ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2016)

10ο Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Η συμβολή των σύγχρονων ψηφιακών τεχνολογιών σε πειράματα βαρομετρικής πίεσης: μελέτη περίπτωσης

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης, Δημοσθένης Ε. Μπολανάκης

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 03/05/2024 23:50:49

Η συμβολή των σύγχρονων ψηφιακών τεχνολογιών σε πειράματα βαρομετρικής πίεσης: μελέτη περίπτωσης

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης[1], Δημοσθένης Ε. Μπολανάκης[2]
kkotsis@uoi.gr, dbolanakis@gmail.com
[1]Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
[2]Τμήμα Αεροπορικών Επιστημών, Σχολή Ικάρων

Περίληψη

Η ραγδαία εξέλιξη της ψηφιακής τεχνολογίας στις μέρες μας, έχει επηρεάσει σημαντικά τον εκπαιδευτικό χώρο και ιδιαίτερα την πειραματική διδασκαλία. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι δυνατότητες που προσφέρουν οι σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες στην πειραματική διδασκαλία της Φυσικής, μέσα από μία μελέτη περίπτωσης για την υλοποίηση καινοτόμων πειραμάτων βαρομετρικής πίεσης και εκτίμησης απόλυτου ύψους. Η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία έχει εφαρμογή στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και στους αισθητήρες τεχνολογίας ΜΕΜΣ (Μικρο-Ηλεκτρο-Μηχανικά-Συστήματα). Στο άρθρο αναλύονται οι λόγοι για τους οποίους απαιτείται διεπιστημονική έρευνα για την επίτευξη ολοκληρωμένης πειραματικής εκπαίδευσης των διδασκομένων και ακόμη, πραγματοποιείται ανασκόπηση του συνολικού έργου που υλοποιήθηκε και αξιολογήθηκε στο Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και των σχετικών ερευνητικών αποτελεσμάτων.

Λέξεις κλειδιά: διεπιστημονική έρευνα, ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, απομακρυσμένος έλεγχος ηλεκτρονικών συσκευών, ΜΕΜΣ αισθητήρες.

Εισαγωγή

Η Φυσική, η επιστήμη δηλαδή που συνδέεται με την παρατήρηση των φαινομένων της φύσης για την κατανόηση της συμπεριφοράς του σύμπαντος, διαθέτει «ισχυρό» εργαλείο το πείραμα για την διερεύνηση και ανάλυση των φαινομένων αυτών. Συνεπώς, η ανεκτίμητη αξία του πειράματος όσον αφορά την οικοδόμηση αντίληψης των διδασκομένων για τη βαθύτερη κατανόηση των θεωρητικών εννοιών, είναι ευρύτατα αποδεκτή από τους ερευνητές της Διδακτικής της Φυσικής (Etkina et al., 2002; Koponen & Mäntylä, 2006; Lavonen et al., 2004; Trumper, 2003; Κώτσης, 2005; Στύλος κ.α., 2014). Στην εποχή μας η ραγδαία εξελισσόμενη ψηφιακή τεχνολογία και η διάδοση αυτής στο χώρο της εκπαίδευσης, έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στην ανάπτυξη και διεξαγωγή εργαστηρίων Φυσικής, με προτάσεις που αφορούν, λόγου χάρη, πειράματα απομακρυσμένης πρόσβασης (Harms, 2000; Kocijancic, 2002; Lee et al., 2002; Schauer et al., 2008; Thomsen et al., 2005). Υπάρχουν βέβαια και οι ένθερμοι υποστηρικτές της άποψης ότι η άμεση επαφή των διδασκόμενων με την πειραματική διάταξη στο παραδοσιακό τρόπο διεξαγωγής εργαστηρίων, αποτελεί την καταλληλότερη και αποτελεσματικότερη μέθοδο συσχέτισης των θεωρητικών εννοιών με τις πραγματικές συνθήκες (Deniz et al., 2007). Αναμφισβήτητα όμως, η κατάλληλη χρήση της σύγχρονης ψηφιακής τεχνολογίας μπορεί να επεκτείνει τα «όρια» του παραδοσιακού πειραματισμού, υποστηρίζοντας σημαντικά την πειραματική εξάσκηση των μαθητών/φοιτητών.

Στο Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων διεξήχθη, τα τελευταία χρόνια, έρευνα για την ενσωμάτωση της σύγχρονης ψηφιακής τεχνολογίας στη διεξαγωγή

T. A. Mikropoulos, N. Papachristos, A. Tsiara, P. Chalki (eds.), *Proceedings of the 10th Pan-Hellenic and International Conference "ICT in Education"*, Ioannina: HAICTE. 23-25 September 2016. ISSN 2529-0916, ISBN 978-960-88359-8-6.

πειραμάτων βαρομετρικής πίεσης και εκτίμησης απόλυτου ύψους. Συγκεκριμένα, αναπτύχθηκε και υλοποιήθηκε ασύρματο δίκτυο αισθητήρων τεχνολογίας ΜΕΜΣ (Μικρο-Ηλεκτρο-Μηχανικά-Συστήματα) για την εκτίμηση της απόλυτης υψομετρικής διαφοράς μεταξύ δύο συσκευών μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης. Η διεξαγωγή πειράματος δεν περιορίστηκε μόνο στην απλή αναγωγή της μετρούμενης ατμοσφαιρικής πίεσης σε υψόμετρο, επεκτάθηκε και στην παρατήρηση φαινομένων και χαρακτηριστικών ιδιοτήτων που συσχετίζονται με τους ΜΕΜΣ αισθητήρες βαρομετρικής πίεσης. Ζητήματα, δηλαδή, που καλείται να διερευνήσει ο φυσικός που θα απασχοληθεί μελλοντικά στο επιστημονικό αυτό πεδίο, τα οποία διευρύνουν την αντίληψη του όσον αφορά τη βαθύτερη κατανόηση της θεωρίας και τη συσχέτιση αυτής με τις πραγματικές συνθήκες. Παραδείγματος χάριν, προσφέρεται στους διδασκόμενους η δυνατότητα πειραματικής διερεύνησης της επίδρασης που επιφέρουν οι περιβαλλοντικές μεταβολές στην ακρίβεια μέτρησης ύψους, του σφάλματος που οφείλεται στη σχετική ακρίβεια των αισθητήρων κ.ά. Η δυνατότητα πειραματισμού στα ζητήματα αυτά πραγματοποιήθηκε με τη δόκιμη χρήση της σύγχρονης ψηφιακής τεχνολογίας καθώς και με διεπιστημονική έρευνα από τον κλάδο της Φυσικής και Διδακτικής της Φυσικής καθώς και τον κλάδο των Ηλεκτρονικών και της Πληροφορικής.

Στην εργασία αυτή πραγματοποιείται ανασκόπηση του συνολικού ερευνητικού έργου, αναδεικνύοντας σε κάθε περίπτωση τις δυνατότητες πειραματισμού που προσέφερε η χρησιμοποιούμενη ψηφιακή τεχνολογία. Ακόμη, πραγματοποιείται ανασκόπηση της διεπιστημονικής έρευνας που διεξήχθη, καθώς και των σχετικών ερευνητικών αποτελεσμάτων, αναλύοντας τους λόγους για τους οποίους απαιτείται συνεργασία από διάφορους επιστημονικούς τομείς για την επίτευξη της ολοκληρωμένης πειραματικής εκπαίδευσης των διδασκομένων.

Γενικές πληροφορίες για τα συστήματα μέτρησης απόλυτου ύψους και τις εφαρμογές συστημάτων μέτρησης βαρομετρικής πίεσης

Επικρατέστερα συστήματα μέτρησης απόλυτου ύψους

Στις μέρες μας, η μέτρηση απόλυτου ύψους πραγματοποιείται είτε με τη μέτρηση του γεωμετρικού υψομέτρου, είτε με τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιούνται συσκευές μέτρησης του Παγκόσμιου Συστήματος Θεσιθεσίας, γνωστές ως GPS, ενώ στη δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιούνται συσκευές αισθητήρων βαρομετρικής πίεσης (κυρίως τεχνολογίας ΜΕΜΣ), γνωστές ως βαρόμετρα. Οι συσκευές GPS χαρακτηρίζονται από μετρήσεις χαμηλής ακρίβειας και απώλεια του σήματος δορυφόρων όταν παρεμβάλλονται εμπόδια. Τα βαρόμετρα χαρακτηρίζονται από μετρήσεις υψηλής ακρίβειας, που όμως είναι ευπαθή στις καιρικές αλλαγές ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα εξωτερικού χώρου, δημιουργώντας αβεβαιότητα για το αποτέλεσμα της μέτρησης (Zaliva & Franchetti, 2014).

Συστήματα ΜΕΜΣ αισθητήρων βαρομετρικής πίεσης

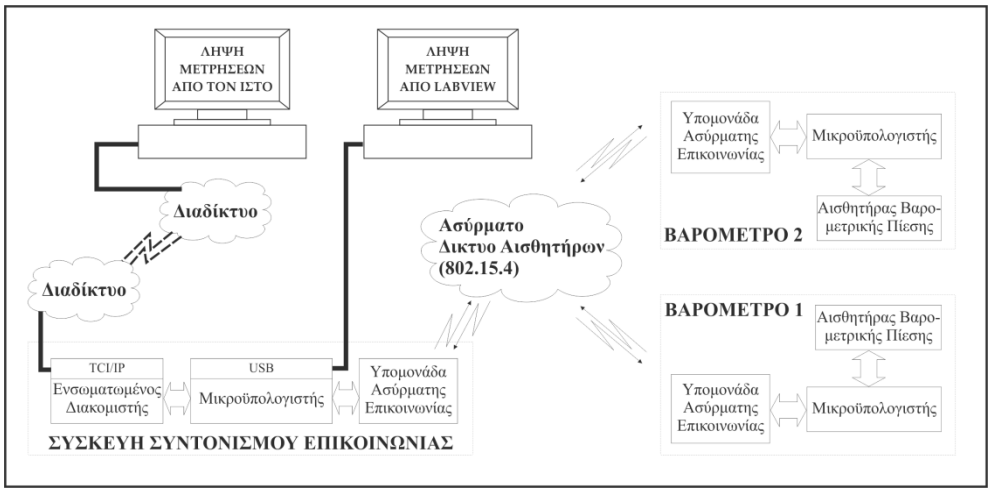
Λόγω της υψηλής ακρίβειας των μετρήσεων, καθώς και των χαρακτηριστικών χαμηλού κόστους και κατανάλωσης και των ιδιαίτερα μικρών διαστάσεων (της τάξης των nm), οι ΜΕΜΣ αισθητήρες βαρομετρικής πίεσης έχουν καθιερωθεί σε πληθώρα σύγχρονων εφαρμογών. Σύγχρονοι υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα, ρολόγια κλπ. που διατίθενται στο εμπόριο περιλαμβάνουν ΜΕΜΣ αισθητήρες βαρομετρικής πίεσης που παρέχουν πληροφορίες για τον καιρό και το μετρούμενο υψόμετρο από το επίπεδο της θάλασσας. Αξίζει να σημειωθεί ότι, η αγορά των αισθητήρων πίεσης αναμένεται να φτάσει τα 7.34 δισεκατομμύρια δολάρια το 2017 (Pressure Sensor Market, 2012-2017).

Τα χαρακτηριστικά αυτά των ΜΕΜΣ αισθητήρων έχουν κεντρίσει το ενδιαφέρον και της επιστημονικής κοινότητας, όπου σε πολλές περιπτώσεις διερευνάται η δυνατότητα χρήσης σε συστήματα πλοήγησης (Morrison et al., 2012) ή και ακόμη σε ηλεκτρονικά συστήματα αεροσκαφών (Tang & Tsai, 2005). Στην πρώτη περίπτωση είναι δυνατός ο εντοπισμός ορόφου ενός πολυκαταστήματος, όπου παραδείγματος χάριν, παρέχονται πληροφορίες στο χρήστη σχετικά με τις επιλογές του στον όροφο αυτό. Στη δεύτερη περίπτωση είναι δυνατή η εκτίμηση της γωνίας κλίσης των πτερυγίων ενός αεροσκάφους σε σχέση με το φυσικό ορίζοντα. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι, η πρώτη εφαρμογή μπορεί να υλοποιηθεί με έναν αισθητήρα μέτρησης, ενώ η δεύτερη εφαρμογή απαιτεί δύο αισθητήρες βαρομετρικής πίεσης για τον υπολογισμό της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ αυτών.
Όπως γίνεται κατανοητό, οι ΜΕΜΣ αισθητήρες βαρομετρικής πίεσης αποτελούν τεχνολογία αιχμής με πληθώρα εφαρμογών και χρήσεων. Από την άλλη, τα παραδείγματα πειραματισμού σε ΜΕΜΣ αισθητήρες πίεσης που συναντώνται στη διεθνή βιβλιογραφία περιορίζονται σε μία απλή καταγραφή και απεικόνιση της μετρούμενης πίεσης (Sallier et al., 2010). Ένας από τους κύριους λόγους είναι ότι ο πειραματισμός σε αισθητήρες πίεσης απαιτεί εξοπλισμό υψηλού κόστους (της τάξης των εκατοντάδων χιλιάδων ευρώ), όπως ελεγκτή πίεσης, περιβαλλοντικό θάλαμο για τον έλεγχο της θερμοκρασίας και υγρασίας κ.ά. Δημιουργούνται λοιπόν τα εξής ερωτήματα: Μπορεί η χρήση της σύγχρονης ψηφιακής τεχνολογίας να προσφέρει τη δυνατότητα υλοποίησης εργαστηριακού εξοπλισμού χαμηλού κόστους, που να παρέχει στους διδασκόμενους μία ολοκληρωμένη πειραματική εκπαίδευση σε ζητήματα βαρομετρικής πίεσης και ΜΕΜΣ αισθητήρων; Είναι εφικτή μία τέτοια ενέργεια σε ένα ζήτημα που είναι ακόμη υπό διερεύνηση από την επιστημονική κοινότητα; Τα ερωτήματα αυτά απαντώνται στην επόμενη ενότητα, όπου γίνεται παρουσίαση του πρωτότυπου εργαστηριακού εξοπλισμού που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε στο Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και των σχετικών πειραμάτων και ζητημάτων που διερευνώνται από τους διδασκόμενους σε κάθε περίπτωση. Ακόμη αναλύεται η διεπιστημονική έρευνα που διεξήχθη για την επίτευξη του σκοπού αυτού.

Πειραματικός εξοπλισμός και διεπιστημονική έρευνα

Ο πρωτότυπος εξοπλισμός πειραματικής εκπαίδευσης

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του πρωτότυπου εξοπλισμού. Ο εξοπλισμός αποτελείται από δύο συσκευές μέτρησης ατμοσφαιρικής πίεσης, οι οποίες αποστέλλουν τις μετρήσεις ασύρματα σε μία τρίτη συσκευή, το συντονιστή του συστήματος. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές των υπομονάδων ασύρματης ζεύξης, η απόσταση επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών όταν δεν παρεμβάλλονται εμπόδια είναι 120μ. Και οι τρεις συσκευές χρησιμοποιούν μικροϋπολογιστές στους οποίους αναπτύχθηκε το κατάλληλο υλικολογισμικό (firmware) σε γλώσσα προγραμματισμού C, το οποίο είναι υπεύθυνο για την υλοποίηση της ασύρματης επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών, τη λήψη των μετρήσεων από τους ΜΕΜΣ αισθητήρες κλπ. Ο συντονιστής σχεδιάστηκε με δύο διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας. Αναλυτικά, μπορεί να συνδεθεί είτε σε μία USB θύρα ηλεκτρονικού υπολογιστή για την γραφική αναπαράσταση των μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο (μέσω προγράμματος που αναπτύχθηκε σε LabView), είτε απευθείας στο διαδίκτυο. Στην δεύτερη περίπτωση οι μετρήσεις λαμβάνονται από το δίκτυο/διαδίκτυο μέσω ενός απλού προγράμματος περιήγησης στον Ιστό (π.χ. Internet Explorer).



Σχήμα 1. Αρχιτεκτονική του πρωτότυπου εξοπλισμού

Η λήψη μετρήσεων μέσω LabView υλοποιήθηκε ώστε να είναι δυνατή η επίδειξη του συστήματος από το διδάσκοντα κατά την ανάλυση των θεωρητικών εννοιών που συσχετίζονται με τα πειράματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι αναπτύχθηκαν και προγράμματα σε Matlab τα οποία πραγματοποιούν αυτόματη ανάλυση των μετρήσεων ατμοσφαιρικής πίεσης με γραφικές αναπαραστάσεις των δεδομένων, για την υποστήριξη της θεωρητικής εισαγωγής στο αντικείμενο που πρόκειται να πειραματιστούν οι διδασκόμενοι. Η λήψη μετρήσεων από το δίκτυο/διαδίκτυο υλοποιήθηκε ώστε να είναι η δυνατή η χρήση του συστήματος από όλους του φοιτητές κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραμάτων. Με τον τρόπο αυτό, αφενός μειώνεται το κόστος του πειραματικού εξοπλισμού (εφόσον απαιτείται ένα και μοναδικό σύστημα ανά εργαστήριο), αφετέρου, οι διδασκόμενοι εστιάζουν την προσοχή τους στη διαδικασία λήψης και μετέπειτα ανάλυσης των μετρήσεων και όχι σε τεχνικές λεπτομέρειες διαχείρισης του εξοπλισμού. Έτσι, ο διδάσκων χειρίζεται τον εξοπλισμό και καλεί τους φοιτητές να πάρουν μετρήσεις (κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του εργαστηρίου), κατόπιν να αναλύσουν τα δεδομένα και να επιλύσουν το πρόβλημα που τους ζητείται. Αξίζει να σημειωθεί ότι, στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται συχνά η επικινδυνότητα αποπροσανατολισμού των διδασκομένων από το στόχο του μαθήματος λόγω της χρονοβόρας εμπλοκής τους με τις απαιτούμενες διαδικασίες χειρισμού και αρχικοποίησης του εργαστηριακού εξοπλισμού (Bolanakis et al., 2007; Sallier et al., 2010). Μπορούμε λοιπόν να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η δόκιμη χρήση της σύγχρονης ψηφιακής τεχνολογίας, τόσο για την απομακρυσμένη λήψη μετρήσεων μέσω του ενσωματωμένου διακομιστή του συστήματος όσο και για την καταγραφή μετρήσεων από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή, παρέχει ιδιαίτερη ευελιξία κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων και ακόμη, εστιάζει την προσοχή των διδασκομένων στην επίλυση του προβλήματος.

Όπως γίνεται κατανοητό, η υλοποίηση ενός τέτοιου συστήματος με τις ενσωματωμένες αυτές ψηφιακές τεχνολογίες (ΜΕΜΣ αισθητήρες, ασύρματο δίκτυο αισθητήρων, ενσωματωμένος διακομιστής για την επικοινωνία μέσω δικτύου/διαδικτύου, έλεγχος της θύρας USB) απαιτεί αρκετές γνώσεις από τον κλάδο των Ηλεκτρονικών και της Πληροφορικής. Η χρήση της σύγχρονης αυτής ψηφιακής τεχνολογίας σε συνδυασμό με τις γνώσεις Φυσικής που θα

πρέπει να αποκομίσουν οι διδασκόμενοι, απαιτεί διεπιστημονική έρευνα τόσο από τον κλάδο της Φυσικής και Διδακτικής της Φυσικής, όσο και από τον κλάδο των Ηλεκτρονικών και της Πληροφορικής.

Προτεινόμενα πειράματα και διεπιστημονική έρευνα

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ένα ζήτημα που είναι ακόμη υπό διερεύνηση από την επιστημονική κοινότητα δεν είναι εύκολο να διδαχθεί πειραματικά, αν δε διεξαχθεί προηγουμένως σχετική έρευνα ώστε να αξιολογηθούν τα πειράματα που πρόκειται να μεταφερθούν στο εργαστήριο. Για το λόγο αυτό αρχικά πραγματοποιήθηκε έρευνα για την αξιολόγηση της ακρίβειας του εκτιμώμενου απόλυτου ύψους (τόσο σε περιβάλλον εσωτερικού όσο και εξωτερικού χώρου) όταν χρησιμοποιείται α) μία συσκευή μέτρησης και β) δύο ανεξάρτητες συσκευές που μετρούν ταυτόχρονα την ατμοσφαιρική πίεση σε δύο διαφορετικά σημεία.

Στην πρώτη μέθοδο, η συσκευή τοποθετείται σε ένα σημείο Α, λαμβάνονται μετρήσεις ατμοσφαιρικής πίεσης και κατόπιν γίνεται αναγωγή της πίεσης σε υψόμετρο, σε σχέση με την τιμή ατμοσφαιρικής πίεσης στο επίπεδο της θάλασσας και με τη χρήση της διεθνούς βαρομετρικής εξίσωσης (Bolanakis et al., 2015a). Στη συνέχεια, η ίδια συσκευή μεταφέρεται σε ένα σημείο Β υψηλότερα από το σημείο Α, επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία μετρήσεων και έπειτα, αφαιρείται η τιμή υψομέτρου στο σημείο Α από την τιμή υψομέτρου στο σημείο Β. Στη δεύτερη μέθοδο, οι δύο συσκευές μέτρησης λαμβάνουν ταυτόχρονα μετρήσεις ατμοσφαιρικής πίεσης και κατόπιν υπολογίζεται η απόλυτη υψομετρική διαφορά μεταξύ των συσκευών. Στη συνέχεια χρησιμοποιούνται οι όροι απλή βαρομετρική υψομετρία (μία συσκευή μέτρησης) και διαφορική βαρομετρική υψομετρία (δύο συσκευές μέτρησης) για την περιγραφή των δύο αυτών μεθόδων.

Από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε για την αξιολόγηση των δύο αυτών μεθόδων (Bolanakis et al., 2015a) προέκυψαν τα ακόλουθα ευρήματα:

α) Η διαφορική βαρομετρική υψομετρία χαρακτηρίζεται από μετρήσεις σημαντικής ακρίβειας σε σχέση με την απλή βαρομετρική υψομετρία σε περιβάλλον εσωτερικού χώρου. Από την άλλη, λόγω των έντονων καιρικών φαινομένων η απλή βαρομετρική υψομετρία κρίνεται ακατάλληλη για μετρήσεις σε εξωτερικό περιβάλλον, σε αντίθεση με τη διαφορική βαρομετρική υψομετρία, όπου λόγω της ταυτόχρονης επίδρασης των καιρικών φαινομένων και στις δύο συσκευές, οι μετρήσεις που προκύπτουν θεωρούνται αξιόπιστες (αν και είναι χαμηλότερης ακρίβειας σε σύγκριση με τις μετρήσεις εσωτερικών χώρων).

β) Η διαφορική βαρομετρική υψομετρία αντιμετωπίζει το ακόλουθο ανεπιθύμητο φαινόμενο. Οι δύο αισθητήρες ατμοσφαιρικής πίεσης, λόγω κατασκευαστικών ανομοιοτήτων, χαρακτηρίζονται από μία απόκλιση μέτρησης όταν καταγράφουν την ίδια τιμή ατμοσφαιρικής πίεσης. Επιπροσθέτως, η απόκλιση αυτή δεν είναι η ίδια για διαφορετικές τιμές πίεσης, εφόσον πανομοιότυποι αισθητήρες δεν έχουν την ίδια ακριβώς καμπύλη απόκρισης. Συνεπώς, προτείνεται η βαθμονόμηση των δύο συσκευών πριν τη μέτρηση της υψομετρικής διαφοράς. Η βαθμονόμηση αυτή πραγματοποιείται τοποθετώντας τις δύο συσκευές στο ίδιο ύψος (σημείο αναφοράς) και καταγράφοντας την απόκλιση στην έξοδό τους. Κατόπιν, η τιμή της απόκλισης αυτής αφαιρείται από τη μέτρηση που πραγματοποιείται όταν οι συσκευές τοποθετούνται σε – μεταξύ τους – υψομετρική διαφορά. Επιπλέον, ανάμεσα σε διαφορετικές μετρήσεις θα πρέπει να επαναλαμβάνεται η βαθμονόμηση των συσκευών μέτρησης, καθότι η ατμοσφαιρική πίεση (ακόμη και σε εσωτερικούς χώρους) μεταβάλλεται στη διάρκεια του χρόνου και συνεπώς, οι αισθητήρες μπορούν να βρεθούν σε διαφορετικό σημείο της καμπύλης απόκρισής τους και να αποδώσουν διαφορετική απόκλιση στο σημείο αναφοράς.

Από την έρευνα αυτή προέκυψαν τα πειράματα εκπαίδευσης των φοιτητών για την αξιολόγηση της απλής και διαφορικής βαρομετρικής υψομετρίας από μετρήσεις πίεσης εντός του χώρου του εργαστηρίου. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι, η χρήση της σύγχρονης ψηφιακής τεχνολογίας για την υλοποίηση της ασύρματης ζεύξης μεταξύ των συσκευών του συστήματος (εμβέλειας 120μ), επιτρέπει στους διδασκόμενους να λάβουν μετρήσεις και σε εξωτερικούς χώρους, επεκτείνοντας τις δυνατότητες πειραματισμού.
Ένα επιπλέον πείραμα που υλοποιήθηκε από την εκμετάλλευση της σύγχρονης ψηφιακής τεχνολογίας της ασύρματης ζεύξης, ήταν η εξέταση της απόκλισης των δύο συσκευών για τη μέτρηση της ίδιας τιμής πίεσης στις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες. Για το πείραμα αυτό χρησιμοποιήθηκε το αεροστεγές δοχείο που παρουσιάζεται στο Σχήμα 2. Το δοχείο αυτό έχει τη δυνατότητα εξαγωγής του αέρα με τη χρήση αντλίας και συνεπώς, επιτρέπει την εξέταση της απόκλισης των δύο αισθητήρων σε διαφορετικά επίπεδα πίεσης. Επιπλέον, εντός του δοχείου δεν υπάρχουν μεταβολές της πίεσης από καιρικά φαινόμενα και μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι δύο αισθητήρες βρίσκονται στις ίδιες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας. Όπως είναι κατανοητό, η χρήση της ασύρματης τεχνολογίας κατέστησε ικανή τη διεξαγωγή ενός πειράματος που απαιτεί ιδιαίτερα ακριβό εξοπλισμό (ελεγκτή πίεσης, ειδικό δοχείο κλπ).

Σχήμα 2. Αεροστεγές δοχείο που χρησιμοποιείται στα πειράματα

Μία δεύτερη έρευνα που πραγματοποιήθηκε (Bolanakis et al., 2015b) αφορά την αξιολόγηση του υπολογισμού απόλυτης υψομετρικής διαφοράς όταν χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές εξισώσεις για την αναγωγή της ατμοσφαιρικής πίεσης σε υψόμετρο: α) η διεθνής βαρομετρική εξίσωση και β) η γνωστή υψομετρική εξίσωση. Η πρώτη εξίσωση σε συμφωνία με το μοντέλο ISA (International Standard Atmosphere) το οποίο θεωρεί την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας 15°C και συνεπώς, δεν απαιτεί τη μέτρηση θερμοκρασίας για τον υπολογισμό του βαρομετρικού υψομέτρου. Η δεύτερη εξίσωση απαιτεί τη μέτρηση θερμοκρασίας, η οποία θεωρείται ίδια ανάμεσα στα σημεία Α και Β που βρίσκονται οι δύο αισθητήρες (ισοθερμική ατμόσφαιρα). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι, στη δεύτερη περίπτωση η μέτρηση θερμοκρασίας λαμβάνεται από τους αισθητήρες πίεσης, οι

οποίοι διαθέτουν ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας για την αντιστάθμιση των θερμοκρασιακών μεταβολών.
Από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε προέκυψαν τα ακόλουθα:
α) Η ακρίβεια που προκύπτει από τη χρήση της διεθνούς βαρομετρικής εξίσωσης είναι εξίσου ποιοτική με την ακρίβεια που αποδίδει η υψομετρική εξίσωση.
β) Η επιπλέον καταγραφή θερμοκρασίας με τη χρήση της υψομετρικής εξίσωσης αυξάνει το διάστημα δειγματοληψίας του συστήματος, το οποίο επηρεάζει δραστικά την ακρίβεια των μετρήσεων, λόγω των μεταβολών ατμοσφαιρικής πίεσης στο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί για τη λήψη ικανοποιητικού αριθμού δειγμάτων (περίπου 100 μετρήσεις).
Από την έρευνα αυτή προέκυψαν και τα αντίστοιχα πειράματα εκπαίδευσης των φοιτητών. Οι φοιτητές δηλαδή μπορούν να επαναλάβουν τις μετρήσεις αξιολόγησης της απλής και διαφορικής βαρομετρικής υψομετρίας, καταγράφοντας αυτή τη φορά και τη θερμοκρασία και αξιολογώντας στη συνέχεια τις προαναφερθείσες εξισώσεις. Ακόμη, λόγω της ευελιξίας που παρέχεται από τη χρήση της σύγχρονης ψηφιακής τεχνολογίας της ασύρματης ζεύξης, είναι δυνατή η υλοποίηση και ενός πιο εξεζητημένου πειράματος. Μία εκ των δύο συσκευών μέτρησης μπορεί να τοποθετηθεί για μερικά λεπτά κοντά σε μία συσκευή θέρμανσης/ψύξης που υπάρχει στο εργαστήριο, ώστε να αυξηθεί/μειωθεί η θερμοκρασία της συσκευής, και στη συνεχεία να επαναληφθεί η αξιολόγηση των εξισώσεων αναγωγής της ατμοσφαιρικής πίεσης σε βαρομετρικό υψόμετρο.

Αναφορές

Bolanakis, D.E., Glavas, E. & Evangelakis, G.A. (2007). An integrated microcontroller-based tutoring system for computer architecture laboratory course, *International Journal of English Education*, 26, 785–798.

Bolanakis, D.E., Kotsis, K.T., & Laopoulos, T. (2015a). A prototype wireless sensor network system for a comparative evaluation of differential and absolute barometric altimetry. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 30(11), 20-28.

Bolanakis, D.E., Kotsis, K.T., & Laopoulos, T. (2015b). Temperature influence on differential barometric altitude measurements. *The 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2015)*, (pp. 120-124), Poland.

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

Etkina, E., Heuvelen, A., Brookes, D.T., &Mills, D. (2002). Role of experiments in physics instruction – a process approach. *The Physics Teacher*, 40(6), 351-355.

Harms, U. (2000). Virtual and remote labs in physics education. *2nd European Conference on Physics Teaching in Engineering Education*, (pp. 1-6), Budapest.

Kocijancic, S. (2002). Online experiments in physics and technology teaching. *IEEE Transactions on Education*, 45, 26-32.

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.

Lavonen, J., Jauhiainen, J., Koponen, I.T., & Kurki-Suonio, K. (2004). Effect of a long-term in-service training program on teachers' beliefs about the role of experiments in physics education. *International Journal of Science Education*, 26(3), 309-329.

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.

Morrison, A., Renaudin, V., Bancroft, J.B., & Lachapelle, G. (2012). Design and testing of a multi-sensor pedestrian location and navigation platform. *Sensors*, 12, 3720-3738.

Pressure Sensor Market (2012-2017). *Global forecast, trend & analysis-segmentation by technology [piezoresistive, capacitive, electromagnetic (reluctance), resonant solid state, optical, applications process and non process and geography]*, Retrieved from http://www. marketsandmarkets.com.

Sallier, R., Missler, R., & Schutze, A. (2010). VenDASys—A versatile experimentation platform for educational purposes. *Proc. of the 2010 IEEE Education Engineering (EDUCON)*, (pp. 205-210), Madrid.

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.

Tang, W., &Tsai, Y-H (2005). Barometric altimeter short-term accuracy analysis. *IEEE Aerosp. Electron. Syst. Mag.*, 20, 24-26

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

Trumper, R. (2003). The physics laboratory – a historical overview and future perspectives. *Science & Education*, 12(7), 645-670.

Zaliva, V. &Franchetti, F. (2014). Barometric and GPS altitude sensor fusion. *Proc. of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, (pp. 7575-7579), Florence.

Κώτσης, Κ.Θ. (2005). *Διδασκαλία της Φυσικής και πείραμα*. Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 2005.

Μπολανάκης, Δ.Ε., & Κώτσης, Κ.Θ. (2009). Χρήση πειραμάτων απομακρυσμένης πρόσβασης με ασύρματη επικοινωνία στη διδασκαλία Φυσικής: Ανασκόπηση βιβλιογραφίας και προτάσεις. *6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, (σελ. 579-586), Φλώρινα.

Στύλος, Γ., Κώτσης, Κ.Θ., & Εμβαλωτής Α. (2014). Πρακτικές εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στη διδασκαλία της Φυσικής (Α' Μέρος). *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 5, 7-15.