

13th Panhellenic Conference on Didactics in Science and new Technology in Education

Vol 14, No 1 (2025)

14th Panhellenic Conference of Didactics in Science Education

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΥΝΟΨΕΩΝ

14^ο

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες
στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές

Στην μνήμη της Άνας Σπύρου



12-14 Απριλίου 2025

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΑΠΘ
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΑΠΘ

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,
Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

synedrio2025.enephet.gr



Development and Evaluation of a TLS on NST topics for High School Students

Eleni Ntevetoudi, Evripidis Chatzikraniotis

doi: [10.12681/codiste.7617](https://doi.org/10.12681/codiste.7617)

Ανάπτυξη και Αποτίμηση μιας ΔΜΑ σε Θέματα NET για Μαθητές Λυκείου

Ελένη Ντεβετούδη¹ και Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης²

¹ΠΜΣ «Διδακτική της Φυσικής & Εκπαιδευτική Τεχνολογία», ²Καθηγητής,
Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,
Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
¹enteveto@auth.gr

Περίληψη

Η Νάνο-επιστήμη και η Νάνο-τεχνολογία (NET) αποτελούν ένα σύγχρονο και αναδυόμενο διεπιστημονικό πεδίο που επικεντρώνεται στον χειρισμό της ύλης στη νάνο-κλίμακα και στην εκμετάλλευση των υλικών. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για να εισαχθούν σύγχρονα θέματα φυσικής στην εκπαίδευση, όπως η νανοεπιστήμη και η νανοτεχνολογία, τα οποία έχουν μεγάλη εκπαιδευτική αξία. Στην εργασία αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε σε 13 μαθητές Α και Β Λυκείου μια ΔΜΑ η οποία βασίζεται στις Μεγάλες Ιδέες της NET. Σκοπός της εργασίας είναι η αποτίμηση της ΔΜΑ, η οποία έγινε ως προς τις γνώσεις των μαθητών αλλά και ως προς το ενδιαφέρον που τους προκάλεσε.

Λέξεις κλειδιά: Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ), Μεγάλες Ιδέες της NET, Νανοεπιστήμη – Νανοτεχνολογία (NET)

Development and Evaluation of a TLS on NST Topics for High School Students

Eleni Ntevetoudi¹ and Evripidis Chatzikraniotis²

¹PGS “Didactics of Physics & Educational Technology”, ²Professor,
Laboratory of Didactics of Physics & Educational Technology,
School of Physics, Aristotle University of Thessaloniki
¹enteveto@auth.gr

Abstract

Nanoscience and Nanotechnology (NST) is a modern and emerging interdisciplinary field, which focuses on the manipulation of matter at nanoscale and the exploitation of materials. In recent years, there has been a considerable interest in introducing modern Physics topics into education, such as nanoscience and nanotechnology, which have high educational value. In this study, a TLS based on the Big Ideas of NST was developed and implemented to 13 high school students in the 10th and 11th grades. The aim of the study was the evaluation of the TLS, which was made in terms of students' knowledge and on the interest it aroused.

Keywords: Big Ideas of NST, Nanoscience – Nanotechnology (NST), Teaching Learning Sequence

Εισαγωγή

Η νάνο-επιστήμη & νάνο-τεχνολογία (NET) μελετά και εκμεταλλεύεται τις νέες ιδιότητες που εμφανίζουν τα υλικά στην κλίμακα του νάνο (1-100nm) για την ανάπτυξη μίας σειράς καινοτόμων προϊόντων σε μια πληθώρα πεδίων (Laherto, 2010). Δεδομένου ότι η πρόοδος της NET είναι αλματώδης, η ενσωμάτωσή της στην εκπαίδευση κρίνεται αναγκαία, διότι οι κοινωνικές ανάγκες για έναν νάνο-εγγράμματο πολίτη όλο και μεγαλώνουν (Stevens et al.,

2009). Έτσι, τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για την εισαγωγή σύγχρονων θεμάτων φυσικής στην εκπαίδευση, όπως η NET. Επιπρόσθετα, οι έρευνες έχουν δείξει ότι το ενδιαφέρον των μαθητών είναι μεγάλο για σύγχρονα θέματα Φυσικής. Ωστόσο η ενσωμάτωσή τους στην εκπαίδευση αποτελεί πρόκληση, λόγω της ελλιπούς κατάρτισης των εκπαιδευτικών (Jones et al., 2013). Για να υποβοηθηθούν οι εκπαιδευτικοί, αναπτύχθηκαν οι εννέα Μεγάλες Ιδέες της NET, που περιγράφονται στο βιβλίο των Stevens et al. (2009).

Η βιβλιογραφική επισκόπηση που πραγματοποιήθηκε ανέδειξε θέματα που άπτονται της εννοιολόγησης των μαθητών σχετικά με την έννοια του «νάνο», τη χρήση εργαλείων για τη διδασκαλία της Ν-ΕΤ, και την επαγγελματική ανάπτυξη για τους εκπαιδευτικούς. Ενδεικτικά αναφέρεται μια συνθετική επισκόπηση από τους Hingant & Albe (2010). Οι κύριες ιδέες που εντοπίστηκαν είναι ότι οι μαθητές ενδέχεται να μην σκεφτούν την ύπαρξη ιεραρχίας στη δομή του φύλλου του λωτού (Peikos et al., 2020), ενώ πολλοί δεν γνωρίζουν την ύπαρξη του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου (Jones et al., 2013) κ.α. Προκειμένου να εντοπιστούν έρευνες που διεξήχθησαν στην Ελλάδα και σχετίζονται με την ένταξη των NET στην εκπαίδευση, αναζητήθηκαν εργασίες στα πρακτικά των Συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ. Οι έρευνες που εντοπίστηκαν, αφορούν στην τελευταία δεκαετία και οι περισσότερες απευθύνονται σε μαθητές Δημοτικού, με τις λιγότερες έρευνες να αφορούν εφαρμογές σε μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου, ενώ κάποιες αποτελούν προτάσεις διδασκαλίας. Για αυτό τον λόγο, αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε μια ΔΜΑ σε θέματα NET για μαθητές Λυκείου (Ντεβετούδη & Χατζηκρανιώτης, 2023). Στόχος της παρούσας εργασίας, η οποία αποτελεί μία πιλοτική εφαρμογή, είναι η αποτίμηση της ΔΜΑ ως προς τις γνώσεις των μαθητών και ως προς το ενδιαφέρον που προκάλεσε στους μαθητές.

Θεωρητικό υπόβαθρο

Το μοντέλο της διδακτικής αναδόμησης MER

Προκειμένου να λάβει χώρα ο διδακτικός μετασχηματισμός του επιστημονικού περιεχομένου που αφορά τη νάνο-τεχνολογία, χρησιμοποιήθηκε 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 περιεχομένου.

Οι μεγάλες ιδέες της NET

Οι εννέα μεγάλες ιδέες της NET που συμβάλλουν στην κατανόηση των μαθητών σε θέματα NET, 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 αυτό-οργάνωση (self-assembly), τα όργανα-οργανολογία, τα μοντέλα-προσομοιώσεις και η επιστήμη- τεχνολογία & κοινωνία (Stevens et al., 2009).

Μεθοδολογία

Το δείγμα & οι παρεμβάσεις

Οι παρεμβάσεις έλαβαν χώρα στο Πειραματικό Λύκειο του Α.Π.Θ., την περίοδο Απριλίου-Μαΐου 2023, στο πλαίσιο του Εκπαιδευτικού Ομίλου. Συμμετείχαν 13 μαθητές Α και Β Λυκείου (6 αγόρια και 7 κορίτσια) οι οποίοι εργάστηκαν σε ομάδες 3-4 ατόμων. Η διάρκεια ήταν έξι συναντήσεις (μία ανά εβδομάδα) ενός διδακτικού δίωρου εκάστη, χωρισμένες σε τρεις διδακτικές ενότητες (Πίνακας 1). Για την ανάπτυξη του υλικού, μελετήθηκε το επιστημονικό περιεχόμενο που σχετίζεται με τις Μεγάλες Ιδέες της NET, ερευνήθηκαν οι δυσκολίες που είναι πιθανό να εμφανίσουν οι μαθητές κατά τη διδασκαλία, και στη συνέχεια, το επιστημονικό περιεχόμενο μετασχηματίστηκε σε περιεχόμενο κατάλληλο για διδασκαλία με το μοντέλο MER και σχεδιάστηκαν οι παρεμβάσεις.

Πίνακας 1. Οι διδακτικές ενότητες

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

Κατά τη διάρκεια των παρεμβάσεων χρησιμοποιήθηκε συμβατικός εργαστηριακός εξοπλισμός (χάρακες, παχύμετρα, οπτικό μικροσκόπιο, πιπέτες κ.λ.π.), αλλά και η εφαρμογή ImageMeter, την οποία εγκατέστησαν οι μαθητές στο κινητό τους προκειμένου να λαμβάνουν μετρήσεις από φωτογραφίες. Επιπρόσθετα, χρησιμοποιήθηκε το εικονικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) myscore-explore για την παρατήρηση εικόνων ηλεκτρονικής μικροσκοπίας και τη λήψη μετρήσεων από τους μαθητές. Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε στις παρεμβάσεις ήταν εποικοδομητική ώστε να δίνεται έμφαση στις αντιλήψεις των μαθητών και το μοντέλο που υιοθετήθηκε ήταν το 5E: Εμπλοκή, Εξερεύνηση, Εξήγηση, Επέκταση και Εκτίμηση (Duran & Duran, 2004). Για τις ανάγκες της έρευνας, σχεδιάστηκαν φύλλα εργασίας τα οποία συμπλήρωναν οι μαθητές σε κάθε συνάντηση, με σκοπό να επιτευχθούν οι γνωστικοί και διαδικαστικοί στόχοι που παρουσιάζονται στον πίνακα 2, ανά παρέμβαση.

Πίνακας 2. Οι γνωστικοί και διαδικαστικοί στόχοι της ΔΜΑ

Γνωστικοί και διαδικαστικοί στόχοι
Οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι υπάρχει ένα όριο παρατήρησης για κάθε όργανο (1 ^η). Οι μαθητές να υπολογίζουν τις πραγματικές διαστάσεις αντικειμένων χρησιμοποιώντας την κλίμακα σε φωτογραφίες (1 ^η). Οι μαθητές να χρησιμοποιούν το παχύμετρο για να μετρούν το πάχος αντικειμένων του μακρόκοσμου (1 ^η).
Οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι όλα τα εργαλεία έχουν περιορισμούς συνεπώς διαφορετικά εργαλεία είναι καλύτερα για διαφορετικούς σκοπούς (2 ^η). Οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι η επιλογή του κατάλληλου εργαλείου, απαιτεί την εξέταση του μεγέθους του αντικειμένου (2 ^η). Οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι για να μελετήσουμε τα αντικείμενα κάθε κλίμακας απαιτείται διαφορετικό εργαλείο (2 ^η).
Οι μαθητές να υπολογίζουν τις πραγματικές διαστάσεις κυττάρων που παρατηρούν στο μικροσκόπιο (3 ^η). Οι μαθητές να υπολογίζουν τις πραγματικές διαστάσεις οντοτήτων χρησιμοποιώντας την κλίμακα σε φωτογραφίες (3 ^η).
Οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι για να μελετήσουμε τα αντικείμενα κάθε κλίμακας απαιτείται διαφορετικό εργαλείο (4 ^η). Οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι τα αντικείμενα εμφανίζουν νέες ιδιότητες στη νανοκλίμακα (4 ^η).
Οι μαθητές να ταξινομήσουν τα υλικά σε υπερυδροφόβα ή μη με βάση το σχήμα της σταγόνας και την γωνία επαφής της (5 ^η). Οι μαθητές να ερμηνεύουν την υπερυδροφοβικότητα ως αίτιο της δομής της επιφάνειας του υλικού (5 ^η).
Οι μαθητές να μάθουν για την λειτουργία του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου (6 ^η).

Τα ερωτηματολόγια, οι ημιδομημένες συνεντεύξεις & η ανάλυση των αποτελεσμάτων

Προκειμένου να αξιολογηθούν τα μαθησιακά αποτελέσματα, χρησιμοποιήθηκαν αρχικά και τελικά ερωτηματολόγια τα οποία αποτελούνταν από ερωτήσεις γνωστικού περιεχομένου και ημιδομημένες συνεντεύξεις, ενώ για να αποτιμηθεί το ενδιαφέρον που προκάλεσε το υλικό στους μαθητές, ελήφθησαν ημιδομημένες συνεντεύξεις στο τέλος της ΔΜΑ. Τα γνωστικά ερωτηματολόγια βασίζονταν στις λανθασμένες αντιλήψεις των μαθητών σε θέματα ΝΕΤ βάσει της βιβλιογραφίας καθώς και στο διδακτικά μετασηματισμένο περιεχόμενο των ΜΙ της ΝΕΤ, ενώ είχαν σκοπό να διερευνήσουν τη γνώση των μαθητών σε τρεις παράγοντες, δηλωτική γνώση, εννοιολογική γνώση και διαδικαστική γνώση. Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, οι απαντήσεις των μαθητών ομαδοποιήθηκαν σε τέσσερα ιεραρχικά επίπεδα ανάλογα με το πόσο επιστημονικά ορθή ήταν η κάθε απάντηση (E1-E4). Οι ερωτήσεις κλειστού τύπου αναλύθηκαν σε ραβδογράμματα, τα οποία δείχνουν τις απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά από κάθε παρέμβαση, ώστε να αναδειχθεί η εξέλιξή τους. Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τις ημιδομημένες

συνεντεύξεις, αρχικά απομαγνητοφωνήθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών, στην συνέχεια εντοπίστηκαν τα κοινά στοιχεία (π.χ. κοινές απόψεις κ.τ.λ.) και τέλος τα αποτελέσματα αποτυπώθηκαν σε ραβδογράμματα.

Αποτελέσματα

Όσον αφορά τα αποτελέσματα της έρευνας για τις γνώσεις των μαθητών σε θέματα NET, φαίνεται ότι οι τελευταίοι κατέκτησαν σε σημαντικό βαθμό τις κυριότερες επιθυμητές γνώσεις μετά τις παρεμβάσεις, σε θέματα όπως τι είναι νάνο-κλίμακα, τα υλικά αποκτούν νέες ιδιότητες στην νάνο-κλίμακα, τι είναι το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, ενώ μπορούσαν να απαριθμούν αιτιολογημένα εφαρμογές της νάνο-τεχνολογίας στην καθημερινή ζωή, γνώσεις τις οποίες δεν κατείχαν πριν. Ειδικότερα για το φαινόμενο του λωτού, 7 από τους 13 μαθητές πριν τις παρεμβάσεις πίστευαν πως η επιφάνεια του φύλλου του είναι λεία και για αυτό οι σταγόνες κυλάνε, μια εναλλακτική άποψη που εντοπίζεται στην βιβλιογραφία (Peikos et al., 2020) ενώ μετά το πέρας τους, όλοι οι μαθητές ήταν σε θέση να το ερμηνεύσουν σωστά. Επιπλέον, οι μαθητές απέκτησαν καλύτερες δεξιότητες στις μετρήσεις και έμαθαν νέους τρόπους μέτρησης. Σχετικά με τα αποτελέσματα της έρευνας για το ενδιαφέρον που προκάλεσε το υλικό στους μαθητές, προέκυψε ότι οι τελευταίοι αξιολόγησαν τη ΔΜΑ ως πολύ ενδιαφέρουσα, ενώ έκριναν ως πιο ενδιαφέρουσες ενότητες το φαινόμενο του λωτού και την επίσκεψη στο εργαστήριο SEM του Α.Π.Θ.

Συμπεράσματα & Συζήτηση

Συμπερασματικά, ως προς τις γνώσεις που απέκτησαν οι μαθητές, παρατηρήθηκε μία μετάβαση από τα επίπεδα E1 και E2 (απαντήσεις δήλωσης άγνοιας – σημαντικής απόκλισης από το επιστημονικό περιεχόμενο) στα επίπεδα E3 και E4 (απαντήσεις που προσεγγίζουν το επιστημονικό περιεχόμενο). Ως προς το ενδιαφέρον που προκάλεσε το υλικό, προτείνεται σε μία μελλοντική έρευνα να αναθεωρηθεί η ΔΜΑ και οι πρώτες ενότητες οι οποίες δεν κέντρισαν τόσο το ενδιαφέρον των μαθητών να συμπτυχθούν και να προστεθούν άλλες, που άπτονται σε θέματα NET, όπως για παράδειγμα η ενότητα του αυτοκαθαρισμού του φύλλου του λωτού.

Βιβλιογραφία

- Ντεβετούδη, Ε., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2023). Εφαρμογές νανοτεχνολογίας για μαθητές Λυκείου. Στο Κ. Θ. Κώτσης, Γ. Στύλος, Γ. Βακάρου, Λ. Γαβρίλας και Δ. Πανάγου (Επιμ.) *Πρακτικά 13^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, 269-277. <https://doi.org/10.12681/codiste.6883>
- 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. Στο D. Jorde & J. Dillon (Επιμ.) *Science education research and practice in Europe*, σ. 13-37. Brill.
- 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>
- 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*, 35(9), 1490-1512. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.771828>
- 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. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ904866.pdf>
- 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*, 41(1), 1-18. <https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1841149>
- Stevens, S. Y., Sutherland, L. M., & Krajcik, J. S. (2009). *The big ideas of nanoscale science and engineering*. NSTA press. ISBN: 978-1-935155-07-2