ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2021)

12ο Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Ανάπτυξη και αξιολόγηση ιστότοπου για θέματα Νανοτεχνολογίας, βασισμένη σε έρευνα επί των απόψεων των εκπαιδευτικών

Γεώργιος Μπατσιόλας, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Μπατσιόλας Γ., & Χατζηκρανιώτης Ε. (2022). Ανάπτυξη και αξιολόγηση ιστότοπου για θέματα Νανοτεχνολογίας, βασισμένη σε έρευνα επί των απόψεων των εκπαιδευτικών. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 133–140. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/3741

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 05/12/2025 22:24:54

Ανάπτυξη και αξιολόγηση ιστότοπου για θέματα Νανοτεχνολογίας, βασισμένη σε έρευνα επί των απόψεων των εκπαιδευτικών

Γεώργιος Μπατσιόλας[1], Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης[2],
gmpatsio@physics.auth.gr, evris@physics.auth.gr
[1] Μεταπτυχιακός Φοιτητής, ΠΜΣ Διδακτική της Φυσικής και Εκπαιδευτική Τεχνολογία, Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,
[2] Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Καθώς ο κλάδος της Νανοεπιστήμης - Νανοτεχνολογίας (Ν-ΕΤ) αποτελεί τομέα με ταχεία ανάπτυξη και έντονο κοινωνικό αντίκτυπο, μια σύγχρονη πρόκληση για την εκπαιδευτική κοινότητα αποτελεί η ενσωμάτωση περιεχομένου Ν-ΕΤ σε όλες τις βαθμίδες. Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την ανάπτυξη και αξιολόγηση ενός διαδραστικού ιστότοπου για τη διδασκαλία θεμάτων Ν-ΕΤ στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Το στοιχείο που οδήγησε στις αρχές σχεδιασμού του ιστότοπου είναι η έρευνα επί των αρχικών γνώσεων, απόψεων και στάσεων εκπαιδευτικών γύρω από θέματα Ν-ΕΤ καθώς και της ικανότητας ερμηνείας φαινομένων Ν-ΕΤ. Περιγράφεται συνοπτικά η πορεία, τα στάδια, η μεθοδολογία, τα αποτελέσματα, ενώ παρουσιάζονται ιδέες για την συνέχεια της έρευνας.

Λέξεις κλειδιά: νανοεπιστήμη, νανοτεχνολογία, εκπαίδευση, ΤΠΕ

Εισαγωγή

Η Νανοεπιστήμη – Νανοτεχνολογία (Ν-ΕΤ) αποτελεί κλάδο αιχμής για την επιστήμη και την κοινωνία, με εφαρμογές σε πολλούς τομείς με διεπιστημονικές προσεγγίσεις (Guggisberg et al.,2003). Μελλοντικές ανάγκες σε νανο-ειδικευμένο εργατικό δυναμικό, αλλά και σε ενεργούς και ενημερωμένους πολίτες, προϋποθέτουν οι μαθητές να εκτίθενται σε έννοιες Ν-ΕΤ από το σχολείο (Schönborn et al., 2016). Παράλληλα, η διεπιστημονικότητα που παρουσιάζει η Ν-ΕΤ και οι εφαρμογές της στην κοινωνία, άμεσα συνδεδεμένες με την καθημερινότητα των μαθητών, θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως μέσο αύξησης του ενδιαφέροντος των μαθητών για την επιστήμη (Sakhnini & Blonder, 2016). Η καλλιέργεια του νανογραμματισμού, αποσκοπεί σε ανάπτυξη δεξιοτήτων και γνώσης Ν-ΕΤ, ενώ απαιτεί προσεκτικά σχεδιασμένες παρεμβάσεις νανο-εκπαίδευσης. Ψηφιακά εργαλεία και καινοτόμοι πόροι που προέρχονται από την ανάπτυξη της τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνίας (ΤΠΕ), μπορούν να αξιοποιηθούν στη διδασκαλία σύνθετων θεμάτων, όπως η Ν-ΕΤ, κάνοντάς την ελκυστικότερη και αποτελεσματική (Gorghiu & Gorghiu, 2014). Στο πλαίσιο αυτό έχουν γίνει προσπάθειες διεθνώς, για την ένταξη θεμάτων Ν-ΕΤ στη διδασκαλία, αλλά μόνο ένα μικρό μέρος αυτών έχει αποδειχθεί αποτελεσματικό (Ghattas & Carver, 2012). Πολλές από τις προσπάθειες σχεδιάστηκαν με έμφαση τη σύνδεση με το υπάρχον αναλυτικό πρόγραμμα, το προς διδασκαλία περιεχόμενο ή τους προς επίτευξη γνωστικούς στόχους (Greenberg, 2009; Ghattas & Carver, 2012).

Η παρούσα εργασία, αποτελεί τμήμα διπλωματικής εργασίας και προσπάθεια ανάπτυξης υλικού Ν-ΕΤ με στόχο την εκπαίδευση μαθητών, η οποία λαμβάνει υπόψη προηγούμενες γνώσεις, αντιλήψεις και αδυναμίες των εκπαιδευτικών. Η εργασία πραγματεύεται τη δημιουργία ενός διαδραστικού ιστότοπου για τη διδασκαλία θεμάτων

Ν-ΕΤ στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, το περιεχόμενο του οποίου περιλαμβάνει δραστηριότητες που μπορούν είτε να παρακολουθήσουν είτε να εκτελέσουν οι μαθητές. Συγκεκριμένα επικεντρώνεται:

(α) στην έρευνα επί των γνώσεων, απόψεων και της ικανότητας ερμηνείας φαινομένων Ν-ΕΤ, εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και μεταπτυχιακών φοιτητών στο αντικείμενο της διδακτικής της φυσικής

(β) στις βασικές αρχές για το σχεδιασμό του ηλεκτρονικού περιβάλλοντος, οι οποίες προκύπτουν με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας

(γ) στην αξιολόγηση του διαδικτυακού χώρου από μεταπτυχιακούς φοιτητές διδακτικής της φυσικής.

Μεθοδολογία

Έρευνα επί των γνώσεων εκπαιδευτικών σε θέματα Ν-ΕΤ

Συνολικά τα στάδια της εργασίας είναι τέσσερα, όπως παρουσιάζονται στο σχήμα 1. Όπως παρουσιάζεται διεξοδικά στο έργο «The 'big ideas' of nanoscale science and engineering: A guidebook for secondary teacher» (Stevens et al., 2009), μια προσπάθεια ένταξης της Ν-ΕΤ στην εκπαίδευση μπορεί να βασιστεί σε θεματικές ενότητες όπως: 1) το μέγεθος και η κλίμακα, 2) η δομή της ύλης, 3) οι ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος, 4) οι δυνάμεις και οι αλληλεπιδράσεις, 5) τα κβαντικά φαινόμενα, 6) η αυτο-οργάνωση, 7) τα εργαλεία, 8) τα μοντέλα και οι προσομοιώσεις, 9) η σχέση νανοεπιστήμης, τεχνολογίας και κοινωνίας. Για να γίνει επιλογή της θεματολογίας του υλικού, απαραίτητος ήταν ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου και στην κατεύθυνση αυτή χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο το Μοντέλο της Εκπαιδευτικής Αναδόμησης (Model of Educational Reconstruction – MER), όπως προτείνεται από τους Duit (2007) και Duit et al. (2012). Βασικό στοιχείο του μοντέλου είναι η διαδικασία μετατροπής της επιστημονικής γνώσης σε «γνώση προς διδασκαλία», μέσω ανάλυσής της στα στοιχεία της (elementarization), προσδιορισμού των κεντρικών ιδεών (core elements) και δόμησης του περιεχομένου προς διδασκαλία. Σύμφωνα με το MER, ο μετασχηματισμός γίνεται με 3 αλληλεπιδρώσες συνιστώσες:

(α) ανάλυση του επιστημονικού περιεχομένου,
(β) έρευνα για τη διδασκαλία και τη μάθηση,
(γ) σχεδιασμός και αξιολόγηση του διδακτικού/μαθησιακού περιβάλλοντος.

Στάδιο 1
- Βιβλιογραφική επισκόπηση
- Έρευνα και καταγραφή των γνώσεων, απόψεων , στάσεων και ικανότητας ερμηνείας φαινομένων Ν-ΕΤ εκπαιδευτικών

▼

Στάδιο 2
- Διδακτικός μετασχηματισμός περιεχομένου,
- Σχεδιασμός υλικού (δια ζώσης διδασκαλία και πειράματα)
- Αξιολόγηση αρχικού υλικού

▼

Στάδιο 3
- Καθορισμός αρχών σχεδιασμού ιστότοπου και περιεχομένου με βάση τα αποτελέσματα της Έρευνας του 1ου Σταδίου
- Υλοποίηση - ανάπτυξη υλικού και διαδραστικού ιστότοπου

▼

Στάδιο 4
Αξιολόγηση του ιστότοπου από μεταπτυχιακούς φοιτητές ΠΜΣ Διδακτικής της Φυσικής

Σχήμα 1 : Στάδια και πορεία της εργασίας

Στο πλαίσιο της 2ης συνιστώσας, πραγματοποιήθηκε έρευνα σε 46 εν ενεργεία εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, με εμπειρία στη διδασκαλία φυσικών επιστημών (εφεξής Group 1), οι οποίοι είχαν μικρή έως καθόλου εκπαίδευση σε θέματα Ν-ΕΤ και 12 μεταπτυχιακούς φοιτητές διδακτικής της φυσικής (εφεξής Group 2), οι οποίοι είχαν εκτεταμένη εκπαίδευση ενός εξαμήνου στη διδασκαλία και διδακτικό μετασχηματισμό περιεχομένου Ν-ΕΤ. Ως εργαλείο συλλογής δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικό ερωτηματολόγιο με σκοπό να διερευνήσει τις παρακάτω συνιστώσες: (α) τη γνώση Ν-ΕΤ και (β) την ικανότητα να ερμηνεύουν φαινόμενα Ν-ΕΤ. Για την δημιουργία του, βασιστήκαμε σε ερωτηματολόγιο που εφαρμόστηκε για την ανάδειξη των αρχικών απόψεων εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Μάνου, 2020). Αποτελείτο από ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής καθώς και ερωτήσεις ανοιχτού και κλειστού τύπου. Συγκεκριμένα υπήρχαν 10 ερωτήσεις δημογραφικών στοιχείων και 12 ερωτήσεις – έργα ανοιχτού και κλειστού τύπου, συνδεδεμένες με τις επιλεγμένες ΜΙ του περιεχομένου της Ν-ΕΤ, 6 για κάθε μία από τις συνιστώσες που αναφέρθηκαν. Η εσωτερική συνέπεια του εργαλείου ελέγχθηκε με τον δείκτη Cronbach's α, ενώ έγινε independent sample t-test για την σύγκριση των επιδόσεων των δύο ομάδων.

Καθορισμός αρχών σχεδιασμού ιστότοπου

Κατά το τρίτο στάδιο έγινε ο καθορισμός των αρχών σχεδιασμού του διαδικτυακού χώρου. Με βάση τα αποτελέσματα από το 1ο στάδιο, επιλέχθηκε η θεματολογία του υλικού καθώς και ποιες θα είναι οι δραστηριότητες που θα περιλαμβάνει. Έγινε πιλοτική ανάπτυξη έντυπου υλικού, το οποίο αξιολογήθηκε, ώστε να βρεθούν αδυναμίες πριν το σχεδιασμό του ιστότοπου. Αποτελέσματα αυτής της αξιολόγησης, παρουσιάστηκαν στο 3ο Συνέδριο Νέων Ερευνητών στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (Μπατσιόλας & Χατζηκρανιώτης, 2020). Στην συνέχεια έγινε η κατασκευή του δικτυακού τόπου, η προσαρμογή των δραστηριοτήτων σε ηλεκτρονικές και η δημιουργία του περιεχομένου και των ηλεκτρονικών φύλλων εργασίας.

Αξιολόγηση ιστότοπου

Στο τελευταίο στάδιο πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση του διαδραστικού ιστότοπου και του περιεχομένου από το Group 2 των συμμετεχόντων της έρευνας. Κύριο εργαλείο συλλογής δεδομένων ήταν ηλεκτρονικό ερωτηματολόγιο εντυπώσεων – αξιολόγησης του ηλεκτρονικού περιβάλλοντος μάθησης, το οποίο περιλάμβανε ερωτήσεις 5-βάθμιας κλίμακας Likert. Επιπλέον υπήρξε πεδίο καταγραφής σχολίων των συμμετεχόντων. Στόχος του συγκεκριμένου σταδίου ήταν η καταγραφή των στάσεων απέναντι στο ανεπτυγμένο υλικό καθώς και κατά πόσο αυτό είναι λειτουργικό, εύχρηστο και επιτελεί τον σκοπό του. Η συγκεκριμένη ομάδα επιλέχθηκε για τη δοκιμή και την αξιολόγηση του περιβάλλοντος μάθησης, λόγω της προηγούμενης εκπαίδευσης στη διδασκαλία περιεχομένου Ν-ΕΤ.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Αποτελέσματα έρευνας επί των γνώσεων εκπαιδευτικών σε θέματα Ν-ΕΤ

Οι απαντήσεις στα ερωτηματολόγια κωδικοποιήθηκαν και ταξινομήθηκαν σε τέσσερα ιεραρχικά επίπεδα: Ε1 – κενές απαντήσεις ή δηλώσεις άγνοιας, Ε2 – ασαφείς ή λανθασμένες απαντήσεις, Ε3 – μερικώς επιστημονικά αποδεκτές απαντήσεις και Ε4 – επιστημονικά αποδεκτές απαντήσεις. Ο συντελεστής αξιοπιστίας alpha Cronbach ήταν α=0,758, υποδεικνύοντας ικανοποιητική εσωτερική συνάφεια του ερωτηματολογίου.

Όσον αφορά την έρευνα επί των γνώσεων των εκπαιδευτικών, όπως φαίνεται στον πίνακα 1, παρουσιάζονται αποτελέσματα από το ερωτηματολόγιο που αφορούν την συνιστώσα «Γνώση Ν-ΕΤ». Το Group 2, παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με το Group 1 και μεγαλύτερο ποσοστό απαντήσεων στο επίπεδο Ε4, τόσο συνολικά στην συνιστώσα γνώση όσο και στις επιμέρους ερωτήσεις που συνθέτουν την συνιστώσα. Ωστόσο και οι δύο ομάδες εμφανίζουν χαμηλά ποσοστά αλλά και στατιστικώς μη σημαντική διαφοροποίηση, στον άξονα «Ν-ΕΤ και Κοινωνία», που ελέγχει τις γνώσεις τους και την δυνατότητα περιγραφής εφαρμογών της Ν-ΕΤ στην καθημερινή ζωή.

Πίνακας 1. Ποσοστό επιστημονικά αποδεκτών απαντήσεων (Ε4) σε ενδεικτικές ερωτήσεις ανίχνευσης γνώσεων Ν-ΕΤ

Περιεχόμενο ερωτήματος	**Group 1 Εκπαιδευτικοί χωρίς εκπαίδευση σε θέματα Ν-ΕΤ**	**Group 2 Μεταπτυχιακοί φοιτητές με προηγούμενη εκπαίδευση σε θέματα Ν-ΕΤ**
Νοηματοδότηση όρου Ν-ΕΤ	60.00%	76.90%
Νοηματοδότηση όρου Νανοκλίμακα	37.78%	69.23%
Σειροθέτηση – Μέγεθος και κλίμακα	31.11%	92.31%
Ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος	75.56%	84.61%
Όργανα μελέτης της νανοκλίμακας	51.11%	76.92%
Ν-ΕΤ και Κοινωνία	40.00%	46.15%
Σύνολο παράγοντα «Γνώση Ν-ΕΤ»	**49.26%**	**74.35%**

Στον Πίνακα 2, παρουσιάζονται αποτελέσματα που αφορούν την συνιστώσα «Ερμηνεία φαινομένων Ν-ΕΤ». Και εδώ το Group 2 εμφανίζει καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με το Group 1, ωστόσο είναι χαμηλότερα από αυτά που εμφανίζονται στον πίνακα 1. Παρατηρούμε ότι η ικανότητα ερμηνείας των φαινομένων και για τις δύο ομάδες είναι μειωμένη, χωρίς σημαντικά στατιστικές διαφορές. Ιδιαίτερα για το Group 2 οι χαμηλές επιδόσεις είναι μη αναμενόμενες, δεδομένου της εκτεταμένης εκπαίδευσης και γνώσης σε θέματα μετασχηματισμού Ν-ΕΤ.

Πίνακας 2. Ποσοστά απαντήσεων επιπέδου Ε4 σε ενδεικτικές ερωτήσεις ικανότητας ερμηνείας φαινομένων Ν-ΕΤ

Σύνδεση προς ερμηνεία φαινομένου με ΜΙ	**Group 1 Εκπαιδευτικοί χωρίς εκπαίδευση σε θέματα Ν-ΕΤ**	**Group 2 Μεταπτυχιακοί φοιτητές με προηγούμενη εκπαίδευση σε θέματα Ν-ΕΤ**
Υπερυδροφοβικότητα	46.67%	53.85%
Ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος	91.11%	84.61%
Μέγεθος και κλίμακα	53.33%	92.31%
Ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος (χρώμα)	24.44%	53.85%
Μέγεθος και κλίμακα (χρώμα)	11.11%	30.77%
Αλληλεπίδραση φωτός – διαλυμάτων NPs	13.33%	23.07%
Σύνολο παράγοντα «Ερμηνεία Φαινομένων»	**40.00%**	**56.41%**

Από τα έργα ανοιχτού τύπου που κλήθηκαν να διαχειριστούν οι συμμετέχοντες στο αρχικό ερωτηματολόγιο, ώστε να εκθέσουν με δικό τους λεξιλόγιο τις απόψεις τους αναφορικά με τις δύο συνιστώσες «Γνώση Ν-ΕΤ» και «Ερμηνεία Ν-ΕΤ», συλλέξαμε τις απαντήσεις, οι οποίες

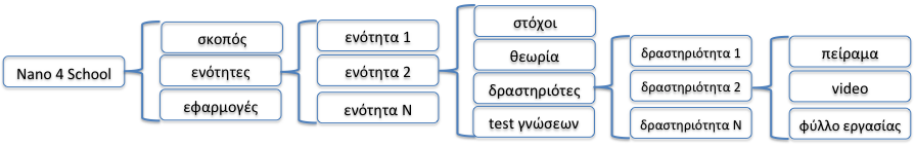
ομαδοποιήθηκαν ώστε να βρεθούν κοινά σημεία. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να εξάγουμε εναλλακτικές απόψεις και αδυναμίες που προκύπτουν από την ανάλυση των απαντήσεων. Ενδεικτικές δυσκολίες των συμμετεχόντων που εμφανίστηκαν κυρίως στο Group 1 των εκπαιδευτικών είναι: στην σωστή σειροθέτηση αντικειμένων σε κλίμακες, η άποψη ότι τα άτομα και νανοσωματίδια χρυσού έχουν ίδιο χρώμα με το υλικό στον μακρόκοσμο, εμφανίζουν έλλειψη γνώσης ότι η Ν-ΕΤ εκμεταλλεύεται την αλλαγή των ιδιοτήτων στην νανοκλίμακα καθώς και για τους τύπους των μικροσκοπίων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μελέτη της νανοκλίμακας.

Υλοποίηση του ιστότοπου

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν μέχρι στιγμής, οδηγηθήκαμε στο σχεδιασμό των ενοτήτων που θα περιλαμβάνει ο ιστότοπος, έτσι ώστε αυτές να είναι αυτόνομες, να ακολουθούν κοινή μορφή – δομή και να περιλαμβάνουν τα εξής:

i. Εισαγωγή με τους στόχους της ενότητας και την απαιτούμενη χρονική διάρκεια ολοκλήρωσης
ii. Pre-test για την καταγραφή αρχικών απόψεων & Post-test/Quiz Γνώσεων
iii. Δραστηριότητες που βασίζονται σε παρουσίαση φαινομένων Ν-ΕΤ
iv. Μια μικρή θεωρητική υποενότητα, για την αντιμετώπιση πιθανών εναλλακτικών απόψεων, όπως αυτές που εμφάνισαν οι εκπαιδευτικοί.

Από τις παραπάνω παραδοχές, καταλήξαμε στην δομή του δικτυακού τόπου sites.google.com/view/**Nanoforschool** όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2. Unfolded δομή του δικτυακού περιβάλλοντος "NanoforSchool"

Σχήμα 3. Αρχική σελίδα δικτυακού τόπου "nanoforschool"

Η αρχική σελίδα του ιστότοπου παρουσιάζεται στο σχήμα 3, ενώ το σύνολο των ενοτήτων με το περιεχόμενο και τις δραστηριότητες παρουσιάζεται αναλυτικά στον πίνακα 3. Όσον

αφορά τις δραστηριότητες, κάποιες αποτελούν video-πειράματα τα οποία ο εκπαιδευόμενος είτε παρακολουθεί είτε μπορεί να εκτελέσει στο σπίτι του με υλικά που μπορεί να βρει μόνος του ή να του δοθούν, ενώ κάποιες δραστηριότητες περιλαμβάνουν διαδραστικές μετρήσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν με το ενσωματωμένο στο περιβάλλον εργαλείο Geogebra.

Κάθε δραστηριότητα έχει ηλεκτρονικά φύλλα εργασίας, ώστε να καταγράφονται οι απαντήσεις των εκπαιδευόμενων. Παράλληλα δόθηκε επιπλέον προσοχή στα τμήματα «θεωρίας» των ενοτήτων, ώστε να παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με την ερμηνεία φαινομένων N-ET, ενώ ενισχύθηκε η παρουσίαση εφαρμογών της N-ET και του κοινωνικού αντικτύπου.

Πίνακας 3. Αντιστοίχιση ενοτήτων και δραστηριοτήτων του ηλεκτρονικού μαθησιακού περιβάλλοντος – σε παρένθεση το εργαλείο ΤΠΕ που χρησιμοποιήθηκε

Ενότητα	Δραστηριότητες
1 Μέγεθος και Κλίμακα	▪ Μέτρηση μεγεθών στον μακρόκοσμο (geogebra) ▪ Μέτρηση μεγεθών στον μικρόκοσμο (geogebra) ▪ Μέτρηση μεγεθών στο νανόκοσμο (geogebra)
2 Ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος	▪ Διάλυση δισκίου σε νερό (videoπείραμα) ▪ Η μεταβολή του λόγου επιφάνειας προς όγκο (geogebra)
3 Υπερυδρόφοβες επιφάνειες και Ιεραρχική δομή	▪ Υπερυδρόφοβα φυτά (videoπείραμα) ▪ Μέτρηση γωνίας επαφής (geogebra) ▪ Μελέτη ιεραρχικής δομής (videoπείραμα)
4 Ανίχνευση και μελέτη νανοσωματιδίων (NPs)	▪ «Ανίχνευση» NPs με το φαινόμενο Tyndall (videoπείραμα) ▪ Το χρώμα των NPs Μελέτη ιεραρχικής δομής (videoπείραμα)
5 Δημιουργούμε NPs αργύρου	▪ Οδηγίες για πείραμα επίδειξης από τον εκπαιδευτικό

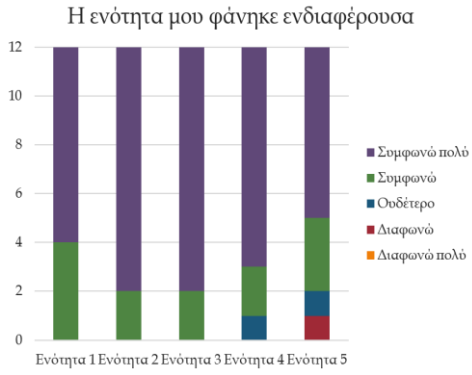
Αξιολόγηση του ιστότοπου

Στην επόμενη φάση της έρευνας, διενεργήθηκε πιλοτική εφαρμογή σε 12 μεταπτυχιακούς φοιτητές του ΠΜΣ «Διδακτική της Φυσικής και Εκπαιδευτική Τεχνολογία», του τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ (Group 2). Στόχος ήταν να καταγραφούν οι απόψεις τους σε σχέση με τον διαδραστικό ιστότοπο και το περιεχόμενό του. Οι απόψεις τους για κάθε ενότητα παρουσιάζονται κατηγοριοποιημένες σε τέσσερις άξονες.

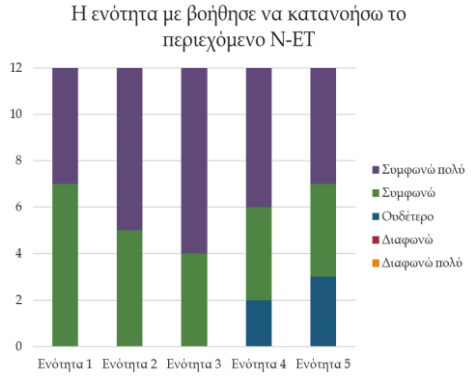
Όσον αφορά το υλικό, η στάση τους παρουσιάζεται θετική, καθώς το σύνολο των ενοτήτων, κέντρισε το ενδιαφέρον τους, σύμφωνα με το σχήμα 4, ενώ όπως φαίνεται στα αποτελέσματα του σχήματος 5, το περιεχόμενο των ενοτήτων γενικά τους βοήθησε να κατανοήσουν τα προς εξέταση θέματα N-ET.

Στο ερώτημα εάν θα εφάρμοζαν κάποια από τις ενότητες σε μαθητές τους, ήταν επιφυλακτικοί όσον αφορά την ενότητα 5, όπως φαίνεται στο σχήμα 6. Αυτό οφείλεται στην φύση της συγκεκριμένης ενότητας, καθώς πρόκειται για πρόταση ενός πειράματος επίδειξης δημιουργίας κολλοειδούς διαλύματος νανοσωματιδίων αργύρου, το οποίο μπορεί να δείξει ο εκπαιδευτικός είτε διαδικτυακά είτε να το κινηματογραφήσει. Ως αποτέλεσμα, η επίδειξη έχει αυξημένη απαίτηση τόσο σε χρόνο προετοιμασίας και παρασκευής αλλά και σε εργαστηριακό εξοπλισμό. Στο σχήμα 7 και συγκεκριμένα στο ερώτημα που αφορά την δυσκολία στην ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων – ενοτήτων παρατηρούμε ότι γενικά το υλικό δεν τους φάνηκε δύσκολο, ενώ υπάρχουν ομοιότητες με το προηγούμενο ερώτημα όσον αφορά την ενότητα 5, η οποία παρουσιάζει μικρότερη αποδοχή, για τους λόγους που αναφέρθηκαν. Από την καταγραφή και ανάλυση γενικών σχολίων των συμμετεχόντων, παρατηρήθηκε ότι τα

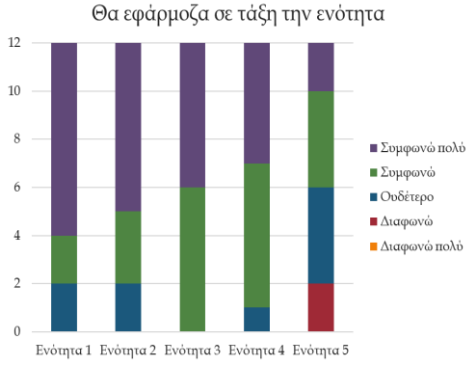
videoπειράματα είχαν αυξημένη αποδοχή και συνέβαλαν στην αποτελεσματικότερη κατανόηση των θεμάτων που πραγματεύτηκαν οι ενότητες.



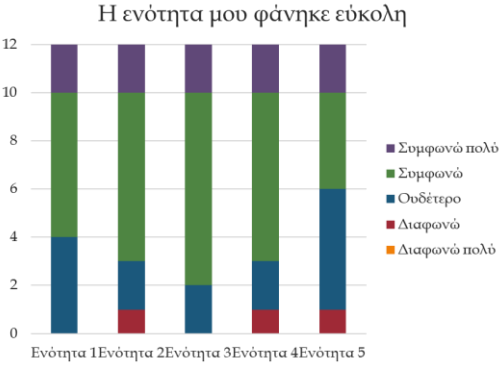
Σχήμα 4. Αξιολόγηση του υλικού όσον αφορά το ενδιαφέρον



Σχήμα 5. Αξιολόγηση του υλικού όσον αφορά την επάρκειά του



Σχήμα 6. Κατανομή απαντήσεων στην ερώτηση εάν θα εφάρμοζαν το υλικό



Σχήμα 7. Κατανομή απαντήσεων σχετικά με την ευκολία που παρουσίασε κάθε ενότητα

Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, όσον αφορά τις γνώσεις των εκπαιδευτικών γύρω από θέματα Ν-ΕΤ, στη συγκεκριμένη έρευνα αναδείχθηκαν αρχικές ιδέες και αδυναμίες όσον αφορά την περιγραφή εννοιών και την ερμηνεία φαινομένων που εμφανίζονται στο νανόκοσμο. Με βάση τα αποτελέσματα από την αρχική έρευνα επί των γνώσεων των εκπαιδευτικών, αλλά και το γεγονός ότι παρά την εκτεταμένη εκπαίδευση των φοιτητών στη διδασκαλία της Ν-ΕΤ, παρουσιάστηκαν αδυναμίες και αρχικές απόψεις μακριά από τις επιστημονικές, συμπεραίνουμε ότι το εγχείρημα της διδασκαλίας περιεχομένου Ν-ΕΤ είναι απαιτητικό. Προκύπτει η ανάγκη ισχυρής επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών πριν να επιχειρηθεί η διδασκαλία στους μαθητές. Η επιμόρφωση δεν θα πρέπει να αφορά μόνο την κατανόηση σημαντικών όψεων του περιεχομένου της Ν-ΕΤ, αλλά και την απόκτηση αυτοπεποίθησης να εισάγουν την Ν-ΕΤ στην τάξη τους.

Οι αρχικές απόψεις και αδυναμίες που ανιχνεύθηκαν, οδήγησαν, σε συνδυασμό με τον διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου σύμφωνα με το MER, στις σχεδιαστικές αρχές του ηλεκτρονικού περιβάλλοντος μάθησης Ν-ΕΤ. Έτσι δόθηκε περισσότερη έμφαση σε δραστηριότητες που παρουσιάζουν φαινόμενα Ν-ΕΤ μέσω videoπειραμάτων, ώστε να ενισχυθεί η δυνατότητα ερμηνείας τους από τους εκπαιδευόμενους, ενώ επιπλέον προστέθηκαν θεωρητικές πληροφορίες για την ενίσχυση της γνώσης γύρω από θέματα Ν-ΕΤ.

Οι συμμετέχοντες έδειξαν θετική στάση απέναντι στο υλικό που αναπτύχθηκε, ενώ παράλληλα έδειξαν ενδιαφέρον για την εφαρμογή του. Λαμβάνοντας υπόψη τον χρόνο ολοκλήρωσης κάθε ενότητας καθώς και τους περιορισμούς του αναλυτικού προγράμματος, προτείνουμε αρχικά η ένταξη του περιεχομένου στην δευτεροβάθμια να γίνει στο πλαίσιο δραστηριοτήτων και προγραμμάτων τύπου "science club". Επόμενο στάδιο της έρευνας είναι η βελτίωση του περιεχομένου, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της αξιολόγησης και πιλοτική εφαρμογή του υλικού σε μαθητές, είτε εξ' ολοκλήρου με εξ' αποστάσεως διδασκαλία είτε στο πλαίσιο στρατηγικών διδασκαλίας που περιλαμβάνουν επιμερισμό του έργου στο σχολικό περιβάλλον και στο σπίτι, όπως για παράδειγμα η στρατηγική της ανεστραμμένης τάξης (flipped classroom) ή η έγκαιρη διδασκαλία (just-in-time teaching).

Αναφορές

Μάνου, Λ. (2020). Ανάπτυξη και αξιολόγηση διδακτικών μαθησιακών σειρών για την εκπαίδευση εκπαιδευτικών στη νανοτεχνολογία. *Διδακτορική Διατριβή*. Φλώρινα: ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Μπατσιόλας, Γ., Χατζηκρανιώτης, Ε., (2020). Μια πρόταση για την ένταξη του περιεχομένου Νανοεπιστήμης & Νανοτεχνολογίας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, μέσα από απλά πειράματα. *Πρακτικά 3ου Συνεδρίου Νέων Ερευνητών στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση,* Θεσσαλονίκη: Τμήμα Φυσικής – Τμήμα Χημείας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, υπό έκδοση.

Duit, R. (2007). Science Education Research Internationally: Conceptions, Research Methods, Domains of Research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, *3*(1), 3-15.

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: Jorde D., Dillon J. (eds) *Science Education Research and Practice in Europe.* Cultural Perpectives in Science Education, vol 5, pp 13-37. SensePublishers, Rotterdam.

Ghattas, N. I., & Carver, J. S. (2012). Integrating nanotechnology into school education: A review of the literature. *Research in Science & Technological Education*, *30*(3), 271-284.

Gorghiu, L., & Gorghiu, G. (2014). Related aspects on using digital tools in the process of introducing nanotechnology in science lessons. *Acta Physica Polonica A*, *125*(2), 544-547.

Greenberg, A. (2009). Integrating Nanoscience into the classroom: Perspectives on Nanoscience education projects. *ACS Nano*, *3*(4), 762-769.

Guggisberg, M., Fornaro, P., Smith, A., Gyalog, T., Wattinger, C., & Burkhart, H. (2003). Collaborative Nanoscience laboratory with integrated learning modules. *CHIMIA International Journal for Chemistry*, *57*(3), 128-132.

Sakhnini, S., & Blonder, R. (2016). Nanotechnology applications as a context for teaching the essential concepts of NST. *International Journal of Science Education, 38*(3), 521–538.

Schönborn, K. J., Höst, G. E., & Palmerius, K. E. L. (2016). Nano education with interactive visualization. *Nano Today, 11*(5), 543–546.

Stevens, S. Y., Sutherland L. M. & Krajcik J. S. (2009). *The 'big ideas' of nanoscale science and engineering: A guidebook for secondary teachers.* Arlington, VA: National Science Teachers Association Press. ISBN 978-1-935155-07-2