολογίες και στα μέσα του παρελθόντος.

Στο Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων βρίσκεται υπό ανάπτυξη ένα απομακρυσμένο εργαστήριο πειραματισμού φυσικής. Το μπλοκ διάγραμμα του συστήματος απεικονίζεται στο σχήμα 1. Την «καρδιά» του συστήματος αποτελεί μία συσκευή GSM/GPRS/GPS ελεγχόμενη από ένα μικροελεγκτή. Η υλοποίηση αυτή επιτρέπει την πρόσβαση του εργαστηριακού εξοπλισμού μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Δεδομένου ότι η κινητή τηλεφωνία αποτελεί το δημοφιλέστερο μέσο επικοινωνίας στις μέρες, παρατηρείται τον τελευταίο καιρό μεγάλη αποδοχή και χρήση των κινητών τηλεφώνων στην εκπαίδευση (Chompu-Inwai & Doolen 2008, Istanbul 2008, Milrad & Jackson 2008, Palmer & Hall 2008, Ramaswamy κ.α. 2008, Zhang, κ.α. 2008). Ακολουθώντας τις τρέχουσες τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της εκπαίδευσης, οι συγγραφείς προσανατολίζονται στην επιλογή της εν λόγω τεχνολογίας, διότι α) επιτρέπει τη δημιουργία ενός αυτονομημένου και χαμηλού κόστους εκπαιδευτικού συστήματος και β) παρέχει τη δυνατότητα άμεσης πρόσβασης σε κάθε διδασκόμενο ανεξάρτητα. Η ανάγκη υλοποίησης ενός εύκολα προσαρμόσιμου και χαμηλού κόστους απομακρυσμένου εργαστηρίου φυσικής για φοιτητές/μαθητές έγκειται στο σύνθετο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα σχολεία/πανεπιστήμια, το οποίο είναι συνάρτηση του μεγάλου αριθμού των διδασκόμενων και της έλλειψης ανάλογου εργαστηριακού εξοπλισμού για την κάλυψη του πειραματικού μέρους των μαθημάτων.

Σχήμα 1: Το μπλοκ διάγραμμα του προτεινόμενου απομακρυσμένου εργαστηρίου



Το προτεινόμενο απομακρυσμένο εργαστήριο προορίζεται να καλύψει τη δυνατότητα συλλογής αριθμητικών δεδομένων από έναν απομακρυσμένο πειραματικό εξοπλισμό μέσω της υπηρεσίας γραπτών μηνυμάτων SMS (Short Message Services) η οποία, όπως αναφέρεται στη wikipedia (Wikipedia: mobile phone), αποτελεί την πιο διαδεδομένη υπηρεσία των κινητών

τηλεφώνων για τη μετάδοση δεδομένων (με ποσοστό χρήσης 74% των χρηστών κινητού τηλεφώνου παγκοσμίως). Μία εργασία βασισμένη στην ίδια τεχνολογική προσέγγιση, η οποία απευθύνεται όμως στην εκπαίδευση των μηχανικών, εντοπίζεται στο άρθρο του Onat (2008). Στο άρθρο αυτό αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι, δε διατίθεται στη διεθνή βιβλιογραφία παρόμοια εργασία που να βασίζεται στη χρήση της υπηρεσίας γραπτών μηνυμάτων SMS για την υλοποίηση ενός απομακρυσμένου πειράματος. Στη συνέχεια δίδονται κάποιες βασικές λεπτομέρειες σχεδίασης του προτεινόμενου συστήματος, οι οποίες απευθύνονται σε ερευνητές που ενδιαφέρονται να προβούν στην υλοποίηση παρόμοιων εφαρμογών.

Η υπηρεσία SMS προσδιορίζεται στα τεχνικά χαρακτηριστικά του προτύπου GSM (Global System for Mobile communications), και ο έλεγχος μιας συσκευής GSM για την αποστολή και λήψη γραπτών μηνυμάτων πραγματοποιείται μέσω ενός συγκεκριμένου ρεπερτορίου εντολών, επονομαζόμενο ως ρεπερτόριο εντολών AT (Peersman & Cvetkovic 2000). Το ρεπερτόριο αυτό χρησιμοποιήθηκε αρχικά για τον έλεγχο συσκευών modem, ενώ το όνομα του προέκυψε από μία ιδιαιτερότητα των εντολών, την έναρξη δηλαδή της κάθε εντολής με αλληλουχία των χαρακτήρων ASCII «AT». Η αποστολή των εντολών AT για τον έλεγχο της συσκευής GSM που απεικονίζεται στο Σχήμα 1, πραγματοποιείται μέσω του σειριακού πρωτοκόλλου επικοινωνίας RS232. Την επικοινωνία αυτή ελέγχει ένας μικροελεγκτής (μΕ), ο οποίος διαθέτει ενσωματωμένο υποσύστημα βασισμένο στο πρότυπο RS232. Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο μικροελεγκτής του σχήματος 1 είναι υπεύθυνος τόσο για τον έλεγχο της συσκευής GSM, όσο και για τον έλεγχο του πειραματικού εξοπλισμού, εξασφαλίζοντας με την υλοποίηση αυτή μία αυτονομημένη και χαμηλού κόστους διάταξη. Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι, η επιλογή της εν λόγω συσκευής επιτρέπει τη δυνατότητα πρόσβασης του απομακρυσμένου εργαστηρίου και μέσω του προτύπου GPRS (General Packet Radio Service), γεγονός που καθιστά εφικτή μία μελλοντική τροποποίηση του συστήματος για την αμφίδρομη επικοινωνία των χρηστών με το απομακρυσμένο εργαστήριο και μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Για τη δεύτερη μορφή υλοποίησης προτείνεται ο έλεγχος της διάταξης με τη χρήση του πακέτου ανάπτυξης γραφικού προγραμματισμού Labview, το οποίο αποτελεί ένα ιδιαίτερα δημοφιλές πακέτο ανάπτυξης ακαδημαϊκών εφαρμογών λογισμικού και δη εκπαιδευτικών εφαρμογών (Higa κ.α. 2002). Το προτεινόμενο λογισμικό πρόγραμμα θα αναλαμβάνει, εκτός από τη/τον διαχείριση/έλεγχο του υλισμικού μέρους του συστήματος, και τη/τον διαχείριση/έλεγχο κάμερας που δύνανται να παρέχει στους διδασκόμενους πλήρη εικόνα του απομακρυσμένου πειράματος. Και στις δύο περιπτώσεις υλοποίησης, η ανάπτυξη του κώδικα στον μικροελεγκτή θα πραγματοποιηθεί στη γλώσσα προγραμματισμού χαμηλού επιπέδου assembly για την επίτευξη της βέλτιστης απόδοσης του συστήματος.

Η χρήση της προτεινόμενης συνδεσμολογίας αφορά πειράματα για την εκτέλεση εντολών, όσο και για την καταγραφή και αποθήκευση των μετρήσεων. Η εμπλοκή των μαθητών σε μαθησιακές δραστηριότητες που βασίζονται σε εργαλεία των ΤΠΕ απαιτεί μια ριζικά διαφορετική φιλοσοφία σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία. Στην προτεινόμενη διαδικασία δεν προσαρμόζονται απλά τα εργαλεία των ΤΠΕ στο παραδοσιακό δασκαλοκεντρικό μοντέλο διδασκαλίας (Demetriadis et al. 2003), αλλά θα εμπλέξει τους ίδιους τους μαθητές/σπουδαστές σε κατάλληλα οργανωμένες δραστηριότητες στο εργαστήριο με τη χρήση τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι, οι δύο προτεινόμενες μορφές υλοποίησης του συστήματος βασισμένες στην ίδια μονάδα ελέγχου, επιτρέπουν τη δυνατότητα αξιολόγησης των πλεονεκτημάτων/μειονεκτημάτων πρόσβασης στο απομακρυσμένο εργαστήριο μέσω κινητών τηλεφώνων σε σύγκριση με την πρόσβαση μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή, χωρίς να απαιτείται η ανάπτυξη δύο διαφορετικών διατάξεων. Ακόμη, για την εκτίμηση του τελικού συστήματος προτείνεται ο πειραματισμός δύο ομάδων φοιτητών στην ίδια σειρά εργαστηριακών ασκήσεων, όπου η πρώτη ομάδα θα απασχοληθεί ακολουθώντας τις αρχές του παραδοσιακού



πειραματισμού, ενώ η δεύτερη θα απασχοληθεί ακολουθώντας τις αρχές του προτεινόμενου εξ αποστάσεως πειραματισμού. Τα αποτελέσματα εκμάθησης των δύο φοιτητικών ομάδων θα προσδιορίσουν την διδακτική αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος εκμάθησης.

Επίλογος

Στο άρθρο αυτό γίνεται ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας και αποσαφηνίζονται οι έννοιες του εξ αποστάσεως πειραματισμού. Οι συγγραφείς επεξηγούν τις ανάγκες υλοποίησης εργαστηρίων Φυσικής απομακρυσμένης πρόσβασης, και ανακοινώνουν το πλάνο δράσης του Εργαστηρίου Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής του Π.Τ.Δ.Ε. του Παν/μίου Ιωαννίνων. Το πλάνο αυτό αφορά την ανάπτυξη ενός πραγματικού εργαστηρίου απομακρυσμένης πρόσβασης, βασιζόμενου σε ένα σύγχρονο τρόπο επικοινωνίας μέσω των δικτύων GSM/GPRS, παρέχοντας τη δυνατότητα υλοποίησης ενός αυτονομημένου, εύκολα προσαρμόσιμου και χαμηλού κόστους εκπαιδευτικού συστήματος, ιδανικού για τις ανάγκες της ελληνικής ακαδημαϊκής κοινότητας.

Βιβλιογραφία

Τζιμογιάννης Α και Σιόρεντα Α. (2007). Παράγοντες που καθορίζουν τις στάσεις των καθηγητών Φυσικών Επιστημών για τις ΤΠΕ στη διδασκαλία τους, Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου, Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Τεύχος Γ', 939-949

Amadou, M.M.D. Saad, M. Kenne J.P. Nerguizian, V. (2006). Virtual and remote laboratories. 1st IEEE International Conference on E-Learning in Industrial Electronics, Hammamet, 173-176.

Baccigalupi, A. De Capua C. & Liccardo A. (2006). Overview on development of remote teaching laboratories: from labview to web services. Instrumentation and Measurement Technology Conference, Sorrento, 992-997.

Berners-Lee, T. (1989). Online. Available at: <http://www.w3.org/People/Berners-Lee>.

Bush, V. (1945). As we may think. Atlantic Monthly. Available at: <http://www.theatlantic.com/unbound/flashbks/computer/bushf.htm>.

Chompu-Inwai, R. & Doolen, T.L. (2008). The impact of mobile wireless technology on students attitude in higher education classroom. International Journal of Engineering Education, 24, 14-22.

Deniz, D.Z. Bulancak, A. Ozcan, G. (2003). A novel approach to remote laboratories. 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Annual Conference, Boulder CO, T3E/8-T3E/12.

Demetriadis, S., Barbas, A., Molohides, A., Palaigeorgiou, G., Psillos, D., Vlahavas, I., Tsoukalas, I. & Pombortsis, A. (2003), "Cultures in negotiation": teachers' acceptance/resistance attitudes considering the infusion of technology into schools, Computers & Education, 41(1), 19-37

Dykstra, D.I. Boyle, F. & Monarch, A. (1992). Studying conceptual change in learning physics. Physics Education, 76, 615-665.

Fallery, B. Gerbaix, S. & Ologeanu R. (2008). Videotraining: a comparison between "virtual class" and "remote class". International Symposium on Collaborative Technologies and Systems, Irvine CA, 440-445.

- Finkelstein, N.D. Adams, W.K. Keller, C.J. Kohl, P.B. Perkins, K.K. Podolefsky, N.S. Reid S. & LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: a study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 1, 1-8.
- Gravier, C. Fayolle, J. Bayard, B. Ates, M. & Lardon, J. (2007). Remote laboratories: proposed guidelines. 2nd International Conference on Digital Information Management, Lyon France, 786-792.
- Hanson, B. Culmer, P. Gallagher, J. Page, K. Read, E. Weightman, A. & Levesley M. (2008). Remote laboratories in the curriculum. 11th IASTED International on Conference Computers and Advanced Technology in Education, Crete, 160-165.
- Harms, U. (2000). Virtual and remote labs in physics education. 2nd European Conference on Physics Teaching in Engineering Education, Budapest, 1-6.
- Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Higa, M.L., Tawy, D.M. & Lord, S.M. (2002). An Introduction to labview exercise for an electronic class. 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Boston, T1D13- T1D16.
- Istanbullu, A. (2008). Mobilim: mobile learning management framework system for engineering education. *International Journal of Engineering Education*, 24, 32-39.
- Jeschke, S. Pfeiffer, O. Richter, T. Scheel, H. & Thomsen C. (2007). On remote and virtual experiments in eLearning in statistical mechanics and thermodynamics. 6th ASEE Global Colloquium on Engineering Education, Istanbul, 1-8.
- Kocijancic, S. (2002). Online experiments in physics and technology teaching. *IEEE Transactions on Education*, 45, 26-32.
- Kolias, V. Anagnostopoulos, I. & Kayafas, E. (2008). Remote experiments in education: A survey over different platforms and application fields. 11th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment, Brasov, 181-188.
- Lazar, C. & Carari, S. (2008). A remote-control engineering laboratory. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 55, 2368-2375.
- Lee, H. Park, S-T. & Yuk, K-C. (2002). Remote control laboratory for physics experiments via the internet. *Journal of the Korean Physical Society*, 41, 638-642.
- Leva, L. & Donida, F. (2008). Multifunctional Remote Laboratory for Education in Automatic Control: The CrAutoLab Experience. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 55, 2376-2385.
- Milrad, M. & Jackson, M.H. (2008). Designing and implementing educational mobile services in university classroom using smart phones and cellular networks. *International Journal of Engineering Education*, 24, 84-91.
- Onat, M. (2008). Developing a PC- and SMS- μ C-based stepper motor drive set. *International Journal of Engineering Education*, 24, 23-31.
- Palmer, S. & Hall, W. (2008). Applications of podcasting in online engineering education. *International Journal of Engineering Education*, 24, 101-106.



Peersman, G. & Cvetkovic, S. (2000). The global system for mobile communications short message services. *IEEE Personal Communications*, June, 15-23.

Ramaswamy, B. Chen, Y. & Moore, K.L. (2008). Omni-directional robotic wheel – a mobile real-time control systems laboratory. *International Journal of Engineering Education*, 24, 92-100.

Schauer, F. Ozvoldova, M. & Lustig, F. (2008). Real remote physics experiments across internet – inherent part of integrated e-learning. *International Journal of Online Engineering*, 4, 52-55.

Tao, P. & Gunstone, R. (1999). The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 859–882.

Thomsen, C. Scheel H. & Morgner, S. (2005). Remote experiments in experimental physics. *Proceedings of the ISPRS Tools and Techniques for E-Learning*, Potsdam, 1-5.

Windschitl, M. (2001). Using simulations in the middle school: does assertiveness of dyad partners influence conceptual change? *International Journal of Science Education*, 23, 17-32.

Wikipedia: mobile phone (online). Available at: http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_phone.

Zhang, J. Teslow, M. & Sanger, P. (2008). An ‘engineering-health science’ interdisciplinary approach to promoting mobile technology for multidisciplinary applications. *International Journal of Engineering Education*, 24, 74-78.