

Πραγματικά πειράματα Φυσικής από απόσταση: Μια εφαρμογή σε LabVIEW για τη μελέτη του φαινομένου της διάθλασης

Γεώργιος Γιαννέλος

Φυσικός MSc (ΕΑΠ), στο Γυμνάσιο Ν. Γυναικόκαστρου Κιλκίς
georyann@yahoo.gr

Χαρίτων Πολάτογλου

Καθηγητής στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,
Τμήμα Φυσικής και ΣΕΠ ΕΑΠ,
hariton@auth.gr

Περίληψη – Τα εργαστήρια απομακρυσμένης πρόσβασης δημιουργήθηκαν με σκοπό να δοθεί η ευκαιρία στους σπουδαστές εξ' αποστάσεως να αποκτήσουν εργαστηριακή εμπειρία. Υπάρχουν πάρα πολλά πειράματα σήμερα, που έχουν δημιουργηθεί ώστε να ελέγχονται μέσω διαδικτύου και σε μεγάλο βαθμό επιτυγχάνουν το ίδιο επιθυμητό εκπαιδευτικό αποτέλεσμα σε σχέση με τα πειράματα που γίνονται δια ζώσης. Σε αυτή την εργασία παρουσιάζονται οι εξελίξεις στον τομέα των πειραμάτων από απόσταση, περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο υλοποιείται ένα τέτοιο πείραμα και προτείνεται η κατασκευή, μιας διάταξης πειραματισμού πάνω στο φαινόμενο της διάθλασης του φωτός, την οποία μπορεί κάποιος να χειριστεί εξ' αποστάσεως μέσω διαδικτύου. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην εφαρμογή και τις προοπτικές που ανοίγονται σε επίπεδο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης καθώς, ο πειραματισμός από απόσταση θα μπορούσε να ενισχύσει το ενδιαφέρον των μαθητών απέναντι στις θετικές επιστήμες και κυρίως τη Φυσική, ως αντιστάθμισμα στις εργαστηριακές «αδυναμίες» του σχολείου και στη γενικότερη κρίση που αυτές οι επιστήμες βρίσκονται σήμερα.

Λέξεις-Κλειδιά: Εργαστήριο, απομακρυσμένο, πρόσβαση, διαδίκτυο, πείραμα.

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για παραπάνω από έναν αιώνα το εργαστήριο έπαιξε και παίζει σημαντικό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η αυγή του 21ου αιώνα συνέπεσε με την απαρχή μεταρρυθμίσεων στον τομέα της εκπαιδευτικής διαδικασίας των Φυσικών Επιστημών τόσο ως προς το περιεχόμενο όσο και ως προς τη διδακτική οδηγώντας αναπόφευκτα και στον επαναπροσδιορισμό του ρόλου του εργαστηρίου στην όλη εκπαιδευτική διαδικασία (Hofstein & Lunetta, 2004). Η χρήση και η ανάπτυξη των υπολογιστών αλλά και του διαδικτύου εισήγαγε δύο νέες μορφές προσέγγισης των εργαστηριακών δραστηριοτήτων, α) το εργαστήριο προσομοίωσης ή εικονικό εργαστήριο (Virtual Lab ή VL), το οποίο χρησιμοποιεί εφαρμογές υπολογιστή υλοποιώντας γραφικές αναπαραστάσεις πειραματικών διατάξεων, στερείται όμως ρεαλισμού, και β) το εργαστήριο απομακρυσμένης πρόσβασης (Remote Laboratory ή RL), στο οποίο η παρατήρηση και ο έλεγχος γίνονται μέσω υπολογιστή και ενός δικτύου επικοινωνίας είτε αυτό είναι τοπικό είτε παγκόσμιο. Το τελευταίο, το

οποίο από εδώ και πέρα θα αναφέρεται σαν ΕΡΓ.Α.Π., παρέχει πρόσβαση σε πραγματικές πειραματικές διατάξεις που είναι εγκατεστημένες σε διάφορα εκπαιδευτικά ιδρύματα, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών-φοιτητών να εκτελέσουν πραγματικά πειράματα σε οποιοδήποτε χρόνο και από οποιοδήποτε μέρος (Kolias, Anagnostopoulos & Kayafas, 2008).

Η ανάγκη για απομακρυσμένα εργαστήρια προέκυψε στα πλαίσια της εκπαίδευσης εξ' αποστάσεως η οποία καθιερώθηκε τις τελευταίες δεκαετίες ως εναλλακτική μέθοδος διδασκαλίας έναντι των παραδοσιακών, αλλά και της τάσης των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων να προσφέρουν ικανοποιητική εργαστηριακή εμπειρία σε περισσότερους σπουδαστές. Η νέα μέθοδος διεξαγωγής πειραμάτων μπορούσε να: α) Επεκτείνει την εργαστηριακή εμπειρία των σπουδαστών κάνοντας πιο αποδοτική χρήση του χρόνου τους. β) Αυξήσει την εμπειρία τους σε μεγαλύτερο εύρος πειραμάτων και οργάνων. γ) Μειώσει το κόστος σε σχέση με τα παραδοσιακά εργαστήρια. δ) Δώσει τη δυνατότητα σε εξωτερικούς σπουδαστές από άλλα μέρη του κόσμου να εκτελέσουν εργαστηριακά πειράματα. ε) Δώσει τη δυνατότητα στους σπουδαστές να εκτελέσουν τα πειράματα από το σπίτι και σε χρόνο που τους βόλευε.

Μετά από πολλά χρόνια έρευνας και με τη χρήση νέων τεχνολογιών και λογισμικών τα ΕΡΓ.Α.Π., αν και ποτέ δεν κατάφεραν να αντικαταστήσουν πλήρως τα παραδοσιακά εργαστήρια, εντούτοις κατέκτησαν τη θέση ενός σύγχρονου μαθησιακού περιβάλλοντος αντάξιο των σύγχρονων εκπαιδευτικών προσδοκιών (Machotka, Nafalski & Nedić, 2011).

II. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

A. Σχεδιασμός και λειτουργία

Για τη δημιουργία ενός απομακρυσμένου εργαστηρίου σε γενικές γραμμές τα πλέον απαραίτητα είναι: α) Το πείραμα ή τα πειράματα ανάλογα την περίπτωση. β) Όργανα, συσκευές και υλικά για τον έλεγχο του πειράματος και τη λήψη μετρήσεων. γ) Εργαστηριακοί υπολογιστές με το απαραίτητο λογισμικό για τον έλεγχο των παραπάνω οργάνων και συσκευών. δ) Εξυπηρετητής για τη διασύνδεση των χρηστών με τους υπολογιστές του εργαστηρίου μέσω διαδικτύου ή μέσω τοπικού δικτύου.

ε) Διαδικτυακές κάμερες ώστε οι χρήστες να έχουν οπτική και ηχητική επισκόπηση του πειράματος. στ) Σταθμοί εργασίας από τους οποίους θα συνδέονται οι χρήστες. Οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν απλά έναν φυλλομετρητή (browser), συχνά όμως απαιτείται το κατέβασμα και η εγκατάσταση ειδικού λογισμικού ή πρόσθετων εφαρμογών (plugins) για σωστή πρόσβαση στο πείραμα (Gomes & Bogosyan, 2009).

Η πιο κοινή τοπολογία σήμερα βασίζεται σε εφαρμογές πελάτη-εξυπηρετητή οι οποίες με βάση τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούν μπορούν να διακριθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: 1) οι εφαρμογές που βασίζονται στον παγκόσμιο ιστό (web-based applications) και 2) οι εφαρμογές που τρέχουν στον υπολογιστή του χρήστη (desktop applications). Οι εφαρμογές παγκόσμιου ιστού εκτός από την συμβατότητα που παρέχουν, εξασφαλίζουν σε μεγάλο βαθμό τη μη παρέμβαση στα δεδομένα και τους πόρους του χρήστη. Οι εφαρμογές που τρέχουν στον υπολογιστή του χρήστη παρέχουν μεγαλύτερη ευελιξία αφού εκμεταλλεύονται πλήρως τις δυνατότητες του απομακρυσμένου εργαστηρίου (García-Zubía, Orduña, López-de-Iriña, Hernández, & Trueba, 2008).

Τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκαν περιβάλλοντα εργασίας που έδωσαν τη δυνατότητα ώστε όργανα που χρησιμοποιούνται σε συμβατικά πειράματα να μπορούν να μετατραπούν σε εικονικά, οπότε να είναι εύκολος ο εξ' αποστάσεως χειρισμός τους μέσω υπολογιστή. Η αιχμή της τεχνολογίας είναι η πλατφόρμα LabVIEW (Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench) από τη National Instruments, στην οποία ο πραγματικός εξοπλισμός οπτικοποιείται με εικονογράμματα (Visual Instruments – VI) και ελέγχεται μέσω του προγράμματος που γράφεται σε μια γλώσσα προγραμματισμού που λέγεται “G”. Σε πολλές περιπτώσεις όμως η ποικιλία φύση και ιδιαιτερότητα των μαθημάτων και των αντίστοιχων εργαστηριακών πειραμάτων επιβάλλει τη δημιουργία προσαρμοσμένου λογισμικού (εφαρμογές σε PHP, Java κλπ.). Η επιλεγόμενη πλατφόρμα και το αντίστοιχο λογισμικό πρέπει να επιτρέπουν τον έλεγχο κάθε επιμέρους στοιχείου, την εύκολη δημιουργία εφαρμογών, την παράλληλη σχεδίαση και την ενσωμάτωσή τους σε μια ενιαία εφαρμογή, τη συλλογή δεδομένων από διαφορετικές συσκευές διεπαφής, την αποσφαλμάτωση του κώδικα και τη δημιουργία εκτελέσιμων αρχείων και αυτόνομων εφαρμογών. Τέλος πρέπει να διαθέτει κατάλληλο γραφικό περιβάλλον χρήστη ώστε αυτός να μπορεί να βλέπει τι χρειάζεται να γίνει (Kolias, Anagnostopoulos & Kayafas, 2008).

Για να χειριστεί κάποιος ένα πείραμα από μακριά απαιτούνται, πέραν των άλλων, συσκευές οι οποίες μεσολαβούν ανάμεσα στον υπολογιστή του εργαστηρίου και στα όργανα μέτρησης ή ελέγχου όπως μετατροπείς ADC, DAC κλπ.. Μια ηλεκτρονική πλατφόρμα χαμηλού κόστους που συνδέεται στον υπολογιστή και έχει μεγάλη απήχηση σήμερα είναι η πλακέτα Arduino που βασίζεται σε έναν μικροεπεξεργαστή της ATMEL. Η πλακέτα έχει δεκατέσσερις (14) ψηφιακές I/O ακίδες από τις οποίες κάποιες υποστηρίζουν διαμόρφωση εύρους παλμού (PWM), μια τεχνική που παρέχει αναλογικά αποτελέσματα με ψηφιακά μέσα. Επίσης διαθέτει έξι (6) 5V και USB θύρα (Sarik & Kymissis, 2010).

B. Επίδραση στην εκπαίδευση

Πολλά εκπαιδευτικά ιδρύματα χρησιμοποιούν το διαδίκτυο για τη μεταφορά γνώσης και εμπειρίας στους σπουδαστές με το σκεπτικό ότι αυτό το συχνά δαπανηρό βήμα παρέχει μια σειρά από οφέλη. Για τον σπουδαστή η διαδικτυακή εκπαίδευση είναι απαλλαγμένη από τα χρονικά και χωρικά περιθώρια που τον δεσμεύουν στο χώρο διδασκαλίας, αφού μπορεί να έχει πρόσβαση οποιαδήποτε ώρα στο υλικό και τις παροχές ιδίως στη περίπτωση της ασύγχρονης τηλεεκπαίδευσης. Για τον καθηγητή, η διδασκαλία μπορεί να γίνεται από οπουδήποτε και οποτεδήποτε, το υλικό που αυτός ανεβάζει στο δίκτυο μπορεί να ανανεώνεται ανά πάσα στιγμή, ενώ παράλληλα μπορεί να κατευθύνει τους σπουδαστές σε πληροφορίες που κάθε φορά χρειάζονται μέσω email ή ανακοινώσεων σε κάποιο κοινό διαδικτυακό χώρο (Anderson, 2008).

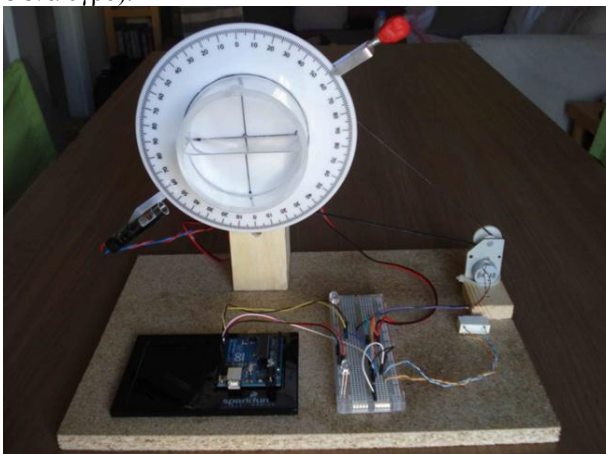
Οι δυνατότητες που η τεχνολογική εξέλιξη παρέχει στον τομέα του αυτοματισμού, δημιουργούν διλήμματα στη χρήση ή όχι των απομακρυσμένων εργαστηρίων από τα εκπαιδευτικά ιδρύματα. Από τη μια οι καθηγητές μπορούν να διδάξουν σε μεγαλύτερο αριθμό φοιτητών που είναι γεωγραφικά διασκορπισμένοι, από την άλλη όμως η τεχνολογία μπορεί να καταστρέψει αυτό το κλίμα του «αναπάντεχου» που σχετίζεται άμεσα με τη χρήση ενός παραδοσιακού εργαστηρίου. Το ερώτημα που τίθεται λοιπόν είναι αν η τεχνολογία με τους εναλλακτικούς τρόπους που παρέχει έναντι του πραγματικού εργαστηρίου προάγει ή όχι τη μάθηση. Τα ΕΡΓ.Α.Π. και τα εικονικά εργαστήρια βοηθούν προς αυτήν την κατεύθυνση, όμως σύμφωνα με μια άλλη άποψη οι διδάσκοντες, με το σκεπτικό ότι αυτές οι τεχνολογίες αποτελούν πρόοδο, στερούν από τους φοιτητές την εκ του σύνεγγυς εμπειρία που χρειάζονται για να γίνουν επιστήμονες. (Ma & Nickerson, 2006).

Όσον αφορά στη πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, η διδασκαλία της Φυσικής υποστηρίζεται σήμερα κυρίως με τη χρήση εικονικών εργαστηρίων, όπως το «Ανοικτό Μαθησιακό Περιβάλλον» (Ψύλλος, 2007). Σε συνδυασμό με αυτά, η χρήση απομακρυσμένων πραγματικών εργαστηρίων στις σχολικές αίθουσες θα μπορούσε να προάγει κατά πολύ τη μαθησιακή διαδικασία και το ενδιαφέρον των μαθητών για τη Φυσική. Παρόλα αυτά δεν έχει υπάρξει ευρεία αποδοχή και υιοθέτηση διότι: Πρώτον, υπάρχει μια έλλειψη ενημέρωσης σχετικά με την ύπαρξή τους και τη δυνατότητα πρόσβασης. Δεύτερον, οι πληροφορίες για το ποια πανεπιστημιακά εργαστήρια είναι κατάλληλα για χρήση στην πρωτοβάθμια ή δευτεροβάθμια εκπαίδευση, είναι δύσκολο να βρεθούν, ενώ το διδακτικό υλικό των απομακρυσμένων εργαστηρίων δεν είναι συνήθως φτιαγμένο για νεότερους μαθητές όπως αυτοί του γυμνασίου. Τρίτον, οι πρωτοπόροι εκπαιδευτικοί που κάνουν χρήση των απομακρυσμένων εργαστηρίων στην τάξη δεν είναι δικτυωμένοι. Τέταρτον, απαιτείται πολύ καλή συνεργασία πανεπιστημίων και σχολικών μονάδων. Από την άλλη πλευρά, οι υπεύθυνοι χάραξης εκπαιδευτικής πολιτικής έχουν κατανοήσει ότι «Η συνεργασία σχολείου και πανεπιστημίου αποτελεί βασική στρατηγική για τη μεταρρύθμιση της εκπαίδευσης» και

υπάρχουν επιτυχημένα προγράμματα και πρωτοβουλίες προς αυτή την κατεύθυνση (Tannhäuser & Dondi, 2012).

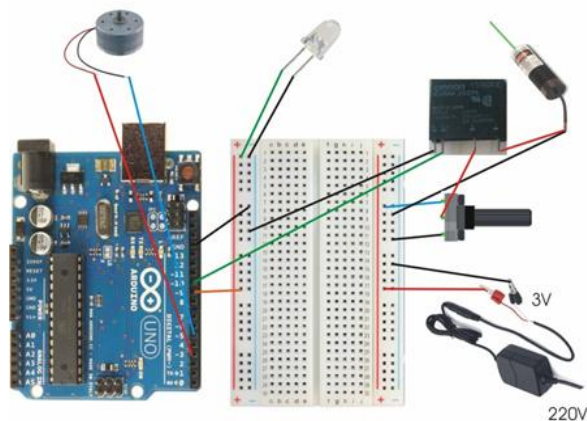
III. ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η πειραματική διάταξη (Εικόνα 1) που δημιουργήσαμε αφορά στη μελέτη του φαινομένου της διάθλασης του φωτός και κατ' επέκταση της ολικής ανάκλασής του σε διάφορα οπτικά μέσα (εν προκειμένω σε ένα υγρό).



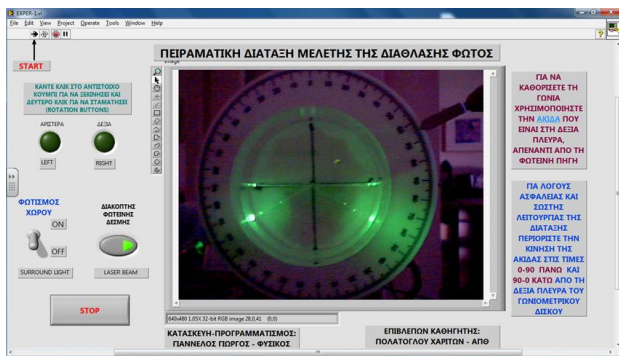
Εικόνα 1. Η πειραματική διάταξη

Αποτελείται από ένα ξύλινο στήριγμα πάνω στο οποίο έχει στερεωθεί ένας άξονας, γύρω από τον οποίο περιστρέφεται ο τροχός, στον οποίο έχει προσαρμοστεί κατάλληλα το λέιζερ και αντιδιαμετρικά ένα αντίβαρο πάνω στην ακίδα ένδειξης της γωνίας πρόσπτωσης. Μπροστά από τον τροχό έχει τοποθετηθεί ένας γωνιομετρικός δίσκος και πάνω σ' αυτόν έχει κολληθεί κεντρικά διαφανές δοχείο στο οποίο τοποθετείται το υγρό μέσο (νερό, οινόπνευμα, παραφίνη κλπ.). Η κίνηση στον τροχό μεταδίδεται από ένα κινητήρα DC μέσω ιμάντα. Η σύνδεση με τον υπολογιστή και ο έλεγχος γίνεται μέσω της πλακέτας Arduino. Χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις ψηφιακές ακίδες για τον έλεγχο των led φωτισμού χώρου, του λέιζερ (μέσω ρελέ) και για την οδήγηση του κινητήρα. Ο κινητήρας μπορεί να στρέφεται δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα ως εξής: Στο Arduino, υπάρχουν ανάμεσα στις ακίδες I/O και μερικές που υποστηρίζουν διαμόρφωση εύρους παλμού (PWM). Ενεργοποιώντας την ακίδα δημιουργείται μια σταθερή τετραγωνική κυματομορφή με συχνότητα περίπου 490 Hz. Το σήμα εναλλάσσεται μεταξύ on (5V) και off (0V) ανάλογα με την τιμή μιας παραμέτρου (0-255) που αναγράφεται στην εντολή κλήσης.



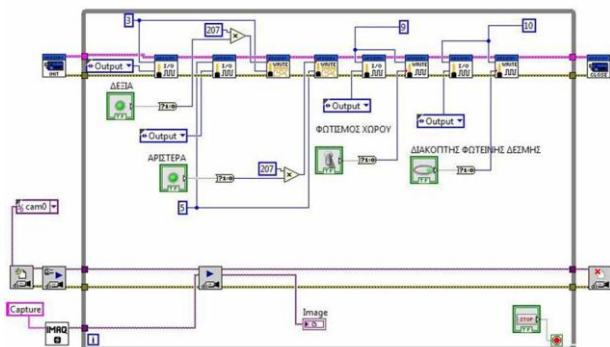
Εικόνα 2. Συνδεσμολογία Διάταξης

Αν η τιμή της παραμέτρου είναι 255 έχουμε πλήρη κύκλο (100%) οπότε ο παλμός είναι πάντα "on". Αν η τιμή είναι 127 τότε είναι ένας κύκλος 50% (για το ήμισυ του χρόνου) κ.ο.κ. Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να πάρουμε μια μικρότερη τιμή στην τάση ρυθμίζοντας αντίστοιχα τον κύκλο εργασίας. Ο ηλεκτρικός κινητήρας συνδέθηκε στις ακίδες 3 και 5 και μέσω του λογισμικού που θα δούμε παρακάτω, όταν χρειάζονταν να γίνει δεξιόστροφη κίνηση η μια ακίδα τίθετο σε κατάσταση «1» και η άλλη σε κατάσταση «0», επομένως εφαρμόζονταν διαφορά δυναμικού 5V σε κύκλο 100%. Για την αντίστροφη κίνηση οι ακίδες έπαιρναν αντίθετες τιμές. Για να κινείται πιο αργά ο κινητήρας μπορεί να μειωθεί η τάση θέτοντας τιμές της παραμέτρου μικρότερες του 255. Η πηγή ακτινοβολίας είναι ένα ισχυρό σχετικά πράσινο λέιζερ ($\lambda=532\text{nm}$) που λειτουργεί κανονικά στα 3V. Η ένταση του λέιζερ μπορεί να ρυθμιστεί μέσω ποτεσιόμετρου 10Ω. Στην εικόνα 2 φαίνεται η συνδεσμολογία των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών μερών. Ο προγραμματισμός έγινε με τη βοήθεια της πλατφόρμας LabVIEW και η διασύνδεση μέσω TeamViewer σε συνδυασμό με μια web κάμερα της Microsoft. Το σύστημα υποστηρίζεται από ένα φορητό υπολογιστή στον οποίο έχει εγκατασταθεί το λογισμικό και η σύνδεση με το Arduino γίνεται μέσω USB θύρας. Ο χρήστης μπορεί να αποκτήσει τον έλεγχο της πειραματικής διάταξης εγκαθιστώντας στον υπολογιστή του το TeamViewer και εισάγοντας κατάλληλο ID και κωδικό. Η διεπιφάνεια της εργασίας μας φαίνεται στη εικόνα 3 και περιέχει πέντε (5) διακόπτες – ελεγκτές και ένα (1) πλαίσιο – δείκτη για την προβολή της εικόνας που λαμβάνεται από το χώρο του πραγματικού πειράματος. Οι διακόπτες είναι όλοι τύπου boolean (λογικοί), δηλαδή παίρνουν τιμές «0» και «1». Αναλυτικότερα, οι δύο πράσινοι διακόπτες τύπου led πάνω αριστερά χρησιμοποιούνται για την κίνηση του κινητήρα (δεξιόστροφα – αριστερόστροφα) και αλλάζουν χρώμα (έντονο πράσινο ανοικτό) όταν γίνει κλικ με το ποντίκι πάνω τους.



Εικόνα 3. Το front panel της εφαρμογής

Ο διακόπτης φωτισμού χώρου ελέγχει το φως στο περιβάλλον του πειράματος και ο διακόπτης δέσμης ανοιγοκλείνει το λέιζερ. Τέλος, ο διακόπτης **STOP** τερματίζει το τρέξιμο της εφαρμογής. Για την έναρξη υποδεικνύεται μέσω της ετικέτας **START** το εικονίδιο όπου πρέπει να κάνει κλικ ο χρήστης. Στο πλαίσιο στη μέση φαίνεται η εικόνα όπως ελήφθη κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής του πειράματος. Στην εικόνα 4 φαίνεται το πλήρες διάγραμμα ροής της εφαρμογής. Τα στοιχεία αρχικοποίησης και τερματισμού βρίσκονται έξω από το βρόχο επανάληψης, όπως ακριβώς θα γινόταν και σε μια κοινή γλώσσα προγραμματισμού. Τα στοιχεία με την ένδειξη TF (True – False) είναι αυτά που αντιστοιχούν στα κουμπιά ελέγχου της διεπιφάνειας όπως άλλωστε απεικονίζεται στο καθένα.



Εικόνα 4. Το διάγραμμα ροής της εφαρμογής

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αν και η σημασία του απομακρυσμένου εργαστηρίου έχει τεκμηριωθεί μέσα από πάρα πολλές έρευνες τα τελευταία χρόνια, οι προσπάθειες για υλοποίηση είναι μεμονωμένες. Λείπει δηλαδή ένα ευρύτερο πλαίσιο εφαρμογής που θα περιλάμβανε ομάδες πειραμάτων ελεγχόμενων από απόσταση τα οποία θα υποστήριζαν πλήρως μαθήματα ή προγράμματα σπουδών. Αυτό θα ενίσχυε αφενός την εμπειρία των εξ' αποστάσεως φοιτητών πάνω στον πειραματισμό, αφετέρου το εκάστοτε εκπαιδευτικό ίδρυμα θα μπορούσε να προσφέρει πλήρη διδακτικά προγράμματα σε μεγαλύτερες ομάδες πιθανών σπουδαστών που υπό άλλες συνθήκες δεν θα μπορούσαν να τα παρακολουθήσουν. Επιπλέον, μια θετική αξιολόγηση της λειτουργίας των ΕΡΓ.Α.Π. σε ανώτερο επίπεδο εκπαίδευσης θα μπορούσε να επηρεάσει την εκπαιδευτική διαδικασία σε επίπεδο δευτεροβάθμιας

εκπαίδευσης (Γυμνάσια, Λύκεια) όπου σχολεία με ανεπαρκή μέσα πειραματισμού θα συνεργάζονταν με άλλα πιο εξοπλισμένα ώστε όλοι οι μαθητές να έχουν τη δυνατότητα να συμμετέχουν στην πειραματική διαδικασία (Hyder, Choi & Schaefer, 2010).

Μελέτες που έγιναν κατά καιρούς κατέληξαν στο γεγονός ότι υπάρχει μια άκρως ανησυχητική μείωση του ενδιαφέροντος των νέων για τις φυσικές επιστήμες και τα μαθηματικά. Ειδικότερα οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης δείχνουν μια αυξανόμενη απροθυμία στην επιλογή μαθημάτων φυσικών επιστημών, ενώ είναι ολοένα και λιγότεροι αυτοί που προσανατολίζονται σε αντίστοιχες πανεπιστημιακές σπουδές. Ως εκ τούτου η προσπάθεια πολλών μερών έχει επικεντρωθεί στην ανάπτυξη κινήτρων και θετικών τάσεων απέναντι στην επιστήμη. Η αρνητική στάση που έχουν οι μαθητές απέναντι στις φυσικές επιστήμες στο δημοτικό και το γυμνάσιο οδηγεί σε έλλειψη ενδιαφέροντος και στη συνέχεια αποφυγή επιλογής ανάλογου πεδίου μάθησης στο Λύκειο και περαιτέρω στο πανεπιστήμιο (Trumpf, 2006).

Τα ΕΡΓ.Α.Π. συνεπώς, αποτελούν μια λύση που μπορεί να ενισχύσει τα κίνητρα και τη θετική αντιμετώπιση αυτών των επιστημών και κυρίως της Φυσικής, μέσα από ένα πλαίσιο διερευνητικής μάθησης. Από την άλλη, η σχετική «ευκολία» και το χαμηλό κόστος της πειραματικής διάταξης που περιγράφηκε παραπάνω, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι είναι δυνατό να δημιουργηθούν αντίστοιχες διατάξεις για ένα μεγάλο αριθμό πειραμάτων Φυσικής που θα εκτελούνται από απόσταση, ιδίως αν υπάρχει δυνατότητα συνεργασίας μεταξύ ανθρώπων συναφών ειδικοτήτων, όπως είναι οι ηλεκτρονικοί και οι προγραμματιστές.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Ψύλλος, Δ. (2007). Μοντέλα και κόσμοι στους εικονικούς χώρους. Πρακτικά του 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου 'Διδακτική Φυσικών Επιστημών και νέες τεχνολογίες', Ιωάννινα, 15-18 Μαρτίου, εκδ. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Anderson, T. (Ed.). (2008). *The theory and practice of online learning*. Athabasca University Press.
- García-Zubía, J., Orduña, P., López-de-Ipiña, D., Hernández, U., & Trueba, I. (2008). Remote laboratories from the software engineering point of view. *Advances on remote laboratories and e-learning experiences*, 6, 131.
- Gomes, L., & Bogosyan, S. (2009). Current trends in remote laboratories. *Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, 56(12), 4744-4756.
- Hofstein, A., Lunetta V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education. Volume 88, Issue 1*, 28-54.
- Hyder, A., Choi, S. K., Schaefer, D. (2010). Remotely controlled laboratory experiments: Creation and examples. *Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS), IEEE*, 62 – 67.
- Kolias, V., Anagnostopoulos, I., Kayafas, E. (2008). Remote laboratories over different platforms and application fields: A Survey. In Rabe, B., Rasche, A. (eds.) *Proceedings of the 2nd International Workshop on elearning and Virtual and Remote Laboratories* (pp.103-108). Potsdam.
- Ma, J., & Nickerson, J. V. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 38(3), 7.
- Machotka, J., Nafalski, A., & Nedić, Z. (2011). *The history of developments of Remote experiments* (Doctoral dissertation, World Institute for Engineering and Technology Education).

- Sarik, J., & Kymissis, I. (2010, October). Lab kits using the Arduino prototyping platform. In *Frontiers in Education Conference (FIE), 2010 IEEE* (pp. T3C-1). IEEE.
- Tannhäuser, A. C., & Dondi, C. It's Lab Time—Connecting Schools to Universities' Remote Laboratories. In *"NEW PERSPECTIVES IN SCIENCE EDUCATION", International Conference*. Florence, 2012.
- Trumper, R. (2006). Factors affecting junior high school students' interest in physics. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 47-58.