

Η συμβολή της οριζόντιας διεπιστημονικής προσέγγισης και των ψηφιακών και μεικτών μαθησιακών περιβαλλόντων στη διαπραγμάτευση φαινομένων του μακρόκοσμου

Ζώης Ασημακόπουλος, Ζαχαρούλα Συμυρναίου

zoisasim@uoa.gr, zsymyrnaiou@eds.uoa.gr

Παιδαγωγικό Τμήμα Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

Η εξερεύνηση του διαστήματος και η μελέτη φαινομένων που ξεφεύγουν από την άμεση παρατήρηση μας, ανέκαθεν κέντριζαν το ενδιαφέρον των μαθητών. Όμως η διαπραγμάτευση πολύπλοκων φαινομένων και εννοιών που σχετίζονται με τον μακρόκοσμο, αρκετά συχνά συμβάλει στην ανάδυση εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών στους μαθητές και ιδιαίτερα σε αυτούς των χαμηλότερων βαθμίδων της εκπαίδευσης. Στην παρούσα ερευνητική μελέτη επιχειρούμε να εξετάσουμε αν η εφαρμογή μιας διεπιστημονικής προσέγγισης στη διδασκαλία των Φ.Ε. με τη συμβολή σύγχρονων παιδαγωγικών πλαισίων καθώς και την υποστήριξη ψηφιακών και μεικτών περιβαλλόντων μάθησης, μπορεί να ενισχύσει το ενδιαφέρον των μαθητών και να συμβάλει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων που μπορούν να οδηγήσουν στην οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης στις πρώτες τάξεις της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που σχετίζεται με τη μελέτη φαινομένων του μακρόκοσμου.

Λέξεις κλειδιά: Οριζόντια διεπιστημονική προσέγγιση, Φυσικές Επιστήμες, μακρόκοσμος, δεξιότητες 21ου αιώνα, Επιστημονικά πρότυπα νέας γενιάς, ψηφιακά και μεικτά μαθησιακά περιβάλλοντα

Εισαγωγή

Τα σύγχρονα προγράμματα σπουδών των Φ.Ε. είναι προσανατολισμένα στην καλλιέργεια γνώσεων και δεξιοτήτων, στοχεύουν στη βιωματική μάθηση και επιχειρούν να συνδέσουν την επιστήμη με την κοινωνία και το περιβάλλον. Ωστόσο, παρατηρείται ότι παρά τη συμβολή και την εφαρμογή σύγχρονων παιδαγωγικών πλαισίων και την εκτεταμένη χρήση των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στη μαθησιακή διαδικασία, τα αποτελέσματα όσον αφορά τη διάχυση της επιστήμης στην κοινωνία και την επιλογή επιστημονικής σταδιοδρομίας από τους μαθητές δεν είναι τα αναμενόμενα (Jennifer Hurd, 2013; Potvin & Hasni, 2014; Wiebe, Unfried, & Faber, 2018; Brienne et al 2022; Σοφianoπούλου et al 2017; OECD, 2023). Σε αυτή την μελέτη, που εκπονήθηκε στο πλαίσιο διδακτορικής διατριβής με τίτλο «Οριζόντια διεπιστημονική προσέγγιση στη διδασκαλία των Φ.Ε. με την αξιοποίηση ψηφιακών και μεικτών μαθησιακών περιβαλλόντων» επιχειρούμε να διερευνήσουμε με ποιο τρόπο η συμβολή της Ο.Δ.Π. (Ασημακόπουλος, 2024) μπορεί να ενισχύσει το ενδιαφέρον των μαθητών για τις Φ.Ε. και να συμβάλει στην οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης κατά τη μελέτη των πολύπλοκων φαινομένων που σχετίζονται με την εξερεύνηση του διαστήματος. Παράλληλα μελετάται η συμβολή των ψηφιακών και μεικτών μαθησιακών περιβαλλόντων κατά τη διαπραγμάτευση σχετικών φαινομένων και εννοιών για τις τρεις πρώτες τάξεις της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Θεωρητικό πλαίσιο

Το θεωρητικό πλαίσιο που αξιοποιήθηκε για της ανάγκες της παρούσας έρευνας, Οριζόντια Διεπιστημονική Προσέγγιση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Asimakopoulos Z., Smyrniotou Z. 2024) προέκυψε από την εννοιολογική διασύνδεση των επιστημονικών προτύπων νέας γενιάς NGSS (NRC, 2012a, 2012b), των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα (P21, 2019) και τις σύγχρονες τάσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Olympiou & Zacharia, 2014; Kapıcı, Akcay and Jong 2019). Η Ο.Δ.Π., Σχήμα 1, στην επιστήμη αναφέρεται στην ενσωμάτωση διαφορετικών επιστημονικών κλάδων ή πεδίων σπουδών για την αντιμετώπιση σύνθετων ζητημάτων ή τη δημιουργία καινοτόμων λύσεων. Οι οριζόντιες διεπιστημονικές έννοιες ή αρχές είναι γενικές ιδέες που εφαρμόζονται σε διάφορους επιστημονικούς τομείς, διευκολύνοντας την ολιστική κατανόηση της εκάστοτε θεματικής που μελετάται. Στην παρούσα ερευνητική μελέτη επιχειρείται να εξεταστεί κατά πόσο η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών ως ενιαίο πεδίο και όχι ως διακριτά μαθησιακά αντικείμενα (Φυσική, Χημεία, Γεωλογία, Βιολογία), με την αξιοποίηση ψηφιακών και μεικτών μαθησιακών περιβαλλόντων, μπορεί να ενισχύει το ενδιαφέρον των μαθητών κυρίως στις πρώτες βαθμίδες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τα αντικείμενα των Φ. Ε. και ιδιαίτερα τη μελέτη των φαινομένων του μακρόκοσμου. Πιο συγκεκριμένα, διερευνάται με ποιο τρόπο η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου παιδαγωγικού πλαισίου (Ο.Δ.Π.) που ενσωματώνει τις τρεις διαστάσεις εκμάθησης των Φ. Ε.ν (Crosscutting Concepts, Science Practices, Core Ideas), τις δεξιότητες που πρέπει να αναπτύξουν οι μελλοντικές γενιές (Δεξιότητες του 21ου αιώνα) και τις σύγχρονες τάσεις γύρω από τη διδακτική των Φ. Ε., μπορεί να δραστηριοποιήσει τους μαθητές να προσεγγίσουν με επιστημονικό τρόπο σκέψης μια προβληματική μέσα από την διαπραγμάτευση και μελέτη ποικίλων αρχών των Φ.Ε.

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης μπορούν να συμβάλουν στην ανάπτυξη θεωρίας αναφορικά με:

- τον τρόπο με τον οποίο η οριζόντια διεπιστημονική διδασκαλία των αντικειμένων των Φ.Ε. μπορεί να προκαλέσει το ενδιαφέρον των μαθητών και να συμβάλλει στην οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης ιδιαίτερα κατά τη διαπραγμάτευση περίπλοκων φαινομένων που αφορούν στον μακρόκοσμο.
- την συμβολή των τριών διαστάσεων των επιστημονικών προτύπων νέας γενιάς, μέσα από την οριζόντια διερεύνηση φαινομένων και εννοιών των Φ.Ε. στην πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών, την οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης και την διασαφήνιση εναλλακτικών αντιλήψεων.
- τις δεξιότητες που αναπτύσσουν οι μαθητές μέσα από την οριζόντια διεπιστημονική διερεύνηση της γνώσης κατά τη μελέτη φαινομένων και εννοιών που συνδέονται με τον μακρόκοσμο.
- την συμβολή των ψηφιακών και μεικτών μαθησιακών περιβαλλόντων στην ανάπτυξη δεξιοτήτων μάθησης και γραμματισμού και τον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνουν να ενισχύσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για τις Φ.Ε., να συμβάλλουν στην δημιουργία επιστημονικών νοημάτων και την διασαφήνιση τυχόν παρανοήσεων για τα φαινόμενα που μελετώνται.

Στις παραγράφους που ακολουθούν παραθέτουμε συνοπτικά τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε ενός από τα επιμέρους πλαίσια που αξιοποιήθηκαν.

Τα **Επιστημονικά Πρότυπα Νέας Γενιάς** (Next Generation Science Standards) επισημαίνουν τη σημασία της ενσωμάτωσης και κατανόησης των ιδεών της επιστήμης και δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στη δέσμευση στις επιστημονικές πρακτικές (NRC, 2012a, 2012b; Wright and Miller n.d., 2018). Οι τρεις διαστάσεις του πλαισίου αυτού είναι επιγραμματικά:

α) *Scientific Practices* – *Επιστημονικές πρακτικές* (Δημιουργία επιστημονικών ερωτημάτων, Ανάπτυξη και αξιοποίηση μοντέλων, Οργάνωση και διενέργεια έρευνας, Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, Αξιοποίηση μαθηματικών και υπολογιστική σκέψη, Κατασκευή επεξηγήσεων και σχεδιασμός λύσεων, Ανάπτυξη επιχειρηματολογίας, Λήψη, αξιολόγηση και κοινοποίηση πληροφοριών). β) *Crosscutting Concepts* – *Διεπιστημονικές Αρχές* – *Έννοιες*. (Μοτίβα, Σχέση αιτίου – αποτελέσματος, Κλίμακες, Αναλογίες και ποσότητες, Συστήματα και μοντέλα συστημάτων, Ενέργεια και ύλη, Δομή και λειτουργία, Σταθερότητα και οι αλλαγές) γ) *Core Ideas* – *Θεμελιώδεις Επιστημονικές Ιδέες* (καταναμημένες σε τέσσερα διακριτά πεδία: Φυσικές επιστήμες, Επιστήμες της ζωής, Επιστήμες της γης και του διαστήματος, Τεχνολογία, μηχανική και εφαρμογές Φ.Ε.

Οι δεξιότητες του 21ου αιώνα - 21st Century Skills (3L's) αναφέρονται στις ικανότητες που πρέπει να έχει ένα άτομο ώστε να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις του σύγχρονου κόσμου, ο οποίος απαιτεί το άτομο να είναι δημιουργικό, καθολικά ενεργό, να έχει μετασχηματιστεί ψηφιακά, να επικοινωνεί με ομοίους, να επιδιώκει συνεργασίες, να έχει την ικανότητα να διερευνά και να αξιολογεί δεδομένα και να προσαρμόζεται στις νέες συνθήκες. Ο οργανισμός Partnership for 21st Century Learning ταξινομήσε αυτές τις δεξιότητες σε 3 βασικές κατηγορίες 3L's (P21, 2019): α) *Δεξιότητες μάθησης και καινοτομίας* (Κριτική Σκέψη, Δημιουργικότητα και καινοτομία, Συνεργασία, Επικοινωνία), β) *Δεξιότητες γραμματισμού* (Γραμματισμός στα Μέσα, Πληροφοριακός και Τεχνολογικός γραμματισμός), γ) *Δεξιότητες ζωής και καριέρας* (Ευελξία και προσαρμοστικότητα, Πρωτοβουλία και Αυτοκατεύθυνση, Υγεία και ανάληψη ευθύνης, Κοινωνικές δεξιότητες, Παραγωγικότητα και λογοδοσία).

Σύγχρονες τάσεις στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Η έρευνα σχετικά με την αξιοποίηση ψηφιακών και πραγματικών αναπαραστάσεων στην διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών έχει αναδείξει το γεγονός ότι έχουν συμπληρωματικότητα στην κατανόηση των εννοιών (Georgios Olympriou & Zacharia, 2014, 2018; Smyrniou & Weil-Barais, 2005). Η αξιοποίηση και των δύο τύπων αναπαραστάσεων μπορεί να οπτικοποιήσει έννοιες που θα ήταν πολύ αφηρημένες για να γίνουν εύκολα κατανοητές (Σμυρναίου, 2007). Η χρήση των αναπαραστάσεων αυτών κατά την διαπραγμάτευση εννοιών των Φ.Ε. έχει διαφορετική επίδραση στα μαθησιακά αποτελέσματα και εξαρτάται από τις “παροχές” που θα αξιοποιηθούν (Georgios Olympriou & Zacharia, 2014; Zacharias Zacharia et al., 2019). Για το λόγο αυτό οι ερευνητές στράφηκαν προς τον συνδυασμό “παροχών” και των δύο τύπων αναπαραστάσεων, τα Μεικτά Μαθησιακά Περιβάλλοντα (Blended Learning Environments), ένα σύνολο από πραγματικές και ψηφιακές τοποθεσίες, πλαίσια, στοιχεία και οντότητες που οι μαθητές αξιοποιούν κατά τη μάθηση (Koper, 2014). Μια ενδιαφέρουσα σύγχρονη οπτική είναι αυτή των (Komninos et al. 2022) οι οποίοι αναφέρονται στα κυβερνοφυσικά συστήματα (CPS's). Τα CPS υποστηρίζουν τη μεικτή μάθηση μέσω του συνδυασμού ενός πραγματικού φυσικού τμήματος και ενός ψηφιακού (κυβέρνο - Cyber) τμήματος του περιβάλλοντος που μελετάται. Δίνεται έμφαση στο γεγονός ότι παρέχουν την οπτικοποίηση που λείπει και είναι απαραίτητη κατά τη διδασκαλία μαθητών σε δύσκολες έννοιες των μαθημάτων των θετικών επιστημών.

Οι βιβλιογραφικές αναφορές που αφορούν τον συνδυασμό των θεωρητικών αυτών πλαισίων στον ερευνητικό στίβο είναι περιορισμένες. Παρόλαυτα μας δίνουν μια αρκετά ξεκάθαρη εικόνα για τα σημεία σύνδεσης καθώς και την κοινή στόχευση μεταξύ των Επιστημονικών Προτύπων Επόμενης Γενιάς (NGSS) και των Δεξιοτήτων που αναπτύσσουν οι μαθητές (δεξιότητες 21ου αιώνα). Το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των Η.Π.Α. (NRC) έχει διατυπώσει ένα επιστημονικό πλαίσιο για την Πρωτοβάθμια και την δευτεροβάθμια εκπαίδευση, το οποίο έχει τις προδιαγραφές και τις προοπτικές ώστε να αρχίσει να αναδιαμορφώνει αυτό που «πρέπει» να γνωρίζουν οι μαθητές και να είναι σε θέση να

καλλιεργήσουν στον τομέα των επιστημών καθώς και ως στάση ζωής ως υπεύθυνοι πολίτες του 21ου αιώνα (N.R.C., 2012b). Η σύνδεση μεταξύ δεξιοτήτων του εικοστού πρώτου αιώνα και επιστημονικών πρακτικών μπορεί να παράσχει μια σαφή εικόνα αναφορικά με τη βαθύτερη μάθηση σε ορισμένες ομάδες δεξιοτήτων του εικοστού πρώτου αιώνα, ειδικά εκείνες που κατηγοριοποιούνται ως γνωστικές, οι οποίες συνδέονται με το περιεχόμενο των μαθημάτων των Φ. Ε. (NCR, 2012a; Care et al., 2018).

Η ενεργός εμπλοκή των μαθητών με το πλαίσιο Ο.Δ.Π (Σχήμα 1) έχει τις προϋποθέσεις να δημιουργήσει πρόσφορο έδαφος για την αποτελεσματικότερη γνωστική ανάπτυξη των μαθητών, την συνεργατική επίλυση προβλημάτων και την προώθηση των αποτελεσμάτων της έρευνας τους σε όμοιους, αφού οι δεξιότητες αυτές κάνουν την εμφάνισή τους σε όλα τα στάδια εφαρμογής των επιστημονικών πρακτικών. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο της εκμάθησης των Φ.Ε. οι επιστήμονες του αύριο θα αποκτήσουν το υπόβαθρο για να διεξάγουν έρευνες μικρής ή μεγάλης κλίμακας, να συλλέγουν και να αναλύουν δεδομένα, να αξιοποιούν ή / και να δημιουργούν μοντέλα συστημάτων, να κατασκευάζουν εξηγήσεις και να επιχειρηματολογούν υπέρ αυτών. Η ενσωμάτωση ψηφιακών και μεικτών μαθησιακών περιβαλλόντων, όπως είναι οι προσομοιώσεις, μικρόκοσμοι, πειραματικές διατάξεις και ψηφιακά παιχνίδια, σε επιλεγμένες φάσεις δραστηριοτήτων, έχουν τις προοπτικές να ενισχύσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για τη μελέτη φαινομένων που σχετίζονται με τις Φ.Ε. και να συμβάλλουν στην οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης. Η συνδρομή τους είναι καθοριστικής σημασίας, αφού πέρα την οπτικοποίηση και τη δυνατότητα διερεύνησης φαινομένων που θα ήταν πρακτικά αδύνατο να αποτυπωθούν με διαφορετικό τρόπο, συνέβαλε σημαντικά στην άρση παρανοήσεων αλλά και τη ανάπτυξη σημαντικών δεξιοτήτων όπως είναι αυτές τις κριτικής σκέψης, της συνεργασίας, τις επικοινωνίας, αλλά και του τεχνολογικού γραμματισμού. Υπογραμμίζεται ιδιαίτερα η σύνδεση μεταξύ γνωστικών δεξιοτήτων και δεξιοτήτων γραμματισμού, οι οποίες μέσα από την διεπιστημονική προσέγγιση των αντικειμένων των Φ.Ε. εμφανίζονται με μεγάλη συχνότητα σε όλα τα στάδια εφαρμογής επιστημονικών πρακτικών με τη συνδρομή ψηφιακών και μεικτών μαθησιακών περιβαλλόντων.



Σχήμα 1. Αναπαράσταση του πλαισίου Οριζόντιας Διεπιστημονικής Προσέγγισης, που προέκυψε από τη διασύνδεση των τριών διαστάσεων των Επιστημονικών προτύπων νέας γενιάς, των δεξιοτήτων του 21ου αιώνα και των Ψηφιακών Τεχνολογιών

Παρανοήσεις μαθητών για τον μακρόκοσμο

Για να υποστηρίξουν τη μάθηση στις Φ.Ε., οι εκπαιδευτικοί πρέπει να αναγνωρίσουν τις υπάρχουσες δομές που έχουν δημιουργήσει οι μαθητές για να νοηματοδοτήσουν τον κόσμο τους και τις οποίες φέρνουν στην τάξη. Με αυτό τον τρόπο κατανοούν τις πιθανές εναλλακτικές αντιλήψεις που υπάρχουν σε μια συγκεκριμένη επιστήμη και μπορούν να αναπτύξουν στρατηγικές για την αντιμετώπισή τους (Slater, Morris & McKinnon, 2018). Οι παρανοήσεις είναι εναλλακτικές αντιλήψεις που διαφέρουν από τις αποδεκτές επιστημονικές γνώσεις (Anderson, Fisher & Norman, 2002). Όταν οι εκπαιδευτικοί γνωρίζουν τις εναλλακτικές αντιλήψεις, μπορούν να δημιουργήσουν μαθησιακές εμπειρίες που δεν ταιριάζουν με τις υπάρχουσες δομές των μαθητών, δημιουργώντας έτσι γνωστική σύγκρουση που επιτρέπει την εξέταση και συζήτηση των εμπειριών με άλλους και τη δημιουργία νέων, ορθά επιστημονικών νοημάτων (Cox et al., 2016). Οι σχέσεις μεταξύ των λανθασμένων αντιλήψεων των μαθητών για τις έννοιες της αστρονομίας συνδέονται σε μεγάλο βαθμό με το φύλο, τη βαθμίδα εκπαίδευσης, το ενδιαφέρον για την αστρονομία (Tezer, 2022). Αρκετά συχνά οι μαθητές δεν εγκαταλείπουν εύκολα τις εναλλακτικές αντιλήψεις τους στις Φ.Ε. και προσπαθούν να προσαρμόσουν ένα νέο επιστημονική μοντέλο στην υπάρχουσα γνωστική κατασκευή τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργούν μια υβριδική αντίληψη καθώς προχωρούν σε μια μαθησιακή πορεία - υποθετικές διαδρομές που ακολουθούν μεταξύ της αρχικής τους γνώσης και της σωστής επιστημονικής άποψης (Plummer & Krajcik, 2010). Αν και ο όγκος της έρευνας στην αστρονομική εκπαίδευση είναι περιορισμένος, σχετικές μελέτες δείχνουν ότι οι μαθητές έχουν πολλές παρανοήσεις σε αστρονομικές έννοιες όπως η περιστροφή και οι φάσεις της σελήνης, οι εκλείψεις, εποχές, ο κύκλος ημέρας και νύχτας, η βαρύτητα και τα ουράνια σώματα, συμπεριλαμβανομένων των κομητών, των αστερισμών, αστεριών, πλανητών, καθώς και εναλλακτικές αντιλήψεις που αφορούν στο σχήμα της Γης, καθώς και το Σύμπαν (Trundle and Troland, 2008; Trumper, 2000; Bolat, Aydoğdu, Sağır, and Değirmenci, 2014; Cox, Steegen, and De Cock 2016). Μια από τις πιο συνηθισμένες, σχετίζεται με την απόσταση των αστρονομικών αντικειμένων από τη Γη, η οποία συνδέεται είτε στη σειρά με την οποία εμφανίζονταν τα αντικείμενα στον νυχτερινό ουρανό, είτε με το πόσο δύσκολο είναι να παρατηρήσουν τα αντικείμενα, χωρίς να ληφθεί υπόψη η αλληλεπίδραση μεταξύ φωτεινότητας, μεγέθους και απόστασης (Slater, Morris & McKinnon, 2018). Εναλλακτικές αντιλήψεις συνδέονται με τις σχετικές κινήσεις των του Ηλιου, της Γης και της Σελήνης, ενώ συνηθίστηκε στους μαθητές κυρίως πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης είναι η αντίληψη ότι η Γη παραμένει ακίνητη στο ηλιακό σύστημα ή ότι η Γη κινείται σε διάφορα τροχιακά μοτίβα τα οποία διαφέρουν από την πραγματικότητα (Slater, Morris & McKinnon, 2018). Αρκετοί μαθητές χαρακτηρίζουν τον Ήλιο ως το μεγαλύτερο ουράνιο σώμα αλλά όχι ως αστέρι, ή ως κέντρο του σύμπαντος, ορίζουν το Σύμπαν ως τον άπειρο χώρο έξω από τη Γη κ.α (Ekiz & Akbaş, 2005; Korur, 2015; Putri et al., 2021; Gorecek Baybars & Can, 2018).

Παραδείγματα εφαρμογών

Αρκετές σύγχρονες έρευνες μελετούν την συμβολή των επιστημονικών προτύπων νέας γενιάς, της διεπιστημονικότητας και των ψηφιακών και μεικτών μαθησιακών περιβαλλόντων στην ανάπτυξη γνωστικών δεξιοτήτων που συνδέονται με έννοιες και φαινόμενα των Φ.Ε. Στις παραγράφους που ακολουθούν παρατίθενται ενδεικτικά κάποιες από αυτές με έμφαση στους τομείς που προσανατολίστηκε το ερευνητικό τους ενδιαφέρον.

Διεπιστημονικότητα: Όταν οι μαθητές μελετούν επιστημονικές έννοιες, πρέπει να καθοδηγούνται ώστε να αναγνωρίζουν τους τύπους αλληλεπιδράσεων μεταξύ των επιστημονικών πεδίων. Συμβάλλει στην γνωστική ανάπτυξη των μαθητών πιο αποτελεσματικά

από άλλες μεθόδους και προωθεί τη βιωματική εκπαίδευση. (Gutt et al 2018; Borda et al 2022; Mereli, Antonarakou et al 2023).

Ρομποτική - μεικτά περιβάλλοντα: Συμβάλουν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων, μαθηματικές - αλγοριθμικές δεξιότητες, ενίσχυση του ενδιαφέροντος και κινήτρων μάθησης. Ενεργοποιούν δεξιότητες συνεργασίας και μέσω της κοινωνικής αλληλεπίδρασης ενισχύουν την διαδικασία μάθησης (Afari & Khine 2017; Üşengül & Bahçeci 2020; Komis, Romero & Misirli 2017; Chatzopoulos, Kalogiannakis et al 2020; Theodoropoulou, Lavidas & Komis 2021).

Ψηφιακά περιβάλλοντα: Συμβάλουν σε ανάπτυξη δεξιοτήτων λογικομαθηματικής σκέψης και την ενίσχυση του ενδιαφέροντός σε σχέση με τις Φ.Ε. (Özgen Kormakaz, 2016; Voulgari, Lavidas & Komis 2023; Zourmpakis, Kalogiannakis & Papadakis 2023).

Μεθοδολογία έρευνας

Η έρευνα έχει ποιοτικό πρόσημο αφού εξετάζει τους τρόπους που οι διάφορες δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν με βάση τις παραπάνω θεωρητικές αρχές ενθαρρύνουν τους μαθητές να προσεγγίσουν τη επιστημονική γνώση και κατά πόσο η επιλογή μια οριζόντιας επιστημονικής μεθόδου προσέγγισης ενισχύει αυτό το στόχο. Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη επικεντρώνεται στην πρόκληση του ενδιαφέροντος και την αποτελεσματικότερη γνωστική ανάπτυξη των μαθητών, τον σχεδιασμό και την διεξαγωγή ερευνών, τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων, την αξιοποίηση και δημιουργία μοντέλων συστημάτων, την κατασκευή εξηγήσεων, την επιχειρηματολογία και τη συνεργατική επίλυση προβλημάτων και την προώθηση των αποτελεσμάτων της έρευνας τους σε όμοιους.

Η μέθοδος που επιλέχθηκε για τις ανάγκες της έρευνας ήταν αυτή της έρευνας μέσω σχεδιασμού - Design-Based Research (McKenny & Reeves, 2018; Bakker, 2018). Πρόκειται για μια μεθοδολογία η οποία μας βοηθάει να κατανοήσουμε πως, πότε και με ποιο τρόπο οι εκπαιδευτικές καινοτομίες που σχεδιάζονται και εφαρμόζονται είναι αποτελεσματικές κατά την εφαρμογή τους στον πραγματικό κόσμο. Πραγματοποιείται μέσα από επαναλαμβανόμενους κύκλους σχεδιασμού, εφαρμογής και αναστοχασμού, ενώ υποστηρίζει το συστηματικό σχεδιασμό και την αξιολόγηση διδακτικών προσεγγίσεων με την ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών.

Σχεδιασμός της έρευνας

Ο σχεδιασμός της έρευνας πραγματοποιήθηκε σε τρεις φάσεις. Η πρώτη περιελάμβανε τη δημιουργία των κατάλληλων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων, καθώς και των ψηφιακών δομημάτων που θα τις υποστήριζαν. Η δεύτερη φάση, είναι αυτή της πρώτης εφαρμογής της παρέμβασης στο πεδίο (πιλοτική έρευνα). Στην τρίτη φάση και με βάση τα συμπεράσματα που εξήχθηκαν κατά την πιλοτική εφαρμογή, πραγματοποιούνται οι παρεμβάσεις οι οποίες σχετίζονται με τον ανασχεδιασμό των δραστηριοτήτων ή και την αναθεώρηση του θεωρητικού πλαισίου. Η εκ νέου εφαρμογή της στο πεδίο (κυρίως έρευνα) μπορεί να οδηγήσει σε συμπεράσματα και διαπιστώσεις σχετικά με την γενίκευση της εφαρμογής της. Τα ερευνητικά εργαλεία που αξιοποιήθηκαν για τη συλλογή δεδομένων είναι τα εξής: α) Φύλλα δραστηριοτήτων - τα οποία σχεδιάστηκαν με οριζόντιο διεπιστημονικό πρόσημο και όχι ως διακριτά αντικείμενα (Φυσική, Χημεία, Βιολογία και Γεωλογία), β) Ψηφιακά και μεικτά περιβάλλοντα που αξιοποιήθηκαν σε επιλεγμένες φάσεις, γ) βιντεοσκόπηση επιλεγμένων δραστηριοτήτων, δ) Ημερολόγιο ερευνητή, ε) ψηφιακά δομήματα μαθητών.

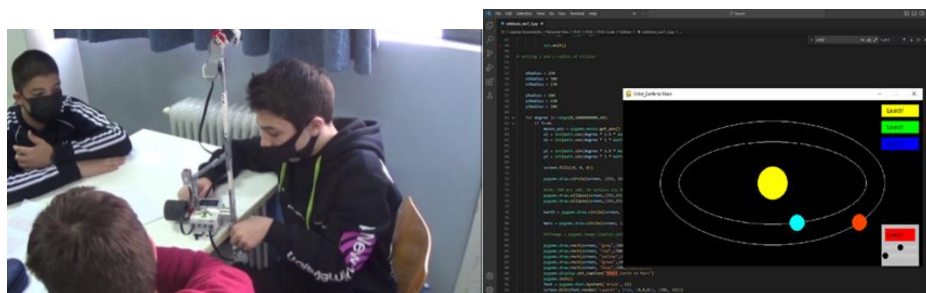
Ο ερευνητής ανέλαβε την οργάνωση και διεξαγωγή των δραστηριοτήτων. Σε όλες τις συναντήσεις είχε ενεργό ρόλο, όμως σε κάθε περίπτωση διατηρούσε την ερευνητική του

ταυτότητα. Παρενέβαινε μόνο προκειμένου να υποστηρίξει / διευκολύνει τους μαθητές αναφορικά με την χρήση των εργαλείων, λογισμικών, πειραματικών διατάξεων ή σε περιπτώσεις κατά τις οποίες κάποιες από τις ομάδες αντιμετώπιζαν δυσκολίες κατά την αναζήτηση συγκεκριμένων πληροφοριών στον παγκόσμιο ιστό - «Συμμετοχική παρατήρηση» (Cohen & Manion, 2008).

Σχεδιασμός εργαλείων

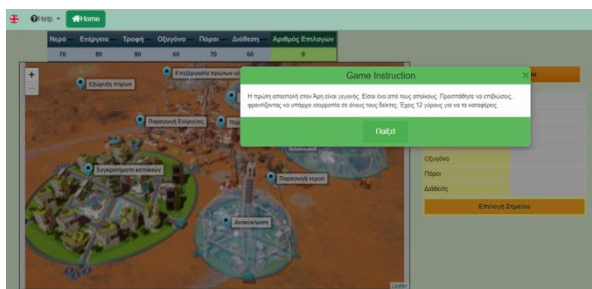
Για τις ανάγκες της έρευνας, ο ερευνητής, ενσωμάτωσε σε επιλεγμένα σημεία των φύλλων δραστηριοτήτων ψηφιακά εργαλεία όπως προσομοιώσεις, μικρόκοσμοις, ρομποτικές διατάξεις, τα οποία ανήκουν τόσο στα Ψηφιακά όσο και τα Μεικτά Μαθησιακά Περιβάλλοντα. Σκοπός και στις δύο περιπτώσεις ήταν να διευκολυνθεί η διερεύνηση και μελέτη φαινομένων και εννοιών των Φ.Ε., που συνδέονται με τον μακρόκοσμο. Κάθε ένα από τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκε προσέφερε μια διαφορετική διάσταση στην αναπαράσταση των φαινομένων και εννοιών που διερευνήθηκαν, κάτι που έχει ιδιαίτερη σημασία σε περιπτώσεις κατά τις οποίες κάποια φαινόμενα τα οποία μελετώνται ξεφεύγουν από εμπειρία και της άμεση παρατήρησης των μαθητών (Σμυρναιίου, 2007).

Στη δραστηριότητα που αφορούσε τη μελέτη των συνθηκών που επικρατούν στη Γη και τον Άρη, οι μαθητές διερεύνησαν μεταξύ άλλων τις έννοιες της επιτάχυνσης της βαρύτητας και του βάρους και την επίδρασή τους στα έμβια όντα. Για τον υπολογισμό της τιμής της επιτάχυνσης της βαρύτητας αξιοποιήθηκε πειραματική διάταξη που δομήθηκε μέσω της πλατφόρμας εκπαιδευτικής ρομποτικής Lego Mindstorms EV3 Education Edition (Εικόνα 1) (<https://education.lego.com/en-gb/product-resources/mindstorms-ev3/downloads/ev3-science-resources>). Πρόκειται για μια δραστηριότητα η οποία ανήκει στα μεικτά μαθησιακά περιβάλλοντα, αφού συνδυάζει την κατασκευή και τον προγραμματισμό της ρομποτικής διάταξης και των αισθητήρων που ενσωματώνει μέσω του λογισμικού της Lego (EV3 Classroom) καθώς και την οργάνωση και εκτέλεση του πειράματος από τους μαθητές. Για τις ανάγκες των δραστηριοτήτων που αφορούν στο ταξίδι από τη Γη στον Άρη, ο ερευνητής πήρε την πρωτοβουλία να δημιουργήσει μια προσομοίωση σε γλώσσα αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού Python (<https://www.python.org/>). Σκοπός της προσομοίωσης αυτής (Εικόνα 1) ήταν αφενός να αναπαρασταθεί με όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικό τρόπο την κίνηση της Γής και του Άρη, σε κατακόρυφη προοπτική, και αφετέρου να δοθεί η δυνατότητα στους μαθητές να επηρεάσουν βασικές παραμέτρους του ταξιδιού όπως είναι η επιλογή του χρόνου εκτόξευσης, η ταχύτητα και η μάζα του διαστημικού σκάφους κ.α. Μέσω αυτής της προσομοίωσης, η οποία ανήκει στα ψηφιακά μαθησιακά περιβάλλοντα, οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να μελετήσουν τα σχετικά φαινόμενα και να δημιουργήσουν νοήματα που σχετίζονται με πολύπλοκες έννοιες, τα οποία δεν θα ήταν δυνατόν να διερευνήσουν με τις συμβατικές πραγματικές μαθησιακές αναπαραστάσεις.



Εικόνα 1. Πραγματοποίηση μετρήσεων υπολογισμού της επιτάχυνσης της βαρύτητας μέσω της ρομποτικής διάταξης Mindstorms EV3 της Lego και το περιβάλλον διεπαφής του λογισμικού προσομοίωσης «Orbit Earth to Mars», σε γλώσσα Python

Στο τελευταίο δίωρο της έρευνας ενσωματώθηκε ένα παιχνίδι προσομοίωσης καθοδηγούμενο από επιλογές το οποίο αφορά στη λειτουργία και διαχείριση μιας διαστημικής αποικίας. Το ChoiCo (Choices with Consequences) είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα που διατίθεται ελεύθερα από το εργαστήριο εκπαιδευτικής τεχνολογίας του Τμήματος Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης του ΕΚΠΑ (<http://etl.ppp.uoa.gr/choico>). Η πλατφόρμα που ανήκει στα ψηφιακά μαθησιακά περιβάλλοντα παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα να δημιουργήσουν παιχνίδια προσομοίωσης που εξελίσσονται ανάλογα με τις επιλογές των χρηστών. Οι μικρόκοσμος που κλήθηκαν να παίξουν οι μαθητές προσομοίωσε τη λειτουργία μιας διαστημικής αποικίας. Μέσω αυτής, μελετώντας τις αρχικές συνθήκες του παιχνιδιού, τις διαθέσιμες επιλογές, αλλά και έχοντας υπόψη τους τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν κατά τη φάση της διερεύνησης αναφορικά με τις συνθήκες που επικρατούν στον Άρη, κλήθηκαν να πάρουν μια σειρά αποφάσεων με στόχο να διατηρήσουν την αποικία βιώσιμη για ένα διάστημα 12 γύρων.



Εικόνα 2. Το περιβάλλον διεπαφής του παιχνιδιού προσομοίωσης διαστημική αποικίας «Mars Colony»

Πραγματοποίηση της Έρευνας

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις σε μαθητές τεσσάρων τμημάτων της Β τάξης του 4ου Γυμνασίου Δάφνης. Ο λόγος που η έρευνα εφαρμόστηκε σε αμιγή τμήματα και όχι σε προεπιλεγμένους ομίλους μαθητών, ήταν ώστε να αξιολογήσουμε την επίδραση της διαδικασίας στο σύνολο των συμμετεχόντων μιας τοπικής τάξης δημόσιου σχολείου, καθώς και κατά πόσο επιτυγχάνει μια ανάλογη μέθοδος να ενεργοποιήσει το ενδιαφέρον του συνόλου των μαθητών. Οι μαθητές εργάστηκαν σε πέντε ομάδες τεσσάρων η πέντε ατόμων.

Κάθε ομάδα διέθετε Η/Υ με πρόσβαση στο διαδίκτυο για την διερεύνηση των εννοιών των Φ.Ε. που τίθεντο υπό διαπραγμάτευση. Σε κάθε ομάδα μοιράστηκε ένα φύλλο δραστηριοτήτων, το οποίο ακολουθούσε διαφορετική πορεία για κάθε μια από τις δύο ομάδες τις πιλοτικής. Στη φάση της κυρίως έρευνας και οι δύο ομάδες ακολούθησαν την ίδια διαδρομή κατά τη διαδικασία διερεύνησης, χρησιμοποιώντας αναθεωρημένο φύλλο, όπως αυτό προέκυψε από την ανάλυση των δεδομένων της πιλοτικής έρευνας.

Η πιλοτική έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά τους μήνες Οκτώβριο έως και Δεκέμβριο του 2021 (διάρκειας 7 εβδομάδων από δύο ώρες ανά εβδομάδα) και σε αυτή συμμετείχαν συνολικά 46 μαθητές. Κατά τη φάση του σχεδιασμού της έρευνας και προκειμένου να εξετάσουμε με ποιο τρόπο η σειρά διερεύνησης των φαινομένων επηρεάζει την πορεία που ακολουθούν οι μαθητές κατά τη μελέτη φαινομένων των Φ.Ε., προχωρήσαμε σε μια βασική διαφοροποίηση. Επιλέξαμε το φύλλο δραστηριοτήτων που δόθηκε στην πρώτη ομάδα να ξεκινάει τη διερεύνηση από τις συνθήκες που επικρατούν στη Γή, από κάτι δηλαδή γνώριμο για τους μαθητές και ακολούθως να εξετάζει τις συνθήκες που επικρατούν στον πλανήτη προορισμό, δηλαδή το άγνωστο. Στην δεύτερη ομάδα ακολουθήθηκε η αντίστροφη διαδρομή. Το ταξίδι στον πλανήτη προορισμό, οι συνθήκες του ταξιδιού, οι προϋποθέσεις και οι κίνδυνοι εξετάστηκαν με χρήση κοινού φύλλου δραστηριοτήτων και από τις δύο ομάδες. Η κυρίως φάση πραγματοποιήθηκε στο ίδιο σχολικό συγκρότημα κατά τους μήνες Μάρτιο έως και Μάιο του 2022 και σε αυτή συμμετείχαν συνολικά 48 μαθητές (διάρκειας 8 εβδομάδων). Με βάση το αναθεωρημένο φύλλο δραστηριοτήτων που δημιουργήθηκε μετά την ανάλυση των δεδομένων της πιλοτικής επιλέχθηκε και για τις δύο ομάδες παράλληλη πορεία κατά τη διερεύνηση των συνθηκών που επικρατούν στους δύο πλανήτες. Αυτό, διότι όπως φάνηκε από την ανάλυση των δεδομένων η παράλληλη διερεύνηση επέτρεπε τη δημιουργία συσχετισμών μεταξύ των συνθηκών που επικρατούν στους δύο πλανήτες.

Αποτελέσματα

Από τις δύο φάσεις της έρευνας συλλέχτηκαν τα φύλλα δραστηριοτήτων των μαθητών καθώς και οπτικοακουστικό υλικό που καταγράφηκε κατόπιν σχετικής έγκρισης. Ως μονάδα ανάλυσης των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν οι καταχωρήσεις των μαθητών στα φύλλα δραστηριοτήτων καθώς οι καταγραφές βίντεο και ήχου τα οποία κωδικοποιήθηκαν και αναλύθηκαν με το λογισμικό ποιοτικής ανάλυσης Atlas.ti. Οι καταγραφές αυτές περιγράφουν γεγονότα που επηρέασαν τη διαδικασία δημιουργίας νοημάτων και προέκυψαν ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης τους με ομοίους κατά τη διερεύνηση εννοιών και φαινομένων των Φ.Ε., καθώς και την αλληλεπίδρασή τους με τα ψηφιακά και μεικτά περιβάλλοντα. Η ανάλυση των παραπάνω δεδομένων επέτρεψε στον ερευνητή να μελετήσει επιπρόσθετα τις αλληλεπιδράσεις, τις στρατηγικές που ακολούθησαν, τις ενέργειες που πραγματοποίησαν τα υποκείμενα της έρευνας κατά τη διερεύνηση φαινομένων και εννοιών, την ενασχόλησή τους με τις πειραματικές διατάξεις, τα παιχνίδια και τα λογισμικά προσομοίωσης καθώς και τις εναλλακτικές αντιλήψεις τους σε σχέση με τα φαινόμενα που μελετώνται. Τα παραπάνω του επέτρεψαν να έχει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για τον βαθμό, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο οι δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν πέτυχαν να εμπλέξουν ενεργά τους μαθητές κατά τη διερεύνηση εννοιών των Φ.Ε. και την οικοδόμηση επιστημονικής γνώσης. Από την ανάλυση των δεδομένων των δύο φάσεων, διαπιστώθηκε ότι η διεπιστημονική διερεύνηση των εννοιών των φυσικών επιστημών και όχι η προσέγγισή τους ως διακριτά μαθησιακά αντικείμενα (Φυσική, Χημεία, Βιολογία, Γεωλογία) επιτρέπει τη σύνδεση των φαινομένων που διερευνώνται με την καθημερινή ζωή και την προσωπική εμπειρία των μαθητών.

Η Ο.Δ.Π. δημιουργεί τις κατάλληλες προϋποθέσεις ώστε να εμπλέξει ενεργά τους μαθητές στη μελέτη των φαινομένων του μακρόκοσμου. Τους παρέχει το ερέθισμα να αναγνωρίσουν πώς φαινομενικά ανεξάρτητα επιστημονικά αντικείμενα συνδυάζονται στον επιστημονικό στίβο και τους ενθαρρύνει να κάνουν συνδέσεις και να εξαγουν συμπεράσματα, ιδίως σε πολύπλοκα προβλήματα όπως το ταξίδι σε έναν άγνωστο πλανήτη και η δημιουργία μιας διαστημικής αποικίας. Ερμηνεύοντας τα αποτελέσματα της κυρίως έρευνας όπως αυτά αποτυπώνονται στον Πίνακα 1 μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η ενεργός εμπλοκή των μαθητών στις δραστηριότητες εξερεύνησης του διαστήματος και των παραμέτρων που σχετίζονται με τη δημιουργία αποικιών ενεργοποιεί αρκετές δεξιότητες που συνδέονται με τα Επιστημονικά Πρότυπα Νέας Γενιάς. Μέσα από τη διαδικασία διερεύνησης στην οποία εμπλέκονται, προσδιορίζουν και καταγράφουν διεπιστημονικές έννοιες όπως η δομή και η λειτουργία συστημάτων (Str-Fun), δεξιότητα που φανερώνει αναλυτικό τρόπο σκέψης. Αναζητούν σχέσεις αιτίου αποτελέσματος (C-ef), ερμηνεύουν τους μηχανισμούς που προκαλούν ένα φαινόμενο, καθώς και συσχετισμούς που αφορούν κλίμακες αναλογίες και ποσότητες (S-P-Q), με την συνδρομή νοητικών μοντέλων (S-S-M).

		4Cs_CBin 10	4Cs_CTh 101	4Cs_Coll 56	4Cs_Com 209	IMTs_LLit 217	IMTs_MLit 41	IMTs_TLit 40
CCC_c-ef	52	1	26	14	52	50	3	2
CCC_s-p-q	94	5	34	24	90	93	23	21
CCC_s-s-m	42	10	38	36	40	35	35	38
CCC_st-ch	35	1	20	10	33	32		1
CCC_str-fun	137	6	48	31	127	134	22	22
CL_Ear-Sc	178	2	62	29	161	169	16	13
CL_L-Sc	56		36	12	53	49	6	4
CL_P-Sc	95		40	24	90	90	17	17
SP_A-int-data	32	7	31	30	31	28	28	31
SP_c-exp	159	6	83	45	155	150	29	28
SP_d-u-m	39	10	38	35	37	32	34	38
SP_o-e-info	226	10	98	56	209	215	39	39
SP_u-m-c-th	43	10	40	36	41	36	35	39

Πίνακας 1. Συσχέτιση μεταξύ των τριών κατηγοριών των Επιστημονικών Προτύπων Επόμενης Γενιάς και δεξιοτήτων που αναπτύσσουν οι μαθητές κατά τη μελέτη φαινομένων του μακρόκοσμου

Οι εκκολαπτόμενοι ερευνητές εφαρμόζουν Επιστημονικές Πρακτικές όπως είναι η αναζήτηση η λήψη και η αξιολόγηση πληροφοριών (OEInfo), η ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων (A-int-Data) τα οποία συλλέγουν κατά την αξιοποίηση τεχνολογικών μοντέλων (D_U_M). Αξιοποιούν μαθηματικά και υπολογιστική σκέψη για την πραγματοποίηση μετρήσεων και υπολογισμών με στόχο την εξαγωγή συμπερασμάτων (U-M_C.Th.) και αναπτύσσουν επιχειρηματολογία προκειμένου να υποστηρίξουν τα ευρήματά τους (C-Exp). Συνδέουν θεμελιώδεις έννοιες και συσχετίζουν τα φαινόμενα που μελετούν με τις φυσικές επιστήμες (P.Sc), τις επιστήμες της Γής, του διαστήματος (Ear.Sc) και τις επιστήμες της ζωής (L.Sc) συνδυάζοντας γνώσεις από όλα τα πεδία των Φ.Ε. Παρατηρούμε ότι μέσα από την ενεργό εμπλοκή τους με Επιστημονικές Πρακτικές, Διεπιστημονικές Έννοιες και Θεμελιώδεις Επιστημονικές ιδέες αναπτύσσουν δεξιότητες συνεργασίας (Coll), επικοινωνίας (Com) και κριτική σκέψη (C.Th), οι οποίες συμβάλουν στην βαθύτερη κατανόηση εννοιών και τις άρση παρανοήσεων. Παράλληλα αναπτύσσουν δεξιότητες αναζήτησης και αξιολόγησης πληροφοριών (I.Lit), χρησιμοποιούν αποτελεσματικά την τεχνολογία (T.Lit) και αξιοποιούν αποτελεσματικά τα μέσα (M.Lit).

	4C5_C.Th	4C5_Coll	4C5_Com	CCC_s-g-q	CCC_str-fun	CL_Ear-Sc	CL_P-Sc	IMB_M...	IMB_T.Lit	SP_c-exp	SP_d-u-m	SP_u-m-c-th
73: 2_βαρύτητα_σημωφ_B1_O1	1	1	7	3	6	8	3	2	1	7	1	1
75: 4_ταϊδ_Β1_O1	5	3	6	3	2	4	2	5	3	3	3	3
77: 2_βαρύτητα_σημωφ_B1_O2	4	1	8	2	4	7	3		1	5	1	2
79: 4_ταϊδ_Β1_O2	5	3	6	2	3	2		1	3	4	3	3
81: 2_βαρύτητα_σημωφ_B1_O3	2	1	9	5	8	8	4		1	5	1	2
83: 4_ταϊδ_Β1_O3	5	4	6	3	2	4	4	4	3	5	3	3
85: 2_βαρύτητα_σημωφ_B1_O4	2	1	6	5	3	6	4	1	1	4	1	1
87: 4_ταϊδ_Β1_O4	4	1	4	3	2	2	1	3	3	1	3	3
89: 2_βαρύτητα_σημωφ_B1_O5	4	2	8	5	8	8	9	1	1	7	1	1
91: 4_ταϊδ_Β1_O5	6	3	6	4	3	4	5	3	3	6	2	3
93: 2_βαρύτητα_σημωφ_B2_O1	2	1	9	3	6	8	4	1	1	6	1	1
95: 4_ταϊδ_Β2_O1	5	3	7	5	3	6	1	3	3	6	3	3
97: 2_βαρύτητα_σημωφ_B2_O2	1	1	7	2	3	7	5	1	1	5	1	2
99: 4_ταϊδ_Β2_O2	3	2	6	1	1	2		3	3	3	3	3
101: 2_βαρύτητα_σημωφ_B2_O3	3	4	9	4	4	8	7	1	1	7	1	1
103: 4_ταϊδ_Β2_O3	4	4	6	2	2	3	3	3	3	5	3	3
105: 2_βαρύτητα_σημωφ_B2_O4	1	2	8	2	8	9	6			7	1	1
107: 4_ταϊδ_Β2_O4	4	3	6	2	3	2	3	3	3	6	3	3
109: 2_βαρύτητα_σημωφ_B2_O5	3	1	9	2	8	6	4	1	1	6	1	1
111: 4_ταϊδ_Β2_O5	5	3	6	1	3	3		3	3	5	3	3
Totals	69	44	139	59	82	107	68	39	39	103	39	43

Πίνακας 2. Σύνδεση βασικών δεξιοτήτων που αναπτύσσουν οι μαθητές κατά την αλληλεπίδρασή τους με τα ψηφιακά και μεικτά μαθησιακά περιβάλλοντα

Πρόκειται για δεξιότητες που βοηθούν τους επιστήμονες του αύριο να προσαρμοστούν και να βελτιωθούν σε ένα σύγχρονο και απαιτητικό εκπαιδευτικό και επαγγελματικό περιβάλλον και να αναγνωρίζουν και να συνδέουν θεωρητικές αρχές και έννοιες των Φ.Ε. που μελετούν με ερευνητικά δεδομένα που συλλέγουν. Αναφορικά με τη σημασία της ενσωμάτωσης ψηφιακών και μεικτών μαθησιακών περιβαλλόντων, από τα αποτελέσματα της έρευνας αναδείχθηκε ότι οι δραστηριότητες αυτές έχουν τις προοπτικές να ενισχύσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για τη μελέτη φαινομένων των Φ.Ε. και να συμβάλλουν στην οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης. Η συνδρομή τους είναι καθοριστικής σημασίας, αφού πέρα την οπτικοποίηση και τη δυνατότητα διερεύνησης φαινομένων που θα ήταν πρακτικά αδύνατο να αναπαρασταθούν με διαφορετικό τρόπο, συνέβαλε σημαντικά στην άρση παρανοήσεων αλλά και τη ανάπτυξη δεξιοτήτων όπως είναι αυτές της κριτικής σκέψης (C.Th), της συνεργασίας (Coll), της επικοινωνίας (Com), αλλά και του τεχνολογικού γραμματισμού (T.Lit). Ο πίνακας 2 καταγράφει τις δεξιότητες που ανέπτυξαν οι μαθητές κατά τις φάσεις των δραστηριοτήτων κατά τις οποίες αλληλεπίδρασαν με ψηφιακά και μεικτά μαθησιακά περιβάλλοντα.

Συμπεράσματα

Καινοτομία αλλά ταυτόχρονα και φιλοδοξία της παρούσας έρευνας αποτελεί η εφαρμογή της οριζόντιας διεπιστημονικής προσέγγισης (Ο.Δ.Π.) της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών να πραγματοποιηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να προκαλέσει το ενδιαφέρον των μαθητών, να εκμεταλλευτεί τον έμφυτο ενθουσιασμό τους και τις προσωπικές τους εμπειρίες. Γίνεται εστίαση στη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων κατά την εμπλοκή των μαθητών σε αυθεντικό πλαίσιο που θα συνδέει την πρόκληση του ενδιαφέροντος, με την κατάκτηση της γνώσης και την καλλιέργεια της επικοινωνιακής ικανότητας κατά τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις, με στόχο την καλλιέργεια διερευνητικών δεξιοτήτων. Η επιλογή μιας προσέγγισης η οποία ενισχύει την οριζόντια διερεύνηση φαινομένων και εννοιών, βασίζεται στην ενσωμάτωση σύγχρονων θεωρητικών πλαισίων όπως είναι τα επιστημονικά πρότυπα νέας γενιάς, τα σύγχρονα πλαίσια ανάπτυξης δεξιοτήτων και λαμβάνει υπόψη τις σύγχρονες

τάσεις γύρω από τη διδασκαλία των Φ.Ε., θέτει ισχυρά θεμέλια προς την ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών και την οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης. Μέσα από ένα πλαίσιο που βασίζεται στις παραπάνω αρχές, οι επιστήμονες του αύριο θα αποκτήσουν το υπόβαθρο να διεξάγουν έρευνες μικρής ή μεγάλης κλίμακας, να συλλέγουν και να αναλύουν δεδομένα, να αξιοποιούν ή /και να δημιουργούν μοντέλα, να κατασκευάζουν εξηγήσεις και να επιχειρηματολογούν υπέρ αυτών. Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν αναφορικά με τις δεξιότητες αναπτύσσουν οι μαθητές κατά την εμπλοκή τους σε μια Ο.Δ.Π. φαινομένων και εννοιών και το πώς αυτές συνέβαλαν στην ενίσχυση του ενδιαφέροντος τους για τις Φ.Ε. και την οικοδόμηση επιστημονικής γνώσης, είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά. Μέσα από την ενεργό εμπλοκή τους οι μαθητές ανέπτυξαν δεξιότητες επικοινωνίας, συνεργασίας και ανάπτυξης κριτικής σκέψης, ενώ σε μεγάλο βαθμό ανέπτυξαν δεξιότητες που σχετίζονται με την αναζήτηση, λήψη, τη διαχείριση και την αξιολόγηση πληροφοριών καθώς με την ανάλυση των μέσων. Δεξιότητες αποτελεσματικής αξιοποίησης και εφαρμογής της τεχνολογίας ανέπτυξαν κυρίως κατά την αλληλεπίδρασή τους με ψηφιακά και μεικτά μαθησιακά περιβάλλοντα. Η Ο.Δ.Π. της γνώσης δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να συνδυάσουν έννοιες και δεδομένα από όλα τα επιστημονικά πεδία κάτι το οποίο οδηγεί σε βαθύτερη κατανόηση των φαινομένων, τη διασαφήνιση εναλλακτικών αντιλήψεων και συμβάλλει στην αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση πολύπλοκων προβλημάτων.

Η ενσωμάτωση ψηφιακών και μικτών περιβαλλόντων, όπως προσομοιώσεις, μικρόκοσμοι, πειραματικές ρομποτικές διατάξεις και ψηφιακά παιχνίδια, σε επιλεγμένες φάσεις έχουν τη δυνατότητα να ενισχύσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για τη μελέτη φαινομένων που σχετίζονται με τις Φ.Ε. και να συμβάλουν στην οικοδόμηση επιστημονικής γνώσης και την άρση παρανοήσεων, ειδικά σε περιπτώσεις φαινομένων που ξεφεύγουν από την άμεση παρατήρηση τους. Ωστόσο, τα αποτελέσματα της έρευνας δεν μπορούν να γενικευτούν λόγω του μικρού μεγέθους του δείγματος αλλά και του γεγονότος ότι η μελέτη αφορά μια συγκεκριμένη διάσταση στον τομέα των Φ.Ε. όπως η εξερεύνηση του διαστήματος και η δημιουργία αποικιών. Στις αδυναμίες της έρευνας αναφέρουμε το γεγονός ότι η μελέτη πραγματοποιήθηκε στη σχολική μονάδα στην οποία ο ερευνητής εργάζεται ως εκπαιδευτικός. Στην επιλογή όμως αυτή οδηγηθήκαμε για δύο βασικούς λόγους. Ο πρώτος ήταν η πανδημία του Κορωνοϊού. Η έρευνα λόγω της φύσης της δεν ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθεί εξ' αποστάσεως και εξαιτίας υγειονομικών περιορισμών δεν ήταν εύκολο να επιτραπεί η διεξαγωγή της σε άλλες σχολικές μονάδες για τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα. Ο δεύτερος λόγος σχετίζεται με το γεγονός η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε αμιγή τμήματα και όχι σε ομίλους μαθητών. Για αυτό έπρεπε να πραγματοποιηθεί εντός σχολικού ωραρίου (λόγω εξωσχολικών υποχρεώσεων των μαθητών). Προτείνεται η περαιτέρω διερεύνηση της έτσι ώστε να συλλεχθούν δεδομένα από ένα μεγαλύτερο δείγμα μαθητών και σε άλλες σχολικές μονάδες με την ίδια ή άλλη θεματική. Για την πληρότητα της μελέτης προτείνεται η εφαρμογή της και σε άλλες βαθμίδες της εκπαίδευσης, όπως είναι οι δύο τελευταίες τάξεις της πρωτοβάθμιας και το Λύκειο. Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η ευρύτερη, αλλά στοχευμένη, ενσωμάτωση και αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών για την πραγματοποίηση επιστημονικών πειραμάτων και τη διερεύνηση εννοιών των Φ.Ε. Ενδεικτικά αναφέρουμε τα κυβερνοφυσικά συστήματα (Komninos et al. 2022), εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης, καθώς και σύγχρονες ρομποτικές διατάξεις με αισθητήρες και λογισμικά τα οποία έχουν τις προδιαγραφές να συμβάλουν στην καλύτερη αναπαράσταση και απεικόνιση φαινομένων και εννοιών οι οποίες δεν είναι δυνατόν να αναπαρασταθούν με διαφορετικό τρόπο μέσα στη σχολική τάξη.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Afari, E., & Khine. M. S. (2017). 'Robotics as an Educational Tool: Impact of Lego Mindstorms'. *International Journal of Information and Education Technology*, 7(6), 437–42. doi: 10.18178/ijiet.2017.7.6.908.
- Anderson, D.L., Fisher, K.M., & Norman, G.J. (2002). Development and evaluation of the conceptual inventory of natural science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 952–978.
- Asimakopoulos Z., & Smyrniou Z. (2024). A horizontal Cross-disciplinary approach to science teaching using digital and blended learning environments. In the Proceedings of the 8th International Technology, Education and Development Conference. pp: 3999-4007. INTED2024. Valencia (Spain) - 4th, 5th and 6th of March, 2024. ISBN: 978-84-09-59215-9 doi:10.21125/inted.2024.1028
- Bakker, A. (2018). What is design research in education? In *Design Research in Education* (pp. 3-22). Routledge.
- Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11(5), 502-513.
- Bolat, A., Aydoğdu, R. Ü., Uluçınar Sağır, Ş., & Değirmenci, S. (2014). 5. Sınıf öğrencilerinin güneş, dünya ve ay kavramları hakkındaki kavram yanlışlarının tespit edilmesi. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 218-229.
- Borda, E., Haskell, T., & Boudreaux, A. (2022). Cross-Disciplinary Learning. A Framework for Assessing Application of Concepts Across Science Disciplines. *Journal of College Science Teaching – September/October 2022*, 52(1).
- May, B. K., Wendt, J. L., & Barthlow, M. J. (2022). A comparison of students' interest in STEM across science standard types. *Social Sciences & Humanities Open*, 6(1), 100287, ISSN 2590-2911, <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2022.100287>
- Care, E., Griffin, P., & Wilson, M. (2018). *Assessment and Teaching of 21st Century Skills: Research and Applications*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-65368-6>
- Chatzopoulos, A., Kalogiannakis, M., Papoutsidakis, M., Psycharis, S., & Papachristos, D. (2020). Measuring the Impact on Student's Computational Thinking Skills Through STEM and Educational Robotics Project Implementation. In M. Kalogiannakis & S. Papadakis (Eds.), *Handbook of Research on Tools for Teaching Computational Thinking in P-12 Education* (pp. 238-288). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4576-8.ch010>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2008). *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας*. Εκδόσεις: Μεταίχμιο.
- Cox, M., Steegen, A., & De Cock, M. (2016). How aware are teachers of students' misconceptions in astronomy? A qualitative analysis in Belgium. *Science Education International*, 27(2), 277–300.
- Ekiz, D. & Akbaş, Y. (2005). 6th grade students' level of understanding and misconceptions about astronomy concepts. *Milli Eğitim Dergisi*, 165, 61-78.
- Gorecek Baybars, M., & Can, S. (2018). Middle School Students' Misconceptions about the Concepts of Astronomy. *International Education Studies*, 11(11), 34. <https://doi.org/10.5539/ies.v11n11p34>
- Gutt, J., Isla, E., Bertler, N., Bodeker, G.E., Bracegirdle, T., Cavanagh, R.D., Comiso, J., Convey, P., Cummings, V., Conto, R., Master, D., di Prisco, G., d'Ovidio, F., Griffiths, H., Khan, A., López-Martínez, J., Murray, A., Nielsen, U., Ott, S., & Xavier, J. (2017). Cross-disciplinarity in the advance of Antarctic ecosystem research. *Marine Genomics*, 37, 10.1016.
- Hurd J. (2013). Lack of interest in science is hurting the economy. Retrieved November 4, 2013 from <http://thevarsity.ca/2013/11/04/lack-of-interest-in-science-is-hurting-the-economy/>
- Kapici, H. O., Akçay, H., & de Jong, T. (2019). Using hands-on and virtual laboratories alone or together—which works better for acquiring knowledge and skills?. *Journal of science education and technology*, 28(3), 231-250. doi: 10.1007/s10956-018-9762-0.
- Komninos, T., Paraskevas, M., Smyrniou, Z., & Serpanos, D. (2022). Cyberphysical Systems in K-12 Education. *Computer*, 55(5), 81-84. doi: 10.1109/MC.2022.3158165.
- Koper, R. (2014). Conditions for effective smart learning environments. *Smart Learning Environments*, 1, 1-17. <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0005-4>
- Komis, V., Romero, M., Misirli, A. (2017). A Scenario-Based Approach for Designing Educational Robotics Activities for Co-creative Problem Solving. In D. Alimisis et al. (eds.), *Educational Robotics in the Makers Era, Advances in Intelligent Systems and Computing* (pp. 158 – 169). Springer International Publishing AG. doi: 10.1007/978-3-319-55553-9_12

- Korkmaz, O. (2016). The effect of scratch-and lego mindstorms Ev3-Based programming activities on academic achievement, problem-solving skills and logical-mathematical thinking skills of students. *MOJES: Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, 4(3), 73-88.
- Korur, F. (2015). Exploring seventh-grade students' and pre-service science teachers' misconceptions in astronomical concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(5), 1041-1060.
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2018). *Conducting educational design research*. UK: Routledge.
- Mereli, A., Niki, E., Psycharis, S., Drinia, H., Antonarakou, M., & Maria, T. (2023). Education of students from Greek schools regarding natural disasters through STEAM. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(8), em2314. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13437>
- National Research Council. (2012a). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. Washington, DC: The National Academies.
- National Research Council. (2012b). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies.
- OECD (2023), PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education, PISA, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Olympiou, G., & Zacharia, Z. C. (2014). Blending physical and virtual manipulatives in physics laboratory experimentation. In *Topics and trends in current science education: 9th ESERA conference selected contributions* (pp. 419-433). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Olympiou, G. & Zacharia, Z. C. (2018). Examining Students' Actions While Experimenting with a Blended Combination of Physical and Virtual Manipulatives in Physics. In A. Mikropoulos (Ed.) *Research on e-Learning and ICT in Education: Technological, Pedagogical and Instructional Perspectives*. Springer.
- Partnership for 21st Century Learning (2019). *Framework for 21st Network Definitions*. Battelle for Kids.
- Plummer, J. D., & Krajcik, J. S. (2010). Building a learning progression for celestial motion: Elementary levels from an Earth-based perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 768-787.
- Potvin, P. & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85-129. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>
- Putri, F. E., Hermita, N., Zufriady, Z., & Tanu Wijaya, T. (2021). Identifying Sixth Grade Students' Misconceptions on Solar System. *Journal of teaching and learning in elementary education (JTLEE)*, 4(1), 64. <https://doi.org/10.33578/jtlee.v4i1.7857>
- Slater E. V., Morris J. E. & McKinnon D. (2018) Astronomy alternative conceptions in pre-adolescent students in Western Australia. *International Journal of Science Education*, 40(17), 2158-2180, DOI: 10.1080/09500693.2018.1522014
- Smyrniou, Z., & Weil-Barais, A. (2005). Évaluation cognitive d'un logiciel de modélisation auprès d'élèves de collège/A Cognitive Analysis of Simulation Software Used by 13-15 Year Old Pupils. *Didaskalia*, 27(1), 133-149.
- Tezer, E. Y. (2022). *Middle school students' misconceptions about astronomy. Concepts and their attitudes towards astronomy*. [Master thesis]. Middle East Technical University.
- Theodoropoulou, I., Lavidas, K., & Komis, V. (2023). Results and prospects from the utilization of Educational Robotics in Greek Schools. *Technology, Knowledge and Learning*, 28(1), 225-240. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09555-w>
- Trumper, R. (2000). University students' conceptions of basic astronomy concepts. *Physics Education*, 35(1), 9-15.
- Trundle, C., Troland, H., & Pritchard, G. (2008). Representations of the moon in children's literature: An analysis of written and visual text. *Journal of Elementary Science Education*, 20(1), 17-28.
- Usengül, L., & Bahçeci, F. (2020). The Effect of LEGO WeDo 2.0 Education on Academic Achievement and Attitudes and Computational Thinking Skills of Learners toward Science. *World Journal of Education*, 10(4), 83-93. doi: 10.5430/wje.v10n4p83
- Voulgari, I., Lavidas, K., & Komis, V. (2023). Digital Games as Learning Tools: Mapping the Perspectives and Experience of Student Teachers in Greek Universities. In Bratitsis, T. (eds), *Research on E-Learning and ICT in Education* (pp. 21-38). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-34291-2_2
- Wiebe, E., Unfried, A., & Faber, M. (2018). The relationship of STEM attitudes and career interest. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(10), 1-17.

- Zacharia, Z., Papaevripidou, M. & Pavlou, I. (2019). Could simulations replace physical manipulatives in early science education?. In G. Marks (Ed.), *Proceedings of Global Learn 2019-Global Conference on Learning and Technology* (pp. 214-223). Princeton-Mercer, New Jersey: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Zourmpakis, A. I., Kalogiannakis, M., & Papadakis, S. (2023). Adaptive gamification in science education: An analysis of the impact of implementation and adapted game elements on students' motivation. *Computers*, 12(7), 143. doi.org/10.3390/computers12070143
- Ασημακόπουλος, Ζ. (2024). Οριζόντια διεπιστημονική προσέγγιση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με αξιοποίηση ψηφιακών και μεικτών μαθησιακών περιβαλλόντων. [Διδακτορική Διατριβή] ΠΤΔΕ – ΕΚΠΑ. doi 10.12681/eadd/56328
- Σμυρναιίου Ζ. (2007): *Εκπαίδευση και τεχνολογία: Εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας και των επικοινωνιών στην εκπαίδευση*. Ηρόδοτος: Αθήνα
- Σοφιανοπούλου, Χ., Εμβαλωτής, Α., Πίτσια, Β. & Καρακολίδης, Α. (2017). *Έκθεση αποτελεσμάτων του διεθνούς προγράμματος PISA 2015 για την αξιολόγηση των μαθητών στην Ελλάδα*. Αθήνα: Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΙΕΠ). ISBN:978-618-5324-05-6.