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

Εφαρμογές νανοτεχνολογίας για μαθητές Λυκείου

Ελένη Ντεβετούδη, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης

doi: 10.12681/codiste.6883

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 19/09/2025 01:34:04

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ ΛΥΚΕΙΟΥ

Ελένη Ντεβετούδη[1] , Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης[2]

[1]Μεταπτυχιακή φοιτήτρια, ΠΜΣ «Διδακτική της Φυσικής & Εκπαιδευτική Τεχνολογία», Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ., [2]Καθηγητής, Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.

enteveto@auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο αναδυόμενος κλάδος της νανοτεχνολογίας και των νανοεπιστημών ασχολείται με τη μελέτη της ύλης στη νανοκλίμακα και στη δημιουργία νανοδομών. Η νανοτεχνολογία και οι νανοεπιστήμες (ΝΕΤ) έχουν εφαρμογές σε πολλούς τομείς και αναμένεται να συμβάλλουν καθοριστικά στη λειτουργικότητα της κοινωνίας και της καθημερινότητας για αυτό και η εκπαιδευτική τους αξία είναι μεγάλη. Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ) σε 13 μαθητές Α και Β Λυκείου βασισμένη στις Μεγάλες Ιδέες της ΝΕΤ, ώστε να εντοπιστούν οι αντιλήψεις των μαθητών σε θέματα ΝΕΤ και να αποτιμηθεί το υλικό ως προς την ανάπτυξη δεξιοτήτων συνεργασίας και τα κίνητρα των μαθητών.

Λέξεις κλειδιά: Νανοεπιστήμη – Νανοτεχνολογία (ΝΕΤ), Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ)

NANOTECHNOLOGY APPLICATIONS FOR HIGH SCHOOL STUDENTS

Eleni Ntevetoudi[1], Evripidis Xatzikraniotis[2]

[1]Graduate student, Master of «Teaching Physics & Educational Technology», Department of Physics, AUTH, [2]Professor, Laboratory of Teaching Physics & Educational Technology, Department of Physics, AUTH

enteveto@auth.gr

ABSTRACT

The emerging area of science called nanotechnology and nanoscience is considered to deal with the study of matter in nanoscale and the nanostructure. NSE has applications in a variety of fields and is considered to contribute in the functionality of our society and our daily life. This is the reason why their educational value is considerable. In this work, a Teaching Learning Sequence (TLS) was developed and applied to 13 High School students, based on the Big Ideas of NST, in order to identify the student's perceptions about NST and to evaluate the TLS in terms of the development of cooperation skills and student's motivations.

Keywords: Nanoscience, Nanotechnology (NST), Teaching Learning Sequence (TLS)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Νανοεπιστήμη και η Νανοτεχνολογία (ΝΕΤ) αποτελούν ένα σύγχρονο και αναδυόμενο διεπιστημονικό πεδίο που επικεντρώνεται στον χειρισμό της ύλης και στην εκμετάλλευση των υλικών (Lin et al., 2015). Ειδικότερα, η Ν-ΕΤ μελετά και εκμεταλλεύεται τις νέες ιδιότητες που εμφανίζουν τα υλικά στην κλίμακα του νάνο (1-100nm), όπως μαγνητικές, μηχανικές, οπτικές, θερμοδυναμικές κ.α. (Laherto., 2010). Για παράδειγμα, ενώ ο χρυσός στη μακροκλίμακα έχει το χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα, τα νανοσωματίδια χρυσού, ανάλογα με το μέγεθός τους μπορεί να έχουν πορφυρό, ιώδες, πορτοκαλί κ.τ.λ χρώμα. Ιστορικά, αυτές οι νέες ιδιότητες που εμφανίζονται στην νανοκλίμακα χρησιμοποιήθηκαν σε έργα τέχνης, όπως το Κύπελο του Λυκούργου που κατασκευάστηκε περίπου το 400 μ.Χ. και τα βιτρό (Stevens et al., 2009). Σήμερα, χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη μίας σειράς καινοτόμων προϊόντων και εφαρμογών σε μια πληθώρα πεδίων, με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων (Stevens et al., 2009).

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για την εισαγωγή σύγχρονων θεμάτων φυσικής στην εκπαίδευση, όπως η νανοεπιστήμη και η νανοτεχνολογία. Δεδομένου ότι η πρόοδος της ΝΕΤ είναι αλματώδης και τα νανοπροϊόντα κατακτούν όλο και περισσότερο την αγορά, η ενσωμάτωσή της στην εκπαίδευση κρίνεται αναγκαία, διότι οι κοινωνικές ανάγκες για έναν νανο-εγγράμματο πολίτη όλο και μεγαλώνουν (Stevens et al., 2009) διότι οι μαθητές είμαι σημαντικό να είναι ενημερωμένοι και να συμμετέχουν στη λήψη αποφάσεων σχετικά με τις χρήσεις της ΝΕΤ (Lin et al., 2013). Επίσης, έρευνες έχουν δείξει ότι το ενδιαφέρον των μαθητών για τέτοια σύγχρονα θέματα φυσικής είναι μεγάλο, ωστόσο η ενσωμάτωσή τους στην εκπαίδευση αποτελεί μία πρόκληση, λόγω της ελλιπούς κατάρτισης των εκπαιδευτικών (Jones et al., 2013). Η ένταξη της ΝΕΤ στην εκπαίδευση είναι πιο περίπλοκη από την απλή ενσωμάτωση παραδειγμάτων ΝΕΤ σε μία παρέμβαση ή από την εισαγωγή μιας ενότητας ΝΕΤ στο τρέχον πρόγραμμα σπουδών και απαιτεί τη χρήση σύγχρονων στρατηγικών διδασκαλίας (Stevens et al., 2009). Αυτός είναι ο λόγος που αναπτύχθηκαν οι εννέα Μεγάλες Ιδέες των ΝΕΤ, (Stevens et al., 2009). Ωστόσο, δεδομένου ότι οι ΝΕΤ αποτελούν σύγχρονο θέμα φυσικής, οι έρευνες γύρω από αυτές και την εκπαίδευση είναι σχετικά λίγες τόσο στην Ελλάδα, όσο και διεθνώς.

Όπως φάνηκε από την βιβλιογραφική επισκόπηση που πραγματοποιήθηκε, οι έρευνες στην Ελλάδα, εστιάζουν περισσότερο στην Α-βάθμια, παρά στη Β-βάθμια εκπαίδευση, και ιδιαίτερα στο Λύκειο. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, θα πρέπει να γίνει εκτενέστερη μελέτη σχετικά με τις δυσκολίες που εμφανίζουν οι μαθητές κατά τη διδασκαλία θεμάτων ΝΕΤ, τις στάσεις τους και τα κίνητρά τους. Σε αυτή την εργασία, σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε εκπαιδευτικό υλικό με περιεχόμενο ΝΕΤ για μαθητές Λυκείου που μπορεί να εφαρμοστεί σε ομίλους ή science club. Πρόκειται για μία ΔΜΑ που βασίζεται στις μεγάλες Ιδέες της ΝΕΤ. Σκοπός της εργασίας είναι η αποτίμηση του υλικού ως προς τα εγγενή κίνητρα των μαθητών και την ανάπτυξη δεξιοτήτων συνεργασίας. Άλλος σκοπός της εργασίας είναι να εντοπίσει τις αντιλήψεις των μαθητών σε θέματα ΝΕΤ.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Διδακτική μαθησιακή ακολουθία (ΔΜΑ) - Teaching Learning Sequences (TLS)

Οι Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες (ΔΜΑ) είναι διδακτικές παρεμβάσεις οι οποίες εφαρμόζονται σε λίγες διδακτικές ώρες και αποτελούν εργαλεία βελτίωσης της διδασκαλίας και της μάθησης σε θέματα Φυσικών Επιστημών (Kariotoglou et al., 2003). Η έννοια ΔΜΑ χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει τη στενή σχέση μεταξύ της προτεινόμενης διδασκαλίας και της προσδοκώμενης μαθησιακής διαδικασίας, που θα ακολουθηθεί από τους μαθητές ως αποτέλεσμα της εφαρμογής της ΔΜΑ (Meheut & Psillos, 2004). Η διαδικασία της ανάπτυξης μιας ΔΜΑ είναι σταδιακή και εξελικτική (Psillos & Méheut, 2001).

Το μοντέλο της διδακτικής αναδόμησης MER

Το μεθοδολογικό πλαίσιο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία για το διδακτικό μετασχηματισμό του επιστημονικού περιεχομένου που αφορά τη νανοτεχνολογία, είναι το μοντέλο της διδακτικής αναδόμησης (MER – Model of Educational Reconstruction) (Duit et al., 2012). Το μοντέλο αποτελείται από τρεις βασικές συνιστώσες, την ανάλυση του επιστημονικού περιεχομένου, την έρευνα για τη διδασκαλία και τη μάθηση και τον σχεδιασμό και αξιολόγηση του διδακτικού περιβάλλοντος. Η πορεία του μετασχηματισμού είναι μία επαναληπτική διαδικασία καθώς κάθε συνιστώσα ανατροφοδοτεί την άλλη.

Οι μεγάλες ιδέες της NET

Οι εννέα μεγάλες ιδέες της NET συμβάλλουν στο να κατανοήσουν οι μαθητές θέματα NET και είναι το μέγεθος και η κλίμακα, η δομή της ύλης, οι δυνάμεις και οι αλληλεπιδράσεις, τα κβαντικά φαινόμενα, οι ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος, η αυτο-οργάνωση (Self-Assembly), τα όργανα και οργανολογία, τα μοντέλα και οι προσομοιώσεις, η επιστήμη, η τεχνολογία και η κοινωνία (Stevens et al., 2009).

Το φαινόμενο του λωτού

Μελέτες SEM έχουν δείξει ότι η επιφάνεια του φύλλου του λωτού καλύπτεται από «εξογκώματα», δηλαδή θηλώδη επιδερμικά κύτταρα, τα οποία με τη σειρά τους καλύπτονται από ένα πρόσθετο στρώμα τρισδιάστατων επιεφυμενιδικών κηρών. Οι κηροί έχουν κρυσταλλική μορφή και αποτελούνται από ένα μείγμα αλειφατικών ενώσεων μακράς αλυσίδας κυρίως εννεοζανόλης. Έτσι, στο φύλλο του λωτού υπάρχει ιεραρχική δομή και ειδικότερα ιεραρχική τραχύτητα. Ο κρύσταλλος του κεριού δημιουργεί τη νανοδομή, η οποία υπερτίθεται της μικροδομής που δημιουργείται από τα θηλώδη επιδερμικά κύτταρα. Η ιεραρχική δομή έχει κυρίαρχο ρόλο στα αυτοκαθαριζόμενα φύλλα, διότι η δομή μίας επιφάνειας καθορίζει την ικανότητα διαβροχής της (Bhushan, 2016).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Βιβλιογραφική επισκόπηση

Πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική επισκόπηση των πρόσφατων μελετών σχετικά με την εισαγωγή της N-ET στη δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, στις βάσεις δεδομένων ERIC, Google Scholar και SCOPUS Στη συνέχεια έγινε βιβλιογραφική αναζήτηση, στις ίδιες βάσεις δεδομένων, με λέξεις κλειδιά «misconceptions in nanotechnology», «students preconceptions about NST» κτλ. Προκειμένου να εντοπιστούν έρευνες που διεξήχθησαν στην Ελλάδα και σχετίζονται με την ένταξη των N-ET στην εκπαίδευση και να μελετηθούν τα αποτελέσματά τους, έλαβε χώρα αναζήτηση στα πρακτικά των Συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ.

Οι παρεμβάσεις

Οι παρεμβάσεις έλαβαν χώρα στο Πειραματικό Λύκειο του Α.Π.Θ., την περίοδο Απριλίου- Μαΐου 2023, στο πλαίσιο του Εκπαιδευτικού Ομίλου με συμμετέχοντες 13 μαθητές Α και Β Λυκείου (6 αγόρια και 7 κορίτσια). Η διδακτική σειρά περιλάμβανε έξι συναντήσεις (μία ανά εβδομάδα) διάρκειας ενός διδακτικού δίωρου έκαστη. Για την ανάπτυξη του υλικού, αρχικά μελετήθηκε το επιστημονικό περιεχόμενο που σχετίζεται με τις NET και στη συνέχεια, ερευνήθηκαν οι δυσκολίες που είναι πιθανό να εμφανίσουν οι μαθητές κατά τη

διδασκαλία. Ακολούθως, το επιστημονικό περιεχόμενο μετασχηματίστηκε σε περιεχόμενο κατάλληλο για διδασκαλία με το μοντέλο MER και σχεδιάστηκαν οι παρεμβάσεις, οι οποίες βασίστηκαν στις Μεγάλες Ιδέες της ΝΕΤ, ενώ χωρίστηκαν τρείς διδακτικές ενότητες όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 1. Οι διδακτικές ενότητες.

Παρέμβαση	Διδακτική ενότητα	Άμεσα σχετιζόμενη Μεγάλη Ιδέα της Ν-ΕΤ
1η ,2η , 3η, 4η	Το μέγεθος, η κλίμακα, οι τρείς κόσμοι στη φύση και τα όργανα μελέτης τους	Μέγεθος και κλίμακα, όργανα και οργανολογία
5η	Η ιεραρχική δομή και το φαινόμενο του λωτού	Δομή της ύλης, επιστήμη, τεχνολογία και κοινωνία, μέγεθος και κλίμακα
6η	Επίσκεψη στο SEM του ΑΠΘ	Μέγεθος και κλίμακα, όργανα μέτρησης, μικρό-νάνο-δομή

Κατά τη διάρκεια των παρεμβάσεων χρησιμοποιήθηκε συμβατικός εργαστηριακός εξοπλισμός (χάρακες, μοιρογνωμόνια, παχύμετρα, οπτικό μικροσκόπιο, πιπέτες κ.λ.π.), αλλά και η εφαρμογή ImageMeter, την οποία εγκατέστησαν οι μαθητές στο κινητό τους προκειμένου να λάβουν μετρήσεις από φωτογραφίες. Επιπροσθέτως, χρησιμοποιήθηκε το εικονικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) myscope-explore για την παρατήρηση εικόνων ηλεκτρονικής μικροσκοπίας, τον εντοπισμό διαφορών με το οπτικό μικροσκόπιο, αλλά και τη λήψη μετρήσεων από τους μαθητές.

Η αποτίμηση των παρεμβάσεων

Για τις ανάγκες της έρευνας, σχεδιάστηκαν φύλλα εργασίας καθώς και αρχικά και τελικά ερωτηματολόγια, τα οποία απαντούσαν οι μαθητές σε κάθε συνάντηση. Τα ερωτηματολόγια περιλάμβαναν ερωτήσεις γνωστικού περιεχομένου που βασίζονταν στις λανθασμένες αντιλήψεις των μαθητών σε θέματα ΝΕΤ, ώστε να ελεγχθεί αν οι συμμετέχοντες στην έρευνα είχαν παρόμοιες αντιλήψεις με αυτές που εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία. Προκειμένου να αποτιμηθούν τα εγγενή κίνητρα των μαθητών, χρησιμοποιήθηκε το εγκυροποιημένο ερωτηματολόγιο SMQII (Glynn et al., 2011) μεταφρασμένο (Salta & Koulougliotis, 2014) και για την ανάπτυξη δεξιοτήτων συνεργασίας, το επίσης εγκυροποιημένο και μεταφρασμένο (Κουσλόγλου κ.α., 2023) ερωτηματολόγιο 4C1P (Hwang et al.,2018). Οι ερωτήσεις των τελευταίων ερωτηματολογίων απαντήθηκαν πριν την έναρξη της πρώτης παρέμβασης και μετά το πέρας της τελευταίας, και όχι σε κάθε συνάντηση.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η βιβλιογραφική επισκόπηση

Η έρευνα ανέδειξε θέματα που άπτονται της εννοιολόγησης των μαθητών που σχετίζονται με την έννοια του «νάνο», τη χρήση εργαλείων για τη διδασκαλία της Ν-ΕΤ, και την επαγγελματική ανάπτυξη για τους εκπαιδευτικούς. Μια συνθετική επισκόπηση παρουσιάζεται από τους Hingant & Albe (2010). Από την αναζήτηση στα πρακτικά των Συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ, προέκυψαν εργασίες οι οποίες μελετήθηκαν και στη συνέχεια κατατάχθηκαν 1) σε αυτές που περιγράφουν έννοιες προς διδασκαλία (4 εργασίες), 2) σε αυτές που περιγράφουν παρεμβάσεις (Δημοτικό, Γυμνάσιο, Λύκειο) (7 εργασίες) και 3) σε αυτές που αναφέρονται στην ανάπτυξη υλικού (4 εργασίες). Οι έρευνες που εντοπίστηκαν, αφορούν μόλις στην τελευταία δεκαετία, δεδομένου ότι στα πρακτικά της ΕΝΕΦΕΤ δεν εντοπίστηκαν εργασίες σε θέματα Ν-ΕΤ πριν το 2013. Επιπλέον, όσον αφορά τις έρευνες που στηρίζονται στην εφαρμογή υλικού σε μαθητές, παρατηρήθηκε ότι

είναι περισσότερες αυτές που απευθύνονται σε μαθητές δημοτικού με τις λιγότερες έρευνες να αφορούν εφαρμογές σε μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου, ενώ κάποιες αποτελούν προτάσεις.

Οι παρεμβάσεις

Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε στις παρεμβάσεις ήταν εποικοδομητική ώστε να δίνεται έμφαση στις αντιλήψεις των μαθητών και το μοντέλο που υιοθετήθηκε ήταν το 5E (Duran & Duran, 2004). Κάθε παρέμβαση ξεκινούσε με ένα ερώτημα ή ένα βίντεο που λειτουργούσε ως αφόρμηση (εμπλοκή), στη συνέχεια, οι μαθητές εργάζονταν σε ομάδες 3-4 ατόμων ώστε να εμπλακούν με ενεργητικές δραστηριότητες (hands-on activities) και να εκτελέσουν πειράματα (εξερεύνηση) και ακολούθως οι μαθητές δομούσαν επεξηγήσεις εννοιών και διαδικασιών (επεξήγηση). Σε επόμενο στάδιο, οι μαθητές εφάρμοσαν αυτά που έχουν μάθει, εκτελώντας νέες δραστηριότητες και δίνοντας νέες ερμηνείες (επέκταση) και τέλος, απαντώντας στα τελικά ερωτηματολόγια που αναπτύχθηκαν, αξιολογήθηκαν από τον εκπαιδευτικό αλλά και αυτό-αξιολογήθηκαν για όσα έμαθαν (εκτίμηση). Στο τέλος των παρεμβάσεων στην τάξη, έλαβε χώρα επίσκεψη στο Α.Π.Θ. (6η παρέμβαση), όπου οι μαθητές ξεναγήθηκαν στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM), προκειμένου να δουν από κοντά την λειτουργεία του και να απευθύνουν ερωτήσεις στο εξειδικευμένο προσωπικό. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται επιγραμματικά οι πειραματικές δραστηριότητες που εκτέλεσαν οι μαθητές στις παρεμβάσεις και τα εργαλεία που χρησιμοποίησαν, αλλά και εικόνες από τις παρεμβάσεις.

Πίνακας 2. Οι πειραματικές δραστηριότητες που εκτέλεσαν οι μαθητές στις παρεμβάσεις για τη ΝΕΤ.

Παρέμβαση	Πειραματικές δραστηριότητες
1η	Μέτρηση των διαστάσεων του κέρματος του ενός λεπτού του ευρώ (διάμετρος και πάχος) με χάρακα, με παχύμετρο και με φωτογράφηση με κλίμακα, εύρεση του σφάλματος για κάθε μέτρηση και επιλογή της πιο ακριβούς μεθόδου μέτρησης από τις τρείς.
2η	Μέτρηση της διαμέτρου μίας τρίχας μαλλιών, της διαμέτρου μίας τελείας από στυλό και του πάχους μίας σελίδας χαρτιού, αν είναι δυνατόν αρχικά χρησιμοποιώντας το παχύμετρο, στη συνέχεια με φωτογράφιση και αμέσως μετά με τη βοήθεια της προσοφθάλμιας κλίμακας του οπτικού μικροσκοπίου.
3η	Παρασκευή δείγματος φύλλου κρεμμυδιού για παρατήρηση στο μικροσκόπιο για μεγεθύνσεις x40, x100 και x400 και καταγραφή των παρατηρήσεων σε κάθε μεγέθυνση. Στη συνέχεια, μέτρηση με τη βοήθεια του προσοφθάλμιου φακού του μικροσκοπίου του μήκους και του πλάτους των κυττάρων που παρατηρούνται και μέτρηση των διαστάσεων των κυττάρων κρεμμυδιού χρησιμοποιώντας την κλίμακα σε φωτογραφία.
4η	Προσδιορισμός της διαμέτρου νανοσωματιδίων χρυσού, χρησιμοποιώντας την κλίμακα σε φωτογραφίες, σύγκριση των μετρήσεων και καταγραφή του πώς θα επιτευχθεί όσο το δυνατόν μικρότερο σφάλμα. Σε επόμενο στάδιο εύρεση του χρώματος που θα είχαν τα διαλύματα νανοσωματιδίων χρυσού αν περιείχαν τα νανοσωματίδια που μετρήθηκαν με τις φωτογραφίες που χρησιμοποιήθηκαν στο πρώτο στάδιο.
5η	Μελέτη του φαινομένου του λωτού. Αρχικά χαρακτηρισμός επιφανειών φυτών ως υπερυδρόφοβες ή μη ρίχνοντας σταγόνες νερού στην επιφάνεια διαφόρων φυτών και εξετάζοντας το σχήμα της σταγόνας και τη γωνία επαφής της σε κάθε περίπτωση. Αμέσως μετά με τη βοήθεια του κινητού ακολουθεί φωτογράφιση της σταγόνας σε κάθε φυτό και μέτρηση της γωνίας επαφής της προκειμένου να χαρακτηριστεί ως υπερ-υδρόφιλη, υδρόφιλη, υδρόφοβη και υπερυδρόφοβη. Τέλος, μελέτη με τη βοήθεια virtual ηλεκτρονικού μικροσκοπίου της επιφάνειας του φύλλου του λωτού και ερμηνεία του φαινομένου.
6η	Επίσκεψη στο εργαστήριο SEM του Α.Π.Θ. και συζήτηση για τις διαφορές του οπτικού και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, τη λειτουργεία του, τις χρήσεις του για ερευνητικούς σκοπούς στο πανεπιστήμιο (όπως σε φάρμακα και έργα τέχνης) και παρατήρηση δείγματος.

Εικόνα 1. Στιγμιότυπα από τις παρεμβάσεις και τις μετρήσεις των μαθητών

Οι διδακτικοί στόχοι που τέθηκαν για τις παρεμβάσεις είναι οι μαθητές να:

• να υπολογίζουν τις πραγματικές διαστάσεις αντικειμένων χρησιμοποιώντας την κλίμακα σε φωτογραφίες (1η παρέμβαση),
• να χρησιμοποιούν το παχύμετρο για να μετρούν το πάχος αντικειμένων του μακρόκοσμου (1η παρέμβαση),
• να διαπιστώσουν ότι όλα τα εργαλεία έχουν περιορισμούς συνεπώς διαφορετικά εργαλεία είναι καλύτερα για διαφορετικούς σκοπούς (2η παρέμβαση),
• να διαπιστώσουν ότι η επιλογή του κατάλληλου εργαλείου, απαιτεί την εξέταση του μεγέθους του αντικειμένου (2η παρέμβαση),
• να υπολογίζουν τις πραγματικές διαστάσεις κυττάρων που παρατηρούν στο μικροσκόπιο (3η παρέμβαση),
• να υπολογίζουν τις πραγματικές διαστάσεις αντικειμένων χρησιμοποιώντας την κλίμακα σε φωτογραφίες (3η παρέμβαση),
• να διαπιστώσουν ότι για να μελετήσουμε τα αντικείμενα κάθε κλίμακας απαιτείται διαφορετικό εργαλείο (4η παρέμβαση),
• να διαπιστώσουν ότι τα αντικείμενα εμφανίζουν νέες ιδιότητες στη νανοκλίμακα (4η παρέμβαση),
• να ταξινομούν τα υλικά σε υπερυδρόφοβα ή μη με βάση το σχήμα της σταγόνας και την γωνία επαφής της (5η παρέμβαση),
• και να ερμηνεύουν την υπερυδροφοβικότητα ως αίτιο της δομής της επιφάνειας του υλικού (5η παρέμβαση).

Επιπροσθέτως, σύμφωνα με τα δεδομένα από τα έργα των μαθητών, παρατηρήθηκε ότι οι τελευταίοι έχουν παρόμοιες αντιλήψεις σε θέματα ΝΕΤ με αυτές που εντοπίστηκαν στην βιβλιογραφία, ενώ παρατηρήθηκε και ότι δυσκολεύονται να υπολογίσουν τις πραγματικές διαστάσεις ενός αντικειμένου χρησιμοποιώντας την κλίμακα σε φωτογραφία. Επιπλέον, όπως ήταν αναμενόμενο, οι μαθητές δίνουν ερμηνείες με βάση μια αναγνωρίσιμη αιτία, χωρίς να κάνουν συνδέσεις με τη μίκρο και νάνο δομή.

Η αποτίμηση των παρεμβάσεων

Προκειμένου να εξαχθούν τα αποτελέσματα της έρευνας, αναλύθηκαν στατιστικώς οι απαντήσεις που δόθηκαν από τους μαθητές στα δύο ερωτηματολόγια SMQII & 4C1P. Στον πίνακα που ακολουθεί

παρατίθενται για κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου SMQII για τα εγγενή κίνητρα των μαθητών οι δείκτες p (probability), SD (Std. Deviation) και M (Std. Deviation).

Πίνακας 3: Ερωτηματολόγιο SMQII για τα εγγενή κίνητρα των μαθητών.

Ερώτηση		p	SD	M
Q1	Η φυσική που μαθαίνω σχετίζεται με τη ζωή μου	<0,01	0,438	0,77
Q2	Το να μαθαίνω φυσική δίνει περισσότερο νόημα στη ζωή μου	0,08	0,518	0,461
Q3	Είναι ενδιαφέρον να μαθαίνει κανείς φυσική	0,04	0,48	0,307
Q4	Έχω περιέργεια να μάθω για τις ανακαλύψεις της φυσικής	0,082	0,485	0,231
Q5	Με ευχαριστεί να μαθαίνω φυσική	0,337	0,277	0,769

Βάσει των απαντήσεων των μαθητών στις παραπάνω ερωτήσεις πριν και μετά τις παρεμβάσεις, παρατηρήθηκε ότι κατά την έναρξη του ομίλου οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στην έρευνα κυμαίνονταν μεταξύ του 3 και του 4 της κλίμακας Likert, ενώ μετά το πέρας των παρεμβάσεων παρατηρήθηκε μία μετάβαση στο 4 και 5 της κλίμακας, γεγονός που σημαίνει ότι οι μαθητές είχαν ήθη θετικές απόψεις, οι οποίες έγιναν πιο θετικές μετά την ολοκλήρωση του ομίλου. Επίσης, οι διαφορές που παρατηρούνται είναι στατιστικώς σημαντικές. Στατιστικώς μη σημαντική διαφορά παρατηρείται στην ερώτηση «Με ευχαριστεί να μαθαίνω φυσική» γεγονός που αποδίδεται στο ότι πολλοί μαθητές δεν συμφωνούν με τον τρόπο που διδάσκεται η φυσική στο πλαίσιο του Λυκείου, όπου δίνεται βαρύτητα σε ασκήσεις φυσικής και όχι σε πειράματα και ενεργητικές δραστηριότητες, αλλά και στους κλάδους της φυσικής στους οποίους βασίζεται το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών, απόψεις που εξέφρασαν ορισμένοι μαθητές στις ημιδομημένες συνεντεύξεις που έλαβαν χώρα για τις ανάγκες της έρευνας. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται ομοίως οι δείκτες p, SD και M για κάθε ερώτηση του ερωτηματολογίου 4C1P για τις δεξιότητες συνεργασίας των μαθητών .

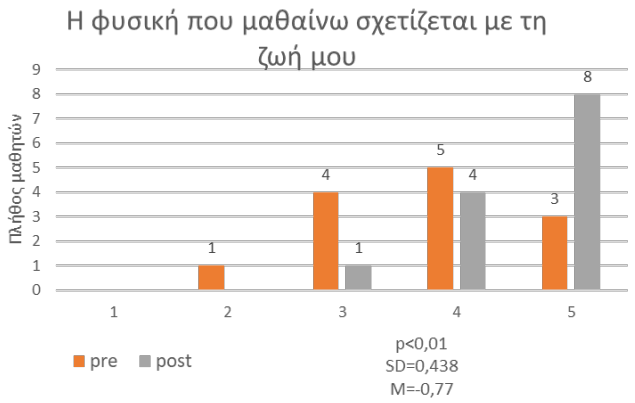
Πίνακας 4: Ερωτηματολόγιο 4C1P για τις δεξιότητες συνεργασίας των μαθητών.

Ερώτηση		p	SD	M
Q1	Όταν στην τάξη εργαζόμαστε σε ομάδες πιστεύω ότι τα μέλη της ομάδας μου μπορούν να συνεργαστούν με επιτυχία	0,08	0,518	0,461
Q2	Όταν στην τάξη εργαζόμαστε σε ομάδες έχω καλή επικοινωνία με τα μέλη της ομάδας μου	0,08	0,518	0,461
Q3	Όταν στην τάξη εργαζόμαστε σε ομάδες μοιράζουμε τις εργασίες στα μέλη της ομάδας σύμφωνα με τις δυνατότητες του καθενός	0,03	0,518,	0,538
Q4	Όταν στην τάξη εργαζόμαστε σε ομάδες προσπαθώ να δίνω χρήσιμες και επαρκείς πληροφορίες στα άλλα μέλη της ομάδας	0,08	0,08	0,462
Q5	Όταν στην τάξη εργαζόμαστε σε ομάδες μπορώ να ολοκληρώσω αποτελεσματικά την εργασία που μας έχει ανατεθεί	0,03	0,518	0,538

Αναφορικά με τις απαντήσεις των μαθητών στο ερωτηματολόγιο 4C1P, παρατηρείται επίσης μετάβαση από το 3 και το 4 της κλίμακας Likert στο 4 και 5 με την ολοκλήρωση των παρεμβάσεων. Οι διαφορές είναι στατιστικώς σημαντικές και συνεπώς παρατηρείται ενίσχυση στις δεξιότητες συνεργασίας των μαθητών.

Αυτή η ενίσχυση ήταν αναμενόμενη διότι σε όλη τη διάρκεια του ομίλου, οι συμμετέχοντες στην έρευνα κλήθηκαν να δράσουν στο πλαίσιο της ομάδας. Ενδεικτικά, παρατίθενται στο σχήμα που ακολουθεί διαγράμματα με τις απαντήσεις των μαθητών σε ορισμένες από τις ερωτήσεις στα παραπάνω ερωτηματολόγια.

Σχήμα 1: Ενδεικτικά διαγράμματα με τις απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά τις παρεμβάσεις.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπεραίνοντας, η ΔΜΑ που αναπτύχθηκε, προκάλεσε το ενδιαφέρον των μαθητών και ενίσχυσε τις δεξιότητες συνεργασίας τους, ενώ όπως ήταν αναμενόμενο, τα κίνητρά τους επηρέασαν. Επιπλέον, οι συμμετέχοντες στην έρευνα, μέσα από της ενεργητικές δραστηριότητες στις οποίες ενεπλάκησαν, απέκτησαν την ικανότητα να χρησιμοποιούν το παχύμετρο, το οπτικό μικροσκόπιο αλλά και το κινητό τους προκειμένου να λάβουν μετρήσεις αντικειμένων που ανήκουν και στους τρείς κόσμους στη φύση και έμαθαν να υπολογίζουν το σφάλμα σε αυτές. Επιπλέο, διαπίστωσαν ότι τα αντικείμενα εμφανίζουν νέες ιδιότητες στη νανοκλίμακα και τέλος, ερμήνευσαν το φαινόμενο λωτού, απέκτησαν την ικανότητα να κατατάσσουν τα φύλλα σε υπερυδρόφοβα ή μη και αναζήτησαν εφαρμογές της Ν-ΕΤ στην καθημερινότητα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κουσλόγλου, Μ., Πετρίδου, Ε., Μολοχίδης, Α., Χατζηκρανιώτης, Ε. (2023) *Ανάπτυξη δεξιοτήτων 21ου αιώνα σε μαθητές Γυμνασίου, μέσα από εφαρμογή διερευνητικών εργαστηρίων Φυσικής με ασύρματους αισθητήρες και κινητά τηλέφωνα/tablets (IB-mLab)*. 13ο Συνέδριο ΕΤΠΕ, Καβάλα, 29/9 – 1/10/2023

Bhushan, B. (2016). Biomimetics. https://doi.org/10.1007/978-3-319-28284-8

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.

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction–A framework for improving teaching and learning science. In *Science education research and practice in Europe* (pp. 13-37). Brill. https://brill.com/view/book/edcoll/9789460919008/BP000003.xml

Glynn, S. M., Brickman, P., Armstrong, N., & Taasoobshirazi, G. (2011). Science motivation questionnaire II: Validation with science majors and nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*, *48*(10), 1159–1176. https://doi.org/10.1002/tea.20442

Hingant, B., & Albe, V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: A review of literature. *Studies in Science Education, 46* (2), 121-152. https://doi.org/10.1080/03057267.2010.504543

Hwang, G. J., Lai, C. L., Liang, J. C., Chu, H. C., & Tsai, C. C. (2018). A long-term experiment to investigate the relationships between high school students' perceptions of mobile learning and peer interaction and higher-order thinking tendencies. *Educational Technology Research and Development*, *66*, 75-93. https://doi.org/10.1007/s11423-017-9540-3

Jones, M. G., Blonder, R., Gardner, G. E., Albe, V., Falvo, M., & Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education.* https://doi.org/10.1080/09500693.2013.771828

Kariotoglou, P., Psillos, D., & Tselfes, V. (2003). Modelling the Evolution of Teaching—Learning Sequences: from Discovery to Constructivism. *Science education research in the knowledge-based society*, 259-268. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0165-5_28

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.

Lin, S. F., Lin, H. shyang, & Wu, Y. ying. (2013). Validation and Exploration of Instruments for Assessing Public Knowledge of and Attitudes toward Nanotechnology. *Journal of Science Education and Technology, 22*(4), 548–559. https://doi.org/10.1007/s10956-012- 9413-9

Lin, S. F., Chen, J. Y., Shih, K. Y., Wang, K. H., & Chang, H. P. (2015). Science teachers' perceptions of nanotechnology teaching and professional development: A survey study in Taiwan. *Nanotechnology Reviews*, *4*(1), 71–80. https://doi.org/10.1515/ntrev-2014-0019

Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, *26*(5), 515-535. https://doi.org/10.1080/09500690310001614762

Peikos, G., Spyrtou, A., Pnevmatikos, D., & Papadopoulou, P. (2020). Nanoscale science and technology education: primary school student's preconceptions of the lotus effect and the concept of size. Research in Science & Technological Education, 1-18. https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1841149

Psillos, D., & Méheut, M. (2001). Teaching-learning sequences as a means for linking research to development. In *Proceedings of the third international conference on science education research in the knowledge based society* (Vol. 1, p. 226). Thessaloniki: Aristotle University of Thessaloniki, Dept of Primary Education.

Salta, K., & Koulougliotis, D. (2014). Assessing motivation to learn chemistry: adaptation and validation of Science Motivation Questionnaire II with Greek secondary school students. *Chemistry Education Research and Practice, 15*(2), 168–183.

Stevens, S. Y., Sutherland, L. M., & Krajcik, J. S. (2009). *The big ideas of nanoscale science and engineering*. NSTA press.