ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2017)

5ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»

Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες με φορητές συσκευές: μια βιβλιογραφική επισκόπηση

Στυλιανή Ζιώγα, Κωνσταντίνα – Παυλίνα Καραμάνη, Θωμαΐς Κύρου, Λυδία Μπαλωμένου, Φανή Μπούσδα, Ευγενία Νούλη, Ελευθερία Ντάγλα, Ελένη Πραμαντιώτη, Αικατερίνη Σαργιώτη, Ερασμία Σταμούλη, Αναστάσιος Μικρόπουλος

Βιβλιογραφική αναφορά:

Ζιώγα Σ., Καραμάνη Κ. – Π., Κύρου Θ., Μπαλωμένου Λ., Μπούσδα Φ., Νούλη Ε., Ντάγλα Ε., Πραμαντιώτη Ε., Σαργιώτη Α., Σταμούλη Ε., & Μικρόπουλος Α. (2022). Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες με φορητές συσκευές: μια βιβλιογραφική επισκόπηση. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 15–26. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/4063

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 16/01/2026 07:45:15

Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες με φορητές συσκευές: μια βιβλιογραφική επισκόπηση

Ζιώγα Στυλιανή, Καραμάνη Κωνσταντίνα – Παυλίνα, Κύρου Θωμαΐς, Μπαλωμένου Λυδία, Μπούσδα Φανή, Νούλη Ευγενία, Ντάγλα Ελευθερία, Πραμαντιώτη Ελένη, Σαργιώτη Αικατερίνη, Σταμούλη Ερασμία, Μικρόπουλος Αναστάσιος

ziogastella68@gmail.com, konna-kar@hotmail.com, tkyrou@sch.gr, lydiampalw@gmail.com, fbousda@gmail.com, noulijenny@gmail.com, eleftherianta@hotmail.gr, lenapram@hotmail.com, katsargioti@gmail.com, era.sta93@gmail.com, amikrop@uoi.gr

Εργαστήριο Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη

Οι φορητές συσκευές, κυρίως τα κινητά τηλέφωνα και οι ταμπλέτες, έχουν ενταχθεί στην εκπαιδευτική τεχνολογία. Την τελευταία δεκαπενταετία εμφανίζονται διαρκώς και περισσότερες εκπαιδευτικές χρήσεις τους. Οι Φυσικές Επιστήμες, κυρίως λόγω της πειραματικής φύσης τους και της μελέτης αφηρημένων και δύσκολων εννοιών, αποτελούν ένα πεδίο έρευνας και εφαρμογής με αυξανόμενο ενδιαφέρον. Η εργασία παρουσιάζει μια βιβλιογραφική επισκόπηση με αντικείμενο την αξιοποίηση της φορητής τεχνολογίας στην εκπαίδευση με έμφαση στις Φυσικές Επιστήμες. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν τρεις σημαντικές τάσεις αξιοποίησης, τις εφαρμογές λογισμικού, την αξιοποίηση αισθητήρων για τη διεξαγωγή πειραμάτων και μελετών πεδίου, και τη διεξαγωγή πειραμάτων από απόσταση. Τα ευρήματα αυτά συμπληρώνονται από σχετική καταγραφή ελεύθερων εφαρμογών Android. Σημαντικό εύρημα αποτελεί επίσης η ανάγκη για επιμόρφωση των εκπαιδευτικών και η απόκτηση μιας κουλτούρας απέναντι σε αυτή την «πανταχού παρούσα» τεχνολογία.

Λέξεις κλειδιά: φορητές συσκευές, κινητά, ταμπλέτες, Φυσικές Επιστήμες, επισκόπηση

Εισαγωγή

Το 2012, οι φορητές συσκευές ήταν περισσότερες από τον πληθυσμό της Γης. Η σύνδεση κάθε είδους φορητής συσκευής στο διαδίκτυο και η διακίνηση δεδομένων και πληροφοριών διαρκώς αυξάνουν αλματωδώς (Cisco, 2015). Παρά την σε πολλές περιπτώσεις απαγόρευση της χρήσης τους στο σχολείο, η λειτουργικότητα τους, η ευχρηστία τους και η προσιτότητα τους παρέχει ευκαιρίες για την υποστήριξη της μάθησης. Η έμφαση κατά την παιδαγωγική αξιοποίηση των φορητών συσκευών μετατοπίζεται από τη διδασκαλία στη μάθηση, τη μάθηση και έξω από το σχολικό περιβάλλον (Kukulska-Hulme, 2010).

Αποτελέσματα από την αξιοποίηση των φορητών συσκευών σε ποικίλα εκπαιδευτικά πλαίσια εμφανίζονται από τις αρχές της δεκαετίας του 2000. Τα ιδιαίτερα τεχνολογικά τους χαρακτηριστικά, οι παιδαγωγικές προσεγγίσεις, η αποτελεσματικότητα τους, αποτελούν αντικείμενα μελέτης θεωρητικών και κυρίως εμπειρικών μελετών. Αναφορά της UNESCO αναδεικνύει την ανάγκη για την ανάπτυξη κατάλληλων παιδαγωγικών προσεγγίσεων που λαμβάνουν υπόψη τους το ευρύτερο κοινωνικό και πολιτισμικό περιβάλλον και την πρόσβαση από παντού και από όλους (Schuller, Winters, & West, 2013).

Το 2006 οι Cobcroft et al. επισημαίνουν τις μεταβολές που φέρνουν στην εκπαίδευση οι φορητές τεχνολογίες. Εντοπίζουν τις τεχνολογίες της εποχής όπως οι ταμπλέτες (tablet PCs),

Κ. Παπανικολάου, Α. Γόγουλου, Δ. Ζυμπίδης, Α. Λαδιάς, Ι. Τζωρτζάκης, Θ. Μπράτιτσης, Χ. Παναγιωτακόπουλος (επιμ.), Πρακτικά Εργασιών 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία», σ. 15-26, Ανώτατη Σχολή ΠΑΙδαγωγικής & Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, 21-23 Απριλίου 2017.ISSN 2529-0924, ISBN 978-618-83186-0-1.

οι υπολογιστές παλάμης, τα Personal Digital Assistants (PDAs), τα κινητά τηλέφωνα, και τα ασύρματα περιφερειακά τους και μελετούν τρόπους παιδαγωγικής αξιοποίησής τους. Πρόσφατα, εμφανίζονται βιβλιογραφικές επισκοπήσεις που αναφέρονται σε συγκεκριμένο επιστημονικό περιεχόμενο, όπως αυτό των Φυσικών Επιστημών με στόχο τη μελέτη της σχεδίασης και αξιολόγησης εφαρμογών (Crompton, Burke, Gregory, & Gräbe, 2016).

Η μελέτη της μάθησης με φορητές συσκευές γενικά και συγκεκριμένα στο επιστημονικό πεδίο των Φυσικών Επιστημών συμβάλλει στην αποτελεσματικότερη αξιοποίηση τους στην εκπαιδευτική διαδικασία. Σκοπό αυτής της εργασίας αποτελεί η ανάδειξη των τάσεων στη μάθηση με φορητές συσκευές μέσω βιβλιογραφικής επισκόπησης και της καταγραφής αντίστοιχων εφαρμογών.

Μεθοδολογία

Σκοπός της βιβλιογραφικής επισκόπησης είναι η μελέτη της κατάστασης στην εκπαίδευση με φορητές συσκευές. Στόχο αποτελεί η διερεύνηση των παιδαγωγικών και τεχνολογικών προσεγγίσεων που αξιοποιούνται στη διδακτική πράξη και τη μαθησιακή διαδικασία.

Η επισκόπηση είναι εξαντλητική με αναζήτηση άρθρων επισκόπησης και μεταναλύσεων από το έτος 2000 που έχουν δημοσιευθεί σε έγκριτα επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια. Όσον αφορά στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, κύριος στόχος της επισκόπησης είναι η διερεύνηση των εκπαιδευτικών εφαρμογών στα πεδία της Φυσικής, Χημείας, Βιολογίας, Γεωγραφίας, και Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης μέσω εργασιών δημοσιευμένων σε έγκριτα επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια.

Η αναζήτηση των επισκοπήσεων έγινε σε ακαδημαϊκές βάσεις δεδομένων με τις εξής λέξεις κλειδιά και συνδυασμούς τους: (Mobile V smartphone V tablet) Λ (education V classroom V learning V teaching V m-learning) Λ review. Η αναζήτηση των εργασιών για τις Φυσικές Επιστήμες έγινε με τους συνδυασμούς (Mobile V smartphone V tablet) Λ (x education V x teaching V x learning), όπου το x παίρνει τις τιμές Physics, Chemistry, Biology, Geography, Environmental.

Την επισκόπηση συμπληρώνει καταγραφή εκπαιδευτικών εφαρμογών που διατίθενται για φορητές συσκευές. Έγινε αναζήτηση εφαρμογών στην αγγλική και ελληνική γλώσσα, με λέξεις – κλειδιά και συνδυασμούς αντίστοιχους με αυτούς της επισκόπησης. Η αναζήτηση περιορίσθηκε σε ελεύθερες εφαρμογές για το λειτουργικό σύστημα Android.

Αποτελέσματα βιβλιογραφικής επισκόπησης

Οι φορητές συσκευές στην εκπαιδευτική διαδικασία

Οι Cobcroft et al. (2006) αναζητούν παιδαγωγικά κυρίως πλαίσια για την αξιοποίηση των φορητών συσκευών στην εκπαίδευση μέσα από επισκόπηση 400 άρθρων. Οι άξονες που αναδεικνύονται είναι τα μαθητοκεντρικά μοντέλα, η εξατομικευμένη μάθηση, καθώς και η συνεργατική μάθηση μέσω των δυνατοτήτων επικοινωνίας και του συμμετοχικού ιστού.

Τρεις βιβλιογραφικές επισκοπήσεις εντοπίζονται στο πεδίο της μάθησης με φορητές συσκευές κατά την πρώτη δεκαετία του 2000 με κοινό στόχο τη χαρτογράφηση του πεδίου. Οι Hwang & Tsai (2011) μελετούν τα άρθρα έξι περιοδικών από τον κατάλογο κοινωνικών επιστημών (SSCI) δημοσιευμένων τη δεκαετία του 2000. Μόνο 154 από τα 3995 άρθρα αφορούν τις φορητές συσκευές, με τον αριθμό τους να τετραπλασιάζεται κατά το δεύτερο μισό της δεκαετίας. Οι περισσότερες εργασίες αναφέρονται στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (41) με την πρωτοβάθμια να ακολουθεί, και να έπεται η δευτεροβάθμια με τα λιγότερα άρθρα (17). Η πλειονότητα των άρθρων αναφέρεται στη χρήση από μαθητές, ενώ μόνο έξι

αφορούν εκπαιδευτικούς και έξι ενήλικους χρήστες. Το επιστημονικό περιεχόμενο αναφέρεται κατά σειρά στις Φυσικές Επιστήμες, στη Γλώσσα και τις Τέχνες, στις Κοινωνικές Επιστήμες, τα Μαθηματικά με αρκετά άρθρα γενικού περιεχομένου.

Παρόμοιας στοχοθεσίας μελέτη 119 άρθρων για το διάστημα 2003-2008 και πηγή την ακαδημαϊκή βάση Web of Science, αναδεικνύει τον τετραπλασιασμό των μελετών από το 2007 στο 2008 (Hung, & Zhang, 2012). Οι περισσότερες μελέτες αφορούν διδακτικές τεχνικές, με έμφαση στην εξατομικευμένη μάθηση. Οι Wu et al. (2012) μελετούν 164 άρθρα από τα οποία αναδεικνύονται θετικά μαθησιακά αποτελέσματα τόσο στην τριτοβάθμια όσο και στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση όπου συναντώνται τα περισσότερα άρθρα. Η έμφαση δίνεται στη σχεδίαση εκπαιδευτικών εφαρμογών με περισσότερες στις εφαρμοσμένες επιστήμες ακολουθούμενες από τις κοινωνικές και τις θετικές επιστήμες. Στο τέλος της δεκαετίας ο Orr (2010) εντοπίζει τις δυνατότητες αλλά και τους περιορισμούς της φορητής τεχνολογίας στην «πανταχού παρούσα» μάθηση, καθώς και στην ανάγκη επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών σε αυτό το νέο πλαίσιο. Οι επισκοπήσεις της πρώτης δεκαετίας του 2000 αναδεικνύουν κυρίως την αυξανόμενη τάση για την αξιοποίηση της διαρκώς ανανεωνόμενης φορητής τεχνολογίας ιδίως στην τριτοβάθμια και πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Μια ενδελεχής μετανάλυση παρουσιάζει ως θετικό το συνολικό αποτελέσματα από τη χρήση φορητών συσκευών σε σύγκριση με επιτραπέζιους και φορητούς υπολογιστές (Sung, Chang & Liu, 2015). Η διερευνητική μάθηση, η συνεργατική και εξατομικευμένη μάθηση και οι μικρής διάρκειας παρεμβάσεις φαίνεται να συνεισφέρουν ιδιαίτερα. Αναδεικνύεται επίσης η ανάγκη για συγκεκριμένες παιδαγωγικές προσεγγίσεις, στοχοθετημένα και νοηματοδοτημένα εκπαιδευτικά σενάρια.

Κατά τη δεύτερη δεκαετία του 2000, οι ερευνητές θέτουν πάλι ορισμένα ζητήματα για τη μάθηση με φορητές τεχνολογίες. Οι Pereira & Rodrigues (2013) παρουσιάζουν μέσω κριτικής βιβλιογραφικής επισκόπησης τις δυνατότητες των φορητών συσκευών στην εκπαίδευση μελετώντας τις τεχνολογικές υλοποιήσεις μέχρι το 2012. Εντοπίζουν ως μειονέκτημα το μικρό μέγεθος της οθόνης αλλά και την ταχεία διάδοση των ταμπλετών με τα μεγαλύτερα μεγέθη. Οι Hsu & Ching (2013) διερευνούν τη συνεργατική μάθηση μέσω εμπειρικών μελετών. Η επισκόπηση παρουσιάζει τις δυνατότητες συνεργασίας μέσω των φορητών συσκευών, χωρίς όμως να αξιοποιούνται τα χαρακτηριστικά τους για συνεργατική μάθηση. Οι μαθητές διαφόρων ηλικιών επικοινωνούν, ανατροφοδοτούνται από συμμαθητές ή εκπαιδευτικούς, και συνθέτουν εργασίες υποβάλλοντάς τμήματά τους σε ένα κοινό έγγραφο. Οι δυνατότητες πολυεπεξεργασίας των κινητών τηλεφώνων με κατάλληλο σχεδιασμό μπορούν να ενισχύσουν τη δημιουργική εργασία μαθητών, αλλά η συνήθης εφαρμογή της δίνει χαμηλού επιπέδου μαθησιακά αποτελέσματα με χαρακτηριστικό παράδειγμα την επικοινωνία με συμμαθητές κατά τη διάρκεια εκτέλεσης εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων (Grinols & Rajesh, 2014). Σε παρόμοια συμπεράσματα καταλήγει πρόσφατη επισκόπηση της περιόδου 1999-2004 (Che & Yan, 2016). Οι Binboğa & Korhan (2014) παρουσιάζουν μυοσκελετικά προβλήματα που μπορούν να εμφανισθούν σε μαθητές που χρησιμοποιούν κινητά τηλέφωνα ή ταμπλέτες μέσα από βιβλιογραφική επισκόπηση σχετικών μελετών και εξάγουν συμπεράσματα για τη σωστή τους χρήση, όπως η τοποθέτηση της ταμπλέτας σε οριζόντια επιφάνεια ώστε το σώμα να έχει τη σωστή στάση. Από την πλευρά των εκπαιδευτικών, συστηματική ανασκόπηση 37 εργασιών αναδεικνύει τη θετική στάση τους ως προς την αξιοποίηση των φορητών συσκευών στην τάξη, χωρίς όμως να αναφέρεται συγκεκριμένη παιδαγωγική προσέγγιση ή καινοτόμος διδακτική τεχνική (Baran, 2014). Οι Henrie, Halverson, & Graham (2015) μελετούν την εμπλοκή (engagement) των μαθητών με τη μαθησιακή διαδικασία κατά τη χρήση φορητών συσκευών. Η εμπλοκή αναφέρεται στο βαθμό του ενδιαφέροντος, της προσοχής, της περιέργειας, της αισιοδοξίας και του πάθους

που έχουν οι μαθητές όταν διδάσκονται ή μαθαίνουν και ενισχύει τα κίνητρα για μάθηση (http://edglossary.org). Η επισκόπηση αναδεικνύει τη σπουδαιότητα της εμπλοκής κατά τη χρήση των φορητών συσκευών ως δείκτη για την απόκτηση γνωστικών αποτελεσμάτων και κοινωνικών δεξιοτήτων. Μετααν́άλυση άρθρων της περιόδου 2009-2013 αναδεικνύει πάλι την ανάγκη για παιδαγωγικό σχεδιασμό και στοχοθετημένη σχεδίαση εφαρμογών (Al-Zahrani & Laxman, 2015). Μία πολυπαραγοντική επισκόπηση άρθρων μέχρι το 2013 αναδεικνύει τη μάθηση από απόσταση, την ειδική αγωγή και τη δια βίου μάθηση ως τα πεδία αυξημένου ενδιαφέροντος (Soykan & Uzunboylu, 2015). Οι εμπειρικές μελέτες αναφέρονται πρωτίστως σε φοιτητές, με τους μαθητές της δευτεροβάθμιας να ακολουθούν και της πρωτοβάθμιας να έπονται. Τα παραπάνω αποτελέσματα επαναλαμβάνονται και σε μία συστηματική ανασκόπηση και δείγμα 4755 φοιτητές από διάφορα Πανεπιστήμια του κόσμου για την αξιοποίηση της φορητής τεχνολογίας ως εκπαιδευτικής πλατφόρμας (Alrasheedi, Capretz, & Raza, 2015). Οι συγγραφείς επισημαίνουν ως το σημαντικότερο παράγοντα τη στάση του κάθε φοιτητή απέναντι στην υιοθέτηση αυτής της εκπαιδευτικής τεχνολογίας. Οι Shuib, Shamshirband, & Ismail (2015) μελετούν τις φορητές τεχνολογίες από την πλευρά της διάχυτης τεχνολογίας μέσω επισκόπησης 55 εργασιών και δείχνουν τη δυναμική της στη μάθηση με τις κατάλληλα σχεδιασμένες εκπαιδευτικές δραστηριότητες. Τη θεώρηση της διάχυτης και πανταχού παρούσας τεχνολογίας ακολουθούν και οι Pimmer, Mateescu, & Gröhbiel (2016) και καταλήγουν σε παρόμοια συμπεράσματα. Επισημαίνουν επίσης την αξιοποίηση των ιδιαίτερων δυνατοτήτων (affordances) των φορητών τεχνολογιών. Πρόσφατη επισκόπηση εργασιών από το 1976 μέχρι το 2013 αναδεικνύει ως κύρια χαρακτηριστικά της φορητής τεχνολογίας την εξατομικευμένη και πλαισιωμένη μάθηση και τη δυναμική της συνεργασίας και της υποστήριξης της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Chiang et al., 2016). Οι Haßler, Major, & Hennessy (2016) παρουσιάζουν τα θετικά μαθησιακά αποτελέσματα της χρήσης των ταμπλετών στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση και αναδεικνύουν την έλλειψη εμπειρικών μελετών με αυστηρή μεθοδολογία.

Η επισκόπηση αναδεικνύει τη συνεχώς αυξανόμενη έρευνα για τη μάθηση μέσω φορητών συσκευών. Οι συχνότερα προτεινόμενες και χρησιμοποιούμενες παιδαγωγικές προσεγγίσεις είναι μαθητοκεντρικές, με έμφαση τόσο στην εξατομικευμένη όσο και στη συνεργατική μάθηση. Οι Φυσικές Επιστήμες αποτελούν το πεδίο με τις περισσότερες αναφορές και τη διερευνητική μάθηση ως κύρια παιδαγωγική προσέγγιση. Η επισκόπηση αναδεικνύει επίσης την ανάγκη για συνέχιση της έρευνας με κύριους άξονες την αξιοποίηση των δυνατοτήτων της φορητής τεχνολογίας, τη σχεδίαση εφαρμογών με συγκεκριμένη παιδαγωγική θεώρηση, στοχοθετημένες και νοηματοδοτημένες δραστηριότητες, καθώς και την υλοποίηση εμπειρικών μελετών με αυστηρή μεθοδολογία.

Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες με φορητές συσκευές

Η ενότητα παρουσιάζει τις τάσεις στην αξιοποίηση φορητών συσκευών στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) ανά επιστημονικό πεδίο.

Φυσική

Μία από τις πρώτες αναφορές 90 παιχνιδιών Φυσικής καταγράφει τη Μηχανική ως τη θεματική με τα περισσότερα παιχνίδια (75.56%) και τον ηλεκτρομαγνητισμό να ακολουθεί. Η πλέον αξιοποιούμενη δκτική τεχνική είναι η επίλυση προβλήματος και το συνδυασμό της με την προσέγγιση της πλαισιωμένης μάθησης να ακολουθεί (Shih, Hou, & Wu, 2011). Οι συγγραφείς δεν αξιολογούν τις εφαρμογές. Το 2015 οι Wang, Wu, Chien, Hwang & Hsu προτείνουν κατευθυντήριες γραμμές για τη σχεδίαση εφαρμογών. Όσες αξιοποιούν τα

ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της φορητής τεχνολογίας ενθαρρύνουν δραστηριότητες έξω από την τάξη, επαυξημένη πραγματικότητα, και αξιοποίηση των αισθητήρων των συσκευών.

Οι Crompton, Burke, Gregory, & Gräbe (2016) διερευνούν μελέτες δημοσιευμένες από το 2000 οι οποίες κυρίως αναφέρονται στη σχεδίαση και αξιολόγηση εφαρμογών για φορητές τεχνολογίες. Η πλειονότητα των εφαρμογών αφορούν την πρωτοβάθμια εκπαίδευση και καλύπτουν τη Φυσική, τη Χημεία, τις επιστήμες της Γης και του Διαστήματος, και τις επιστήμες της ζωής. Οι συγγραφείς επισημαίνουν την ανάγκη για περισσότερες εμπειρικές μελέτες με αυστηρή μεθοδολογία. Τα ευρήματα επισκόπησης εργασιών από το 2007 μέχρι το 2014 αναφέρονται στα κοινά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά των εφαρμογών, τις πολλαπλές αναπαραστάσεις, τη σχεδίαση με βάση της θέσης της συσκευής, της τεχνικής της σκαλωσιάς, τη συνεργασία. Η θεωρητική προσέγγιση των περισσότερων εργασιών είναι η πλαισιωμένη μάθηση και αυτό που αξιολογείται η εννοιολογική κατανόηση (Zydney & Warner, 2016). Τα γνωστικά αντικείμενα αναφοράς των εφαρμογών συμφωνούν με αυτά των Crompton et al. (2016). Εμφανίζονται επίσης διεπιστημονικές εφαρμογές.

Η δεύτερη κύρια προσέγγιση στη χρήση των φορητών συσκευών στη Φυσική είναι τα πειράματα μέσω των αισθητήρων ή αυτά που υλοποιούνται από απόσταση συνήθως μέσω του λογισμικού RExMobile. Μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης συνδέθηκαν με πανεπιστημιακό εργαστήριο και εκτέλεσαν πραγματικά πειράματα, υλοποιώντας με επιτυχία την πλαισιωμένη μάθηση με αυθεντικές δραστηριότητες (Silva et al., 2013). Το ενδιαφέρον των 150 μαθητών ήταν μεγάλο και διατηρήθηκε, όπως και σε επόμενη μελέτη των ίδιων ερευνητών, οι οποίοι προτείνουν τα πειράματα μέσω φορητών συσκευών ως μια προσιτή προσέγγιση στην οικοδόμηση της γνώσης (Rochadel et al., 2013). Η ίδια ομάδα επεκτείνει τα πειράματα από απόσταση στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και εισάγει το περιβάλλον VISIR με το οποίο διεξάγουν με επιτυχία πειράματα ηλεκτρισμού 163 μαθητές Λυκείου (da Silva Fidalgo, Rochandel, & da Silva, 2013). Στόχος της ομάδας είναι να ξεπεράσει τα προβλήματα των πραγματικών «δια ζώσης» και των εικονικών πειραμάτων και να προσφέρει μέσω της φορητής τεχνολογίας ένα πλαίσιο για ανάλυση πραγματικών προβλημάτων στον πραγματικό κόσμο. Ως πλεονεκτήματα αναφέρουν τη μη ύπαρξη χρονικού και χωρικού περιορισμού, την άμεση αλληλεπίδραση με αληθινό εξοπλισμό, το χαμηλό κόστος εγκατάστασης, χρήσης και συντήρησης, μια προσιτή λύση για τη δημόσια εκπαίδευση (Nicolete et al., 2015). Παρόμοια προσέγγιση έχουν οι Petropoulou et al. (2014) οι οποίοι χρησιμοποιούν την εφαρμογή Labdisc Enviro για τη διεξαγωγή ποικίλων πειραμάτων Φυσικής στο πλαίσιο ενός οικοσυστήματος εφαρμόζοντας τη διερευνητική προσέγγιση. Ο Ballester και οι συνεργάτες κάνουν πειράματα Μηχανικής με θέμα την επιτάχυνση μέσω του επιταχυνσιομέτρου των κινητών τηλεφώνων (2014). Η υλοποίηση με μαθητές Λυκείου ανέπτυξε το κίνητρο και το ενδιαφέρον τους για τα μαθήματα Φυσικής στο πρώτο έτος του Πανεπιστημίου. Οι Klein, Hirth & Kuhn (2014) αξιοποίησαν τους αισθητήρες για τη εκπομπή και λήψη ήχου για τη μελέτη του φαινομένου Doppler και του μετρητή φωτός για τη μελέτη της φωτεινότητας πηγής σε σχέση με την απόσταση. Τα αποτελέσματα τους αναδεικνύουν ότι τα κινητά τηλέφωνα είναι αξιόπιστα ως πειραματικά όργανα για εκπαιδευτικά πειράματα. Οι Pirker, Gutl, & Astatke (2015) προτείνουν ένα θεωρητικό μοντέλο για την εκπαίδευση σε θέματα STEM με κινητές συσκευές στο οποίο αξιοποιούν τα πλεονεκτήματα της κινητής τεχνολογίας και εντάσσουν στοιχεία παιχνιδιού για την παροχή κινήτρων στους φοιτητές. Μία μόνο έρευνα ασχολείται με τη συμπερίληψη, διερευνώντας εφαρμογές φορητής τεχνολογίας τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν άτομα με προβλήματα όρασης (Bülbül, Yiğit, & Garip, 2016). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι δεν υπάρχουν εφαρμογές για άτομα με τέτοια προβλήματα, αλλά μπορούν να αξιοποιηθούν οι αισθητήρες και άλλες εφαρμογές σε συνεργασία με βλέποντες.

Χημεία

Μια από τις πρώτες εργασίες αναφέρει τα θετικά στοιχεία της «πανταχού παρούσας» κινητής τεχνολογίας με έμφαση την πρόσβαση σε πληροφορίες και εφαρμογές μέσω του παγκόσμιου ιστού, επισημαίνοντας την ανάγκη για την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών (Williams & Pence, 2011). Οι Ekins, Clark, & Williams, (2012) μεταφέρουν έναν οδηγό επιλογής διαλυτών σε κινητά τηλέφωνα προσθέτοντας δραστηριότητες επιλογής του καταλληλότερου με γνώμονα την προστασία του περιβάλλοντος και θετικά αποτελέσματα. Οι van der Kolk et al. (2013) υλοποιούν υποστηρικτική εφαρμογή για εργαστήρια Χημείας τροφίμων. Εμπειρική μελέτη βρήκε τη διεπαφή ικανοποιητική. Οι Powell & Mason (2013) διερευνούν τη συμβολή βιντεοσκοπημένης υποστήριξης (podcasting) σε εργαστηριακά μαθήματα βρίσκοντας ότι φοιτητές που τη χρησιμοποίησαν ζήτησαν λιγότερη βοήθεια και απέδωσαν καλύτερα από συμφοιτητές που παρακολούθησαν μόνο το προπαρασκευαστικό μάθημα. Σε μια διαφορετική προσέγγιση, οι Libman & Huang (2013) μελετούν 30 εφαρμογές για κινητά. Οι εφαρμογές κατηγοριοποιούνται σε τρισδιάστατης μοριακής αναπαράστασης, εργαλείων μοριακής σχεδίασης, ψηφιακών εγχειριδίων, περιοδικού πίνακα, και βοηθημάτων όπως υπολογισμών Χημείας. Εμπειρική μελέτη σχετικά με την αξιοποίηση ταμπλέτας ως σημειωματάριου έδειξε ότι εννέα στους 12 φοιτητές προτιμούν τις ψηφιακές σημειώσεις και αποδίδουν ελαφρά καλύτερα (Amic & Cross, 2014). Ο Roda και οι συνεργάτες του (2014) κατασκευάζουν με τρισδιάστατη εκτύπωση μια υποδοχή για κινητό για πειράματα βιοφωταύγειας και χημειοφωταυγειας που παράγονται από ενζυμικές αντιδράσεις, με αξιόπιστα αποτελέσματα. Τέλος, οι Jagodzinski & Wolsk (2015) σχεδιάζουν και μελετούν εικονικό εργαστήριο με το οποίο αλληλεπιδρούν μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με φυσιολογικούς χειρισμούς μέσω του Kinect. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν τη συναισθηματική εμπλοκή των μαθητών, με επακόλουθο τη βελτίωση της απόδοσής τους.

Βιολογία

Η ανάπτυξη της επιχειρηματολογίας μέσω μηνυμάτων μεταξύ κινητών σε ένα πλαίσιο συνεργατικής διερευνητικής μάθησης μελετήθηκε από τους Laru, Järvelä, & Clariana (2012). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ανταλλαγή μηνυμάτων συνεισέφερε στην αλληλεπίδραση κατά τη διερευνητική διαδικασία και σε καλύτερη απόδοση σε θέματα ιχνών έμβιας και άβιας ζωής σε ένα πάρκο. Το μοντέλο της πλαισιωμένης μάθησης αξιοποίησαν οι Tarng & Ou (2012) μέσω εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας σε κινητά με στόχο τα είδη και τον κύκλο ζωής πεταλούδων. Μαθητές δημοτικού αλληλεπιδρούσαν με πραγματικά φυτά στα οποία προστίθενται εικονικές πεταλούδες. Τα αποτελέσματα ήταν θετικά με σημαντικότερο την ενίσχυση του κινήτρου για μάθηση. Οι Rose et al. (2012) μεταφέρουν απλά μια διαδικτυακή βάση δεδομένων πρωτεϊνών σε φορητές συσκευές για μεγαλύτερη ευελιξία στην εκπαίδευση. Οι Teri et al. (2014) αναπτύσσουν εφαρμογή με παροχή περιεχομένου και δραστηριότητες για βιοχημεία και διατροφή με θετικά αποτελέσματα κυρίως ως προς την ενίσχυση των κινήτρων των φοιτητών. Το πλαίσιο της συνεργατικής διερευνητικής μάθησης μελετήθηκε επίσης από τους Lui & Slotta (2014) σε μια εφαρμογή «έξυπνου διαδραστικού δωματίου» στους τοίχους του οποίου προβάλλεται ένα τροπικό δάσος για τη μελέτη του οικοσυστήματος. Οι μαθητές συνεργάζονταν μέσω ταμπλετών στις οποίες σημείωναν τις παρατηρήσεις τους με την τελική επιχειρηματολογία να παρουσιάζεται σε ένα αλληλεπιδραστικό τραπέζι, ενώ ο εκπαιδευτικός μέσω της ταμπλέτας του ρύθμιζε παραμέτρους στο οικοσύστημα. Τα αποτελέσματα ήταν θετικά, με τη χρήση των ταμπλετών να συνεισφέρουν στην υποστήριξη του διδακτικού μοντέλου. Δέκα φοιτητές σε μελέτη πεδίου φωτογράφησαν οργανισμούς και έκαναν φυλογενετικές υποθέσεις και συσχετίσεις αναλύοντας τις ψηφιακές εικόνες (Lysne & Miller, 2015). Παρά τη συμβατική

χρήση της τεχνολογίας, το κυριότερο εύρημα ήταν η εμπλοκή των φοιτητών με τη μαθησιακή διαδικασία. Διαφορετική προσέγγιση αποτελεί η κατασκευή από εκπαιδευτικούς και μαθητές ενός μικροσκοπίου το οποίο με την προσαρμογή ενός κινητού γίνεται ένα δυναμικό εκπαιδευτικό εργαλείο (Kim et al., 2016). Η προσέγγιση ακολουθεί τον κατασκευαστισμό (constructionism) και περιλαμβάνει στάδια κατασκευής, παιχνιδιού, διερεύνησης και μάθησης. Αποτελεί το μετασχηματισμό της παρατηρητικής μικροσκοπίας σε μια αλληλεπιδραστική εμπειρία σε ένα διεπιστημονικό πλαίσιο. Τέλος, ηχητικά αρχεία podcasting σε θέματα κληρονομικότητας και εξέλιξης σε ένα μαθητοκεντρικό πλαίσιο φάνηκαν χρήσιμα σε φοιτητές, με θετικά μαθησιακά αποτελέσματα και καλύτερη αξιοποίηση του ακαδημαϊκού χρόνου (Aguiar & Carvalho, 2016).

Γεωγραφία

Οι Tan et al. (2011) προτείνουν ένα μοντέλο με έμφαση στον εντοπισμό θέσης για μαθησιακές δραστηριότητες που προσαρμόζονται στη φυσική θέση του μαθητή και το εφαρμόζουν σε μάθημα σχετικά με τους παγετώνες. Οι Jarvis, Dickie & Brown (2013) μελετούν παρόμοιες δραστηριότητες σε φοιτητές. Παρόμοιας προσέγγισης είναι η μελέτη των Hoe-Lian Goh et al. (2012) που αναπτύσσουν ένα σύστημα σχολιασμού χωρικών δεδομένων σε κινητά, με στόχο τη συνεργατική μάθηση. Εμπειρική μελέτη με φοιτητές για τη συνεργατική εύρεση πετρωμάτων είχε θετικά αποτελέσματα. Ο εντοπισμός θέσης χρησιμοποιείται επίσης από μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τη χωρική χαρτογράφηση βασισμένη στους ήχους του περιβάλλοντος (Staub, & Sanchez, 2012). Οι Ramírez et al. (2013) σχεδιάζουν ένα παιχνίδι με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής για μαθητές δημοτικού. Ακολουθούν την οικοδόμηση της γνώσης και στόχος τους είναι η ανάπτυξη πολλαπλών νοημοσυνών. Παρόμοια πρόταση παρουσιάζουν οι Chang et al. (2013) για μαθητές γυμνασίου σε ένα πλαίσιο πανταχού παρούσας μάθησης και προσαρμογής του παιχνιδιού στον μαθησιακό τύπο του κάθε μαθητή. Οι Medzini, Meishar-Tal, & Sneh (2015) προτείνουν την αξιοποίηση της φορητής τεχνολογίας για τη διδασκαλία Γεωγραφίας μέσω εκπαιδευτικών εκδρομών. Τη μελετούν σε φοιτητές – μελλοντικούς εκπαιδευτικούς με θετικά αποτελέσματα κυρίως ως προς την ανάπτυξη κινήτρων μάθησης. Οι Jarvis et al. (2015) μελετούν τη χρήση κινητών σε μαθήματα ανθρωπογεωγραφίας για φοιτητές με τον εντοπισμό πληροφορίας και τον εμπλουτισμό της με πολυμεσικά στοιχεία, προωθώντας την τεχνική της σκαλωσιάς σε ένα πλαίσιο οικοδόμησης της γνώσης. Παρόμοια προσέγγιση έχει μελέτη με 77 μαθητές γυμνασίου και θετικά αποτελέσματα, κατά την οποία φύλλα εργασίας παρουσιάζονται στο κινητό όταν αναγνωρίζεται συγκεκριμένη τοποθεσία (Yang, & Chang, 2016).

Περιβαλλοντική εκπαίδευση

Το 2009 ο Ferry παρουσιάζει μια μελέτη με στόχο την αξιοποίηση των κινητών τηλεφώνων στη διαχείριση νερού, απορριμμάτων και ενέργειας με φοιτητές κατά τη διάρκεια πρακτικής τους άσκησης σε σχολεία. Τα κινητά χρησιμοποιήθηκαν για φωτογράφηση, ηχογράφηση, επεξεργασία κειμένου και παρουσιάσεων και κυρίως για ανταλλαγή μηνυμάτων αναδεικνύοντας τη συνεργατική μάθηση και τη σκαλωσιά μεταξύ των φοιτητών. Ένας συνδυασμός μελέτης Delphi και projects αναδεικνύει τις δυνατότητες της φορητής τεχνολογίας στην περιβαλλοντική και την εκπαίδευση για την αειφορία (Bleck et al., 2012). Οι ειδικοί συμφωνούν στην αξιοποίηση σε εργασία πεδίου, δραστηριότητες βασισμένες στον εντοπισμό θέσης, καθώς και στο κόστος και τη γρήγορη απαξίωση της τεχνολογίας. Παρόμοια προσέγγιση και αποτελέσματα παρουσιάζονται από τους Schaal & Lude (2015) οι οποίοι δίνουν έμφαση στην τεχνολογική παιδαγωγική γνώση περιεχομένου. Σε παρόμοιο

πλαίσιο οι Palumbo et al. (2012) προτείνουν τις φορητές τεχνολογίες σε μεταπτυχιακό επίπεδο και για την ευαισθητοποίηση του κοινού. Η αξιοποίηση ταμπλετών ως συμπληρωματικών εργαλείων κατά την αλληλεπίδραση στο πεδίο συνεισέφερε στην ανάπτυξη του ενδιαφέροντος για τις ΦΕ σε 55 μαθητές δημοτικού (Boyce et al., 2014). Επίσης το ενδιαφέρον 85 μαθητών δευτεροβάθμιας για την κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε μέσω μετρήσεων που έκαναν με τα κινητά τους και παιχνιδιού που τους ευαισθητοποίησε για το θέμα (Kalz et al., 2014). Οι Meishar-Tal & Gross (2014) μελετούν τη βιωματική μάθηση σε δραστηριότητες με κινητά σε έναν βοτανικό κήπο. Παρότι οι βιωματικές δραστηριότητες ήταν επιτυχείς, αυτό δεν αποδόθηκε στη χρήση των κινητών. Οι Zimmerman, Land, & Jung (2016) υλοποιούν εμπειρική μελέτη σχετικά με τον κύκλο ζωής των δέντρων σε μαθητική κατασκήνωση αξιοποιώντας την επαυξημένη πραγματικότητα σε ταμπλέτες με θετικά μαθησιακά αποτελέσματα και την ευαισθητοποίηση σε περιβαλλοντικά ζητήματα. Τέλος, οι Zacharia, Lazaridou, &Avraamidou (2016) καταγράφουν εννοιολογική αλλαγή σε μαθητές που χρησιμοποίησαν κινητά για συλλογή δεδομένων (φωτογραφιών και βίντεο) σε διερευνητικές δραστηριότητες για τα άνθη.

Καταγραφή εκπαιδευτικών εφαρμογών

Ο πίνακας 1 παρουσιάζει το πλήθος των εφαρμογών που εντοπίσθηκαν ανά επιστημονικό πεδίο και τύπο. Η πλειονότητα των εφαρμογών αφορά σε παρουσίαση περιεχομένου και πρακτική και εξάσκηση, που χαρακτηρίζουν προσεγγίσεις συμπεριφοριστικού τύπου. Στη Φυσική υπάρχουν αρκετά εργαστήρια, προσομοιώσεις και πειράματα με τη χρήση αισθητήρων ή από απόσταση. Υπάρχουν επίσης αρκετά εκπαιδευτικά παιχνίδια.

Πίνακας 1. Ελεύθερες εφαρμογές Android ανά επιστημονικό πεδίο

Τύπος εφαρμογής	Φυσική	Χημεία	Βιολογία	Γεωγραφία	Περιβάλλον
Παρουσίαση περιεχομένου (εγχειρίδιο, λεξικό, εγκυκλοπαίδεια)	87	50	82	51	55
Πρακτική και εξάσκηση (περιεχόμενο και ερωτήσεις, κουίζ)	10	31	65	195	8
Ψηφιακό βίντεο	12	3	2		
Αναπαράσταση (φαινομένου, διαδικασίας)		1	2	1	
Εικονικό εργαστήριο	35	1		1	
Προσομοίωση (μίμηση πραγματικότητας)	29	4	6		
Μοντελοποίηση					
Οπτικοποίηση (προσομοίωσης, δεδομένων)					2
Παιχνίδι	29	13	4	53	13
Εξειδικευμένο υπολογιστικό εργαλείο (υπολογισμοί Φυσικής, Χημείας, Βιολογίας)	13	5		1	
Πείραμα (με αισθητήρες, από απόσταση)	69				4
ΣΥΝΟΛΟ	**284**	**108**	**161**	**302**	**82**

Συζήτηση

Η φορητή τεχνολογία αξιοποιείται διαρκώς και περισσότερο στην εκπαίδευση. Στις ΦΕ διακρίνονται τρεις κύριοι τρόποι αξιοποίησης της: οι εκπαιδευτικές εφαρμογές, τα πειράματα από απόσταση και η χρήση αισθητήρων. Η επιλογή του τρόπου αξιοποίησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το επιστημονικό πεδίο και το περιεχόμενο του υπό διαπραγμάτευση θέματος. Για παράδειγμα υλοποιήσεις που απαιτούν μελέτη πεδίου αξιοποιούν συχνά τη δυνατότητα του εντοπισμού θέσης.

Η βιβλιογραφική επισκόπηση αναδεικνύει ότι η χρήση της φορητής τεχνολογίας στις ΦΕ ακολουθεί τη γενικότερη τάση, αξιοποιώντας σε μεγαλύτερο βαθμό τα ιδιαίτερα τεχνολογικά χαρακτηριστικά της από ότι άλλα επιστημονικά πεδία. Αυτό μάλιστα συνδέεται σε πολλές περιπτώσεις με συγκριμένες μαθητοκεντρικές παιδαγωγικές προσεγγίσεις και τις αντίστοιχες διδακτικές τεχνικές. Τα παραπάνω φαίνονται και από την καταγραφή των 937 ελεύθερων εφαρμογών λογισμικού που εντοπίσθηκαν. Φαίνεται επίσης ότι οι αισθητήρες των φορητών συσκευών αξιοποιούνται ιδίως στη Φυσική όπου αντικαθιστούν ή συμπληρώνουν με επιτυχία, σε εκπαιδευτικό επίπεδο, συσκευές, όργανα ή πειραματικές διατάξεις. Η βιβλιογραφική επισκόπηση αναδεικνύει παράλληλα την ανάγκη για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών όλων των βαθμίδων όχι μόνο στην απόκτηση δεξιοτήτων και την παιδαγωγική αξιοποίηση, αλλά και στη δημιουργία της κατάλληλης κουλτούρας χρήσης της φορητής τεχνολογίας.

Η εργασία αναδεικνύει ότι το πεδίο της εκπαιδευτικής τεχνολογίας είναι ώριμο τεχνολογικά και παιδαγωγικά. Οι ερευνητές του πεδίου αλλά και οι εκπαιδευτικοί είναι πλέον σε θέση να αξιοποιήσουν μια νέα τεχνολογία όπως η φορητή στην εκπαιδευτική διαδικασία. Τα μαθησιακά αποτελέσματα ποικίλων μελετών είναι θετικά. Ταυτόχρονα, οι «πανταχού παρούσες» φορητές συσκευές αποτελούν διαρκές κίνητρο για μάθηση και διατηρούν το ενδιαφέρον μαθητών και φοιτητών.

Αναφορές

Aguiar, C. A., & Carvalho, A. A. (2016). Exploring Podcasting in Heredity and Evolution Teaching. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 44(5), 429-432.

Alrasheedi, M., Capretz, L. F., & Raza, A. (2015). A systematic review of the critical factors for success of mobile learning in higher Education (University students' perspective). *Journal of educational computing research*, 52(2), 257-276.

Al-Zahrani, H., & Laxman, K. (2015). A critical meta-analysis of mobile learning research in higher education. *The journal of technologies studies*, 41(2), 74-89.

Amick, A. W. & Cross, N. (2014). An Almost Paperless Organic Chemistry Course with the Use of iPads. *Journal of Chemical Education*, 91, 753−756.

Ballester, E., Castro-Palacio, J. C., Velazquez-Abad, L. Gimenez, M. H., Monsoriu, J. A., Sanchez Ruiz, L. M. (2014). Smart physics with smartphone sensors. In M. Castro & E. Tovar (Eds.), Proceedings of the IEEE Frontiers in Education Conference (pp. 1-4). NJ: IEEE.

Baran, E. (2014). A Review of Research on Mobile Learning in Teacher Education. *Educational Technology & Society*, 17(4), 17–32.

Binboğa, E., & Korhan, O. (2014). Posture, Musculoskeletal Activities, and Possible Musculoskeletal Discomfort Among Children Using Laptops or Tablet Computers for Educational Purposes: A Literature Review. *Journal of Science Education and Technology*, 23(5), 605-616.

Bleck, S., Bullinger, M., Lude, A., Schaal, S. (2012). Electronic mobile devices in environmental education (EE) and education for sustainable development (ESD)-Evaluation of concepts and potentials. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 1232-1236.

Boyce, C., Mishra, Ch., Halverson, Kr. & Thomas, A. (2014). Getting Students Outside: Using Technology as a Way to Stimulate Engagement. *Journal of Science Education and Technology*, 23, 815-826.

Bülbül, M. Ş., Yiğit, N., & Garip, B. (2016). Adapting smart phone applications about physics education to blind students. *Journal of Physics: Conference Series*, 707, 1-5.

Chang, W. C., Yang, H. C., Jheng, M. R., & Wu, S. W. (2013). Ubiquitous Geography Learning Smartphone System for 1st Year Junior High Students in Taiwan. In J. J. Park, J. K. Ng, H. Jeong, B. Waluyo (Εδς.), *Multimedia and Ubiquitous Engineering* (pp. 649-656). Netherlands: Springer.

Chen, Q., Yan, Z. (2016). Does multitasking with mobile phones affect learning? A review. *Computers in Human Behavior*, 54, 34–42.

Chiang, F. K., Zhu, G., Wang, Q., Cui, Z., Cai, S., & Yu, S. (2016). Research and trends in mobile learning from 1976 to 2013: A content analysis of patents in selected databases. *British Journal of Educational Technology*, 47(6), 1006-1019.

Cisco, (2015). Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2015–2020. Retrieved 30 January 2016 from http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html.

Cobcroft, R. S., Towers, S., Smith, J., & Bruns, A. (2006). Mobile learning in review: Opportunities and challenges for learners, teachers, and institutions. In *Proceedings Online Learning and Teaching (OLT) Conference* (pp. 21-30). Brisbane: Queensland University of Technology. Retrieved 23 December 2016 from http://eprints.qut.edu.au/5399/1/5399.pdf.

Crompton, H., Burke, D., Gregory, K. H., & Gräbe, C. (2016). The Use of Mobile Learning in Science: A Systematic Review. *Journal of Science Education and Technology*, 25(2), 149-160.

da Silva Fidalgo, A. V., Rochandel, W., & da Silva, J. B. (2013). Remote experimentation using mobile devices. In *Proceedings of the 1st International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education, CISPEE* (pp. 1-8). USA: IEEE.

Ekins, S. Clark, A. M. & Williams, A. J. (2012). Incorporating Green Chemistry Concepts into Mobile Chemistry Applications and Their Potential Uses. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 1, 8-13.

Ferry, B. (2009). Using mobile phones to enhance teacher learning in environmental education. In J. Herrington, A. Herrington, J. Mantei, I. Olney, & B. Ferry (Eds.), *New technologies, new pedagogies: Mobile learning in higher education* (pp. 45-55). AU: University of Wollongong.

Grinols, A. B., & Rajesh, R. (2014). Multitasking with smartphones in the college classroom. *Business and Professional Communication Quarterly*, 77(1), 89-95.

Haßler, B., Major, L., & Hennessy, S. (2016). Tablet use in schools: a critical review of the evidence for learning outcomes. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32, 139-156.

Henrie, C. R., Halverson, L. R., & Graham, C. R. (2015). Measuring student engagement in technology-mediated learning: A review. *Computers & Education*, 90, 36-53.

Hoe-Lian Goh, D., Razikin, K., Lee, C. S., Lim, E. P., Chatterjea, K., & Chang, C. H. (2012). Evaluating the use of a mobile annotation system for geography education. *The Electronic Library*, 30(5), 589-607.

Hsu Y., & Ching Y. (2013). Mobile computer-supported collaborative learning: A review of experimental research. *British Journal of Educational Technology*, 44(5), 111-114.

Hung, J.-L., & Zhang, K. (2012). Examining mobile learning trends 2003–2008: a categorical meta-trend analysis using text mining techniques. *Journal of Computing in Higher Education*, 24(1), 1–17.

Hwang G., & Tsai C. (2011). Research trends in mobile and ubiquitous learning: a review of publications in selected journals from 2001 to 2010. *British Journal of Educational Technology*, 42(4), E65-E70.

Jagodzinski, P., & Wolsk, R. (2015). Assessment of Application Technology of Natural User Interfaces in the Creation of a Virtual Chemical Laboratory. *Journal of Science Educational technology*, 24, 16–28.

Jarvis, C. H., Dickie, J., & Brown, G. (2013). Going mobile: perspectives on aligning learning and teaching in geography. *Journal of Geography in Higher Education*, 37(1), 76-91.

Jarvis, C., Tate, N., Dickie, J. & Brown G. (2015). Mobile learning in a human geography field course. *Journal of Geography*, 115, 61-71.

Kalz, M., Firssova, O., Börner, D., Ternier, S., Prinsen, F., Rusman, E., Drachsler, H., Spechtm, M. (2014). Mobile inquiry-based learning for sustainability education in secondary schools. In D. G. Sampson, J. M. Spector, N.-S. Chen, R. Huang, Kinshuk (Eds.), *Proceedings of the 14th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)* (pp. 644-646). MA: IEEE

Kim, H, Gerber, L. C., Chiu, D., Lee, S. A., Cira, N. J., Xia, S. Y., Riedel-Kruse, H. (2016). LudusScope: Accessible Interactive Smartphone Microscopy for Life-Science Education. *PLOS ONE*, 1-16.

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

Kukulska-Hulme, A. (2010). Mobile learning as a catalyst for change. *Open Learning*, 25(3), 181-185.

Laru, J., Järvelä, S. & Clariana, R. B. (2012). Supporting collaborative inquiry during a biology field trip with mobile peer-to-peer tools for learning: a case study with K-12 learners. *Interactive Learning Environments*, 20(2), 103-117.

Libman, D. & Huang, L. (2013). Chemistry on the Go: Review of Chemistry Apps on Smartphones. *Journal of Chemical Education*, 90, 320-325.

Lui, M. & Slotta, J. D. (2014). Immersive simulations for smart classrooms: exploring evolutionary concepts in secondary science. *Technology, Pedagogy and Education*, 23(1), 57-80.

Lysne, S. J., & Miller, B. G. (2015). Using Mobile Devices to Engage Students in Evolutionary Thinking. *The American Biology Teacher*, 77(8), 624-627.

Medzini, A., Meishar-Tal, H., & Sneh, Y. (2015). Use of mobile technologies as support tools for geography field trips. International *Research in Geographical and Environmental Education*, 24(1), 13-23.

Meishar-Tal, H. & Gross, M. (2014). Teaching Sustainability via Smartphone- Enhanced Experiential Learning in a Botanical Garden. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 8(1), 10-15.

Nicolete, C. P., Silva, J. B., Simao, J. P. S., Rochadel, W., da Silva Cristiano, M. A., de Lima, J. P. C., Bilessimo, S. M. S., da Mota Alves, J. B. (2015). Mobile remote experimentation applied to basic education. In A. Cardoso & M. T. Restivo (Eds.), *The 3rd Experiment@ International Conference* (pp. 266-271). NJ: IEEE.

Orr, G. (2010). A Review of Literature in Mobile Learning: Affordances and Constraints context. In U. Hoppe, R. Pea, & C. Liu (Eds.), The 6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technologies in Education (pp. 107-111). CA: IEEE.

Palumbo, M., Johnson, S., Mundim, F., Lau, A., Wolf, A., Arunachalam, S., Gonzalez, O., Ulrich, J., Washuta, A., Bruna, E. (2012). Harnessing Smartphones for Ecological Education, Research, and Outreach. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 93(4), 390-393.

Petropoulou, O., Retalis, S., Psaromiligkos, I., Stefanidis, G., & Loi, S. (2014). Inquiry Based Learning in Primary Education: a case study using mobile digital science Lab. In E. McLoughlin & O. Finlayson (Eds.), *Proceedings of the Science & Mathematics Education Conference (SMEC/SAILS) 2014: Thinking Assessment in Science & Mathematics* (pp. 132-139). Dublin: Dublin City University.

Pereira, O. R. E., & Rodrigues, J. J. P. C. (2013). Survey and analysis of current mobile learning applications and technologies. ACM Computing Surveys, 46(2), 27:1-35.

Pimmer, C., Mateescu, M., & Gröhbiel, U. (2016). Mobile and ubiquitous learning in higher education settings. A systematic review of empirical studies. *Computers in Human Behavior*, 63, 490–501.

Pirker, J., Gutl, C., & Astatke, Y. (2015). Enhancing online and mobile experimentations using gamification strategies. In A. Cardoso & M. T. Restivo (Eds.), *The 3rd Experiment@ International Conference* (pp. 224-229). NJ: IEEE.

Powell, C. B., Mason, D. S. (2013). Effectiveness of Podcasts Delivered on Mobile Devices as a Support for Student Learning During General Chemistry Laboratories. *Journal of Science Education and Technology*, 22, 148–170.

Ramírez, P., Ramírez, H., Infante, L. D., López, J. M., Rosquillas, J., Villegas, A. L., Santana, D., & de la Vega, D. (2013). Explora México: A mobile application to learn Mexico's Geography. *Procedia Computer Science*, 25, 194-200.

Rochadel, W., da Silva, J. B., Simão, J. P. S., & da Silva Fidalgo, A. V. (2013). Application of mobile devices and remote experiments for physics teaching in elementary education. In *Proceedings of the Global Engineering Education Conference EDUCON* (pp. 880-885). NJ: IEEE.

Roda, A., Michelini, E., Cevenini, L., Calabria, D., Calabretta, M. M., Simoni, P. (2014). Integrating Biochemiluminescence Detection on Smartphones: Mobile Chemistry Platform for Point-of-Need Analysis. *Analytical Chemistry*, 86, 7299−7304.

Rose, P. W., Bi, C., Bluhm, W. F., Christie, C. H., Dimitropoulos, D., Dutta, S., ., Green, R. K., Goodsell, D. S., Prlic, A., Quesada, M., Quinn, G. B., Ramos, A. G., Westbrook, J. D., Young, J., Zardecki, C., Berman, H. M.,& Bourne, P.E. (2012). The RCSB Protein Data Bank: new resources for research and education. *Nucleic Acids Research*, 41, 475-482.

Schaal, S. & Lude, A. (2015).Using Mobile Devices in Environmental Education and Education for Sustainable Development- Comparing Theory and Practice in a Nation Wide Survey. *Sustainability*, 7, 10153-10170.

Schuller, C., Winters, N., & West, M. (2013). *The future of mobile learning. Implications for policy makers and planners*. France: UNESCO.

Shih, Y. H., Hou, H. T., & Wu, Y. T. (2011). A review on the concepts and instructional methods of mini digital physics games of physycsgames.net. In M. Chang, W.-Y Hwang, M.-P. Chen, & W. Mueller (Eds.), *Edutainment Technologies. Educational Games and Virtual Reality/Augmented Reality Applications* (pp. 517-521). Heidelberg: Springer-Verlag.

Shuib, L., Shamshirband, S., & Ismail, M. H. (2015). A review of mobile pervasive learning: Applications and issues. *Computers in human behavior*, 46, 239-244.

Silva, J. B., Rochadel, W., Simão, J. P., Marcelino, R., & Gruber, V. (2013). Using Mobile Remote Experimentation to Teach Physics in Public School. In G. de Salvador Ferreira, A. Pester (Eds.), *International Computer Aided Blended Learning Conference*. Kassel: IAOE.

Soykan, E., & Uzunboylu, H. (2015). The Review of Published Articles on Mobile Learning Area in EBSCO Database. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 182, 710-717.

Staub, J., & Sanchez, E. (2012). Mapping Space Through Sounds and Noises – An Innovative Approach for Geography Education. *GI Forum 2012: Geovizualisation, Society and Learning*. Retrieved 12 January 2017 from https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01153851.

Sung, Y. T., Chang K. E. & Liu, T. C. (2015). The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis. *Computers and Education*, 94, 252-275.

Tan, Q., Zhang, X., Kinshuk, & McGreal, R. (2011). The 5R Adaptation Framework for Location-Based Mobile Learning Systems. In S. Yu (Ed.), 10th World Conference on Mobile and Contextual Learning (pp. 87-94). Beijing: Beijing Normal University.

Tarng, W., Ou, K. L. (2012). A Study of Campus Butterfly Ecology Learning System based on Augmented Reality and Mobile Learning. In H. Ogata, M. Milrad & C. Paton (Eds.), *Seventh IEEE International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education* (pp. 62-66). NJ: IEEE.

Teri, S., Acai, A., Griffith, D., Mahmoud, Q., Ma, D. W. L., Newton, G., (2014). Student Use and Pedagogical Impact of a Mobile Learning Application. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 42(2), 121–135.

van der Kolk, K., Hartog, R., Beldman, G., Gruppen, H. (2013). Exploring the Potential of Smartphones and Tablets for Performance Support in Food Chemistry Laboratory Classes. *Journal of Science Education and Technology*, 22(6), 984–992.

Wang, J., Wu, H., Chien, S., Hwang, F., & Hsu, Y. (2015). Designing applications for physics learning: facilitating high school students' conceptual understanding by using tablet pcs. *Journal of Educational Computing Research*, 51(4), 441-458.

Williams, A., Pence, H. (2011). Smart Phones, a Powerful Tool in the Chemistry Classroom. *Journal of Chemical Education*, 88, 683–686.

Wu W-H, Wu Y-C, Chen, C-Y , Kao, H-Y, Lin C-H, & Huang S-H. (2012). Review of trends from mobile learning studies: A meta-analysis. *Computers & Education*. 59(2), 167-854.

Yang, H. C. & Chang W. C. (2016). Ubiquitous smartphone platform for K-7 students learning geography in Taiwan. *Multimedia Tools and Applications*, doi:10.1007/s11042-016-3325-2.

Zacharia, Z., Lazaridou, Ch. &Avraamidou, L. (2016). The use of mobile devices as means of data collection in supporting elementary school students' conceptual understanding about plants. *International Journal of Science Education*, 38, 596-620.

Zimmerman, H., Land, S., & Jung, Y. (2016). Using Augmented Reality to Support Children's Situation Interest and Science Learning During Context-Sensitive Informal Mobile Learning. In A. Peña-Ayala (Ed.), *Mobile, Ubiquitous, and Pervasive Learning, Advances in Intelligent Systems and Computing 406* (pp. 101-119). Switzerland: Springer.

Zydney, M. J. & Warner, Z. (2016). Mobile apps for science learning: Review of research. *Computers & Education*, 94, 1–17.