ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2023)

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

Παροχές Επαυξημένης Πραγματικότητας στη Φυσική για τη συμπερίληψη Μαθητών με Νοητική Αναπηρία

Γεωργία Ιατράκη, Αναστάσιος Μικρόπουλος

Βιβλιογραφική αναφορά:

Ιατράκη Γ., & Μικρόπουλος Α. (2024). Παροχές Επαυξημένης Πραγματικότητας στη Φυσική για τη συμπερίληψη Μαθητών με Νοητική Αναπηρία. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 618–625. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/7344

Παροχές Επαυξημένης Πραγματικότητας στη Φυσική για τη συμπερίληψη Μαθητών με Νοητική Αναπηρία

Γεωργία Ιατράκη, Αναστάσιος Μικρόπουλος
g.iatraki@uoi.gr, amikrop@uoi.gr
Εργαστήριο Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕΠ) παρέχει συναρπαστικές εμπειρίες και ενισχύει τα μαθησιακά αποτελέσματα των εκπαιδευτικών εφαρμογών συμπερίληψης για την απόκτηση δεξιοτήτων ακαδημαϊκού, κοινωνικού και συμπεριφορικού τομέα από τους μαθητές με Νοητική Αναπηρία (ΝΑ). Στόχο της παρούσας μελέτης αποτελεί η επιλογή των παροχών και των πλεονεκτημάτων της ΕΠ που την καθιστούν κατάλληλη για τη συμπερίληψη και την πρόοδο μαθητών με ΝΑ στις φυσικές επιστήμες. Με βάση το «μοντέλο για τη σχεδίαση εμβυθιστικών μαθησιακών εμπειριών για μαθητές με αναπηρία MILES-D», σχεδιάστηκε ένα επαυξημένο μαθησιακό περιβάλλον μέσω του οποίου οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να παρατηρήσουν αφηρημένες έννοιες μη ορατές με γυμνό μάτι, όπως η δομή της ύλης. Διερευνάται η αξιοποίηση των τεχνολογικών και κατά συνέπεια των μαθησιακών παροχών της ΕΠ στην άρση των εμποδίων που θέτουν τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης αναπηρίας και στην ενίσχυση του δυναμικού των μαθητών. Τα αποτελέσματα της παρέμβασης ήταν θετικά ως προς την απόκτηση περιεχομένου φυσικών επιστημών και επικοινωνιακών δεξιοτήτων των μαθητών με ΝΑ και αναδεικνύουν τη συνεισφορά ενός μοντέλου που αξιοποιεί τις παροχές της τεχνολογίας για τη σχεδίαση μαθησιακών περιβαλλόντων.

Λέξεις-κλειδιά: επαυξημένη πραγματικότητα, παροχές, νοητική αναπηρία, συμπερίληψη, φυσική

Εισαγωγή

Η ψηφιακή τεχνολογία συμβάλλει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων αυτονομίας, κοινωνικής αλληλεπίδρασης και ακαδημαϊκού περιεχομένου των μαθητών με αναπηρία, μέσω κατάλληλων μαθησιακών περιβαλλόντων που ενισχύουν τα κίνητρα, το ενδιαφέρον και την εμπλοκή τους (Barlott et al., 2020; Kellems et al. 2019). Οι ερευνητές ξεχωρίζουν τις αναδυόμενες τεχνολογίες εμβύθισης και οι μαθητές με αναπηρία δείχνουν αντίστοιχες προτιμήσεις βελτιώνοντας τα μαθησιακά αποτελέσματα στο γνωστικό, συναισθηματικό και ψυχοκινητικό τομέα (Akçayır & Akçayır, 2017; Wu et al., 2013).

Οι παροχές της τεχνολογίας (μετάφραση του νεολογισμού affordances), οι σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την αλληλεπίδραση ανθρώπου–τεχνολογίας και ο προσδιορισμός των δυνατών ενεργειών της, συμβάλλουν στην αποτελεσματική χρησιμοποίηση κάθε μέσου (Norman, 2013, σ. 16). Οι παροχές ενός τύπου τεχνολογίας συνεπάγονται τις μαθησιακές παροχές της, οι οποίες περιγράφουν «τις εργασίες και τις δραστηριότητες που μπορεί να αναλάβει ένας μαθητής και οδηγούν σε μαθησιακά οφέλη» (Mantziou et al., 2018, σ. 1740).

Όπως σε κάθε εκπαιδευτικό περιβάλλον που υποστηρίζεται από ψηφιακή τεχνολογία, στην περίπτωση της Επαυξημένης Πραγματικότητας (ΕΠ) χρειάζεται να θεωρηθούν οι παροχές της με στόχο την μάθηση, όπως είναι η ευρεία, συνεργατική και επιτόπια μάθηση, η τρισδιάστατη αντίληψη του μαθησιακού περιεχομένου, η οπτικοποίηση του αόρατου και η παρουσία, η προσέγγιση και η εμβύθιση (Wu et al., 2013). Η ΕΠ μπορεί να βελτιώσει τη μαθησιακή εμπειρία, καθώς επιτρέπει στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με τα τρισδιάστατα

Ι. Καζανίδης, Α. Τσινάκος (Επιμ.), Πρακτικά Εργασιών 13ου Πανελλήνιου και Διεθνούς Συνεδρίου «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση», Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδας, Καβάλα, 29 Σεπτεμβρίου – 1 Οκτωβρίου 2023. ISSN: 2529-0916, ISBN: 978-618-83186-8-7

ψηφιακά αντικείμενα τα οποία είναι ενταγμένα στο φυσικό περιβάλλον (Chen et al., 2011). Πρόσφατα, ο Carreon και οι συνεργάτες του (2020) πραγματοποίησαν μια ανασκόπηση όπου αναδείχθηκε η συμβολή των παροχών της εικονικής πραγματικότητας σε παρεμβάσεις ακαδημαϊκού περιεχομένου που απευθύνονται σε μαθητές με αναπηρία. Στην περίπτωση της Νοητικής Αναπηρίας (ΝΑ), οι μαθητές εμφανίζουν περιορισμούς στον γνωστικό, κοινωνικό και πρακτικό τομέα, με έμφαση «το συλλογισμό, την επίλυση προβλημάτων, την οργάνωση, την αφηρημένη σκέψη, την κριτική ικανότητα και τον ρυθμό μάθησης» (American Psychiatric Association, 2013, σ. 33). Οι προσαρμογές στο περιεχόμενο των φυσικών επιστημών και η ενσωμάτωση της ψηφιακής τεχνολογίας στη μαθησιακή διαδικασία, ελαχιστοποιούν τους περιορισμούς των μαθητών στην κατανόηση και στην απόκτηση επιστημονικού γραμματισμού (Ainscow et al., 2006; Agran et al., 2002; Individuals With Disabilities Education Improvement, 2004; National Research Council, 2012).

Οι παροχές των συστημάτων ΕΠ επιτρέπουν την πρόσβαση σε τοποθεσίες, την αυξημένη εμπλοκή, την διατήρηση της προσοχής και τη συνεργασία, καθώς και την κοινωνική αλληλεπίδραση όπου ενθαρρύνεται η πρόσωπο με πρόσωπο επικοινωνία εντός μαθησιακών περιβαλλόντων πλούσιων σε αισθητηριακά ερεθίσματα, τα οποία ευθυγραμμίζονται με τον πραγματικό κόσμο. Μέσω της εμβύθισης σε επαυξημένα περιβάλλοντα, οι μαθητές θεωρούν ότι συμμετέχουν σε μια ολοκληρωμένη ρεαλιστική εμπειρία (Dede, 2009). Με βάση τα προαναφερόμενα προκύπτει επιστημονικό ενδιαφέρον ως προς τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη μιας εκπαιδευτικής παρέμβασης μέσω της αξιοποίησης των παροχών της ΕΠ και των κατευθυντήριων γραμμών του καθολικού σχεδιασμού σε μαθητές με ΝΑ, για τη διδασκαλία αφηρημένου περιεχομένου Φυσικής.

Μέθοδος

Σκοπός

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας του «μοντέλου για τη σχεδίαση εμβυθιστικών μαθησιακών εμπειριών για μαθητές με αναπηρία» (Model for the design of Immersive Learning Enactments for Students with Disabilities, MILES-D), στον σχεδιασμό ενός πλαισίου διδασκαλίας των τριών φάσεων του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο για μαθητές με ΝΑ. Το MILES-D συνδυάζει τις παροχές των εμβυθιστικών τεχνολογιών με τις προτάσεις του καθολικού σχεδιασμού (Delimitros et al., 2022).

Σχεδίαση μαθησιακού περιβάλλοντος με βάση το μοντέλο MILES-D

Στη συνέχεια περιγράφονται οι διαστάσεις του μοντέλου, δηλαδή οι τεχνολογικές παροχές, οι μαθησιακές παροχές και οι προτάσεις του καθολικού σχεδιασμού, των οποίων ο συνδυασμός μπορεί να προάγει τη μάθηση αφηρημένου περιεχομένου, ειδικότερα για τις τρεις φάσεις του νερού μικροσκοπικά, σε ένα περιβάλλον κατάλληλο και προσαρμοσμένο στις ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες των μαθητών με ΝΑ.

Το μαθησιακό περιβάλλον περιλαμβάνει τον πραγματικό κόσμο της αίθουσας διδασκαλίας, όπου τοποθετήθηκε ένα πραγματικό δοχείο ζέσης, επαυξημένο με τα εικονικά μόρια του νερού στις διαφορετικές φάσεις (στερεό, υγρό, αέριο). Για την αλληλεπίδραση με τα μόρια χρησιμοποιήθηκε το σύστημα γυαλιών ΕΠ Magic Leap One™.

Για την αξιολόγηση του μαθησιακού περιβάλλοντος εφαρμόστηκε το ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου, το οποίο περιλαμβάνει επαναλαμβανόμενες μετρήσεις μαθησιακών αποτελεσμάτων στα στάδια της γραμμής βάσης, της κύριας παρέμβασης, της διατήρησης και της γενίκευσης της γνώσης (Cook & Cook, 2016; Horner et al., 2005). Έξι μαθητές με ελαφρά

ΝΑ συμμετείχαν στην εκπαιδευτική παρέμβαση. Οι συναντήσεις με τους μαθητές πραγματοποιήθηκαν σε πλαίσιο ένας προς έναν στο χώρο του σχολείου.

Τεχνολογικές παροχές ΕΠ

Ένα σύνολο 10 τεχνολογικών παροχών αποτελούν το υπόβαθρο ανάπτυξης των μαθησιακών παροχών που αξιοποιεί η παρέμβαση. Οι παροχές είναι: η πολυαισθητηριακή αντίληψη και η πραγματική αλληλεπίδραση (multisensory intuitive & real interaction), η εμβύθιση (immersion), η παρουσία (presence), η αυτονομία (autonomy), η φυσική σημασιολογία (natural semantics), η οπτική πρώτου προσώπου (first person user point of view), οι εμπειρίες πρώτης τάξης (first order experiences), η χωρική και η χρονική παρουσία (size in space & time), η μεταφορά (transduction) και η πραγμάτωση (reification).

Για τους στόχους της παρέμβασης, τοποθετήθηκαν εικονικά μόρια μέσα σε ένα πραγματικό δοχείο ζέσεως, τα οποία γίνονται αντιληπτά και παρατηρούνται μέσω του συστήματος ΕΠ σε οπτική πρώτου προσώπου. Τα εικονικά μόρια έχουν σχεδιαστεί με βάση το μοντέλο πλήρωσης χώρου (space filling model). Η αναπαράσταση του μοντέλου βασίστηκε στα χαρακτηριστικά της ατομικής δομής του νερού, στην ακτίνα van der Waals των δύο στοιχείων, στη σχετική απόσταση των κέντρων τους και στη γωνία προσανατολισμού. Τα μόρια του νερού διατάσσονται και κινούνται ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρίσκονται (στερεό, υγρό αέριο). Το μοντέλο παρουσιάστηκε ως δίχρωμο, βασισμένο στην σύμβαση του σχεδίου χρωματισμού Corey-Pauling-Koltun (Koltun, 1965). Η εμβύθιση και η παρουσία αφορούν το ψηφιακό μέρος του περιβάλλοντος της ΕΠ, όπου τα εικονικά αντικείμενα ευθυγραμμίζονται με τα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου παρέχοντας αλληλεπιδράσεις σε πραγματικό χρόνο. Στην αέρια κατάσταση το δοχείο είναι κλειστό με πραγματικό καπάκι και τα εικονικά μόρια κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις, συγκρούονται μεταξύ τους καθώς και με τα τοιχώματα του δοχείου. Μετά την αφαίρεση του καπακιού (πραγματική αλληλεπίδραση), τα μόρια συγχρονίζονται και σταδιακά διαχέονται στο χώρο της αίθουσας όπου συγκρούονται με τις πραγματικές επιφάνειες του χώρου (τοίχος, ταβάνι, βιβλιοθήκη). Το σύστημα διαθέτει αυτονομία κατά την αλλαγή χρήστη και όλες οι εμπειρίες είναι πρώτης τάξης.

Η ΕΠ προωθεί την εμπειρία της θέασης των τριών φάσεων του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο στον πραγματικό κόσμο, παρά σε ένα αποκλειστικά ψηφιακό εικονικό περιβάλλον. Μέσω των διαφανών γυαλιών ΕΠ παρέχεται η άποψη πρώτου προσώπου και η δυνατότητα βίωσης σχετικών εμπειριών από τον πραγματικό κόσμο (τάξη μαθητών), επαυξημένων με τα εικονικά αντικείμενα (μόρια νερού στις τρεις καταστάσεις). Κάθε συμμετέχων μπορεί να βυθίζεται στον μικρόκοσμο, αισθανόμενος ότι βρίσκεται ανάμεσα στα μόρια του νερού. Πρόσθετα, μπορεί να αφαιρέσει το καπάκι του δοχείου στην αέρια κατάσταση παρατηρώντας τα μόρια του αερίου να απελευθερώνονται. Οι παροχές μεγέθους σε χώρο και χρόνο, μεταφορά και πραγμάτωση εφαρμόζονται μέσω της οπτικοποίησης των μορίων. Η θέαση των εικονικών μορίων στο γυάλινο ποτήρι ζέσεως μπορεί να οδηγήσει στην συγκέντρωση των μαθητών στο μικροσκοπικό επίπεδο της δομής του νερού. Αυτά τα στοιχεία μπορούν να συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση των δυσκολιών διάκρισης που αντιμετωπίζουν οι μαθητές με ΝΑ σχετικά με το σχήμα, το μέγεθος και το χρώμα των μορίων. Επιπλέον, μέσω της χρήσης της συσκευής ΕΠ βελτιώνονται η αυτονομία και οι δεξιότητες πλοήγησης.

Μαθησιακές παροχές

Για τον σχεδιασμό της παρούσας παρέμβασης αξιοποιούνται οι μαθησιακές παροχές, όπως περιγράφονται παρακάτω.

- Ελεύθερη πλοήγηση (free navigation): αφορά τη συνολική δραστηριότητα κατά την οποία ο μαθητής με ΝΑ είναι σε θέση να κινείται ελεύθερα στο χώρο φορώντας τα

γυαλιά ΕΠ και μέσω αυτών να παρατηρεί τον φυσικό κόσμο επαυξημένο με τα εικονικά μόρια του νερού.

- Μοντελοποίηση και προσομοίωση (modeling and simulation): η συγκεκριμένη παροχή συγκεντρώνει την πραγμάτωση, το χωρικό μέγεθος, και την οπτικοποίηση. Οι ενέργειες που συγκροτούν τη μοντελοποίηση συνίστανται στη δημιουργία των μορίων, ενώ η προσομοίωση και η οπτικοποίηση σχετίζονται με την αναπαραγωγή του πραγματικού συστήματος, και την αλληλεπίδραση με αυτό.

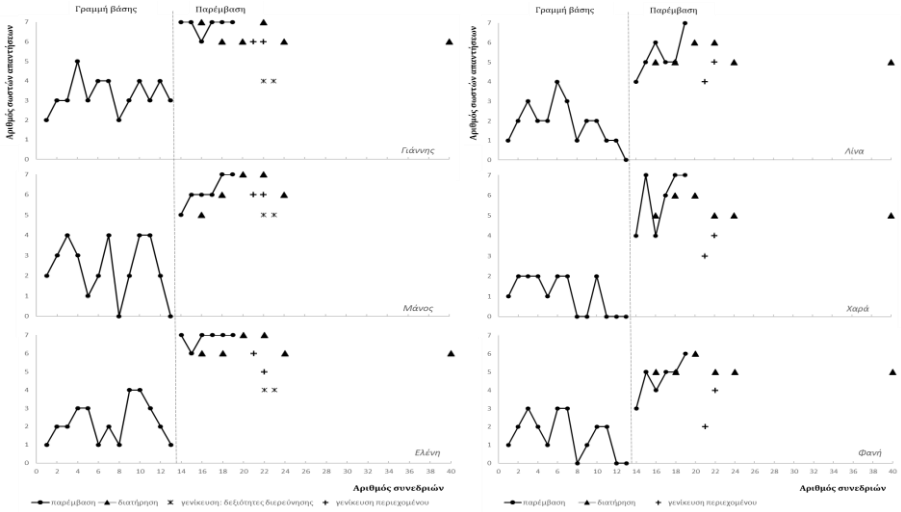
Καθολικός σχεδιασμός

Ο καθολικός σχεδιασμός για τη μάθηση δίνει έμφαση α) στην εμπλοκή, β) την αναπαράσταση και γ) τη δράση και έκφραση. Η εμπλοκή των μαθητών και η κινητοποίηση του ενδιαφέροντός τους πραγματοποιείται μέσω της σύνδεσης της μακροσκοπικής εμπειρίας των φάσεων του νερού με τη μικροσκοπική θεώρησή τους αντίστοιχα. Η παρουσίαση ενός δοχείου ζέσης το οποίο περιέχει ποσότητα νερού συμβάλλει στην απάντηση ερωτήσεων ανίχνευσης των ιδεών των μαθητών γύρω από το ερώτημα «από τι αποτελείται το νερό». Στη συνέχεια, με τα γυαλιά ΕΠ οι μαθητές μπορούν να δουν ένα ίδιο δοχείο με εικονικά μόρια διατεταγμένα σε τετράεδρα τα οποία ταλαντώνονται γύρω από τις θέσεις ισορροπίας τους, για την περίπτωση του πάγου.

Για την διατήρηση της προσπάθειας των μαθητών αξιοποιούνται διδακτικές τεχνικές, όπως η ανάλυση του στόχου σε επιμέρους βήματα και οι ενισχύσεις. Η αναπαράσταση του διδακτικού περιεχομένου συμβάλλει στην φυσική αντίληψη των μαθητών μέσω της χρήσης κατάλληλης ορολογίας και της βασικής κατανόησης του περιεχομένου των τριών καταστάσεων του νερού. Η τελευταία διάσταση της δράσης και έκφρασης θεωρεί τρόπους παρότρυνσης της φυσικής δραστηριοποίησης των μαθητών, όπως η ελεύθερη κίνηση στον χώρο, η παρατήρηση του δοχείου ζέσης με τα εικονικά μόρια από διαφορετικές οπτικές και η μετακίνηση του καπακιού στην περίπτωση της αέριας κατάστασης. Η έκφραση, η επικοινωνία, καθώς και οι εκτελεστικές λειτουργίες ενισχύονται μέσω ερωτήσεων.

Αποτελέσματα - Συζήτηση

Τα μαθησιακά αποτελέσματα δείχνουν την επίδραση της ΕΠ στη μικροσκοπική θεώρηση των τριών φάσεων του νερού, τα οποία αναλύθηκαν οπτικά και παρουσιάστηκαν σε ατομικά γραφήματα των συμμετεχόντων με βάση το ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου για όλα τα στάδια της παρέμβασης (Iatraki & Mikropoulos, 2023). Στη διάρκεια της γραμμής βάσης και οι έξι μαθητές είχαν χαμηλά επίπεδα σωστών απαντήσεων ώσπου διαπιστώθηκε σταθερή πτωτική τάση στις δύο τελευταίες συνεδρίες που πραγματοποιήθηκαν οι συγκρίσεις των φάσεων. Μετά την εισαγωγή της παρέμβασης, οι μαθητές αύξησαν τον αριθμό των σωστών απαντήσεων και καταγράφηκε αλλαγή στο επίπεδο. Η οπτική ανάλυση των γραφημάτων έδειξε λειτουργική σχέση μεταξύ της διδασκαλίας μέσω ΕΠ και της αύξησης του αριθμού των σωστών απαντήσεων στις συνεδρίες ανίχνευσης για όλους τους μαθητές. Τα αποτελέσματα διατήρησης ήταν επίσης υψηλά (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Αριθμός σωστών απαντήσεων των έξι μαθητών ως προς τον αριθμό των συνεδριών

Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του μοντέλου MILES-D για τον σχεδιασμό της παρέμβασης ΕΠ, αξιολογήθηκαν οι έξι διαστάσεις για τη μαθησιακή διαδικασία βάσει των παροχών της τεχνολογίας. Κάθε μαθητής περιηγήθηκε ελεύθερα στο ασφαλές επαυξημένο μαθησιακό περιβάλλον εμβύθισης ΕΠ ακολουθώντας μια νοηματοδοτημένη διαδρομή. Κατά την εξατομικευμένη διδασκαλία, πραγματοποιήθηκαν διάλογοι και ενθαρρύνθηκε η κοινωνική αλληλεπίδραση. Πρόσθετα, στη γενίκευση της γνώσης έγινε ανταλλαγή ρόλων και κάθε μαθητής είχε την ευκαιρία να μπει στη θέση του ερευνητή, να διατυπώσει ερωτήσεις και να εκτελέσει μια διαδικασία για την επίλυση ενός προβλήματος. Σε συμφωνία με την έρευνα των Cheng και Tsai (2013), η διερευνητική μάθηση υποστηρίχθηκε σημαντικά από την ΕΠ και οι μαθητές εξασκήθηκαν σε δεξιότητες χωρικής ικανότητας, διερεύνησης και εννοιολογικής κατανόησης, στις οποίες συναντούν δυσκολίες λόγω της αναπηρίας τους.

Τα πολλαπλά μέσα αναπαράστασης (η μακροσκοπική θεώρηση μέσω του πάγου, του νερού και των υδρατμών, η μικροσκοπική θεώρηση μέσω των εικονικών μορίων και ο σχεδιασμός των μορίων στο χαρτί από τους μαθητές στη φάση της αξιολόγησης), η εμπλοκή (μέσω των γυαλιών ΕΠ) και η έκφραση–τεκμηρίωση (εφαρμογή συστηματικής διδασκαλίας και διερευνητικής μάθησης με συμπληρωματικές τεχνικές ειδικής αγωγής και εκπαίδευσης) βοήθησαν τους μαθητές να οδηγηθούν στο μέγιστο του μαθησιακού δυναμικού τους.

Συγκεκριμένα, ως προς την κεντρική έννοια της χωρικής παρουσίας σε περιβάλλοντα εμβύθισης, τα ευρήματα της μελέτης βρίσκονται σε συμφωνία με τη μελέτη των Dalgarno και Lee (2010), οι οποίοι ανέφεραν ότι η εμβύθιση και η υψηλή αίσθηση παρουσίας επηρεάζουν την εμπλοκή και το ενδιαφέρον στη μαθησιακή διαδικασία. Οι μαθητές με ΝΑ ανέφεραν ότι ένιωθαν σαν να «είναι εκεί» που είναι και τα εικονικά μόρια, μπορούσαν να τα δουν από διαφορετικές οπτικές γωνίες και να αλληλεπιδράσουν με αυτά σε πραγματικό χρόνο. Επισημαίνεται η χρονική στιγμή κατά την οποία καθένας μαθητής αφαίρεσε το καπάκι από το δοχείο ζέσης για να απελευθερωθούν τα μόρια των υδρατμών στο χώρο (Azuma, 1997; Beckmann et al., 2019). Οι μαθητές παρά τις δυσκολίες στη διάσπαση προσοχής και στην

έλλειψη συγκέντρωσης «βυθίστηκαν» στον επαυξημένο κόσμο και η υψηλή αίσθηση της παρουσίας θεωρήθηκε ότι επέδρασσε στη μάθησή τους (Allcoat et al., 2021; Dede, 2009).

Η υπέρθεση ψηφιακού περιεχομένου στον φυσικό χώρο παρείχε χαρακτηριστικά που ευνόησαν τη μαθησιακή διαδικασία και την κατανόηση των μαθητών (Dunleavy & Dede, 2009; Treagust, 2018). Η οπτικοποίηση των αόρατων μορίων μέσω των ψηφιακών αναπαραστάσεων προώθησε την εννοιολογική κατανόηση μέσω μιας συνολικής αντίληψης του αφηρημένου περιεχομένου σε πραγματικό χρόνο (Wu et al., 2013). Οι αυθεντικές τρισδιάστατες απεικονίσεις των μορίων βασίστηκαν σε επιστημονικά δεδομένα, ενσωματώθηκαν λεπτομερείς πληροφορίες των δυναμικών αναπαραστάσεων, όπως η κίνηση και η απόδοση των μορίων με έμφαση στο σχήμα, το μέγεθος και άλλες ιδιότητες και παρείχαν διευκολύνσεις ως προς τη διακριτική ικανότητα των μαθητών (Barrow et al., 2022), την υποστήριξη των γνωστικών διεργασιών και τη μείωση του μνημονικού φορτίου συμβάλλοντας σημαντικά στη βελτίωση των αποτελεσμάτων των μαθητών με ΝΑ. Οι μαθητές αναγνώρισαν την ομοιομορφία των μορίων ανεξαρτήτως κατάστασης και αντιλήφθηκαν τον κενό χώρο (χρησιμοποιώντας όρους όπως άδειος χώρος ή τίποτα) ανάμεσα στα μόρια κάθε φάσης ο οποίος ήταν αναγνωρίσιμος στο δοχείο ζέσης κατά την χρήση των γυαλιών. Η παραμονή στην ίδια φάση σε δύο συνεδρίες βοήθησε τους μαθητές να εστιάσουν στα χαρακτηριστικά των μορίων και να περιγράψουν με ακρίβεια την κίνησή τους. Σε αυτό συνέβαλε η παρότρυνση για σύγκριση της κίνησης των μορίων σε κάθε φάση και η έμφαση από τους μαθητές κατά τη χρήση όρων όπως γρήγορα, σαν τρελά, πολύ γρήγορα. Πρόσθετα, ενισχύθηκε η εμπλοκή, καθώς τα πειράματα επέτρεψαν την συστηματική εξάσκηση, παρείχαν κίνητρα ενασχόλησης με το περιεχόμενο και ενθάρρυναν τη συνεργασία και την κοινωνική αλληλεπίδραση, ιδίως κατά τη διερεύνηση (Akçayır & Akçayır, 2017; Dede 2009; McMahon et al., 2016).

Τα γυαλιά ΕΠ, ως υψηλού επιπέδου τεχνολογικό εργαλείο, μοντελοποίησαν αυθεντικά το αφηρημένο περιεχόμενο των φάσεων του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο, συμβάλλοντας στην άρση των εμποδίων κατά τη διδασκαλία, επιτρέποντας στους μαθητές να κινηθούν ελεύθερα και να παρατηρήσουν με τα γυαλιά ΕΠ οποιαδήποτε οπτική του χώρου προσλαμβάνοντας την εμπειρία του εμπλουτισμού και την πρόσβαση στον αόρατο μικρόκοσμο, όπου ήταν καταχωρημένα τα εικονικά μόρια. Η ευχρηστία του συστήματος μετατοπίζει τη μάθηση του αφηρημένου περιεχομένου για τη δομή της ύλης από το σχολικό βιβλίο, τον πίνακα της αίθουσας διδασκαλίας και τις προσομοιώσεις στον υπολογιστή, μεταφέροντας το μαθητή στον μικρόκοσμο πλαισιώνοντάς τον όπου κι αν βρίσκεται. Η αποδοχή της συσκευής ΕΠ ως προς την άνεση και την ευκολία εφαρμογής της διαπιστώθηκε στο στάδιο εξοικείωσης των μαθητών και καθ' όλη τη διάρκεια της παρέμβασης (Iatraki & Mikropoulos, 2023; Munnerley et al., 2012).

Λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της ελαφράς ΝΑ, τα γυαλιά ΕΠ βοήθησαν τους μαθητές να εισαχθούν στην παρέμβαση με κίνητρο συμμετοχής, βιώνοντας το νέο περιβάλλον φυσικών και ψηφιακών αναπαραστάσεων ως πραγματικότητα (Radu & Schneider, 2019). Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν με τα ευρήματα των McMahon και συνεργατών (2016), τα οποία έδειξαν ότι οι μαθητές που χρησιμοποίησαν φορητές συσκευές ΕΠ για να μάθουν όρους Βιολογίας, παρέμειναν συγκεντρωμένοι σημειώνοντας υψηλά επίπεδα συμμετοχής στη διδακτική διαδικασία. Επιπροσθέτως, η εμπειρική μελέτη συμφωνεί με τη έρευνα των Carreon και συνεργατών (2020), η οποία θεώρησε ότι τα περιβάλλοντα εμβύθισης υποστηρίζουν και αυξάνουν το ενδιαφέρον των μαθητών ως προς νέες δυνατότητες μάθησης και ενισχύουν τη συμμετοχή τους σε νοηματοδοτημένες δραστηριότητες. Η ΕΠ προσφέρει μια εγγενώς μαθητοκεντρική προσέγγιση, καθώς επέτρεψε την άμεση σύνδεση της μάθησης με τους ρυθμούς και το επίπεδο του κάθε μαθητή, καθώς και της γενίκευσης της

μάθησης (Munnerley et al., 2012). Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν με προηγούμενες δηλώσεις ερευνητών σχετικά με τον σημαντικό αντίκτυπο των τεχνολογιών ΕΠ σε περιβάλλοντα γενικής και ειδικής εκπαίδευσης (Arici et al., 2019). Οι παρεμβάσεις που ενσωματώνουν τεχνολογία ΕΠ μπορεί να παρέχουν μια ζωντανή και ελκυστική εμπειρία για τους μαθητές με ΝΑ σε μαθητοκεντρικά περιβάλλοντα που υποστηρίζονται από προσαρμογές στο περιεχόμενο και οπτικές αναπαραστάσεις που μετατρέπουν σε προσβάσιμη την εργασία των μαθητών με ΝΑ βελτιώνοντας τα μαθησιακά αποτελέσματα και την ανάπτυξη του γραμματισμού σε περιεχόμενο ΦΕ (Constantinou et al., 2018; Yacoubian, 2018).

Συμπεράσματα

Αυτή η μελέτη καταδεικνύει τα οφέλη μιας παρέμβασης μέσω ΕΠ για τη συμπερίληψη μαθητών με ΝΑ στη διδασκαλία της φυσικής, όταν λαμβάνονται υπόψη οι παροχές της ΕΠ και οι αρχές του καθολικού σχεδιασμού, όπως προτείνει το MILES-D. Η εργασία προσθέτει στην έρευνα ότι η ΕΠ συμβάλλει στην απόκτηση ακαδημαϊκού περιεχομένου από τους μαθητές με ΝΑ, συγκεκριμένα στην απόκτηση ορολογίας και κατανόησης εννοιών ως προς το γενικό πρόγραμμα σπουδών επισημαίνοντας τη σημασία της ενσωμάτωσης των παροχών της ΕΠ στην διδασκαλία αόρατων φαινομένων (Baragash et al., 2020). Πρόσθετα, συμβάλλει σημαντικά στην άρση των εμποδίων των μαθητών στις γνωστικές και μνημονικές διεργασίες, στις δεξιότητες διερεύνησης, και στις κοινωνικές δεξιότητες (Cheng & Tsai, 2013).

Αναφορές

Ainscow, M., Booth, T., Dyson, A., Farrell, P., Frankham, J., Gallannaugh, F. et al. (2006). *Improving schools, developing inclusion*. Oxfordshire, UK: Routledge.

Agran, M., Blanchard, C., Wehmeyer, M., & Hughes, C. (2002). Increasing the problem-solving skills of students with developmental disabilities participating in general education. *Remedial and Special Education, 23*, 279–288. https://doi.org/10.1177/07419325020230050301

Akçayır M., & Akçayır G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review, 20*, 1–11.

Allcoat, D., Hatchard, T., Azmat, F., Stansfield, K., Watson, D., & von Mühlenen, A. (2021). Education in the Digital Age: Learning Experience in Virtual and Mixed Realities. *Journal of Educational Computing Research, 59*(5), 795–816. https://doi.org/10. 1177/0735633120985120

American Psychiatric Association (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.). https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596

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 in Education*, *142*, 1-23. https://10.1016/j.compedu.2019.1 03647

Baragash, R. S., Al-Samarraie, H., Alzahrani, A. I., & Alfarraj, O. (2020). Augmented reality in special education: a meta-analysis of single subject design studies. *European Journal of Special Needs Education, 35*(3), 382-397. https://doi.org/10.1080/08856257.2019.1703548

Barlott, T., Aplin, T., Catchpole, E., Kranz, R., Le Goullon, D., Toivanen, A., & Hutchens, S. (2020). Connectedness and ICT: Opening the door to possibilities for people with intellectual disabilities. *Journal of intellectual disabilities, 24*(4), 503–521. https://doi.org/10.1177/1744629519831566

Beckmann, J., Menke, K., & Weber, P. (2019). Holistic evaluation of AR/VR-trainings in the ARSuL-Project. In L. Gómez Chova, A. López Martínez & I. Candel Torres (eds.), *Proceedings of the 13th International Technology, Education and Development Conference* (pp. 4317-4327). Valencia, Spain: IATED Academy.

Carreon, A., Smith, S. J., Mosher, M., Rao, K., & Rowland, A. (2020). A Review of Virtual Reality Intervention Research for Students With Disabilities in K–12 Settings. *Journal of Special Education Technology, 37*(1), 82–99. https://doi.org/10.1177/ 0162643420962011

Chen, Y.-C., Chi, H.-L., Hung, W.-H., & Kang, S.-C. (2011). Use of tangible and augmented reality models in engineering graphics courses. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 137*(4), 267-276.

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. https://doi.org/10.1007/s10956-012-9405-9

Constantinou, C.P., Tsivitanidou, O.E., Rybska, E. (2018). What Is Inquiry-Based Science Teaching and Learning? In: Tsivitanidou, O., Gray, P., Rybska, E., Louca, L., Constantinou, C. (Eds), *Professional Development for Inquiry-Based Science Teaching and Learning*. Contributions from Science Education Research, vol 5. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91406-0_1

Cook, B. G., & Cook, L. (2016). Research designs and special education research: Different designs address different questions. *Learning Disabilities Research & Practice, 31*(4), 190–198. https://doi.org/10.1111/ldrp.12110

Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology, 41*(1), 10–32. https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x

Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science, 323*, 66–69.

Delimitros, M., Stergiouli, A., Iatraki, G., Koutromanos, G., & Mikropoulos, T. (2022). A model for the design of immersive learning enactments for students with intellectual disability. In *10th 2022 International Conference of Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion* (DSAI 2022), Lisbon, Portugal, ACM, New York, NY, USA, 7 pages.

Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology, 18*(1), 7–22. http://doi.org/10.1007/s10956-0089119-1

Horner, R. H., Carr, E. G., Halle, J., McGee, G., Odom, S., & Wolery, M. (2005). The use of single-subject research to identify evidence-based practice in special education. *Exceptional Children, 71*(2), 165–179. https://doi.org/10.1177/001440290507100203

Iatraki, G., & Mikropoulos, T. A. (2023). Augmented Reality in Physics Education: Students with Intellectual Disabilities Inquire the Structure of Matter. *PRESENCE: Virtual and Augmented Reality*, 1-18. https://doi.org/10.1162/pres_a_00374

Individuals With Disabilities Education Improvement (2004). 20 U.S.C. §1400, H.R. 1350.

Kellems, R. O., Cacciatore, G., & Osborne, K. (2019). Using an Augmented Reality–Based Teaching Strategy to Teach Mathematics to Secondary Students With Disabilities. *Career Development and Transition for Exceptional Individuals, 42*(4), 253–258. https://doi.org/10.1177/2165143418822800

Koltun, W. L. (1965). Precision space-filling atomic models. *Biopolymers, 3*(6), 665–679. https://doi.org/10.1002/bip.360030606

Mantziou, O., Papachristos, N. M., & Mikropoulos, T. A. (2018). Learning activities as enactments of learning affordances in MUVEs: A review-based classification. *Education and Information Technologies, 23*(4), 1737–1765.

McMahon, D., Cihak, D., Wright, R., & Bell, S. (2016). Augmented reality for teaching science vocabulary to postsecondary education students with intellectual disabilities and autism. *JRTE, 48*, 38–56. https://doi.org/10.1080/15391523.2015.1103149

Munnerley, D., Bacon, M., Wilson, A. G., Steele, J., Hedberg, J., & Fitzgerald, R. N. (2012). Confronting an augmented reality. *Research in Learning Technology, 20*.National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13165

Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things*. New York: Basic Books.

Radu, I., & Schneider, B. (2019). What Can We Learn from Augmented Reality (AR)?: Benefits and Drawbacks of AR for Inquiry-based Learning of Physics. *Proceedings of CHI '19: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '19), May 04, 2019, Glasgow, Scotland UK*. ACM, New York, NY, USA. https://doi.org/10.1145/3290605.3300774

Wu H.-K., Lee W.-Y., Chang H.-Y., Liang J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education, 62*, 41–49.

Yacoubian, H. A. (2018). Scientific literacy for democratic decision-making. *International Journal of Science Education, 40*(3), 308–327. https://doi.org/10.1080/09500693. 2017.1420266