

Arduino και πειράματα Φυσικών Επιστημών από απόσταση

Νικόλαος Δίντσιος¹, Σταματία Αρτέμη², Χαρίτων Πολάτογλου³
nikos.dintsios@gmail.com, stamart84@gmail.com, hariton@auth.gr

¹ Καθηγητής Β/θμιας Εκπ/σης, Υποψήφιος Διδάκτορας,

² Υποψήφια Διδάκτορας, ³ Καθηγητής Τμήματος Φυσικής, Α.Π.Θ.

Περίληψη

Στη παρούσα εργαστηριακή άσκηση-πρόταση υπάρχουν δέκα διαφορετικά πειράματα τα οποία βασίζονται στο Arduino και μπορούν να διενεργηθούν από απόσταση. Έξι από τα πειράματα αυτά αναφέρονται στην ενότητα του ηλεκτρισμού και πιο συγκεκριμένα σε κυκλώματα συνεχούς ρεύματος, δύο πειράματα αναφέρονται στην ενότητα της οπτικής ενώ τέλος πειράματα που πραγματοποιούνται με εφαρμογή εναλλασσόμενης τάσης σε γραμμικά ηλεκτρικά κυκλώματα. Τα πειράματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν από μαθητές-σπουδαστές όλων των βαθμίδων της εκπαίδευσης ακολουθούμενα από τα αντίστοιχα φύλλα εργασίας τα οποία απευθύνονται στα αντίστοιχα αναλυτικά προγράμματα. Η δυνατότητα αυτή αυξάνει τον αριθμό τους σε περισσότερα από δεκαπέντε. Τα πειράματα αυτά είναι διαθέσιμα 24/7 και η εκτέλεσή τους μπορεί να πραγματοποιηθεί από οποιονδήποτε χρήστη διαθέτει σύνδεση στο διαδίκτυο από οποιαδήποτε συσκευή (υπολογιστή, tablet, smart phone).

Λέξεις κλειδιά: Πειράματα από απόσταση, Arduino, ηλεκτρικά κυκλώματα, χρώματα

Εισαγωγή

Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών είναι απαραίτητο να εργαστηριακές ασκήσεις – πειράματα. Η παραπάνω πρόταση έχει γίνει αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα εδώ και χρόνια, παρόλο που υπάρχουν διάφορες εργασίες οι οποίες τονίζουν – επισημαίνουν κάποιες αδυναμίες για την συμπερίληψη πειραμάτων. Σήμερα, με την εξέλιξη των υπολογιστών και του διαδικτύου δύο νέοι τρόποι πειραματισμού προέκυψαν και είναι διαθέσιμοι για την εκπαίδευση των μαθητών - σπουδαστών. Η εκτέλεση πειραματικών ασκήσεων με χρήση προσομοιώσεων που στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται με τον όρο *simulations* και η εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων από απόσταση που είναι γνωστά με τον όρο *remote experiments*.

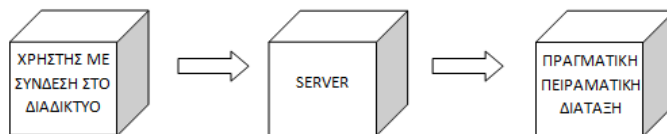
Αν και η πραγματοποίηση πειραμάτων μέσα στην τάξη είναι γενικά μεγάλης διδακτικής αξίας (Koronen & Mäntylä, 2006; Ausubel, 1968; Hodson, 1988; Yager et al, 1969; Dewey, 1916) δεν απουσιάζουν και τα διάφορα προβλήματα όπως:

- έλλειψη υλικοτεχνικών υποδομών
- έλλειψη κτιριακών υποδομών
- αποκλεισμός ατόμων με ειδικές ανάγκες
- χρονικοί περιορισμοί για την διερεύνηση εναλλακτικών σεναρίων
- οικονομικοί λόγοι εγκατάστασης και συντήρησης εξοπλισμού
- πειραματισμός με επικίνδυνα υλικά (ραδιενεργά)
- κίνδυνος καταστροφής του εξοπλισμού κατά την εκτέλεση των εργαστηριακών ασκήσεων

(Bates, 1978; Kirschner et al., 1988; White, 1996; Shen et al., 1999; Faltin et al., 2002; Thomsen et al., 2005; Lang et al., 2007; Gomes et al., 2009; Lowe et al., 2012; Lowe 2012; Burgstahler, 2009; Scanlon et al., 2004; Bargerhuff, M. E., & Wheatly, M. 2004; Miner et al., 2001; Keller, 1994; Jenny, 1990; Frinks, 1983; Foley, 1981).

Πειράματα από Απόσταση

Τα πραγματικά πειράματα από απόσταση περιγράφονται διαγραμματικά με το σχήμα 1. Πιο συγκεκριμένα ο χρήστης μπορεί να πραγματοποιήσει πείραμα από απόσταση από οποιαδήποτε τοποθεσία αρκεί να διαθέτει συσκευή που συνδέεται στο διαδίκτυο (υπολογιστή, tablet, smart phone) καθώς επίσης και διαδίκτυο. Ο χρήστης αρχικά συνδέεται σε έναν Server ο οποίος διαχειρίζεται την επικοινωνία του χρήστη με την πειραματική διάταξη. Στη συνέχεια οι εντολές του χρήστη εκτελούνται από την πειραματική διάταξη ενώ με μια κάμερα ο χρήστης έχει την εποπτεία της εξέλιξης του πειράματος σε πραγματικό χρόνο. Η πειραματική διάταξη μπορεί να βρίσκεται εγκατεστημένη οπουδήποτε, και στην εν λόγω περίπτωση όλα τα πειράματα είναι εγκατεστημένα στο τμήμα Φυσικής του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.



Σχήμα 1. Ο χρήστης συνδέεται σε έναν Server και στη συνέχεια στη πειραματική διάταξη

Οι στόχοι της εκάστοτε εργαστηριακής άσκησης ποικίλουν ανάλογα με την βαθμίδα στην οποία απευθύνεται το κάθε πείραμα. Παραδείγματα από αντίστοιχα φύλλα εργασίας υπάρχουν την ιστοσελίδα <http://e-science.web.auth.gr/circuits/index.php/el/homepage-3>.

Πειραματικές Διατάξεις

Οι πειραματικές διατάξεις που είναι σήμερα διαθέσιμες από την ομάδα e-science του ΑΠΘ καλύπτουν πειράματα που αφορούν τα ηλεκτρικά κυκλώματα και πειράματα οπτικής. Τα πειράματα αυτά για να υλοποιηθούν απαιτούν τόσο την ανάπτυξη του κατάλληλου λογισμικού όσο και του πειραματικού εξοπλισμού ο οποίος βασίζεται κυρίως στο Arduino.



Σχήμα 2. Τα τμήματα του λογισμικού που απαιτείται για τη λειτουργία των πειραμάτων από απόσταση

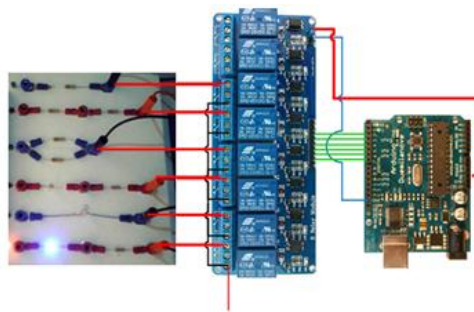
Στο σχήμα 2 εικονίζονται διαγραμματικά τα τμήματα του λογισμικού και η επικοινωνία ανάμεσα στα τμήματα του λογισμικού που απαιτείται για την υλοποίηση των πειραμάτων από απόσταση.

Ηλεκτρικά Κυκλώματα

Στα σχήματα 3β παρατηρούμε τμήμα του πειραματικού εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση των πειραμάτων από απόσταση που αφορά τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Όπως παρατηρούμε στο σχήμα 4 ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ένα από τα 6 διαθέσιμα πειράματα για να εκτελέσει κάποια εργαστηριακή άσκηση. Η επιλογή του πειράματος, που πραγματοποιείται από την αντίστοιχη ιστοσελίδα (σχήμα 3α), η οποία βασίζεται σε γλώσσα PHP, και επικοινωνεί με ένα σύστημα relay (relay bank) και ένα Arduino (σχήμα 3β).



Σχήμα 3α. Η ιστοσελίδα μέσω της οποίας ο χρήστης επιλέγει το πείραμα που επιθυμεί να εκτελέσει



Σχήμα 3β. Η συνδεσμολογία πειραματικής διάταξης με Arduino

Οι ασκήσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν είναι:

- Επιβεβαίωση του νόμου του Ohm
- Επαλήθευση της σχέσης $R=R_1+R_2$ σε αντιστάτες συνδεδεμένους σε σειρά
- Επαλήθευση της σχέσης $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ σε αντιστάτες συνδεδεμένους παράλληλα
- Μη επιβεβαίωση του νόμου του Ohm σε λαμπτήρα πυρακτώσεως
- Μη επιβεβαίωση του νόμου του Ohm σε φωτοдиодο (LED)
- Εύρεση της σταθεράς του Planck με χρήση κόκκινου ή μπλε LED ή με συνδυασμό τους
- Εύρεση της χαρακτηριστικής λαμπτήρα πυρακτώσεως

- Εύρεση της χαρακτηριστικής φωτοδιόδου (LED) μπλε και κόκκινου χρώματος
- Ποιοτική σύγκριση από ενεργειακής απόψεως LED – λαμπτήρα πυρακτώσεως
- Ποιοτική σύγκριση από ενεργειακής απόψεως κόκκινου – μπλε LED
- Ποιοτική προσέγγιση κυκλωμάτων με λαμπτήρες που ενώ διαρρέονται από ρεύμα οι λαμπτήρες δεν φωτοβολούν
- Εύρεση τάσης κατωφλίου κόκκινου – μπλε LED και ενεργειακή σύγκριση των δύο

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να σημειώσουμε ότι αρχικά ο χρήστης συνδέεται με τη κεντρική ιστοσελίδα του πειράματος έχοντας πρόσβαση στις διάφορες επιλογές που προσφέρει αυτή. Για την εκτέλεση πειράματος απαιτείται η δημιουργία username και password από το χρήστη. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνουμε αφενός να διατηρούμε στατιστικά στοιχεία που σχετίζονται με την επισκεψιμότητα της ιστοσελίδας και αφετέρου να εξασφαλιστεί ότι ένας χρήστης κάθε φορά χρησιμοποιεί – εκτελεί την εργαστηριακή άσκηση. Μόλις ο χρήστης συνδεθεί επιτυχώς, στην οθόνη του εμφανίζεται η ιστοσελίδα μέσω της οποίας θα διεξάγει την εργαστηριακή άσκηση την οποία επέλεξε (σχήμα 4). Στην ιστοσελίδα αυτή υπάρχει μια σχηματική απεικόνιση της πειραματικής διάταξης, ένας επιλογέας τάσης, ένα ερωτηματολόγιο καθώς επίσης και η εικόνα της πειραματικής διάταξης όπως αυτή φαίνεται στο σχήμα 4.



Σχήμα 4. Η ιστοσελίδα για την διεξαγωγή πειράματος όπως τη βλέπει ο χρήστης

Κλείνοντας την αναφορά μας στα ηλεκτρικά κυκλώματα και όπως η πειραματική διάταξη φαίνεται στο σχήμα 4 είναι πολύ εύκολο να αντικατασταθεί είτε κάποιο στοιχείο το οποίο λόγω συνεχούς χρήσης καταστράφηκε, είτε για εκπαιδευτικούς λόγους να αντικαταστήσουμε για παράδειγμα μια αντίσταση με μια διόδο είτε με μια διόδο Zener. Με τον τρόπο αυτό τα πειράματα που μπορεί κάποιος να εκτελέσει από απόσταση κάνοντας χρήση της προαναφερθείσας διάταξης πολλαπλασιάζονται. Επίσης πέρα από τα προαναφερθέντα πειράματα στο τομέα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων μπορεί κάποιος να εκτελέσει από απόσταση και πειράματα που πραγματεύονται με εφαρμογή εναλλασσόμενης τάσης σε γραμμικά ηλεκτρικά κυκλώματα. Πιο συγκεκριμένα μπορούν να γίνουν

πειράματα από απόσταση για την επιβεβαίωση της εξάρτησης της εμπέδησης του πυκνωτή από τη συχνότητα, ο υπολογισμός της χωρητικότητας πυκνωτή, η συμπεριφορά χαμηλοπερατού παθητικού φίλτρου (ηθμός) RC με έξοδο στον πυκνωτή καθώς και η συμπεριφορά υψηλοπερατού παθητικού φίλτρου (ηθμός) RC με έξοδο στον αντιστάτη ((Ντόζης και Πολάτογλου, 2015).

Πειράματα οπτικής

Τα πειράματα οπτικής αναφέρονται στη σύνθεση χρωμάτων και στο πως γίνεται χρωματικά αντιληπτή μια εικόνα ανάλογα με το χρώμα που αυτή φωτίζεται. Πιο συγκεκριμένα με τη βοήθεια ενός τριχρωματικού LED (RGB), το οποίο ελέγχεται από ένα Arduino, ο χρήστης φωτίζει με χρώματα της επιλογής του μια αλληλουχία χρωματικών γραμμών και καταγράφει τις παρατηρήσεις του. Οι χρωματικές γραμμές εμφανίζονται με διαφορετικό χρώμα κάθε φορά μέχρις του σημείου όπου καθίστανται μη ορατές (λόγω κατάλληλου φωτισμού). Η απορρόφηση του φωτός αναδεικνύεται στο πείραμα αυτό που λαμβάνει χώρα από απόσταση. Στο σχήμα 5 παρατηρούμε την ιστοσελίδα διαχείρισης του πειράματος καθώς επίσης και την εικόνα όπως αυτή αποδίδεται από την κάμερα σε πραγματικό χρόνο. Επίσης η πειραματική αυτή διάταξη θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να γίνει αντιληπτή η διαφορετική εμφάνιση ενός τοπίου κατά τη διάρκεια της ημέρας (πρωί - μεσημέρι - δύση του ήλιου) λαμβάνοντας υπόψη μας πως νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα όλα τα αντικείμενα φωτίζονται με μια πιο ερυθρή απόχρωση φωτός σε σχέση με αυτό που φωτίζονται κατά την υπόλοιπη διάρκεια της ημέρας.

Ένα άλλο πείραμα απόσταση που έχει υλοποιηθεί είναι η διάθλαση και η ανάκλαση φωτός που διέρχεται από την διεπιφάνεια υγρού - αέρα. Η γωνία πρόσπτωσης μπορεί να ορισθεί και να μετρηθούν η γωνίες διάθλασης και ανάκλασης. Οι πορείες των ακτίνων καταγράφονται από κάμερα σε πραγματικό χρόνο. Να σημειώσουμε ότι και σε αυτό το πείραμα μπορούμε εύκολα να αντικαταστήσουμε το υγρό με ένα άλλο διερευνώντας περισσότερα του ενός στοιχεία (Γιαννέλος και Πολάτογλου, 2015).



Σχήμα 5. Ο φωτισμός με κόκκινο χρώμα από το RGB LED “αλλοιώνει” χρωματικά την εικόνα που παρατηρεί ο χρήστης

Κλείνοντας την αναφορά μας στα εξ αποστάσεως πειράματα που είναι σήμερα διαθέσιμα από την ομάδα e-science του ΑΠΘ θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθούμε στη μελέτη του Zero Energy House με χρήση θερμομέτρων τα οποία καταγράφουν θερμοκρασίες οι οποίες είναι διαθέσιμες σε πραγματικό χρόνο (Artemi et al., 2013). Η παραπάνω εργασία υλοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του μαθήματος project και ομιλών σε πειραματικά σχολεία δηλαδή κατά τη διαδικασία της μη-τυπικής εκπαίδευσης.

Συμπεράσματα

Τα πειράματα από απόσταση δεν εισήχθησαν με σκοπό να αντικαταστήσουν τα hands – on πειράματα, αλλά να συμπληρώσουν τα κενά που δημιουργούνται κατά τη χρήση των τελευταίων στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η διείσδυση της τεχνολογίας (κινητά – tablet) και η άνεση με την οποία οι σημερινοί μαθητές/τριες – φοιτητές/τριες την χρησιμοποιούν, προσδίδει στους ερευνητές τη δυνατότητα να εισάγουν εκπαιδευτικές προτάσεις – μορφές που βασίζονται σε αυτή και είναι άμεσα προσβάσιμη από τους εκπαιδευόμενους.

Αναφορές

- Artemi, S., Dintsios, N., Maidou, A. & Polatoglou, H. (2013). Developing remote physics experiments to facilitate the development of competences of secondary schools students. In 10th biannual *Conference of the European Science Education Research Association. In ESERA Conference.*
- Bargerhuff, M. E., & Wheatly, M. (2004). Teaching with CLASS: Creating Laboratory Access for Science Students with Disabilities. *Teacher Education and Special Education*, 27(3), 318-321.
- Bates, G. R. (1978). The role of the laboratory in secondary school science programs. In M.B. Rowe (Ed.), *What research says to the science teacher*, 1, 55-82.
- Burgstahler, S. (2009). Making Science Labs Accessible to Students with Disabilities. *Application of Universal Design to a Science Lab.*
- Faltin, N., Böhne, A., Tuttas, J., & Wagner, B. (2002, August). Distributed team learning in an Internet-assisted laboratory. *International Conference on Engineering Education* (pp. 18-22).
- Foley, A. F. (1981). The Physically Handicapped Student in Biology. *Journal of College Science Teaching*, 10(6), 360-62.
- Frinks, R. M. (1983). Accommodating Mobility-Impaired Students in Physics Laboratories. *Physics Teacher*, 21(8), 536-37.
- Kirschner, P. A., & Meester, M. A. M. (1988). The laboratory in higher science education: Problems, premises and objectives. *Higher Education*, 17, pp. 81-98.
- Koponen, I. T., & Mäntylä, T. (2006). Generative role of experiments in physics and in teaching physics: A suggestion for epistemological reconstruction. *Science & Education*, 15(1), 31-54.
- Lang, D., Mengelkamp, C., Jaeger, R. S., Geoffroy, D., Billaud, M., & Zimmer, T. (2007). Pedagogical evaluation of remote laboratories in eMerge project. *European Journal of Engineering Education*, 32(1), 57-72.
- Lowe, D., Conlon, S., Murray, S., Weber, L., Villefromoy, M. D. L., Lindsay, E., et al. (2012). LabShare: towards cross-institutional laboratory sharing. In A. Azad, M. Auer, & J. Harward (Eds.), *Internet accessible remote laboratories: scalable e-learning tools for engineering and science disciplines* (pp.453-467). Hershey: IGI Global.
- Scanlon, E., Colwell, C., Cooper, M., & Di Paolo, T. (2004). Remote experiments, re-versioning and re-thinking science learning. *Computers & Education*, 43(1), 153-163.
- Thomsen, C., Scheel, H., & Morgner, S. (2005, June). Remote experiments in experimental physics. *In Proceedings of the ISPRS E-Learning* (Vol. 2005).
- Γιαννέλος, Γ. & Πολάτογλου, Χ. (2016). Πραγματικά πειράματα Φυσικής από απόσταση: Μια εφαρμογή σε LabVIEW για τη μελέτη του φαινομένου της διάθλασης, *ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΔΕΛΤΙΟ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ, ΕΑΠ.*
- Ντόζης, Α., & Πολάτογλου, Χ., (2015). Πειράματα εξ αποστάσεως σε πραγματικό χρόνο με εναλλασσόμενο ρεύμα για την ηλεκτρική εμπέδηση και τα παθητικά φίλτρα. Στο Συνέδριο “Η εκπαίδευση στην εποχή των Τ.Π.Ε.”, Αθήνα, 7 & 8 Νοεμβρίου 2015.