

# Η διερεύνηση των φάσεων του νερού από μαθητές με νοητική αναπηρία μέσω επαυξημένης πραγματικότητας

Ιατράκη Γεωργία, Μικρόπουλος Αναστάσιος

[g.iatraki@uoi.gr](mailto:g.iatraki@uoi.gr), [amikrop@uoi.gr](mailto:amikrop@uoi.gr)

Εργαστήριο Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

## Περίληψη

Η επαυξημένη πραγματικότητα μπορεί να συμβάλλει στην κατανόηση του φυσικού κόσμου, συμπεριλαμβανομένων εννοιών και καταστάσεων όπως είναι ο μικρόκοσμος, από όλους τους μαθητές. Σύμφωνα με τις διεθνείς νομοθετικές εξελίξεις, η παροχή εκπαιδευτικών εμπειριών με στόχο την ισότιμη συμμετοχή και πρόοδο των μαθητών με νοητική αναπηρία (ΝΑ) στο γενικό πρόγραμμα σπουδών αναδεικνύει την αναγκαιότητα αποτελεσματικής διδασκαλίας βασικού περιεχομένου των φυσικών επιστημών. Η παρούσα εμπειρική μελέτη διερεύνησε τα μαθησιακά αποτελέσματα τριών μαθητών με ελαφρά ΝΑ κατά την εφαρμογή διερευνητικής προσέγγισης, υποστηριζόμενης από ένα σύστημα γυαλιών επαυξημένης πραγματικότητας, για τις τρεις φάσεις του νερού σε μικροσκοπική θεώρηση. Εφαρμόστηκε ένας προς έναν διδασκαλία και η οπτική ανάλυση των ατομικών γραφημάτων των συμμετεχόντων έδειξε σημαντική αύξηση του αριθμού των σωστών απαντήσεων των μαθητών στους ανιχνευτές αξιολόγησης μετά την εισαγωγή της παρέμβασης και διατήρηση της επίδοσής τους σε υψηλά επίπεδα. Πρόσθετα, αξιολογήθηκε η εμπειρία των μαθητών από τη μαθησιακή διαδικασία μέσω ερωτήσεων κοινωνικής εγκυρότητας.

**Λέξεις κλειδιά:** επαυξημένη πραγματικότητα, φάσεις του νερού, μόρια, μικρόκοσμος, νοητική αναπηρία

## Εισαγωγή

Ένας από τους πρωταρχικούς στόχους της εκπαίδευσης των μαθητών αποτελεί η ανάπτυξη του γραμματισμού στις φυσικές επιστήμες και την ψηφιακή τεχνολογία. Τα πρότυπα φυσικών επιστημών νέας γενιάς (Next Generation Science Standards, NGSS, 2013) αναφέρουν δραστηριότητες διερεύνησης, όπου οι μαθητές αποκτούν γνώσεις βάσει αποδεικτικών στοιχείων και κατανοούν τον τρόπο με τον οποίο οι επιστήμονες μελετούν τον φυσικό κόσμο. Στο επίκεντρο της προσπάθειας για το σχεδιασμό των προγραμμάτων ανάπτυξης δεξιοτήτων επιστημονικού γραμματισμού βρίσκονται η αξιοποίηση διαφορετικών διδακτικών μοντέλων, η ενσωμάτωση εργαλείων ψηφιακής τεχνολογίας και οι ιδέες των μαθητών για τις έννοιες και τα φαινόμενα των φυσικών επιστημών (Sharon et al., 2020). Κύριες συνιστώσες του επιστημονικού γραμματισμού θεωρούνται η γνώση, οι μέθοδοι και τα αποδεικτικά στοιχεία για την κατανόηση του φυσικού κόσμου. Στο πλαίσιο αυτό, η διερευνητική προσέγγιση ως ενεργή μαθησιακή διαδικασία καλεί τους μαθητές να επεξεργαστούν δεδομένα για να απαντήσουν σε μια ερώτηση. Συγκεκριμένες προτάσεις συμμετοχής σε διερεύνηση αποτελούν ο σχεδιασμός και η διεξαγωγή έρευνας από τους μαθητές, η χρήση ψηφιακής τεχνολογίας, η παροχή ερμηνειών μέσω αποδεικτικών στοιχείων και η μεταφορά επιχειρημάτων σε άλλους (Constantinou et al., 2018; McDermott et al., 2000; Pedaste et al., 2015).

Οι μαθητές με νοητική αναπηρία (ΝΑ) αναπτύσσουν δεξιότητες βασικού περιεχομένου φυσικών επιστημών σύμφωνα με τα αναλυτικά προγράμματα γενικών σπουδών (Agran et al., 2006; IDEA, 2004; NCLB, 2001; NRC, 2012). Ωστόσο, οι δυσκολίες στον ακαδημαϊκό τομέα των μαθητών με ΝΑ εντοπίζονται στην περιορισμένη ικανότητα αφηρημένης σκέψης και γενίκευσης εμπειριών, σε ελλείμματα στη μνήμη και την προσοχή, σε αργούς ρυθμούς

μάθησης, στην αδυναμία επεξεργασίας πληροφοριών και την επίλυση προβλημάτων (American Psychiatric Association, 2013). Οι μεταρρυθμίσεις των προγραμμάτων σπουδών και τα πρότυπα φυσικών επιστημών συμφωνούν στην εφαρμογή αρχών καθολικού σχεδιασμού και διδακτικών πρακτικών για τους μαθητές με ΝΑ και τη βασική κατανόηση των εννοιών (Iatraki et al., 2021; NGSS, 2013). Οι υπάρχουσες δημοσιευμένες εκπαιδευτικές παρεμβάσεις φυσικών επιστημών σε μαθητές με ΝΑ επισημαίνουν την αναγκαιότητα διαφοροποιήσεων και προσαρμογών, οι οποίες με τη χρήση εργαλείων ψηφιακής τεχνολογίας δημιουργούν κίνητρα για την αποτελεσματική συμμετοχή και επίτευξη στόχων στο περιεχόμενο των φυσικών επιστημών (Cheng et al., 2020; Knight et al., 2020).

Πρόσφατες ανασκοπήσεις της βιβλιογραφίας για τις παρεμβάσεις φυσικών επιστημών σε μαθητές με ΝΑ συγκεντρώνουν σημαντικά ευρήματα για τον τρόπο διδασκαλίας περιεχομένου φυσικών επιστημών με έμφαση στη συστηματική διδασκαλία και την μετατόπιση της διδασκαλίας από λειτουργικό σε ακαδημαϊκό επίπεδο γνώσης φυσικών επιστημών (Apanasionok et al., 2019; Greene & Bethune, 2019; Knight et al. 2020). Η ανασκόπηση των Rizzo και Taylor (2016) ανέλυσε τη βιβλιογραφία ως προς τη διερευνητική μάθηση και την επίδραση της στην απόκτηση δεξιοτήτων φυσικών επιστημών σε μαθητές με ΝΑ. Αν και τα αντίστοιχα προγράμματα σπουδών συμπεριλαμβάνουν τη διδασκαλία αφηρημένων εννοιών, δεν υπάρχουν δημοσιευμένες εργασίες για τις προσαρμογές που απαιτούνται στην κατανόηση εννοιών Φυσικής από τους μαθητές με ΝΑ. Για παράδειγμα, στη μελέτη των Miller et al. (2013) όπου εφαρμόστηκε καθοδηγούμενη διερεύνηση υποστηριζόμενη από πολυμέσα και εφαρμογές σε iPads, οι μαθητές με ΝΑ παρουσίασαν αυξημένα κίνητρα και βελτιωμένη επίδοση στη Βιολογία. Η πλειοψηφία των παρεμβάσεων στις φυσικές επιστήμες στοχεύει σε περιεχόμενο Βιολογίας και Γεωγραφίας με ελάχιστες αναφορές σε Χημεία ή Φυσική και καλύπτει θέματα καθημερινής εμπειρίας έναντι αφηρημένων εννοιών, όπως ο μικρόκοσμος (π.χ. McMahon et al., 2016; Wood et al., 2020).

Ως προς την αξιοποίηση της ψηφιακής τεχνολογίας στην ειδική εκπαίδευση, οι Ιατράκη και Μικρόπουλος (2021) συγκέντρωσαν μελέτες που αφορούσαν παρεμβάσεις φυσικών επιστημών σε μαθητές με ΝΑ μέσω συστηματικής ανασκόπησης πρωτογενών μελετών που δημοσιεύτηκαν μεταξύ των ετών 2013 έως 2021. Από την ανάλυσή τους φάνηκε ότι η ψηφιακή τεχνολογία ενισχύει σημαντικά την απόκτηση περιεχομένου φυσικών επιστημών για τους μαθητές με ΝΑ. Κατάλληλες προσαρμογές, όπως η βασική ορολογία, ο αριθμός των δραστηριοτήτων κατανόησης, η μείωση της διάσπασης προσοχής μέσω σαφών οδηγιών και μικρών βημάτων, καθώς και η χρήση ενισχυτών βελτιώνουν τα μαθησιακά αποτελέσματα. Η ανασκόπηση των Quintero et al. (2019) και η μετανάλυση των Baragash et al. (2020) έδειξαν ότι η επαυξημένη πραγματικότητα (αξιοποίηση κινητού τηλεφώνου ή ταμπλέτας) ωφελεί τη διδασκαλία μαθητών με αναπηρία, καθώς ενισχύει την εμπλοκή, την αλληλεπίδραση και τη δημιουργία κινήτρων στους μαθητές. Οι McMahon et al. (2016) διεξήγαγαν εμπειρική μελέτη εφαρμόζοντας ερευνητικό σχέδιο μεμονωμένης περίπτωσης, όπου οι μαθητές με ΝΑ χρησιμοποιούσαν κινητές συσκευές επαυξημένης πραγματικότητας και έδειξαν βελτιωμένη επίδοση κατά την απόκτηση λεξιλογίου Βιολογίας. Πρόσθετα, τα αποτελέσματα από την εμπειρία που βίωσαν οι μαθητές παρουσιάστηκαν ενθαρρυντικά εφόσον οι συμμετέχοντες φάνηκε να απολαμβάνουν τη διαδικασία.

Με βάση τα προαναφερόμενα προκύπτει ένα επιστημονικό ενδιαφέρον ως προς τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη μιας εκπαιδευτικής παρέμβασης μέσω επαυξημένης σε μαθητές με ΝΑ, όταν διδάσκεται περιεχόμενο Φυσικής, όπως η δομή της ύλης, με το μοντέλο της διερεύνησης.

Σκοπός της παρούσας εμπειρικής μελέτης είναι να εξετάσει την επίδραση της χρήσης γυαλίων επαυξημένης πραγματικότητας στην διδασκαλία Φυσικής σε επίπεδο διερεύνησης σε

μαθητές με ΝΑ. Οι ερευνητικοί άξονες είναι: α) η επίδραση της επαυξημένης πραγματικότητας στην διδασκαλία Φυσικής μέσω διερεύνησης για την απόκτηση βασικών δεξιοτήτων γνωστικού τομέα (ορολογία, κατανόηση εννοιών) με βάση το περιεχόμενο «η μικροσκοπική θεώρηση των τριών φάσεων του νερού» σε μαθητές με ΝΑ δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και β) και η καταγραφή των εμπειριών τους.

## Μέθοδος

### Ερευνητικό σχέδιο

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της εκπαιδευτικής παρέμβασης με επαυξημένη πραγματικότητα σε μαθητές με ΝΑ εφαρμόστηκε το πειραματικό σχέδιο AB (Cook & Cook, 2016). Σχεδιάστηκαν και εφαρμόστηκαν τρία στάδια, με συνεχή αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων για κάθε μαθητή ως προς τον εαυτό του στην πάροδο του χρόνου: γραμμή βάσης, κύρια παρέμβαση και διατήρηση των αποτελεσμάτων. Για την εξασφάλιση της ποιότητας του σχεδίου μεμονωμένης περίπτωσης λήφθηκαν υπόψη οι δείκτες ποιότητας για τους συμμετέχοντες και το χώρο της παρέμβασης, τις εξαρτημένες και ανεξάρτητες μεταβλητές, τη γραμμή βάσης, την εσωτερική και εξωτερική εγκυρότητα, καθώς και την κοινωνική εγκυρότητα της μελέτης. Στη συνέχεια ακολουθεί αναλυτικά η περιγραφή τους.

### Συμμετέχοντες και χώρος της παρέμβασης

Τρεις μαθητές με ελαφρά ΝΑ (χρησιμοποιήθηκαν ψευδώνυμα σύμφωνα με το απόρρητο των προσωπικών στοιχείων), που φοιτούν στο ΕΝ.Ε.Ε.ΓΥ.-Α. Ιωαννίνων, συμμετείχαν στην εκπαιδευτική παρέμβαση με επαυξημένη πραγματικότητα και διερεύνηση. Τα κριτήρια για την επιλογή των μαθητών ήταν: α) διάγνωση ελαφράς νοητικής αναπηρίας, β) λεκτική επικοινωνία, γ) φοίτηση στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, δ) βασικές δεξιότητες μαθησιακού τομέα (βασικό λεξιλόγιο, λειτουργική ανάγνωση, βασική κατανόηση) και ε) επαρκές επίπεδο όρασης και ακοής, καθώς και κινητικών δεξιοτήτων ώστε να μπορούν να χρησιμοποιήσουν το σύστημα των γυαλιών επαυξημένης πραγματικότητας. Η τελική επιλογή των μαθητών έγινε με τη βοήθεια δύο μελών από το διεπιστημονικό προσωπικό της σχολικής μονάδας, τα οποία είχαν πρόσβαση στους ατομικούς φακέλους των μαθητών. Οι γονείς των μαθητών συμπλήρωσαν έντυπο έγγραφης συναίνεσης, το οποίο περιέγραφε το πλαίσιο της έρευνας, επεσήμαινε το δικαίωμα αποχώρησης του παιδιού τους από τη διαδικασία σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή και για οποιονδήποτε λόγο και επέτρεπε τη λήψη φωτογραφιών.

Τα χαρακτηριστικά των μαθητών με ΝΑ παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Οι τρεις μαθητές αντιμετώπιζαν σημαντικές δυσκολίες στη γραφή και στην αναγνωστική κατανόηση. Χρειάζονταν ενίσχυση σε όλη τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας και προτροπή για να εμπλακούν στο έργο. Ωστόσο, έδειξαν προθυμία και αυξημένα κίνητρα για συμμετοχή ιδίως όταν χρησιμοποιήθηκε το σύστημα γυαλιών επαυξημένης πραγματικότητας.

Οι συναντήσεις και τα μαθήματα με τους συμμετέχοντες πραγματοποιήθηκαν στο χώρο του σχολείου μετά από την χορήγηση άδειας από τη Διεύθυνση της σχολικής μονάδας για τη διεξαγωγή της έρευνας (Νόμος 4823/2021 - ΦΕΚ 136/Α/3-8-2021 Άρθρο 88). Αξιοποιήθηκαν δύο χώροι, το γραφείο του ενός από τα μέλη του διεπιστημονικού προσωπικού στο οποίο πραγματοποιήθηκαν οι αρχικές συναντήσεις και οι συνεδρίες της γραμμής βάσης και ένας προθάλαμος αιθουσών με μειωμένο φυσικό φωτισμό στον οποίο εφαρμόστηκε η κύρια παρέμβαση με το σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας.

### Πίνακας 1. Δημογραφικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων

Συμμετέχοντες	Ηλικία	Τάξη	Διάγνωση*
Γιάννης	15	Β' Γυμνασίου	Ελαφρά ΝΑ
Μάνος	16	Δ' Γυμνασίου	Ελαφρά ΝΑ
Ελένη	17	Β' Λυκείου	Ελαφρά ΝΑ

\* Κέντρα Διάγνωσης Αξιολόγησης Συμβουλευτικής και Υποστήριξης / ΚΕΔΑΣΥ

### Τεχνολογικός εξοπλισμός και διδακτικά υλικά

Χρησιμοποιήθηκαν γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας, τα οποία επιτρέπουν στο χρήστη την απευθείας παρατήρηση του φυσικού κόσμου, επαυξημένου με ψηφιακές προσθήκες. Συγκεκριμένα, το σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας Magic Leap One™ περιλαμβάνει έναν αυτόνομο φορητό υπολογιστή με λειτουργικό σύστημα Lumin, που αναγνωρίζει το φυσικό περιβάλλον. Ο σχεδιασμός του επαυξημένου περιβάλλοντος έγινε με την πλατφόρμα ανάπτυξης λογισμικού Unity 3D Game Engine και τη γλώσσα αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού C#. Πρόσθετα χρησιμοποιήθηκε το πακέτο ανάπτυξης λογισμικού Lumin SDK καθώς και τα πακέτα XR Management και Magic Leap Unity Package. Τα ψηφιακά αντικείμενα που χρησιμοποιήθηκαν στις εφαρμογές υλοποιήθηκαν ως ανεξάρτητα αντικείμενα (assets) και ο κώδικας αναπτύχθηκε στο Εργαστήριο Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση.

Επιπρόσθετα, χρησιμοποιήθηκε το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο «οι φάσεις του νερού» από το Φωτόδεντρο (<http://photodentro.edu.gr/lor/r/8521/6182>), από το οποίο αφαιρέθηκε η γραφική παράσταση της θερμοκρασίας σε σχέση με τη θερμότητα για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο προσομοίωσε ένα δοχείο με πάγο τοποθετημένο σε μια εστία θέρμανσης και ο μαθητής μπορούσε να παρατηρήσει τις τρεις φάσεις του νερού καθώς μεταβαλλόταν η θερμοκρασία. Με την επιλογή *μικροσκοπικά*, οι μαθητές μπορούσαν να παρατηρήσουν τα μόρια του νερού στις τρεις φάσεις.

Άλλα διδακτικά υλικά αποτέλεσαν πραγματικά δοχεία ζέσεως για την επίδειξη των τριών φάσεων του νερού (νερό, πάγος, υδρατμός) μακροσκοπικά, έντυπα φύλλα εργασίας και φύλλα αξιολόγησης για τα διάφορα στάδια της παρέμβασης. Τα φύλλα εργασίας συμπεριέλαβαν ερωτήσεις ανοιχτού τύπου ακολουθώντας τη δομή του μοντέλου της δομημένης διερευνητικής προσέγγισης και τα φύλλα αξιολόγησης αφορούσαν επτά αντίστοιχες ερωτήσεις ανά μάθημα, που δόθηκαν στους μαθητές προφορικά. Οι ερωτήσεις για το γνωστικό αντικείμενο αφορούσαν την απόκτηση βασικού λεξιλογίου και την εφαρμογή του σε ερωτήσεις κατανόησης. Για παράδειγμα: *από τι αποτελείται το νερό; Μπορείς να περιγράψεις τα μόρια;* Τέλος, οι μαθητές απάντησαν σε ερωτήσεις που αξιολόγησαν την εμπειρία τους με τα γυαλιά στη συγκεκριμένη παρέμβαση διερεύνησης.

### Διαδικασία συλλογής δεδομένων

#### Γραμμή βάσης

Για κάθε συνεδρία τύπου *ένας προς έναν* δόθηκαν οδηγίες στους μαθητές εφόσον ενημερώθηκαν για το σκοπό και την επίτευξη του. Η γραμμή βάσης συμπεριέλαβε συνεδρίες με τη χρησιμοποίηση μέσω των ευθυγραμμίζονται τόσο με τη μακροσκοπική (ποτήρι με νερό, πάγος, δοχείο με βραστό νερό και υδρατμοί) όσο και με τη μικροσκοπική θεώρηση των τριών φάσεων του νερού (ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο). Και οι τρεις μαθητές συμμετείχαν σε όλες τις συνεδρίες που είχαν σχεδιαστεί για την ανίχνευση των αρχικών ιδεών τους ως προς τις τρεις φάσεις του νερού και τις μεταξύ τους συγκρίσεις ανά δύο φάσεις και

για τις τρεις φάσεις συγκεντρωτικά. Οι μαθητές εισήχθησαν στην παρέμβαση αφού ολοκληρώθηκαν όλες οι συνεδρίες που είχαν σχεδιαστεί για τη γραμμή βάσης (συνολικά 13).

### Εξοικείωση με τον εξοπλισμό

Οι μαθητές χρειάστηκε να φορέσουν τα γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας για να εξοικειωθούν με τη χρήση τους (Σχ. 1). Για το σκοπό αυτό τοποθετήθηκε στο χώρο μια εικονική μεγεθυμένη χιονονιφάδα, την οποία οι μαθητές μπορούσαν να δουν μέσω των γυαλιών και να την παρατηρήσουν από διαφορετικές πλευρές ενώ κινούνταν ελεύθερα στο χώρο. Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας θεωρήθηκαν τα εξής βασικά επίπεδα εξοικείωσης: α) η ελευθερία κινήσεων από τους μαθητές, β) η αποδοχή του συστήματος επαυξημένης πραγματικότητας με επισημάνσεις ως προς την άνεση και ευκολία εφαρμογής, και γ) ο εντοπισμός πιθανής νόσου του προσομοιωτή. Η χρήση του χειριστηρίου από τους μαθητές δεν κρίθηκε απαραίτητη για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας.



Σχήμα 1. Ο μαθητής προσπαθεί να ακουμπήσει τη χιονονιφάδα.

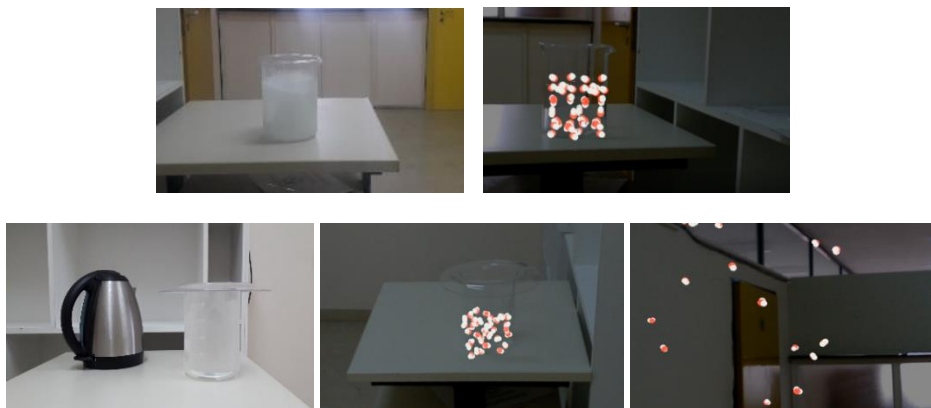
### Παρέμβαση μέσω επαυξημένης πραγματικότητας

Σε αυτή τη μελέτη, μετρήθηκε η επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής (δηλαδή, της διδασκαλίας μέσω καθοδηγούμενης διερεύνησης με τη βοήθεια των γυαλιών επαυξημένης πραγματικότητας) στην εξαρτημένη μεταβλητή (δηλαδή, ο αριθμός των ανεξάρτητων σωστών απαντήσεων στους ανιχνευτές αξιολόγησης) κατά τη διάρκεια των συναντήσεων με τους μαθητές. Σχεδιάστηκαν γραφικά μόνο οι σωστές απαντήσεις (ανώτατο όριο 7/7 σωστές απαντήσεις) κατά τη διάρκεια των συνεδριών ανίχνευσης και προσμετρήθηκαν στην επίδοση βάσει κριτηρίων που ορίστηκαν στην ανάλυση των δεδομένων (πχ. *Το νερό αποτελείται από μικρά μπαλάκια*). Η δήλωση του μαθητή θεωρήθηκε σωστή καθώς βρίσκεται στο πλαίσιο συνέχειας της όλης).

Επιπρόσθετα, συλλέχθηκαν δεδομένα διατήρησης τρεις φορές, δηλαδή κατά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας του υγρού νερού, ομοίως για τον πάγο και για τους υδρατμούς χρησιμοποιώντας ένα φύλλο αξιολόγησης. Το φύλλο αξιολογούσε τη χρήση των όρων και την κατανόηση από τους μαθητές σε δραστηριότητες Φυσικής.

Στη διάρκεια της παρέμβασης και της αξιολόγησής της δόθηκαν προφορικές ενισχύσεις στους μαθητές όσον αφορά στη συμμετοχή και όχι ως προς την επίδοσή τους.





Σχήμα 2. Οι τρεις φάσεις του νερού σε μακροσκοπική και μικροσκοπική θεώρηση.

### Διατήρηση

Η διατήρηση πραγματοποιήθηκε σε πέντε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Δεδομένα συλλέχθηκαν για τη διατήρηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητών για τρεις φορές στο τέλος της διδασκαλίας κάθε φάσης του νερού. Δηλαδή κατά την ολοκλήρωση της διερεύνησης για το νερό εφαρμόστηκε αξιολόγηση για τη διατήρηση των νέων όρων (μόρια, άτομα) και την κατανόηση της κίνησης και της διάταξης των μορίων του νερού. Ομοίως για τον πάγο και τους υδρατμούς. Εφόσον ολοκληρώθηκε η κύρια παρέμβαση για τις τρεις φάσεις του νερού αξιολογήθηκαν τα μαθησιακά αποτελέσματα των συμμετεχόντων σε δύο χρονικές στιγμές, 15 ημέρες και ένα μήνα μετά τη λήξη της. Τα φύλλα αξιολόγησης περιλάμβαναν ερωτήσεις ανοιχτού τύπου βασισμένες στη διερευνητική προσέγγιση τα οποία στόχευαν στον έλεγχο της διατήρησης των όρων και της κατανόησης από τους μαθητές. Ορισμένες ενδεικτικές ερωτήσεις είναι: *από τι αποτελείται το νερό; Από πόσα άτομα αποτελείται το μόριο του νερού; Τι υπάρχει ανάμεσα στα μόρια του νερού; Γιατί χωρίς τα γυαλιά δε μπορούμε να δούμε τα μόρια;*

### Κοινωνική εγκυρότητα

Για την αξιολόγηση της κοινωνικής εγκυρότητας σχεδιάστηκαν ερωτήσεις (α) σχετικά με το βαθμό κατά τον οποίο οι μαθητές απολάμβαναν τη συμμετοχή τους στη μελέτη, (β) τις απόψεις τους ως προς την απόκτηση νέων γνώσεων στη Φυσική, (γ) την ικανότητά τους να διατηρήσουν τις ακαδημαϊκές δεξιότητες, (δ) τις αντιλήψεις τους για την ευχρηστία των γυαλιών επαυξημένης πραγματικότητας, και (ε) το βαθμό στον οποίο θα ήθελαν να χρησιμοποιούν γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας στο μάθημα της Φυσικής και άλλων γνωστικών αντικειμένων.

### Αποτελέσματα

Καταγράφηκαν ορισμένες γενικές επισημάνσεις με βάση τις απαντήσεις των μαθητών στη διάρκεια των ανοιχτών ερωτήσεων για τις τρεις φάσεις του νερού. Οι μαθητές αρχικά φάνηκε να έχουν μηδενική αντίληψη για τη μικροσκοπική θεώρηση του νερού, καθώς έδειξαν να μην γνωρίζουν για τον τεμαχισμό της ύλης (έννοια του μορίου). Η αντιστοιχισή των φάσεων του νερού (νερό, πάγος, υδρατμοί) με τις τρεις καταστάσεις της δομής της ύλης (υγρό, στερεό, αέριο) ήταν περιορισμένη ή συγκεχυμένη με συνέπεια την ελλιπή κατανόηση και της μακροσκοπικής κατανόησης. Κατά την αξιοποίηση του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου,

οι μαθητές ήταν σε θέση να περιγράψουν τις οπτικές αναπαραστάσεις και να αναφέρουν ότι το νερό αποτελείται από «μικρά», «μικρά στρογγυλά», «μπαλάκια», «μπιλάκια», «μικρόβια», όροι που θα μπορούσαν να αποτυπώσουν τον τεμαχισμό της ύλης. Από την παρακολούθηση του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου φαίνεται να προέκυψαν ιδέες για την απεικόνιση του μορίου. Συγκεκριμένα, οι μαθητές απεικόνισαν (σχεδίασαν) τα μόρια ως διοδιάστατα και διαφορετικού μεγέθους σε κάθε φάση. Επιπλέον, το πλέγμα πάνω στο οποίο τοποθετούνταν τα μόρια στην κατάσταση του πάγου δημιουργήσε σύγχυση στους μαθητές.

### **Μαθησιακά αποτελέσματα**

Τα αποτελέσματα που δείχνουν την επίδραση των γυαλιών επαυξημένης πραγματικότητας στη διερεύνηση της μικροσκοπικής θεώρησης των τριών φάσεων του νερού παρουσιάζονται στο Σχήμα 3. Η γραφική παράσταση δείχνει τον αριθμό των σωστών απαντήσεων των μαθητών σε όλα τα στάδια της παρέμβασης. Στη διάρκεια της γραμμής βάσης και οι τρεις μαθητές είχαν χαμηλά επίπεδα σωστών απαντήσεων ώσπου διαπιστώθηκε σταθερή πτωτική τάση στις δύο τελευταίες συνεδρίες που πραγματοποιήθηκαν οι συγκρίσεις των φάσεων. Μετά την εισαγωγή της παρέμβασης, οι τρεις μαθητές αύξησαν τον αριθμό των σωστών απαντήσεων (ο μέγιστος αριθμός σωστών απαντήσεων ήταν το 7) και καταγράφηκε αλλαγή στο επίπεδο. Η οπτική ανάλυση των εξατομικευμένων γραφημάτων έδειξε λειτουργική σχέση μεταξύ της διδασκαλίας διερεύνησης μέσω επαυξημένης πραγματικότητας και της αύξησης του αριθμού των σωστών απαντήσεων στις συνεδρίες ανίχνευσης για όλους τους μαθητές. Τα αποτελέσματα διατήρησης ήταν υψηλά, με τιμές από 6 έως 7 σωστές απαντήσεις.

### **Γιάννης**

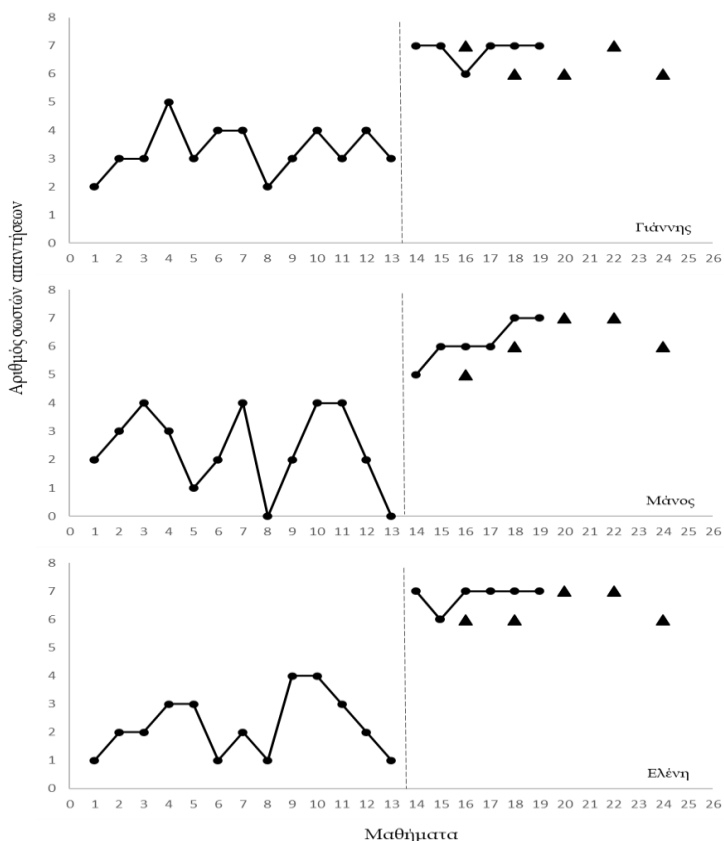
Τα δεδομένα της γραμμής βάσης για την επίδοση του Γιάννη έδειξαν χαμηλό επίπεδο με σταθερή τάση και εύρος από 2 έως 5 σωστές απαντήσεις ( $M = 3.3 \pm 0.8$ ). Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της γραμμής βάσης με την παρέμβαση για τον Γιάννη παρατηρήθηκε άμεση αλλαγή στο επίπεδο, το οποίο μετά την εισαγωγή της παρέμβασης ήταν υψηλό με σταθερή τάση. Οι απαντήσεις κυμάνθηκαν από 6 έως 7 σωστές ( $M = 6.8 \pm 0.4$ ). Στα τελευταία τρία μαθήματα οι σωστές απαντήσεις του Γιάννη ήταν 7 και τα μαθησιακά αποτελέσματα διατηρήθηκαν, αφού καταγράφηκαν 6 ή 7 σωστές απαντήσεις στο τελευταίο στάδιο.

### **Μάνος**

Τα δεδομένα της γραμμής βάσης για την επίδοση του Μάνου παρουσίασαν σημαντική μεταβλητότητα. Κατά τη διάρκεια των συνεδριών ανίχνευσης, ο Μάνος απάντησε μεταξύ 0 και 4 σωστές απαντήσεις ( $M = 2.4 \pm 1.4$ ). Μόλις εισήχθη η παρέμβαση, οι βαθμολογίες του σημείωσαν άμεση αλλαγή στο επίπεδο και στη συνέχεια παρουσίασαν ανοδική τάση. Το εύρος των σωστών απαντήσεων για την παρέμβαση ήταν μεταξύ 5 και 7 σωστών απαντήσεων ( $M = 6.2 \pm 0.7$ ). Στις δύο τελευταίες συνεδρίες παρατηρήθηκαν σταθερά μαθησιακά αποτελέσματα (7 σωστές απαντήσεις), τα οποία διατηρήθηκαν μετά την παρέμβαση.

### **Ελένη**

Τα δεδομένα της γραμμής βάσης στον ανιχνευτή της Ελένης ήταν χαμηλά και μεταβαλλόμενα. Το εύρος των απαντήσεων ήταν από 1 έως 4 σωστές απαντήσεις ( $M = 2.2 \pm 1.1$ ). Μόλις εισήχθη η παρέμβαση, οι βαθμολογίες στους ανιχνευτές της Ελένης έδειξαν άμεση αλλαγή στο επίπεδο με μία μονάδα μεταβολή στη δεύτερη συνεδρία. Καθώς οι συνεδρίες συνεχίζονταν, οι βαθμολογίες της έφτασαν τις 7 σωστές απαντήσεις με σταθερή πλέον τάση ( $M = 6.8 \pm 0.4$ ). Τα αποτελέσματα της διατήρησης σημείωσαν 6 ή 7 σωστές απαντήσεις.



Σχήμα 3. Εξατομικευμένο γράφημα συμμετεχόντων.

### Κοινωνική εγκυρότητα

Στις ερωτήσεις για την κοινωνική εγκυρότητα της παρέμβασης με στόχο την καταγραφή της συνολικής εμπειρία των μαθητών, όλοι συμφώνησαν ότι απολάμβαναν τη συμμετοχή τους στην παρέμβαση με τα γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας. Συγκεκριμένα, οι μαθητές θεώρησαν εύχρηστα τα γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας και δεν ανέφεραν κάποιο σύμπτωμα νόσου του προσομοιωτή στο στάδιο της εξοικείωσης με τον εξοπλισμό ή στη διάρκεια της παρέμβασης. Ως προς την απόκτηση των νέων γνώσεων, οι μαθητές επεσήμαναν ότι έμαθαν σημαντικά πράγματα για τη Φυσική χρήσιμα για την καθημερινότητά τους. Πρόσθετα, οι μαθητές με ΝΑ θεώρησαν ότι η οπτικοποίηση των μορίων και η αναπαράσταση θέσης και κίνησης, βοήθησε στη διατήρηση των γνώσεων. Τέλος, όλοι οι μαθητές επεσήμαναν ότι τους άρεσε η διδασκαλία με τα γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας και θα ήθελαν να συνεχίσουν να τα χρησιμοποιούν τόσο στο μάθημα της Φυσικής για να διδαχθούν άλλες έννοιες ή φαινόμενα, όσο και να τα χρησιμοποιήσουν σε άλλα γνωστικά αντικείμενα.



## Συζήτηση, συμπεράσματα και προοπτικές μελλοντικής έρευνας

Ο σκοπός της μελέτης ήταν να προσδιορίσει την αποτελεσματικότητα της διερευνητικής διδασκαλίας των τριών φάσεων του νερού μικροσκοπικά χρησιμοποιώντας γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας σε μαθητές με ΝΑ. Εφαρμόστηκε ένας προς έναν διδασκαλία και οι μαθητές απέκτησαν επαγωγικά όρους Φυσικής, όπως «μόρια», «άτομα», «κενό», «ταλάντωση», τους οποίους εφάρμοσαν σε ερωτήσεις κατανόησης και διατήρησαν στην αξιολόγηση. Αυτή η εργασία προσθέτει στην προηγούμενη έρευνα ότι η ψηφιακή τεχνολογία συμβάλλει στην κατανόηση ακαδημαϊκού περιεχομένου από τους μαθητές με ΝΑ και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων απόκτησης ορολογίας φυσικών επιστημών σε ευθυγράμμιση με το γενικό πρόγραμμα σπουδών (Baragash et al., 2020; Cheng et al., 2020). Τα ευρήματα της παρέμβασης επισημαίνουν τη σημασία της ενσωμάτωσης της επαυξημένης πραγματικότητας στην διδασκαλία αόρατων φαινομένων στις φυσικές επιστήμες. Συγκεκριμένα, η οπτικοποίηση των μορίων του νερού και η παρατήρησή τους από τους μαθητές στις τρεις φάσεις συνέβαλε στη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων τους περιορίζοντας τα εμπόδια τους. Η επιλογή του σχήματος, του μεγέθους και του χρώματος των μορίων συνέβαλε στη βελτίωση της διάκρισης του εικονικού αντικειμένου από τους μαθητές και η τρισδιάστατη οπτική αναπαράσταση στον πραγματικό χώρο ενίσχυσε τη μνήμη τους (Iatraki et al., 2021). Η διερευνητική προσέγγιση σε δομημένο πλαίσιο με παροχή διευκολύνσεων και ενισχύσεων έδειξε να ωφελεί την εμπλοκή των μαθητών σε ερωτήσεις Φυσικής και να ενισχύει σημαντικά την παρατήρηση, την περιγραφή συλλογισμών, την αξιοποίηση δεδομένων, την ερμηνεία και επικοινωνία (Constantinou et al., 2018; McDermott et al., 2000).

Σημαντικά ευρήματα της εκπαιδευτικής παρέμβασης αποτελούν: (α) η λειτουργική σχέση μεταξύ της εισαγωγής της δομημένης διερεύνησης με επαυξημένης πραγματικότητας και του αριθμού των σωστών απαντήσεων των μαθητών με ΝΑ, (β) η διατήρηση των στοχευμένων επιστημονικών όρων από τους τρεις συμμετέχοντες και (γ) η συμφωνία των μαθητών για την αποτελεσματικότητα της παρέμβασης καθώς και η επιθυμία τους να διδαχθούν και άλλα γνωστικά αντικείμενα με τα γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας. Αυτά τα ευρήματα συνάδουν με προηγούμενες μελέτες που αξιολογούν τη χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας για τη διδασκαλία περιεχομένου φυσικών επιστημών (McMahon et al., 2016; Wood et al., 2020) καθώς και μελέτες που χρησιμοποιούν συστηματική διδασκαλία για να διδάξουν επίσης μια ακαδημαϊκή δεξιότητα αντίστοιχου περιεχομένου σε μαθητές με ΝΑ (Greene & Bethune, 2019). Τέλος, αυτή η εργασία καταδεικνύει τα πιθανά οφέλη της επαυξημένης πραγματικότητας για την διδασκαλία Φυσικής και πιθανώς άλλου γνωστικού περιεχομένου για μαθητές με ΝΑ με βάση τη βιβλιογραφία (Baragash et al., 2020; Cheng et al., 2020).

Ένας περιορισμός της εκπαιδευτικής παρέμβασης είναι η έλλειψη γενίκευσης. Ως προς το πειραματικό σχέδιο, το σχέδιο ΑΒ δεν παρέχει επαρκή πειραματικό έλεγχο. Μελλοντική έρευνα θα συμπεριλάβει την γενίκευση όπου οι μαθητές θα αξιολογηθούν ως προς την επεκτασιμότητα των δεξιοτήτων τους. Λαμβάνοντας υπόψη τους αναφερόμενους περιορισμούς, θα μπορούσε να επεκταθεί το πεδίο της έρευνας με τον σχεδιασμό δραστηριοτήτων βασισμένων στην διερεύνηση και την απόκτηση αντίστοιχων δεξιοτήτων, χρήσιμων για την επίλυση προβλήματος.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

- American Psychiatric Association (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders, 5th ed.* <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>. (assessed 2021-07-10).
- 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), 1-34. <https://doi.org/10.1002/tea.21531>

- 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, 230-241.
- 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>
- 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>
- 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., & Cook, L. (2016). Research designs and special education research: Different designs address different questions. *Learning Disabilities Research & Practice*, 31(4), 190-198.
- 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 M. Chang, D. G. Sampson, A. Tlili, N-S. Chen, Kinshuk, (Eds.), *21st IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies - ICALT2021* (pp. 381-385). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICALT52272.2021.00122>
- Ιατράκη, Γ., & Μικρόπουλος, Α. (2021). Η επίδραση της ψηφιακής τεχνολογίας στη διδασκαλία περιεχομένου Φυσικών Επιστημών για μαθητές με νοητική αναπηρία. *XXX (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
- Individuals with Disabilities Education Improvement Act (2004), 20 U.S.C. § 1400.
- Greene, A.E., & 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, 62-79.
- 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.
- McDermott, L.C., Shaffer, P.S., & Constantinou, C.P. (2000). Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry. *Physics Education*, 35, 411.
- 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(1), 38-56.
- Miller, B. T., Krockover, G. H., & 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>
- NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. The National Academies Press.
- National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Committee on a conceptual framework for New K-12 science education standards. Board on science education, division of behavioral and social sciences and education. The National Academies Press.
- No Child Left Behind Act of 2001. Pub. L. No.' 107-110, 115 Stat. 1425. 2002.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>.
- 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 for Students with Disabilities*, 19(1), 1-16.
- 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/sc.21581>
- 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.

Διορθώσεις με βάση τις παρατηρήσεις των κριτών:

REVIEW 1	
<p>Ενδιαφέρουσα εργασία και με ενδιαφέροντα συμπεράσματα.</p> <p>Σας παρακαλούμε να δώσετε προσοχή στο εξής: Οι βιβλιογραφικές αναφορές πρέπει να ακολουθούν το υπόδειγμα του συνεδρίου.</p>	<p>Ευχαριστούμε.</p> <p>Έγιναν σχετικές διορθώσεις στις βιβλιογραφικές αναφορές.</p>
REVIEW 2	
<p>Πρόκειται για μια ενδιαφέρουσα εργασία, με πολύ καλή ερευνητική μεθοδολογία.</p> <p>Μιας και δεν υπάρχει πρόβλημα χώρου, θα προτιμούσα να μην υπάρχουν τόσες πολλές συντμήσεις και ακρωνύμια.</p> <p>Επίσης, δεν βλέπω τον λόγο να υπάρχουν ως παράρτημα στο τέλος ο πίνακας και το γράφημα. Θα ήταν καλύτερο να μεταφερθούν στο σημείο αναφοράς τους.</p> <p>Ακόμη, αν τα ονόματα των 3 υποκειμένων είναι τα πραγματικά θα ήταν καλύτερο να χρησιμοποιηθούν ψευδώνυμα και να αναφερθεί σαφώς αυτό στο κείμενο ή εναλλακτικά να αναφέρονται ως Μαθητής1, κοκ.</p> <p>Στο τεχνικό μέρος της βιβλιογραφίας χρειάζονται διορθώσεις (π.χ. δεν υπάρχουν πουθενά πλάγια γράμματα)</p>	<p>Ευχαριστούμε.</p> <p>Από το σύνολο της εργασίας αφαιρέθηκαν τα ακρωνύμια ΦΕ, ΨΤ, ΕΠ και παρέμεινε το ακρωνύμιο ΝΑ για την νοητική αναπηρία.</p> <p>Ο πίνακας και το γράφημα μεταφέρθηκαν από το Παράρτημα στις θέσεις όπου αναφέρονται.</p> <p>Τα ονόματα των μαθητών είναι ψευδώνυμα. Συγκεκριμένα διευκρινίζεται στους «Συμμετέχοντες και χώρος της παρέμβασης» όπου αναφέρεται ότι χρησιμοποιήθηκαν ψευδώνυμα σύμφωνα με το απόρρητο των προσωπικών στοιχείων.</p> <p>Πραγματοποιήθηκαν οι διορθώσεις στην βιβλιογραφία.</p>

