



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ  
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Γεωργία Ιατράκη

«Επαυξημένη Πραγματικότητα στην κατανόηση  
εννοιών Φυσικής σε μαθητές με Νοητική Αναπηρία»

Διδακτορική Διατριβή

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2023





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ  
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Γεωργία Ιατράκη

«Επαυξημένη Πραγματικότητα στην κατανόηση  
εννοιών Φυσικής σε μαθητές με Νοητική Αναπηρία»

Διδακτορική Διατριβή

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2023



Γεωργία Ιατράκη

«Επαυξημένη Πραγματικότητα στην κατανόηση εννοιών Φυσικής σε μαθητές με  
Νοητική Αναπηρία»

Η Διδακτορική Διατριβή

Υποβλήθηκε στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης  
της Σχολής Επιστημών Αγωγής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

1. Αναστάσιος Μικρόπουλος, Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Σχολή Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων – Επιβλέπων
2. Κωνσταντίνος Κώτσης, Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Σχολή Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
3. Σπυρίδων-Γεώργιος Σούλης, Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Σχολή Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή

1. Αναστάσιος Μικρόπουλος, Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Σχολή Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων – Επιβλέπων
2. Κωνσταντίνος Κώτσης, Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Σχολή Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
3. Σπυρίδων-Γεώργιος Σούλης, Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Σχολή Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
4. Κωνσταντίνος Κωνσταντίνου, Καθηγητής, Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου
5. Χαράλαμπος Καραγιαννίδης, Καθηγητής Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
6. Γεώργιος Κουτρομάνος, Επίκουρος Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
7. Βικτωρία Ζακοπούλου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Τμήμα Λογοθεραπείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

## Υπεύθυνη Δήλωση

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της διδακτορικής διατριβής και ότι κάθε βοήθεια που προσφέρθηκε στην εκπόνησή της αναγνωρίζεται και αναφέρεται στο κείμενο. Επιπλέον, αναφέρονται όλες οι βιβλιογραφικές πηγές που αξιοποιήθηκαν, πρωτογενείς και δευτερογενείς, όπου η συμβολή τους παρατίθεται είτε επακριβώς ως απόσπασμα είτε ως παράφραση.

Γεωργία Ιατράκη



Η έγκριση της διατριβής από το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων της συγγραφέως.

(ν. 5443/32, άρθρο 2000, §2)

Με απόφαση του Διευθυντή ή του Προϊστάμενου της σχολικής μονάδας χορηγείται άδεια για τη διεξαγωγή έρευνας στη σχολική μονάδα από μέλη του προσωπικού ή φοιτητές Ανώτατων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων (Α.Ε.Ι.) ή άλλων, δημόσιων ή ιδιωτικών, ερευνητικών ή παιδαγωγικών/εκπαιδευτικών φορέων. Με την απόφαση του πρώτου εδαφίου καθορίζονται οι όροι, η διαδικασία, καθώς και κάθε άλλο ζήτημα σχετικό με τη διεξαγωγή της έρευνας στη σχολική μονάδα.

(ν. 4823/2021 άρθρο 88)

Η παρούσα έρευνα όπου χρησιμοποιεί τον όρο «μαθητής» ή «μαθήτρια» και «μαθητές» ή «μαθήτριες» συμπεριλαμβάνει τον όρο «μαθητής και μαθήτρια» και «μαθητές και μαθήτριες» αντίστοιχα.

*“... all things are made of atoms — little particles that move around in perpetual motion, attracting each other when they are a little distance apart, but repelling upon being squeezed into one another. In that one sentence, you will see, there is an enormous amount of information about the world...”*

Feynman et al. (1963)

*«... όλα τα πράγματα είναι φτιαγμένα από άτομα — μικρά σωματίδια που κινούνται σε αέναη κίνηση, έλκονται το ένα το άλλο όταν βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, αλλά απωθούνται όταν συμπιέζονται το ένα μέσα στο άλλο. Σε αυτή την πρόταση, βλέπετε, υπάρχει μια τεράστια ποσότητα πληροφορίας για τον κόσμο...»*

## Δημοσιεύσεις κατά την υποψηφιότητα

Ιατράκη, Γ., Κώτσης, Κ., & Μικρόπουλος, Α. (2023). Η ψηφιακή τεχνολογία υποστηρίζει τη διερεύνηση των ιδεών μαθητών με νοητική αναπηρία για τις φάσεις του νερού. 13<sup>ο</sup> Συνέδριο ΕΝΕΦΕΤ «Νέες τάσεις και έρευνα στη διδασκαλία, τη μάθηση και τις τεχνολογίες στις Φυσικές Επιστήμες», Ιωάννινα, 10 – 12 Νοεμβρίου.

Ιατράκη, Γ., & Μικρόπουλος, Μ. (2023). Παροχές Επαυξημένης Πραγματικότητας στη Φυσική για συμπερίληψη Μαθητών με Νοητική Αναπηρία. 13<sup>ο</sup> Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο «Οι ΤΠΕ στην εκπαίδευση». Καβάλα, 29 Σεπτεμβρίου – 1 Οκτωβρίου 2023.

Iatraki, G., & Mikropoulos, T.A. (2023). Introducing the Technology Quality Indicator Factor for Intervention Design in Special Education. iLRN 2023: 9th International Conference of the Immersive Learning Research Network, Virtual Campus, May 18-20, 2023, California Polytechnic State University, June, 26-29, 2023 “Learning Across the Metaverse: Building an Evidence-based Framework through Science, Community, Vision, & Adventure!”

Iatraki, G., & Mikropoulos, T.A. (2023). Augmented Reality in Physics Education: students with Intellectual Disabilities inquire the structure of matter. *Presence PRESENCE: Virtual and Augmented Reality*, 1-18 (special issue). [https://doi.org/10.1162/pres\\_a\\_00374](https://doi.org/10.1162/pres_a_00374)

Mikropoulos, T. A., & Iatraki, G. (2022). Digital technology supports students with disabilities in science education: A literature review. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11317-9> E-ISSN: 1573-7608 ISSN: 1360-2357

Ιατράκη, Γ., & Μικρόπουλος, Μ. (2022). Επαυξημένη πραγματικότητα στη διερεύνηση των τριών φάσεων του νερού από μαθητές με νοητική αναπηρία. 7<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο «Ένταξη και χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία». Πάτρα, 16-18 Σεπτεμβρίου 2022. ISBN: 978-618-83186-7-0

Delimitros, M., Stergiouli, A, Iatraki, G., Koutromanos, G., & Mikropoulos, T. (2022). A model for the design of immersive learning enactments for students with intellectual disabilities. In 10th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion (DSAI 2022), August 28 – September 04, 2022, Lisbon, Portugal. ACM, New York, NY, USA, 7 pages. ISBN: 978-1-4503-9808-4



Ιατράκη, Γ., & Μικρόπουλος, Α. (2021). Η επίδραση της ψηφιακής τεχνολογίας στη διδασκαλία περιεχομένου Φυσικών Επιστημών για μαθητές με νοητική αναπηρία. *ΧΧΧ* (επιμ.), Πρακτικά Εργασιών 12ου Πανελληνίου και Διεθνούς Συνεδρίου «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση», σ. 141-148 ΠΔΜ, Φλώρινα (online), 14-17 Μαΐου 2021. ISBN: 978-618-83186-5-6

Iatraki, G., Mallidis-Malessas, P., & Mikropoulos, T. (2021). Teaching Physics to students with Intellectual Disability using Digital Learning Objects: A single subject research. *Journal of Special Education and Technology*, 37(4), 510-522. <https://doi.org/10.1177/01626434211054441> ISSN: 0162-6434, Online ISSN: 2381-3121

Iatraki, G., Delimitros, M., Vrellis, I., & Mikropoulos, T. (2021). Augmented and virtual environments for students with intellectual disability: design issues in Science Education. In 2021 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), Tartu, Estonia (online), 2021, pp. 381-385. <https://doi.org/10.1109/ICALT52272.2021.00122> ISBN: 978-1-6654-4106-3

Iatraki, G., & Soulis, S.-G. (2021). A Systematic Review of Single-Case Research on Science-Teaching Interventions to Students with Intellectual Disability or Autism Spectrum Disorder. *Disabilities*. 1(3), 286-300. <https://doi.org/10.3390/disabilities1030021> ISSN: 2673-7272

Iatraki, G., Mallidis-Malessas, P., & Mikropoulos, T. (2020). Digital Learning Objects Support Grade-Aligned Physics Instruction For High School Students With Mild Intellectual Disability: DLOs in Physics instruction for students with MID. In 9th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion (DSAI 2020), December 02-04, 2020, Online, Portugal. ACM, New York, NY, USA, 6 pages. <https://doi.org/10.1145/3439231.3439267> ISBN: 978-1-4503-8937-2

## Περίληψη

Η ψηφιακή τεχνολογία και πρόσφατα οι αναδυόμενες τεχνολογίες παρέχουν κίνητρα και υποστηρίζουν εκπαιδευτικές δραστηριότητες που εφαρμόζονται όλο και περισσότερο στην Ειδική Εκπαίδευση. Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕΠ) δημιουργεί εμπειρίες που εμπλουτίζουν τον πραγματικό κόσμο, προσθέτοντας τρισδιάστατα εικονικά αντικείμενα σε πραγματικό χρόνο ενώ φαίνεται να βελτιώνει το επίπεδο εμπλοκής στη διδασκαλία όλων των μαθητών, συμπεριλαμβανομένων των μαθητών με Νοητική Αναπηρία (ΝΑ). Πρόσθετα, οι τρισδιάστατες οπτικές αναπαραστάσεις στον φυσικό κόσμο συμβάλλουν στην κατανόηση εννοιών και τη μείωση των περιορισμών που εμφανίζουν οι μαθητές με ΝΑ στον ακαδημαϊκό τομέα. Ωστόσο, φαίνεται να υπάρχει ένα ερευνητικό κενό ως προς τη μελέτη περιβαλλόντων μάθησης ΕΠ στα οποία οι μαθητές με ΝΑ μπορούν να εμπλακούν σε δραστηριότητες απόκτησης περιεχομένου Φυσικών Επιστημών το οποίο να σχετίζεται με πραγματικές καταστάσεις, ιδίως με το απαιτητικό περιεχόμενο αφηρημένων εννοιών. Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εφαρμόσει ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου και να αξιολογήσει τις επιδράσεις ενός συστήματος ΕΠ στην επίδοση έξι μαθητών με ΝΑ για τις φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο. Εφαρμόστηκαν δύο προσεγγίσεις με τη χρήση γυαλιών ΕΠ, δομημένη διερεύνηση στους τρεις από τους έξι μαθητές και συστηματική διδασκαλία στους άλλους τρεις. Βρέθηκε λειτουργική σχέση μεταξύ των σωστών απαντήσεων των μαθητών κατά τη διάρκεια των συνεδριών αξιολόγησης και των παρεμβάσεων με τα γυαλιά ΕΠ. Στην περίπτωση της διερεύνησης οι μαθητές σημείωσαν αυξημένα μαθησιακά αποτελέσματα από τη συστηματική διδασκαλία και πρόσθετα εξασκήθηκαν σε δεξιότητες διερεύνησης. Οι μαθητές με ΝΑ διατήρησαν τα μαθησιακά αποτελέσματα σε υψηλό επίπεδο και γενίκευσαν τη νέα γνώση. Επιπλέον, η αξιολόγηση της εμπειρίας των μαθητών έδειξε ότι τα γυαλιά ΕΠ συνέβαλαν στην κατάκτηση όρων Φυσικής και δεξιοτήτων διερεύνησης μέσω της βιωματικής εμπειρίας, την οποία οι μαθητές με ΝΑ ανέφεραν ότι απόλαυσαν. Οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα περιλαμβάνουν το σχεδιασμό παρεμβάσεων μέσω της τεχνολογίας ΕΠ για άλλες έννοιες Φυσικής και άλλα αντικείμενα, που απευθύνονται σε μαθητές με ΝΑ για την απόκτηση γραμματισμού στις ΦΕ.

## ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕΠ), Νοητική Αναπηρία (ΝΑ), Έννοιες Φυσικής, Φάσεις του Νερού, Μακρόκοσμος, Μικρόκοσμος, Μόρια, Ερευνητικό Σχέδιο Μεμονωμένου Ατόμου, Διερευνητική Μάθηση, Συστηματική Διδασκαλία

## **Abstract**

Digital technology and lately immersive technologies support educational activities and provide motivation that are increasingly applied in Special Education settings. Augmented Reality (AR) adds virtual objects that enriches real world and seems to improve the level of engagement in teaching and learning of all students, including students with Intellectual Disabilities (ID). Additionally, three dimensional visual representations of the physical world contribute to understand concepts and reduce cognitive limitations that students with ID experience. However, there seems to exist a research gap regarding the study of AR learning environments in which students with ID engage in activities to acquire academic science content in line with real-life situations and, especially in abstract content. The purpose of the present empirical study was to implement a single subject research design and to evaluate the effects of a n AR system on the performance of six students with ID regarding the structure of matter microscopically, specifically the phases of water. Two different approaches were applied using AR glasses, systematic instruction and structured inquiry, and a functional relationship was found between the students' correct responses during the assessment sessions (the dependent variable) and the interventions with the AR glasses (independent variables). The three students who were enrolled in structured inquiry reached improved learning outcomes than the three students who were taught through systematic instruction on microscopic level of the phases of water and were trained in inquiry skills, too. Students with ID maintained the learning outcomes at a high level and generalized new knowledge in a different context. In addition, the evaluation of student experience (social validity) showed that the AR glasses helped the students acquire physics concepts as well as inquiry skills through a vivid experience. The students reported that they were satisfied with the use of AR glasses. Suggestions for future research include the design of AR-based interventions for other science concepts or disciplines for students with ID.

## **KEYWORDS**

Augmented Reality (AR), Intellectual Disability (ID), Physics Concepts, The Phases of Water, Microcosm, Macrocosm, Molecules, Single Subject Design, Inquiry Learning, Systematic Instruction

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την Τριμελή Συμβουλευτική Επιτροπή μου για την ευκαιρία- πρόκληση να διερευνήσω τη συμβολή των πεδίων της Ψηφιακής Τεχνολογίας και της Διδακτικής της Φυσικής στην Ειδική Εκπαίδευση, με στόχο την κατανόηση του φυσικού κόσμου από τους μαθητές με Νοητική Αναπηρία.

Καταρχήν, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Αναστάσιο Μικρόπουλο για τον συνολικό χρόνο που αφιέρωσε στηρίζοντας αυτή την προσπάθεια. Η εμπύθιση στον επιστημονικό τρόπο σκέψης και οι ευκαιρίες ερευνητικής δραστηριότητας ήταν ορισμένα από τα πολύτιμα οφέλη αυτής της συνεργασίας.

Πρόσθετα, θα ήθελα να εκφράσω ευχαριστίες στους Συνεπιβλέποντες Καθηγητές μου, κ. Κωνσταντίνο Κώτση και κ. Σπυρίδωνα-Γεώργιο Σούλη για την ενθάρρυνση, το ενδιαφέρον και την υποστήριξή τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς και στα μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής για την ολοκλήρωση της διδακτορικής διατριβής.

Η εμπειρική μελέτη δε θα μπορούσε να ολοκληρωθεί χωρίς την καταλυτική συμβολή των μελών του Εργαστηρίου Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση και τη συμμετοχή του Ενιαίου Ειδικού Επαγγελματικού Γυμνασίου και Λυκείου - ΕΝΕΕΓΥΛ Ιωαννίνων.

Ευχαριστώ την οικογένειά μου και όλους όσους συμπορεύτηκαν μαζί μου σε αυτήν την προσπάθεια.

# Πίνακας Περιεχομένων

Δημοσιεύσεις κατά την υποψηφιότητα.....	7
Περίληψη.....	9
Abstract.....	10
Ευχαριστίες.....	11
Πίνακας Περιεχομένων .....	12
Κατάλογος Εικόνων .....	14
Κατάλογος Πινάκων.....	17
Κεφάλαιο I. Εισαγωγή.....	18
1.1. Δήλωση του προβλήματος .....	18
1.2. Στόχος και συμβολή της διατριβής .....	21
1.3. Περίγραμμα της διατριβής.....	21
Κεφάλαιο II: Θεωρητικό Πλαίσιο .....	23
2.1. Εκπαίδευση μαθητών με Νοητική Αναπηρία .....	23
2.1.1. Συστηματική διδασκαλία.....	27
2.1.2. Διερευνητική μάθηση .....	29
2.2. Φυσικές Επιστήμες και μαθητές με Νοητική Αναπηρία .....	39
2.2.1. Γραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες.....	44
2.2.2. Εμπειρικές μελέτες ΦΕ μέσω διερεύνησης σε μαθητές με ΝΑ.....	47
2.3. Ψηφιακά περιβάλλοντα και μαθητές με Νοητική Αναπηρία.....	51
2.3.1. Επαυξημένη πραγματικότητα και εκπαίδευση στις ΦΕ.....	54
2.3.1. Επαυξημένη πραγματικότητα στην εκπαίδευση μαθητών με ΝΑ .....	60
2.4. Τεκμηριωμένες πρακτικές στην Ειδική Εκπαίδευση .....	65
2.4.1. Δείκτες ποιότητας.....	66
2.5. Ερευνητικό κενό .....	73
Κεφάλαιο III: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση .....	76
3.1. Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα .....	76
3.2. Μέθοδος.....	76
3.3. Αποτελέσματα .....	79
3.3.1. Ποσοτικές μελέτες – σχέδια μεμονωμένου ατόμου .....	79

3.3.2. Ποσοτικές μελέτες – σχέδια ομάδας.....	84
3.3.3. Ποιοτικές μελέτες – σχέδια μελέτης περίπτωσης.....	89
3.4. Συζήτηση.....	90
3.5. Συμπεράσματα.....	95
Κεφάλαιο IV: Πιλοτική Μελέτη.....	96
4.1. Περίληψη.....	96
4.2. Μέθοδος.....	97
4.3. Αποτελέσματα.....	101
4.4. Συμπεράσματα.....	103
Κεφάλαιο V: Κύρια Έρευνα.....	105
5.1. Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα.....	106
5.2. Μέθοδος.....	107
5.2.1. Γνωστικό αντικείμενο: οι φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο.....	107
5.2.2. Συμμετέχοντες.....	110
5.2.3. Πλαίσιο της παρέμβασης.....	114
5.2.4. Διδακτικά υλικά.....	115
5.2.5. Ποιότητα περιεχομένου περιβάλλοντος ΕΠ.....	116
5.3. Διαδικασία.....	118
5.3.1. Ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου.....	118
5.3.2. Γραμμή βάσης.....	121
5.3.3. Εξοικείωση με τον εξοπλισμό ΕΠ.....	126
5.3.4. Παρέμβαση με τα γυαλιά ΕΠ.....	128
5.4. Επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων της παρέμβασης.....	134
5.4.1. Μεταβλητές και συλλογή δεδομένων.....	135
5.4.2. Σχεδιασμός ανάλυσης δεδομένων.....	136
5.4.3. Κοινωνική εγκυρότητα.....	143
Κεφάλαιο VI: Αποτελέσματα.....	145
6.1. Μαθησιακά αποτελέσματα.....	145
6.1.1. Γενικές επισημάνσεις.....	145
6.1.2. Διερευνητική μάθηση.....	150
6.1.3. Συστηματική διδασκαλία.....	159

6.2. Αποτελεσματικότητα της παρέμβασης.....	167
6.3. Κοινωνική εγκυρότητα .....	168
Κεφάλαιο VII: Συζήτηση – Συμπεράσματα .....	171
7.1. Κύρια ευρήματα .....	172
7.1.1. Γραμμή βάσης .....	172
7.1.2. Παρέμβαση ΕΠ.....	174
7.1.3. Ερευνητικά ερωτήματα.....	176
7.1.4. Τεχνολογία ΕΠ .....	184
7.2. Συμβολή της διατριβής .....	188
7.3. Περιορισμοί.....	190
7.4. Προτάσεις μελλοντικής έρευνας.....	190
7.5. Συμπεράσματα .....	192
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	194
Παραρτήματα.....	228
Παράρτημα Α .....	228
Παράρτημα Β. Ερωτηματολόγια .....	231
Παράρτημα Γ. Εργασίες των μαθητών με ελαφρά ΝΑ.....	234

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1. Το πραγματικό – εικονικό συνεχές των Milgram και Kishino. ....	55
--	----

Εικόνα 3.1. Το διάγραμμα ροής της συστηματικής ανασκόπησης. ....	79
Εικόνα 4.1. Η συσκευή Oculus Rift VR (εικονικό περιβάλλον) και η συσκευή Magic Leap One™ AR (επαυξημένο περιβάλλον). ....	97
Εικόνα 4.2. Space filling model για το μόριο του νερού. ....	98
Εικόνα 4.3. Στιγμιότυπα από τα δύο περιβάλλοντα στη διάρκεια της εφαρμογής. ....	99
Εικόνα 5.1. Στιγμιότυπα από τους δύο χώρους υλοποίησης της παρέμβασης. ....	115
Εικόνα 5.2. Οι φάσεις του νερού σε μακροσκοπικό και μικροσκοπικό επίπεδο. ....	118
Εικόνα 5.3. Στιγμιότυπα από τη γραμμή βάσης. ....	123
Εικόνα 5.4. Απεικόνιση τρισδιάστατης χιονονιφάδας. ....	126
Εικόνα 5.5. Στιγμιότυπα από την εξοικείωση με τον εξοπλισμό ΕΠ. ....	127
Εικόνα 5.6. Ο μαθητής προσπαθεί να αγγίξει την ψηφιακή χιονονιφάδα. ....	128
Εικόνα 5.7. Στιγμιότυπα από την παρέμβαση για την αέρια φάση του νερού. ....	129
Εικόνα 6.1. Γραφική Παράσταση του αριθμού των σωστών απαντήσεων των μαθητών ως προς τον αριθμό των συνεδριών για τη διερευνητική μάθηση. ....	152
Εικόνα 6.2. Γραφική Παράσταση του επιπέδου του αριθμού των σωστών απαντήσεων των μαθητών ως προς τον αριθμό των συνεδριών για τη διερευνητική μάθηση στις φάσεις της Γραμμής Βάσης, της Παρέμβασης (κόκκινο χρώμα) και της Διατήρησης (μπλε χρώμα). ....	153
Εικόνα 6.3. Γραφική Παράσταση που παριστάνει τις τάσεις των μαθησιακών αποτελεσμάτων της Γραμμής Βάσης και της Παρέμβασης. ....	154
Εικόνα 6.4. Γραφική Παράσταση της άμεσης επίδρασης της παρέμβασης για τη διερευνητική μάθηση. ....	156
Εικόνα 6.5. Γραφική Παράσταση μη επικαλυπτόμενων δεδομένων για τη διερευνητική μάθηση. ....	157
Εικόνα 6.6. Γραφική Παράσταση του αριθμού των σωστών απαντήσεων των μαθητών ως προς τον αριθμό των συνεδριών για τη συστηματική διδασκαλία. ....	160
Εικόνα 6.7. Γραφική Παράσταση του επιπέδου του αριθμού των σωστών απαντήσεων των μαθητών ως προς τον αριθμό των συνεδριών για τη συστηματική διδασκαλία στις φάσεις της γραμμής βάσης, της παρέμβασης (κόκκινο χρώμα) και της διατήρησης (μπλε χρώμα). ....	161
Εικόνα 6.8. Γραφική Παράσταση που παριστάνει τις τάσεις των μαθησιακών αποτελεσμάτων της γραμμής βάσης και της παρέμβασης για τη συστηματική διδασκαλία. ....	162
Εικόνα 6.9. Γραφική Παράσταση της άμεσης επίδρασης της παρέμβασης για τη συστηματική διδασκαλία. ....	164
Εικόνα 6.10. Γραφική Παράσταση μη επικαλυπτόμενων δεδομένων για τη συστηματική διδασκαλία. ....	166
Εικόνα Π1.1. Πλαίσιο περιεχομένων της πρότασης εμπειρικής μελέτης. ....	228
Εικόνα Π1.2. Ηλεκτρονικό έντυπο ενημέρωσης γονέων για τη συμμετοχή των μαθητών στην έρευνα. ....	229
Εικόνα Π1.3. Το μοντέλο για τον σχεδιασμό μαθησιακών δραστηριοτήτων εμπύθισης για μαθητές με αναπηρία. ....	230
Εικόνα Π3.1. Σύγκριση νερού και υδρατμών. ....	234



Εικόνα Π3.2. Σύγκριση υδρατμών και πάγου.....	235
Εικόνα Π3.3. Σύγκριση υδρατμών και πάγου.....	236
Εικόνα Π3.4. Σύγκριση των τριών φάσεων του νερού.....	237
Εικόνα Π3.5. Διερευνητική μάθηση (Μάνος, Ελένη, Γιάννης αριστερά) και συστηματική διδασκαλία (Λίνα, Χαρά, Φανή δεξιά).....	238
Εικόνα Π3.6. Διερευνητική μάθηση (Ελένη, Γιάννης, Μάνος αριστερά) και συστηματική διδασκαλία (Λίνα, Χαρά, Φανή, δεξιά).....	239
Εικόνα Π3.7. Οι φάσεις του νερού μικροσκοπικά (συστηματική διδασκαλία).....	240
Εικόνα Π3.8. Οι φάσεις του νερού μικροσκοπικά (διερεύνηση).....	241
Εικόνα Π3.9. Διερεύνηση (Γιάννης, Ελένη, Μάνος αριστερά) και συστηματική διδασκαλία (Λίνα, Φανή, Χαρά δεξιά).....	242
Εικόνα Π3.10. Σύγκριση νερού - πάγου μικροσκοπικά (διερεύνηση Γιάννης, Ελένη, Μάνος αριστερά - συστηματική διδασκαλία Λίνα, Χαρά, Φανή δεξιά).....	243
Εικόνα Π3.11. Διατήρηση για τους μαθητές Γιάννη, Μάνο και Ελένη (διερεύνηση).....	244
Εικόνα Π3.12. Διατήρηση για τους μαθητές Φανή, Λίνα και Χαρά (συστηματική διδασκαλία).....	245
Εικόνα Π3.13. Διατήρηση για τους μαθητές Γιάννη και Ελένη (διερεύνηση).....	246
Εικόνα Π3.14. Διατήρηση για τους μαθητές Φανή, Χαρά και Λίνα (συστηματική διδασκαλία).....	247

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1. Επίπεδα διερεύνησης (Banchi & Bell, 2008, σ. 27). .....	34
Πίνακας 2.2. Επίπεδα διερεύνησης (Buck et al., 2008). .....	34
Πίνακας 2.3. Ταξινομήσεις των μελετών με βάση την τεκμηρίωση και τα κριτήριά τους. (Πηγή: Cook et al., 2015) .....	71
Πίνακας 3.1. Μελέτες με ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου. ....	79
Πίνακας 3.2. Μελέτες με ερευνητικό σχέδιο ομάδας. ....	84
Πίνακας 3.3. Μελέτες περίπτωσης. ....	89
Πίνακας 5.1. Δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων. ....	111
Πίνακας 5.2. Χρονοδιάγραμμα υλοποίησης της εκπαιδευτικής παρέμβασης. ....	121
Πίνακας 5.3. Συνεδρία 1 <sup>η</sup> : Η δομή της ύλης. ....	123
Πίνακας 5.4. Συνεδρία 2 <sup>η</sup> : Οι φάσεις του νερού. ....	123
Πίνακας 5.5. Συνεδρία 3 <sup>η</sup> : Περιγραφή των μορίων του νερού. ....	124
Πίνακας 5.6. Συνεδρία 4 <sup>η</sup> : Διάταξη και κίνηση των μορίων του νερού. ....	124
Πίνακας 5.7. Συνεδρία 5 <sup>η</sup> : Σύνοψη για τη μικροσκοπική κατάσταση του νερού. ....	125
Πίνακας 5.8. Συνεδρία 12 <sup>η</sup> : Ονομασία των φάσεων του νερού και μικροσκοπικό επίπεδο. ....	126
Πίνακας 5.9. Συνεδρία 13 <sup>η</sup> : Σύγκριση των φάσεων του νερού. ....	126
Πίνακας 5.10. Επίτευξη επιπέδου εξοικείωσης με το σύστημα ΕΠ. ....	128
Πίνακας 5.11. Στόχοι και προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα. ....	130
Πίνακας 5.12. Μέγεθος επίδρασης και αποτελεσματικότητα της παρέμβασης. ....	138
Πίνακας 5.13. Ερευνητικά ερωτήματα και μέθοδοι αξιολόγησης. ....	138
Πίνακας 5.14. Χρονοδιάγραμμα των φάσεων διατήρησης. ....	140
Πίνακας 5.15. Διατήρηση 1 <sup>η</sup> : Το νερό σε μικροσκοπικό επίπεδο. ....	140
Πίνακας 5.16. Διατήρηση 2 <sup>η</sup> : Σύγκριση νερού και πάγου σε μικροσκοπικό επίπεδο. ....	141
Πίνακας 5.17. Διατήρηση 3 <sup>η</sup> , 4 <sup>η</sup> , 5 <sup>η</sup> και 6 <sup>η</sup> : Σύγκριση τριών φάσεων σε μικροσκοπικό επίπεδο. ....	141
Πίνακας 5.18. Γενίκευση: Τα υγρά σε μικροσκοπικό επίπεδο. ....	142
Πίνακας 5.19. Γενίκευση: «Άγνωστα» μόρια αερίου σε μικροσκοπικό επίπεδο. ....	142
Πίνακας 5.20. Ερωτηματολόγιο κοινωνικής εγκυρότητας (αξιολόγηση εμπειρίας μαθητών). ...	144
Πίνακας 6.1. Δεδομένα οπτικής ανάλυσης και αποτελεσματικότητα της παρέμβασης. ....	149
Πίνακας 6.2. Άμεση επίδραση, μεταβλητότητα και επικάλυψη. ....	155
Πίνακας 6.3. Άμεση επίδραση, μεταβλητότητα, επικάλυψη. ....	163
Πίνακας 6.4. Αξιολόγηση της εμπειρίας των μαθητών – κοινωνική εγκυρότητα. ....	169
Πίνακας Π1.1. Συνεδρία 6 <sup>η</sup> : Περιγραφή των μορίων του πάγου. ....	231
Πίνακας Π1.2. Συνεδρία 7 <sup>η</sup> : Διάταξη και κίνηση των μορίων του πάγου. ....	231
Πίνακας Π1.3. Συνεδρία 8 <sup>η</sup> : Σύνοψη για τη μικροσκοπική κατάσταση του πάγου. ....	231
Πίνακας Π1.4. Συνεδρία 9 <sup>η</sup> : Περιγραφή των μορίων των υδρατμών. ....	232
Πίνακας Π1.5. Συνεδρία 10 <sup>η</sup> : Διάταξη και κίνηση των μορίων των υδρατμών. ....	232
Πίνακας Π1.6. Συνεδρία 11 <sup>η</sup> : Σύνοψη για τη μικροσκοπική κατάσταση των υδρατμών. ....	232

# Κεφάλαιο Ι. Εισαγωγή

## 1.1. Δήλωση του προβλήματος

Η εκπαίδευση του 21ου αιώνα θέτει ως πρωταρχικό στόχο την ενδυνάμωση περιεχομένου και δεξιοτήτων γραμματισμού Φυσικών Επιστημών (ΦΕ, Science) και Ψηφιακής Τεχνολογίας (ΨΤ, Digital Technologies-DT) για όλους τους μαθητές, συμπεριλαμβανομένων των μαθητών με αναπηρία ή/και με Ειδικές Εκπαιδευτικές Ανάγκες (ΕΕΑ, Special Educational Needs-SEN). Η προώθηση της νοηματοδοτημένης μάθησης (meaningful learning) ΦΕ από όλους τους μαθητές και η ενίσχυση δεξιοτήτων ανώτερου επιπέδου, όπως είναι η συλλογιστική σκέψη, η δημιουργικότητα και η επίλυση προβλημάτων αποτελούν το υπόβαθρο για την εννοιολογική κατανόηση (Bao & Koenig, 2019). Για το σκοπό αυτό, η κατανόηση εννοιών ΦΕ σε επίπεδο τάξης μπορεί να ωφελήσει τους μαθητές στην απόκτηση φυσικής αντίληψης μέσω της χρήσης εργαλείων ΨΤ τα οποία μπορούν να κάνουν τη μαθησιακή διαδικασία αποτελεσματική και ενδιαφέρουσα (Mikropoulos & Iatraki, 2022). Στο πλαίσιο αυτό, η Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕΠ, Augmented Reality-AR) δημιουργεί το καταλληλότερο περιβάλλον μάθησης, καθώς συνδυάζει τον πραγματικό κόσμο με εικονικά τρισδιάστατα αντικείμενα παρέχοντας αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο (Azuma, 1997). Η ανάπτυξη εκπαιδευτικών εφαρμογών ΕΠ έχει αυξηθεί γεωμετρικά τα τελευταία χρόνια και οι παροχές της (affordances) αποτελούν μια τεχνολογική καινοτομία στην εκπαίδευση (Akçayır & Akçayır, 2017). Στην κατεύθυνση αυτή, βελτιωμένα μαθησιακά αποτελέσματα στις ΦΕ και επαρκής γνώση γραμματισμού ΦΕ (science literacy) προωθούν σημαντικά την πρόσβαση και ισότιμη συμμετοχή όλων των μαθητών ως μελλοντικών πολιτών, στην αντιμετώπιση των σύγχρονων προκλήσεων της κοινωνίας.

Οι μαθητές με Νοητική Αναπηρία (NA, Intellectual Disability-ID) συμπεριλαμβάνονται ολοένα και περισσότερο στις τάξεις ΦΕ και διδάσκονται περιεχόμενο σύμφωνα με το γενικό πρόγραμμα σπουδών, ωστόσο, φαίνεται να αντιμετωπίζουν προκλήσεις στην ακαδημαϊκή τους επίδοση. Συγκεκριμένοι περιορισμοί στον γνωστικό, κοινωνικό και πρακτικό τομέα επιβεβαιώνονται μέσω δοκιμασιών αξιολόγησης, με έμφαση «τον συλλογισμό, την επίλυση προβλημάτων, την οργάνωση, την αφηρημένη σκέψη, την κριτική ικανότητα και τον ρυθμό μάθησης» (American Psychiatric Association, 2013, σ. 33). Για την άρση των αναφερόμενων δυσκολιών, οι οποίες εμφανίζονται στην αρχή της παιδικής ηλικίας, και την αντιμετώπιση των εξατομικευμένων αναγκών των μαθητών με NA, η ερευνητική βιβλιογραφία προτείνει προσαρμογές στο περιεχόμενο ΦΕ, οι οποίες υποστηρίζονται αποτελεσματικά μέσω τεκμηριωμένων πρακτικών διδασκαλίας και την ενσωμάτωση της ΨΤ στη μαθησιακή διαδικασία (Agran et al., 2002; Ainscow et al., 2006;

Apanasionok et al., 2019; Individuals With Disabilities Education Improvement, 2004; Knight et al., 2015, 2020; Mikropoulos & Iatraki, 2022; National Research Council, 2000, 2012, 2014).

Με επίκεντρο τον μαθητή με ΝΑ η διδασκαλία ΦΕ στοχεύει στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τις ανάγκες του (UNESCO, 1994), ώστε να ανταποκρίνεται στις υψηλές προσδοκίες ΦΕ στη γενική τάξη, όπως αναφέρονται στο «Πλαίσιο για την Εκπαίδευση ΦΕ στις τάξεις Κ-12» (Framework for K-12 Science Education, 2012) και στα «Πρότυπα Φυσικών Επιστημών Νέας Γενιάς» (Next Generation Science Standards, 2013). Σε συμφωνία με τα προηγούμενα, το «Πρόγραμμα Διεθνούς Αξιολόγησης Μαθητών» (Programme for International Student Assessment–PISA, 2003) προέτρεψε τις χώρες να συμπεριλάβουν μαθητές με ΕΕΑ στις διαδικασίες αξιολόγησης των ΦΕ (OECD, 2012, 2019). Αν και ο αριθμός των χωρών και κατ' επέκταση ο αριθμός των μαθητών που αξιολογήθηκαν στις δοκιμασίες μετά το 2003 αυξήθηκε, το ποσοστό των μαθητών με ΕΕΑ στην αξιολόγηση παραμένει μικρότερο του 3% του συνολικού αριθμού των συμμετεχόντων (LeRoy et al., 2018). Οι μαθητές με ΝΑ αποκλείονται από τις αξιολογήσεις σε σχολικό ή ενδοσχολικό επίπεδο (αποκλεισμός σχολείων ή μεμονωμένων μαθητών) εξαιτίας των περιορισμών τους στον γνωστικό τομέα (National Center for Education Statistics, 2019), με την επισήμανση ότι ο συγκεκριμένος πληθυσμός «δε μπορεί να αποδώσει στο περιβάλλον δοκιμασιών αξιολόγησης της PISA» (Kastberg et al., 2017, σ. 6). Αντίστοιχα, το «Εθνικό Κέντρο Στατιστικών Επιστημών και Μηχανικής» (National Center on Science and Engineering Statistics–NCSES, 2014) διαπιστώνει ότι το 10,5% των φοιτητών προγραμμάτων σπουδών ΦΕ και Μηχανικής ταυτοποιήθηκαν με αναπηρία, χωρίς να αναφέρουν φοιτητές με ΝΑ (Lannan et al., 2021). Συνεπώς διακρίνεται μια ασυνέχεια μεταξύ των προτάσεων των ερευνητών και των νέων προτύπων για την εκπαίδευση ΦΕ για όλους σε σχέση με την εφαρμογή των προσαρμοσμένων τεκμηριωμένων πρακτικών και την παροχή προσβασιμότητας στην διδασκαλία και αξιολόγηση των ΦΕ διεθνώς.

Σύμφωνα με την ερευνητική βιβλιογραφία, οι μαθητές με ΝΑ διδάσκονται και αποκτούν περιεχόμενο ΦΕ όταν λαμβάνουν διαφοροποιημένη διδασκαλία υποστηριζόμενη με συμπληρωματικές τεχνικές, όπως είναι η ανάλυση έργου σε βήματα, οι ενισχύσεις και η χρονική καθυστέρηση (Britton et al., 2017; Jameson et al., 2008; Stevens & Schuster, 1988, Swanson & Sachse-Lee, 2000). Το πιο διαδεδομένο περιεχόμενο διδασκαλίας ΦΕ σε μαθητές με ΝΑ αναφέρεται στη Βιολογία ή στη Γεωγραφία, αποκαλύπτοντας την περιορισμένη έρευνα στη Φυσική (Knight et al., 2017; Miller et al., 2013). Συγκεκριμένα εμπόδια των μαθητών υπογραμμίζουν την κατανόηση εννοιών Φυσικής σε αφηρημένο ή

μη ορατό περιεχόμενο και τα εμπλεκόμενα φυσικά φαινόμενα (Terrazas-Arellanes et al., 2018).

Για την υποστήριξη των μαθητών με ΝΑ στη διδασκαλία ΦΕ, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι τύποι ΨΤ (Mikropoulos & Iatraki, 2022), όπως η διδασκαλία μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή (McKissick et al., 2018), τα τρισδιάστατα γραφικά (Fatikhona & Sayfutdiyargona, 2017) και οι προσομοιώσεις (Vassilopoulou & Mavrikaki, 2016). Αναδυόμενες τεχνολογίες, όπως η εικονική πραγματικότητα (Vrellis et al., 2016) και η επαυξημένη πραγματικότητα (Vrellis et al., 2020) εφαρμόζουν αποτελεσματικά μαθησιακά περιβάλλοντα που εστιάζουν στην κατανόηση των φυσικών φαινομένων. Ειδικότερα, τα αποτελέσματα της χρήσης ΕΠ στην εκπαίδευση έχουν μελετηθεί από αρκετούς ερευνητές (Akçayır & Akçayır, 2017; Chen et al., 2017; Kaya & Bicen, 2019) και τα οφέλη της ενισχύουν τη μάθηση (Chang et al., 2015; Chiang et al., 2014). Συγκεντρωτικά, παρέχονται ευκαιρίες στους μαθητές με ΝΑ α) για διδασκαλία αφηρημένων εννοιών (Arvanitis et al., 2009; Ibáñez et al., 2020; Wojciechowski & Cellary, 2013), β) για ενίσχυση των κινήτρων και του ενδιαφέροντος με έμφαση τη διατήρηση της προσοχής (Cascales-Martínez et al., 2016; Georgiou & Kyza, 2018) και γ) για αυξανόμενη αλληλεπίδραση (Billingshurst, 2002; Billingshurst & Duenser, 2012).

Όσον αφορά τη δομή της ύλης, βασικό περιεχόμενο της Φυσικής και της Χημείας που ενσωματώνει αφηρημένο και μη ορατό περιεχόμενο (Next Generation Science Standards, 2013), η βιβλιογραφία έδειξε ότι μοντέλα, προσομοιώσεις και η οπτικοποίηση των δομικών στοιχείων της συμβάλλουν σε θετικά μαθησιακά αποτελέσματα (Bellou et al., 2018). Αυτό επιβεβαιώνεται από τις πρόσφατες μελέτες που προτείνουν τη χρήση αναδυόμενων τεχνολογιών εμπύθισης στη διδασκαλία για τη μελέτη της ύλης (Iatraki et al., 2021; Özyalçın & Avcı, 2022; Tarnig, et al., 2022). Διαπιστώνεται ένα ερευνητικό κενό ως προς τη χρήση αυτών των τεχνολογιών στην απόκτηση περιεχομένου ΦΕ από μαθητές με ΝΑ (Mikropoulos & Iatraki, 2022), με λιγότερες εξαιρέσεις όπως την εμπειρική μελέτη των McMahon και συνεργατών (2016), οι οποίοι χρησιμοποίησαν φορητές συσκευές ΕΠ με δείκτες για τη διδασκαλία Βιολογίας σε μαθητές με ΝΑ. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης γυαλιών ΕΠ σε μια παρέμβαση Φυσικής στα αποτελέσματα μαθητών με ΝΑ δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, μέσω του ερευνητικού σχεδίου μεμονωμένου ατόμου, ως αποτελεσματικό σε περιβάλλοντα Ειδικής Εκπαίδευσης (Gast & Ledford, 2014; Horner et al., 2005). Οι άξονες που καθοδήγησαν την εμπειρική μελέτη αναφέρονται α) στα μαθησιακά αποτελέσματα, β) στο επίπεδο διατήρησης, γ) στο επίπεδο γενίκευσης περιεχομένου και πλαισίου και δ) στην εμπειρία των μαθητών. Προσδιορίστηκε μια λειτουργική σχέση μεταξύ των ανεξάρτητων

(δομημένη διερεύνηση και συστηματική διδασκαλία) και εξαρτημένων μεταβλητών της παρέμβασης και αποδείχθηκε η αποτελεσματικότητά της.

## **1.2. Στόχος και συμβολή της διατριβής**

Σκοπός της παρούσας εμπειρικής μελέτης είναι να διερευνήσει την επίδραση της ΕΠ μέσω γυαλιών στη διδασκαλία αφηρημένων εννοιών Φυσικής σε μαθητές με ελαφρά ΝΑ που φοιτούν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Εφαρμόστηκαν δύο διαφορετικές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις, η διερευνητική μάθηση και η συστηματική διδασκαλία και αξιολογήθηκαν τα μαθησιακά αποτελέσματα και οι δεξιότητες που αποκτήθηκαν από τους συμμετέχοντες ανά προσέγγιση μέσω οπτικής ανάλυσης του ερευνητικού σχεδίου μεμονωμένου ατόμου. Συγκεκριμένα, μελετήθηκε η ακαδημαϊκή επίδοση των μαθητών με ΝΑ (βασικό λεξιλόγιο επιστημονικών όρων, ερωτήσεις κατανόησης και εφαρμογής και δεξιότητες διερεύνησης) στο γνωστικό αντικείμενο της δομής της ύλης, για τις φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο.

Η παρούσα εργασία συμβάλλει στη διερεύνηση της επίδρασης της ΕΠ στη διδασκαλία αφηρημένων εννοιών Φυσικής σε μαθητές με ΝΑ. Συγκεκριμένα, η ΕΠ δημιουργεί κίνητρα εμπλοκής καθώς ενθαρρύνει τους μαθητές να συμμετέχουν σε δραστηριότητες που συμβαίνουν στον φυσικό κόσμο. Οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις μέσω των οποίων εμπλουτίζεται ο φυσικός κόσμος βοηθούν στη μείωση εμποδίων των μαθητών στον ακαδημαϊκό τομέα. Πρόσθετα, η διεξαγωγή της παρέμβασης μέσω της διερευνητικής μάθησης και η απόκτηση δεξιοτήτων διερεύνησης από τους μαθητές φαίνεται να αποτελεί ενθαρρυντική πρακτική ώστε οι μαθητές να συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία και να αποκτήσουν γραμματισμό ΦΕ.

## **1.3. Περίγραμμα της διατριβής**

Η παρούσα εργασία διαρθρώνεται σε επτά κεφάλαια.

Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή, όπου περιγράφεται η προβληματική, ο στόχος και η συμβολή της διατριβής, καθώς και το περίγραμμα για τη διεξαγωγή του συνολικού έργου.

Το δεύτερο κεφάλαιο αφορά το θεωρητικό πλαίσιο της διατριβής όπου περιγράφονται οι άξονες που συνθέτουν την εργασία. Το θέμα της διδακτορικής διατριβής βασίζεται σε ένα τετραδιάστατο σύστημα των επιμέρους εννοιών: α) η ΝΑ και η κατανόησή της μέσα από το εκπαιδευτικό πλαίσιο και η περιγραφή των προσεγγίσεων της συστηματικής διδασκαλίας και της διερευνητικής μάθησης, β) η διδασκαλία εννοιών Φυσικής στο πλαίσιο του γραμματισμού ΦΕ και οι συναφείς εμπειρικές μελέτες σε μαθητές με ΝΑ, γ)

η υποστήριξη της προηγούμενης σύζευξης μέσω της ΨΤ, συγκεκριμένα με τη συμβολή της τεχνολογίας ΕΠ και δ) ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη τεκμηριωμένων πρακτικών με καθορισμένα κριτήρια δεικτών ποιότητας για τη διδασκαλία ακαδημαϊκού περιεχομένου σε μαθητές με ΝΑ. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τον εντοπισμό του ερευνητικού κενού, το οποίο καθοδηγεί τη συστηματική ανασκόπηση του επόμενου κεφαλαίου.

Το τρίτο κεφάλαιο αποτελεί τη συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, όπου επισημαίνεται η συμβολή της ΨΤ στη διδασκαλία εννοιών Φυσικών Επιστημών για μαθητές με αναπηρία, σημειώνονται τα οφέλη για τον γνωστικό, κοινωνικό και πρακτικό τομέα των μαθητών. Το παρόν κεφάλαιο εντοπίζει το ερευνητικό κενό στη διδασκαλία αφηρημένων εννοιών Φυσικής σε μαθητές με ΝΑ με τη χρήση ΕΠ.

Τα επόμενα κεφάλαια αφορούν ζητήματα που σχετίζονται με το σχεδιασμό και την εφαρμογή της παρέμβασης, τα οποία συγκροτούν το ερευνητικό μέρος της παρούσας εργασίας.

Το τέταρτο κεφάλαιο είναι η πιλοτική μελέτη, η οποία αναφέρεται σε μια προκαταρκτική εμπειρική μελέτη με ερευνητικό σχέδιο ομάδων εστίασης για την επιλογή του βέλτιστου ψηφιακού περιβάλλοντος, μεταξύ της εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας, που θα πλαισιώσει την κύρια παρέμβαση.

Το πέμπτο κεφάλαιο αφορά την κύρια έρευνα, η οποία περιλαμβάνει τα επιμέρους στάδια (γραμμή βάσης, εξοικείωση με τον εξοπλισμό ΕΠ, κύρια παρέμβαση, διατήρηση και γενίκευση) του ερευνητικού σχεδίου μεμονωμένου ατόμου ώστε η ακριβής και λεπτομερή περιγραφή τους να προσδώσουν μεθοδολογική αυστηρότητα στην εμπειρική μελέτη.

Το έκτο κεφάλαιο εξετάζει ζητήματα που αφορούν την αξιολόγηση της παρέμβασης. Τα μαθησιακά αποτελέσματα αποτυπώνονται γραφικά στα εξατομικευμένα διαγράμματα των συμμετεχόντων με ελαφρά ΝΑ και πραγματοποιείται η οπτική ανάλυσή τους. Στη συνέχεια υπολογίζονται τα μεγέθη επίδρασης της παρέμβασης για κάθε μαθητή και προσδιορίζεται η αποτελεσματικότητα της παρέμβασης. Ολοκληρώνοντας την αξιολόγηση της ακαδημαϊκής επίδοσης των μαθητών με ελαφρά ΝΑ, αποτιμάται η εμπειρία τους μέσω ερωτήσεων κοινωνικής εγκυρότητας (social validity).

Στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται και συζητιούνται τα κύρια ευρήματα της παρέμβασης ανά φάση και αντιστοιχίζονται τα αποτελέσματα της εμπειρικής μελέτης με την ερευνητική βιβλιογραφία του πεδίου.

Ακολουθούν οι βιβλιογραφικές αναφορές που τεκμηριώνουν την παρούσα εργασία και το παράρτημα, το οποίο συγκεντρώνει τα ερωτηματολόγια και τις εργασίες των μαθητών με ΝΑ.

## **Κεφάλαιο ΙΙ: Θεωρητικό Πλαίσιο**

Το εννοιολογικό πλαίσιο βασίζεται σε τέσσερις άξονες. Αρχικά, περιγράφεται το προφίλ των μαθητών με ελαφρά ΝΑ και οι κατάλληλες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις σε ακαδημαϊκό περιεχόμενο με έμφαση τη συστηματική διδασκαλία και τη διερευνητική μάθηση. Ο δεύτερος άξονας περιγράφει την κατάκτηση περιεχομένου ΦΕ (βασική ορολογία και κατανόηση) από τους μαθητές με ΝΑ και την ενίσχυσή τους σε περιεχόμενο γραμματισμού ΦΕ. Ο τρίτος άξονας αναφέρεται στην ΨΤ ως σημαντική υποστήριξη στην εκπαίδευση ΦΕ των μαθητών με ΝΑ με έμφαση την αξιοποίηση της τεχνολογίας ΕΠ. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με τη μεθοδολογία έρευνας που εφαρμόζεται στην Ειδική Εκπαίδευση, όπου αναλύεται το ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου και οι δείκτες ποιότητας που προσδιορίζουν μια εκπαιδευτική παρέμβαση ως τεκμηριωμένη στην περίπτωση των μαθητών με ΝΑ. Οι τέσσερις άξονες αναδεικνύουν το ερευνητικό κενό στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη μιας εκπαιδευτικής παρέμβασης σε αφηρημένο περιεχόμενο Φυσικής που υποστηρίζεται με τεχνολογία ΕΠ και απευθύνεται σε μαθητές με ΝΑ, οι οποίοι χρειάζονται ξεχωριστές διδακτικές στρατηγικές σε ένα περιβάλλον μάθησης για όλους, ως ατομικό δικαίωμα εκπαίδευσης με βάση τις μαθησιακές ανάγκες τους (Lindsay et al., 2018; Soulis, 2018; Westwood & Graham, 2003).

### **2.1. Εκπαίδευση μαθητών με Νοητική Αναπηρία**

Η Νοητική Αναπηρία (ΝΑ, Intellectual Disability-ID) αποτελεί μια «διαταραχή που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της αναπτυξιακής περιόδου και περιλαμβάνει περιορισμούς στη νοητική και προσαρμοστική λειτουργικότητα, σε αντιληπτικούς, κοινωνικούς και πρακτικούς τομείς» (American Psychiatry Association, 2013, σ. 33). Η ταξινόμησή της από την International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (ICD-10, ICD-11) αναφέρεται σε τέσσερα επίπεδα: την ελαφρά ΝΑ (Δείκτης Νοημοσύνης-ΔΝ = 50-69), την μέτρια ΝΑ (ΔΝ = 35-49), τη βαριά (ΔΝ = 20-34) και την πολύ βαριά ΝΑ (ΔΝ < 20). Συνολικά, τα άτομα με ελαφρά ΝΑ αποτελούν το 85% του συνόλου των ατόμων με διάγνωση ΝΑ και η νοητική τους ηλικία αντιστοιχίζεται σε χρονολογική ηλικία 9-12 ετών παιδιών τυπικής ανάπτυξης (Bhaumik et al., 2016, σ. 418; Schuchardt et al., 2010; Σούλης, 2020; WHO, 2021). Έχουν υπάρξει σημαντικές αλλαγές στην ορολογία για τον προσδιορισμό της κατάστασης της ΝΑ, οι οποίες υποδηλώνουν τις στάσεις και τις μεταβολές της κοινωνίας, φτάνοντας σήμερα σε μια πιο ουσιαστική



προσπάθεια για τη διασφάλιση του δικαιώματος της εκπαίδευσης σε μη περιοριστικά περιβάλλοντα δίνοντας έμφαση στο ατομικό δικαίωμα της εκπαίδευσης με βάση τις ανάγκες και την κατάλληλη υποστήριξη για την πρόσβαση σε βασικό περιεχόμενο για όλους τους μαθητές (Σούλης, 2020).

Το μαθησιακό προφίλ (γνωστικός, επικοινωνιακός και κοινωνικός τομέας) των μαθητών με ΝΑ προσδιορίζεται από ένα σύνολο πολλαπλών ετερογενών χαρακτηριστικών (Bertelli et al., 2018). Η δυσκολία παραμονής των μαθητών με ΝΑ σ' ένα έργο συνδέεται με την ελλιπή συγκέντρωση και η διάσπαση προσοχής κατά την εμφάνιση περιβαλλοντικών ερεθισμάτων μπορεί να επιβραδύνει τον ρυθμό μάθησης. Συνέπεια των προηγούμενων περιορισμών αποτελεί η αδυναμία στην επεξεργασία πληροφοριών. Οι μαθητές με ΝΑ χρειάζονται περισσότερο χρόνο για τη διάκριση και αποκωδικοποίηση πληροφοριών που αφορούν τη θέση, το σχήμα, το μέγεθος ή το χρώμα ενός αντικειμένου και συχνά προβαίνουν σε τυχαίες επιλογές σε σχέση με τους συμμαθητές τυπικής ανάπτυξης (Σούλης, 2020).

Οι μαθητές με ΝΑ συναντούν σημαντικά εμπόδια στις μνημονικές διεργασίες, ιδίως στη βραχυπρόθεσμη και εργαζόμενη μνήμη (Henry, & MacLean, 2002; Kleinert et al., 2009). Συγκεκριμένοι περιορισμοί εντοπίζονται στην ομαδοποίηση νέων πληροφοριών και στην ανάκλησή τους (Cornoldi & Giofrè, 2014), καθώς επισημαίνονται αναποτελεσματικές μεταβάσεις από τη βραχυπρόθεσμη στην μακροπρόθεσμη μνήμη, λόγω της μειωμένης προσοχής και αντίληψης των μαθητών με ΝΑ (Mäehler & Schuchardt, 2016; Schuchardt et al., 2010). Η εργαζόμενη μνήμη μπορεί να ενισχυθεί μέσω της επανάληψης και των οπτικών αναπαραστάσεων, οι οποίες βοηθούν σημαντικά στην επεξεργασία και την κατανόηση. Η μακρόχρονη μνήμη των μαθητών με ΝΑ ενδυναμώνεται επίσης μέσω στρατηγικών, οι οποίες διευκολύνουν τη διατήρηση και οργάνωση των εισερχόμενων πληροφοριών και την αποτελεσματική ανάκλησή τους, όπως είναι η επανάληψη, η ομαδοποίηση ή η διαμεσολάβηση. Αν και οι μαθητές με ΝΑ, ακολουθούν μια επαναληπτική διαδικασία, δυσκολεύονται να συσχετίσουν τη νέα με την προηγούμενη γνώση. Πρόσθετες δυσκολίες συναντούν οι μαθητές με ΝΑ κατά την ομαδοποίηση των εισερχόμενων πληροφοριών ή κατά την οργάνωση των πληροφοριών μέσω της διαμεσολάβησης.

Επιπτώσεις των προηγούμενων εμποδίων αποτελούν οι δυσκολίες κατανόησης περιεχομένου και μεταγνωστικών δεξιοτήτων, επίλυσης προβλήματος, αφηρημένης σκέψης και γενίκευσης (Polloway et al., 2011). Οι μαθητές με ΝΑ δυσκολεύονται στην πρόσληψη εννοιών (κυρίως αφηρημένων) και στην επίλυση προβλημάτων. Παρόλο που οι μαθητές με ΝΑ εκπαιδεύονται σε συνθήκες επίλυσης προβλήματος, φαίνεται να μην

γενικεύουν τη διαδικασία επίλυσης προβλήματος ή μεταφοράς του προβλήματος σε άλλο πλαίσιο, εξαιτίας της μειωμένης ευελιξίας τους στη σκέψη. Ένας αποτελεσματικός τρόπος διευκόλυνσης των μαθησιακών διαδικασιών αποτελούν οι ενισχυτές (reinforcements) ή εξωτερικά κίνητρα, τα οποία οι μαθητές με ΝΑ συχνά συνδέουν με τη μαθησιακή πορεία και πρόοδό τους (Haneghan & Turner, 2001; Switzky, 1997). Καθώς βελτιώνονται τα μαθησιακά αποτελέσματα στην πάροδο του χρόνου, η χρήση των εξωτερικών κινήτρων μειώνεται σταδιακά με στόχο τη μετατροπή τους σε εσωτερικά κίνητρα για μάθηση (Σούλης, 2020).

Ο Mayer περιγράφει τη μάθηση ως μια σχετικά μόνιμη αλλαγή στη γνώση ή την συμπεριφορά ενός ατόμου λόγω μιας συγκεκριμένης εμπειρίας (Fiorella & Mayer, 2016). Η μάθηση μπορεί να επιτευχθεί με άμεσες ή με έμμεσες προσεγγίσεις που εντάσσονται στον συμπεριφορισμό ή στον εποικοδομητισμό (οικοδόμηση γνώσης) αντίστοιχα και να κατανοηθεί ως προς τον τρόπο με τον οποίο οδηγεί σε ορισμένα αποτελέσματα (Király, 2017). Ο συμπεριφορισμός, η πρώτη θεωρία που συνέβαλε στην περιγραφή της διαδικασίας της μάθησης, υιοθέτησε ένα παραδοσιακό μοντέλο. Παράδειγμά του είναι η άμεση διδασκαλία (ή η συστηματική διδασκαλία), η οποία επικεντρώνεται στον εκπαιδευτικό και αναφέρεται στη ρητή παροχή πληροφοριών και στην πρακτική εφαρμογή τους. Αντίθετα, η έμμεση διδασκαλία προάγει εποικοδομητικές ή αλλιώς γνωστικο-εποικοδομητικές προσεγγίσεις (όπως η διερευνητική μάθηση), οι οποίες αξιοποιούν τη μάθηση και την πρακτική. Οι εποικοδομητικές προσεγγίσεις ενσωματώνουν τεχνικές που προορίζονται για να παράγουν γνώση από τους ίδιους τους μαθητές με τον ρόλο του εκπαιδευτικού ως διευκολυντικό. Σε συμφωνία με την κοινωνικο-εποικοδομητική θεωρία του Vygotsky οι μαθητές πρέπει να κατασκευάσουν νόημα για τον εαυτό τους, μέσω αλληλεπιδράσεων με άτομα που κατέχουν μεγαλύτερη γνώση, όπως πρόσθεσε στη συνέχεια ο Piaget (1954) καλύπτοντας το κενό σχετικά με το μηχανισμό της διαδικασίας.

Η ερευνητική βιβλιογραφία καταθέτει επιχειρήματα για την αποτελεσματική εφαρμογή των άμεσων προσεγγίσεων στην Ειδική Εκπαίδευση, ιδίως κατά τη διδασκαλία ακαδημαϊκών δεξιοτήτων, όπως είναι η Γλώσσα (ανάγνωση, παραγωγή προφορικού και γραπτού λόγου), τα Μαθηματικά και οι Φυσικές Επιστήμες (Browder et al., 2012). Οι σαφείς οδηγίες, η ανάλυση έργου, τα περιγράμματα/οργανωτές γραφικών, οι εννοιολογικοί χάρτες και άλλες μνημονικές διαδικασίες συμβάλλουν καταλυτικά στη διδασκαλία περιεχομένου και στην ανάκληση γνώσης καθώς φαίνεται ότι διατηρούνται στο χρόνο (Spooner et al, 2012). Σε συστηματική ανασκόπηση των Kunzt και Carter (2019) εντοπίστηκαν 40 εκπαιδευτικές παρεμβάσεις στις οποίες συμμετείχαν 177

μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με ΝΑ που φοιτούσαν σε γενική τάξη. Σύμφωνα με τα ευρήματα, οι παρεμβάσεις διακρίνονται σε πέντε κύριες κατηγορίες: συστηματική διδασκαλία (Spooner et al., 2012), διδασκαλία μέσω συνομηλίκων (Brock & Huber, 2017), στρατηγικές αυτοδιαχείρισης (Wood et al., 2005), παρεμβάσεις επικοινωνίας μέσω συνομηλίκων και αλλαγές εκπαιδευτικού πλαισίου τοποθέτησης (Gilson et al., 2017). Αν και ο κεντρικός άξονας συμπεριέλαβε ισομερώς αποτελέσματα ακαδημαϊκού τομέα (Olson et al., 2016; Wehmeyer et al., 2016), κοινωνικού και συμπεριφορικού τομέα, κάθε προσέγγιση παρέμβασης χρησιμοποιούσε διαφορετική μεθοδολογία και έδινε προτεραιότητα σε διαφορετικές μεταβλητές.

Στη μελέτη τους οι Bouck και Bone (2018) κατέγραψαν εκπαιδευτικές παρεμβάσεις για μαθητές με ΝΑ οι οποίες στόχευαν σε ακαδημαϊκό περιεχόμενο ή σε δεξιότητες αυτόνομης διαβίωσης. Ως προς το πεδίο των ΦΕ, οι συγγραφείς επεσήμαναν την περιορισμένη έρευνα για την εκπαίδευση. Προηγούμενες σχετικές ανασκοπήσεις ανέδειξαν το ενδιαφέρον των ερευνητών σε δεξιότητες αυτόνομης διαβίωσης ή λειτουργικά στοιχεία ΦΕ, συμπεριλαμβανομένων των δεξιοτήτων υγιεινής (Courtade et al., 2007; Spooner et al., 2011). Ο Spooner και οι συνεργάτες του (2011) προσδιόρισαν τεκμηριωμένες πρακτικές, οι οποίες εφάρμοσαν συστηματική διδασκαλία, διδασκαλία μέσω βημάτων ανάλυσης έργου, και διδασκαλία μέσω χρονικής καθυστέρησης. Οι συγκεκριμένες πρακτικές θα πρέπει να έχουν υψηλή ποιότητα, δηλαδή να είναι επαρκείς, μεθοδολογικά ορθές και να παρέχουν δεδομένα για την αποτελεσματικότητά τους (Cook et al., 2008, 2011). Παρά την αποτελεσματικότητα των αναφερόμενων πρακτικών, αναδεικνύεται η δυσκολία των μαθητών με ΝΑ σε εργασίες που προϋποθέτουν προβλεψιμότητα και διατύπωση υποθέσεων, συλλογιστική σκέψη και εξαγωγή συμπερασμάτων από μαθητές με ΝΑ.

Όπως προαναφέρθηκε, οι μαθητές με ΝΑ χρειάζονται συγκεκριμένη διδασκαλία ώστε το περιεχόμενο να σχετίζεται με την εμπειρία τους για να αποκτά νόημα γι' αυτούς. Στην περίπτωση σύνθετων ή αφηρημένων εννοιών ακαδημαϊκού περιεχομένου προτείνονται η ανάλυση των δεξιοτήτων σε επιμέρους απλές, η λειτουργική σύνδεσή τους με τις εμπειρίες των μαθητών, η επαναλαμβανόμενη έκθεση των μαθητών στο νέο περιεχόμενο και ο σχεδιασμός των φάσεων της διατήρησης και της γενίκευσης της γνώσης. Η ανίχνευση των αρχικών γνώσεων και δεξιοτήτων των μαθητών, η παροχή διευκολύνσεων για τον σχηματισμό των εννοιών στη διάρκεια της διδασκαλίας, καθώς και η δημιουργία γνωστικού υποβάθρου για μελλοντική διδασκαλία θεωρούνται στοιχεία μιας αποτελεσματικής διδασκαλίας. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται δύο προσεγγίσεις για τη διδασκαλία περιεχομένου ΦΕ, η συστηματική διδασκαλία, που

αποτελεί τεκμηριωμένη πρακτική για την εκπαίδευση μαθητών με αναπηρία και το μοντέλο της διερευνητικής μάθησης, το οποίο προτείνεται ισχυρά στο πεδίο των ΦΕ.

### **2.1.1. Συστηματική διδασκαλία**

Η συστηματική διδασκαλία (systematic instruction), βασίζεται στις αρχές της Εφαρμοσμένης Ανάλυσης Συμπεριφοράς (Applied Behavior Analysis-ABA), οι οποίες θεμελιώνουν αποτελεσματικές παρεμβάσεις για τους μαθητές με αναπηρία (Rosenshine, 1995; Snell, 1978). Σχετικές έρευνες έδειξαν ότι η συστηματική διδασκαλία απευθύνεται σε μικρές ομάδες μαθητών (π.χ. τρεις ή τέσσερις) ανεξαρτήτου μαθησιακού προφίλ και μπορεί να εφαρμοστεί κατά τη διδασκαλία αλυσιδωτών ή διακριτών συμπεριφορών ή δεξιοτήτων (Collins, 2012; Stevens & Schuster et al., 1988). Μια διακριτή συμπεριφορά αποτελείται από ένα μοναδικό βήμα, το οποίο όταν παρατηρείται, είτε εξελίσσεται είτε έχει ήδη εξελιχθεί, ενώ μια αλυσιδωτή εργασία αποτελείται από επιμέρους διακριτές συμπεριφορές που συνδέονται μεταξύ τους σε ξεχωριστά βήματα ώστε να διαμορφώσουν μια σύνθετη συμπεριφορά.

Τα επιμέρους στοιχεία της συστηματικής διδασκαλίας συνθέτουν ένα εκπαιδευτικό πακέτο, το οποίο εφαρμόζεται στη διδασκαλία ακαδημαϊκών, επικοινωνιακών, και δεξιοτήτων που εντάσσονται στον πρακτικό τομέα (Collins, 2012). Η ενσωμάτωση σύντομων διδακτικών δοκιμασιών στο καθημερινό πρόγραμμα των μαθητών με ΝΑ συμβάλλει στην απόκτηση και ενίσχυση κάθε δεξιότητας, με βασικό στοιχείο ότι η συστηματική διδασκαλία μπορεί να παρουσιαστεί με διάφορους τύπους σε φυσικά περιβάλλοντα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα εκπαιδευτικά προγράμματα που χρησιμοποιούν συστηματική διδασκαλία αποτελούνται από μεμονωμένες συνεδρίες και οι συνεδρίες αντίστοιχα από μεμονωμένες δοκιμές. Μια συνεδρία μπορεί να έχει μία ή περισσότερες δοκιμές, όσες δοκιμές δηλαδή θεωρεί ο εκπαιδευτικός, με στόχο την παροχή πολλαπλών ευκαιριών για την επίτευξη μιας συμπεριφοράς ή δεξιότητας. Κάθε μεμονωμένη δοκιμή συστηματικής διδασκαλίας έχει τρία βασικά στοιχεία  $A \rightarrow B \rightarrow C$ : το προηγούμενο (Antecedent-A), τη συμπεριφορά (Behavior-B) και τη συνέπεια (Consequence-C). Το προηγούμενο αναφέρεται στο ερέθισμα που προηγείται μιας συμπεριφοράς ή μιας απάντησης και η συνέπεια ακολουθεί τη συμπεριφορά, με στόχο την καθιέρωση του ελέγχου των ερεθισμάτων, ιδίως σε καθημερινές φυσικές συνθήκες. Για παράδειγμα, ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα που αφορά μια δεξιότητα επικοινωνίας μπορεί να ενσωματωθεί σε διαφορετικά μαθήματα, όπως είναι οι ΦΕ ή τα Μαθηματικά ώστε να δοθούν οι απαιτούμενες ευκαιρίες για την επίτευξη της συμπεριφοράς (Collins, 2022).

Κύρια χαρακτηριστικά της συστηματικής διδασκαλίας αποτελούν: α) η δεξιότητα-στόχος, που αναφέρεται σε μια απλή ή σύνθετη συμπεριφορά, η οποία χρειάζεται να αποκτηθεί ή να αποβληθεί μέσω της διδασκαλίας, β) η διεξαγωγή της διδασκαλίας, κατά την οποία η συμπεριφορά ή η απόκριση ακολουθεί ένα προηγούμενο ή ένα ερέθισμα, γ) η χρήση ενισχύσεων, δ) η γενίκευση, ε) η διατήρηση της γνώσης, και στ) η συλλογή δεδομένων, δηλαδή η καταγραφή των απαντήσεων των μαθητών, μέσω παρατηρήσιμων ή μετρήσιμων συμπεριφορών.

Εφόσον σχεδιαστεί το πλάνο διδασκαλίας, προσδιορίζονται οι διορθώσεις των λαθών και η επιβράβευση των σωστών απαντήσεων. Η διδασκαλία των δεξιοτήτων-στόχων στο πλαίσιο της συστηματικής διδασκαλίας, μπορεί να επιτευχθεί με διακριτές δοκιμές (discrete trials), ανάλυση έργου (task analysis) και κατ' ευκαιρία διδασκαλία (incidental teaching). Οι διακριτές δοκιμές επιλέγονται για την διδασκαλία μιας μεμονωμένης ή διακριτής συμπεριφοράς, ενώ η ανάλυση έργου εφαρμόζεται όταν η δεξιότητα απαιτεί επιμέρους βήματα για την ολοκλήρωσή της, τα οποία συνδέονται διαδοχικά σε αλυσίδα κατευθυνόμενη προς τα εμπρός ή σε αντίθετη κατεύθυνση, ανάλογα με το σημείο αναφοράς (αρχή ή τέλος της αλυσίδας) της έναρξης των βημάτων. Η κατ' ευκαιρία διδασκαλία προτιμάται στην περίπτωση συχνών, κυρίως καθημερινών συμπεριφορών και περιλαμβάνει καταστάσεις που χρειάζονται τροποποίηση. Κατά τη λαθεμένη απάντηση του μαθητή παρέχεται ένα σύστημα διορθώσεων σφαλμάτων, το οποίο δείχνει τη σωστή απάντηση και παρέχει την ευκαιρία εξάσκησης για τη σωστή. Τέλος, για τον καθορισμό της συμπεριφοράς σε λειτουργικό επίπεδο σχεδιάζονται τα στάδια της γενίκευσης και της διατήρησης. Η γενίκευση περιλαμβάνει την εφαρμογή της συμπεριφοράς σε κάποιο άλλο περιεχόμενο, σε άλλους ανθρώπους ή σε ένα άλλο πλαίσιο. Η διατήρηση αναφέρεται στη συνέχιση της συμπεριφοράς στο χρόνο και διασφαλίζει ότι ενώ σταματά η διδασκαλία, η συμπεριφορά έχει αφομοιωθεί και μπορεί να εφαρμόζεται (Collins, 2012).

Στοχευμένη παρέμβαση στο πλαίσιο της συστηματικής διδασκαλίας αποτελεί η μάθηση χωρίς σφάλματα, η οποία περιλαμβάνει τη χρήση εκπαιδευτικών στρατηγικών για την πρόληψη ή την ελαχιστοποίηση των λαθών των μαθητών, συμπεριλαμβανομένων των διαδικασιών προτροπής ή χρονικής καθυστέρησης (Collins, 2012). Η προτροπή για μετάβαση από τις περισσότερες προς τις λιγότερο δυνατές προσπάθειες συνίσταται στην παροχή της πιο παρεμβατικής προτροπής που απαιτείται για τη διασφάλιση της σωστής ολοκλήρωσης (Collins, 2012). Η συγκεκριμένη προτροπή στη συνέχεια εξαφανίζεται συστηματικά με την πάροδο του χρόνου χρησιμοποιώντας διαδοχικά λιγότερο παρεμβατικές προτροπές ώσπου ο μαθητής να εκτελέσει ανεξάρτητα τη δεξιότητα. Η

χρονική καθυστέρηση συνίσταται στην αύξηση του χρόνου μεταξύ της παρουσίασης ενός διακριτικού ερεθίσματος και της παροχής της ελεγχόμενης προτροπής για να διασφαλιστεί η σωστή απόκριση (Collins, 2012). Το πλεονέκτημα της συστηματικής διδασκαλίας είναι η συστηματική και άμεση συλλογή δεδομένων, η γραφική αναπαράστασή τους και η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της παρέμβασης.

Παραδείγματα συστηματικής διδασκαλίας περιλαμβάνονται σε μελέτες, όπου συμμετέχουν μικρές ομάδες μαθητών με διαφορετικό επίπεδο αναπηρίας και η αποτελεσματικότητά της διαπιστώνεται με την προσθήκη μη στοχευμένων πληροφοριών στο περιεχόμενο της διδασκαλίας (Falkenstine et al., 2009). Ως μη στοχευμένες πληροφορίες στο περιεχόμενο θεωρήθηκαν οι εναλλακτικοί τρόποι διδασκαλίας (πχ. για τη διδασκαλία της ώρας ως εναλλακτικός τρόπος θεωρήθηκε η δήλωση της ώρας και η ρύθμιση του ρολογιού) κατά τους οποίους οι μαθητές κατανοούσαν τις εργασίες που απευθύνονταν σε άλλους μαθητές της ομάδας αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας.

Η συστηματική διδασκαλία συγκαταλέγεται μεταξύ των τεκμηριωμένων πρακτικών για την εκπαίδευση των μαθητών με ΝΑ (Sprooner et al., 2012). Στο πλαίσιο των ΦΕ, οι Greene και Bethune (2019) πραγματοποίησαν μια μελέτη για να αξιολογήσουν τα αποτελέσματα της συστηματικής διδασκαλίας, όπως είναι οι τεχνικές προτροπής και απόσυρσης του ερεθίσματος, για μια ομάδα μαθητών όπου συμπεριλήφθηκαν μαθητές με ΝΑ. Τα αποτελέσματα μετρήθηκαν χρησιμοποιώντας έναν πολλαπλό σχεδιασμό γραμμής βάσης μεταξύ των συμπεριφορών (σε περιεχόμενο μονάδων ΦΕ) και προσδιορίστηκε η αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας.

### **2.1.2. Διερευνητική μάθηση**

Η διερευνητική μάθηση ή διδασκαλία (inquiry-based learning or inquiry-based teaching/instruction), ή διερεύνηση ή διερώτηση (inquiry) προτείνονται ολοένα και περισσότερο στα διεθνή προγράμματα σπουδών των ΦΕ και στη διδακτική πράξη (American Association for the Advancement of Science, 1993; National Research Council, 1996, 2000, 2011, 2012, 2013; National Science Teachers Association, 2004). Η σύνδεσή της με την άτυπη μάθηση και τα φαινόμενα της καθημερινής ζωής ενισχύει σημαντικά τον μαθητοκεντρικό σχεδιασμό μέσω των κινήτρων και της περιέργειας των μαθητών (Colburn, 2000, σ. 42). Πρόσθετα, αναπτύσσει και ενισχύει την ικανότητα κριτικής σκέψης και δράσης μέσω ερωτήσεων ανοιχτού τύπου (Project 2061; American Association for the Advancement of Science, 1993; Specht et al., 2012). Η τοποθέτηση της διερεύνησης μεταξύ των κύριων ενδιαφερόντων των ερευνητών αιτιολογείται από την ευρεία εφαρμογή της σε διεθνή ερευνητικά ή αναπτυξιακά έργα (Anderson, 2001;

Colburn, 2000). Ήδη από τις αρχικές προσπάθειες για τη μελέτη πιθανών προκλήσεων στην εφαρμογή της διερευνητικής μάθησης, οι Edelson, Gordin και Pea (1999) έλαβαν υπόψη τους τη συνεισφορά της τεχνολογίας στη μαθησιακή διαδικασία, μέσω της ενίσχυσης του ενδιαφέροντος, των κινήτρων των μαθητών και της ενσωμάτωσης αναπαραστάσεων εξετάζοντας τη συνάφειά της με τη διερεύνηση στο μάθημα των Γεωεπιστημών. Συνολικά, οι προσεγγίσεις με επίκεντρο τον μαθητή που υποστηρίζονται από την τεχνολογία προσφέρουν κατάλληλες μαθησιακές δραστηριότητες, στον κατάλληλο χρόνο και τόπο (Peng et al., 2009), καθώς παρέχουν δυνατότητες λήψης συγκεκριμένων οδηγιών, καθοδήγησης και περιεχομένου (Kukulka-Hulme, 2009).

Η διερευνητική μάθηση ορίζεται ως διαδικασία «ανακάλυψης νέων αιτιακών σχέσεων» (Pedaste et al., 2015, σ. 48), όπου οι εκπαιδευόμενοι ακολουθούν επιστημονικές διαδικασίες (πειράματα ή/και παρατήρηση) για να δοκιμάσουν τις υποθέσεις τους και να κατασκευάσουν τη γνώση (Constantinou et al., 2018; de Jong & van Joolingen, 1998; McDermott, 1996; Pedaste et al., 2012). Βασικός στόχος της αποτελεί η εμπλοκή σε μια αυθεντική επιστημονική διαδικασία, μέσω της οποίας οι μαθητές αποκτούν δεξιότητες επεξεργασίας των δεδομένων, ανακαλύπτουν «τη δική τους» γνώση μέσω εσωτερικών διεργασιών και αποκτούν θετικές στάσεις για τις ΦΕ (Constantinou et al., 2018; Khalaf & Zin, 2018). Η ενεργή συμμετοχή των μαθητών σε διαδικασίες, όπου οι ίδιοι υποβάλλουν ερωτήσεις για τον φυσικό κόσμο, συλλέγουν δεδομένα, μεταφέρουν ερμηνείες, και εκτελούν ανοιχτές πρακτικές δραστηριότητες (Freeman et al., 2014; Martin-Hansen, 2002), συμβάλλει στην ανακάλυψη και κατάκτηση της γνώσης (de Jong & van Joolingen, 1998; Driver & Oldham, 1986). Στην ανασκόπηση των Minner και συνεργατών (2010), όπου συμπεριλήφθηκαν 138 μελέτες που βασίστηκαν σε διερεύνηση και δημοσιεύτηκαν μεταξύ των ετών 1984 και 2002, η ενεργητική σκέψη των μαθητών και η συμμετοχή τους σε πρακτικές δραστηριότητες αναγνωρίστηκαν ως προγνωστικοί παράγοντες για αυξημένη πιθανότητα εννοιολογικής κατανόησης σε σύγκριση με παραδοσιακές προσεγγίσεις.

Αν και οι μαθητές ανακαλύπτουν αρχές των ΦΕ μέσω των δραστηριοτήτων διερεύνησης, η διερεύνηση δεν αποτελεί τον μοναδικό μηχανισμό μάθησης (Bruner, 1961; de Jong & van Joolingen, 1998). Πρόσθετη συμβολή στην ανάπτυξη της κατανόησης περιεχομένου ΦΕ αποτελούν ο προβληματισμός και η αναζήτηση κενών στη γνώση, η περιέργεια, το υπάρχον γνωστικό υπόβαθρο, η ανακάλυψη, η αναδιοργάνωση, η εφαρμογή, και η σύνδεση της γνώσης με άλλες γνώσεις. Γι' αυτούς τους λόγους η διερεύνηση διαφοροποιείται από προσεγγίσεις όπως είναι η ανακαλυπτική μάθηση (discovery), η

μάθηση μέσω έργου (project), η παιχνιδιοποίηση (gamification) και η επίλυση προβλήματος (problem solving) (Pedaste et al, 2015).

Οι πρώτες προσπάθειες προσδιορισμού ενός πλαισίου διερεύνησης καταγράφηκαν στις αρχές του 20ου αιώνα, όταν ο Dewey (1938) περιέγραψε μια επιστημονικά προσανατολισμένη διαδικασία ΦΕ με στάδια όπως ο ορισμός ενός προβλήματος, η διατύπωση μιας υπόθεσης και η διεξαγωγή των σχετικών δοκιμασιών (Dewey, 1964). Τα έργα των Piaget, Vygotsky και Ausubel, συμπεριέλαβαν δραστηριότητες συγκεκριμενοποίησης εννοιών ΦΕ μέσω της ενθάρρυνσης και της ενεργής συμμετοχής των μαθητών σε γνωστικό και συμπεριφορικό τομέα, υπογραμμίζοντας την κατασκευή νοήματος μέσω της κοινωνικής αλληλεπίδρασης (Cakir, 2008; Driver & Oldham, 1986; Mayer, 2004). Το εποικοδομητικό αυτό περιβάλλον για την κατασκευή ή διεύρυνση της γνώσης προϋποθέτει κριτήρια που αφορούν την απόσπαση των προηγούμενων γνώσεων από τους μαθητές, την παροχή ενός πλαισίου γνωστικής ασυμφωνίας, την εφαρμογή της νέας γνώσης και την ανατροφοδότηση κατά τη μαθησιακή διαδικασία (Al Mamun et al., 2020; Baviskar et al., 2009; Taber, 2011).

Επόμενες δοκιμές έθεσαν την αναγκαιότητα καθορισμού επιμέρους φάσεων διερεύνησης, τον συσχετισμό και τη διάταξή τους σε ακολουθία αναδεικνύοντας διαφορετικούς βαθμούς ανεξαρτησίας των μαθητών (Buck et al., 2008). Ο κύκλος του Rutherford (1964) αποτέλεσε ένα από τα αρχικά παραδείγματα σύνδεσης φάσεων με επίκεντρο την επίλυση ενός προβλήματος ΦΕ και την ενθάρρυνση των μαθητών ως προς τη διατύπωση ερωτημάτων και την άσκηση κριτικής σκέψης. Στη συνέχεια συγκροτήθηκαν κύκλοι διερεύνησης κατά τους οποίους εμφανίστηκαν εσωτερικές συνδέσεις των διαφόρων φάσεων διερεύνησης (Bybee et al., 2006; de Groot, 1969; Njoo & de Jong, 1993).

Αναφορικά με τις φάσεις διερεύνησης (inquiry phases), διατάσσονται διακριτές ενότητες επαγωγικού ή απαγωγικού χαρακτήρα οι οποίες στοχεύουν στην κατάκτηση γνώσης και την ενδυνάμωση αντίστοιχων δεξιοτήτων (Pedaste & Sarapu, 2006). Η σύνδεσή τους συγκροτεί έναν κύκλο διερεύνησης, του οποίου η πορεία εξαρτάται από δραστηριότητες που πραγματοποιούνται είτε στο φυσικό περιβάλλον της τάξης (Meyerson & Secules, 2001), είτε σε αντίστοιχο ψηφιακό περιβάλλον (de Jong et al., 2010; Mäeots et al., 2008). Για παράδειγμα, ο κύκλος μάθησης 5E των Bybee και συνεργατών (2006) απαριθμεί πέντε φάσεις διερεύνησης, την εμπλοκή (Engagement), την εξερεύνηση (Exploration), την ερμηνεία (Explanation), την επεξεργασία (Elaboration) και την αξιολόγηση (Evaluation) και είναι επαγωγικά κατευθυνόμενος από τα εμπειρικά δεδομένα των φάσεων της εμπλοκής και της ερμηνείας.



Ο δημοφιλής κύκλος διερεύνησης που προέκυψε από τη σύνθεση δευτερογενών ευρημάτων της συστηματικής ανασκόπησης των Pedaste και συνεργατών (2015), προσδιορίζει πέντε εννοιολογικά ανεξάρτητες φάσεις: τον προσανατολισμό (orientation), την εννοιολόγηση (conceptualization), την κύρια έρευνα (investigation), τα συμπεράσματα (conclusions) και τη συζήτηση (discussion). Κατά τον προσανατολισμό, προκαλείται το ενδιαφέρον και η περιέργεια του μαθητή, ο οποίος καταλήγει σε μια δήλωση προβλήματος. Η εννοιολόγηση αποτελεί τη γενική διαδικασία κατανόησης των εννοιών και διακρίνεται στη διατύπωση ερωτήσεων (questioning) και στη δημιουργία υποθέσεων (hypothesis generation). Αυτές οι υποφάσεις οδηγούν είτε σε ένα ερευνητικό ερώτημα είτε σε μια ελεγχόμενη υπόθεση αντίστοιχα. Κατά τη μετάβαση στην κύρια έρευνα, το ενδιαφέρον των μαθητών μετατρέπεται σε δράση μέσω διαδικασιών όπως η παρατήρηση, η εξερεύνηση, ο σχεδιασμός δραστηριοτήτων, η μεταβολή μεταβλητών, η συλλογή δεδομένων, η πρόβλεψη και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Στα συμπεράσματα συνοψίζονται τα ευρήματα, όπου απαντώνται τα ερευνητικά ερωτήματα (ή ελέγχονται οι υποθέσεις) και πιθανώς αναδεικνύονται νέες θεωρητικές ιδέες. Τέλος, η συζήτηση περιλαμβάνει την επικοινωνία (communication) και τον αναστοχασμό (reflection), που διεξάγονται κατά τη λήξη ή μεταξύ των φάσεων διερεύνησης, θέτουν τους μαθητές σε προβληματισμό, συμβάλλουν στην αξιολόγηση και την προώθηση της γενίκευσης και της διατήρησης της γνώσης.

Η διαδικασία της διερεύνησης ταξινομείται σε επίπεδα ή τύπους (inquiry levels) ανάλογα με το πλήθος των δεδομένων και των οδηγιών που λαμβάνουν οι μαθητές (Banchi & Bell, 2008; Bell et al., 2003; Colburn, 2000; Herron, 1971; Martin-Hansen, 2002). Το 1971 αναπτύχθηκε η «κλίμακα Herron», ένα εργαλείο αξιολόγησης με βάση την ανοιχτότητα στη διδασκαλία της διερεύνησης (τρία κύρια χαρακτηριστικά, το πρόβλημα, ο τρόπος και το μέσο και οι απαντήσεις, κωδικοποιήθηκαν ως δεδομένα για την παροχή ή μη καθοδήγησης), το οποίο αναφέρθηκε στην ακόλουθη ταξινόμηση: την εξερεύνηση (exploration), την κατευθυνόμενη διερεύνηση (direct inquiry), την καθοδηγούμενη διερεύνηση (guided inquiry) και την ανοιχτή ή ελεύθερη διερεύνηση (open-ended inquiry). Κατά την εξερεύνηση, το πρόβλημα, η διαδικασία και η ερμηνεία γνωστοποιούνται και ακολουθείται μια δραστηριότητα για την επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων. Στόχος της αποτελεί η εξοικείωση με τη διαδικασία και χρησιμοποιείται στα πρώτα στάδια των διερευνητικών προσπαθειών. Στο επίπεδο της κατευθυνόμενης διερεύνησης, οι μαθητές αναλαμβάνουν πρωτοβουλίες και διερευνούν ένα πρόβλημα μέσω μιας προκαθορισμένης διαδικασίας επινοώντας μεθόδους και λύσεις και εξάγουν συμπεράσματα ώστε να απαντήσουν σε ένα προκαθορισμένο πρόβλημα ή ερώτημα. Στο

επίπεδο τη καθοδηγούμενης διερεύνησης, οι μαθητές αφενός γνωρίζουν το πρόβλημα ή το ερώτημα προς διερεύνηση και αφετέρου επινοούν τις δικές τους μεθόδους και λύσεις. Συγκεκριμένα, μπορεί να καθοδηγούνται στις μεθόδους, την επιλογή των διδακτικών υλικών, την οργάνωση, την επεξεργασία και την ανάλυση των δεδομένων, καθώς και των συμπερασμάτων, ωστόσο αναλαμβάνουν την ευθύνη για τις προαναφερόμενες διαδικασίες. Στο τελευταίο επίπεδο, της ανοιχτής ή ελεύθερης διερεύνησης, οι μαθητές ευθύνονται εξολοκλήρου για τα επιμέρους στάδια, καθώς τα προβλήματα, οι μέθοδοι και οι λύσεις δεν προκαθορίζονται.

Με μικρές διαφοροποιήσεις, οι Tafoya, Sunal και Knecht (1980), πρότειναν τέσσερις τύπους διερεύνησης, οι οποίοι αντιστοιχούν σε διαφορετικά επίπεδα αυτονομίας. Το πρώτο επίπεδο αντικαθιστά τη «διερεύνηση εξερεύνησης» με τη διερεύνηση επιβεβαίωσης (confirmation inquiry), όπου οι μαθητές έχουν στόχο να επιβεβαιώσουν μια έννοια ενώ η ερώτηση, η διαδικασία και τα αποτελέσματα είναι γνωστά. Το δεύτερο επίπεδο αποτελεί τη δομημένη διερεύνηση (structured inquiry), η οποία αντικαθιστά την «κατευθυνόμενη διερεύνηση». Ο εκπαιδευτικός διατυπώνει μια ερώτηση και παρέχει βήμα με βήμα σαφείς οδηγίες στους μαθητές για να οδηγηθούν στο αποτέλεσμα. Στόχο αποτελεί η ανακάλυψη σχέσεων και η γενίκευση των δεδομένων, μέσω της απόκτησης περιεχομένου και δεξιοτήτων διερεύνησης (Blanchard et al., 2010; Zion & Mendelovici, 2012). Η ανάπτυξη δεξιοτήτων (παρατήρηση, διατύπωση υποθέσεων, συλλογή και οργάνωση δεδομένων, εξαγωγή συμπερασμάτων και εύρεση λύσεων), διέρχεται από στάδια και καταλήγει στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Μεταξύ των πλεονεκτημάτων της δομημένης διερεύνησης βρίσκονται η μείωση της απογοήτευσης των μαθητών λόγω πιθανών ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων μιας διαδικασίας ή της αποτυχίας τους σε ένα έργο και η εστίαση της προσοχής σε μια διαδρομή επίλυσης προβλήματος (Zion & Mendelovici, 2012). Αντίθετα, σημαντικό μειονέκτημα αποτελούν οι περιορισμένες ευκαιρίες για ανεξάρτητη σκέψη από τους μαθητές. Το τρίτο επίπεδο αναφέρεται στην καθοδηγούμενη διερεύνηση (guided inquiry), όπου ο εκπαιδευτικός θέτει το πρόβλημα και οι μαθητές εκτελούν τα βήματα της διαδικασίας (διατύπωση υποθέσεων και σχεδιασμός πειράματος), κατά την οποία συνεργάζονται, δημιουργούν και ενισχύουν τις δεξιότητές τους. Το τέταρτο επίπεδο αναφέρεται στην ανοιχτή διερεύνηση (open inquiry) ή πλήρη διερεύνηση (full inquiry), κατά την οποία οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να αναπτύξουν προηγμένες δεξιότητες, όπως η συλλογιστική ικανότητα και να διεξάγουν αυτοκατευθυνόμενο έργο, καθώς οι ίδιοι επιλέγουν το πρόβλημα και τα ερευνητικά ερωτήματα που θα μελετήσουν, εργάζονται απευθείας με τα υλικά και τον εξοπλισμό, και αναλαμβάνουν εξολοκλήρου ρόλο με υψηλό βαθμό ελευθερίας και υπευθυνότητας

(National Research Council, 1996; Colburn, 2000). Η ανοιχτή διερεύνηση αντικατοπτρίζει το έργο των επιστημόνων (Martin-Hansen, 2002). Τα τέσσερα επίπεδα διερεύνησης εμφανίζουν ιεραρχικό χαρακτήρα καθώς στοχεύουν σε διαφορετικά επίπεδα απόκτησης εμπειρίας για την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων τους. Κατά την πρώιμη εμπλοκή των μαθητών σε προσπάθειες διερεύνησης, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να συνδυάσουν τα επίπεδα σε ευθυγράμμιση με το δυναμικό των μαθητών και να προσφέρουν αντίστοιχες ευκαιρίες εξάσκησης (Lederman, 2008).

Οι Banchi και Bell (2008) πρότειναν επίσης τέσσερα επίπεδα διερεύνησης (Πίνακας 2.1.) στη διάρκεια πειραμάτων Φυσικής όπου οι μαθητές εξασκήθηκαν σε δεξιότητες διερεύνησης όπως η καταγραφή, η ανάλυση δεδομένων και η εξαγωγή συμπερασμάτων. Οι συστηματικές προσπάθειες εξάσκησης θεωρήθηκαν ικανή και αναγκαία συνθήκη για την ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης και αντίστοιχων θετικών αντιλήψεων των μαθητών.

Πίνακας 2.1. Επίπεδα διερεύνησης (Banchi & Bell, 2008, σ. 27).

Επίπεδο διερεύνησης	Ερώτηση	Διαδικασία	Λύση
1-διερεύνηση επιβεβαίωσης Οι μαθητές επιβεβαιώνουν μια αρχή μέσω μιας δραστηριότητας	✓	✓	✓
2-δομημένη διερεύνηση Οι μαθητές διερευνούν μια ερώτηση που παρουσιάζεται από τον εκπαιδευτικό μέσω μιας προκαθορισμένης διαδικασίας	✓	✓	
3-καθοδηγούμενη διερεύνηση Οι μαθητές διερευνούν μιας ερώτηση που παρουσιάζεται από τον εκπαιδευτικό χρησιμοποιώντας διαδικασίες που έχουν σχεδιαστεί/επιλεγεί από τους μαθητές	✓		
4-ανοιχτή διερεύνηση οι μαθητές διερευνούν ερωτήσεις που έχουν διαμορφωθεί από τους μαθητές και έχουν σχεδιαστεί/επιλεγεί από τους μαθητές.			

Ταυτόχρονα, οι Buck και συνεργάτες (2008) πρότειναν ένα εργαλείο ταξινόμησης των επιπέδων διερεύνησης με βάση το πρόγραμμα σπουδών προπτυχιακών φοιτητών Χημείας και προσδιόρισαν πέντε επίπεδα διερεύνησης (Πίνακας 2.2.) ως προς τον βαθμό ανεξαρτησίας των φοιτητών. Η μελέτη προσθέτει ένα πέμπτο επίπεδο διερεύνησης, την *αυθεντική διερεύνηση (authentic inquiry)*, στην οποία έχει συνεχή ενεργό ρόλο ο μαθητής.

Πίνακας 2.2. Επίπεδα διερεύνησης (Buck et al., 2008).

Χαρακτηριστικό	Επίπεδο 0 επιβεβαίωση	Επίπεδο ½	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3

		Δομημένη διερεύνηση	Καθοδηγούμενη διερεύνηση	Ανοιχτή διερεύνηση	Αυθεντική διερεύνηση
Πρόβλημα/ερώτηση	Παρέχεται	Παρέχεται	Παρέχεται	Παρέχεται	Δεν παρέχεται
Θεωρία/υπόβαθρο	Παρέχεται	Παρέχεται	Παρέχεται	Παρέχεται	Δεν παρέχεται
Διαδικασία/σχεδιασμός	Παρέχεται	Παρέχεται	Παρέχεται	Δεν παρέχεται	Δεν παρέχεται
Ανάλυση αποτελεσμάτων	Παρέχεται	Παρέχεται	Δεν παρέχεται	Δεν παρέχεται	Δεν παρέχεται
Επικοινωνία αποτελεσμάτων	Παρέχεται	Δεν παρέχεται	Δεν παρέχεται	Δεν παρέχεται	Δεν παρέχεται
Συμπεράσματα	Παρέχεται	Δεν παρέχεται	Δεν παρέχεται	Δεν παρέχεται	Δεν παρέχεται

←
 Περισσότερο δομημένη
 →
 Λιγότερο δομημένη

Η δευτερογενής ανάλυση των Lazonder και Harmsen (2016) αξιολόγησε την αποτελεσματικότητα των επιπέδων διερεύνησης των συμπεριληφθεισών ερευνών και οι συγγραφείς επεσήμαναν τη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων ανεξάρτητα από το επίπεδο διερεύνησης που εφάρμοσαν σε κάθε επιμέρους έρευνα οι ερευνητές. Επιπροσθέτως, οι συγγραφείς επεσήμαναν την αυτόνομη και ενεργή δράση των μαθητών ακόμα και στην περίπτωση επιπέδων συγκεκριμένων οδηγιών. Αντίστροφα, επισημάνθηκε η ανάγκη για καθοδήγηση και παροχή σκαλωσιάς (scaffolding) στις διαδικασίες ανοιχτού τύπου, αν και υπάρχουν περιορισμένες πρακτικές για την επίτευξη ισορροπίας μεταξύ δραστηριοποίησης και αυτενέργειας των μαθητών.

Η έρευνα των Artayasa και συνεργατών (2018) σύγκρινε την επίδραση της εφαρμογής τριών επιπέδων διερεύνησης (δομημένη, καθοδηγούμενη και ανοιχτή διερεύνηση) σε 154 προπτυχιακούς φοιτητές εκπαιδευτικούς μέσω μιας δοκιμασίας αξιολόγησης εννοιών ΦΕ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσοι ακολούθησαν ανοιχτή διερεύνηση συγκέντρωσαν υψηλότερη βαθμολογία στην κατανόηση των εννοιών. Πρόσθετα, οι βαθμολογίες που προέκυψαν από τη δομημένη και την καθοδηγούμενη διερεύνηση αξιολογήθηκαν με παρόμοια επίπεδα επίτευξης έχοντας διαφοροποιηθεί σημαντικά από την ανοιχτή διερεύνηση.

Ένα οιονεί πείραμα πραγματοποιήθηκε στη μελέτη των Margunayasa και συνεργατών (2019), το οποίο ανέλυσε την επίδραση της σχέσης αλληλεπίδρασης της καθοδηγούμενης διερεύνησης και του γνωστικού στυλ 239 μαθητών πέμπτης τάξης, οι οποίοι χωρίστηκαν στην πειραματική ομάδα (132) και την ομάδα ελέγχου (107). Τα αποτελέσματα των δοκιμασιών από τη σύγκριση της πειραματικής ομάδας με την ομάδα

ελέγχου ανέδειξαν σημαντική διαφορά στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών που ακολούθησαν το μοντέλο της διερευνητικής μάθησης σε σύγκριση με τους μαθητές που ακολούθησαν συμβατική διδασκαλία. Πρόσθετα, φάνηκε σημαντική επίδραση της αλληλεπίδρασης μεταξύ του μοντέλου καθοδηγούμενης διερεύνησης μάθησης και του γνωστικού στυλ στα μαθησιακά αποτελέσματα, με εμφανή τη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών με αναστοχασμό.

Μεταξύ των κύριων πλεονεκτημάτων της διερεύνησης εντάσσονται η βαθύτερη κατανόηση του περιεχομένου ΦΕ και η βελτίωση των στάσεων των μαθητών για τις ΦΕ (Suárez et al., 2018), λόγοι που συντελούν στην ολοένα και αυξανόμενη εφαρμογή της διερεύνησης στη διδασκαλία των ΦΕ. Στη μελέτη των Khalaf και Zin (2018) αναλύθηκαν 43 εμπειρικές μελέτες δημοσιευμένες μεταξύ των ετών 2002 και 2017, οι οποίες συγκρίθηκαν ως προς τον τύπο διδασκαλίας που εφαρμόστηκε. Κατά τη σύγκριση της διερεύνησης με παραδοσιακές μορφές διδασκαλίας υπογραμμίστηκε η υπεροχή της πρώτης ως προς την ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης από μαθητές διαφορετικών ηλικιών (Khalaf & Zin, 2018).

Στη διάρκεια της εκπαίδευσης των ΦΕ, θεωρείται σημαντική η αμοιβαιότητα της γνώσης περιεχομένου (εννοιολογική κατανόηση) με την ανάπτυξη δεξιοτήτων από τους μαθητές (OECD, 2017; Sternberg, 1986). Συνολικά, οι προσπάθειες για διερεύνηση και η τοποθέτησή τους σε καθορισμένα επίπεδα αναδεικνύουν τη μελέτη των δεξιοτήτων διερεύνησης (inquiry skills or process skills or practice skills), οι οποίες αναφέρονται στην ικανότητα των μαθητών να συμμετέχουν σε διερεύνηση. Η ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την κατανόηση των ΦΕ και τη γενίκευση της γνώσης παρά τις δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές κατά τη διεξαγωγή πειραμάτων (Banchi & Bell, 2008; Orosz et al., 2023; Schwartz et al., 2004).

Σύμφωνα με την κοινωνιογνωστική θεωρία του Bandura (2001), η ικανότητα των μαθητών να ενεργούν αυτορρυθμιζόμενα επηρεάζει τη μάθησή τους, καθώς οι ίδιοι αναλαμβάνουν την ευθύνη για το σκοπό της μάθησης, το περιεχόμενο, το ρυθμό και τις στρατηγικές που χρησιμοποιούνται, αλλά και για την παρακολούθηση της προόδου και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων τους. Η αύξηση της συμμετοχής των μαθητών σε διαδικασίες διερεύνησης και η ανάπτυξη αντίστοιχων δεξιοτήτων αποτελεί βασικό στόχο των ΦΕ τα τελευταία χρόνια (National Research Council, 1996, 2011). Το 1996, το National Research Council (NSES; 1996, σ. 145-146) επεσήμανε την αναγκαιότητα κατάκτησης γνώσης ΦΕ και συν-ανάπτυξης δεξιοτήτων (codevelopment of inquiry skills) από τους μαθητές, ώστε οι ίδιοι να είναι σε θέση να χρησιμοποιούν συλλογιστικές διαδικασίες, να εφαρμόζουν τις επιστημονικές ιδέες και να μεταφέρουν πληροφορίες σε

άλλους. Συνεπώς, η εφαρμογή της γνώσης και οι δραστηριότητες διερεύνησης στη μάθηση συνθέτουν ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο «πρακτικής άσκησης» ΦΕ (how science is practiced) όπου οι μαθητές έχουν ευκαιρίες ανάπτυξης ενδιαφερόντων, και απόκτησης δεξιοτήτων σε συνάφεια με τις γνώσεις για τον φυσικό κόσμο πέρα από το σχολικό περιβάλλον, όπως είναι ο γραμματισμός στις ΦΕ (National Research Council, 2012; Next Generation Science Standards, 2013).

Το «Πλαίσιο για την Εκπαίδευση Φυσικών Επιστημών K-12» (Framework for K-12 Science Education) πρότεινε την παρακολούθηση της προόδου των μαθητών στις ΦΕ μέσω της αξιολόγησης της απόκτησης περιεχομένου ΦΕ και της διδακτικής προσέγγισης που εφαρμόζεται στην εκπαιδευτική διαδικασία (Edelson et al., 1999; National Research Council, 2012, σ. 263). Η γραφική απεικόνιση των μαθησιακών αποτελεσμάτων σε συνάρτηση με τον χρόνο συμβάλλει στον εντοπισμό των πλεονεκτημάτων ή μειονεκτημάτων των δεξιοτήτων διερεύνησης (National Research Council, 2012, σ. 318). Στη διαφοροποίηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων επιδρούν παράγοντες όπως το γνωστικό περιεχόμενο, οι προηγούμενες γνώσεις και οι δεξιότητες των μαθητών, το επίπεδο εμπλοκής στη διαδικασία και οι στόχοι μάθησης (Avsec & Kocijancic, 2016; Kuhn & Pease, 2008). Η ερευνητική βιβλιογραφία συνοψίζει την έλλειψη κατευθυντήριων γραμμών στη διάρκεια των διαδικασιών διερεύνησης (Kirschner et al., 2006; Mayer, 2004). Για παράδειγμα, τα αυξημένα επίπεδα ελευθερίας κατά τη διεξαγωγή διερεύνησης μπορεί να επιφέρουν λιγότερο επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα και να οδηγήσουν τους μαθητές σε αγωνιώδεις επιλογές, ελλιπή οργάνωση και ενσωμάτωση μη σχετικών πληροφοριών στη διαδικασία. Για την άρση αυτής της δυσκολίας προτείνεται η αξιοποίηση της τεχνολογίας και η χρήση της σκαλωσιάς (scaffolding) (Nouri et al., 2014).

Σύμφωνα με το National Science Education Standards–NSES (National Research Council, 2012) προσδιορίζονται οκτώ πτυχές της διερεύνησης:

1. παρατηρήσεις που βασίζονται στις πέντε αισθήσεις
2. διατύπωση ερωτήσεων για τον εντοπισμό πληροφοριών
3. εξέταση πηγών πληροφοριών
4. χρησιμοποίηση εργαλείων για την επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων
5. σχεδιασμός ερευνών και ανάπτυξη πειραμάτων για τη δοκιμή υποθέσεων
6. ανασκόπηση των αποτελεσμάτων και ερμηνειών
7. προτάσεις, προεκτάσεις
8. κοινοποίηση των συμπερασμάτων.

Στη μελέτη τους οι Kruit και συνεργάτες (2018) διακρίνουν δύο τύπους δεξιοτήτων διερεύνησης, τις ειδικές δεξιότητες (science-specific inquiry skills) και τις γενικές

δεξιότητες (science general inquiry skills). Οι ειδικές δεξιότητες διερεύνησης αναφέρονται στο σχεδιασμό και στην εκτέλεση ερευνητικών διαδικασιών μέσω κανόνων ή αρχών, του προσδιορισμού των μεταβλητών, της παρατήρησης και της μέτρησης μέσω κατάλληλων συσκευών, καθώς και της καταγραφής, οργάνωσης και ανάλυσης δεδομένων (National Research Council, 2012). Αλληλένδετα με την κατανόηση περιεχομένου ΦΕ αναπτύσσονται οι γενικές δεξιότητες διερεύνησης, μέσω των οποίων οι μαθητές βελτιώνουν τα ερευνητικά ερωτήματα, κατανοούν και αναλύουν τα δεδομένα και συνδέουν τις παρατηρήσεις τους με τις επιστημονικές θεωρίες μέσω της επικοινωνίας. Νοητικές διεργασίες, όπως η επίλυση προβλημάτων, η λήψη αποφάσεων, η επαγωγική έναντι της απαγωγικής συλλογιστικής και η αξιολόγηση λύσεων (Sternberg, 1986), χρησιμοποιούνται στην έρευνα για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Η γνώση και η εφαρμογή μεταγνωστικών στρατηγικών μπορεί να ρυθμίζει τη σκέψη και τη μάθηση, υποστηρίζοντας τη διερεύνηση στις ΦΕ (Zimmerman, 2007). Οι μεταγνωστικές δεξιότητες περιλαμβάνουν τον προγραμματισμό, την παρακολούθηση και την αξιολόγηση των εργασιών, τις οποίες οι μαθητές εφαρμόζουν μετά από εξάσκηση βελτιώνοντας την επίδοσή τους στις δραστηριότητες διερεύνησης.

Ενδεικτικές δεξιότητες διερεύνησης περιλαμβάνουν τον εντοπισμό προβλημάτων (identifying problems), τη διατύπωση ερωτήσεων και υποθέσεων (formulating questions and hypotheses), το σχεδιασμό και τη διεξαγωγή πειραμάτων (planning and carrying out experiments), τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων (collecting and analyzing data), την παρουσίαση των αποτελεσμάτων (presenting the results) και την εξαγωγή συμπερασμάτων (drawing conclusions) (Mäeots et al., 2008).

Δημοφιλή πεδία στην έρευνα αξιολογήσεων των δεξιοτήτων διερεύνησης είναι: α) τα διεθνή έργα εκπαιδευτικής αξιολόγησης (Kastberg et al., 2017; OECD, 2019) και η έρευνα για το σύστημα αξιολόγησης δεξιοτήτων διερεύνησης μαθητών K-12, β) το εννοιολογικό πλαίσιο για την αξιολόγηση των δεξιοτήτων διερεύνησης των μαθητών, και γ) οι μέθοδοι για την αξιολόγηση των δεξιοτήτων διερεύνησης των μαθητών. Κατά τη διερεύνηση αξιολογήθηκαν οι τομείς της γνωστικής λειτουργίας, της συναισθηματικής κατάστασης των μαθητών και το περιεχόμενο με στόχο τις δεξιότητες περιγραφής, διαδικασίας, επικοινωνίας και αναστοχασμού, μαθηματικής έκφρασης και διαχείρισης πειραματικών δεδομένων. Τα μέρη του ερωτηματολογίου περιλάμβαναν την παρατήρηση και τον έλεγχο των μεταβλητών, τη συλλογιστική σκέψη, το ενδιαφέρον και τη συνεργασία των μαθητών, την ερμηνεία και τη μοντελοποίηση για την επίλυση του προβλήματος.

Οι Specht και συνεργάτες (2012) στο έργο weSPOT ανέπτυξαν ένα μοντέλο δεξιοτήτων διερεύνησης και ένα διαγνωστικό εργαλείο για τη μέτρηση της επίδοσης σε

συγκεκριμένες δεξιότητες, με βάση τους πέντε τομείς που προτάθηκαν από το National Research Council (2000) (εμπλοκή σε ερωτήσεις ΦΕ, τεκμηρίωση, ερμηνεία, σύνδεση ερμηνειών με γνώση ΦΕ, επικοινωνία και αιτιολόγηση ερμηνειών). Για την ανάπτυξη των εργαλείων αξιολόγησης θεωρήθηκαν: α) η ανάπτυξη ορισμών ταξινόμησης και ικανοτήτων δεξιοτήτων διερεύνησης και οι διαδικασίες αξιολόγησης, β) η ανάπτυξη ενός ερωτηματολογίου και η επικύρωσή του μέσω ενός αριθμού συμμετεχόντων με στόχο την παροχή ενός διαδικτυακού εργαλείου για τους εκπαιδευτικούς, γ) η ανάπτυξη δεικτών συμπεριφοράς και ενεργειών αντιστοίχισης σε πληροφορίες παρακολούθησης που ορίζονται στα εργαλεία διερεύνησης και δ) η οπτικοποίηση των δεδομένων για την υποστήριξη της εκπαιδευτικής διαδικασίας σε αυτοκατευθυνόμενη διερεύνηση.

## **2.2. Φυσικές Επιστήμες και μαθητές με Νοητική Αναπηρία**

Οι μαθητές με ΝΑ συμπεριλαμβάνονται ολοένα και περισσότερο στη γενική εκπαίδευση και αναμένεται να έχουν πλήρη πρόσβαση στο ακαδημαϊκό περιεχόμενο (Browder et al., 2012; Hudson et al., 2013; Morningstar et al., 2016; Spooner et al., 2011). Η ανάπτυξη της γνώσης περιεχομένου ΦΕ και του επιστημονικού τρόπου σκέψης τονίζεται στη νομοθεσία και στα πρότυπα ΦΕ ως κρίσιμη για όλους τους μαθητές με σκοπό την προώθηση θεμάτων γραμματισμού ΦΕ και την ισότιμη συμμετοχή στη σύγχρονη κοινωνία (Israel et al., 2015; Karimi et al., 2014; Next Generation Science Standards, 2013). Παρά τις επισημάνσεις, τα ερευνητικά δεδομένα αναφέρουν μειωμένη πρόσβαση των μαθητών με αναπηρία στην επίτευξη στόχων στις ΦΕ λόγω των ελλειπών προσαρμογών και διαφοροποιήσεων στον σχεδιασμό και την ανάπτυξη εκπαιδευτικών παρεμβάσεων υψηλής ποιότητας (Grossen et al., 2011; Jimenez et al., 2010; Salmi, 2005).

Για την απόκτηση περιεχομένου ΦΕ προτείνονται κατευθυντήριες γραμμές που στοχεύουν: α) στην ανάπτυξη βασικών ιδεών και πρακτικών ΦΕ, όπως είναι οι δεξιότητες που αποκτώνται σε μια επιστημονική διαδικασία (National Research Council, 2012), β) στην κατανόηση και τη διατήρηση της γνώσης στην πάροδο του χρόνου, γ) στην πρακτική εφαρμογή της γνώσης, δ) στα ενδιαφέροντα και τις εμπειρίες των μαθητών και ε) στην προώθηση της ισοτιμίας κατά τη διδασκαλία για όλους τους μαθητές.

Το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας (National Research Council) της Εθνικής Ακαδημίας Επιστημών πρότεινε τα βήματα για τη δημιουργία των Προτύπων Επιστήμης Επόμενης Γενιάς αναπτύσσοντας το «Πλαίσιο για την Εκπαίδευση Φυσικών Επιστημών K-12», το οποίο κυκλοφόρησε τον Ιούλιο του 2011. Για να αποκτήσουν οι μαθητές νοηματοδοτημένη μάθηση (meaningful learning) στις ΦΕ προτείνεται ένα πρότυπο



τριών διαστάσεων το οποίο αφορά το πρόγραμμα σπουδών, τη διδασκαλία και την αξιολόγηση των μαθητών. Γι' αυτές τις διαστάσεις, προτείνονται πρακτικές ΦΕ (science practices) που περιλαμβάνουν α) την υποβολή/διατύπωση ερωτήσεων, β) την ανάπτυξη και εφαρμογή μοντέλων, γ) τον σχεδιασμό και τη διεξαγωγή ερευνών, δ) την αξιοποίηση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, ε) την κατασκευή ερμηνειών, στ) τη συμμετοχή σε επιχειρηματολογία, ζ) τη λήψη, αξιολόγηση και μετάδοση πληροφοριών (National Research Council, 2012). Πρόσθετα αναφέρονται οι οριζόντιες έννοιες (crosscutting concepts), οι οποίες εφαρμόζονται σε όλους τους επιστημονικούς κλάδους και αφορούν ζητήματα μεθοδολογίας και οι βασικές ιδέες των ΦΕ και της ΨΤ και οι μεταξύ τους σχέσεις στο πλαίσιο της απόκτησης του γραμματισμού ΦΕ.

Η καθημερινή παρατήρηση των φυσικών φαινομένων και η απόκτηση εμπειριών από τους μαθητές οδηγούν στην ανάπτυξη ιδεών και αντιλήψεων για τη λειτουργία του φυσικού κόσμου μέσω της «εν δυνάμει έρευνας». Για την οικοδόμηση της κατανόησης περιεχομένου ΦΕ μπορούν να αξιοποιηθούν διευκολύνσεις που επιτρέπουν τη σύνδεση της νέας γνώσης με τις προηγούμενες γνώσεις και με την καθημερινή εμπειρία των μαθητών. Η συνεχής παροχή ευκαιριών για την ανάπτυξη ιδεών, την αξιολόγηση των διασυνδέσεων τους και την τελική ωρίμανσή τους μέσω της κατανόησης στην πάροδο του χρόνου συμπεριλαμβάνονται στα μαθησιακά αποτελέσματα.

Τα ενδιαφέροντα και οι ιδέες των μαθητών λαμβάνουν σημαντικό ρόλο στη μάθηση περιεχομένου ΦΕ και συνήθως συνδέονται με τις προτιμήσεις στο πρόγραμμα σπουδών και τον επαγγελματικό προσανατολισμό τους. Η δημιουργία κινήτρων, η συσχέτιση εννοιών και φυσικών φαινομένων με την καθημερινή ζωή και η ενίσχυση για περαιτέρω απόκτηση περιεχομένου ΦΕ, μπορούν να στρέψουν τους μαθητές υπέρ των ΦΕ. Η σύνδεση των αρχικών (ή εναλλακτικών) ιδεών και της προϋπάρχουσας γνώσης μέσω της πρόκλησης του ενδιαφέροντός τους συμβάλλει στη διαμόρφωση ενός προγράμματος σπουδών που μπορεί να ενδυναμώσει την επικοινωνία. Οι ιδέες των μαθητών προέρχονται είτε από προηγούμενη γνώση είτε από την εμπειρία, διαφέρουν από αυτές των ειδικών και υπάρχουν ως μεμονωμένα τμήματα γνώσης, τα οποία εμφανίζονται σε συγκεκριμένα πλαίσια και εντάσσονται στην παιδαγωγική του εποικοδομητισμού (Ausubel 1968; Bao & Redish, 2006; Driver & Oldham 1986; Driver et al., 1996). Κατά την ενθάρρυνση των μαθητών για ενεργή συμμετοχή, παρέχεται η ευκαιρία για διατύπωση, αποσαφήνιση των ιδεών και κριτικό προβληματισμό (Freeman et al., 2014). Αυτή η διαδικασία υιοθετείται για τη διευκόλυνση της διαδικασίας αλλαγής της επιστημονικής αντίληψης των μαθητών και εντοπίζει ότι η πρόβλεψη, η παρατήρηση και η παροχή ερμηνειών, προσφέρουν στους εκπαιδευόμενους μια έμμεση διδακτική παρέμβαση για

την κατασκευή της δικής τους γνώσης από το επίπεδο της διαισθητικής αντίληψης στην ακριβή επιστημονική γνώση (Arons, 1990).

Συναφείς ανασκοπήσεις εξέτασαν το περιεχόμενο ΦΕ που διδάσκεται στους μαθητές με ΝΑ και ανέδειξαν τη συστηματική διδασκαλία ως τεκμηριωμένη πρακτική για την αντιμετώπιση των εμποδίων των μαθητών, όταν υποστηρίζεται συμπληρωματικά από την ανάλυση έργου σε βήματα, τις ενισχύσεις και τη χρονική καθυστέρηση (Apanasionok et al., 2019; Iatraki & Soulis, 2021; Spooner et al. 2011). Αρχικά, οι Courtade, Spooner και Browder (2007) αναθεώρησαν την ερευνητική βιβλιογραφία για τη διδασκαλία εννοιών ΦΕ σε μαθητές με ΝΑ σε δύο βάσεις δεδομένων (PsychINFO & ERIC) με βάση επτά επιστημονικά πρότυπα του «National Science Educational Standards» (NSES, National Research Council, 1996). Εντοπίστηκαν 11 μελέτες που δημοσιεύτηκαν μεταξύ των ετών 1985 και 2005, οι οποίες εφάρμοσαν ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου και συμπεριέλαβαν 58 μαθητές ηλικίας 5 και 21 ετών με δείκτη νοημοσύνης μικρότερο του 55. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές με ΝΑ μπορούν να επωφεληθούν από τη συστηματική διδασκαλία, όταν πρόσθετα αξιοποιούνται διδακτικές τεχνικές όπως η μοντελοποίηση (modeling) και η μάθηση με λιγότερα σφάλματα (errorless learning strategy), όπως η καθυστέρηση χρόνου (time delay), για την απόκτηση συγκεκριμένων δεξιοτήτων ΦΕ. Στις προτάσεις των συγγραφέων επισημάνθηκε η ανάγκη για τη μελέτη της γενίκευση της μάθησης και η σχετική έρευνα για τη διδασκαλία περιεχομένου ΦΕ σε συνδυασμό με την ΨΤ και την απόκτηση δεξιοτήτων διερεύνησης.

Η προηγούμενη ανασκόπηση επεκτάθηκε τέσσερα χρόνια αργότερα, όπου οι Spooner και συνεργάτες (2011) εντόπισαν 17 δημοσιεύσεις παρεμβάσεων ΦΕ σε μαθητές με ΝΑ σε πέντε βάσεις δεδομένων (InfoTrac, Masterfile Premier, ERIC, PsychINFO & Academic Elite) για τα έτη 1985 και 2009, εκ των οποίων οι 11 είχαν συμπεριληφθεί στην ανασκόπηση των Courtade και συνεργατών (2007). Το εννοιολογικό πλαίσιο αναζήτησης προσδιορίστηκε με τη συμβολή ειδικών επαγγελματιών των σχετικών πεδίων και τη θεώρηση οκτώ επιστημονικών προτύπων του NSES (National Research Council, 1996). Οι συγγραφείς εντόπισαν τις 11 δημοσιεύσεις των Courtade και συνεργατών (2007) και πρόσθεσαν έξι νέες, τις οποίες κωδικοποίησαν και προσδιόρισαν ως αποτελεσματικές με βάση τους δείκτες ποιότητας των Horner και συνεργατών (Horner et al., 2005; Test et al., 2009). Τα ευρήματα κατέγραψαν ότι οι μαθητές με ΝΑ αποκτούν επιτυχώς περιεχόμενο ΦΕ ευθυγραμμισμένο με το γενικό πρόγραμμα σπουδών, όπως είναι η βασική ορολογία και οι δεξιότητες καθημερινής διαβίωσης ή προσωπικής υγιεινής. Υπογραμμίστηκε η αποτελεσματικότητα της παρέμβασης κατά

την εφαρμογή της συστηματικής διδασκαλίας σε συνδυασμό με τη χρονική καθυστέρηση για τη διδασκαλία διακριτών δεξιοτήτων και την τεχνική ανάλυσης έργου για τις αλυσιδωτές δραστηριότητες. Από τις 17 μελέτες, μόνο μία αναφέρθηκε σε διδασκαλία ΦΕ μέσω διερεύνησης, όπου σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε έρευνα (Agran et al., 2002, 2006).

Το επίκεντρο των ευρημάτων των προηγούμενων ανασκοπήσεων για τη διδασκαλία των ΦΕ σε μαθητές με ΝΑ ήταν η διδασκαλία διακριτών δεξιοτήτων για την απόκτηση ορολογίας ΦΕ και την καθημερινή διαβίωση (Next Generation Science Standards, 2013; Spooner et al., 2017). Οι Spooner και συνεργάτες (2011) πρότειναν στο πεδίο τη διερεύνηση πρακτικών ΦΕ, όπως η υποβολή ερωτήσεων, η συλλογή δεδομένων και η δημιουργία ερμηνειών και στη συνέχεια διατυπώθηκε το πλαίσιο του NGSS (2013) του οποίου η κλίση ήταν στη διδασκαλία ΦΕ χρησιμοποιώντας α) εφαρμογές του πραγματικού κόσμου, β) πρακτικές ΦΕ σε συνάφεια με το περιεχόμενο και γ) δεξιότητες επικοινωνίας για όλους τους μαθητές.

Το 2016, οι Rizzo και Taylor εμπλούτισαν τη βιβλιογραφία σχετικά με την αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών παρεμβάσεων σε μαθητές με αναπηρία, δίνοντας έμφαση στην καθοδηγούμενη διερεύνηση. Οι συγγραφείς συμπεριέλαβαν 12 δημοσιεύσεις μεταξύ των ετών 1992 και 2013 και κατέληξαν ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα βελτιώθηκαν σημαντικά όταν εφαρμόστηκε διερευνητική μάθηση. Πρόσθετα, οι συγγραφείς υπογράμμισαν τη σπουδαιότητα της χρήσης συμπληρωματικών τεχνικών και στοιχείων συστηματικής διδασκαλίας στη διερευνητική διαδικασία. Παρά τα θετικά αποτελέσματα φάνηκε να υπάρχει έλλειψη μελετών στην ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης των μαθητών με αναπηρία (Knight et al., 2020; National Research Council, 2013).

Οι Aranasionok και συνεργάτες (2019) πραγματοποίησαν μια δευτερογενή ανάλυση της βιβλιογραφίας για τον προσδιορισμό των πρακτικών στη διδασκαλία των ΦΕ σε μαθητές με ΝΑ και την καταγραφή της εμπειρίας των μαθητών από τις συγκεκριμένες πρακτικές. Οι συγγραφείς εντόπισαν 30 μελέτες μετά από αναζήτηση σε έξι βάσεις δεδομένων (ERIC, Education Research Complete, PsycINFO, Social Science Citation Index, British Education Index, ASSIA) για τα έτη 2003 και 2017. Τα ευρήματα των συγγραφέων αναφέρουν ότι η πλειοψηφία των ερευνών ακολούθησε συμπεριφορική προσέγγιση καθώς εφάρμοσε συστηματική διδασκαλία, ωστόσο σε κάποιες μελέτες χρησιμοποιήθηκε η αυτοκατευθυνόμενη μάθηση (self-directed instruction) και η διδασκαλία βασισμένη στην κατανόηση (comprehension based instruction).

Η πρόσφατη ανασκόπηση των Knight και συνεργατών (2020) εξέτασε τους τύπους των εκπαιδευτικών πρακτικών που χρησιμοποιούνται στην έρευνα σε σχέση με τα νέα πρότυπα ΦΕ (περιεχόμενο ΦΕ και πρακτικές ΦΕ). Συγκεκριμένοι στόχοι της ανασκόπησης αποτέλεσαν ο βαθμός στον οποίο οι μελέτες που δημοσιεύτηκαν από το 2009 έως το 2018 αξιολογούν το περιεχόμενο και τις πρακτικές διδασκαλίας των ΦΕ σε μαθητές με ΝΑ καλύπτοντας συγκεκριμένα κριτήρια ποιότητας του «Συμβουλίου για Χαρισματικά Παιδιά» (Council for Exceptional Children) ώστε να προσδιοριστούν σε τεκμηριωμένες πρακτικές ΦΕ. Από τις 15 μελέτες που αναλύθηκαν, 12 μελέτες θεωρήθηκαν μεθοδολογικά ορθές οι οποίες συμπεριέλαβαν τουλάχιστον μια πρακτική ΦΕ στους μαθητές με ΝΑ (Cook et al., 2015).

Σε συμφωνία με τις προηγούμενες ανασκοπήσεις, οι Iatraki και Soulis (2021) αναθεώρησαν την πρωτογενή ερευνητική βιβλιογραφία για τα έτη 2008 και 2018 και εντόπισαν 24 μελέτες – διδακτικές παρεμβάσεις ΦΕ σε μαθητές με ΝΑ όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης. Η σύνθεση των μελετών καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η χρήση συστηματικής διδασκαλίας με συμπληρωματικές τεχνικές και η υποστήριξη της διδασκαλίας μέσω ΨΤ επιτρέπει στους μαθητές με ΝΑ να κάνουν ουσιαστικές συνδέσεις του φυσικού κόσμου μέσω της μάθησής τους ενισχύοντας την ορολογία ΦΕ, την κατανόηση και συνολικά τον γραμματισμό στις ΦΕ. Πρόσθετα, οι συγγραφείς έδειξαν ότι η διερευνητική μάθηση υποστηριζόμενη μέσω ανάλυσης έργου μπορεί να προσφέρει βελτιωμένα μαθησιακά αποτελέσματα σε δεξιότητες επικοινωνίας και επίλυσης προβλήματος και προτείνουν τον σχεδιασμό προγραμμάτων μεταδευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με στόχο την ισότιμη συμμετοχή και πρόοδο στη σύγχρονη κοινωνία.

Η πρόσφατη μετανάλυση των Sulu και συνεργατών (2023) συμπεριέλαβε 27 μελέτες ερευνητικού σχεδίου μεμονωμένου ατόμου οι οποίες δημοσιεύτηκαν μεταξύ των ετών 2010 έως 2021 σε τρεις ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων (ERIC, Education Research Complete, PsycINFO) και επικεντρώθηκαν στη βελτίωση της γνώσης και των πρακτικών ΦΕ σε μαθητές με αναπηρία, συμπεριλαμβανομένων των μαθητών με ΝΑ. Στόχος των συγγραφέων ήταν η περιγραφική ανάλυση, η οπτική ανάλυση και η μετανάλυση των πρωτογενών μελετών. Τα ευρήματα ως προς την ποιότητα των μελετών συμφώνησαν με τα ευρήματα των δευτερογενών μελετών των Aranasionok και συνεργατών (2019) και των Knight και συνεργατών (2020) και πρόσθετα διαπιστώθηκε ότι οι πρακτικές ΦΕ, οι δεξιότητες διερεύνησης και η κατανόηση κειμένου ΦΕ διδάσκονταν σε εργασίες που πληρούσαν τους δείκτες ποιότητας (Cook et al., 2015). Στις προτάσεις των συγγραφέων περιλαμβάνεται η προσπάθεια σχεδιασμού και ανάπτυξης παρεμβάσεων που στοχεύουν

σε πιο σύνθετες γνώσεις και δεξιότητες ΦΕ σε αντίθεση με τις βασικές δεξιότητες λεξιλογίου.

### **2.2.1. Γραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες**

Οι Lederman και Lederman (2019) προσδιορίζουν τις ΦΕ από τρεις κύριες διαστάσεις, το σώμα της γνώσης, που αφορά τις έννοιες, τους νόμους και τις θεωρίες των ΦΕ, τον τρόπο μέσω του οποίου αναπτύσσεται η γνώση, και τη φύση της επιστημονικής γνώσης. Παρά τις διαφορετικές αντιλήψεις ως προς τα χαρακτηριστικά των ΦΕ, δίνεται ιδιαίτερη σημασία στο περιεχόμενο και στον αποτελεσματικό τρόπο διδασκαλίας του. Συγκεκριμένες κατευθυντήριες γραμμές αναφέρουν τη σύνδεση των εννοιών με τις πρακτικές των ΦΕ, την ευθυγράμμιση του περιεχομένου με την ηλικία, το επίπεδο τάξης και το δυναμικό των μαθητών, την εμπειρική τεκμηρίωση της κατανόησης των εννοιών από τους μαθητές και τη σύνδεση του γραμματισμού ΦΕ με τη λήψη αποφάσεων σε προσωπικά και κοινωνικά συναφή ζητήματα.

Οι μεταρρυθμίσεις της εκπαίδευσης των ΦΕ έδωσαν έμφαση στη διδασκαλία περιεχομένου ΦΕ για όλους τους μαθητές, συμπεριλαμβανομένων των μαθητών με ΝΑ, και έθεσαν ένα εννοιολογικό πλαίσιο με επίκεντρο τον αναφερόμενο γραμματισμό (Dillon, 2009; Holbrook & Rannikmae, 2009, σ. 275). Ο αντίκτυπος αυτής της προσπάθειας αναφέρεται σε μια σύγχρονη και επιστημονικά εγγράμματη κοινωνία, όπου ενεργοί πολίτες συνδέουν τη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ με στόχο τη λήψη δημοκρατικών αποφάσεων και την επίλυση προβλημάτων σε ατομικό-μικροεπίπεδο ή κοινωνικό-μακροεπίπεδο (Hazelkorn et al., 2015; Laugksch, 2000; Siarova et al., 2019; Yacoubian, 2018).

Οι «Φυσικές Επιστήμες για όλους τους Αμερικανούς» (Science for All Americans) (Rutherford & Ahlgren, 1990) έδωσαν προτεραιότητα στην εκπαίδευση ΦΕ των ατόμων με αναπηρία. Αντίστοιχα η «Αμερικανική Ένωση για την Προώθηση των ΦΕ» (American Association for the Advancement of Science) κυκλοφόρησε τέσσερις δημοσιεύσεις αφιερωμένες στην αύξηση της πρόσβασης των ατόμων με αναπηρία στην εκπαίδευση ΦΕ, της οργάνωσης του περιεχομένου ανά πτυχές του κόσμου και τη σχετική επαγγελματική σταδιοδρομία. Συγκεκριμένα, επισημάνθηκε η ενίσχυση του επιστημονικού τρόπου σκέψης στην απόκτηση παραγωγικών θέσεων εργασίας μέσω της μάθησης και των ανώτερων δεξιοτήτων, όπως ο συλλογισμός, η δημιουργική σκέψη, η λήψη αποφάσεων και η επίλυση προβλήματος (National Research Council, 1996).

Για τη συμπερίληψη των μαθητών με αναπηρία, οι ΦΕ εστιάζουν σε βασική ορολογία και κατανόηση μέσω αναπαραστάσεων του φυσικού κόσμου και εμφανίζουν τα εξής οφέλη:

- α) γενίκευση του βιωματικού πλαισίου για τους μαθητές με περιορισμένες εμπειρίες,
- β) βελτίωση της κοινωνικής αλληλεπίδρασης μέσω δεξιοτήτων και βασικών γνώσεων
- γ) εφαρμογή συγκεκριμένων πρακτικών για την υλοποίηση δραστηριοτήτων, και
- δ) ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και συλλογιστικής σκέψης.

Σε αντίστοιχο πλαίσιο, οι διεθνείς φορείς «Ευρωπαϊκή Επιτροπή» (European Commission, 2007) και «Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας» (National Research Council, 2000) θεωρούν καθοριστική τη διερευνητική μάθηση στην ανάπτυξη μιας σύγχρονης επιστημονικά εγγράμματης κοινωνίας. Ταυτόχρονα, στις ΗΠΑ πραγματοποιήθηκαν οι σχετικές μεταρρυθμίσεις «Σημεία αναφοράς για τον Γραμματισμό ΦΕ» (Benchmarks for Science Literacy, 1993), «Εθνικά Πρότυπα Εκπαίδευσης ΦΕ» (National Science Education Standards–NSES, 1996), και «Πρότυπα ΦΕ Επόμενης Γενιάς» (Next Generation Science Standards–NGSS, 2013) σύμφωνα με τις οποίες ενθαρρύνεται η ποικιλομορφία των προγραμμάτων σπουδών. Ως σημεία αναφοράς περιγράφονται τα επίπεδα κατανόησης στα οποία αναμένεται να φτάσουν όλοι οι μαθητές ανεξάρτητα από τη διαφορετικότητά τους, με στόχο τον γραμματισμό στις ΦΕ και τη συμμετοχή τους στη σύγχρονη κοινωνία. Ταυτόχρονα, ενθαρρύνεται η προσπάθεια των εκπαιδευτικών για τη διασύνδεση των διαφορετικών γνωστικών αντικειμένων μέσω της χρήσης διαδικασιών ΦΕ για την επίλυση προβλημάτων, τη λήψη αποφάσεων και την προώθηση της κατανόησης του σύμπαντος ως το αποτέλεσμα της εκπαίδευσης στις ΦΕ και της δια βίου εκπαίδευσης για την ανάπτυξη δεξιοτήτων που σχετίζονται με τις ΦΕ και την ΨΤ. Το 1982, η «Εθνική Ένωση Καθηγητών Φυσικών Επιστημών» (National Science Teachers Association) επεσήμανε τη διάσταση της αλληλεπίδρασης των ΦΕ και της ΨΤ στην πρόοδο της κοινωνίας, με έμφαση την κατανομή των πόρων, ως παράγοντα επίδρασης στην προαναφερόμενη σχέση.

Γενικά, ο γραμματισμός στις ΦΕ (science literacy) αναφέρεται στην κατάκτηση της επιστημονικής γνώσης και των επιστημονικών διαδικασιών, ενώ ο επιστημονικός γραμματισμός (scientific literacy) δίνει έμφαση στη χρήση της επιστημονικής γνώσης για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σε σχέση με προσωπικά, κοινωνικο-επιστημονικά και παγκόσμια ζητήματα (Roberts & Bybee, 2014; Yacoubian, 2018). Η κάλυψη της ανάγκης των πολιτών για ενεργή συμμετοχή σε μια τεχνολογικά προηγμένη κοινωνία και αντίστροφα η διαμόρφωση του γραμματισμού στις ΦΕ και την ΨΤ τοποθετείται μεταξύ των πρωταρχικών στόχων για την εκπαίδευση όλων των ατόμων με συνιστώσες την ενημέρωση σε επιστημονικά θέματα της καθημερινότητας και την προώθηση της δυνατότητας συμμετοχής στον κοινωνικό διάλογο (Laugksch, 2000; OECD, 2021; Stylos et al., 2023; Tsivitanidou & Ioannou, 2020).

Το συνεχές του γραμματισμού ΦΕ ξεκινά από την περιγραφή και την κατανόηση των ΦΕ ως σώμα της γνώσης και καταλήγει στην χρησιμότητα και εφαρμογή του στο σύγχρονο κοινωνικό σύνολο (Millar, 2006; Norris & Phillips, 2003). Στο πεδίο της Διδακτικής των ΦΕ εκδηλώνεται ερευνητικό ενδιαφέρον για την ανάπτυξη προγραμμάτων συστηματικής καλλιέργειας της επιστημονικής σκέψης και κατανόησης των ΦΕ μέσα από την εκπαίδευση. Επίκεντρο αυτής της προσπάθειας αποτελεί η αξιοποίηση διαφορετικών προσεγγίσεων και μέσων, όπως η ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών με βάση τον γραμματισμό ΦΕ, που έχουν ως στόχο την ανάπτυξη περιεχομένου ΦΕ για την κατανόηση του φυσικού κόσμου και δεξιοτήτων που προκύπτουν από την ενεργή εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες καθιέρωσης της γνώσης ΦΕ, όπως είναι η ανάγνωση και κατανόηση επιστημονικού κειμένου (Pearson, et al., 2010).

Οι κυριότεροι λόγοι που επιβάλλουν την ανάπτυξη ενός προγράμματος γραμματισμού ΦΕ σ' όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες αφορούν διαστάσεις όπως ο λόγος και η δράση με ισότιμη συμμετοχή σε μια δημοκρατικά οργανωμένη κοινωνία για όλους με ενδιαφέρον για τις σύγχρονες προκλήσεις. Ουσιαστικά, ο επιστημονικός γραμματισμός συμπορεύεται με την ανάγκη για συνεχή ενημέρωση ως προς τα νέα δεδομένα, τις ανακαλύψεις και τις απορρέουσες αμφισβητήσεις και «προωθεί την ενεργή συμμετοχή σε συζήτηση και την αναζήτηση λύσεων στα σύγχρονα ζητήματα» (Hazelkorn et al., 2015; Liu, 2013, σ. 28).

Οι μαθητές ως ενεργητικοί παραλήπτες πληροφοριών, δραστήριοι και αυτορρυθμιζόμενοι, κατασκευάζουν γνώσεις αλληλεπιδρώντας με τον αντιληπτό κόσμο (Harris & Graham, 1994, σ. 234), όπου η αξιοποίηση των ιδεών τους για μια έννοια ή ένα φαινόμενο θεωρούνται θεμελιώδεις (Κώτσης, 2011). Πρόσθετα, οι μαθητές ενθαρρύνονται να συμμετέχουν σε αποφάσεις για την υγεία, την εξοικονόμηση ενέργειας και την ανακύκλωση, την προστασία του περιβάλλοντος και την κλιματική αλλαγή (Sharon & Baram-Tsabari, 2020; Yacoubian, 2018). Σε αυτό το πλαίσιο, η ανάγκη για επάρκεια γνώσης ΦΕ τεκμηριώνεται από την ετοιμότητα των εκπαιδευτικών να αποτολμήσουν καινοτόμες προσπάθειες και εκπαιδευτικές πρακτικές για την υποστήριξη των μαθητών από την πρωτοβάθμια έως την τριτοβάθμια εκπαίδευση (Siarova et al., 2019; Stylos et al., 2023). Κατά τη μετάβαση στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση οι μαθητές έρχονται σε μεγαλύτερη επαφή με τα αντικείμενα των ΦΕ και τη μελέτη τους, όπου χρησιμοποιούν εξειδικευμένο λεξιλόγιο, εξασκούνται σε δεξιότητες ανώτερου επιπέδου και ωφελούνται μέσω της συμμετοχής και της αλληλεπίδρασης με τις γνώσεις περιεχομένου και την κατασκευή ιδεών (Cavagnetto, 2010; Kuhn, 2010).

Τα οφέλη από την απόκτηση δεξιοτήτων–πρακτικών ΦΕ είναι ιδιαίτερα σημαντικά για τους μαθητές με ΝΑ που συχνά δυσκολεύονται στην αναγνώριση λέξεων και στην κατανόηση, στις εκτελεστικές λειτουργίες, στις δεξιότητες συλλογιστικής σκέψης, και στην επίλυση προβλημάτων (Ehsan et al., 2018; Mastropieri & Scruggs, 1992; Miller et al., 2013; Rizzo & Taylor, 2016; Spooner et al., 2011). Κατά την πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών με ΝΑ για τα φυσικά φαινόμενα, η αξιοποίηση περιεχομένου πρακτικών ΦΕ μπορεί να παρέχει στους μαθητές ευκαιρίες συνεργατικής επικοινωνίας, μοιράσματος ιδεών και κοινοποίησης αποτελεσμάτων. Ο γραμματισμός στις ΦΕ έχει σημαντικό αντίκτυπο στο δικαίωμα της ανεξαρτησίας όλων των μελών της κοινωνίας, ως ισότιμα, και στην προώθηση ευκαιριών για θέσεις εργασίας σχετικές με τις ΦΕ (Ehsan et al., 2018; Rizzo & Taylor, 2016).

### **2.2.2. Εμπειρικές μελέτες ΦΕ μέσω διερεύνησης σε μαθητές με ΝΑ**

Οι πρώτες ερευνητικές προσπάθειες στη διδασκαλία ακαδημαϊκού περιεχομένου ΦΕ σε μαθητές με ΝΑ μέσω διερεύνησης έδειξαν ότι οι μαθητές κατασκευάζουν γνώσεις ΦΕ και μπορούν να ωφεληθούν από αυτές (Mastropieri & Scruggs, 2010; Scruggs & Mastropieri, 1992; Scruggs et al., 1993; Taylor et al., 2018).

Ήδη από τις πρώτες μελέτες για τη διδασκαλία των ΦΕ (Mastropieri & Scruggs, 1992), διαπιστώθηκε η θετική επίδραση στη μάθηση περιεχομένου ΦΕ, την συμπεριφορά και τα κίνητρα των μαθητών με αναπηρία κατά τη συμμετοχή τους σε αντίστοιχο πρόγραμμα σπουδών. Οι μαθητές με αναπηρία μπορούν να επωφεληθούν από κάποιες εποικοδομητικές πρακτικές. Οι Scruggs και Mastropieri (1994) παρατήρησαν ότι μαθήματα προσανατολισμού στις ΦΕ, ειδικά σχεδιασμένα για μαθητές με ελαφρά ΝΑ έδειξαν θετικά αποτελέσματα αναφορικά με το χειρισμό των υλικών και το σχεδιασμό σχετικών συμπερασμάτων με κατάλληλη ενθάρρυνση, εξάσκηση και καθοδήγηση από τους εκπαιδευτικούς. Σημειώθηκε η αποτελεσματικότητα των μνημονικών στρατηγικών για τη διευκόλυνση της λεκτικής επικοινωνίας αναφορικά με τη γνώση εννοιών και φαινομένων ΦΕ με βάση τα ατομικά χαρακτηριστικά των μαθητών. Σε μια σχετική ποιοτική έρευνα, οι μαθητές με ΝΑ συμμετείχαν σε δραστηριότητες και σε διάλογο βασισμένο στη διερευνητική μάθηση με αντικείμενο την ανάπτυξη των φυτών.

Στη μελέτη τους οι Scruggs, Mastropieri, Bakken και Brigham (1993) σύγκριναν την αποτελεσματικότητα διδακτικών υλικών ΦΕ που προωθούν τη διερεύνηση με τα αντίστοιχα υλικά από τα σχολικά εγχειρίδια σε τέσσερις τάξεις μαθητών με ΕΕΑ. Οι ενότητες αφορούσαν την ηλεκτρική ενέργεια και διάφορα πετρώματα και ορυκτά. Στην περίπτωση της διερεύνησης οι δραστηριότητες με επίκεντρο το μαθητή σχεδιάστηκαν ώστε να ενθαρρύνουν τη σκέψη και την επίλυση προβλημάτων. Τα σχολικά βιβλία



παρείχαν τις ίδιες πληροφορίες περιεχομένου χρησιμοποιώντας άμεσες στρατηγικές διδασκαλίας (π.χ. ομαδική ανάγνωση, άσκηση και συζήτηση από τον δάσκαλο, μελέτη εικονογραφήσεων και δραστηριότητες σε φύλλα εργασίας). Τα αποτελέσματα διατήρησης, δύο εβδομάδες μετά την παρέμβαση, έδειξαν ότι όλοι οι μαθητές παρουσίασαν χαμηλή βαθμολογία στην απόκτηση λεξιλογίου, παρόλα αυτά οι μαθητές που είχαν προσανατολιστεί στη διερεύνηση ήταν σε θέση να ανακαλέσουν περισσότερες πληροφορίες από τους μαθητές που ακολούθησαν άμεσες στρατηγικές διδασκαλίας. Πρόσθετα, οι μαθητές έδειξαν να προτιμούν το υλικό που ήταν προσανατολισμένο στη διερεύνηση με αποτέλεσμα την ενίσχυση της καλλιέργειας θετικών στάσεων για τις ΦΕ.

Το 2001, οι Palincsar, Magnusson, Collins και Cutter (2001) επικαλούμενοι τις μεταρρυθμίσεις στις ΦΕ για την ανάπτυξη δεξιοτήτων κατανόησης εννοιών και συλλογιστικής σκέψης μέσω διερεύνησης, τόνισαν την αυξημένη πρόκληση του στόχου σε τάξεις συμπερίληψης μαθητών με ή χωρίς αναπηρία. Οι ερευνητές σχεδίασαν και ανέπτυξαν μια παρέμβαση ΦΕ μέσω καθοδηγούμενης διερεύνησης όπου εξέτασαν τις εμπειρίες και τα μαθησιακά αποτελέσματα μαθητών με ΕΕΑ στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Το πείραμα διήρκεσε δύο σχολικά έτη. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα από μελέτες περίπτωσης μαθητών με ΕΕΑ και στη συνέχεια αναλύθηκαν τα μαθησιακά αποτελέσματα από τη διδασκαλία του πρώτου σταδίου, συμπεριλήφθηκαν υποστηρικτικές προηγμένες στρατηγικές για την απόκτηση και ενίσχυση των διαφόρων τομέων των μαθητών (γνωστικός, κοινωνικός, επικοινωνιακός). Τα ευρήματα έδειξαν ότι στο δεύτερο στάδιο όλοι οι μαθητές παρουσίασαν σημαντική βελτίωση της επίδοσης, σημειώνοντας αλλαγές στην κατανόηση συγκρίσιμες με εκείνες των μαθητών χωρίς αναπηρία ή/και ΕΕΑ.

Οι Scruggs, Mastropieri και Okolo (2008) υποστήριξαν ότι η συμμετοχή μαθητών με ΝΑ σε διερεύνηση με περιεχόμενο ΦΕ, παρέχει τη δυνατότητα εμπλοκής των μαθητών σε αυθεντικά προβλήματα ανάπτυξης δεξιοτήτων γραμματισμού. Προϋπόθεση της επιτυχούς συμμετοχής αποτελεί ο σχεδιασμός δραστηριοτήτων ευθυγραμμισμένων με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των μαθητών με ΝΑ. Συγκεκριμένα, προτείνονται στρατηγικές ενίσχυσης της μνήμης, της οργάνωσης και κατανόησης κειμένου ΦΕ, και της προώθησης της διερευνητικής μάθησης. Οι ερευνητές πραγματοποίησαν δύο πειράματα ΦΕ μέσω διερωτήσεων και προσδιόρισαν το επίπεδο απόκτησης δεξιοτήτων από μαθητές τυπικής ανάπτυξης και μαθητές με ελαφρά ΝΑ. Η πρώτη πειραματική διαδικασία αφορούσε την κίνηση του απλού εκκρεμούς (Mastropieri et al., 1997), όπου οι μαθητές παρατήρησαν την ταλάντωση διαφορετικών εκκρεμών (με διαφορετικά μήκη νήματος) και κλήθηκαν να διατυπώσουν έναν γενικό κανόνα για την κίνηση. Τα

αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές τυπικής ανάπτυξης οδηγήθηκαν σε σωστά συμπεράσματα είτε αμέσως μετά την παρακολούθηση του πειράματος είτε μετά από ενίσχυση. Οι μαθητές με ελαφρά ΝΑ αντιμετώπισαν σημαντική δυσκολία κοινοποίησης της γνώσης για την κίνηση του εκκρεμούς και τον ζητούμενο κανόνα διατύπωσε ο πειραματιστής. Σε μια δεύτερη πειραματική διαδικασία, οι Mastropieri, Scruggs, Boon και Carter (2001) εξέτασαν την επαγωγική σκέψη μαθητών τυπικής ανάπτυξης και μαθητών με ελαφρά ΝΑ για την έννοια της πυκνότητας και το φαινόμενο της πλεύσης. Οι ερευνητές επεσήμαναν ότι τα αποτελέσματα ψυχομετρικών δοκιμασιών, όπως ο δείκτης νοημοσύνης, αποτέλεσαν ισχυρό προγνωστικό δείκτη για την εξαγωγή συμπερασμάτων ως προς τις έννοιες από τους μαθητές. Η μεταφορά γνώσεων σε συναφείς τομείς (π.χ. πετρελαιοκηλίδες) δημιούργησε μεγαλύτερες δυσκολίες για τους μαθητές με ελαφρά ΝΑ. Συγκεντρικά, τα ευρήματα των δύο πειραμάτων έδειξαν ότι οι μαθητές με ελαφρά ΝΑ κατασκευάζουν γνώση περιεχομένου ΦΕ υπό ορισμένες συνθήκες, παρόλο που φαίνεται να αποκτούν λιγότερες δεξιότητες σε αυτόν τον τομέα σε σύγκριση με τους συνομήλικους τους τυπικής ανάπτυξης.

Οι Courtade, Browder, Spooner και DiBiase (2010) εξέτασαν πώς οι εκπαιδευτικοί μαθητών με ΝΑ διδάσκουν ΦΕ μέσω διερεύνησης σε ένα πλαίσιο επαγγελματικής κατάρτισης και αν οι μαθητές ανταποκρίνονται στη διαδικασία. Τέσσερις ειδικοί παιδαγωγοί και οκτώ μαθητές με μέτρια ή σοβαρή ΝΑ συμμετείχαν στη μελέτη, στην οποία σχεδιάστηκαν εξατομικευμένα γραφήματα των συμμετεχόντων και πραγματοποιήθηκε οπτική ανάλυση. Οι ερευνητές σχεδίασαν μια «Λίστα ελέγχου με βάση τη διερεύνηση του μαθήματος των ΦΕ» (Checklist for an Inquiry-based Science Lesson) η οποία αξιοποίησε βήματα ανάλυσης έργου. Η επίδοση των εκπαιδευτικών αξιολογήθηκε μέσω της επίτευξης σωστών βημάτων ανάλυσης έργου για τις φάσεις της εμπλοκής, της κύριας διερεύνησης και περιγραφής σχέσεων, της κατασκευής νοήματος και της έκθεσης των αποτελεσμάτων. Το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα εξέτασε την πιθανότητα της γενίκευσης της διερεύνησης από τους εκπαιδευτικούς σε άλλα θέματα ΦΕ. Το τρίτο ερευνητικό ερώτημα εξέτασε την απόκτηση δεξιοτήτων διερεύνησης από τους μαθητές στη διάρκεια ενός μαθήματος ΦΕ. Τα ευρήματα της έρευνας έδειξαν λειτουργική σχέση του πακέτου κατάρτισης των εκπαιδευτικών και της σωστής εκτέλεσης των βημάτων διερεύνησης. Ως προς τη συνολική εμπειρία, οι εκπαιδευτικοί και οι γονείς σημείωσαν υψηλό βαθμό ικανοποίησης από την παρέμβαση και τα αποτελέσματά της.

Οι Jimenez, Browder, Spooner και DiBiase (2012) πραγματοποίησαν μια παρέμβαση σε μαθητές με μέτρια ΝΑ για την απόκτηση δεξιοτήτων γενικού περιεχομένου ΦΕ. Η

διδασκαλία περιεχομένου ΦΕ μέσω διερεύνησης αξιοποίησε στοιχεία χρονικής καθυστέρησης, στην οποία συμμετείχαν πέντε μαθητές με μέτρια ΝΑ και έξι συνομήλικοί τους χωρίς αναπηρία σε ένα συμπεριληπτικό πλαίσιο. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και οι πέντε μαθητές αύξησαν τον αριθμό των σωστών απαντήσεων σε όλες τις ενότητες περιεχομένου ΦΕ. Τρεις από τους μαθητές χρειάστηκαν πρόσθετη υποστήριξη από τον ειδικό παιδαγωγό για να φτάσουν τα κριτήρια επίτευξης. Επιπλέον, οι έξι συνομήλικοι εφάρμοσαν την παρέμβαση με υψηλά αποτελέσματα αξιοπιστίας και καταγράφηκαν υψηλά επίπεδα κοινωνικής εγκυρότητας.

Η Miller (2013) στη μελέτη της επεσήμανε την αποτελεσματικότητα της διερευνητικής διαδικασίας στην απόκτηση δεξιοτήτων διερεύνησης και γνωστικού περιεχομένου σε μαθητές με μέτρια και σοβαρή ΝΑ. Συγκεκριμένα, οι μαθητές σημείωσαν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα ως προς το επίπεδο ανεξαρτησίας και λειτουργικότητας στην ενήλικη ζωή, αφού απέκτησαν δεξιότητες καθημερινής διαβίωσης. Για την επίτευξη του προαναφερόμενου στόχου, σημαντικό ρόλο κατείχε η κατάρτιση των εκπαιδευτικών στους κύριους τομείς της λειτουργικότητας του προγράμματος σπουδών και της διασφάλισης υψηλούς ποιότητας εκπαίδευσης στους μαθητές με αναπηρία σε συμπεριληπτικό πλαίσιο. Συγκεκριμένα, αναγνωρίστηκαν οι παράμετροι: προσδιορισμός περιεχομένου, νοηματοδοτημένη διδασκαλία για τους μαθητές, παροχή εμπειριών λειτουργικών θεμάτων ΦΕ, ενσωμάτωση περιεχομένου ΦΕ μέσω διερεύνησης και ενσωμάτωση προτύπων σε αυθεντικές εφαρμογές.

Σε άλλη ποιοτική μελέτη, οι Miller, Krockover και Doughty (2013), σχεδίασαν μια παρέμβαση ΦΕ για να εξετάσουν τα οφέλη των ηλεκτρονικών φορητών συσκευών (iPad) σε μαθητές με μέτρια ή βαριά ΝΑ. Τα θέματα ΦΕ ήταν ο κύκλος της ζωής των σκουληκιών, η χρωματογραφία σε σχέδιο του ουράνιου τόξου και η ανάμειξη χρωμάτων. Οι μαθητές χρησιμοποίησαν γραφίδα στις εφαρμογές και ηχογράφησαν την εργασία τους. Εφαρμόστηκε ο τύπος της καθοδηγούμενης διερεύνησης σε μαθητοκεντρικό πλαίσιο, όπου συμπεριλήφθηκαν τρεις φάσεις και η τελική παρέμβαση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι τέσσερις μαθητές είχαν κίνητρο και συμμετείχαν στις δραστηριότητες των δύο συνθηκών - της παραδοσιακής μεθόδου και της χρήσης του iPad, δείχνοντας προτίμηση στις δραστηριότητες μέσω iPad. Οι μαθητές ανέπτυξαν δεξιότητες διερεύνησης και έδειξαν αυξημένο κίνητρο και αφοσίωση κατά τη χρήση των iPad. Η απόκτηση λειτουργικών δεξιοτήτων (οργάνωση, σχεδιασμός και ανάπτυξη βημάτων της διερευνητικής διαδικασίας) έδειξε ότι μπορεί να ενισχύσει την αυτονομία των μαθητών. Για τον εκπαιδευτικό, τα σημειωματάρια αποτέλεσαν ένα σημαντικό μέσο οργάνωσης

και υποστήριξης των μαθητών στη διάρκεια της διερεύνησης και στην επίλυση προβλημάτων.

Οι Jimenez, Lo και Saunders (2014) πραγματοποίησαν μια εμπειρική μελέτη κατά την οποία εξέτασαν τα αποτελέσματα σεναρίων-μαθημάτων ΦΕ με την καθοδήγηση σημειώσεων σε τρεις μαθητές δημοτικού με Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ) και μέτρια έως σοβαρή ΝΑ. Το περιεχόμενο των μαθημάτων βασίστηκε σε διερεύνηση και τα αποτελέσματα έδειξαν αλλαγή στο επίπεδο από τη γραμμή βάσης στη συνθήκη της παρέμβασης για τους τρεις συμμετέχοντες, οι οποίοι διατήρησαν το περιεχόμενο στην πάροδο του χρόνου. Επιπλέον έδειξαν μικρή βελτίωση στις βαθμολογίες κατά τη διάρκεια της συνθήκης των σεναρίων-μαθημάτων με την καθοδήγηση για τους δύο από τους τρεις συμμετέχοντες.

Στη μελέτη τους οι Knight, Collins, Spriggs, Sartini και MacDonald (2018) σχεδίασαν μαθήματα ΦΕ βασισμένα ή μη σε ανάλυση έργου ευθυγραμμισμένα με το πρόγραμμα σπουδών ΦΕ για μαθητές με ΔΑΦ και ΝΑ. Στην έρευνα συμμετείχαν τέσσερις ειδικοί παιδαγωγοί και εννέα μαθητές έχοντας λάβει σχετική συναίνεση για τη συμμετοχή τους στην έρευνα. Οι ερευνητές αξιολόγησαν την αποτελεσματικότητα, την αποδοτικότητα και τις προτιμήσεις των εκπαιδευτικών για τους δύο τύπους μαθημάτων (με ή χωρίς σενάριο ανάλυσης έργου) με βάση: α) τα μαθησιακά αποτελέσματα για την κατανόηση ενός θέματος ΦΕ, β) το κριτήριο επίτευξης (mastery criterion) ως προς τον αριθμό των μαθημάτων και γ) τη μέση διάρκεια των μαθημάτων. Τα ευρήματα ανέδειξαν αποτελεσματικούς τους δύο τύπους μαθημάτων. Οι εκπαιδευτικοί έδειξαν προτίμηση στα μαθήματα μέσω του σεναρίου ανεξάρτητα από τη αποτελεσματικότητα της κάθε παρέμβασης. Ως προς την κοινωνική εγκυρότητα, οι εκπαιδευτικοί ανέφεραν ότι τα μαθήματα ήταν αποδοτικά για τους μαθητές ως προς την απόκτηση λεξιλογίου, τη γνώση περιεχομένου και τη χρήση διδακτικών υλικών για τις ΦΕ.

Η πλειονότητα των προαναφερόμενων μελετών αναφέρει τον όρο διερεύνηση στη διάρκεια της διδακτικής πράξης και οι ερευνητές φαίνεται να αξιοποιούν κάποια στοιχεία που διευκολύνουν τη διερευνητική διαδικασία, ωστόσο δεν αναφέρονται η επιλογή και η εφαρμογή συγκεκριμένων επιπέδων διερεύνησης για την υλοποίηση ενός πλήρους κύκλου διερεύνησης.

### **2.3. Ψηφιακά περιβάλλοντα και μαθητές με Νοητική Αναπηρία**

Η ενσωμάτωση της ΨΤ στον τομέα της Ειδικής Εκπαίδευσης αυξάνεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια, καθώς υποστηρίζει τη μαθησιακή διαδικασία και συμβάλλει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων αυτόνομης διαβίωσης, κοινωνικής αλληλεπίδρασης και

ακαδημαϊκού περιεχομένου για τους μαθητές με αναπηρία ή/και με ΕΕΑ (Barlott et al., 2020; Kellems et al. 2019; McMahon, 2015; Mikropoulos et al., 2020; Moore & Schelling, 2015; Sommerauer & Müller, 2014; Weng et al., 2014). Ως προς τη ΝΑ, τα αποτελέσματα των εκπαιδευτικών παρεμβάσεων μέσω ΨΤ παρουσιάζονται ως θετικά και ελπιδοφόρα, με τις αναδυόμενες τεχνολογίες εμπύθισης να ξεχωρίζουν μεταξύ των ενδιαφερόντων των ερευνητών και των προτιμήσεων των μαθητών (Akçayır & Akçayır, 2017; Chen et al., 2017; Knight et al., 2013; Wu et al., 2013).

Συγκεκριμένα, η ΨΤ στην εκπαίδευση των ΦΕ στο χώρο της Ειδικής Εκπαίδευσης υποστηρίζει τη συμμετοχή, ενθαρρύνει τους μαθητές και περιορίζει τα ελλείμματα που σχετίζονται με την αναπηρία τους. Οι Parsons και συνεργάτες (2004), αναφέρουν ότι η ΨΤ συμβάλλει στην κοινωνική και επικοινωνιακή αλληλεπίδραση, τομείς στους οποίους οι μαθητές εμφανίζουν δυσκολίες, καθώς και στην ακαδημαϊκή τους επίδοση (Harish et al., 2013; Villanueva et al., 2012). Ο Almalki (2016) διαπίστωσε ότι η διδασκαλία με τη βοήθεια υπολογιστή και η μοντελοποίηση μέσω βίντεο αποτελούν δύο βασικές εφαρμογές της ΨΤ που επέδειξαν τεκμηριωμένες πρακτικές για τη διδασκαλία περιεχομένου ΦΕ. Οι ανασκοπήσεις για την εκπαίδευση ΦΕ σε μαθητές με αναπηρία των Almalki (2016), Aranasionok και συνεργατών (2019), Courtade και συνεργατών (2007), Knight και συνεργατών (2020), Rizzo και Taylor (2016) και των Spooner και συνεργατών (2011) αναφέρουν ελάχιστες μελέτες που χρησιμοποίησαν ΨΤ στις παρεμβάσεις τους. Ο Almalki (2016) εντόπισε δύο μελέτες που χρησιμοποίησαν τεχνολογία στις παρεμβάσεις τους, ενώ οι Aranasionok και συνεργάτες (2019) εντόπισαν αντίστοιχα τρεις μελέτες.

Για τη συμμετοχή και πρόοδο των μαθητών με αναπηρία ή/και με ΕΕΑ στο γενικό πρόγραμμα σπουδών αρκετοί τύποι ψηφιακών εργαλείων υιοθετούνται από τους ερευνητές για να συμπεριλάβουν τους μαθητές στο περιβάλλον της τάξης και να διευκολύνουν τη μάθησή τους (Chang & Hwang, 2018; Cheng & Lai, 2020; Fernández-López et al., 2013; Manzoor & Vimarlund, 2018; Mechling et al., 2011; Starcic & Bagon, 2014). Η ανασκόπηση των Park και συνεργατών (2019) έδειξε ότι μεταξύ 32 μελετών, η διδασκαλία βασισμένη σε βίντεο προσδιορίστηκε ως αποτελεσματική για άτομα με ΝΑ. Άλλες προσεγγίσεις βασισμένες στην ΨΤ, όπως η διδασκαλία υποβοηθούμενη από ηλεκτρονικό υπολογιστή-Η/Υ (Computer Assisted Instruction-CAI), η προτροπή βίντεο και η ανάλυση έργου, φαίνεται να βελτιώνουν τα μαθησιακά αποτελέσματα κατά τη διδασκαλία του λεξιλογίου ΦΕ σε μαθητές με ΝΑ (McKissick et al., 2018; Smith et al., 2013). Τα προσαρμοσμένα ηλεκτρονικά κείμενα που χρησιμοποιούν πολυμέσα με υπερσυνδέσμους βελτιώνουν την αναγνωστική ή ακουστική κατανόηση, όπου οι μαθητές με ΝΑ συνήθως δυσκολεύονται (Knight et al., 2013, 2018; Wood et al., 2020). Η

ενσωμάτωση των Ψηφιακών Μαθησιακών Αντικειμένων (Digital Learning Objects-DLOs) στη διδασκαλία της Φυσικής ενισχύει την απόκτηση όρων από τους μαθητές με ΝΑ και διατηρεί την εμπλοκή τους σε υψηλά επίπεδα (Iatraki et al., 2020; Mallidis-Malessas et al., 2021). Οι τεχνολογίες εμπύθισης, όπως η ΕΠ, ιδίως όταν χρησιμοποιούνται φορητές συσκευές, δίνουν περαιτέρω υποσχέσεις για εμπλοκή, κίνητρα και θετικά αποτελέσματα στη διδασκαλία ακαδημαϊκού περιεχομένου, συμπεριλαμβανομένου του περιεχομένου ΦΕ σε μαθητές με ΝΑ (Dede, 2009; Lin & Chang, 2015; McMahon et al., 2016).

Για να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά οποιοδήποτε μέσο τεχνολογίας, πρέπει να αξιοποιηθούν οι παροχές (μετάφραση του νεολογισμού affordances) κάθε τεχνολογίας. Ως παροχή τεχνολογίας προσδιορίζεται η ιδιότητα που παρέχει «σημαντικές πληροφορίες για το πώς οι άνθρωποι θα μπορούσαν να αλληλεπιδράσουν με αυτή», «καθορίζει δηλαδή τις ενέργειες που είναι δυνατές» στο πλαίσιο της (Norman, 2013, σ. 16). Τα πλεονεκτήματα μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας συνεπάγονται τις μαθησιακές παροχές της, οι οποίες περιγράφουν με τη σειρά τους «τις εργασίες και τις δραστηριότητες που μπορεί να αναλάβει ένας μαθητής, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε μαθησιακά οφέλη» (Dalgarno & Lee, 2010; Mantziou et al., 2018, σ. 1740). Δηλαδή, οποιοδήποτε εκπαιδευτικό πλαίσιο που υποστηρίζεται από ΨΤ, πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα πλεονεκτήματα και τις παροχές για μάθηση της συγκεκριμένης τεχνολογίας αντίστοιχα. Για παράδειγμα, η πολυτροπική αναπαράσταση της πληροφορίας και η διαδραστικότητα είναι δύο κεντρικές παροχές της τεχνολογίας πολυμέσων. Επιπλέον, μια εκπαιδευτική εφαρμογή πολυμέσων θα πρέπει να ακολουθεί ένα προτεινόμενο θεωρητικό μοντέλο, όπως είναι η Γνωστική Θεωρία Μάθησης Πολυμέσων (Cognitive Theory Multimedia Learning-CTML, Mayer, 1997, 2001), και να εφαρμόζει κατάλληλες μαθησιακές παροχές. Επομένως, η εφαρμογή πολυμέσων, σε συνδυασμό με τις σχετικές μαθησιακές δραστηριότητες θα πρέπει να χρησιμοποιεί προτεινόμενους συνδυασμούς λέξεων και εικόνων υπό τον έλεγχο του μαθητή για την προώθηση της κατασκευής ενός νοητικού μοντέλου.

Πρόσφατα, ο Carreon και οι συνεργάτες του (2020) πραγματοποίησαν μια ανασκόπηση όπου υπέδειξαν την αναγκαιότητα των παρεμβάσεων Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality-VR) για μαθητές με αναπηρία. Αυτό φάνηκε από τις καθηλωτικές ιδιότητες (που συνεπάγονται οικονομικές παροχές) του VR και τη συμβολή τους στην οικοδόμηση ακαδημαϊκών δεξιοτήτων σε διάφορους κλάδους. Οι Cheng και Lai (2020) πραγματοποίησαν μια βιβλιογραφική ανασκόπηση εργασιών που χρησιμοποιούν εργαλεία διδασκαλίας υποβοηθούμενης από υπολογιστή στην Ειδική Εκπαίδευση για τα

έτη 2008 έως 2017. Εκεί διαπιστώθηκε ότι ο αριθμός των μελετών που χρησιμοποίησαν ΨΤ στο πεδίο έχει αυξηθεί από το 2013 εξαιτίας της ενσωμάτωσης φορητών συσκευών και ασύρματου διαδικτύου, που έχουν ως αποτέλεσμα μια ποικιλία εφαρμογών για φορητές συσκευές (Barton et al. 2017).

### **2.3.1. Επαυξημένη πραγματικότητα και εκπαίδευση στις ΦΕ**

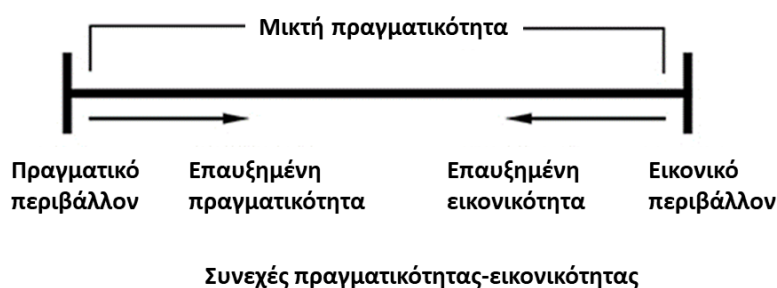
Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (ΕΠ, Augmented Reality-AR) μπορεί να αποτελέσει ένα ιδιαίτερα ισχυρό μέσο στην προώθηση της συμπερίληψης των μαθητών με αναπηρία στη γενική τάξη, καθώς προσφέρει ευκαιρίες ανάπτυξης στον κοινωνικό, επικοινωνιακό, ακαδημαϊκό και πρακτικό τομέα, υποστηρίζοντας τις ανάγκες των μαθητών με στόχο την αυτονομία και την ανεξαρτησία τους (Akçayır & Akçayır, 2017; Almalki, 2016; Chang et al., 2022; Cihak et al., 2016; Craig, 2013; Köse & Güner-Yildiz, 2021; McMahon et al., 2016).

Η ΕΠ αφορά τεχνολογίες που επιτρέπουν την προσθήκη ή ενσωμάτωση ψηφιακών αντικειμένων, ιδίως τρισδιάστατων, στον πραγματικό κόσμο. Οι ψηφιακές προσθήκες έχουν δημιουργηθεί σε υπολογιστή, μπορούν να γίνουν ορατές από διαφορετικές οπτικές γωνίες και οι συμμετέχοντες μπορούν να αλληλεπιδράσουν μ' αυτές σε πραγματικό χρόνο (Azuma, 1997; Beckmann et al., 2019; Ibáñez et al., 2016; Martin et al., 2011). Ο ορισμός ενός συστήματος ΕΠ πληροί τρία χαρακτηριστικά: τον συνδυασμό πραγματικών και εικονικών αντικειμένων στον πραγματικό κόσμο, το διαδραστικό χειρισμό σε πραγματικό χρόνο και την ευθυγράμμιση πραγματικών και εικονικών αντικειμένων μεταξύ τους (Azuma, 1997, 2001, σ. 34; Sommerauer & Müller, 2014). Η ΕΠ μπορεί να ενσωματώσει όλες τις αισθήσεις με πιο συνηθισμένη εφαρμογή της τη συμπερίληψη οπτικών ερεθισμάτων (Pan et al., 2022). Συγκεκριμένα, η ΕΠ καταχωρεί ψηφιακά τρισδιάστατα αντικείμενα με ακρίβεια στον φυσικό κόσμο δημιουργώντας εμπειρίες εμπλουτισμού που συμπληρώνουν την πραγματικότητα, σε αντίθεση με την Εικονική Πραγματικότητα, η οποία αντικαθιστά την πραγματικότητα μέσω κατάλληλων ψηφιακών συστημάτων δημιουργώντας εμπύθιση σε ένα συνθετικό ψηφιακό περιβάλλον, αποκομμένο από τον πραγματικό κόσμο (Azuma, 1997, 2001).

Η έννοια της ΕΠ πρωτοεμφανίστηκε το 1968 με τον συνδυασμό οθονών με γραφικά από υπολογιστή και απόψεων του πραγματικού κόσμου. Χρησιμοποιήθηκαν σταθεροί υπολογιστές μεγάλων διαστάσεων και οθόνες με βίντεο που τοποθετήθηκαν και ενεργοποιήθηκαν σε συστήματα κεφαλής (Sutherland, 1968). Το 1992, οι Caudell και Mizell, στο αναπτυξιακό τους έργο για τη Boeing εισήγαγαν για πρώτη φορά τον όρο «Επαυξημένη Πραγματικότητα» με στόχο να «αυξήσουν» το οπτικό πεδίο των μηχανικών της αεροπορικής εταιρείας με τις απαραίτητες πληροφορίες για την εκτέλεση κατασκευαστικών εργασιών (Caudell & Mizell, 1992, σ. 660). Σε αυτό το έργο, η ΕΠ

επέτρεψε στους εργαζόμενους να βλέπουν σε πραγματικό χρόνο ψηφιακές προσθήκες μέσω οπτικών αναπαραστάσεων ώστε να ολοκληρώσουν τις εργασίες τους.

Η ΕΠ θεωρήθηκε από τους Milgram και Kitshino (1994) ως τμήμα της Μικτής Πραγματικότητας (ΜΠ, Mixed Reality-MR) ενός μονοδιάστατου συνεχούς πραγματικότητας-εικονικότητας, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.1. (Azuma, 1997; Milgram & Kitshino, 1994). Το συνεχές μεταξύ πραγματικού και εικονικού δείχνει ότι το η ΕΠ βρίσκεται κοντά στο πραγματικό περιβάλλον αναδεικνύοντας την προσοχή και την απήχηση της ΕΠ σε σύγκριση με την εικονική πραγματικότητα που βρίσκεται πλησιέστερα στο εικονικό περιβάλλον (Gopalan et al., 2023). Ως προς την εφαρμογή τους, η εικονική πραγματικότητα εμπύθισης απαιτεί μια συγκεκριμένη συσκευή, όπως μια οθόνη προσαρμοσμένη στο κεφάλι του χρήστη (Head-Mounted Display-HMD) ή γυαλιά VR των οποίων το κόστος δεν επιτρέπει σε πολλούς να τα αποκτήσουν. Αντίθετα, η ΕΠ μπορεί να εξερευνηθεί από οποιονδήποτε έχει μια φορητή συσκευή τύπου smartphone ή tablet, με σημαντικές δυνατότητες στην εκπαίδευση (Gopalan et al., 2023).



Εικόνα 2.1. Το πραγματικό - εικονικό συνεχές των Milgram και Kishino.

(πηγή Milgram et al., 1994)

Πρόσφατα, οι Skarbez, Smith, και Whitton (2021) αναθεώρησαν το προηγούμενο συνεχές και προσδιόρισαν ως περιβάλλον μικτής πραγματικότητας μια ενιαία αντίληψη αντικειμένων και ερεθισμάτων των δύο κόσμων, συμπεριλαμβανομένων διαφορετικών αισθήσεων (Pan et al., 2022), της οποίας υποσύνολο αποτελεί η ΕΠ, σε συμφωνία με τους Milgram και Kishino (1994). Κάθε περιβάλλον που χαρακτηρίζεται από την ταυτόχρονη ανάμειξη πραγματικών και εικονικών αντικειμένων σε μια αναλογία αποτελεί τη ΜΠ. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται οι όροι: α) Εκτεταμένη Πραγματικότητα (Extended Reality-XR), η οποία ορίζεται από μια σειρά σχετικών τεχνολογιών που περιλαμβάνουν την Επαυξημένη, την Εικονική και τη Μικτή Πραγματικότητα (Barrow et al., 2022; Mann et al., 2018), β) Διαμεσολαβούμενη Πραγματικότητα (Mediated Reality-MR), η οποία επεκτείνει την ΕΠ με την ανάμειξη, παρεμβολή και τροποποίηση της πραγματικότητας, ορίζοντας τον άξονα “Mediality” για την περαιτέρω κατανόηση της πραγματικότητας:



και γ) Πολυμεσολαβούμενη Πραγματικότητα (Multimediated Reality), μια πολυδιάστατη, πολυτροπική, πολυαισθητηριακή και πολλαπλών κλιμάκων πραγματικότητα βασισμένη σε πολυμέσα, η οποία ενσωματώνει τις πέντε αισθήσεις πρόσθετα με άλλες αισθήσεις όπως τα αισθητήρια ραντάρ, για τη σύνθεση μιας συνολικής «συν-αισθητηριακής» εμπειρίας.

Μία τεχνολογική υλοποίηση της ΕΠ είναι η ΕΠ βασισμένη σε φυσικό δείκτη. Το φυσικό περιβάλλον επαυξάνεται μέσω ενός προκαθορισμένου φυσικού δείκτη (marker-based AR) που μπορεί να είναι μια εικόνα, ένα κείμενο, ή ένας κώδικας QR και μέσω αυτού αναπαράγεται η ψηφιακή πληροφορία με τη μορφή κειμένου, εικόνας, βίντεο, σχεδίων σε κίνηση, ήχου και τρισδιάστατων μοντέλων, με στόχο τον συνδυασμό του πραγματικού και εικονικού περιβάλλοντος (Cakir & Korkmaz, 2019; McMahon et al., 2016). Σχετικές εκπαιδευτικές εφαρμογές αποτελούν τα πολυάριθμα διδακτικά βιβλία ΕΠ, για τα οποία υπάρχουν διαθέσιμα εργαλεία συγγραφής που επιτρέπουν τη δημιουργία εμπειριών ΕΠ από τους εκπαιδευτικούς χωρίς την προϋπόθεση εξειδικευμένων γνώσεων προγραμματισμού. Ωστόσο, η ενσωμάτωση και χρήση τους στα σχολεία εξαρτάται από ψυχολογικούς παράγοντες όπως η ετοιμότητα των εκπαιδευτικών στην πιθανή χρήση των νέων εργαλείων, των πιθανών νέων διδακτικών προσεγγίσεων και των αλλαγών στις πεποιθήσεις και τις στάσεις τους (Koutromanos & Mavromatidou, 2018, σ. 76).

Μία άλλη τεχνολογική προσέγγιση δεν απαιτεί κάποιου τύπου δείκτη, αλλά το περιβάλλον επαυξάνεται με βάση την τοποθεσία. Το ψηφιακό περιεχόμενο ενεργοποιείται με πληροφορίες που βασίζονται στην τοποθεσία (location-based AR). Ειδικότερα, η κατεύθυνση κίνησης ή η αλλαγή προσανατολισμού (θέση, γωνία) και η κατεύθυνση περιστροφής του κεφαλιού μπορεί να προσδιορίζεται μέσω αισθητήρων Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού Θέσης (Global Positioning System-GPS), επιταχυνσιόμετρου, γυροσκοπίου ή πυξίδας, συσκευές που ενημερώνουν την ΕΠ μέσω συντεταγμένων (Cheng & Tsai, 2013; Grubert et al., 2017; Kamarainen et al., 2018; Koutromanos et al., 2015; Smith et al., 2017).

Τα συνήθη συστήματα ΕΠ αναφέρονται σε φορητές συσκευές (smartphones και tablets) που επιτρέπουν την κίνηση στον φυσικό κόσμο και τη θέαση του εμπλουτισμένου κόσμου μέσα από την οθόνη τους, τα οποία έχουν αναπτυχθεί για γενικούς σκοπούς και θεωρούνται πρακτικά για εκπαιδευτική αξιοποίηση (Azuma et al., 2011; Iftene & Trandabăț, 2018; Martin et al., 2011). Σε εκπαιδευτικό πλαίσιο, οι «χρήστες» μετονομάζονται σε «συμμετέχοντες» και αλληλεπιδρούν με τις εφαρμογές ΕΠ μέσω αισθητήρων, κουμπιών, touchpad, μικροφώνων ή συστημάτων ανίχνευσης κίνησης (Lin & Chang, 2015). Οι έρευνες για την ΕΠ στην εκπαίδευση έχουν αυξηθεί σημαντικά τα

τελευταία χρόνια και διεξάγονται κυρίως στο χώρο του σχολείου, εντός των τάξεων ή των εργαστηρίων όπου χρησιμοποιούνται εφαρμογές ΕΠ που βασίζονται σε δείκτες (Sirakaya & Sirakaya, 2022). Περισσότερο εξειδικευμένες και προηγμένες συσκευές έχουν τη μορφή γυαλιών ΕΠ (AR glasses), τα οποία διαθέτουν διαφανείς οθόνες στις θέσεις των φακών όπου εμφανίζεται το ψηφιακό υλικό. Τα συστήματα ΕΠ διαθέτουν υπολογιστική ισχύ και δικτύωση, καθώς και εξοπλισμό (ειδικές κάμερες βάθους για τα γυαλιά ΕΠ που υπολογίζουν αποστάσεις και αναπτύσσουν τρισδιάστατα μοντέλα του χώρου) που επιτρέπει την ανίχνευση του συμμετέχοντα και των αντικειμένων του φυσικού περιβάλλοντος (Ibáñez et al., 2016). Τα γυαλιά ΕΠ αποτελούν μια τεράστια εξέλιξη στα ψηφιακά μέσα, με σημαντική επίδραση στην εκπαίδευση (Georgiou & Kyza, 2018; Rauschnabel & Ro, 2016; Vonk et al., 2018). Αν και η χρήση τους περιορίζεται εξαιτίας του υψηλού κόστους τους (Rauschnabel & Ro, 2016), ως το έτος 2025 αναμένεται γεωμετρικά η εξάπλωσή τους σε πολλές εφαρμογές (Coie, 2018).

Μέσω της ΕΠ οι προσομοιώσεις γίνονται πιο ρεαλιστικές, καθηλωτικές και διασκεδαστικές, επιτρέποντας τη μάθηση σε ένα ασφαλές, ανεξάρτητο από τον χρόνο και τον τόπο, περιβάλλον (Akçayır & Akçayır, 2017; Cakir & Korkmaz, 2019, 2009; Gun & Atasoy, 2017; Sirakaya & Sirakaya, 2022; Wu et al., 2013). Η θετική επίδραση της ΕΠ στη συναισθηματική κατάσταση των συμμετεχόντων (Allcoat et al., 2021; Oigara, 2018) μπορεί να ενισχύσει τη μαθησιακή διαδικασία και να βελτιώσει σημαντικά τα μαθησιακά αποτελέσματα ακαδημαϊκού περιεχομένου και την απόκτηση δεξιοτήτων (Wang et al., 2014). Συγκεκριμένα, ένα περιβάλλον ΕΠ ενισχύει την ενεργητικότητα των μαθητών, διεγείρει την περιέργεια και την πρωτοβουλία, δημιουργεί κίνητρα συμμετοχής (Giasiranis & Sofos, 2017) και ενδιαφέρον και συμβάλλει στην εστίαση της προσοχής και στη διατήρηση της συγκέντρωσης (Dalgarno & Lee, 2010; Huang et al., 2016; Stephenson & Limbrick, 2015; Wojciechowski & Cellary, 2013). Πρόσθετα, η ευκαιρία για εμπειρίες που δεν είναι διαθέσιμες στην πραγματική ζωή (Wojciechowski & Cellary, 2013; Wu et al., 2013) αποτελούν ένα από τα σημαντικά οφέλη της ΕΠ και η επαναληψιμότητα σε προσωπικό χώρο και χρόνο συμβάλλει στην εξοικείωση με συγκεκριμένες διαδρομές βημάτων-στόχων (Covaci et al., 2015). Συνολικά, η εμπλοκή σε ένα ρεαλιστικό περιβάλλον, τα κίνητρα και η διατήρηση της προσοχής αποτελούν σημαντικά οφέλη από τη χρήση της ΕΠ για την προαγωγή της αποτελεσματικότητας της διδασκαλίας (Allcoat et al., 2021; Dalgarno & Lee, 2010; Dede, 2009).

Η εφαρμογή περιβαλλόντων ΕΠ ενισχύει τις δεξιότητες κατανόησης εννοιών ακαδημαϊκού περιεχομένου ΦΕ (Hwang, et al., 2016; Lin et al., 2015; Yang, et al, 2018; Yoon, et al., 2012; Wang et al., 2014), κυρίως σε εποικοδομητικά περιβάλλοντα μάθησης

(Koutromanos et al., 2015) και την απόκτηση ανώτερων γνωστικών δεξιοτήτων μέσω της συλλογιστικής σκέψης και κριτικής ικανότητας, τις δεξιότητες επεξεργασίας (όπως η χωρική ικανότητα και η διάκριση των αντικειμένων), καθώς και τις δεξιότητες επίλυσης προβλήματος και συνεργασίας, μέσω δραστηριοτήτων συν-δημιουργίας και διερεύνησης (Billinghurst, 2002; Billinghurst & Duenser, 2012; Bower et al., 2014; Dunleavy et al., 2009; Munnerley et al., 2012). Ένα από τα ισχυρά πλεονεκτήματα της ΕΠ αποτελεί η ενσωμάτωση εναλλακτικών προοπτικών, οι οποίες μειώνουν το γνωστικό φορτίο των μαθητών και ενισχύουν την ενεργητική αλληλεπίδραση (Lai et al., 2019; Mayer & Moreno, 2003; Turan et al., 2018). Για παράδειγμα, η χρήση πραγματικών δεδομένων σε ένα παράδειγμα μοριακής δομής συμβάλλει σε αυθεντικές απεικονίσεις που βασίζονται σε πραγματικά επιστημονικά δεδομένα και ρεαλιστικές εικόνες, με στόχο τη διευκόλυνση των γνωστικών διεργασιών της μνήμης (Dunleavy et al., 2009; Iatraki et al., 2021). Πρόσθετα, η ενίσχυση της προστιθέμενης παιδαγωγικής αξίας μέσω επιλογών όπως η χρωματική απόδοση των αναπαραστάσεων μπορεί να τονίσει το σχήμα, το μέγεθος και άλλες ιδιότητες παρέχοντας ευκαιρίες στους μαθητές για την κατανόηση των ερευνητικών μεθόδων (Barrow et al., 2022).

Η ΕΠ κατέχει καταλυτικό ρόλο στην κατανόηση εννοιών ΦΕ καθώς προτείνει περιβάλλοντα μέσω της αξιοποίησης τρισδιάστατων μοντέλων και εργαστηριακών πειραμάτων (Akçayır & Akçayır, 2017; Davidsson et al., 2012; Ibáñez et al. 2014; Jiménez, 2019; Lin et al. 2013; Oliveira et al., 2019). Οι μαθητές τείνουν να επικοινωνούν με το νέο περιβάλλον στο οποίο βιώνεται ως πραγματικότητα η θέαση και η κατανόηση του συνδυασμού φυσικών και ψηφιακών αναπαραστάσεων και ενισχύεται η κοινωνική αλληλεπίδραση (Billinghurst, 2002; Davidsson et al. 2012; Oliveira et al., 2019). Στην περίπτωση γνωστικών αντικειμένων, όπου περιλαμβάνονται αφηρημένες έννοιες με μη ορατό περιεχόμενο (π.χ. η δομή της ύλης στη Φυσική και τη Χημεία), παρέχεται στους μαθητές η δυνατότητα να παρατηρήσουν τα φαινόμενα μέσω οπτικών αναπαραστάσεων σε εφαρμογές ΕΠ (Cai et al., 2020; Jdaitawi et al., 2022; Wu et al., 2013). Κατά αντιστοιχία, στην περίπτωση σύνθετων, με ακριβό εξοπλισμό, ή επικίνδυνων πραγματικών πειραμάτων, οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν ψηφιακά αντικείμενα τα οποία έχουν σχεδιαστεί ώστε να αναπαριστούν εξειδικευμένο εργαστηριακό εξοπλισμό και να λειτουργούν μέσω φυσικών κινήσεων για τη διεξαγωγή πειραματικών διαδικασιών με ασφάλεια σε πραγματικό χρόνο, χωρίς χωροχρονικούς περιορισμούς (Arıcı et al., 2019; Barrow et al. 2022; Pan et al., 2022).

Η ανασκόπηση των Arıcı και συνεργατών (2019) επικεντρώθηκε στις χρήσεις της ΕΠ σε 62 μελέτες για την εκπαίδευση ΦΕ που δημοσιεύθηκαν μεταξύ των ετών 2013 και 2018.

Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι τα πρόσφατα άρθρα ήταν ποσοτικού χαρακτήρα και επικεντρώθηκαν σε περιβάλλοντα μάθησης με χρήσεις φορητών συσκευών, τα οποία στόχευσαν στα μαθησιακά αποτελέσματα στον ακαδημαϊκό τομέα, στα κίνητρα και στις στάσεις των μαθητών ως συσχετιζόμενες μεταβλητές. Σημαντικά οφέλη των εφαρμογών της ΕΠ στη διδακτική πράξη αναφέρονται από τους Sheehy και συνεργάτες (2014). Μέσω μιας επαυξημένης ή πολυαισθητηριακής εμπειρίας οι μαθητές συνδέονται με την πληροφορία και αναπτύσσουν ευκαιρίες εξερεύνησης εντός ασφαλών και ελεγχόμενων μαθησιακών περιβαλλόντων. Σε αυτό το εποικοδομητικό πλαίσιο υπογραμμίζεται ο ενεργός ρόλος του μαθητή και η διαλογική συνεργασία και διαμοιράζεται η γνώση για την απόκτηση και ενίσχυση δεξιοτήτων διερεύνησης (Chiang et al., 2014). Η ΕΠ προσφέρει μια εγγενώς μαθητοκεντρική προσέγγιση στο σχεδιασμό και την υλοποίηση μαθησιακών δραστηριοτήτων, καθώς επιτρέπει την άμεση σύνδεση της μάθησης με μια βάση δεδομένων υλικών αναφοράς χωρίς την προϋπόθεση αυστηρά δομημένων αλληλουχιών μάθησης που να ακολουθούνται ταυτόχρονα και με την ίδια σειρά από όλους τους μαθητές (Kirner et al., 2012; Wojciechowski & Cellary, 2013). Η ευελιξία της ΕΠ παρέχει ευκαιρίες μάθησης, τις οποίες κάθε μαθητής μπορεί να κατανοήσει κατά βούληση και αποτέλεσμα αυτής της παραδοχής αποτελεί η γενίκευση της μάθησης σε ευρύτερα περιβάλλοντα με ελάχιστες προσθήκες για τη δημιουργία μαθησιακών δραστηριοτήτων (Munnerley et al., 2012).

Η πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση των Gopalan, Bakar και Zulkifli (2023) συνθέτει 90 εμπειρικές μελέτες που δημοσιεύτηκαν μεταξύ των ετών 2006 και 2021 με στόχο τον εντοπισμό των σχετικών κρίσιμων παραγόντων επιτυχίας της ΕΠ στο μαθησιακό περιβάλλον των ΦΕ. Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση περιεχομένου, η οποία αποκάλυψε τρεις κατηγορίες κρίσιμων παραγόντων, την πλούσια μαθησιακή εμπειρία, τα θετικά μαθησιακά αποτελέσματα και τα εγγενή χαρακτηριστικά της ΕΠ και υπογραμμίστηκε η σημασία τους στον σχεδιασμό παρεμβάσεων ΦΕ και την αξιολόγηση της ΕΠ σε αντίστοιχο περιβάλλον μάθησης.

Τα πλεονεκτήματα της αξιοποίησης της ΕΠ τεχνολογίας στη μάθηση μπορούν να ερμηνευθούν μέσω της Γνωστικής Θεωρίας της Μάθησης Πολυμέσων (Cognitive Theory Multimedia Learning-CTML). Η μάθηση μέσω λέξεων και εικόνων παρουσιάζει βελτιωμένα μαθησιακά αποτελέσματα σε σύγκριση με τη μάθηση αποκλειστικά μέσω λέξεων (Mayer, 1997). Η θεωρητική ερμηνεία αυτής της παραδοχής στηρίζεται στην ύπαρξη των δύο καναλιών επεξεργασίας των πληροφοριών (ακουστικό και οπτικό κανάλι), στην περιορισμένη χωρητικότητά τους για την επεξεργασία των πληροφοριών και στον προσδιορισμό της μάθησης ως ενεργή διαδικασία. Συγκεκριμένα, η επιλογή

εισερχόμενων πληροφοριών, η οργάνωσή τους σε συνεκτικές νοητικές αναπαραστάσεις και η ενσωμάτωση των αναπαραστάσεων με την υπάρχουσα γνώση κατά τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την εφαρμογή περιβαλλόντων ΕΠ οδηγούν σε αποτελεσματική διδασκαλία πολυμέσων (Mayer, 2009).

### **2.3.1. Επαυξημένη πραγματικότητα στην εκπαίδευση μαθητών με ΝΑ**

Οι σύγχρονες ερευνητικές τάσεις στην τεχνολογία ΕΠ αναφέρονται στην Ειδική Εκπαίδευση, όπου η ΕΠ προσφέρει ευκαιρίες για την επικοινωνιακή ανάπτυξη των μαθητών με αναπηρία ή/και με ΕΕΑ, οφέλη στην ακαδημαϊκή επίδοση και βελτίωση της αυτορρύθμισης (Turan & Gülşah, 2021). Σύμφωνα με τα ευρήματα των Avila-Garzon και συνεργατών (2021) οι οποίοι ανέλυσαν δεδομένα μελετών 25 ετών, κατά την εμπλοκή των μαθητών σε περιβάλλοντα ΕΠ, οι περιορισμοί τους φαίνεται να ελαχιστοποιούνται, καθώς εξερευνούν συνθήκες κοντά στον πραγματικό κόσμο. Η ανασκόπηση των Quintero και συνεργατών (2019) εντόπισε 50 μελέτες, οι οποίες δημοσιεύθηκαν μεταξύ 2008 και 2018, και αποκάλυψε ότι οι τεχνολογίες ΕΠ υποστηρίζουν τη συμπερίληψη μαθητών με ΝΑ (το 14% των μελετών που εξετάστηκαν αφορούσαν μαθητές με ΝΑ). Μεταξύ των ευρημάτων, υπογραμμίστηκαν η δημιουργία κινήτρων, η αλληλεπίδραση και η αύξηση του ενδιαφέροντος των συμμετεχόντων. Αντίστοιχα ευρήματα, με πρόσθετη συμβολή της ΕΠ στη βελτίωση της συγκέντρωσης και της συνεργασίας στη διάρκεια δραστηριοτήτων μέσω επαναλήψεων και ενισχύσεων, εντόπισαν οι Baragash και συνεργάτες (2020). Οι συγγραφείς συμπεριέλαβαν επτά μελέτες στις οποίες συμμετείχαν 119 άτομα με ΕΕΑ εκ των οποίων τα 34 είχαν ΝΑ και ενεπλάκησαν σε δραστηριότητες ερευνητικού σχεδίου ομάδας για την ανάπτυξη αριθμητικών δεξιοτήτων. Τα ευρήματα ανέδειξαν τα πλεονεκτήματα της επαναλαμβανόμενης διαδικασίας μέσω ΕΠ, τη μείωση των απαιτήσεων για έλεγχο της προσοχής και την ενίσχυση της αυτόματης και ανεξάρτητης εκτέλεσης δραστηριοτήτων από τους μαθητές.

Η τεχνολογία ΕΠ επιτρέπει στους μαθητές με ΝΑ την επανάληψη της νέας γνώσης σε οποιαδήποτε στιγμή (Lin et al. 2015), εφόσον η δημιουργία του μαθησιακού περιβάλλοντος με επίκεντρο τον μαθητή επιτρέπει την αυτοεκπαίδευσή του (Radu, 2014). Πρόσθετα, η ΕΠ παρέχει ευκαιρίες αύξησης του κινήτρου για εμπλοκή και συμμετοχή στη διαδικασία και την ανάπτυξη του επιπέδου διατήρησης της προσοχής με αποτέλεσμα την κατανόηση της πληροφορίας (Cakir & Korkmaz, 2019; Lin et al., 2016). Η χρήση των εικονικών τρισδιάστατων αντικειμένων σε ευθυγράμμιση με τον φυσικό κόσμο και τη μεταξύ τους σχετική αλληλεπίδραση μπορεί να συμβάλλει στην αξιολόγηση συγκεκριμένων δυσκολιών των μαθητών με ΝΑ, όπως είναι οι δεξιότητες διάκρισης για τον προσδιορισμό του σχήματος, του μεγέθους και του χρώματος ενός αντικειμένου

(Huang et al., 2016). Οι Cheng και Tsai (2013) στη μελέτη τους ανέφεραν ότι η ΕΠ που βασίζεται σε φυσικό δείκτη υποστηρίζει τη χωρική ικανότητα, τις δεξιότητες πρακτικού τομέα και την εννοιολογική κατανόηση, ενώ η ΕΠ που βασίζεται στην τοποθεσία υποστηρίζει δραστηριότητες ΦΕ με βάση την διερεύνηση.

Για την έναρξη και επιτυχή έκβαση μιας εκπαιδευτικής παρέμβασης ΨΤ, η εξοικείωση με την τεχνολογία (training phase) αποτελεί σημαντικό στάδιο για την αποτελεσματική χρησιμοποίηση του μέσου (Ciullo et al., 2015; Knight et al., 2015, 2017; McKissick et al., 2013; McMahon et al., 2016; Smith et al., 2013; Wood et al., 2020). Στην περίπτωση των μαθητών με ΝΑ, η κατάλληλη καθοδήγηση, η παροχή ενίσχυσης και ο χρόνος για την προσαρμογή των μαθητών στο νέο μαθησιακό περιβάλλον αποτελεί σημαντική μετάβαση για την υλοποίηση της παρέμβασης. Το στάδιο εξοικείωσης με τον εξοπλισμό τοποθετείται θεωρητικά στη ζώνη επικείμενης ανάπτυξης (zone of proximal development) του Vygotsky (Rutland & Campbell, 1996), η οποία συντελεί στην κατανόηση του σταδίου σχετικά με το τι μπορεί να κάνει ένας μαθητής βοηθούμενος από άλλους και τι μπορεί να κάνει μόνος του. Ο αριθμός των προσπαθειών που απαιτείται για κάθε μαθητή με ΝΑ ώστε να φτάσει το κριτήριο επίτευξης στη φάση εξοικείωσης υποστηρίζεται αρχικά μέσω συνεργατικής βοήθειας ώστε μετέπειτα να εκτελείται αυτόνομα από αυτόν. Για παράδειγμα στη μελέτη των McKissick και συνεργατών οι μαθητές εξοικειώθηκαν με τη σωστή χρήση του ποντικιού, ενώ στη μελέτη των Smith και συνεργατών (2013) εξετάστηκε η ικανότητα των μαθητών στον χειρισμό της ταμπλέτας στη διάρκεια τριών δοκιμασιών. Στην παρέμβαση των Knight και συνεργατών (2015), μετρήθηκε το ποσοστό επάρκειας στην εξοικείωση βασικών λειτουργιών των ηλεκτρονικών κειμένων, όπως η μετατροπή κειμένου σε ομιλία και η χρήση των εικονογραφήσεων, μέσω μιας διαδικασίας όπου μετρήθηκε το ποσοστό επάρκειας της εξοικείωσης. Στη μελέτη των McMahon και συνεργατών (2016) οι μαθητές με ΝΑ εξοικειώθηκαν με την τεχνολογία της ΕΠ, σαρώνοντας κάρτες λεξιλογίου για να ενεργοποιηθεί το ψηφιακό περιεχόμενο. Για την επιτυχή ολοκλήρωση του σταδίου και τη σωστή προβολή του περιεχομένου ΕΠ θεωρήθηκε ένα σύστημα ενισχύσεων κατά το οποίο παρασχέθηκε λεκτική προτροπή και προφορικές διευκολύνσεις στους μαθητές.

Αρκετές εμπειρικές πρωτογενείς μελέτες ή ανασκοπήσεις που χρησιμοποίησαν ΕΠ έχουν δείξει θετικές πτυχές ιδίως στους τομείς των κοινωνικών και λειτουργικών δεξιοτήτων των μαθητών με ΝΑ (Baragash et al., 2020; Fernández-Batanero et al., 2022; Garzón et al., 2020; Jdaitawi & Kan'an, 2022; Montoya-Rodríguez et al., 2022). Παραδείγματα αποτελεσματικών εφαρμογών της ΕΠ σε μαθητές με ΝΑ σε αυτούς τους τομείς αποτελούν ο εντοπισμός τοποθεσίας και η ενίσχυση δεξιοτήτων πλοήγησης (Chang et al.,

2015; McMahon et al., 2015; Smith et al., 2017), η απόκτηση και εξάσκηση επαγγελματικών δεξιοτήτων και αριθμητικών δεξιοτήτων (Chang et al., 2013; Morris et al., 2022; Quintero et al., 2019), η πραγματοποίηση αγορών (Bridges et al., 2020), η εξάσκηση δεξιοτήτων χρήσης μηχανήματος αυτόματης ανάληψης ATM (Kang & Chang, 2019), η απόκτηση λεξιλογίου κατά τη διδασκαλία της αγγλικής γλώσσας (Rapti et al., 2022) και ο γραμματισμός στις ΦΕ (McMahon et al., 2016). Για παράδειγμα, οι Kellems, Cacciatore και Osborne (2019) παρείχαν ένα πρακτικό πλαίσιο, με οδηγίες βήμα προς βήμα και παραδείγματα για τη διδασκαλία μαθηματικών δεξιοτήτων, που συμβάλλει στην ανεξαρτησία των μαθητών με ΝΑ και στη μείωση του χρόνου διδασκαλίας για τον εκπαιδευτικό, μέσω μιας εφαρμογής ΕΠ βασισμένη σε βίντεο και οι McMahon και συνεργάτες (2016) στόχευσαν σε ακαδημαϊκές δεξιότητες ΦΕ όπου δίδαξαν ορολογία Βιολογίας μαθητές με ΝΑ μεταδευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Διάφορες εμπειρικές μελέτες με ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου και εφαρμογές ΕΠ ως προς τους διαφορετικούς τομείς, κοινωνικό, πρακτικό και γνωστικό έχουν διεξαχθεί όπου συμμετείχαν μαθητές με ΝΑ (Chang et al., 2022; Kellum's et al., 2020; Taconet et al., 2023). Για παράδειγμα, οι Bridges και συνεργάτες (2020) χρησιμοποίησαν μια εφαρμογή ΕΠ με ενσωματωμένο βίντεο σε smartphone για δεξιότητες καθημερινής διαβίωσης (π.χ. σιδέρωμα, στρώσιμο κρεβατιού, ρύθμιση ξυπνητηριού) ώστε να βελτιώσει την αυτονομία τριών ατόμων με ΝΑ που συμμετείχαν σε ένα πρόγραμμα μεταδευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Οι ερευνητές ακολούθησαν ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου και η οπτική ανάλυση των αποτελεσμάτων προσδιόρισε την παρέμβαση ως αποτελεσματική και πρακτική σε φυσικά περιβάλλοντα.

Ο αντίκτυπος των τεχνολογιών ΕΠ στις ακαδημαϊκές δεξιότητες των μαθητών έχει μελετηθεί σε λιγότερες εμπειρικές μελέτες. Οι Yakubova και συνεργάτες (2021) συνέθεσαν οκτώ παρεμβάσεις που δημοσιεύθηκαν μεταξύ των ετών 2007 και 2020 που χρησιμοποίησαν ΕΠ για τη διδασκαλία ΦΕ σε μαθητές με ΔΑΦ και ΝΑ. Αξιολογώντας τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού και τα στοιχεία των μελετών, οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι παρεμβάσεις που βασίζονται σε ΕΠ δεν πληρούσαν τα κριτήρια για να ταξινομηθούν ως τεκμηριωμένες πρακτικές για τη διδασκαλία ακαδημαϊκών δεξιοτήτων σε μαθητές με ΔΑΦ και ΝΑ. Οι Gómez-Puerta, Chiner, Melero-Pérez και Lledó (2019) αναθεώρησαν εννέα δημοσιεύσεις στις οποίες συμμετείχαν μαθητές με ΝΑ. Συγκεκριμένα, οι παρεμβάσεις που αναπτύχθηκαν χρησιμοποίησαν στην πλειοψηφία τους φορητές συσκευές ΕΠ και στόχευσαν σε δεξιότητες ακαδημαϊκού περιεχομένου (McMahon, 2016; Ramli & Zaman, 2011), επαγγελματικής κατάρτισης (Chang et al., 2013) και αυτόνομης διαβίωσης. Τα οφέλη που επισημάνθηκαν μέσω των ευρημάτων τους

ήταν η ενίσχυση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, η κινητοποίηση και η ικανοποίηση που έλαβαν οι μαθητές στη διάρκεια των εργασιών, η βοήθεια που έλαβαν ως προς την κατανόηση πληροφοριών, η ενίσχυση του προσανατολισμού και η αύξηση του επιπέδου εμπλοκής. Ομοίως, οι Yenioğlu και συνεργάτες (2021) πραγματοποίησαν μια συστηματική ανασκόπηση για να αναθεωρήσουν μελέτες σχετικά με τις επιπτώσεις της χρήσης ΕΠ για την εκπαίδευση μαθητών με ΕΕΑ. Συγκεκριμένα, οι συγγραφείς εξέτασαν τα ερευνητικά σχέδια αυτών των μελετών, τις ομάδες αναπηρίας όπου εφάρμοσαν ΕΠ, τις δεξιότητες-στόχους, τις αντιλήψεις των εμπλεκομένων για την εφαρμογή ΕΠ και την επίδρασή τους στα μαθησιακά αποτελέσματα.

Ο αποτελεσματικός τρόπος εφαρμογής οποιασδήποτε εφαρμογής ψηφιακών και ιδιαίτερα τεχνολογιών εμπύθισης στην εκπαίδευση συνδέεται με τη χρήση των μοναδικών χαρακτηριστικών της, δηλαδή των τεχνολογικών και των επακόλουθων μαθησιακών τους παροχών, οι οποίες οδηγούν σε κατάλληλες μαθησιακές δραστηριότητες σε ψηφιακά μαθησιακά περιβάλλοντα. Όσον αφορά τους μαθητές με αναπηρία, ο Carreon και οι συνεργάτες του (2020) επεσήμαναν ότι οι μελέτες που αναθεώρησαν στο πεδίο της Ειδικής Εκπαίδευσης χρησιμοποιούν μη εμπυθιζόμενες προσομοιώσεις σε οθόνη και επισημαίνουν ότι «οι καθηλωτικές ιδιότητες της εικονικής πραγματικότητας φαίνεται να ενσωματώνουν περαιτέρω τη διδασκαλία και να προσφέρουν εμπειρίες που υποστηρίζουν την πρακτική και την απόκτηση δεξιοτήτων». Οι Köse και συνεργάτες (2021) εξέτασαν τις ιδιότητες της ΕΠ στην ανάπτυξη περιβαλλόντων εμπύθισης σε 19 μελέτες που δημοσιεύθηκαν μεταξύ των ετών 2013 και 2019 και επεσήμαναν διαστάσεις όπως η αμεσότητα, η παρουσία και η εμπύθιση. Αυτές οι ιδιότητες περιλαμβάνονται μεταξύ των τεχνολογικών και των επακόλουθων μαθησιακών παροχών που υποστηρίζουν το σχεδιασμό αποτελεσματικών εκπαιδευτικών περιβαλλόντων και παρέχουν στοιχεία αλληλεπίδρασης συμμετέχοντα-μέσου (Norman, 2013). Οι Muhaidat και συνεργάτες (2022) πραγματοποίησαν μια δευτερογενή μελέτη όπου εντόπισαν 22 μελέτες τις οποίες αξιολόγησαν ως προς την αποτελεσματικότητα των τεχνολογιών ΕΠ στη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών με ΝΑ. Μεταξύ των ευρημάτων των συγγραφέων ήταν η διευκόλυνση της πρόσβασης των ατόμων με ΝΑ σε γνωστικό περιεχόμενο, η αυξημένη ανεξαρτησία και η πρόσβαση στην ποιότητα ζωής μέσω της πρόσβασης σε πληροφορίες και την ενίσχυσης δεξιοτήτων αυτόνομης διαβίωσης.

Ένα κατάλληλο περιβάλλον εμπύθισης για μάθηση χρειάζεται να λαμβάνει υπόψη κατευθυντήριες γραμμές για το σχεδιασμό των διδακτικών παρεμβάσεων προσαρμοσμένων στην Ειδική Εκπαίδευση, όπως η εμπλοκή, η αναπαράσταση, η δράση



και η έκφραση (AlRawi & AlKahtani, 2021; Rao et al., 2014). Οι τρισδιάστατες οπτικές αναπαραστάσεις συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση των ελλειμμάτων μνήμης και των εμποδίων στην κατανόηση εξαιτίας της διακριτικής ικανότητας μέσω της παρατήρησης ή της προσοχής των αντικειμένων από τους μαθητές με ΝΑ (Adadan, 2013; Stephenson & Limbrick, 2015). Το πλαίσιο Καθολικού Σχεδιασμού για τη Μάθηση (Universal Design for Learning-UDL) καθώς και άλλα σχετικά μοντέλα (Universal Design of Instruction-UDI και Universal Instructional Design-UID) αποτελούν ένα σύνολο κατευθυντήριων γραμμών για το σχεδιασμό των διδακτικών παρεμβάσεων σε περιβάλλοντα συμπερίληψης με στόχο την αναγνώριση της μεταβλητότητας των αναγκών όλων των μαθητών, της διακύμανσης του δυναμικού τους και την ουσιαστική υποστήριξή τους έναντι της υποστήριξης του «μέσου» μαθητή (Rao et al., 2014). Για παράδειγμα, οι δυσκολίες στις εκτελεστικές λειτουργίες αναφέρονται ως περιορισμοί στη μνήμη, την ευελιξία σκέψης και την αυτορρύθμιση, με επιμέρους δυσκολίες στην προσοχή, την οργάνωση, το σχεδιασμό και την ιεράρχηση, την έναρξη εργασιών και τη διατήρηση της συγκέντρωσης (James et al., 2021). Το UID και το UDI προτείνουν οκτώ κατευθυντήριες γραμμές το καθένα, ενώ το UDL παρουσιάζει τρεις αρχές (AlRawi & AlKahtani, 2021). Όλες αυτές οι κατευθυντήριες γραμμές και αρχές των μοντέλων του Καθολικού Σχεδιασμού συνάδουν με τις τρεις διαστάσεις της εμπλοκής, της αναπαράστασης, της δράσης και της έκφρασης (AlRawi & AlKahtani, 2021). Ο Καθολικός Σχεδιασμός αναφέρεται από τους ερευνητές στα σχέδια παρέμβασής τους, αλλά φαίνεται ότι δεν εφαρμόζεται σε συγκεκριμένες μορφές (Rao et al., 2014). Όσον αφορά τα καθηλωτικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα για την Ειδική Εκπαίδευση, η έρευνα δείχνει ότι αυτά τα περιβάλλοντα δεν βασίζονται σε ορισμένες αρχές σχεδιασμού ή δεν κάνουν χρήση των μοναδικών χαρακτηριστικών-παροχών των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται (Carreon et al., 2020; Howard & Davis, 2022).

Λαμβάνοντας υπόψη την έλλειψη οδηγιών για το σχεδιασμό καθηλωτικών εκπαιδευτικών περιβαλλόντων και μαθησιακών δραστηριοτήτων για μαθητές με ΝΑ, σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ένα μοντέλο για τον Σχεδιασμό Μαθησιακών Δραστηριοτήτων Εμβύθισης για Μαθητές με Αναπηρία (Model for the design of Immersive Learning Enactments for Students with Disabilities-MILES-D), το οποίο επικυρώθηκε για μαθητές με ΝΑ (Delimitros et al., 2022). Το συγκεκριμένο μοντέλο αποτελεί ένα θεωρητικό μοντέλο που βασίζεται στην έρευνα που ενσωματώνει τις τεχνολογικές και μαθησιακές παροχές των καθηλωτικών τεχνολογιών εμβύθισης και τις αρχές Καθολικού Σχεδιασμού για τη Μάθηση (Universal Design for Learning-UDL), ώστε να υποστηρίξει την ανάπτυξη τεκμηριωμένων παρεμβάσεων για μαθητές με ΝΑ. Οι

συγγραφείς εξέτασαν τη σχετική βιβλιογραφία μεταξύ 2013 και 2021 και εντόπισαν 14 μελέτες τις οποίες ανέλυσαν με βάση το προτεινόμενο μοντέλο και κατέληξαν ότι οι εκπαιδευτικές παρεμβάσεις μέσω αναδυόμενων τεχνολογιών έχουν θετικό αντίκτυπο στα μαθησιακά αποτελέσματα των δεξιοτήτων πρακτικού τομέα των μαθητών με ΝΑ, παρόλο που οι ερευνητές μελετών που συμπεριλήφθηκαν εφάρμοσαν μόνο ορισμένες από τις προτάσεις του MILES-D.

Οι διαφορετικές ψηφιακές υλοποιήσεις που υποστηρίζουν τη μάθηση μαθητών με ΝΑ εστιάζουν κυρίως σε βασικό λεξιλόγιο και στην κατανόηση περιεχομένου ΦΕ. Επιπλέον, υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για τον εντοπισμό των κατάλληλων ψηφιακών εργαλείων και των παροχών τους σύμφωνα με τις προκλήσεις (ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και ανάγκες) των μαθητών με ΝΑ, καθώς και με την ανάγκη για εκπαίδευση στη Φυσική, η οποία συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας διδασκαλίας και των μαθησιακών επιτευγμάτων των μαθητών ως προς τις έννοιες του γραμματισμού ΦΕ.

Καθώς το πεδίο φαίνεται να παρουσιάζει περιορισμένες πληροφορίες που συνδέονται με το ακαδημαϊκό περιεχόμενο ΦΕ το οποίο υποστηρίζεται από την τεχνολογία ΕΠ και απευθύνεται σε μαθητές με ΝΑ, προκύπτει η ανάγκη σχεδιασμού παρεμβάσεων-τεκμηριωμένων πρακτικών. Σε αυτό το πλαίσιο χρειάζεται να αποσαφηνιστεί ο όρος τεκμηριωμένη πρακτική (evidence-based) για την εκπαίδευση των μαθητών με ΝΑ και να γίνει η περιγραφή των κριτηρίων για την επίτευξή της.

#### **2.4. Τεκμηριωμένες πρακτικές στην Ειδική Εκπαίδευση**

Ένα κρίσιμο ζήτημα στην Ειδική Εκπαίδευση που αφορά την πρόοδο όλων των μαθητών στο πρόγραμμα γενικής εκπαίδευσης αποτελεί η αναζήτηση και ο εντοπισμός αποτελεσματικών διδακτικών πρακτικών με βάση μελέτες υψηλής ποιότητας που χρησιμοποιούν πειραματικά ερευνητικά σχέδια με ισχυρές επιδράσεις στα αποτελέσματα των μαθητών (Cook et al., 2012, 2015; No Child Left Behind-NCLB, 2001, σ. 1; Odom, 2009; Spaulding, 2009; Spooner et al., 2012). Οι Τεκμηριωμένες Πρακτικές (Evidence-Based Practices-EBPs) είναι διδακτικές τεχνικές που πληρούν προδιαγεγραμμένα κριτήρια που σχετίζονται με τον σχεδιασμό, την ποιότητα, την ποσότητα και το μέγεθος της έρευνας υποστήριξης και συμβάλλουν στη γεφύρωση του χάσματος έρευνας και πρακτικής (Cook & Cook, 2011; Cook et al., 2013). Ο όρος τεκμηριωμένες πρακτικές, δηλαδή πρακτικές βασισμένες σε ερευνητικά δεδομένα, προέκυψε για τον εντοπισμό της αποτελεσματικότητας των παρεμβάσεων που χρησιμοποιούν ερευνητικά σχέδια και καθιερώνουν αιτιότητα και επίδειξη σημαντικών

μαθησιακών αποτελεσμάτων (Cook & Cook, 2011). Η Collins και οι συνεργάτες της (2018) πραγματοποίησαν μια αναζήτηση σε βέλτιστες πρακτικές που απευθύνονται σε μαθητές με αναπηρία οι οποίοι ζουν σε επαρχιακές περιοχές και μέσω αυτής της ερευνητικής διαδρομής ενθαρρύνουν την ετοιμότητα των εκπαιδευτικών για την υποδοχή και εφαρμογή τεκμηριωμένων πρακτικών προς όφελος όλων των μαθητών, με έμφαση στο ακαδημαϊκό περιεχόμενο.

#### **2.4.1. Δείκτες ποιότητας**

Το 2003, το Συμβούλιο για το Τμήμα Έρευνας Χαρισματικών Παιδιών (Council for Exceptional Children's Division for Research) μελέτησε την ποιότητα της έρευνας στην Ειδική Εκπαίδευση και προσδιόρισε τέσσερις διαφορετικούς τύπους ερευνητικών σχεδίων που δοκιμάστηκαν σε αυτό το χώρο. Αυτοί οι τύποι βασίστηκαν κυρίως στην περιγραφή των συμμετεχόντων των εμπειρικών μελετών και κατηγοριοποιούνται σε σχέδια πειραματικών ομάδων (experimental group designs), σχέδια ομάδων συσχέτισης (correlational group designs), σχέδια μεμονωμένης (μιας) περίπτωσης ή μεμονωμένου (ενός) ατόμου (single subject designs or single case experimental design) και ποιοτικά σχέδια (qualitative designs), όπως οι μελέτες περίπτωσης (case studies).

Οι ειδικοί πρότειναν ένα πλαίσιο Δεικτών Ποιότητας (Quality Indicators-QI) για κάθε ένα από τα παραπάνω σχέδια με στόχο τον εντοπισμό αποτελεσματικών πρακτικών στην Ειδική Εκπαίδευση, με τους δείκτες να «αντιπροσωπεύουν αυστηρή εφαρμογή της μεθοδολογίας σε θέματα ενδιαφέροντος» (Odom et al., 2005, σ. 141). Το 2016, οι Cook και Cook πρότειναν επίσης τέσσερα διαφορετικά ερευνητικά σχέδια, βασισμένα κυρίως στον σκοπό και τον πληθυσμό της μελέτης, τα οποία ταξινομήθηκαν ως περιγραφικές, σχεσιακές, πειραματικές και ποιοτικές προσεγγίσεις. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο πειραματικός σχεδιασμός περιλαμβάνει τόσο ερευνητικά σχέδια ομάδας όσο και σχέδια μεμονωμένου ατόμου.

Στο πλαίσιο των ανασκοπήσεων της ερευνητικής βιβλιογραφίας, κάθε μελέτη αποτελεί τη μονάδα ανάλυσης για τον προσδιορισμό των επιδράσεων και οι μελέτες ταξινομούνται με θετικές, ουδέτερες/μικτές ή αρνητικές επιδράσεις. Για μελέτες πολλαπλών αποτελεσμάτων λαμβάνονται υπόψη μόνο τα αποτελέσματα που σχετίζονται με τον σκοπό και τους άξονες της ανασκόπησης, δηλαδή όσα πληρούν τα κριτήρια εισδοχής της στοχευμένης περιοχής για την ανάλυση και περιγραφή των αποτελεσμάτων.

Ως προς το ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου (βλ. κεφάλαιο V, σ. 118), αυτό επιτρέπει την επαναλαμβανόμενη και συχνή μέτρηση της μαθησιακής επίδοσης με

αποτέλεσμα τη λειτουργία κάθε συμμετέχοντα ως ατομικό έλεγχο στις δικές του αλλαγές στην πάροδο του χρόνου μέσω της οπτικής ανάλυσης των δεδομένων. Η ποιότητα των μελετών που ακολουθούν το σχέδιο ενός ατόμου καθορίζεται από επτά δείκτες, οι οποίοι περιλαμβάνουν μια σειρά κριτηρίων (Horner et al., 2005). Οι δείκτες ποιότητας αφορούν τους συμμετέχοντες και το πλαίσιο της μελέτης (τρία κριτήρια), τις εξαρτημένες (πέντε κριτήρια) και ανεξάρτητες μεταβλητές (τρία κριτήρια), τη γραμμή βάσης (δύο κριτήρια), τον πειραματικό έλεγχο/εσωτερική εγκυρότητα (τρία κριτήρια), την εξωτερική εγκυρότητα (ένα κριτήριο), και την κοινωνική εγκυρότητα (τέσσερα κριτήρια).

Οι δείκτες ποιότητας για την ομαδική πειραματική και οιονεί πειραματική έρευνα περιλαμβάνουν τέσσερις βασικούς και οκτώ επιθυμητούς δείκτες. Οι βασικοί δείκτες αφορούν την περιγραφή των συμμετεχόντων, το πλαίσιο της παρέμβασης, τα μέτρα έκβασης και την ανάλυση δεδομένων. Οι επιθυμητοί δείκτες αφορούν τα παραπάνω αλλά χρησιμοποιούν διαφορετικά κριτήρια (Gersten et al., 2005). Ο Gersten και οι συνεργάτες του (2005) πρότειναν ότι οι ερευνητικές μελέτες αποδεκτής ποιότητας «θα πρέπει να πληρούν όλους εκτός από έναν από τους βασικούς δείκτες ποιότητας και να επιδεικνύουν τουλάχιστον έναν από τους δείκτες ποιότητας που αναφέρονται ως επιθυμητοί», ενώ η έρευνα υψηλής ποιότητας «θα πρέπει να πληροί όλους εκτός από έναν των βασικών δεικτών ποιότητας και να επιδεικνύουν τουλάχιστον τέσσερις από τους δείκτες ποιότητας που αναφέρονται ως επιθυμητοί» (σσ. 153, 162).

Η ποιοτική έρευνα που αποτελείται από μελέτες περίπτωσης περιλαμβάνει τέσσερις δείκτες ποιότητας. Ο δείκτης συνιστώσας που αφορά τη συνέντευξη αποτελείται από πέντε κριτήρια, ενώ ο δείκτης συνιστώσας για την παρατήρηση περιλαμβάνει έξι, η θεματική ανάλυση καλύπτει τέσσερα και ο δείκτης ανάλυσης δεδομένων αποτελείται από έξι κριτήρια (Brandlinger et al., 2005).

Συγκεντρωτικά, το πλαίσιο των δεικτών ποιότητας των τεσσάρων ερευνητικών σχεδίων περιλαμβάνει δείκτες ποιότητας στους τομείς του πλαισίου της παρέμβασης, των συμμετεχόντων, των παραγόντων της παρέμβασης/ανεξάρτητης μεταβλητής και της περιγραφής της πρακτικής, της πιστότητας της εφαρμογής, της εσωτερικής εγκυρότητας, των μετρήσεων των αποτελεσμάτων/εξαρτημένων μεταβλητών και της ανάλυσης των δεδομένων. Το σύνολο των προτεινόμενων δεικτών προσδιορίζει μεταβολές ανάμεσα στις μελέτες που αφορούν τα διάφορα ερευνητικά σχέδια και η ανάλυσή τους πραγματοποιείται στη συνέχεια.

Οι συνθήκες και το πλαίσιο της παρέμβασης (context and setting) προϋποθέτουν επαρκή λεπτομέρεια στην περιγραφή τους, τα οποία περιλαμβάνουν στοιχεία για τον τύπο του

σχολείου, την τάξη και το πρόγραμμα σπουδών, τη κοινωνική και οικονομική κατάσταση και άλλα στοιχεία που μπορούν να αξιοποιηθούν από άλλους ερευνητές σε μελλοντικό σχεδιασμό κατά την επανάληψη της παρέμβασης. Πρόσθετα, αξιοποιούνται σε δευτερογενείς μελέτες όπως είναι οι τεκμηριωμένες ανασκοπήσεις (evidence-based reviews) για τον καθορισμό των παραμέτρων τους.

Αντίστοιχα, οι μελέτες χρειάζεται να περιγράφουν τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων (participants) για τον προσδιορισμό του πληθυσμού (όπως ο τύπος και το επίπεδο της αναπηρίας) στον οποίο θα μπορούσαν να γενικευτούν τα αποτελέσματα, καθώς και κάποια δημογραφικά στοιχεία των συμμετεχόντων, όπως το φύλο, η ηλικία ή η τάξη, η εθνικότητα, η γλώσσα και η κοινωνική και οικονομική κατάστασή τους.

Ο παράγοντας της παρέμβασης (intervention agent) αποτελεί κρίσιμο χαρακτηριστικό για τη διεξαγωγή της. Με ακρίβεια περιγράφονται παράγοντες όπως ο ρόλος του εκπαιδευτή ή πειραματιστή της παρέμβασης, η προετοιμασία για τη διεξαγωγή της έρευνας ή για τη συμμετοχή στην έρευνα (συγκατάθεση των ατόμων που θα συμμετάσχουν και συναίνεση των γονέων των μαθητών), η εξοικείωση με τον εξοπλισμό (όπως η αξιοποίηση ενός νέου τεχνολογικού εργαλείου) ή η εξάσκηση με κάποιο στάδιο της παρέμβασης που περιλαμβάνει νέο περιεχόμενο ή πλαίσιο και η επίτευξη ενός προκαθορισμένου κριτηρίου (mastery criterion) για την εισαγωγή των συμμετεχόντων στην κύρια παρέμβαση.

Ως προς την περιγραφή της πρακτικής (description of practice) παρέχονται επαρκείς πληροφορίες για την κατανόηση των κρίσιμων χαρακτηριστικών της παρέμβασης, ώστε η πρακτική να είναι μπορεί να αναπαραχθεί. Σε αυτό το πλαίσιο περιγράφονται οι διαδικασίες παρέμβασης, οι δραστηριότητες και το υλικό της (ιδίως αν αυτά δεν θεωρούνται γνωστά), ο αριθμός των συνεδριών ή μαθημάτων, η χρονική διάρκειά τους και η διδακτική προσέγγιση που ακολουθείται καθώς και συμπληρωματικές ενέργειες όπως η ανάλυση έργου ή οι ενισχύσεις. Επισημαίνεται ότι η αναφορά κάθε λεπτομέρειας σχετικά με μια πρακτική δεν είναι ούτε εφικτή ούτε απαιτείται για την τήρηση του δείκτη ποιότητας, ωστόσο ένας κατάλογος με τα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά και τις ενέργειες επιτρέπει την κατανόηση της εφαρμογής των βασικών πτυχών της παρέμβασης, πληρώνοντας τον δείκτη ποιότητας της περιγραφής της πρακτικής.

Η πιστότητα εφαρμογής (implementation fidelity) αφορά την αξιολόγηση των διαδικασιών με αξιοπιστία που επιτυγχάνεται μέσω της παρατήρησης και αναφοράς επιμέρους κρίσιμων στοιχείων, καθώς δε φαίνεται να υπάρχει απόλυτη συμφωνία από τους ερευνητές ως προς ένα συγκεκριμένο επίπεδο αποδοχής της πιστότητας (Harn et

al., 2013). Η μελέτη χρειάζεται να αξιολογεί και να αναφέρει άμεσα και αξιόπιστα μέτρα, όπως η περιγραφή του αριθμού των συνεδριών και της διάρκειάς τους, τα οποία δεδομένα παριστάνονται γραφικά στο ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου. Η αναφορά για την αξιολόγηση της πιστότητας που δεν αιτιολογείται και η έλλειψη χρησιμοποίησης ενός ποσοτικού μέτρου, όπως για παράδειγμα το εκατοστιαίο ποσοστό (%) των στοιχείων που εφαρμόστηκαν στην παρέμβαση θεωρείται ανεπαρκής για την τήρηση των επιμέρους δεικτών. Κατά περίπτωση, η μελέτη αξιολογεί και αναφέρει την πιστότητα υλοποίησης συχνά εντός της παρέμβασης (π.χ. αρχή, μέση, τέλος της περιόδου παρέμβασης) και για κάθε πειραματιστή, κάθε πλαίσιο και κάθε συμμετέχοντα ή άλλη μονάδα της ανάλυσης.

Η εσωτερική εγκυρότητα (internal validity) αναφέρεται στον συστηματικό έλεγχο και τον χειρισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής από τον πειραματιστή. Η μελέτη περιγράφει τις υπηρεσίες που παρέχονται σε συνθήκες ελέγχου και σύγκρισης, όπως το πρόγραμμα σπουδών, ο τρόπος διδασκαλίας και τα στοιχεία όπως είναι η διάρκεια και η συχνότητα καθώς και η αναλογία «μαθητών/εκπαιδευτή». Ο σχεδιασμός της έρευνας παρέχει επαρκή στοιχεία ότι η ανεξάρτητη μεταβλητή προκαλεί αλλαγή στην εξαρτημένη ή τις εξαρτημένες μεταβλητές. Πρόσθετα, η παραμονή των συμμετεχόντων σε όλη τη διάρκεια της παρέμβασης συμβάλλει στην διατήρηση της εσωτερικής εγκυρότητας. Η περιγραφή της ανάθεσης σε ομάδες μπορεί να γίνει τυχαία ή μη τυχαία (όπου οι ομάδες σύγκρισης ταιριάζουν με την ομάδα παρέμβασης μέσω της αντιστοίχισης βαθμολογιών προηγούμενων δοκιμασιών, των δημογραφικών στοιχείων και άλλα στοιχεία ή μέσω της χρήσης τεχνικών για τη μέτρηση των διαφορών ή με βάση ένα τεκμηριωμένο σημείο αποκοπής – ασυνέχειας παλινδρόμησης). Οι έλεγχοι στον σχεδιασμό για κοινές απειλές εσωτερικής εγκυρότητας μπορούν εύλογα να αποκλειστούν (π.χ. η διαφορούμενη χρονική προτεραιότητα, το ιστορικό, η ωρίμανση). Τα κοινά αποδεκτά σχέδια όπως η αντιστροφή (ABAB), η πολλαπλή γραμμή βάσης, το μεταβαλλόμενο κριτήριο και η εναλλασσόμενη παρέμβαση-θεραπεία αντιμετωπίζουν αυτόν τον δείκτη ποιότητας όταν σχεδιάζονται και εκτελούνται σωστά, αν και άλλες προσεγγίσεις μπορούν να γίνουν αποδεκτές εάν οι συγγραφείς της μελέτης αιτιολογήσουν πώς απέκλεισαν εναλλακτικές εξηγήσεις για ευρήματα ή έλεγχο για κοινές απειλές για την εσωτερική εγκυρότητα.

Το κριτήριο των μέτρων αποτελέσματος/εξαρτώμενες μεταβλητές (outcome measures/dependent variables) πληρούται όταν τα αποτελέσματα συνιστούν ή συνδέονται με κάποια βελτίωση ή ένα σημαντικό αποτέλεσμα. Η επίδραση της πρακτικής στα αποτελέσματα της μελέτης προκύπτει από την κατάλληλη εφαρμογή των μέτρων έκβασης. Η περιγραφή του μέτρου και της διαδικασίας χορήγησης και διεξαγωγής του,

καθώς και η παραπομπή σε διαθέσιμες πηγές με επαρκείς λεπτομέρειες, συμβάλλουν στην επαναληψιμότητα της διαδικασίας της μέτρησης. Για την αποφυγή της μεροληψίας αναφοράς των αποτελεσμάτων, απαιτείται η πλήρης περιγραφή των αναλύσεων των ευρημάτων και των αποτελεσμάτων της έκθεσης. Για μελέτες σύγκρισης ομάδων, η μέτρηση των αποτελεσμάτων μέσω των επιλεγμένων δοκιμασιών πρέπει να γίνεται σε συγκεκριμένο χρόνο μετά την παρέμβαση. Ωστόσο, η προγραμματισμένη καθυστέρηση στη χορήγηση της μετα-δοκιμασίας (posttest) μπορεί να θεωρηθεί αποδεκτή εάν σχεδιάζεται σκόπιμα για τη μελέτη μακροπρόθεσμων επιπτώσεων της πρακτικής. Ο καθορισμός της τάσης προϋποθέτει τουλάχιστον τρία σημεία δεδομένων για κάθε φάση σε μια μελέτη ενός ατόμου ώστε να μπορούν να θεωρηθούν μέρος μιας πιθανής επίδειξης πειραματικού αποτελέσματος (Kratochwill et al., 2013). Για την αποδεκτή εσωτερική αξιοπιστία συνιστάται η χρήση τυπικών κριτηρίων, όπως ο συντελεστής αξιοπιστίας βαθμολογίας  $\geq 0,80$ , η εσωτερική συμφωνία μεταξύ των παρατηρητών  $\geq 80\%$  ή ο δείκτης Κάπα (K)  $\geq 60\%$ . Τέλος, η μελέτη αξιολογείται ως προς την παροχή επαρκών στοιχείων εγκυρότητας, όπως αυτή του περιεχομένου ή της κοινωνικής εγκυρότητας.

Ως προς το κριτήριο της ανάλυσης δεδομένων (data analysis), η μελέτη χρειάζεται να αναφέρει το μέγεθος επίδρασης και τη χρησιμοποίηση τεχνικών ανάλυσης δεδομένων κατάλληλων για τη σύγκριση της αλλαγής στην επίδοση ανάλογα με το ερευνητικό σχέδιο και να παραπέμπει αντίστοιχα σε διαθέσιμες πηγές. Στην περίπτωση του σχεδίου ομάδας συγκρίνονται οι αλλαγές στην επίδοση δύο ή περισσότερων ομάδων. Ο σχεδιασμός της γραφικής παράστασης των αποτελεσμάτων επιτρέπει την παρουσίαση των δεδομένων σε όλες τις φάσεις της μελέτης για κάθε μονάδα ανάλυσης, για το άτομο ή την ομάδα ατόμων, ώστε να καταστεί δυνατή η οπτική ανάλυση των δεδομένων-αποτελεσμάτων κατά την αναθεώρηση της μελέτης και ο προσδιορισμός των αποτελεσμάτων της πρακτικής. Τα γραφήματα που απεικονίζουν όλες τις σχετικές εξαρτημένες μεταβλητές σε κάθε τύπου ανάλυση πρέπει να είναι σαφή για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τον πειραματικό έλεγχο (π.χ. κατά την οπτική ανάλυση, εξάγονται τιμές για τον μέσο όρο, το επίπεδο και την τάση, την επικάλυψη δεδομένων και τη συνέπεια των μοτίβων δεδομένων στις διάφορες φάσεις). Η παροχή επαρκών δεδομένων επιτρέπει τον υπολογισμό κατάλληλων μεγεθών επίδρασης της παρέμβασης, όπου χρειάζεται να αναφέρεται τουλάχιστον μία κατάλληλη στατιστική μεγέθους επίδρασης (π.χ. Cohen's d, Hedge's G) ακόμη και αν το αποτέλεσμα δεν είναι στατιστικά σημαντικό.

Με βάση τον σχεδιασμό, την ποσότητα, την ταξινόμηση των αποτελεσμάτων και τον ερευνητικό σχεδιασμό των μεθοδολογικά ορθών μελετών (methodologically sound

studies), οι πρακτικές ταξινομούνται σε μία από τις ακόλουθες κατηγορίες (Πίνακας 2.3.): τις τεκμηριωμένες (evidence-based), τις εν δυνάμει τεκμηριωμένες (potentially evidence-based), με μικτές επιδράσεις (with mixed effects), με ανεπαρκή τεκμηρίωση (insufficient evidence) ή με αρνητικές επιπτώσεις (with negative effects) (Cook et al., 2015; Council for Exceptional Children, 2014a, 2014b). Οι μελέτες-μονάδες ανάλυσης που ταξινομούνται με βάση τις προαναφερόμενες κατηγορίες λαμβάνονται υπόψη όταν α) χρησιμοποιούν σύγκριση μεταξύ ομάδων (π.χ. τυχαιοποιημένα πειράματα, μη τυχαιοποιημένα οιονεί πειράματα, σχεδιασμός ασυνέχειας παλινδρόμησης) ή έρευνα μεμονωμένου ατόμου (π.χ. αντιστροφή, πολλαπλές γραμμές βάσης, αλλαγή κριτηρίου, εναλλασσόμενη παρέμβαση-θεραπεία) σχεδιασμό και β) κατηγοριοποιούνται ως μεθοδολογικά ορθές (Cook et al., 2015).

Πίνακας 2.3. Ταξινομήσεις των μελετών με βάση την τεκμηρίωση και τα κριτήριά τους. (Πηγή: Cook et al., 2015)

<p><b>Τεκμηριωμένη πρακτική:</b></p> <p>(α) Πρέπει να υποστηρίζεται από τουλάχιστον</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• δύο μεθοδολογικά ορθές ομαδικές μελέτες σύγκρισης με τυχαία ανάθεση σε ομάδες, θετικά αποτελέσματα και τουλάχιστον 60 συνολικά συμμετέχοντες σε όλες τις μελέτες,</li> <li>• τέσσερις μεθοδολογικά ορθές μελέτες σύγκρισης ομάδων με μη τυχαία ανάθεση σε ομάδες, θετικά αποτελέσματα και τουλάχιστον 120 συνολικά συμμετέχοντες σε όλες τις μελέτες, ή</li> <li>• πέντε μεθοδολογικά ορθές μελέτες ενός υποκειμένου με θετικά αποτελέσματα και τουλάχιστον 20 συνολικά συμμετέχοντες σε όλες τις μελέτες. Ή</li> </ul> <p>(β) Πληρούν τουλάχιστον το 50% των κριτηρίων για δύο ή περισσότερα από τα σχέδια μελέτης που περιγράφονται στο στοιχείο α). ΚΑΙ</p> <p>(γ) Καμία μεθοδολογικά ορθή μελέτη με αρνητικές επιπτώσεις και τουλάχιστον αναλογία 3:1 μεθοδολογικά ορθών μελετών με θετικά αποτελέσματα προς μεθοδολογικά ορθές μελέτες με ουδέτερα/μικτά αποτελέσματα. Για αυτό το στοιχείο, το Council for Exceptional Children-CEC εξετάζει συλλογικά ομαδικές πειραματικές, μη τυχαίως εκχωρημένες ομαδικές μελέτες και μελέτες ενός ατόμου.</p>
<p><b>Εν δυνάμει τεκμηριωμένη πρακτική:</b></p> <p>(α) Πρέπει να υποστηρίζεται από</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Μία μεθοδολογικά ορθή ομαδική μελέτη σύγκρισης με τυχαία ανάθεση σε ομάδες και θετικά αποτελέσματα.</li> <li>• δύο ή τρεις μεθοδολογικά ορθές μελέτες σύγκρισης ομάδων με μη τυχαία ανάθεση σε ομάδες και θετικά αποτελέσματα. ή</li> <li>• Δύο έως τέσσερις μεθοδολογικά ορθές μελέτες ενός θέματος με θετικά αποτελέσματα. Ή</li> </ul> <p>(β) Πληρούν τουλάχιστον το 50% των κριτηρίων για δύο ή περισσότερα από τα σχέδια μελέτης που περιγράφονται στο στοιχείο α). ΚΑΙ</p> <p>(γ) Δεν έχουν διεξαχθεί μεθοδολογικά ορθές μελέτες με αρνητικές επιπτώσεις και τουλάχιστον αναλογία 2:1 μεθοδολογικά ορθών μελετών με θετικά αποτελέσματα προς μεθοδολογικά ορθές μελέτες με ουδέτερα/μικτά αποτελέσματα. Για αυτό το στοιχείο, εξετάζονται συλλογικά ομαδικές πειραματικές, μη τυχαίως εκχωρημένες ομαδικές μελέτες και μελέτες ενός ατόμου.</p>



**Πρακτική με μικτές επιδράσεις:**

(α) Πρέπει να πληροί το κριτήριο (α) ή (β) για τεκμηριωμένη πρακτική ή εν δυνάμει τεκμηριωμένη πρακτική (σχετικά με τον αριθμό μεθοδολογικά ορθών μελετών με θετικά αποτελέσματα που υποστηρίζουν την πρακτική)· ΚΑΙ

(β) Η αναλογία μεθοδολογικά ορθών μελετών με θετικά αποτελέσματα προς μεθοδολογικά ορθές μελέτες με ουδέτερα/μικτά αποτελέσματα είναι μικρότερη από 2:1. Ή μία ή περισσότερες μεθοδολογικά ορθές μελέτες που διεξήχθησαν με αρνητικά αποτελέσματα, εφόσον οι μεθοδολογικά ορθές μελέτες με αρνητικές επιπτώσεις δεν υπερβαίνουν αριθμητικά τις μεθοδολογικά ορθές μελέτες με θετικά αποτελέσματα.

**Πρακτική με ανεπαρκή τεκμηρίωση:**

Υπάρχει ανεπαρκής έρευνα για να πληρούνται τα κριτήρια για οποιαδήποτε από τις άλλες κατηγορίες που βασίζονται σε τεκμηρίωση.

**Πρακτική με αρνητικά αποτελέσματα:**

(α) Πρέπει να περιλαμβάνει περισσότερες από μία μεθοδολογικά ορθές μελέτες (οποιοδήποτε αποδεκτού σχεδιασμού) που διεξάγονται με αρνητικές επιπτώσεις· ΚΑΙ

(β) Ο αριθμός των μεθοδολογικά ορθών μελετών που διεξήχθησαν με αρνητικές επιπτώσεις υπερτερεί του αριθμού των μεθοδολογικά ορθών μελετών με θετικά αποτελέσματα.

Οι αυστηρές βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις και οι μεταναλύσεις μπορούν να προσφέρουν μια μεθοδολογία τεράστιων δυνατοτήτων για την αξιολόγηση των πρακτικών της Ειδικής Εκπαίδευσης σχετικά με τη λειτουργικότητά τους στα εξατομικευμένα επίπεδα επίδοσης των μαθητών σε τομείς, όπως ο κοινωνικός, ο συμπεριφορικός και ο γνωστικός τομέας (Spaulding, 2009). Στην ανασκόπηση των Hudson, Browder και Wood (2013) εντοπίστηκαν 17 εμπειρικές μελέτες που αξιολογήθηκαν με βάση τους δείκτες ποιότητας που αναφέρονται στο ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου (Horner et al., 2005). Οι μελέτες που πληρούσαν τα κριτήρια με βάση τους αναφερόμενους δείκτες, χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας των παρεμβάσεων, στις οποίες συμμετείχαν μαθητές με ΝΑ που φοιτούσαν στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Τα αντικείμενα διδασκαλίας ήταν ποικίλου περιεχομένου και αναφέρθηκαν τα διάφορα είδη διδακτικών πρακτικών που πραγματοποιήθηκαν. Τα αποτελέσματα της ανασκόπησης επικεντρώθηκαν στην ποιότητα των πειραμάτων μεμονωμένου ατόμου, το βαθμό εναρμονισμού των βαθμολογητών, τα χαρακτηριστικά των ερευνών και τον προσδιορισμό των πρακτικών ως αποτελεσματικές. Τα ευρήματα έδειξαν ότι η χρήση σταθερής χρονικής καθυστέρησης ήταν αποτελεσματική πρακτική στις ενσωματωμένες διδακτικές προσπάθειες για την απόκτηση ακαδημαϊκού περιεχομένου από τους μαθητές με αναπηρία.

Οι τεκμηριωμένες πρακτικές θεωρούνται επαρκείς όταν πραγματοποιούνται σε περιβάλλοντα που προωθούν τη συμπεριληπτική εκπαίδευση, όπως είναι η πρόοδος στο

γενικό πρόγραμμα σπουδών (Agran et al., 2020). Μία προϋπόθεση του Νόμου για τη Βελτίωση της Εκπαίδευσης των Ατόμων με Αναπηρία (Individuals with Disabilities Education Act-IDEA, 2004) είναι η χρήση ειδικά σχεδιασμένων οδηγιών για την υποστήριξή τους, ώστε όλοι οι μαθητές να μπορούν να σημειώσουν πρόοδο στο γενικό πρόγραμμα σπουδών συμμετέχοντας σε λιγότερο περιοριστικά περιβάλλοντα (Yell et al., 2020). Συνεπώς, αναδύεται η ανάγκη σχεδιασμού και διεξαγωγής μελλοντικών μελετών για τον προσδιορισμό του αντίκτυπου των προγραμμάτων για την απόκτηση φυσικού περιεχομένου σε τάξεις γενικής εκπαίδευσης.

Ο Taylor και οι συνεργάτες του (2020) πραγματοποίησαν μια συστηματική ανασκόπηση με σκοπό την ανάλυση της αποτελεσματικότητας των ερευνητικών σχεδίων μεμονωμένου ατόμου για τη διδασκαλία των ΦΕ και της σχετικής εκπαιδευτικής υποστήριξης των μαθητών με ΝΑ. Οι ερευνητές κατέγραψαν τα χαρακτηριστικά κάθε μελέτης, των συμμετεχόντων, τα αποτελέσματα κάθε παρέμβασης και τις επιπτώσεις της έρευνας για την εκπαίδευσης ΦΕ μαθητών με ΝΑ. Παρόλο που η διδασκαλία ΦΕ μέσω διερεύνησης είναι η προτιμώμενη μέθοδος για τη διδασκαλία μαθητών χωρίς αναπηρία (Taylor et al., 2020), τα άτομα με ΝΑ διδάσκονταν κυρίως με σαφείς και συστηματικές οδηγίες. Εντοπίζεται ένα ερευνητικό κενό ως προς την εξέταση της αποτελεσματικότητας της εφαρμογής προσεγγίσεων διερευνητικής μάθησης σε σύγκριση με τις σαφείς και συστηματικές προσεγγίσεις.

## **2.5. Ερευνητικό κενό**

Η έρευνα στην Ειδική Εκπαίδευση επισημαίνει τη συμβολή της ΨΤ ως μέσο ενίσχυσης της μαθησιακής εμπλοκής και ενδυνάμωσης των μαθητών για την ολοκλήρωση των μαθησιακών δραστηριοτήτων. Ενθαρρύνεται η προσαρμογή των διδακτικών προσεγγίσεων και η αξιοποίηση τεχνολογικών εργαλείων τα οποία βοηθούν στη μάθηση των μαθητών με αναπηρία ή/και με ΕΕΑ (Barton et al. 2017; Cumming et al., 2017; Stephenson & Limbrick, 2015). Σύμφωνα με τους de Jong, Sotiriou, και Gillet (2014), η εξέλιξη της τεχνολογίας αυξάνει σημαντικά την επιτυχή εφαρμογή της διερεύνησης στην απόκτηση περιεχομένου Φυσικής. Συγκεκριμένα ερευνητικά δεδομένα αναφέρουν ότι η διδασκαλία της Φυσικής μέσω διερεύνησης στο εργαστήριο παρέχει κίνητρα και φυσική αλληλεπίδραση, ωστόσο η χρήση της ΨΤ φαίνεται να βελτιώνει ακόμη περισσότερο τα μαθησιακά αποτελέσματα της συγκεκριμένης προσέγγισης (Becker et al., 2020; Caynavaz et al., 2020; de Jong, 2019; Zacharia et al., 2015). Οι προσομοιώσεις και η μοντελοποίηση ενός φαινομένου καλούν τους μαθητές να μεταβάλλουν μεταβλητές, να παρατηρούν μεταβολές και να (ξανα)ανακαλύψουν τις έννοιες και τις μεταξύ τους σχέσεις.

Η έκθεση της UNESCO (West & Vosloo, 2013) έδειξε ότι οι φορητές τεχνολογίες παρέχουν περαιτέρω ευκαιρίες για την υποστήριξη διαφόρων επιπέδων διερεύνησης διευκολύνοντας την περιέργεια και τα κίνητρα των μαθητών μέσω της συμμετοχής και των εμπειριών τους, καθιστώντας τους ίδιους τους μαθητές υπεύθυνους για την εκτέλεση ενεργειών και τη λήψη αποφάσεων σε ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων. Οι δραστηριότητες με φορητές τεχνολογίες μπορούν επίσης να υποστηρίξουν περισσότερες επαυξημένες εμπειρίες των μαθητών στο μαθησιακό περιβάλλον τους. Στη μελέτη τους ο Munnerley και οι συνεργάτες του (2012, σ. 39) υποστηρίζουν ότι «η ΕΠ προσφέρει μια εγγενώς μαθητοκεντρική προσέγγιση στο σχεδιασμό προγραμμάτων σπουδών και μαθησιακών δραστηριοτήτων, χωρίς να απαιτούνται αυστηρά δομημένες αλληλουχίες μάθησης, που ακολουθούνται ταυτόχρονα με την ίδια σειρά από όλους τους μαθητές». Τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης των Suárez και συνεργατών (2018), ανέδειξαν την επαυξημένη εμπειρία (augmented experience) και την εμπειρία εμβύθισης (immersive experience) ως τις πιο συνηθισμένες διερευνητικές δραστηριότητες μέσω φορητών συσκευών. Η πρόσφατη ανασκόπηση των Gopalan, Bakar και Zulkifli (2023) συμπεριέλαβε 90 πρωτογενείς μελέτες τις οποίες ανέλυσε και τελικά χαρακτήρισε ως προκαταρκτικές (π.χ. η μελέτη των Wyss et al., 2021) για την αξιολόγηση της χρηστικότητας της ΕΠ και την εφαρμογή της παρέμβασης, μη θεωρώντας ως κρίσιμο παράγοντα επιτυχίας την ΕΠ σε περιβάλλον μάθησης ΦΕ. Αυτό υπογραμμίζεται από τους Akçayir και Akçayir (2017), οι οποίοι τόνισαν ότι υπάρχει έλλειψη κατευθυντήριων γραμμών και ολιστικών μοντέλων για την ανάπτυξη μιας αποτελεσματικής εμπειρικής μελέτης ΕΠ στον τομέα μάθησης των ΦΕ. Οι Stavroussi και Karagiannidis (2020) τονίζουν την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα σχετικά με την ενσωμάτωση της τεχνολογίας με βάση τις αρχές του καθολικού σχεδιασμού, την ανάπτυξη παρεμβάσεων σε περιβάλλοντα συμπερίληψης και τις διευκολύνσεις που παρέχει η ΨΤ για την ενίσχυση της ενεργητικής μάθησης και της εμπλοκής των μαθητών με ΝΑ στο ακαδημαϊκό περιεχόμενο.

Στο πλαίσιο της περιγραφής των τεκμηριωμένων παρεμβάσεων για την Ειδική Εκπαίδευση και της θεώρησης των δεικτών ποιότητας για τα διαφορετικά ερευνητικά σχέδια, οι Gersten και Edyburn (2007) εισήγαγαν ένα σύνολο δεικτών ποιότητας που περιλαμβάνει τη χρήση της ΨΤ. Διάφορες περιπτώσεις τεχνολογίας αναφέρονται σε οκτώ τομείς από τους 30 προτεινόμενους δείκτες ποιότητας και κυρίως αφορούν την «αποτελεσματικότητα μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας», καθώς και τον «διδακτικό σχεδιασμό της τεχνολογικής παρέμβασης» (Gersten & Edyburn, 2007, σ. 6). Αυτή η έκθεση υποδηλώνει τη χρήση των μοναδικών χαρακτηριστικών μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας που χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό εκπαιδευτικών παρεμβάσεων. Η

«αποτελεσματικότητα μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας» συνεπάγεται τα οικονομικά και μαθησιακά αντίστοιχα οφέλη της τεχνολογίας η οποία αξιοποιείται σε μια παρέμβαση.

Με βάση την επισκόπηση της προηγούμενης βιβλιογραφίας, οι μελέτες που χρησιμοποιούν ΨΤ στην εκπαίδευση των ΦΕ για μαθητές με αναπηρία σε συνδυασμό με την ανάγκη μελέτης των παροχών της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας, θέτουν τον προβληματισμό για την ορθή χρήση της ΨΤ, με έμφαση την ΕΠ, σε πλαίσιο διερευνητικής μάθησης. Αυτό σε συνδυασμό με τη μεθοδολογία που ακολουθείται στο πλαίσιο της Ειδικής Εκπαίδευσης για μια τεκμηριωμένη πρακτική οδηγεί στην επόμενη συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση.

## Κεφάλαιο III: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται η συστηματική ανασκόπηση (systematic review) της ερευνητικής βιβλιογραφίας σχετικά με τις παρεμβάσεις ΦΕ μέσω της ΨΤ για μαθητές με αναπηρία για τα έτη 2013 έως 2021 (Higgins et al., 2011, 2022).

### 3.1. Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Η ανασκόπηση έχει σκοπό να αποκαλύψει τη συμβολή της ΨΤ στην εκπαίδευση των ΦΕ για τους μαθητές με αναπηρία. Αρχικά, επισημαίνεται η ανάγκη για εκπαίδευση των μαθητών με αναπηρία στις ΦΕ (Roth & Lee, 2004). Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η αξιολόγηση της συμβολής της ΨΤ στην απόκτηση ακαδημαϊκών δεξιοτήτων των μαθητών με αναπηρία. Τέλος, αξιολογείται ο ρόλος της ΨΤ σε παρεμβάσεις ΦΕ που επιδεικνύουν επιστημονικά τεκμηριωμένες πρακτικές (evidence-based practices).

Τα ερευνητικά ερωτήματα της συστηματικής ανασκόπησης είναι:

1. Ποιο είναι το εκπαιδευτικό πλαίσιο διδασκαλίας ΦΕ μέσω ΨΤ σε μαθητές με αναπηρία;
2. Ποια είναι τα αντίστοιχα μαθησιακά αποτελέσματα από τη διδασκαλία ΦΕ μέσω ΨΤ;
3. Ποια είναι η ποιότητα της έρευνας για την εκπαίδευση ΦΕ μέσω ΨΤ για τους μαθητές;

### 3.2. Μέθοδος

#### 3.2.1 Βάσεις δεδομένων

Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στις ακόλουθες ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων: ERIC, SCOPUS, ScienceDirect και στη μηχανή αναζήτησης Google Scholar με τις ακόλουθες λέξεις-κλειδιά και τους συνδυασμούς τους: ("intellectual disability" OR autism OR ASD OR "learning disabilities" OR ADHD) AND (intervention OR instruction OR teaching OR learning) AND (science OR physics OR chemistry OR biology OR environment OR geology OR geography) AND (technology OR computer OR digital).

#### 3.2.2 Κριτήρια εισδοχής (inclusion criteria)

1. Συμπεριλαμβάνονται οι εξής τύποι αναπηρίας ή/και ΕΕΑ: Νοητική Αναπηρία (ΝΑ), Διαταραχή Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ), Μαθησιακές Δυσκολίες (ΜΔ) και Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής και Υπερκινητικότητας (ΔΕΠΥ).
2. Κάθε μελέτη θα πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον έναν μαθητή που έχει διαγνωστεί με αναπηρία και φοιτά στην πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια, ή μεταδευτεροβάθμια εκπαίδευση.
3. Η μελέτη θα πρέπει να είναι εκπαιδευτική παρέμβαση με τη χρήση ΨΤ για τη διδασκαλία περιεχομένου ΦΕ.

4. Οι επιλεγμένες μελέτες θα πρέπει να είναι εμπειρικές και να έχουν δημοσιευτεί σε έγκριτα περιοδικά στην αγγλική γλώσσα, μεταξύ των ετών 2013 και 2021. Το έτος 2013 επελέγη ως το έτος που το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας (National Research Council) συμπεριέλαβε τον γραμματισμό στις ΦΕ για μαθητές με αναπηρία μεταξύ των «Επιστημονικών Προτύπων Επόμενης Γενιάς» (2013). Επιπροσθέτως, το Διαγνωστικό και Στατιστικό Εγχειρίδιο Ψυχικών Διαταραχών της Αμερικανικής Ψυχιατρικής Εταιρείας (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders–DSM 5, American Psychiatric Association–APA, 2013) δημοσιεύτηκε το έτος 2013, με τους πιο πρόσφατους ορισμούς και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε αναπηρίας. Ο όρος «νοητική αναπηρία–intellectual disability» καθιερώθηκε το 2013 στο DSM-5 αντικαθιστώντας τους όρους «νοητική υστέρηση – mental retardation» ή «γνωστική διαταραχή – cognitive disorder». Επιπλέον, ο όρος «αυτιστική διαταραχή – autistic disorder» αντικαταστάθηκε από τη «διαταραχή αυτιστικού φάσματος – autism spectrum disorder». Οι νέοι όροι ευθυγραμμίζονται με τη Διεθνή Ταξινόμηση Νοσημάτων του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (International Classification of Diseases–ICD) και άλλους οργανισμούς για την αναπηρία, όπως η «Αμερικανική Ένωση για τις Νοητικές και Αναπτυξιακές Αναπηρίες» (American Association on Intellectual and Developmental Disabilities–AAIDD). Επίσης, η έκθεση του «Ορίζοντα Κοινοπραξίας Νέων Μέσων» (New Media Consortium Horizon) του 2012 τόνισε ότι οι αναδυόμενες τεχνολογίες και η ΕΠ θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην εκπαίδευση (Johnson et al. 2012). Επιπλέον, ο Arici και οι συνεργάτες του (2019) στην ανασκόπησή τους δήλωσαν ότι από το 2012 η χρήση τεχνολογιών όπως η ΕΠ έχει αρχίσει να παρουσιάζει θετικό αντίκτυπο στην εκπαίδευση, με έμφαση τις ΦΕ συμπεριλαμβανομένης της Ειδικής Εκπαίδευσης.

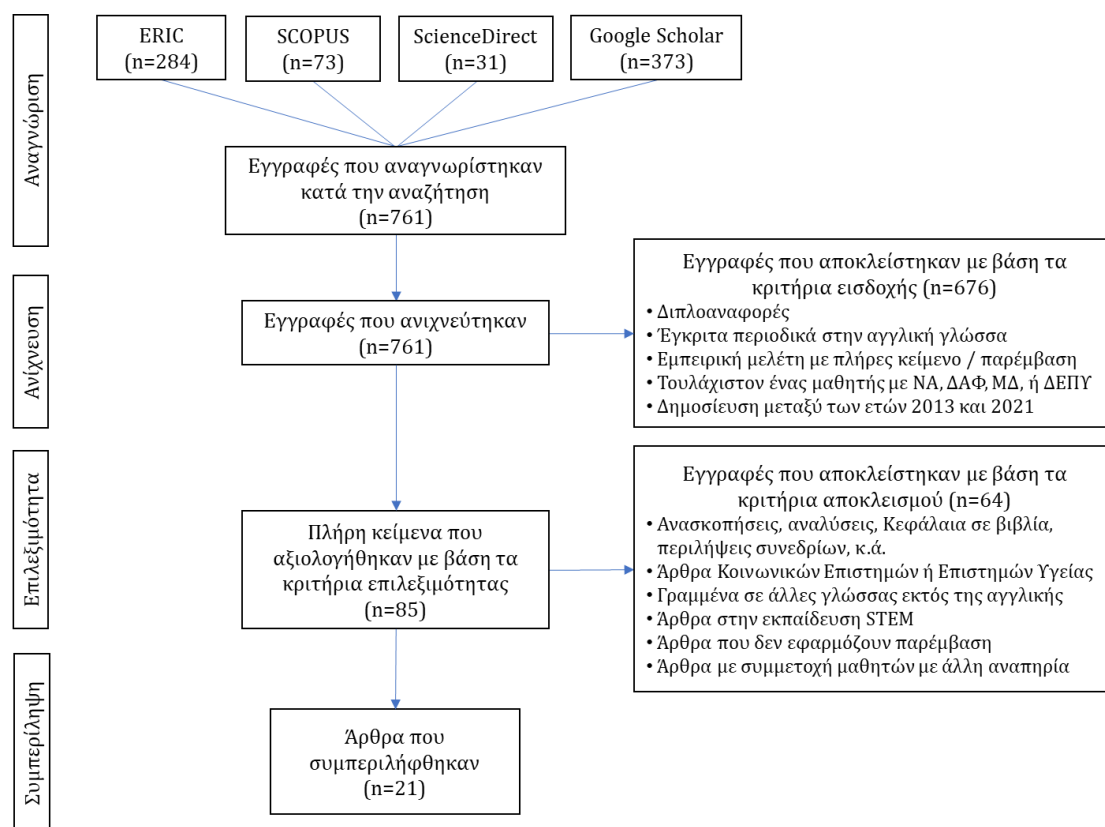
### **3.2.3 Κριτήρια αποκλεισμού (exclusion criteria)**

1. Μελέτες που αφορούν μαθητές με αισθητηριακές αναπηρίες, κινητικές αναπηρίες ή διαταραχές επικοινωνίας ή συμπεριφοράς. Δόθηκε έμφαση στις νευροαναπτυξιακές αναπηρίες σύμφωνα με το DSM-5, οι οποίες περιλαμβάνουν ελλείμματα που επηρεάζουν τη λειτουργικότητα του ατόμου και εμφανίζονται στην αναπτυξιακή περίοδο (American Psychiatry Association, 2013; Harris, 2014).
2. Ερευνητικές εργασίες που δεν γράφτηκαν στην αγγλική γλώσσα.
3. Δημοσιευμένες ερευνητικές εργασίες χωρίς διαδικασία αξιολόγησης από κριτές.
4. Δημοσιευμένες εργασίες εκτός από άρθρα περιοδικών.

### **3.2.4 Επιλογή (selection)**

Οι αναζητήσεις στις ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων ERIC, SCOPUS, ScienceDirect και τη μηχανή αναζήτησης Google Scholar επέστρεψαν συνολικά 761 εγγραφές, από τις οποίες

αφαιρέθηκαν οι διπλοεγγραφές. Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν οι τίτλοι και οι περιλήψεις των 761 εγγραφών για τον προσδιορισμό του τελικού αριθμού των επιλέξιμων εργασιών. Μελέτες που περιλάμβαναν τον όρο «science» αλλά αναφέρονταν είτε στην Υγεία (Health Science) είτε στις Κοινωνικές Επιστήμες (Social Sciences) αποκλείστηκαν. Εγγραφές που ήταν εκτός από άρθρα περιοδικών, όπως κεφάλαια βιβλίων, πρακτικά συνεδρίων ή περιλήψεις εξαιρέθηκαν χειροκίνητα από τις επιλεγμένες βάσεις δεδομένων που δεν ανταποκρίνονταν στο κατάλληλο φίλτρο. Μετά την παραπάνω διαδικασία, εντοπίστηκαν 85 άρθρα σε περιοδικά, για τα οποία ακολουθήθηκε η διαδικασία επιλεξιμότητας μέσω κριτηρίων εισδοχής και αποκλεισμού. Εξετάστηκε το πλήρες κείμενο των 85 εγγραφών για τον καθορισμό της καταλληλότητάς τους για συμπερίληψη. Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στις λίστες αναφορών των ανασκοπήσεων, παρόλο που αυτές αφαιρέθηκαν, καθώς και στις βιβλιογραφικές αναφορές των 85 εγγραφών για κατάλληλα άρθρα. Τα άρθρα για την εκπαίδευση STEM εξαιρέθηκαν, επειδή η νέα προσέγγιση STEM δεν δίνει έμφαση στους κλάδους που εμπλέκονται, αλλά συνδυάζει γνώσεις και δεξιότητες για την επίλυση πραγματικών προβλημάτων (Cavalcanti & Mohr-Schroeder, 2019; Thibaut et al., 2018). Εξαιρέθηκαν επίσης εργασίες που δεν αφορούσαν εμπειρική μελέτη. Με βάση την αυστηρή διαδικασία επιλογής, η οποία απεικονίζεται στο διάγραμμα ροής Prisma Flowchart της Εικόνας 3.1. έγιναν δεκτές συνολικά 21 μελέτες (Moher et al., 2009, 2015).



Εικόνα 3.1. Το διάγραμμα ροής της συστηματικής ανασκόπησης.

### 3.3. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σύμφωνα με τον τύπο του ερευνητικού σχεδίου των 21 εμπειρικών μελετών που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση. Δεκαεννέα (19) από τις μελέτες που εξετάστηκαν ήταν ποσοτικές (10 ερευνητικά σχέδια μεμονωμένου ατόμου και 9 σχέδια ομάδας) και δύο (2) ήταν ποιοτικές (μελέτες περίπτωσης).

#### 3.3.1. Ποσοτικές μελέτες – σχέδια μεμονωμένου ατόμου

Ο Πίνακας 3.1. παρουσιάζει τα 10 ερευνητικά σχέδια μεμονωμένου ατόμου (single case research design), τα οποία μέσω της οπτικής ανάλυσης των γραφημάτων των συμμετεχόντων παρέχουν ποσοτικά αποτελέσματα. Κάθε μελέτη καλύπτει τουλάχιστον δύο φάσεις: τη γραμμική βάση και την παρέμβαση. Όλες οι μελέτες εμφανίζουν λειτουργική σχέση μεταξύ των εξαρτημένων και των ανεξάρτητων μεταβλητών (π.χ. η βελτίωση των βασικών ακαδημαϊκών δεξιοτήτων των μαθητών στις ΦΕ). Οι μεταβλητές συσχετίζονται και υπάρχει αιτιότητα. Η οπτική ανάλυση των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει την ερμηνεία της επίδοσης, της τάσης και της μεταβλητότητας κατά την έναρξη και στην παρέμβαση, της αμεσότητας της παρέμβασης, των επικαλυπτόμενων σημείων των δεδομένων και των μεταβολών στην εξαρτημένη μεταβλητή.

Πίνακας 3.1. Μελέτες με ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου.

Μελέτη	Συμμετέχοντες / Πλαίσιο της παρέμβασης	Τύπος αναπηρίας	Τεχνολογία	Ακαδημαϊκό περιεχόμενο	Αποτελέσματα / Ευρήματα
McKissick et al. (2013)	n=3 (9-10 ετών) Ειδική τάξη	ΔΑΦ	CAI πολυμέσα	Γεωγραφία: χάρτες σύμβολα χαρτών	Χαμηλή λειτουργική σχέση. Άμεση θετική αλλαγή. Θετικές στάσεις. Λειτουργική
Smith et al. (2013)	n=3 (11-12 ετών) Ειδική τάξη	ΔΑΦ	CAI πολυμέσα	Βιολογία: φυτικά κύτταρα	σχέση. Θετικές στάσεις.
Knight et al. (2015)	n=4 (11-14 ετών) Ειδική τάξη	ΔΑΦ/NA	Ψηφιακό κειμένο	Βιολογία: αμφίβια, ερπετά	Υψηλή βαθμολογία. Θετικές στάσεις



Μελέτη	Συμμετέχοντες / Πλαίσιο της παρέμβασης	Τύπος αναπηρίας	Τεχνολογία	Ακαδημαϊκό περιεχόμενο	Αποτελέσματα / Ευρήματα
Ciullo et al. (2015)	n=4 (τάξη 4-5) Ειδική τάξη	ΜΔ, ΝΑ	Εννοιολογικοί χάρτες/ οργανωτές γραφικών	Βιολογία: υγεία, φάλαινες	Θετικά μαθησιακά αποτελέσματα. Θετικές στάσεις.
McMahon et al. (2016)	n=4 (19-25 ετών) Εργαστήριο Η/Υ	ΔΑΦ/ΝΑ	ΕΠ, πολυμέσα	Βιολογία: κύτταρα και όργανα	Θετικά μαθησιακά αποτελέσματα. Θετικές στάσεις.
Knight et al. (2017)	n=4 (18-21 ετών) Ειδική τάξη	Ελαφρά ΝΑ	Ψηφιακό κείμενο	Φυσική: 1 <sup>ος</sup> Ν. Νεύτωνα	Οι μαθητές θεώρησαν την παρέμβαση εύκολη.
Knight et al. (2018)	n=3 (7-11 ετών) Γενική τάξη	ΔΑΦ/ ΝΑ	Ενίσχυση μέσω βίντεο	φυτά, νερό οργανισμοί, έργο, άπωση και έλξη, στερεό, υγρό, αέριο	Σημαντική μεταβολή στην επίδοση.
Polat et al. (2019)	n=3 (12-13 ετών) Ειδική τάξη	ΕΜΔ	Εφαρμογές μέσω απτικών συσκευών	Βιολογία: ζωικά και φυτικά κύτταρα	Θετικά μαθησιακά αποτελέσματα. Θετικές στάσεις.
Wood et al. (2020)	n=3 (9-11 ετών) Αυτόνομη τάξη	ελαφρά ΝΑ	Ψηφιακό κείμενο: δημιουργία ερωτήσεων σε οργανωτή γραφικών	Οικοσυστήματα, καιρός, ανθρώπινο σώμα, ορμηκτά, ενέργεια και κίνηση, ιδιότητες της ύλης	Λειτουργική σχέση. Θετικές στάσεις.

Σημείωση: CAI=Computer Assisted Instruction, ΕΕΑ = Ειδικές Εκπαιδευτικές Ανάγκες, ΕΜΔ=Ειδικές Μαθησιακές Δυσκολίες. Τα περιβάλλοντα μάθησης στην Ειδική Εκπαίδευση κατηγοριοποιούνται σε γενική τάξη, τάξη πόρων ή ειδική τάξη, σχολείο, σπίτι και άλλο πλαίσιο.

### 3.3.1.1 Συμμετέχοντες και τύποι αναπηρίας

Στις 10 μελέτες μεμονωμένου ατόμου υπήρχαν τρεις έως τέσσερις συμμετέχοντες, σε συμφωνία με το εύρος τριών έως οκτώ συμμετεχόντων που προτείνουν οι Horner και συνεργάτες (Horner et al., 2005). Οι τύποι αναπηρίας αφορούσαν ΔΑΦ, ΝΑ, ΔΑΦ/ΝΑ

(ΔΑΦ με συνοδή ΝΑ). Μία από τις μελέτες συμπεριέλαβε μαθητές με ΜΔ (Ciullo et al., 2015) και μια άλλη μαθητές με ΕΜΔ (Polat et al., 2019), ενώ δεν εντοπίστηκαν μελέτες που να αφορούσαν μαθητές με ΔΕΠΥ.

### **3.3.1.2 Ψηφιακή τεχνολογία**

Έξι μελέτες χρησιμοποίησαν πολυμέσα στις παρεμβάσεις τους, τα οποία γενικά αναφέρονται σε ενσωματωμένες εφαρμογές λογισμικού που παρουσιάζουν πληροφορίες σε πολλαπλές μορφές όπως κείμενο, γραφικά, κινούμενα σχέδια, ήχο και βίντεο. Τα πολυμέσα ως εκπαιδευτικά μηνύματα είναι «παρουσιάσεις που περιλαμβάνουν λέξεις (όπως προφορικό ή έντυπο κείμενο) και εικόνες (όπως κινούμενα σχέδια, βίντεο, εικονογραφήσεις και φωτογραφίες) στις οποίες ο στόχος είναι η προώθηση της μάθησης» (Mayer, 2002, σ. 56).

Τρεις μελέτες χρησιμοποίησαν διδασκαλία μέσω Η/Υ (CAI) που παραδόθηκε ως εφαρμογή πολυμέσων. Οι McKissick και συνεργάτες συνδύασαν στοιχεία πολυμέσων με υπερσυνδέσμους για να προωθήσουν τις διαφάνειες στην πρώτη τους μελέτη (2013), αλλά όχι στη δεύτερη (2018). Η τρίτη παρέμβαση CAI (Smith et al., 2013) δεν χρησιμοποίησε υπερσυνδέσμους λόγω του εργαλείου λογισμικού που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του περιεχομένου πολυμέσων. Δύο άλλες μελέτες (Knight et al., 2015, 2017) χρησιμοποίησαν πολυμέσα με υπερσυνδέσμους για να παρουσιάσουν τους ορισμούς του λεξιλογίου με τη μορφή ηλεκτρονικού κειμένου. Οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν ορισμένα χαρακτηριστικά που συνιστώνται σε συγκεκριμένες «οδηγίες σχεδιασμού λογισμικού για τη δημιουργία εξατομικευμένων CAI για μαθητές με ΔΑΦ» για να αναπτύξουν το υλικό τους. Στην πρώτη πιλοτική μελέτη τους, οι συγγραφείς διερεύνησαν τη χρήση του εργαλείου ελεύθερου λογισμικού Book Builder™ (BB) για τη δημιουργία ψηφιακών βιβλίων σύμφωνα με τις ατομικές ανάγκες των μαθητών. Ο σκοπός της πιλοτικής μελέτης ήταν να αξιολογήσει τη σκοπιμότητα του BB (πιστότητα και ικανοποίηση των ενδιαφερόμενων μερών) και την τεκμηρίωση της ιδέας χρησιμοποιώντας διαφορετικές εκδόσεις του ηλεκτρονικού κειμένου. Οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν το BB ως πλατφόρμα πολυμέσων με δυνατότητες κειμένου σε ομιλία. Το 2017, η Knight και οι συνεργάτες της χρησιμοποίησαν το BB™ για να δημιουργήσουν ηλεκτρονικό κείμενο ώστε να διδάξουν κατανόηση ΦΕ σε τέσσερις μαθητές με ελαφρά ΝΑ. Αυτές οι πέντε μελέτες (Knight et al., 2015, 2017; McKissick et al., 2013, 2018; Smith et al., 2013) χρησιμοποίησαν πολυμέσα, αλλά δεν αναφέρθηκαν στη γνωστική θεωρία του Mayer για τη μάθηση πολυμέσων ώστε να αιτιολογήσουν τη χρήση αυτού του είδους υλικού σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα (2001, 2002).

Τρία ερευνητικά σχέδια μεμονωμένου ατόμου χρησιμοποίησαν επίσης στοιχεία πολυμέσων ακολουθώντας διαφορετικό πλαίσιο (Knight et al., 2018; McMahon et al., 2016; Wood et al., 2020). Ο McMahon και οι συνεργάτες του (2016) χρησιμοποίησαν περιεχόμενο πολυμέσων με τη μορφή μιας εφαρμογής δεικτών ΕΠ για φορητές συσκευές. Οι επαυξημένες ψηφιακές πληροφορίες περιλάμβαναν αφήγηση, εικόνες και βίντεο. Οι συγγραφείς αιτιολόγησαν τη χρήση της ΕΠ ως τεχνολογία που εφαρμόζει τις αρχές του Καθολικού Σχεδιασμού για τη Μάθηση (Universal Design for Learning–UDL) (McMahon et al., 2016, σ. 40). Αν και οι συγγραφείς αναφέρθηκαν στη γνωστική θεωρία του Mayer για τη μάθηση πολυμέσων, δεν υπήρχε συγκεκριμένη αναφορά στη χρήση σημαντικών πολλαπλών αναπαραστάσεων στο εκπαιδευτικό τους υλικό. Οι Knight και συνεργάτες (2018) μελέτησαν τη συμβολή της προτροπής βίντεο στη διδασκαλία ακαδημαϊκών δεξιοτήτων σε τρεις μαθητές δημοτικού με ΔΑΦ και ΝΑ. Οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν την προτροπή μέσω βίντεο για να διδάξουν και να αξιολογήσουν ορισμένες εργασίες. Οι Wood και συνεργάτες (2020) χρησιμοποίησαν ηλεκτρονικά κείμενα ως βάση για να διερευνήσουν αν τρεις μαθητές με ελαφρά ΝΑ ήταν σε θέση να διατυπώνουν ερωτήσεις σχετικά με ηλεκτρονικά κείμενα των ΦΕ και να τις απαντούν.

Ο Ciullo και οι συνεργάτες του (2015) χρησιμοποίησαν εννοιολογικούς χάρτες ως οργανωτές γραφικών για να αξιολογήσουν την απόκτηση και την κατανόηση περιεχομένου ΦΕ σε τρεις μαθητές με ΜΔ και έναν με ΝΑ. Οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν τους εννοιολογικούς χάρτες ως γνωστικά εργαλεία ώστε οι μαθητές να συμπληρώσουν τα κενά σε αυτούς. Ένας λόγος για την επιλογή των εννοιολογικών χαρτών ήταν επειδή είναι «ένα πρακτικό εργαλείο για τη σύζευξη με κείμενο περιοχής περιεχομένου δεδομένης της διακύμανσης των θεμάτων» (Ciullo et al., 2015, σ. 120).

Η Polat και οι συνεργάτες της (2019) συνδύασαν φυσικά αντικείμενα με μια ψηφιακή εφαρμογή για κινητά για να υποστηρίξουν τη μάθηση σε τρεις μαθητές με ΕΜΔ και να φέρουν τους χρήστες «ένα βήμα πιο κοντά στον πραγματικό κόσμο» (Polat et al., 2019, σ. 96).

### **3.3.1.3 Ακαδημαϊκό περιεχόμενο, εκπαιδευτικός σχεδιασμός και ευρήματα**

Το ακαδημαϊκό περιεχόμενο σε οκτώ από τις 10 μελέτες ερευνητικού σχεδίου μεμονωμένου ατόμου ήταν η Βιολογία. Όπως δείχνει ο Πίνακας 3.1., πέντε μελέτες εξέτασαν διάφορες κατηγορίες ζώων (αμφίβια και ερπετά, φάλαινες, αμοιβάδα) και οικοσυστήματα ζώων (Knight et al., 2018; Wood et al., 2020). Το περιεχόμενο σε τέσσερις μελέτες επικεντρώθηκε στις δομικές και βιολογικές μονάδες των οργανισμών, όπως τα ζωικά και φυτικά κύτταρα και τα όργανα.

Δύο μελέτες ασχολήθηκαν με τη Γεωγραφία. Οι McKissick και συνεργάτες (2013) διερεύνησαν την επίδοση των μαθητών σε χάρτες και σύμβολα χαρτών. Αν και οι συγγραφείς ορίζουν τη Γεωγραφία ως κοινωνική μελέτη, οι δύο εργασίες συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση (Knight et al., 2018) καθώς η «Διεθνής Πρότυπη Ταξινόμηση της Εκπαίδευσης» (International Standard Classification of Education, 2015), εντάσσει τη Γεωγραφία στις ΦΕ.

Μια από τις μελέτες μεμονωμένου ατόμου αναφέρθηκε στη Φυσική (Knight et al., 2017). Η Knight και οι συνεργάτες της (2017) χρησιμοποίησαν ψηφιακό κείμενο για να διδάξουν την έννοια της δύναμης και τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα σε μαθητές γυμνασίου με ελαφρά ΝΑ. Οι συγγραφείς παρουσίασαν την έννοια της δύναμης ως την αιτία που τα αντικείμενα αλλάζουν ταχύτητα ή κατεύθυνση. Στη μελέτη τους έδειξαν ένα κορίτσι που σπρώχνει ή τραβάει ένα σκαμνί ως «παράδειγμα δύναμης» («αυτό είναι μια δύναμη») και ένα ακίνητο σκαμνί ως «αντιπαράδειγμα» («αυτό δεν είναι δύναμη»). Οι συγγραφείς δεν ανέφεραν τις δύο κατακόρυφες δυνάμεις που δρουν στο ακίνητο σκαμνί, δηλαδή τη δύναμη της βαρύτητας (το βάρος του σκαμνιού) και την κάθετη αντίδραση του δαπέδου που ωθεί το σκαμνί προς τα πάνω. Οι Wood και συνεργάτες (2020) παρουσίασαν επίσης ορολογία Φυσικής στο πλαίσιο της ακουστικής κατανόησης ψηφιακού κειμένου ΦΕ.

Όσον αφορά τον εκπαιδευτικό σχεδιασμό, οκτώ από τις 10 μελέτες περιέγραψαν τη στρατηγική διδασκαλίας που ακολούθησαν κατά τις παρεμβάσεις τους. Επτά αναφέρθηκαν σε ρητή οδηγία (Ciullo et al., 2015; Knight et al., 2015, 2017; McKissick et al., 2013, 2018; Smith et al., 2013; Wood et al., 2020). Ο Ciullo και οι συνεργάτες του (2015) κατέγραψαν ότι χρησιμοποιούν σαφείς οδηγίες μαζί με συστηματική διδασκαλία. Ο Wood και οι συνεργάτες του (2020) αναφέρθηκαν στη ρητή με συστηματική διδασκαλία και σταθερή χρονική καθυστέρηση σε συνδυασμό με δραστηριότητες διερεύνησης. Ο McMahon και οι συνεργάτες του (2016) αναφέρθηκαν σε συστηματική διδασκαλία για την παρέμβασή τους με την ΕΠ σε περιεχόμενο κυττάρων και οργάνων.

Όσον αφορά τα μαθησιακά αποτελέσματα, όλες οι μελέτες παρουσίασαν μια λειτουργική σχέση μεταξύ των εξαρτημένων και των ανεξάρτητων μεταβλητών τους (βλ. Πίνακα 3.1.). Όλες οι παρεμβάσεις είχαν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα, αν και αναφέρονταν σε διαφορετικό βαθμό. Όλες οι μελέτες εκτός από μία παρουσίασαν θετικά δεδομένα για την κοινωνική εγκυρότητα (βλ. Πίνακα 3.1.). Όσον αφορά τους μαθητές, οι Knight και συνεργάτες (2018) δεν παρείχαν δεδομένα για την κοινωνική εγκυρότητα. Αντίθετα, παρουσίασαν θετικά στοιχεία για το ειδικό εκπαιδευτικό προσωπικό και τους εκπαιδευτικούς που εμπλέκονται.

### 3.3.1.4 Τεκμηριωμένες πρακτικές

Εννέα από τις 10 περιπτώσεις μεμονωμένου ατόμου πληρούσαν και τα 21 κριτήρια μεταξύ των επτά δεικτών ποιότητας που προτάθηκαν από τους Horner και συνεργάτες (2005). Η Polat και οι συνεργάτες της (2019) δεν ανέφεραν τα επίπεδα συμφωνίας μεταξύ των παρατηρητών. Οι 10 μελέτες μπορούν να χαρακτηριστούν ως μεθοδολογικά αυστηρές.

### 3.3.2. Ποσοτικές μελέτες - σχέδια ομάδας

Ο Πίνακας 3.2. δείχνει τις εννέα ποσοτικές μελέτες που ακολούθησαν σχέδιο ομάδας.

Πίνακας 3.2. Μελέτες με ερευνητικό σχέδιο ομάδας.

Μελέτη	Συμμετέχοντες / Πλαίσιο της παρέμβασης	Τύπος αναπηρίας	Τεχνολογία	Ακαδημαϊκό περιεχόμενο	Αποτελέσματα /Ευρήματα
Marino et al. (2014)	n=57 (10-14 ετών) Γενική τάξη	ΜΔ	Βιντεο- παιχνίδια	Επιστήμη της ζωής: κύτταρα, κληρονομικότητα και αναπαραγωγή βακτήρια και ιοί, φυτά	Αμελητέα αλλαγή στην επίδοση, υψηλό επίπεδο εμπλοκής.
Saad et al. (2015)	n=100 (νοητική ηλικία 8 ετών) Γενική τάξη	ΝΑ, σύνδρομο Down	πολυμέσα	Βιολογία: σαρκοφάγα και φυτοφάγα ζώα	Βελτιωμένες ακαδημαϊκές δεξιότητες, αυξημένα κίνητρα μάθησης.
King-Sears et al. (2015)	n=19 (μαθητές ββάθμιας) Γενική τάξη	ΜΔ, ΔΑΦ, συναισθηματική αναπηρία, διαταραχές λόγου και ομιλίας	Πολυμέσα	Χημεία: μετατροπή moles	Αμελητέες διαφορές, βοηθητική στρατηγική IDEAS.
Fatikhova & Sayfutdiyaro va (2017)	n=10 (15-16 ετών) Γενική τάξη	Ελαφρά ΝΑ	3D γραφικά με στοιχεία πολυμέσων σε διαδραστικό πίνακα	Βιολογία: ανθρώπινος σκελετός	Άμεσα θετικά αποτελέσματα, Οι μαθητές δεν ανακάλεσαν όρους. Αυξημένο ενδιαφέρον.

Μελέτη	Συμμετέχοντες / Πλαίσιο της παρέμβασης	Τύπος αναπηρίας	Τεχνολογία	Ακαδημαϊκό περιεχόμενο	Αποτελέσματα /Ευρήματα
Bossavit & Parsons (2018)	n=6 (11-15 ετών) αίθουσα Η/Υ	Υψηλής λειτουργικό-τητας ΔΑΦ	Ψηφιακό εκπαιδευτικό παιχνίδι	Γεωγραφία: χώρες	Αύξηση στη γνώση περιεχομένου, υψηλή εμπλοκή, κίνητρα. αμελητέα
Terrazas-Arellanes et al. (2018)	n=276 (γυμνάσιο) Γενική τάξη	ΜΔ	Πολυμέσα Εκπαίδευση από απόσταση	Επιστήμες της ζωής, γη και διάστημα, ΦΕ	βελτίωση, θετική στάση απέναντι σε θέματα ΦΕ.
Rathnakumar (2019)	n=20 (8-11 ετών)	Ελαφρά ΝΑ	CAI πολυμέσα	Φυτά, οργανισμοί, νερό, φυσικές πηγές, έργο, άπωση-έλξη, στερεά, υγρά, αέρια	Σημαντικές διαφορές στην επίδοση.
Sudhakar (2020)	n=30	Ελαφρά ΝΑ	Πολυμέσα	Ζώα, φυτά, εποχές	Σημαντικές αλλαγές στην επίδοση, ενεργή εμπλοκή, απολαυστική διαδικασία.
VanUitert et al. (2020)	n=43 (12,5 ετών)	ΜΔ, ΔΕΠΥ, διαταραχές λόγου και ομιλίας	Πολυμέσα	Βιολογία: φωτοσύνθεση	Θετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Τέσσερις από τις εννέα μελέτες σχεδίου ομάδας περιλάμβαναν μια ομάδα ελέγχου μαζί με τις δοκιμασίες πριν και μετά για τη μέτρηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων (King-Sears et al., 2015; Sudhakar, 2020; Terrazas-Arellanes et al., 2018; VanUitert et al, 2020 ). Μία από αυτές τις τέσσερις μελέτες (King-Sears et al., 2015) διεξήγαγε μια αξιολόγηση μετά την παρέμβαση (post-test) για να ελέγξει τη διατήρηση της γνώσης. Οι υπόλοιπες μελέτες εκτός από αυτή των Saad και συνεργατών (2015) χρησιμοποίησαν μια μεθοδολογία πριν και μετά την παρέμβαση, πιθανώς λόγω των δυσκολιών όσον αφορά την ομοιογένεια των θεμάτων και τα ηθικά ζητήματα. Οι Saad και συνεργάτες (2015) σύγκριναν δύο διαφορετικά συστήματα CAI χρησιμοποιώντας το ίδιο δείγμα. Ο

Rathnakumar (2019) διεξήγαγε μια αξιολόγηση μετά την παρέμβαση για να ελέγξει τη διατήρηση της γνώσης.

### **3.3.2. 1 Συμμετέχοντες και τύποι αναπηρίας**

Παρά τις διαφορές μεταξύ των τύπων αναπηρίας και των επιπέδων της ίδιας αναπηρίας για τους μαθητές, το 41% των μελετών που εξετάστηκαν ακολούθησαν σχέδιο ομάδας. Ο αριθμός των συμμετεχόντων κυμαινόταν από 6 έως 276 μαθητές (βλ. Πίνακα 3.2.).

### **3.3.2. 2 Τεχνολογία**

Επτά μελέτες χρησιμοποίησαν συστήματα ή στοιχεία πολυμέσων στις παρεμβάσεις τους.

Δύο από αυτές εφάρμοσαν ολοκληρωμένα συστήματα διδασκαλίας μέσω υπολογιστή CAI. Ο Rathnakumar (2019) ανέπτυξε ένα σύστημα με εικόνες, λέξεις και προφορικές οδηγίες σε μία ταμπλέτα (iPad). Η γνωστική θεωρία της μάθησης πολυμέσων ήταν η βάση για το σχεδιασμό του συστήματος πολυμέσων του Sudhakar (2020). Ο Saad και οι συνεργάτες του (2015) ανέπτυξαν δύο εκδόσεις μιας εφαρμογής πολυμέσων με βάση τη γνωστική θεωρία της μάθησης πολυμέσων του Mayer. Η πρώτη τους έκδοση ήταν ένα στατικό σύστημα. Η δεύτερη ήταν μια δυναμική εφαρμογή, όπου τα σεμινάρια πολυμέσων παράγονταν αυτόματα μέσω αλγορίθμων μηχανικής μάθησης. Η King-Sears και οι συνεργάτες της (2015) δημιούργησαν μια σειρά από βιντεοκλίπ πολυμέσων από μια παρουσίαση διαφανειών εφαρμόζοντας την αρχή UDL για την παρουσίαση πληροφοριών μέσω πολλαπλών αναπαραστάσεων και την παρακίνηση των μαθητών. Ο VanUitert και οι συνεργάτες του (2020) χρησιμοποίησαν επίσης βίντεο πολυμέσων από παρουσιάσεις διαφανειών. Οι συγγραφείς δημιούργησαν το πολυμεσικό τους περιεχόμενο ακολουθώντας τη γνωστική θεωρία της μάθησης πολυμέσων. Οι Terrazas-Arellanes και συνεργάτες (2018) εφάρμοσαν τη Γνωστική Θεωρία Διδασκαλίας και Μάθησης με Μέσα (Cognitive-Affective Teaching and Learning Medium–CATLM, Moreno & Mayer, 2007) στο διαδικτυακό περιβάλλον μάθησης πολυμέσων τους. Οι Fatikhona και Sayfutdiyarova (2017) συνδύασαν τα τρισδιάστατα διαδραστικά γραφικά με άλλα στοιχεία πολυμέσων, όπως είναι οι επιγραφές και ο ήχος που παρουσιάζονται σε έναν διαδραστικό πίνακα.

Οι υπόλοιπες δύο μελέτες αφορούσαν ψηφιακά παιχνίδια. Ο Marino και οι συνεργάτες του (2014) σχεδίασαν ένα εκπαιδευτικό βιντεοπαιχνίδι για την μελέτη των βιοεπιστημών ευθυγραμμισμένο με τις αρχές του UDL. Ενσωμάτωσαν πολλαπλές αναπαραστάσεις και διαδραστικότητα με στόχο τη συμμετοχή και την έκφραση των μαθητών. Οι Bossavit και Parsons (2018) σχεδίασαν το εκπαιδευτικό τους παιχνίδι «βασισμένο σε ακαδημαϊκό επίπεδο» για μαθητές με ΔΑΦ. Εκτός από την αλληλεπίδραση

με το ποντίκι, οι συγγραφείς δημιούργησαν μια έκδοση όπου το παιχνίδι προβαλλόταν στον τοίχο και οι μαθητές αλληλεπιδρούσαν με το σώμα τους μέσω ενός αισθητήρα Kinect.

### **3.3.2. 3 Ακαδημαϊκό περιεχόμενο, εκπαιδευτικός σχεδιασμός και ευρήματα**

Επτά από τις μελέτες σχεδιασμού ομάδας αφορούσαν τις βιοεπιστήμες, όπως η Βιολογία (βλ. Πίνακα 3.2.). Ο Marino και οι συνεργάτες του (2014) αλλά και ο VanUitert με την ομάδα του (2020) παρείχαν σαφείς οδηγίες. Στη μελέτη του Marino και των συνεργατών, ο συνδυασμός ενός θεωρητικού πλαισίου μαζί με τον σχεδιασμό του UDL και τις προκλήσεις του παιχνιδιού οδήγησαν σε υψηλού επιπέδου εμπλοκή, ωστόσο, δεν απέφεραν σημαντικές διαφορές στην επίδοση. Με τον συνδυασμό ρητών οδηγιών και τα στοιχεία πολυμέσων που βασίζονται σε CTML, οι VanUitert και οι συνεργάτες του (2020) πέτυχαν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

Ο Terrazas-Arellanes και οι συνεργάτες του (2018) σχεδίασαν το διαδραστικό διαδικτυακό και πολιτιστικά κατάλληλο υλικό πολυμέσων τους με βάση το CATLM και την εφαρμοσμένη μάθηση μέσω έργου. Ωστόσο, η τριετής διαχρονική μελέτη τους δεν έδειξε σημαντικές διαφορές στα μαθησιακά αποτελέσματα. Ωστόσο, η παρέμβαση είχε θετικό αντίκτυπο στη στάση των μαθητών απέναντι στην εκπαίδευση ΦΕ.

Η Χημεία αποτέλεσε το γνωστικό αντικείμενο που επέλεξαν η King-Sears και οι συνεργάτες της (2015). Ακολούθησαν τις αρχές του UDL με τη χρήση σκαλωσιάς (scaffolding) και τη στρατηγική αυτοδιαχείρισης IDEAS (Identify, Draw, Enter, Answer, Solve) για να βοηθήσουν τους μαθητές να λύσουν προβλήματα μετατροπής γραμμομορίων (mole). Παρά το εκπαιδευτικό μοντέλο με επίκεντρο τον μαθητή, δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στα μαθησιακά αποτελέσματα. Ωστόσο, η στρατηγική IDEAS κρίθηκε χρήσιμη.

Οι Bossavit και Parsons (2018) σχεδίασαν ένα παιχνίδι που απευθυνόταν σε μαθητές με ΔΑΦ ώστε να μάθουν για τις χώρες, τις τοποθεσίες και τα χαρακτηριστικά τους. Οι μαθητές απολάμβαναν τη συμμετοχή τους στο σχεδιασμό και τη διαδικασία του παιχνιδιού. Έδειξαν αυξημένα κίνητρα και εμπλοκή και πέτυχαν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

### **3.3.2. 4 Τεκμηριωμένες πρακτικές**

Δύο μελέτες (βλ. Πίνακα 3.2., King-Sears et al., 2015; Marino et al., 2014) πληρούσαν τους απαραίτητους βασικούς και επιθυμητούς δείκτες ποιότητας και μπορούν να χαρακτηριστούν ως υψηλής ποιότητας (Gersten et al., 2005).



Ο Saad και οι συνεργάτες του (2015) δεν παρουσίασαν λεπτομέρειες σχετικά με την αναπηρία, τις διαδικασίες ή το μέγεθος επίδρασης της παρέμβασης για τους συμμετέχοντες στο πλαίσιο των βασικών δεικτών. Πρόσθετα, οι συγγραφείς δεν ανέφεραν τρεις από τους επιθυμητούς δείκτες (ποσοστά φθοράς μεταξύ των δειγμάτων παρέμβασης, αξιοπιστία, μετρήσεις καθυστερημένης έκβασης).

Η μελέτη των Fatikhona και Sayfutdiyarova (2017) φαίνεται να πληροί 11 από τους 13 βασικούς δείκτες ποιότητας. Δεν αναφέρθηκαν διαδικασίες για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων, για την περιγραφή ή την αξιολόγηση πιστότητας. Η μελέτη πληροί επίσης έξι από τους οκτώ επιθυμητούς δείκτες. Επιπλέον, δεν ήταν διαθέσιμα στοιχεία για την ποιότητα της υλοποίησης της παρέμβασης.

Οι Bossavit και Parsons (2018) δεν ανέφεραν τα συγκρίσιμα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων και τους υπολογισμούς του μεγέθους επίδρασης, επομένως πιθανότατα παραλείπουν δύο βασικούς δείκτες ποιότητας. Δεν καταγράφονται αποσπάσματα που αποτυπώνουν τη φύση της παρέμβασης.

Οι Terrazas-Arellanes και συνεργάτες (2018) δεν ανέφεραν δύο από τους βασικούς δείκτες (λεπτομέρειες για την αναπηρία των συμμετεχόντων και τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων). Επιπλέον παρέλειψαν δύο επιθυμητούς δείκτες, δηλαδή τα ποσοστά φθοράς μεταξύ των δειγμάτων παρέμβασης ή αποσπάσματα αποτύπωσης της φύσης της παρέμβασης.

Ο Rathnakumar (2019) δεν ανέφερε τρεις από τους βασικούς δείκτες (τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων σε όλες τις συνθήκες, την πιστότητα υλοποίησης και τις σχετικές διαδικασίες). Επιπλέον, δεν κατέγραψε τέσσερις από τους επιθυμητούς δείκτες. Δεν υπήρχαν στοιχεία εγκυρότητας ή ποιότητας της παρέμβασης ή πληροφορίες σχετικά με τη φύση της διδασκαλίας ή αποσπάσματα που να αποτυπώνουν τη φύση της παρέμβασης.

Ο Sudhakar (2020) παρέλειψε τέσσερις από τους 13 βασικούς και πέντε από τους οκτώ επιθυμητούς δείκτες. Το άρθρο δεν παρουσίαζε την αναμενόμενη περιγραφή των συμμετεχόντων, την εφαρμογή της παρέμβασης ή τα μέτρα αποτελέσματος.

Η μελέτη VanUitert και συνεργατών (2020) πληρούσε όλους τους βασικούς δείκτες ποιότητας. Όσον αφορά τους επιθυμητούς δείκτες, το άρθρο δεν ανέφερε τα στοιχεία της εγκυρότητας, ωστόσο η μελέτη μπορεί να χαρακτηριστεί ως έρευνα υψηλής ποιότητας.

### 3.3.3. Ποιοτικές μελέτες – σχέδια μελέτης περίπτωσης

Δύο από τις 21 μελέτες που εξετάζονται ήταν ποιοτικές μελέτες που χαρακτηρίστηκαν από τους συγγραφείς τους ως μελέτες περίπτωσης (case study) για τη διδασκαλία των ΦΕ που υποστηρίζονται από την ΨΤ (βλ. Πίνακα 3.3.).

Πίνακας 3.3. Μελέτες περίπτωσης.

Μελέτη	Συμμετέχοντες / Πλαίσιο της παρέμβασης	Τύπος αναπηρίας	Τεχνολογία	Περιεχόμενο ΦΕ / στόχοι	Αποτελέσματα/ ευρήματα
Miller et al. (2013)	v=4 (17-18 ετών) Κουζίνα σχολείου	NA	Πολυμέσα, παρουσιάσεις, ζωγραφική, εφαρμογές υπαγόρευσης σε iPad.	Βιολογία: σκουλήκια, Φυσική: χρωματογραφία, ανάμειξη χρωμάτων	Θετικά μαθησιακά αποτελέσματα, αυξημένα κίνητρα και εμπλοκή.
Vassilopoulou & Mavrikaki (2016)	v=1 (17 ετών) Γενική τάξη	ΔΕΠΥ	PhET προσομοιώσεις σε διαδραστικό πίνακα	Βιολογία: θεωρία Δαρβίνου	Θετικά μαθησιακά αποτελέσματα και στάσεις. Μείωση χαρακτηριστικών της ΔΕΠΥ.

#### 3.3.3.1 Συμμετέχοντες και τύποι αναπηρίας

Οι δύο μελέτες περίπτωσης (βλ. Πίνακα 3.3.) ακολούθησαν έναν ποιοτικό σχεδιασμό και παρέχουν επιστημονική τεκμηρίωση (Brandlinger et al., 2005). Η Miller και οι συνεργάτες της (2013) διεξήγαγαν μια μελέτη περίπτωσης για να συγκρίνουν τέσσερις μελέτες μαθητών με NA. Οι Vassilopoulou και Mavrikaki (2016) πραγματοποίησαν συνεντεύξεις παρατήρησης και ομάδες εστίασης για έναν μαθητή με ΔΕΠΥ.

#### 3.3.3.2 Τεχνολογία

Και οι δύο μελέτες χρησιμοποιούν την ΨΤ ως γνωστικό εργαλείο σε προσεγγίσεις με επίκεντρο τον μαθητή. Οι τέσσερις μαθητές στη μελέτη του Miller (2013) αλληλεπιδρούσαν ενεργά με παρουσιάσεις, εφαρμογές ζωγραφικής και υπαγόρευσης, εκφράστηκαν και επικοινωνούσαν μέσω της τεχνολογίας.

Ο μαθητής με ΔΕΠΥ στη μελέτη των Vassilopoulou και Mavrikaki (2016) αλληλεπιδρά με μια προσομοίωση φυσικής επιλογής που προβάλλεται σε διαδραστικό πίνακα.

#### 3.3.3.3 Ακαδημαϊκό περιεχόμενο, εκπαιδευτικός σχεδιασμός και ευρήματα

Οι δύο μελέτες περίπτωσης αναφέρθηκαν σε θέματα από τη Βιολογία και τις εκπαιδευτικές στρατηγικές με επίκεντρο τους μαθητές. Η ζωή των σκουληκιών ήταν το θέμα της μελέτης της Miller (2013). Οι τέσσερις μαθητές με ΝΑ μελέτησαν επίσης χρωματογραφία και ανάμειξη χρωμάτων ειδικά και οι συγγραφείς ακολούθησαν καθοδηγούμενες οδηγίες διερεύνησης. Αυτή η προσέγγιση είχε ως αποτέλεσμα θετικά μαθησιακά αποτελέσματα, αυξημένα κίνητρα και εμπλοκή. Τα αποτελέσματα βελτιώθηκαν όταν οι μαθητές χρησιμοποίησαν τα ηλεκτρονικά σημειωματάρια σε σύγκριση με την παραδοσιακή μέθοδο.

Οι Vassilopoulou και Mavrikaki (2016) χρησιμοποίησαν μια προσομοίωση που προβλήθηκε σε διαδραστικό πίνακα για να διδάξουν τη θεωρία του Δαρβίνου ακολουθώντας εποικοδομητική προσέγγιση. Ο μαθητής βελτίωσε την κατανόησή του για τις έννοιες της Βιολογίας και βελτίωσε τη στάση του απέναντι στη Βιολογία με τη χρήση του διαδραστικού πίνακα. Τα χαρακτηριστικά της ΔΕΠΥ, όπως η έλλειψη συγκέντρωσης και η διάσπαση προσοχής, η υπερκινητικότητα και η παρορμητικότητα μειώθηκαν στη διάρκεια της αλληλεπίδρασης του μαθητή με την προσομοίωση.

#### **3.3.3.4 Τεκμηριωμένες πρακτικές**

Και οι δύο μελέτες περίπτωσης μπορούν να χαρακτηριστούν ότι πληρούν υψηλά επιστημονικά πρότυπα. Πληρούν και τα 21 κριτήρια που αποτελούνται από τους τέσσερις δείκτες ποιότητας, δηλαδή τη συνέντευξη και την παρατήρηση, την ανάλυση εγγράφων και δεδομένων.

### **3.4. Συζήτηση**

Η ΨΤ χάρη στις πολυάριθμες εφαρμογές της, όπως τα πολυμέσα, η εικονική πραγματικότητα και η ΕΠ, καθώς και τα ηλεκτρονικά κείμενα, τα παιχνίδια και οι προσομοιώσεις συμβάλλουν στην απόκτηση ακαδημαϊκών δεξιοτήτων στην Ειδική Εκπαίδευση. Πρόσφατα καταγράφηκε «μια σημαντική αύξηση των δημοσιεύσεων σε αυτόν τον τομέα τα τελευταία χρόνια» (Sánchez-Serrano et al., 2020, σ. 11). Ένα σημαντικό μέρος της έρευνας σχετικά με τη χρήση της τεχνολογίας στην Ειδική Εκπαίδευση εξετάζει τον ακαδημαϊκό τομέα (Sánchez-Serrano et al., 2020). Μια βιβλιογραφική ανασκόπηση των Chelkowski και συνεργατών (2019) δείχνει ότι οι φορητές συσκευές έχουν οδηγήσει σε θετικά μαθησιακά αποτελέσματα και αυξημένα κίνητρα για μαθητές με αναπηρία. Η πρόσφατη μετανάλυση των Baragash (2020) και συνεργατών επισημαίνει ότι η ΕΠ συμβάλλει θετικά στη μάθηση καθώς και στην ανάπτυξη κοινωνικών, πρακτικών και δεξιοτήτων αυτόνομης διαβίωσης μαθητών με ΝΑ, ΔΑΦ, ΔΕΠΥ και σωματική αναπηρία. Οι μαθητές με αναπηρία παρουσιάζουν θετικές

μαθησιακές εμπειρίες στις ΦΕ, όταν εφαρμόζονται εκπαιδευτικά μοντέλα και στρατηγικές όπως είναι η συστηματική διδασκαλία, η αυτοκατευθυνόμενη διδασκαλία και η διδασκαλία μέσω κατανόησης (Apanasionok et al., 2019). Ωστόσο, η συστηματική ανασκόπηση των Apanasionok και συνεργατών πρόσθετα ανέδειξε τον μικρό αριθμό μελετών σε περιεχόμενο ΦΕ για μαθητές με αναπηρία. Με βάση τα ευρήματα που αφορούν τόσο την υποστηριζόμενη από τεχνολογία Ειδική Εκπαίδευση όσο και την έρευνα της Διδακτικής ΦΕ σε μαθητές με αναπηρία, η παρούσα συστηματική ανασκόπηση μελέτησε τον τρόπο με τον οποίο η ΨΤ συμβάλλει στη διδασκαλία και μάθηση ΦΕ σε μαθητές με αναπηρία. Πρόσθετα δόθηκε έμφαση στον τρόπο εισαγωγής της ΨΤ για παρεμβάσεις που χαρακτηρίζονται από μεθοδολογική αυστηρότητα.

#### **3.4.1 Εκπαιδευτικό πλαίσιο και αποτελέσματα**

Τα αποτελέσματα της ανασκόπησης (βλ. Πίνακες 3.1., 3.2., 3.3.) αναδεικνύουν ως θέματα ενδιαφέροντος για την υποστήριξη της εκπαίδευσης των μαθητών με αναπηρία στις ΦΕ τη Βιολογία, τη Γεωγραφία, τη Χημεία και τη Φυσική. Το περιεχόμενο της Βιολογίας ήταν κατά κύριο λόγο το προτιμώμενο αντικείμενο των ερευνητών, όπου οι μελέτες αφορούσαν κυρίως κύτταρα και όργανα, οργανισμούς και ζώα. Οι ερευνητές, τόσο στο πεδίο της Ειδικής Εκπαίδευσης όσο και στις ΦΕ, ενδέχεται να έχουν επιλέξει το περιεχόμενο της Βιολογίας επειδή οι μαθητές έχουν άμεσες και έμμεσες εμπειρίες σε αυτό. Το ίδιο φαίνεται να ισχύει και για τη Γεωγραφία. Ως προς τη Φυσική και τη Χημεία τα θέματα φαίνεται να αφορούν τον μακρόκοσμο και άμεσες καθημερινές εμπειρίες των μαθητών, όπως είναι οι εποχές, τα πετρώματα, η Γη και το διάστημα και οι φυσικοί πόροι. Επιπλέον σχετική ορολογία ΦΕ και βασικές έννοιες είναι οι κύριες προκλήσεις για τους μαθητές με αναπηρία (Apanasionok et al., 2019). Μόνο δύο μελέτες διερεύνησαν αφηρημένες έννοιες. Οι King-Sears και συνεργάτες (2015) ερεύνησαν απλά προβλήματα επίλυσης μετατροπής μορίων και η Knight και οι συνεργάτες της (2017) μελέτησαν την έννοια της δύναμης και τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα. Η μελέτη των Knight και συνεργατών (2017) παρουσιάζει ένα παράδειγμα διεπιστημονικής έρευνας, που προτείνεται εξίσου από τους Köse και Güner-Yildiz (2021). Συνολικά, τα μαθησιακά αποτελέσματα των μελετών ήταν θετικά. Χρειάζεται να σημειωθεί ότι 19 από τις 21 μελέτες ανέφεραν θετικά αποτελέσματα αναφορικά με την εμπειρία των μαθητών. Ο Rathnakumar (2019) επέλεξε τα μαθησιακά αποτελέσματα ως μοναδικό αποτέλεσμα, ενώ ο VanUitert και οι συνεργάτες του (2020) ανέφεραν τα κίνητρα των μαθητών ως μία από τις «μη ελεγχόμενες μεταβλητές» της μελέτης.

Η λειτουργική σχέση μεταξύ εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών σε όλες σχεδόν τις μελέτες της ανασκόπησης συνδέεται εν δυνάμει με την εκπαιδευτική μεθοδολογία

που ακολουθείται. Οι περισσότερες από τις μελέτες παρείχαν σαφείς οδηγίες διδασκαλίας, ωστόσο τρεις μελέτες μεμονωμένου ατόμου (Ciullo et al., 2015; McMahon et al., 2016; Wood et al., 2020) συνδύασαν την παροχή σαφών οδηγιών με τη συστηματική διδασκαλία. Στην περίπτωση της νοητικής αναπηρίας εφαρμόζονται μοντέλα με επίκεντρο τον μαθητή όπως η διερευνητική μάθηση (Miller et al., 2013; Wood et al., 2020). Η Vassilopoulou και Mavrikaki (2016) ακολούθησαν μια εποικοδομητική προσέγγιση σε μαθητές με ΔΕΠΥ. Η ενεργή εμπλοκή των μαθητών με ΝΑ και των μαθητών με ΔΕΠΥ ενδέχεται να τους παρακινεί για την επίτευξη θετικών μαθησιακών αποτελεσμάτων, όπως συμβαίνει και στην περίπτωση μαθητών με ΔΑΦ υψηλής λειτουργικότητας (Bossavit & Parsons, 2018). Η επίλυση προβλημάτων (King-Sears et al., 2015) και η μάθηση μέσω έργου (Terrazas-Arellanes et al., 2018) δεν οδήγησαν σε σημαντική βελτίωση της γνώσης στις μελέτες σχεδίου ομάδας.

Οι μαθησιακοί στόχοι που έχουν τεθεί από τους ερευνητές και απευθύνονται στους μαθητές μπορούν να ταξινομηθούν ως επί το πλείστον στα τρία πρώτα επίπεδα της αναθεωρημένης γνωστικής ταξινόμιας του Bloom (Anderson & Krathwohl, 2001). Οι περισσότεροι μαθητές ανακάλεσαν το λεξιλόγιο των ΦΕ, κατανόησαν επιστημονικούς όρους, ενώ αρκετοί άλλοι εφάρμοσαν τις γνώσεις που απέκτησαν. Οι μαθησιακοί στόχοι και τα αποτελέσματα των αναθεωρημένων μελετών υπογραμμίζουν επίσης ορισμένους τύπους γνώσεων που αποκτήθηκαν (Anderson & Krathwohl, 2001). Οι παρεμβάσεις που εξετάστηκαν παρείχαν πραγματικές γνώσεις που δείχνουν ότι η επιστημονική ορολογία και οι σχετικές λεπτομέρειες εσωτερικεύθηκαν από τους μαθητές. Η εννοιολογική γνώση αποδείχθηκε καθώς οι μαθητές έμαθαν αρχές (Knight et al., 2017) και έκαναν ταξινομήσεις (Knight et al., 2015, 2017). Η διαδικαστική γνώση αναπτύχθηκε πρόσθετα σε περιπτώσεις όπου οι μαθητές έπρεπε να καθορίσουν την πιο κατάλληλη διαδικασία αλλά και αλγόριθμους για την επίλυση απλών προβλημάτων (King-Sears et al., 2015; Terrazas-Arellanes et al., 2018).

### **3.4.2 Η συμβολή της ψηφιακής τεχνολογίας**

Η ΨΤ συμβάλλει στην ανάπτυξη ακαδημαϊκών δεξιοτήτων σε μαθητές με αναπηρία, ωστόσο εντοπίστηκε έλλειψη έρευνας για τον τρόπο εφαρμογής της στη διδακτική πράξη (Cheng & Lai, 2020). Το πρόσφατο αυτό εύρημα υποδηλώνει περιορισμένη έρευνα σχετικά με τις παροχές (affordances) της ΨΤ στην Ειδική Εκπαίδευση. Η κοινωνική εγκυρότητα που αναφέρεται στις αναθεωρημένες μελέτες αυτής της εργασίας υποδηλώνει την αποδοχή της ΨΤ στη διδασκαλία.

Η τεχνολογία φαίνεται να κυριαρχεί ως υπόβαθρο για τον εκπαιδευτικό σχεδιασμό σε έξι μελέτες. Η παροχή αλληλεπίδρασης μεταξύ του φυσικού και του ψηφιακού

περιβάλλοντος μέσω τεχνολογιών αφής πιθανότατα συμβάλλει σε παρεμβάσεις διδασκαλίας με σαφείς οδηγίες (Polat et al., 2019). Παρόλο που 14 από τις μελέτες χρησιμοποίησαν πολυμέσα στις παρεμβάσεις τους, μόνο έξι αναφέρθηκαν σε παροχές (affordances) πολυμέσων, συγκεκριμένα σε πολυτροπικές πληροφορίες (Fatikhona & Sayfutdiyara, 2017; McMahon et al., 2016; Saad et al., 2015; Sudhakar, 2020; Terrazas-Arellanes et al., 2018; VanUitert et al., 2020). Αυτές οι μελέτες χρησιμοποίησαν επίσης παροχές μάθησης πολυμέσων, δηλαδή τον κατάλληλο συνδυασμό στοιχείων πολυμέσων. Ο McMahon και οι συνεργάτες του (2016) χρησιμοποίησαν παροχές πολυμέσων στο σύστημα ΕΠ, αλλά δεν ανέφεραν ποιες παροχές ΕΠ χρησιμοποιήθηκαν.

Η συχνή χρήση στοιχείων και συστημάτων πολυμέσων (π.χ. CAI) εξηγείται ίσως από την υπόθεση ότι οι ερευνητές προτιμούν να χρησιμοποιούν οικείες, παρά αναδυόμενες, τεχνολογίες. Παρά την τεχνολογία που έχει επιλεγεί, ο σχεδιασμός μιας παρέμβασης πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις παροχές της, τις μαθησιακές παροχές και το κατάλληλο εκπαιδευτικό μοντέλο. Στην περίπτωση περιεχομένου πολυμέσων πρέπει να συνδυαστεί η «παραγωγή, μετάδοση και ερμηνεία ενός σύνθετου κειμένου, όπου τουλάχιστον δύο από τα συστατικά-κείμενα χρησιμοποιούν διαφορετικά συστήματα αναπαράστασης με διαφορετικούς τρόπους» (Purchase, 1998, σ. 12) με τη γνωστική θεωρία της μάθησης πολυμέσων για το σχεδιασμό μαθησιακών δραστηριοτήτων. Όσον αφορά τις αναδυόμενες τεχνολογίες, όπως είναι η ΕΠ, οι ερευνητές φαίνεται να χρησιμοποιούν δύο μαθησιακές παροχές, τη δημιουργία περιεχομένου και την παρουσίαση και μεταφορά των πληροφοριών και του περιεχομένου σε πραγματικό χρόνο/οποτεδήποτε/οπουδήποτε (Köse & Güner-Yildiz, 2021; McMahon et al., 2016). Οι μαθησιακές παροχές που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εκπαίδευση των ΦΕ, όπως η πειραματική διαδικασία και η συνεργασία, καθώς και η πολυκαναλική επικοινωνία δεν πληρούνται. Φαίνεται ότι το επίκεντρο μιας εφαρμογής ΕΠ είναι το περιεχόμενο που «χρησιμοποιείται κυρίως για την υποστήριξη αποτελεσματικών στρατηγικών διδασκαλίας» στην Ειδική Εκπαίδευση (Köse & Güner-Yildiz, 2020, σ. 1).

### **3.4.3 Τεκμηριωμένες πρακτικές**

Η «πολυπλοκότητα της Ειδικής Εκπαίδευσης» είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη διαφόρων μεθοδολογιών έρευνας. Η ανάγκη για «τεκμηριωμένες αποτελεσματικές πρακτικές» στο πεδίο οδήγησε τους ερευνητές να δημιουργήσουν δείκτες ποιότητας έρευνας για κάθε ένα από τα ερευνητικά σχέδια (Odom et al., 2005). Δεκατρείς από τις 21 μελέτες που εξετάστηκαν πληρούσαν όλους τους απαραίτητους δείκτες ποιότητας και μπορούν να χαρακτηριστούν ως σχέδια υψηλής ποιότητας.

Ο Καθολικός Σχεδιασμός για τη Μάθηση (Universal Design for Learning–UDL) αποτέλεσε τη βάση για τον ερευνητικό σχεδιασμό μόνο σε τρεις μελέτες, οι οποίες δεν παρουσίασαν σημαντικά μαθησιακά αποτελέσματα (King-Sears et al., 2015; Marino et al., 2014; McMahon et al., 2016). Το UDL, μαζί με δύο άλλες παρόμοιες προσεγγίσεις, ο Καθολικός Διδακτικός Σχεδιασμός (Universal Instructional Design–UID) και ο Καθολικός Σχεδιασμός για τη Διδασκαλία (Universal Design of Instruction–UDI), χρησιμοποιούνται στην Ειδική Εκπαίδευση για την προώθηση της συμπερίληψης (Rao et al., 2014). Ο Rao και οι συνεργάτες του σημειώνουν ότι «οι ερευνητές αναφέρουν την εφαρμογή των αρχών του Καθολικού Σχεδιασμού με ποικίλους τρόπους, χωρίς τυπικές μορφές για την περιγραφή του τρόπου χρήσης του» (2014, σ. 153). Το UID και το UDI περιλαμβάνουν μόνο μία γενική αναφορά για την ενσωμάτωση της τεχνολογίας στη διδακτική πράξη. Δεν υπάρχουν αρχές για τους τρόπους εφαρμογής της τεχνολογίας. Τα τρία μοντέλα Καθολικού Σχεδιασμού αναφέρονται σε γενικές κατευθυντήριες γραμμές που θα μπορούσαν να συνεπάγονται τις παροχές ψηφιακών τεχνολογιών.

Το μοντέλο UDL περιλαμβάνει οδηγίες όπως «εικονογράφηση μέσω πολλαπλών μέσων», «οδηγό επεξεργασίας και οπτικοποίησης πληροφοριών», «διαφοροποίηση των μεθόδων απόκρισης και πλοήγησης», «χρήση πολλαπλών μέσων για επικοινωνία» (CAST, 2018). Το μοντέλο UID περιλαμβάνει αλληλεπίδραση και «έγκαιρη και εποικοδομητική ανατροφοδότηση» (Hackman, 2008), ενώ το UDI περιλαμβάνει οδηγίες τόσο από το UDL όσο και από το UID (Burgstahler, 2020). Οι παραπάνω αρχές, αν και γενικές, αντιστοιχούν επαρκώς στις παροχές πολυμέσων.

Τα ευρήματα της παρούσας ανασκόπησης, ειδικά όσον αφορά την ποιότητα του ερευνητικού σχεδιασμού της μελέτης στην οποία φαίνεται ότι δίνουν προσοχή οι ερευνητές, μαζί με τις αρχές που παρουσιάζονται στα μοντέλα Καθολικού Σχεδιασμού, οδηγούν στην πρόταση μιας επέκτασης των συγκεκριμένων μοντέλων με τη συμπερίληψη ορισμένων κατευθυντήριων γραμμών για χρήση της ΨΤ. Επιπλέον, τουλάχιστον ένα στοιχείο για τη χρήση της τεχνολογίας θα μπορούσε να ενσωματωθεί στους δείκτες ποιότητας των ερευνητικών σχεδίων για τεκμηριωμένες πρακτικές.

Για το αναφερόμενο στοιχείο προτείνονται οι τεχνολογικές παροχές. Οι τιμές τους εξαρτώνται από τη συγκεκριμένη τεχνολογία που εφαρμόζεται για μια συγκεκριμένη αναπηρία. Τα οικονομικά στοιχεία είναι το σημείο εκκίνησης για τον τρόπο με τον οποίο οι ερευνητές χρησιμοποιούν την τεχνολογία. Οι τεχνολογικές παροχές ορίζουν τις μαθησιακές παροχές στην περίπτωση των μαθησιακών δραστηριοτήτων που υποστηρίζονται από την τεχνολογία. Για παράδειγμα, στην πιλοτική μελέτη (βλ. κεφ. IV), χρησιμοποιήθηκε ένα Εικονικό Περιβάλλον για την αναπαράσταση μορίων νερού σε

τριδιάστατο ψηφιακό χώρο και ένα περιβάλλον ΕΠ για την αντίστοιχη αναπαράσταση στον πραγματικό κόσμο, δηλαδή στο φυσικό περιβάλλον (Iatraki et al., 2021). Χρησιμοποιήθηκαν οι μαθησιακές παροχές της μοντελοποίησης και της προσομοίωσης (Mantziou et al., 2018) για την τρισδιάστατη αναπαράσταση των μορίων του νερού σύμφωνα με ευρέως αποδεκτές επιστημονικές συμβάσεις. Επιπλέον, οι παροχές πολυμέσων συμβάλλουν στην αρχή των πολυμέσων (Mayer, 2001), η οποία έχει προταθεί ως κατάλληλο εκπαιδευτικό μοντέλο για μαθητές με αναπηρία (Greer et al., 2013). Ο Khan (2010) υπογραμμίζει ότι για να χρησιμοποιηθούν τα συστήματα πολυμέσων ως εργαλεία μάθησης, πρέπει να σχεδιάζονται με βάση συγκεκριμένο τύπο αναπηρίας, ενισχύοντας επομένως τη σημασία του μαθησιακού δυναμικού.

### **3.5. Συμπεράσματα**

Η ανασκόπηση αποκαλύπτει τον ουσιαστικό ρόλο της ΨΤ στην εκπαίδευση των ΦΕ για μαθητές με αναπηρία και εντοπίζει δύο κύρια αποτελέσματα. Πρώτον, υπογραμμίζει τη σημασία της παιδαγωγικής προσέγγισης με την κατάλληλη χρήση της ΨΤ, συνδυασμό που οδηγεί συχνά σε θετικά μαθησιακά αποτελέσματα. Μαθητοκεντρικά μοντέλα και νοηματοδοτημένες δραστηριότητες υποστηριζόμενες από τις μαθησιακές παροχές των τεχνολογιών συμβάλλουν στην απόκτηση ακαδημαϊκών δεξιοτήτων (Ciullo et al., 2015; Saad et al., 2015). Δεύτερον, η ΨΤ και οι παροχές της προτείνονται ως δείκτης ποιότητας τεκμηριωμένων παρεμβάσεων στην Ειδική Εκπαίδευση. Η συμβολή των οικονομικών παροχών στην Ειδική Εκπαίδευση έχει τονιστεί όσον αφορά την ΕΠ (Sheehy et al., 2019). Μέσω αυτών των ευρημάτων επιβεβαιώνεται η πρόταση των Gersten και Edyburn (2007) για την «αποτελεσματικότητα μιας τεχνολογίας» και τον «διδακτικό σχεδιασμό της παρέμβασης μέσω ΨΤ» ως κριτήρια τεκμηριωμένης πρακτικής. Κύριο περιορισμό της συστηματικής ανασκόπησης αποτέλεσε η συμπερίληψη δημοσιευμένων εργασιών στην αγγλική γλώσσα και σε περιοδικά με κριτές. Ένας άλλος περιορισμός ήταν η αναζήτηση σε τέσσερις βάσεις δεδομένων (ERIC, SCOPUS, ScienceDirect, Google Scholar).

Με βάση τα προηγούμενα, σκοπός της εμπειρικής μελέτης είναι ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός πλαισίου για τη διδασκαλία αφηρημένων εννοιών Φυσικής σε μαθητές με ΝΑ σε ένα κατάλληλο μαθησιακό περιβάλλον εμπύθισης, όπως είναι η τεχνολογία ΕΠ. Σύμφωνα με τους Soykan και Özdamli (2017) η ανάπτυξη μιας εκπαιδευτικής εφαρμογής προϋποθέτει τη διεξαγωγή πιλοτικής μελέτης με τη συμμετοχή ειδικών επιστημόνων και επαγγελματιών στα εμπλεκόμενα πεδία καθώς και μαθητών με το αναφερόμενο προφίλ. Για την επίλυση του προβλήματος σχεδιάστηκε μια πιλοτική μελέτη με στόχο την επιλογή του κατάλληλου μαθησιακού ΨΤ (εικονικής ή επαυξημένης πραγματικότητας).



## **Κεφάλαιο IV: Πιλοτική Μελέτη**

Το παρόν κεφάλαιο περιγράφει την πιλοτική μελέτη, η οποία στόχευσε στον προσδιορισμό του βέλτιστου ψηφιακού περιβάλλοντος ανάπτυξης ενός εκπαιδευτικού πλαισίου για το γνωστικό αντικείμενο της δομής της ύλης, με παράδειγμα εφαρμογής τα μόρια των υδρατμών (αέρια κατάσταση του νερού), απευθυνόμενο σε μαθητές με ελαφρά ΝΑ.

### **4.1. Περίληψη**

Σκοπός της πιλοτικής μελέτης ήταν η διερεύνηση των παραγόντων για τη σχεδίαση του βέλτιστου ψηφιακού περιβάλλοντος διδασκαλίας περιεχομένου Φυσικής σε μαθητές με ΝΑ που φοιτούν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Ερευνητικοί άξονες της πιλοτικής μελέτης αποτέλεσαν η διερεύνηση: α) της αναπαράστασης των μορίων των υδρατμών (παρουσίαση και περιγραφή, θέση και κίνηση) και β) της προτίμησης των συμμετεχόντων μεταξύ δύο συναρπαστικών περιβαλλόντων, ενός περιβάλλοντος Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality-VR) και ενός αντίστοιχου Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality-AR) για την αναπαράσταση των μορίων των υδρατμών σε μαθητές με ΝΑ.

Τρεις ομάδες ειδικών (με γνωστικά αντικείμενα Φυσική/Ειδική Εκπαίδευση, Εκπαιδευτική Τεχνολογία και Διδακτική της Φυσικής) και ένας μαθητής λυκείου με ΝΑ αλληλεπίδρασαν με διαφορετικές εκδόσεις ενός VR και ενός AR περιβάλλοντος, μέσω των οποίων προσομοιώθηκαν τα μόρια των υδρατμών. Στη συνέχεια, οι συζητήσεις της ομάδας εστίασης υπογράμμισαν σημαντικά ευρήματα σχετικά με την παρουσία, την νόσο του προσομοιωτή, την αποδοχή και την ικανοποίηση των συμμετεχόντων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ειδικοί προτίμησαν τη συμμετοχή παρά τις ρεαλιστικές αναπαραστάσεις. Η χρήση του επαυξημένου ή του εικονικού περιβάλλοντος φάνηκε να εξαρτάται από τους εκπαιδευτικούς στόχους και τις στρατηγικές που βασίστηκαν στο ακαδημαϊκό προφίλ κάθε μαθητή με ΝΑ.

### **Ερευνητικοί άξονες και ερευνητικά ερωτήματα**

Αυτή η εργασία αποτελεί μια πρώτη προσπάθεια ενός εκπαιδευτικού σχεδιασμού που υποστηρίζεται από τεχνολογία για μαθητές με ΝΑ. Στην παρούσα διερευνητική φάση, μια μελέτη ομάδας εστίασης διερεύνησε τους τρόπους με τους οποίους τα μόρια νερού σε αέρια κατάσταση μπορούν να αναπαρασταθούν τόσο σε περιβάλλον μάθησης VR όσο και σε AR. Η προσέγγιση βασίστηκε στο πρόγραμμα σπουδών γενικής τάξης και δημιουργήθηκε ώστε να επιτρέπει στους συμμετέχοντες να βιώσουν τα μόρια υδρατμών στις μικροσκοπικές δυναμικές τους καταστάσεις.

## 4.2. Μέθοδος

### 4.2.1. Εξοπλισμός

Δημιουργήθηκαν δύο διαφορετικές εκδόσεις υλικού για τη σύγκριση των δύο περιβαλλόντων εμβύθισης (immersive VR και AR), της συσκευής Oculus Rift VR (εικονικό περιβάλλον) και της συσκευής γυαλιών Magic Leap One™ AR (επαυξημένο περιβάλλον). Τα γυαλιά VR έχουν ανάλυση 1280 × 1440 ανά μάτι, οπτικό πεδίο 110 μοιρών και ρυθμό ανανέωσης 80Hz. Συνδέθηκαν σε υπολογιστή με Windows 10 64bit με CPU Intel Core i5-9600KF 3,70GHz, 16 GB RAM, 250 GB NVMe M2 SSD και κάρτα γραφικών NVIDIA GeForce GTX 1660. Η συσκευή ΕΠ είναι ένας συνδυασμός διάφανων γυαλιών Επαυξημένης Πραγματικότητας και ενός αυτόνομου υπολογιστή που λειτουργεί σε λειτουργικό σύστημα Lumin. Αυτό το χωρικό λειτουργικό σύστημα μπορεί να αναγνωρίσει και να κατανοήσει διαφορετικά περιβάλλοντα, να τροφοδοτήσει οπτικά υψηλής πιστότητας και να διασφαλίσει ότι το ψηφιακό εικονικό περιεχόμενο ταιριάζει με τον πραγματικό κόσμο. Η συσκευή χρησιμοποιεί υπερσύγχρονο υλικό, όπως 64-bit CPU, 256 CUDA core GPU, 128 GB storage και, αρκετούς αυτόνομους αισθητήρες κεφαλής και κάμερες. Τα γυαλιά σε κάθε περίπτωση παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.1.



Εικόνα 4.1. Η συσκευή Oculus Rift VR (εικονικό περιβάλλον) και η συσκευή Magic Leap One™ AR (επαυξημένο περιβάλλον).

### 4.2.2. Σχεδίαση και ανάπτυξη ψηφιακών περιβαλλόντων

Για το σχεδιασμό της παρουσίασης του περιεχομένου ΦΕ σε μαθητές με ΝΑ, ακολουθήθηκαν οι οδηγίες για μαθητές τυπικής ανάπτυξης σε επίπεδο 5ης τάξης δημοτικού σχολείου (χρονολογικής ηλικίας 10-11 ετών). Η ταξινόμηση της ΝΑ υποδηλώνει ότι ο Δείκτης Νοημοσύνης εύρους 50 έως 69 ισοδυναμεί με τη νοητική ηλικία 9 έως 12 ετών τυπικά αναπτυσσόμενων παιδιών (AAMD, ICD 10; Bhaumik et al., 2016, σ. 418; Schuchardt et al., 2010; Σούλης, 2020; WHO, 2021). Οι μαθητές σε μεσαίες τάξεις ή και μεγαλύτεροι μαθαίνουν για το μοντέλο σωματιδίων που αναγνωρίζει έννοιες ατόμων ή μορίων, οι οποίες εισάγονται στο πλαίσιο αριθμητικών υπολογισμών για τις χαρακτηριστικές ιδιότητες των τριών καταστάσεων της ύλης (Johnson, 1998).

### 4.2.3. Αναπαράσταση του μορίου του νερού

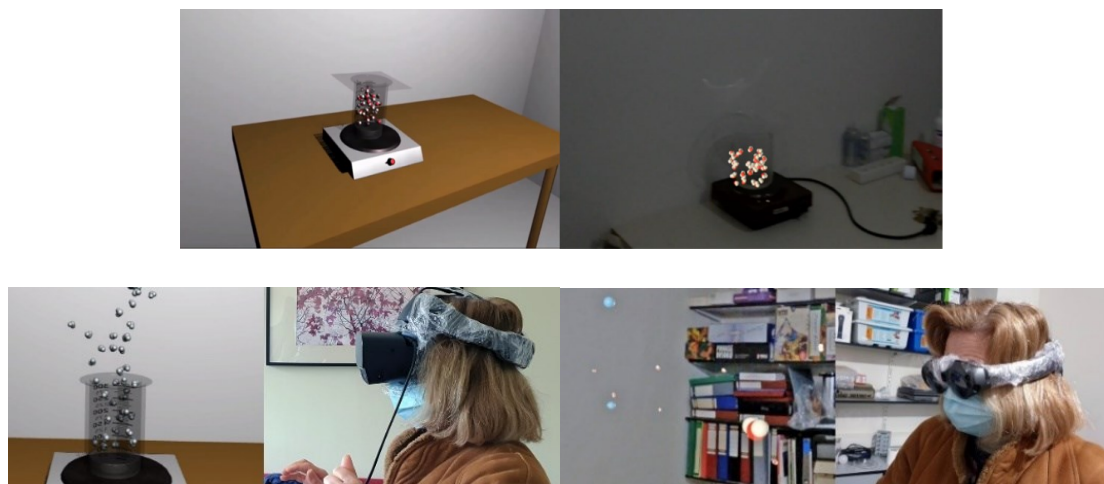
Η οπτικοποίηση των μορίων του νερού αποκάλυψε τη μικροσκοπική συμπεριφορά των υδρατμών. Τα μόρια του νερού αντιπροσωπεύτηκαν χρησιμοποιώντας το μοντέλο πλήρωσης χώρου (space filling model, Εικ. 4.2.) (Batsanov, 2001; Goodsell & Jenkinson, 2018; Koltun, 1965). Ουσιαστικά, απεικονίστηκε μια ομάδα δύο τύπων σφαιρών, ο ένας τύπος αφορούσε το άτομο του οξυγόνου (O) και ο άλλος τα δύο άτομα του υδρογόνου (H). Κάθε άτομο οξυγόνου παραστάθηκε συνδεδεμένο με δύο άτομα υδρογόνου, κινούμενο ως ένα ολόκληρο σύστημα με τη δυναμική κατάσταση των υδρατμών. Η αναπαράσταση του μοντέλου βασίστηκε στα χαρακτηριστικά της ατομικής δομής του νερού, δηλαδή στην ακτίνα van der Waals των O (1,4Å) και H (1,2Å), στη σχετική απόσταση μεταξύ των κέντρων τους (0,957Å) και στη γωνία προσανατολισμού (104,5°). Η δύναμη της βαρύτητας, οι ταχύτητες των μορίων, οι μεταβλητές θέσης και προσανατολισμού, η επιτάχυνση, η περιστροφή και οι δυνάμεις αλληλεπίδρασης κατά τις ελαστικές κρούσεις υπολογίστηκαν κατά προσέγγιση με τη χρήση της μηχανής Φυσικής PhysX του Nvidia. Διεξήχθησαν αρκετές δοκιμές για να αποφασιστεί ο συνολικός αριθμός των μορίων που θα εμφανιστούν και οι ταχύτητες των μορίων και στα δύο περιβάλλοντα. Τελικά, για να λειτουργεί η εφαρμογή ομαλά και στα δύο περιβάλλοντα χρησιμοποιήθηκαν 40 μόρια. Η αρχική τους ταχύτητα αντιστοιχίστηκε τυχαία από το εύρος (-0,5, +0,5) m/sec σε καθεμιά από τις 3 διαστάσεις του χώρου.



Εικόνα 4.2. Space filling model για το μόριο του νερού.

Για την αξιολόγηση της παιδαγωγικής προστιθέμενης αξίας του χρώματος για το σχεδιασμό του μορίου του νερού, παρουσιάστηκαν δύο τύποι του μοντέλου, ένα μονόχρωμο (σε αποχρώσεις που δίνουν την εντύπωση της άχρωμης κατάστασης) και ένα δίχρωμο. Προκειμένου να αποφευχθούν πιθανές παρανοήσεις σχετικά με το χρώμα των ατόμων και των μορίων (το χρώμα στην πραγματικότητα δεν υπάρχει), επελέγη ένα φυσικό γκρι χρώμα για το μονόχρωμο μοντέλο με έμφαση το σχήμα του μορίου. Το δίχρωμο μοντέλο μορίων βασίστηκε στην ευρέως αποδεκτή σύμβαση του σχεδίου χρωματισμού CPK (Koltun, 1965). Για την ανάπτυξη της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ανάπτυξης Unity 3D. Ο προγραμματισμός του περιβάλλοντος πραγματοποιήθηκε στη γλώσσα C#. Για την αναδημιουργία του φυσικού κόσμου χρησιμοποιήθηκαν το Sweet Home 3D και το Blender.

Τέλος, αναπτύχθηκαν τέσσερις διαφορετικές εκδόσεις του μαθησιακού περιβάλλοντος, σε σχέση με το περιεχόμενο της Φυσικής. Δηλαδή, υπήρχαν δύο εκδόσεις για το εικονικό περιβάλλον, μία μονόχρωμη και μία έγχρωμη, και δύο αντίστοιχες εκδόσεις για το επαυξημένο περιβάλλον σύστημα (Εικ. 4.3.).



Εικόνα 4.3. Στιγμιότυπα από τα δύο περιβάλλοντα στη διάρκεια της εφαρμογής.

#### 4.2.4. Συμμετέχοντες και συλλογή δεδομένων

Στην παρούσα μελέτη εφαρμόστηκε η μέθοδος ομάδας εστίασης για λεπτομερή ποιοτική αξιολόγηση ως προς τις προοπτικές των ειδικών χρηστών σχετικά με την αναπαράσταση των μορίων νερού τόσο σε περιβάλλον μάθησης VR όσο και σε AR (Bryman, 2016; Wilkinson, 1998). Η ομάδα εστίασης αφορούσε ένα σύνολο αλληλεπιδράσεων συμμετεχόντων που επέτρεψε να διερευνηθούν σε βάθος τρόποι κατανόησης και ερμηνείας των εμπειριών των συμμετεχόντων. Οι συμμετέχοντες ήταν επαγγελματίες των ακόλουθων ερευνητικών τομέων: Φυσική/Ειδική Εκπαίδευση ( $n=3$ ), Εκπαιδευτική Τεχνολογία ( $n=3$ ) και Διδακτική της Φυσικής ( $n=4$ ), προκειμένου να αποκτηθεί μια ολιστική προοπτική στον ψηφιακό σχεδιασμό για την υποστήριξη της διδασκαλίας της Φυσικής για όλους τους μαθητές.

Επιπλέον, ένας μαθητής 18 ετών με ελαφρά ΝΑ αλληλεπίδρασε με τα δύο περιβάλλοντα. Ο μαθητής παρουσίαζε χαμηλό επίπεδο ανάγνωσης και κατανόησης και φοιτούσε στο Ενιαίο Ειδικό και Επαγγελματικό Γυμνάσιο και Λύκειο (ΕΝΕΕΓΥΛ) Ιωαννίνων.

Μετά την περιγραφή του σκοπού του πειράματος παρουσιάστηκε στην ομάδα εστίασης η δομή των βασικών ερωτήσεων ως προς τους άξονες της παρουσίας, της αποδοχής, της νόσου του προσομοιωτή και της εμπειρίας, η οποία αξιολογήθηκε μέσω ερωτήσεων όπως «Πόσο απολάυσατε την εμπειρία;». Επιπλέον, χορηγήθηκαν δημογραφικές ερωτήσεις ως

προς την εμπειρία χρήσης υπολογιστή, βιντεοπαιχνιδιών, εικονικής πραγματικότητας και επαυξημένης πραγματικότητας.

#### **4.2.5 Διαδικασία**

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε δύο ξεχωριστές αίθουσες του Εργαστηρίου Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση (Earthlab, <http://earthlab.uoi.gr/>), στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Λόγω του COVID-19, λήφθηκαν μέτρα προστασίας, όπως μάσκες και χρήση αντισηπτικού, ανανέωση του αέρα στους χώρους και ασφαλή προστασία των συσκευών (HMD, γυαλιά, χειριστήρια, πληκτρολόγια, ποντίκια) με διαφανή μεμβράνη μιας χρήσεως.

Όλοι οι συμμετέχοντες έλαβαν εξατομικευμένες οδηγίες για να ολοκληρώσουν κάθε στάδιο. Όταν ενεργοποιήθηκαν τα γυαλιά του εικονικού συστήματος HMD ή του επαυξημένου συστήματος AR, ο συμμετέχων μπορούσε να δει ένα κλειστό εικονικό ή αντίστοιχα πραγματικό δοχείο ζέσης που περιείχε μια μικρή ποσότητα εικονικού υγρού ή πραγματικού νερού και εικονικών μορίων (Εικ. 4.3.). Τα εικονικά μόρια κινούνται, συγκρούονται μεταξύ τους ή με τα τοιχώματα του δοχείου. Μετά την αφαίρεση του εικονικού ή του πραγματικού καπακιού, τα μόρια απελευθερώνονταν και μπορούσαν να κινηθούν ελεύθερα και να διαχέονται στον διαθέσιμο χώρο μέσα στο εικονικό ή στο πραγματικό δωμάτιο. Κατά την τελευταία φάση του πειράματος, πολλά μόρια διαφορετικού τύπου εμφανίστηκαν στον ελεύθερο χώρο του δωματίου.

Οι συμμετέχοντες μπορούσαν να κινηθούν στο χώρο του δωματίου παρατηρώντας τα μόρια του νερού στο εικονικό ή το πραγματικό δωμάτιο αντίστοιχα. Ο χρόνος αλληλεπίδρασης ήταν 8-10 λεπτά και το επίπεδο αλληλεπίδρασης και ελέγχου ταξινομήθηκε σε διερευνητικό. Όσον αφορά αυτόν τον τύπο αλληλεπίδρασης, οι συμμετέχοντες μπορούσαν ελεύθερα να μετακινηθούν στον εικονικό ή επαυξημένο κόσμο και να επιλέξουν πού να κοιτάξουν χωρίς να αλληλεπιδράσουν με τα εικονικά ή πραγματικά αντικείμενα (Vergara et al., 2017). Στο τέλος της πλοήγησης στο χώρο, ο ερευνητής βοήθησε κάθε συμμετέχοντα να αφαιρέσει τα γυαλιά και ρώτησε για τη σχετική εμπειρία. Στην περίπτωση του μαθητή με ελαφρά ΝΑ, η διαδικασία πρόσθετα υποστηρίχθηκε μέσω της καθοδήγησης και των τεχνικών της Ειδικής Εκπαίδευσης ώστε ο μαθητής να εξοικειωθεί με τον εξοπλισμό και να εμπλακεί στην ιδέα του πειράματος, το οποίο ουσιαστικά περιγράφει ένα καθημερινό φαινόμενο ενός δοχείου που θερμαίνεται.

### 4.3. Αποτελέσματα

Η ενότητα των αποτελεσμάτων οργανώνεται σύμφωνα με τα ποιοτικά δεδομένα που προέκυψαν από την συζήτηση των ομάδων εστίασης. Τα ευρήματα μπορούν να συνοψιστούν στους άξονες: ποιότητα περιεχομένου, σχεδιασμός, τομέας επίδρασης (χωρική παρουσία και νόσος προσομοίωσης) και γενικές επισημάνσεις – συνολική εμπειρία.

#### 4.3.1 Ομάδες εστίασης

Οι συμμετέχοντες ανέφεραν υψηλή εμπειρία σε υπολογιστές, πολύ χαμηλή έως μέτρια εμπειρία βιντεοπαιχνιδιών και περιορισμένη έως υψηλή εμπειρία σε εφαρμογές εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας.

#### 4.3.2 Ποιοτική ανάλυση δεδομένων

**Ποιότητα περιεχομένου.** Η ποιότητα περιεχομένου περιλαμβάνει τις παραμέτρους του χρώματος, του μεγέθους, της ταχύτητας και του αριθμού των μορίων. Όσον αφορά το χρώμα των μορίων, όλοι οι συμμετέχοντες συμφώνησαν ότι η άχρωμη έκδοση του μορίου ήταν πλησιέστερα στην επιστημονικά παραδεκτή άποψη. Ωστόσο, θα προτιμούσαν την έγχρωμη έκδοση για εκπαιδευτική αξιοποίηση. Οι συμμετέχοντες συμφώνησαν με τον αριθμό των μορίων και με το μέγεθός τους ως κατάλληλο για διδασκαλία. Ομοίως για την ταχύτητα. Ένας από τους συμμετέχοντες θα προτιμούσε μικρότερη ταχύτητα για να παρατηρήσει ακριβέστερα την κίνηση των μορίων.

**Σχεδιασμός.** Ο άξονας του σχεδιασμού διερευνά τη στάση των συμμετεχόντων απέναντι στη χρήση του εικονικού και επαυξημένου περιβάλλοντος που βασίστηκε στο μοντέλο αποδοχής τεχνολογίας (Mao et al., 2017). Οι συμμετέχοντες ανέφεραν ότι η απεικόνιση των μορίων του νερού από το μοντέλο πλήρωσης χώρου ήταν πολύ πειστική. Όλοι τους ανέφεραν ότι τα εικονικά μόρια βοηθούν στην κατανόηση της δομής της ύλης. Επιπλέον, ανέφεραν ότι και τα δύο γυαλιά VR και AR ήταν εύχρηστα και θεωρήθηκαν πολύ χρήσιμα στις εκπαιδευτικές διαδικασίες. Κατά συνέπεια, οι στάσεις απέναντι στα γυαλιά VR και AR ήταν πολύ θετικές και οι συμμετέχοντες θα ήθελαν πολύ να τα χρησιμοποιήσουν στο μέλλον για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Μερικά ενδεικτικά σχόλια ήταν τα ακόλουθα:

*«Φαίνονται να ανήκουν στο χώρο. Μπορούσα να νιώσω τις συγκρούσεις!»* (ειδικός στη Φυσική/Ειδική εκπαίδευση).

*«Αυτό είναι καταπληκτικό! Νιώθω ότι περιβάλλομαι από αυτά»* (ειδικός στην Εκπαιδευτική Τεχνολογία).

*«Μου άρεσε που συγκρούστηκαν»* (ειδικός στη Διδακτική της Φυσικής).

*«Θυάου! Νομίζεις ότι θα το πιάσεις!»* (ειδικός στη Διδακτική της Φυσικής).

Όσον αφορά τη σύγκριση των δύο περιβαλλόντων (τεχνολογίες εικονικού περιβάλλοντος VR και επαυξημένου περιβάλλοντος AR), ακολουθούν ενδεικτικά σχόλια.

#### **Σχόλια για την τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας-VR:**

«Δεν μπορούσα να διακρίνω το περίγραμμα των μορίων στο AR. Η ανάλυση ήταν χαμηλή. Συγκρίνοντας τα δύο περιβάλλοντα, η VR ήταν σαφώς πολύ καλύτερη» (ειδικός στη Διδακτική της Φυσικής).

«Το VR μου δίνει το κίνητρο να περιηγηθώ. Κατά τη διάρκεια της εμπειρίας AR έπρεπε να κρατήσω μια απόσταση, για να παρατηρήσω πιο καθαρά. Το ορθογώνιο (τεχνικές διαστάσεις οθόνης σε AR) με έκανε πολύ δύσκολο για μένα - κόπηκε στα μισά. Αν μετακινήσω το κεφάλι μου πίσω, θα μου κοπεί και θα με εμπόδιζε να πλησιάσω. Το VR μου έδωσε μια ευρύτερη εικόνα»(ειδικός στη Διδακτική της Φυσικής).

«Το VR απεικονίζει καλύτερα την αναπαράσταση, αλλά θα επέλεγα το άλλο (AR), λόγω περισσότερης ελευθερίας κινήσεων» (ειδικός στη Φυσική/Ειδική Εκπαίδευση).

#### **Σχόλια για την τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας-AR:**

«Νιώθεις απομονωμένος στο VR. Είναι παγίδα. Αλλά εδώ (AR) είναι απολύτως φυσικό. Νιώθεις πολύ καλύτερα στο AR, βλέπεις ολόκληρο το χώρο. Είναι ένα βήμα παραπέρα στο AR» (ειδικός στη Διδακτική της Φυσικής).

«Το VR σε κάνει να νιώθεις πιο χαμένος. Το AR φαίνεται να είναι ευκολότερο στη χρήση, καθώς τα γυαλιά ήταν ελαφριά» (ειδικός στη Διδακτική της Φυσικής).

«Το AR είναι πιο ενδιαφέρον γιατί μπορώ επίσης να δω πού ακριβώς είμαι μέσα στο χώρο. Επιπλέον, θα μπορούσα να νιώσω τις συγκρούσεις με καλύτερο τρόπο. Ήταν πιο πραγματικό. φαινόταν να ανήκουν στο χώρο. Αντίθετα, το VR φαινόταν πιο ψεύτικο. Τα μόρια φάνηκαν να είχαν σταματήσει νωρίτερα» (ειδικός στη Φυσική/Ειδική Εκπαίδευση).

**Τομέας επίδρασης.** Ο τομέας επίδρασης ήταν η χωρική παρουσία και η νόσος προσομοίωσης. Η συζήτηση σχετικά με τη χωρική παρουσία βασίστηκε στο ερωτηματολόγιο χωρικής παρουσίας (Lombard, 2009). Όλοι οι συμμετέχοντες ανέφεραν ότι ένιωθαν ότι ήταν στο ίδιο μέρος είτε εικονικό είτε πραγματικό, με τα εικονικά μόρια. Ένωσαν επίσης τα μόρια να τους αγγίζουν τόσο στο VR όσο και στο AR. Μια σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε όταν οι συμμετέχοντες ρωτήθηκαν για την εμπειρία, η οποία στο περιβάλλον ΕΠ προσδιορίστηκε με τα γεγονότα σαν να συμβαίνουν στην πραγματικότητα, ενώ στο VR σαν να συμβαίνουν μέσα από οθόνες. Ακολουθούν ορισμένα ενδεικτικά σχόλια.

«Ήθελα να είμαι ανάμεσά τους (στα μόρια)» (ειδικός στη Διδακτική της Φυσικής).

«Εντυπωσιακό! Νομίζεις ότι θα τα αγγίξεις!»(ειδικός στη Διδακτική της Φυσικής).

«Ήθελα να τα αγγίξω» (ειδικός στη Διδακτική της Φυσικής).

Η συζήτηση για την νόσο του προσομοιωτή βασίστηκε στο ερωτηματολόγιο για τη «Νόσο Προσομοίωσης» (Simulator Sickness) (Vonk, 2018). Όλοι οι συμμετέχοντες ανέφεραν ότι τα συναισθήματά τους για όλες τις ομάδες συμπτωμάτων (ναυτία, κίνηση οφθαλμών και αποπροσανατολισμός) ήταν πολύ χαμηλά και για τα δύο περιβάλλοντα.

**Συνολική εμπειρία.** Όσον αφορά τη συνολική εμπειρία, η ικανοποίηση των συμμετεχόντων ήταν πολύ υψηλή. Αυτό υποστηρίζεται από τη στάση τους απέναντι στα γυαλιά, όπου πολλοί δήλωσαν ότι εντυπωσιάστηκαν από το γεγονός ότι μπορούσαν να δουν τα αόρατα μόρια του νερού σε ένα πολύ ζωντανό τρόπο. Όλοι ανέφεραν τη θετική τους προοπτική σχετικά με τη χρήση αυτών των ψηφιακών εργαλείων σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες.

Όσον αφορά τη διαδικασία διδασκαλίας για μαθητές με ΝΑ, οι συμμετέχοντες συνέστησαν στις παρεμβάσεις να λάβουν υπόψη τις συγκεκριμένες ανάγκες τους. Για παράδειγμα, οι μαθητές με ΝΑ παρουσιάζουν δυσκολίες στη διαδικασία διάκρισης, επομένως πρέπει να παρατηρούν καθαρά τα χρώματα, τα σχήματα και τις διαστάσεις των αντικειμένων. Επιπλέον, είναι σημαντικό για αυτούς τους μαθητές να παραμείνουν επικεντρωμένοι στο συγκεκριμένο μαθησιακό έργο λόγω των ελλειμμάτων τους στη συγκέντρωση.

Ο μαθητής με ΝΑ που συμμετείχε στη μελέτη, ανέφερε πολύ χαμηλή εμπειρία σε υπολογιστές, μηδενική εμπειρία σε βιντεοπαιχνίδια ή εμπειρία VR/AR. Όσον αφορά τη χωρική παρουσία, είπε ότι οι «μικρές μπάλες» (μόρια) βρίσκονταν στο ίδιο σημείο που βρισκόταν, και θα ήθελε να τις αγγίξει. Ανέφερε επίσης ότι στη VR έμοιαζε να βλέπει μέσα από οθόνες, αλλά η AR φαίνεται να μοιάζει να είναι μέσα στο πραγματικό δωμάτιο. Ο μαθητής ήταν ικανοποιημένος με τις συσκευές κεφαλής και ειδικά τα γυαλιά AR και ανέφερε ότι τον βοήθησαν να μάθει «νέα πράγματα» και θα ήθελε να τα χρησιμοποιήσει στο μέλλον. Όσον αφορά τα μόρια, προτίμησε τα χρωματιστά και θα ήθελε το μέγεθος να είναι μεγαλύτερο από αυτό που είχαν τα μόρια. Ο μαθητής συνοδευόταν από τον φροντιστή του, ο οποίος συμμετείχε επίσης στο πείραμα. Ένα από τα εντυπωσιακά του σχόλια ήταν:

*«Θα πήγαινα ξανά στο σχολείο αν όλα τα θέματα διδάσκονταν σαν αυτό!»*

#### **4.4. Συμπεράσματα**

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι δύο τεχνολογικές προσεγγίσεις (VR και AR) προσέφεραν θετικές εμπειρίες και δυνατότητες στην εκπαίδευση Φυσικής για μαθητές με ΝΑ. Ένας συνδυασμός προσαρμοσμένου υλικού και διδακτικών προσεγγίσεων θα μπορούσε να ενισχύσει τη μάθηση αφηρημένων εννοιών μέσω της τρισδιάστατης αναπαράστασης



αόρατων φαινομένων που ενισχύουν την κατανόηση για μαθητές με ΝΑ σύμφωνα με το πρόγραμμα σπουδών γενικής εκπαίδευσης (Smith & Plumley, 2016).

Η υπάρχουσα βιβλιογραφία δεν φαίνεται να παρέχει κάποια πρόταση σχετικά με το σχεδιασμό που βασίζεται σε VR ή AR περιβάλλοντα για τη συμπερίληψη μαθητών με ΝΑ στην απόκτηση περιεχομένου Φυσικής. Επομένως, ο σχεδιασμός και η αξιολόγηση ενός πλαισίου προτάσεων σχετικών με το πρόγραμμα σπουδών και τη βιβλιογραφία εξετάστηκαν για μαθητές ΝΑ ηλικίας 9-12 ετών, των οποίων η χρονολογική ηλικία συσχετίστηκε με το επίπεδο της ελαφράς ΝΑ (AAMD, ICD10; Bhaumik et al., 2016, σ. 418; Schuchardt et al., 2010; Σούλης, 2020; WHO, 2021). Τα κύρια ευρήματα επισημαίνουν τη σημασία της επιλογής χρώματος για τα μόρια των υδρατμών, σε συμφωνία με τις αντίστοιχες οδηγίες για τη γενική εκπαίδευση. Η επιλογή ανάμεσα στα περιβάλλοντα εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας φαίνεται να εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά και τις προτιμήσεις των μαθητών με ΝΑ. Ερευνητικά σχέδια μεμονωμένου ατόμου θα μπορούσαν να δώσουν ευρήματα με περισσότερο βάθος. Η παρούσα πιλοτική μελέτη αποτελεί το υπόβαθρο για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός ψηφιακού περιβάλλοντος επαυξημένης πραγματικότητας για τη μελέτη της δομής της ύλης και των καταστάσεων της για μαθητές με ΝΑ.

Κύριος λόγος επιλογής του περιβάλλοντος ΕΠ αποτελεί η σημασία της εξοικείωσης και της καλής προσαρμογής των μαθητών με ΝΑ σε ένα ασφαλές και ρεαλιστικό μαθησιακό περιβάλλον, το οποίο αφενός συμπληρώνει την πραγματικότητα μέσω της ακριβούς καταχώρησης ψηφιακών τρισδιάστατων αντικειμένων και αφετέρου παρέχει αλληλεπιδράσεις σε πραγματικό χρόνο. Η ζητούμενη και επιθυμητή εξοικείωση των μαθητών με το χώρο διεξαγωγής των μαθησιακών δραστηριοτήτων στοχεύει στη μείωση των δυσκολιών που επιφέρει ο συγκεκριμένος τύπος αναπηρίας στους διάφορους τομείς (ακαδημαϊκό, επικοινωνιακό – κοινωνικό, πρακτικό τομέα), καθιστώντας το νέο μαθησιακό περιβάλλον οικείο με την καθημερινή εμπειρία των μαθητών. Σε αντίθεση με την ΕΠ, ένα συνθετικό ψηφιακό περιβάλλον, όπως η εικονική πραγματικότητα, προϋποθέτει μεγαλύτερο χρόνο προσαρμογής, καθώς το μαθησιακό περιβάλλον που δημιουργεί είναι αποκομμένο από τον πραγματικό κόσμο (Azuma, 1997, 2001). Συνολικά, η ΕΠ φαίνεται να μπορεί να επιδράσει θετικά στην συναισθηματική κατάσταση των μαθητών με ΝΑ, αρχικά να διευκολύνει και να ενισχύσει τη μαθησιακή διαδικασία και στη συνέχεια να βελτιώσει τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών με ΝΑ.

## Κεφάλαιο V: Κύρια Έρευνα

Η παρούσα μελέτη στοχεύει να αξιολογήσει τη συμβολή της αναδυόμενης τεχνολογίας της επαυξημένης πραγματικότητας στη διδασκαλία και τη μάθηση ΦΕ για μαθητές με ΝΑ. Η αλληλεπίδραση με το επαυξημένο φυσικό περιβάλλον υλοποιείται μέσω προηγμένων γυαλιών ΕΠ και η μεθοδολογία ακολουθεί το ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου.

Η ανάπτυξη εννοιών και δεξιοτήτων των μαθητών στο αφηρημένο περιεχόμενο της δομής της ύλης για τις φάσεις του νερού, το οποίο επιλέχθηκε ως παράδειγμα εφαρμογής, αξιολογείται ως προς το βασικό λεξιλόγιο και την κατανόηση των μαθητών σύμφωνα με τα επίπεδα της αναθεωρημένης ταξινομίας του Bloom (Anderson & Kratwohl, 2001). Οι κατευθυντήριες γραμμές για τον σχεδιασμό της παρέμβασης ευθυγραμμίζονται με τις θεωρίες μάθησης, ειδικότερα το διδακτικό μοντέλο της διερευνητικής μάθησης βασίζεται στον εποικοδομητισμό (οικοδόμηση γνώσης) και η συστηματική διδασκαλία στον συμπεριφορισμό. Σημαντική διαφοροποίηση των δύο κατέχει ο ρόλος του μαθητή, ο οποίος μαθητής εμπλέκεται ενεργά στη διαδικασία της διερεύνησης, αναλαμβάνοντας πρωτοβουλίες σε αντίθεση με τη συστηματική διδασκαλία όπου ακολουθεί τις ενέργειες που επιλέγει και καθοδηγεί ο εκπαιδευτικός.

Η γενική ιδέα της εμπειρικής μελέτης έγκειται στο γεγονός ότι οι μαθητές με ελαφρά ΝΑ παρακολουθούν μαθήματα Φυσικής με βάση το πρόγραμμα γενικών σπουδών, ωστόσο συχνά αποτυγχάνουν στην κατανόηση εννοιών Φυσικής και κατά συνέπεια στην απόκτηση γραμματισμού ΦΕ. Οι στόχοι διακρίνονται σε γνωστικούς, συναισθηματικούς και ψυχοκινητικούς, διατυπώνονται τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα και περιγράφονται οι δραστηριότητες για την υλοποίηση των στόχων. Μέσω πολλαπλών δοκιμασιών σχεδιάζεται η συνεχής αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων η οποία υλοποιείται στο τέλος κάθε συνεδρίας και αναφέρεται στη σύγκριση του εκάστοτε μαθητή ως προς τον εαυτό του. Πρόσθετα αξιολογείται η συνολική εμπειρία των μαθητών μέσω ερωτήσεων κοινωνικής εγκυρότητας.

Με βάση τη βιβλιογραφία για τη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητών με ΝΑ χρειάζεται να εφαρμοστούν διδακτικές προσεγγίσεις που να προσφέρουν κίνητρα συμμετοχής, συγκέντρωση προσοχής και παροχή οπτικών αναπαραστάσεων για την βέλτιστη κατανόηση και ενίσχυση της μνήμης των μαθητών.

Αξιοποιούνται οι τεχνολογικές παροχές της ΕΠ για της εφαρμογή μιας ακολουθίας δραστηριοτήτων ΕΠ σε αφηρημένο περιεχόμενο Φυσικής που ενσωματώνει αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων. Η ακολουθία των δραστηριοτήτων βασίζεται στις αρχές

καθολικού σχεδιασμού, στην αξιοποίηση των τεχνολογικών και μαθησιακών παροχών (technological and learning affordances) και στην ταξινόμια Bloom. Για τον σχεδιασμό της κύριας έρευνας θεωρήθηκαν οι τέσσερις άξονες:

α) οι προηγούμενες ή αρχικές ιδέες των μαθητών για τις φάσεις του νερού μακροσκοπικά και μικροσκοπικά, σε επίπεδο Ε΄ τάξης δημοτικού. Αυτό το επίπεδο αντιστοιχίζεται στον βαθμό της ελαφράς ΝΑ σύμφωνα με την ταξινόμηση της ΝΑ (Bhaumik et al., 2016).

β) η συστηματική ανασκόπηση της ερευνητικής βιβλιογραφίας ως προς το περιεχόμενο της διδασκαλίας η οποία συμπεριέλαβε

- τη διδασκαλία των ΦΕ μέσω της ΨΤ σε μαθητές με ΝΑ
- τη διερεύνηση στη διδασκαλία ΦΕ μέσω της ΨΤ σε μαθητές με ΝΑ
- τις αρχές και τις κατευθυντήριες γραμμές του καθολικού σχεδιασμού
- τις τεχνολογικές παροχές για το σχεδιασμό μιας παρέμβασης μέσω ΨΤ

γ) τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών και τα πρότυπα για τις ΦΕ και

δ) τα συμπεράσματα της πιλοτικής έρευνας.

### **5.1. Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα**

Ο σκοπός της εμπειρικής μελέτης είναι να εξετάσει την επίδραση της ΕΠ στα μαθησιακά αποτελέσματα μαθητών με ελαφρά ΝΑ που φοιτούν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση κατά τη διδασκαλία αφηρημένου περιεχομένου Φυσικής, συγκεκριμένα για τις φάσεις του νερού, με κύρια διαφοροποίηση τη διδακτική προσέγγιση. Σε τρεις από τους έξι μαθητές εφαρμόζεται δομημένη διερεύνηση και στους υπόλοιπους τρεις συστηματική διδασκαλία με συμπληρωματικές τεχνικές. Στις δύο προσεγγίσεις εφαρμόζεται ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου και αναλύονται τα μαθησιακά αποτελέσματα μέσω οπτικής ανάλυσης.

Η πρόοδος των μαθητών συνίσταται στην απόκτηση των επιστημονικών όρων που σχετίζονται με τις φάσεις του νερού, την περιγραφή των μορίων του νερού, τη διάταξη και την κίνησή τους στη στερεά, υγρή και αέρια κατάσταση αντίστοιχα. Διατυπώθηκαν τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

1. Ποια είναι η επίδραση της παρέμβασης μέσω της τεχνολογίας ΕΠ στην απόκτηση του περιεχομένου Φυσικής «οι φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο» σε μαθητές με ελαφρά ΝΑ;
2. Διατήρησαν οι μαθητές με ελαφρά ΝΑ τους όρους για τις φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο στην πάροδο του χρόνου χωρίς την αξιοποίηση της ψηφιακής τεχνολογίας;

3. Γενίκευσαν οι μαθητές με ελαφρά ΝΑ τους στοχευμένους όρους για τις φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο και τους εφάρμοσαν σε άλλο παρόμοιο περιεχόμενο ή/και σε άλλο πλαίσιο;
4. Ποια είναι η εμπειρία των μαθητών από τη χρήση των γυαλιών ΕΠ;

## 5.2. Μέθοδος

### 5.2.1. Γνωστικό αντικείμενο: οι φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο

Η κατανόηση της έννοιας της ύλης έγκειται στη θεμελιώδη αρχή ότι όλα τα σώματα του σύμπαντος αποτελούνται από μια ποσότητα ύλης, τη μάζα τους, η οποία διατηρείται συνολικά σταθερή σε κάθε μεταβολή φυσικής κατάστασης. Οι ιδιότητες των σωμάτων και οι μεταβολές των καταστάσεών τους ερμηνεύονται μέσω θεωριών που στηρίζονται σε σωματιδιακά μοντέλα, τα οποία περιγράφουν το μακροσκοπικό και μικροσκοπικό επίπεδο της δομής της ύλης. Σύμφωνα με τις προτάσεις των Προτύπων για τις ΦΕ της Επόμενης Γενιάς (Next Generation Science Standards, 2013, σσ. 104-138) «η ύλη κάθε μορφής μπορεί να υποδιαιρεθεί σε πολύ μικρά μη ορατά σωματίδια, εξακολουθεί να υπάρχει και μπορεί να ανιχνευθεί με άλλα μέσα. Ένα μοντέλο παρουσιάζει τα αέρια ως πολύ μικρά μη ορατά σωματίδια ύλης που κινούνται ελεύθερα στο χώρο και μπορεί να ερμηνεύσει παρατηρήσεις, συμπεριλαμβανομένων του μεγέθους και του σχήματος ενός μπαλονιού. Η ποσότητα της ύλης διατηρείται όταν αλλάζει μορφή, ακόμη και σε μεταβάσεις που φαίνεται να εξαφανίζεται».

Διδακτικοί στόχοι για την επίτευξη της κατανόησης της δομής της ύλης είναι οι μαθητές να μπορούν:

- να περιγράφουν και να ταξινομούν διαφορετικά υλικά με βάση τις ιδιότητες που παρατηρούν σε αυτά (φυσικές ιδιότητες όπως το χρώμα, η σκληρότητα, η ελαστικότητα, η ευθραυστότητα, η πυκνότητα),
- να αναλύουν τα δεδομένα του πρώτου σταδίου -προηγούμενου σημείου- και να προσδιορίζουν ποια υλικά έχουν τις ιδιότητες που προαναφέρθηκαν,
- να κάνουν παρατηρήσεις για να δημιουργούν μια τεκμηριωμένη περιγραφή του τρόπου με τον οποίο ένα αντικείμενο αποτελείται από ένα μικρό σύνολο μερών (μια μεγάλη ποικιλία αντικειμένων μπορεί να δημιουργηθεί από ένα μικρό σετ κομματιών μπορεί να αποσυναρμολογηθεί και να γίνει νέο αντικείμενο,
- να παρατηρούν αντιστρέψιμες αλλαγές κατά τη μεταβολή της θερμοκρασίας (π.χ. θέρμανση ή ψύξη του νερού).

Η ερευνητική βιβλιογραφία διαπιστώνει ότι οι περισσότεροι μαθητές όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων εμφανίζουν δυσκολίες στην κατανόηση των εννοιών για τη

δομή της ύλης (Adbo & Taber, 2009; Johnson & Papageorgiou, 2010; Morell et al., 2017; Nuić & Glažar, 2020). Πρόσθετα αναφέρεται ότι οι αρχικές ιδέες των μαθητών για την αντίληψη των καθημερινών εμπειριών τους διαφέρει σημαντικά από τις ιδέες των επιστημόνων (Driver et al., 1994) και αυτές ταξινομούνται σε κατηγορίες, όπως η διατήρηση της ύλης, η σύνθεση και η δομή της, οι φυσικές ιδιότητες και οι μεταβολές τους, καθώς και οι χημικές ιδιότητες και οι αντίστοιχες μεταβολές. Ο Andersson (1990) επεσήμανε ότι η συλλογιστική σκέψη των μαθητών ηλικίας 12 έως 16 ετών σχετικά με την ύλη ξεκινά από το μακροσκοπικό επίπεδο και φτάνει αργότερα στο μικροσκοπικό. Οι Piaget και Inhelder (1974/1941) ανέφεραν ότι η ιδέα των παιδιών ότι η ύλη αποτελείται από σωματίδια των οποίων οι ιδιότητες μοιάζουν με αυτές των ατόμων αρχίζει να αναπτύσσεται στην ηλικία των δέκα ετών. Οι Krnel και συνεργάτες (1998) υποστήριξαν ότι η κατανόηση του σωματιδιακού μοντέλου εξαρτάται από την ικανότητα των παιδιών να διαφοροποιούν αντικείμενα και ουσίες. Οι Liu και Lesniak (2004) κατασκεύασαν ένα αναπτυξιακό μοντέλο για την ύλη, σύμφωνα με το οποίο οι μαθητές αποκτούν δεξιότητες γνωστικού τομέα ανά ηλικιακό επίπεδο. Συγκεκριμένα, πρώτα προσδιορίστηκε το επίπεδο των αισθητηριοκινητικών δεξιοτήτων, το οποίο αντιστοιχίζεται με τις πρώτες τάξεις του δημοτικού, το επίπεδο των δεξιοτήτων αναπαράστασης για τις επόμενες τάξεις του δημοτικού και το ανώτατο επίπεδο των δεξιοτήτων αφηρημένου περιεχομένου στο γυμνάσιο. Συγκεκριμένα, η ανάπτυξη της έννοιας της ύλης ακολουθεί αλληλοκαλυπτόμενα κύματα κατανόησης τα οποία εκτείνονται από τις βασικές ιδέες για την ύλη (π.χ. ιδιότητες και αλλαγές για το νερό και τον αέρα), στη διατήρησή της και τις φυσικές και χημικές ιδιότητες και μεταβολές και καταλήγει στη δομή και σύνθεση της ύλης. Συνεπώς, η κατανόηση της έννοιας της ύλης σε μικροσκοπικό επίπεδο από τους μαθητές διέρχεται από το στάδιο της αρχικής διαισθητικής αντίληψης του μαθητή, της τροποποίησης των αρχικών νοητικών μοντέλων και της κατασκευής ιδεών, τεκμηριωμένων αναπαραστάσεων, ερμηνειών και συσχετισμών των φυσικών φαινομένων μέσω των δεξιοτήτων συλλογιστικής σκέψης και των μαθηματικών συνθέσεων, καταλήγοντας στην ακριβή επιστημονική γνώση (Arons, 1990).

Σε ερωτήματα όπως «από τι αποτελούνται τα υλικά σώματα, πώς μπορούμε να εξηγήσουμε τις ιδιότητές τους, τι αλλάζει όταν τα υλικά σώματα αλλάζουν μορφή, παραμένει κάτι ίδιο», η σωματιδιακή θεωρία μπορεί να δώσει απαντήσεις, καθώς σε αυτήν απέδωσε ο Feynman τον τεράστιο όγκο πληροφορίας ο οποίος περιέχεται στην κατανόηση του φυσικού κόσμου (Feynman et al., 1963). Πρόσθετα, η ερμηνεία των φυσικών φαινομένων μέσω της καθημερινής παρατήρησης εντάσσεται στον γραμματισμό των ΦΕ και προϋποθέτει την κατανόηση της θεωρίας των σωματιδίων

(National Research Council, 1996, σ. 22). Με βάση τα προαναφερόμενα, χρειάζεται να ανακαλυφθούν σύνδεσμοι μεταξύ των αρχικών ιδεών των μαθητών και του περιεχομένου των ΦΕ, δηλαδή με την μακροσκοπική και μικροσκοπική κατανόηση του φυσικού κόσμου. Σε αυτό το πλαίσιο συνοψίζονται οι κύριες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τη δομή της ύλης (Adadan et al., 2009; Ayas et al., 2010; Johnson, 1998; Lee et al., 1993; Novick & Nussbaum, 1978; Taber & García-Franco, 2010), ως εξής:

- Η ύλη είναι συνεχής.
- Ανάμεσα στα μόρια μιας ουσίας, υπάρχει η ίδια ουσία ή μόρια ή άλλη ουσία —συνήθως αέρας— ή μόρια.
- Δεν υπάρχει εγγενής κίνηση των μορίων, ειδικά στη στερεά κατάσταση όπου δεν είναι ορατή η κίνηση της ουσίας.
- Οι μαθητές δίνουν μακροσκοπικά χαρακτηριστικά σε ένα μεμονωμένο μόριο σε μικροσκοπικό επίπεδο.

Οι Ayas και συνεργάτες (2010, σ. 168) συγκεντρώνουν τις ιδέες για την ύλη σε μικροσκοπικό επίπεδο και περιγράφουν τα σωματίδια ως πολύ μικρά μέρη, τα οποία δεν είναι ορατά. Τα σωματίδια συμπεριφέρονται ως σκληρά, στερεά, απόλυτα ελαστικά αμετάβλητα αντικείμενα, τα οποία κινούνται και η κίνησή τους μεταβάλλεται σε σχέση με τη μεταβολή της θερμοκρασίας. Στην περίπτωση του αερίου, τα σωματίδια κατανέμονται ομοιόμορφα στον κενό διαθέσιμο χώρο. Στα υγρά και τα στερεά, τα σωματίδια είναι πολύ πιο κοντά μεταξύ τους από τα σωματίδια στα αέρια, έλκονται αμοιβαία αλλά το μέγεθος της έλξης μειώνεται γρήγορα με την απόσταση. Διαφορετικές ουσίες αποτελούνται από διαφορετικά σωματίδια, όμως τα σωματίδια μιας ουσίας είναι όλα μεταξύ τους ίδια ανεξαρτήτου κατάστασης της ουσίας.

Για την αντιμετώπιση των προαναφερόμενων δυσκολιών οι ερευνητές προτείνουν διάφορες διδακτικές προσεγγίσεις. Οι πολλαπλές αναπαραστάσεις, ειδικότερα οι οπτικές αναπαραστάσεις φαίνεται να συμβάλλουν σημαντικά στην αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας και στη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων για τη δομή της ύλης (Adadan et al., 2009, 2013). Η διαχρονική μελέτη των Margel και συνεργατών (2007) διερεύνησε την πρόοδο στις αντιλήψεις μαθητών γυμνασίου για τη δομή της ύλης (εννοιολογική κατανόηση και πλαίσιο εφαρμογής) στη διάρκεια μιας νέας διδακτικής προσέγγισης για τα υλικά. Οι μαθητές σχεδίασαν και ερμήνευσαν αποτελεσματικά τη δομή διαφορετικών υλικών σε δοκιμασίες σε μια χρονική περίοδο τριών ετών. Οι Bellou, Papachristos και Mikropoulos (2018) πραγματοποίησαν μια συστηματική ανασκόπηση 43 εμπειρικών μελετών για την ΨΤ και τις εφαρμογές της στη διδασκαλία περιεχομένου Χημείας και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πλειοψηφία των ερευνητών δημιουργούν και

παρουσιάζουν απεικονίσεις προσομοιώσεων και μοντέλων των δομικών στοιχείων της σωματιδιακής φύσης της ύλης και των φαινομένων της. Οι Özgeçgin και Ançi (2022) ανέπτυξαν μια δραστηριότητα με χρήση φορητών συσκευών ΕΠ με δείκτες που απευθυνόταν σε μαθητές 12–13 ετών για τη σωματιδιακή δομή της ύλης, ειδικότερα για τις καθαρές ουσίες. Οι μαθητές εργάστηκαν συνεργατικά ακολουθώντας την τεχνική παζλ και απέκτησαν δεξιότητες ακαδημαϊκού και κοινωνικού τομέα, εξασφαλίζοντας ουσιαστική μάθηση των αφηρημένων εννοιών.

Η ΕΠ μπορεί να προωθήσει τη μάθηση ΦΕ, παρουσιάζοντας το περιεχόμενο σε τρισδιάστατη αναπαράσταση. Αόρατο περιεχόμενο όπως είναι οι φάσεις του νερού αποτελούν αντιπροσωπευτικό παράδειγμα της δομής της ύλης σε μακροσκοπικό επίπεδο, καθώς οι μαθητές έχουν εξοικειωθεί με το νερό, τον πάγο και τους υδρατμούς από την πρώιμη καθημερινή εμπειρία τους (Osborne & Cosgrove, 1983, σ. 825).

### **Λεξιλόγιο (Vocabulary)**

Επαυξημένη πραγματικότητα ΕΠ / Augmented Reality (AR)

Γυαλιά Επαυξημένης Πραγματικότητας / AR glasses

Διερευνητική μάθηση / Inquiry learning or inquiry-based learning

Συστηματική διδασκαλία / systematic instruction

Ανάλυση έργου / task analysis

Καθολικός σχεδιασμός για τη διδασκαλία και τη μάθηση / Universal Design of Teaching or Learning UDL

Καταστάσεις/φάσεις του νερού / States/phases of water

Μακρόκοσμος / macroworld, μακροσκοπικό επίπεδο / macroscopic level

Μικρόκοσμος / microworld, μικροσκοπικό επίπεδο / microscopic level

Μόρια / molecules

Άτομα / atoms

Συνεχές / continuum

Κενό / vacuum

Κίνηση / Movement (π.χ. ταλάντωση / oscillation)

Θέση / Διάταξη / Position

### **5.2.2. Συμμετέχοντες**

Οι συμμετέχοντες (participants) ήταν μαθητές που φοιτούσαν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, στο Ενιαίο Ειδικό Επαγγελματικό Γυμνάσιο και Λύκειο (ΕΝΕΕΓΥΛ) Ιωαννίνων. Σχετικά με τη διαδικασία επιλογής των μαθητών, διατυπώθηκαν προκαθορισμένα κριτήρια και σε συνεργασία με τη Διεύθυνση του σχολείου και τη Διεπιστημονική Ομάδα (την Κοινωνική Λειτουργό και την Λογοθεραπεύτρια)

εντοπίστηκαν οι πιθανοί συμμετέχοντες μέσω της πρόσβασης στους προσωπικούς φακέλους γνωματεύσεων των μαθητών από τον φορέα του Κέντρου Διεπιστημονικής Αξιολόγησης, Συμβουλευτικής και Υποστήριξης (ΚΕΔΑΣΥ). Για την αναγνώριση και τη συμπερίληψη των συμμετεχόντων στην έρευνα τέθηκαν τα ακόλουθα κριτήρια επιλογής. Κάθε μαθητής θα έπρεπε να:

- α) φοιτά στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση,
- β) έχει διάγνωση ελαφράς νοητικής αναπηρίας από επίσημο φορέα (ΚΕΔΑΣΥ),
- γ) έχει λεκτική επικοινωνία,
- δ) έχει βασικές δεξιότητες γνωστικού τομέα (βασικό λεξιλόγιο, λειτουργική ανάγνωση και γραφή, βασική κατανόηση), και
- ε) έχει επαρκές επίπεδο όρασης και ακοής, καθώς και κινητικών δεξιοτήτων για να κινείται ελεύθερα με τη συσκευή ΕΠ.

Μετά την εφαρμογή των κριτηρίων, έξι μαθητές με ελαφρά ΝΑ, τέσσερα κορίτσια και δύο αγόρια ηλικίας 15-17 ετών, συμμετείχαν με τη συγκατάθεσή τους και τη συναίνεση των γονέων/κηδεμόνων τους στην παρούσα έρευνα. Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη εκπαιδευτικών παρεμβάσεων στην Ειδική Εκπαίδευση περιλαμβάνει μικρό αριθμό συμμετεχόντων στοχεύοντας σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του προφίλ της κάθε αναπηρίας (Horner et al., 2005). Κάθε τάξη φιλοξενούσε τρεις έως οκτώ μαθητές, το σχολείο είχε 10 τάξεις και το σύνολο των μαθητών ήταν 62, ηλικίας 12 έως 25 ετών με προσωπική γνωμάτευση από το ΚΕΔΑΣΥ. Επισημαίνεται ότι ο μαθητής που είχε συμμετάσχει στην πιλοτική μελέτη αποκλείστηκε από την κύρια έρευνα για λόγους δεοντολογίας. Ο Πίνακας 5.1. παρέχει πληροφορίες δημογραφικού περιεχομένου για τους μαθητές που συμπεριλήφθηκαν στην έρευνα της διδακτορικής διατριβής.

Πίνακας 5.1. Δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.

Όνομα μαθητή (χρήση ψευδώνυμου)	Χρονολογική ηλικία	Τάξη	Διάγνωση
Γιάννης	15	Β΄ γυμνασίου	Ελαφρά ΝΑ με γενικευμένες ΜΔ
Μάνος	15	Δ΄ γυμνασίου	Ελαφρά ΝΑ και γενικευμένες ΜΔ
Ελένη	17	Β΄ λυκείου	Ελαφρά ΝΑ με γενικευμένες ΜΔ και διαταραχές λόγου και ομιλίας
Λίνα	15	Δ΄ γυμνασίου	Ελαφρά ΝΑ με γενικευμένες ΜΔ
Χαρά	16	Β΄ λυκείου	Ελαφρά ΝΑ με γενικευμένες ΜΔ
Φανή	16	Γ΄ γυμνασίου	ΝΑ με συνοδές κινητικές αναπηρίες

*Σημείωση.* Η διάγνωση κάθε μαθητή προέρχεται από γνωμάτευση κρατικού φορέα (ΚΕΔΑΣΥ Ιωαννίνων).

Οι έξι μαθητές ακολουθούν Εξατομικευμένο Πρόγραμμα Παρέμβασης (ΕΠΠ) στον ψυχοκοινωνικό τομέα. Έχουν μερική εξοικείωση με την ΨΤ, καθώς χρησιμοποιούν κινητό



τηλέφωνο και ηλεκτρονικό υπολογιστή στην καθημερινότητά τους. Οι δεξιότητες ακαδημαϊκού τομέα κυμαίνονται από χαμηλές έως μέτριες, με κύρια δυσκολία και των έξι μαθητών στην αναγνωστική κατανόηση. Ειδικότερα, παρουσιάζονται εμπόδια στο μάθημα της Φυσικής εξαιτίας της χρησιμοποίησης όρων και ερμηνειών εννοιών (ιδίως αφηρημένων) και φυσικών φαινομένων. Οι μαθητές χρειάζονται ενθάρρυνση, προφορικές οδηγίες και παράταση χρόνου για να ολοκληρώσουν τις εκπαιδευτικές δραστηριότητες. Γενικά, οι επικοινωνιακές δεξιότητές τους θεωρούνται επαρκείς, αν και η πλειοψηφία των απαντήσεων ορισμένων μαθητών είναι είτε μονολεκτικές είτε φράσεις περιορισμένου αριθμού λέξεων. Όλοι οι μαθητές δείχνουν να έχουν καλό κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο. Ακολουθεί αναλυτικά η περιγραφή των προφίλ τους.

**Γιάννης.** Ο Γιάννης είναι 15 ετών και φοιτά στη Β΄ τάξη Γυμνασίου. Στη γνωμάτευσή του αναφέρονται γενικές μαθησιακές δυσκολίες λόγω χαμηλού νοητικού δυναμικού. Στο δημοτικό φοιτούσε σε τάξη γενικής εκπαίδευσης. Ο Γιάννης έχει υπερμετρωπία, χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες όταν δεν φοράει τα γυαλιά του. Στα ακαδημαϊκά πλεονεκτήματά του βρίσκονται η επαρκής ανάγνωση και η γραφή. Ωστόσο, ο μαθητής φαίνεται να συναντά σημαντικές δυσκολίες στην κατανόηση κειμένου. Πρόσθετα, ο Γιάννης παρουσιάζει συχνά διάσπαση προσοχής και χαμηλό επίπεδο συγκέντρωσης. Δείχνει προθυμία συμμετοχής σ' ένα έργο, αλλά δείχνει να κουράζεται εύκολα και να χρειάζεται προτροπή για την ολοκλήρωσή του. Οι κοινωνικές του δεξιότητες είναι υψηλές, του αρέσει πολύ να διηγείται ιστορίες και φαίνεται να θέλει να τραβάει την προσοχή. Στον ελεύθερο χρόνο του, ο Γιάννης συμμετέχει σε μαθήματα κολύμβησης και ακούει μουσική στο κινητό του τηλέφωνο.

**Μάνος.** Ο Μάνος είναι 15 ετών και φοιτά στη Δ΄ Γυμνασίου. Η διάγνωσή του αναφέρει ελαφρά ΝΑ με γενικευμένες μαθησιακές δυσκολίες. Το λεξιλόγιό του περιορίζεται στην καθημερινή εμπειρία με χρήση λέξεων υψηλής συχνότητας. Αν και παρουσιάζει βασικές δεξιότητες ανάγνωσης συναντά εμπόδια στην κατανόηση κειμένου. Ο Μάνος είναι σε θέση να ολοκληρώσει τις περισσότερες εργασίες αυτόνομα, αλλά φαίνεται να μην διαθέτει κίνητρο στην περίπτωση μη προτιμώμενων δραστηριοτήτων. Οι εκπαιδευτικοί του Μάνου δίνουν έμφαση στην ενίσχυσή του κατά τη διεξαγωγή ενός έργου, ωστόσο ο ίδιος έδειξε αυξημένο κίνητρο συμμετοχής κατά την παρέμβαση καθώς το περιεχόμενο συσχετίστηκε με το ενδιαφέρον του για τα μηχανικά μέρη του αυτοκινήτου. Ο Μάνος είναι ιδιαίτερα φιλικός, δείχνει αυτοπεποίθηση και άνεση στην επικοινωνία. Η αμεσότητα που τον χαρακτηρίζει πιθανώς συνδέεται με παρορμητικότητα στις απαντήσεις του. Στον ελεύθερο χρόνο του ασχολείται με τα αυτοκίνητα και παρακολουθεί βίντεο στο YouTube.

**Ελένη.** Η Ελένη είναι 17 ετών και φοιτά στη Β΄ τάξη Λυκείου. Η διάγνωσή της αναφέρεται σε γενικές μαθησιακές δυσκολίες και συνοδές διαταραχές λόγου και ομιλίας, οι οποίες κατατάσσονται σε χαμηλό επίπεδο. Τα ακαδημαϊκά πλεονεκτήματά της περιλαμβάνουν βασική ανάγνωση και γραφή, αλλά δυσκολίες στην κατανόηση κειμένου. Μεταξύ των πλεονεκτημάτων της βρίσκεται η υπομονή ως προς τα μαθησιακά καθήκοντά της και το κίνητρο επιτυχίας. Σύμφωνα με τις περιγραφές των εκπαιδευτικών της και την εξωτερική της εμφάνιση, η Ελένη φαίνεται έχει κατακτήσει σε υψηλό επίπεδο δεξιότητες πρακτικού τομέα, όπως η αυτονομία και η αυτοφροντίδα, παρουσιάζοντας λειτουργική καθημερινότητα. Όσον αφορά τους περιορισμούς που συναντά, επιδεικνύει χαμηλές κοινωνικές και επικοινωνιακές δεξιότητες, δυσκολεύεται στην έκφραση και στην απόκριση και κατά τη λεκτική της επικοινωνία έχει χαμηλή ένταση φωνής. Η Ελένη δεν συνηθίζει να ξεκινά συζητήσεις με τους εκπαιδευτικούς ή άλλους ενήλικες, ωστόσο δείχνει ότι εξοικειώνεται σταδιακά με τις νέες συναναστροφές με την πάροδο του χρόνου. Στον ελεύθερο χρόνο της επιλέγει να παίξει ποδόσφαιρο και να περνάει χρόνο με τους συμμαθητές της.

**Λίνα.** Η Λίνα είναι 15 ετών και φοιτά στη Δ΄ Γυμνασίου. Η διάγνωσή της είναι ΝΑ με γενικευμένες μαθησιακές δυσκολίες που συνδέονται με το χαμηλό επίπεδο του νοητικού δυναμικού. Διαθέτει επαρκές επίπεδο ανάγνωσης και αργό ρυθμό γραφής, ωστόσο ο γραφικός χαρακτήρας της είναι προσεγμένος και χρησιμοποιεί σωστά τα σημεία στίξης. Η Λίνα συναντά δυσκολίες στην αναγνωστική κατανόηση και εμπόδια στις μνημονικές διαδικασίες. Η Λίνα αν και δείχνει προθυμία για συμμετοχή σε κάποιο έργο και συνεργασία με τον εκπαιδευτικό, φαίνεται να διαθέτει μειωμένη αυτοεκτίμηση. Χαιρετάει εγκάρδια και χρησιμοποιεί φράσεις που δείχνουν ότι εκπαιδεύεται στην ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων. Στον ελεύθερο χρόνο της επιλέγει να ακούσει μουσική.

**Χαρά.** Η Χαρά είναι 16 ετών και φοιτά στη Β΄ Λυκείου. Στη διάγνωσή της αναφέρονται γενικές μαθησιακές δυσκολίες λόγω χαμηλού νοητικού δυναμικού. Η Χαρά δυσκολεύεται σημαντικά στην κατανόηση και γράφει βιαστικά. Ως προς τις επικοινωνιακές της δεξιότητες δείχνει περιορισμένη προθυμία συμμετοχής και μειωμένη επιθυμία συνεργασίας. Συνήθως δείχνει απόμακρη και παρουσιάζει δυσκολία σε προσπάθεια να ξεκινήσει ή να συνεχίσει ένα θέμα συζήτησης. Η μαθήτριά δείχνει ενδιαφέρον σε ερωτήσεις για τον ελεύθερο χρόνο της. Συγκεκριμένα αναφέρει ότι ασχολείται με βιντεοπαιχνίδια τα οποία περιγράφει με λεπτομέρεια και με τη μαγειρική την οποία θα ήθελε να εντάξει στα επαγγελματικά σχέδιά της για το μέλλον. Πρόσφατα απέκτησε για τα γενέθλιά της ένα PlayStation για το οποίο δείχνει ενθουσιασμένη.

**Φανή.** Η Φανή είναι 16 ετών και φοιτά στη Γ΄ τάξη Γυμνασίου. Στη γνωμάτευσή της επισημαίνεται διάγνωση νοητικής αναπηρίας με συνοδές κινητικές αναπηρίες που περιλαμβάνουν σπαστική αριστερά ημιπάρεση στο πλαίσιο της εγκεφαλικής παράλυσης και φυματιωδούς εγκεφαλίτιδας με υδροκεφαλία. Η Φανή έχει μυωπία και φοράει γυαλιά. Για τον περιορισμό των δυσκολιών που αντιμετωπίζει στην κίνηση λαμβάνει θεραπείες με botox στην αριστερή της πλευρά, γεγονός που τη βοηθάει να είναι απόλυτα λειτουργική στην καθημερινότητά της. Το εξατομικευμένο πρόγραμμα παρέμβασης της Φανής περιλαμβάνει συμπληρωματικές συνεδρίες λογοθεραπείας και εργοθεραπείας. Στον ακαδημαϊκό τομέα παρουσιάζει σημαντικά ελλείμματα στη βραχύχρονη μνήμη, σημαντικά εμπόδια στη γραφή και την αναγνωστική κατανόηση. Η Φανή είναι φιλική, χαμογελαστή και αξιαγάπητη, με ιδιαίτερα ανεπτυγμένες τις δεξιότητες της επικοινωνίας. Σχετικά με την έρευνα δείχνει αυξημένο κίνητρο συμμετοχής και παρακολουθεί με ενθουσιασμό τα μαθήματα. Στον ελεύθερο χρόνο της, η Φανή παρακολουθεί με ενδιαφέρον μαθήματα φωνητικής και ζωγραφικής. Από τις πρώτες κιόλας συνεδρίες της παρέμβασης η Φανή ζωγράφισε σχετικό περιεχόμενο για το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων και τη συμμετοχή της στην έρευνα που έδειξε να απολαμβάνει.

### ***5.2.3. Πλαίσιο της παρέμβασης***

Το πλαίσιο της παρέμβασης (setting) αφορούσε δύο διαφορετικούς χώρους. Η πρώτη αίθουσα, όπου διεξήχθη η γραμμή βάσης ήταν ένα από τα γραφεία του διεπιστημονικού προσωπικού του σχολείου. Στο εσωτερικό του γραφείου υπήρχαν δύο θρανία μαθητών αντιδιαμετρικά, ένα γραφείο για τους εκπαιδευτικούς, ένας μεγάλος πίνακας και ένα μικρό αλλά ψηλό τραπεζάκι με ρόδες. Η κύρια φάση της παρέμβασης ΕΠ, η διατήρηση και η γενίκευση της εμπειρικής μελέτης υλοποιήθηκαν σε έναν δεύτερο χώρο. Ο χώρος αυτός αφορούσε μια αίθουσα – προθάλαμο για δύο επόμενες αίθουσες διδασκαλίας εκ των οποίων μόνο η μία χρησιμοποιούταν για τη διδασκαλία. Στον χώρο αυτόν υπήρχε μόνο τεχνητός φωτισμός, δύο βιβλιοθήκες μεγάλου μήκους αλλά μικρού σχετικά ύψους και ένα τραπέζι με ρόδες στο οποίο βρισκόταν μια τηλεόραση (Εικ. 5.1. αριστερά ο χώρος για τη γραμμή βάσης και δεξιά ο χώρος της κύριας παρέμβασης).

Κατά τη διάρκεια της μελέτης, οι μαθητές έλαβαν οδηγίες σε πλαίσιο ένας προς έναν (one to one format) με παροχή οδηγιών σε σχέση με τις δύο προσεγγίσεις που βασιζόνταν στην ΕΠ για όλα τα στάδια της παρέμβασης (γραμμή βάσης, εξοικείωση με τον εξοπλισμό, κύρια παρέμβαση, διατήρηση και γενίκευση) και συλλέχθηκαν δεδομένα στους ανιχνευτές αξιολόγησης αντίστοιχα, τα οποία αναλύθηκαν και τα αποτελέσματά τους απεικονίστηκαν γραφικά. Επιπλέον, τα δύο μέλη του Διεπιστημονικού Προσωπικού του σχολείου λειτούργησαν ως παρατηρητές στην έρευνα, με την παρουσία τους βοήθησαν

σημαντικά τους μαθητές ως προς το επίπεδο εξοικείωσης με τη διαδικασία και συνέβαλαν στη συλλογή δεδομένων αξιοπιστίας και πιστότητας σε όλες τις συνθήκες.



Εικόνα 5.1. Στιγμιότυπα από τους δύο χώρους υλοποίησης της παρέμβασης.

Λόγω των συνθηκών της πανδημίας COVID-19, θεωρήθηκαν ορισμένα μέτρα προστασίας και ασφάλειας για όλους τους συμμετέχοντες. Για να παρακολουθήσουν το σχολικό πρόγραμμα και το πείραμα, όλοι οι συμμετέχοντες ακολούθησαν το πρωτόκολλο κατά της εξάπλωσης του COVID-19 (<https://www.minedu.gov.gr/publications/docs2020/>) που περιλάμβανε απαραίτητο αυτοέλεγχο δύο φορές την εβδομάδα και δήλωση του αποτελέσματος στην πλατφόρμα (<https://self-testing.gov.gr/>), χρήση μάσκας και αντισηπτικού.

#### **5.2.4. Διδακτικά υλικά**

Τα υλικά της παρέμβασης/εξοπλισμός (intervention materials/equipment) αποτελούνται:

α) Από τη συσκευή ΕΠ Magic Leap One™. Η συγκεκριμένη συσκευή επιτρέπει την άμεση παρατήρηση του φυσικού κόσμου, επαυξημένη με ψηφιακές προσθήκες (<https://www.magicleap.com>). Η περιγραφή της βρίσκεται στην ενότητα 4.2.1. Εξοπλισμός στη Μέθοδο της Πιλοτικής Μελέτης (κεφ. IV, σ. 97).

β) Από το Ψηφιακό Μαθησιακό Αντικείμενο (ΨΜΑ / Digital Learning Object-DLO) «οι φάσεις του νερού». Το μαθησιακό αντικείμενο βρίσκεται στο εθνικό αποθετήριο ανοιχτών εκπαιδευτικών πόρων Φωτόδεντρο, έχει διεύθυνση αναφοράς <http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/6182> και οπτικοποιεί τις αλλαγές των φάσεων του νερού κατά τη θέρμανσή του. Στόχοι του μαθησιακού αντικειμένου για την περίπτωση της νοητικής αναπηρίας είναι η παρατήρηση της αλλαγής φάσης μέσω της δυνατότητας επιλογής του μικρόκοσμου, κατά την οποία εμφανίζονται κατά αντιστοιχία ο πάγος, το νερό και οι υδρατμοί σε μοριακό επίπεδο (μικρόκοσμος). Για την προσαρμογή

του περιεχομένου των φάσεων του νερού στα χαρακτηριστικά της ελαφράς ΝΑ αφαιρέθηκε η γραφική παράσταση που περιγράφει τη σχέση μεταξύ των φυσικών μεγεθών της θερμοκρασίας και της θερμότητας. Αυτή η προσαρμογή πραγματοποιήθηκε ώστε οι μαθητές να επικεντρωθούν στην παρατήρηση του φαινομένου και ιδίως στην παρατήρηση των μορίων κάθε κατάστασης χωρίς να διασπώνται από την εξελισσόμενη σχεδίαση της γραφικής παράστασης. Πρόσθετα δόθηκε η δυνατότητα αξιοποίησης της εφαρμογής στον ηλεκτρονικό υπολογιστή χωρίς σύνδεση στο διαδίκτυο.

γ) Από δύο ποτήρια ζέσεως 2 λίτρων (L), έναν βραστήρα και έναν φορητό καταψύκτη. Τα συγκεκριμένα υλικά αποτέλεσαν τα μέσα για την παρατήρηση των φάσεων του νερού σε μακροσκοπικό επίπεδο (υγρό νερό, πάγος, υδρατμοί), καθώς παρείχαν τη δυνατότητα στους μαθητές να παρατηρήσουν το νερό στο δοχείο, τον πάγο στη συνέχεια και τους υδρατμούς μακροσκοπικά και να συνδέσουν τη γνώση με την καθημερινή τους εμπειρία.

δ) Από έντυπα φύλλα εργασίας. Τα φύλλα εργασίας αξιοποιήθηκαν στη διάρκεια της παρέμβασης και περιλάμβαναν επιστημονικά προσανατολισμένες ερωτήσεις που ακολουθούσαν είτε το μοντέλο της δομημένης διερεύνησης είτε τη συστηματική διδασκαλία.

ε) Από φύλλα αξιολόγησης του γνωστικού περιεχομένου. Τα φύλλα αξιολόγησης δίνονταν στους μαθητές μετά την ολοκλήρωση κάθε συνεδρίας και στόχος τους ήταν η αξιολόγηση δεξιοτήτων ακαδημαϊκού τομέα για την απόκτηση βασικού λεξιλογίου και κατανόησης σχετικά με τις φάσεις του νερού μικροσκοπικά. Κάθε δοκιμασία αξιολόγησης περιλάμβανε επτά ερωτήσεις. Σχεδιάστηκαν 13 δοκιμασίες για την ανίχνευση των ιδεών των μαθητών στη διάρκεια της γραμμής βάσης, έξι φύλλα εργασίας για την κύρια παρέμβαση, τέσσερα φύλλα εργασίας διατήρησης (ένα για κάθε φάση του νερού και ένα για τη συνολική θεώρηση των τριών φάσεων), δύο δοκιμασίες γενίκευσης της νέας γνώσης σε άλλο περιεχόμενο και μία δοκιμασία σε άλλο πλαίσιο.

στ) Από μια δοκιμασία ερωτήσεων κοινωνικής εγκυρότητας. Η κοινωνική εγκυρότητα αφορά ερωτήσεις για την εμπειρία των μαθητών σχετικά με τη χρήση της συσκευής ΕΠ στη διάρκεια της παρέμβασης και αξιολογήθηκε μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης. Το ερωτηματολόγιο κοινωνικής εγκυρότητας βασίστηκε στο ερωτηματολόγιο που βασίζεται στην Έρευνα Αξιολόγησης Μαθησιακού Αντικειμένου για Μαθητές (Learning Object Evaluation Survey for Students/LOES-S) (Kay & Knaack, 2005) με τις διαστάσεις μάθηση, ποιότητα, εμπλοκή και παρουσία.

### **5.2.5. Ποιότητα περιεχομένου περιβάλλοντος ΕΠ**

Για τον σχεδιασμό των φάσεων του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο εξετάστηκαν:

- α) τα κύρια χαρακτηριστικά του μαθησιακού προφίλ για την ελαφρά ΝΑ,
- β) οι παροχές της ΕΠ και

γ) οι κατευθυντήριες γραμμές του καθολικού σχεδιασμού (εμπλοκή, αναπαράσταση και δράση και έκφραση).

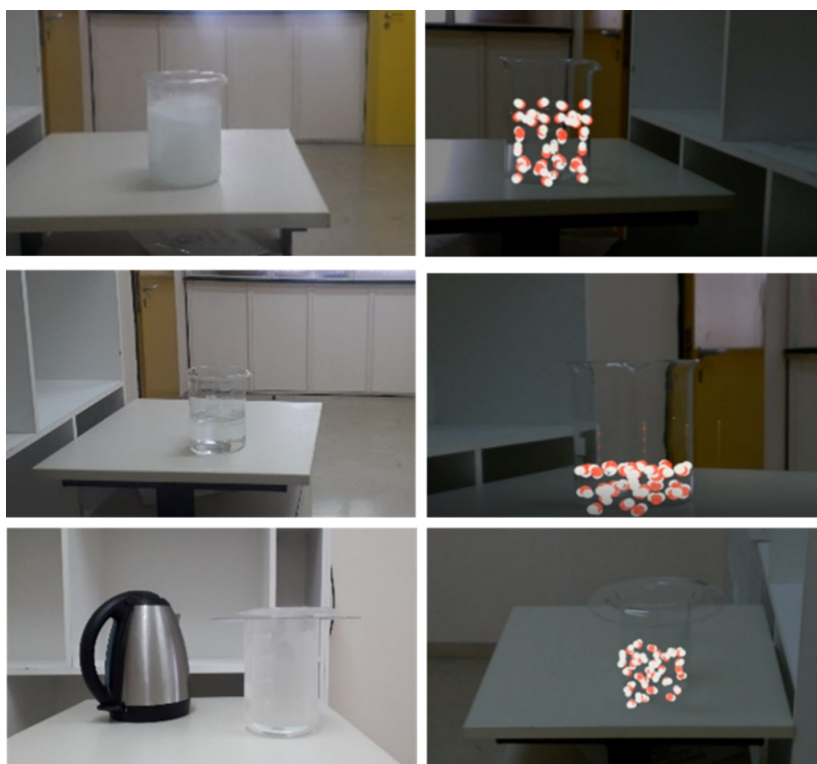
Αυτές οι τρεις διαστάσεις στοχεύουν στη μείωση των εμποδίων των μαθητών με ΝΑ κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, παρέχοντας προσαρμόσιμες υποστηρίξεις στους μαθητές ώστε να συμμετέχουν και να προσδεύουν στην εκπαιδευτική διαδικασία (Coyne et al., 2012). Με βάση το μοντέλο MILES-D (βλ. Παράρτημα Α, σ. 32) σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε μια δυναμική προσομοίωση για τα μόρια του νερού απευθυνόμενη σε μαθητές με ελαφρά ΝΑ. Για τον σχεδιασμό των μορίων του νερού αξιοποιήθηκαν τα αποτελέσματα μιας πιλοτικής μελέτης (βλ. κεφ. IV, 4.3., σ. 101) που χρησιμοποίησε τα χαρακτηριστικά των μορίων του νερού και τη μικροσκοπική συμπεριφορά τους για την αέρια κατάσταση (Delimitros et al., 2022; Iatraki et al., 2021). Η επιστημονική ορολογία και οι ερωτήσεις κατανόησης επικυρώθηκαν α) με τη συμβολή ειδικών οι οποίοι συμμετείχαν στην πιλοτική μελέτη, β) τη σχετική βιβλιογραφία και γ) το περιεχόμενο του προγράμματος σπουδών της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τη δομή της ύλης (Bellou et al., 2018; National Research Council, 2013).

Το περιεχόμενο που εμφανίστηκε στην εφαρμογή ήταν οι φάσεις του νερού, στερεό, υγρό και αέριο, το οποίο αφορούσε ένα σύνολο περίπου 40 μορίων ανά κατάσταση τοποθετημένα σε ένα διάφανο εικονικό ποτήρι ζέσης ώστε στον φυσικό κόσμο να αντιστοιχίζεται με το πραγματικό ποτήρι ζέσης όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.2. Στην στερεή κατάσταση «πάγος» τα μόρια είναι διατεταγμένα σε κανονικά εξάεδρα και ταλαντώνονται. Στην υγρή κατάσταση «νερό» τα μόρια κινούνται το ένα ως προς το άλλο σα να γλιστρούν μεταξύ τους. Στην αέρια κατάσταση «υδρατμοί» τα μόρια κινούνται γρήγορα και συγκρούονται ελαστικά μεταξύ τους και με τα τοιχώματα του δοχείου. Στη συνέχεια τα μόρια ελευθερώνονται στο διαθέσιμο χώρο μέσω της επιλογής του χειριστηρίου, συγκρούονται μεταξύ τους, με το ταβάνι, τους τοίχους και τις βιβλιοθήκες.

Για να διασφαλιστεί ότι οι όροι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν κατάλληλοι για την απόκτηση βασικών γνώσεων από τους μαθητές, χρησιμοποιήθηκε λεξιλόγιο και βασική κατανόηση των σχετικών φυσικών μεγεθών των φάσεων του νερού (στερεό, υγρό, αέριο). Επιπλέον, οι επιστημονικοί όροι μόρια, άτομα, οξυγόνο, υδρογόνο, κενό, θέση, ταχύτητα, ταλάντωση, μικροσκοπικό επίπεδο, μακροσκοπικό επίπεδο εφαρμόστηκαν με προσαρμογές στο προφίλ των μαθητών με ελαφρά ΝΑ. Για παράδειγμα η φράση «τα μόρια ταλαντώνονται» αντικαταστάθηκε από τη φράση «οι μπάλες τρέμουν», τα άτομα επεξηγήθηκαν ως «άτομα-μέλη μιας παρέας, παρέα-μόριο». Ο μακρόκοσμος αφορούσε τον «μεγάλο κόσμο» όπου και βλέπουμε τα αντικείμενα γύρω μας, αντίθετα ο «μικρόκοσμος» περιλαμβάνει τον «μικρό κόσμο», ο οποίος αναφέρεται στο εσωτερικό

των αντικειμένων. Το «κενό μεταξύ των μορίων» αντικαταστάθηκε από το ότι «τα μόρια μεταξύ τους δεν έχουν τίποτα».

Οι ερωτήσεις ανοιχτού τύπου ταξινομήθηκαν στην περιγραφή των μορίων, τη θέση και την ταχύτητά τους και αντανακλούσαν τα τρία πρώτα επίπεδα (ανάκληση, κατανόηση, εφαρμογή) της αναθεωρημένης ταξινομίας του Bloom (Anderson & Kratwohl, 2001). Δύο ενδεικτικά παραδείγματα σχετικά με ερωτήσεις παρατήρησης που συμβάλλουν στην προσοχή και στη διακριτική ικανότητα των μαθητών ήταν «από τι αποτελείται-φτιάχνεται ο πάγος;», «Θα μπορούσες να περιγράψεις αυτό που βλέπεις;». Ένα παράδειγμα που συμβάλλει στη μνήμη ήταν «γνωρίζεις το όνομα των ενωμένων σφαιρών που βλέπεις μέσα από τα γυαλιά;». Μερικές ερωτήσεις παραγωγής ήταν «Υπάρχει κάτι μεταξύ των μορίων;» (Οι μαθητές παρατηρούν τα μόρια στο ποτήρι ζέσεως χωρίς το εσωτερικό πραγματικό μακροσκοπικό υλικό, «πάγος» σε αυτή την περίπτωση), «Τα μόρια αλλάζουν θέση;», «Πώς κινούνται τα μόρια;», «Μπορώ να δω τα μόρια αν βγάλω τα γυαλιά;», «Γιατί δεν μπορώ να δω τα μόρια;», «Θα μπορούσες να σχεδιάσεις τα μόρια;».



Εικόνα 5.2. Οι φάσεις του νερού σε μακροσκοπικό και μικροσκοπικό επίπεδο.

### 5.3. Διαδικασία

#### 5.3.1. Ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου

Στην παρούσα εμπειρική μελέτη εφαρμόστηκε το ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου (ενός) ατόμου ή μεμονωμένης (μίας) περίπτωσης (single case experimental design-SCED,

single-subject experimental design, single-subject research design, small N designs, multiple-case design, single-case design). Αυτό το ερευνητικό σχέδιο θεωρείται κατάλληλο για τον σχεδιασμό εκπαιδευτικών παρεμβάσεων στην Ειδική Εκπαίδευση καθώς επιτρέπει την επαναλαμβανόμενη και συχνή μέτρηση της ατομικής μαθησιακής επίδοσης με αποτέλεσμα τη λειτουργία κάθε συμμετέχοντα ως ο δικός του ατομικός έλεγχος (Cohen & Manion, 2009; Gast & Ledford, 2014; Horner et al., 2005; Kazdin, 1982; Ledford & Gast, 2018). Το σχέδιο μεμονωμένου ατόμου αναφέρεται σε ένα σύνολο πειραματικών μεθόδων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας μιας παρέμβασης ενσωματώνοντας έναν μικρό αριθμό συμμετεχόντων (συνήθως έναν έως οκτώ, βλ. Horner et al., 2005). Τα ερευνητικά σχέδια μεμονωμένου ατόμου δεν είναι μελέτες περίπτωσης, καθώς δεν περιλαμβάνουν αφηγηματικές περιγραφές. Είναι ποσοτικές μελέτες σχεδιασμένες με λεπτομερή ακρίβεια πριν την έναρξη της παρέμβασης και παρέχουν αριθμητικά δεδομένα που παριστάνονται γραφικά, επομένως είναι πραγματικά «πειραματικά» σχέδια.

Το πλαίσιο για τον σχεδιασμό του πειράματος περιλαμβάνει προοδευτική και συστηματική παρατήρηση του συμμετέχοντα-μαθητή με την πάροδο του χρόνου, χειρισμό των μεταβλητών, επαναλαμβανόμενες και συχνές μετρήσεις σε όλες τις φάσεις της μελέτης και διαδοχική εισαγωγή/εφαρμογή ή και ανάκληση της παρέμβασης (Horner et al., 2005). Σε μελέτες μεμονωμένου ατόμου, οι μετρήσεις του αποτελέσματος (εξαρτώμενες μεταβλητές) καταγράφονται επανειλημμένα για μεμονωμένους συμμετέχοντες σε βάθος χρόνου και διαφορετικά επίπεδα παρέμβασης (ανεξάρτητες μεταβλητές). Τέλος, τα δεδομένα αναλύονται μέσω οπτικής ανάλυσης και η αποτελεσματικότητα προσδιορίζεται μέσω ειδικών στατιστικών, όπως το μέγεθος επίδρασης PND (Krasny-Pacini & Evans, 2018; Tate et al., 2008).

Σε αντίθεση με τα ερευνητικά σχέδια ομάδας, το σχέδιο μεμονωμένου ατόμου αφορά τη «συμπεριφορά» του ατόμου (π.χ. ακαδημαϊκή επίδοση) η οποία μετράται επανειλημμένα σε διαφορετικές φάσεις μιας μελέτης, δηλαδή στην απουσία αλλά και στην παρουσία μιας καθορισμένης παρέμβασης. Σημαντικό πλεονέκτημα του πειραματικού σχεδιασμού του μεμονωμένου ατόμου είναι η προσαρμογή της παρέμβασης στα ατομικά χαρακτηριστικά του ατόμου. Τα αναφερόμενα επαναλαμβανόμενα μέτρα επιτρέπουν στους συμμετέχοντες να χρησιμεύουν ως δικός τους έλεγχος αντανακλώντας την επίδοση κάθε ατόμου κατά την έναρξη (πριν από την εισαγωγή της παρέμβασης) και στη συνέχεια στη διάρκεια της παρέμβασης. Η «συμπεριφορά» (π.χ. ακαδημαϊκή επίδοση) των ατόμων μελετάται κατά τη διάρκεια πολλαπλών διακριτών φάσεων—σε τουλάχιστον δύο φάσεις, τη γραμμή βάσης και τη φάση της παρέμβασης, επιτρέποντας



την εξαγωγή συσχετιστικών συμπερασμάτων για τα μαθησιακά αποτελέσματα (Engel & Schutt, 2008; Hammond & Gast, 2010).

Οι διαφορετικοί τύποι ερευνητικών σχεδίων μεμονωμένου ατόμου τα οποία χρησιμοποιούνται στη βιβλιογραφία, είναι η αντιστροφή/απόσυρση = ABAB (Reversal/withdrawal = ABAB trial), N-από-1 δοκιμές (N-of-1 trial), οι πολλαπλές γραμμές βάσης μεταξύ των συμμετεχόντων, των πλαισίων, ή των συμπεριφορών, όπως η ακαδημαϊκή επίδοση (multiple baseline design: across participants; across settings; across behaviours), ο μικτός σχεδιασμός πολλαπλών γραμμών βάσης (mixed multiple baseline design), και ο εναλλακτικός σχεδιασμός παρέμβασης (alternating treatment design). Ανεξαρτήτου ορολογίας, ο κοινός άξονας σχεδιασμού κατά τη συστηματική μελέτη ενός συμμετέχοντα ή μιας μικρής ομάδας συμμετεχόντων στη διάρκεια πολλαπλών διακριτών φάσεων, αναφέρεται σε τουλάχιστον δύο φάσεις, τη γραμμή βάσης «Α» και τη φάση της παρέμβασης «Β», όπου καταγράφονται επανειλημμένα οι μετρήσεις του αποτελέσματος σε κάθε φάση (Kratochwill et al., 2010).

Η οπτική ανάλυση χρησιμοποιείται ώστε να προσδιοριστεί η πιθανή ύπαρξη λειτουργικής σχέσης μεταξύ της παρέμβασης και του αποτελέσματος σε κάθε δυνατή περίπτωση. Δυνατές περιπτώσεις αφορούν τον μοναδικό συμμετέχοντα, τη μικρή ομάδα συμμετεχόντων ή τη στοχευμένη συμπεριφορά, όπως είναι η ακαδημαϊκή επίδοση. Ο τρόπος καθορισμού της λειτουργικής σχέσης πραγματοποιείται με την εξέταση των δεδομένων μεταξύ των φάσεων για πιθανές αλλαγές στο επίπεδο, μέσω της μέσης τιμής εντός των φάσεων, στην τάση, μέσω της κλίσης των δεδομένων σε μια φάση και της μεταβλητότητας, μέσω του εύρους των βαθμολογιών γύρω από ένα επίπεδο ή τη γραμμή τάσης καθώς και σχετικές εκτιμήσεις της αμεσότητας του παρατηρούμενου αποτελέσματος της παρέμβασης και της επικάλυψης των σημείων-δεδομένων μεταξύ των φάσεων (Kazdin, 2008; Kratochwill et al., 2013).

Μια θετική λειτουργική σχέση εμφανίζεται όταν το αποτέλεσμα βρίσκεται προς την επιθυμητή βελτίωση ή ως προς την κατεύθυνση του θετικού αποτελέσματος. Ιδανικά, οι συγγραφείς κάθε μελέτης περιγράφουν εάν και πώς η αλλαγή του αποτελέσματος είναι κοινωνικά έγκυρη, όπως για παράδειγμα αυτή μπορεί να καθορίζεται από την κοινωνική σύγκριση ή την υποκειμενική αξιολόγηση. Η κοινωνική εγκυρότητα της αλλαγής του αποτελέσματος μπορεί επίσης να αναγνωριστεί κατά την αναθεώρηση της μελέτης. Οι μελέτες ενός ατόμου ταξινομούνται με θετικά αποτελέσματα όταν καθιερώνονται θετικές λειτουργικές σχέσεις για τουλάχιστον τα τρία τέταρτα (75%) των σχετικών περιπτώσεων -των συμμετεχόντων- της μελέτης με τουλάχιστον τρεις συνολικά περιπτώσεις. Αντίθετα, κριτήρια αρνητικών επιπτώσεων αφορούν λειτουργικές

αρνητικές σχέσεις μεταξύ της πρακτικής και του αποτελέσματος για τουλάχιστον τα τρία τέταρτα (75%) των περιπτώσεων σε μια μελέτη, στις οποίες δεν παρατηρήθηκαν λειτουργικές θετικές σχέσεις. Ουδέτερες ή μικτές επιδράσεις σημειώνονται όταν δεν πληρούνται κριτήρια για θετικές ή αρνητικές λειτουργικές σχέσεις.

Για την παρούσα εμπειρική μελέτη, οι συνθήκες της γραμμής βάσης, της παρέμβασης, της διατήρησης και της γενίκευσης περιγράφονται στις ακόλουθες ενότητες και το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης της συνολικής εκπαιδευτικής παρέμβασης παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.2. Χρονοδιάγραμμα υλοποίησης της εκπαιδευτικής παρέμβασης.

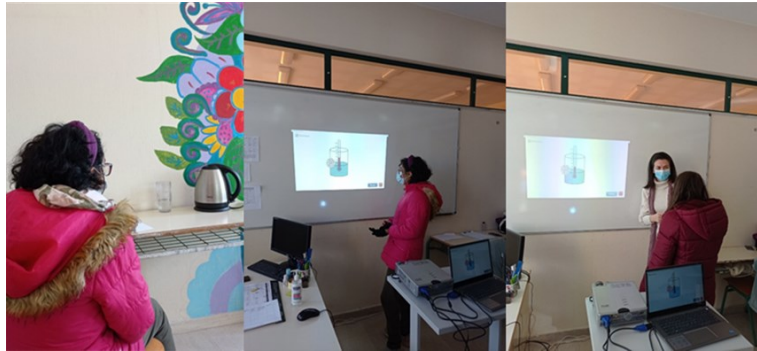
Φάση (χρονική περίοδος)	Δραστηριότητες
Ενημέρωση του σχολείου (Οκτώβριος 2021)	αποστολή ενημερωτικού email με επισυναπτόμενη την ερευνητική πρόταση και έγκριση της διδακτορικής έρευνας από τη διεύθυνση του σχολείου
Επιλογή μαθητών (Οκτώβριος 2021)	καθορισμός κριτηρίων για την επιλογή των μαθητών, αναζήτηση στους ατομικούς φακέλους των μαθητών, εντοπισμός των συμμετεχόντων και δημιουργία δύο ομάδων
Συναίνεση συμμετοχής (Οκτώβριος 2021)	επικοινωνία με τους γονείς των μαθητών και προώθηση δηλώσεων συναίνεσης για συμμετοχή των μαθητών στη διδακτορική έρευνα
Γραμμή βάσης (Νοέμβριος - Δεκέμβριος 2021)	γνωριμία με τους μαθητές και διεξαγωγή της γραμμής βάσης για την ανίχνευση των αρχικών ιδεών τους ως προς τις φάσεις του νερού μακροσκοπικά και μικροσκοπικά
Φάση της εξοικείωσης (Ιανουάριος 2022)	εξοικείωση των μαθητών με το σύστημα των γυαλιών ΕΠ, αξιολόγηση της άνεσης και της ευκολίας χρήσης της συσκευής, καθώς και της νόσου του προσομοιωτή
Παρέμβαση (Ιανουάριος - Μάρτιος 2022)	ανάπτυξη της κύριας παρέμβασης με διερεύνηση και συστηματική διδασκαλία από τις δύο ομάδες των μαθητών
Διατήρηση (Φεβρουάριος 2022 - Μάιος 2022)	πραγματοποίηση φάσεων διατήρησης εντός και μετά την παρέμβαση για την αξιολόγηση της διατήρησης της νέας γνώσης
Γενίκευση (Απρίλιος - Μάιος 2022)	σχεδιασμός και ανάπτυξη της φάσης της γενίκευσης της γνώσης με και χωρίς τη χρήση των γυαλιών ΕΠ
Διαχρονική μελέτη (Σεπτέμβριος 2022)	έλεγχος για τη διατήρηση της γνώσης των μαθητών έξι μήνες μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης

### 5.3.2. Γραμμή βάσης

Η γραμμή βάσης (baseline) αφορά την ανίχνευση της προηγούμενης γνώσης και των αντιλήψεων των μαθητών με ελαφρά ΝΑ για τις φάσεις του νερού. Σχεδιάστηκαν 13 συνεδρίες (το ερευνητικό σχέδιο απαιτεί τουλάχιστον τρία σημεία δεδομένων ανά φάση

και κατά προτίμηση πέντε για τους τρεις πιο συνηθισμένους σχεδιασμούς, βλ. Horner et al., 2005), με μαθησιακό στόχο οι μαθητές να απαντήσουν σε όλες οι ερωτήσεις βασικού περιεχομένου για την περιγραφή των φάσεων του νερού σε μακροσκοπικό και μικροσκοπικό επίπεδο. Οι συνθήκες της γραμμής βάσης χωρίστηκαν σε πέντε κατηγορίες συνεδριών. Δύο συνεδρίες (Πίνακες 5.3. και 5.4.) παρουσίασαν καθημερινό υλικό στους μαθητές (ένα μεταλλικό χάρακα, ένα ποτήρι με νερό) ώστε να εισαχθούν σε διαδικασίες εφαρμογής φυσικής αντίληψης για την ύλη γύρω τους. Στη συνέχεια, τρεις συνεδρίες για τη φάση του νερού (Πίνακες 5.5. έως 5.6.) οι οποίες αφορούσαν την περιγραφή των μορίων του, τη διάταξη/ θέση και την ταχύτητα των μορίων καθώς και τη σύνοψη των προηγούμενων, χρησιμοποίησαν το προσαρμοσμένο ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο «οι φάσεις του νερού» (Εικ. 5.3.). Κατά αντιστοιχία πραγματοποιήθηκαν τρεις συνεδρίες για τον πάγο και τρεις για τους υδρατμούς. Ολοκληρώνοντας το στάδιο της γραμμής βάσης, οι δύο τελευταίες συνεδρίες αφορούσαν τη συνολική θεώρηση των τριών καταστάσεων του νερού και τη μεταξύ τους σύγκριση (Πίνακες 5.8., 5.9. σ. 126).

Κατά την εφαρμογή του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου, οι επιλογές «Μικρόκοσμος» και «Έναρξη» ενεργοποιούν τις μεταβολές της φυσικής κατάστασης σε μικροσκοπικό επίπεδο (Εικ. 5.3.). Η μαθήτρια παρατηρεί στην οθόνη μερικά παγάκια (μακροσκοπικό επίπεδο) τοποθετημένα σε ένα δοχείο ζέσης τα οποία θερμαίνονται και μετατρέπονται σε νερό και στη συνέχεια σε υδρατμούς. Ταυτόχρονα με την παρατήρηση των φάσεων σε μακροσκοπικό επίπεδο, τα μόρια του πάγου, του νερού και των υδρατμών αναπαριστάνονται σε κυκλικό πλαίσιο δίπλα από κάθε φάση (μικροσκοπικό επίπεδο). Καθώς η θερμοκρασία ανεβαίνει, η μαθήτρια παρατηρεί να μεταβάλλεται η διάταξη των μορίων και η κίνησή τους (η ταχύτητα των μορίων). Στον πάγο τα μόρια βρίσκονται σε συγκεκριμένες θέσεις και κινούνται γύρω από αυτές (ταλαντώνονται). Με την αύξηση της θερμοκρασίας, ο πάγος λιώνει και η μαθήτρια μπορεί να παρατηρήσει τις καταστάσεις νερού και πάγου να συνυπάρχουν (Εικ. 5.2.) και να εντοπίσει ομοιότητες (τα μόρια είναι ίδια σε κάθε κατάσταση) και διαφορές (αλλαγές στη μεταξύ τους απόσταση και στην ταχύτητά τους). Κατά αντιστοιχία, καθώς η θερμοκρασία συνεχίζει να αυξάνεται, η μαθήτρια παρατηρεί την υγρή (νερό) και αέρια φάση (υδρατμοί) παρέχοντας πληροφορίες για την κίνηση και τη διάταξη των μορίων. Κάθε συνεδρία διήρκεσε 10–15 λεπτά. Οι δοκιμασίες αξιολόγησης διαβάστηκαν φωναχτά ώστε οι μαθητές να απαντήσουν χωρίς πρόσθετα σχόλια ή προτροπές. Οι μαθητές απάντησαν σε επτά (7) ερωτήσεις σχετικά με τις τρεις καταστάσεις του νερού ανά συνεδρία. Διευκρινίζεται ότι υπήρχε η δυνατότητα να παραλείψουν όσες ερωτήσεις δε γνώριζαν.



Εικόνα 5.3. Στιγμιότυπα από τη γραμμή βάσης.

### Παρατήρηση υλικών – αντικειμένων σε κάθε κατάσταση (μεταλλικός χάρακας).

Πίνακας 5.3. Συνεδρία 1<sup>η</sup>: Η δομή της ύλης.

*«Από τι αποτελούνται τα πράγματα γύρω μας;»*

#	Ερώτηση
1	Από τι νομίζεις ότι αποτελείται ο χάρακας; Αν μπορούσαμε να πάμε πολύ κοντά, τι θα βλέπαμε στο εσωτερικό του; Δηλαδή, από τι φτιάχνεται ο χάρακας;
2	Ξέρεις πώς λέγονται αυτά τα μικρά μέρη/πραγματάκια που φτιάχνουν το χάρακα;
3	Από τι νομίζεις ότι αποτελείται το νερό; Αν μπορούσαμε να μπούμε μέσα στο νερό τι θα βλέπαμε; Δηλαδή, από τι φτιάχνεται το νερό;
4	Γνωρίζεις πώς λέγονται αυτά τα μικρά μέρη/πραγματάκια που φτιάχνουν το νερό;
5	Εκτός από το χάρακα και το νερό ας μιλήσουμε για τον αέρα. Από τι νομίζεις ότι αποτελείται ο αέρας; Αν μπορούσαμε να μπούμε στο εσωτερικό του τι θα βλέπαμε; Δηλαδή, από τι φτιάχνεται ο αέρας;
6	Πώς λέγονται αυτά τα μικρά μέρη/πραγματάκια που φτιάχνουν τον αέρα;
7	Όλα τα πράγματα που βλέπεις αλλά και δεν βλέπεις γύρω σου από τι φτιάχνονται;

### Παρατήρηση των φάσεων του νερού μακροσκοπικά.

Πίνακας 5.4. Συνεδρία 2<sup>η</sup>: Οι φάσεις του νερού

*«Πόσες είναι οι μορφές του νερού;» «Ποιες είναι οι μορφές του νερού;»*

#	Ερώτηση
1	Θυμάσαι από τι αποτελείται το νερό; Αν μπορούσαμε να δούμε στο εσωτερικό του, από τι θα λέγαμε ότι αποτελείται το νερό;
2	Το νερό το έχεις δει και διαφορετικά; Υπάρχει σε άλλη μορφή; Το βλέπουμε κάπως αλλιώς;
3	Αν βάλουμε το νερό στην κατάψυξη τι θα γίνει;
4	Ο πάγος από τι αποτελείται;
5	Αν βάλουμε νερό σε μια κατσαρόλα και το ζεστάνουμε μέχρι να βράσει τι θα συμβεί;
6	Από τι αποτελούνται οι υδρατμοί;
7	Δηλαδή το νερό συναντάται σε πόσες διαφορετικές μορφές; Ποιες είναι; Από τι αποτελούνται/φτιάχνονται;

Από την τρίτη έως την ενδέκατη (3<sup>η</sup>-11<sup>η</sup>) συνεδρία αξιοποιήθηκε η δυναμική προσομοίωση «οι φάσεις του νερού», <http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/6182>, η οποία προσαρμόστηκε για τις ανάγκες του πειράματος αφαιρώντας τη γραφική παράσταση της θερμότητας σε σχέση με τη θερμοκρασία. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο παρέχει την επιλογή «Μικρόκοσμος», μέσω της οποίας εμφανίζονται δισδιάστατες οπτικές αναπαραστάσεις των μορίων του νερού. Οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν τα μικρότερα τμήματα του νερού ανά φάση και να παρατηρήσουν τις αποστάσεις μεταξύ των μορίων (διάταξη) και την κίνησή τους (ταχύτητα) σε καθεμία από τις τρεις καταστάσεις.

Η σειρά των δοκιμασιών αξιολόγησης ακολουθεί την πορεία της εξέλιξης του πειράματος του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου (στερεό, υγρό, αέριο) και σε κάθε συνεδρία μελετάται το αντίστοιχο μέρος του πειράματος.

#### **Αξιοποίηση ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου (οι φάσεις του νερού)**

Πραγματοποιήθηκαν εννέα συνεδρίες κατά τις οποίες χρησιμοποιήθηκε το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο «οι φάσεις του νερού». Για την καθεμιά κατάσταση (στερεό, υγρό, αέριο) διατυπώθηκαν τρεις ομάδες ερωτήσεων οι οποίες αφορούσαν α) την περιγραφή των μορίων της κατάστασης, β) τη διάταξη και την κίνησή τους και γ) τη σύνοψη των προηγούμενων.

Πίνακας 5.5. Συνεδρία 3<sup>η</sup>: Περιγραφή των μορίων του νερού.

<i>«Μπορείς να περιγράψεις τα μόρια του νερού;»</i>	
<b>#</b>	<b>Ερώτηση</b>
1	Θυμάσαι από τι αποτελείται το νερό; Αν μπορούσαμε να δούμε στο εσωτερικό του, από τι θα λέγαμε ότι αποτελείται το νερό;
2	Πώς λέγονται τα μικρά σωματίδια/μπαλάκια από τα οποία αποτελείται/φτιάχνεται το νερό;
3	Από τι αποτελείται ένα μόριο;
4	Τα μόρια του νερού είναι ίδια ή διαφορετικά μεταξύ τους;
5	Υπάρχει κάτι ανάμεσα στα μόρια του νερού;
6	Τα μόρια του νερού κινούνται;
7	Τι είναι το νερό μέσα στο δοχείο; Γνωρίζεις πώς ονομάζεται αυτή η κατάσταση;

Πίνακας 5.6. Συνεδρία 4<sup>η</sup>: Διάταξη και κίνηση των μορίων του νερού.

<i>«Πού βρίσκονται και πώς κινούνται τα μόρια του νερού;»</i>	
<b>#</b>	<b>Ερώτηση</b>
1	Θυμάσαι από τι αποτελείται το νερό; Αν μπορούσαμε να δούμε στο εσωτερικό του, από τι θα λέγαμε ότι αποτελείται το νερό;
2	Πώς λέγονται τα μικρά σωματίδια/μπαλάκια από τα οποία αποτελείται/φτιάχνεται το νερό;
3	Τα μόρια του νερού αλλάζουν θέσεις; (σταθερές/ίδιες;)

4	Κινούνται τα μόρια του νερού;
5	Πώς κινούνται τα μόρια του νερού; α. τυχαία/πηγαίνουν όπου θέλουν; β. γλιστράνε το ένα πάνω από το άλλο
6	Όταν τα μόρια γλιστρούν το ένα πάνω από το άλλο όπως συμβαίνει στο νερό, πώς λέμε αυτή την κατάσταση; (στερεό, υγρό ή αέριο;)
7	Μπορώ να δω τα μόρια του νερού όταν κοιτάω στο ποτήρι (πραγματικό ποτήρι;)

Πίνακας 5.7. Συνεδρία 5<sup>η</sup> : Σύνοψη για τη μικροσκοπική κατάσταση του νερού.

**«Περιγραφή, διάταξη και κίνηση των μορίων του νερού»**

#	Ερώτηση
1	Πώς νομίζεις ότι μπορείς να δεις τα μόρια του νερού;
2	Πώς λέγονται τα μικρά σωματίδια/μπαλάκια από τα οποία αποτελείται/φτιάχνεται το νερό;
3	Τα μόρια του νερού αλλάζουν θέσεις; (σταθερές/ίδιες;)
4	Κινούνται τα μόρια του νερού;
5	Πώς κινούνται τα μόρια του νερού; α. τυχαία/πηγαίνουν όπου θέλουν; β. γλιστράνε το ένα πάνω από το άλλο;
6	Όταν τα μόρια γλιστρούν το ένα πάνω από το άλλο όπως συμβαίνει στο νερό, πώς λέμε αυτή την κατάσταση; (στερεό, υγρό ή αέριο;)
7	Μπορώ να δω τα μόρια του νερού όταν κοιτάω στο ποτήρι (πραγματικό ποτήρι;)

Οι συνεδρίες 6<sup>η</sup>, 7<sup>η</sup> και 8<sup>η</sup> αναφέρονται στην κατάσταση του στερεού (πάγος) και η διατύπωση των ερωτήσεων ακολουθεί τη δομή που ακολούθησαν κατά αντιστοιχία για το νερό με τη διαφοροποίηση των ερωτήσεων για τη διάταξη και την κίνηση των μορίων του πάγου όπου η Ερώτηση 5 γίνεται: Πώς κινούνται τα μόρια του πάγου; α) τυχαία/πηγαίνουν όπου θέλουν; β) γλιστράνε το ένα πάνω από το άλλο, γ) ταλαντώνονται/τρέμουν; και η Ερώτηση 6: Όταν τα μόρια τρέμουν όπως συμβαίνει στον πάγο, πώς λέμε αυτή την κατάσταση; (στερεό, υγρό ή αέριο;).

Ομοίως, οι συνεδρίες 9<sup>η</sup>, 10<sup>η</sup> και 11<sup>η</sup> αναφέρονται στην κατάσταση του αερίου (υδρατμών) και οι ερωτήσεις τροποποιούνται ως εξής: Πώς κινούνται τα μόρια των υδρατμών; α) τυχαία/πηγαίνουν όπου θέλουν; β) γλιστράνε το ένα πάνω από το άλλο, γ) ταλαντώνονται/τρέμουν; Όταν τα μόρια κινούνται τυχαία όπως συμβαίνει στους υδρατμούς, πώς λέμε αυτή την κατάσταση; (στερεό, υγρό ή αέριο);

Για την ολοκλήρωση της γραμμής βάσης πραγματοποιήθηκαν οι συνεδρίες 12<sup>η</sup> και 13<sup>η</sup> με στόχο την αναγνώριση των τριών φάσεων του νερού από τους μαθητές σε μακροσκοπικό και μικροσκοπικό επίπεδο.

Πίνακας 5.8. Συνεδρία 12<sup>η</sup>: Ονομασία των φάσεων του νερού και μικροσκοπικό επίπεδο.

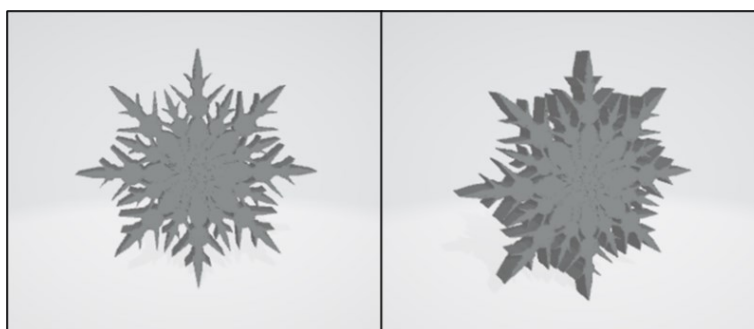
<i>«Ποιες είναι οι φάσεις του νερού και από τι αποτελούνται;»</i>	
#	Ερώτηση
1	Ποιες είναι οι φάσεις του νερού;
2	Πώς αλλιώς λέγεται το νερό;
3	Πώς αλλιώς λέγεται ο πάγος;
4	Πώς αλλιώς λέγονται οι υδρατμοί;
5	Από τι αποτελείται το νερό;
6	Από τι αποτελείται ο πάγος;
7	Από τι αποτελούνται οι υδρατμοί;

Πίνακας 5.9. Συνεδρία 13<sup>η</sup>: Σύγκριση των φάσεων του νερού.

<i>«Μπορείς να συγκρίνεις τις φάσεις του νερού μεταξύ τους;»</i>	
#	Ερώτηση
1	Τα μόρια στις τρεις φάσεις είναι ίδια;
2	Είναι σε κάποια φάση μικρότερα;
3	Μπορείς να σχεδιάσεις τα μόρια στις τρεις φάσεις;
4	Τι υπάρχει ανάμεσά τους;
5	Πού κινούνται ελεύθερα;
6	Πού γλιστρούν το ένα ως προς το άλλο;
7	Πού ταλαντώνονται;

### **5.3.3.Εξοικείωση με τον εξοπλισμό ΕΠ**

Οι μαθητές με ελαφρά ΝΑ εξοικειώθηκαν με τα γυαλιά ΕΠ (AR glasses training) στη διάρκεια μιας συνεδρίας. Στόχος ήταν κάθε μαθητής να φορέσει τα γυαλιά ΕΠ, να κινηθεί ελεύθερα στο χώρο και να παρατηρήσει ένα εικονικό αντικείμενο (3-D Object) το οποίο παρίστανε μια μεγεθυμένη χιονονιφάδα (Εικ. 5.4.). Η χιονονιφάδα συνδέθηκε με την καθημερινή εμπειρία, καθώς στην τρέχουσα περίοδο (26.01.22) επικρατούσαν χαμηλές θερμοκρασίες. Ο μαθητής μέσω των γυαλιών ΕΠ μπορούσε να εντοπίσει το ψηφιακό αντικείμενο, να το πλησιάσει και να κινηθεί γύρω του. Απώτερος στόχος ήταν να αντιληφθεί φαινόμενα τα οποία δε μπορούν να γίνουν αντιληπτά με γυμνό μάτι.



Εικόνα 5.4. Απεικόνιση τρισδιάστατης χιονονιφάδας.

Ως προς τη διαδικασία της εξοικείωσης και κατά την έναρξη του σταδίου της, ο κάθε μαθητής πληροφορήθηκε ότι μέσω της συγκεκριμένης συσκευής θα μπορούσε να δει αόρατα φαινόμενα ή πολύ μικρά αντικείμενα του φυσικού κόσμου. Επεξηγήθηκαν όλα τα μέρη του συστήματος ΕΠ (γυαλιά, χειριστήριο, υπολογιστής) και μέσω καθοδήγησης ο μαθητής φόρεσε κατάλληλα τα γυαλιά, τα οποία στηρίζονται τοποθετημένα από το ύψος των ματιών προς το πίσω μέρος του κεφαλιού σε επικλινές επίπεδο (Εικ. 5.4.). Πρόσθετα, ζητήθηκε από τον μαθητή να κρατήσει τον υπολογιστή στο χέρι του με τον οποίο είναι συνδεδεμένα τα γυαλιά ώστε να νιώθει ασφάλεια και άνεση για να μπορεί να περιηγηθεί ελεύθερα στο χώρο. Στη συνέχεια ζητήθηκε από κάθε μαθητή να εντοπίσει τη χιονονιφάδα, να την πλησιάσει παρατηρώντας την από διαφορετικές οπτικές γωνίες και να την περιγράψει δίνοντας πληροφορίες για τη θέση, το μέγεθος, το σχήμα και άλλες πιθανές λεπτομέρειες (Εικ. 5.5.).

Για την επίτευξη του επιπέδου επαρκούς εξοικείωσης θεωρήθηκαν τα εξής κριτήρια:

- α) η ελεύθερη κίνηση των μαθητών,
- β) η αποδοχή της συσκευής ΕΠ ως προς την άνεση και την ευκολία εφαρμογής της και
- γ) η πιθανή νόσος του προσομοιωτή.

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας επαληθεύτηκε η ικανότητα των μαθητών να κινούνται ελεύθερα στην «επαυξημένη» αίθουσα ενώ φορούσαν τα γυαλιά ΕΠ και να παρατηρούν την εικονική νιφάδα χιονιού. Το επίπεδο αυτής της αλληλεπίδρασης ταξινομείται ως διερευνητικό (exploratory), καθώς ο συμμετέχων επιλέγει πού να κοιτάξει χωρίς να αλληλεπιδράσει με τα αντικείμενα (Vergara et al., 2017). Η διερεύνηση της αποδοχής του συστήματος και της νόσου της προσομοίωσης αποτέλεσαν μέρος της διαδικασίας της εξοικείωσης, για την οποία οι μαθητές απάντησαν επιλεγμένες απλές ερωτήσεις τόσο κατά τη διάρκεια όσο και στη λήξη της δοκιμασίας.



Εικόνα 5.5. Στιγμιότυπα από την εξοικείωση με τον εξοπλισμό ΕΠ.



Η νόσος προσομοίωσης αποτελεί μια μορφή ναυτίας που προκαλείται σε εικονικά περιβάλλοντα (Beckmann et al., 2019) και προκαλεί συμπτώματα όπως γενική δυσφορία, κούραση στα μάτια, δυσκολία εστίασης, πονοκέφαλο, ζαλάδα και ναυτία (Kennedy et al., 1993; Vonk et al., 2018). Δεδομένου ότι οι συμμετέχοντες στο επαυξημένο περιβάλλον λαμβάνουν ερεθίσματα κυρίως από τον φυσικό κόσμο, τα συμπτώματα αυτά συνήθως δεν εμφανίζονται στις εφαρμογές ΕΠ σε αντίθεση με τις αντίστοιχες της εικονικής πραγματικότητας (Iatraki et al., 2021). Η πιθανή εμφάνιση συμπτωμάτων της νόσου της προσομοίωσης μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την αποδοχή της τεχνολογίας ΕΠ από τους συμμετέχοντες (Vonk et al., 2018).



Εικόνα 5.6. Ο μαθητής προσπαθεί να αγγίξει την ψηφιακή χιονονιφάδα.

Οι μαθητές απάντησαν θετικά ή αρνητικά στις ερωτήσεις που καταχωρούνται στον Πίνακα 5.10.

Πίνακας 5.10. Επίτευξη επιπέδου εξοικείωσης με το σύστημα ΕΠ.

Ερωτήσεις	Ναι	Όχι
Χρησιμοποιείς ηλεκτρονικό υπολογιστή;		
Έχεις εμπειρία σε βιντεοπαιχνίδια;		
Έχεις εμπειρία σε εικονική/επαυξημένη πραγματικότητα;		
Φοράς γυαλιά οράσεως;		
Ένωσες κούραση στα μάτια;		
Είχες θολή όραση;		
Ένωσες πονοκέφαλο;		
Ένωσες ζαλάδα;		
Τα γυαλιά που φόρεσες ήταν εύκολα στη χρήση τους;		
Μέσα από τα γυαλιά κατανοείς καλύτερα τον κόσμο γύρω σου;		
Η χρήση αυτών των γυαλιών κάνει τη μάθηση πιο ενδιαφέρουσα;		
Θα ήθελες να χρησιμοποιείς αυτά τα γυαλιά για να μαθαίνεις;		

#### 5.3.4. Παρέμβαση με τα γυαλιά ΕΠ

Η παρέμβαση Φυσικής με τα γυαλιά ΕΠ (AR-based physics intervention) διερευνά την επίδραση της Επαυξημένης Πραγματικότητας στην απόκτηση γνώσης αφηρημένου περιεχομένου Φυσικής σε μαθητές με ελαφρά ΝΑ για τις φάσεις του νερού. Σχεδιάστηκαν

έξι συνεδρίες με στόχο οι μαθητές να απαντήσουν σε όλες οι ερωτήσεις βασικού περιεχομένου σχετικά με τις τρεις φάσεις του νερού. Οι συνθήκες της παρέμβασης χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες συνεδριών. Δύο συνεδρίες ανά κατάσταση του νερού οι οποίες αποτελούνταν από την πρώτη που αφορούσε την περιγραφή των μορίων και την δεύτερη που μελετούσε τη θέση και ταχύτητα των μορίων. Κάθε συνεδρία διήρκησε 20–30 λεπτά. Οι δοκιμασίες αξιολόγησης διαβάστηκαν φωναχτά ώστε με την προφορική οδηγία οι μαθητές να είναι σε θέση να απαντήσουν χωρίς πρόσθετα σχόλια ή προτροπές. Η μοναδική οδηγία που προβλέφθηκε ήταν η χρησιμοποίηση πανομοιότυπων λεκτικών προτροπών σε βήματα, όπως «επιλέξτε τη σωστή απάντηση». Οι μαθητές απάντησαν σε επτά (7) ερωτήσεις σχετικά με τις τρεις καταστάσεις του νερού ανά συνεδρία. Διευκρινίζεται ότι υπήρχε η δυνατότητα να παραλείψουν όσες ερωτήσεις δε γνώριζαν.

Η φάση της παρέμβασης διαιρέθηκε στη φάση της παρέμβασης α) μέσω διερεύνησης και β) μέσω της συστηματικής διδασκαλίας. Η διαφοροποίηση των δύο διδακτικών προσεγγίσεων έγκειται στην κατασκευή της γνώσης. Στην πρώτη περίπτωση η γνώση κατασκευάζεται από τους ενεργούς μαθητές με την καθοδήγηση και τη διευκόλυνση του εκπαιδευτικού και στη δεύτερη περίπτωση αποκτάται μέσω του ενεργού ρόλου του εκπαιδευτικού. Στη συνέχεια περιγράφονται οι αντίστοιχες διαδικασίες.



Εικόνα 5.7. Στιγμιότυπα από την παρέμβαση για την αέρια φάση του νερού. Οι μαθήτριες βγάζουν το καπάκι και βλέπουν τους υδρατμούς να απελευθερώνονται.

Πίνακας 5.11. Στόχοι και προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα.

Γνωστικοί στόχοι	Συναισθηματικοί στόχοι	Ψυχοκινητικοί στόχοι
<b>Οι μαθητές αναμένεται να:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• περιγράφουν τις τρεις καταστάσεις της ύλης μακροσκοπικά</li> <li>• αναγνωρίζουν ότι το μόριο είναι ένα από τα δομικά συστατικά της ύλης</li> <li>• διευκρινίζουν ότι η ύλη δεν είναι συνεχής</li> <li>• αναλύουν τη δομή του νερού, ανεξάρτητα από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται</li> <li>• ερμηνεύουν τις τρεις καταστάσεις της ύλης με βάση τον τρόπο κίνησης των μορίων της</li> <li>• ερμηνεύουν τη διαφορετική συμπεριφορά των στερεών, υγρών και αερίων</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• «αντιλαμβάνονται την ύλη στις τρεις καταστάσεις μέσα από το παράδειγμα του νερού, αξιοποιώντας και ερμηνεύοντας τις οπτικές αναπαραστάσεις των μορίων»</li> <li>• «εμπλακούν στον καταμερισμό του έργου κατά την ομαδική εργασία</li> <li>• να αναπτύξουν πνεύμα συνεργασίας και αμοιβαίου σεβασμού»</li> <li>• αποκτήσουν κίνητρα μάθησης και άλλων γνωστικών αντικειμένων.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• αναπτύξουν δεξιότητες χειρισμού δυναμικών προσομοιώσεων</li> <li>• ανταποκρίνονται σε καθοδηγούμενες ενέργειες για την ολοκλήρωση δραστηριοτήτων</li> <li>• προσαρμόσουν τις δεξιότητες τους στις νέες απαιτήσεις της διδασκαλίας με την αξιοποίηση της εκπαιδευτικής τεχνολογίας.</li> </ul>

### Παρέμβαση ΕΠ μέσω διερεύνησης

Οι συνεδρίες παρέμβασης ΕΠ μέσω διερεύνησης (AR inquiry-based intervention) ξεκίνησαν μετά το στάδιο της γραμμής βάσης για τους τρεις συμμετέχοντες (Γιάννης, Μάνος, Ελένη) σε ατομικό πλαίσιο διδασκαλίας. Η διάρκειά της ήταν έξι εβδομάδες, με μία συνεδρία 20 έως 30 λεπτών ανά εβδομάδα (μεταβαλλόμενη ανάλογα με το ρυθμό μάθησης και το επίπεδο συμμετοχής του κάθε μαθητή). Η διερευνητική διαδικασία ενισχύθηκε με την εφαρμογή της τεχνικής ανάλυσης έργου (ανάλυση βήμα προς βήμα), των ενισχύσεων/προτροπών (λεκτικός έπαινος) και της χρονικής καθυστέρησης (χρήση προσαρμοσμένου λεξιλογίου με επανάληψη των όρων της Φυσικής), ευθυγραμμισμένες τεχνικές με τις εξατομικευμένες ανάγκες των μαθητών με ΝΑ.

Οι δραστηριότητες της διερεύνησης χωρίζονται στις φάσεις του προσανατολισμού, της αναδόμησης των αντιλήψεων-εννοιολόγηση, της κύριας διερεύνησης και των συμπερασμάτων-συζήτηση. Οι φάσεις σχεδιάστηκαν για να βοηθήσουν τους μαθητές στην ενεργή οικοδόμηση της γνώσης κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων (Duran & Duran, 2004; McDermott et al., 2000; Pedaste et al., 2015). Η διδακτική τεχνική του καταϊγισμού ιδεών σχεδιάστηκε ώστε να οδηγήσει τους μαθητές στα συμπεράσματα των επιμέρους δραστηριοτήτων. Ο τύπος της δομημένης διερεύνησης (structured inquiry) διευκόλυνε και καθοδήγησε τους μαθητές στην απόκτηση και βελτίωση δεξιοτήτων

διερεύνησης, όπως είναι η διεξαγωγή παρατηρήσεων, η υποβολή ερωτήσεων, η αναζήτηση και η αξιολόγηση πληροφοριών και η επικοινωνία συμπερασμάτων (Burns et al., 1985; Lou et al., 2015; Wu & Hsieh, 2006).

Στη συνέχεια περιγράφεται αναλυτικά το πλαίσιο της δομημένης διερεύνησης για την υγρή κατάσταση του νερού (liquid state–water) για το ζεύγος συνεδριών της περιγραφής των μορίων του νερού (1<sup>η</sup> συνεδρία) και της διάταξης και κίνησης των μορίων του νερού (2<sup>η</sup> συνεδρία). Αντίστοιχες συνεδρίες πραγματοποιήθηκαν για τις καταστάσεις του στερεού–πάγου (solid state–ice) και του αερίου–υδρατμοί (gas state–vapor).

**Συνεδρία 1<sup>η</sup>.** Περιγραφή των μορίων του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο.

### ***Προσανατολισμός – ανάδειξη ιδεών των μαθητών***

Η φάση του προσανατολισμού ξεκινά με την ερώτηση «*Τι βλέπεις στο ποτήρι;*». Ο μαθητής βλέπει ένα πραγματικό γυάλινο ποτήρι ζέσης που περιέχει μικρή ποσότητα νερού. Διατυπώνονται ερωτήσεις που συνδέονται με την καθημερινή εμπειρία και αυξάνουν το ενδιαφέρον και την περιέργεια, όπως: «*Πού συναντάμε το νερό καθημερινά; Μπορείς να αναφέρεις μερικά παραδείγματα;*». Στόχος του προσανατολισμού αποτελεί η εισαγωγή του μαθητή στο θέμα προς διερεύνηση και η εμπλοκή του σε διάλογο μέσω καθοδήγησης και προτροπής. Για την ανάκληση και περιγραφή των καθημερινών φαινομένων σχετικά με τις καταστάσεις του νερού διατυπώνονται οι εξής ερωτήσεις: «*Το νερό γνωρίζεις σε ποια μορφή βρίσκεται σε αυτά τα παραδείγματα; Πώς ονομάζονται οι μορφές στις οποίες συναντάμε το νερό;*», ή «*Το νερό που βρίσκεται μέσα στο δοχείο τι είναι;*». Ο μαθητής καθοδηγείται μέσω ερωτήσεων ανοιχτού τύπου για να περιγράψει την υγρή κατάσταση του νερού μακροσκοπικά. Μετά την ολοκλήρωση του προσανατολισμού ο μαθητής ενημερώνεται για τον στόχο της διερεύνησης. Ο στόχος αποτελεί μια κύρια διερώτηση η οποία επιμερίζεται σε ερωτήσεις που βοηθούν τον μαθητή να οδηγηθεί στην απάντηση του κύριου ερευνητικού ερωτήματος. «*Από τι αποτελείται το νερό; Τι θα έλεγες να δούμε μέσα στο νερό για να απαντήσουμε;*».

### ***Έναρξη αναδόμησης/συμπλήρωσης αρχικών ιδεών μέσω της κύριας διερεύνησης***

Η κύρια διερεύνηση προσδιορίζεται από την εννοιολόγηση (βλ. κεφ. II, 2.1.2. Διερευνητική μάθηση, σ. 29) η οποία αφορά την αναδόμηση των αρχικών αντιλήψεων των μαθητών. Το στάδιο αρχίζει τη στιγμή που ο μαθητής φοράει τα γυαλιά ΕΠ, τα οποία είναι ήδη ενεργοποιημένα στην εφαρμογή για τις φάσεις του νερού. Συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι «αυτά τα γυαλιά μας βοηθούν να δούμε στο εσωτερικό του νερού–μέσα στο νερό». Για τις ανάγκες του πειράματος και την αποφυγή εναλλακτικών ιδεών των μαθητών (σχετικά με την ερώτηση «τι υπάρχει ανάμεσα στα μόρια του νερού;» -κενό-),

το ποτήρι ζέσης με το νερό αντικαθίσταται με ένα όμοιο άδειο ποτήρι ζέσης κατά το χρονικό διάστημα όπου ο μαθητής φοράει το σύστημα των γυαλιών. Ο μαθητής μόλις φορέσει τα γυαλιά καλείται να κοιτάξει ξανά προς το ποτήρι ζέσης και μπορεί να δει ότι στη θέση του υγρού νερού πλέον υπάρχουν τα εικονικά μόρια στο πραγματικό άδειο δοχείο (Εικ. 5.2). Ο μαθητής ενθαρρύνεται να συμμετάσχει στη διερώτηση και να απαντήσει τα ερωτήματα: *«Τώρα τι βλέπεις; Πού πήγε το νερό;»*. Το νερό αντικαταστάθηκε με τα εικονικά μόρια, τα οποία αποτελούν όμοια συστήματα τριών σφαιρών τα οποία περιστρέφονται αργά, αλλάζουν θέση, πλησιάζουν και απομακρύνονται το ένα σε σχέση με το άλλο στο εσωτερικό του δοχείου. Δίνεται βήμα προς βήμα καθοδήγηση για την παραγωγή προκαθορισμένου αποτελέσματος μέσω της διευκρινιστικής ερώτησης *«δηλαδή τα μπαλάκια βρίσκονται στη θέση του νερού; Πώς το εξηγείς;»*.

### **Κύρια διερεύνηση**

Η έρευνα επικεντρώνει το ενδιαφέρον του μαθητή στην παρατήρηση και την περιγραφή του εσωτερικού του δοχείου μέσω της προηγούμενης ερώτησης *«πού πήγε το νερό;»*. Η επισήμανση ότι τα γυαλιά ΕΠ διαθέτουν την ικανότητα να λειτουργήσουν ως ένας «μαγικός φακός» μέσω του οποίου γίνονται ορατά φαινόμενα του φυσικού κόσμου τα οποία δεν φαίνονται με γυμνό μάτι ή με μικροσκόπιο συμβάλλουν στη διαδικασία του συλλογισμού του μαθητή. Για τη συνέχεια ο μαθητής παροτρύνεται να κινηθεί ελεύθερα στο χώρο της αίθουσας και να δει τις μικρές μπάλες (σωματίδια) στο δοχείο από κάθε πλευρά ώστε να τις περιγράψει. *«Μπορείς να περιγράψεις το μόριο; Με τι μοιάζει; Ας δούμε από τι αποτελείται»*.

Διευκολυντικές ερωτήσεις ανάλυσης έργου που βοηθούν τον μαθητή στην περιγραφή του είναι: *«Μπορείς να περιγράψεις τα μόρια του νερού; Τι παρατηρείς; Είναι ίδια ή διαφορετικά; Έχουν ίδιο χρώμα; Μέγεθος; Ταχύτητα; Δηλαδή τα μόρια του νερού είναι όμοια, βρίσκονται σε αποστάσεις και κινούνται; Υπάρχει κάτι ανάμεσα στα μόρια του νερού; Είναι πολύ κοντά μεταξύ τους ή υπάρχει άδειος χώρος; Δηλαδή το νερό είναι σαν μια κατασκευή άδεια, με μικροσκοπικά σωματίδια/μπαλάκια, τα οποία πλησιάζουν και απομακρύνονται και τι άλλο κάνουν; Τα μόρια του νερού κινούνται; Συνεχώς; Ή σταματούν; Τι θα συμβεί αν βγάλεις τα γυαλιά; Γιατί δεν βλέπεις τα μόρια του νερού; Δηλαδή τα μόρια είναι πολύ-πολύ μικρά, επομένως μπορούμε να τα δούμε; Κινούνται, γλιστρώντας το ένα πάνω από το άλλο ή συγκρούονται; συγκρούονται με τα τοιχώματα του δοχείου; πώς λέγονται αυτά που βλέπεις; αυτές οι μικρές μπάλες που βλέπεις με τα γυαλιά αποτελούν το νερό; πώς λέγονται;»*.

### **Συμπεράσματα - συζήτηση**

Η έρευνα ολοκληρώνεται με τη σύνοψη των συμπερασμάτων από τους μαθητές. Επισημαίνεται ότι το νερό δεν είναι συνεχές αλλά αποτελείται από μικρά μέρη της ύλης που ονομάζονται μόρια. Τα μόρια είναι πολύ μικρά και δεν μπορούν να γίνουν ορατά. Ανάμεσα στα μόρια υπάρχει κενό και κινούνται. Στο σημείο αυτό αναφέρεται στους μαθητές ο στόχος της επόμενης συνεδρίας ως εξής: «*ποια είναι η θέση των μορίων του νερού και πώς αυτά κινούνται;*».

**Συνεδρία 2<sup>η</sup>.** Περιγραφή της διάταξης και της κίνησης των μορίων του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο.

Η δεύτερη συνεδρία αποτελεί μέρος της κύριας διερεύνησης σχετικά με την κατάσταση του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο, συγκεκριμένα μέσω της παρατήρησης και της περιγραφής της διάταξης και της κίνησης των μορίων του νερού.

### ***Κύρια διερεύνηση***

Η έρευνα επικεντρώνει το ενδιαφέρον του μαθητή στην παρατήρηση και την περιγραφή του εσωτερικού του δοχείου μέσω της προηγούμενης ερώτησης «*πού πήγε το νερό;*». Η επισήμανση ότι τα γυαλιά ΕΠ διαθέτουν την ικανότητα να λειτουργήσουν ως ένας μαγικός φακός μέσω του οποίου γίνονται ορατά φαινόμενα του φυσικού κόσμου τα οποία δεν φαίνονται με γυμνό μάτι ή ακόμα και με μικροσκόπιο συμβάλλουν στη διαδικασία του συλλογισμού του μαθητή. Ο μαθητής μπορούσε να κινηθεί ελεύθερα και να δει μικρά σωματίδια που κινούνταν αργά, γλιστρώντας το ένα πάνω από το άλλο ή συγκρούονταν στα τοιχώματα του δοχείου. Αυτή η διαδικασία επαναλήφθηκε για τις τρεις φάσεις του νερού, παρέχοντας ορισμούς και δημιουργώντας ερωτήματα διερεύνησης. Η αλληλεπίδραση που ενσωματώθηκε κατά την κατάσταση αερίου, όπου ο μαθητής αφαίρεσε το πραγματικό καπάκι του ποτηριού, τα μόρια απελευθερώθηκαν και διαχύθηκαν στον διαθέσιμο χώρο μέσα στην τάξη (Εικ. 5.7.). Στο τέλος κάθε συνεδρίας, ο ερευνητής βοηθούσε κάθε συμμετέχοντα να αφαιρέσει το πραγματικό καπάκι του δοχείου.

### ***Συμπεράσματα - συζήτηση***

Η έρευνα ολοκληρώνεται με τη σύνοψη των συμπερασμάτων από τους μαθητές. Επισημαίνεται ότι τα μόρια του νερού είναι πολύ μικρά και γίνονται ορατά μόνο με τα γυαλιά ΕΠ, κινούνται και μεταξύ αυτών υπάρχει κενός χώρος.

Η αντίστοιχη διαδικασία διερώτησης η οποία περιγράφει τις δύο συνεδρίες για τα μόρια του νερού, τη διάταξη και την κίνησή τους, επαναλήφθηκε για τις άλλες δύο φάσεις του νερού, δηλαδή για τον πάγο και για τους υδρατμούς. Ως προς τον πάγο, η διαδικασία περιγράφεται στο Παράρτημα πανομοιότυπη ενώ για τους υδρατμούς ενσωματώθηκε

μια διάδραση κατά την οποία ο μαθητής αφαιρεί το πραγματικό καπάκι του ποτηριού και τα μόρια απελευθερώνονται και διαχέονται στον διαθέσιμο χώρο της αίθουσας (Εικ. 5.7.). Στο τέλος κάθε συνεδρίας ο μαθητής αφαιρούσε το σύστημα των γυαλιών με την παροχή υποστηρικτικής βοήθειας.

Μετά την ολοκλήρωση της διερεύνησης της εκάστοτε συνεδρίας, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της διαδικασίας μέσω του ερωτηματολογίου των επτά ερωτήσεων ανοικτού τύπου που είχαν συμπληρώσει οι μαθητές κατά τις συνεδρίες της γραμμής βάσης.

### **Παρέμβαση ΕΠ μέσω συστηματικής διδασκαλίας**

Οι συνεδρίες παρέμβασης για τη συστηματική διδασκαλία (AR systematic instruction-based intervention) ξεκίνησαν μετά το στάδιο της γραμμής βάσης για τις τρεις μαθήτριες με ελαφρά ΝΑ (Λίνα, Χαρά, Φανή) σε πλαίσιο διδασκαλίας μία προς μία. Η διάρκεια της κύριας παρέμβασης ήταν ομοίως έξι εβδομάδες, με μία συνεδρία 15 έως 20 λεπτών ανά εβδομάδα (η χρονική διάρκεια της συνεδρίας εξαρτήθηκε από τον ρυθμό μάθησης και το επίπεδο συμμετοχής κάθε μαθήτριας). Η συστηματική διδασκαλία υποστηρίχθηκε συμπληρωματικά μέσω των διδακτικών τεχνικών της ανάλυσης έργου, των ενισχύσεων/προτροπών και τη χρονική καθυστέρηση, με βάση τις εξατομικευμένες ανάγκες των μαθητών με ΝΑ. Κάθε μαθήτρια λάμβανε σαφείς οδηγίες για την εκάστοτε κατάσταση του νερού (νερό, πάγος, υδρατμοί), με στόχο τη διευκόλυνση της απόκτησης του περιεχομένου Φυσικής και της παροχής ευκαιριών για την απόκτηση δεξιοτήτων γνωστικού τομέα από τους μαθητές με ΝΑ (Blanchard et al., 2010; Gaddis & Schoffstall, 2007).

### **5.4. Επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων της παρέμβασης**

Αξιολογήθηκε η επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής (i. της παρέμβασης με την ΕΠ μέσω της διερεύνησης είτε ii. της παρέμβασης με την ΕΠ μέσω της συστηματικής διδασκαλίας), στην εξαρτημένη μεταβλητή (αριθμός των σωστών απαντήσεων κάθε μαθητή στον ανιχνευτή αξιολόγησης). Οι έξι μαθητές απάντησαν σε επτά ερωτήσεις στο τέλος κάθε συνεδρίας (δύο συνεδρίες αντιστοιχούσαν σε μία φάση νερού στο μικροσκοπικό επίπεδο της αφηρημένης έννοιας των μορίων του).

Οι απαντήσεις των μαθητών καταγράφηκαν σε φύλλα δεδομένων κατά την ολοκλήρωση των συνεδριών για την κάθε προσέγγιση διδασκαλίας. Στη συνέχεια απεικονίστηκαν γραφικά οι σωστές απαντήσεις στον ανιχνευτή αξιολόγησης και προέκυψαν εξατομικευμένα διαγράμματα των συμμετεχόντων μαθητών.

Το στάδιο διατήρησης της γνώσης τοποθετήθηκε σε έξι χρονικές στιγμές κατά τη διάρκεια της παρέμβασης, όπου οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν σε ερωτήσεις για τη διατήρηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων τους (βλ. Πίνακα 5.14. Χρονοδιάγραμμα των φάσεων διατήρησης). Το στάδιο της γενίκευσης αφορούσε τη γενίκευση περιεχομένου το οποίο πραγματοποιήθηκε χωρίς τα γυαλιά και στη συνέχεια μέσω των γυαλιών, καθώς και τη γενίκευση πλαισίου το οποίο αφορούσε την ανάπτυξη δεξιοτήτων (Πίνακες 5.18. και 5.19, σ. 142).

Οι ερωτήσεις για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων σχετικά με την κατάσταση του υγρού νερού βρίσκονται στους Πίνακες 5.5. και 5.6. (σ. 124), για την κατάσταση του στερεού πάγου στο Παράρτημα Β, στους Πίνακες Π1.1., Π1.2. (σ. 229) και αντίστοιχα για την κατάσταση του αερίου υδρατμών στους Πίνακες Π1.4. και Π1.5. (σ. 232).

#### **5.4.1. Μεταβλητές και συλλογή δεδομένων**

Στο ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου η ανεξάρτητη μεταβλητή αφορά τη διδακτική προσέγγιση μέσω της χρήσης των γυαλιών ΕΠ για την απόκτηση του αφηρημένου περιεχομένου Φυσικής (οι φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο) σε έξι μαθητές με ελαφρά ΝΑ. Η εμπειρική μελέτη θέτει δύο τύπους ανεξάρτητης μεταβλητής: ο πρώτος αναφέρεται στην παρέμβαση ΕΠ για την απόκτηση αφηρημένου περιεχομένου Φυσικής μέσω διερευνητικής μάθησης και ο δεύτερος τύπος αναφέρεται στην παρέμβαση ΕΠ για την απόκτηση αντίστοιχου περιεχομένου μέσω συστηματικής διδασκαλίας.

Η εξαρτημένη μεταβλητή αφορά τον αριθμό των σωστών απαντήσεων στην αξιολόγηση του περιεχομένου ΦΕ, που περιγράφεται λεπτομερώς στα ερωτηματολόγια για τις φάσεις του νερού. Αυτός ο αριθμός υπολογίστηκε ξεχωριστά σύμφωνα με τους δύο τύπους διδασκαλίας, για τη διερευνητική μάθηση και για τη συστηματική διδασκαλία. Η εξαρτημένη μεταβλητή σχεδιάστηκε ώστε να μετρηθούν οι βαθμολογίες των μαθησιακών αποτελεσμάτων ξεχωριστά για κάθε τύπο παρέμβασης (διερεύνηση και συστηματική διδασκαλία) και να εξεταστούν πιθανές διαφορές στα αντίστοιχα μεγέθη επίδρασης (δηλαδή τα ποσοστά που αναφέρονται στην αποτελεσματικότητα κάθε παρέμβασης).

Για την καταγραφή του αριθμού των ερωτήσεων χρησιμοποιήθηκαν διαδικασίες συλλογής δεδομένων των σωστών απαντήσεων μετά από κωδικοποίηση και συμφωνία. Κάθε συνεδρία αποτελούταν από μια αξιολόγηση που περιλάμβανε 7 ερωτήσεις που αξιολογούσαν την ικανότητα ορισμού και κατανόησης του λεξιλογίου του περιεχομένου



ΦΕ. Αυτές οι ερωτήσεις διατάχθηκαν τυχαία σε τρεις διαφορετικές εκδόσεις αξιολόγησης των ίδιων λέξεων λεξιλογίου για τη μείωση των αποτελεσμάτων της πρακτικής.

Εάν ο συμμετέχων απάντησε σωστά στην ερώτηση, τότε αυτή καταγράφηκε ως σωστή απάντηση. Αν ο συμμετέχων δεν απάντησε σωστά στην ερώτηση ή δεν απάντησε, τότε καταγράφηκε ως ένα λάθος.

Οι ερωτήσεις που σχεδιάστηκαν με βάση τους μαθησιακούς στόχους μπορούν να ταξινομηθούν έως τα τρία πρώτα επίπεδα της αναθεωρημένης γνωστικής ταξινομίας του Bloom, δηλαδή την ανάκληση του λεξιλογίου της Φυσικής, την κατανόηση των όρων και την εφαρμογή των γνώσεων που απέκτησαν.

#### **5.4.2. Σχεδιασμός ανάλυσης δεδομένων**

Η ανάλυση δεδομένων περιλαμβάνει: α) τη διαδικασία της οπτικής ανάλυσης (visual analysis) για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων της παρέμβασης ΕΠ και β) τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας της παρέμβασης μέσω του υπολογισμού του μεγέθους επίδρασης (effect size).

##### **Οπτική ανάλυση**

Η οπτική ανάλυση (visual analysis), ως στατιστική προσέγγιση για την ανάλυση των δεδομένων του σχεδίου μεμονωμένου ατόμου, χρησιμοποιείται για την περιγραφή των μεγεθών των αποτελεσμάτων και τον προσδιορισμό λειτουργικής σχέσης μεταξύ ανεξάρτητης και εξαρτημένης μεταβλητής. Έξι χαρακτηριστικά αξιολογούν τις αλλαγές στα αποτελέσματα εντός και μεταξύ των φάσεων για το συγκεκριμένο ερευνητικό σχέδιο ανεξαρτήτως του τύπου του: επίπεδο (level), τάση (trend), μεταβλητότητα (variability), επικάλυψη (overlap), αμεσότητα της επίδρασης (immediacy of the effect) και συνέπεια των μοτίβων των δεδομένων (consistency of data patterns) σε παρόμοιες συνθήκες (Horner et al., 2005; Kratochwill et al., 2010; Lane & Gast, 2014). Η σύγκριση των δεδομένων στις παρακείμενες φάσεις πραγματοποιείται μέσω του επιπέδου (μέση τιμή δεδομένων φάσης), της τάσης (κλίση προσαρμοσμένης γραμμής στα δεδομένα) και της μεταβλητότητας των αποτελεσμάτων. Η τάση αναφέρεται στη βέλτιστη ευθεία γραμμή που αντιπροσωπεύει το σύνολο των σημείων των δεδομένων μέσα σε μια φάση, η οποία μπορεί να είναι θετική, μηδενική, αρνητική, ή απροσδιόριστη (Kratochwill et al., 2010). Η αμεσότητα της επίδρασης της παρέμβασης πραγματοποιείται μέσω της εξέτασης των αλλαγών στο επίπεδο, την τάση, τη μεταβλητότητα και τον βαθμό επικάλυψης των τριών τελευταίων δεδομένων σε μία φάση (γραμμή βάσης) και των τριών πρώτων δεδομένων στην επόμενη φάση (παρέμβαση). Η εξέταση των μοτίβων επιπέδου, τάσης και μεταβλητότητας πιθανώς παρέχει στοιχεία για τη λεγόμενη συνέπεια σε παρόμοιες

φάσεις. Τέλος, η αξιοποίηση πληροφοριών από τα προηγούμενα στοιχεία μπορεί να προσδιορίσει την επάρκεια πειραματικού ελέγχου. Η παρέμβαση θεωρείται ότι λειτουργεί εάν τα δεδομένα είτε στη διάρκεια της φάσης της παρέμβασης είτε σε φάση έναρξης της δεν επικαλύπτουν το πραγματικό ή το προεκτεινόμενο πρότυπο δεδομένων της προηγούμενης αρχικής ή φάσης της παρέμβασης, αντίστοιχα.

Η διαδικασία της οπτικής ανάλυσης μπορεί να εντάξει μια μελέτη μεμονωμένου ατόμου σε θετική, αρνητική ή μικτή. Θετική προσδιορίζεται η μελέτη στην περίπτωση όπου όλα τα δεδομένα των ατομικών γραφημάτων των συμμετεχόντων εμφανίζουν μια τάση βελτίωσης για τις εξαρτημένες μεταβλητές που σχετίζονται με τα μαθησιακά αποτελέσματα στο περιεχόμενο Φυσικής. Αρνητική χαρακτηρίζεται στην περίπτωση που η παρέμβαση δεν δείξει βελτίωση για κανέναν συμμετέχοντα και μικτή όταν ορισμένοι συμμετέχοντες παρουσιάσουν βελτίωση ενώ άλλοι δεν βελτιωθούν.

Λαμβάνοντας υπόψη τους δείκτες ποιότητας των Horner και συνεργατών (2005) και των Cook και Cook (2015) για τις τεκμηριωμένες πρακτικές με βάση το ερευνητικό σχέδιο της μελέτης, σχεδιάστηκαν έξι συνεδρίες, οι οποίες απεικονίστηκαν ως έξι διαφορετικά σημεία-δεδομένα στη φάση της παρέμβασης σε κάθε ατομικό διάγραμμα συμμετέχοντα. Ο πειραματικός έλεγχος αποδεικνύεται όταν ο σχεδιασμός τεκμηριώνει τουλάχιστον τρεις επιδείξεις του πειραματικού αποτελέσματος σε τρία διαφορετικά χρονικά σημεία με έναν μόνο συμμετέχοντα (Horner et al., 2005; Tincani, & Travers, 2018). Συγκεκριμένα, στην παρούσα εμπειρική μελέτη σχεδιάστηκαν 13 συνεδρίες στη γραμμή βάσης και έξι συνεδρίες στις συνθήκες παρέμβασης, όπου ανά δύο αντιστοιχίζονταν σε κάθε κατάσταση του νερού (μία συνεδρία αφορούσε την περιγραφή των μορίων του νερού και μία επόμενη συνεδρία περιλάμβανε τη διάταξη και την κίνηση των μορίων για το υγρό νερό. Κατά αντιστοιχία επαναλήφθηκαν δύο συνεδρίες για την κατάσταση του πάγου και δύο τελευταίες για την κατάσταση των υδρατμών).

Για τον προσδιορισμό μιας λειτουργικής σχέσης μεταξύ της ανεξάρτητης (τύπος παρέμβασης) και της εξαρτημένης (αριθμός σωστών απαντήσεων ως προς τον αριθμό των συνεδριών) μεταβλητής και κατά πόσο ο χειρισμός της ανεξάρτητης μεταβλητής συσχετίζεται με την αλλαγή στην εξαρτημένη μεταβλητή θεωρούνται εσωτερικές συγκρίσεις των φάσεων, δηλαδή συγκρίσεις εντός της γραμμής βάσης και συγκρίσεις εντός της παρέμβασης από την οπτική ανάλυση των αποτελεσμάτων (υπολογισμός επιπέδου, τάσης, μεταβλητότητα, βλ. Πίνακα 6.1.).

### **Μέγεθος επίδρασης**

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία υπάρχει διαφοροποίηση των απόψεων των ερευνητών ως προς την ποσοτική ανάλυση των ερευνητικών σχεδίων μεμονωμένου ατόμου (Parker et al., 2011). Για τον προσδιορισμό του μεγέθους επίδρασης (effect size), δηλαδή της αλλαγής που συνέβη στην ακαδημαϊκή επίδοση μεταξύ της γραμμής βάσης και της παρέμβασης για κάθε μαθητή, χρησιμοποιήθηκε το Nonoverlap of All Pairs (NAP), το οποίο συγκρίνει την επικάλυψη των δεδομένων μεταξύ των φάσεων της γραμμής βάσης και της παρέμβασης. Με την ταξινόμηση των αποτελεσμάτων προσδίδεται μια ταξινόμηση και κατά αντιστοιχία ένα μέγεθος επίδρασης: τιμή  $\leq 0,65$  ασθενή επίδραση,  $0,66 \leq$  τιμή  $\leq 0,92$  μέση επίδραση και  $0,93 \leq$  τιμή  $\leq 1$  ισχυρή επίδραση. Στη συνέχεια υπολογίστηκε το μέγεθος επίδρασης PND (percent of nonoverlapping data) το οποίο αποδίδεται ως το ποσοστό των μη επικαλυπτόμενων δεδομένων και καθορίζει την αποτελεσματικότητα της παρέμβασης με τα γυαλιά ΕΠ (Scruggs et al., 1987; Scruggs & Mastropieri, 2001; Schlosser et al., 2008). Με βάση τις κατευθύνσεις των Scruggs και Mastropieri (2001) το μέγεθος επίδρασης ταξινομείται ως εξής:

Πίνακας 5.12. Μέγεθος επίδρασης και αποτελεσματικότητα της παρέμβασης.

Μέγεθος επίδρασης PND	Προσδιορισμός αποτελεσματικότητας
PND > 90%	πολύ μεγάλη αποτελεσματικότητα
70% < PND < 90%	μεγάλη αποτελεσματικότητα
50% < PND < 70%	μέτρια αποτελεσματικότητα
PND < 50%	μικρή ή μερική αποτελεσματικότητα

Η κύρια έρευνα διατυπώνει τέσσερα ερευνητικά ερωτήματα, τα οποία απαντώνται στο κεφάλαιο VII της συζήτησης (σ. 171) ως εξής:

Πίνακας 5.13. Ερευνητικά ερωτήματα και μέθοδοι αξιολόγησης.

Ερευνητικό ερώτημα	Μέθοδος
1. Ποια είναι η επίδραση της παρέμβασης με την τεχνολογία ΕΠ στην απόκτηση περιεχομένου Φυσικής σχετικά με τις φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο σε μαθητές με ελαφρά ΝΑ;	Οπτική ανάλυση των ατομικών γραφημάτων των συμμετεχόντων και μέγεθος επίδρασης
2. Σε ποιο βαθμό οι μαθητές με ελαφρά ΝΑ διατήρησαν τους νέους όρους της Φυσικής στην πάροδο του χρόνου χωρίς τη χρήση των γυαλιών ΕΠ;	Αξιολόγηση της φάσης της διατήρησης
3. Σε ποιο βαθμό οι μαθητές γενίκευσαν τους στοχευμένους όρους της Φυσικής και τους εφάρμοσαν σε άλλο παρόμοιο περιεχόμενο;	Αξιολόγηση της φάσης της γενίκευσης
4. Ποια είναι η εμπειρία των μαθητών από τη χρήση των γυαλιών ΕΠ;	Αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών για την εμπειρίας τους / κοινωνική εγκυρότητα

### **Εσωτερική συμφωνία**

Η συμφωνία μεταξύ διαφορετικών βαθμολογητών (Interobserver Agreement/IOA) αφορά έναν από τους παράγοντες που εμπλέκονται στην εκτίμηση της αξιοπιστίας μιας μέτρησης, δηλαδή στην πιστότητα της μέτρησης μιας έννοιας. Κατά τη συλλογή δεδομένων της εμπειρικής μελέτης αξιολογήθηκε ο δείκτης IOA για το στάδιο της γραμμής βάσης. Συλλέχθηκαν δεδομένα για την αξιοπιστία μεταξύ των βαθμολογητών για επτά από τα 13 μαθήματα της γραμμής βάσης, το οποίο αντιστοιχίζεται σε ποσοστό  $\cong 50\%$  (53,8%) της γραμμής βάσης και για τρία από τα έξι μαθήματα της παρέμβασης με αντίστοιχο ποσοστό 50% για το στάδιο της παρέμβασης, για κάθε μαθητή. Η συμφωνία μετρήθηκε εφόσον οι δύο βαθμολογητές κωδικοποίησαν και αξιολόγησαν με τον ίδιο τρόπο την απάντηση κάθε μαθητή. Ο δείκτης εσωτερικής συμφωνίας υπολογίστηκε διαιρώντας τον αριθμό των συμφωνιών των απαντήσεων των συμμετεχόντων με τον αριθμό των συμφωνιών συν τις διαφωνίες και πολλαπλασιάζοντας με το 100. Η αξιοπιστία ορίστηκε ως 90% ή μεγαλύτερη και αν ο δείκτης ήταν μικρότερος από 90%, τότε οι δύο βαθμολογητές θα χρειαζόταν να εξετάσουν από κοινού όλα τα δεδομένα από τις απαντήσεις των μαθητών. Το ποσοστό του δείκτη IOA ήταν 100% για όλους τους μαθητές.

### **Εσωτερική εγκυρότητα**

Η εσωτερική εγκυρότητα (internal validity) της παρέμβασης λαμβάνει υπόψη καθορισμένους παράγοντες εξετάζοντας αν ο σχεδιασμός της μελέτης πληροί τις απαιτήσεις για την επίδειξη πειραματικού ελέγχου. Συγκεκριμένα, ελέγχεται αν η διεξαγωγή της παρέμβασης ήταν συνεπής ως προς τον προγραμματισμό της, αν η ακολουθία των φάσεων ή/και η έναρξη κάθε φάσης τυχαιοποιήθηκαν, αν ο αριθμός σημείων-δεδομένων στη γραμμή βάσης και στην παρέμβαση ήταν επαρκής και όπως ορίστηκε στον σχεδιασμό, η τυχαιοποίηση της δειγματοληψίας και τέλος αν η θεωρήθηκε η εσωτερική συμφωνία μεταξύ των συμμετεχόντων.

### **Εξωτερική εγκυρότητα**

Μεταξύ των προϋποθέσεων για τον καθορισμό της εξωτερικής εγκυρότητας (external validity) εντάσσεται η επαρκής περιγραφή των δημογραφικών και ατομικών χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων, του πλαισίου της παρέμβασης και της γραμμής βάσης. Λεπτομερής και ακριβής περιγραφή απαιτείται για την εξαρτημένη μεταβλητή (συμπεριφορά στόχου) η οποία τίθεται σε λειτουργία και περιγράφεται επαρκώς η μέθοδος για τη μέτρησή της. Ομοίως για την ανεξάρτητη μεταβλητή που αφορά την παρέμβαση, η οποία περιλαμβάνει τον αριθμό, τη διάρκεια και την περιοδικότητα των συνεδριών. Η καταγραφή και η ανάλυση των δεδομένων για τη συμπεριφορά-στόχο σε

κάθε περίοδο λειτουργίας καθώς και η αιτιολόγηση της εφαρμογής της μεθόδου ανάλυσης αλλά και η λήψη μέτρων γενίκευσης πριν, κατά τη διάρκεια και στο τέλος της παρέμβασης συμβάλλουν στον προσδιορισμό της εξωτερικής εγκυρότητας.

### Διατήρηση

Δεδομένα διατήρησης (maintenance) συλλέχθηκαν συνολικά έξι φορές. Δύο φορές κατά τη διάρκεια της παρέμβασης και τέσσερις φορές μετά την ολοκλήρωση των συνεδριών παρέμβασης. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν δύο συνεδρίες διατήρησης εντός της παρέμβασης και τέσσερις συνεδρίες εφόσον ολοκληρώθηκε η παρέμβαση. Οι συνεδρίες που αφορούσαν τη διατήρηση εντός της παρέμβασης πραγματοποιήθηκαν εφόσον ολοκληρώθηκε μια κατάσταση, δηλαδή μετά την περιγραφή, τη διάταξη και την κίνηση των μορίων του νερού και αντίστοιχα μετά την περιγραφή, τη διάταξη και την κίνηση των μορίων του πάγου. Στη συνέχεια, εφόσον ολοκληρώθηκαν και οι δύο συνεδρίες για την κατάσταση του αερίου (υδρατμοί) και αφού παρήλθε χρονικό διάστημα μιας εβδομάδας πραγματοποιήθηκε μια συνολική φάση διατήρησης που αφορούσε τις τρεις καταστάσεις του νερού. Οι επόμενες φάσεις της διατήρησης πραγματοποιήθηκαν μετά από 15 ημέρες, έναν μήνα και έξι μήνες, όπου αφορούσαν ερωτήσεις για τις τρεις καταστάσεις του νερού (αριθμός σωστών απαντήσεων σε επτά ερωτήσεις για τους επιστημονικούς όρους και την εφαρμογή τους στις φάσεις του νερού) (Πίνακας 5.14.).

Πίνακας 5.14. Χρονοδιάγραμμα των φάσεων διατήρησης.

#	Χρονική τοποθέτηση ως προς την παρέμβαση	Περιεχόμενο ερωτήσεων
1 <sup>η</sup>	μετά τη φάση για το νερό	νερό
2 <sup>η</sup>	μετά τη φάση για το νερό και τον πάγο	νερό, πάγος
3 <sup>η</sup>	1 εβδομάδα μετά την παρέμβαση	νερό, πάγος, υδρατμοί
4 <sup>η</sup>	2 εβδομάδες μετά την παρέμβαση	νερό, πάγος, υδρατμοί
5 <sup>η</sup>	4 εβδομάδες (1 μήνας) μετά την παρέμβαση	νερό, πάγος, υδρατμοί
6 <sup>η</sup>	24 εβδομάδες (6 μήνες) μετά την παρέμβαση	νερό, πάγος, υδρατμοί

Παραδείγματα ερωτήσεων για τη φάση της διατήρησης όπως σχεδιάστηκαν για τους μαθητές με ελαφρά ΝΑ παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.15., 5.16., και 5.17..

Πίνακας 5.15. Διατήρηση 1<sup>η</sup>: Το νερό σε μικροσκοπικό επίπεδο.

<i>Μπορείς να περιγράψεις τα μόρια του νερού; Πού βρίσκονται και πώς κινούνται;</i>	
#	Ερώτηση
1	Από τι αποτελείται το νερό;
2	Ζωγράφισε στα δύο δοχεία πώς βλέπεις το νερό με τα γυαλιά και χωρίς τα γυαλιά. (Ποιος είναι ο μακρόκοσμος και ποιος ο μικρόκοσμος;)
3	Μπορείς να περιγράψεις τα μόρια του νερού; (Είναι ίδια ή διαφορετικά μεταξύ τους; Από πόσα μπαλάκια αποτελείται ένα μόριο νερού; Πώς λέγονται;)

4	Τι υπάρχει ανάμεσα στα μόρια του νερού; (Υπάρχει κάτι;)
5	Τα μόρια του νερού κινούνται; (Πώς κινούνται;)
6	Ξέρεις άλλα που μοιάζουν με το νερό; (Πώς λέγονται;)
7	Γιατί όταν βγάλω τα γυαλιά δε μπορώ να δω τα μόρια;

Πίνακας 5.16. Διατήρηση 2<sup>η</sup>: Σύγκριση νερού και πάγου σε μικροσκοπικό επίπεδο.

**«Μπορείς να περιγράψεις τα μόρια του νερού και τα μόρια του πάγου;»**

**«Πού βρίσκονται και πώς κινούνται;»**

#	Ερώτηση
1	Από τι αποτελούνται το νερό και ο πάγος;
2	Μπορείς να ζωγραφίσεις ένα μόριο νερού και ένα μόριο πάγου; (Είναι ίδια ή διαφορετικά;)
3	Μπορείς να περιγράψεις τα μόρια του νερού και τα μόρια του πάγου; (Από πόσα μπαλάκια αποτελείται ένα μόριο νερού και από πόσα ένα μόριο πάγου; Πώς λέγονται;)
4	Τι υπάρχει ανάμεσα στα μόρια του νερού και τι ανάμεσα στα μόρια του πάγου;
5	Τα μόρια του νερού κινούνται; Πώς κινούνται;
6	Τα μόρια του πάγου κινούνται; Πώς κινούνται;
7	Γιατί όταν βγάλω τα γυαλιά δε μπορώ να δω τα μόρια;

Πίνακας 5.17. Διατήρηση 3<sup>η</sup>, 4<sup>η</sup>, 5<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup>: Σύγκριση τριών φάσεων σε μικροσκοπικό επίπεδο.

**«Μπορείς να περιγράψεις τα μόρια του νερού, του πάγου και των υδρατμών;»**

**«Πού βρίσκονται και πώς κινούνται;»**

#	Ερώτηση
1	Ποιες είναι οι τρεις μορφές του νερού; Πώς αλλιώς λέγονται;
2	Ζωγράφισε πώς βλέπεις το δοχείο με το νερό με τα γυαλιά και χωρίς τα γυαλιά. (Ποιο είναι ο μικρόκοσμος και ποιο ο μακρόκοσμος; Από τι αποτελείται το νερό; Γιατί δε μπορώ να δω τα μόρια χωρίς τα γυαλιά;)
3	Ζωγράφισε στα τρία δοχεία τις φάσεις του νερού όταν φοράς τα γυαλιά. Μπορείς να περιγράψεις; (Σύγκρινε τα μόρια σε κάθε φάση. Από τι αποτελείται ένα μόριο νερού, ένα μόριο πάγου, ένα μόριο υδρατμών; Πώς λέγονται τα μπαλάκια που αποτελούν το μόριο;)
4	Τι συμβαίνει με τις αποστάσεις/θέσεις σε κάθε κατάσταση; (Αλλάζουν; Πώς αλλάζουν;)
5	Τι υπάρχει ανάμεσα στα μόρια του νερού, του πάγου και του ατμού; (Γιατί λέμε ότι το νερό, ο πάγος και ο ατμός είναι ασυνεχή;)
6	Πώς κινούνται τα μόρια στο νερό, στον πάγο και στον ατμό;
7	Σε ποια φάση τα μόρια κινούνται ελεύθερα, πού ταλαντώνονται και πού κινούνται το ένα κοντά στο άλλο;

## Γενίκευση

*Γενίκευση περιεχομένου (γνωστικό περιεχόμενο) χωρίς τα γυαλιά ΕΠ*

Δύο εβδομάδες μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης πραγματοποιήθηκε γενίκευση (generalization) του περιεχομένου. Διατυπώθηκαν ερωτήσεις για τις τρεις καταστάσεις της ύλης οι οποίες σχεδιάστηκαν για να επεκτείνουν τις γνώσεις για τις φάσεις του νερού.

Συγκεκριμένα, οι ερωτήσεις στις οποίες κλήθηκαν οι μαθητές να απαντήσουν παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.18.

Πίνακας 5.18. Γενίκευση: Τα υγρά σε μικροσκοπικό επίπεδο.

<i>Άλλα υγρά, όπως το νερό, από τι θα αποτελούνται;</i>	
#	Ερώτηση
1	Γνωρίζεις άλλα υγρά όπως το νερό;
2	Άλλα στερεά όπως είναι ο πάγος γνωρίζεις;
3	Γνωρίζεις άλλα αέρια όπως οι υδρατμοί; Ποια;
4	Αν αυτά τα στερεά, υγρά και αέρια τα έβλεπες με τα γυαλιά από τι θα αποτελούνταν;
5	Μπορείς να τα περιγράψεις (σχήμα, χρώμα, μέγεθος);
6	Θα είχαν κάτι ανάμεσά τους;
7	Θα κινούνταν; Αν ναι πώς;

*Επομένως τα πάντα γύρω μας αποτελούνται από ... που είναι παντού!*

#### *Γενίκευση περιεχομένου (γνωστικό περιεχόμενο) με τα γυαλιά ΕΠ*

Για την αξιολόγηση της γενίκευσης της παρέμβασης ως προς το περιεχόμενο, ζητήθηκε από τους μαθητές να παρατηρήσουν διαφορετικά μόρια στην αέρια κατάσταση τα οποία συνυπήρχαν με τα μόρια των υδρατμών στο δωμάτιο καθώς ο μαθητής φορούσε τα γυαλιά ΕΠ. Κατά τη διάρκεια αυτών των συνθηκών, ζητήθηκε από τους μαθητές να αναγνωρίσουν τα «άγνωστα αντικείμενα» και να τα περιγράψουν (σχήμα, χρώμα, μέγεθος) και να τα συγκρίνουν με τα οικεία πλέον μόρια του νερού. Συγκεκριμένα, οι ερωτήσεις στις οποίες κλήθηκαν οι μαθητές να απαντήσουν παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.19.

Πίνακας 5.19. Γενίκευση: «Άγνωστα» μόρια αερίου σε μικροσκοπικό επίπεδο.

<i>Μπορείς να περιγράψεις τα άγνωστα μόρια; Πώς είναι, πού βρίσκονται και πώς κινούνται;</i>	
#	Ερώτηση
1	Τι βλέπεις;
2	Εκτός τα μόρια του ατμού βλέπεις κάτι άλλο;
3	Μπορείς να τα περιγράψεις; (σχήμα, χρώμα, μέγεθος)
4	Από πόσα ενωμένα μπαλάκια αποτελούνται; Πώς ονομάζονται;
5	Υπάρχει κάτι ανάμεσά τους;
6	Κινούνται; Αν ναι, πώς κινούνται;
7	Δηλαδή υπάρχουν και άλλα μόρια εκτός τα μόρια του νερού;

#### *Γενίκευση πλαισίου (δεξιότητες διερεύνησης) με τα γυαλιά ΕΠ*

Η παρούσα συνεδρία γενίκευσης σχεδιάστηκε για να αξιολογήσει τις δεξιότητες διερεύνησης που συνδέονται με τις οκτώ πρακτικές του Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας (National Research Council, 2012; βλ σ. 37) και είχαν προταθεί ως απαραίτητες για όλους

τους μαθητές. Στόχος ήταν οι μαθητές να φορέσουν τα γυαλιά ΕΠ και να αναγνωρίσουν τις φάσεις του νερού μικροσκοπικά ακολουθώντας μια ανεστραμμένη διαδικασία χωρίς την ύπαρξη μακροσκοπικού ερεθίσματος (το ποτήρι ζέσης εμφανίστηκε άδειο, χωρίς νερό, πάγο ή υδρατμούς). Στη συνέχεια οι μαθητές θα πρέπει να αντιστοιχίσουν τη διάταξη και την κίνηση των μορίων της μικροσκοπικής κατάστασης που βλέπουν στην αντίστοιχη μακροσκοπική κατάσταση (πάγος, νερό, υδρατμοί).

Οι μαθητές ενθαρρύνθηκαν να αναλάβουν το ρόλο του ερευνητή, να θέσουν ερωτήματα και να περιγράψουν τη διαδικασία που θα ακολουθούσαν. Ουσιαστικά καθοδηγήθηκαν με βήματα ανάλυσης έργου και ενίσχυση (π.χ. Τι πρόκειται να διερευνήσεις; Πώς θα δεις μέσα στο ποτήρι; Τι θα ρωτούσες ώστε να βεβαιωθείς ότι ένας μαθητής έχει κατανοήσει τις φάσεις του νερού;). Συγκεκριμένα υπολογίζεται ο αριθμός των δεξιοτήτων διερεύνησης που απέκτησαν οι μαθητές μέσω ερωτήσεων που σχετίζονται με τις αναφερόμενες δεξιότητες – πρακτικές «διατύπωση ερωτήσεων», «σχεδιασμός και τη διεξαγωγή έρευνας», την «ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων», «απόκτηση, αξιολόγηση και επικοινωνία πληροφοριών».

#### **5.4.3. Κοινωνική εγκυρότητα**

Για τη συλλογή δεδομένων που σχετίζονται με την εμπειρία των μαθητών, αξιολογήθηκε η κοινωνική εγκυρότητα (social validity) της παρέμβασης μέσω ενός ερωτηματολογίου που βασίζεται στην Έρευνα Αξιολόγησης Μαθησιακού Αντικειμένου για Μαθητές (Learning Object Evaluation Survey for Students/LOES-S) (Kay & Knaack, 2005). Οι βασικοί άξονες του ερωτηματολογίου (Πίνακας 5.21.) αφορούσαν τη μάθηση (επίδοση μαθητών όπως την εκλαμβάνονται οι ίδιοι), την ποιότητα (περιεχόμενο), την εμπλοκή (τον βαθμό στον οποίο θεώρησαν ότι συμμετείχαν στη διαδικασία) και την παρουσία (την αίσθηση για την οποία θεώρησαν ότι βρίσκονται στο μικτό περιβάλλον).

Η αίσθηση παρουσίας σε μια εφαρμογή ΕΠ προσδιορίζει τον βαθμό στον οποίο ο συμμετέχων αισθάνεται ότι βρίσκεται σε ένα μικτό περιβάλλον (φυσικό και εικονικό) το οποίο εκλαμβάνει ως ενιαίο κόσμο (Georgiou & Kyza, 2018; Heeter, 1992).

Συνολικά διατυπώθηκαν 18 ερωτήσεις σε μια τριτοβάθμια κλίμακα τύπου Likert με αντιστοίχιση τριών emoticons (πρόσθετη οπτική αναπαράσταση ως εξής: διαφωνώ ☹, ούτε διαφωνώ ούτε συμφωνώ ☺, συμφωνώ 😊) και δύο ερωτήσεις ανοιχτού τύπου όπου οι μαθητές θα μπορούσαν να δώσουν πρόσθετες πληροφορίες για την εμπειρία τους από τη συμμετοχή τους στην παρέμβαση (Πίνακας 5.20.). Όλες οι ερωτήσεις συμπεριέλαβαν ενισχυτικά στοιχεία για τη συνέχιση της διαδικασίας, καθώς και προφορικές προσαρμογές με στόχο τη διασφάλιση της κατανόησης από τους μαθητές με ΝΑ.



Πίνακας 5.20. Ερωτηματολόγιο κοινωνικής εγκυρότητας (αξιολόγηση εμπειρίας μαθητών).

	Διαφωνώ ⊗	Ούτε διαφωνώ ούτε συμφωνώ ⊖	Συμφωνώ ⊕
<b>Μάθηση</b>			
Το μάθημα με τα γυαλιά σε βοήθησε να μάθεις;			
Έτσι όπως είδες τα μόρια σε βοήθησε να μάθεις;			
<b>Ποιότητα</b>			
Τα μόρια όπως τα είδες με τα γυαλιά σε βοήθησαν;			
Κατάλαβες εύκολα πως να χρησιμοποιείς τα γυαλιά;			
Τα γυαλιά ήταν εύκολα στη χρήση τους;			
Τα μόρια του νερού ήταν καλά σχεδιασμένα;			
<b>Εμπλοκή</b>			
Σου άρεσε αυτό που είδες με τα γυαλιά;			
Τα γυαλιά σε ενθάρρυναν να μάθεις;			
Θα ήθελες να χρησιμοποιήσεις τα γυαλιά ξανά;			
Θα ήθελα να χρησιμοποιήσεις τα γυαλιά και σε άλλα μαθήματα;			
<b>Παρουσία</b>			
Τα μόρια έμοιαζαν να είναι στο χώρο που ήσουν και εσύ;			
Θέλησες να πλησιάσεις και να αγγίξεις τα μόρια που έβλεπες μέσα από τα γυαλιά;			
Σκέφτηκες να αποφύγεις κάποιο μόριο;			
Αισθανόσουν ότι βρισκόσουν και εσύ ανάμεσα στα μόρια που είδες;			
Έβλεπες τα μόρια με τα γυαλιά σαν να έβλεπες μέσα από οθόνη (όπως για παράδειγμα στον Η/Υ);			
Έμοιαζε σαν να παρακολουθούσες τα μόρια μέσα στην τάξη που ήσουν και εσύ;			
<b>Ερωτήσεις ανοιχτού τύπου</b>			
Τι, σου άρεσε περισσότερο στα γυαλιά;			
Τι, δεν σου άρεσε καθόλου στα γυαλιά;			

## **Κεφάλαιο VI: Αποτελέσματα**

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια των συνεδριών της γραμμής βάσης, της παρέμβασης, της διατήρησης και της γενίκευσης παρουσιάστηκαν ποσοτικά σε εξατομικευμένα γραμμικά γραφήματα των έξι συμμετεχόντων. Πραγματοποιήθηκε οπτική ανάλυση των αποτελεσμάτων για να προσδιορίσει εάν συνέβη σημαντική αλλαγή των αποτελεσμάτων μεταξύ των φάσεων της γραμμής βάσης και της παρέμβασης (Parsons, 2003). Για τον προσδιορισμό της συνολικής επίδρασης και της αποτελεσματικότητας της παρέμβασης αναλύθηκαν το επίπεδο, η τάση, η μεταβλητότητα, η επικάλυψη, η αμεσότητα του αποτελέσματος και η συνέπεια των μοτίβων των δεδομένων (Horner et al., 2005; Kazdin, 2021; Kratochwill et al., 2010, 2013; Lane & Gast, 2014; Ledford & Gast, 2018). Πρόσθετα υπολογίστηκε το μέγεθος επίδρασης της παρέμβασης για κάθε μαθητή από το ποσοστό μη επικαλυπτόμενων δεδομένων PND. Για την ολοκλήρωση της παρέμβασης συλλέχθηκαν δεδομένα για την εμπειρία των μαθητών μέσω ενός ερωτηματολογίου κοινωνικής εγκυρότητας.

### **6.1. Μαθησιακά αποτελέσματα**

Τα μαθησιακά αποτελέσματα αναφέρονται στην ακαδημαϊκή επίδοση των μαθητών στη Φυσική (βασικό λεξιλόγιο και κατανόηση για τις φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο) και εξήχθησαν από την εξαρτημένη μεταβλητή της παρέμβασης που αφορούσε τον αριθμό των σωστών απαντήσεων των μαθητών ως προς τον αριθμό των συνεδριών στον ανιχνευτή αξιολόγησης. Παρουσιάζονται γενικές επισημάνσεις από τα σημεία-δεδομένα των συνθηκών της γραμμής βάσης, της κύριας παρέμβασης, της διατήρησης και της γενίκευσης. Αναλυτικότερα αποτελέσματα παρέχονται στην οπτική ανάλυση των ατομικών γραφημάτων των μαθητών με ελαφρά ΝΑ, όπου συνυπολογίζεται το μέγεθος επίδρασης και καθορίζεται η αποτελεσματικότητα της παρέμβασης (Πίνακας 6.1.).

#### **6.1.1. Γενικές επισημάνσεις**

##### **Γραμμή βάσης**

Οι βαθμολογίες των μαθητών με ελαφρά ΝΑ στις συνθήκες της γραμμής βάσης έδειξαν ότι υπήρχε αμελητέα αρχική γνώση σχετικά με τους επιστημονικούς όρους για τις τρεις καταστάσεις του νερού. Συγκεκριμένα, οι μαθητές φάνηκε να έχουν μικρή μακροσκοπική κατανόηση για τις φάσεις του νερού (αναγνώριση του αριθμού των φάσεων του νερού, της ονομασίας τους και αντιστοίχισή τους με τους όρους που χρησιμοποιούνται στην καθημερινή εμπειρία πάγος-στερεό, νερό-υγρό, υδρατμοί-αέριο) και μηδενική αντίληψη για τη μικροσκοπική θεώρησή τους (συνολική άγνοια για την ύπαρξη των μορίων, τη διάταξη και την κίνησή τους ανά κατάσταση).

Στη διάρκεια των δύο πρώτων συνεδριών, οι μαθητές εκτέθηκαν σε καθημερινά αντικείμενα (μεταλλικός χάρακας, δοχείο με νερό, δοχείο με πάγο και βραστήρα με υδρατμούς) με στόχο να απαντήσουν στις ερωτήσεις για το μικροσκοπικό επίπεδο των καταστάσεων της ύλης «από τι αποτελείται ο μεταλλικός χάρακας», «από τι αποτελείται το νερό;» ή «από τι φτιάχνεται το νερό/ο πάγος/οι υδρατμοί;». Οι απαντήσεις των μαθητών ήταν: «από σίδηρο/ ατσάλι/ νερό/ σταγόνες/ την πηγή/ τα δέντρα/ τα σύννεφα/ τη βροχή». Στην ερώτηση «τι είναι ο πάγος, το νερό και οι υδρατμοί;» καταγράφηκαν περιορισμένες, κατά περίπτωση ή τυχαίες συνδέσεις των καταστάσεων της δομής της ύλης σε μακροσκοπικό επίπεδο (στερεό, υγρό και αέριο) με τις φάσεις του νερού πάγος, νερό, υδρατμοί. Στις επόμενες συνεδρίες, κατά την αξιοποίηση του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου, όπου οι μαθητές είδαν την οπτικοποίηση των φάσεων του νερού, απάντησαν στην ερώτηση «από τι αποτελείται το νερό;»: «από μικρά στρογγυλά/ αυτά τα μικρά/ σκουληκάκια/ σποράκια/ μικρόβια/ κύτταρα/ μπιλάκια/ μπαλάκια». Οι απαντήσεις των μαθητών στις συνεδρίες της γραμμής βάσης παρουσίασαν τυχαιότητα και μη σωστή αντιστοίχιση των τριών καταστάσεων της ύλης με τις φάσεις του νερού. Οι απαντήσεις των μαθητών στην κύρια ερώτηση ερμηνεύονται ως προς τον τεμαχισμό της ύλης, όπου οι μαθητές απάντησαν μέσω της περιγραφής της απεικόνισης των μορίων του νερού στο ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο. Όλοι οι μαθητές με ελαφρά ΝΑ αναφέρθηκαν στη δισδιάστατη απεικόνιση των σωματιδίων, όπου περιέγραψαν τα μόρια με «κόκκινο και άσπρο» και ορισμένοι είπαν «και μαύρο», διακρίνοντας το περίγραμμα των μορίων όπως απεικονίζονταν στο μαθησιακό αντικείμενο. Στις ερωτήσεις για την κίνηση («πώς κινούνται;») και την αλλαγή θέσης των σωματιδίων («αλλάζουν θέσεις;»), οι μαθητές είτε δεν απάντησαν καθόλου είτε αναφέρθηκαν σύντομα ή μονολεκτικά «κινούνται αργά» ή «γρήγορα». Στην ερώτηση «υπάρχει κάτι ανάμεσα στα σωματίδια;», οι μαθητές απάντησαν «τίποτα» εκτός από δύο μαθήτριες που ανέφεραν: «υπάρχει άσπρο», «υπάρχουν γραμμές», ουσιαστικά όπως έβλεπαν το φόντο στην περιοχή απεικόνισης των μορίων του νερού. Στη διάρκεια της επίδειξης των δοχείων με το νερό, τον πάγο και τους υδρατμούς αντίστοιχα, οι μαθητές ρωτήθηκαν γιατί δεν βλέπουν τώρα τα μικρά μπαλάκια-σωματίδια και εκείνοι απάντησαν ότι «δεν φαίνονται», «είναι διαφανή», «είναι πολύ μικρά», «δε μπορώ να τα δω γιατί πάγωσαν».

Ως προς τη χρήση των όρων, οι μαθητές χρησιμοποίησαν λέξεις όπως «ατμός», «αέρας» ή «ζεστό νερό» στη θέση των υδρατμών (αέρια κατάσταση). Στην περίπτωση του πάγου φάνηκε να δημιουργήθηκε παρανόηση εξαιτίας της αναπαράστασης του μικροσκοπικού επιπέδου από το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο. Συγκεκριμένα, οι μαθητές ανέφεραν ότι ανάμεσα από τα σωματίδια του πάγου υπήρχαν γραμμές, τις οποίες τις ζωγράφισαν

εξαιτίας του πλέγματος του οποίου απεικόνιζε η διάταξη των μορίων (βλ. Παράρτημα, Εικόνες Π3.2., Π3.3., Π3.4.). Στην αναφορά των καταστάσεων του μακρόκοσμου και την αντιστοίχισή τους με τις καταστάσεις του μικρόκοσμου οι μαθητές φάνηκε να δίνουν τυχαίες απαντήσεις, διαφορετικές μεταξύ τους σε κάθε συνεδρία. Στις συνεδρίες όπου πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις ανά δύο φάσεις (νερό-πάγος, νερό-υδρατμοί, πάγος-υδρατμοί) και συγκρίσεις μεταξύ των τριών φάσεων ταυτόχρονα (πάγος-νερό-υδρατμοί), τέθηκαν ερωτήσεις σύγκρισης των μορίων, ως προς το σχήμα, το μέγεθος και το χρώμα. Οι μαθητές απάντησαν ότι τα μόρια είναι διαφορετικά μεταξύ τους σε κάθε φάση του νερού. Ειδικότερα επεσήμαναν ότι είναι μικρότερα και γρηγορότερα στην κατάσταση των υδρατμών, εξαιτίας της οπτικής αναπαράστασής τους μέσω του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου. Συγκεκριμένες απαντήσεις των μαθητών ήταν οι ακόλουθες: «μάλλον ίδια» ή «περίπου ίδια αλλά πολύ μικρά», «πιο μικρές και πιο γρήγορες» (μπάλες), «πολύ μικρότερα».

### **Παρέμβαση**

Και οι έξι μαθητές με ΝΑ παρουσίασαν βελτιωμένα μαθησιακά αποτελέσματα άμεσα κατά την εισαγωγή της παρέμβασης με τα γυαλιά ΕΠ (οι τρεις μαθητές που συμμετείχαν στη διερεύνηση και οι τρεις που συμμετείχαν στη συστηματική διδασκαλία αντίστοιχα). Στην ερώτηση «από τι αποτελείται το νερό;» οι μαθητές απάντησαν «από μόρια/ από μικρά μπιλάκια / από μπαλάκια». Στην επόμενη ερώτηση που στόχευε στο ένα μόριο («από τι αποτελείται ένα μόριο;») οι μαθητές απάντησαν «από τρία άτομα/ από τρία μπαλάκια/ από τρία μικρά». Οι τρεις μαθητές που συμμετείχαν στη διερευνητική μάθηση θεώρησαν τα μόρια των τριών καταστάσεων εντελώς όμοια («είναι ίδια») ενώ μια μαθήτρια που ακολούθησε τη συστηματική διδασκαλία διαφώνησε λέγοντας ότι «δεν είναι ίδια». Γενικά, οι μαθητές παρουσίασαν δυσκολία στην κατανόηση της διάταξης των μορίων σε κάθε κατάσταση, και όταν ρωτήθηκαν αν τα μόρια αλλάζουν θέση, είτε δεν απάντησαν είτε απάντησαν μονολεκτικά θετικά ή αρνητικά. Αντίθετα, η ερώτηση για την κίνηση των μορίων σε κάθε κατάσταση φάνηκε να είναι περισσότερο κατανοητή, με τις απαντήσεις των μαθητών να μοιάζουν μεταξύ τους. Στις ερωτήσεις που ζητήθηκε από τους μαθητές να ζωγραφίσουν τα μόρια του νερού, ζωγράφισαν τα μόρια ως διακριτά μέρη στο χαρτί, σε αποστάσεις μεταξύ τους και με τα χρώματα που είχαν δει μέσω των γυαλιών ΕΠ. Κατά την αλλαγή κατάστασης και την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητών για τον πάγο, δύο από τους μαθητές στην ερώτηση «από τι αποτελείται ο πάγος;» απάντησαν «από νερό». Με την παροχή ενίσχυσης και διευκρινιστικής ερώτησης απάντησαν στη συνέχεια «από μόρια».

### **Οπτική ανάλυση**

Στον Πίνακα 6.1. καταγράφονται συνολικά τα αποτελέσματα της επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητών. Το επίπεδο δεδομένων όλων των μαθητών αναφέρεται στο μέσο όρο των δεδομένων εντός μιας συνθήκης. Τα επίπεδα της γραμμής βάσης των συμμετεχόντων υποδεικνύουν τα τρέχοντα πρότυπα των απαντήσεων των μαθητών, τα οποία συντελούν στην πρόβλεψη μελλοντικών απαντήσεων. Τα επίπεδα παρέμβασης δείχνουν τις αλλαγές στις επιδόσεις των μαθητών κατά τον χειρισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής (Εικ. 6.1., 6.2., 6.6., 6.7.).

Η λειτουργική σχέση μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητης μεταβλητής ήταν ισχυρή και απεικονίζεται στις γραφικές παραστάσεις των Εικόνων 6.1 και 6.6. Ειδικότερα, παρουσιάζεται άμεση επίδραση της παρέμβασης, σημαντική αύξηση στο επίπεδο (Εικ. 6.2.) και σαφής μεταβολή στην τάση (Εικ. 6.3.) μεταξύ της γραμμής βάσης και της εισαγωγής της παρέμβασης για τους τρεις μαθητές της διερεύνησης (Εικ. 6.2.) σε αντίθεση με τη συστηματική διδασκαλία (Εικ. 6.7., 6.8.)

Η επικάλυψη των σημείων δεδομένων είναι το ποσοστό των δεδομένων από τη γραμμή βάσης που επικαλύπτεται με τα δεδομένα στη φάση της παρέμβασης, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι υπήρξε επίδραση παρέμβασης (Kratochwill et al., 2010). Η επικάλυψη μεταξύ των συμμετεχόντων προσδιορίστηκε συγκρίνοντας το υψηλότερο σημείο δεδομένων κατά τη διάρκεια της γραμμής βάσης και το χαμηλότερο σημείο δεδομένων στη φάση παρέμβασης (βλ. Εικ. 6.5., 6.10.). Στην περίπτωση της διερεύνησης (Εικ. 6.5.) κανένας μαθητής δεν παρουσίασε επικαλυπτόμενα σημεία δεδομένων μεταξύ της αρχικής φάσης και της φάσης παρέμβασης σε αντίθεση με τη συστηματική διδασκαλία όπου δύο μαθητές εμφάνισαν μικρή επικάλυψη (Εικ. 6.10.).

### **Διατήρηση**

Οι έξι φάσεις διατήρησης αξιολόγησαν σε ποιο βαθμό οι μαθητές διατήρησαν τα αποτελέσματα της νέας γνώσης (Εικ. 6.2., 6.7.). Συνολικά οι έξι μαθητές με ΝΑ διατήρησαν τη νέα γνώση σε υψηλά σχετικά επίπεδα (συστηματική διδασκαλία, Εικ. 6.7.) έως πολύ υψηλά (διερεύνηση, Εικ. 6.2.).

### **Γενίκευση**

Κατά τη γενίκευση, οι μαθητές έδειξαν ότι κατάφεραν να γενικεύσουν τη νέα γνώση ως προς το περιεχόμενο αναγνωρίζοντας νέα μόρια στο χώρο της παρέμβασης (Εικ. 6.1., 6.6). Πρόσθετα, οι μαθητές που συμμετείχαν σε διερεύνηση (Εικ. 6.5.) απέκτησαν δεξιότητες διερεύνησης σε ένα διαφορετικό πλαίσιο γενίκευσης στο οποίο αξιολογήθηκαν.

Πίνακας 6.1. Δεδομένα οπτικής ανάλυσης και αποτελεσματικότητα της παρέμβασης.

Μαθητής	Γραμμή βάσης				Παρέμβαση				Μέγεθος επίδρασης PND
	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Οπτική ανάλυση	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Οπτική ανάλυση	
<b>Διερευνητική μάθηση</b>									
<b>Γιάννης</b>	3,31	0,85	2 - 5	Χαμηλό επίπεδο Ελαφρώς ανοδική τάση Μικρή μεταβλητότητα	6,83	0,41	6 - 7	Άμεση αλλαγή επιπέδου Ελαφρώς ανοδική τάση	100%
<b>Μάνος</b>	2,38	1,45	0 - 4	Χαμηλό επίπεδο Μεταβλητότητα Καθοδική τάση	6,17	0,75	5 - 7	Άμεση αλλαγή επιπέδου Ανοδική τάση Μικρή μεταβλητότητα	100%
<b>Ελένη</b>	2,23	1,09	1 - 4	Χαμηλό επίπεδο Ελαφρώς ανοδική τάση	6,83	0,41	6 - 7	Άμεση αλλαγή επιπέδου ελαφρώς ανοδική τάση	100%
<b>Συστηματική διδασκαλία</b>									
<b>Λίνα</b>	1,85	1,07	0 - 4	Χαμηλό επίπεδο Καθοδική τάση	5,33	1,03	4 - 7	Άμεση αλλαγή επιπέδου Ανοδική τάση Μεταβλητότητα	83,33%
<b>Χαρά</b>	1,08	0,95	0 - 2	Πολύ χαμηλό επίπεδο Καθοδική τάση	5,83	1,34	4 - 7	Άμεση αλλαγή επιπέδου Ανοδική τάση Μεταβλητότητα	100%
<b>Φανή</b>	1,54	1,13	0 - 3	Πολύ χαμηλό επίπεδο Καθοδική τάση	4,67	0,94	3 - 6	Άμεση αλλαγή επιπέδου Ανοδική τάση Μεταβλητότητα	83,33%

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά τα μαθησιακά αποτελέσματα για τις δύο προσεγγίσεις, α) τη διερευνητική μάθηση και β) τη συστηματική διδασκαλία.

### **6.1.2. Διερευνητική μάθηση**

Τα αποτελέσματα της διερεύνησης περιλαμβάνουν βασικό λεξιλόγιο και κατανόηση για τις φάσεις του νερού μικροσκοπικά και την απόκτηση δεξιοτήτων διερεύνησης από τους τρεις μαθητές, τα οποία παρουσιάζονται σε εξατομικευμένα διαγράμματα.

#### **Γιάννης**

Τα δεδομένα της γραμμής βάσης του Γιάννη βρίσκονται σε χαμηλό επίπεδο με ελαφρώς ανοδική τάση, καθώς ο Γιάννης απάντησε μεταξύ δύο και πέντε σωστών απαντήσεων ( $M = 3,31 \pm 0,85$ ). Κατά την εισαγωγή της παρέμβασης υπήρξε άμεση επίδραση και οι απαντήσεις του κυμάνθηκαν από έξι έως επτά σωστές μεταβάλλοντας σημαντικά το επίπεδο ( $M = 6,83 \pm 0,41$ ). Στα τρία τελευταία μαθήματα οι σωστές απαντήσεις του Γιάννη ήταν επτά και τα μαθησιακά αποτελέσματα διατηρήθηκαν σε όλες τις συνεδρίες διατήρησης σε υψηλά επίπεδα (έξι ή επτά σωστές απαντήσεις,  $M = 6,33 \pm 0,52$ ).

Ως προς τη γενίκευση, ο Γιάννης απάντησε σωστά σε έξι από τις επτά ερωτήσεις περιεχομένου στις δύο συνεδρίες (χωρίς και με τα γυαλιά ΕΠ για τις ερωτήσεις οι οποίες αναφέρθηκαν σε διαφορετικά από το νερό μόρια). Πρόσθετα, κατά τη γενίκευση πλαισίου ο Γιάννης απέκτησε τέσσερις δεξιότητες διερεύνησης στις δύο συνεδρίες, οι οποίες ήταν η «διατύπωση ερωτήσεων», ο «σχεδιασμός και η διεξαγωγή έρευνας», η «ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων» και η «απόκτηση, αξιολόγηση και επικοινωνία πληροφοριών». Μερικά παραδείγματα δεξιοτήτων διερεύνησης στην περίπτωση του Γιάννη είναι: *Πόσες είναι οι φάσεις του νερού; Ποιες είναι αυτές;* (Διατύπωση ερωτήσεων). *Τι θα δεις με τα γυαλιά; Ζωγράφισέ το.* (Σχεδιασμός και διεξαγωγή έρευνας). *Παρατήρησε την κίνηση των μορίων. Δες την κίνηση του πάγου, του νερού και του ατμού.* (Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων). Στη διάρκεια της φάσης της γενίκευσης, αξιοποιήθηκαν ενισχύσεις και διευκολύνσεις προς τον μαθητή: *«Πώς μπορώ να δω από τι αποτελείται ο πάγος; Τι θα μου ζητούσες να κάνω για να είσαι σίγουρος ότι κατάλαβα τις φάσεις; Με τι μοιάζει αυτό που βλέπουμε στον αέρα; Σου θυμίζει κάτι που έχεις ξαναδεί με τα γυαλιά;».*

#### **Μάνος**

Τα δεδομένα της γραμμής βάσης του Μάνου ήταν χαμηλά, παρουσίασαν μεταβλητότητα και επέδειξαν καθοδική τάση. Στη διάρκεια των συνεδριών ανίχνευσης, ο Μάνος απάντησε μηδέν έως τέσσερις σωστές απαντήσεις ( $M = 2,38 \pm 1,45$ ). Η επίδραση της εισαγωγής της παρέμβασης στα αποτελέσματα του Μάνου ήταν άμεση. Οι σωστές απαντήσεις του κυμάνθηκαν από πέντε έως επτά ( $M = 6,17 \pm 0,75$ ) στις συνεδρίες της

παρέμβασης και στα δύο τελευταία μαθήματα πέτυχε επτά σωστές απαντήσεις. Τα μαθησιακά αποτελέσματα του Μάνου διατηρήθηκαν σε υψηλά επίπεδα (έξι ή επτά σωστές απαντήσεις κατά τη διάρκεια των έξι συνεδριών παρακολούθησης της διατήρησης της γνώσης με  $M = 6,20 \pm 0,75$ ).

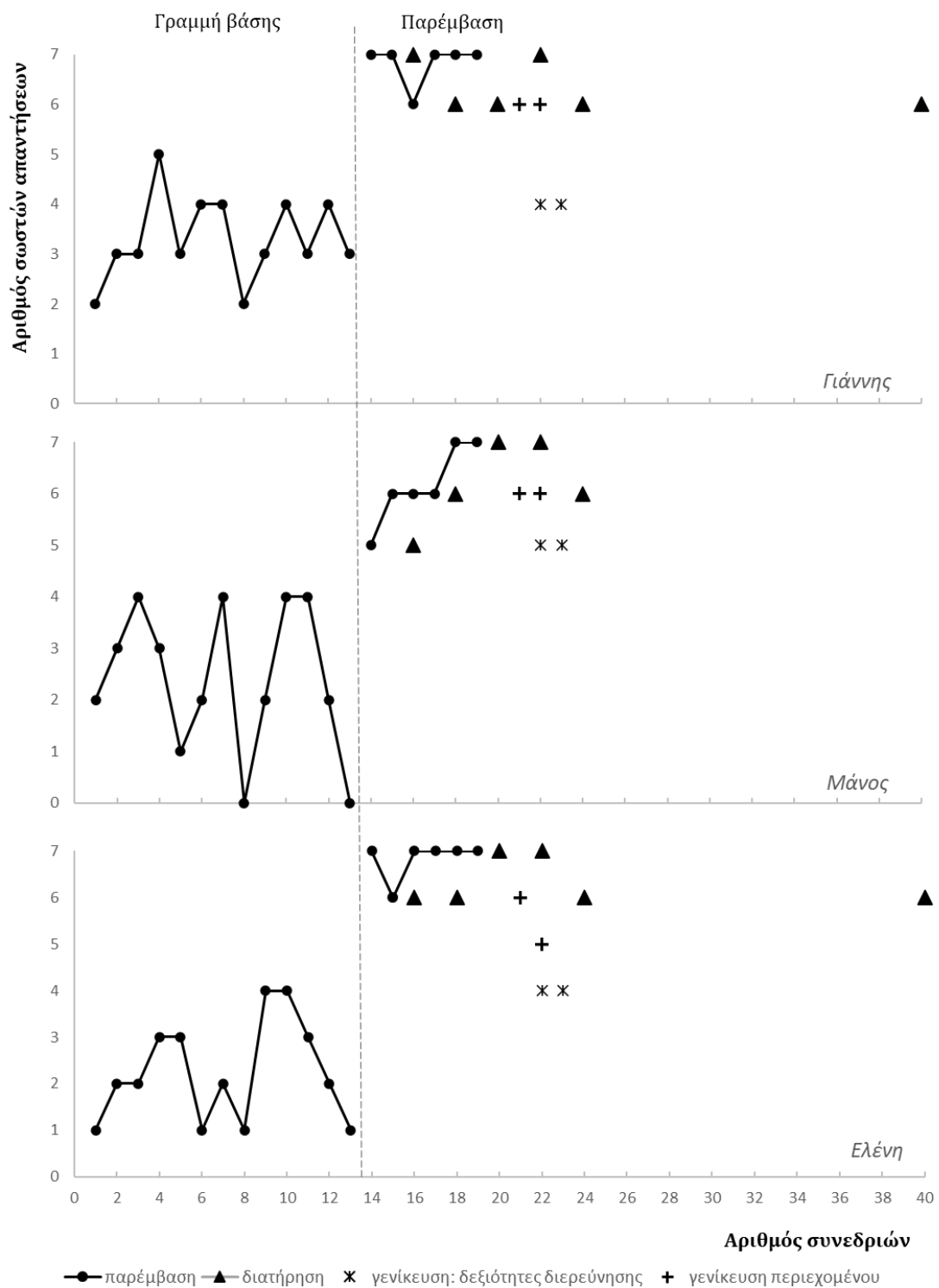
Ο Μάνος απάντησε σωστά σε έξι από τις επτά ερωτήσεις περιεχομένου στις δύο συνεδρίες (χωρίς και με τα γυαλιά ΕΠ για τα διαφορετικά μόρια). Επιπλέον, ο Μάνος απέκτησε πέντε δεξιότητες διερεύνησης στους ανιχνευτές γενίκευσης των δύο συνεδριών. Συγκεκριμένα, οι δεξιότητες αναφέρονται σε «διατύπωση ερωτήσεων», «σχεδιασμό και διεξαγωγή έρευνας», «ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων», «κατασκευή επεξηγήσεων» και «απόκτηση, αξιολόγηση και επικοινωνία πληροφοριών». Μερικά παραδείγματα δεξιοτήτων διερεύνησης στην περίπτωση του Μάνου είναι: *Ποιες είναι οι φάσεις του νερού;* (Διατύπωση ερωτήσεων). *Τι μπορείς να δεις με τα γυαλιά; Μπορείς να σχεδιάσεις τα μόρια;* (Σχεδιασμός και διεξαγωγή έρευνας). *Σύγκριση. Είναι ίδια; Να περιγράψεις τα μόρια πάγου/νερού/αερίου* (Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων). Η περιγραφή του Μάνου για την κατάσταση του αερίου ήταν λεπτομερής. Χρησιμοποίησε δηλώσεις λαμβάνοντας υπόψη τα μόρια και την κίνησή τους αναφέροντας ότι *τα μόρια του αερίου κινούνται πολύ γρήγορα. Στο στερεό τα μόρια βρίσκονται σε ίδιες θέσεις και ταλαντώνονται. Τα νέα αντικείμενα είναι μόρια.* (κατασκευή επεξηγήσεων, απόκτηση, αξιολόγηση και επικοινωνία πληροφοριών).

### **Ελένη**

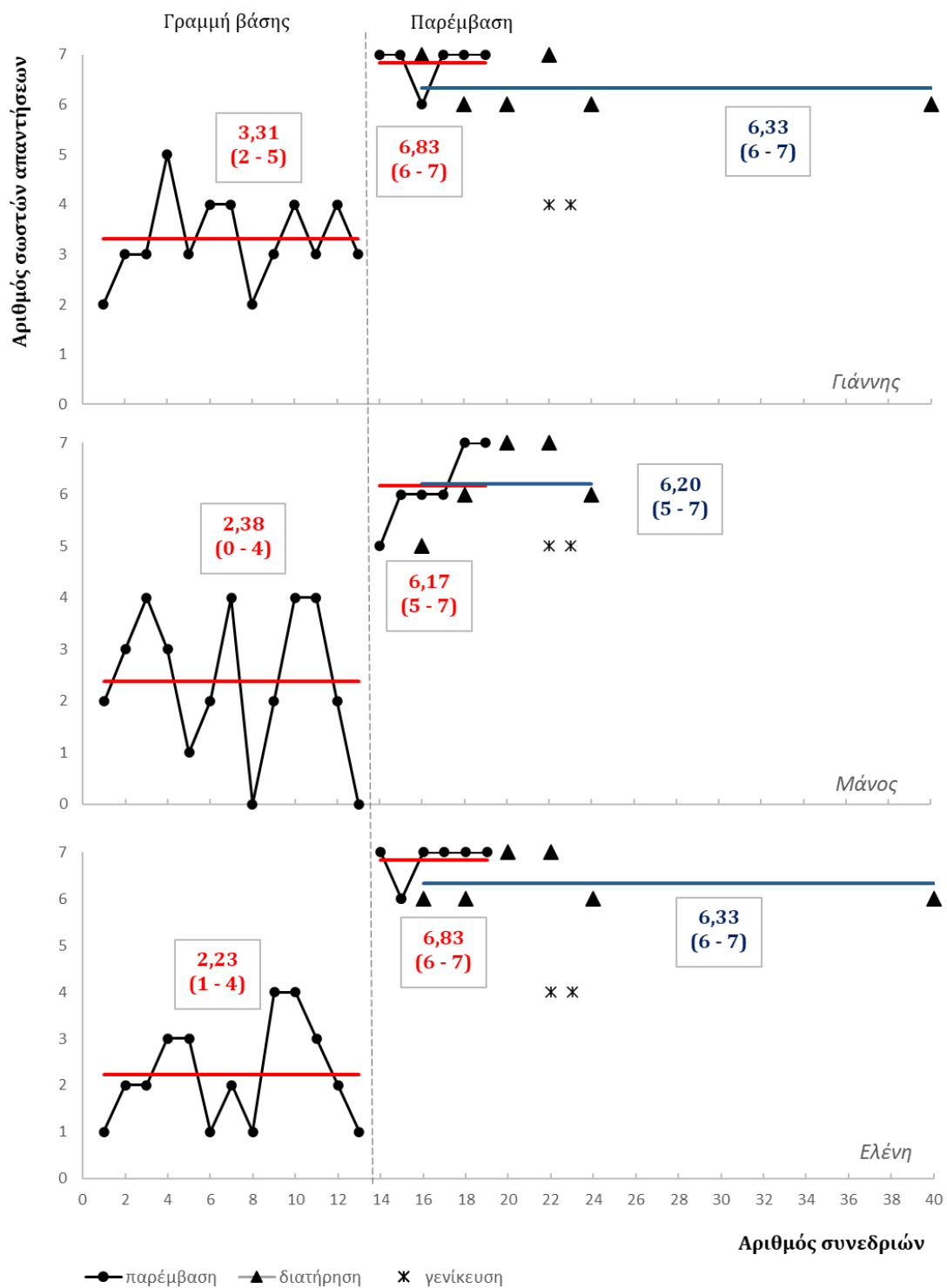
Τα δεδομένα της γραμμής βάσης της Ελένης βρίσκονταν σε χαμηλό επίπεδο, με ελαφρώς ανοδική τάση. Η Ελένη απάντησε μεταξύ μίας και τεσσάρων σωστών απαντήσεων παρουσιάζοντας μέτρια μεταβλητότητα ( $M = 2,23 \pm 1,09$ ). Κατά την εισαγωγή της στην παρέμβαση υπήρξε άμεση επίδραση όπως και με τους προηγούμενους μαθητές. Η τάση της παρέμβασης αυξήθηκε με τις σωστές απαντήσεις να κυμαίνονται από έξι έως επτά ( $M = 6,83 \pm 0,41$ ). Κατά τη διάρκεια των συνθηκών διατήρησης οι σωστές απαντήσεις της Ελένης παρέμειναν σε υψηλά επίπεδα (έξι ή επτά σωστές απαντήσεις κατά τις συνεδρίες παρακολούθησης με  $M = 6,33 \pm 0,52$ ).

Στη φάση της γενίκευσης, η Ελένη απέκτησε τις αντίστοιχες τέσσερις δεξιότητες διερεύνησης, όπως ο Γιάννης. Μερικά παραδείγματα των δεξιοτήτων διερεύνησης για την Ελένη είναι: *Πόσες είναι οι φάσεις του νερού;* (Διατύπωση ερωτήσεων). *Να ταιριάξεις τα μόρια που βλέπεις με τον πάγο, το νερό και τον ατμό. Τι θα δεις με τα γυαλιά; Σχεδίασε κάθε φάση και πες γι' αυτή* (Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων). *Το νέο αντικείμενο είναι ένα μόριο. Κινείται πιο γρήγορα από τα μόρια του ατμού* (απόκτηση, αξιολόγηση και επικοινωνία πληροφοριών).

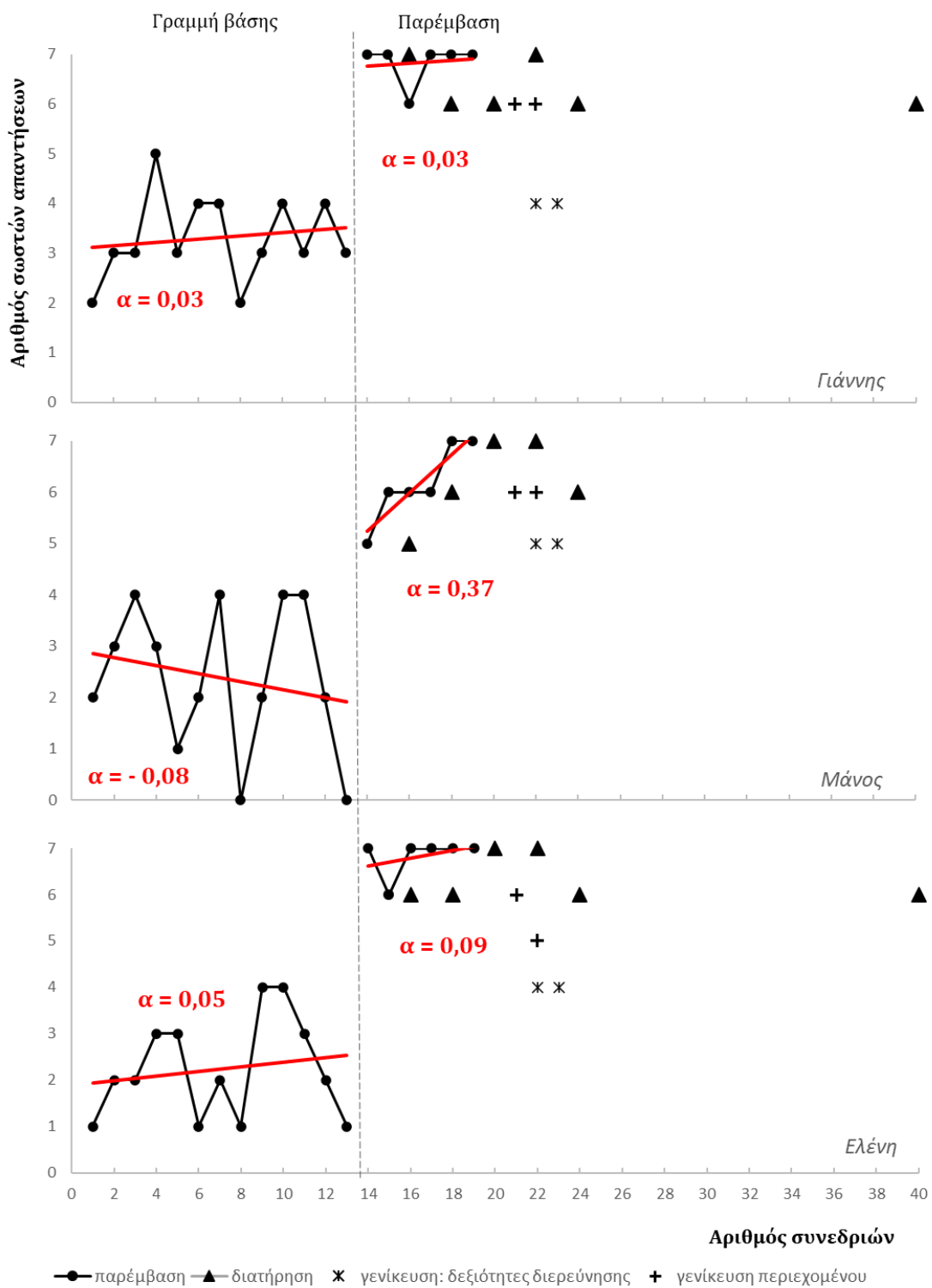




Εικόνα 6.1. Γραφική Παράσταση του αριθμού των σωστών απαντήσεων των μαθητών ως προς τον αριθμό των συνεδριών για τη διερευνητική μάθηση.



Εικόνα 6.2. Γραφική Παράσταση του επιπέδου του αριθμού των σωστών απαντήσεων των μαθητών ως προς τον αριθμό των συνεδριών για τη διερευνητική μάθηση στις φάσεις της Γραμμής Βάσης, της Παρέμβασης (κόκκινο χρώμα) και της Διατήρησης (μπλε χρώμα).



Εικόνα 6.3. Γραφική Παράσταση που παριστάνει τις τάσεις των μαθησιακών αποτελεσμάτων της Γραμμής Βάσης και της Παρέμβασης.

### Άμεση επίδραση

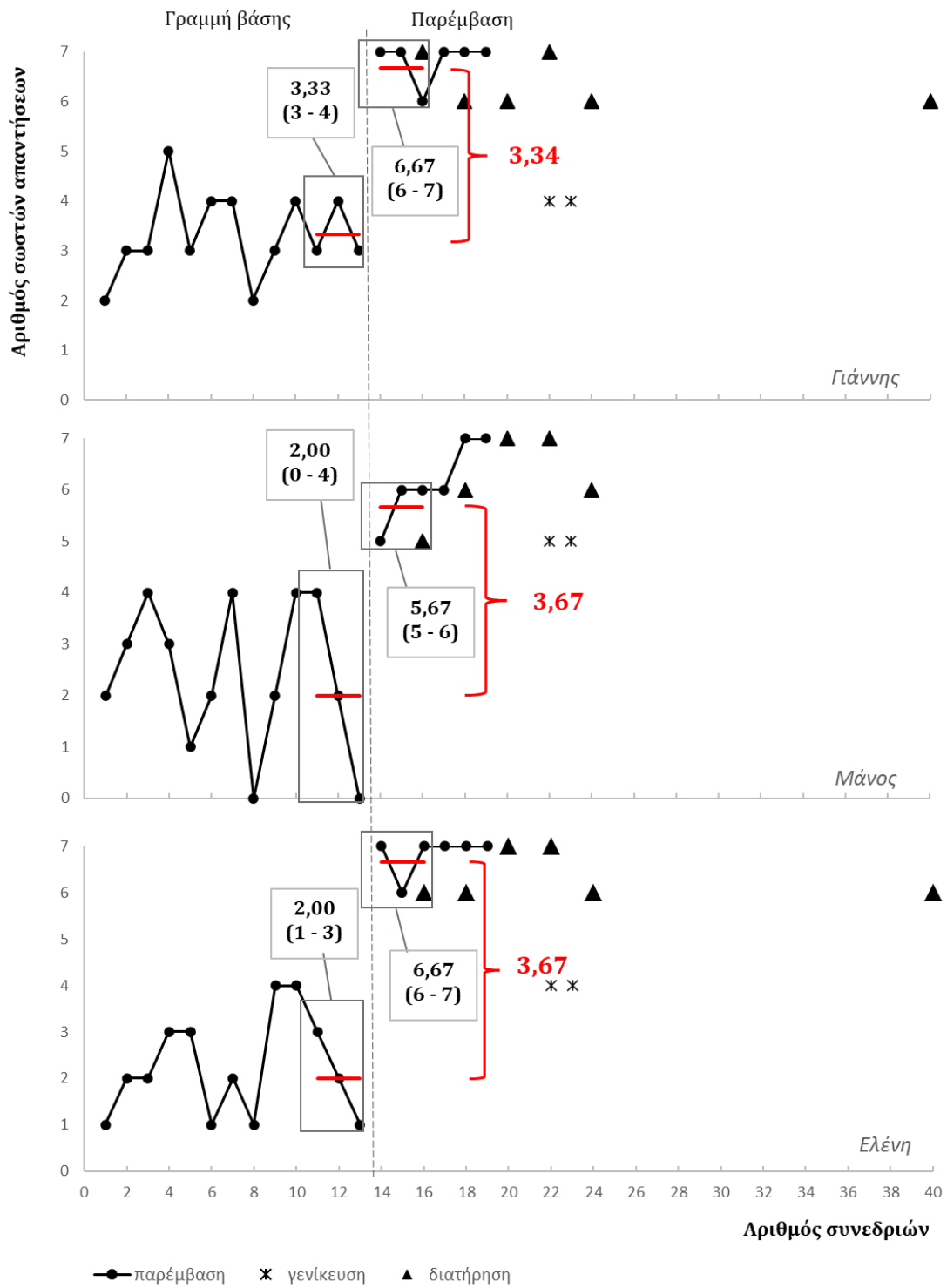
Για την εξέταση της αμεσότητας της παρέμβασης συγκρίθηκαν το επίπεδο των τριών τελευταίων σημείων των δεδομένων της γραμμής βάσης με το επίπεδο των τριών πρώτων σημείων των δεδομένων της παρέμβασης για κάθε μαθητή και υπολογίστηκε η διαφορά τους (Kratochwill et al., 2010). Τα αποτελέσματα του Πίνακα 6.2. παρουσιάζονται στη γραφική παράσταση της Εικόνας 6.4. που απεικονίζει την άμεση επίδραση της παρέμβασης. Για τους τρεις συμμετέχοντες, η μέση τιμή του αποτελέσματος είναι 6,34 με εύρος 5,67 - 6,67 στη φάση της παρέμβασης από 2,44 με εύρος 2,00 - 3,67 που ήταν στη γραμμή βάσης. Για τον Γιάννη, η αμεσότητα της επίδρασης ήταν 3,34 (= 6,67 - 3,33). Για τον Μάνο η αμεσότητα της επίδρασης ήταν 3,67 μεταξύ της γραμμής βάσης και της παρέμβασης (= 5,67-2) και για την Ελένη ήταν 4,67 (= 6,67-2).

### Μεταβλητότητα

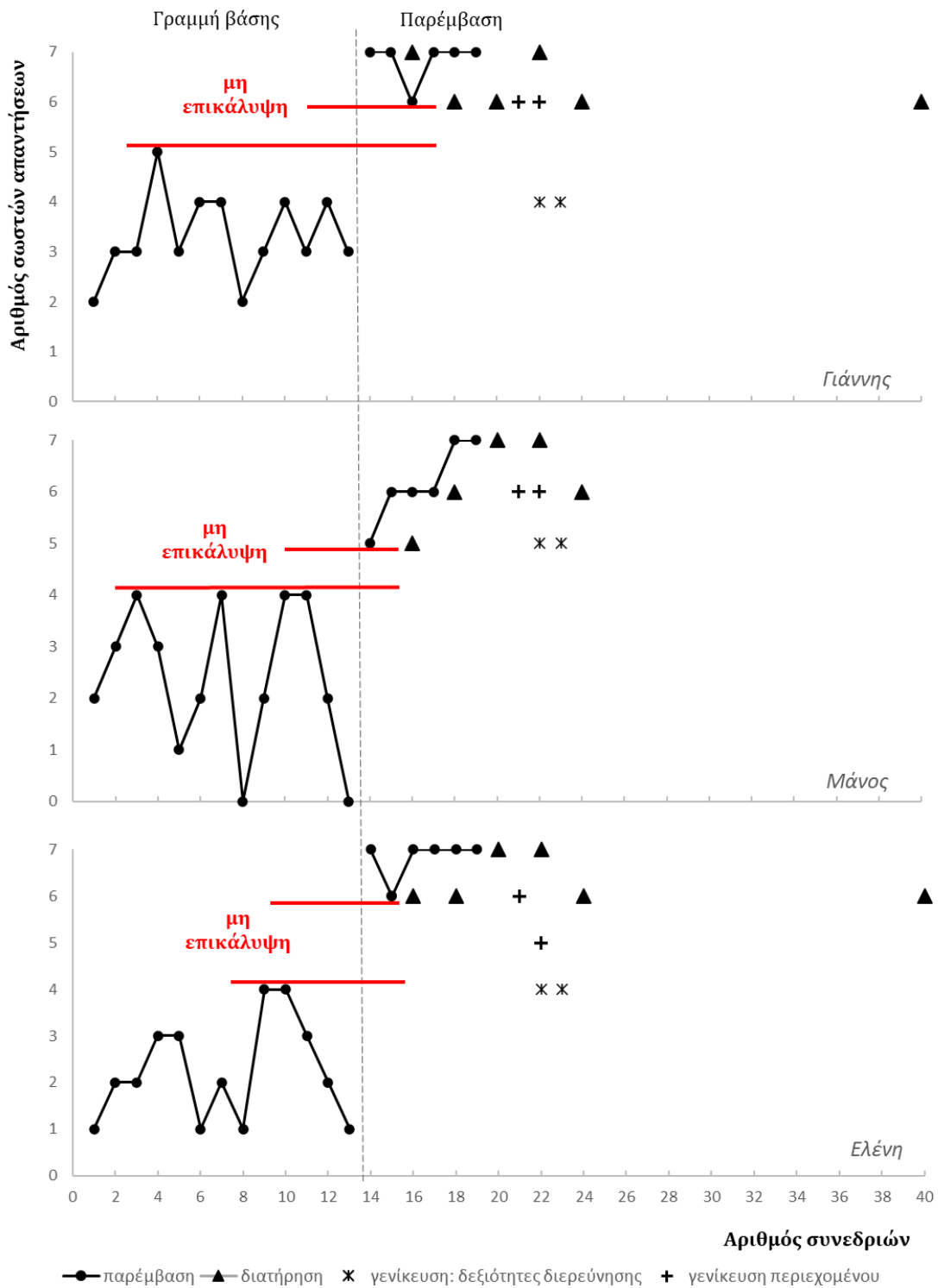
Η μεταβλητότητα αναφέρεται στο βαθμό στον οποίο κάθε σημείο δεδομένων αποκλίνει από τη συνολική τάση (Kratochwill et al., 2010). Για το σκοπό αυτό υπολογίζονται η τυπική απόκλιση και το εύρος των οποίων οι τιμές καταγράφονται στον Πίνακα 6.2. Η μέση τιμή της τυπικής απόκλισης (T.A.) των σημείων δεδομένων των συμμετεχόντων για τη γραμμή βάσης είναι 1,19 και η αντίστοιχη για την παρέμβαση είναι 0,57. Η T.A. των σημείων δεδομένων του Γιάννη στη διάρκεια της γραμμής βάσης είναι 0,58 (εύρος 3 - 4), ομοίως η T.A. των σημείων για τη φάση της παρέμβασης είναι 0,58 (εύρος 6 - 7). Για τον Μάνο, η T.A. των αποτελεσμάτων της γραμμής βάσης είναι 2 (εύρος 2 - 4) και της παρέμβασης 0,56 (εύρος 5 - 6). Η T.A. των σημείων δεδομένων της Ελένης κατά τη διάρκεια της γραμμής βάσης είναι 1,00 (εύρος 1 - 3) και η T.A. των σημείων για τη φάση της παρέμβασης είναι 0,58 (εύρος 6 - 7).

Πίνακας 6.2. Άμεση επίδραση, μεταβλητότητα και επικάλυψη.

Συμμετέχοντες	Άμεση επίδραση (Μέση Τιμή και Εύρος)		Μεταβλητότητα (Τυπική απόκλιση)		Επικάλυψη PND
	Γραμμή βάσης	Παρέμβαση	Γραμμή βάσης	Παρέμβαση	
Γιάννης	3,33 (3 -4)	6,67 (6 -7)	0,58	0,58	- (100%)
Μάνος	2,00 (2 -4)	5,67 (5 -6)	2,00	0,56	- (100%)
Ελένη	2,00 (1 -3)	6,67 (6 -7)	1,00	0,58	- (100%)
Μέση τιμή	2,44 (2,00 -3,33)	6,34 (5,67 -6,67)	1,19	0,57	- (100%)



Εικόνα 6.4. Γραφική Παράσταση της άμεσης επίδρασης της παρέμβασης για τη διερευνητική μάθηση.



Εικόνα 6.5. Γραφική Παράσταση μη επικαλυπτόμενων δεδομένων για τη διερευνητική μάθηση.

## **Επικάλυψη**

Η επικάλυψη των σημείων των δεδομένων ισούται με το ποσοστό των σημείων της γραμμής βάσης που επικαλύπτεται από τα σημεία της παρέμβασης, επιβεβαιώνει την επίδραση της παρέμβασης και εξετάζεται μέσω της σύγκρισης του υψηλότερου από τα αναφερόμενα σημεία της γραμμής βάσης και του χαμηλότερου αντίστοιχου σημείου στη φάση της παρέμβασης (Kratochwill et al., 2010). Όπως φαίνεται από τη γραφική παράσταση των μη επικαλυπτόμενων δεδομένων (Εικ. 6.5.) κανένας από τους συμμετέχοντες της διερεύνησης δεν εμφανίζει επικαλυπτόμενα σημεία δεδομένων μεταξύ των δύο φάσεων.

## **Συνέπεια των μοτίβων δεδομένων**

Ο προσδιορισμός της συνέπειας των μοτίβων δεδομένων περιλαμβάνει την εξέταση των μοτίβων δεδομένων σε παρόμοιες φάσεις και για όλους τους συμμετέχοντες (Kratochwill et al., 2010). Η παρατήρηση και η σύγκριση των δεδομένων εντός και μεταξύ των φάσεων (γραμμή βάσης και παρέμβαση) ελέγχει την εύρεση προγνωστικών μοτίβων για την εξαρτημένη μεταβλητή της παρέμβασης (μαθησιακά αποτελέσματα).

Για τον Γιάννη διαφαίνεται ένα σταθερό μοτίβο, καθώς η διακύμανση στη γραμμή βάσης είναι μέτρια (T.A. = 0,85, εύρος = 2 – 5 ) και μικρή στη φάση παρέμβασης (T.A. = 0,41, εύρος = 6 – 7). Ο Μάνος έχει τη μεγαλύτερη διακύμανση στα σημεία δεδομένων της γραμμής βάσης (T.A. = 1,45, εύρος = 0 – 4) και της παρέμβασης (T.A. = 0,75, εύρος = 5 – 7). Η διακύμανση στα σημεία δεδομένων για την Ελένη είναι παρόμοια με του Γιάννη, συγκεκριμένα η διακύμανση των σημείων δεδομένων της γραμμής βάσης είναι μέτρια (T.A. = 1,09, εύρος = 1 – 4), ενώ για την παρέμβαση η διακύμανση είναι μικρή (T.A. = 0,41, εύρος = 6 – 7), με συνέπεια να διαφαίνεται ένα σταθερό μοτίβο στη επίδοσή της.

## **Μέγεθος επίδρασης**

Για την εξέταση της αποτελεσματικότητας της παρέμβασης υπολογίστηκε το ποσοστό μη επικαλυπτόμενων δεδομένων PND, το οποίο συνιστάται στα ερευνητικά σχέδια μεμονωμένου ατόμου (Parker & Vannest, 2009; Scruggs & Mastropieri, 2013; Scruggs et al., 1987). Για τον προσδιορισμό του PND υπολογίστηκε ο συνολικός αριθμός των πιθανών ζευγών σημείων δεδομένων μεταξύ της γραμμής βάσης και της παρέμβασης όσο και ο συνολικός αριθμός ζευγών μη επικαλυπτόμενων δεδομένων. Στη συνέχεια, το ποσοστό μη επικάλυψης υπολογίστηκε διαιρώντας τον συνολικό αριθμό ζευγών σημείων δεδομένων με τον συνολικό αριθμό ζευγών μη επικαλυπτόμενων δεδομένων πολλαπλασιασμένο επί 100. Για τους συμμετέχοντες που ακολούθησαν τη διερευνητική προσέγγιση (βλ. Εικ. 6.5.), τα μεγέθη επίδρασης είναι 100% και για τους τρεις συμμετέχοντες (βλ. Πίν. 6.1.).

### **6.1.3. Συστηματική διδασκαλία**

Τα αποτελέσματα της συστηματικής διδασκαλίας για τη γνώση περιεχομένου σε βασικό λεξιλόγιο και κατανόηση από τις τρεις μαθήτριες με ελαφρά ΝΑ (Λίνα, Χαρά, Φανή) (Εικ. 6.6.).

#### **Λίνα**

Τα δεδομένα της γραμμής βάσης της Λίνας ήταν χαμηλά με σταθερή τάση. Κατά τη διάρκεια των συνεδριών ανίχνευσης της γραμμής βάσης, η Λίνα απάντησε μεταξύ μηδέν και τέσσερις σωστές απαντήσεις ( $M = 1,85 \pm 1,07$ ). Υπήρχε μια άμεση επίδραση όταν εισήχθη η παρέμβαση και οι σωστές απαντήσεις του αυξήθηκαν απότομα αλλάζοντας το επίπεδο. Οι σωστές απαντήσεις της Λίνας στις συνθήκες παρέμβασης κυμαίνονταν από τέσσερις έως επτά ( $M = 5,33 \pm 1,03$ ). Τα αποτελέσματα της Λίνας διατηρήθηκαν σε μέτριο επίπεδο (πέντε ή έξι σωστές απαντήσεις κατά τη διάρκεια των συνεδριών παρακολούθησης,  $M = 5,33 \pm 0,52$ ). Η Λίνα απάντησε σωστά σε τέσσερις και πέντε από τις επτά ερωτήσεις περιεχομένου στις δύο συνεδρίες για τη γενίκευση περιεχομένου (χωρίς και με τα γυαλιά ΕΠ για τα διαφορετικά μόρια).

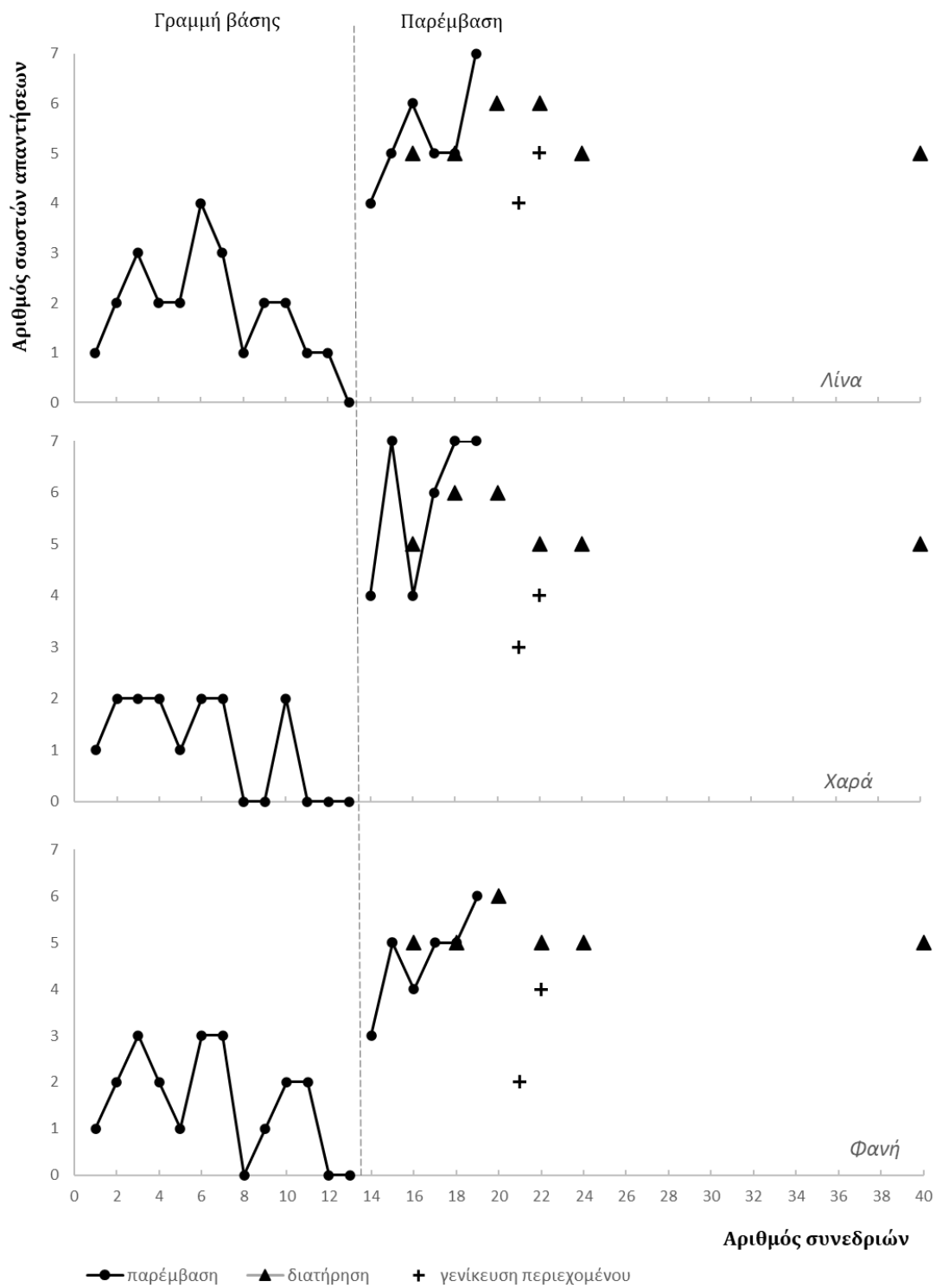
#### **Χαρά**

Τα βασικά δεδομένα της Χαράς ήταν χαμηλά και μεταβλητά, καθώς έδειχναν μια ασταθή τάση. Κατά τη διάρκεια των συνεδριών ανιχνευτή βάσης, η Χαρά έκανε μεταξύ μηδέν και δύο σωστών απαντήσεων ( $M=1,08 \pm 0,95$ ). Η Χαρά γνώρισε μια αμεσότητα του αποτελέσματος όταν εισήχθη η παρέμβαση. Οι σωστές απαντήσεις της κυμαίνονταν από τέσσερα έως επτά ( $M = 5,83 \pm 1,34$ ) με εναλλαγές της βαθμολογίας. Τα μαθησιακά αποτελέσματα διατηρήθηκαν σε μέτριο επίπεδο (τέσσερις ή πέντε σωστές απαντήσεις κατά τη διάρκεια των συνεδριών παρακολούθησης  $M = 4,67 \pm 0,55$ ). Η Χαρά απάντησε σωστά σε τρεις και τέσσερις από τις επτά ερωτήσεις περιεχομένου στις δύο συνεδρίες για τη γενίκευση περιεχομένου (χωρίς και με τα γυαλιά ΕΠ για τα διαφορετικά μόρια).

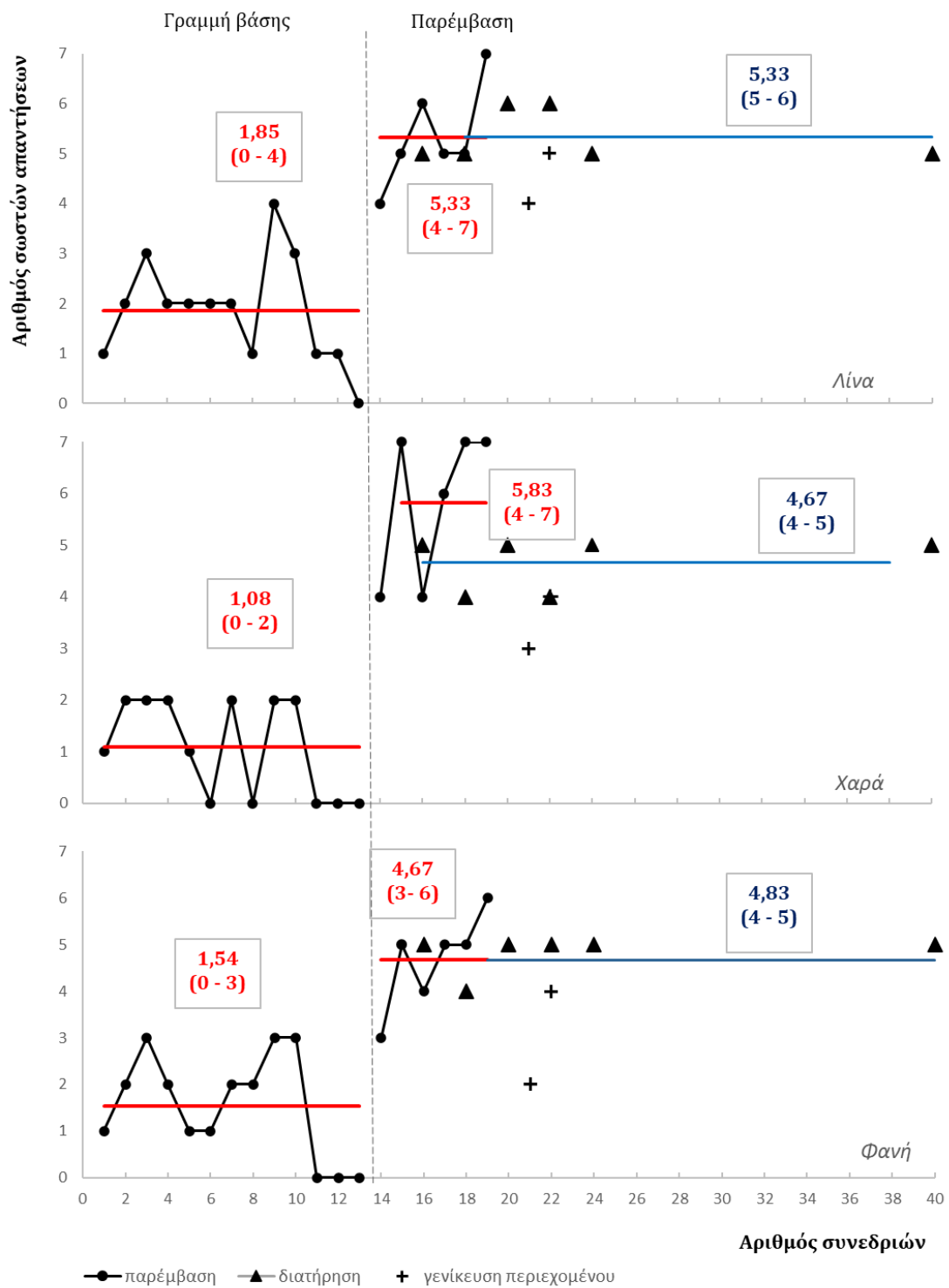
#### **Φανή**

Τα βασικά δεδομένα της Φανής ήταν χαμηλά και μεταβλητά. Έδειξαν μια ασταθή τάση με εύρος μεταξύ μηδέν και τριών σωστών αποκρίσεων ( $M = 1,54 \pm 1,13$ ). Όπως και οι άλλοι δύο μαθητές, υπήρξε άμεση επίδραση όταν η Ελένη μπήκε στις συνθήκες παρέμβασης. Καθιέρωσε μια σταθερή τάση και οι σωστές απαντήσεις της κυμαίνονταν από τρεις έως έξι ( $M = 4,67 \pm 0,94$ ). Κατά τη διάρκεια των συνθηκών διατήρησης οι σωστές απαντήσεις της ήταν σε μέτριο επίπεδο (τέσσερις ή πέντε σωστές απαντήσεις κατά τις συνεδρίες παρακολούθησης,  $M = 4,83 \pm 0,41$ ). Η Φανή απάντησε σωστά σε δύο και τέσσερις από τις επτά ερωτήσεις περιεχομένου στις δύο συνεδρίες για τη γενίκευση περιεχομένου (χωρίς και με τα γυαλιά ΕΠ για τα διαφορετικά μόρια).

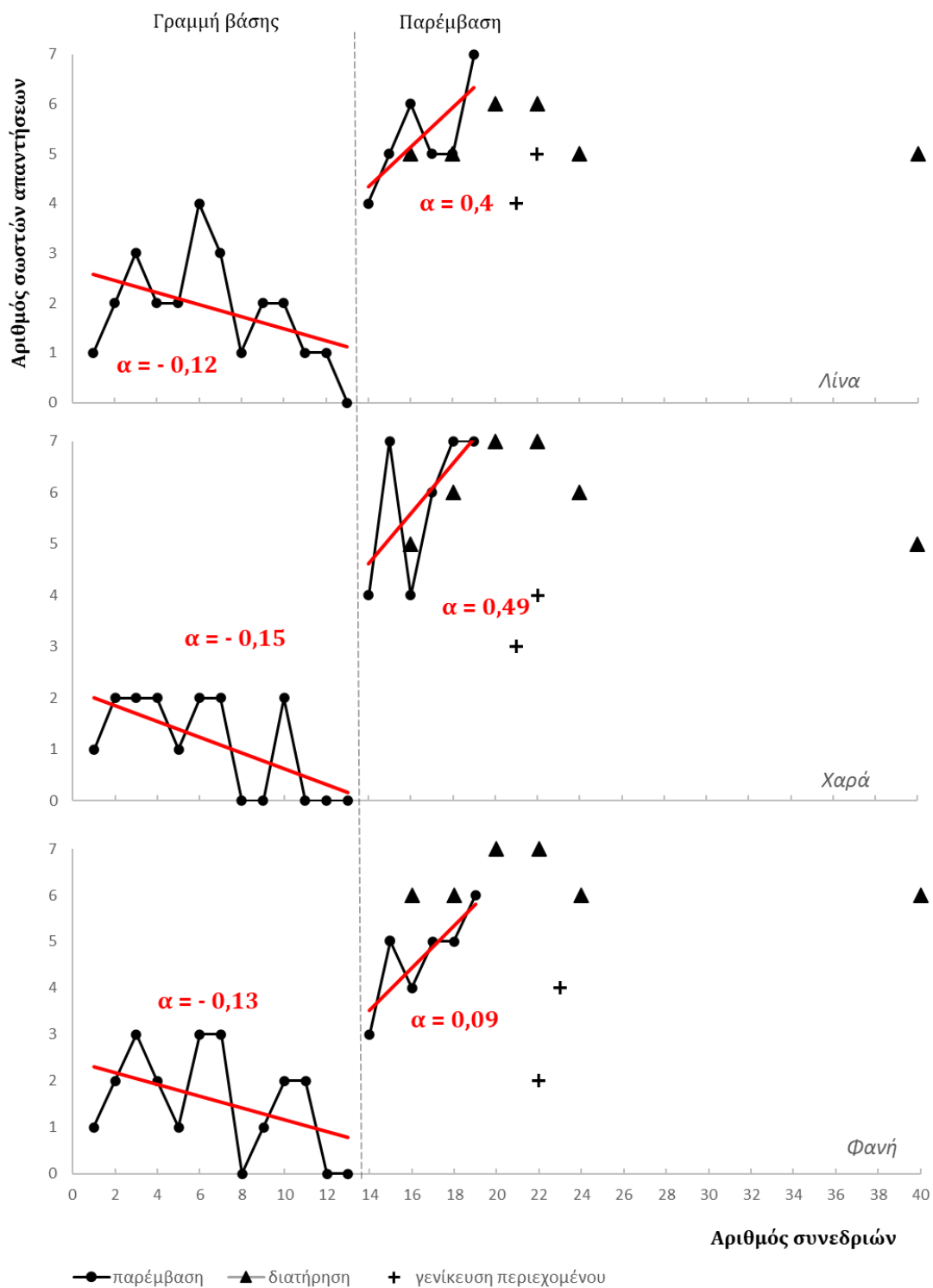




Εικόνα 6.6. Γραφική Παράσταση του αριθμού των σωστών απαντήσεων των μαθητών ως προς τον αριθμό των συνεδριών για τη συστηματική διδασκαλία.



Εικόνα 6.7. Γραφική Παράσταση του επιπέδου του αριθμού των σωστών απαντήσεων των μαθητών ως προς τον αριθμό των συνεδριών για τη συστηματική διδασκαλία στις φάσεις της γραμμής βάσης, της παρέμβασης (κόκκινο χρώμα) και της διατήρησης (μπλε χρώμα).



Εικόνα 6.8. Γραφική Παράσταση που παριστάνει τις τάσεις των μαθησιακών αποτελεσμάτων της γραμμής βάσης και της παρέμβασης για τη συστηματική διδασκαλία.

### Άμεση επίδραση

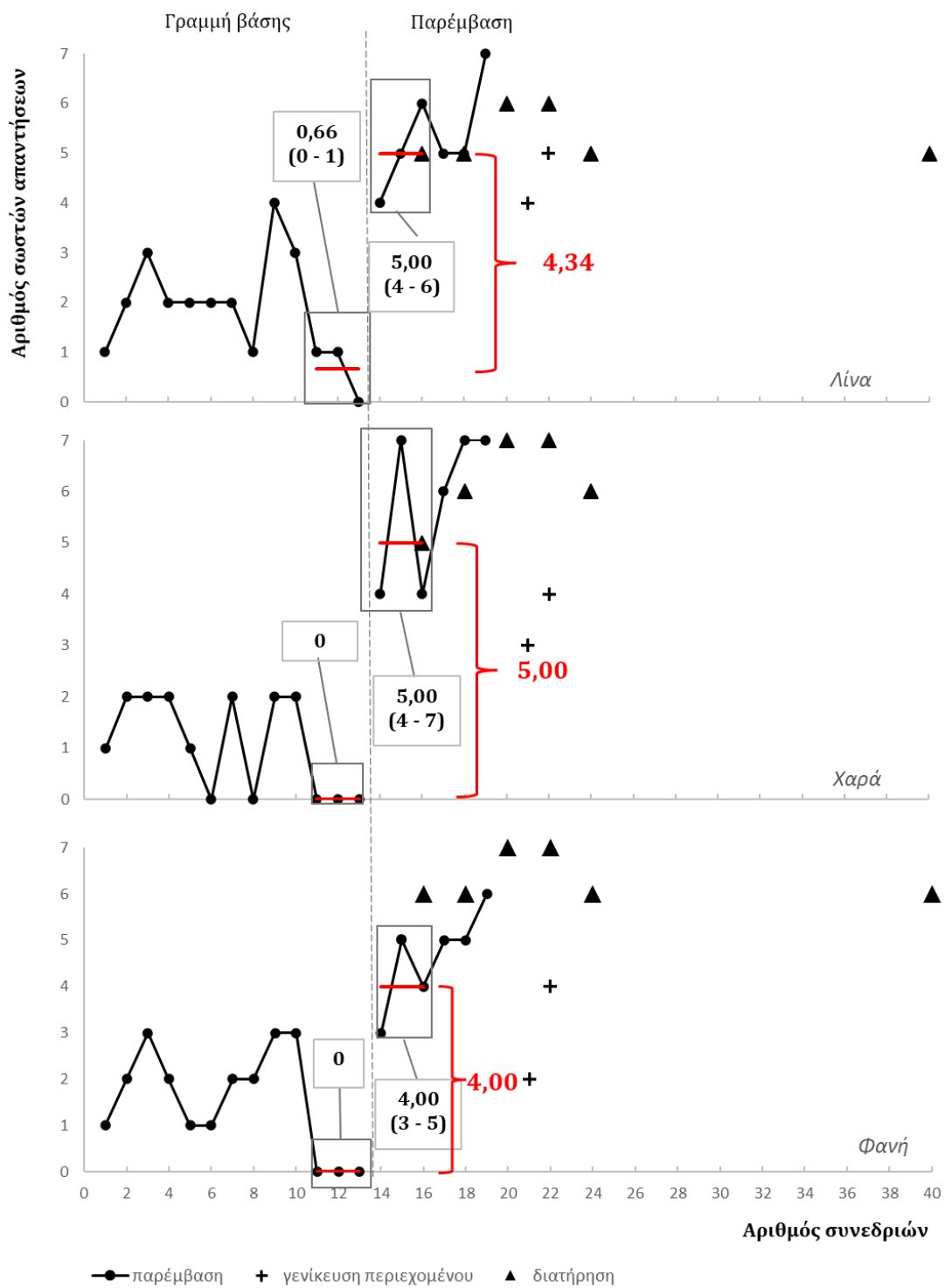
Για την εξέταση της αμεσότητας της παρέμβασης συγκρίθηκαν το επίπεδο των τριών τελευταίων σημείων των δεδομένων της γραμμής βάσης με το επίπεδο των τριών πρώτων σημείων των δεδομένων της παρέμβασης για κάθε μαθητή και υπολογίστηκε η διαφορά τους (Kratochwill et al., 2010). Τα αποτελέσματα του Πίνακα 6.3. παρουσιάζονται στη γραφική παράσταση της Εικόνας 6.9. που απεικονίζει την άμεση επίδραση της παρέμβασης. Για τους τρεις συμμετέχοντες, η μέση τιμή του αποτελέσματος είναι 0,22 με εύρος 0 - 0,66 στη γραμμή βάσης και 4,67 με εύρος 4 - 5 στη φάση της παρέμβασης. Για τη Λίνα, η αμεσότητα της επίδρασης ήταν 4,34 (= 5 - 0,66). Για τη Χαρά η αμεσότητα της επίδρασης ήταν 5 μεταξύ της γραμμής βάσης και της παρέμβασης (= 5 - 0) και για τη Φανή ήταν 4 (= 4 - 0).

### Μεταβλητότητα

Η μεταβλητότητα αναφέρεται στο βαθμό στον οποίο κάθε σημείο δεδομένων αποκλίνει από τη συνολική τάση (Kratochwill et al., 2010). Για το σκοπό αυτό υπολογίζονται η τυπική απόκλιση και το εύρος των οποίων οι τιμές καταγράφονται στον Πίνακα 6.3. Η μέση τιμή της τυπικής απόκλισης (T.A.) των σημείων δεδομένων των συμμετεχόντων για τη γραμμή βάσης είναι 0,19 και η αντίστοιχη για την παρέμβαση είναι 1,24. Η T.A. των σημείων δεδομένων της Λίνας κατά τη διάρκεια της γραμμής βάσης είναι 0,58 (εύρος 0 - 1), ομοίως η T.A. των σημείων για τη φάση της παρέμβασης είναι 1,00 (εύρος 4 - 6). Για τη Χαρά, η T.A. των μεταβλητών των αποτελεσμάτων της γραμμής βάσης είναι 0 και της παρέμβασης 1,73 (εύρος 4 - 7). Η T.A. των σημείων δεδομένων της Φανής κατά τη διάρκεια της γραμμής βάσης είναι 0 και η T.A. των σημείων για τη φάση της παρέμβασης είναι 1,00 (εύρος 3 - 5).

Πίνακας 6.3. Άμεση επίδραση, μεταβλητότητα, επικάλυψη.

Συμμετέχοντες	Άμεση επίδραση (Μέση Τιμή και Εύρος)		Μεταβλητότητα (Τυπική απόκλιση)		Επικάλυψη PND
	Γραμμή βάσης	Παρέμβαση	Γραμμή βάσης	Παρέμβαση	
Λίνα	0,66 (0 -1)	5,00 (4 -6)	0,58	1,00	1/6 (83,33%)
Χαρά	0	5,00 (4 -7)	0	1,73	- (100%)
Φανή	0	4,00 (3 -5)	0	1,00	1/6 (83,33%)
Μέση τιμή	0,22 (0 - 0,66)	4,67 (4,00 - 5,00)	0,19	1,24	1/9 (88,89%)



Εικόνα 6.9. Γραφική Παράσταση της άμεσης επίδρασης της παρέμβασης για τη συστηματική διδασκαλία.

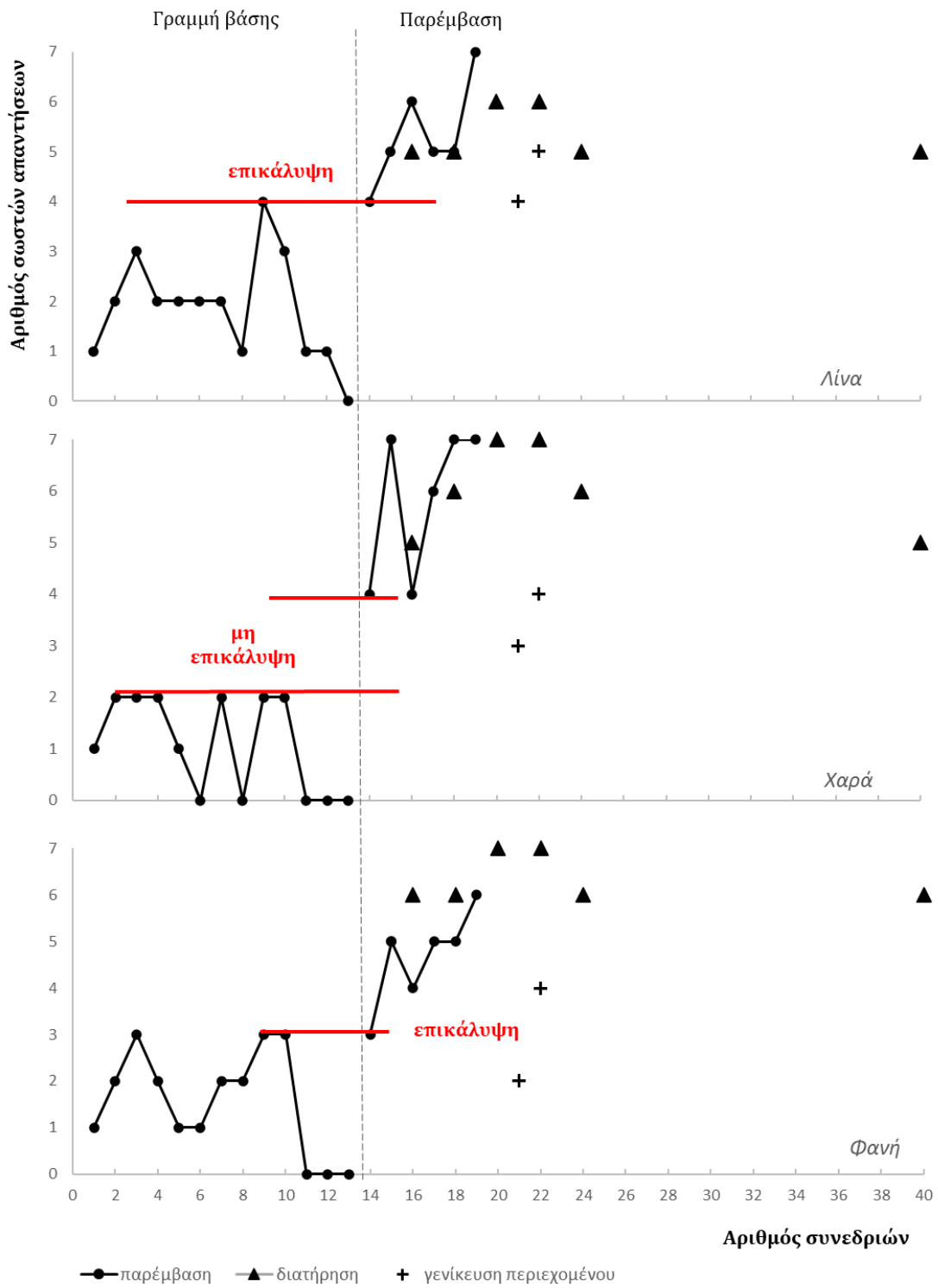
### **Επικάλυψη**

Η επικάλυψη των σημείων των δεδομένων είναι το ποσοστό των δεδομένων από τη γραμμή βάσης που επικαλύπτεται με τα δεδομένα της παρέμβασης και επιβεβαιώνει την επίδραση της παρέμβασης (Kratochwill et al., 2010). Εξετάστηκε η επικάλυψη μεταξύ των τριών συμμετεχουσών συγκρίνοντας το υψηλότερο σημείο δεδομένων κατά τη διάρκεια της γραμμής βάσης και το χαμηλότερο σημείο δεδομένων στη φάση παρέμβασης (βλ. Εικ. 6.10.). Η Λίνα και η Φανή εμφανίζουν επικάλυψη ενός σημείου όπως φαίνεται από την αντίστοιχη γραφική παράσταση (Εικ. 6.10.), ενώ η Χαρά δεν παρουσίασε επικαλυπτόμενα σημεία δεδομένων μεταξύ των δύο φάσεων (γραμμή βάσης και παρέμβαση).

### **Συνέπεια των μοτίβων δεδομένων**

Ο προσδιορισμός της συνέπειας των μοτίβων δεδομένων περιλαμβάνει την εξέταση των μοτίβων δεδομένων σε παρόμοιες φάσεις και για όλους τους συμμετέχοντες (Kratochwill et al., 2010). Η εξέταση και η σύγκριση των δεδομένων εντός και μεταξύ των φάσεων (γραμμή βάσης και παρέμβαση) στόχευε να εντοπίσει προγνωστικά μοτίβα για τη μεταβλητή παρέμβασης-αποτέλεσμα (δηλαδή για τα μαθησιακά αποτελέσματα για τις φάσεις του νερού).

Για τη Λίνα η διακύμανση στη γραμμή βάσης είναι μεγάλη (T.A. = 1,07 , εύρος = 0 – 4) και αντίστοιχη στη φάση παρέμβασης (T.A. = 1,03, εύρος = 4 – 7). Η Χαρά έχει ελαφρώς μικρότερη διακύμανση στα σημεία δεδομένων της γραμμής βάσης (T.A. = 0,95, εύρος = 0 – 2) όσο και μεγαλύτερη στην παρέμβαση (T.A. = 1,34, εύρος = 4 – 7). Η διακύμανση στα σημεία δεδομένων για τη Φανή είναι παρόμοια με της Λίνας και της Χαράς, συγκεκριμένα η διακύμανση των σημείων δεδομένων της γραμμής βάσης είναι μεγάλη (T.A. = 1,13 , εύρος = 0 – 3), ενώ για την παρέμβαση η διακύμανση παραμένει σημαντική (T.A.=0,94, εύρος = 3 – 7).



Εικόνα 6.10. Γραφική Παράσταση μη επικαλυπτόμενων δεδομένων για τη συστηματική διδασκαλία.

## **6.2. Αποτελεσματικότητα της παρέμβασης**

### **Μέγεθος επίδρασης**

Για την εξέταση της άμεσης επίδρασης της παρέμβασης υπολογίστηκαν τα μεγέθη επίδρασης της ακόλουθης κλίμακας χρησιμοποιώντας το ποσοστό μη επικαλυπτόμενων δεδομένων PND (percent of nonoverlapping data), το οποίο συνιστάται για την εξέταση ενός ερευνητικού σχεδίου μεμονωμένου ατόμου (Parker & Vannest, 2009). Για τον προσδιορισμό του PND υπολογίστηκε ο συνολικός αριθμός των πιθανών ζευγών σημείων δεδομένων μεταξύ της γραμμής βάσης και της φάσης παρέμβασης όσο και ο συνολικός αριθμός ζευγών μη επικαλυπτόμενων δεδομένων. Στη συνέχεια, το ποσοστό μη επικάλυψης υπολογίστηκε διαιρώντας τον συνολικό αριθμό ζευγών σημείων δεδομένων με τον συνολικό αριθμό ζευγών μη επικαλυπτόμενων δεδομένων πολλαπλασιασμένο επί 100. Επειδή δεν υπάρχουν επικαλυπτόμενα σημεία δεδομένων σε όλους τους συμμετέχοντες της διερεύνησης (βλ. Εικ. 6.5.), τα μεγέθη επίδρασης για τους τρεις μαθητές είναι όλα 100% (βλ. Πίνακα 6.1.). Για τη συστηματική διδασκαλία τα αντίστοιχα μεγέθη επίδρασης ήταν για τη Λίνα και τη Φανή 83,33%, ενώ για τη Χαρά 100%.

### **Εσωτερική εγκυρότητα**

Η εσωτερική εγκυρότητα της παρέμβασης προϋποθέτει συνέπεια ανάμεσα στο σχεδιασμό και τη διεξαγωγή της παρέμβασης. Η ακολουθία των φάσεων και η έναρξή τους υλοποιήθηκαν με βάση τον σχεδιασμό των ερωτήσεων για το γνωστικό αντικείμενο, ο οποίος ακολούθησε μη τυχαioποιημένη διαδικασία. Συγκεκριμένα, θεωρήθηκε κατάλληλο οι μαθητές να προσεγγίσουν τη νέα γνώση μέσω της καθημερινής τους εμπειρίας. Η τοποθέτηση των συμμετεχόντων στις δύο ομάδες (τρεις μαθητές συμμετείχαν στη διερεύνηση και τρεις συμμετείχαν στη συστηματική διδασκαλία) έγινε μέσω τυχαioποιημένης διαδικασίας (κλήρωση). Ως προς τη δειγματοληψία θεωρήθηκε επαρκής ο αριθμός των σημείων δεδομένων (όπως ορίστηκε με βάση τα κριτήρια ποιότητας), καθώς στη γραμμή βάσης σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν 13 συνεδρίες και στην παρέμβαση έξι συνεδρίες. Πρόσθετα, θεωρήθηκαν δύο σημεία για τη γενίκευση περιεχομένου στις δύο προσεγγίσεις και δύο σημεία για τη γενίκευση πλαισίου μόνο στη διερευνητική μάθηση. Ως προς τη διατήρηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων θεωρήθηκαν έξι συνεδρίες που αντιστοιχίστηκαν σε αξιολόγηση εντός της παρέμβασης και μετά από αυτήν, έως και σε χρονικό διάστημα έξι μηνών με στόχο τον προσδιορισμό της μελέτης ως διαχρονική (longitudinal study). Ως προς την εσωτερική συμφωνία μεταξύ των βαθμολογητών, το ποσοστό με βάση την αναλογία των επαρκών δεδομένων και τον ορισμό του έφτασε σε υψηλό επίπεδο.



## **Εξωτερική εγκυρότητα**

Η εμπειρική μελέτη παρείχε επαρκή περιγραφή των χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων, καθώς τέθηκαν κριτήρια επιλογής και στη συνέχεια μετά τη λήψη συγκατάθεσης από τους γονείς και κηδεμόνες, καθώς και από τους ίδιους τους μαθητές για τη συμμετοχή τους στην έρευνα, δόθηκαν ψευδώνυμα και παρουσιάστηκε το προφίλ τους σε γνωστικό, κοινωνικο-επικοινωνιακό και πρακτικό τομέα. Ως προς το πλαίσιο της παρέμβασης, δόθηκαν πληροφορίες με ακρίβεια και σαφήνεια ώστε να υπάρχει η δυνατότητα επαναληψιμότητας από άλλους ερευνητές, όπως προτείνουν οι δείκτες ποιότητας του ερευνητικού σχεδίου. Αντίστοιχα, η περιγραφή της γραμμής βάσης και των επιμέρους ενοτήτων ήταν σαφής και λεπτομερής για την αξιοπιστία της μεθόδου. Λεπτομερής και ακριβής περιγραφή δόθηκε και για την εξαρτημένη μεταβλητή η οποία τέθηκε σε λειτουργία και η περιγραφή της μεθόδου της ήταν επαρκής για τη μέτρησή της. Ομοίως για την ανεξάρτητη μεταβλητή που αφορούσε την παρέμβαση, η οποία συμπεριέλαβε τον αριθμό, τη διάρκεια και την περιοδικότητα των συνεδριών. Η καταγραφή και η ανάλυση των δεδομένων για τη συμπεριφορά-στόχο σε κάθε περίοδο λειτουργίας καθώς και η αιτιολόγηση της εφαρμογής της μεθόδου ανάλυσης αλλά και η λήψη μέτρων γενίκευσης πριν, κατά τη διάρκεια και στο τέλος της παρέμβασης συμβάλλουν στον προσδιορισμό της εξωτερικής εγκυρότητας.

### **6.3. Κοινωνική εγκυρότητα**

Οι έξι μαθητές απάντησαν σε 18 ερωτήσεις κοινωνικής εγκυρότητας με στόχο τη συγκέντρωση αντιλήψεων σχετικά με την εμπειρία τους από την παρέμβαση με τα γυαλιά ΕΠ (Πίνακας 6.4.). Συνολικά, τα αποτελέσματα των μαθητών αντικατοπτρίζουν θετικές αντιλήψεις για τους άξονες της μάθησης, της ποιότητας, της εμπλοκής και της παρουσίας και η συντριπτική πλειοψηφία (13/16 ερωτήσεις) στην κλίμακα αξιολόγησης για όλα τα στοιχεία ήταν τρία (3 = συμφωνώ). Με βάση τις απαντήσεις τους και οι έξι μαθητές συμφώνησαν απόλυτα ότι τα γυαλιά ΕΠ ήταν εύκολα στη χρήση και συνέβαλαν στη μάθηση. Επεσήμαναν ότι απόλαυσαν την εμπειρία με τα γυαλιά ΕΠ και ανέφεραν ότι τα γυαλιά τους βοήθησαν να συμμετάσχουν στη διαδικασία. Ανέφεραν ότι τα μόρια βρίσκονταν στον ίδιο χώρο όπου βρίσκονταν και οι ίδιοι, υπογραμμίζοντας υψηλή αίσθηση παρουσίας. Επιπλέον, οι μαθητές ανέφεραν μεγάλη ικανοποίηση για τη χρήση των γυαλιών και θα ήθελαν να τα χρησιμοποιήσουν σε άλλα γνωστικά αντικείμενα. Μερικά ενδεικτικά σχόλια ήταν: «Μου άρεσε που έβλεπα τα μόρια από κοντά!» (Γιάννης). «Μου άρεσε όταν έβγαλα το καπάκι και τα μόρια έφευγαν!» (Λίνα για τους υδρατμούς). «Μου άρεσαν πολύ τα μόρια του ατμού που πήγαιναν παντού!» (Χαρά για τους υδρατμούς). «Ήταν τέλεια! Μου άρεσε που έβλεπα τα μόρια που δεν φαίνονται!» (Φανή).

Πίνακας 6.4. Αξιολόγηση της εμπειρίας των μαθητών – κοινωνική εγκυρότητα.

Ερωτήσεις	Απαντήσεις σε 3-βάθμια κλίμακα Likert						Μέση τιμή Likert
	Γιάννης	Μάνος	Ελένη	Λίνα	Χαρά	Φανή	
<b>Μάθηση</b>							
Το μάθημα με τα γυαλιά σε βοήθησε να μάθεις;	3	3	3	3	3	3	3 ± 0
Έτσι όπως είδες τα μόρια σε βοήθησε να μάθεις;	3	3	3	3	3	3	3 ± 0
<b>Ποιότητα</b>							
Τα μόρια όπως τα είδες με τα γυαλιά σε βοήθησαν;	3	3	3	3	3	3	3 ± 0
Κατάλαβες εύκολα πως να χρησιμοποιείς τα γυαλιά;	3	3	3	3	3	3	3 ± 0
Τα γυαλιά ήταν εύκολα στη χρήση τους;	3	3	3	3	3	3	3 ± 0
Τα μόρια του νερού ήταν καλά σχεδιασμένα;	3	3	3	3	3	3	3 ± 0
<b>Εμπλοκή</b>							
Σου άρεσε αυτό που είδες με τα γυαλιά;	3	3	3	3	3	3	3 ± 0
Τα γυαλιά σε ενθάρρυναν να μάθεις;	3	3	3	3	3	3	3 ± 0
Θα ήθελες να χρησιμοποιήσεις τα γυαλιά ξανά;	3	3	3	3	3	3	3 ± 0
Θα ήθελα να χρησιμοποιήσεις τα γυαλιά και σε άλλα μαθήματα;	3	3	3	3	3	3	3 ± 0
<b>Παρουσία</b>							
Τα μόρια έμοιαζαν να είναι στο χώρο που ήσουν και εσύ;	3	3	3	3	3	3	3 ± 0
Θέλησες να πλησιάσεις και να αγγίξεις τα μόρια που έβλεπες μέσα από τα γυαλιά;	3	3	2	3	2	3	2,6 ±
Σκέφτηκες να αποφύγεις κάποιο μόριο;	3	3	2	2	2	2	2,3 ±
Αισθανόσουν ότι βρισκόσουν και εσύ ανάμεσα στα μόρια που είδες;	3	3	3	3	3	3	3 ± 0
Έβλεπες τα μόρια σαν να έβλεπες μέσα από οθόνη (όπως π.χ. στον Η/Υ);	1	1	1	1	1	1	1 ± 0
Έμοιαζε σαν να παρακολουθούσες τα μόρια μέσα στην τάξη που ήσουν και εσύ;	3	3	3	3	3	3	3 ± 0

---

**Ερωτήσεις ανοιχτού τύπου**

Τι σου άρεσε περισσότερο στα γυαλιά;

Τι, δεν σου άρεσε καθόλου στα γυαλιά;

---

Γιάννης *Μου άρεσε που έβλεπα τα μόρια από κοντά!*

*Όλα μου άρεσαν.*

Μάνος *Πιο πολύ μου άρεσε όταν τα μόρια πήγαν παντού!*

*Όλα.*

Ελένη *Όλα μου άρεσαν!*

*Δεν ήταν κάτι που να μη μου άρεσε.*

Λίνα *Μου άρεσε όταν έβγαλα το καπάκι και τα μόρια έφυγαν!*

-

Χαρά *Μου άρεσαν πολύ τα μόρια του ατμού που πήγαιναν παντού!*

*Όλα μου άρεσαν.*

Φανή *Ήταν τέλεια! Μου άρεσε που έβλεπα τα μόρια που δεν φαίνονται!*

-

---

## Κεφάλαιο VII: Συζήτηση – Συμπεράσματα

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να εξετάσει την επίδραση μιας παρέμβασης των φάσεων του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο μέσω προηγμένων γυαλιών ΕΠ στα μαθησιακά αποτελέσματα έξι μαθητών με ελαφρά ΝΑ. Οι μαθητές έλαβαν οδηγίες σε πλαίσιο διδασκαλίας ένας προς έναν σύμφωνα με την εφαρμογή ενός ερευνητικού σχεδίου μεμονωμένου ατόμου και αξιολογήθηκε ο αντίκτυπος της ανεξάρτητης μεταβλητής (παρέμβαση μέσω των γυαλιών ΕΠ) στην εξαρτημένη μεταβλητή (αριθμός σωστών απαντήσεων στους ανιχνευτές αξιολόγησης). Η ανεξάρτητη μεταβλητή αφορούσε δύο τύπους, την παρέμβαση με τη χρήση γυαλιών ΕΠ για τις φάσεις του νερού μικροσκοπικά μέσω της δομημένης διερεύνησης και την αντίστοιχη παρέμβαση μέσω της συστηματικής διδασκαλίας. Οι μαθητές τοποθετήθηκαν στις δύο παρεμβάσεις μέσω τυχαιοποιημένης διαδικασίας, επομένως τρεις μαθητές συμμετείχαν σε διερευνητική μάθηση και τρεις σε συστηματική διδασκαλία. Οι απαντήσεις των μαθητών με ελαφρά ΝΑ στις ερωτήσεις του αφηρημένου περιεχομένου της Φυσικής και στο ερωτηματολόγιο κοινωνικής εγκυρότητας παρείχαν ποσοτικά δεδομένα ώστε να απαντηθούν τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

1. Ποια είναι η επίδραση της παρέμβασης μέσω της τεχνολογίας ΕΠ στην απόκτηση του περιεχομένου Φυσικής «οι φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο» σε μαθητές με ελαφρά ΝΑ;
2. Διατήρησαν οι μαθητές με ελαφρά ΝΑ τους όρους για τις φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο στην πάροδο του χρόνου χωρίς τη χρήση των γυαλιών ΕΠ;
3. Γενίκευσαν οι μαθητές με ελαφρά ΝΑ τους στοχευμένους όρους για τις φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο και τους εφάρμοσαν σε άλλο παρόμοιο περιεχόμενο ή/και σε άλλο πλαίσιο;
4. Ποια είναι η εμπειρία των μαθητών από τη χρήση των γυαλιών ΕΠ;

Συνολικά, τα μαθησιακά αποτελέσματα των έξι συμμετεχόντων αξιολογήθηκαν με συστηματικό και επαναλαμβανόμενο τρόπο στο τέλος κάθε συνεδρίας και φάνηκε να βελτιώνονται σημαντικά μετά την ολοκλήρωση της φάσης της γραμμής βάσης, κατά την εισαγωγή και στη διάρκεια της παρέμβασης. Σύμφωνα με τα τρία πρώτα επίπεδα ταξινομίας του Bloom, οι μαθητές ανακάλεσαν τους νέους επιστημονικούς όρους (μόρια, μικρόκοσμος, κενό, ταλάντωση), έδειξαν να τους έχουν κατανοήσει και ήταν σε θέση να τους εφαρμόσουν στις ερωτήσεις (αντιστοίχιση της θέσης και της κίνησης των μορίων στην κατάλληλη φάση του νερού). Πρόσθετα, οι έξι μαθητές στη διάρκεια των συνθηκών της γενίκευσης της παρέμβασης εφάρμοσαν τους όρους σε ευρύτερο περιεχόμενο που αφορούσε την παρατήρηση διαφορετικών από το νερό μόρια (τυχαία «άγνωστα» μόρια)

στην αέρια κατάσταση. Στο στάδιο της διατήρησης, όλοι οι μαθητές μπόρεσαν να ανακαλέσουν τη νέα γνώση διατηρώντας τα μαθησιακά αποτελέσματα. Ειδικότερα, οι μαθητές που συμμετείχαν στη διερεύνηση διατήρησαν τα αποτελέσματά τους σε εμφανώς υψηλότερο επίπεδο σε σύγκριση με τους μαθητές της συστηματικής διδασκαλίας, εντός των συνεδριών της παρέμβασης και μετά την ολοκλήρωσή της (έξι συνεδρίες διατήρησης με την τελευταία έξι μήνες μετά τη λήξη της παρέμβασης).

Η εμπειρία των μαθητών από τη συνολική διαδικασία αξιολογήθηκε μέσω ενός ερωτηματολογίου κοινωνικής εγκυρότητας, του οποίου τα αποτελέσματα ήταν θετικά. Πρόσθετα, υπολογίστηκαν τα μεγέθη επίδρασης της παρέμβασης για κάθε μαθητή και προσδιορίστηκε η αποτελεσματικότητα της παρέμβασης με τα γυαλιά ΕΠ στο γνωστικό περιεχόμενο της δομής της ύλης στη Φυσική.

## **7.1. Κύρια ευρήματα**

### **7.1.1. Γραμμή βάσης**

Στο στάδιο της γραμμής βάσης, συλλέχθηκαν οι αρχικές ιδέες των μαθητών, οι οποίες εκφράστηκαν μέσω ερωτήσεων ανοιχτού τύπου.

Ένα κύριο εύρημα το οποίο εντοπίστηκε και συμφωνεί με την ερευνητική βιβλιογραφία αποτελεί η προβολή μακροσκοπικών ιδιοτήτων των καταστάσεων της ύλης στα μόρια του νερού από τους μαθητές με ΝΑ (Adadan et al., 2009; Johnson, 1998; Lee et al., 1993). Ορισμένοι μαθητές ανέφεραν ότι «τα μόρια του πάγου είναι παγωμένα», «δεν κινούνται διότι έχουν παγώσει» και «τα μόρια του πάγου δεν φαίνονται γιατί έχουν παγώσει». Οι δυσκολίες που εντοπίζονται στην κατανόηση των στερεών, υγρών και αερίων σύμφωνα με τη βιβλιογραφία είναι εμφανείς έως τα 14 έτη, καθώς τα παιδιά βασίζονται στις αισθητηριακές λειτουργίες τους για να αντιληφθούν τον φυσικό κόσμο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επικεντρώνονται στις μακροσκοπικές ιδιότητες των σωμάτων, τις οποίες μπορούν να αντιληφθούν και να ερμηνεύσουν μέσω των αισθήσεών τους.

Πρόσθετα, οι μαθητές σύνδεσαν τη μεταβολή της φυσικής κατάστασης του νερού από μια συγκεκριμένη φάση σε μια άλλη με τη μεταβολή του μεγέθους των μορίων του, όπως την αντιλήφθηκαν μέσω των δισδιάστατων αναπαραστάσεων από το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο «οι φάσεις του νερού». Στην αέρια φάση οι μαθητές θεώρησαν ότι τα δισδιάστατα μόρια έχουν μικρύνει. Η γρήγορη κίνηση των μορίων των υδρατμών δεν επέτρεψε στους μαθητές να παρατηρήσουν με λεπτομέρεια το μέγεθος τους, με αποτέλεσμα να επιβεβαιωθεί η δυσκολία των μαθητών με ελαφρά ΝΑ στη διακριτική ικανότητα και την επεξεργασία των σχετικών πληροφοριών (Smith et al., 2016; Σούλης, 2020; Stephenson & Limbrick, 2015). Ως αιτιολόγηση, οι μαθητές ανέφεραν ότι «η

θερμοκρασία μεγαλώνει και τα μόρια κινούνται πολύ γρήγορα και λιώνουν» (Smith et al., 2016, σ. 11).

Η έννοια του κενού επιφέρει πρόσθετη δυσκολία στην κατανόηση των μαθητών, καθώς η καθημερινή εμπειρία τους αντιστοιχίζεται με τη μακροσκοπική αντίληψη της ύλης και τη θεώρησή της ως συνεχή, χωρίς να αντιλαμβάνονται τον άδειο χώρο. Σε συμφωνία με τη βιβλιογραφία, οι μαθητές με ελαφρά ΝΑ θεώρησαν ότι μεταξύ των μορίων σε μία συγκεκριμένη φάση υπάρχει το ίδιο το υλικό (δηλαδή, ανάμεσα στα μόρια του νερού υπάρχει νερό, ανάμεσα στα μόρια του πάγου υπάρχει πάγος και ανάμεσα στα μόρια των υδρατμών υπάρχουν υδρατμοί ή αέρας). Όπως φάνηκε από τις απαντήσεις των μαθητών, οι ίδιοι θεώρησαν τα μόρια του πάγου ως μικρά κομματάκια πάγου, τα μόρια του νερού ως μικρές σταγόνες και τα μόρια των υδρατμών ως τμήματα του αέρα. Γενικά και σε συμφωνία με τις αντιλήψεις μαθητών τυπικής ανάπτυξης, θεωρούν το μόριο ως ένα μικρό κομμάτι υλικής ουσίας το οποίο δημιουργήθηκε από τη σταδιακή διαίρεση του αρχικού υλικού (Adadan et al., 2009; Johnson, 1998; Lee et al., 1993). Κατά την αξιοποίηση του μαθησιακού αντικειμένου, οι μαθητές παρείχαν την ερμηνεία για την κίνηση των μορίων που είδαν σε σχέση με τις σταγόνες που μπορούσαν να δουν μακροσκοπικά. Ενδιαφέρον παρουσίασε η επισήμανση μιας μαθήτριας (Φανή), η οποία έδειξε τις φυσαλίδες μέσα σε ένα μπουκάλι με το νερό και ανέφερε με ενθουσιασμό: «Δείτε τα μόρια!». Αυτό έρχεται σε συμφωνία με έρευνες που δείχνουν ότι οι μερικοί μαθητές πιστεύουν ότι τα σωματίδια βρίσκονται σε ουσίες, αντί ότι οι ουσίες αποτελούνται από σωματίδια (Boz, 2006; Johnson, 2013; Renström et al., 1990). Για παράδειγμα, «η μονάδα ουσίας πιστεύεται ότι είναι γεμάτη με «μικρά άτομα» ή μικρά σωματίδια κάποιου είδους, ακριβώς όπως ένα κέικ με σταφίδες μέσα» (Renström et al., 1990, σ. 560).

Όσον αφορά την υγρή κατάσταση, οι μαθητές θεώρησαν το νερό ως συνεχές και ακίνητο, ακριβώς όπως το έβλεπαν στο μακροσκοπικό επίπεδο (Adadan et al., 2009; Ayas et al., 2010; Johnson, 1998). Στο αέριο σε σχέση με τις δύο άλλες καταστάσεις, οι μαθητές θεώρησαν ευκολότερα ότι υπάρχει κενός χώρος ανάμεσα στα μόρια. Ειδικότερα, οι μαθητές ανέφεραν ότι ο αέρας είναι «κενός» χώρος ή ότι ανάμεσα στα μόρια δεν υπάρχει «τίποτα» αφού δεν φαίνεται (Smith et al., 2016).

Οι προηγούμενες αντιλήψεις των μαθητών αναδεικνύουν τη δημιουργία σχέσεων αιτιοτήτων από τους μαθητές, οι οποίες αποκαλύπτονται στη διάρκεια της αξιοποίησης του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου. Συγκεκριμένα, φαίνεται να συνδέουν την παρατήρηση του φαινομένου στην προσομοίωση με την καθημερινή τους εμπειρία (Nakhleh et al., 2005).

Συγκεντρώνοντας τις κύριες ιδέες ή αρχικές αντιλήψεις των μαθητών με ελαφρά ΝΑ, διαπιστώνεται ότι αυτές ευθυγραμμίζονται στις αντίστοιχες των μαθητών τυπικής ανάπτυξης όπως καταγράφεται στην ερευνητική βιβλιογραφία για τις αναφερόμενες ηλικίες (Adadan et al., 2009; Ayas et al., 2010; Johnson, 1998; Lee et al., 1993; Nakhleh et al., 2005). Η επιθυμητή εννοιολογική αλλαγή μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω διδακτικών προσεγγίσεων, οι οποίες αναφέρονται σε ένα αντιφατικό γεγονός ή εννοιολογική σύγκρουση ανάμεσα στην προηγούμενη αντίληψη του μαθητή και σε στοιχεία που την αντικρούουν (Adadan et al., 2009; Johnson & Papageorgiou, 2010; Tsai, 1999). Η εργαστηριακή εμπειρία, η οποία είναι απαραίτητη για την απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων για την κατανόηση μιας έννοιας ή ενός φαινομένου ΦΕ, μπορεί να συμβάλλει ενισχυτικά στην αναφερόμενη εννοιολογική σύγκρουση (Arons, 1990). Με βάση αυτόν τον ισχυρισμό, η πειραματική διαδικασία μέσω της χρήσης των γυαλιών ΕΠ παρουσίασε ένα ισχυρό αντιφατικό γεγονός. Ενώ ο μαθητής παρατηρούσε κάθε φάση του νερού μακροσκοπικά στο δοχείο ζέσης, μόλις φόρεσε τα γυαλιά ΕΠ (και ταυτόχρονα αντικαταστάθηκε το δοχείο με το νερό/τον πάγο/τους υδρατμούς αντίστοιχα με το άδειο δοχείο) ήρθε αντιμέτωπος με τη θέαση του μικροσκοπικού επιπέδου της φάσης του νερού που παρατηρούσε, το οποίο μέσω της διδακτικής προσέγγισης ήταν πιθανό να οδηγήσει στην εννοιολογική αλλαγή.

### **7.1.2. Παρέμβαση ΕΠ**

Συνολικά, τα αποτελέσματα της παρέμβασης με τα γυαλιά ΕΠ ανέδειξαν τα ακόλουθα κύρια ευρήματα:

- α) λειτουργική σχέση μεταξύ της εισαγωγής της παρέμβασης μέσω ΕΠ και του αριθμού των σωστών απαντήσεων των μαθητών για τους δύο τύπους της ανεξάρτητης μεταβλητής, τη διερευνητική μάθηση και τη συστηματική διδασκαλία,
- β) οι έξι μαθητές ήταν σε θέση να διατηρήσουν τους στοχευμένους όρους της Φυσικής,
- γ) οι έξι μαθητές ήταν σε θέση να γενικεύσουν τις γνώσεις που απέκτησαν (περιγραφή των μορίων, διάταξη και κίνησή τους ανά φάση) σε ευρύτερο περιεχόμενο (παρατήρησαν έναν διαφορετικό τύπο μορίου, περιέγραψαν και ερμήνευσαν τα χαρακτηριστικά του),
- δ) οι μαθητές της διερεύνησης μέσω της ενεργής συμμετοχής απέκτησαν βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση από τους μαθητές της συστηματικής διδασκαλίας,
- ε) οι μαθητές της διερεύνησης απέκτησαν δεξιότητες διερεύνησης σε διαφορετικό πλαίσιο γενίκευσης στο συγκεκριμένο στάδιο της μελέτης,
- στ) οι έξι μαθητές συμφώνησαν απόλυτα ότι τα γυαλιά ΕΠ ήταν εύχρηστα, αποτελεσματικά και λειτούργησαν ως κίνητρο κατά τη μαθησιακή διαδικασία,

ζ) οι μαθητές σε όλες τις πειραματικές συνθήκες ανεξάρτητα από τη χρήση ή μη των γυαλιών ΕΠ βίωσαν σημαντικά μαθησιακά οφέλη, απέκτησαν δεξιότητες (συμπεριλαμβανομένων των κοινωνικών δεξιοτήτων) και θετική εμπειρία.

Τα αποτελέσματα του πειράματος συμφωνούν με προηγούμενες μελέτες στην Ειδική Εκπαίδευση ως προς τη συμβολή της ΨΤ στη διδασκαλία περιεχομένου ΦΕ σε μαθητές με ΝΑ. Πρόσθετα, τα ευρήματα της παρούσας μελέτης συμβάλλουν στην απόκτηση και ενίσχυση γραμματισμού ΦΕ σε μαθητές με ΝΑ, προκειμένου να βελτιώσουν την κατανόησή τους για τον φυσικό κόσμο, να αποκτήσουν φυσική αντίληψη και να είναι σε θέση να κοινοποιούν τις ιδέες τους στους άλλους (Ciullo et al., 2015; Courtade et al., 2007; Mallidis-Malessas et al., 2021; McKissick et al. 2018; McMahon et al. 2016; Mikropoulos & Iatraki; Spooner et al., 2011; Wood et al. 2020).

Η οπτική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι στις συνθήκες γραμμής βάσης, όλοι οι μαθητές παρουσίασαν χαμηλή επίδοση με σημαντικές δυσκολίες στο αφηρημένο περιεχόμενο της Φυσικής. Οι απαντήσεις τους αποκάλυψαν ότι δεν διέθεταν φυσική αντίληψη και προηγούμενη γνώση ή εμπειρία για το αφηρημένο περιεχόμενο των φάσεων του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο. Ωστόσο, όταν οι μαθητές με ελαφρά ΝΑ εισήχθησαν στην παρέμβαση μέσω της τεχνολογίας ΕΠ παρουσίασαν άμεση αλλαγή στο επίπεδο και την τάση και επέδειξαν βελτιωμένα μαθησιακά αποτελέσματα. Μια λειτουργική σχέση μεταξύ εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών προσδιορίστηκε συγκρίνοντας την επίδοση των μαθητών κατά την έναρξη της παρέμβασης και μετά από αυτήν. Μέσω του υπολογισμού των μεγεθών επίδρασης PND διαπιστώθηκε η αποτελεσματικότητα της παρέμβασης για τους έξι μαθητές με ΝΑ, καθώς η χρήση των γυαλιών ΕΠ παρείχε την ευκαιρία συμμετοχής σε δραστηριότητες που οδήγησαν σε νοηματοδοτημένη μάθηση με βάση τις ιδιαίτερες ανάγκες τους.

Ως προς τον σχεδιασμό της παρέμβασης η βιβλιογραφία προτείνει την προετοιμασία και τον σχεδιασμό οδηγιών και κατευθυντήριων γραμμών για την ανταπόκριση της παρέμβασης στις ανάγκες και στο δυναμικό των μαθητών (McDermott, 1993). Οι μαθητές που ακολούθησαν διερεύνηση ανέπτυξαν λειτουργική κατανόηση, διερχόμενη από το στάδιο της συλλογιστικής σκέψης και της επεξεργασίας των πληροφοριών, διεργασίες στις οποίες εμπλέκεται η ανάπτυξη και η εφαρμογή των εννοιών. Η επαναληψιμότητα, βοήθησε όλους τους μαθητές να μπορέσουν να μεταφέρουν μια συλλογιστική δεξιότητα που έχουν μάθει από ένα πλαίσιο σε ένα άλλο. Αυτό ερμηνεύεται καθώς οι μαθητές με ελαφρά ΝΑ χρειάζονται πολλαπλές ευκαιρίες για να χρησιμοποιήσουν την ίδια δεξιότητα σε διαφορετικά περιβάλλοντα και η συνολική διαδικασία απαιτεί χρόνο.



### **7.1.3. Ερευνητικά ερωτήματα**

Στη συνέχεια απαντώνται και ερμηνεύονται τα ερευνητικά ερωτήματα της εμπειρικής μελέτης σε συνάφεια με την ερευνητική βιβλιογραφία.

#### **Ερευνητικό ερώτημα 1**

*Ποια είναι η επίδραση της παρέμβασης μέσω της τεχνολογίας ΕΠ στην απόκτηση του περιεχομένου Φυσικής «οι φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο» σε μαθητές με ελαφρά ΝΑ;*

Το πρώτο ερευνητικό ερώτημα εξέτασε την επίδραση της παρέμβασης μέσω των γυαλιών ΕΠ στην απόκτηση του περιεχομένου Φυσικής «οι φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο» σε μαθητές με ελαφρά ΝΑ. Χρησιμοποιήθηκε οπτική ανάλυση των αποτελεσμάτων, όπου υπολογίστηκαν στατιστικά μεγέθη όπως η μέση τιμή των μαθησιακών αποτελεσμάτων ανά φάση της παρέμβασης, το εύρος, η μεταβλητότητα, το επίπεδο, η τάση, η άμεση επίδραση και η συνέπεια προτύπων δεδομένων. Πρόσθετα, υπολογίστηκε το μέγεθος της επίδρασης της παρέμβασης με στόχο τον προσδιορισμό της αποτελεσματικότητας της παρέμβασης για κάθε συμμετέχοντα ξεχωριστά και για κάθε τύπο της ανεξάρτητης μεταβλητής (διερευνητική μάθηση ή συστηματική διδασκαλία).

Η αποτελεσματικότητα της παρέμβασης ήταν εμφανής στις αλλαγές στους ανιχνευτές αξιολόγησης για κάθε συμμετέχοντα σύμφωνα με την οπτική ανάλυση του ατομικού γραφήματός του και τον υπολογισμό του μεγέθους επίδρασης. Η θετική αλλαγή των μαθησιακών αποτελεσμάτων από τη γραμμή βάσης στην εισαγωγή της παρέμβασης αποκάλυψε την άμεση επίδραση της παρέμβασης για όλους τους συμμετέχοντες, η οποία έδειξε μια λειτουργική σχέση μεταξύ της ανεξάρτητης μεταβλητής της παρέμβασης μέσω ΕΠ και της εξαρτημένης μεταβλητής, δηλαδή των μαθησιακών αποτελεσμάτων στις φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο. Όλοι οι συμμετέχοντες, όπως στη μελέτη των McMahon και συνεργατών για τη Βιολογία (2016) βελτίωσαν τα μαθησιακά αποτελέσματα μέσω της εφαρμογής της ΕΠ στο αφηρημένο περιεχόμενο Φυσικής μετά την παρέμβαση, καθώς ανακάλεσαν βασικό λεξιλόγιο και απέκτησαν κατανόηση του αφηρημένου περιεχομένου στην πάροδο των συνεδριών της παρέμβασης. Η ΕΠ συνέβαλε σημαντικά στη μείωση των χαρακτηριστικών που επιφέρει ο τύπος και το επίπεδο της αναπηρίας των μαθητών με ελαφρά ΝΑ με αποτέλεσμα τη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων (βλ. Κεφάλαιο VII, 7.1.4., σ. 184).

Ο σχεδιασμός της παρέμβασης φαίνεται να κατείχε σημαντικό ρόλο στα βελτιωμένα μαθησιακά αποτελέσματα (AlRawi & Alkahtani, 2021; Rao et al., 2014). Σε αντίθεση με προηγούμενη έρευνα για τα μαθησιακά περιβάλλοντα στην Ειδική Εκπαίδευση, τα οποία

φαίνεται να μην βασίζονται σε αρχές σχεδιασμού ή να μην αξιοποιούν τις παροχές της ΨΤ (Carreon et al., 2020; Howard & Davis, 2022), η παρούσα μελέτη συμπεριέλαβε τις αρχές σχεδιασμού και τα μοναδικά χαρακτηριστικά της ΕΠ, όπως προτάθηκαν από τον Delimitros και τους συνεργάτες του (2022). Πρόσθετα, τα στοιχεία των συμπληρωματικών τεχνικών συνέβαλαν στην αποτελεσματικότητα της παρέμβασης. Συγκεκριμένα, το πλαίσιο διδασκαλίας ένας προς έναν συνέβαλε στην εξατομίκευση της διδασκαλίας με βάση τις ανάγκες και τα χαρακτηριστικά κάθε μαθητή, η τεχνική ανάλυσης έργου επιμέρισε τους στόχους και τις δραστηριότητες και οι πολλαπλές αναπαραστάσεις συνέβαλαν στη μείωση του γνωστικού φορτίου για τους μαθητές. Παράλληλα, οι ενισχύσεις και η παροχή χρονικής καθυστέρησης για την επιτυχή ολοκλήρωση του έργου αποτέλεσαν σημαντική υποστήριξη για τους μαθητές καθ' όλη τη διάρκεια της παρέμβασης (Adadan, 2013; Britton et al., 2017; Jameson et al., 2008; Stevens & Schuster, 1988, Swanson & Sachse-Lee, 2000).

Η ενσωμάτωση των δύο τύπων ανεξάρτητης μεταβλητής στη διεξαγωγή της παρέμβασης συνέβαλε στην αξιολόγηση της επίδρασης της ΕΠ μέσω των διαφορετικών προσεγγίσεων. Μέσω του μοντέλου της διερεύνησης, οι μαθητές φάνηκε να αποκτούν ενεργητικά βαθύτερη κατανόηση του μικροσκοπικού επιπέδου των φάσεων του νερού, του σχετικού λεξιλογίου για την περιγραφή των μορίων, τη διάταξη και την κίνησή τους. Η συστηματική διδασκαλία, ως πιο καθιερωμένη στρατηγική διδασκαλίας στην Ειδική Εκπαίδευση, συνέβαλε στην επίτευξη των στόχων ως προς το βασικό λεξιλόγιο, την κατανόηση και την εφαρμογή των επιστημονικών όρων, με τους μαθητές να εμπλέκονται λιγότερο ενεργητικά στη διαδικασία (Apanasionok et al., 2019; Iatraki & Soulis, 2021; Spooner et al. 2011). Σε συμφωνία με τη μελέτη των Furtak και συνεργατών (2012) κατά τη διερευνητική μάθηση, η οποία θέτει ως επίκεντρο τον μαθητή σε σύγκριση με πιο παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας όπου ο μαθητής λαμβάνει κυρίως παθητικό ρόλο, διαπιστώθηκαν υψηλότερα μαθησιακά αποτελέσματα για τους τρεις μαθητές (Γιάννη, Μάνο, Ελένη) (Furtak et al., 2012; Radu & Schneider, 2019; Vlassi & Karaliota, 2013; Wang et al., 2015).

Η διερευνητική μάθηση συνέβαλε στη δημιουργία και διατήρηση του διαλόγου προσφέροντας κίνητρα στους μαθητές με ελαφρά ΝΑ και ενίσχυση της εμπλοκής, μείωση της διάσπασης, βελτίωση της συγκέντρωσης και επακόλουθη τη βελτιωμένη ακαδημαϊκή επίδοση. Σύμφωνα με τις αρχές της σύγχρονης γνωστικής θεωρίας, η ενεργητικότητα κατά τη μαθησιακή διαδικασία (Margunayasa et al., 2019) συμβάλλει στη νοητική λειτουργία και την οργάνωση των τμημάτων της πληροφορίας σε σημαντικές

νοηματοδοτημένες έννοιες (meaningful concepts) οι οποίες δημιουργούν συνάψεις στον εγκέφαλο των μαθητών και προάγουν τη μάθηση (Barkley et al., 2005).

Συγκεκριμένα, οι τρεις μαθητές με ελαφρά ΝΑ ολοκλήρωσαν όλα τα επίπεδα της δομημένης διερεύνησης ακολουθώντας απλοποιημένα βήματα-κατευθυντήριες γραμμές που έλαβαν στη διάρκεια της διαδικασίας (Duran & Duran, 2004). Η τεχνική ανάλυσης έργου και οι προσαρμογές στους όρους βοήθησαν τους μαθητές στην κατανόηση. Προσαρμογές και διευκολύνσεις που συνέβαλαν στην επικέντρωση των μαθητών στο έργο τους και στη μείωση των εμποδίων στη μνήμη τους ήταν: «τα μόρια μοιάζουν σαν παρέα. Η παρέα αποτελείται από τους φίλους που ενώνονται, δηλαδή τα άτομα», «μεγάλος κόσμος ή μεγαλόκοσμος» (μακρόκοσμος), «μικρός κόσμος» (μικρόκοσμος), «ανάμεσα στα μόρια δεν υπάρχει τίποτα (υπάρχει κενό)». Οι περιγραφές των μαθητών στις διάφορες καταστάσεις συμπεριέλαβαν λεξιλόγιο καθημερινής εμπειρίας, το οποίο αντιστοιχίστηκε με ενθάρρυνση και κατάλληλο τρόπο ως εξής: «τα μόρια κινούνται πάνω-κάτω/τρέμουν (ταλαντώνονται)», «η κίνηση των μορίων μοιάζει με δόνηση/σεισμό (ταλάντωση)», «τα μόρια φεύγουν/πηγαίνουν παντού» (προσδιορισμός θέσης), «κινούνται σαν τρελά/πολύ γρήγορα» (προσδιορισμός ταχύτητας). Οι μαθητές αναφέρουν ότι «χωρίς τα γυαλιά δεν βλέπω τα μόρια/είναι πολύ μικρά/είναι μικροσκοπικά και δεν μπορώ να τα πιάσω/είναι πολύ μικρά και δεν φαίνονται» φεύγουν.

Καθώς, ο κάθε μαθητής περνούσε διαδοχικά τις φάσεις διερεύνησης, λάμβανε παρότρυνση και καθοδήγηση (π.χ. «παρατήρησε τα μόρια, μπορείς να συγκρίνεις την κίνησή τους;» ή «σε ποια φάση βρίσκεται το νερό; Σκέψου τώρα, πώς θα απαντήσεις;»). Η επανάληψη της ερώτησης με διαφορετική διατύπωση συνέβαλε στην κατανόηση και τον περιορισμό της επαναληπτικής μεθόδου με την έννοια της αποτύπωσης της διαδικασίας. Η σταδιακή και επαναλαμβανόμενη συνθήκη σε κάθε συνεδρία ενίσχυσε τη μνήμη των μαθητών και αναπαρήγαγαν την παρακάτω διαδικασία πιο εύκολα από την προηγούμενη. Όταν οι μαθητές ολοκλήρωσαν τον κύκλο διερεύνησης ανά κατάσταση νερού ακολουθώντας τις οδηγίες της παρέμβασης, επέστρεψαν στην αρχική ερευνητική ερώτηση και μοιράστηκαν τα αποτελέσματα της διαδικασίας αντανακλώντας τη δική τους οπτική. Αυτά τα ευρήματα συμφωνούν με τη μελέτη των de Jong και συνεργατών (2014) που επεσήμαναν ότι οι προτροπές και η παροχή βοηθητικών σκαλοπατιών λειτουργούσαν ως ενδείξεις για να πραγματοποιήσουν οι μαθητές μια συγκεκριμένη ενέργεια σχετικά με την προσομοίωση.

Σε συμφωνία με τις πρωτοβουλίες για την προώθηση της εκπαίδευσης του εικοστού πρώτου αιώνα, τα εμπειρικά δεδομένα της μελέτης προσθέτουν στην προηγούμενη έρευνα ότι η ΨΤ καθιστά το περιεχόμενο ΦΕ προσβάσιμο σε μαθητές με ΝΑ και

συμβάλλει σημαντικά στην απόκτηση δεξιοτήτων γνωστικού και κοινωνικού τομέα (Ciullo et al.2015; McMahon et al., 2016; McKissick et al., 2018). Ειδικότερα, οι δεξιότητες συλλογιστικής σκέψης, επιχειρηματολογίας και επίλυσης προβλημάτων (National Research Council, 2012; National Research Council of Science and Technology, 2018), καθώς και οι δεξιότητες επικοινωνίας, δημιουργικής και συνεργατικής εργασίας (Bao & Koenig, 2019) αποτελούν βασική επιδίωξη των ΦΕ η οποία χρειάζεται να πραγματοποιείται ιεραρχικά από τις απλές στις σύνθετες εντός ενός περιβάλλοντος που έχει νόημα για τους μαθητές (Cayvaz et al., 2020; Constantinou et al., 2018; Monhardt & Monhardt, 2006; Susilawati et al., 2022; Yoon & Onchari 2006).

Επιπλέον, τα ευρήματα της εργασίας υποστηρίζουν τον ισχυρισμό ότι η ΕΠ παρουσιάζει σημαντικά οφέλη στο πεδίο της Ειδικής Εκπαίδευσης, μετατρέποντας το όραμα των ερευνητών στο πεδίο σε ρεαλιστική πρόκληση για την απόκτηση ακαδημαϊκού περιεχομένου από τους μαθητές με ΝΑ και την πρόοδό τους στην τάξη για όλους, στην ισότιμη συμμετοχή τους στην κοινωνία, στη συμπερίληψή τους στη μεταδευτεροβάθμια εκπαίδευση και στον συναγωνισμό τους στον επαγγελματικό στίβο (Higher Education Opportunity Act, 2008; Love et al., 2019; Moore & Schelling, 2015).

Τα αποτελέσματα εμπειρικής μελέτης φαίνεται να συγκλίνουν σε κεντρικά σημεία της μάθησης ΦΕ. Πρώτον, οι εποικοδομητικές προοπτικές για τη μάθηση ΦΕ φαίνεται να έχουν ισχύ σε περιβάλλοντα Ειδικής Εκπαίδευσης, καθώς οι μαθητές με ΝΑ συμμετείχαν ενεργά στην οικοδόμηση επιστημονικής γνώσης. Δεύτερον, όταν οι μαθητές συλλογίζονται ενεργά μέσω του περιεχομένου ΦΕ, είναι σε θέση να μάθουν αφηρημένο περιεχόμενο ΦΕ, να ανακαλέσουν γνώσεις και να κατανοήσουν περισσότερα από ό,τι όταν τους παρέχονται άμεσα οι ίδιες πληροφορίες. Τρίτον, η ενεργή εξερεύνηση μιας ποικιλίας διδακτικών υλικών σε μακροσκοπικό και μικροσκοπικό επίπεδο φαίνεται να διευκολύνει την κατασκευή γνώσης ενισχύοντας μεταβλητές όπως η ακρίβεια και η σημασία και την οικοδόμηση εμπειριών στο σύστημα προηγούμενων γνώσεων των μαθητών. Ο παρών σχεδιασμός της παρέμβασης, όπως εφαρμόστηκε στην παρούσα έρευνα απευθυνόμενος στα χαρακτηριστικά και στις ανάγκες κάθε μαθητή ξεχωριστά, παρείχε σημαντικές ευκαιρίες για τέτοιες αλληλεπιδράσεις. Τέλος, η αποτελεσματική διδασκαλία και η απόκτηση δεξιοτήτων διερεύνησης φαίνεται να είναι συμβατές και απαραίτητες για υψηλής ποιότητας προσανατολισμένη στη διερεύνηση εκπαίδευση των ΦΕ.

## Ερευνητικό ερώτημα 2

*Διατήρησαν οι μαθητές με ελαφρά ΝΑ τους όρους για τις φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο στην πάροδο του χρόνου χωρίς τη χρήση των γυαλιών ΕΠ;*

Το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα εξέτασε τον βαθμό διατήρησης των μαθησιακών αποτελεσμάτων των έξι συμμετεχόντων. Πραγματοποιήθηκαν έξι συνεδρίες διατήρησης μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας, τρεις συνεδρίες εφόσον ολοκληρώθηκε κάθε φάση του νερού ξεχωριστά και τρεις μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης (15 ημέρες, έναν μήνα και έξι μήνες μετά). Οι συμμετέχοντες επέδειξαν υψηλό βαθμό διατήρησης των μαθησιακών αποτελεσμάτων τους. Συγκεκριμένα, οι σωστές απαντήσεις των μαθητών που ακολούθησαν διερεύνηση ήταν από πέντε έως επτά στις επτά απαντήσεις, ενώ οι μαθητές της συστηματικής διδασκαλίας απάντησαν από τέσσερις έως έξι σωστές απαντήσεις. Όλοι οι μαθητές μπόρεσαν να ανακαλέσουν τους όρους «μόρια», «κενό (ή τίποτα)», «ταλάντωση (ή δόνηση)» και να αναγνωρίσουν την κίνηση των μορίων σε κάθε κατάσταση. Πρόσθετα, όλοι οι μαθητές αναγνώρισαν και ονομάτισαν τις φάσεις του νερού, όπως τις είδαν μακροσκοπικά και τις αντιστοίχισαν στις τρεις καταστάσεις της ύλης μικροσκοπικά (βλ. Παράρτημα Γ, εργασίες των μαθητών σ. 234). Ανακάλεσαν και αναπαρήγαγαν τα οπτικά ερεθίσματα (δοχείο ζέσης με νερό – μόρια του νερού στην υγρή κατάσταση, δοχείο ζέσης με πάγο – μόρια του νερού στη στερεή κατάσταση, δοχείο ζέσης με υδρατμούς – μόρια του νερού στην αέρια κατάσταση) αναφέροντας ότι το νερό αποτελείται από μόρια, τα οποία δε μπορούν να δουν καθώς είναι πολύ μικρά και σύγκριναν κάθε φάση. Σε αυτό το στάδιο, παρασχέθηκαν στους μαθητές διευκολυντικές ερωτήσεις ανάλυσης έργου, όπως «από τι αποτελείται ένα μόριο νερού, ένα μόριο πάγου, ένα μόριο υδρατμών;», «Πώς λέγονται τα μπαλάκια που αποτελούν το μόριο;». Ο Γιάννης περιγράφει το δοχείο που αντανακλά το μακροσκοπικό επίπεδο με το νερό ως «γεμάτο/συνεχές» και για το αντίστοιχο δοχείο μικροσκοπικού επιπέδου αναφέρει ότι τα μόρια του νερού αποτελούνται από τρία μπαλάκια επισημαίνοντας ότι το ένα θα έπρεπε να το ζωγραφίσει άσπρο. Γενικά, ο Γιάννης δεν φαίνεται να σπουδαιολογεί το χρώμα στο σχεδιασμό του μορίου του νερού, καθώς ζωγραφίζει τα τρία άτομα με ίδιο χρώμα και μέγεθος, το οποίο ενδέχεται να ερμηνεύεται με βάση τις χαρακτηριστικές δυσκολίες της ΝΑ στη διάκριση. Η Ελένη περιγράφει το αριστερό δοχείο με το νερό ως γεμάτο, το δεξί ως άδειο και αντιστοιχίζει στον μακρόκοσμο και το μικρόκοσμο. Ο Μάνος αντιστοιχίζει αντίθετα από τους συμμαθητές του, επιλέγοντας το δοχείο με τα μόρια να αντιστοιχεί με τον μακρόκοσμο, ενώ το δοχείο με το ζωγραφισμένο νερό το θεωρεί ως τον μικρόκοσμο.

Για τους συμμετέχοντες της συστηματικής διδασκαλίας, η Λίνα και η Φανή αντιστοιχίζουν σωστά τα δοχεία. Η Χαρά αναφέρει ότι το δεξί δοχείο αναφέρεται στον μικρόκοσμο ενώ δεν θυμάται για το αριστερό δοχείο κάποια αντιστοίχιση. Παρόλα αυτά όλοι οι μαθητές μπόρεσαν να ανακαλέσουν τον τρόπο που είδαν το δοχείο με ή χωρίς τα γυαλιά. Οι μαθητές ήταν σε θέση να περιγράψουν τη θέση των μορίων σε κάθε κατάσταση και να αναφέρουν τι υπάρχει ανάμεσα στα μόρια. Ωστόσο, δυσκολεύτηκαν στη χρήση του όρου «ασυνεχές». Όσον αφορά την κίνηση, οι μαθητές ήταν περισσότερο σίγουροι για τις απαντήσεις τους, με έμφαση την αέρια κατάσταση, η οποία τους είχε εντυπωσιάσει. Στη φάση της διατήρησης, η Λίνα παρουσίασε δυσκολία στον προσδιορισμό των κινήσεων των μορίων των τριών φάσεων. Συγκεκριμένα, δεν κατάφερε να αναγνωρίσει το είδος κίνησης με την αντίστοιχη φάση όταν δινόταν η κατάσταση του νερού, ωστόσο μπόρεσε να αντιστοιχίσει την κίνηση στη φάση.

Τα αποτελέσματα της διατήρησης είναι συνεπή με τα αντίστοιχα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών (Ciullo et al., 2015; Jimenez et al., 2012, 2014; King-Sears et al., 2015; Knight et al., 2013, 2015, 2018; McKissick et al., 2013; Rathnakumar, 2019). Συνολικά, η διατήρηση των αποτελεσμάτων των μαθητών αποτελεί ενθαρρυντικό εύρημα, ιδίως στην αναγνώριση των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν στις λειτουργίες της μνήμης.

### **Ερευνητικό ερώτημα 3**

*Γενίκευσαν οι μαθητές με ελαφρά ΝΑ τους στοχευμένους όρους για τις φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο και τους εφάρμοσαν σε άλλο παρόμοιο περιεχόμενο ή/και σε άλλο πλαίσιο;*

Η γενίκευση περιλαμβάνει την εφαρμογή της συμπεριφοράς σε διαφορετικό περιβάλλον, σε διαφορετικούς ανθρώπους ή σε διαφορετικό πλαίσιο. Για την παρούσα εργασία ως συμπεριφορά εκλαμβάνεται η μαθησιακή επίδοση, η εφαρμογή της σε άλλο περιεχόμενο είναι η αναγνώριση ενός διαφορετικού τύπου μορίου και σε άλλο πλαίσιο είναι η κατανόηση της αφηρημένης έννοιας μέσω ενός περιβάλλοντος που σχεδιάστηκε γι' αυτό. Η γενίκευση περιεχομένου πραγματοποιήθηκε σε δύο διαφορετικές συνεδρίες, μια συνεδρία ΕΠ και μια συνεδρία όπου οι μαθητές δε φόρεσαν τα γυαλιά ΕΠ. Στη διάρκεια της συνεδρίας όπου οι μαθητές δε φορούσαν τα γυαλιά ΕΠ, εκτέθηκαν σε ερωτήσεις γενίκευσης περιεχομένου μέσω της αντιστοίχισης της αποκτηθείσας γνώσης με τη γνώση που αναμενόταν να εκμαιευτεί. Οι μαθητές ρωτήθηκαν αν γνωρίζουν άλλα υγρά όπως το νερό, άλλα στερεά όπως τον πάγο και άλλα αέρια όπως τους υδρατμούς, και ανακάλεσαν από την καθημερινή τους εμπειρία διάφορα παραδείγματα.

Οι συνθήκες γενίκευσης σε άλλο πλαίσιο πραγματοποιήθηκαν σε δύο συνεδρίες και αντανάκλυσαν την ικανότητα των μαθητών να εφαρμόζουν την ακολουθία ενός κύκλου διερεύνησης όταν παρατήρησαν διαφορετικά μόρια από αυτά του νερού στην αέρια κατάσταση. Οι μαθητές με ΝΑ έκαναν παρατηρήσεις και περιέγραψαν τη διαδικασία κατά την εναλλαγή ρόλων πειραματιστή-εκπαιδευόμενου για τις ανάγκες της έρευνας. Κάθε μαθητής στο στάδιο της γενίκευσης στο ευρύτερο περιβάλλον ανέλαβε τον ρόλο του ερευνητή, καθοδηγώντας μια μικρή διερεύνηση. Οι ερωτήσεις που έθεσε με τη βοήθεια διευκολύνσεων και προτροπών συνέβαλαν στην απόκτηση δεξιοτήτων διερεύνησης. Ειδικότερα, οι μαθητές αναγνώρισαν ότι τα διαφορετικά εικονικά αντικείμενα που κινούνται στον αέρα ήταν διαφορετικά μόρια (γενίκευση περιεχομένου) και συσχέτισαν τη διάταξη και την κίνησή τους σε κάθε κατάσταση. Πρόσθετα απεικόνισαν τα άγνωστα μόρια ανάμεσα στα μόρια του νερού σε αέρια κατάσταση, εμφανώς μεγαλύτερα, αποτελούμενα από δύο άτομα, τα οποία ζωγράφισαν με χρώματα όπως τα είδαν μέσα από τα γυαλιά ΕΠ (βλ. Παράρτημα Γ, σ. 239). Εκτός από τις αιτιακές σχέσεις, οι μαθητές αναπαρήγαγαν στοιχεία της κύριας διερεύνησης μέσω ΕΠ αλλά αντιμετώπισαν μεγάλη δυσκολία στην ερμηνεία του φαινομένου. Λαμβάνοντας υπόψη το επίπεδο ταξινόμησης της ελαφράς ΝΑ προς τη χρονολογική ηλικία των 9-12 ετών τυπικής ανάπτυξης (World Health Organization, 1992), τα αποτελέσματά μας συμφωνούν με τη μελέτη των Wu και Hsieh (2006) που διερεύνησαν την ανάπτυξη των δεξιοτήτων διερεύνησης για την έκτη μαθητές και επεσήμαναν ότι οι δεξιότητες διερεύνησης των μαθητών βελτιώθηκαν σημαντικά μετά την ολοκλήρωση πολλών μαθησιακών δραστηριοτήτων, εκτός από τις δεξιότητες «αξιολόγηση ερμηνειών» όπου παρουσίασαν μια μικρή βελτίωση. Οι μαθητές απέκτησαν νοηματοδοτημένη μάθηση, γεγονός που υποδηλώνει την ικανότητα ερμηνείας και εφαρμογής της γνώσης σε καταστάσεις διαφορετικές από αυτές στις οποίες αποκτήθηκε αρχικά.

Η παρούσα εργασία κατέγραψε την ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης από τους μαθητές με ΝΑ στο επικοινωνιακό περιβάλλον μάθησης μέσω της ενίσχυσης της κατανόησης των εννοιών περιεχομένου Φυσικής, το οποίο έρχεται σε συμφωνία με τις μελέτες των (Hwang, et al., 2016; Lin et al., 2015; Wang et al., 2014; Yang, et al., 2018; Yoon, et al., 2012), κυρίως σε επικοινωνιακά περιβάλλοντα μάθησης (Koutromanos et al., 2015) και την απόκτηση ανώτερων δεξιοτήτων γνωστικού τομέα μέσω της συλλογιστικής σκέψης και κριτικής ικανότητας, τις δεξιότητες επεξεργασίας (όπως η χωρική ικανότητα και η διάκριση των αντικειμένων), καθώς και τις δεξιότητες επίλυσης προβλήματος και συνεργασίας, μέσω δραστηριοτήτων συν-δημιουργίας και διερεύνησης

(Billinghamurst, 2002; Billinghamurst & Duenser, 2012; Bower et al., 2014; Dunleavy et al., 2009; Munnerley et al., 2012;).

#### **Ερευνητικό ερώτημα 4**

*Ποια είναι η εμπειρία των μαθητών από τη χρήση των γυαλιών ΕΠ;*

Το τέταρτο ερευνητικό ερώτημα μελέτησε τις αντιλήψεις των συμμετεχόντων για την παρέμβαση στο αφηρημένο περιεχόμενο των φάσεων του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο μέσω των γυαλιών ΕΠ. Η ανατροφοδότηση των μαθητών μετά την παρέμβαση ήταν σημαντική, καθώς συμβάλλει στην κατανόηση της παρέμβασης και σε μελλοντικό σχεδιασμό εφαρμογών ΕΠ ωφελώντας μαθητές με ελαφρά ΝΑ που εμφανίζουν παραπλήσιο μαθησιακό προφίλ. Οι απαντήσεις των μαθητών παρουσιάζονται με βάση τους άξονες του ερωτηματολογίου, μάθηση, ποιότητα περιεχομένου, εμπλοκή, παρουσία και συνολική ικανοποίηση από την παρέμβαση.

Ως προς τη μάθηση, όλοι οι συμμετέχοντες ανέφεραν ότι τα γυαλιά και ο τρόπος με τον οποίο είδαν τα μόρια τους βοήθησε να μάθουν σε σημαντικό βαθμό. Όλοι οι συμμετέχοντες θεώρησαν ότι οι γνώσεις τους στη Φυσική είχαν αυξηθεί μετά την παρέμβαση και ένιωσαν σίγουροι για την κατανόηση των φάσεων του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο. Αυτό φάνηκε και μέσω της παρατήρησης της μαθησιακής διαδικασίας, καθώς οι μαθητές έδειξαν να απαντούν ευκολότερα και με περισσότερη ευελιξία τις ερωτήσεις στο τέλος κάθε συνεδρίας κατά την πάροδο του χρόνου.

Ο άξονας της ποιότητας αξιολογήθηκε μέσω ερωτήσεων που αφορούσαν το σχεδιασμό και τη χρήση των γυαλιών. Οι μαθητές ανέφεραν ότι κατάλαβαν εύκολα πώς να χρησιμοποιήσουν τα γυαλιά ΕΠ. Επιπλέον ανέφεραν ότι η απεικόνιση των μορίων τους βοήθησε στην κατανόηση, καθώς μπορούσαν να περιγράψουν το μέγεθος, το σχήμα και το χρώμα των μορίων, καθώς και για τον αριθμό των ατόμων με ευκολία και ακρίβεια. Το συγκεκριμένο εύρημα τεκμηριώνεται από τις εργασίες των μαθητών, στις οποίες αναπαρήγαγαν όσα παρατήρησαν στη διάρκεια του πειράματος (βλ. Παράρτημα Γ).

Η εμπλοκή των μαθητών στη διαδικασία αξιολογήθηκε μέσω τεσσάρων ερωτήσεων. Όλοι οι μαθητές ανέφεραν την ευχαρίστησή τους, συγκεκριμένα ότι τους άρεσε που χρησιμοποίησαν τα γυαλιά για να δουν τα αόρατα μόρια και ότι η συσκευή ΕΠ τους ενθάρρυνε να συμμετέχουν στη διαδικασία. Οι έξι μαθητές έδειξαν προθυμία και δήλωσαν την πρόθεσή τους να χρησιμοποιήσουν τα γυαλιά σε άλλες έννοιες ή φαινόμενα της Φυσικής και σε άλλα γνωστικά αντικείμενα.



Ο άξονας της παρουσίας αξιολογήθηκε μέσω πέντε ερωτήσεων. Όλοι οι μαθητές συμφώνησαν ότι τα εικονικά μόρια του νερού έμοιαζαν να είναι στον ίδιο χώρο με αυτούς και ότι θέλησαν να πλησιάσουν και να αγγίξουν τα μόρια που έβλεπαν μέσα από τα γυαλιά. Συγκεκριμένα, υπήρξαν στιγμιότυπα τα οποία κατέγραψαν αυτές τις περιγραφές των μαθητών (Εικ. 5.6.). Στην αέρια κατάσταση οι μαθητές παρατηρούσαν τα μόρια να κινούνται και να διαχέονται σε όλο το χώρο της αίθουσας. Συνολικά οι μαθητές αισθάνονταν ότι βρίσκονταν ανάμεσα στα μόρια τα οποία παρατηρούσαν, αλλάζαν θέσεις για να τα βλέπουν από διαφορετικές οπτικές και ανέφεραν ότι έμοιαζε να παρακολουθούν τα μόρια δίπλα τους και όχι μέσω οθόνης.

Η ικανοποίηση των μαθητών αξιολογήθηκε μέσω δύο ερωτήσεων ανοιχτού τύπου. Ουσιαστικά, ζητήθηκε από τους μαθητές να παρέχουν σχόλια αναφορικά με το αν τους άρεσε η μάθηση μέσω των γυαλιών, συγκεκριμένα να αναφέρουν τι τους άρεσε και τι δεν τους άρεσε. Όλοι οι συμμετέχοντες παρείχαν θετικά σχόλια σχετικά με τη χρήση των γυαλιών ΕΠ και τη οπτική αναπαράσταση των μορίων του νερού κατά τη διάρκεια της παρέμβασης. Οι μαθητές ανέφεραν σημαντική κατανόηση, τους άρεσε που έβλεπαν από κοντά τα μόρια και έδειξαν ενθουσιασμένοι με την κίνηση των μορίων, ιδίως στην αέρια κατάσταση. Όταν αφαίρεσαν το καπάκι και τα μόρια των υδρατμών άρχισαν να εξέρχονται από το δοχείο οι μαθητές έδειξαν να εντυπωσιάζονται. Μία μαθήτρια επεσήμανε την αόρατη διάσταση των μορίων.

Οι ερωτήσεις της κοινωνικής εγκυρότητας, δηλαδή της εμπειρίας των μαθητών ανέδειξαν τη θετική επίδραση της ΕΠ στη συναισθηματική κατάσταση των συμμετεχόντων (Allcoat et al., 2021; Oigara, 2018) και την αποδοχή της συσκευής ΕΠ ως προς την άνεση και την ευκολία εφαρμογής της (Mikropoulos et al., 2022), στοιχεία τα οποία μπορούν να ενισχύσουν τη μαθησιακή διαδικασία και να βελτιώσουν σημαντικά τα μαθησιακά αποτελέσματα ακαδημαϊκού περιεχομένου και την απόκτηση δεξιοτήτων ΦΕ (Wang et al., 2014). Παρόλο που οι μαθητές με ελαφρά ΝΑ συμμετείχαν ενεργά στην οικοδόμηση της γνώσης στο αφηρημένο περιεχόμενο για τη δομή της ύλης, αυτή η γνώση φαίνεται να αποκτήθηκε μέσα από αρκετά εμπόδια. Παρατηρήθηκαν δυσκολίες σε όλα τα στάδια της μαθησιακής διαδικασίας, τα οποία ξεπεράστηκαν με εντατικές προσπάθειες και εφαρμογή των δεξιοτήτων στο πλαίσιο της Ειδικής Εκπαίδευσης.

#### **7.1.4. Τεχνολογία ΕΠ**

Η παρούσα εμπειρική μελέτη ανέδειξε την αποτελεσματικότητα της παρέμβασης μέσω της τεχνολογίας ΕΠ και συμφωνεί με προηγούμενες έρευνες ως προς τη συνεξάρτηση των τεχνικών χαρακτηριστικών και παροχών του τύπου της τεχνολογίας με τις μαθησιακές παροχές της, καθώς και τις διδακτικές προσεγγίσεις και τα μαθησιακά

περιβάλλοντα που επιλέγονται για την εφαρμογή της (Gopalan et al., 2023; Lin & Hwang, 2018).

Αυτή η μελέτη καταδεικνύει τα πιθανά οφέλη της παρέμβασης μέσω ΕΠ σε ευθυγράμμιση με την παρουσία, την εμπύθιση και τον καθολικό σχεδιασμό για τη μάθηση των ΦΕ όταν εφαρμόζεται σε παρεμβάσεις που συμμετέχουν μαθητές με ΝΑ (Delimitros et al., 2022; Iatraki et al., 2021). Τα πολλαπλά μέσα αναπαράστασης (π.χ., το περιεχόμενο παρουσιάζεται μακροσκοπικά και μικροσκοπικά, οι μαθητές ζωγραφίζουν τα μόρια στο ποτήρι ζέσης για κάθε φάση), η εμπλοκή (μέσω της παροχής ποικίλων και ενδιαφερουσών μεθόδων για τη συμμετοχή ή την ανταπόκριση των μαθητών στο υλικό) και η έκφραση – τεκμηρίωση (π.χ. η γνώση μπορεί να αποδειχθεί μέσω διαφόρων μεθόδων ανάλογα με τη διδακτική προσέγγιση που ακολουθείται) βοήθησε τους μαθητές να οδηγηθούν στο μέγιστο του μαθησιακού δυναμικού τους.

Όσον αφορά την κεντρική έννοια της χωρικής παρουσίας σε περιβάλλοντα εμπύθισης, τα ευρήματα της μελέτης βρίσκονται σε συμφωνία με τη μελέτη των Dalgarno και Lee (2010), οι οποίοι ανέφεραν ότι η πλήρης εμπύθιση 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 βρίσκονται και τα εικονικά μόρια, μπορούσαν να τα δουν από διαφορετικές οπτικές γωνίες και να αλληλεπιδράσουν με αυτά σε πραγματικό χρόνο. Ένωσαν δηλαδή την αίσθηση της παρουσίας, κύρια συνέπεια της εμπύθισης. Συγκεκριμένο παράδειγμα αποτέλεσε η χρονική στιγμή που ο μαθητής αφαίρεσε το πραγματικό καπάκι από το δοχείο ζέσης και απελευθερώθηκαν τα μόρια των υδρατμών στο χώρο (Azuma, 1997; Beckmann et al., 2019; Ibáñez et al., 2016; Martin et al., 2011). Οι μαθητές με ΝΑ παρά τις δυσκολίες της διάσπασης προσοχής και της έλλειψης συγκέντρωσης, «βυθίστηκαν» στον επαυξημένο κόσμο και η υψηλή αίσθηση της παρουσίας θεωρήθηκε ότι επίδρασε στη μάθησή τους μέσω της εμπλοκής και του αυξημένου ενδιαφέροντος (Allcoat et al., 2021; Dalgarno & Lee, 2010; Dede, 2009).

Η υπέρθεση ψηφιακού περιεχομένου στον φυσικό χώρο παρείχε χαρακτηριστικά τα οποία ευνόησαν τη μαθησιακή διαδικασία, καθώς και τη βελτίωση της κατανόησης των μαθητών για τα μόρια του νερού, τα οποία είναι αόρατα με γυμνό μάτι (Dunleavy & Dede, 2014). Η οπτικοποίηση των μη προσβάσιμων αναπαραστάσεων (αόρατα μόρια) και η εμπλοκή των μαθητών στα πειράματα, τα οποία παρείχαν πληροφορίες μέσω της αξιοποίησης τρισδιάστατων μοντέλων, επέτρεψαν την εξάσκηση και την πρακτική της γνώσης, παρείχαν κίνητρα ενασχόλησης με το περιεχόμενο και ενθάρρυναν τη συνεργασία, ιδίως στην περίπτωση της διερεύνησης (Akçayır & Akçayır, 2017; Dede

2009; Davidsson et al., 2012; Ibáñez et al. 2014; Jiménez, 2019; Lin et al. 2013; Lin & Chang, 2015; McMahon et al., 2016; Oliveira et al., 2019; Parsons et al., 2004). Η δυνατότητα θέασης των εικονικών μορίων σε τρισδιάστατη αντί δισδιάστατη αναπαράσταση, και η προσθήκη της κίνησης ως δυναμική φύση της αποτέλεσε σημαντικό όφελος στη βελτίωση των αποτελεσμάτων των μαθητών με ΝΑ. Συγκεκριμένα, το μέγεθος και το χρώμα των μορίων του νερού και τα άτομά τους υποστήριξαν τη διαδικασία της διάκρισης, μείωσαν τα εμπόδια στην επεξεργασία πληροφοριών και την κατανόηση (Stephenson & Limbrick, 2015). Πρόσθετα, οι δυναμικές αναπαραστάσεις σε σωματιδιακό επίπεδο που περιλαμβάνουν κίνηση σε σύγκριση με τις αντίστοιχες στατικές θεωρούνται περισσότερο ελκυστικές και προτιμώνται από τους μαθητές, καθώς μειώνουν το γνωστικό φορτίο και ενισχύουν την ενεργητική αλληλεπίδραση, επιφέροντας βελτιωμένα μαθησιακά αποτελέσματα για τους μαθητές με ΝΑ, οι οποίοι εμφανίζουν ελλείμματα στις μνημονικές διεργασίες και τη συγκέντρωση (Lai et al., 2019; Mayer & Moreno, 2003; Turan et al., 2018). Συνολικά, τα εικονικά μόρια διευκόλυναν την προσβασιμότητα των μαθητών από το μακρόκοσμο στον μικρόκοσμο, συμβάλλοντας στην εννοιολογική κατανόηση μέσω μιας ενιαίας, ολοκληρωμένης αντίληψης του αφηρημένου περιεχομένου σε πραγματικό χρόνο (Cai et al., 2020; Jdaitawi et al., 2022; Wu et al., 2013). Τα αποτελέσματα της εμπειρικής μελέτης έρχονται σε συμφωνία με προηγούμενα ευρήματα σχετικά με την οπτικοποίηση των σωματιδίων μέσω κατάλληλων ψηφιακών αναπαραστάσεων και αποτελεσματικών απεικονίσεων, τα οποία μπορούν να βελτιώσουν τη μάθηση και να ενισχύσουν την κατανόηση των μαθητών (Akaygun & Jones, 2013; Ardac & Akaygun, 2004; Treagust, 2018).

Οι αυθεντικές απεικονίσεις στη μοριακή δομή των φάσεων του νερού βασίστηκαν σε πραγματικά επιστημονικά δεδομένα και ρεαλιστικές εικόνες, με στόχο την υποστήριξη των γνωστικών διεργασιών των μαθητών με ΝΑ (Dunleavy et al., 2009; Iatraki et al., 2021). Οι λεπτομερείς πληροφορίες για την κίνηση των μορίων (Ardac & Akaygun, 2004) και η χρωματική απόδοση των αναπαραστάσεων τόνισε το σχήμα, το μέγεθος και άλλες ιδιότητες και παρείχε στους μαθητές διευκολύνσεις ως προς τη διάκριση (Barrow et al., 2022), με αποτέλεσμα τη συνολική κάλυψη της οπτικής εμπειρίας του συμμετέχοντα (Pan et al., 2022). Η παροχή δυναμικών αναπαραστάσεων ευθυγραμμισμένων σε φυσικό πλαίσιο μέσω της ΕΠ επέτρεψε στους μαθητές να παρακολουθήσουν εύκολα τις σχετικές πληροφορίες και να διερευνήσουν τη δυναμική φύση των σχέσεων σημαντικών μεταβλητών, όπως είναι η διάταξη, η θέση και η κίνηση των μορίων ανά κατάσταση. Οι μαθητές αναγνώρισαν την ομοιομορφία των μορίων ανεξαρτήτως κατάστασης και

αντιλήφθηκαν τον κενό χώρο (χρησιμοποιώντας όρους με ίδιο νόημα, όπως άδειος χώρος ή τίποτα) ανάμεσα στα μόρια κάθε φάσης ο οποίος ήταν αναγνωρίσιμος στο δοχείο ζέσης κατά τη 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. Ουσιαστικά, τα γυαλιά ΕΠ, ως υψηλού επιπέδου τεχνολογικό εργαλείο, συνετέλεσαν στην αποτελεσματική μοντελοποίηση του αφηρημένου περιεχομένου των φάσεων του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο, συμβάλλοντας στην άρση των εμποδίων κατά τη διδασκαλία των ΦΕ (Jones et al., 2011).

Τα γυαλιά ΕΠ επέτρεψαν στους μαθητές να κινηθούν ελεύθερα στον φυσικό κόσμο και να παρατηρήσουν μέσω των διαφανών οθονών τους οποιαδήποτε οπτική του χώρου προσλαμβάνοντας την εμπειρία του εμπλουτισμού και την πρόσβαση στον αόρατο μικρόκοσμο, όπου ήταν καταχωρημένα με ακρίβεια τα εικονικά μόρια μέσα στο δοχείο ζέσης ανά κατάσταση σε κάθε συνεδρία. Η ευχρηστία του συστήματος των γυαλιών ΕΠ μετατοπίζει τη μάθηση του αφηρημένου περιεχομένου για τη δομή της ύλης από το σχολικό βιβλίο, τον πίνακα της αίθουσας διδασκαλίας και τις προσομοιώσεις στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, στη μεταφορά του μαθητή στον μικρόκοσμο παρέχοντας τη δυνατότητα πλαισίωσής όπου κι αν βρίσκεται. Συνολικά η αποδοχή της συσκευής ΕΠ ως προς την άνεση και την ευκολία εφαρμογής της διαπιστώθηκε στο στάδιο εξοικείωσης και καθ' όλη τη διάρκεια της παρέμβασης (Mikropoulos et al., 2022; Munnerley et al., 2012).

Λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της ελαφράς ΝΑ, η χρήση των γυαλιών ΕΠ βοήθησε τους μαθητές να εισαχθούν στην παρέμβαση με κίνητρο συμμετοχής, βιώνοντας το νέο περιβάλλον φυσικών και ψηφιακών αναπαραστάσεων ως πραγματικότητα, εντός του οποίου ενισχύθηκε η κοινωνική αλληλεπίδραση (Billinghamurst, 2002; Davidsson et al. 2012; Oliveira et al., 2019; Radu & Schneider, 2019). Η εμπλοκή τους στο συναρπαστικό μαθησιακό περιβάλλον είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του ενδιαφέροντός τους και τη διατήρηση της συγκέντρωσης στο έργο, μειώνοντας σημαντικά τα ελλείμματα προσοχής που επιφέρει η κατάσταση της ΝΑ (American Psychiatric Association, 2013; Σούλης, 2020). 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 εμπύθισης υποστηρίζουν και αυξάνουν το ενδιαφέρον των μαθητών ως προς νέες δυνατότητες μάθησης και ενισχύουν τη συμμετοχή τους σε νοηματοδοτημένες μαθησιακές δραστηριότητες (meaningful activities). Η ΕΠ προσφέρει μια εγγενώς μαθητοκεντρική προσέγγιση στο σχεδιασμό και την υλοποίηση μαθησιακών δραστηριοτήτων, καθώς επέτρεψε την άμεση σύνδεση της μάθησης με τους ατομικούς ρυθμούς του κάθε μαθητή (Kirner et al., 2012; Wojciechowski & Cellary, 2013). Η ευελιξία της ΕΠ παρέχει εξατομικευμένες ευκαιρίες μάθησης με αποτέλεσμα τη γενίκευση της διαδικασίας σε ευρύτερα περιβάλλοντα με συμπληρωματικές τεχνικές της Ειδικής Εκπαίδευσης για τη δημιουργία μαθησιακών δραστηριοτήτων που ανταποκρίνονται στους ρυθμούς και στο δυναμικό κάθε μαθητή (Munnerley et al., 2012).

Τα ευρήματα της εμπειρικής μελέτης αποδεικνύουν προηγούμενες δηλώσεις ερευνητών σχετικά με τον σημαντικό αντίκτυπο των τεχνολογιών ΕΠ σε περιβάλλοντα Γενικής και Ειδικής Εκπαίδευσης (Arici et al., 2019; Johnson, et al., 2012). Οι παρεμβάσεις που ενσωματώνουν τεχνολογία ΕΠ μπορεί να παρέχουν μια ζωντανή και ελκυστική εμπειρία για μαθητές με ΝΑ σε μαθησιακά περιβάλλοντα που προωθούν εργασίες με επίκεντρο τους μαθητές, όπως δραστηριότητες μέσω διερευνητικής μάθησης, που υποστηρίζονται από συγκεκριμένες προσαρμογές στο περιεχόμενο και οπτικές αναπαραστάσεις που μετατρέπουν σε προσβάσιμη την εργασία των μαθητών με ΝΑ βελτιώνοντας τα μαθησιακά αποτελέσματα και στην ανάπτυξη του γραμματισμού σε περιεχόμενο ΦΕ.

## **7.2. Συμβολή της διατριβής**

Η συμβολή της διδακτορικής διατριβής αναφέρεται στις ακόλουθες διαστάσεις:

1. Η συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που διεξήχθη στο πεδίο των ΦΕ με την υποστήριξη της ΨΤ σε μαθητές με αναπηρία για τα έτη 2013 έως 2021 επιτρέπει την αναγνώριση και τον εντοπισμό κατάλληλων εργαλείων ΨΤ με βάση το περιεχόμενο ΦΕ, εκπαιδευτικών στρατηγικών και τεκμηριωμένων πρακτικών ως προς τον ερευνητικό σχεδιασμό μιας μελέτης και τη θεώρηση δεικτών ποιότητας για τη δημιουργία αξιόπιστων εμπειρικών δεδομένων στην Ειδική Εκπαίδευση.

2. Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη μιας παρέμβασης μέσω ΕΠ για την απόκτηση αφηρημένου περιεχομένου Φυσικής σε μαθητές με ελαφρά ΝΑ παρέχει κατευθυντήριες γραμμές για τον προσδιορισμό μιας τεκμηριωμένης πρακτικής, η οποία μπορεί να συμβάλλει στην αναπαραγωγή και γενίκευση αξιόπιστων αποτελεσμάτων στην προσπάθεια συμπερίληψης των μαθητών με ΝΑ στο γενικό περιεχόμενο σπουδών της Φυσικής.

3. Η διερευνητική μάθηση ως προσέγγιση που έγκειται στον εποικοδομητισμό μπορεί να αποτελέσει μια σημαντική στρατηγική για τη διδασκαλία και μάθηση περιεχομένου Φυσικής από τους μαθητές με ΝΑ, και να συμβαδίσει με πρακτικές που βασίζονται στην ΕΠ, καθώς μπορεί να ενισχύσει συναφείς δεξιότητες γραμματισμού ΦΕ και δεξιότητες κοινωνικού και επικοινωνιακού τομέα συμβάλλοντας στην ισότιμη συμμετοχή και την πρόοδο στην κοινωνία.

4. Η προστιθέμενη αξία των αποτελεσμάτων της εμπειρικής μελέτης αναφέρεται στο απαιτητικό αφηρημένο περιεχόμενο της Φυσικής και επεκτείνει άλλες μελέτες με ευρήματα που εξετάζουν αφηρημένες έννοιες και πρακτικές δεξιότητες στη γενική εκπαίδευση. Στην ανασκόπησή τους, οι Μικρόπουλος και Νάτσης (2011) εξέτασαν το εκπαιδευτικό πλαίσιο που συνδέεται με γενικά θέματα του προγράμματος σπουδών στις ΦΕ, όπου οι αφηρημένες έννοιες και οι μεταγνωστικές δεξιότητες επεκτάθηκαν μέσω παρεμβάσεων εικονικής πραγματικότητας. Από την άλλη πλευρά, εμπλέκοντας τους μαθητές με ΝΑ σε περιβάλλοντα εμπύθισης, υπάρχει αυξημένη πιθανότητα επίδρασης των παροχών της τεχνολογίας στη μείωση των περιορισμών που επιφέρει η αναπηρία, καθώς οι αυθεντικές συνθήκες που δημιουργούνται μέσα στα περιβάλλοντα εμπύθισης προσεγγίζουν σε σημαντικό βαθμό τις αλληλεπιδράσεις του πραγματικού κόσμου (Bacca-Acosta et al., 2021). Η προστιθέμενη αξία της εκπαιδευτικής παρέμβασης μέσω ΕΠ έγκειται στην παρατήρηση των ψηφιακών αντικειμένων (εικονικών μορίων του νερού) από τους μαθητές στον πραγματικό χώρο της αίθουσας, όπου είχαν τοποθετηθεί αρχικά τα μακροσκοπικά αντικείμενα (νερό, πάγος, υδρατμοί). Οι μαθητές μπορούσαν να αποκτήσουν και να εφαρμόσουν τους όρους του αφηρημένου περιεχομένου Φυσικής εντός του φυσικού περιβάλλοντος χωρίς να υπάρχουν περιορισμοί χώρου ή χρόνου.

5. Η γεωμετρική πρόοδος της ΨΤ και η αναζήτηση τεκμηριωμένων πρακτικών διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ αποτελούν συνιστώσες των πεδίων της Ειδικής Εκπαίδευσης, της Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας και της Διδακτικής της Φυσικής με συνισταμένη την πρόοδο των μαθητών με ΝΑ στις ΦΕ και στην κατεύθυνση του γραμματισμού ΦΕ προκειμένου να ανταποκριθούν ισότιμα στις σύγχρονες προκλήσεις της κοινωνίας. Η δημοφιλής συζήτηση των Clark και Kozma (Clark/Kozma debate) για τον ρόλο της ΨΤ στη μαθησιακή διαδικασία, η τεχνολογία αποτελεί το μέσο για τη μετάδοση της πληροφορίας και της γνώσης (Clark, 1994), ή η μάθηση μέσω των παροχών ή μοναδικών δυνατοτήτων της τεχνολογίας, αποτελεί μια ενεργή και εποικοδομητική διαδικασία (Kozma, 1994), επικαιροποιείται θεμελιώνοντας τη σύζευξη των προαναφερόμενων απόψεων ως καταλύτη για την αποτελεσματικότητα της μαθησιακής διαδικασίας (Sickel, 2019), η οποία μπορεί να ενισχύεται αφενός κατά τη θεώρηση των

μοναδικών χαρακτηριστικών της τεχνολογίας και αφετέρου μέσω της επιλογής της διδακτικής στρατηγικής για το σχεδιασμό της μαθησιακής διαδικασίας (Garzón et al., 2020). Η δυαδική αυτή σχέση αποτελεί τη βάση των τεχνολογικών και εκπαιδευτικών αλλαγών του μέλλοντος (Bao & Koenig, 2019).

### **7.3. Περιορισμοί**

Ένας περιορισμός ως προς την εφαρμογή του ερευνητικού σχεδίου μεμονωμένου ατόμου αφορά τον πειραματικό έλεγχο, συγκεκριμένα την ταυτόχρονη εισαγωγή των έξι μαθητών από την γραμμή βάσης στη φάση της παρέμβασης. Κάθε μαθητής ολοκλήρωσε τις 13 συνεδρίες της γραμμής βάσης, όπως είχαν σχεδιαστεί, με στόχο την ανίχνευση και τον εντοπισμό των προηγούμενων ιδεών τους σχετικά με τις φάσεις του νερού και το μικροσκοπικό τους επίπεδο και στη συνέχεια εισήλθε στο στάδιο της κύριας παρέμβασης.

Δεύτερον, τα αποτελέσματα της παρέμβασης μέσω ΕΠ δε μπορούν να είναι γενικεύσιμα πέρα από τα όρια του συγκεκριμένου πειράματος, ώστε να διασφαλίζεται η εξωτερική εγκυρότητα, ωστόσο θα μπορούσαν να θεωρηθούν γενικεύσιμα σε περιπτώσεις όπου αξιολογούνται χαρακτηριστικά μαθητών με παραπλήσιο προφίλ ΝΑ. Η εξωτερική εγκυρότητα μπορεί να θεωρηθεί εξίσου ισχυρή εξαιτίας του βαθμού γενίκευσης των συγκεκριμένων πειραματικών συνθηκών σε άλλα περιβάλλοντα. Συνεπώς ο σχεδιασμός του πειράματος με βάση τα καθορισμένα κριτήρια για την επιλογή των μαθητών συμβάλλει στην αντιγραφή και επαναληψιμότητα της διαδικασίας από άλλους ερευνητές, ωστόσο δεν είναι οπωσδήποτε γενικεύσιμο μέσω τυχαιοποίησης στον ευρύτερο πληθυσμό μαθητών με ελαφρά ΝΑ ή άλλων επιπέδων της νοητικής αναπηρίας.

Τέλος, ένας περιορισμός θα μπορούσε να αναφέρεται στην εσωτερική εγκυρότητα και τις πιθανές αλλαγές στους συμμετέχοντες, οι οποίες μπορεί να δημιουργήσουν διαφορές στα μαθησιακά αποτελέσματα ανεξάρτητα από τους πειραματικούς χειρισμούς.

### **7.4. Προτάσεις μελλοντικής έρευνας**

Τα ευρήματα της παρούσας διατριβής μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στη μελλοντική έρευνα για τα πεδία της Ειδικής Εκπαίδευσης, της Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας και της Διδακτικής της Φυσικής. Η μελλοντική έρευνα μπορεί να εφαρμόσει τόσο ποιοτικές όσο και ποσοτικές μεθόδους, ώστε να παρέχει πληροφορίες για τη συμβολή της ΕΠ στην εκπαίδευση μαθητών χωρίς αποκλεισμούς σε ευθυγράμμιση με το περιεχόμενο ΦΕ του γενικού προγράμματος σπουδών, υπογραμμίζοντας το μαθησιακό προφίλ της αναπηρίας. Μέσω πρόσθετης έρευνας, μπορούν να αναπτυχθούν βέλτιστες μέθοδοι για τη διευκόλυνση της οικοδόμησης γνώσης ΦΕ σε μαθητές με ΝΑ.

1. Στις μελλοντικές προεκτάσεις θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν διαφορετικοί τύποι ερευνητικών σχεδίων παρεμβάσεων με ΨΤ, συγκεκριμένα με γυαλιά ΕΠ ειδικά σχεδιασμένοι και προσαρμοσμένοι για μαθητές με ΝΑ σε πολλαπλούς ανιχνευτές μεταξύ των συμμετεχόντων (multiple probe across participants design) για τη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων τους.
2. Μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν εφαρμογές διαφορετικού περιεχομένου Φυσικής ή άλλων γνωστικών αντικειμένων ΦΕ (Βιολογία, Γεωγραφία ή Χημεία) ή γνωστικών αντικειμένων όπως γλώσσα, μαθηματικά και δεξιότητες πρακτικού τομέα με στόχο λειτουργικές δεξιότητες αυτόνομης διαβίωσης που θα αξιολογούσαν την τεχνολογία ΕΠ σε μαθητές με ελαφρά ΝΑ.
3. Ως προς τις διδακτικές πρακτικές, θα είχε ενδιαφέρον να μελετηθούν μαθησιακά αποτελέσματα (απόκτηση ορολογίας και εξάσκηση σε δεξιότητες διερεύνησης), σε άλλους τύπους του μοντέλου διερεύνησης ιεραρχικά στους ίδιους μαθητές οι οποίοι έχουν εξασκηθεί στη δομημένη διερεύνηση.
4. Θα είχε ενδιαφέρον να επαναληφθεί η εμπειρική έρευνα σε άλλους μαθητές με ελαφρά ΝΑ, ώστε να επαναληφθούν οι διαδικασίες και οι μέθοδοι με βάση τις προτάσεις των Horner και συνεργατών (2005) για το ερευνητικό σχέδιο και τους δείκτες ποιότητας με στόχο τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη τεκμηριωμένων παρεμβάσεων ακαδημαϊκού περιεχομένου, όπως για παράδειγμα στη Φυσική, για την ανάπτυξη γραμματισμού ΦΕ.
5. Επόμενη μελέτη θα μπορούσε να συμπεριλάβει πολλαπλές αναπαραστάσεις ΕΠ, όπως ενσωμάτωση Easy to Read (EtR) ανάγνωση επιστημονικών όρων, βίντεο επεξήγησης ή ακουστικού περιεχομένου και δραστηριότητες μέσα στο επαυξημένο περιβάλλον. Η πρόσφατη ανασκόπηση των Liu, Zowghi, Kearney και Bano (2020) για τα έτη 2000 έως 2019 εντόπισε 34 δημοσιεύσεις με στόχο τον προσδιορισμό των τύπων της διερευνητικής μάθησης σε συνδυασμό με τις φορητές συσκευές ΨΤ. Τα ευρήματα δείχνουν την αύξηση εμπειρικών ερευνών στην εκπαίδευση ΦΕ, αναλύουν τους τύπους της διερευνητικής μάθησης που βασίζονται στην τεχνολογία και προτείνουν μια νέα κατηγοριοποίηση που περιλαμβάνει την αυθεντική διερεύνηση, την απαγωγική, τη συνεργατική και τη συλλογική διερεύνηση. Τα αποτελέσματα συγκέντρωσαν ζητήματα αποτελεσματικότητας και γνωστικού φόρτου, στάσεις και μαθησιακές επιδόσεις, ομαδική εργασία, γνωστικές διαδικασίες και κίνητρα.
5. Θα είχε ενδιαφέρον η μελέτη περισσότερων μορφών αλληλεπίδρασης όπως η περίπτωση που μελετήθηκε κατά την οποία ο μαθητής αφαιρεί το καπάκι του δοχείου ζέσης και απελευθερώνονται τα μόρια των υδρατμών. Σε αυτό το πλαίσιο θα μπορούσε



να ενταχθεί η μελέτη περισσότερης αυτονομίας στη χρήση των γυαλιών ΕΠ, περαιτέρω εξοικείωση με το σύστημα ΕΠ και μελέτη άλλων τύπων αλληλεπίδρασης πέραν του διερευνητικού και χρησιμοποίηση του χειριστηρίου της συσκευής.

6. Στη μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να ενταχθεί ο σχεδιασμός και η παροχή κατάλληλων ευκαιριών για διερεύνηση με τη συμμετοχή μαθητών με ΝΑ σε περιβάλλοντα γενικής τάξης τόσο στην πρωτοβάθμια όσο και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Κατάλληλος σχεδιασμός με προσαρμογές και τροποποιήσεις και ακολουθία των βημάτων του επιπέδου της διερεύνησης. Καθώς οι μαθητές με ελαφρά ΝΑ απαιτούν καθορισμένα βήματα δομημένης διερεύνησης για την επίτευξη της αποτελεσματικότητας στην κατασκευή της γνώσης, ομαδοσυνεργατική διδασκαλία με μικρές ομάδες μαθητών με ΝΑ και ενίσχυση κοινωνικών δεξιοτήτων. Οι μαθητές συμμετέχουν σε ασφαλή, υποστηρικτικά περιβάλλοντα που παρέχουν τις δεξιότητες για τη διεξαγωγή ατομικών ή μικρών ερευνών. Οι μαθητές γίνονται παραγωγοί, όχι απλώς δέκτες, γνώσης (Renzulli, 1999; Tomlinson, 1996) και έχουν περισσότερες ευκαιρίες να κατευθύνουν και να είναι υπεύθυνοι για τη μάθησή τους (Renzulli, 1984; Robinson, Shore, & Enerson, 2006).

7. Παρεμβάσεις στις οποίες να αξιολογούνται οι στάσεις και οι συναισθηματικοί στόχοι για τους μαθητές με ΝΑ, οι τεχνολογικές παροχές και οι ψυχολογικοί παράγοντες στη διάρκεια μιας διερευνητικής διαδικασίας.

## **7.5. Συμπεράσματα**

Οι έννοιες Φυσικής και η μελέτη των φυσικών φαινομένων είναι απαιτούμενες γνώσεις για όλους τους μαθητές, συμπεριλαμβανομένων των μαθητών με ΝΑ, σύμφωνα με τα διεθνή προγράμματα σπουδών για την πρόοδο στην τάξη των ΦΕ. Η αξιοποίηση της τεχνολογίας της ΕΠ και η ενσωμάτωση τεκμηριωμένων πρακτικών της Ειδικής Εκπαίδευσης στη μαθησιακή διαδικασία με στόχο την απόκτηση γραμματισμού ΦΕ συμβάλλουν στην προετοιμασία ενεργών πολιτών με σκέψη και δράση σε ατομικό και συλλογικό επίπεδο για τη διασφάλιση της ποιότητας ζωής στη σύγχρονη κοινωνία.

Ο σκοπός της διδακτορικής διατριβής ήταν να εξετάσει τα αποτελέσματα της παρέμβασης στο αφηρημένο περιεχόμενο της Φυσικής «οι φάσεις του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο» μέσω ΕΠ σε έξι μαθητές με ελαφρά ΝΑ. Η παρέμβαση ακολούθησε τη γραμμή βάσης για την ανίχνευση των αρχικών ιδεών και γνώσεων των μαθητών, την κύρια παρέμβαση και τις φάσεις διατήρησης και γενίκευσης. Τα μαθησιακά αποτελέσματα στη διάρκεια της γραμμής βάσης ανέδειξαν την έλλειψη γνώσης ή αντίληψης για το μικροσκοπικό επίπεδο της ύλης. Κατά τη εισαγωγή των μαθητών με ΝΑ

στο πείραμα σημειώθηκε άμεση επίδραση και τα μαθησιακά αποτελέσματα μεταβλήθηκαν σημαντικά, σημειώνοντας προβάδισμα της διερευνητικής μάθησης σε σύγκριση με τη συστηματική διδασκαλία. Η ανάκληση γνώσεων, η κατανόηση των επιστημονικών όρων και η εφαρμογή τους συγκαταλέχθηκαν στα πρώτα επίπεδα της ταξινομίας του Bloom για τους μαθητές με ελαφρά ΝΑ. Η ΕΠ φάνηκε να έχει σημαντικά οφέλη γι' αυτούς, όπως ο περιορισμός των δυσκολιών στη μνήμη μέσω των οπτικών τρισδιάστατων αναπαραστάσεων και η ενίσχυση της επεξεργασίας των πληροφοριών μέσω της διαδικασίας της διάκρισης. Στις φάσεις της διατήρησης και της γενίκευσης τα αποτελέσματα ήταν εξίσου ενθαρρυντικά και οι έξι μαθητές μετέφεραν ως θετική την εμπειρία τους από τη χρήση των γυαλιών ΕΠ.

Τα ευρήματα της παρούσας εμπειρικής μελέτης συμφώνησαν με προηγούμενες έρευνες στις ΦΕ για τη συμβολή της ΨΤ στην εκπαίδευση μαθητών με ΝΑ και εμπλούτισαν τη βιβλιογραφία με ερευνητικά δεδομένα στο γνωστικό αντικείμενο της Φυσικής, ειδικότερα στο αφηρημένο περιεχόμενο της δομής της ύλης. Τα ευρήματα ενθαρρύνουν μελλοντική έρευνα για την τεχνολογία ΕΠ στη διδασκαλία αφηρημένου περιεχομένου Φυσικής και άλλων αντικειμένων ΦΕ σε μαθητές με ΝΑ, την εφαρμογή διαφόρων τύπων του μοντέλου της διερεύνησης και ευκαιρίες συνεργατικής μάθησης σε συμπεριληπτικά περιβάλλοντα (Carter et al., 2015; Collins et al., 2022).

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Adadan, E. (2013). Using multiple representations to promote grade 11 students' scientific understanding of the particle theory of matter. *Research in Science Education*, 43(3), 1079-1105. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9299-9>
- Adadan, E., Irving, K. E., & Trundle, K. C. (2009). Impacts of multiple-representational instruction on high school students' conceptual understanding of the particulate nature of matter. *International Journal of Science Education*, 31, 1743-1755.
- Adbo, K., & Taber, K.S. (2009). Learners' Mental Models of the Particle Nature of Matter: A study of 16-year-old Swedish science students. *International Journal of Science Education*, 31, 757-786.
- Agran, M., Alper, S., & Wehmeyer, M. (2002). Access to the general curriculum for students with significant disabilities: What it means to teachers. *Education and Training in Mental Retardation and Developmental Disabilities*, 37, 123Y133
- Agran, M., Cavin, M., Wehmeyer, M., & Palmer, S. (2006). Participation of Students with Moderate to Severe Disabilities in the General Curriculum: The Effects of the Self-Determined Learning Model of Instruction. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*, 31(3), 230–241. <https://doi.org/10.1177/154079690603100303>
- Agran M., Jackson L., Kurth J. A., Ryndak D., Burnette K., Jameson M., Zagona A., Fitzpatrick H., Wehmeyer M. (2020). Why aren't students with severe disabilities being placed in general education classrooms: Examining the relations among classroom placement, learner outcomes, and other factors. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*, 45(1), 4–13. <https://doi.org/10.1177%2F1540796919878134>
- Ainscow, M., Booth, T., Dyson, A., Farrell, P., Frankham, J., Gallannaugh, F. et al. (2006). *Improving schools, developing inclusion*. Oxfordshire, UK: Routledge.
- Ainsworth, E. (1999). The function of multiple representations. *Computer and Education*, 33, 131-152.
- 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 Mühlennen, 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>
- Almalki, N. (2016). What is the best strategy “evidence-based practice” to teach literacy skills for students with multiple disabilities? A systematic review. *World Journal of Education*, 6(6). <https://doi.org/10.5430/wje.v6n6p18>
- Al Mamun, M. A., Lawrie, G., & Wright, T. (2019). Instructional design of scaffolded online learning modules for self-directed and inquiry-based learning environments. *Computers & Education*, 144,(103695). <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103695>
- AlRawi, J. M. & AlKahtani, M. Al. (2021). Universal design for learning for educating students with intellectual disabilities: a systematic review, *International Journal*

- of *Developmental Disabilities*, 68(6), 800-808. <https://doi.org/10.1080/20473869.2021.1900505>
- Akaygun, S., & Jones, L. L. (2013). Research-based design and development of a simulation of liquid-vapor equilibrium. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(3), 324-344. <https://doi.org/10.1039/c3rp00002h>
- American Association for the Advancement of Science (AAAS), Project 2061 (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Virginia, USA: American Psychiatric Association. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing. A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (ages 12 - 16). *Studies in Science Education*, 18, 53 - 885.
- Apanasionok, M. M., Hastings, R. P., Grindle, C. F., Watkins, R. C., & Paris, A. (2019). Teaching science skills and knowledge to students with developmental disabilities: A systematic review. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(7), 847-880. <https://doi.org/10.1002/tea.21531>
- Ardac, D., & Akaygun, S. (2004). Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 317-337. <https://doi.org/10.1002/tea.20005>
- 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.2019.103647>
- Arons A. (1990). *A guide to introductory physics teaching*. Wiley & Sons Inc.
- Artayasa, I. P., Susilo, H., Lestari, U., & Indriwati, S. E. (2018). The Effect of Three Levels of Inquiry on the Improvement of Science Concept Understanding of Elementary School Teacher Candidates. *International Journal of Instruction*, 11(2), 235-248. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.11216a>
- Arvanitis, T.N., Petrou, A., Knight, J.F. et al. (2009). Human factors and qualitative pedagogical evaluation of a mobile augmented reality system for science education used by learners with physical disabilities. *Personal and Ubiquitous Computing*, 13, 243-250. <https://doi.org/10.1007/s00779-007-0187-7>
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston: New York.
- Avsec, S., & Kocijancic, S (2016). A Path Model of Effective Technology-Intensive Inquiry-Based Learning. *Educational Technology & Society*, 19(1), 308-320.
- Ayas, A., Özmen, H. & Çalik, M. (2010). Students' conceptions of the particulate nature of matter at secondary and tertiary level. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 165-184. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9167-x>
- Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6, 355-385.

- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34–47. <https://doi.org/10.1109/38.963459>
- Azuma, R., Billinghurst, M., & Klinker, G. (2011). Special section on mobile augmented reality. *Computers & Graphics*, 35(4), vii–viii. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2011.05.002>
- Bacca-Acosta, J., Avila-Garzon, C., Kinshuk, Duarte, J., & Betancourt, J. (2021). Augmented reality in education: an overview of twenty-five years of research. *Contemporary Educational Technology*, 13(3), ep302. <https://doi.org/10.30935/cedtech/10865>
- Ballard, S. L., & Dymond, S. K. (2017). Addressing the General Education Curriculum in General Education Settings with Students with Severe Disabilities. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*, 42(3), 155–170.
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The Many Levels of Inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26–29.
- Bandura, A. (2001). Social Cognitive Theory: An Agentic Perspective. *Annual Review of Psychology*, 52(1), 1–26. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.1>
- Bao, L., & Koenig, K. (2019). Physics education research for 21st century Learning. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(2). <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0007-8>
- Bao, L., & Redish, E. F. (2006). Model analysis: Representing and assessing the dynamics of student learning. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 2(1), 010103. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.2.010103>
- 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>
- Barkley, E. F., Cross, K. P., & Major, C. H. (2005). *Collaborative learning techniques (5th ed.)*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- 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>
- Barrow, J. (2022). The Future with Extended Reality, Three-Dimensional, and Advanced Imaging for Molecules, Microscopy, and Anatomy. In: Witchel, H.J., Lee, M.W. (eds) *Technologies in Biomedical and Life Sciences Education. Methods in Physiology*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-95633-2\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-95633-2_17)
- Barton, E. E., Pustejovsky, J. E., Maggin, D. M., & Reichow, B. (2017). Technology-Aided Instruction and Intervention for Students With ASD: A Meta-Analysis Using Novel Methods of Estimating Effect Sizes for Single-Case Research. *Remedial and Special Education*, 38(6), 371–386. <https://doi.org/10.1177/0741932517729508>
- Batsanov, S.S. Van der Waals Radii of Elements. *Inorganic Materials* 37, 871–885 (2001). <https://doi.org/10.1023/A:1011625728803>
- Baviskar, S. N., Hartle, R. T., & Whitney, T. (2009). Essential Criteria to Characterize Constructivist Teaching: Derived from a review of the literature and applied to five constructivist-teaching method articles, *International Journal of Science Education*, 31(4), 541–550. <https://doi.org/10.1080/09500690701731121>

- Becker, S., Klein, P., Gößling, A., & Kuhn, J. (2020). Using mobile devices to enhance inquiry-based learning processes. *Learning and Instruction*, 69, 101350. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101350>
- 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.
- Bell, R. L., Blair, L., Crawford, B., & Lederman, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on students' understanding of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487–509.
- Bellou, I., Papachristos, N. M., & Mikropoulos, T. A. (2018). Digital Learning Technologies in Chemistry Education: A Review. *Digital Technologies: Sustainable Innovations for Improving Teaching and Learning*, 57–80. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73417-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73417-0_4)
- Bertelli, M. O., Cooper, S. A., & Salvador-Carulla, L. (2018). Intelligence and specific cognitive functions in intellectual disability: implications for assessment and classification. *Current opinion in psychiatry*, 31(2), 88–95. <https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000387>
- Bhaumik, S., Kiani, R., Michael, D. M., Gangavati, S., Khan, S., Torales, J., ... Ventriglio, A. (2016). Intellectual disability and mental health: an overview†. *International Journal of Culture and Mental Health*, 9(4), 417–429. <https://doi.org/10.1080/17542863.2016.1228687>
- Billinghurst, M. (2002). *Augmented Reality in Education*. Seattle WA: New Horizons for Learning - Technology in Education.
- Billinghurst, M., & Duenser, A. (2012). Augmented reality in the classroom. *Computer*, 45, 56–63.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577–616. <https://doi.org/10.1002/sce.20390>
- Bossavit, B., & Parsons, S. (2018). Outcomes for design and learning when teenagers with autism codesign a serious game: A pilot study. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34(3), 293–305. <https://doi.org/10.1111/jcal.12242>
- Bouck, E. C., & Bone, E. (2018). Chapter 3 Interventions for Students with Intellectual Disabilities. *Advances in Special Education*, 55–73. <https://doi.org/10.1108/s0270-401320180000033004>
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014) Augmented Reality in education – cases, places and potentials, *Educational Media International*, 51(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/09523987.2014.889400>
- Boz, Y. (2006). Turkish pupils' conceptions of the particulate nature of matter. *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 203–213.
- Brandlinger, E., Jimenez, R., Klingner, J., & Pugach, M. (2005). Qualitative studies in special education. *Exceptional Children*, 71(2), 195–207. <https://doi.org/10.1177/001440290507100205>
- Bridges, S. A., Robinson, O. P., Stewart, E. W., Kwon, D., & Mutua, K. (2020). Augmented Reality: Teaching Daily Living Skills to Adults With Intellectual Disabilities.

- Journal of Special Education Technology*, 35(1), 3–14.  
<https://doi.org/10.1177/016264341983>
- Britton, N. S., Collins, B. C., Ault, M. J., & Bausch, M. E. (2017). Using a constant time delay procedure to teach support personnel to use a simultaneous prompting procedure. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 32(2), 102-113.  
<https://doi.org/10.1177/1088357615587505>
- Brock, M. E., & Huber, H. B. (2017). Are peer support arrangements an evidence-based practice? A systematic review. *The Journal of Special Education*, 51, 150-163.  
<https://doi.org/10.1177/0022466917708184>
- Browder, D. M., Trela, K., Courtade, G. R., Jimenez, B. A., Knight, V., & Flowers, C. (2012). Teaching mathematics and science standards to students with moderate and severe developmental disabilities. *Journal of Special Education*, 46(1), 26–35.  
<https://doi.org/10.1177/0022466910369942>
- Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. *Harvard Education Review*, 31, 21-32.
- Bryman, A. (2016). *Social Research Methods (5th ed.)*. London: Oxford University Press.
- Buck, L. B., Bretz, S. L., & Towns, M. H. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38(1), 52-58.
- Burgstahler, S. (2020). Universal design of instruction (UDI): Definition, principles, guidelines, and examples. Retrieved on October 16, from  
<http://www.washington.edu/doit/Brochures/Academics/instruction.html>
- Burns, J. C., Okey, J. R., & Wise, K. C. (1985). Development of an integrated process skill test: TIPS II. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(2), 169–177.  
<https://doi.org/10.1002/tea.3660220208>
- Bybee, Roger W., Taylor, J. A., Gardner, A., van Scotter, P., Carlson, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness. A report prepared for the Office of Science Education, National Institutes of Health.  
[https://uteach.wiki.uml.edu/file/view/UTeach\\_5Es.pdf/355111234/UTeach\\_5E\\_s.pdf](https://uteach.wiki.uml.edu/file/view/UTeach_5Es.pdf/355111234/UTeach_5E_s.pdf)
- Cai, S., Liu, C., Wang, T., Liu, E., & Liang, J. (2020). Effects of learning physics using Augmented Reality on students' self-efficacy and conceptions of learning. *British Journal of Educational Technology*, 52(1), 235-251. <https://doi.org/10.1111/bjet.13020>
- Cakir, M. (2008). Constructivist approaches to learning in science and their implication for science pedagogy: A literature review. *International Journal of Environmental and Science Education*, 3(4), 193–206.
- Cakir, R., Korkmaz, O. (2019). The effectiveness of augmented reality environments on individuals with special education needs. *Education and Information Technologies*, 24, 1631–1659. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9848-6>
- 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>
- Carter, E. W., Moss, C. K., Asmus, J., Fesperman, E., Cooney, M., Brock, M. E., Lyons, G., Huber, H. B., & Vincent, L. B. (2015). Promoting Inclusion, Social Connections, and Learning Through Peer Support Arrangements. *TEACHING Exceptional Children*, 48(1), 9–18. <https://doi.org/10.1177/0040059915594784>

- Cascales-Martínez, A., Martínez-Segura, M.-J., Pérez-López, D., & Contero, M. (2017). Using an Augmented Reality Enhanced Tabletop System to Promote Learning of Mathematics: A Case Study with Students with Special Educational Needs. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 355-380. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00621a>
- CAST (2018). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.2*. Retrieved on October 16, 2020, from <http://udlguidelines.cast.org>
- Caudell, T. P., & Mizell, D. W. (1992). Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences, Kauai, HI, USA*, (pp. 659-669) vol. 2. <https://doi.org/10.1109/HICSS.1992.183317>
- Cavagnetto, A. (2010). Argument to Foster Scientific Literacy: A Review of Argument Interventions in K-12 Science Contexts. *Review of Educational Research*, 80(3), 336-371.
- Cavalcanti, M., & Mohr-Schroeder, M. J. (2019). STEM Literacy: Where Are We Now?. In A. Sahin, & M. J. Mohr-Schroeder (Eds.), *STEM Education 2.0* (pp. 3-22). Leiden: Brill Sense.
- Cayvaz, A., Akcay, H., & Kapici, H.O. (2020). Comparison of simulation-based and textbook-based instructions on middle school students' achievement, inquiry skills and attitude. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology (IJEMST)*, 8(1), 34-43.
- Chang, H. Y., Binali, T., Liang, J. C., Chiou, G. L., Cheng, K. H., Lee, S. W. Y., & Tsai, C. C. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. *Computers & Education*, 104641. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641>
- Chang, C. Y., & Hwang, G. J. (2018). Trends of mobile technology-enhanced medical education: A review of journal publications from 1998 to 2016. *International Journal of Mobile Learning and Organization*, 12(4), 373-393. <https://doi.org/10.1504/IJML0.2018.095153>
- Chang, Y.-L., Hou, H.-T., Pan, C.-Y., Sung, Y.-T., Chang, K.-E. (2015). Apply an Augmented Reality in a Mobile Guidance to Increase Sense of Place for Heritage Places. *Educational Technology & Society*, 18(2), 166-178.
- Chang Y. J., Kang Y. S., Huang P. C. (2013). An augmented reality (AR)-based vocational task prompting system for people with cognitive impairments. *Research in Developmental Disabilities*, 34, 3049-3056.
- Chang, G., Morreale, P. & Medicherla, P. (2010). Applications of Augmented Reality Systems in Education. In D. Gibson & B. Dodge (Eds.), *Proceedings of SITE 2010--Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 1380-1385). San Diego, CA, USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Retrieved February 24, 2023 from <https://www.learntechlib.org/primary/p/33549/>
- Chelkowski, L., Yan, Z., & Asaro-Saddler, K. (2019). The use of mobile devices with students with disabilities: a literature review. *Preventing School Failure: Alternative Education for Children and Youth*, 63(3), 277-295. <https://doi.org/10.1080/1045988X.2019.1591336>
- Chen P., Liu X., Cheng W., Huang R. (2017). A review of using augmented reality in education from 2011 to 2016. In Popescu E., et al. (Eds.), *Innovations in smart*



- learning. Lecture notes in educational technology. (pp. 13–18). Singapore: Springer.
- Cheng, S. C., & Lai, C. L. (2020). Facilitating learning for students with special needs: a review of technology- supported special education studies. *Journal of Computers in Education*, 7(2), 131–153. <https://doi.org/10.1007/s40692-019-00150-8>
- 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. <http://dx.doi.org/10.1007/s10956-012-9405-9>
- Chiang, T. H. C., Yang, S. J. H., & Hwang, G.-J. (2014a). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Educational Technology & Society*, 17(4), 352–365.
- Chiang, T. H. C., Yang, S. J. H., & Hwang, G.-J. (2014b). Students' online interactive patterns in augmented reality-based inquiry activities. *Computers & Education*, 78, 97–108. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.05.006>
- Chiu, M.-H., Guo, C.-J., & Treagust, D. F. (2007) Assessing Students' Conceptual Understanding in Science: An introduction about a national project in Taiwan, *International Journal of Science Education*, 29(4), 379-390. <https://doi.org/10.1080/09500690601072774>
- Cihak, D. F., Moore, E. J., Wright, R. E., McMahon, D. D., Gibbons, M. M., & Smith, C. (2016). Evaluating Augmented Reality to Complete a Chain Task for Elementary Students With Autism. *Journal of Special Education Technology*, 31(2), 99–108. <https://doi.org/10.1177/0162643416651724>
- Ciullo, S., Falcomata, T., Pfannenstiel, K., & Billingsley, G. (2015). Improving learning with science and social studies text using computer-based concept maps for students with disabilities. *Behavior Modification*, 39(1), 117-135. <https://doi.org/10.1177/0145445514552890>
- Clark, R. E. (1994). Media will never influence learning. *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 21–29. <https://doi.org/10.1007/BF02299088>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2009). *Research methods in education*. London: Routledge.
- Coie, P. (2018). Augmented and virtual reality survey report. *Perkins Coie*, 1–20.
- Colburn, A. (2000). An inquiry primer. *Science Scope*, 23(6), 42–44.
- Collins, B. C. (2012). *Systematic instruction for students with moderate and severe disabilities*. Baltimore, MD: Paul H. Brookes Publishing Company
- Collins, B. (2022). *Systematic Instruction for Students With Moderate and Severe Disabilities Second Edition*. Paul H. Brookes Publishing Co.
- Collins, B. C., & Ludlow, B. L. (2018). Best Practices for Students With Moderate and Severe Disabilities: A Rural Retrospective. *Rural Special Education Quarterly*, 37(2), 79–89. <https://doi.org/10.1177/8756870518764636>
- Collins, B., Terrell, M., & Test, D. (2017). Using a simultaneous prompting procedure to embed core content when teaching a potential employment skill. *Career Development and Transition for Exceptional Individuals*, 40(1), 36-44. <https://doi.org/10.1177/2165143416680347>
- 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](https://doi.org/10.1007/978-3-319-91406-0_1)
- Cook, B. G., Buysse, V., Klingner, J., Landrum, T. J., McWilliam, R. A., Tankersley, M., & Test, D. W. (2015). CEC's standards for classifying the evidence base of practices in special education. *Remedial and Special Education, 36*(4), 220-234.
- 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>
- Cook, B. G., & Cook, S. C. (2013). Unraveling Evidence-Based Practices in Special Education. *The Journal of Special Education, 47*(2), 71-82. <https://doi.org/10.1177/0022466911420877>
- Cook, B.G., & Cook, S.C. (2011). Thinking and Communicating Clearly About Evidence-based Practices in Special Education. Available [https://cecdr.org/sites/default/files/2021-01/Thinking and Communicating Clearly About Evidence-based Practices in Special Education.pdf](https://cecdr.org/sites/default/files/2021-01/Thinking_and_Communicating_Clearly_About_Evidence-based_Practices_in_Special_Education.pdf)
- Cook, B. G., Tankersley, M., Cook, L., & Landrum, T. J. (2008). Evidence-Based Practices in Special Education: Some Practical Considerations. *Intervention in School and Clinic, 44*(2), 69-75. <https://doi.org/10.1177/1053451208321452>
- Cornoldi, C., & Giofrt, D. (2014). The crucial role of working memory in intellectual functioning. *European Psychologist, 19*(4), 260-268.
- Council for Exceptional Children (2003). Quality indicators for research methodology and evidence based practices. Retrieved on May 2, 2020, from <http://www.cecdr.org/new-item/new-item5>
- Council for Exceptional Children (2014a). Standards for Evidence-Based Practices in Special Education. *TEACHING Exceptional Children, 46*(6), 206-212. <https://doi.org/10.1177/0040059914531389>
- Council for Exceptional Children. (2014b). Standards for evidence-based practices in special education. *Exceptional Children, 80*, 504-511. <https://doi.org/10.1177/0014402914531388>
- Courtade, G. R., Browder, D. M., Spooner, F., & DiBiase, W. (2010). Training Teachers to Use an Inquiry-Based Task Analysis to Teach Science to Students with Moderate and Severe Disabilities. *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities, 45*(3), 378-399.
- Courtade, G. R., Spooner, F., & Browder, D. M. (2007). Review of studies with students with significant cognitive disabilities which link to science standards. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities, 32*(1), 43-49. <https://doi.org/10.2511/rpsd.32.1.43>
- Covaci, A. Kramer, D. Augusto, J.C., Rus, S., & Braun, A. (2015). Assessing real world imagery in virtual environments for people with cognitive disabilities. *Proceedings of the 2015 International Conference on Intelligent Environments* (pp. 41-48).
- Coyne, P., Pisha, B., Dalton, B., Zeph, L., & Smith. (2012). Literacy by design: A universal design for learning approach for students with significant intellectual disabilities. *Remedial and Special Education, 33*, 162-172. <https://doi.org/10.1177/0741932510381>
- Craig, A. B. (2013). *Understanding augmented reality: Concepts and applications*. Amsterdam, The Netherlands: Morgan Kaufmann.

- Cumming, T. M., & Draper Rodríguez, C. (2017). A Meta-Analysis of Mobile Technology Supporting Individuals With Disabilities. *The Journal of Special Education*, 51(3), 164–176. <https://doi.org/10.1177/0022466917713983>
- 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>
- Davidsson, M., Johansson, D., & Lindwall, K. (2012). Exploring the use of augmented reality to support science education in secondary schools. *Proceedings of the seventh IEEE International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education*, (pp. 218–220).
- de Groot A. (1969). *Methodology: Foundations of inference and research in the behavioral sciences*. Mouton & Co, Paris.
- de Jong, T. (2019). Moving towards engaged learning in STEM domains; there is no simple answer, but clearly a road ahead. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(2), 153-167. <https://doi.org/10.1111/jcal.12337>
- de Jong, T., & Joolingen, W. Van (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), Retrieved from <https://rer.sagepub.com/content/68/2/179.short>.
- de Jong, T., Sotiriou, S., & Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: the Go-Lab federation of online labs. *Smart Learning Environments*, 1(3). <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0003-6>
- 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)* August 28 – September 04, 2022, Lisbon, Portugal, ACM, New York, NY, USA, 7 pages.
- Dewey, J. (1964). John Dewey on Education: Selected Writings. In Archambault, R.D., Ed., Modern Library Random House, New York.
- Dewey, J. (1938). *Logic: The theory of inquiry*. New York, NY: Holt, Rinehart, and Winston.
- Dillon, J. (2009). On scientific literacy and curriculum reform. *International Journal of Environmental & Science Education*, 201–213.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young peoples' images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986) A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science, *Studies in Science Education*, 13(1), 105-122. <https://doi.org/10.1080/03057268608559933>
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. London: Routledge & Kegan Paul.
- 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>.
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning, In *Handbook of research on educational communications and technology*, Springer, 735–745.

- Duran, L. B., & Duran, E. (2004). The 5E Instructional Model: A Learning Cycle Approach for Inquiry-Based Science Teaching. *Science Education Review*, 3(2), 49-58.
- Edelson, D. C., Gordin, D. N., & Pea, R. D. (1999). Addressing the challenges of inquiry-based learning through technology and curriculum design. *Journal of the Learning Sciences*, 8(3-4), 391-450. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls0803&4\\_3](https://doi.org/10.1207/s15327809jls0803&4_3)
- Ehsan, S., Nazir, M., Nurunnabi, M., Raza Khan, Q., Tahir, S., & Ahmed, I. (2018). A Multimethod Approach to Assess and Measure Corporate Social Responsibility Disclosure and Practices in a Developing Economy. *Sustainability*, 10(8), 2955. <https://doi.org/10.3390/su10082955>
- Engel, R. J., Schutt, R. K. (2008). *The practice of research in social work*. Newcastle upon Tyne, UK: Sage.
- Falkenstine, K. J., Collins, B. C., Schuster, J. W., & Kleinert, H. (2009). Presenting Chained and Discrete Tasks as Non-Targeted Information When Teaching Discrete Academic Skills through Small Group Instruction. *Education and Training in Developmental Disabilities*, 44(1), 127-142. <http://www.jstor.org/stable/24233469>
- Fatikhova, L., & Sayfutdiyeva, E. (2017). Improvement of methodology of teaching natural science for students with intellectual disabilities by means of 3D-graphics. *European Journal of Contemporary Education*, 6(2), 229-239. <https://doi.org/10.13187/ejced.2017.2.229>
- Fernández-Batanero, J.M., Montenegro-Rueda, M., & Fernández-Cerero, J. (2022). Use of Augmented Reality for Students with Educational Needs: A Systematic Review (2016-2021). *Societies*, 12(36). <https://doi.org/10.3390/soc12020036>
- Fernández-López, Á., Rodríguez-Fórtiz, M. J., Rodríguez-Almendros, M. L., Martínez-Segura, M. J. (2013). Mobile learning technology based on iOS devices to support students with special education needs. *Computers & Education*, 61, 77-90. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.09.014>
- Feynman, R. P., Leighton, R. D., & Sands, M. (1963). *The Feynman lectures on physics: Vol. 1*. Menlo Park, CA: Addison-Wesley.
- Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2016). Eight Ways to Promote Generative Learning. *Educational Psychology Review*, 28(4), 717-741. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9348-9>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(23), 8410-8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>
- Gaddis, B. A., & Schoffstall, A. M. (2007). Incorporating guided-inquiry learning into the organic chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 84(5), 848-851. <https://doi.org/10.1021/ed084p848>
- Garzón, J., Kinshuk, Baldiris, S., Gutiérrez, J., & Pavón, J. (2020). How do pedagogical approaches affect the impact of augmented reality on education? A meta-analysis

- and research synthesis. *Educational Research Review*, 100334. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100334>
- Gast, L. D., & Ledford, R. J. (2014). *Single case design methodology: Applications in Special Education and Behavioral Sciences*. Routledge.
- Georgiou, Y., & Kyza, E. A. (2018). Relations between student motivation, immersion and learning outcomes in location-based augmented reality settings. *Computers in Human Behavior*, 89, 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.08.011>
- Gersten, R., & Edyburn, D. (2007). Defining quality indicators for special education technology research. *Journal of Special Education Technology*, 22(3), 3–18. <https://doi.org/10.1177/016264340702200302>
- Gersten, R., Fuchs, L. S., Compton, D., Coyne, M., Greenwood, C., & Innocenti, M. S. (2005). Quality indicators for group experimental and quasi-experimental research in special education. *Exceptional Children*, 71(2), 149–164. <https://doi.org/10.1177/001440290507100202>
- Giasiranis, S., & Sofos, L. (2017). Flow experience and educational effectiveness of teaching informatics using AR. *Journal of Educational Technology & Society*, 20(4), 78–88.
- Gilson, C. B., Carter, E. W., & Biggs, E. E. (2017). Systematic review of instructional methods to teach employment skills to secondary students with intellectual and developmental disabilities. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*, 42, 89-107. <https://doi.org/10.1177/1540796917698831>
- Gómez-Puerta, M., Chiner, E., Melero-Pérez, P., & Lledó, G. L. (2019). Research review on augmented reality as an educational resource for people with intellectual disabilities. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 1(2), 473-486.
- Goodsell, D. S., & Jenkinson, J. (2018). Molecular Illustration in Research and Education: Past, Present, and Future. *Journal of Molecular Biology*. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2018.04.043>
- Gopalan, V., Bakar, J. A. A. & Zulkifli, A. N. (2023). Systematic literature review on critical success factors in implementing augmented reality for science learning environment (2006–2021). *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11613-y>
- Greene, A., & Bethune, K. S. (2019). The Effects of Systematic Instruction in a Group Format to Teach Science to Students with Autism and Intellectual Disability. *Journal of Behavioral Education* 30(1). <https://doi.org/10.1007/s10864-019-09353-6>
- Greer, D. L., Crutchfield, S. A., & Woods, K. L. (2013). Cognitive theory of multimedia learning, instructional design principles, and students with learning disabilities in computer-based and online learning environments. *Journal of Education*, 193(2), 41–50. <https://doi.org/10.1177/002205741319300205>
- Grossen, B., Carnine, D., Romance, N., Vitale, M. (2011). Effective strategies for teaching science. In *Effective Teaching Strategies That Accommodate Diverse Learners*, 4th ed.; Coyne, M.D., Kame'enui, E.J., Carnine, D.W., Eds.; Pearson Education: Upper Saddle River, NJ, USA, (pp. 181–212).
- Grubert, J., Langlotz, T., Zollmann, S., & Regenbrecht, H. (2017). Towards Pervasive Augmented Reality: Context-Awareness in Augmented Reality. *IEEE Transactions*

- on *Visualization and Computer Graphics*, 23(6), 1706-1724. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2016.2543720>
- Gun, E. T., & Atasoy, B. (2017). The effects of augmented reality on elementary school students' spatial ability and academic achievement. *Education and Science*, 42(191), 31-51.
- Hackman, H. W. (2008). Broadening the pathway to academic success: The critical intersections of social justice education, critical multicultural education, and universal instructional design. In J. L. Higbee, & E. Goff (Eds.), *Pedagogy and student services for institutional transformation: Implementing universal design in higher education* (pp. 25-48). Minneapolis: Center for Research on Developmental Education and Urban Literacy, University of Minnesota.
- Hammond, D., & Gast, D. (2010). Descriptive Analysis of Single Subject Research Designs: 1983-2007. *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities*, 45(2) 187-202. <http://www.jstor.org/stable/23879806>
- Haneghan, J. P. V., & Turner, L. A. (2001). Information processing and motivation in people with mental retardation. In H. N. Switzky (Ed.), *Personality and motivational differences in persons with mental retardation* (pp. 319-371). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Harish, J., Kumar, K., & Raja, D., W (2013). Bringing ICT to teach science education for students with *learning difficulties*. *Journal of School Educational Technology*, 8(4), 1-5. <https://doi.org/10.26634/JSCH.8.4.2245>
- Harn, B., Parisi, D., & Stoolmiller, M. (2013). Balancing fidelity with flexibility and fit: What do we really know about fidelity of implementation in schools? *Exceptional Children*, 79, 181-193. <https://doi.org/10.1177/001440291307900204>
- Harris, J. C. (2014). New classification for neurodevelopmental disorders in DSM-5. *Current Opinion in Psychiatry*, 27(2), 95-97. <https://doi.org/10.1097/YCO.000000000000042>
- Harris, K. R., & Graham, S. (1994). Constructivism: Principles, Paradigms, and Integration. *The Journal of Special Education*, 28(3), 233-247. <https://doi.org/10.1177/002246699402800301>
- Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C. P., Deca, L., Grangeat, M., ... & Welzel-Breuer, M. (2015). Science education for responsible citizenship (No. EUR 26893). Report to the European Commission of the expert group on science education. *Brussels: European Commission-Research and Innovation*.
- Heeter, C. (1992). Being There: The subjective experience of Presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(2), 262-271.
- Henry, L. & MacLean, M. (2002). Working Memory Performance in Children With and Without Intellectual Disabilities. *American Journal of Mental Retardation*, 107(6), 421-432.
- Herron, M. D. (1971). *Then nature of scientific inquiry*. In The teaching of science, eds. J.J. Schwab and P.F. Brandwein, 3-103. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, Welch VA (editors). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* version 6.3 (updated February 2022). Cochrane, 2022. Available from [www.training.cochrane.org/handbook](http://www.training.cochrane.org/handbook)

- Higgins J. P. T., Green S. (eds). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* Version 5.1.0 [updated March 2011]. The Cochrane Collaboration, 2011. Available from <http://handbook.cochrane.org>.
- Higher Education Opportunity Act (2008). Pub. L. No. 110–315 § 122 STAT. 3078.
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2009). The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4, 275-288.
- 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>
- Howard, M., C., & Davis, M. M. (2022). A meta-analysis and systematic literature review of mixed reality rehabilitation programs: Investigating design characteristics of augmented reality and augmented virtuality. *Computers in Human Behavior*, 130, 107197. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107197H.G>.
- Hsiao, K-F., Chen, N-S., & Huang, S-Y. (2011). Learning while exercising for science education in augmented reality among adolescents. *Interactive Learning Environments*, 20, 331–349.
- Huang, T-C., Chen, C-C., & Chou, Y-W. (2016). Animating eco-education: To see, feel, and discover in an augmented reality-based experiential learning environment. *Computers & Education*, 96, 72–82.
- Hudson, M. E., Browder, D. M., & Wood, L. A. (2013). Review of Experimental Research on Academic Learning by Students with Moderate and Severe Intellectual Disability in General Education. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*, 38(1), 17–29. <https://doi.org/10.2511/027494813807046926>
- Hudson, M. E., & Test, D. W. (2011). Evaluating the evidence base of shared story reading to promote literacy for students with extensive support needs. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*, 36, 34-45. <https://doi.org/10.2511/rpsd.36.1-2.34>
- Hwang, G-J., Wu, P-H., Chen, C-C., & Tu, N-T. (2016). Effects of an augmented reality-based educational game on students' learning achievements and attitudes in real-world observations. *Interactive Learning Environments*, 24(8), 1895–1906.
- Ibáñez, M. B., Di Serio, A., Villarán, D., & Kloos, C. D. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education*, 71, 1–13.
- Ibáñez, M.B., Di Serio, A., Villarán, D., & Delgado-Kloos, C. (2016). The acceptance of learning augmented reality environments: A case study. In J. M. Spector, C-C. Tsai, D. G. Sampson, Kinshuk, R. Huang, N-S. Chen & P. Resta (eds.), *Proceedings of the 16th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)* (pp. 307- 311). Austin, TX, USA: IEEE.
- Ibáñez-Espiga, M., Portillo, A.U., Zatarain-Cabada, R., & Barrón Estrada, M.L. (2020). Impact of augmented reality technology on academic achievement and motivation of students from public and private Mexican schools. A case study in a middle-school geometry course. *Computers & Education*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103734>
- Ibáñez, M. B., Di-Serio, Á., Villarán-Molina, D., & Delgado-Kloos, C. (2014). Augmented Reality-Based Simulators as Discovery Learning Tools: An Empirical Study. In

- IEEE *Transactions on Education*, 58(3), pp. 208-213. <https://doi.org/10.1109/TE.2014.2379712>
- Iatraki, G., Delimitros, M., Vrellis, I., & Mikropoulos, T. A. (2021). Augmented and virtual environments for students with intellectual disability: design issues in Science Education. In 2021 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), Tartu, Estonia (online), 381-385. <https://doi.org/10.1109/ICALT52272.2021.00122>
- Iatraki, G., Mallidis-Malessas, P., Mikropoulos, T.A. (2020). Digital learning objects support grade-aligned Physics instruction for high school students with mild intellectual disability. In Pereira, A., Ribera, M., Yang C.-K. (Eds.), *Proceedings of the 9th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion*, 213-218. ACM.
- Iatraki, G., & Soulis, S.-G. (2021). A Systematic Review of Single-Case Research on Science-Teaching Interventions to Students with Intellectual Disability or Autism Spectrum Disorder. *Disabilities*. 1(3), 286-300. <https://doi.org/10.3390/disabilities1030021>
- Iftene, A., & Trandabăț, D. (2018). Enhancing the Attractiveness of Learning through Augmented Reality. *Procedia Computer Science*, 126, 166–175. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.220>
- Individuals With Disabilities Education Improvement (2004). 20 U.S.C. §1400, H.R. 1350.
- International Standard Classification of Education (2015). Fields of education and training 2013 (ISCEDF 2013)-Detailed field descriptions. UNESCO Institute for Statistics.
- Israel, M., Wherfel, Q. M., Pearson, J., Shehab, S., & Tapia, T. (2015). Empowering K–12 Students With Disabilities to Learn Computational Thinking and Computer Programming. *TEACHING Exceptional Children*, 48(1), 45–53. <https://doi.org/10.1177/0040059915594790>
- James, W., Cooney, J.H., Chini, J.J., Vasquez W., & Schreffler, J. (2021). Using Universal Design for Learning to Support Students with Disabilities in a SCALE-UP Physics Course. *The Physics Teacher* 59, 320. <https://doi.org/10.1119/10.0004878>
- Jameson, J., McDonnell, J., Polychronis, S., & Riesen, T. (2008). Embedded constant time delay instruction by peers without disabilities in general education classroom and one to one massed practice instruction in the special education classroom. *Education and Treatment of Children*, 30, 23-44.
- Jdaitawi, M., Kan'an, A., Rabab'h, B., Alsharoa, A., Johari, M., Alashkar, W., Elkilany, A., & Abas, A. (2022). The Importance of Augmented Reality Technology in Science Education: A Scoping Review, *International Journal of Information and Education Technology*, 12(9), 956-963. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2022.12.9.1706>
- Jdaitawi, M. T., & Kan'an, A. F. (2022). A Decade of Research on the Effectiveness of Augmented Reality on Students with Special Disability in Higher Education. *Contemporary Educational Technology*, 14(1), ep332. <https://doi.org/10.30935/cedtech/11369>
- Jiménez, Z. A. (2019). Teaching and Learning Chemistry via Augmented and Immersive Virtual Reality. *ACS Symposium Series*, 31–52. <https://doi.org/10.1021/bk-2019-1318.ch003>
- Jimenez, B. A., Browder, D. M., Spooner, F., & Dibiase, W. (2012). Inclusive Inquiry Science Using Peer-Mediated Embedded Instruction for Students with Moderate



- Intellectual Disability. *Exceptional Children*, 78(3), 301–317. <https://doi.org/10.1177/001440291207800303>
- Jimenez, B., Browder, D., & Courtade, G. (2010). An exploratory study of self-directed science concept learning by students with moderate intellectual disabilities. *Research & Practice for Persons with Severe Disabilities*, 34(2), 33–46. <https://doi.org/10.2511/rpsd.34.2.33>
- Jimenez, B., Lo, Y., & Saunders, A. (2014). The additive effects of scripted lessons plus guided notes on science quiz scores of students with intellectual disability and autism. *The Journal of Special Education*, 47(4), 231–244. <https://doi.org/10.1177/0022466912437937>
- Johnson, P. (2013). How Students' Understanding of Particle Theory Develops: A Learning Progression. In *Concepts of Matter in Science Education* (pp. 47–67). Springer. Retrieved from [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-5914-5\\_3](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-5914-5_3)
- Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a "basic" particle theory: a longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393–412. <https://doi.org/10.1080/0950069980200402>
- Johnson, L., Adams, S., & Cummins, M. (2012). *NMC horizon report: 2012 k (12 edition)*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Johnson, P., & Papageorgiou, G. (2010). Rethinking the introduction of particle theory: a substance-based framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(2), 130–150.
- Kamarainen, A., Reilly, J.M., Metcalf, S., Grotzer, T.A., & Dede, C. (2018). Using Mobile Location-Based Augmented Reality to Support Outdoor Learning in Undergraduate Ecology and Environmental Science Courses. *Bulletin of The Ecological Society of America*, 99, 259-276.
- Kang, Y., & Chang, Y. (2019). Using an augmented reality game to teach three junior high school students with intellectual disabilities to improve ATM use. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 33(3), 409-419.
- Karimi, H., Dias, M., Pearlman, J., Zimmerman, G. (2014). Wayfinding and Navigation for People with Disabilities Using Social Navigation Networks. *EAI Endorsed Transactions on Collaborative Computing*, 1(2), e5. <https://doi.org/10.4108/cc.1.2.e5>
- Kastberg, D., Lemanski, N., Murray, G., Niemi, E., & Roey, S. (2017). Technical Report and User Guide for the 2015 Program for International Student Assessment (PISA). (NCES 2017-095). U.S. Department of Education. Washington, DC: National Center for Education Statistics. Retrieved [20.11.2022F] from <http://nces.ed.gov/pubsearch>
- Kay, R. H., & Knaack, L. (2005). Developing learning objects for secondary school students: A multi-component model Interdisciplinary. *Journal of Knowledge and Learning Objects*, 1, 229-254. <https://www.learntechlib.org/p/44878/>
- Kaya, O. S., & Bicen, H. (2019). Study of augmented reality applications use in education and its effect on the academic performance. *International Journal of Distance Education Technologies*, 17(3), 25–36. <https://doi.org/10.4018/IJDET.2019070102>
- Kazdin, A. (1982). *Single-Case Research Designs*. Oxford University Press, New York.

- Kazdin, A. E. (2008). Evidence-based treatment and practice: New opportunities to bridge clinical research and practice, enhance the knowledge base, and improve patient care. *American Psychologist*, 63(3), 146-159.
- Kazdin, A. E. (2021). Single-case experimental designs: Characteristics, changes, and challenges. *Journal of the experimental analysis of behavior*. <https://doi.org/10.1002/jeab.638>
- Khan, T. M. (2010). The effects of multimedia learning on children with different special education needs. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 4341-4345. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.690>
- 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>
- Kellum's, 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*. <https://doi.org/10.1177/2165143418822800>
- Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S., & Lilienthal, M.G. (1993). Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203-220.
- Khalaf, B. K., & Zin, Z. B. M. (2018). Traditional and Inquiry-Based Learning Pedagogy: A Systematic Critical Review. *International Journal of Instruction*, 11(4), 545-564. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.11434a>
- King-Sears, M. E., Johnson, T. M., Berkeley, S., Weiss, M. P., Peters-Burton, E. E., Evmenova, A. S., Menditto, A., & Hursh, J. C. (2015). An exploratory study of universal design for teaching chemistry to students with and without disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 38(2), 84-96. <https://doi.org/10.1177/0731948714564575>
- Kiraly, D. (2017). Project-based learning: A case for situated translation. *Meta: Journal des traducteurs/Translators' Journal*, 50(4), 1098-1111.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006) Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching, *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102\\_1](https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1)
- Kleinert, H., Browder, D., & Towles-Reeves, E. (2009). Models of Cognition for Students With Significant Cognitive Disabilities: Implications for Assessment. *Review of Educational Research*, 79(1), 301-326.
- Knight, V., Spooner, F., Browder, D., Smith, B., & Wood, C. (2013). Using systematic instruction and graphic organizers to teach science concepts to students with Autism Spectrum Disorders and Intellectual Disability. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 28(2), 115-126.
- Knight, V. F., Wood, C. L., Spooner, F., Browder, D. M., & O'Brien, C. P. (2015). An exploratory study using science eTexts with students with autism spectrum disorder. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 30(2), 86-99. <https://doi.org/10.1177/1088357614559214>
- Knight, V., Creech-Galloway, C., Karl, J., & Collins, B. (2017). Evaluating supported etext to teach science to high school students with moderate intellectual disability. *Focus*

- on Autism and Other Developmental Disabilities, 1–10. <https://doi.org/10.1177/1088357617696273>
- Knight, V. F., Collins, B., Spriggs, A. D., Sartini, E., & MacDonald, M. J. (2018). Scripted and Unscripted Science Lessons for Children with Autism and Intellectual Disability. *Journal of autism and developmental disorders*, 48(7), 2542–2557. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3514-0>
- Knight, V., Kuntz, E., & Brown, M. (2018). Paraprofessional-delivered video prompting to teach academics to students with severe disabilities in inclusive settings. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 48(6), 2203–2216. <https://doi.org/10.1007/s10803-018-3476-2>
- Knight, V. F., Wood, L., McKissick, B. R., & Kuntz, E. M. (2020). Teaching Science Content and Practices to Students With Intellectual Disability and Autism. *Remedial and Special Education*, 41(6), 327–340. <https://doi.org/10.1177/0741932519843998>
- Koltun, W. L. (1965). Precision space-filling atomic models. *Biopolymers*, 3(6), 665–679. <https://doi.org/10.1002/bip.360030606>
- Köse, H., Güner-Yildiz, N. (2021). Augmented reality (AR) as a learning material in special needs education. *Education and Information Technologies*, 26(2), 1921–1936. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10326-w>
- Κώτσης, Κ. Θ. (2011). *Ερευνητική προσέγγιση του διαχρονικού χαρακτήρα των εναλλακτικών ιδεών στη διδακτική της Φυσικής*. Ιωάννινα.
- Koutromanos, G., Mavromatidou, E. (2021). Augmented Reality Books: What Student Teachers Believe About Their Use in Teaching. In: Tsiatsos, T., Demetriadis, S., Mikropoulos, A., Dagdilelis, V. (eds) *Research on E-Learning and ICT in Education*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-64363-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-64363-8_5)
- Koutromanos, G., Sofos, A., & Avraamidou, L. (2015) The use of augmented reality games in education: a review of the literature. *Educational Media International*, 52(4), 253–271. <https://doi.org/10.1080/09523987.2015.1125988>
- Kozma, R. B. (1994). Will media influence learning? Reframing the debate. *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 7–19. <https://doi.org/10.1007/bf02299087>
- Kratochwill, T. R., Hitchcock, J., Horner, R. H., Levin, J. R., Odom, S. L., Rindskopf, D. M & Shadish, W. R. (2010). *Single-case designs technical documentation*. Retrieved from What Works Clearinghouse website: [http://ies.ed.gov/ncee/wwc/pdf/wwc\\_scd.pdf](http://ies.ed.gov/ncee/wwc/pdf/wwc_scd.pdf).
- Kratochwill, T. R., Hitchcock, J. H., Horner, R. H., Levin, J. R., Odom, S. L., Rindskopf, D. M., & Shadish, W. R. (2013). Single-Case Intervention Research Design Standards. *Remedial and Special Education*, 34(1), 26–38. <https://doi.org/10.1177/0741932512452794>
- Krasny-Pacini, A., & Evans, J. (2018). Single-case experimental designs to assess intervention effectiveness in rehabilitation: A practical guide. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 61(3), 164–179. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2017.12.002>
- Krnel, D., Watson, R., & Glazar, S. A. (1998). Survey of research related to the development of the concept of ‘matter.’ *International Journal of Science Education*, 20(3), 257–289.

- Kruit, P. M., Oostdam, R. J., van den Berg, E., & Schuitema, J. A. (2018). Assessing students' ability in performing scientific inquiry: instruments for measuring science skills in primary education, *Research in Science & Technological Education*, 36(4), 413-439. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1421530>
- Kukulska-Hulme, A. (2009). Will mobile learning change language learning? *ReCALL*, 21(2), 157-165. <https://doi.org/10.1017/S0958344009000202>
- Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. *Science Education*, 94(5), 810-824. <https://doi.org/10.1002/sce.20395>
- Kuhn, D., & Pease, M. (2008). What Needs to Develop in the Development of Inquiry Skills?, *Cognition and Instruction*, 26(4), 512-559. <https://doi.org/10.1080/07370000802391745>
- Kuntz, E. M., & Carter, E. W. (2019). Review of Interventions Supporting Secondary Students with Intellectual Disability in General Education Classes. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*, 44(2), 103–121. <https://doi.org/10.1177/1540796919847483>
- Lai, A. F., Chen, C. H., & Lee, G. Y. (2019). An augmented reality-based learning approach to enhancing students' science reading performances from the perspective of the cognitive load theory. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 232–247. <https://doi.org/10.1111/bjet.12716>
- Lane, J. D., & Gast, D. L. (2014). Visual analysis in single case experimental design studies: brief review and guidelines. *Neuropsychological rehabilitation*, 24(3-4), 445–463. <https://doi.org/10.1080/09602011.2013.815636>
- Lannan, A., Chini, J.J., & Scanlon, E. (2021). Resources for Supporting Students With and Without Disabilities in Your Physics Courses. *The Physics Teacher*, 59, 192. <https://doi.org/10.1119/10.0003662>
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 71–94. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1098-237x\(200001\)84:1<71::aid-sce6>3.0.co;2-c](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-237x(200001)84:1<71::aid-sce6>3.0.co;2-c)
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning: Effects of Guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Lederman, N. G., Lederman, J. S. (2019). Teaching and learning nature of scientific knowledge: Is it Déjà vu all over again?. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(6). <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0002-0>
- Lederman, J. S. (2008). Teaching Scientific Inquiry: Exploration, Directed, Guided, and Opened-Ended Levels. Ανακτήθηκε από [http://www.ngspscience.com/profdev/Monographs/SCL22-0439A\\_SCI\\_AM\\_Lederman\\_lores.pdf](http://www.ngspscience.com/profdev/Monographs/SCL22-0439A_SCI_AM_Lederman_lores.pdf) (17.12.2022)
- Ledford, J. R., & Gast, D. L. (2018). *Single Case Research Methodology: Applications in Special Education and Behavioral Science (3rd ed.)*. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315150666>
- Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D., & Blakeslee, T. D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 249–270. <https://doi.org/10.1002/tea.3660300304>

- Lemke, M., Williams, T., Roey, S., Smith, C., Kastberg, D., Jocelyn, L., Ferraro, D. (2003). The Program for International Student Assessment (PISA) 2003 Data Analysis User's Guide. (NCES 2007-048).
- LeRoy, B. W., Samuel, P., Deluca, M., & Evans, P. (2018). Students with special educational needs within PISA. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 1–11. <https://doi.org/10.1080/0969594x.2017.1421523>
- Lin, C.-Y., & Chang, Y.-M. (2015). Interactive augmented reality using Scratch 2.0 to improve physical activities for children with developmental disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 37, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.10.016>
- Lin, H.-C. K., Chen, M.-C., & Chang, C.-K. (2015). Assessing the effectiveness of learning solid geometry by using an augmented reality-assisted learning system. *Interactive Learning Environments*, 23(6), 799–810.
- Lin, H. C., & Hwang, G. J. (2018). Research trends of flipped classroom studies for medical courses: A review of journal publications from 2008 to 2017 based on the technology-enhanced learning model. *Interactive Learning Environments*, 27(8), 1011–1027. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1467462>
- Lindsay, S., Cagliostro, E., & Carafa, G. (2018). A Systematic Review of Barriers and Facilitators of Disability Disclosure and Accommodations for Youth in Post-Secondary Education. *International Journal of Disability, Development and Education*, 65(5), 526-556, <https://doi.org/10.1080/1034912X.2018.1430352>
- Liu, X., (2013). Expanding Notions of Scientific Literacy: A Reconceptualization of Aims of Science Education in the Knowledge Society, In: Mansour, N., Wegerif, R. (Eds.), *Science Education for Diversity: Theory and Practice*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 23–39. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4563-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4563-6_2)
- Liu, C., Zowghi, D., Kearney, M., & Bano, M. (2020). Inquiry-based mobile learning in secondary school science education: A systematic review. *Journal of Computer Assisted Learning*. <https://doi.org/10.1111/jcal.12505>
- Liu, X., & Lesniak, K. M. (2005). Students' progression of understanding the matter concept from elementary to high school. *Science Education*, 89(3), 433–450. <https://doi.org/10.1002/sce.20056>
- Lombard, M., Ditton, T., Weinstein, L., & Temple (2009). 1 Measuring Presence : The Temple Presence Inventory. Available: [http://www.temple.edu/ispr/prev\\_conferences/proceedings/2009/Lombard et al.pdf](http://www.temple.edu/ispr/prev_conferences/proceedings/2009/Lombard_et_al.pdf)
- Lou, Y., Blanchard, P., & Kennedy, E. (2015). Development and Validation of a Science Inquiry Skills Assessment. *Journal of Geoscience Education*, 63(1), 73-85. <https://doi.org/10.5408/14-028.1>
- Love, M. L., Baker, J. N., & Devine, S. (2019). Universal design for learning: supporting college inclusion for students with intellectual disabilities. *Career Development and Transition for Exceptional Individuals*, 42(2), 122–127. <https://doi.org/10.1177/2165143417722518>
- Mäehler, C., & Schuchardt, K. (2016). The importance of working memory for school achievement in primary school children with intellectual or learning disabilities. *Research in Developmental Disabilities* 58, 1–8.
- Mäeots, M., Pedaste, M., & Sarapuu, T. (2008). Transforming Students' Inquiry Skills with Computer-Based Simulations. Eighth IEEE International Conference on Advanced

- Learning Technologies, Santander, Spain, (pp. 938-942). <https://doi.org/10.1109/ICALT.2008.239>
- Mallidis-Malessas, P., Iatraki, G., & Mikropoulos, T. A. (2021). Teaching Physics to Students With Intellectual Disabilities Using Digital Learning Objects. *Journal of Special Education Technology*, 37(4). <https://doi.org/10.1177/01626434211054441>
- Mann, S., Furness, T., Yuan, Y., Lorio, J., & Wang, Z. (2018). All reality: virtual, augmented, mixed (X), mediated (X,Y), and multimediated reality. Retrieved December 2, 2022, from Cornell University, arXiv website: <https://arxiv.org/abs/1804.08386>
- 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. <http://dx.doi.org/10.1007/s10639-018-9690-x>
- Manzoor, M., & Vimarlund, V. (2018). Digital technologies for social inclusion of individuals with disabilities. *Health and technology*, 8(5), 377–390. <https://doi.org/10.1007/s12553-018-0239-1>
- Margel, H., Eylon, B.-S., & Scherz, Z. (2007). A longitudinal study of junior high school students' conceptions of the structure of materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 132–152. <https://doi.org/10.1002/tea.20214>
- Margunayasa, I G., Dantes, N., Marhaeni, A.A.I.N., & Suastra, I W. (2019). The Effect of Guided Inquiry Learning and Cognitive Style on Science Learning Achievement. *International Journal of Instruction*, 12(1), 737-750.
- Marino, M. T., Gotch, C. M., Israel, M., Vasquez, E., Basham, J. D., & Becht, K. (2014). UDL in the middle school science classroom: Can video games and alternative text heighten engagement and learning for students with learning disabilities? *Learning Disability Quarterly*, 37(2), 87–99. <https://doi.org/10.1177/0731948713503963>
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining Inquiry, exploring the many types of inquiry in the science classroom. *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.
- Martin, S., Diaz, G., Sancristobal, E., Gil, R., Castro, M., & Peire, J. (2011). New technology trends in education: Seven years of forecasts and convergence. *Computers & Education*, 57(3), 1893-1906.
- Mastropieri, M. A., Scruggs, T. E., Boon, R., & Carter, K. B. (2001). Correlates of inquiry learning in science: Constructing concepts of density and buoyancy. *Remedial and Special Education*, 22(3), 130–137. <https://doi.org/10.1177/074193250102200301>
- Mastropieri, M. A., & Scruggs, T. E. (1994). Text-based vs. activities-oriented science curriculum: Implications for students with disabilities. *Remedial and Special Education*, 15, 72-85.
- Mastropieri, M. A., & Scruggs, T. E. (1992). Science for Students With Disabilities. *Review of Educational Research*, 62(4), 377–411. <https://doi.org/10.3102/00346543062004377>
- Mastropieri, M. A., Scruggs, T. E., & Butcher, K. (1997). How effective is inquiry learning for students with mild disabilities? *The Journal of Special Education*, 31(2), 199–211. <https://doi.org/10.1177/002246699703100203>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>

- Mayer R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. *The American psychologist*, 59(1), 14–19. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.59.1.14>
- Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. *Psychology of Learning and Motivation*, 41, 85–139. [https://doi.org/10.1016/s0079-7421\(02\)80005-6](https://doi.org/10.1016/s0079-7421(02)80005-6)
- Mayer, R. E. (2002). Cognitive theory and the design of multimedia instruction: An example of the two way street between cognition and instruction. *New directions for teaching and learning*, 89, 55–71. <https://doi.org/10.1002/tl.47>
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>
- Mayer, R. E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions?, *Educational Psychologist*, 32(1), 1-19. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep3201\\_1](https://doi.org/10.1207/s15326985ep3201_1)
- Mayer, R. (1987). *Educational psychology: A cognitive approach*. Scott Foresman & Co.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43–52. [https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801\\_6](https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_6)
- McDermott, L. C. (1993). Guest Comment: How we teach and how students learn—A mismatch? *American Journal of Physics*, 61(4), 295–298. <https://doi.org/10.1119/1.17258>
- McDermott, L. C. (1996). *Physics by Inquiry: An Introduction to the Physical Sciences*. John Wiley & Sons, New York, NY.
- McDermott, L.C., Shaffer, P.S., & Constantinou, C.P. (2000). Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry. *Physics Education*, 35, 411. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/35/6/306>
- McKissick, B., Spooner, F., Wood, C., & Diegelman, K. (2013). Effects of computer-assisted explicit instruction on map-reading skills for students with autism. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7, 1653–1662. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2013.09.013>
- McKissick, B., Davis, L., Spooner, F., Fischer, L., & Graves, C. (2018). Using computer-assisted instruction to teach science vocabulary to students with Autism Spectrum Disorder and Intellectual Disability. *Rural Special Education Quarterly*, 1-12. <https://doi.org/10.1177/8756870518784270>
- McMahon, D., Cihak D., Wright R., & Bell, S., (2016). Augmented reality for teaching science vocabulary to postsecondary education students with Intellectual Disabilities and Autism. *Journal of Research on Technology in Education*, 48, 38–56. <https://doi.org/10.1080/15391523.2015.1103149>
- McMahon, D., Cihak, D., & Wright, R. (2015). Augmented reality as a navigation tool to employment opportunities for postsecondary education students with intellectual disabilities and autism. *Journal of Research on Technology in Education*, 47, 157–172. <https://doi.org/10.1080/15391523.2015.1047698>
- Mechling, L. (2011). Review of twenty-first century portable electronic devices for persons with moderate intellectual disabilities and autism spectrum disorders. *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities*, 46, 479-498.
- Meyerson, P., & Secules, T. (2001). Inquiry Cycles Can Make Social Studies Meaningful Learning about the Controversy in Kosovo. *The Social Studies*, 92(6), 267-271. <https://doi.org/10.1080/00377990109604014>

- Mikropoulos, T.A., Delimitros, M., Gaintatzis, P., Iatraki, G., Stergiouli, A., Tsiara A., & Kalyvioti, K. (2020). Acceptance and user experience of an augmented reality system for the simulation of sensory overload in children with autism. In D. Economou, A. Klippel, H. Dodds, A. Peña-Rios, M. J. W. Lee, D. E. Beck, J. Pirker, A. Dengel, T. M. Peres & J. Richter (eds.), *Proceedings of the 6th International Conference of the Immersive Learning Research Network-iLRN 2020* (pp. 86-92). Immersive Learning Research Network, IEEE.
- Mikropoulos, T., & Iatraki, G. (2022). Digital technology supports science education for students with disabilities: A systematic review. *Education and Information Technologies*.
- Mikropoulos, A., Delimitros, M., & Koutromanos, G. (2022). Investigating the Mobile Augmented Reality Acceptance Model with Pre-Service Teachers. 8th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN), Vienna, Austria, 2022, pp. 1-8. <https://doi.org/10.23919/iLRN55037.2022.9815972>
- Mikropoulos, T., & Natsis, A. (2011). Educational Virtual Environments: A Ten-Year Review of Empirical Research (1999-2009). *Computers & Education*, 56, 769-780. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.020>
- Millar, R. (2006). Twenty First Century Science: Insights from the Design and Implementation of a Scientific Literacy Approach in School Science. *International Journal of Science Education*, 28, 1499-1521. <https://doi.org/10.1080/09500690600718344>
- Miller, B., Krockover, G., & Doughty, T. (2013). Using iPads to teach inquiry science to students with a moderate to severe intellectual disability: A pilot study. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(8), 887-911. <https://doi.org/10.1002/tea.21091>
- Minner, D., Levy, A., & Century, J. (2010). Inquiry-Based Science Instruction—What Is It and Does It Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474-496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The, P. R. I. S. M. A. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: *The PRISMA Statement*. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., et al. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4(1), 1.
- Montoya-Rodríguez, M. M., de Souza Franco, V., Tomás Llerena, C., Molina Cobos, F. J., Pizarrossa, S., García, A. C., & Martínez-Valderrey, V. (2022). Virtual reality and augmented reality as strategies for teaching social skills to individuals with intellectual disability: A systematic review. *Journal of intellectual disabilities*. <https://doi.org/10.1177/17446295221089147>
- Moore, E. J., & Schelling, A. (2015). Postsecondary inclusion for individuals with and intellectual disability and its effects on employment. *Journal of Intellectual Disabilities*, 19, 130-148. <https://doi.org/10.1177/1744629514564448>



- Moreno, R., & Mayer, R. (2007). Interactive multimodal learning environments. *Educational Psychology Review*, 19, 309–326. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>
- Morell, L., Collier, T., Black, P., & Wilson, M. (2017). A construct-modeling approach to develop a learning progression of how students understand the structure of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(8), 1024–1048. <https://doi.org/10.1002/tea.21397>
- Morningstar, M. E., Kurth, J. A., & Johnson, P. E. (2016). Examining national trends in educational placements for students with significant disabilities. *Remedial and Special Education*, 38(1), 3-12. <https://doi.org/10.1177/0741932516678327>
- Morris, J. R., Hughes, E. M., Stocker, J. D., & Davis, E. S. (2022). Using Video Modeling, Explicit Instruction, and Augmented Reality to Teach Mathematics to Students With Disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 45(4), 306–319. <https://doi.org/10.1177/07319487211040470>
- Muhaidat, F., Alashkar, W., Jdaitawi, M., Abu-Joudeh, M., Hussein, E., Rabab'h, B., Kan'an, A., & Talafha, F. (2022). A Meta Analysis on Augmented Reality Application for Individuals with Intellectual Disability, *International Journal of Information and Education Technology* 12(9), 970-976.
- Munnerley, D., Bacon, M., Wilson, A. G., Steele, J., Hedberg, J., & Fitzgerald, R. N. (2012). Confronting an augmented reality. *Research in Learning Technology*, 20.
- Nakhleh, M. B., Samarapungavan, A., & Saglam, Y. (2005). Middle school students' beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 581–612. <http://doi.org/10.1002/tea.20065>
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science education Standards*. Washington, D.C: National Academy Press.
- National Research Council. (2011). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- 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>
- National Research Council (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. The National Academies Press.
- National Research Council (2014). *Developing Assessments for the Next Generation Science Standards*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18409>
- National Center for Education Statistics (NCES) (2019). *The condition of education 2019 (NCES 2019-144)*. U.S. Department of Education.
- National Science & Technology Council (2018). *Charting a course for success: America's strategy for STEM education*. Washington, DC: Office of Science and Technology Policy.
- National Science Teachers Association (1982). *Science-technology-society: science education for the 1980's (NSTA position statement)*. Washington, DC: National Science Teachers Association.
- National Science Teachers Association (2004). *Science Teacher Preparation*, Arlington, VA: National Science Teachers Association.

- Njoo, M., & De Jong, T. (1993). Exploratory learning with a computer simulation for control theory: Learning processes and instructional support. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 821–844. <https://doi.org/10.1002/tea.3660300803>
- Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things*. New York: Basic Books.
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224–240. <https://doi.org/10.1002/sce.10066>
- Novick, S., & Nussbaum, J. (1978). Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter: An interview study. *Science Education*, 62(3), 273–281. <https://doi.org/10.1002/sce.3730620303>
- Nuić, I., & Glažar, S. A. (2020). The Effect of e-Learning Strategy at Primary School Level on Understanding Structure and States of Matter. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(2), em1823. <https://doi.org/10.29333/ejmste/114483>
- Nouri, J., Cerratto Pargman, T., Rossitto, C., & Ramberg, R. (2014). Learning with or without mobile devices? A comparison of traditional school field trips and inquiry-based mobile learning activities. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 9, 241-262.
- Osborne, R. J., & Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-838. <https://doi.org/10.1002/tea.3660200905>
- Odom, S. L., Brantlinger, E., Gersten, R., Horner, R. H., Thompson, B., & Harris, K. R. (2005). Research in special education: Scientific methods and evidence-based practices. *Exceptional Children*, 71(2), 137–148. <https://doi.org/10.1177/001440290507100201>
- Odom, S., L., (2009). The tie that binds: Evidence-based practice, implementation science, and outcomes for children. *Topics in Early Childhood Special Education*, 29, 53-61.
- OECD (2012). *Equity and Quality in Education: Supporting Disadvantaged Students and Schools*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2017). *Education at a Glance 2017: OECD Indicators*. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/eag-2017-en>
- OECD (2019). PISA 2018 Science Framework. In PISA 2018 Assessment and Analytical Framework (p. 100). Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/f30da688en>
- OECD (2021). *21-st Century Readers: Developing Literacy Skills in a Digital World*. Pisa, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/a83d84cb-en>
- Oigara, J. N. (2018). Integrating virtual reality tools into classroom instruction. In J. Keengwe (Ed.), *Handbook of research on mobile technology, constructivism, and meaningful learning* (pp. 147–159). IGI Global.
- Oliveira, A., Behnagh, R. F., Ni, L., Mohsinah, A. A., Burgess, K. J., & Guo, L. (2019). Emerging technologies as pedagogical tools for teaching and learning science: A literature review. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 1(2), 149–160. <https://doi.org/10.1002/hbe2.141>
- Olson, A., Leko, M., & Roberts, C. (2016). Providing Students With Severe Disabilities Access to the General Education Curriculum. *Research & Practice for Persons with Severe Disabilities*, 41(3), 141-157.

- Orosz, G., Németh, V., Kovács, L., Somogyi, Z., & Korom, E. (2023). Guided inquiry-based learning in secondary-school chemistry classes: a case study. *Chemistry Education Research and Practice*, 24, 50-70. <https://doi.org/10.1039/D2RP00110A>
- Özçalçın, B., & Avcı, F. (2022) Let's get to learn the particulate structure of matter with augmented reality!: a jigsaw IV technique lesson plan, *Science Activities*, 59(2), 68-83. <https://doi.org/10.1080/00368121.2022.2056112>
- Palincsar, A. S., Magnusson, S. J., Collins, K. M., & Cutter, J. (2001). Making Science Accessible to All: Results of a Design Experiment in Inclusive Classrooms. *Learning Disability Quarterly*, 24(1), 15–32. <https://doi.org/10.2307/1511293>
- Pan, Z., Luo, T., Zhang, M., Cai, N., Li, Y., Miao, J., Li, Z., Pan, Z., Shen, Y., & Lu, J. (2022). MagicChem: a MR system based on needs theory for chemical experiments. *Virtual reality*, 26(1), 279–294. <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00560-z>
- Park, J., Bouck, E., & Duenas, A. (2019). The effect of video modeling and video prompting interventions on individuals with Intellectual Disability: A systematic literature review. *Journal of Special Education Technology*, 34(1), 3–16. <https://doi.org/10.1177/0162643418780464>
- Parker, R. I., & Vannest, K. (2009). An improved effect size for single-case research: A review of nine Nonoverlap of all pairs. *Behavior Therapy*, 40(4), 357-367.
- Parsons, L. J. (2003). Book Review: Quantitative Models in Marketing Research. *Journal of Marketing Research*, 40(1), 113–114. <https://doi.org/10.1509/jmkr.40.1.113.19127>
- Parsons, S., Mitchell, P., & Leonard, A. (2004). The use and understanding of virtual environments by adolescents with autistic spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34(4), 449–464. <https://doi.org/10.1023/B:JADD.0000037421.98517.8d>
- Pearson, P. D., Moje, E., & Greenleaf, C. (2010). Literacy and science: Each in the service of the other. *Science*, 328, 459–463. <https://doi.org/10.1126/science.1182595>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L., de Jong, T., Van Riesen, S., Kamp, E., Manoli, C., Zacharia, Z. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of Inquiry-Based Learning: Definitions and the Inquiry Cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Leijen, Ä, & Sarapuu, T., (2012). Improving Students' Inquiry Skills through Reflection and Self-Regulation Scaffolds. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 9(1-2), 81-95. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Pedaste, M., & Sarapuu, T. (2006). Developing an Effective Support System for Inquiry Learning in a Web-Based Environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22, 47-62. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00159.x>
- Peng, H., Su, Y. J., Chou, C., & Tsai, C. C. (2009). Ubiquitous knowledge construction: mobile learning re-defined and a conceptual framework. *Innovations in Education and Teaching International*, 46(2), 171-183. <https://doi.org/10.1080/14703290902843828>
- Piaget, J. (1954). *The Construction of Reality in the Child*. New York: Basic Books. <http://dx.doi.org/10.1037/11168-000>
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1974/1941). *The Child's Construction of Quantity*. London: Routledge & Kegan Paul.

- Polat, E., Cagiltay, K., Aykut, C., & Karasu, N. (2019). Evaluation of a tangible mobile application for students with specific learning disabilities. *Australian Journal of Learning Difficulties*, 24(1), 95–108.
- Polloway, E. A., Patton, J. R., & Marvalin, N., A. (2011). Intellectual and developmental disabilities. In J. M. Kaufman & D. P. Hallahan (Eds.) *Handbook of special education* (pp. 175-186). New York, NY: Routledge.
- Purchase, H. (1998). Defining multimedia. *IEEE MultiMedia*, 5(1), 8–15. <https://doi.org/10.1109/93.664737>
- Quintero, J., Baldiris, S., Rubira, R., Cerón, J., & Velez, G. (2019). Augmented Reality in Educational Inclusion. A Systematic Review on the Last Decade. *Frontiers in Psychology*, 10(1835). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01835>
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1–11.
- 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>
- Rao, K., Ok, M. W., & Bryant, B. R. (2014). A review of research on universal design educational models. *Remedial and Special Education*, 35(3), 153–166. <https://doi.org/10.1177/0741932513518980>
- Rapti, R., Gerogiannis, D., & Soulis, S.-G. (2022). The effectiveness of augmented reality for English vocabulary instruction of Greek students with intellectual disability, *European Journal of Special Needs Education*. <https://doi.org/10.1080/08856257.2022.2045816>
- Rathnakumar, D. (2019). Enhancement of learning science among students with mild intellectual disability employing accessible technology: Feasible or a challenge? *International Journal of Education*, 7(2), 9–14. <https://doi.org/10.34293/education.v7i2.331>
- Rauschnabel, P.A., & Ro, Y.K. (2016). Augmented reality smart glasses: An investigation of technology acceptance drivers. *International Journal of Technology Marketing*, 11(2), 123-148.
- Rizzo, K., & Taylor, J. (2016). Effects of inquiry-based instruction on science achievement of students with disabilities: An analysis of the literature. *Journal of Science Education*, 19(1), 1-16. <https://doi.org/10.14448/jesed.09.0001>
- Roberts, D.A., & Bybee, R.W. (2014). *Scientific Literacy, Science Literacy, and Science Education*. Routledge.
- Rosenshine, B. (1995). Advances in research on instruction. *The Journal of Educational Research*, 88(5), 262–268. <https://doi.org/10.1080/00220671.1995.9941309>
- Renström, L., Andersson, B., & Marton, F. (1990). Students' conceptions of matter. *Journal of Educational Psychology*, 82(3), 555–569. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.3.555>
- Roth, W. M., & Lee, S. (2004). Science education as/for participation in the community. *Science Education*, 88(2), 263–291. <https://doi.org/10.1002/sce.10113>
- Rutherford, F. J. (1964). The role of inquiry in science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(2), 80–84. <https://doi.org/10.1002/tea.3660020204>

- Rutherford, F. J., & Ahlgren, A. (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- Rutland, A. F. & Campbell, R. N. (1996). The relevance of Vygotsky's theory of the 'zone of proximal development' to the assessment of children with intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 40(2), 151-158. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.1996.tb00616.x>
- Saad, S., Dandashi, A., Aljaam, J. M., & Saleh, M. (2015). The multimedia-based learning system improved cognitive skills and motivation of disabled children with a very high rate. *Educational Technology & Society*, 18(2), 366–379.
- Salmi, P. (2005). Wayfinding design: Hidden barriers to universal access. *Implications*, 5, 1-6.
- Sánchez-Serrano, J. L., Jaén-Martínez, A., Montenegro-Rueda, M., & Fernández-Cerero, J. (2020). Impact of the information and communication technologies on students with disabilities. A systematic review 2009–2019. *Sustainability*, 12, 8603. <https://doi.org/10.3390/su12208603>
- Schlosser, R. W., Lee, D., & Wendt, O. (2008). Application of the percentage of non-overlapping data (PND) in systematic reviews and meta-analyses: A systematic review of reporting characteristics. *Evidence-Based Communication Assessment and Intervention*, 2(3), 163-187. <https://doi.org/10.1080/17489530802505412>
- Schuchardt, K., Gebhardt, M., & Mäehler, C. (2010). Working memory functions in children with different degrees of intellectual disability. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(4), 346-353. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.2010.01265.x>
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610–645. <https://doi.org/10.1002/sce.10128>
- Scruggs, T. E., Mastropieri, M. A., & Casto, G. (1987). The Quantitative Synthesis of Single-Subject Research: Methodology and Validation. *Rase*, 8(2), 24-33. <https://doi.org/10.1177/07419325870080020>
- Mastropieri, M. A., & Scruggs, T. E. (1992). Science for Students With Disabilities. *Review of Educational Research*, 62(4), 377–411. <https://doi.org/10.3102/00346543062004377>
- Scruggs, T. E., & Mastropieri, M. A. (2013). PND at 25: Past, present, and future trends in summarizing single-subject research. *Remedial and Special Education*, 34(1), 9-19.
- Scruggs, T. E., & Mastropieri, M. A. (2001). How to summarize single-participant research: Ideas and applications. *Exceptionality*, 9, 227-244. [https://doi.org/10.1207/S15327035EX0904\\_5](https://doi.org/10.1207/S15327035EX0904_5)
- Scruggs, T. E., & Mastropieri, M. A. (1994). The construction of scientific knowledge by students with mild disabilities. *The Journal of Special Education*, 28(3), 307-321. <https://doi.org/10.1177/002246699402800306>
- Scruggs, T. E., Mastropieri, M. A, Bakken, J. P, & Brigham, F.J. (1993). Reading vs. doing: The relative effectiveness of textbook-based and inquiry-oriented approaches to science education. *The Journal of Special Education*, 27(1), 1-15. <https://doi.org/10.1177/002246699302700101>
- Scruggs, T. E., Mastropieri, M. A., Sullivan, G. S., & Hesser, L. S. (1993). Improving Reasoning and Recall: The Differential Effects of Elaborative Interrogation and

- Mnemonic Elaboration. *Learning Disability Quarterly*, 16(3), 233–240. <https://doi.org/10.2307/1511329>
- Scruggs, T. E., Mastropieri, M. A., & Okolo, C. M. (2017). Science and Social Studies for Students With Disabilities. *Focus on Exceptional Children*, 41(2). <https://doi.org/10.17161/foec.v41i2.6835>
- Sharon, A. J., & Baram-Tsabari, A. (2020). Can science literacy help individuals identify misinformation in everyday life? *Science Education*, 104(5), 873–894. <https://doi.org/10.1002/sce.21581>
- Sheehy, K., Garcia-Carrizosa, H., Rix, J., Seale, J., & Hayhoe, S. (2019). Inclusive museums and augmented reality. Affordances, participation, ethics and fun. *The International Journal of the Inclusive Museum*, 12(4), 67–85. <https://doi.org/10.18848/1835-2014/CGP/v12i04/67-85>
- Sheehy, K., Ferguson R., & Clough G. (2014). *Augmented education: bringing real and virtual learning together*. Palgrave Macmillan.
- Siarova, H., Sternadel, D. & Szőnyi, E. (2019). *Research for CULT Committee – Science and Scientific Literacy as an Educational Challenge*, European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels.
- Sickel, J. L. (2019). The Great Media Debate and TPACK: A Multidisciplinary Examination of the Role of Technology in Teaching and Learning. *Journal of Research on Technology in Education*, 51(2), 152-165. <https://doi.org/10.1080/15391523.2018.1564895>
- Sirakaya, M., & Sirakaya, D. A. (2022). Augmented reality in STEM education: a systematic review. *Interactive Learning Environments*, 30(8), 1556-1569. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1722713>
- Skarbez, R., Smith, M., & Whitton, M.C. (2021). Revisiting Milgram and Kishino’s Reality-Virtuality Continuum. *Front. Virtual Real.* 2(647997). <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.647997>
- Smith C. C., Cihak D. F., Kim B., McMahon D. D., Wright R. (2017). Examining augmented reality to improved navigation skills in postsecondary students with intellectual disability. *Journal of Special Education Technology*, 32, 3–11. <https://doi.org/10.1177/01626434166811>
- Smith, P. S., & Plumley, C. L. (2016). *A Review of the Research Literature on Teaching about the Small Particle Model of Matter to Elementary Students*. Chapel Hill, NC: Horizon Research, Inc. <https://www.horizon-research.com/spmlitreview>
- Smith, B., Spooner, F., & Wood, C. (2013). Using embedded computer-assisted explicit instruction to teach science to students with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7, 433–443. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2012.10.010>
- Smith, C. L., Wisner, M., Anderson, C. W., & Krajcik, J. (2006). Focus article: Implications of Research on Children’s Learning for Standards and Assessment: A Proposed Learning Progression for Matter and the Atomic-Molecular Theory. *Measurement: Interdisciplinary Research & Perspective*, 4(1-2), 1–98. <https://doi.org/10.1080/15366367.2006.9678570>
- Snell, M. E. (Ed.). (1978). *Systematic instruction of the moderately and severely handicapped*. Columbus, OH: Merrill.

- Sommerauer P., & Müller O. (2014). Augmented reality in informal learning environments: A field experiment in a mathematics exhibition. *Computers & Education*, 79, 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.013>
- Soulis S.-G. (2018). Human Rights and People with Disability. A Counterpoint. In A. Z. Giotsa, (Ed.), *Human Rights in a Changing World. Research and Applied Approach*, 217-226. New York: Nova Science Publishers.
- Σούλης, Σ.-Γ. (2020). *Σπουδή στη Νοητική Αναπηρία*. Αθήνα: Gutenberg.
- Soykan, E., & Özdamlı, F. (2017). Evaluation of the android software for special needs children. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 13(6), 2683–2699. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01247a>
- Spaulding, L. S. (2009). Best practices and interventions in special education: How do we know what works? *TEACHING Exceptional Children Plus*, 5(3) Article 2. Retrieved [13.02.23] from <http://escholarship.bc.edu/education/tecplus/vol5/iss3/art2>
- Specht, M., Bedek, M., Duval, E., Okada, A., Krassen, S. Parodi, E. Kikis-Papadakis, K, & Strahovnik, V. (2012). WESPOT: Inquiry based learning meets learning analytics. *Proceedings of The Third International Conference on e-Learning, Belgrade Metropolitan University*, (pp. 15–20).
- Spooner, F., McKissick, B. R., & Knight, V. F. (2017). Establishing the state of affairs for evidence-based practices in students with severe disabilities. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*, 42(1), 8-18. <https://doi.org/10.1177/1540796916684896>
- Spooner, F., Knight, V., Browder, D., Jimenez, B., & DiBiase, W. (2011). Evaluating evidence-based practice in teaching science content to students with severe developmental disabilities. *Research & Practice for Persons with Severe Disabilities*, 36, 62–75. <https://doi.org/10.2511/rpsd.36.1-2.62>
- Spooner, F., Knight, V. F., Browder, D. M., & Smith, B. R. (2012). Evidence-based practice for teaching academics to students with severe developmental disabilities. *Remedial and Special Education*, 33, 374–387. <https://doi.org/10.1177/0741932511421634>
- Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (ICD-10, ICD-11)
- Starcic, A. I., & Bagon, S. (2014). ICT-supported learning for inclusion of people with special needs: Review of seven educational technology journals, 1970–2011. *British Journal of Educational Technology*, 45(2), 202–230. <https://doi.org/10.1111/bjet.12086>
- Stavroussi, P., & Karagiannidis, C. (2020). Assisting Students with Intellectual Disability Through Technology. In: Tatnall, A. (eds) *Encyclopedia of Education and Information Technologies*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-10576-1\\_147](https://doi.org/10.1007/978-3-030-10576-1_147)
- Stephenson, J., & Limbrick, L. (2015). A review of the use of touch-screen mobile devices by people with developmental disabilities. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(12), 3777–3791. <https://doi.org/10.1007/s10803-013-1878-8>
- Sternberg, R.J., & Bhana, K. (1986). Synthesis of Research on the Effectiveness of Intellectual Skills Programs: Snake-Oil Remedies or Miracle Cures?. *Educational Leadership*, 44, 60-67.
- Stevens, K. B., & Schuster, J. W. (1988). Time Delay: Systematic Instruction for Academic Tasks. *Remedial and Special Education*, 9(5), 16–21. <https://doi.org/10.1177/074193258800900505>

- Stiles, K., Mundry, S., & DiRanna, K. (2017). *Framework for Leading Next Generation Science Standards Implementation*. San Francisco: WestEd.
- Stylos, G., Siarka, O., & Kotsis, K. (2023). Assessing Greek pre-service primary teachers' scientific literacy. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(2), 271-282. <https://doi.org/10.30935/scimath/12637>
- Suárez, Á., Specht, M., Prinsen, F., Kalz, M., & Ternier, S. (2018). A review of the types of mobile activities in mobile inquiry-based learning. *Computers & Education*, 118, 38-55. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.11.004>
- Sudhakar, P. V. B. (2020). Efficacy of multimedia instructional strategies on learning science concepts in children with moderate intellectual disability. *Phonix - International Journal for Psychology and Social Sciences*, 4(5), 38-46.
- Sulu, M.D., Martella, R.C., Aydin, O., Bolshokova, V., & Erden, E. (2023). A Meta-analysis of Science Education Studies for Students with Intellectual and Developmental Disabilities (IDD). *Journal of Developmental and Physical Disabilities*. <https://doi.org/10.1007/s10882-023-09890-z>
- Sutherland, I. E. (1968). A head-mounted three dimensional display. *Proceedings of the December 9-11, Fall Joint Computer Conference, Part I on - AFIPS '68 (Fall, Part I)*. <https://doi.org/10.1145/1476589.1476686>
- Swanson, H. L., & Sachse-Lee, C. (2000). A meta-analysis of single-subject-design intervention research for students with LD. *Journal of learning disabilities*, 33(2), 114-136. <https://doi.org/10.1177/002221940003300201>
- Switzky, H. N. (1997). Mental Retardation and the Neglected Construct of Motivation. *Education and Training in Mental Retardation and Developmental Disabilities*, 32(3), 194-196.
- Taber, K. S. (2011). Inquiry teaching, constructivist instruction and effective pedagogy. *Teacher Development*, 15(2), 257-264. <https://doi.org/10.1080/13664530.2011.571515>
- Taber, K. S., & García-Franco, A. (2010). Learning Processes in Chemistry: Drawing Upon Cognitive Resources to Learn About the Particulate Structure of Matter. *The Journal of the Learning Sciences* 19(1), 99-142. <https://doi.org/10.1080/10508400903452868>
- Taconet, A. V., Lombardi, A. R., Madaus, J. W., Sinclair, T. E., Rifembark, G. G., Morningstar, M. E., & Langdon, S. N. (2023). Interventions Focused on Independent Living Skills for Youth With Intellectual Disability or Autism Spectrum Disorder. *Career Development and Transition for Exceptional Individuals*, 0(0). <https://doi.org/10.1177/21651434231152200>
- Tafoya, E., Sunal, D. W., & Knecht, P. (1980). Assessing Inquiry Potential: A Tool For Curriculum Decision Makers. *School Science and Mathematics*, 80(1), 43-48. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1949-8594.1980.tb09559.x>
- Tarng, W., Tseng, Y.-C., & Ou, K.-L. (2022). Application of Augmented Reality for Learning Material Structures and Chemical Equilibrium in High School Chemistry. *Systems*, 10(5), 141. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/systems10050141>
- Tate, R. L., McDonald, S., Perdices, M., Togher, L., Schultz, R., & Savage, S. (2008). Rating the methodological quality of single-subject designs and n-of-1 trials: Introducing the Single-Case Experimental Design (SCED) Scale. *Neuropsychological Rehabilitation*, 18(4), 385-401. <http://dx.doi.org/10.1080/09602010802009201>



- Taylor, J., C., Hwang, J., Rizzo, K., L., & Hill, D. A. (2020). Supporting Science-Related Instruction for Students with Intellectual and Developmental Disabilities: A Review and Analysis of Research Studies. *Science Educator*, 27(2), 102-113.
- Taylor, J., Murillo, A., Tseng, C., Therrien, W., & Hand, B. (2018). Using Argument-Based Science Inquiry to Improve Science Achievement for Students with Disabilities in Inclusive Classrooms. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 21. <http://dx.doi.org/10.14448/jsesd.10.0001>
- Terrazas-Arellanes, F., Gallard, M., Strycker, A., L., & Walden, E. (2018). Impact of interactive online units on learning science among students with learning disabilities and English learners. *International Journal of Science Education*, 40(5), 498–518. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1432915>
- Test, W. D., Mazzotti, L. V., Mustian, L. A., Fowler, H. C., Kortering, L., & Kohler, P. (2009). Evidence-based secondary transition predictors for improving postschool outcomes for students with disabilities. *Career Development and Transition for Exceptional Individuals*, 32(3), 160-181. <https://doi.org/10.1177/0885728809346960>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P., & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 02. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Tincani, M., & Travers, J. (2018). Publishing single-case research design studies that do not demonstrate experimental control. *Remedial and Special Education*, 39(2), 118–128. <https://doi.org/10.1177/0741932517697447>
- Treagust, D. F. (2018). The importance of multiple representations for teaching and learning science. In: M. Shelley, & S. A. Kiray (Eds.), *Education Research Highlights in Mathematics, Science and Technology 2018*. Ames, Iowa: ISRES Publishing
- Tsai, C.-C. (1999). Overcoming Junior High School Students' Misconceptions about Microscopic Views of Phase Change: A Study of an Analogy Activity. *Journal of Science Education and Technology*, 8(1), 83–91. <https://doi.org/10.1023/A:1009485722628>
- Tsivitanidou, O. E., & Ioannou, A. (2020). Citizen Science, K-12 science education and use of technology: a synthesis of empirical research. *Journal of Science Communication* 19(04). <https://doi.org/10.22323/2.19040901>
- Turan, Z., Meral, E., & Sahin, I. F. (2018). The impact of mobile augmented reality in geography education: Achievements, cognitive loads and views of university students. *Journal of Geography in Higher Education*, 42(3), 427–441. <https://doi.org/10.1080/03098265.2018.1455174>
- Turan, Z., & Gülşah, A. (2021). Augmented reality technology in science education for students with specific learning difficulties: its effect on students' learning and views. *Research in Science & Technological Education*, 39(4), 506-524. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1901682>
- UNESCO (1994). *The Salamanca Statement and Framework for Action on Special Needs Education*. Paris: UNESCO.

- UNESCO (2013). Global Media and Information Literacy Assessment Framework: Country Readiness and Competencies (158 p). Paris. <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002246/224655e.pdf>
- VanUitert, V. J., Kennedy, M. J., Romig, J. E., & Carlisle, L. M. (2020). Enhancing science vocabulary knowledge of students with learning disabilities using explicit instruction and multimedia. *Learning Disabilities: A Contemporary Journal*, 18(1), 3–25. <https://doi.org/10.1002/tea.21808>
- Vassilopoulou, A., & Mavrikaki, E. (2016). Can ICT in biology courses improve AD/HD students' achievement? *Improving Schools*, 19(3), 246–257. <https://doi.org/10.1177/1365480216647144>
- Vergara, D., Rubio, M., & Lorenzo, M. (2017). On the Design of Virtual Reality Learning Environments in Engineering. *Multimodal Technologies and Interaction*, 1(2), 11. <https://doi.org/10.3390/mti1020011>
- Villanueva, M., Taylor, J., Therrien, W., & Hand, B. (2012). Science education for students with special needs. *Studies In Science Education*, 48(2), 187–215. <https://doi.org/10.1080/14703297.2012.737117>
- Vlassi, M., & Karaliota, A. (2013). The Comparison between Guided Inquiry and Traditional Teaching Method. A Case Study for the Teaching of the Structure of Matter to 8th Grade Greek Students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 93, 494–497. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.09.226>
- Vovk, A., Wild, F., Guest, W., & Kuula, T. (2018). Simulator sickness in Augmented Reality training using the Microsoft HoloLens. In R. L. Mandryk, M. Hancock, M. Perry, A. L. Cox (eds.), *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems-CHI 2018* (Paper No. 209, pp. 1-9). New York, NY, USA: ACM.
- Vrellis, I., Avouris, N., & Mikropoulos, T. A. (2016). Learning outcome, presence and satisfaction from a science activity in Second Life. *Australasian Journal of Educational Technology*, 32(1), 59-77. <http://dx.doi.org/10.14742/ajet.2164>
- Βρέλλης, Ι., Γκαϊντατζής, Π., Δελημήτρος, Μ., Ιατράκη, Γ., Μικρόπουλος, Α., Μπέλλου, Ι., Στεργιούλη, Α., Τσιάρα, Α., & Χαλκή, Π. (2020). Βιώνοντας το αόρατο και το διαφορετικό: Επαύξηση της πραγματικότητας στη γενική και στην ειδική εκπαίδευση. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 13(1/2), 49-62.
- Vrellis, I., Delimitros, M., Chalki, P., Gaintatzis, P., Bellou, I., & Mikropoulos, T.A. (2020). Seeing the unseen: user experience and technology acceptance in Augmented Reality science literacy. *Proceedings of the IEEE 20th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), Tartu, Estonia*, (pp. 333-337).
- Wang, H. Y., Duh, H. B. L., Li, N., Lin, T. J., & Tsai, C. C. (2014). An investigation of university students' collaborative inquiry learning behaviors in an augmented reality simulation and a traditional simulation. *Journal of Science Education and Technology*, 23(5), 682-691. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9494-8>
- Wehmeyer, M. L. (2006). Beyond Access: Ensuring Progress in the General Education Curriculum for Students with Severe Disabilities. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*, 31(4), 322–326. <https://doi.org/10.1177/154079690603100405>
- Wehmeyer, M. L., Lee, S. H., & Shogren, K. A. (2016). Educating children with intellectual disability. In A. Carr, C. Linehan, G. O'Reilly, P. Noonan Walsh, & J. McEvoy (Eds.),

- The handbook of intellectual disability and clinical psychology practice (pp. 517-553). New York, NY: Routledge.
- Weng, P. L., Maeda, Y., & Bouck, E. C. (2014). Effectiveness of cognitive skills-based computer-assisted instruction for students with disabilities: A synthesis. *Remedial and Special Education, 35*, 167–180.
- West, M., & Vosloo, S. E. (2013). *UNESCO policy guidelines for mobile learning*. Paris: UNESCO.
- Westwood, P., & Graham, L. (2003) Inclusion of students with special needs: Benefits and obstacles perceived by teachers in new South Wales and South Australia, *Australian Journal of Learning Disabilities, 8*(1), 3-15. <https://doi.org/10.1080/19404150309546718>
- Wilkinson S. (1998). Focus group methodology: A review. *International Journal of Social Research Methodology, 1*, 181–203. <https://doi.org/10.1080/13645579.1998.10846874>
- Wojciechowski, R., & Cellary, W. (2013). Evaluation of Learners' Attitude toward Learning in ARIES Augmented Reality Environments. *Computers & Education, 68*, 570-585. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.014>
- World Health Organization (1992). *The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders: clinical descriptions and diagnostic guidelines*. World Health Organization.
- World Health Organization. (2011). *ICD: Classification of mental and behavioural disorders: Clinical descriptions and diagnostic guidelines (10th rev. ed.)*. Geneva, Switzerland: Author.
- World Health Organization (2016). *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10th Revision (ICD-10) Version for 2016, Mental and behavioural disorders*. Retrieved from <https://icd.who.int/browse10/2010/en#/F70-F79>
- WHO policy on disability. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Wood, W. M., Fowler, C. H., Uphold, N., & Test, D. W. (2005). A review of self-determination interventions with individuals with severe disabilities. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities, 30*, 121-146. <https://doi.org/10.2511/rpsd.30.3.121>
- Wood, L., Browder, D. M., & Spooner, F. (2020). Teaching listening comprehension of science e-texts for students with moderate intellectual disability. *Journal of Special Education Technology, 35*(4), 272–285. <https://doi.org/10.1177/0162643419882421>
- Wu, H.-K., & Hsieh, C.-E. (2006). Developing Sixth Graders' Inquiry Skills to Construct Explanations in Inquiry-based Learning Environments. *International Journal of Science Education, 28*(11), 1289-1313. <https://doi.org/10.1080/09500690600621035>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>
- Wyss, C.; Bühner, W., Furrer, F., Degonda, A., Hiss, J. A. (2021). Innovative Teacher Education with the Augmented Reality Device Microsoft HoloLens—Results of an

- Exploratory Study and Pedagogical Considerations. *Multimodal Technol. Interact.*, 5, 45. <https://doi.org/10.3390/mti5080045>
- 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>
- Yakubova, G., Defayette, M. A., Chen, B. B., & Proulx, A. L. (2021). The Use of Augmented Reality Interventions to Provide Academic Instruction for Children with Autism, Intellectual, and Developmental Disabilities: an Evidence-Based Systematic Review. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*, 10, 113–129. <https://doi.org/10.1007/s40489-021-00287-2>
- Yang, S., Mei, B., & Yue, X. (2018). Mobile augmented reality assisted chemical education: Insights from elements 4D. *Journal of Chemical Education*, 95(6), 1060–1062. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00017>
- Yell, M. L., Collins, J., Kumpiene, G., & Bateman, D. (2020). The Individualized Education Program: Procedural and Substantive Requirements. *TEACHING Exceptional Children*, 52(5), 304–318. <https://doi.org/10.1177/0040059920906592>
- Yenioglu, B. Y., Ergulec, F., & Yenioglu, S. (2021). Augmented reality for learning in special education: a systematic literature review. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1976802>
- Yoon, S., Anderson, E., Lin, J., & Elinich, K. (2017). How augmented reality enables conceptual understanding of challenging science content. *Journal of Educational Technology & Society*, 20(1), 156.
- Zacharia, Z.C., Manoli, C., Xenofontos, N. et al. (2015). Identifying potential types of guidance for supporting student inquiry when using virtual and remote labs in science: a literature review. *Educational Technology Research and Development*, 63, 257–302. <https://doi.org/10.1007/s11423-015-9370-0>
- Zion, M., & Mendelovici, R. (2012). Moving from Structured to Open Inquiry: Challenges and Limits. *Science Education International*, 23(4), 383-399.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172–223. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2006.12.001>

# Παραρτήματα

## Παράρτημα Α

Σύμφωνα με το Νόμο 4823/2021 Άρθρο 88 χορηγήθηκε άδεια για τη διεξαγωγή της εμπειρικής μελέτης στη σχολική μονάδα του Ενιαίου Ειδικού Επαγγελματικού Γυμνασίου και Λυκείου (ΕΝΕΕΓΥΛ) Ιωαννίνων. Με την απόφαση του πρώτου εδαφίου καθορίστηκαν οι όροι, η διαδικασία, καθώς και κάθε άλλο ζήτημα σχετικό με τη διεξαγωγή της έρευνας στη σχολική μονάδα και τη συμμετοχή των μαθητών. Στην Εικόνα Π1.1. παρουσιάζεται ο πίνακας περιεχομένων της πρότασης της εμπειρικής μελέτης όπως υποβλήθηκε στη σχολική μονάδα του ΕΝΕΕΓΥΛ Ιωαννίνων για τη χορήγηση έγκρισης άδειας διεξαγωγής της έρευνας. Στην Εικόνα Π1.2. ακολουθεί το έντυπο για την ενημέρωση των γονέων και η αντίστοιχη υπεύθυνη δήλωση της συγκατάθεσής τους για τη συμμετοχή του παιδιού τους στην έρευνα.

Περιεχόμενα	
1.	Αναλυτικό σχέδιο έρευνας <i>Σκοπός, σημασία και αναγκαιότητα της διατριβής.....</i> 3
2.	Θεωρητική πλαισίωση – Αναφορά σε προηγούμενες έρευνες <i>Επιστημονικός γραμματισμός.....</i> 5 <i>Φυσικές Επιστήμες και άτομα με νοητική αναπηρία.....</i> 5 <i>Η ψηφιακή τεχνολογία στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε μαθητές με νοητική αναπηρία.....</i> 9
3.	Μεθοδολογία της έρευνας <i>Το ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένου ατόμου.....</i> 11 <i>Δειγματοληψία.....</i> 12 <i>Ερευνητικά εργαλεία.....</i> 14 <i>Ζητήματα αξιοπιστίας και εγκυρότητας.....</i> 19 <i>Χρονική διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας.....</i> 20
4.	Ζητήματα δεοντολογίας..... 20
5.	Ζητήματα οργάνωσης της έρευνας <i>Ενδεικτικό χρονοδιάγραμμα διεξαγωγής .....</i> 23
6.	Προσδοκώμενα αποτελέσματα και συμβολή της έρευνας..... 23
7.	Βιβλιογραφικές Αναφορές..... 24

Εικόνα Π1.1. Πλαίσιο περιεχομένων της πρότασης εμπειρικής μελέτης.

## ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ

Αγαπητέ Γονέα ή Κηδεμόνα,

1. Στα πλαίσια εκπαιδευτικής έρευνας επέλεξα το παιδί σας, εφόσον το ίδιο επιθυμεί και συμφωνείτε κι εσείς, να συμμετάσχει προαιρετικά και εθελοντικά. Κάθε μαθήτρια/ητής έχει το δικαίωμα να αποχωρήσει από τη διαδικασία οποιαδήποτε στιγμή θελήσει και για οποιοδήποτε λόγο.
2. Σκοπός της έρευνας είναι η διδασκαλία της Φυσικής με τη χρήση εφαρμογών σε γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας (ψηφιακή τεχνολογία) και η μέτρηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων. Από την έρευνα αναμένεται να προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα για τη χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας στη διδασκαλία της Φυσικής, κατά πόσο δηλαδή βοηθά τα παιδιά στη μάθηση ή όχι. Απώτερος στόχος είναι η βελτίωση της ποιότητας της εκπαίδευσης στους μαθητές καθώς και η κατανόηση εννοιών ΦΕ που είναι χρήσιμες στην καθημερινή εμπειρία. Η έρευνα διεξάγεται στο πλαίσιο εκπόνησης διδακτορικής διατριβής στο Παιδαγωγικό Τμήμα του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
3. Οι μαθητές που έχουν επιλεγεί θα κληθούν να χρησιμοποιήσουν τον εξοπλισμό ψηφιακής τεχνολογίας παρατηρώντας τις τρεις καταστάσεις του νερού στο μάθημα της Φυσικής. Κατόπιν θα απαντήσουν σε ένα σύντομο ερωτηματολόγιο όπου θα καταγραφούν τα αποτελέσματα της μάθησής τους. Η διάρκεια της δραστηριότητας μαζί με το ερωτηματολόγιο αναμένεται να είναι περίπου είκοσι (20) λεπτά. Καμία προετοιμασία δεν χρειάζεται. Το ερωτηματολόγιο δεν βαθμολογείται, δεν έχει σχέση με την επίδοση στο μάθημα της Φυσικής, παρά μόνο αξιοποιείται ανώνυμα για τις ανάγκες της έρευνας.
4. Δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος, ούτε κάποιο ζήτημα ασφάλειας κατά τη διεξαγωγή της έρευνας. Δεν υπάρχει καμία επιβάρυνση της σχολικής ζωής του κάθε μαθητή. Η έρευνα θα διεξαχθεί πιθανώς με μία πολύ μικρή τροποποίηση του προγράμματος.
5. Τηρώντας αυστηρά τους κανόνες δεοντολογίας σας διαβεβαιώνω ότι η συμμετοχή του μαθητή θα είναι ανώνυμη και τα προσωπικά του δεδομένα προστατευμένα. Τα δεδομένα που θα συλλεχτούν και οι μετρήσεις της έρευνας είναι εμπιστευτικά και θα χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά και μόνο για τον σκοπό αυτής της εκπαιδευτικής έρευνας.

Σας ευχαριστώ και είμαι στη διάθεση σας για οποιαδήποτε πληροφορία ή διευκρίνιση.

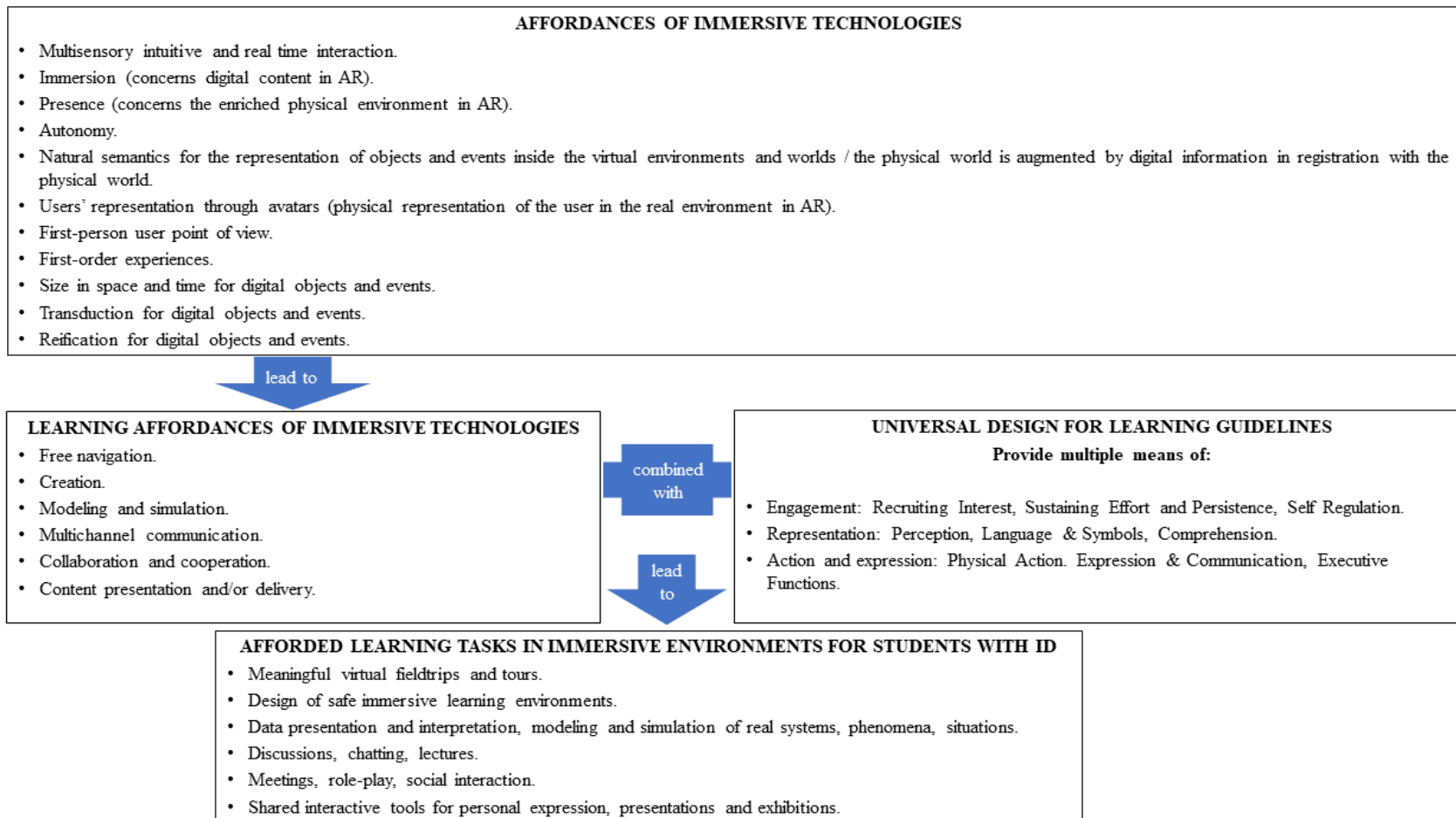
Γεωργία Ιατράκη

Φυσικός, MSc, MEd

Υποψήφια διδάκτωρ

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Εικόνα Π1.2. Ηλεκτρονικό έντυπο ενημέρωσης γονέων για τη συμμετοχή των μαθητών στην έρευνα.



Εικόνα Π1.3. Το μοντέλο για τον σχεδιασμό μαθησιακών δραστηριοτήτων εμπύθισης για μαθητές με αναπηρία

(The Model for the design of Immersive Learning Enactments for Students with Disabilities – MILES-D; Delimitros et al., 2022).

## Παράρτημα Β. Ερωτηματολόγια

Ερωτηματολόγια της παρέμβασης για την κατάσταση του στερεού (πάγος).

Πίνακας Π1.1. Συνεδρία 6<sup>η</sup>: Περιγραφή των μορίων του πάγου.

<b>Μπορείς να περιγράψεις τα μόρια του πάγου;</b>	
#	Ερώτηση
1	Από τι αποτελείται ο πάγος; Αν μπορούσαμε να δούμε στο εσωτερικό του, από τι θα λέγαμε ότι αποτελείται ο πάγος;
2	Πώς λέγονται τα μικρά μπαλάκια από τα οποία αποτελείται/φτιάχνεται ο πάγος;
3	Από πόσα μπαλάκια αποτελείται ένα μόριο πάγου;
4	Τα μόρια του πάγου είναι ίδια ή διαφορετικά μεταξύ τους;
5	Υπάρχει κάτι ανάμεσα στα μόρια του πάγου;
6	Τα μόρια του πάγου κινούνται;
7	Τι είναι ο πάγος; Γνωρίζεις πώς ονομάζεται αυτή η κατάσταση;

Πίνακας Π1.2. Συνεδρία 7<sup>η</sup>: Διάταξη και κίνηση των μορίων του πάγου.

<b>Πού βρίσκονται και πώς κινούνται τα μόρια του πάγου;</b>	
#	Ερώτηση
1	Θυμάσαι από τι αποτελείται ο πάγος; Αν μπορούσαμε να δούμε στο εσωτερικό του, από τι θα λέγαμε ότι αποτελείται ο πάγος;
2	Πώς λέγονται τα μικρά μπαλάκια από τα οποία αποτελείται/φτιάχνεται το νερό;
3	Τα μόρια του πάγου αλλάζουν θέσεις; (σταθερές/ίδιες;)
4	Κινούνται τα μόρια του πάγου;
5	Πώς κινούνται τα μόρια του πάγου; α. τυχαία/πηγαίνουν όπου θέλουν; β. γλιστράνε το ένα πάνω από το άλλο ταλαντώνονται/τρέμουν;
6	Όταν τα μόρια τρέμουν όπως συμβαίνει στον πάγο, πώς λέμε αυτή την κατάσταση; (στερεό, υγρό ή αέριο;)
7	Μπορώ να δω τα μόρια του πάγου όταν κοιτάω στο ποτήρι (πραγματικό ποτήρι;)

Πίνακας Π1.3. Συνεδρία 8<sup>η</sup>: Σύνοψη για τη μικροσκοπική κατάσταση του πάγου.

<b>Περιγραφή, διάταξη και κίνηση των μορίων του πάγου</b>	
#	Ερώτηση
1	Πώς νομίζεις ότι μπορείς να δεις τα μόρια του νερού;
2	Πώς λέγονται τα μικρά σωματίδια/μπαλάκια από τα οποία αποτελείται/φτιάχνεται το νερό;
3	Τα μόρια του νερού αλλάζουν θέσεις; (σταθερές/ίδιες;)
4	Κινούνται τα μόρια του νερού;
5	Πώς κινούνται τα μόρια του νερού; α. τυχαία/πηγαίνουν όπου θέλουν; β. γλιστράνε το ένα πάνω από το άλλο
6	Όταν τα μόρια γλιστρούν το ένα πάνω από το άλλο όπως συμβαίνει στο νερό, πώς λέμε αυτή την κατάσταση; (στερεό, υγρό ή αέριο;)
7	Μπορώ να δω τα μόρια του νερού όταν κοιτάω στο ποτήρι (πραγματικό ποτήρι;)



Ερωτηματολόγιο της παρέμβασης για την κατάσταση του αερίου (υδρατμοί).

Πίνακας Π1.4. Συνεδρία 9<sup>η</sup>: Περιγραφή των μορίων των υδρατμών.

<b>Μπορείς να περιγράψεις τα μόρια των υδρατμών;</b>	
#	Ερώτηση
1	Από τι αποτελούνται οι υδρατμοί; Αν μπορούσαμε να δούμε στο εσωτερικό του, από τι θα λέγαμε ότι αποτελούνται οι υδρατμοί;
2	Πώς λέγονται τα μικρά μπαλάκια από τα οποία αποτελούνται οι υδρατμοί;;
3	Από πόσα μπαλάκια αποτελείται ένα μόριο υδρατμών;
4	Τα μόρια των υδρατμών είναι ίδια ή διαφορετικά μεταξύ τους;
5	Υπάρχει κάτι ανάμεσα στα μόρια των υδρατμών;
6	Τα μόρια των υδρατμών κινούνται;
7	Τι είναι οι υδρατμοί; Γνωρίζεις πώς ονομάζεται αυτή η κατάσταση;

Πίνακας Π1.5. Συνεδρία 10<sup>η</sup>: Διάταξη και κίνηση των μορίων των υδρατμών.

<b>Πού βρίσκονται και πώς κινούνται τα μόρια των υδρατμών;</b>	
#	Ερώτηση
1	Θυμάσαι από τι αποτελούνται οι υδρατμοί; Αν μπορούσαμε να δούμε στο εσωτερικό τους, από τι θα λέγαμε ότι αποτελούνται οι υδρατμοί;
2	Πώς λέγονται τα μικρά μπαλάκια από τα οποία αποτελούνται/φτιάχνονται οι υδρατμοί;
3	Τα μόρια των υδρατμών αλλάζουν θέσεις; (σταθερές/ίδιες;)
4	Κινούνται τα μόρια των υδρατμών;
5	Πώς κινούνται τα μόρια των υδρατμών; α. τυχαία/πηγαίνουν όπου θέλουν; β. γλιστράνε το ένα πάνω από το άλλο ταλαντώνονται/τρέμουν;
6	Όταν τα μόρια κινούνται τυχαία όπως συμβαίνει στους υδρατμούς, πώς λέμε αυτή την κατάσταση; (στερεό, υγρό ή αέριο;)
7	Μπορώ να δω τα μόρια των υδρατμών όταν κοιτάω στο ποτήρι (πραγματικό ποτήρι;)

Πίνακας Π1.6. Συνεδρία 11<sup>η</sup>: Σύνοψη για τη μικροσκοπική κατάσταση των υδρατμών.

<b>Περιγραφή, διάταξη και κίνηση των μορίων των υδρατμών</b>	
#	Ερώτηση
1	Πώς νομίζεις ότι μπορείς να δεις τα μόρια των υδρατμών;
2	Πώς λέγονται τα μικρά μπαλάκια από τα οποία αποτελούνται/φτιάχνονται οι υδρατμοί;
3	Τα μόρια των υδρατμών αλλάζουν θέσεις; (σταθερές/ίδιες;)
4	Κινούνται τα μόρια των υδρατμών;
5	Πώς κινούνται τα μόρια των υδρατμών; α. τυχαία/πηγαίνουν όπου θέλουν; β. γλιστράνε το ένα πάνω από το άλλο γ. ταλαντώνονται
6	Όταν τα μόρια κινούνται τυχαία όπως συμβαίνει στον υδρατμούς, πώς λέμε αυτή την κατάσταση; (στερεό, υγρό ή αέριο;)
7	Μπορώ να δω τα μόρια των υδρατμών όταν κοιτάω στο ποτήρι (πραγματικό ποτήρι;)

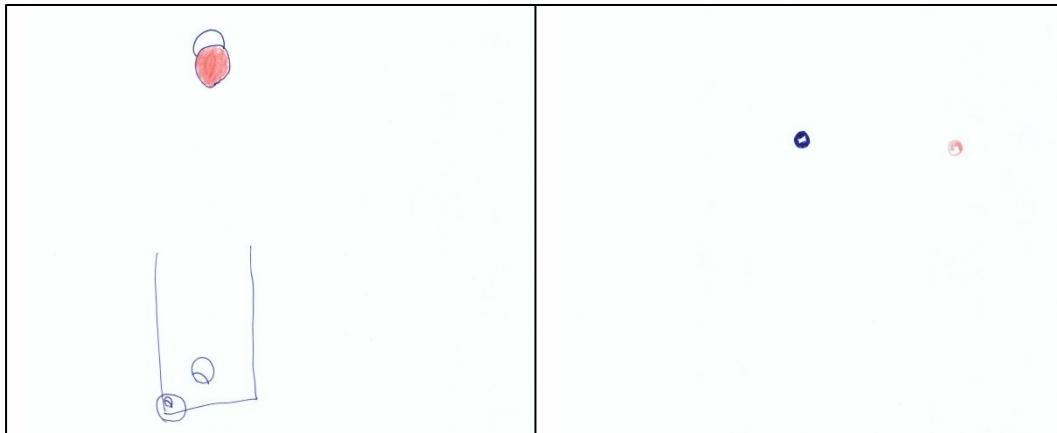
## Ερωτηματολόγιο Κοινωνικής Εγκυρότητας

(αξιολόγηση της εμπειρίας των μαθητών)

Μαθητής: _____		Ημερομηνία: _____	
«Έχω ορισμένες ερωτήσεις για το μάθημα με τα γυαλιά ΕΠ. Ενδιαφέρομαι για την άποψή σου, συνεπώς δεν υπάρχουν σωστές και λάθος απαντήσεις. Θα ήθελες να ρωτήσεις κάτι πριν ξεκινήσουμε;»			
Ερωτήσεις		Απαντήσεις	
	Διαφωνώ ☹	Ούτε συμφωνώ ούτε διαφωνώ ☺	Συμφωνώ ☺
<b>Μάθηση</b>			
Το μάθημα με τα γυαλιά σε βοήθησε να μάθεις; Ο τρόπος με τον οποίο είδες τα μόρια σε βοήθησε να μάθεις;			
<b>Ποιότητα</b>			
Σε βοήθησαν τα μόρια όπως τα είδες μέσα από τα γυαλιά; Κατάλαβες εύκολα πώς να χρησιμοποιήσεις τα γυαλιά; Τα γυαλιά ήταν εύχρηστα; Ήταν τα μόρια καλά σχεδιασμένα;			
<b>Εμπλοκή</b>			
Σου άρεσε αυτό που είδες μέσα από τα γυαλιά; Τα γυαλιά σε κινητοποίησαν; Θα ήθελες να χρησιμοποιήσεις ξανά τα γυαλιά; Θα ήθελες να χρησιμοποιήσεις τα γυαλιά σε άλλα μαθήματα;			
<b>Παρουσία</b>			
Τα μόρια φαινόταν σαν να είναι στο ίδιο μέρος στο οποίο ήσουν και εσύ; Θέλησες να πλησιάσεις τα μόρια και να τα αγγίζεις; Σκέφτηκες να αποφύγεις κάποιο μόριο; Ένωσες σαν να ήσουν ανάμεσα στα μόρια; Έμοιαζε σα να παρατηρούσες τα μόρια στην τάξη που ήσουν;			
<b>Ικανοποίηση</b>			
Τι σου άρεσε περισσότερο; Τι δεν σου άρεσε καθόλου;			
Συνολική βαθμολογία: ____ / ____ = ____			

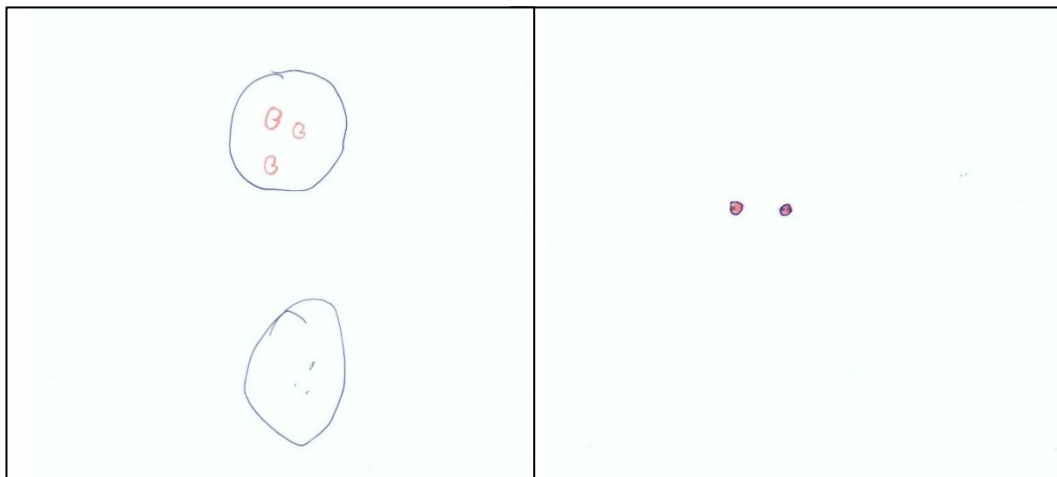
## Παράρτημα Γ. Εργασίες των μαθητών με ελαφρά ΝΑ

### ➤ Γραμμή Βάσης



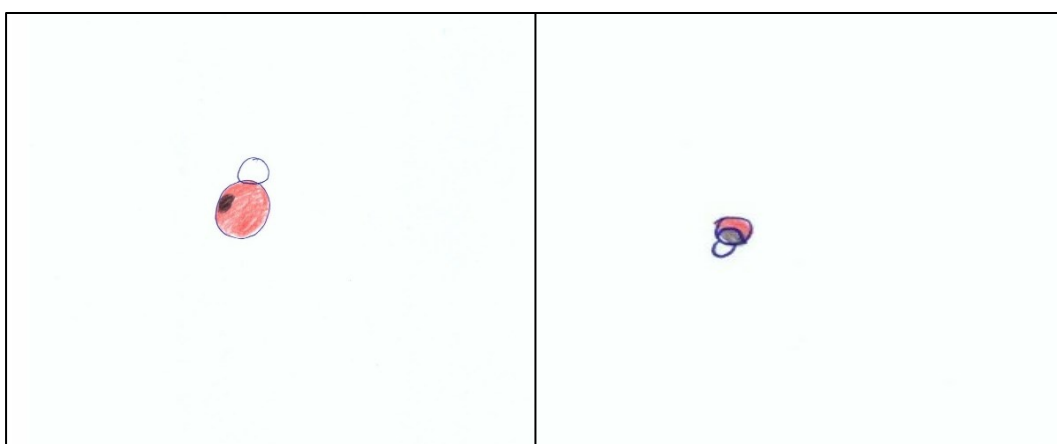
Γιάννης

Χαρά



Φανή

Λίνα

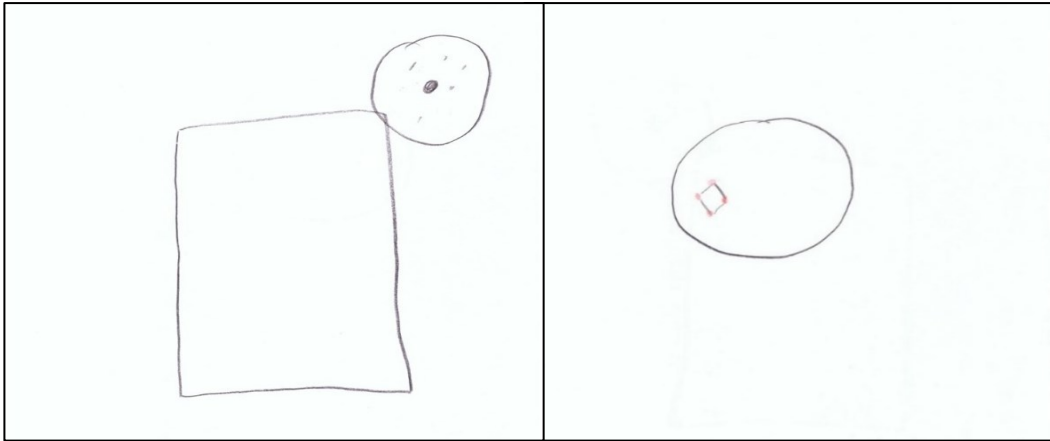


Μάνος

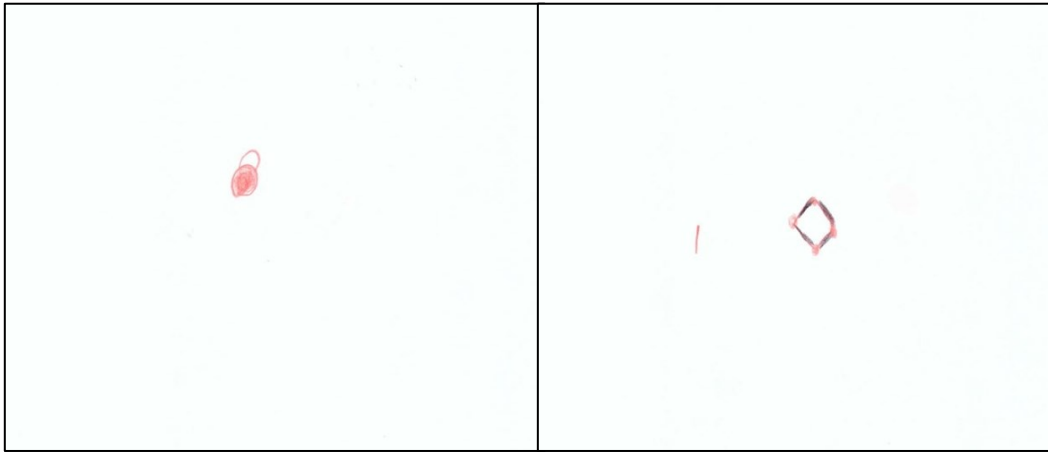
Ελένη

Εικόνα Π3.1. Σύγκριση νερού και υδρατμών.

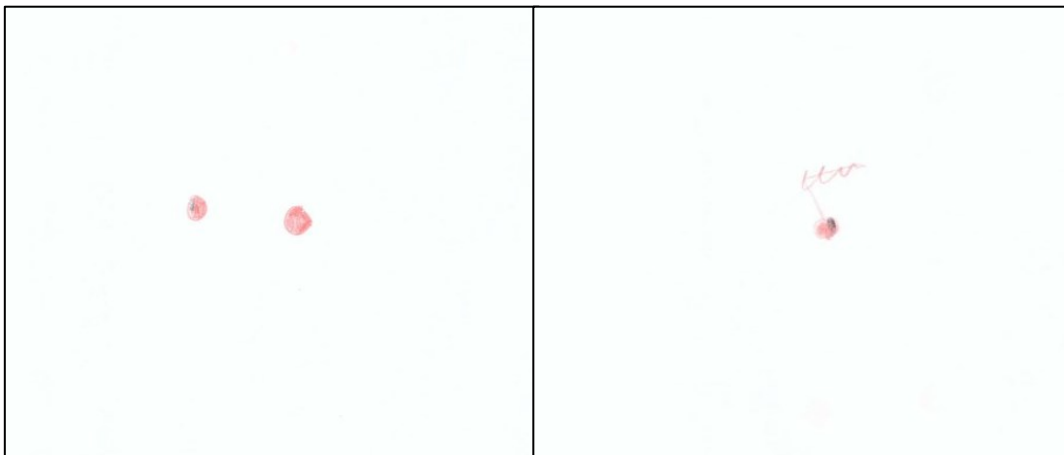
➤ Γραμμή Βάσης



Φανή



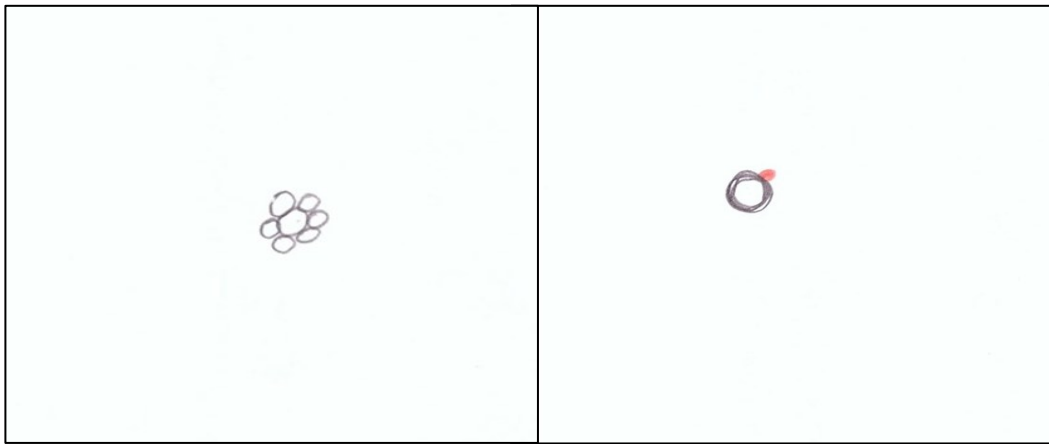
Γιάννης



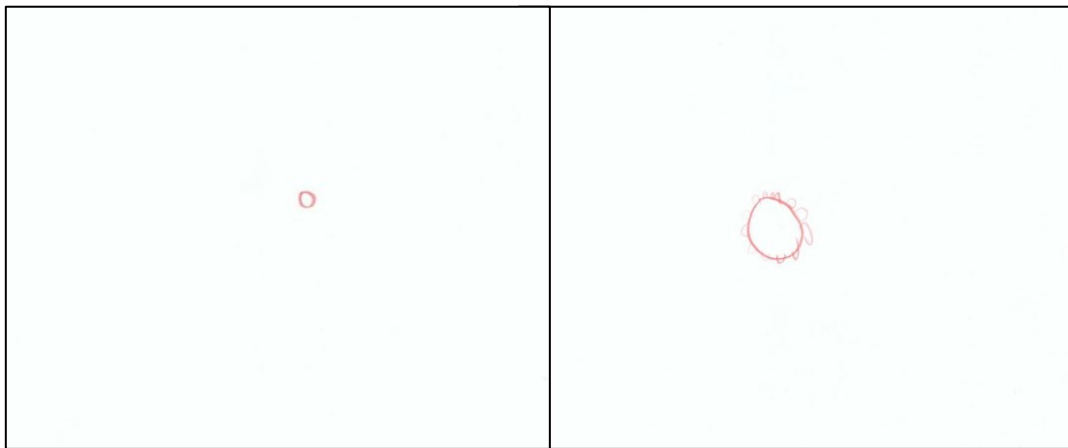
Λίνα

Εικόνα Π3.2. Σύγκριση υδρατμών και πάγου.

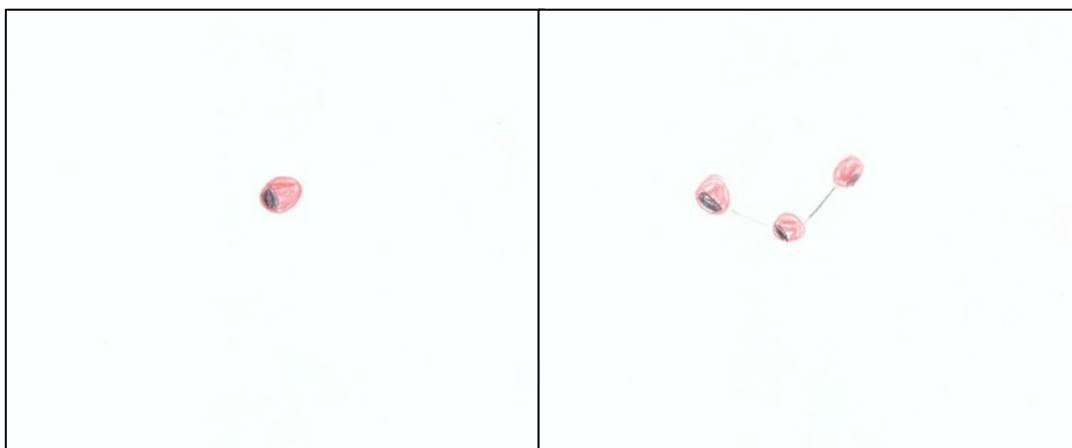
➤ Γραμμή Βάσης (συνέχεια)



Μάνος



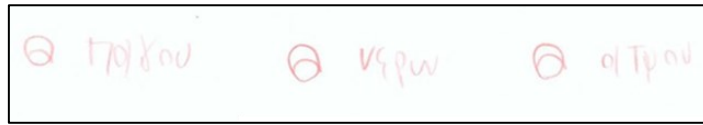
Χαρά



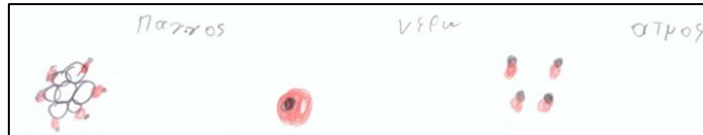
Ελένη

Εικόνα Π3.3. Σύγκριση υδρατμών και πάγου.

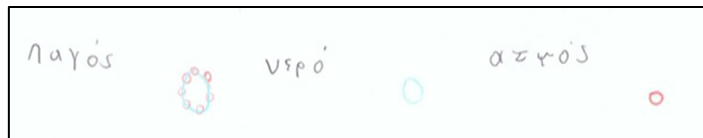
➤ Γραμμή Βάσης



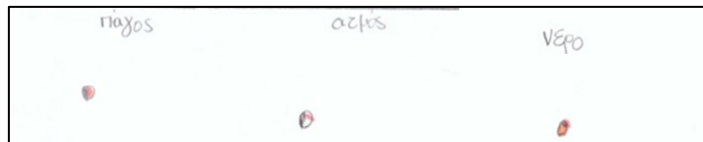
Γιάννης



Μάνος



Χαρά

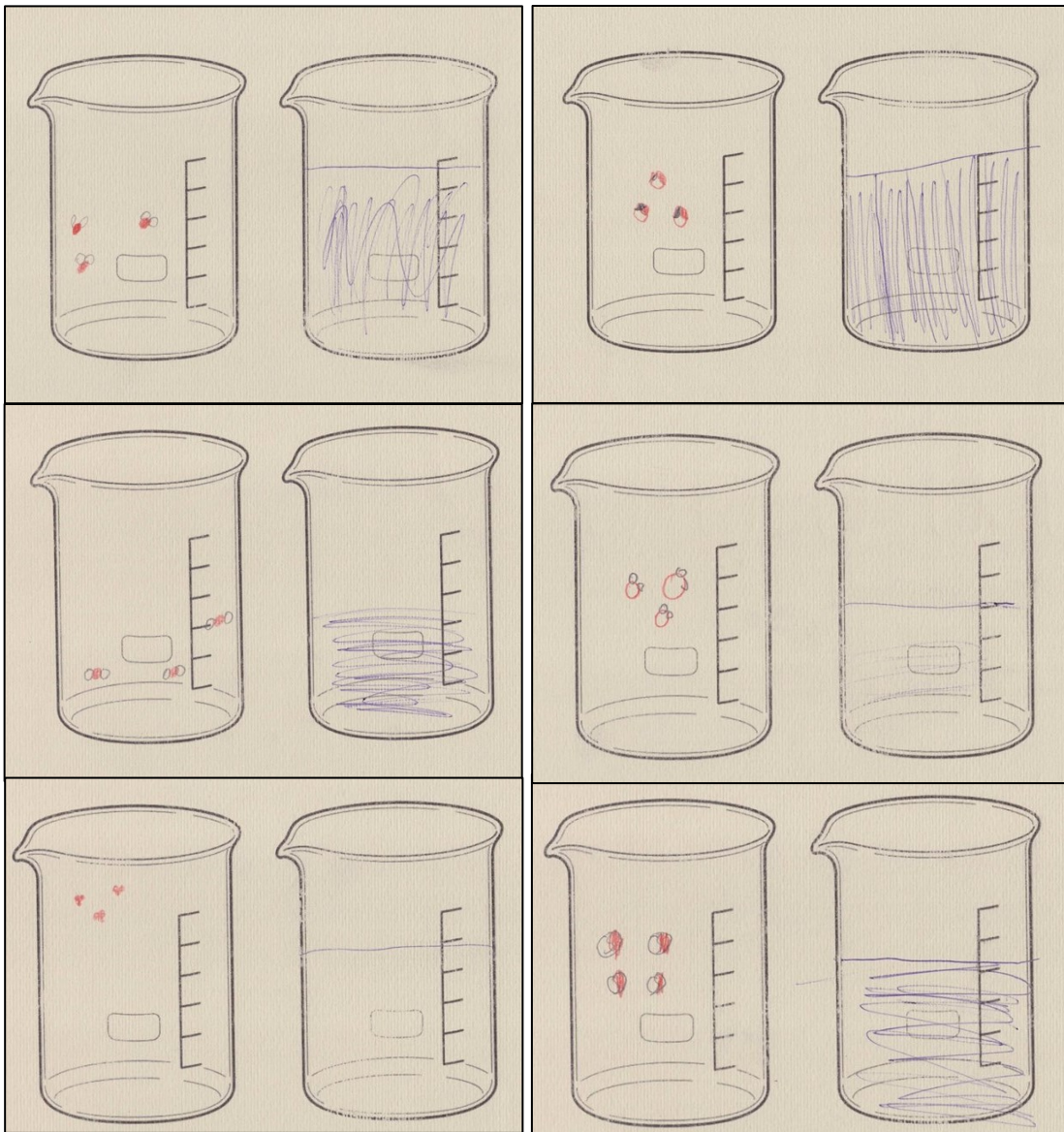


Λίνα

Εικόνα Π3.4. Σύγκριση των τριών φάσεων του νερού.

## Παρέμβαση

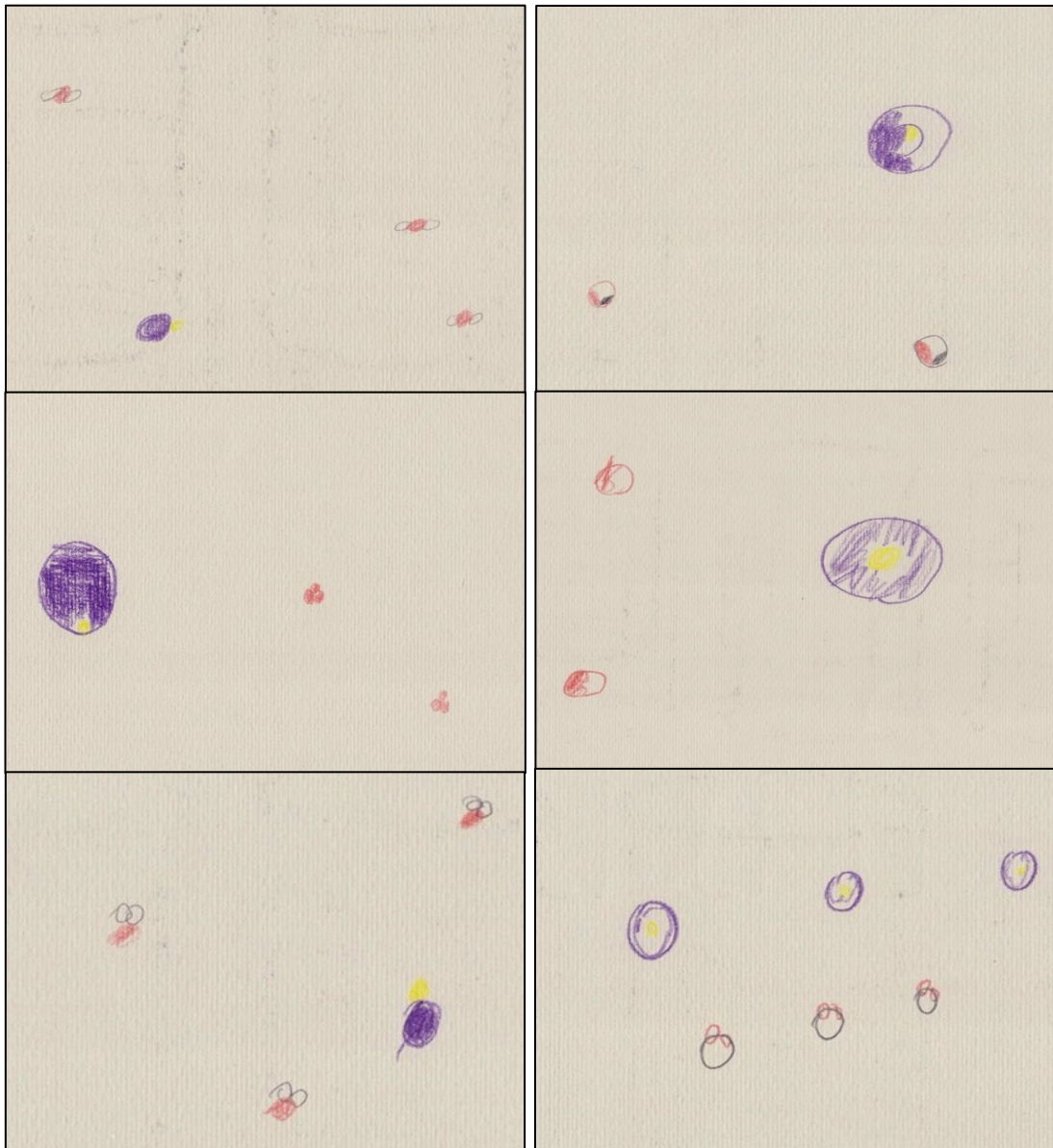
- Αξιολόγηση σε μικροσκοπικό και μακροσκοπικό επίπεδο.



Εικόνα Π3.5. Διερευνητική μάθηση (Μάνος, Ελένη, Γιάννης αριστερά) και συστηματική διδασκαλία (Λίνα, Χαρά, Φανή δεξιά).

## Γενίκευση

- Αξιολόγηση παρουσίας «άγνωστων» μορίων σε μικροσκοπικό επίπεδο.

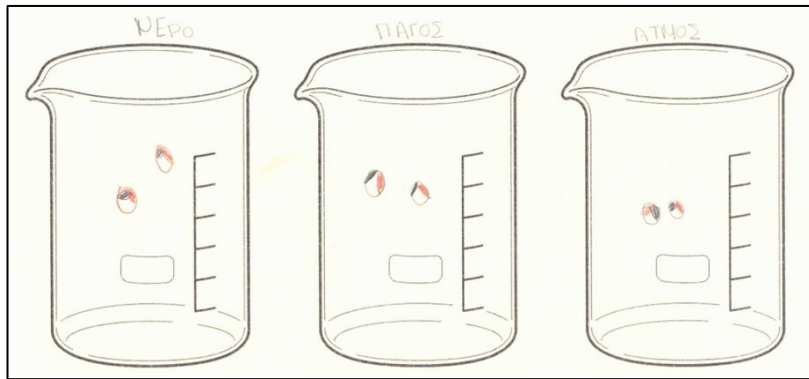


Εικόνα Π3.6. Διερευνητική μάθηση (Ελένη, Γιάννης, Μάνος αριστερά) και συστηματική διδασκαλία (Λίνα, Χαρά, Φανή, δεξιά).

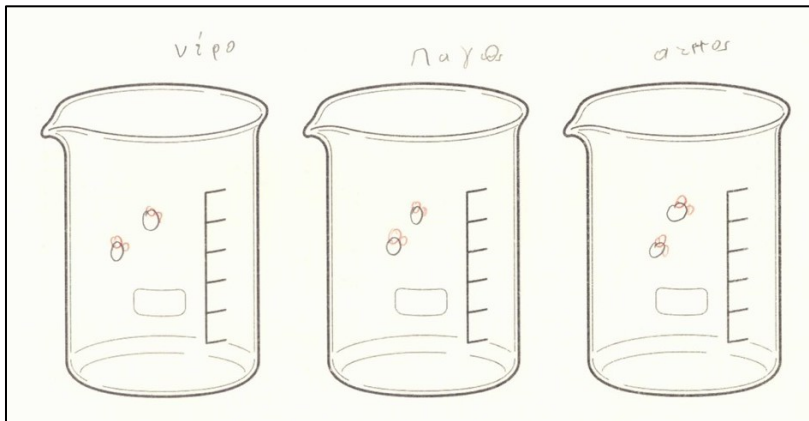


## Παρέμβαση

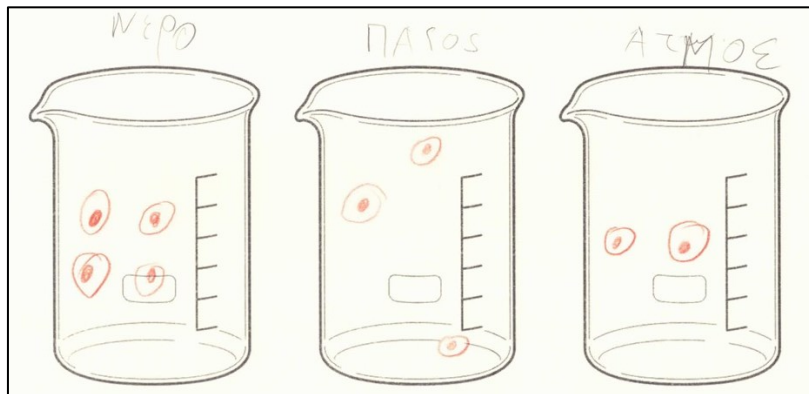
- Αξιολόγηση των φάσεων του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο.



Λίνα



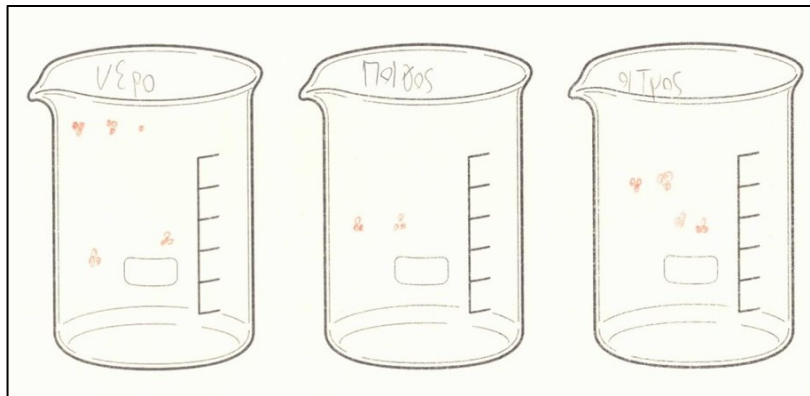
Χαρά



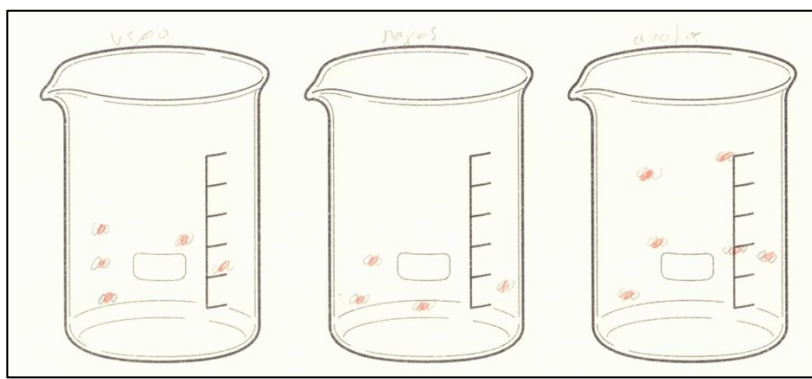
Φανή

Εικόνα Π3.7. Οι φάσεις του νερού μικροσκοπικά (συστηματική διδασκαλία).

➤ Αξιολόγηση των φάσεων του νερού σε μικροσκοπικό επίπεδο (συνέχεια)



Γιάννης



Ελένη

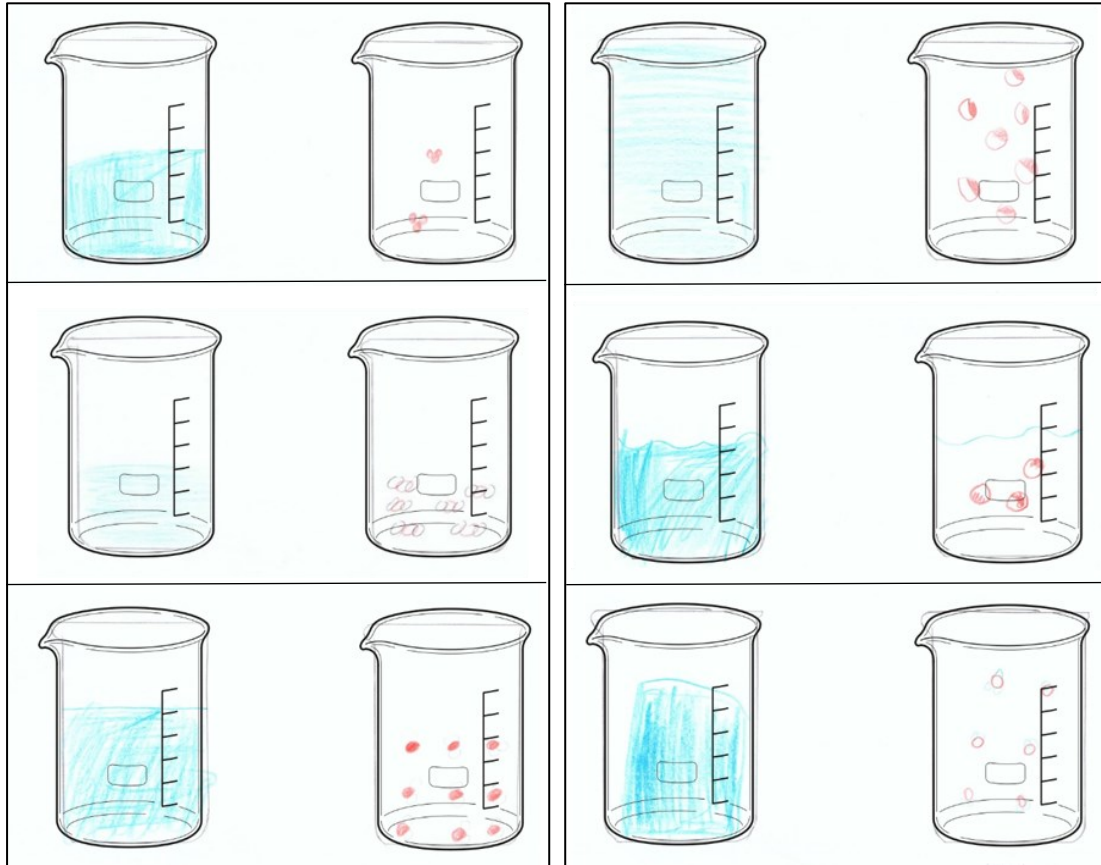


Μάνος

Εικόνα Π3.8. Οι φάσεις του νερού μικροσκοπικά (διερεύνηση).

## Διατήρηση

- Αξιολόγηση των φάσεων του νερού σε μακροσκοπικό (χωρίς τα γυαλιά-αριστερά) και μικροσκοπικό επίπεδο (με τα γυαλιά-δεξιά)



Εικόνα Π3.9. Διερεύνηση (Γιάννης, Ελένη, Μάνος αριστερά) και συστηματική διδασκαλία (Λίνα, Φανή, Χαρά δεξιά).

## 2<sup>η</sup> Διατήρηση

Στιγμιότυπα από τις εργασίες των μαθητών για τις φάσεις του νερού σε μακροσκοπικό (δοχείο χωρίς τα γυαλιά στα αριστερά) και μικροσκοπικό επίπεδο (δοχείο με τα γυαλιά στα δεξιά) αντίστοιχα.

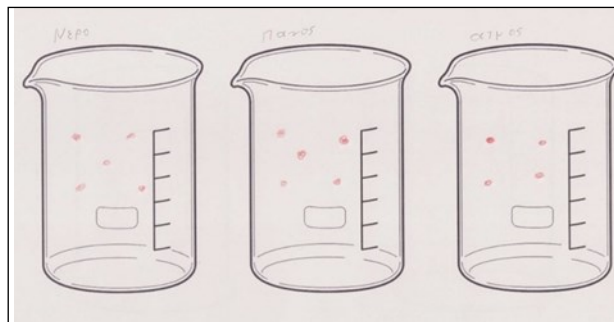
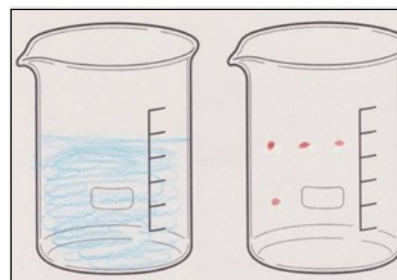
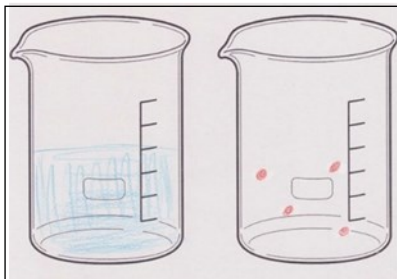
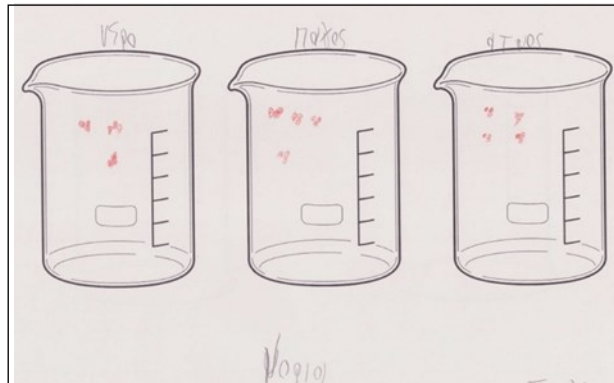
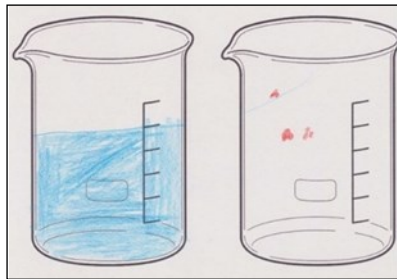


Εικόνα Π3.10. Σύγκριση νερού - πάγου μικροσκοπικά (διερεύνηση Γιάννης, Ελένη, Μάνος αριστερά - συστηματική διδασκαλία Λίνα, Χαρά, Φανή δεξιά).

## Διατήρηση 4

### Διερεύνηση

Στιγμιότυπα από τις εργασίες των μαθητών για τις φάσεις του νερού σε μακροσκοπικό (δοχείο χωρίς τα γυαλιά στα αριστερά) και μικροσκοπικό επίπεδο (δοχείο με τα γυαλιά στα δεξιά) αντίστοιχα.

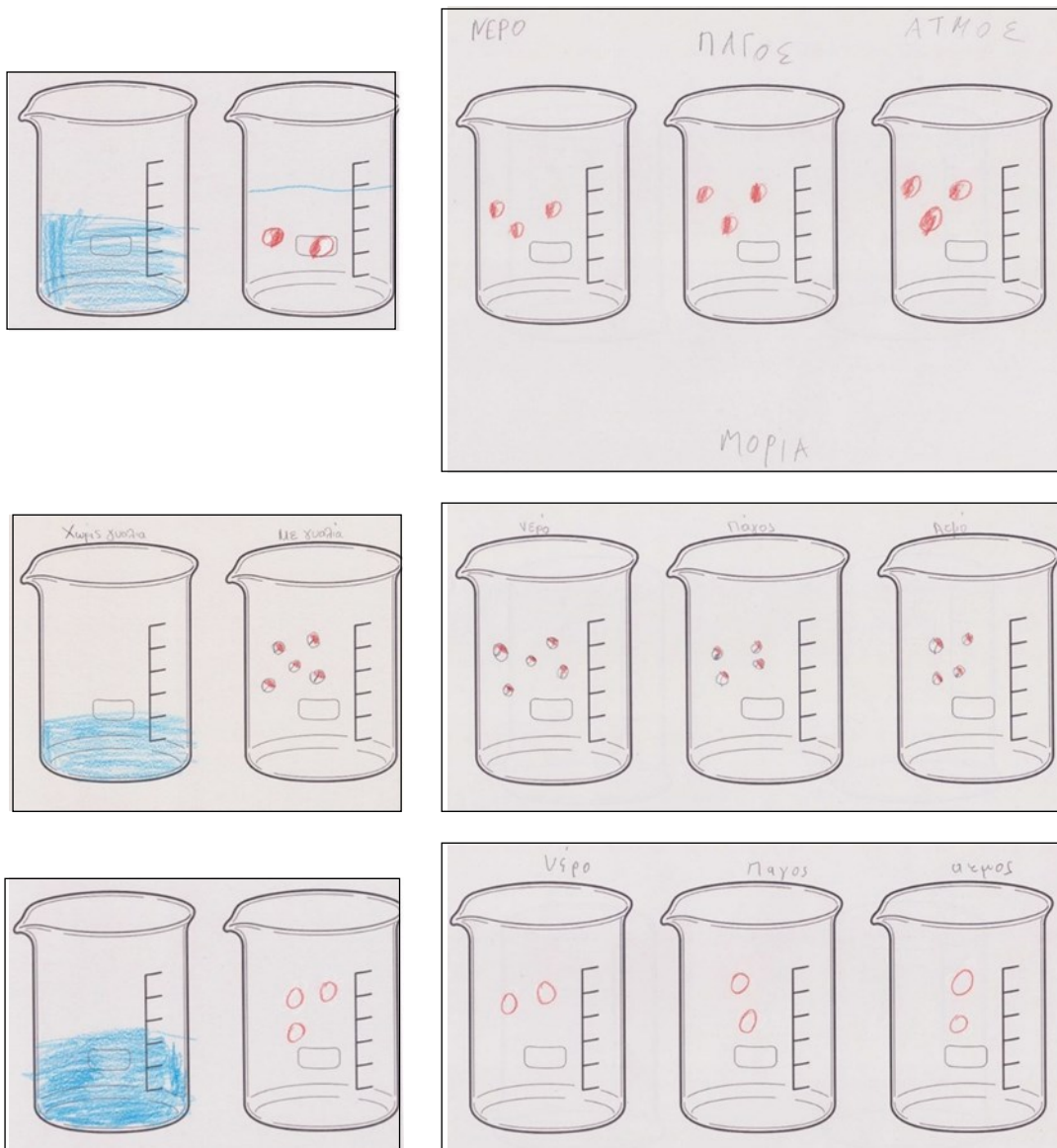


Το νερό χωρίς και με τα γυαλιά.

Οι φάσεις του νερού μικροσκοπικά (με τα γυαλιά ΕΠ).

Εικόνα Π3.11. Διατήρηση για τους μαθητές Γιάννη, Μάνο και Ελένη (διερεύνηση).

## Συστηματική Διδασκαλία



Το νερό χωρίς και με τα γυαλιά.

Οι φάσεις του νερού μικροσκοπικά (με τα γυαλιά ΕΠ).

Εικόνα Π3.12. Διατήρηση για τους μαθητές Φανή, Λίνα και Χαρά (συστηματική διδασκαλία).

## Διατήρηση 6 μήνες μετά

Στιγμιότυπα από τις εργασίες των μαθητών για τις φάσεις του νερού σε μακροσκοπικό (δοχείο χωρίς τα γυαλιά στα αριστερά) και μικροσκοπικό επίπεδο (δοχείο με τα γυαλιά στα δεξιά) αντίστοιχα.

### Διερεύνηση



Το νερό χωρίς και με τα γυαλιά.

Οι φάσεις του νερού μικροσκοπικά (με τα γυαλιά ΕΠ).

Εικόνα Π3.13. Διατήρηση για τους μαθητές Γιάννη και Ελένη (διερεύνηση).

## Συστηματική Διδασκαλία



Το νερό χωρίς και με τα γυαλιά.

Οι φάσεις του νερού μικροσκοπικά (με τα γυαλιά ΕΠ).

Εικόνα Π3.14. Διατήρηση για τους μαθητές Φανή, Χαρά και Λίνα (συστηματική διδασκαλία).