ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2018)

11ο Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Πειράματα από απόσταση στο ΑΠΘ

Ν. Δίντσιος, Σ. Αρτέμη, Χ. Πολάτογλου

Βιβλιογραφική αναφορά:

Δίντσιος Ν., Αρτέμη Σ., & Πολάτογλου Χ. (2022). Πειράματα από απόσταση στο ΑΠΘ. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 233–241. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/4206

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 21/01/2026 09:31:13

Πειράματα από απόσταση στο ΑΠΘ

Δίντσιος Ν[1], Αρτέμη Σ[2], Πολάτογλου Χ[3]
ndint@physics.auth.gr, sartemi@auth.gr, hariton@physics.auth.gr
[1] Υποψήφιος Διδάκτωρ
[2]Υποψήφια Διδάκτωρ και [3]Καθηγητής Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ.

Περίληψη

Τα πειράματα αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της εκπαιδευτικής διαδικασίας των φυσικών επιστημών και όχι μόνο. Τα τελευταία χρόνια, αφενός λόγω της ανάπτυξης των ηλεκτρονικών υπολογιστών και του διαδικτύου, αλλά αφετέρου λόγω των προβλημάτων που εμφανίζουν τα χειραπτικά πειράματα ένας νέος τρόπος πειραματισμού εισήχθη: Τα πραγματικά πειράματα από απόσταση. Σήμερα, πολλά εκπαιδευτικά ιδρύματα έχουν συμπεριλάβει στα αναλυτικά τους προγράμματα πραγματικά πειράματα από απόσταση. Στη παρούσα εργασία παρουσιάζουμε τη προσπάθεια που επιχειρείται τα τελευταία χρόνια στο Α.Π.Θ., όπου έχουν υλοποιηθεί και διατίθενται συνολικά 11 πειράματα από απόσταση. Η αρχική εφαρμογή σε ομάδα 21 φοιτητών του τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ. αφήνει θετικές εντυπώσεις σχετικά με την αποτελεσματικότητα αλλά και την αποδοχή του νέου διδακτικού εργαλείου από την φοιτητική κοινότητα.

Keywords: πειράματα από απόσταση, αποδοχή remote experiments

Εισαγωγή

Οι εργαστηριακές ασκήσεις που λαμβάνουν χώρα μέσα στο σχολικό – πανεπιστημιακό εργαστήριο δεν στερούνται ελλείψεων και προβλημάτων τα οποία θα μπορούσαμε να τα κατηγοριοποιήσουμε σε τρεις βασικές ομάδες:

- Οικονομικά
- Χρονικά
- Προσβασιμότητας

Στα οικονομικά προβλήματα εντάσσονται

- η έλλειψη κτηριακών υποδομών των ιδρυμάτων
- ο ακριβός υλικοτεχνικός εξοπλισμός
- η συντήρηση του υλικοτεχνικού εξοπλισμού
- ο κίνδυνος καταστροφής του εξοπλισμού (ή τμήμα του από τους μαθητευόμενους/μενες)

Στα χρονικά προβλήματα μπορούν να συμπεριληφθούν

- ο χρονικός περιορισμός για την εκτέλεση πειραμάτων (Lowe, 2013)
- ο περιορισμός εξέτασης συγκριμένων σεναρίων
- ο περιορισμός χρήσης των εργαστηριακών αιθουσών κατά τη διάρκεια λειτουργίας του ιδρύματος
- ο αποκλεισμός ατόμων τα οποία εργάζονται κατά τις ώρες λειτουργίας των πανεπιστημιακών ιδρυμάτων (Faltin et al., 2002)

Η διενέργεια πραγματικών πειραμάτων (hands – on) εμπεριέχει ένα επιπλέον μειονέκτημα πλην των αναφερομένων όπως αυτή αποτυπώνεται στη διεθνή βιβλιογραφία. Την

προσβασιμότητα σε αυτά από τους εκπαιδευόμενους. Έτσι, θα μπορούσαμε να κατατάξουμε στα προβλήματα προσβασιμότητας τα εξής:

- η δύσκολη έως και αδύνατη η συμμετοχή ατόμων με ειδικές ικανότητες
- η δύσκολη συμμετοχή ατόμων που εργάζονται κατά τις ώρες λειτουργίας των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων
- η μετριασμένη συμμετοχή / απαγόρευση πειραμάτων που περιλαμβάνουν επικίνδυνα υλικά (π.χ. ραδιενεργά)

Είναι προφανές πως άτομα με ειδικές ικανότητες όπως για παράδειγμα κινητική αναπηρία ή/και σοβαρά προβλήματα οράσεως δεν δύνανται να παρακολουθήσουν προγράμματα που συμπεριλαμβάνουν πραγματικά πειράματα για διάφορους λόγους:

- δεν υπάρχει προσβασιμότητα στις αντίστοιχες αίθουσες (π.χ. παρεμβάλλονται σκάλες χωρίς ειδικούς διαδρόμους με κλίση (ράμπες), πρέπει να διέλθουν από πόρτες από τις οποίες δεν χωρούν τα αμαξίδιά τους κ.α.)
- δεν υπάρχει ο απαιτούμενος χώρος μέσα στην αίθουσα για να κινηθούν με το αμαξίδιο τους
- ο πάγκος εργασίας είναι σε διαφορετικό ύψος από αυτό που μπορούν να εργαστούν
- πιθανή αναπηρία στα άνω άκρα δεν τους επιτρέπει χειρισμούς συσκευών ή/και χρήση πειραματικών διατάξεων
- προβλήματα όρασης δεν τους επιτρέπουν να διεξάγουν πραγματικά πειράματα χωρίς βοηθητικές τεχνολογίες
- προβλήματα ακοής δεν τους επιτρέπουν να ακολουθήσουν προφορικές οδηγίες, δεν τους επιτρέπουν να εκτελέσουν εργαστηριακές ασκήσεις που περιλαμβάνουν ηχητικά σήματα – ερεθίσματα, αλλά και θέτουν περιορισμούς σε θέματα ασφαλείας στον εργαστηριακό χώρο

Όλοι οι παραπάνω λόγοι οδηγούν στον αποκλεισμό των ατόμων με αναπηρίες από τις εργαστηριακές ασκήσεις και κατ' επέκταση από τα αντίστοιχα τμήματα που τις συμπεριλαμβάνουν στα αναλυτικά τους προγράμματα.
Η δυσκολία – αποκλεισμός ατόμων με αναπηρίες από την συμμετοχή τους σε πραγματικά πειράματα καθώς επίσης και τρόποι αντιμετώπισης των προαναφερθέντων δυσκολιών σχολιάζονται στη διεθνή βιβλιογραφία από τους (Heard, 2016; Sukhai et al., 2014; Duerstock, 2013; Hilliard et al., 2012; Παπαλεξόπουλος κ.α., 2011; Παπαλεξόπουλος κ.α., 2009; Burgstahler, 2008; Andreou & Kotsis, 2005; Scanlon et al., 2004; Bargerhuff & Wheatly, 2004; Miner et al., 2001; Keller, 1994;).

Στις παραπάνω εργασίες γίνονται αναφορές για τα διάφορα είδη ανπηριών όπως για παράδειγμα κινητικές, προβλήματα ακοής/ομιλίας καθώς επίσης και προβλήματα όρασης. Επίσης, γίνονται αναφορές στα διάφορα προβλήματα που αναδύονται κατά τις εργαστηριακές ασκήσεις στα μαθήματα της φυσικής, της βιολογίας (Heard,2016), της χημείας (Miner et al.,2001; Wohlers, 1994) αλλά και της γεωλογίας – γεωγραφίας (Keller, 1994). Ο κοινός παρονομαστής όλων των παραπάνω εργασιών είναι τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μαθητές/τριες με αναπηρίες κατά την εκτέλεση πραγματικών πειραμάτων στις παραπάνω επιστήμες, παρόλο που σε κάποιες περιπτώσεις οι μαθητές με αναπηρίες (π.χ. οράσεως) προκύπτει από τη βιβλιογραφία να διαθέτουν ένα προβάδισμα όσον αφορά στην εκτίμηση του μήκους (Κώτσης, 2007).

Η ενασχόληση των φοιτητών/τριών με ραδιενεργές πηγές είναι γεγονός. Τίθεται όμως ένας περιορισμός ασφαλείας στην προσβασιμότητα και πειραματισμό με ραδιενεργές πηγές

όπως είναι εύλογο (Thomsen et al., 2005) (Lowe, 2013, σσ.1202). Παρόμοια πειράματα στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση δεν προβλέπονται μεταξύ των άλλων και για λόγους ασφαλείας.

Τέλος κλείνοντας την αναφορά μας στα προβλήματα και στις δυσκολίες που παρατηρούνται στα πραγματικά πειράματα (hands –on) θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθούμε και στα παρακάτω

- η ανάγκη για μόρφωση όλο και περισσότερων ανθρώπων καθιστά την εργαστηριακή άσκηση ένα ιδιαίτερα απαιτητικό εγχείρημα μιας και σε ένα σχετικά μεγάλο ακροατήριο μαθητών/τριών – φοιτητών/τριών είναι μάλλον δύσκολο έως αδύνατο να πειραματιστούν όλοι με τις εργαστηριακές διατάξεις (Thomsen et al., 2005)
- η ολοένα αυξανόμενη εξ αποστάσεως εκπαίδευση φέρνει στην επιφάνεια προβλήματα κυρίως όσον αφορά στον τομέα των εργαστηριακών ασκήσεων (Gröber et al., 2007)
- μια συνηθισμένη τεχνική η οποία ακολουθείται σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης στα Ελληνικά Εκπαιδευτικά Ιδρύματα και όχι μόνο είναι ο σχηματισμός ομάδων εκπαιδευομένων που αποτελούνται από 3-4 άτομα. Η πρακτική αυτή εγείρει ακόμα έναν προβληματισμό ο οποίος συνοψίζεται στην παρακάτω πρόταση: "Μετέχουν ισάξια όλα τα μέλη της ομάδας στην εργαστηριακή άσκηση;" Τον ίδιο προβληματισμό αναφέρει και ο Thomsen (Thomsen et al., 2005).

Λύση στα παραπάνω προβλήματα – δυσκολίες των χειραπτικών πειραμάτων αποτελεί σήμερα ο σχετικά νέος τρόπος πειραματισμού που είναι γνωστός ως Πραγματικά Πειράματα από Απόσταση (Remote Experiments). Τα πραγματικά πειράματα από απόσταση, όπως δηλώνει και ο τίτλος τους, αφορούν στην διενέργεια εργαστηριακών ασκήσεων χρησιμοποιώντας πραγματικό πειραματικό εξοπλισμό, τον οποίο ο χρήστης χειρίζεται από απόσταση.

Αναζητώντας στη διεθνή βιβλιογραφία ορισμό για αυτόν τον τρόπο πειραματισμού παρατηρούμε πως αυτά ορίζονται ως εκείνη η διαδικασία πειραματισμού κατά την οποία αφενός ο χρήστης – εκπαιδευόμενος και η πειραματική διάταξη δεν βρίσκονται στον ίδιο χώρο, αφετέρου η πειραματική διάταξη αφορά πραγματικό εξοπλισμό (Bencomo, 2004; Heradio et al., 2016; Alkhaldi et al., 2016, Hanson et al., 2009).

Ανατρέχοντας στην βιβλιογραφία ανακαλύπτουμε πως οι πρώτες προσπάθειες πειραματισμού από απόσταση (Remote Experiment) έλαβαν χώρα στα μέσα της δεκαετίας του 1990 (Aktan et al., 1996; Cao et al., 1995; Cox et al., 1994; Goldberg et al., 1995; Nehmzow, 1996) και αφορούσαν τον τομέα της ρομποτικής.

Οι προσπάθειες αυτές πολλαπλασιάστηκαν τα χρόνια που ακολούθησαν. Ο τομέας των πραγματικών πειραμάτων από απόσταση ανδρώθηκε και φάνηκε πως μπορεί να προσφέρει λύσεις σε διάφορα προβλήματα που μέχρι τότε αντιμετώπιζαν τα πανεπιστημιακά ιδρύματα. Έτσι πολλοί ερευνητές οι οποίοι άνηκαν σε διάφορα πανεπιστήμια – ερευνητικά κέντρα άρχιζαν να υλοποιούν πειράματα από απόσταση.

Σήμερα, πολλά πανεπιστημιακά ιδρύματα έχουν συμπεριλάβει στο αναλυτικό τους πρόγραμμα και πειράματα από απόσταση. Ενδεικτικά αναφέρουμε:

- Royal Institute of Technology
- Hellenic Open University
- University of Technology Sydney
- Stanford University
- M.I.T.

- Berlin Institute of Technology

Στη παρούσα εργασία επιχειρούμε να ιχνηλατήσουμε τις απόψεις των φοιτητών/τριών για τα πειράματα από απόσταση αναζητώντας απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα που είναι:

" Ποιες είναι οι απόψεις των Ελλήνων φοιτητών/τριών για τα πειράματα από απόσταση; "

Πειράματα από απόσταση στο ΑΠΘ

Ακολουθώντας τη διεθνή τάση, όπως αυτή αποτυπώνεται στη διεθνή βιβλιογραφία, υλοποιήθηκαν και στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης έντεκα πειράματα από απόσταση από τα οποία σήμερα είναι διαθέσιμα τα εννέα. Τα πειράματα αυτά σχετίζονται με τις εξής θεματικές περιοχές:

- Ηλεκτρικά Κυκλώματα (7)
- Φως (3)
- Αστρονομία (1)

Πιο συγκεκριμένα, τα πειράματα που ανήκουν στην θεματική περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων, σχετίζονται με

- Επιβεβαίωση του νόμου του Ohm (Δίντσιος & Πολάτογλου, 2013)
- Πειραματισμό με αντιστάτες συνδεδεμένους παράλληλα
- Πειραματισμό με αντιστάτες συνδεδεμένους σε σειρά
- Νόμος του Ohm σε μη-ωμικό στοιχείο (λαμπτήρας πυρακτώσεως, LED)
- Υπολογισμός της σταθεράς του Planck με χρήση LED (Δίντσιος & Πολάτογλου, 2013)
- Παρατήρηση και καταγραφής τάσεων ακτινοβόλησης LED και λαμπτήρα
- Πειραματισμός με RC, RL και RLC (εύρεση εμπέδησης) (Ντόζης & Πολάτογλου, 2015).

Τα πειράματα που πλαισιώνουν την θεματική του Φωτός είναι:

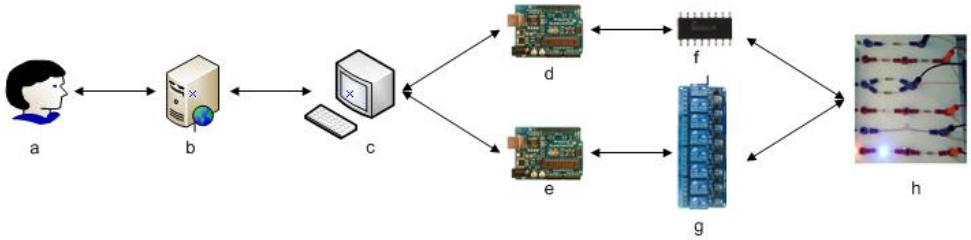
- Ανάκλαση και Διάθλαση του Φωτός (Γιαννέλος & Πολάτογλου, 2016)
- Απόκριση φωτοβολταϊκού στοιχείου σε συνάρτηση με την ένταση και το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας
- Αντίληψη των χρωμάτων σε συνάρτηση με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που τα φωτίζει

Τέλος, όσον αφορά στο πείραμα που κατατάσσεται στη θεματική ενότητα της Αστρονομίας, αυτό πραγματεύεται την επιφανειακή θερμοκρασία πέντε αστέρων με μια νέα τεχνική, η οποία ονομάζεται Virtual Remote Experiment (Dintsios et al., 2018) και συνδυάζει το πραγματικό πείραμα από απόσταση (remote experiment) και τη προσομοίωση (virtual experiment).

Εφαρμογή των πειραμάτων από απόσταση

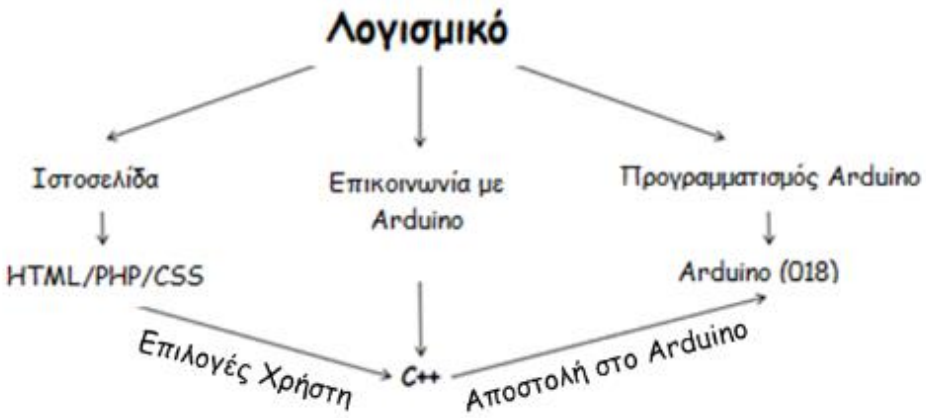
Για την εφαρμογή των πειραμάτων από απόσταση απαιτείται μια σειρά λογισμικών αλλά και πειραματικών διατάξεων. Όλα τα παραπάνω θα πρέπει να επικοινωνούν μεταξύ τους και να συνεργάζονται με σκοπό τη διεξαγωγή του πειράματος από τον εμπλεκόμενο χρήστη. Ενδεικτικά για τα πειράματα που ανήκουν στην θεματική περιοχή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων η λογική σειρά διασύνδεσης είναι αυτή που εικονίζεται στο σχήμα 1, όπου

- a. Χρήστης (PC, tablet, smart phone)
- b. Διακομιστής (server)
- c. Ηλεκτρονικός Υπολογιστής
- d. Arduino (ελέγχει την εφαρμοζόμενη τάση)
- e. Arduino (επιλέγει το πείραμα που θα εκτελεστεί)
- f. DAC 0808 (εφαρμογή τάσης)
- g. Ηλεκτρονόμος (επιλογή πειράματος)
- h. Πειραματική διάταξη



Σχήμα 1. Η βασική ιδέα των πειραμάτων από απόσταση (ηλεκτρικά κυκλώματα)

Επίσης, για την επικοινωνία – διάδραση χρήστη – πειραματικής διάταξης απαιτείται και μία αλληλουχία λογισμικών σχήμα 2.



Σχήμα 2. Η βασική ιδέα αλληλουχίας λογισμικού

Μία λεπτομερής ανάλυση όλων των παραπάνω συνιστωσών δεν αποτελεί αντικείμενο της παρούσας εργασίας, όπως όμως διαφαίνεται από τα παραπάνω σχήματα αφενός έχει

χρησιμοποιηθεί ο μικροελεγκτής Arduino (ο οποίος αποτελεί και την "καρδιά" της όλης προσπάθειας, αφετέρου οι ιστοσελίδες που υλοποιήθηκαν, βασίζονται σε γλώσσα PHP έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η διάδραση μεταξύ χρήστη – διάταξης.

Αποτελέσματα από την εφαρμογή σε ομάδα φοιτητών

Τμήμα των πειραμάτων από απόσταση που προαναφέρθηκαν, εφαρμόστηκαν σε ομάδα 21 φοιτητών/τριων του τμήματος Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Ανατέθηκε σε αυτούς, η διεξαγωγή εργαστηριακής άσκησης από απόσταση, με την υποχρέωση να επιστρέψουν στο διδάσκοντα μία πλήρη αναφορά. Ταυτόχρονα ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να απαντήσουν σε ανώνυμο ερωτηματολόγιο κρίνοντας μέσω αυτού το διδακτικό εργαλείο που χρησιμοποίησαν.

Έτσι, η διδακτική πρόταση αξιολογήθηκε ως προς δύο μεταβλητές:

- την επίτευξη των στόχων (μέσω της ανάλυσης των εργασιών των φοιτητών/τριων)
- την εντύπωση που τους δημιούργησε (μέσω των ερωτηματολογίων)

Και ως προς τις δύο μεταβλητές τα πειράματα από απόσταση εμφανίζουν θετικά αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, από την ανάλυση των εργασιών προέκυψε πως οι στόχοι επετεύχθησαν σχεδόν στο σύνολο τους. Όσον αφορά στις στάσεις των φοιτητών/τριων απέναντι στις εργαστηριακές ασκήσεις από απόσταση αυτές τις συνοψίζουμε στον πίνακα 1. Στον πίνακα 2 συνοψίζονται τα χρονικά "παράθυρα" μέσα στα οποία οι φοιτητές διεξήγαγαν την εργαστηριακή άσκηση.

Όπως παρατηρούμε από τον πίνακα 1 ένα ποσοστό 80% των φοιτητών/τριων χαρακτηρίζει την εργαστηριακή άσκηση ως "ενδιαφέρουσα", ενώ σε ποσοστό 94% θεωρούν ότι η εισαγωγή των πειραμάτων από απόσταση θα μπορούσε να βοηθήσει τη διδασκαλία στο Πανεπιστήμιο. Επίσης, σε ποσοστό 88%, οι εμπλεκόμενοι/ες θα πρότειναν το διδακτικό εργαλείο σε κάποιον γνωστό τους ο οποίος ασχολείται με τη Φυσική.

Σημαντικό εύρημα αποτελεί το μηδενικό ποσοστό (0%) που λαμβάνουν και οι τρεις παραπάνω ερωτήσεις καταδεικνύοντας την αποδοχή των εργαστηριακών ασκήσεων από απόσταση από το δείγμα της έρευνας.

Ένα ακόμη εύρημα το οποίο ενισχύει έναν από τους λόγους εισαγωγής των πειραμάτων από απόσταση είναι ότι σε ποσοστό 19% (ένας στους τέσσερις) διενήργησαν το πείραμα – εργασία σε ώρες κατά τις οποίες τα εργαστήρια (των ιδρυμάτων) δεν είναι διαθέσιμα (Πίνακας 2).

Πίνακας 1. Απαντήσεις φοιτητών/τριων στα ερωτήματα της έρευνας

Ερώτηση	Καθόλου (%)	Λίγο (%)	Μέτρια (%)	Πολύ (%)	Πάρα Πολύ (%)
Η πραγματοποίηση του συγκεκριμένου πειράματος που εκτελέσατε σας φάνηκε ενδιαφέρουσα.	0	1	2	3	9
Πιστεύετε πως η πραγματοποίηση πειραμάτων μέσω του διαδικτύου θα μπορούσε να βοηθήσει τη διδασκαλία στο Πανεπιστήμιο;	0	0	1	4	11

Θα προτείνατε τη συγκεκριμένη ιστοσελίδα σε κάποιο γνωστό σας που ασχολείται με τη Φυσική;	0	1	1	10	4
Το εξ αποστάσεως πείραμα που εκτέλεσα ήταν εύκολο στη χρήση.	1	2	3	6	3

Πίνακας 2. Χρονικό παράθυρο μέσα στο οποίο οι φοιτητές/τριες διεξήγαγαν την άσκηση από απόσταση

	08:00 – 14:00	**14:00 – 21:00**	**21:00 – 08:00**
Ποσοστό φοιτητών/τριων (%)	33	48	19

Συμπερασματικά

Τα πειράματα από απόσταση δεν εισήχθησαν με σκοπό να αντικαταστήσουν τα πραγματικά (χειραπτικά) πειράματα, αλλά να συμπληρώσουν τις ελλείψεις και τα προβλήματα που ανακύπτουν από την εφαρμογή των χειραπτικών πειραμάτων. Κατά την εφαρμογή τους όπως αυτή περιγράφεται στην παρούσα εργασία προέκυψαν σημαντικά ευρήματα που καταδεικνύουν αφενός την αποτελεσματικότητά τους και αφετέρου την αποδοχή που αυτά έτυχαν από τη φοιτητική κοινότητα. Θα πρέπει να τονίσουμε πως λόγω του μικρού αριθμού του δείγματος, η έρευνα θα πρέπει να επεκταθεί σε μεγαλύτερο αριθμό φοιτητών/τριών έτσι ώστε να προκύψουν ασφαλέστερα συμπεράσματα.

Αναφορές

Aktan, B., Bohus, C. A., Crowl, L. A., & Shor, M. H. (1996). Distance learning applied to control engineering laboratories. IEEE Transactions on education,39(3), 320-326.

Alkhaldi, T., Pranata, I., & Athauda, R. I. (2016). A review of contemporary virtual and remote laboratory implementations: observations and findings. *Journal of Computers in Education*, *3*(3), 329-351.

Andreou, Y., & Kotsis, K. T. (2005, September). The estimation of length, surface area, and volume by blind and sighted children. *In International Congress Series* (Vol. 1282, pp. 780-784). Elsevier

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.

Bencomo, S. D. (2004). Control learning: Present and future. *Annual Reviews in control*, *28*(1), 115-136.

Burgstahler, S. (2008). *Making Science Labs Accessible to Students with Disabilities.* Application of Universal Design to a Science Lab.

Cao, Y. U., Chen, T. W., Harris, M. D., Kahng, A. B., Lewis, M. A., & Stechert, A. D. (1995). A remote robotics laboratory on the internet. *Proc. INET-95, Honolulu*.

Cox, M. J., & Baruch, J. E. (1994, October). Robotic telescopes: An interactive exhibit on the World-Wide Web. In *Proc. 2nd International World-Wide Web Conference*.

Dintsios, N., Artemi, S., & Polatoglou, H. (2018). Evaluating Stars Temperature Through the BV Index Using a Virtual Real Experiment from Distance: A Case Scenario for Secondary Education. *International Journal of Online Engineering (iJOE)*,*14*(01), 162-178

Duerstock, B. (2013). Inclusion of Students with Disabilities in the Lab. The Physiologist, 56(6), 168-170.

Faltin, N., Böhne, A., Tuttas, J., & Wagner, B. (2002, August). Distributed team learning in an Internet-assisted laboratory. In *Proceedings of the International Conference on Engineering Education*.

Goldberg, K., Mascha, M., Gentner, S., Rothenberg, N., Sutter, C., & Wiegley, J. (1995, May). Desktop teleoperation via the world wide web. In *Robotics and Automation, 1995. Proceedings., 1995 IEEE International Conference on* (Vol. 1, pp. 654-659). IEEE

Gröber, S., Vetter, M., Eckert, B., & Jodl, H. J. (2007). Experimenting from a distance—remotely controlled laboratory (RCL). European Journal of Physics,28(3), S127.

Hanson, B., Culmer, P., Gallagher, J., Page, K., Read, E., Weightman, A., & Levesley, M. (2009). ReLOAD: Real laboratories operated at a distance. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, *2*(4), 331-341.

Heradio, R., de la Torre, L., & Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in control education: A survey. *Annual Reviews in Control*.

Heard, B. R. (2016). Evaluating College Biology Laboratory Accommodations For Students With Blindness And Visual Impairments.

Hilliard, L., Dunston, P., McGlothlin, J., & Duerstock, B. S. (2012). Designing Beyond the ADA-Creating an Accessible Research Laboratory for Students and Scientists with Physical Disabilities. Journal of Chemical Education.

Keller Jr, E. C. (1994). Science Education for Motor/Orthopedically-Impaired Students. In *A Futures Agenda: Proceedings of a Working Conference* (Vol. 48, p. 10).

Lowe, D. (2013). Integrating reservations and queuing in remote laboratory scheduling. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, *6*(1), 73-84.

Miner, D. L., Nieman, R., Swanson, A. B., & Woods, M. (2001). Teaching Chemistry to Students with Disabilities: A Manual for High Schools, Colleges, and Graduate Programs 4th Edition.

Nehmzow, U. (1996). The Manchester remote mobile robotics laboratory. (Robot)

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.

Sukhai, M. A., Mohler, C. E., Doyle, T., Carson, E., Nieder, C., Levy-Pinto, D., ... & Smith, F. (2014). Creating an Accessible Science Laboratory Environment for Students with Disabilities.

Thomsen, C., Scheel, H., & Morgner, S. (2005, June). Remote experiments in experimental physics. In *Proceedings of the ISPRS E-Learning* (Vol. 2005).

Wohlers, H. D., & Kirksville, M. O. (1994). Science Education for Students with Disabilities: The Visually-Impaired Student in Chemistry. In *A Futures Agenda: Proceedings of a Working Conference* (Vol. 48, p. 51).

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.

Δίντσιος Ν. & Πολάτογλου Χ., (2013). Η εξ *Αποστάσεως Εργαστηριακή* Άσκηση και πως μπορεί να Ενσωματωθεί στην Εκπαιδευτική Διαδικασία σήμερα. Εφαρμογή: Υπολογισμός της σταθεράς του Planck με χρήση φωτοδιόδων. *Πρακτικά 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΤΠΕ*, Σύρος, 2013

Δίντσιος Ν. και Πολάτογλου Χ., (2013). Η Εξ Αποστάσεως Εργαστηριακή Άσκηση στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Εφαρμογή: Επιβεβαίωση του νόμου του Ohm. *Proceedings of 8th Panhellenic Conference on Science Education & ICT Education.* ISBN: 978-618-80580-2-6

Κώτσης Κ., (2007). Η ικανοποιητική δεξιότητα των τυφλών μαθητών στη διαδικασία της μέτρησης, σε αντίθεση με τους βλέποντες, τεκμήριο ορθότερης αντίληψης διαστάσεων αντικειμένων και εννοιών της φυσικής, στο «Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών και Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου», Κατσίκης Α., Κώτσης Κ., Μικρόπουλος Αν. και Τσαπαρλής Γ., (επ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση»,* Τεύχος Α', Ιωάννινα, 149-157.

Ντόζης Α, & Πολάτογλου Χ., (2015).Πειράματα εξ αποστάσεως σε πραγματικό χρόνο με εναλλασσόμενο ρεύμα για την ηλεκτρική εμπέδηση και τα παθητικά φίλτρα *Συνέδριο: Η εκπαίδευση στην εποχή των Τ.Π.Ε.* Ίδρυμα Ευγενίδου Αθήνα, 7 & 8 Νοεμβρίου 2015.

Παπαλεξόπουλος, Π., Βαβουγυιός, Δ., Νησιώτου, Ι. (2009). Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών για μαθητές με κινητικά και ορθοπαιδικά προβλήματα: Σχεδιασμός και Προσαρμογές. *Πρακτικά του 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση Πανεπιστήμιο: Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των φυσικών επιστημών.*

Επιμελητές έκδοσης Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, Α. Ζουπίδης, ISBN 978-960-89650-3-4, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Παιδαγωγική Σχολή Φλώρινα , σελ. 668-675.

Παπαλεξόπουλος Φ, Π., Φερεντίνου, Α, Καρακασίδης, Βαβουγυιός, Δ. (2011). Προτάσεις προσαρμογών στις εργαστηριακές ασκήσεις μηχανικής της Φυσικής της Α΄ Λυκείου για μαθητές χωρίς όραση. Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνέδριου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες, σσ. 1021-1029, επιμέλεια έκδοσης: Παπαγεωργίου Γιώργος & Κουντουριώτης Γιώργος, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Σχολή Επιστημών Αγωγής, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, ISBN 978-960- 99852-0-8. Επίσης στην διεύθυνση http://www.7sefepet.gr με ISSN 1791-1281 Online.