

## Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2023)

13ο Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»



Συμβάλλουν οι τεχνολογίες εμπύθισης στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες κατά τη διερευνητική μάθηση; Μια βιβλιογραφική ανασκόπηση

Δημήτριος Μπέκος, Αναστάσιος Μικρόπουλος

# Συμβάλλουν οι τεχνολογίες εμπύθισης στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες κατά τη διερευνητική μάθηση; Μια βιβλιογραφική ανασκόπηση

Δημήτριος Μπέκος, Αναστάσιος Μικρόπουλος

dim.bekos93@gmail.com, amikrop@uoi.gr,

Εργαστήριο Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

## Περίληψη

Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση αφορά τη διερεύνηση της συμβολής της διερευνητικής μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες με τη χρήση Εικονικής Πραγματικότητας (VR) ή Επαυξημένης πραγματικότητας (AR). Η μελέτη βασίζεται σε 39 εμπειρικές μελέτες που εντοπίστηκαν στις ακαδημαϊκές βάσεις δεδομένων Scopus, Eric, IEEE, ACM, JSTOR, Wilson-Web, MIT-PRESS, Elsevier, Wiley και στη μηχανή αναζήτησης Google Scholar. Αναδεικνύεται ότι η διερευνητική μάθηση συνεισφέρει σε θετικά γνωστικά και συναισθηματικά μαθησιακά αποτελέσματα ανεξάρτητα από τον τύπο της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται, παρότι διαφαίνεται ότι το 30% των μελετών δεν ακολουθεί έναν συγκεκριμένο τύπο διερευνητικής μάθησης. Η κριτική θεώρηση των αποτελεσμάτων αναδεικνύει επίσης ότι ο τύπος της διερευνητικής μάθησης επηρεάζει τα μαθησιακά αποτελέσματα χωρίς όμως να προκόπτει ασφαλές συμπέρασμα από τις 39 μελέτες.

**Λέξεις κλειδιά:** Διερευνητική μάθηση, Εικονική Πραγματικότητα, Επαυξημένη Πραγματικότητα

## Εισαγωγή

Το διδακτικό μοντέλο της διερευνητικής μάθησης αναφέρεται στην ανάπτυξη διδακτικών καταστάσεων στις οποίες οι εκπαιδευόμενοι καλούνται να παρατηρήσουν και να προβληματιστούν με φαινόμενα, να δώσουν εξηγήσεις, να επινοήσουν και να διεξάγουν πραγματικά ή εικονικά πειράματα για να υποστηρίξουν ή να αντικρούσουν τις θεωρίες τους (Hattie, 2009). Οι τέσσερις συνήθεις τύποι της διερευνητικής μάθησης, - επιβεβαιωτική, δομημένη, καθοδηγούμενη, και ελεύθερη (Banchi & Bell, 2008) - ενδεικνύονται και χρησιμοποιούνται σε διδακτικές παρεμβάσεις στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ).

Με την ένταξη της ψηφιακής τεχνολογίας στη διδακτική πράξη και την εκπαιδευτική έρευνα, η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες εμπλουτίστηκε από ποικίλες υλοποιήσεις της, με πλέον πρόσφατες τις τεχνολογίες εμπύθισης, κυρίως την Εικονική Πραγματικότητα (Virtual Reality, VR) και την Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality, AR).

Οι Matonu et al. (2023) προτείνουν θέματα σχεδιασμού, ένταξης και αξιολόγησης της VR για την εκπαίδευση στις ΦΕ, χωρίς όμως να αναδεικνύουν κάποιο διδακτικό μοντέλο. Οι Cheng & Tsai (2013) αναδεικνύουν μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης τη θετική συμβολή της AR στην εκπαίδευση στις ΦΕ, επίσης χωρίς να αναδεικνύεται η συμβολή κάποιου συγκεκριμένου διδακτικού μοντέλου. Επιπλέον, οι Arici et al. (2019), μέσω της βιβλιογραφικής ανάλυσης τους, εντοπίζουν θετικά γνωστικά και συναισθηματικά αποτελέσματα κατά την αξιοποίηση της AR στην εκπαίδευση στις ΦΕ, χωρίς ούτε σε αυτή την περίπτωση να αναδεικνύεται συγκεκριμένο διδακτικό μοντέλο.

Με βάση τη διαπίστωση έλλειψης συγκεκριμένου διδακτικού σχεδιασμού στην εκπαίδευση στις ΦΕ με χρήση τεχνολογιών και συγκεκριμένα VR και AR, σκοπός της παρούσας

συστηματικής ανασκόπησης είναι η διερεύνηση της συμβολής της διερευνητικής μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες με τη χρήση αυτών των τεχνολογιών. Τα ερευνητικά ερωτήματα συγκροτούνται ως εξής:

1. Ακολουθείται το μοντέλο της διερευνητικής μάθησης κατά τη σχεδίαση και υλοποίηση διδακτικών παρεμβάσεων;
2. Επηρεάζει ο τύπος της διερευνητικής μάθησης τα μαθησιακά αποτελέσματα;
3. Επηρεάζει ο τύπος της τεχνολογίας τα μαθησιακά αποτελέσματα;

## Μεθοδολογία

### Αναζήτηση πηγών

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για την συστηματική ανασκόπηση είναι ο εξής: ((Augmented reality OR Virtual reality) AND (Inquiry-based learning OR Inquiry learning)). Οι βάσεις δεδομένων στις οποίες πραγματοποιήθηκε η αναζήτηση είναι οι Scopus, Eric, IEEE, ACM, JSTOR, Wilson-Web, MIT-PRESS, Elsevier, Wiley και Google Scholar. Ακολουθήθηκε το ενημερωμένο μοντέλο για συστηματικές ανασκοπήσεις Prisma (Page et al., 2021).

Οι μελέτες που έγιναν αποδεκτές για την παρούσα συστηματική ανασκόπηση χρησιμοποιούν AR ή VR, εφαρμόζουν διερευνητική μάθηση, αφορούν κάποια από τις ΦΕ και παρουσιάζουν εμπειρικά δεδομένα ανεξάρτητα από την ηλικία του δείγματος. Μελέτες που δεν πληρούν τα παραπάνω κριτήρια απορρίφθηκαν, όπως επίσης και αυτές που δεν είναι γραμμένες στην Αγγλική γλώσσα, καθώς και μελέτες στις οποίες δεν υπάρχει πρόσβαση. Για την αποδοχή μιας μελέτης δεν εφαρμόστηκε χρονικός περιορισμός δημοσίευσης.

Ο αλγόριθμος επέστρεψε 271 εγγραφές στις 10 διαφορετικές βάσεις δεδομένων οι οποίες σε συνδυασμό με έξι άρθρα-προτάσεις αποτελούν ένα σύνολο 277 εγγραφών. Ύστερα από την αφαίρεση διπλότυπων, ξενόγλωσσων, εγγραφών που δεν αποτελούν άρθρα σε περιοδικά ή πρακτικά συνέδριων και μελέτες στις οποίες δεν υπάρχει πρόσβαση, απομένουν 142 εργασίες. Μετά την απόρριψη εργασιών που δεν είναι εμπειρικές μελέτες, δεν εμπεριέχουν τεχνολογίες εμπύθισης και διερευνητική μάθηση, δεν αφορούν κάποια από τις ΦΕ ή είναι αναδημοσιευμένες μελέτες σε διαφορετικά συνέδρια ή περιοδικά από την αρχική μελέτη, η ανασκόπηση κατέληξε σε 39 εργασίες προς εξέταση.

### Αποτελέσματα και συζήτηση

Στις μελέτες ενδιαφέροντος καταγράφηκε η χρήση του τύπου διερευνητικής μάθησης, το επιστημονικό περιεχόμενο, οι ερευνητικοί άξονες, ο τύπος της εμπειρικής μελέτης, η τεχνολογία εμπύθισης που χρησιμοποιείται, το τεχνολογικό της μέσο και τα γνωστικά και συναισθηματικά αποτελέσματα της. Σε περιπτώσεις που υπάρχουν ομάδες συμμετεχόντων, αυτές εντοπίζονται και σημειώνονται. Οι 39 μελέτες απαρτίζουν τρεις κατηγορίες.

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις 18 μελέτες στις οποίες η διερευνητική μάθηση με τη χρήση μιας τεχνολογίας δεν συγκρίνεται με άλλο διδακτικό μοντέλο ή άλλη τεχνολογία (Erlandson et al., 2010; Cai et al., 2014; Geelan & Fan, 2014; Boonterng & Srisawasdi, 2015; Hong et al., 2017; Umer et al., 2017; Abd Majid & Abd Majid, 2018; Metcalf et al., 2018; Lin & Zhu, 2019; Kyza & Georgiou, 2019; Petersen et al., 2020; Abdusselam & Kilis, 2021; Georgiou et al., 2021; Ting et al., 2021; Cai et al., 2022; Lin et al., 2022; Liu et al., 2022; Jiao et al., 2022). Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι μελέτες των Abd Majid & Abd Majid (2018) και Umer et al. (2019), στις οποίες οι εκπαιδευόμενοι αξιολογούν το σύστημα που χρησιμοποίησαν. Ένα ακόμη παράδειγμα είναι η μελέτη των Georgiou et al. (2021) κατά την οποία αντλούνται στοιχεία πριν και μετά τη χρήση του συστήματος από το δείγμα. Τέλος,

εντάσσονται και μελέτες που χωρίζουν το δείγμα ως προς κάτι διαφορετικό από την τεχνολογία ή το διδακτικό μοντέλο, όπως για παράδειγμα τον τρόπο επικοινωνίας μεταξύ των ομάδων των συμμετεχόντων (Erlandson et al., 2010).

Στη δεύτερη κατηγορία μελετών εντάσσονται επτά μελέτες στις οποίες η διερευνητική μάθηση με χρήση κάποιας τεχνολογίας συγκρίνεται με άλλες «παραδοσιακές» διδακτικές μεθόδους χωρίς τη χρήση της τεχνολογίας ή συγκρίνεται με άλλη τεχνολογία χωρίς τη χρήση διερευνητικής μάθησης (Wongwatkit et al., 2015; Van der Linden & Van Joolingen, 2016; Prammanee & Pasawano, 2018; Jong et al., 2020; Ou et al., 2021; Pang, 2021; Wu et al., 2021). Ως εκ τούτου, δεν γίνεται σαφές εάν τα εμπειρικά δεδομένα οφείλονται στη συμβολή της διερευνητικής μάθησης ή της τεχνολογίας. Παράδειγμα αποτελεί η μελέτη των Van der Linden & Van Joolingen (2016) στην οποία οι συμμετέχοντες χωρίζονται στην ομάδα διερευνητικής μάθησης με χρήση AR και στην ομάδα παραδοσιακής διδασκαλίας χωρίς AR.

Τέλος, στην τρίτη κατηγορία εντάσσονται 14 έρευνες στις οποίες η διερευνητική μάθηση με τη χρήση τεχνολογίας συγκρίνεται είτε με διερευνητική μάθηση χωρίς ή με άλλη τεχνολογία, είτε με την ίδια τεχνολογία χωρίς τη διερεύνηση ή άλλο διδακτικό μοντέλο (Wang et al., 2012; Pyat & Sims, 2012; Fleck & Simon, 2013; Chiang et al., 2014; Peltekova et al., 2019; Radu & Schneider, 2019; McNeal et al., 2020; Kapp et al., 2020; Tarng et al., 2021; Cai et al., 2021; Makransky & Mayer, 2022; Lai et al., 2022; Wen et al., 2022; Radu et al., 2023). Ουσιαστικά, σε αυτή την κατηγορία μελετών η μεταβλητή είναι είτε το διδακτικό μοντέλο είτε η τεχνολογία που χρησιμοποιείται και γίνεται σαφές τι από τα δύο επηρεάζει τα αποτελέσματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μελέτη των Tarng et al. (2021) στην οποία η μία ομάδα συμμετεχόντων εκτελεί ένα πραγματικό πείραμα και χρησιμοποιεί τη διερευνητική μάθηση, ενώ η άλλη ομάδα κάνει χρήση AR με το μοντέλο της διερευνητικής μάθησης.

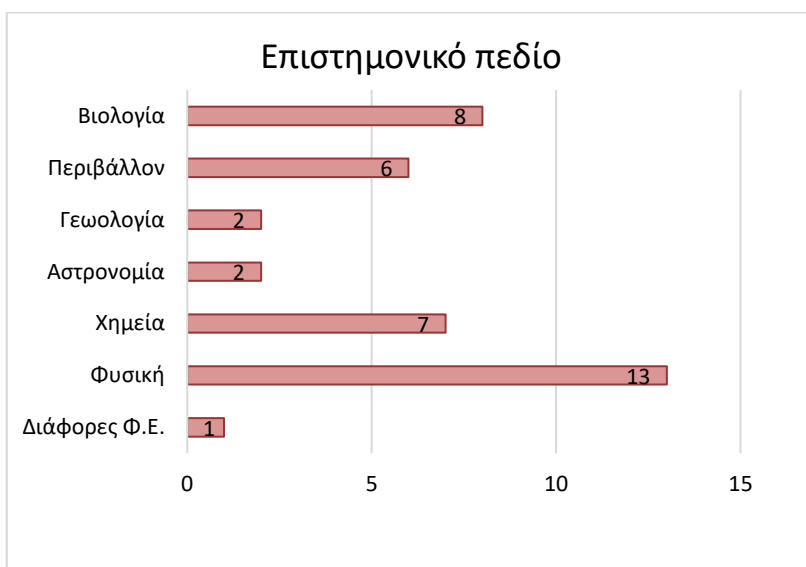
Στον Πίνακα 1 γίνεται γνωστό πόσες μελέτες χρησιμοποιούν την κάθε τεχνολογία σε συνδυασμό με τον τύπο διερευνητικής μάθησης. Την τεχνολογία VR την χρησιμοποιούν 19 μελέτες (VR Desktop - 9, VR Mobile -3, VR Semi immersive - 1, VR Immersive - 7). Την τεχνολογία AR την χρησιμοποιούν 25 μελέτες (AR Mobile - 22, AR Head-mounted device - 3). Υπάρχουν τέσσερις έρευνες (Wang et al., 2012; Chiang et al., 2014; Cai et al., 2021; Lai et al., 2022) που χρησιμοποιούν δύο τεχνολογίες στην ίδια μελέτη και είναι τοποθετημένες σε παρένθεση. Για παράδειγμα, στην καθοδηγούμενη μάθηση υπάρχουν δύο μελέτες που χρησιμοποιούν VR Desktop, εκ των οποίων η μία χρησιμοποιεί και κάποια άλλη τεχνολογία στην ίδια μελέτη.

Προκύπτει πως στις 27 από τις 39 μελέτες, οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι ακολουθούν έναν τύπο διερευνητικής μάθησης με συγκεκριμένα βήματα ή περιγράφουν τα βήματα της διερευνητικής μάθησης και συμπεραίνεται ο τύπος διερευνητικής μάθησης που ακολουθείται. Στις υπόλοιπες μελέτες οι ερευνητές δεν αναφέρονται οι ίδιοι στη διερευνητική μάθηση αναλυτικά, αλλά ούτε και στα βήματα που ακολούθησαν. Σε μία από τις 39 μελέτες συναντάται η επιβεβαιωτική διερεύνηση. Η δομημένη διερεύνηση χρησιμοποιείται συχνά καθώς απαντάται σε 10 μελέτες. Επιπλέον, η καθοδηγούμενη διερεύνηση συναντάται σε 12 μελέτες. Τέλος, έξι είναι οι μελέτες που χρησιμοποιούν την ελεύθερη διερεύνηση. Αξιοσημείωτο είναι πως στη μελέτη των McNeal et al. (2020) χρησιμοποιούνται τρεις διαφορετικοί τύποι διερεύνησης.

Πίνακας 1. Τύποι και τεχνολογίες μελετών

Τύπος	VR Desktop	- VR Mobile	VR - Semi immersive	VR immersive	- AR mobile	AR - HMD	Σύνολο
Κανένας	2	1	1	2	5	1	12
Επιβεβαιωτική	0	0	0	0	1	0	1
Δομημένη	2	0	0	3	5	0	10
Καθοδηγούμενη	3(1)	2(2)	0	1(1)	9(2)	1	12
Ελεύθερη	2	0	0	1	2	1	6
<b>Σύνολο</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>22</b>	<b>3</b>	<b>-</b>

Στο Σχήμα 1 αποτυπώνεται το επιστημονικό πεδίο που προσεγγίζει κάθε έρευνα με τις περισσότερες από αυτές να αφορούν το πεδίο της Φυσικής.



Σχήμα 1. Επιστημονικά πεδία μελετών

Στις μελέτες που ο συνδυασμός διερευνητικής μάθησης και VR ή AR δε συγκρίνεται με κάτι άλλο, όταν αναφέρονται γνωστικά ή συναισθηματικά αποτελέσματα, αυτά έχουν θετικό πρόσημο. Τα στοιχεία αυτά προκύπτουν από αξιολογήσεις μαθητών ή και από την επίδοσή τους πριν και μετά τη χρήση του συστήματος. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι όμως πως στις εννέα από τις 18 αυτής της κατηγορίας μελετών δε σημειώνονται αποτελέσματα γνωστικού ή συναισθηματικού τύπου. Επιπλέον, σε όλες τις μελέτες που ο συνδυασμός διερευνητικής μάθησης με την τεχνολογία αποτελεί συνδυαστικά μία μεταβλητή και συγκρίνεται με άλλο διδακτικό μοντέλο ή/και άλλη τεχνολογία, αναφέρονται μαθησιακά αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, και οι επτά αυτές μελέτες τονίζουν την υπεροχή της διερευνητικής μάθησης με τη χρήση μιας τεχνολογίας, σε γνωστικό ή σε συναισθηματικό επίπεδο, με εξαίρεση την μελέτη των Van der Linden & Van Joolingen (2016), που δεν εντοπίζουν γνωστικές διαφορές μεταξύ διερευνητικής μάθησης και VR σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία. Όμως, αυτές οι δύο κατηγορίες μελετών δεν κάνουν σαφές ποιος παράγοντας είναι αυτός που παράγει τα θετικά

μαθησιακά αποτελέσματα, καθώς δεν χρησιμοποιεί ως ξεχωριστή μεταβλητή τη χρήση τεχνολογίας από αυτή του διδακτικού μοντέλου.

Οι μελέτες οι οποίες έχουν ως μεταβλητή το διδακτικό μοντέλο ή τη χρήση τεχνολογίας είναι αυτές από τις οποίες μπορεί να βγει συμπέρασμα για τον παράγοντα ο οποίος επηρεάζει τα μαθησιακά αποτελέσματα. Σε αυτή την κατηγορία μελετών εντοπίζονται συνολικά 14 έρευνες.

Αρχικά, οι έξι από αυτές θέτουν ως μεταβλητή τη χρήση AR, ενώ κρατούν σταθερή τη χρήση διερευνητικής μάθησης μεταξύ των ομάδων. Οι έρευνες των Fleck & Simon (2013), Tarnig et al. (2021) και Wen et al. (2022) συγκρίνουν τη χρήση διερευνητικής μάθησης σε συνδυασμό με AR ή σε συνδυασμό με φυσικό μοντέλο/πείραμα, ενώ οι Makransky & Mayer (2022) σε συνδυασμό με παρουσίαση βίντεο. Ακόμη, οι Radu et al. (2023) χρησιμοποιούν στη μία ομάδα μερικώς AR και στην άλλη πλήρως, όπως κάνουν και οι Radu & Schneider (2019), άλλα έχοντας τέσσερις διαφορετικές χρήσεις της AR (καθόλου επαυξήσεις - μόνο τις επαυξήσεις μειζονος σημασίας κατά τη χρήση - όλες τις επαυξήσεις σταδιακά κατά τη χρήση - όλες τις επαυξήσεις εξ αρχής κατά τη χρήση). Στις έρευνες των Fleck & Simon (2013), Makransky & Mayer (2022) και Radu et al. (2023) είναι ευδιάκριτα θετικότερα τα γνωστικά αποτελέσματα των ομάδων AR, ενώ οι Tarnig et al. (2021) τα εντοπίζουν μόνο για μαθητές χαμηλού επιπέδου. Επιπρόσθετα, οι Radu & Schneider (2019) εντοπίζουν ορισμένα θετικά γνωστικά αποτελέσματα στις ομάδες AR, ενώ κάποια άλλα στην ομάδα χωρίς AR. Τέλος, στην έρευνα των Wen et al. (2022) δεν εντοπίζονται γνωστικές διαφορές μεταξύ των ομάδων. Στα συναισθηματικά αποτελέσματα, εντοπίζονται θετικότερα για τις ομάδες με AR στις μελέτες των Fleck & Simon (2013), Tarnig et al. (2021) και Makransky & Mayer (2022), με τους Radu & Schneider (2019) να μην εντοπίζουν διαφορές και τους Wen et al. (2022) και τους Radu et al. (2023) να μην παραθέτουν στοιχεία.

Εν συνεχεία, υπάρχουν τέσσερις μελέτες που θέτουν ως μεταβλητή την VR και κρατούν σταθερή τη χρήση διερευνητικής μάθησης μεταξύ των ομάδων. Οι Pyat & Sims (2012) και Peltekova et al. (2019) συγκρίνουν τη χρήση διερευνητικής μάθησης σε συνδυασμό με VR ή σε συνδυασμό με φυσικό μοντέλο/πείραμα, ενώ οι Kapp et al. (2020) σε συνδυασμό με οπτικοποιήσεις. Ακόμη, οι Lai et al. (2022) συγκρίνουν δύο διαφορετικούς τύπους VR (εμβύθισης και επιτραπέζια) και θέτουν μία τρίτη ομάδα παρατήρησης. Οι Pyat & Sims (2012), Peltekova et al. (2019) και οι Lai et al. (2022) εντοπίζουν θετικότερα γνωστικά αποτελέσματα στις ομάδες VR, ενώ στην μελέτη των Kapp et al. (2020) δεν εντοπίζονται διαφορές. Από τις τέσσερις μελέτες μόνο σε αυτή των Pyat & Sims (2012) γίνεται αναφορά σε συναισθηματικά αποτελέσματα και αυτά είναι υπέρ της ομάδας VR.

Επιπρόσθετα, εντοπίστηκαν τρεις μελέτες που συγκρίνουν την εφαρμογή διερευνητικής μάθησης με τη χρήση AR στη μία ομάδα και με την χρήση VR στην άλλη. Από αυτές, μόνο η μελέτη των Chiang et al. (2014) σημειώνει γνωστικά και συναισθηματικά αποτελέσματα, με αυτά να είναι υπέρ της AR. Οι έρευνες των Wang et al. (2012) και Cai et al. (2021) δεν αποδίδουν τέτοια στοιχεία.

Τέλος, εντοπίζεται μόνο μία έρευνα που θέτει ως μεταβλητή το διδακτικό μοντέλο. Οι McNeal et al. (2020) χρησιμοποιούν τέσσερις διαφορετικές ομάδες εκπαιδευόμενων, ελεύθερης, καθοδηγούμενης και δομημένης διερεύνησης σε συνδυασμό με AR και μία ομάδα παραδοσιακής διδασκαλίας. Δεν παρουσιάζονται σημαντικές γνωστικές διαφορές μεταξύ των ομάδων.

## Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία διερεύνησε τη συμβολή της διερευνητικής μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες με τη χρήση VR ή AR.

Η ανασκόπηση ανέδειξε ποικίλους τύπους ερευνητικής μεθοδολογίας όσον αφορά τη μελέτη της συμβολής του διδακτικού μοντέλου ή της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας. Αξιοσημείωτο είναι ότι 12 μελέτες δεν χρησιμοποιούν κάποιον τύπο διερευνητικής μάθησης, με το συμπέρασμα που εξάγεται να είναι πως ένα σημαντικό ποσοστό των ερευνητών δεν φαίνεται να δίνει έμφαση στα βήματα της θεωρίας της διερευνητικής μάθησης. Από τις μελέτες που χρησιμοποιούν κάποιον τύπο διερευνητικής μάθησης, η καθοδηγούμενη και η δομημένη είναι δύο τύποι που επικρατούν σε σχέση με τους άλλους. Το κοινό που έχουν αυτοί οι δύο είναι πως ο εκπαιδευτικός παρέχει στους εκπαιδευόμενους το ερευνητικό ερώτημα αλλά δεν τους παρέχει τα αναμενόμενα αποτελέσματα.

Επίσης, δεν μπορεί να εξαχθεί συμπέρασμα για το εάν ο τύπος της διερεύνησης επηρεάζει τα μαθησιακά αποτελέσματα, καθώς συγκρίνονται μεταξύ τους σε μία μόλις έρευνα και αυτή δεν παρουσιάζει στατιστικούς ελέγχους (McNeal et al., 2020).

Από τα αποτελέσματα φαίνεται πως στην πλειοψηφία των περιπτώσεων είτε η χρήση VR είτε η χρήση AR επηρεάζει με θετικό τρόπο τα μαθησιακά αποτελέσματα κατά την εφαρμογή της διερευνητικής μάθησης. Στην μοναδική μελέτη που παρουσιάζει στοιχεία για σύγκριση μεταξύ των τεχνολογιών, η AR υπερτερεί αλλά δεν μπορεί να βγει ασφαλές συμπέρασμα.

Σημαντική επισημάνση αποτελεί η ανάγκη για αυστηρή ερευνητική μεθοδολογία με στόχο αξιόπιστα εμπειρικά δεδομένα για τη διερεύνηση της συμβολής της τεχνολογίας αλλά και της παιδαγωγικής προσέγγισης στην εκπαίδευση των ΦΕ με την αξιοποίηση τεχνολογιών εμπύθισης.

### **Μελλοντική έρευνα**

Η αναγκαιότητα για αυστηρή μεθοδολογία κατά τη σχεδίαση και υλοποίηση διδακτικών παρεμβάσεων που προκύπτει από την ανασκόπηση αποτελεί και τη βασική πρόταση για μελλοντική έρευνα.

### **Αναφορές**

- Abd Majid, N. A., & Abd Majid, N. (2018). Augmented reality to promote guided discovery learning for STEM learning. *Int. J. on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(4-2), 1494-1500.
- Abdusselam, M. S., & Kilis, S. (2021). Development and Evaluation of an Augmented Reality Microscope for Science Learning: A Design-Based Research. *International Journal of Technology in Education*, 4(4), 708-728.
- Arici, F., Yildirim, P., Caliklar, Ş., & Yilmaz, R. M. (2019). Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers & Education*, 142, 103647.
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and children*, 46(2), 26-29.
- Boonterng, L., & Srisawasdi, N. (2015). Monitoring gender participation with augmented reality represented chemistry phenomena and promoting critical thinking. In *Workshop Proceedings of the 23rd International Conference on Computers in Education ICCE (pp. 283-288)*. China.
- Cai, S., Wang, X., & Chiang, F. K. (2014). A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in human behavior*, 37, 31-40.
- Cai, S., Niu, X., Wen, Y., & Li, J. (2021). Interaction analysis of teachers and students in inquiry class learning based on augmented reality by iFIAS and LSA. *Interactive Learning Environments*, 1-17.
- Cai, S., Jiao, X., Li, J., Jin, P., Zhou, H., & Wang, T. (2022). Conceptions of Learning Science among Elementary School Students in AR Learning Environment: A Case Study of "The Magic Sound". *Sustainability*, 14(11), 6783.
- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of science education and technology*, 22, 449-462.
- Chiang, T. H., Yang, S. J., & Hwang, G. J. (2014). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 352-365.

- Erlandson, B. E., Nelson, B. C., & Savenye, W. C. (2010). Collaboration modality, cognitive load, and science inquiry learning in virtual inquiry environments. *Educational Technology Research and Development*, 58, 693-710.
- Fleck, S., & Simon, G. (2013). An augmented reality environment for astronomy learning in elementary grades: An exploratory study. In *Proceedings of the 25th Conference on l'Interaction Homme-Machine* (pp. 14-22).
- Geelan, D. R., & Fan, X. (2014). A Novel Instructional Sequence for Interactive Simulations (ISIS): Developing Conceptual Understanding in Physics Education in China within a Context of Curricular Reform. In *2014 International Conference of Educational Innovation through Technology* (pp. 212-219). Brisbane, Australia: IEEE.
- Georgiou, Y., Tsvitanidou, O., & Ioannou, A. (2021). Learning experience design with immersive virtual reality in physics education. *Educational Technology Research and Development*, 69(6), 3051-3080.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analysis relating to achievement*. New York, NY: Routledge.
- Hong, J. C., Hwang, M. Y., Tai, K. H., & Tsai, C. R. (2017). An exploration of students' science learning interest related to their cognitive anxiety, cognitive load, self-confidence and learning progress using inquiry-based learning with an iPad. *Research in Science Education*, 47, 1193-1212.
- Jong, M. S. Y., Tsai, C. C., Xie, H., & Kwan-Kit Wong, F. (2020). Integrating interactive learner-immersed video-based virtual reality into learning and teaching of physical geography. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2064-2079.
- Jiao, X., Liu, Z., Zhou, H., & Cai, S. (2022). The Effect of Role Assignment on Students' Collaborative Inquiry-based Learning in Augmented Reality Environment. In *2022 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)* (pp. 349-351). Bucharest, Romania: IEEE.
- Kapp, S., Thees, M., Beil, F., Weatherby, T., Burde, J. P., Wilhelm, T., & Kuhn, J. (2020). The Effects of Augmented Reality: A Comparative Study in an Undergraduate Physics Laboratory Course. In *Proceedings of the 12th International Conference on Computer Supported Education* (2) (pp. 197-206).
- Kyza, E. A., & Georgiou, Y. (2019). Scaffolding augmented reality inquiry learning: The design and investigation of the TraceReaders location-based, augmented reality platform. *Interactive Learning Environments*, 27(2), 211-225.
- Lai, T. L., Lin, Y. S., Chou, C. Y., & Yueh, H. P. (2022). Evaluation of an inquiry-based virtual lab for junior high school science classes. *Journal of Educational Computing Research*, 59(8), 1579-1600.
- Lin, X. F., Wu, Q., Shen, W., Zhu, Q., & Wang, J. (2019). Primary School Students' Science Inquiry Learning and Behavior Patterns While Exploring Augmented Reality Science Learning. In *Technology in Education: Pedagogical Innovations: 4th International Conference, ICTE 2019, Guangzhou, China, March 15-17, 2019, Revised Selected Papers 4* (pp. 79-90). Springer Singapore.
- Lin, X. F., Hwang, G. J., Wang, J., Zhou, Y., Li, W., Liu, J., & Liang, Z. M. (2022). Effects of a contextualised reflective mechanism-based augmented reality learning model on students' scientific inquiry learning performances, behavioural patterns, and higher order thinking. *Interactive Learning Environments*, 1-21.
- Liu, L., Ling, Y., Gao, Q., & Fu, Q. (2022). Supporting students' inquiry in accurate precipitation titration conditions with a virtual laboratory tool as learning scaffold. *Education for Chemical Engineers*, 38, 78-85.
- Makransky, G., & Mayer, R. E. (2022). Benefits of taking a virtual field trip in immersive virtual reality: Evidence for the immersion principle in multimedia learning. *Educational Psychology Review*, 34(3), 1771-1798.
- Matovu, H., Ungu, D. A. K., Won, M., Tsai, C. C., Treagust, D. F., Mocerino, M., & Tasker, R. (2023). Immersive virtual reality for science learning: Design, implementation, and evaluation. *Studies in Science Education*, 1-40.
- McNeal, K. S., Ryker, K., Whitmeyer, S., Giorgis, S., Atkins, R., LaDue, N., ... & Pingel, T. (2020). A multi-institutional study of inquiry-based lab activities using the Augmented Reality Sandbox: impacts on undergraduate student learning. *Journal of Geography in Higher Education*, 44(1), 85-107.
- Metcalfe, S. J., Reilly, J. M., Kamarainen, A. M., King, J., Grotzer, T. A., & Dede, C. (2018). Supports for deeper learning of inquiry-based ecosystem science in virtual environments-Comparing virtual and physical concept mapping. *Computers in Human Behavior*, 87, 459-469.



- Ou, K. L., Chu, S. T., & Tarng, W. (2021). Development of a virtual wetland ecological system using VR 360 panoramic technology for environmental education. *Land, 10*(8), 829.
- Pang, D. C. G. (2021). Immersive Virtual Reality (VR) Classroom to Enhance Learning and Increase Interest and Enjoyment in the Secondary School Science Curriculum. In *Proceedings of the International Association for Development of the Information Society (IADIS) International Conferences on Mobile Learning (17th) and Educational Technologies (8th)* (pp. 99-106).
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *International journal of surgery, 88*, 105906.
- Petersen, G. B., Klingenberg, S., Mayer, R. E., & Makransky, G. (2020). The virtual field trip: Investigating how to optimize immersive virtual learning in climate change education. *British Journal of Educational Technology, 51*(6), 2099-2115.
- Peltekova, E., Stefanova, E., & Nikolova, N. (2019). Space Safari: Challenge for STEM Rangers. In *Proceedings of the 20th International Conference on Computer Systems and Technologies* (pp. 292-298). Ruse, Bulgaria.
- Pramanee, N., & Pasawano, T. (2018). The Development of an Augmented Reality Media Using Inquiry-Based Learning on the Topic of the Force and Motion Object. *Managing Editor, 9*(2), 37.
- Pyatt, K., & Sims, R. (2012). Virtual and physical experimentation in inquiry-based science labs: Attitudes, performance and access. *Journal of Science Education and Technology, 21*, 133-147.
- Radu, I., & Schneider, B. (2019). What can we learn from augmented reality (AR)? Benefits and drawbacks of AR for inquiry-based learning of physics. In *Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1-12). Glasgow, Scotland, UK: ACM.
- Radu, I., Huang, X., Kestin, G., & Schneider, B. (2023). How augmented reality influences student learning and inquiry styles: A study of 1-1 physics remote AR tutoring. *Computers & Education: X Reality, 2*, 100011.
- Tarng, W., Lin, Y. J., & Ou, K. L. (2021). A virtual experiment for learning the principle of Daniell cell based on augmented reality. *Applied Sciences, 11*(2), 762.
- Ting, G., Jianmin, W., Yongning, Z., & Qiuyu, C. (2021, May). Research on Interaction Design of Chemical Inquiry Virtual Experiment Based on Augmented Reality Technology. In *2021 IEEE 7th International Conference on Virtual Reality (ICVR)* (pp. 340-351). Foshan, China: IEEE.
- Umer, M., Nasir, B., Khan, J. A., Ali, S., & Ahmed, S. (2017, April). MAPILS: Mobile augmented reality plant inquiry learning system. In *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1443-1449). Athens, Greece: IEEE.
- Van Der Linden, A., & Van Joolingen, W. (2016). A serious game for interactive teaching of Newton's laws. In *Proceedings of the 3rd Asia-Europe Symposium on Simulation & Serious Gaming* (pp. 165-167). Zhuhai, China.
- Wang, H. Y., Lin, T. J., Tsai, C. C., Duh, H. B. L., & Liang, J. C. (2012, July). An investigation of students' sequential learning behavioral patterns in mobile CSCL learning systems. In *2012 IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 53-57). Rome, Italy: IEEE.
- Wen, Y., Wu, L., He, S., Teo, B. C., Looi, C. K., & Chai, Y. (2022). How inquiry-based learning approach affect the impact of augmented reality on science learning. In C. Chinn, E. Tan, C. Chan, & Y. Kali (Eds.), *Proceedings of the 16th International Conference of the Learning Sciences: ICLS 2022* (pp. 1069-1072). Hiroshima, Japan: International Society of the Learning Sciences.
- Wongwatkit, C., Meekaew, N., Lati, W., Tungpantong, C., Saitum, W. and Atanan, Y. (2015). Inquiry-based learning with augmented reality mobile application to enhance scientific conceptual understanding: TheFruitAR. In *Proceedings of the 23rd International Conference on Computers in Education* (pp. 230-235). Hangzhou, China.
- Wu, J., Guo, R., Wang, Z., & Zeng, R. (2021). Integrating spherical video-based virtual reality into elementary school students' scientific inquiry instruction: effects on their problem-solving performance. *Interactive Learning Environments, 29*(3), 496-509.