ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 13 (2024)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Εφαρμογή και αξιολόγηση διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας σε μαθητές/τριες Δημοτικού σχολείου: Η περίπτωση του μεγέθους των αντικειμένων και των οργάνων παρατήρησης

Αναστασία Οικονόμου, Γιώργος Πέικος, Άννα Σπύρτου

doi: 10.12681/codiste.6959

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 09/12/2025 01:28:24

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ/ΜΑΘΗΤΡΙΕΣ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ

Αναστασία Οικονόμου[1], Γιώργος Πέικος[2], Άννα Σπύρτου[†3]

[1]Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια ΠΔΜ, [2]Διδάκτορας ΠΤΔΕ ΠΔΜ, [3]Καθηγήτρια ΠΤΔΕ ΠΔΜ

anastasiaoiko16@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αφορά την εφαρμογή και αξιολόγηση μίας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ) για το περιεχόμενο της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας, εστιάζοντας στην έννοια: Μέγεθος των αντικειμένων και στα Όργανα παρατήρησης. Συμμετέχοντες/συμμετέχουσες ήταν 22 μαθητές/μαθήτριες Στ' Δημοτικού Σχολείου. Εργαλείο συλλογής δεδομένων ήταν το γραπτό ερωτηματολόγιο και η συνέντευξη, πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ, μεγάλο μέρος των μαθητών/μαθητριών ανέφερε ως το μικρότερο αντικείμενο που νομίζει ότι υπάρχει, ένα αντικείμενο του νανόκοσμου. Επίσης, ταξινόμησε σωστά αντικείμενα στον μακρόκοσμο, στον μικρόκοσμο και στον νανόκοσμο, με βάση το αντίστοιχο όργανο παρατήρησης και σειροθέτησε σωστά τα αντικείμενα από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο.

Λέξεις κλειδιά: Νανοεπιστήμη-Νανοτεχνολογία, Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία, Δημοτικό Σχολείο

IMPLEMENTATION AND EVALUATION OF A TEACHING-LEARNING SEQUENCE FOR PRIMARY SCHOOL STUDENTS: THE CASE OF THE SIZE OF OBJECTS AND THE OBSERVATION TOOLS

Anastasia Oikonomou[1], Giorgos Peikos[2], Anna Spyrtou[†3]

[1]Postgraduate Student UOWM, [2]PhD Department of Primary Education UOWM, [3] Professor Department of Primary Education UOWM

anastasiaoiko16@gmail.com

ABSTRACT

This paper concerns the implementation and evaluation of a Teaching Learning Sequence (TLS) for the content of Nanoscience-Nanotechnology, focusing on the concept of the Size of objects and the Observation tools. The participants were sixth grade primary school students. Data collection involved questionnaires and interviews conducted before and after the implementation of the TLS. The results show that after the implementation, a large number of students reported that the smallest object they think exists is a nanoworld object. They also correctly classified objects in the macroworld, microworld and nanoworld based on the corresponding observation tool and correctly ordered objects from largest to smallest.

Keywords: Nanoscience-Nanotechnology, Teaching Learning Sequence, Primary School

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ραγδαία ανάπτυξη της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (Ν-ΕΤ), έχει επιφέρει πληθώρα προϊόντων που χρησιμοποιούνται στην καθημερινότητα. Υποστηρίζεται ότι οι πολίτες χρειάζεται να αναπτύξουν τον νανογραμματισμό τους, για να παίρνουν αποφάσεις και να συμμετέχουν στο δημόσιο διάλογο για θέματα σχετικά με τη Ν-ΕΤ (Laherto, 2010). Επιστήμονες και σχεδιαστές αναλυτικών προγραμμάτων, υπογραμμίζουν ότι μία πρόκληση του 21^{ου} αιώνα αποτελεί η ενσωμάτωση στην υποχρεωτική εκπαίδευση του περιεχομένου της Ν-ΕΤ (Blonder & Sakhnini, 2016).

Σε έρευνες που μελετούν τις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών/μαθητριών για έννοιες της Ν-ΕΤ, έχει καταγραφεί ότι σχετικά με τη Μεγάλη Ιδέα (ΜΙ): Μέγεθος και Κλίμακα, οι μαθητές/μαθήτριες αναφέρουν αντικείμενα του μακρόκοσμου (μυρμήγκια), του μικρόκοσμου (κύτταρα) (Castellini et al., 2007) και του ατομικού κόσμου (Peikos et al., 2023) π.χ. μόριο. Ωστόσο, δυσκολεύονται να κατηγοριοποιήσουν αντικείμενα με κριτήριο το όργανο παρατήρησής τους (Peikos et al., 2023). Έχουν ήδη αρχίσει να αναπτύσσονται και να εφαρμόζονται εκπαιδευτικά προγράμματα για μαθητές/μαθήτριες του Δημοτικού Σχολείου, που περιλαμβάνουν έννοιες της Ν-ΕΤ, με θετικά αποτελέσματα (Mandrikas et al., 2020· Peikos et al., 2022). Για παράδειγμα, οι Mandrikas et al., (2020), εφάρμοσαν μία Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ) για περιεχόμενο της Ν-ΕΤ σχετικό με το Μέγεθος και την Κλίμακα των αντικειμένων και τις Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος. Οι ερευνητές κατέγραψαν θετικά αποτελέσματα για το μέγεθος και την κλίμακα των αντικειμένων. Ειδικότερα, οι μαθητές/μαθήτριες μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ, ήταν ικανοί/ικανές να σημειώνουν την αντιστοιχία μεταξύ των μονάδων μέτρησης, π.χ. ότι 1cm είναι ίσο με 10.000.000 nm και να σειροθετούν και να ταξινομούν τα αντικείμενα στον μακρόκοσμο, στον μικρόκοσμο και στον νανόκοσμο. Σε μεταγενέστερη έρευνα, οι Peikos et al., (2022), ανέπτυξαν και εφάρμοσαν μια ΔΜΑ για τις ίδιες ΜΙ, προσθέτοντας επιπλέον τα Όργανα παρατήρησης, τις Εφαρμογές της Ν-ΕΤ και τα Μοντέλα και μοντελοποίηση. Τα μαθησιακά αποτελέσματα μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ ήταν θετικά. Για παράδειγμα, όσον αφορά το μέγεθος, οι μαθητές/μαθήτριες ταξινόμησαν σωστά τα αντικείμενα στον μακρόκοσμο, στον μικρόκοσμο και στον νανόκοσμο, αναφέροντας ως κριτήριο το όργανο παρατήρησης της κάθε ομάδας αντικειμένων.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Σε προγενέστερη εργασία (Peikos et al., 2022) αναπτύχθηκε, εφαρμόστηκε και αξιολογήθηκε μία ΔΜΑ για το περιεχόμενο της Ν-ΕΤ σε μαθητές/μαθήτριες Στ' Δημοτικού Σχολείου, η οποία περιλάμβανε πέντε Μεγάλες Ιδέες: Μέγεθος των αντικειμένων, Όργανα παρατήρησης, Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος, Επιστήμη-Τεχνολογία-Κοινωνία: Εφαρμογές της Ν-ΕΤ, Μοντέλα και μοντελοποίηση, οι οποίες αναπτύσσονται σε επτά δίωρα μαθήματα. Τα τρία πρώτα εστιάζουν στην ταξινόμηση και σειροθέτηση αντικειμένων του μακρόκοσμου, του μικρόκοσμου, και του νανόκοσμου, το τέταρτο στη διαδικασία της ίωσης, το πέμπτο και έκτο στο φαινόμενο του λωτού και το έβδομο στην καθαρισμό του νερού με φίλτρα νανοτεχνολογίας. Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την επανάληψη εφαρμογής της ΔΜΑ, σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών/μαθητριών, της ίδιας ηλικιακής ομάδας (Στ' τάξης Δημοτικού), ώστε να καταλήξουμε σε συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής της.

Η πρώτη συγγραφέας της εργασίας, μελέτησε το υλικό της ΔΜΑ και σε στενή συνεργασία με ερευνητή της Διδακτικής των Φ.Ε., εξοικειώθηκε με την εφαρμογή των εκπαιδευτικών υλικών. Συγκεκριμένα, για κάθε δίωρη ενότητα, οργάνωνε και παρουσίαζε το εκπαιδευτικό υλικό στον ερευνητή, και πραγματοποιούνταν συζητήσεις για την εφαρμοσιμότητά του. Έπειτα, εφάρμοσε τη ΔΜΑ στην τάξη. Η παρούσα εργασία εστιάζει

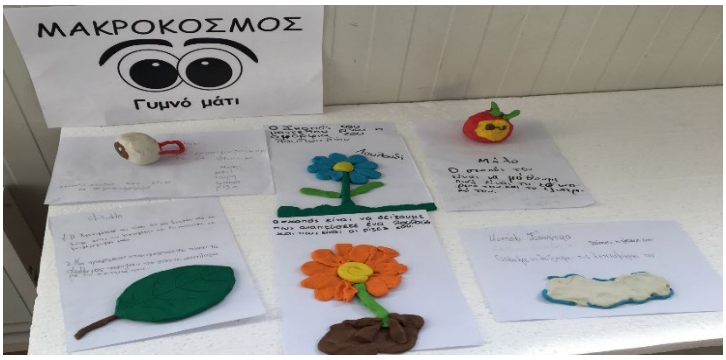
στις τρεις πρώτες ενότητες, που αφορούν το Μέγεθος των αντικειμένων και τα Όργανα παρατήρησης. Στόχος ήταν οι μαθητές/μαθήτριες να είναι ικανοί/ικανές να: (α) ταξινομούν αντικείμενα στον μακρόκοσμο, στον μικρόκοσμο και στον νανόκοσμο, με κριτήριο το όργανο παρατήρησής τους, (β) να σειροθετούν αντικείμενα διαφορετικών μεγεθών από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο με ποιοτικά κριτήρια (π.χ. ποιο αντικείμενο αποτελεί μέρος του άλλου). Τα ερευνητικά ερωτήματα ήταν τα εξής:

- Ποιο αντικείμενο θεωρούν οι μαθητές/μαθήτριες ως το μικρότερο που υπάρχει πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ;
- Με ποιο όργανο νομίζουν ότι μπορούν να παρατηρήσουν το μικρότερο αντικείμενο που νομίζουν ότι υπάρχει πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ;
- Πώς ταξινομούν αντικείμενα διαφορετικών μεγεθών πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ;
- Πώς σειροθετούν αντικείμενα διαφορετικών μεγεθών πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ;

Περιγραφή των ενοτήτων της ΔΜΑ

Στην 1η ενότητα που αφορά τον μακρόκοσμο, το εναρκτήριο ερώτημα για τη διερεύνηση των αντικειμένων του μακρόκοσμου είναι το εξής: *«Ποιο πιστεύετε ότι είναι το μικρότερο αντικείμενο που μπορείτε να παρατηρήσετε με τα μάτια σας;»*. Οι μαθητές/μαθήτριες αναζητούν στην τάξη και στην αυλή του σχολείου το μικρότερο αντικείμενο που μπορούν να δουν με γυμνό μάτι και ένα αντικείμενο που να χωράει στο μικρότερο αντικείμενο που είχαν συλλέξει. Κατασκευάζουν μοντέλα για τα αντικείμενα του μακρόκοσμου και τα τοποθετούν σε μία ημι-δομημένη αφίσα ταξινόμησης, στην περιοχή του μακρόκοσμου. Κατά τη διάρκεια των επόμενων μαθημάτων, η αφίσα συμπληρώνεται με τα μοντέλα των αντικειμένων του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου. Οι δραστηριότητες εξυπηρετούν την ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών να ταξινομούν αντικείμενα με βάση ένα ποιοτικό κριτήριο και συγκεκριμένα το όργανο με τα οποία μπορούν να παρατηρήσουν τα αντικείμενα. Επιπλέον, συμβάλλουν στην ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών να σειροθετούν αντικείμενα από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο με ένα ποιοτικό κριτήριο, και ειδικότερα με βάση το «ποιο αντικείμενο χωράει μέσα σε ένα άλλο ή είναι μέρος του άλλου». Τα παραπάνω ποιοτικά κριτήρια ξεκινούν να δομούνται αρχικά για αντικείμενα με τα οποία οι μαθητές/μαθήτριες έχουν άμεση εμπειρία, δηλαδή του μακρόκοσμου, και επεκτείνονται σε επόμενα μαθήματα στα αντικείμενα του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου.

Εικόνα 1. Τα μοντέλα των μαθητών/μαθητριών για αντικείμενα του μακρόκοσμου στην αφίσα ταξινόμησης.

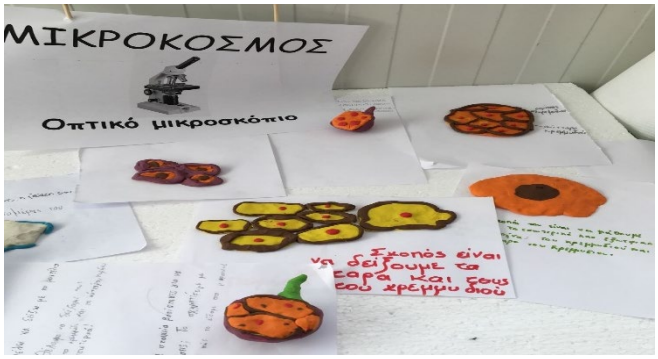


Στη 2η ενότητα που αφορά τον μικρόκοσμο, γίνεται η διερεύνηση του ερωτήματος: *«Πώς μπορώ να παρατηρήσω κάτι μικρότερο από το μικρότερο αντικείμενο που βλέπω με τα μάτια μου;»* Με την ερώτηση αυτή συνδέεται η γνώση των μαθητών/μαθητριών για τον μακρόκοσμο, με τη γνώση της ενότητας που αφορά τον μικρόκοσμο. Οι μαθητές/μαθήτριες εκφράζουν τις ιδέες τους και παρατηρούν κύτταρα με τη χρήση των οπτικών μικροσκοπίων, συλλέγουν πληροφορίες για τα κύτταρα και σειροθετούν αντικείμενα όπως: πυρήνας

κυττάρου, κύτταρο κρεμμυδιού, κρεμμύδι, από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο. Κατασκευάζουν μοντέλα για τα αντικείμενα του μικρόκοσμου και τα τοποθετούν στην περιοχή της αφίσας που αφορά τον μικρόκοσμο.

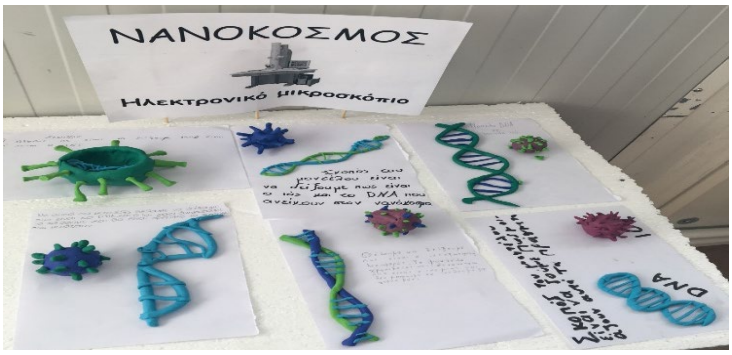
Εικόνα 2. Οι μαθητές/μαθήτριες παρατηρούν κύτταρα με τη χρήση οπτικού μικροσκοπίου.

Εικόνα 3. Τα μοντέλα των μαθητών/μαθητριών για αντικείμενα του μικρόκοσμου στην αφίσα ταξινόμησης.



Στην 3η ενότητα που αφορά τον νανόκοσμο, η εκπαιδευτικός προκαλεί τη συζήτηση για το όργανο με το οποίο παρατηρούνται τα αντικείμενα του μικρόκοσμου, θέτοντας το ερώτημα: *«Όλα τα αντικείμενα που δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι, μπορούν να παρατηρηθούν με το οπτικό μικροσκόπιο;»*. Ζητά από τους/τις μαθητές/μαθήτριες να αναφέρουν πώς πιστεύουν ότι μπορούν να παρατηρήσουν έναν ιό. Οι μαθητές/μαθήτριες αναζητούν πληροφορίες για το όργανο με το οποίο μπορούν να παρατηρήσουν τους ιούς και το τι υπάρχει στο εσωτερικό τους, καλούνται να σειροθετήσουν εκτυπωμένες εικόνες ιού, DNA και ερυθρού αιμοσφαιρίου από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο. Κατασκευάζουν μοντέλα για τα αντικείμενα του νανόκοσμου και τα τοποθετούν στην περιοχή της αφίσας που αφορά τον νανόκοσμο. Παρακάτω, παρουσιάζεται η αφίσα ταξινόμησης αντικειμένων, που αναπτύχθηκε και στις τρεις πρώτες ενότητες της ΔΜΑ (μακρόκοσμο, μικρόκοσμο και νανόκοσμο).

Εικόνα 4. Τα μοντέλα των μαθητών/μαθητριών για αντικείμενα του νανόκοσμου.

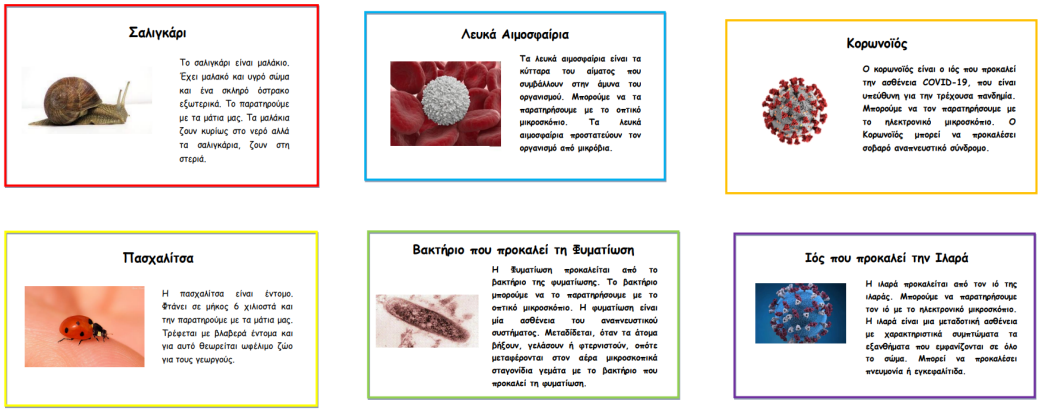


Εικόνα 5. Η αφίσα ταξινόμησης έπειτα από την ολοκλήρωση των τριών πρώτων ενοτήτων.

Συλλογή δεδομένων

Ως εργαλείο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το γραπτό ερωτηματολόγιο και η συνέντευξη, που έχει εφαρμοστεί σε προγενέστερη έρευνα (Peikos et al., 2022). Επιπλέον, η ερευνήτρια ανέπτυξε ένα έργο, που αφορά την ταξινόμηση αντικειμένων που δεν περιλαμβάνονταν στη ΔΜΑ. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι μαθητές/μαθήτριες αν γνωρίζουν τα αναγκαία και επαρκή χαρακτηριστικά των εννοιών, μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν, για να αποφασίσουν αν συγκεκριμένα παραδείγματα εντάσσονται σε αυτές τις έννοιες (Siegler & Alibali, 2020). Τα αναγκαία και επαρκή χαρακτηριστικά για τον καθορισμό των κατηγοριών του μακρόκοσμου, του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου, στο πλαίσιο μιας ποιοτικής προσέγγισης για το δημοτικό σχολείο αποτελούν τα όργανα παρατήρησης. Συνεπώς, αναμένουμε ότι μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ οι μαθητές/μαθήτριες θα μπορούν να χρησιμοποιούν αυτά τα αναγκαία και επαρκή χαρακτηριστικά ως κριτήρια για την κατηγοριοποίηση αντικειμένων στον μακρόκοσμο, στον μικρόκοσμο και στον νανόκοσμο, ακόμα και για αντικείμενα που δεν διδάχθηκαν στη ΔΜΑ (Peikos et al. 2022). Για να διερευνήσουμε, αν οι μαθητές/μαθήτριες έχουν την ικανότητα να χρησιμοποιούν τα όργανα παρατήρησης ως κριτήριο, για να κατηγοριοποιούν αντικείμενα, που δεν διδάχθηκαν στη ΔΜΑ στον μακρόκοσμο, στον μικρόκοσμο και στον νανόκοσμο, αναπτύχθηκαν κάρτες με έξι αντικείμενα του μακρόκοσμου, του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου (που δεν περιλαμβάνονται στη ΔΜΑ) και πληροφορίες για αυτά, όπως το όργανο παρατήρησης (Εικόνα 6). Οι κάρτες με τα αντικείμενα: «Σαλιγκάρι» και «Πασχαλίτσα» αφορούσαν τον μακρόκοσμο, οι κάρτες με τα αντικείμενα: «Λευκά αιμοσφαίρια» και «Βακτήριο που προκαλεί τη Φυματίωση» αφορούσαν τον μικρόκοσμο και οι κάρτες με τα αντικείμενα: «Κορωνοϊός» και «Ιός που προκαλεί την Ιλαρά» αφορούσαν τον νανόκοσμο. Επιπλέον, κατασκευάστηκαν τρία κουτιά, ίδιου μεγέθους, τα οποία αναπαριστούσαν τους τρεις κόσμους: Μακρόκοσμος, Μικρόκοσμος, Νανόκοσμος (Εικόνα 7). Οι μαθητές/μαθήτριες είχαν μπροστά τους τα τρία κουτιά και τις έξι κάρτες. Η οδηγία της εκπαιδευτικού ήταν να διαβάζουν οι μαθητές/μαθήτριες κάθε φορά τις πληροφορίες, που αναγράφονται στις κάρτες, και να ρίχνουν την κάθε κάρτα μέσα στο κουτί του κόσμου που πιστεύουν ότι ανήκει.

Εικόνα 6. Οι κάρτες με τα έξι αντικείμενα.



Εικόνα 7. Τα τρία κουτιά για τον μακρόκοσμο, τον μικρόκοσμο και τον νανόκοσμο.

Συμμετέχοντες

Συμμετέχοντες/συμμετέχουσες της έρευνας ήταν 22 μαθητές/μαθήτριες Στ' Δημοτικού Σχολείου, που συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ. Εννέα συμμετείχαν στη διαδικασία της συνέντευξης, με κριτήριο επιλογής τη διαφορετική επίδοση στο μάθημα των ΦΕ στο σχολείο τους (υψηλή και μέτρια-χαμηλή επίδοση) και, παράλληλα, να είναι μαθητές/μαθήτριες, οι οποίοι/οποίες να εκφράζονται προφορικά με επάρκεια. Η κωδικοποίηση των δεδομένων ακολουθεί την παραγωγική ανάλυση περιεχομένου, με βάση τα επίπεδα κατανόησης, που αναπτύχθηκαν σε προγενέστερη έρευνα (Peikos et al., 2022).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στους πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τα γραπτά ερωτηματολόγια. Παρατηρούμε ότι μετά τη ΔΜΑ, στο υψηλότερο επίπεδο κατανόησης για κάθε ερώτημα, εντοπίζεται το υψηλότερο ποσοστό απαντήσεων.

Σχετικά με τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου για το μικρότερο αντικείμενο που νομίζουν οι μαθητές/μαθήτριες ότι υπάρχει και του οργάνου παρατήρησης του, πριν την εφαρμογή, το υψηλότερο ποσοστό (40,91%) ανέφερε ως το μικρότερο αντικείμενο, ένα αντικείμενο του μακρόκοσμου, καταγράφοντας λάθος όργανο παρατήρησης. Μετά την εφαρμογή, το υψηλότερο ποσοστό (81,82%) των απαντήσεων περιλάμβανε ένα αντικείμενο του νανόκοσμου, και αναφορά του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου ως οργάνου παρατήρησής του.

Αναφορικά με την ταξινόμηση, πριν την εφαρμογή, με βάση το ερωτηματολόγιο το μεγαλύτερο ποσοστό (77,27%) δυσκολεύτηκε να ταξινομήσει τα αντικείμενα σε ομάδες με βάση το μέγεθός τους. Μετά την εφαρμογή, το 36,36%, ταξινόμησε σωστά όλα τα αντικείμενα ή κατάφερε να ταξινομήσει τουλάχιστον τα πέντε από οχτώ αντικείμενα (22,73%). Τα αποτελέσματα των συνεντεύξεων, για το έργο της ταξινόμησης των αντικειμένων, που δεν περιλαμβάνονται στη ΔΜΑ, δείχνουν ότι επτά από τους/τις εννέα

μαθητές/μαθήτριες, μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ, κατάφεραν να εφαρμόσουν το ποιοτικό κριτήριο της ταξινόμησης. Αναλυτικότερα, ταξινόμησαν σωστά όλα τα αντικείμενα (που δεν περιλαμβάνονταν στη ΔΜΑ), στον μακρόκοσμο, στον μικρόκοσμο και στον νανόκοσμο, αναφέροντας το όργανο παρατήρησης ως κριτήριο για την ταξινόμηση του κάθε αντικειμένου. Για παράδειγμα, ένας μαθητής ανέφερε: *«Το σαλιγκάρι και την πασχαλίτσα τα έβαλα στον μακρόκοσμο, γιατί τα βλέπουμε με το μάτι, το λευκό αιμοσφαίριο και το βακτήριο της φυματίωσης στον μικρόκοσμο, γιατί δεν μπορούμε να τα δούμε με γυμνό μάτι και χρησιμοποιούμε το οπτικό μικροσκόπιο και τον κορονοϊό και τον ιό που προκαλεί την ιλαρά στον νανόκοσμο, γιατί τα βλέπω με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο».*

Όσον αφορά τη σειροθέτηση των αντικειμένων, πριν την εφαρμογή της ΔΜΑ, με βάση το ερωτηματολόγιο το 50% των μαθητών/μαθητριών σειροθέτησε λάθος τα αντικείμενα του μακρόκοσμου. Μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ, το 54,55% σειροθέτησε σωστά όλα τα αντικείμενα του μακρόκοσμου, του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου, από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο. Από τη συνέντευξη φάνηκε ότι εφάρμοσαν ένα σαφές κριτήριο της σειροθέτησης, όπως για παράδειγμα το κριτήριο της έγκλεισης π.χ. ένας μαθητής ανέφερε: *«Επειδή χωράει μέσα στον ιό και έχουμε μάθει ότι, ό,τι χωράει μέσα στο άλλο είναι πιο μικρό».*

Πίνακας 1. Ποσοστό απαντήσεων ανά επίπεδο κατανόησης για το μικρότερο αντικείμενο

Επίπεδο	ΠΡΙΝ Ποσ.%	ΜΕΤΑ Ποσ.%
Ε3: Αντικείμενα του νανόκοσμου ή του ατομικού/υποατομικού κόσμου	36,36	81,82
Ε2: Αντικείμενα του μικρόκοσμου	18,18	9,09
Ε1:Αντικείμενα του μακρόκοσμου	40,91	9,09
Ε0: Ασαφής ή κενή απάντηση	4,55	0,00
Σύνολο	100	100

Πίνακας 2. Ποσοστό απαντήσεων ανά επίπεδο κατανόησης για τη συνέπεια μεταξύ οργάνου παρατήρησης και του μικρότερου αντικείμενου

Επίπεδο	ΠΡΙΝ Ποσ.%	ΜΕΤΑ Ποσ.%
Ε3: Σωστό όργανο για την παρατήρηση ενός αντικειμένου του νανόκοσμου ή του ατομικού κόσμου	0	50,00
Ε2: Σωστό όργανο για την παρατήρηση ενός αντικειμένου του μικρόκοσμου	18,18	9,09
Ε1: Σωστό όργανο για την παρατήρηση ενός αντικειμένου του μακρόκοσμου	13,64	4,55
Ε0: Λάθος όργανο/ασαφείς/κενές απαντήσεις	68,18	36,36
Σύνολο	100	100

Πίνακας 3. Ποσοστό απαντήσεων ανά επίπεδο κατανόησης για την ταξινόμηση αντικειμένων

Επίπεδο	ΠΡΙΝ Ποσ.%	ΜΕΤΑ Ποσ.%
Ε3: Σωστή κατηγοριοποίηση	0	36,36
Ε2: Μερικώς σωστή κατηγοριοποίηση των μη ορατών αντικειμένων	0	22,73
Ε1: Μη ορατά αντικείμενα: όμοια σε μέγεθος	22,73	22,73
Ε0: Αφελής κατηγοριοποίηση	77,27	18,18
Σύνολο	100	100

Πίνακας 4. Ποσοστό απαντήσεων ανά επίπεδο κατανόησης για τη σειροθέτηση αντικειμένων

Επίπεδο	ΠΡΙΝ Ποσ.%	ΜΕΤΑ Ποσ.%
Ε3: Σωστή σειροθέτηση όλων των αντικειμένων	0	54,55
Ε2: Σωστή σειροθέτηση των αντικειμένων του μακρόκοσμου και του μικρόκοσμου	4,55	4,55
Ε1: Σωστή σειροθέτηση των αντικειμένων του μακρόκοσμου	50,00	22,73
Ε0: Λάθος σειροθέτηση των αντικειμένων του μακρόκοσμου	45,45	18,18
Σύνολο	100	100

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της μάθησης πριν την εφαρμογή της ΔΜΑ, με τα αποτελέσματα της μάθησης μετά την εφαρμογή, φαίνεται ότι η ΔΜΑ συνέβαλε θετικά στο να μετακινηθούν οι απαντήσεις των μαθητών/μαθητριών από αφελείς προς πιο επιστημονικές.

Σχετικά με τα ερευνητικά ερωτήματα, το σύνολο των απαντήσεων, μετά την παρέμβαση, περιλάμβανε ως το μικρότερο αντικείμενο ένα αντικείμενο του νανόκοσμου και το σωστό όργανο παρατήρησης, το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Το εν λόγω εύρημα είναι σε συμφωνία με τα ευρήματα προγενέστερης έρευνας, στην οποία το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών/μαθητριών αναφερόταν στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο ως όργανο παρατήρησης για ένα αντικείμενο του νανόκοσμου, π.χ. των ιών (Peikos et al., 2022). Οι συνεντεύξεις, επιβεβαιώνουν ότι η συνέπεια μεταξύ του οργάνου παρατήρησης και του μικρότερου αντικειμένου, βελτιώθηκε μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ.

Όσον αφορά την ταξινόμηση, μετά την εφαρμογή, το υψηλότερο ποσοστό των μαθητών/μαθητριών κατάφερε να ταξινομήσει τα αντικείμενα στον μακρόκοσμο, στον μικρόκοσμο και στον νανόκοσμο, χρησιμοποιώντας ως κριτήριο το όργανο παρατήρησης. Τα ευρήματα του εν λόγω ερευνητικού ερωτήματος συγκλίνουν με τα ευρήματα πρόσφατων ερευνών (Mandrikas et al., 2020· Peikos et al., 2022). Από τις συνεντεύξεις φάνηκε πως οι μαθητές/μαθήτριες, μετά την παρέμβαση, εφάρμοζαν το ποιοτικό κριτήριο του οργάνου παρατήρησης, για την ταξινόμηση αντικειμένων, που δεν περιλαμβάνονταν στη ΔΜΑ, στον μακρόκοσμο, στον μικρόκοσμο και στον νανόκοσμο. Συνεπώς, οι μαθητές/μαθήτριες αν γνωρίζουν τα αναγκαία και επαρκή χαρακτηριστικά των εννοιών, δηλαδή τα όργανα παρατήρησης, μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν ως ποιοτικό κριτήριο, για να αποφασίσουν αν συγκεκριμένα παραδείγματα αντικειμένων, που δεν διδάχθηκαν στη ΔΜΑ, εντάσσονται στις κατηγορίες του μακρόκοσμου, του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου.

Σχετικά με τη σειροθέτηση των αντικειμένων, μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ, το μεγαλύτερο ποσοστό σειροθέτησε σωστά τα αντικείμενα, στον μακρόκοσμο, στον μικρόκοσμο και στον νανόκοσμο. Από τις συνεντεύξεις φάνηκε ότι οι μαθητές/μαθήτριες κατάφεραν και εφάρμοσαν ένα ποιοτικό κριτήριο για τη σειροθέτηση και ειδικότερα το κριτήριο της έγκλεισης. Τα θετικά αποτελέσματα της εφαρμογής της ΔΜΑ σχετικά με την κατανόηση εννοιών N-ET για το μέγεθος των αντικειμένων και τα όργανα παρατήρησης είναι σε συμφωνία με έρευνες που εντοπίζονται στη βιβλιογραφία (Peikos et al., 2022· Mandrikas et al., 2020)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Πέικος, Γ. (2022). Φαινόμενα και έννοιες στην κλίμακα του νάνο: Θέματα μάθησης και διδασκαλίας στο Δημοτικό Σχολείο [Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας].

Blonder, R., & Sakhnini, S. (2016). What Are the Basic Concepts of Nanoscale Science and Technology (NST) that Should Be Included in NST Educational Programs? In Kurt Winkelmann & B. Bhushan (Eds.), *Global Perspectives of Nanoscience and Engineering Education* (pp. 117–127). Springer

Chi, M. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Eds.), International handbook of research on conceptual change (pp. 61–82). Routledge

Laherto, A. (2010). An Analysis of the Educational Significance of Nanoscience and Nanotechnology in Scientific and Technological Literacy. *Science Education International*, 21(3), 160–175

Mandrikas, A., Michailidi, E., & Stavrou, D. (2020). Teaching nanotechnology in primary education. *Research in Science & Technological Education*, *38*(4), 377-395. https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1631783

Peikos, G., Spyrtou, A., Pnevmatikos, D., & Papadopoulou, P. (2022). A teaching learning sequence on nanoscience and nanotechnology content at primary school level: evaluation of students' learning. *International Journal of Science Education* https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2105976

Peikos, G., Spyrtou, A., Pnevmatikos, D., & Papadopoulou, P. (2023). Nanoscale science and technology education: primary school students' preconceptions of the lotus effect and the concept of size. *Research in Science & Technological Education*, 41(1), 89-106. https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1841149

Siegler, R., & Alibali, M. (2020). *The children's thinking*. Pearson.