

Χρήση ΤΠΕ στην ανάπτυξη ενός καινοτόμου εργαστηριακού περιβάλλοντος τριτοβάθμιας εκπαίδευσης: μια πρώτη προσέγγιση στη δημιουργία ενός εργαστηρίου οπτικής απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω διαδικτύου

Μήτσου Γ.¹, Βαβουγιός Δ.², Σιανούδης Ι.³

1. Τμήμα Φυσικής Χημείας & Τ/Υ ΤΕΙ Αθήνας - gmitsou@teiath.gr
2. Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας - dvavou@uth.gr
3. Τμήμα Φυσικής Χημείας & Τ/Υ ΤΕΙ Αθήνας - jansian@teiath.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή αναπτύξαμε μια πιλοτική μέθοδο λειτουργίας ενός εργαστηρίου Φυσικής Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης απομακρυσμένης πρόσβασης, με χρήση του διαδικτύου καθώς και τεχνικών διεπαφής που επιτρέπει στους φοιτητές την πραγματοποίηση ενός πειράματος από απόσταση. Επίσης γίνεται αναφορά σε ένα πείραμα Φωτομετρίας που αναπτύχθηκε ως ένα παράδειγμα εφαρμογής.

Abstract

In this study, we have developed a pilot method for operating a remote, University level Physics Laboratory, using the internet and interface techniques that allow students to fully control the whole experimentation process. In addition, we also describe a physics experiment in Photometry already available as a sample application.

1. Εισαγωγή

Πολλοί φοιτητές των Τεχνολογικών Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων (ΤΕΙ) παρουσιάζουν μια εγγενή δυσκολία στην κατανόηση της Φυσικής, ειδικά στις περιοχές εκείνες που γίνεται αναφορά σε αφηρημένες έννοιες και μοντέλα που δεν συναντώνται στην καθημερινή ζωή. Η εκπαιδευτική στρατηγική να διδαχθεί η Φυσική βασισμένη στο κλασικό στερεότυπο, διάλεξη ακολουθούμενη από εργαστηριακή άσκηση στην οποία παρουσιάζονται βασικά μοντέλα και νόμοι, διαμορφώνει ένα αρνητικό περιβάλλον μάθησης (Nagel, 2002). Μια άλλη, εκπαιδευτική στρατηγική που χρησιμοποιείται στην προσπάθειά μας να κατανοήσουμε τον κόσμο χρησιμοποιώντας την επιστημονική μέθοδο (Wieman & Perkins, 2005), περισσότερο συμβατή με την σύγχρονη κοινωνική πραγματικότητα, είναι η μέθοδος e-LTR (e-Learning, e-Teaching and e-Research) (Thomsen et al., 2005). Τα βασικά χαρακτηριστικά αυτής της μεθόδου είναι η παρατήρηση, η αναζήτηση της κατάλληλης πληροφορίας, η επεξεργασία και αποθήκευσή της, η οργάνωση και ο προγραμματισμός των εργασιών, η παρουσίαση των δεδομένων και των αποτελεσμάτων κ.ά. Σ' αυτή την εκπαιδευτική μέθοδο ο πειραματισμός γενικότερα αλλά και το ίδιο το πείραμα, παίζουν ένα καθοριστικό ρόλο (Feisel & Rosa, 2005). Τα παραδοσιακά εργαστηριακά μαθήματα δεν συμβαδίζουν με αυτές τις τάσεις και ως εκ τούτου είναι αναγκαίος ο επαναπροσδιορισμός των μαθησιακών στόχων και η επανεξέταση των μεθόδων μάθησης. Κατά τον Schumacher (2007) για να επιτευχθεί μια πρόσβαση στην γνώση κονστрукτιβιστικού τύπου απαιτείται ένας ιδιαίτερος τύπος εργαστηρίων τα οποία ονόμασε «εργαστήρια projects». Σύμφωνα με τον ίδιο ερευνητή σ' ένα εργαστήριο αυτού του τύπου οι φοιτητές δουλεύουν ως

ομάδα σε ένα μικρής έκτασης ερευνητικό project, καθορίζοντας το ερευνητικό ερώτημα, αναπτύσσοντας την κατάλληλη πειραματική διάταξη, διεξάγοντας το πείραμα και βρίσκοντας τελικά ένα κατάλληλο τρόπο να αξιολογήσουν τα δεδομένα και να τα παρουσιάσουν σε μια δημόσια συνεδρία posters .

Στα προπτυχιακά πειραματικά εργαστήρια έχει ήδη ξεκινήσει μια σιωπηλή επανάσταση εξ αιτίας της μαζικής εισβολής των υπολογιστών και των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ). Στα εργαστήρια αυτά χρησιμοποιούνται υπολογιστές για τη συλλογή, την επεξεργασία και την αξιολόγηση δεδομένων που προέρχονται από πραγματικά πειράματα. Τα τελευταία χρόνια με τη ραγδαία ανάπτυξη των τεχνολογιών web, έχει ξεκινήσει και η δημιουργία εργαστηρίων από απόσταση (RCL) τα οποία αποτελούν μια μετεξέλιξη των ήδη υπαρχόντων και λειτουργούντων. Οι φοιτητές μπορούν να πραγματοποιήσουν, μέσω του Internet, κανονικά πειράματα σε πραγματικό χρόνο, δεδομένου ότι τους παρέχεται ζωντανή εικόνα της πειραματικής διάταξης, διαδραστικό περιβάλλον για τον έλεγχο της πειραματικής διαδικασίας, καθώς και τα δεδομένα που προκύπτουν για τη σχετική ανάλυση και αξιολόγηση.

Την τελευταία δεκαετία, δυο Ευρωπαϊκά projects στην εκπαιδευτική τεχνολογία ασχολήθηκαν με τα εργαστήρια φυσικής από απόσταση. Το πρώτο από αυτά ήταν το project Pearl¹ το οποίο ολοκλήρωσε τις εργασίες του το 2003 και στο οποίο συμμετείχαν τα ακόλουθα ιδρύματα: Open University (Ηνωμένο Βασίλειο), University of Dundee (Σκωτία), Trinity College (Ιρλανδία), Universade de Porto (Πορτογαλία) και η Ελληνική εταιρεία Zenon, SA (Cooper, 2005). Το δεύτερο ήταν το project RCL² (Gröber et.al., 2007).

Στον Ευρωπαϊκό χώρο διαμορφώνονται και άλλα μεμονωμένα projects μικρότερης κλίμακας, κυρίως από ερευνητικές ομάδες τριτοβάθμιων ιδρυμάτων, όπως για παράδειγμα το project WebLab-Deusto μιας ερευνητικής ομάδας του Ισπανικού πανεπιστημίου Deusto. Η ομάδα αυτή έχει αναπτύξει μια σειρά εργαστηριακών μαθημάτων απομακρυσμένης πρόσβασης, κυρίως στον τομέα της Μηχανικής, για τους φοιτητές του ιδρύματος τα οποία είναι προσβάσιμα από το ιντερνέτ μέσω υπολογιστή ή κινητού τηλεφώνου. Η πλατφόρμα λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε είναι ανοικτού κώδικα και διανέμεται ελεύθερα από την ιστοσελίδα της ομάδας³. Τα τελευταία 3 χρόνια έχει διαμορφωθεί επίσης και ένα πολύ πιο ευέλικτο εργαστήριο απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω ιντερνέτ, κατάλληλο για όλους τους τομείς των Φυσικών Επιστημών, από το North Island College (NIC) του Καναδάς. Πρόκειται για ένα πενταετούς διάρκειας project με την ονομασία RWSL⁴, βασικός στόχος του οποίου είναι η ανάπτυξη μιας γενικής χρήσης πλατφόρμας λογισμικού και ρομποτικού υλικού, που θα επιτρέπουν την ανάπτυξη εργαστηρίων απομακρυσμένης πρόσβασης σε τομείς και πέραν της Μηχανικής⁵.

Το συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον στη δημιουργία Online εργαστηρίων έχει οδηγήσει τις προσπάθειες των ερευνητών στην ανάπτυξη συστημάτων που να επιτρέπουν σε πολλά εκπαιδευτικά ιδρύματα, μέσω σχετικής συνεργασίας, να μοιράζονται τους πόρους τους επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα και οικονομία κλίμακας. Η βασική ιδέα είναι ότι κάθε ίδρυμα αναπτύσσει μια σειρά πειραμάτων, τα οποία

¹ Η όπως είναι το πλήρες όνομά του : Practical Experimentation by Accessible Remote Learning

² Η όπως είναι το πλήρες όνομά του : Remotely Controlled Laboratory όπως προκύπτει από την ιστοσελίδα του :

<http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/>

³ Η ιστοσελίδα αυτή είναι : <https://www.weblab.deusto.es/web/weblab-deusto.html>.

⁴ Η όπως είναι το πλήρες όνομά του : Remote Web-based Science Laboratory

⁵ Δεδομένα για το project μπορούν να αναζητηθούν στην πλατφόρμα : <http://rws1.nic.bc.ca/about.html>

χρησιμοποιούνται από τους φοιτητές όλων των άλλων ιδρυμάτων, μέσω κοινής πλατφόρμας λογισμικού. Την πλέον διαδεδομένη πλατφόρμα στη δημιουργία εργαστηρίων απομακρυσμένης πρόσβασης, αποτελούν τα iLabs του MIT⁶, όπου από το 2008 χρησιμοποιείται από πολλά πανεπιστήμια του κόσμου στην ανάπτυξη παρόμοιων πειραματικών εργαστηρίων. Στην ίδια κατηγορία υπάγεται και το δημόσια χρηματοδοτούμενο project της Αυστραλίας LabShare το οποίο που επικεντρώνεται στην ανάπτυξη ενός δικτύου εργαστηρίων απομακρυσμένης πρόσβασης⁷.

Επιπρόσθετα, με πρωτοβουλία μερικών Ευρωπαϊκών πανεπιστημίων και εταιρειών, μεταξύ των οποίων και το Φυσικό Τμήμα του ΑΠΘ, δημιουργήθηκε το πρόγραμμα LiLa⁸. Βασική επιδίωξη αυτής της συνεργασίας είναι η ανάπτυξη ενός οργανωτικού πλαισίου για την αμοιβαία ανταλλαγή και πρόσβαση σε εικονικά και Online εργαστήρια μεταξύ εκπαιδευτικών ιδρυμάτων μέσω σχετικής διαδικτυακής πύλης.

Στην εργασία μας αυτή, επιχειρήθηκε στα πλαίσια του Ερευνητικού Εργαστηρίου Ανάπτυξης Νέων Πειραμάτων Φυσικής του Τομέα Φυσικής του ΤΕΙ Αθήνας, μια πρώτη προσέγγιση στη δημιουργία εργαστηρίων Φυσικής απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω Internet. Για το σκοπό αυτό επανασχεδιάστηκε ένα πείραμα φωτομετρίας που υπάρχει στο πρόγραμμα σπουδών αρκετών τμημάτων του ιδρύματος, κατά τρόπο που να μπορεί πρωτίστως να ενταχθεί σε ένα αυτοματοποιημένο εργαστηριακό περιβάλλον. Ο λόγος που επιλέχθηκε το συγκεκριμένο θέμα σχετίζεται με το γεγονός ότι αποτελεί μια τυπική εργαστηριακή άσκηση που πραγματοποιείται, στο πειραματικό εργαστήριο Φυσικής, από πάρα πολλούς πρωτοετείς φοιτητές διαφόρων τμημάτων και υπ' αυτή την έννοια απασχολεί ένα ευρύ κοινό.

Με βάση αυτό το πείραμα, δημιουργήθηκε πιλοτικά ένα λειτουργικό εργαστηριακό περιβάλλον απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω Internet, στο οποίο οι φοιτητές μπορούν όχι μόνο να πραγματοποιήσουν το πείραμα από απόσταση, αλλά να έχουν και ζωντανή εικόνα της ίδιας της πειραματικής διάταξης, καθώς εκτελούν την πειραματική διαδικασία. Η διεπαφή του πειράματος⁹, σχεδιάστηκε κατά τρόπο που να ενθαρρύνει τους φοιτητές/χρήστες σε καλές οργανωτικές και μαθησιακές συνήθειες και πρακτικές. Κατ' αυτόν τον τρόπο, πέραν των βασικών στοιχείων ελέγχου και οδηγιών της πειραματικής διαδικασίας, προσφέρονται επιπρόσθετα στους φοιτητές / χρήστες εκπαιδευτικό υλικό και σχετική βιβλιογραφία.

3. Ανασκόπηση της Βιβλιογραφίας

Αν και τα τελευταία χρόνια έχουν ξεκινήσει από αρκετές ερευνητικές ομάδες προσπάθειες για τη δημιουργία εργαστηρίων απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω Internet, τόσο σε λυκειακό όσο και πανεπιστημιακό επίπεδο, η αποτύπωση αυτών των προσπαθειών στη βιβλιογραφία, τουλάχιστον σε ότι αφορά τον τομέα των θετικών επιστημών, είναι ακόμη σχετικά περιορισμένη. Στη σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση επιχειρείται για τις ανάγκες της εργασίας αυτής θα εστιάσουμε κυρίως στις εργασίες εκείνες που αφορούν τον τομέα των πειραματικών εργαστηρίων Φυσικής της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης.

⁶ Με διαδικτυακό τόπο : <http://ilab.mit.edu/iLabServiceBroker/default.aspx>

⁷ Με διαδικτυακό τόπο : <http://www.labshare.edu.au/>

⁸ Η όπως είναι το πλήρες όνομά του : Library of Labs και ο διαδικτυακός του τόπος : <http://www.lila-project.org/>

⁹ πραγματοποιείται μέσω html σελίδας

Οι πρώτες προσπάθειες δημιουργίας Εργαστηρίων από Απόσταση ξεκίνησαν στα μέσα της δεκαετίας του '90. Σε ότι αφορά τη Φυσική, το πρώτο πείραμα απομακρυσμένης πρόσβασης αφορούσε στον προσδιορισμό της ταχύτητας του φωτός και αναπτύχθηκε από τους Enloe et al., (1999). Η πρώτη εμπειριστατωμένη έρευνα για Online εκπαίδευση πανεπιστημιακού επιπέδου πραγματοποιήθηκε το 2004 από το Sloan Center for Online education (Allen & Seaman, 2004). Τα βασικά ευρήματα αυτής της έρευνας ήταν ότι περισσότεροι από 1,9 εκατομμύρια προπτυχιακοί φοιτητές παρακολουθούσαν μαθήματα από απόσταση, ακολουθούμενοι από μικρότερο αριθμό μεταπτυχιακών φοιτητών, ενώ τα ίδια τα ιδρύματα ανέμεναν αύξηση κατά 25% για τον επόμενο χρόνο. Επίσης από τη σχετική έρευνα προέκυπτε ότι το 40,7% των ίδιων των ιδρυμάτων συμφωνούσαν ότι οι εξ αποστάσεως φοιτητές τους ήταν ικανοποιημένοι, το 56,2% δήλωνε ουδέτερο, ενώ μόνο ένα 3,1% διαφωνούσε.

Οι Ibrahim & Morsi, (2005) βασιζόμενοι στην έρευνα του Sloan-C διενήργησαν μια στοχευμένη έρευνα σε πανεπιστημιακά τμήματα ηλεκτρολόγων μηχανικών και μηχανικών Η/Υ, που παρείχαν πτυχία ή/και μεταπτυχιακούς τίτλους σπουδών σε εξ αποστάσεως φοιτητές. Ειδικότερα, αξιολόγησαν τις εκπαιδευτικές τους τεχνολογίες και τα συστήματα που διευκόλυναν την Online εκπαίδευση σε εργαστηριακά μαθήματα ηλεκτρολογίας, αναλογικών και ψηφιακών ηλεκτρονικών. Η έρευνα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι αν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνικές προσομοίωσης στην κατανόηση εννοιών, εν τούτοις είναι αναγκαία η διαμόρφωση πραγματικών πειραματικών διατάξεων που θα αναπτύξουν τις δεξιότητες των φοιτητών στη χρήση μετρητικών διατάξεων. Στο ερώτημα αν τα εικονικά εργαστήρια αποτελούν έγκυρη εναλλακτική λύση η απάντηση ήταν ότι σε μια πειραματική διαδικασία θα πρέπει να περιλαμβάνεται και το «χειροπιαστό» τμήμα ελέγχου του πειράματος.

Άλλες έρευνες στις οποίες αξιολογείται η αποτελεσματικότητα ενός εργαστηρίου απομακρυσμένης πρόσβασης, δείχνουν ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα που επιτυγχάνονται είναι συγκρίσιμα με αυτά που λαμβάνονται από ένα εργαστήριο, στο οποίο απαιτείται η φυσική παρουσία των φοιτητών (χειροπιαστό εργαστήριο) (Tzafestas et al., 2006, Sokoloff et al., 2007, Uckelmann et al., 2012, Reagan, 2012).

Με την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών web και προηγμένων, εύκολων στη χρήση τους, λογισμικών ελέγχου οργάνων και μιας σειράς άλλων στοιχείων που ενσωματώνονται σε μια πειραματική διάταξη, παρατηρείται τα τελευταία χρόνια μια αύξηση στην ανάπτυξη πειραματικών εργαστηρίων απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω Internet. Οι Jodl et al., (2007) του Τεχνολογικού Ιδρύματος Kaiserslautern, στη Γερμανία έχουν ξεκινήσει μια πολύ καλή προσπάθεια στη δημιουργία τέτοιων εργαστηρίων, υλοποιώντας Online κλασικά πειράματα Φυσικής, τόσο σε λυκειακό όσο και σε πανεπιστημιακό επίπεδο. Τα πειράματα αυτά είναι προσβάσιμα στον καθένα με μια απλή σύνδεση στο ιντερνέτ. Η διεπαφή με το πείραμα πραγματοποιείται μέσω μιας ιστοσελίδας, στην οποία εμφανίζεται από βιντεοκάμερα η πειραματική διάταξη, τα στοιχεία ελέγχου του πειράματος και οι πίνακες των δεδομένων, τα οποία συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο για ανάλυση.

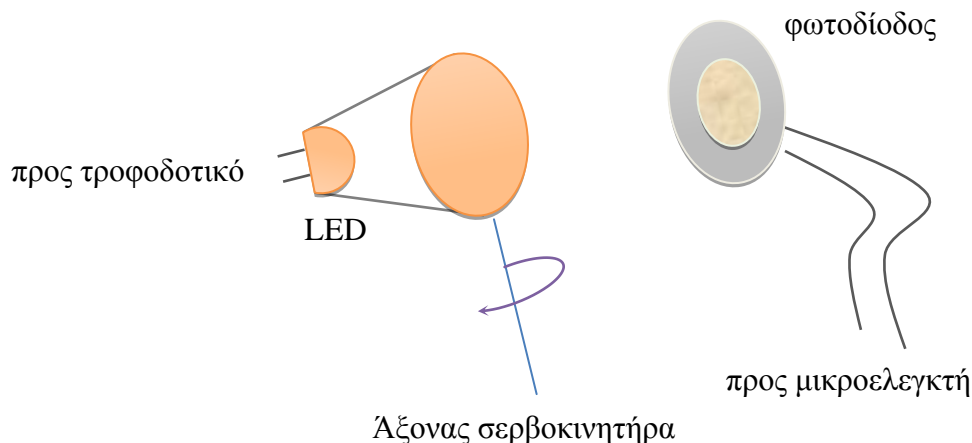
Σε μια μελέτη των Gröber et al., (2007) αποτυπώνεται η εικόνα των εργαστηριακών ασκήσεων που πραγματοποιούνται από απόσταση, σε παγκόσμιο επίπεδο. Μέχρι το 2006 βρέθηκαν περίπου 60 projects που είχαν υλοποιήσει 120 τέτοια πειράματα. Τα 2/3 αυτών των πειραμάτων ήταν στον τομέα της μηχανικής και το υπόλοιπο 1/3 στη Φυσική. Από αυτά, περισσότερα του 50% βρίσκονταν στις Ηνωμένες Πολιτείες και τη Γερμανία και τα υπόλοιπα ήταν σε κοινοπραξίες μεταξύ πανεπιστημίων διαφόρων χωρών.

Οι προσπάθειες πάντως όλων των ερευνητικών ομάδων για την ανάπτυξη πειραμάτων απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω ιντερνέτ, συγκλίνουν στη δημιουργία δικτύων συνεργασίας μέσω κοινής πλατφόρμας λογισμικού. Για παράδειγμα οι de la Torre et al., (2011) σε μια μελέτη τους παρουσιάζουν το δίκτυο FisI@bs, εξηγούν τη λειτουργία της διαδικτυακής πύλης του καθώς και τα λογισμικά και υλικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξή του. Επιπλέον περιγράφουν και δυο πειράματα Φυσικής που έχουν αναπτυχθεί με τη συγκεκριμένη πλατφόρμα. Οι Schauer et al.,(2011) σε μια μελέτη τους, αναφέρονται στο σύστημα ISES (Internet School Experimental System), καθώς και στα λογισμικά στοιχεία που το συνοδεύουν (WEB CONTROL ISES kit) για την ανάπτυξη πειραμάτων, κυρίως Φυσικής και Χημείας, απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω Internet. Επιπρόσθετα παρουσιάζουν 4 πειράματα Φυσικής και Χημείας όπως: χαρακτηρισμός ηλεκτροχημικών ιδιοτήτων κυττάρου, οργανικά και ανόργανα φωτοβολταϊκά κύτταρα, φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και μαγνητική χαρτογράφηση πεδίου.

Λόγω του γεγονότος ότι η τάση ανάπτυξης εργαστηρίων απομακρυσμένης πρόσβασης, μέσω διαδικτύου είναι σχετικά νέα, πολλά από τα τρέχοντα projects δεν έχουν ακόμη αποτυπωθεί στη βιβλιογραφία. Πάντως η δυναμική που αναπτύσσεται και αυτό φαίνεται σε όλα τα πρόσφατα σχετικά συνέδρια, μας δημιουργεί τη βεβαιότητα ότι σύντομα θα υπάρχουν έχουμε ανακοινώσεις και στους άλλους τομείς των Φυσικών Επιστημών, πέραν της Φυσικής και της Μηχανικής.

4. Το πείραμα

Η πειραματική διάταξη με την οποία πραγματοποιούνται οι μετρήσεις φαίνεται σε αδρές γραμμές στο Σχήμα 1. Αποτελείται από την ίδια την πηγή φωτός, ένα κοινό LED τροφοδοτούμενο από μια σταθερή τάση 3 V, το οποίο έχει τοποθετηθεί στον άξονα ενός servo-μηχανισμού, ελεγχόμενου από έναν μικροελεγκτή. Το LED προσανατολίζεται υπό δεδομένες γωνίες ως προς έναν ανιχνευτή-μετρητή έντασης φωτός. Ως ανιχνευτής χρησιμοποιείται μια κοινή Φωτοδίοδος, ευαίσθητη στο ορατό. Το αναλογικό σήμα της ψηφιοποιείται στον μικροελεγκτή και εισάγεται στον υπολογιστή σε μορφή τιμών πίνακα Excel για επεξεργασία.



Σχήμα 1: Μια απλή παρουσίαση της πειραματικής διάταξης

Ο προσδιορισμός της έντασης φωτεινής πηγής και η χωρική της κατανομή αποτελεί αντικείμενο της φωτομετρίας, είναι σημαντικό χαρακτηριστικό της ποιότητας της ίδιας της φωτεινής πηγής στην επιλογή της για μια σειρά από εφαρμογές. Ως εκ

τούτου αποτελεί αντικείμενο μέτρησης στις εργαστηριακές ασκήσεις Οπτικής. Σε μία εκτατή πηγή φωτός η φωτοβολία της I περιγράφεται από τον νόμο Lambert, στον οποίο σημαντική παράμετρος εκτός του εμβαδού της επιφάνειας της S , της λαμπρότητας Λ , μιας σταθεράς που χαρακτηρίζει την σύσταση της επιφάνειας, αποτελεί η γωνία α , δηλαδή η γωνία που σχηματίζει η κάθετη στην φωτεινή επιφάνεια της πηγής με την ευθεία πηγής-ανιχνευτή.

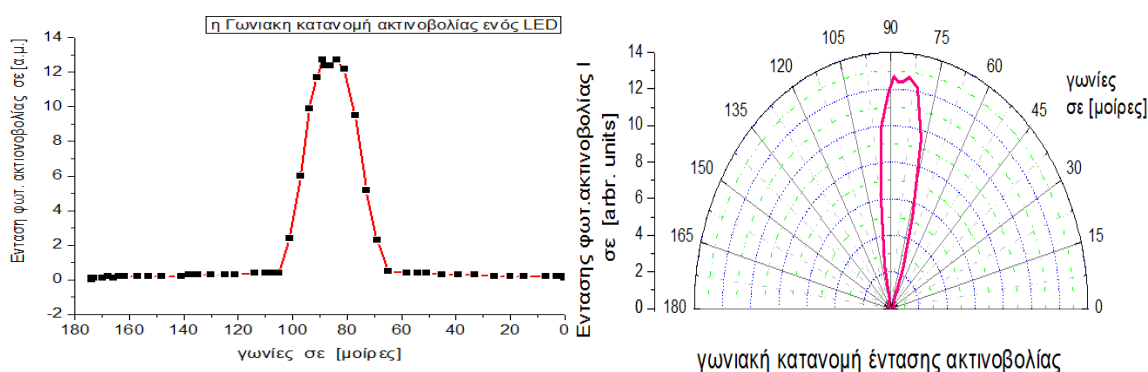
$$I = \Lambda S \cos \alpha$$

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της έντασης φωτός συναρτήσει της γωνίας έχουν αποτυπωθεί στις γραφικές παραστάσεις συντεταγμένων ορθογώνιων αξόνων στην Εικόνα 1 και αντίστοιχα στη γραφική παράσταση πολικών συντεταγμένων στην Εικόνα 2, για τις οποίες χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Origin 8.0.

5. Η τεχνολογία

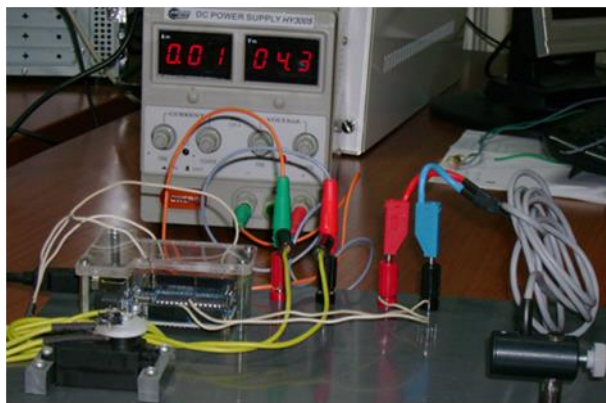
Η ολοκλήρωση του πειράματος πραγματοποιήθηκε σε δυο στάδια. Στο πρώτο στάδιο αναπτύχθηκε η πειραματική διάταξη που περιλαμβάνει μια φωτεινή πηγή (LED), τον μικροελεγκτή (Arduino Uno), ένα σερβοκινητήρα και μια διάταξη φωτοανιχνευτή (Εικόνα 3).

Ο έλεγχος του σερβοκινητήρα, στον οποίο είναι δομημένη η led, πραγματοποιείται από τον μικροελεγκτή μέσω μιας ψηφιακής εξόδου του στην οποία είναι συνδεδεμένος, οι δε τιμές της έντασης που καταγράφει ο φωτοανιχνευτής κάθε φορά που είναι απαιτητές, μεταφέρονται μέσω μιας αναλογικής εισόδου του Arduino. Ο μικροελεγκτής προγραμματίστηκε, ώστε να δέχεται και να στέλνει σειριακά δεδομένα, μέσω του λογισμικού Arduino IDE που προσφέρεται δωρεάν από την εταιρεία, σε γλώσσα C++.



Εικόνα 1: Γραφική παράσταση της έντασης φωτεινής ακτινοβολίας (σε αυθαίρετες μονάδες) ενός LED συναρτήσει της γωνίας (σε μοίρες)

Εικόνα 2: Γραφική παράσταση των πειραματικών δεδομένων σε πολικές συντεταγμένες της έντασης φωτεινής ακτινοβολίας μιας πηγής φωτός LED.

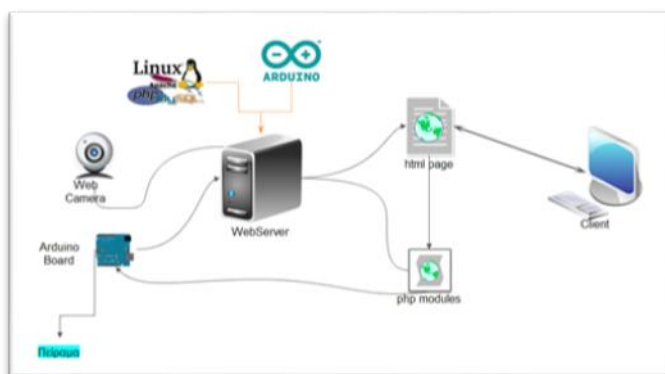


Εικόνα 3: Η πειραματική διάταξη



Εικόνα 4: Η διεπαφή της διάταξης με το χρήστη

Στο δεύτερο στάδιο υλοποιήθηκε η διεπαφή της διάταξης με το χρήστη (Εικόνα 4), η οποία διαμορφώνεται από τρία στρώματα: μια ιστοσελίδα html, τις σχετικές php φόρμες για την εισαγωγή και ανάγνωση των παραμέτρων και μια web κάμερα για τον οπτικό έλεγχο του πειράματος. Γνωρίζοντας ότι πειράματα μέσω Internet πραγματοποιούνται από ένα ευρύ κοινό (με διαφορετικούς φυλλομετρητές και λειτουργικά συστήματα), κατά τη σχεδίαση του συστήματος της διεπαφής, χρησιμοποιήθηκαν στάνταρντ τεχνολογίες web ανοιχτού κώδικα. Έτσι οι χρήστες δεν χρειάζεται να εγκαταστήσουν ειδικό λογισμικό ή προγράμματα οδήγησης. Το μόνο που απαιτείται είναι ένα πρόγραμμα περιήγησης με Java runtime environment. Το γραφικό περιβάλλον της διεπαφής παρέχεται από ένα εξυπηρετητή web, ο οποίος εμφανίζει στο χρήστη την html σελίδα του πειράματος. Το λειτουργικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε για τη φιλοξενία του εξυπηρετητή (Apache server) είναι Linux Ubuntu v.12.04 με εγκατεστημένα PHP interpreter, Arduino IDE και Mysql.



Εικόνα 5: Οι μονάδες php

Η επικοινωνία του server με την πειραματική διάταξη πραγματοποιείται μέσω του μικροελεγκτή, ενώ οι μονάδες PHP που τρέχουν στο server λειτουργούν προς δυο κατευθύνσεις: το αίτημα του χρήστη (π.χ. πάτημα ενός διακόπτη για να τεθεί σε λειτουργία η LED) μεταβιβάζεται μέσω της PHP φόρμας στη διεπαφή του μικροελεγκτή με την πειραματική διάταξη, όπου η παράμετρος που τέθηκε από το

χρήστη μετατρέπεται σε εντολή προς την διάταξη και εκτελείται. Εφόσον η εκτέλεση γίνει επιτυχώς τα αποτελέσματα αποστέλλονται από τον μικροελεγκτή στην ψηφιακή φόρμα, η οποία αναλαμβάνει την παρουσίασή τους στον χρήστη (Εικόνα 5). Τα πειραματικά δεδομένα που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας, αποθηκεύονται στο server ως αρχείο Excel το οποίο ο χρήστης μπορεί να κατεβάσει και αποθηκεύσει στον υπολογιστή του για επεξεργασία και ανάλυση.

5. Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα

Με την παρούσα εργασία επιχειρείται μια πρώτη προσέγγιση στη δημιουργία ενός εργαστηρίου οπτικής, απομακρυσμένης πρόσβασης μέσω Internet, στο χώρο της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Πρόθεσή των ερευνητών είναι η ανάπτυξη ενός ενιαίου πακέτου πρόσβασης σε Online πειράματα, μέσω ενός καινοτόμου μαθησιακού περιβάλλοντος για τους φοιτητές του ΤΕΙ και γενικότερα για τους ενδιαφερόμενους χρήστες. Πρόκληση για μας αποτελεί η κατάλληλη αξιοποίηση της καινοτομίας των ΤΠΕ και υπ' αυτή την έννοια διερευνήθηκαν, σε πρώτο στάδιο, μερικά από τα ζητήματα που σχετίζονται με αυτή. Στην παρούσα φάση δεν αξιολογήθηκε η διδακτική αποτελεσματικότητα του προτεινόμενου συστήματος, πράγμα που θα επιχειρήσουμε στο εγγύς μέλλον διαμορφώνοντας δυο ομάδες φοιτητών που θα πειραματιστούν στην ίδια εργαστηριακή άσκηση. Η πρώτη ομάδα θα ακολουθήσει τις αρχές του παραδοσιακού πειραματισμού (ομάδα ελέγχου), ενώ η δεύτερη θα ακολουθήσει τις αρχές του προτεινόμενου απομακρυσμένου πρόσβασης πειραματισμού (πειραματική ομάδα). Η ανάλυση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των δυο ομάδων θα προσδιορίσει την διδακτική αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος.

Βιβλιογραφία

1. Nagel, S. (2002) *Physics in Crisis*, Physics Today Vol. 55, Issue 9, p. 55.
2. Wieman, C., & Perkins, K. (2005) *Transforming Physics Education*, Physics Today Vol. 58, Issue 11, pp. 26-41
3. Thomsen, C., Jeschke, S., Pfeiffer, O., & Seiler, R. (2005) *e-Volution: eLTR – Technologies and Their Impact on Traditional Universities*. In Proceedings of the Conference: EDUCA online, ISWE GmbH, Berlin.
4. Feisel, L. D., & Rosa, A.J. (2005) *The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education*, Journal of Engineering Education 93, p. 121.
5. Schumacher, D. (2007) *Student undergraduate laboratory and project work*. Editorial to the special issue, European Journal of Physics **28**, May
6. Cooper, M. (2005) *Remote laboratories in teaching and learning – issues impinging on widespread adoption in science and engineering education*. International Journal of Online Engineering 1(1)
7. Gröber, S., Vetter, M., Eckert, B., & Jodl, H.J. (2007) *Experimenting from a Distance – Remotely Controlled Laboratory (RCL)*, European Journal of Physics 28, S127-S142
8. Enloe, C.L., Pakula, W.A., Finney, G.A., Haaland, R.K. (1999) *Teleoperation in the Undergraduate Physics Laboratory-Teaching an Old Dog New Tricks*, IEEE Transactions on Education, vol. 42, Issue 3, pp. 174-179.
9. Allen, I.E., & Seaman, J (2004) *Entering the Mainstream: The Quality and Extent of Online Education in the United States, 2003 and 2004*. The Sloan consortium.
10. sloanconsortium.org/resources/entering_mainstream.pdf

11. Wael, Ibrahim & Rasha, Morsi (2005) *Online Engineering Education: A Comprehensive Review*, in American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Portland, Oredon.
12. Tzafestas, C.S., Palaiologou, N., Alifragis, M (2006) *Virtual and Remote Robotic Laboratory: Comparative Experimental Evaluation*. IEEE Transactions on Education, vol. 49, Issue 3, pp. 360-369.
13. Sokoloff, D.R., Laws, P.W., & Thornton, R.K. (2007) *RealTime Physics: active learning labs transforming the introductory laboratory*. European Journal of Physics 28, S83-S94
14. Kennepohl, D.-K., Baran, J., & Currie, R. (2012) *Integrating Remote Laboratories in Post-secondary Science Education* in Dieter Uckelmann et al. (Eds.): *The Impact of Virtual, Remote, and Real Logistics Labs*, Proceedings of First International Conference, ImViReLL, 2012, Bremen Germany, February / March 2012, pp. 44–53, Springer.
15. Reagan, A.M. (2012) *Online Introductory Physics Labs: Status and Methods*. Washington Academy of Sciences
16. Jodl, H.-J.(2007) *Remotely Controlled Laboratories – RCLs : experimenting from a distance*
17. <http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/>
18. De la Torre, L., Sanchez, J., Dormido, S., Sanchez, J.P., Yuste, M., & Carreras, C. (2011). *Two web-based laboratories of the FisL@bs network: Hooke's and Snell's laws*. European Journal of Physics 32, p. 571 [doi:10.1088/0143-0807/32/2/027](https://doi.org/10.1088/0143-0807/32/2/027)
19. Schauer, F., Ožvoldova, M., & Lustig, F. (2011) *Remote Laboratories and Science Education by intergrated e-Learning*. 8th International Conference on Hands-on Science Focus on multimedia. ISBN 978-989-95095-7-3