

Η αξιοποίηση του Arduino και του οπτικού προγραμματισμού στην αυτοαποτελεσματικότητα, τα κίνητρα, την Υπολογιστική Σκέψη και τις αντιλήψεις για τον ηλεκτρισμό σε μαθητές της Ε' Δημοτικού: διδακτική παρέμβαση

Βασιλική Ντούρου¹, Σαράντος Ψυχάρης², Μιχαήλ Καλογιαννάκης³

vassiliki_dourou@hotmail.com, spsycharis@gmail.com, mkalogian@edc.uoc.gr

¹ 5ο Δημοτικό Σχολείο Αγίας Βαρβάρας, ² Παιδαγωγικό Τμήμα, ΑΣΠΑΙΤΕ, ³ Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Στο άρθρο αυτό παρουσιάζεται μια ερευνητική εργασία η οποία, μέσω της αξιοποίησης της πλακέτας Arduino και του Scratch for Arduino, επιχειρεί να μελετήσει τις επιδράσεις στην αυτοαποτελεσματικότητα, τα κίνητρα, την Υπολογιστική Σκέψη και τις αντιλήψεις για τον ηλεκτρισμό σε μαθητές της Ε' Δημοτικού. Πρόκειται για ένα οιονει πείραμα που διεξήχθη στα δύο τμήματα της Ε' σε Δημοτικό Σχολείο της Αττικής. Από την επεξεργασία των δεδομένων δεν αποδείχτηκε η επίδραση στα κίνητρα, ενώ στην αυτοαποτελεσματικότητα αποδείχτηκε μόνο μερικώς. Αντιθέτως, η επίδραση ήταν σαφής στις αντιλήψεις για τον ηλεκτρισμό και την Υπολογιστική Σκέψη.

Λέξεις κλειδιά: Οπτικός προγραμματισμός, Αυτοαποτελεσματικότητα, Κίνητρα, Υπολογιστική σκέψη, Physical computing

Εισαγωγή

Σύμφωνα με τον Resnick (2008) η διαβίωση στη Δημιουργική Κοινωνία καθιστά σημαντική την ικανότητα του ατόμου να σκέφτεται και να δρα δημιουργικά, ανεξάρτητα από το είδος και το πλήθος των γνώσεων που διαθέτει. Το γεγονός αυτό ενισχύει την ανάγκη για απόφοιτους που μπορούν να εισάγουν τη δύναμη της υπολογιστικής επίλυσης προβλήματος σε ένα ευρύ πεδίο επιστημονικών τομέων, ανάμεσα στους οποίους είναι και οι Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.), η διδασκαλία των οποίων έχει αποδειχτεί ιδιαίτερα προβληματική σε παγκόσμιο επίπεδο, καθώς πρόκειται για μία γνώση «αντι-διαισθητική» (Barr & Stephenson, 2011; Korkmaz & Altun, 2014; Κουλαϊδής, 2001, σελ. 34).

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, το physical computing και το υπολογιστικό πείραμα προσφέρουν μια ελκυστική εναλλακτική, καθώς μέσω αυτών οι μαθητές συσχετίζουν μεμονωμένες έννοιες, επιτυγχάνοντας τη σύνδεση μικρόκοσμου και μακρόκοσμου, που επιφέρει την απαραίτητη εννοιολογική αλλαγή και οδηγεί στην ανάπτυξη μιας βαθύτερης κατανόησης, καλλιεργώντας παράλληλα θετική στάση απέναντι στις Φ.Ε., γεγονός σημαντικότερο, καθώς μπορεί κανείς να διαθέτει όλα τα προσόντα για να ολοκληρώσει ένα έργο, όμως η ανεπάρκεια σε αυτοεκτίμηση και κίνητρα ενδέχεται να επιφέρει την αποτυχία (Baser, 2006; Korkmaz & Altun, 2014; Psycharis, 2013; Xie et al., 2011).

Υπολογιστική Σκέψη

Σύμφωνα με την Wing (2006) η Υπολογιστική Σκέψη (Υ.Σ.) αποτελεί μια δεξιότητα, τόσο σημαντική, που πρέπει να διδάσκεται μαζί με τη γραφή, την ανάγνωση και την αριθμητική. Καθώς δεν πρόκειται για κάποιο έμφυτο ταλέντο αλλά για επίκτητες δεξιότητες, κάθε μαθητής διαθέτει μια λανθάνουσα ικανότητα Υ.Σ., που εκδηλώνεται μέσα από τον σχεδιασμό και την εφαρμογή προγραμμάτων (Seiter & Foreman, 2013; Wing, 2006). Θα μπορούσε κανείς να υποστηρίξει ότι η Υ.Σ. είναι ένας υβριδικός τρόπος σκέψης που συνδυάζει τέσσερα διαφορετικά είδη σκέψης: λογική, αφαιρετική, μοντελοποίηση και διερευνητική (Liu & Wang, 2010; Voskoglou & Buckley, 2012). Περιλαμβάνει δε ένα πλήθος διαστάσεων από τις οποίες ενδεικτικά μόνο θα αναφερθούν εδώ ορισμένες, με κριτήριο τη συχνότητα εμφάνισής τους στη βιβλιογραφία: αφαιρετική σκέψη, κατάτμηση προβλήματος, αποσφαλμάτωση, αλγοριθμική σκέψη, γενίκευση, αυτοματισμός, προσομοίωση, μοντελοποίηση, συλλογή, αναπαράσταση και ανάλυση δεδομένων (Barr & Stephenson, 2011; Kanaki & Kalogiannakis, 2018; Lee et al., 2011; Psycharis & Kallia, 2017; Psycharis & Kotzampasaki, 2017; Weese, 2017; Weese & Feldhausen, 2017; Wing, 2006; Ψυχάρης & Καλοβρέκτης, 2018).

Αυτοαποτελεσματικότητα

Αν θέλουμε να κατανοήσουμε τους λόγους για τους οποίους η Φυσική θεωρείται δύσκολο αντικείμενο, πρέπει πρώτα να κατανοήσουμε τις διάφορες όψεις που έχει το αντικείμενο αυτό για τους μαθητές, μία εκ των οποίων είναι και η αυτοαποτελεσματικότητα, δηλαδή η πεποίθησή τους ότι μπορούν να διεκπεραιώσουν ένα έργο που απαιτεί μία συγκεκριμένη ικανότητα, που αυξάνεται όσο αυξάνεται και η εξοικείωση με το μάθημα (Γαλάνη, 2010; Lindström & Sharma, 2011). Άλλωστε, η αυτοαποτελεσματικότητα σχετίζεται με την επιμονή που επιδεικνύουν οι μαθητές σε περιπτώσεις και δύσκολων δραστηριοτήτων ή όταν συναντούν εμπόδια και αποτελεί δείκτη πρόβλεψης των μαθησιακών αποτελεσμάτων, της ακαδημαϊκής επιτυχίας και της επιλογής καριέρας σε μία σειρά από γνωστικούς τομείς όπως οι Φ.Ε. (Korkmaz & Altun, 2014; Schraw, Crippen, & Hartley, 2006; Weese & Feldhausen, 2017).

Κίνητρα

Ως κίνητρο ορίζεται οτιδήποτε παρακινεί ένα άτομο να ενεργήσει και θεωρείται ότι ασκεί επιρροή στον τρόπο και στα αίτια της ανθρώπινης συμπεριφοράς, μάθησης και απόδοσης (Κουνέλη, 2007). Τα κίνητρα διακρίνονται σε εσωτερικά και εξωτερικά· εσωτερικά είναι τα κίνητρα που προτρέπουν το άτομο σε μία ενέργεια, η επίτευξη της οποίας αποτελεί αυτοσκοπό, στοχεύει στην προσωπική ευχαρίστηση και ανάπτυξη του ατόμου και σχετίζεται με την ακαδημαϊκή του επιτυχία, ενώ ως εξωτερικά κίνητρα χαρακτηρίζεται η θετική ή αρνητική ενίσχυση που δημιουργείται από τον περίγυρο και ενεργοποιεί τον μαθητή (Bye, Pushkar, & Conway, 2007; Κουνέλη, 2007).

Οπτικός Προγραμματισμός

Μέσα από τη διεθνή βιβλιογραφία καθίσταται σαφές ότι οι μαθητές, παρά την εξοικείωσή τους με την τεχνολογία, αποφεύγουν την εκμάθηση του προγραμματισμού, καθώς τη θεωρούν δύσκολη, σχεδόν ακατόρθωτη (Korkmaz & Altun, 2014; Papadakis, Kalogiannakis, Zaranis, & Orfanakis, 2016; Resnick et al., 2009). Τα τελευταία χρόνια ωστόσο, οι γλώσσες οπτικού προγραμματισμού, μία από τις οποίες είναι και το Scratch, αναζωπύρωσαν το ενδιαφέρον για τη διδασκαλία του προγραμματισμού στο Δημοτικό, καθώς εμπλέκουν τους μαθητές στη δημιουργία πολυμεσικών ψηφιακών προϊόντων, τα οποία αποτελούν μέσο έκφρασης των

ιδεών τους και τους καθιστούν δημιουργούς και όχι παθητικούς καταναλωτές της τεχνολογίας (Lye & Koh, 2014; Weese, 2017). Εκτός αυτού, οι γλώσσες αυτές ευνοούν την κατάκτηση των υπολογιστικών εννοιών και των πρακτικών επίλυσης προβλήματος, καθώς περιορίζεται η μη απαραίτητη σύνταξη της προγραμματιστικής γλώσσας και μειώνεται έτσι το γνωστικό φορτίο, με αποτέλεσμα ακόμα και οι αρχάριοι να έχουν τη δυνατότητα όχι μόνο να μάθουν να προγραμματίζουν αλλά και να καλλιεργούν δεξιότητες Υ.Σ. (Lye & Koh, 2014; Sengurta et al., 2013; Weese, 2017). Μάλιστα, οι Sengurta et al. (2015) υποστήριξαν ότι οι μαθητές που διδάχθηκαν Φ.Ε. μέσω του οπτικού προγραμματισμού παρουσίασαν πολύ καλύτερη μαθησιακή απόδοση σε σχέση με τους υπόλοιπους μαθητές και συμπέραναν ότι η ενσωμάτωση των υπολογιστών στη διδασκαλία των Φ.Ε. στην υποχρεωτική εκπαίδευση είναι σημαντική, καθώς μακροπρόθεσμα μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές στη βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών.

Οι αντιλήψεις των μαθητών για τον ηλεκτρισμό

Λόγω της αφηρημένης φύσης των εννοιών του ηλεκτρισμού και της διασύνδεσής τους με τον μικρόκοσμο, η διδασκαλία τους, ειδικά στο Δημοτικό, αποδεικνύεται ιδιαίτερα δύσκολη (Azaiza, Bar, & Galili, 2006; Baser, 2006; Χρησιτίδου, 2001). Οι μαθητές, εξαιτίας της καθημερινής επαφής με τον ηλεκτρισμό, προτού διδαχθούν τα σχετικά φαινόμενα, έχουν ήδη κατασκευάσει νοητικά μοντέλα που όμως δε συνάδουν με τη φυσικο-επιστημονική γνώση και αποδεικνύονται αρκετά ανθεκτικά στην παραδοσιακή διδασκαλία, με αποτέλεσμα να αδυνατούν να συνδέσουν τις διδασκόμενες έννοιες με την καθημερινότητα και να διατηρούν όσα διδάχθηκαν ξεχωριστά από τη βιωματική εμπειρία (Baser, 2006; Διβράμη, 2007; Jaakkola & Nurmi, 2008; Χρησιτίδου, 2001).

Physical computing και υπολογιστικό πείραμα

Το 1993 οι Redish & Wilson (όπ. αναφ. στο Psycharis, 2011) πρότειναν τη διδασκαλία της Φυσικής μέσω της επίλυσης προβλημάτων με τη χρήση γλωσσών προγραμματισμού. Σχετική ήταν και η πρόταση του Slood (1994, όπ. αναφ. στο Psycharis, 2011) για το λεγόμενο physical computing, με βασικά στοιχεία τη μετατροπή ενός φυσικού φαινομένου σε εννοιολογικό μοντέλο και τη μετάφρασή του ως αξιολογήσιμο υπολογιστικό μοντέλο. Μέσα στο πλαίσιο του physical computing περιλαμβάνεται και η έννοια του υπολογιστικού πειράματος, όπου το μοντέλο και ο υπολογιστής παίρνουν τη θέση της κλασικής πειραματικής διάταξης και η προσομοίωση αντικαθιστά το πείραμα (Psycharis, 2011). Σε συνδυασμό με το φυσικό πείραμα προτείνεται ως η καταλληλότερη διδακτική μέθοδος των Φ.Ε., καθώς το ένα δρα συμπληρωματικά στο άλλο (Jaakkola & Nurmi, 2008; Παντάζου & Καλογιαννάκης, 2017; 2018).

Μεθοδολογία της έρευνας

Η παρούσα έρευνα επικεντρώθηκε στην ενότητα του ηλεκτρισμού, καθώς όχι μόνο αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητάς μας αλλά και θεωρείται από τις χαρακτηριστικότερες περιπτώσεις αντι-διαισθητικής γνώσης, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με τον άγνωστο για τους μαθητές μικρόκοσμο. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο επιχειρήσαμε να δώσουμε απάντηση στα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα:

1. Ποια είναι η επίδραση του οπτικού προγραμματισμού και των φυσικών υπολογισμών
(α) στις αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες του ηλεκτρισμού;
(β) στις διαστάσεις(έννοιες)της υπολογιστικής σκέψης των μαθητών;

- (γ) στην αυτοαποτελεσματικότητα των μαθητών;
 (δ) στα εσωτερικά κίνητρα των μαθητών;
2. Υπάρχουν διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στον οιπτικό προγραμματισμό και της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου;

Δείγμα

Στην έρευνα συμμετείχαν μαθητές και μαθήτριες της Ε΄ Δημοτικού του 5^{ου} Δημοτικού Σχολείου Αγίας Βαρβάρας. Πιο συγκεκριμένα, το τμήμα Ε₁ αποτέλεσε την πειραματική ομάδα και το Ε₂ την ομάδα ελέγχου. Συνολικά, στα ερωτηματολόγια της έρευνας απάντησαν 33 μαθητές, από τους οποίους οι 15 ήταν αγόρια και οι 18 κορίτσια, 5 από τα οποία είναι Ρομά. Όταν ξεκίνησε η έρευνα οι γνώσεις που κατείχαν για τον ηλεκτρισμό αποτελούσαν πρακτικο-βιωματική γνώση, που είχε προκύψει μέσα από την καθημερινή χρήση του ηλεκτρισμού.

Εργαλεία

Για τη συλλογή των δεδομένων της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα ερωτηματολόγια: ένα για τα κίνητρα και την αυτοαποτελεσματικότητα, ένα για την Υ.Σ., ένα για τον ηλεκτρισμό και ένα για τον προγραμματισμό.

Το ερωτηματολόγιο για τα κίνητρα και την αυτοαποτελεσματικότητα αποτελεί τροποποίηση του MSLQ, ενός δημοφιλούς και ευρέως διαδεδομένου εργαλείου, η πλήρης εκδοχή του οποίου περιλαμβάνει συνολικά 81 ερωτήσεις (Rotgans, 2009). Η εκδοχή που χρησιμοποιήθηκε περιελάμβανε μόνο 13 ερωτήσεις, 4 για τα εσωτερικά κίνητρα, 4 για τα εξωτερικά και 5 για την αυτοαποτελεσματικότητα, καθώς θεωρήθηκε ότι οι μαθητές, λόγω του νεαρού της ηλικίας τους, θα δυσκολεύονταν να απαντήσουν στο σύνολο των ερωτήσεων του αρχικού εργαλείου. Στις ερωτήσεις αυτές, που μεταφράστηκαν από τα αγγλικά και προσαρμόστηκαν στο γλωσσικό επίπεδο των μαθητών, εφαρμόστηκε η πεντάβαθμη κλίμακα Likert: 1-συμφωνώ απολύτως, 2-συμφωνώ, 3-δε γνωρίζω, 4-διαφωνώ, 5-διαφωνώ απολύτως.

Προκειμένου να προσδιοριστεί το κατά πόσο και σε ποιο βαθμό οι μαθητές εμφανίζουν δεξιότητες Υ.Σ., χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο που αποτελεί τροποποίηση του αντίστοιχου ερωτηματολογίου που χρησιμοποίησαν οι Psycharis & Kotzampasaki (2019) με ερωτήσεις από διαγωνισμούς που διοργάνωσε η ιστοσελίδα Bebras.org. Το αρχικό ερωτηματολόγιο περιελάμβανε 12 ερωτήσεις με διάφορα επίπεδα δυσκολίας. Επειδή τα υποκείμενα της έρευνας δεν είχαν καμία πρότερη παρόμοια εμπειρία, αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν μόνο οι ερωτήσεις με τον μικρότερο βαθμό δυσκολίας και οι άλλες να αντικατασταθούν με άλλες ευκολότερες ερωτήσεις. Το τελικό ερωτηματολόγιο περιελάμβανε 10 ερωτήσεις, 7 από το 2016 (UK), 1 από το 2016 (AU) και 2 από το 2015 (UK).

Το ερωτηματολόγιο για τον ηλεκτρισμό περιελάμβανε 7 ερωτήσεις, 1 ανοιχτή και 6 κλειστές. Η πρώτη ερώτηση, όπου οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα, κρίθηκε σκόπιμο να είναι ανοιχτή, προκειμένου οι μαθητές να χρησιμοποιήσουν τις δικές τους λέξεις, για να αποκτήσουμε μία καλύτερη εικόνα των σχετικών νοητικών τους μοντέλων (Creswell, 2011; Χατζηνηκίτα & Χρησιτίδου, 2001). Οι υπόλοιπες ερωτήσεις είχαν να κάνουν με το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα σε αυτό και τα υλικά που αποτελούν αγωγούς και μονωτές.

Το ερωτηματολόγιο του προγραμματισμού αποτελεί επίσης τροποποίηση του MSLQ. Απαρτίζεται συνολικά από 19 ερωτήσεις με στόχο τη μελέτη της στάσης των μαθητών απέναντι στον προγραμματισμό με τη χρήση του μικροελεγκτή Arduino αλλά και τον τρόπο

με τον οποίο αντιμετωπίζουν την επίλυση ενός προβλήματος. Το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο χορηγήθηκε αποκλειστικά στην πειραματική ομάδα, που δέχτηκε την πειραματική μεταχείριση.

Τέλος, καθώς η παρούσα έρευνα ασχολήθηκε με τη μελέτη των αντιλήψεων αλλά και για να επιτευχθεί η τριγωνοποίηση, κρίθηκε απαραίτητη και η διεξαγωγή ατομικών ημιδομημένων συνεντεύξεων στους μαθητές της πειραματικής ομάδας, προκειμένου να εμβαθύνουμε περισσότερο στο θέμα (Creswell, 2011; Χατζηνικήτα & Χρησιτίδου, 2001). Κάθε συνέντευξη είχε διάρκεια γύρω στα 2 λεπτά και είχε σκοπό τη διερεύνηση των εντυπώσεων των μαθητών από τη δημιουργία κυκλώματος με την πλακέτα Arduino.

Η αξιοπιστία των εργαλείων

Όπως προαναφέρθηκε, το ερωτηματολόγιο για τα κίνητρα και την αυτοαποτελεσματικότητα καθώς και για τον προγραμματισμό αποτελούν παραλλαγές του MSLQ και άρα μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστα. Τα ερωτηματολόγια όμως για την Υ.Σ. και τον ηλεκτρισμό δημιουργήθηκαν για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας και κατά συνέπεια θεωρήθηκε απαραίτητη η διερεύνηση της αξιοπιστίας τους. Για τον σκοπό αυτόν δύο μήνες μετά την συμπλήρωση των posttests οι μαθητές κλήθηκαν να συμπληρώσουν εκ νέου τα δύο αυτά ερωτηματολόγια, προκειμένου να διενεργηθεί ο στατιστικός έλεγχος με τον συντελεστή αξιοπιστίας άλφα (Cronbach's alpha). Όπως προέκυψε η αξιοπιστία των στοιχείων της κλίμακας του ερωτηματολογίου της Υ.Σ. ήταν 79 στον μεταέλεγχο και 90 στο επαναληπτικό και της κλίμακας του ερωτηματολογίου του ηλεκτρισμού 79 και 81 αντίστοιχα, γεγονός που καθιστά αξιόπιστα και τα δύο ερωτηματολόγια.

Επιπρόσθετα, όσον αφορά στην συνέντευξη, πραγματοποιήθηκε μία πιλοτική σε μία μαθήτρια της ερευνητικής ομάδας και εφόσον διαπιστώθηκε ότι είναι κατανοητές οι ερωτήσεις, τότε πραγματοποιήθηκαν και οι υπόλοιπες.

Ερευνητική διαδικασία

Η ερευνητική μέθοδος που επιλέχθηκε είναι ο διομαδικός πειραματικός σχεδιασμός, καθώς όμως η έρευνα διεξήχθη μέσα στο σχολικό πλαίσιο η μεθοδολογία χαρακτηρίζεται ως οιονεί πείραμα (Creswell, 2011). Τα pre-test ερωτηματολόγια επιδόθηκαν στους μαθητές ακριβώς πριν από την έναρξη της διδασκαλίας της ενότητας του ηλεκτρισμού.

Μία μέρα πριν από την έναρξη της πρώτης δραστηριότητας η ερευνήτρια έδειξε στους μαθητές της πειραματικής ομάδας μέσω προτζέκτορα το περιβάλλον εργασίας του Scratch και τους μίλησε για τις πλακέτες Arduino. Για την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων η ερευνήτρια χώρισε τους μαθητές σε πέντε ομάδες των τριών ατόμων.

Συνολικά, πραγματοποιήθηκαν τέσσερις δραστηριότητες σε διάστημα τριών εβδομάδων. Οι μαθητές έπρεπε, χρησιμοποιώντας πλακέτες Arduino, το πρόγραμμα Scratch for Arduino (S4A) και αντίστοιχα φύλλα εργασίας, να φτιάξουν αρχικά ένα κύκλωμα με ένα led που αναβοσβήνει, έπειτα μία προσομοίωση φωτεινού σηματοδότη, στη συνέχεια ένα κύκλωμα για να δοκιμάσουν διάφορα υλικά και να δουν αν είναι αγωγοί ή μονωτές και τέλος να φτιάξουν ένα κύκλωμα με δύο led που αναβοσβήνουν ρυθμικά. Η πειραματική διαδικασία ολοκληρώθηκε την τέταρτη εβδομάδα με τη συμπλήρωση των post tests από τους μαθητές και των δύο ομάδων και τη διεξαγωγή των ατομικών συνεντεύξεων στους μαθητές της πειραματικής ομάδας.

Αποτελέσματα

Ποσοτικά δεδομένα

Τα δεδομένα που προέκυψαν, κωδικοποιήθηκαν και καταχωρήθηκαν στις αντίστοιχες μεταβλητές που είχαν δημιουργηθεί στο στατιστικό πρόγραμμα SPSS v.24. Για να διερευνηθεί αν προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές από τη σύγκριση των δεδομένων που προέκυψαν από τον προέλεγχο και τον μεταέλεγχο σε κάθε τμήμα ξεχωριστά διενεργήθηκε έλεγχος με το τεστ Wilcoxon. Προκειμένου να γίνει σύγκριση ανάμεσα στις δύο ομάδες που συμμετείχαν στο πείραμα, διενεργήθηκε έλεγχος με το τεστ Mann-Whitney. Στην παρούσα έρευνα ως επίπεδο σημαντικότητας (p -value) ορίστηκε το 0,05 (Creswell, 2011).

Όσον αφορά στο ερωτηματολόγιο για τα κίνητρα και την αυτοαποτελεσματικότητα δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική αλλαγή σε κανένα τεστ. Όσον αφορά στο ερωτηματολόγιο για την Υ.Σ. από τον έλεγχο με το τεστ Wilcoxon προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά στις 7 από τις 10 ερωτήσεις στην πειραματική ομάδα (E_1) και μόλις στη 1 από τις 10 στην ομάδα ελέγχου (E_2). Από το τεστ Mann-Whitney στον προέλεγχο προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά σε μόλις 2 από τις 10 δραστηριότητες. Όμως, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 1, στον μεταέλεγχο η εικόνα αλλάζει με μόλις δύο δραστηριότητες να μην παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά και μάλιστα από τις τιμές της μέσης αξιολόγησης κάθε τμήματος, παρατηρούμε ότι οι επιδόσεις του E_1 είναι σε όλες τις περιπτώσεις μεγαλύτερες και σε κάποιες από αυτές η διαφορά είναι αρκετά μεγάλη.

Πίνακας 1. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του τεστ Mann-Whitney στα ερωτηματολόγια μεταελέγχου για την Υ.Σ.

	n	E1		E2		U	p
		Κατάταξη μέσης τιμής	n	Κατάταξη μέσης τιμής	n		
Δραστηριότητα 1	15	20,00	18	14,50	18	90,000	,015
Δραστηριότητα 2	15	17,50	18	16,58	18	127,500	,361
Δραστηριότητα 3	15	20,00	18	14,50	18	90,000	,015
Δραστηριότητα 4	15	22,00	16	10,38	16	30,000	,000
Δραστηριότητα 5	15	18,40	18	15,83	18	114,000	,222
Δραστηριότητα 6	15	22,37	17	11,32	17	39,500	,000
Δραστηριότητα 7	15	18,50	14	11,25	14	52,500	,002
Δραστηριότητα 8	15	19,93	17	13,47	17	76,000	,013
Δραστηριότητα 9	15	20,90	18	13,75	18	76,500	,008
Δραστηριότητα 10	15	21,00	17	12,53	17	60,000	,001

Όσον αφορά στο ερωτηματολόγιο για τον ηλεκτρισμό από τον έλεγχο με το τεστ Wilcoxon προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά στις 5 από τις 6 ερωτήσεις στο E_1 αλλά μόλις στις 2 από τις 6 ερωτήσεις στο E_2 . Από το τεστ Mann-Whitney στον προέλεγχο προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά σε μόλις 2 από τις 6 ερωτήσεις. Όμως στον μεταέλεγχο έχουμε και πάλι διαφοροποίηση με μόνο μία ερώτηση να μην εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά και, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 2, οι επιδόσεις του E_1 είναι σε όλες τις περιπτώσεις αρκετά μεγαλύτερες.

Πίνακας 2. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του τεστ Mann-Whitney στα ερωτηματολόγια μεταελέγχου για τον ηλεκτρισμό

	E ₁		E ₂		U	p
	n	Κατάταξη μέσης τιμής	n	Κατάταξη μέσης τιμής		
Πότε ανάβει το λαμπάκι	15	23,07	18	11,94	44,000	,000
Μέρη ηλ. κυκλώματος	15	19,50	18	14,92	97,500	,030
Διακόπτης κυκλώματος	15	19,50	18	14,92	97,500	,029
Ροή ηλ. ρεύματος	15	18,50	18	15,75	112,500	,103
Ανοικτό/κλειστό κύκλωμα	15	22,40	18	12,50	54,000	,001
Αγωγοί-μονωτές	15	22,50	18	12,50	52,500	,000

Όπως προαναφέρθηκε το ερωτηματολόγιο του προγραμματισμού χορηγήθηκε μόνο στην πειραματική ομάδα και ως εκ τούτου διενεργήθηκε μόνο ο έλεγχος Wilcoxon. Στην πλειονότητα των ερωτήσεων δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική αλλαγή. Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται συνοπτικά οι ερωτήσεις που εμφάνισαν στατιστικά σημαντική αλλαγή. Να σημειωθεί ότι όλες ήταν σχετικές με την αυτοαποτελεσματικότητα.

Πίνακας 3. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα του τεστ Wilcoxon στο ερωτηματολόγιο του προγραμματισμού

	n	Z	p
Μπορώ να προγραμματίσω το Arduino για να ανάψει το led	15	-3,337	,001
Μπορώ να φτιάξω ηλεκτρικό κύκλωμα	15	-3,213	,001
Μπορώ να διορθώσω ένα πρόγραμμα για το Arduino	15	-2,630	,009
Μπορώ με το Arduino να φτιάξω ένα φανάρι	15	-3,355	,001

Ποιοτικά δεδομένα

Από τα αποτελέσματα των απαντήσεων του προέλεγχου, που παρουσιάζονται για το σύνολο της Ε' τάξης καθώς δεν παρουσιάστηκαν διαφοροποιήσεις, διαπιστώθηκε ότι κανένας μαθητής δεν απέδωσε τον συμβατό με τη φυσικο-επιστημονική γνώση ορισμό του ηλεκτρικού ρεύματος. Πιο συγκεκριμένα, 17 μαθητές προσπάθησαν να εξηγήσουν λειτουργικά το ηλεκτρικό ρεύμα και επικεντρώθηκαν στα αποτελέσματα και τη σημασία που έχει για τη ζωή τους. Παράλληλα, 13 από τους μαθητές το ταύτισαν με την «ηλεκτρική ενέργεια», το «κύκλωμα» και τον «ηλεκτρισμό». Τρεις από τους μαθητές, ένας από το E₁ και δύο από το E₂, δεν έδωσαν καμία απάντηση.

Από τη μελέτη των απαντήσεων των μαθητών στον μεταέλεγχο προέκυψαν σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα τμήματα. Πιο συγκεκριμένα οι 14 από τους 15 μαθητές του E₁ απέδωσαν τον ορισμό του ηλεκτρικού ρεύματος που είναι συμβατός με τη φυσικο-επιστημονική γνώση. Ένας μόνο μαθητής όρισε το ηλεκτρικό ρεύμα ως «η ροή των ελεύθερων ηλεκτρονίων σε μία συγκεκριμένη στιγμή». Όσον αφορά στο E₂ υπήρξε ποικιλομορφία στις απαντήσεις. Συγκεκριμένα, μόλις 5 από τους μαθητές απέδωσαν τον σωστό ορισμό του ηλεκτρικού ρεύματος, ενώ όλοι οι υπόλοιποι παρουσίασαν ίδια εικόνα με αυτή του προελέγχου.

Μέσα από την θεματική ανάλυση των συνεντεύξεων διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές, στο σύνολό τους, ανταποκρίθηκαν πολύ θετικά στη δημιουργία κυκλώματος με την πλακέτα Arduino. Τα βασικά θέματα που ανέκυψαν ήταν τρία: η άποψη που σχημάτισαν οι μαθητές για τη

συνδεσμολογία, οι δυσκολίες που τυχόν συνάντησαν και ο τρόπος που αντιμετώπισαν αυτές τις δυσκολίες.

Συμπεράσματα

Σε ότι αφορά στα κίνητρα, τα δεδομένα που προέκυψαν δεν επιβεβαιώνουν την επίδραση του physical computing και του οπτικού προγραμματισμού. Όσον αφορά στην αυτοαποτελεσματικότητα, η επίδραση των παραπάνω επιβεβαιώθηκε μόνο από τα ερωτηματολόγια για τον προγραμματισμό, γεγονός που μας ώθει να συμφωνήσουμε μερικώς με προγενέστερες σχετικές έρευνες (Psycharis & Kallia, 2017; Psycharis & Kotzampasaki, 2019; Weese, 2017). Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι η μαθησιακή εμπειρία που προέκυψε μέσω του οπτικού προγραμματισμού συνέβαλε σημαντικά στην καλλιέργεια δεξιοτήτων Υ.Σ. στους μαθητές, εύρημα που βρίσκεται σε συμφωνία με τη διεθνή βιβλιογραφία (Καλογιαννάκης & Παπαδάκης, 2018; Lye & Koh, 2014; Παντάζου & Καλογιαννάκης, 2018; Portelance & Bers, 2015; Psycharis & Kotzampasaki, 2019). Όσον αφορά στον ηλεκτρισμό διαφαίνεται ξεκάθαρα το ότι οι μαθητές λόγω της καθημερινής τους επαφής με τον ηλεκτρισμό, πριν ακόμα διδαχθούν οτιδήποτε σχετικό, παρουσιάζουν διαμορφωμένες αντιλήψεις, οι οποίες όμως δε συνάδουν με τη φυσικο-επιστημονική γνώση, γεγονός που έχει ήδη αναδειχθεί (Baser, 2006; Jaakkola & Nurmi, 2008; Χρησιτίδου, 2001). Έτσι λοιπόν, παρατηρήθηκε η διαισθητική προσέγγιση της έννοιας του ρεύματος μέσα από την καθημερινή του χρήση αλλά και η αδυναμία διαχωρισμού του από έννοιες όπως η ηλεκτρική ενέργεια, ο ηλεκτρισμός και το ηλεκτρικό κύκλωμα, κάτι που συνάδει με προγενέστερες έρευνες (Baser, 2006; Διβράμη, 2007; Καραγκούνη, 2016; Kūçūközer & Kocakūlah, 2007; Χρησιτίδου, 2001).

Μετά τη διδασκαλία η ομάδα ελέγχου εξακολούθησε να προσεγγίζει διαισθητικά την έννοια του ρεύματος αλλά και να εμφανίζει διάφορα μοντέλα για τη ροή του, μη συμβατά με την φυσικο-επιστημονική γνώση, γεγονός που επιβεβαιώνει την ανθεκτικότητα των σχετικών αντιλήψεων στην παραδοσιακή διδασκαλία (Baser, 2006; Jaakkola & Nurmi, 2008; Καραγκούνη, 2016; Kūçūközer & Kocakūlah, 2007; Χρησιτίδου, 2001). Αντίθετα, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας βελτίωσαν τις επιδόσεις τους στις ερωτήσεις του μεταελέγχου, απέδωσαν σωστά τον ορισμό του ηλεκτρικού ρεύματος αλλά και υιοθέτησαν στη μεγάλη τους πλειοψηφία το επιστημονικό μοντέλο για τη ροή του. Μπορούμε λοιπόν με ασφάλεια να συμπεράνουμε ότι η εκτέλεση πειραμάτων στον υπολογιστή συνεισφέρει σημαντικά στη μαθησιακή διαδικασία και, κατά συνέπεια, στην κατανόηση εννοιών της Φυσικής, ιδιαίτερα όταν αυτά πραγματοποιούνται με τη βοήθεια γλωσσών οπτικού προγραμματισμού και συνδυάζονται με φυσικά πειράματα, εύρημα που βρίσκεται σε συμφωνία με τη διεθνή βιβλιογραφία (Baser, 2006; Διβράμη, 2007; Καλογιαννάκης & Παπαδάκης, 2018; Καρανίκου, 2013; Jaakkola & Nurmi, 2008; Παναγιώτου, 2016; Παντάζου & Καλογιαννάκης, 2017; 2018; Σεβδυνίδης, 2016; Sengupta et al., 2013; Sengupta et al., 2015).

Από τη μελέτη των ποιοτικών δεδομένων, διαπιστώθηκε ότι η ενασχόληση των παιδιών με τον οπτικό προγραμματισμό είχε ως αποτέλεσμα την καλλιέργεια θετικής στάσης απέναντι στην επιστήμη και την ανάπτυξη της συνεργατικότητας, γεγονός που συμφωνεί με προηγούμενες έρευνες (Καλογιαννάκης & Παπαδάκης, 2018; Καρανίκου, 2013; Przybylla & Romeike, 2014; Psycharis, 2013; Σεβδυνίδης, 2016).

Περιορισμοί και προτάσεις

Κατά την ερμηνεία και την γενίκευση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη ορισμένοι περιορισμοί. Όσον αφορά στο δείγμα της έρευνας, καθώς αποτελούνταν από τα δύο τμήματα της Ε' ενός μόνο Δημοτικού, είναι δύσκολο να

προβούμε σε γενικεύσεις των ευρημάτων στον πληθυσμό. Επιπλέον, παρά το γεγονός ότι η πειραματική ομάδα δεν είχε καμία πρότερη εμπειρία στον οπτικό προγραμματισμό, τα χρονικά όρια ήταν πολύ στενά και δεν δαπανήθηκε αρκετός χρόνος για τη διδασκαλία του. Ενδεχομένως, μια συστηματικότερη και εκτενέστερη διδασκαλία του οπτικού προγραμματισμού να επηρέαζε τα τελικά αποτελέσματα. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τα ερωτηματολόγια για την αυτοαποτελεσματικότητα ήταν αντικρουόμενα, γεγονός που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, ενδεχομένως με τροποποίηση των ερωτήσεων των ερωτηματολογίων.

Αν επιθυμούμε να μιλάμε με μεγαλύτερη σιγουριά για την επίδραση του physical computing στη διδασκαλία της Φυσικής, στην καλλιέργεια δεξιοτήτων Υ.Σ., στην αυτοαποτελεσματικότητα και τα εσωτερικά κίνητρα των μαθητών, τότε είναι απαραίτητη η επέκταση της έρευνας και σε άλλες ενότητες της Φυσικής. Θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον η εκ νέου διεξαγωγή της παρούσας έρευνας σε περισσότερα σχολεία, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί ευρύτερο δείγμα, με μεγαλύτερη ποικιλομορφία στα δημογραφικά χαρακτηριστικά, για να μελετηθεί αν θα υπάρξουν ανάλογα αποτελέσματα. Συμπληρωματικά, θα μπορούσε να αξιοποιηθεί το υπάρχον δείγμα, έτσι ώστε μετά από κάποιο χρονικό διάστημα να διερευνηθεί το αν και κατά πόσο η επίδραση του physical computing και του οπτικού προγραμματισμού παρουσιάζει διάρκεια.

Αναφορές

- Azaiza, I., Bar, V., & Galili, I. (2006). Learning electricity in elementary school. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4(1), 45-71.
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: what is involved and what is the role of the computer science education community?. *Acm Inroads*, 2(1), 48-54.
- Baser, M. (2006). Promoting conceptual change through active learning using open source software for physics simulations. *Australasian Journal of Educational Technology*, 22(3), 336-354.
- Bye, D., Pushkar, D., & Conway, M. (2007). Motivation, Interest, and Positive Affect in Traditional and Nontraditional Undergraduate Students. *Adult Education Quarterly*, 57(2), 14-158.
- Creswell, J. W. (2011). *Η έρευνα στην εκπαίδευση. Σχεδιασμός, διεξαγωγή και αξιολόγηση της ποσοτικής και ποιοτικής έρευνας* (μτφ. Ν. Κουβαράκου). Αθήνα: Ίων.
- Jaakkola, T., & Nurmi, S. (2008). Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(4), 271-283.
- Kanaki, K., & Kalogiannakis, M. (2018). Introducing fundamental object-oriented programming concepts in preschool education within the context of physical science courses. *Education and Information Technologies*, 23(6), 2673-2698.
- Korkmaz, Ö., & Altun, H. (2014). Adapting Computer Programming Self-Efficacy Scale and Engineering Students' Self-Efficacy Perceptions. *Participatory Educational Research*, 1(1), 20-31.
- Küçüközer, H., & Kocakulah, S. (2007). Secondary School Students' Misconceptions about Simple Electric Circuits. *Online Submission*, 4(1), 101-115.
- Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., & Werner, L. (2011). Computational thinking for youth in practice. *Acm Inroads*, 2(1), 32-37.
- Lindström, C., & Sharma, M. D. (2011). Self-efficacy of first year university physics students: Do gender and prior formal instruction in physics matter?. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education (formerly CAL-laborate International)*, 19(2), 1-19.
- Liu, J., & Wang, L. (2010). *Computational thinking in discrete mathematics*. Ανακοίνωση στο 2010 Second International Workshop on Education Technology and Computer Science. Retrieved August 26, 2019, from <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/ETCS.2010.200>
- Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12?. *Computers in Human Behavior*, 41, 51-61.

- Papadakis, St., Kalogiannakis, M., Zaranis, N., & Orfanakis, V. (2016). Using Scratch and App Inventor for teaching introductory programming in secondary education. A case study. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 8(3/4), 217-233.
- Portelance, D. J., & Bers, M. U. (2015). *Code and Tell: Assessing young children's learning of computational thinking using peer video interviews with Scratch*. 14th International Conference on Interaction Design and Children. Retrieved August 26, 2019, from <https://sites.tufts.edu/devtech/files/2018/02/portelance-code-and-tell.pdf>
- Przybylla, M., & Romeike, R. (2014). *Physical computing in computer science education*. 9th Workshop in Primary and Secondary Computing Education. Retrieved August 26, 2019, from <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2670757.2670782>
- Psycharis, S. (2011). The computational experiment and its effects on approach to learning and beliefs on physics. *Computers & Education*, 56(3), 547-555.
- Psycharis, S. (2013). Examining the effect of the computational models on learning performance, scientific reasoning, epistemic beliefs and argumentation: An implication for the STEM agenda. *Computers & Education*, 68, 253-265.
- Psycharis, S., & Kallia, M. (2017). The effects of computer programming on high school students' reasoning skills and mathematical self-efficacy and problem solving. *Instructional Science*, 45(5), 583-602.
- Psycharis, S., & Kotzampasaki, E. (2017). *A Didactic Scenario for Implementation of Computational Thinking using Inquiry Game Learning*. 2017 International Conference on Education and E-Learning. Retrieved August 26, 2019, from <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3160908.3160918>
- Psycharis, S., & Kotzampasaki, E. (2019). The Impact of a STEM Inquiry Game Learning Scenario on Computational Thinking and Computer Self-confidence. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(4), em1689.
- Resnick, M. (2008). Sowing the seeds for a more creative society. *Learning & Leading with Technology*, 35(4), 18-22.
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., & Silverman, B. (2009). Scratch: programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60-67.
- Rotgans, J. (2009). *Motivation, achievement-related behaviours, and educational outcomes*. Erasmus University Rotterdam. Retrieved August 26, 2019, from <http://hdl.handle.net/1765/15984>
- Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in science education*, 36(1-2), 111-139.
- Seiter, L., & Foreman, B. (2013). *Modeling the learning progressions of computational thinking of primary grade students*. 9th annual international ACM conference on International computing education research, San Diego, California. Retrieved August 26, 2019, from <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2493394.2493403>
- Sengupta, P., Dicks, A., Farris, A. V., Karan, A., Martin, D., & Wright, M. (2015). Programming in K-12 science classrooms. *Communications of the ACM*, 58(11), 33-35.
- Sengupta, P., Kinnebrew, J. S., Basu, S., Biswas, G., & Clark, D. (2013). Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework. *Education and Information Technologies*, 18(2), 351-380.
- Voskoglou, M. G., & Buckley, S. (2012). Problem solving and computational thinking in a learning environment. *Egyptian Computer Science Journal*, 36(4), 28-46.
- Weese, J. L. (2017). *Bringing computational thinking to K-12 and higher education*. (Διαδοκτική διατριβή). Kansas State University. Retrieved August 26, 2019, from <http://hdl.handle.net/2097/35430>
- Weese, J. L., & Feldhausen, R. (2017). *STEM Outreach: Assessing Computational Thinking and Problem Solving*. 2017 ASEE Annual Conference & Exposition. ASEE Conferences, Columbus, Ohio. Retrieved August 26, 2019, from <https://peer.asee.org/stem-outreach-assessing-computational-thinking-and-problem-solving>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- Xie, C., Tinker, R., Tinker, B., Pallant, A., Damelin, D., & Berenfeld, B. (2011). Computational experiments for science education. *Science*, 332(6037), 1516-1517.

- Γαλάνη, Β. Σ. (2010). *Πηγές διαμόρφωσης των προσδοκιών αυτοαποτελεσματικότητας σε μαθητές με δυσκολίες μάθησης*. (Διδακτορική διατριβή). Παιδαγωγικό Δημοτικής Εκπαίδευσης, Ιωάννινα. Ανακτήθηκε στις 26 Αυγούστου 2019 από <http://olympias.lib.uoi.gr/jsrui/handle/123456789/1264>
- Διβράμη, Τ. (2007). *Αντιλήψεις παιδιών Δημοτικού σχολείου για τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα και την παράλληλη σύνδεση: σχεδιασμός μιας διδακτικής παρέμβασης με χρήση υπολογιστή* (Διπλωματική εργασία). Ανακτήθηκε στις 26 Αυγούστου 2019 από <https://core.ac.uk/download/pdf/132805556.pdf>
- Καλογιαννάκης, Μ., & Παπαδάκης, Στ. (2018). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες σε παιδιά προσχολικής ηλικίας με το Scratch Jr. Στο Δ. Σταύρου, Α., Μιχαηλίδη & Α. Κοκολάκη (Επιμ.), *Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση. Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης* (σσ. 403–410), Ρέθυμνο, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης, ΕΝΕΦΕΤ, 7-9 Απριλίου 2017.
- Καραγκούνη, Ε. (2016). *Διερεύνηση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών γυμνασίου σχετικά με το ηλεκτρικό ρεύμα και το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα* (Διπλωματική εργασία). Ανακτήθηκε στις 26 Αυγούστου 2019 από <https://arhesis.eap.gr/handle/repo/33140>
- Καρανίκου, Α. (2013). *Υποστήριξη Υπολογιστικής Σκέψης μαθητών με εκπαιδευτική ρομποτική: εφαρμογή σε Δημοτικό και Λύκειο* (Διπλωματική εργασία). Ανακτήθηκε στις 26 Αυγούστου 2019 από <http://ikee.lib.auth.gr/record/133984/files/?ln=el>
- Κουλαϊδής, Β. (2001). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: αντικείμενο και αναγκαιότητα. Στο Κ. Δημόπουλος & Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (σσ. 25–50, Τόμος Α'). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Κουνέλη, Β. (2007). *Κίνητρα επίδοσης σε αλλοδαπούς και γηγενείς μαθητές: μια πειραματική έρευνα σε μαθητές Ε' και ΣΤ' τάξης δημοτικών σχολείων του Ν. Αχαΐας*. (Διπλωματική εργασία). Ιδρυματικό Αποθετήριο του Πανεπιστημίου Πατρών. Ανακτήθηκε στις 26 Αυγούστου 2019 από <http://hdl.handle.net/10889/1068>
- Παναγιώτου, Ε. (2016). *Εκπαιδευτική παρέμβαση υποστηριζόμενη από τη scratch για την εκμάθηση φυσικών εννοιών στο νηπιαγωγείο* (Διπλωματική εργασία). Ιδρυματικό Αποθετήριο του Πανεπιστημίου Πατρών. Ανακτήθηκε στις 26 Αυγούστου 2019 από <http://hdl.handle.net/10889/9268>
- Παντάζου, Δ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2017). Η χρήση διαφορετικών πειραματικών εργαλείων για τη διδασκαλία του ηλεκτρισμού της Ε' τάξης του Δημοτικού. Στο Κ. Παπανικολάου, Α. Γόγουλου, Δ. Ζυμπίδης, Α. Λαδιάς, Ι. Τζωρτζάκης, Θ. Μπράττισης, Χ. Παναγιωτακόπουλος (Επιμ.), *Πρακτικά Εργασίας 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»* (σσ. 713–724), ΕΤΠΕ - Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικής & Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, Αθήνα 21-23 Απριλίου 2017.
- Παντάζου, Δ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2018). Πραγματικό, εικονικό πείραμα ή συνδυασμός τους; Μια μελέτη περίπτωσης στη διδασκαλία του ηλεκτρικού κυκλώματος στην Ε' Δημοτικού. Στο Δ. Σταύρου, Α., Μιχαηλίδη & Α. Κοκολάκη (Επιμ.), *Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση. Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης* (σσ. 332–339), Ρέθυμνο, ΠΤΔΕ, Εργαστήριο Διδακτικής Θετικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Κρήτης, ΕΝΕΦΕΤ, 7-9 Απριλίου 2017.
- Σεβδουνίδης, Μ. (2016). *Η ρομποτική ως εργαλείο για την διδασκαλία της Φυσικής. Εφαρμογές για τις έννοιες της ισχύος και της ενέργειας*. Ανακοίνωση στο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες, Θεσσαλονίκη. Ανακτήθηκε στις 26 Αυγούστου 2019 από <http://physcool.web.auth.gr/synedrio2016/index.php/2013-05-09-16-11-49>
- Χατζηνικήτα, Β., & Χρηστίδου, Β. (2001). Μέθοδοι καταγραφής της πρακτικο-βιωματικής γνώσης. Στο Β. Χατζηνικήτα & Κ. Δημόπουλος (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (σσ. 185–102, Τόμος Β'). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Χρηστίδου, Β. (2001). Ηλεκτρισμός. Στο Β. Χατζηνικήτα & Κ. Δημόπουλος (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (σσ. 79–102, Τόμος Β'). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Ψυχάρης, Σ., & Καλοβρέκτες, Κ. (2018). *Διδακτική και σχεδιασμός εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων STEM και ΤΠΕ*. Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.