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»

Διεθνής επισκόπηση της χρήσης των έξυπνων τηλεφώνων και ταμπλετών ως εργαλείων συγχρονικής λήψης και απεικόνισης σε εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

Θεόδωρος Πιερράτος

Βιβλιογραφική αναφορά:

Πιερράτος Θ. (2022). Διεθνής επισκόπηση της χρήσης των έξυπνων τηλεφώνων και ταμπλετών ως εργαλείων συγχρονικής λήψης και απεικόνισης σε εργαστήριο Φυσικών Επιστημών. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 213–224. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/4204

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 23/01/2026 03:23:29

Διεθνής επισκόπηση της χρήσης των έξυπνων τηλεφώνων και ταμπλετών ως εργαλείων συγχρονικής λήψης και απεικόνισης σε εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

Θεόδωρος Πιερράτος
pierratos@gmail.com
Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου & Π.Τ.Δ.Ε. Α.Π.Θ.

Περίληψη

Στην εργασία αυτή επιχειρείται μία ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας με σκοπό την καταγραφή των τρόπων αξιοποίησης των έξυπνων τηλεφώνων και ταμπλετών στα σχολικά και πανεπιστημιακά εργαστήρια. Αναλύονται και παρουσιάζονται μεταδεδομένα που έχουν συλλεχθεί από 106 άρθρα σε περιοδικά και πρακτικά συνεδρίων και αφορούν το έτος δημοσίευσης, τη θεματική περιοχή πραγμάτευσης, τους αισθητήρες και το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκαν, τη βαθμίδα εκπαίδευσης και τη χώρα προέλευσης των συγγραφέων, η οποία τις περισσότερες φορές ταυτίζεται με τη χώρα εφαρμογής της εκάστοτε διδακτικής παρέμβασης. Η συμβολή του παρόντος άρθρου συνίσταται στην καταγραφή των πειραματικών διατάξεων που προσφέρονται για αξιοποίηση των έξυπνων τηλεφώνων και ταμπλετών και από τους Έλληνες εκπαιδευτικούς διάφορων βαθμίδων.

Λέξεις κλειδιά: Έξυπνα κινητά τηλέφωνα, πειράματα Φυσικής, εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

Εισαγωγή

Τα συστήματα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης επιτρέπουν τη διενέργεια πειραματικών μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο εμπλέκοντας και ενεργοποιώντας τους μαθητές. Τέτοια συστήματα υπάρχουν στα εργαστήρια πολλών σχολείων στην Ελλάδα, κυρίως Λυκείων, όμως λόγω του υψηλού κόστους κτήσης υπάρχει ένα μόνο τέτοιο σύστημα σε κάθε σχολείο που χρησιμοποιείται κυρίως για πειράματα επίδειξης. Λύση στο υψηλό κόστος κτήσης αυτών των συστημάτων μπορεί να δώσει η αξιοποίηση των έξυπνων κινητών και των ταμπλετών που κατέχουν το σύνολο σχεδόν των μαθητών.

Με την κατάλληλη δωρεάν εφαρμογή-λογισμικό το έξυπνο κινητό και η ταμπλέτα μπορούν να υποκαταστήσουν ακριβό η μη διαθέσιμο εργαστηριακό εξοπλισμό ή όργανα και να διευρύνει το περιεχόμενο και τους σκοπούς της σχολικής Φυσικής (Strawson, 2013). Χάρη στη φορητότητα αυτών των συσκευών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να πραγματοποιηθούν πειράματα και σε χώρους εκτός σχολείου στο πλαίσιο της μη τυπικής εκπαίδευσης, όπως είναι για παράδειγμα μία οργανωμένη εκδρομή σε λούνα παρκ ή σε μια παιδική χαρά (Πιερράτος & Πριμεράκης, 2016). Επιπλέον, οι συσκευές αυτές ως αντικείμενα της καθημερινής ζωής των μαθητών τοποθετούν στο επίκεντρο της μελέτης των μαθητών το φυσικό φαινόμενο και όχι το όργανο, ενώ μπορούν να προκαλέσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για τη Φυσική και να διαμορφώσουν θετική στάση απέναντί της, με αποτέλεσμα καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα (Κουμαράς, 2006).

Στην εργασία αυτή επιχειρείται η ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας που αφορά στην αξιοποίηση των έξυπνων κινητών τηλεφώνων και ταμπλετών για διενέργεια

πειραμάτων στη σχολική τάξη ή εργαστήριο καθώς και στα πανεπιστημιακά αμφιθέατρα ή αντίστοιχα εργαστήρια.

Στοιχεία της έρευνας

Για την αναζήτηση άρθρων που αφορούν στη χρήση έξυπνων κινητών τηλεφώνων και ταμπλετών ως συστημάτων συγχρονικής λήψης και απεικόνισης χρησιμοποιήθηκαν α. η βάση δεδομένων Scopus, με τη χρήση κατάλληλων λέξεων κλειδιών (smartphones, physics, laboratory, experiment), β. οι βιβλιογραφικές αναφορές στα άρθρα που ανασύρθηκαν από τη βάση Scopus. Επιλέχθηκαν μόνο άρθρα που είναι διαθέσιμα στην αγγλική γλώσσα. Όταν το ίδιο άρθρο είχε δημοσιευτεί τόσο σε πρακτικά συνεδρίου όσο και σε περιοδικό λήφθηκε υπόψη μία μόνο φορά. Το πλήθος των άρθρων που ικανοποίησαν όλα τα φίλτρα που τέθηκαν έφτασε τα 106 (τα στοιχεία αναφοράς των άρθρων είναι διαθέσιμα στο παράρτημα του παρόντος άρθρου).

Προκειμένου να εξαχθούν πληροφορίες-μεταδεδομένα που μπορούν να έχουν προστιθέμενη αξία, για κάθε άρθρο καταγράφηκαν οι εξής πληροφορίες:

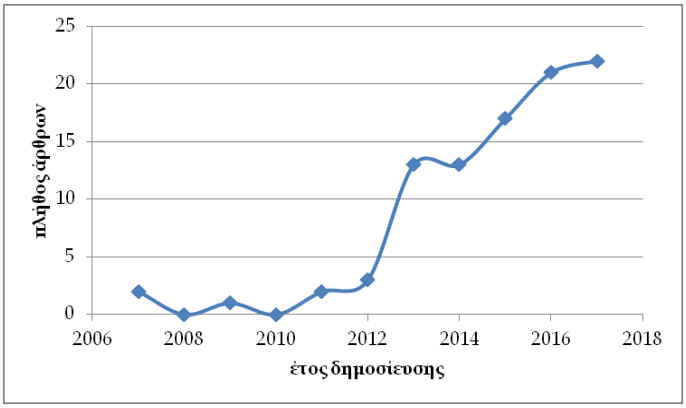
- Έτος δημοσίευσης
- Θεματική περιοχή εφαρμογής
- Αισθητήρας που αξιοποιήθηκε
- Λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε
- Βαθμίδα εκπαίδευσης που εφαρμόστηκε ή που μπορεί να εφαρμοστεί
- Χώρα προέλευσης των συγγραφέων

Τα δεδομένα/αποτελέσματα της έρευνας παρουσιάζονται στην επόμενη παράγραφο.

Αποτελέσματα

Έτος δημοσίευσης

Το πρώτο άρθρο που αφορά την αξιοποίηση έξυπνων κινητών τηλεφώνων και τάμπλετς στην εργαστηριακή διδασκαλία της Φυσικής δημοσιεύτηκε το 2007, με την έλευση στην αγορά του πρώτου iPhone. Το πλήθος των αντίστοιχων δημοσιευμένων άρθρων, στην αγγλική γλώσσα, αναπαριστάται γραφικά στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Ο αριθμός των δημοσιευμένων άρθρων ανά έτος.

Όπως προκύπτει, το 2013 άρχισε ουσιαστικά η εκτενής δημοσίευση άρθρων και το πλήθος τους διπλασιάστηκε το 2016 οπότε και παραμένει σχεδόν σταθερό. Στην έρευνα έχουν αντληθεί δεδομένα και από 12 άρθρα που έχουν δημοσιευτεί μέχρι και τον Ιούνιο του 2018, αριθμός που δεν εμφανίζεται στο Σχήμα 1 ώστε να μην δημιουργηθεί η ψευδής εντύπωση μείωσης του αριθμού των άρθρων κατά το τρέχον έτος. Η αξιοσημείωτη αύξηση, σε σύντομο χρονικό διάστημα, των άρθρων που δημοσιεύονται αλλά και η σταθεροποίηση του αριθμού δημοσίευσης ανά έτος υπογραμμίζει τη δυναμική των μέσων αυτών ως εργαλείων υποστήριξης της εργαστηριακής διδασκαλίας της Φυσικής.

Θεματική περιοχή εφαρμογής

Τα έξυπνα τηλέφωνα και οι ταμπλέτες έχουν αξιοποιηθεί σε μεγάλο εύρος θεματικών περιοχών της Φυσικής, αλλά και δειλά-δειλά και σε άλλες Φυσικές επιστήμες. Οι περιοχές αυτές δίνονται στον Πίνακα 1, για την Μηχανική, τα Κύματα, την Οπτική και τα Ρευστά, και στον Πίνακα 2, για την Θερμότητα, τον Ηλεκτρισμό-Μαγνητισμό, την Αστρονομία καθώς και για Διάφορα άρθρα που δεν εντάσσονται στις υπόλοιπες κατηγορίες. Οι αριθμοί σε παρενθέσεις δίπλα από την κάθε θεματική αφορούν το συνολικό πλήθος άρθρων που έχουν δημοσιευτεί και έχουν συμπεριληφθεί στην παρούσα έρευνα.

Πίνακας 1. Θεματικές περιοχές εφαρμογής των έξυπνων τηλεφώνων (Α′ μέρος)

Μηχανική (66)		**Κύματα (20)**	**Οπτική (4)**	**Ρευστά (7)**
Αμείωτες, φθίνουσες, συζευγμένες ταλαντώσεις	Μηχανή Atwood	Ακουστική περιβάλλοντος	Διάθλαση	Ατμοσφαιρική πίεση
Αρχή ισοδυναμίας	Νόμοι του Νεύτωνα	Διάδοση κυμάτων	Νόμος $1/r^2$ της φωτεινότητας	Αρχή του Μπερνούλι
Βολές	Περιστροφική κίνηση	Διακρότημα	Περίθλαση	Αεροδυναμική μελέτη
Δυνάμεις	Ροπή αδράνειας	Η/Μ κύματα	Πόλωση	Νόμοι αερίων
Ελεύθερη πτώση	Ροπή δύναμης	Κύματα σε υγρά		Υδροστατική πίεση
Ενεργειακή μελέτη διάφορων κινήσεων	Σύνθετη κίνηση	Στάσιμα κύματα		
Κρούσεις	Συντονισμός	Συμβολή κυμάτων ήχου		
Μελέτη ευθύγραμμων κινήσεων	Χώρος φάσεων	Ταχύτητα του ήχου		
		Φαινόμενο Ντόπλερ		

Πίνακας 2. Θεματικές περιοχές εφαρμογής των έξυπνων τηλεφώνων (Β′ μέρος)

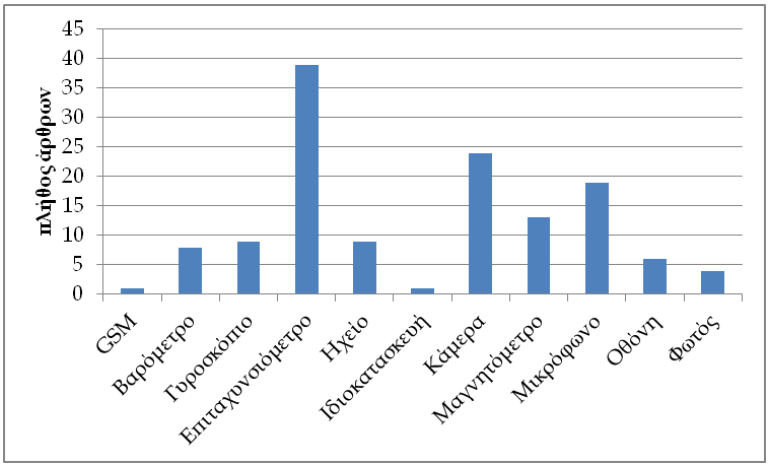
Θερμότητα (2)	**Ηλεκτρισμός-Μαγνητισμός (11)**	**Σύγχρονη Φυσική (5)**	**Αστρονομία (3)**	**Διάφορα (4)**
Θερμιδομετρία αντίδρασης	Διαπερατότητα του αέρα	Ραδιενέργεια	Παράλλαξη	Γεννήτρια τυχαίων αριθμών

Θερμική αγωγιμότητα	Ηλεκτρικά κυκλώματα	Φωτοφωταύγεια	Διάβαση πλανητών	Καρδιο-γράφημα
	Μαγνητικές εφαρμογές γεωφυσικής		Παρατήρηση του ISS	Κυκλοφορικό σύστημα
	Μελέτη και μέτρηση μαγνητικών πεδίων			Οφθαλμολογία

Όπως προκύπτει από τους Πίνακες 1 και 2 τα έξυπνα τηλέφωνα έχουν αξιοποιηθεί σε πολύ μεγάλο θεματικό εύρος με τη Μηχανική, ωστόσο, να διεκδικεί το μεγαλύτερο μέρος εφαρμογών. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι τα περισσότερα τηλέφωνα διαθέτουν επιταχυνσιόμετρο που κατεξοχήν αξιοποιείται στη μελέτη των κινήσεων, ενώ λιγότερα, για παράδειγμα, διαθέτουν βαρόμετρο που αξιοποιείται σε πειράματα ρευστομηχανικής.

Αισθητήρας που αξιοποιήθηκε

Στο Σχήμα 2 φαίνονται οι αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν στις εφαρμογές που παρουσιάζονται στα 106 άρθρα. Σε μερικά από αυτά παρουσιάζονται περισσότερες από μία εφαρμογές που αξιοποιούν διαφορετικούς αισθητήρες.



Σχήμα 2. Οι αισθητήρες που έχουν αξιοποιηθεί για την εκτέλεση εργαστηριακών δραστηριοτήτων.

Όπως προκύπτει, ο πιο εκτενώς χρησιμοποιούμενος αισθητήρας είναι το επιταχυνσιόμετρο, που διαθέτουν τα έξυπνα τηλέφωνα και οι ταμπλέτες σχεδόν στο σύνολό τους. Η κάμερα, αντίστοιχα, ως αισθητήρας χρησιμοποιείται συχνά για την τεκμηρίωση του πειράματος, τη βιντεοσκόπηση – φωτογράφισή του, ώστε τα δεδομένα που προκύπτουν να υποστούν μετέπειτα επεξεργασία για εξαγωγή συμπερασμάτων. Το μικρόφωνο χρησιμοποιείται για πειράματα που σχετίζονται με τον ήχο και τη μελέτη κυματικών φαινομένων.

Αξίζει να σημειωθεί η εφευρετικότητα που επιδεικνύεται σε αρκετά άρθρα σε ό,τι αφορά τη χρήση των διάφορων αισθητήρων. Για παράδειγμα, οι Kuhn & Vogt (2013) περιγράφουν τον υπολογισμό της επιτάχυνσης της βαρύτητας με τη χρήση του επιταχυνσιόμετρου

(απευθείας μέτρηση), αλλά και του μικρόφωνου (μέσω μέτρησης της έντασης του ήχου μιας μπάλας που αναπηδάει μετά την ελεύθερη πτώση της στο έδαφος), ενώ οι Pili et al. (2018) προχωρούν στην μέτρηση του ίδιου μεγέθους αξιοποιώντας το μαγνητόμετρο ενός έξυπνου τηλεφώνου.

Λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε

Ανάλογα με την πλατφόρμα του λειτουργικού συστήματος του έξυπνου τηλεφώνου, Android ή iOS, αλλά και το έτος εφαρμογής, καθώς τα λογισμικά εξελίσσονται διαρκώς και νέα κάνουν την εμφάνισή τους, οι δωρεάν εφαρμογές που έχουν χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή και απεικόνιση δεδομένων από τους διάφορους αισθητήρες στα άρθρα που ερευνήθηκαν, δίνονται στον Πίνακα 3.

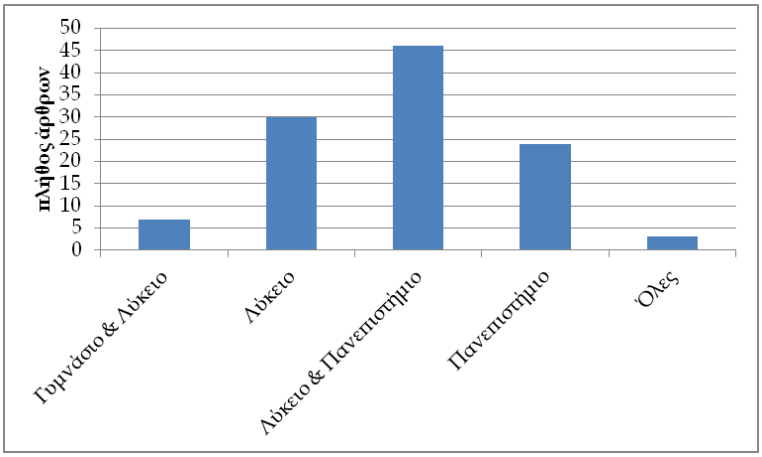
Πίνακας 3. Κατάλογος των λογισμικών που έχουν χρησιμοποιηθεί

Λογισμικό			
Accelerometer app (1)	Clinometer app (1)	Phyphox (1)	Sensor Kinetics pro (1)
Accelerometer Data Pro (1)	Color Grab (1)	Physics Toolbox (1)	SensorLog (3)
Accelerometer Monitor (4)	Data Collection Free (1)	Physics Toolbox Gyroscope (1)	Signal Generator (1)
Accelerometer Toy (2)	Decibel 10th (1)	Physics Toolbox Light	Soundbeam (1)
Accelogger (3)	DECO mobile (1)	Sensor (1)	SparkVue (7)
AccelVisu (1)	DS Barometer (1)	Physics Toolbox Magnetometer (1)	Spectrum Analyzer (1)
Acoustic Ruler Pro (1)	Fast Burst Camera Lite (1)	Physics Toolbox Roller Coaster (1)	SpectrumView (1)
Advanced spectrum (1)	Frequency Analyser (1)	Physics Toolbox Sensor Suite (10)	SpectrumView Plus (1)
AndroSensor (8)	FuncGen (2)	PolarPatternPlotter (1)	SPL Meter (1)
AudiA (2)	Function Generator app (1)	Pro Audio Tone Generator (1)	Stethoscope (1)
Audio Kit (2)	Gauss meter (1)	Radioactivity Counter (2)	Unique Heart Rate Monitor (1)
Ball Tester (1)	Hudl (1)	Sensor Data (1)	Vernier graphical analysis (1)
Barometer Graph (1)	iMecaProf (1)	Sensor Mobile app (1)	VidAnalysis (2)
Best Stopwatch (1)	MagnetMeter (1)	Sensor Suite (1)	xSensor (1)
Bubble level (1)	Oscilloscope (2)	Sensor Tools (1)	

Μέσα στις παρενθέσεις αναφέρεται το πλήθος των άρθρων που έχει αξιοποιηθεί κάθε λογισμικό.

Βαθμίδα εκπαίδευσης που εφαρμόστηκε ή που μπορεί να εφαρμοστεί

Μολονότι οι πρώτες εφαρμογές των έξυπνων κινητών τηλεφώνων εμφανίστηκαν για να υποστηρίξουν την εργαστηριακή διδασκαλία στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, γρήγορα οι εφαρμογές μπήκαν και στον χώρο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, τόσο στο Λύκειο όσο και στο Γυμνάσιο. Στο Σχήμα 3 φαίνεται η κατανομή των 106 άρθρων ως προς την βαθμίδα εκπαίδευσης που βρίσκουν εφαρμογή οι εργαστηριακές προσεγγίσεις που παρουσιάζονται.



Σχήμα 3. Κατανομή των άρθρων ανά βαθμίδα εκπαίδευσης που υποστηρίζεται.

Όπως προκύπτει η πλειονότητα των προτεινόμενων εφαρμογών μπορούν να εφαρμοστούν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση με αποτέλεσμα αυτές να αποκτούν ιδιαίτερη προστιθέμενη αξία για τους εκπαιδευτικούς των αντίστοιχων σχολείων. Ας σημειωθεί ότι ακόμη και εφαρμογές που προτείνονται για το χώρο της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης θα μπορούσαν να μεταφερθούν στη δευτεροβάθμια στο πλαίσιο των δημιουργικών εργασιών ή/και των πρότζετς.

Χώρα προέλευσης των συγγραφέων

Στον Πίνακα 4 φαίνεται η κατανομή των συγγραφέων των 106 άρθρων ανά χώρα προέλευσης. Το πλήθος των άρθρων ανά χώρα καταγράφει σε πόσα άρθρα συμμετέχει έστω κι ένας συγγραφέας από την εκάστοτε χώρα. Όταν σε ένα άρθρο υπάρχουν περισσότεροι από ένας συγγραφέας από την ίδια χώρα αυτοί έχουν προσμετρηθεί ως ένας. Ο ίδιος συγγραφέας μπορεί να έχει προσμετρηθεί περισσότερες από μία φορές εφόσον εμφανίζεται σε αντίστοιχο αριθμό διαφορετικών άρθρων.

Πίνακας 4. Κατανομή των συγγραφέων ανά χώρα προέλευσης

Χώρα συγγραφέων	πλήθος άρθρων	Χώρα συγγραφέων	πλήθος άρθρων
Γερμανία	24	Χιλή	3
ΗΠΑ	18	Κούβα	2
Ισπανία	12	Μάλτα	2
Ιταλία	8	Παναμάς	2
Ουρουγουάη	7	Φιλιππίνες	2
Τουρκία	7	Ιαπωνία	1

Αγγλία	5	Ινδία	1
Βραζιλία	5	Ινδονησία	1
Ελβετία	5	Ιορδανία	1
Σουηδία	5	Κίνα	1
Πορτογαλία	4	Μαλαισία	1
Αυστραλία	3	Μεξικό	1
Γαλλία	3	Σιγκαπούρη	1
Ελλάδα	3	Φινλανδία	1
Ταϊλάνδη	3		

Όπως προκύπτει οι τρεις πρώτες χώρες είναι η Γερμανία, οι ΗΠΑ και η Ισπανία. Με δεδομένο ότι σε αυτές τις χώρες δεν έχουν καταγραφεί προβλήματα εξοπλισμού των σχολικών ή πανεπιστημιακών εργαστηρίων, όπως θα μπορούσε να ισχυριστεί κάποιος για την Ελλάδα, η αξιοποίηση των έξυπνων τηλεφώνων μπορεί να συνδεθεί με την καινοτομία της χρήσης τους και τα παιδαγωγικά οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση ενός αντικειμένου οικείου στους σπουδαστές σε διαφορετικό πλαίσιο από αυτό της κύριας λειτουργίας του.

Συμπεράσματα

Η αξιοποίηση έξυπνων τηλεφώνων και των ταμπλετών στην εργαστηριακή διδασκαλία της Φυσικής δείχνει να έχει καθιερωθεί τα τελευταία 5 χρόνια σε πολλά εκπαιδευτικά συστήματα ανά τον κόσμο. Το πλήθος των αισθητήρων που διαθέτουν το σύνολο των φορητών αυτών συσκευών τείνει αυξανόμενο ακόμη και σε βασικά μοντέλα, ανοίγοντας δυνατότητες πραγματοποίησης εργαστηριακών μετρήσεων που μέχρι πρόσφατα ήταν δυνατές μόνο με ακριβό και εξειδικευμένο εξοπλισμό.

Η διείσδυση των εν λόγω συσκευών ιδιαίτερα σε εκπαιδευτικά συστήματα προηγμένων τεχνολογικά χωρών υπογραμμίζει τα οφέλη από τη χρήση τους τα οποία εκτείνονται πέρα από την τεχνολογική καινοτομία καθώς υποστηρίζεται ότι αφορούν και το παιδαγωγικό κομμάτι της εργαστηριακής διδασκαλίας (Mazzella & Testa, 2016; Kapotis & Kalkanis, 2016).

Το θεματικό εύρος αξιοποίησης των συσκευών καθώς και η ολοένα μεγαλύτερη επέκτασή τους στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση φέρνει πολύ κοντά την καθημερινή τους χρήση και στα ελληνικά σχολεία, παρέχοντας στον Έλληνα εκπαιδευτικό δυνατότητες προσέγγισης των μαθητών του που μέχρι σήμερα είτε δεν υπήρχαν είτε ήταν οικονομικά ασύμφορες. Τα εμπόδια που τίθενται μέχρι σήμερα από την απαγόρευση της χρήσης των έξυπνων κινητών και ταμπλετών στο σχολείο, ενδεχομένως θα είναι λιγότερα στο άμεσο μέλλον μετά την πρόσφατη σχετική απόφαση του Υπουργείου Παιδείας που επιτρέπει τη χρήση τους τουλάχιστον εκ μέρους των εκπαιδευτικών (ΥΠ.Π.Ε.Θ., 2018).

Αναφορές

Kapotis, E. & Kalkanis, G. (2016). Einstein's Elevator in Class: A Self-Construction by Students for the Study of the Equivalence Principle, *The Physics Teacher* 54, 404 (2016); doi: 10.1119/1.4962774

Kuhn, J. & Vogt, P. (2013). Smartphones as Experimental Tools: Different Methods to Determine the Gravitational Acceleration in Classroom Physics by Using Everyday Devices, *European Journal of Physics Education*, 4(1), 16-27.

Mazzella, M. & Testa, I. (2016). An investigation into the effectiveness of smartphone experiments on students' conceptual knowledge about acceleration, *Physics Education* 51 055010.

Pili, U., Violanda, R. & Ceniza, C. (2018). Measurement of g using a magnetic pendulum and a smartphone magnetometer, *The Physics Teacher* 56, 258 (2018); doi: 10.1119/1.5028247

Strawson, R. (2013). Map and apps widen the scope of school physics. *Physics Education* 48, 409-410.

Κουμαράς, Π. (2006). Είναι δυνατόν να δημιουργηθεί ενδιαφέρον στους μαθητές για την Φυσική;. *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ένωσης για την Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (σ. 30-39).

Πιερράτος, Θ., Πριμεράκης, Γ. (2016). Ποσοτικά πειράματα Φυσικής με τη χρήση έξυπνων κινητών τηλεφώνων και τάμπλετς: επιμόρφωση εκπαιδευτικών στη χρήση τους σε μία παιδική χαρά. Στο *Σκουμιός Μ. & Σκουμπουρδή Χ. (2016). Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: «Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;»* (σ. 655-664).

ΥΠ.Π.Ε.Θ. (2018). Χρήση Κινητών Τηλεφώνων και Ηλεκτρονικών Συσκευών στις σχολικές μονάδες. Αρ. Πρωτ. Φ.25/103373/Δ1/22-6-2018.

Παράρτημα

Ακολουθούν οι αναφορές των 106 άρθρων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα με χρονολογική σειρά δημοσίευσης.

Hammond, E. C. & Assefa, M. (2007). Cell Phones in the Classroom. *The Physics Teacher* 45, 312 (2007); doi: 10.1119/1.2731283

Van Domelen, D. (2007). Teaching Light Polarization with Cell Phones. *The Physics Teacher* 45, 469 (2007); doi: 10.1119/1.2798355

Falcão, A. E. G., Gomes, R. A., Pereira, J. M., Coelho, L. F. S., & Santos, A. C. F. (2009). Cellular Phones Helping To Get a Clearer Picture of Kinematics. *The Physics Teacher* 47, 167 (2009); doi: 10.1119/1.3081301

Pendrill, A., & Rohlén, J. (2011). Acceleration and rotation in a pendulum ride. *Physics Education* 46, 676

Fitzgerald, M. T., Mckinnon, H. D., Danaia, L., & Woodward, S. (2011). Using Smartphone Camera Technology to Explore Stellar Parallax: Method, Results, and Reactions. *Astronomy Education Review*, 10, 010108-1/AER2011028

Vogt, P., & Kuhn, J. (2012). Analyzing free fall with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher* 50, 182 (2012); doi: 10.1119/1.3685123

Vogt, P., & Kuhn, J. (2012). Analyzing spring pendulum phenomena with a smart-phone acceleration sensor. *The Physics Teacher* 50, 504 (2012); doi: 10.1119/1.4758162

Vogt, P., & Kuhn, J. (2012).Analyzing simple pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher* 50, 439 (2012); doi: 10.1119/1.4752056

Castro-Palacio, J. C., Velázquez-Abad, L., Giménez, M. H., & Monsoriu, J. A. (2013). Using a mobile phone acceleration sensor in physics experiments on free and damped harmonic oscillations. *American Journal of Physics* 81, 472 (2013). https://doi.org/10.1119/1.4793438

Castro-Palacio, J. C., Velázquez-Abad, L., Giménez, F., & Monsoriu, J. A. (2013). A quantitative analysis of coupled oscillations using mobile accelerometer sensors. *European Journal of Physics 34* (2013) 737–744. doi:10.1088/0143-0807/34/3/737

Schwarz, O., Vogt, P., & Kuhn, J. (2013). Acoustic measurements of bouncing balls and the determination of gravitational acceleration. *The Physics Teacher* 51, 312 (2013); doi: 10.1119/1.4801369

Briggle, J. (2013). Analysis of pendulum period with an iPod touchiPhone. *Physics Education* 48 (3) 285-288

Kuhn, J., & Vogt, P. (2013). Analyzing acoustic phenomena with a smartphone microphone. *The Physics Teacher* 51, 118 (2013); doi: 10.1119/1.4775539

Vogt, P., & Kuhn, J. (2013). Analyzing radial acceleration with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher* 51, 182 (2013); doi: 10.1119/1.4792021

Shakur, A., & Sinatra, T. (2013). Angular momentum. *The Physics Teacher* 51, 564 (2013); doi: 10.1119/1.4830076

Kuhn, J., & Vogt, P. (2013). Applications and Examples of Experiments with Mobile Phones and Smartphones in Physics Lessons. *Frontiers in Sensors (FS)* 1(4), 67-73

Sans, J. A., Manjon, F. J., Pereira, A. L. J., Gomez-Tejedor, J. A., & Monsoriu, J. A. Oscillations studied with the smartphone ambient light sensor. *European Journal of Physics* 34 (2013) 1349–1354. doi:10.1088/0143-0807/34/6/1349

Sara Orsola Parolin, S. O., & Pezzi, G. (2013). Smartphone-aided measurements of the speed of sound in different gaseous mixtures. *The Physics Teacher* 51, 508 (2013); doi: 10.1119/1.4824957

Kuhn, J., & Vogt, P. (2013). Smartphones as Experimental Tools: Different Methods to Determine the Gravitational Acceleration in Classroom Physics by Using Everyday Devices. *European Journal of Physics Education* 4(1), 16-27

Pendrill, A. (2013). Student investigations of the forces in a roller coaster loop. *European Journal of Physics* 34 (2013) 1379–1389. doi:10.1088/0143-0807/34/6/1379

Chevrier, J., Madani, L., Ledenmat, S., & Bsiesy, A. (2013). Teaching classical mechanics using smartphones. *The Physics Teacher* 51, 376; doi: 10.1119/1.4818381

Vogt, P., & Kuhn, J. (2014). Analyzing collision processes with the smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher* 52, 118; doi: 10.1119/1.4862122

Muralidharan, K. Khan, A. J., Misra, A., Balan, R. K., & Agarwal, S. (2014). Barometric Phone Sensors – More Hype Than Hope! http://www.msr-waypoint.com/enus/people/sagarwal/hotmobile14.pdf

Klein, P., Hirth, M., Gröber, S., Kuhn, J., & Müller, A. (2014). Classical experiments revisited: smartphones and tablet PCs as experimental tools in acoustics and optics. *Physics Education* 49 (4), 412-418

Lara, V. O. M., Amaral, D. F., Faria, D., & Vieira, L.P. (2014). Demonstrations of magnetic phenomena: measuring the air permeability using tablets. *Physics Education* 49 (6) 658-662

Monteiro, M., Cabeza. C., & Marti, A. C. (2014). Exploring phase space using smartphone acceleration and rotation sensors simultaneously. *European Journal of Physics* 35, 045013 (9pp); doi:10.1088/0143-0807/35/4/045013

Countryman C. L. (2014). Familiarizing Students with the Basics of a Smartphone's Internal Sensors. *The Physics Teacher* 52, 557; doi: 10.1119/1.4902204

Kuhn, J., Molz, A., Gröber, S., & Frübis, J (2014). iRadioactivity — Possibilities and Limitations for Using Smartphones and Tablet PCs as Radioactive Counters. *The Physics Teacher* 52, 351; doi: 10.1119/1.4893089

Cabeza. C., Rubido, N., & Marti, A. C. (2014). Learning physics in a water park. *Physics Education* 49 (2) 187-194

Sanguinetti, B., Martin, A., Zbinden, H, & Gisin, N. (2014). Quantum Random Number Generation on a Mobile Phone. *Physical Review X* 4, 031056. DOI: 10.1103/PhysRevX.4.031056

Meißner, M., & Haertig, H. (2014). Smartphone astronomy. *The Physics Teacher* 52, 440; doi: 10.1119/1.4895369

Zvornicanin1, E. Zvornicanin, J., & Hadziefendic, B. (2014). The Use of Smart phones in Ophthalmology. *ACTA INFORM MED*. JUN 22(3), 206-209. doi: 10.5455/aim.2014.22.206-209

Gröber, S., Molz, A., & Kuhn, J. (2014). Using smartphones and tablet PCs for β−-spectroscopy in an educational experimental setup. *European Journal of Physics* 35 (2014) 065001 (12pp). doi:10.1088/0143-0807/35/6/065001

Klein, P., Gröber , S., Kuhn, J. & Muller, A. (2014). Video analysis of projectile motion using tablet computers as experimental tools. *Physics Education* 49 (1) 37-40

Monteiro, M., Cabeza, C., & Martí, A. C. (2015). Acceleration measurements using smartphone sensors: Dealing with the equivalence principle. *Rev. Bras. Ens. Fís*. 37, 1303

Barrera-Garrido, A. (2015). Analyzing planetary transits with a smartphone. *The Physics Teacher* 53, 179; doi: 10.1119/1.4908091

Patrinopoulos, M., & Kefalis, C. (2015). Angular velocity direct measurement and moment of inertia calculation of a rigid body using a smartphone. *The Physics Teacher* 53, 564; doi: 10.1119/1.4935774

González, M. A., da Silva, J. B., Canedo, J. C., Huete, F., Martinez, O., Esteban, D., Manso., J., Rochadel, M., & González, M. (2015)._Doing Physics Experiments and Learning with Smartphonew. *TEEM '15 Proceedings of the 3rd International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality,* 303-310. doi>10.1145/2808580.2808626

Trantham, T. (2015). Interference phenomenon with mobile displays. *Physics Education* 50 (4) 475-481

Parolin, S. O., & Pezzi, G. (2015). Kundt's tube experiment using smartphones. *Physics Education* 50 (4) 443-337

Colicchia, G., & Wiesner, H. (2015). Looking into the Eye with a Smartphone. *The Physics Teacher* 53, 106 (2015); doi: 10.1119/1.4905811

Hirth, M., Kuhn, J., & Müller, A. (2015). Measurement of sound velocity made easy using harmonic resonant frequencies with everyday mobile technology. *The Physics Teacher* 53, 120 (2015); doi: 10.1119/1.4905819

Arribas, E., Escobar, I., Suarez, C. P., Najera, A., & Beléndez, A. (2015). Measurement of the magnetic field of small magnets with a smartphone: a very economical laboratory practice for introductory physics courses. *European Journal of Physics* 36 065002 (11pp) doi:10.1088/0143-0807/36/6/065002

Yavuz, Y. (2015). Measuring the speed of sound in air using smartphone applications. *Physics Education* 50 (3) 281-284

Whiteson, D., Mulhearn, M., Shimmin, C., Cranmer, K., Brodie, K., & Burns, D. (2015). Observing Ultra-High Energy Cosmic Rays with Smartphones. https://arxiv.org/abs/1410.2895

Kinser, J. M. (2015). Relating Time-Dependent Acceleration and Height Using an Elevator. *The Physics Teacher* 53, 220 (2015); doi: 10.1119/1.4914561

Igoe, D. P., & Parisi, A. V. (2015). Solar current output as a function of sun elevation students as toolmakers. *Physics Education* 50(6) 657-661

Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C., & Marti, A. C. (2015). The Atwood machine revisited using smartphones. *The Physics Teacher* 53, 373 (2015); doi: 10.1119/1.4928357

Wilhelm, T., Burde, J. P., & Lück, S. (2015). The direction of acceleration. *The Physics Teacher* 53, 500 (2015); doi: 10.1119/1.4933157

Wei1, M., Huang, S., Wang, J., Li, H., Yang, H., & Wang, S. (2015). The study of liquid surface waves with a smartphone camera and an image recognition algorithm. *European Journal of Physics* 36 (2015) 065026 (8pp) doi:10.1088/0143-0807/36/6/065026

Tuset-Sanchis, L., Castro-Palacio, J. C., Gómez-Tejedor, J. A., Manjón, F. J., & Monsoriu, J. A. (2015). The study of two-dimensional oscillations using a smartphone acceleration sensor: example of Lissajous curves. *Physics Education* 50 (5) 580-586

Löfstrand, M., & Pendrill, A., (2016). Aerodynamics in the amusement park. *Physics Education* 51 055015

Macchia, S. (2016). Analyzing Stevin's law with the smartphone barometer. *The Physics Teacher* 54, 373

Satoh, F., Sakagami, K., & Omoto, A. (2016). Application of a smartphone for introductory teaching of sound environment. *Acoust. Sci. & Tech.* 37, 4, 165-172

Yavuz, A., & Temiz, B. K. (2016). Detecting interferences with iOS applications to measure speed of sound. *Physics Education* 51 015009

Pörn, R. & Braskén, M. (2016). Interactive modeling activities in the classroom—rotational motion and smartphone gyroscopes. *Physics Education* 51 065021

Puttharugsa, C., Khemmani, S., Utayarat, P., & Luangtip, W., (2016). Investigation of the rolling motion of a cylinder using a smartphone. *European Journal of Physics* 37 055004 (10pp) doi:10.1088/0143-0807/37/5/055004

Mau, S. Insulla, F., Pickens, E. E., Ding, Z., & Dudley, S. C. (2016). Locating a smartphone's accelerometer. *The Physics Teacher* 54, 246 (2016); doi: 10.1119/1.4944372

Temiz, B. K., & Yavuz, A. (2016). Magnetogate using an iPhone magnetometer for measuring kinematic variables. *Physics Education* 51 015004

Shakur, A., & Kraft, J. (2016). Measurement of Coriolis Acceleration with a Smartphone. *The Physics Teacher* 54, 288 (2016); doi: 10.1119/1.4947157

Vandenbroucke, J., BenZvi, S., Bravo, S., Jensen, K., Karn, P., Meehan, M., Peacock, J., Plewa, M., Ruggles, T., Santander, M., Schultz, D., Simons, A. L., & Tosia, D., (2016). Measurement of cosmic-ray muons with the Distributed Electronic Cosmic-ray Observatory, a network of smartphones. *IOP Publishing Ltd and Sissa Media lab srl* doi:10.1088/1748-0221/11/04/P04019

de Jesus, V. L. B., & Sasaki, D. G. G., (2016). Modelling of a collision between two smartphones. *Physics Education* 51 055006

Vandermarlière, J., (2016). On the inflation of a rubber balloon. *The Physics Teacher* 54, 566 (2016); doi: 10.1119/1.4967901

Pendrill, A. (2016). Rotating swings—a theme with variations. *Physics Educacion* 51 015014

González, M. Á., & González, M., Á. (2016). Smartphones as experimental tools to measure acoustical and mechanical properties of vibrating rods. *European Journal of Physics* 37 045701 (13pp) doi:10.1088/0143-0807/37/4/045701

Silva, M. R., Martin-Ramos, P., Pereira da Silva, P. (2016). Testing Physics Laws with Smartphones. *TEEM'16, November 02-04, 2016, Salamanca, Spain*. DOI: http://dx.doi.org/10.1145/3012430.3012574

Testoni, L. A., & Brockington, G. (2016). The use of smartphones to teach kinematics: an inexpensive activity. *Physics Educacion* 51 063008

Giménez, M. H., Castro-Palacio, J. C., Gómez-Tejedor, J. A., Velazquez, L., & Monsoriu, J. A. (2016). Theoretical and experimental study of the normal modes in a coupled two-dimensional system. https://arxiv.org/abs/1605.01372

Müller, A., Hirth, M., & Kuhn, J. (2016). Tunnel pressure waves – A smartphone inquiry on rail travel. *The Physics Teacher* 54, 118 (2016); doi: 10.1119/1.4940180

Vanini, S., Faraci, F., Ferrari, A., & Giordano, S. (2016). Using barometric pressure data to recognize vertical displacement activities on smartphones. *Computer Comunications* 87(2016) 37-48

Jaafar, R., Ayop, S. K., Tarmimi, A., Hon, K. K., Daud, A. N. M., & Hashim, M. H. (2016). Visualization of Harmonic Series in Resonance Tubes Using a Smartphone. *The Physics Teacher* 54, 545 (2016); doi: 10.1119/1.4967895

Greenslade, T. M. (2016). Whistling Tea Kettles, Train Whistles, and Organ Pipes. *The Physics Teacher* 54, 518 (2016); doi: 10.1119/1.4967886

Macchia, S., & Vieyra, R. (2017). A simple wind tunnel to analyse Bernoulli's principle. *Physics Education* 52 013004

Barrera-Garrido, A. (2017). A smartphone inertial balance. *The Physics Teacher* 55, 248 (2017); doi: 10.1119/1.4978730

Gimenez, M. H., Castro-Palacio, J. C., & Monsoriu, J. A. (2017). Direct visualization of mechanical beats by means of an oscillating smartphone. *The Physics Teacher* 55, 424 (2017); https://doi.org/10.1119/1.5003745

Kapucu, S. (2017). Finding the acceleration and speed of a light-emitting object on an inclined plane. *Physics Education* 52 055003

Kapucu, S. (2017). Finding the average speed of a light-emitting toy car with a smartphone light sensor. *Physics Education* 52 045001

Wattanayotin, P., Puttharugsa, C., & Khemman, S. (2017). Investigation of the rolling motion of a hollow cylinder using a smartphone's digital compass. *Physics Education* 52 045009

Vieyra, R. E., Vieyra, C. & Macchia, S. (2017). Kitchen Physics: Lessons in Fluid Pressure and Error Analysis. *The Physics Teacher* 55, 87 (2017); doi: 10.1119/1.4974119

Pathare, S. R., Raghavendra, M. K., & Huli, S. (2017). Low-Cost Alternative for Signal Generators in the Physics Laboratory. *The Physics Teacher* 55, 301 (2017); doi: 10.1119/1.4981039

Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C., & Marti, A. C. (2017). Magnetic field 'flyby' measurement using a smartphone's magnetometer and accelerometer simultaneously. *The Physics Teacher* 55, 580 (2017); doi: 10.1119/1.5011840

Arabasi, S., & Al-Taani, H. (2017). Measuring the Earth's magnetic field dip angle using a smartphone-aided setup: a simple experiment for introductory physics laboratories. *European Journal of Physics* 38 025201

Thoms, L. J., Colicchia, G., & Girwidz, R. (2017). Phonocardiography with a smartphone. *Physics Education* 52 023004

Pereira, V., Martín-Ramos, P., Pereira da Silva, P., & Silva, M. R. (2017). Studying 3D collisions with smartphones. *The Physics Teacher* 55, 312 (2017); doi: 10.1119/1.4981045

Goy, N. A., Denis, Z., Lavaud, M., Grolleau, A., Dufour, N., Deblais, A., & Delabre, U. (2017). Surface tension measurements with a smartphone. *The Physics Teacher* 55, 498 (2017); doi: 10.1119/1.5008349

Onorato, P., Gratton, L., Malgieri, M., & Oss, S. (2017). The photoluminescence of a fluorescent lamp: didactic experiments on the exponential decay. *Physics Education* 52 015011

Cochrane, M. (2017). Turn your phones on: using Android devices to collect scientific data. In: Shelley, M, Kiray, S and Celik, I (eds). *Education Research Highlights in Mathematics, Science And Technology 2016.* ISRES Publishing, pp. 87-95. ISBN 978-605-66950-0-1

Lubyako, D., Martinez-Piedra, G., Ushenin, A., Denvir, P., Dunlop, J., Hall, A., Le Roux, G., van Someren, L., & Weinberger, H. (2017). Understanding the Doppler effect by analysing spectrograms of the sound of a passing vehicle. *Physics Education* 52 065004

Rayner, J. (2017). Using a Cell Phone to Investigate the Skin Depth Effect in Salt Water. *The Physics Teacher* 55, 83 (2017); https://doi.org/10.1119/1.4974118

Bonato, J., Gratton, L. M., Onorato, P., & Oss, S. (2017). Using high speed smartphone cameras and video analysis techniques to teach mechanical wave. *Physics Education* 52 045017

Monteiro, M., & Martí, A. C. (2017). Using smartphone pressure sensors to measure vertical velocities of elevators, stairways, and drones. *Physics Education* 52 015010

Kubsch, M., Nordine, J., & Hadinek, D. (2017). Using smartphone thermal cameras to engage students' misconceptions about energy. *The Physics Teacher* 55, 504 (2017); doi: 10.1119/1.5008354

Dilek, U., & Sengören, S. K. (2017). Using touchscreens as position detectors in physics experiments. *Physics Education* 52 035010

Septianto, R. D., Suhendra, D., & Iskandar, F. (2017). Utilisation of the magnetic sensor in a smartphone for facile magnetostatics experiment: magnetic field due to electrical current in straight and loop wires. *Physics Education* 52 015015

Monteiro, M., Stari, C., Cabeza, C., & Marti, A. C. (2018). A bottle of tea as a universal Helmholtz resonator. arXiv preprint arXiv:1805.04014

Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphonebased experiments: phyphox. *Physics Education* 53 045009

Tronicke, J., & Trauth, M. H. (2018). Classroom-sized geophysical experiments magnetic surveying using modern smartphone devices. *European Journal of Physics* 39 (2018) 035806 (15pp) https://doi.org/10.1088/1361-6404/aaad5b

Dangkulwanich, M., Kongnithigarn, K., & Aurnoppakhun, N. (2018). Colorimetric Measurements of Amylase Activity Improved Accuracy and Efficiency with a Smartphone. *Journal of Chemical Education* 95, 141−145

Fahs, C., & Vogt, P. (2018). Determination of the drag resistance coefficients of different vehicles. The *Physics Teacher* 56, 324 (2018); doi: 10.1119/1.5033884

Escobar, I., Ramirez-Vazquez, R., Gonzalez-Rubio, J., Belendez, A., & Arribas, E. (2018). Magnetic Field of a Linear Quadrupole Using the Magnetic Sensors Inside the Smartphones. *Preprints* 2018, 2018010257 (doi: 10.20944/preprints201801.0257.v1)

Pili, U., & Violanda, R. (2018). Measuring average angular velocity with a smartphone magnetic field sensor. *The Physics Teacher* 56, 114 (2018); doi: 10.1119/1.5021442

Pili, U., Violanda, R., & Ceniza, C. (2018). Measurement of g using a magnetic pendulum and a smartphone magnetometer. *The Physics Teacher* 56, 258 (2018); doi: 10.1119/1.5028247

Lopez, D., Caprile, I., Corvacho, F., & Reyes, O. (2018). Study of a variable mass Atwood's machine using a smartphone. *The Physics Teacher* 56, 182 (2018); doi: 10.1119/1.5025303

Pierratos, T., & Polatoglou, H. M. (2018). Study of the conservation of mechanical energy in the motion of a pendulum using a smartphone. *Physics Education* 53 015021

Silva, M. R., Martín-Ramos, P., & Pereira da Silva, P. (2018). Studying cooling curves with a smartphone. *The Physics Teacher* 56, 53 (2018); doi: 10.1119/1.5018696

Hawley, S. H., & McClain, R. E. (2018). Visualizing Sound Directivity via Smartphone Sensors. The *Physics Teacher* 56, 72 (2018); doi: 10.1119/1.5021430