

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

(2023)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Πρακτικά Εκτεταμένων Συνόψεων των Εργασιών



Εξέλιξη ιδεών φοιτητών για τις εξαρτώμενες από το μέγεθος οπτικές ιδιότητες των νανοσωματιδίων

Ιωάννης Μεταξάς, Αιμιλία Μιχαηλίδη, Ιωάννης Παυλίδης, Δημήτριος Σταύρου

doi: [10.12681/codiste.5460](https://doi.org/10.12681/codiste.5460)

ΕΞΕΛΙΞΗ ΙΔΕΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕ ΤΩΝ ΝΑΝΟΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Ιωάννης Μεταξάς¹, Αιμιλία Μιχαηλίδη², Ιωάννης Παυλίδης³, Δημήτρης Σταύρου⁴

¹Υποψύφιος Διδάκτορας Τμήματος Χημείας Παν. Κρήτης, ²Επίκουρη Καθηγήτρια ΠΤΔΕ Παν. Κρήτης,

³Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Χημείας Παν. Κρήτης, ⁴Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Κρήτης

chemp1033@edu.chemistry.uoc.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Νανοτεχνολογία είναι καινοτόμο επιστημονικό πεδίο με ευρέως εδραιωμένη διδακτική αξία σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Αυτή η εργασία, βασισμένη στις αρχές του Μοντέλου της Διδακτικής Αναδόμησης, αφορά στην εφαρμογή ενός διδακτικού πειράματος σχετικά με τις εξαρτώμενες από το μέγεθος οπτικές ιδιότητες των υλικών στη νανοκλίμακα. Σκοπός της εφαρμογής ήταν η αποτύπωση της εξέλιξης των ιδεών φοιτητών/τριών τμημάτων χημείας, φυσικής και βιολογίας κατά την εφαρμογή ενός διδακτικού πειράματος για τις οπτικές ιδιότητες των νανοσωματιδίων. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων φανέρωσε μία εξέλιξη ιδεών σε δύο στάδια. Το πρώτο ήταν η μετάβαση από ανεξαρτησία μεγέθους των οπτικών ιδιοτήτων σε μερική εξάρτηση. Το δεύτερο ήταν η μετάβαση της μερικής εξάρτησης σε πλήρη εξάρτηση συγκεκριμένα στην νανοκλίμακα.

Λέξεις κλειδιά: Νανοτεχνολογία, Τριτοβάθμια εκπαίδευση, Εξέλιξη ιδεών

EVOLUTION OF UNDERGRADUATE STUDENTS' IDEAS FOR SIZE DEPENDENT PROPERTIES OF NANOPARTICLES

Ioannis Metaxas¹, Emily Michailidi², Ioannis Pavlidis³, Dimitris Stavrou⁴

¹PhD Candidate, University of Crete, ²Assistant Professor, University of Crete, ³Assistant Professor, University of Crete, ⁴Professor, University of Crete

chemp1033@edu.chemistry.uoc.gr

ABSTRACT

Nanotechnology is a state of the art scientific field with a well-documented educational value. This study, based on the Model of Educational Reconstruction, describes the implementation of a teaching experiment about the size-dependent optical properties of nanomaterials. This study was aimed at clarifying the evolution of ideas of students from chemistry, physics and biology departments during the implementation of a teaching experiment for size dependent optical properties of nanomaterials. The analysis of the results highlighted a two-step evolution. The first step is the transition from size independency of color to partial size dependency. The second step is the transition from partial size dependency to size-dependency specifically at the nanoscale.

Keywords: Nanotechnology, Tertiary education, Evolution of ideas

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πεδίο της Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας (NET) είναι ένα καινοτόμο πεδίο με κεντρικό στόχο τον χειρισμό της ύλης στη νανοκλίμακα (1-100nm) για την ανάδειξη υλικών με νέες ιδιότητες. Πολλές από αυτές τις ιδιότητες είναι εξαρτώμενες από το μέγεθος της νανονοδομής, όπως οι οπτικές ιδιότητες κβαντικών τελειών, οι οποίες αποτελούν νανοσωματίδια, συνήθως ημιαγώγιμα, με διάμετρο μέχρι 10-15nm.

Καθώς υφίσταται ανάγκη για την ύπαρξη μελλοντικών επιστημόνων εξοικειωμένων με το πεδίο της NET έτσι ώστε να μπορούν να ικανοποιήσουν τις ανάγκες της αγοράς εργασίας, κρίνεται αναγκαία η εισαγωγή της NET στα προγράμματα σπουδών ιδρυμάτων τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Για την εισαγωγή ενός αντικειμένου σε ένα πρόγραμμα σπουδών κάποιες θεμελιώδεις πτυχές του, όπως η διδακτική αξία, οι βασικές έννοιες του επιστημονικού περιεχομένου, οι ιδέες μαθητών/φοιτητών γύρω από τις έννοιες αυτές και η εξέλιξή τους πρέπει να αποσαφηνιστούν (Duit et al., 2012). Όσον αφορά στην NET υπάρχουν παραδείγματα εμπειρικών ερευνών για την εισαγωγή της στην πρωτοβάθμια (Peikos et al., 2022) και στην δευτεροβάθμια (Stavrou et al., 2015) εκπαίδευση. Παρόλα αυτά στην περίπτωση της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης λιγότερες ανάλογες έρευνες μπορούν να εντοπιστούν (Muniz & Oliver Hoyo, 2014).

Ο στόχος αυτής της έρευνας είναι η διερεύνηση της εξέλιξης ιδεών φοιτητών/τριών φυσικών επιστημών πάνω στις εξαρτώμενες από το μέγεθος οπτικές ιδιότητες νανοσωματιδίων κατά την εφαρμογή ενός διδακτικού πειράματος. Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα έρευνα καθοδηγείται από το παρακάτω ερώτημα:

“Πώς εξελίσσονται οι ιδέες φοιτητών/τριών φυσικών επιστημών για τις εξαρτώμενες από το μέγεθος οπτικές ιδιότητες νανοσωματιδίων προς την επιστημονική γνώση;”

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η παρούσα έρευνα βασίζεται στο Μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης (Model of Educational Reconstruction) (Duit et al., 2012). Σε αυτό το πλαίσιο εξετάζεται εάν ένα επιστημονικό αντικείμενο είναι κατάλληλο για διδασκαλία. Το Μοντέλο Διδακτικής Αναδόμησης αποτελείται από τρεις αλληλεπιδρώντες πυλώνες: α. την αποσαφήνιση και ανάλυση επιστημονικού περιεχομένου, β. τις έρευνες στην διδασκαλία και στην μάθηση, και γ. τον σχεδιασμό και αξιολόγηση διδακτικών και μαθησιακών περιβαλλόντων. Η έρευνα της εξέλιξης ιδεών είναι ένα θεμελιώδες σημείο σε αυτό το μοντέλο.

Στην έρευνα συμμετείχε ένα σύνολο 26 φοιτητών/τριών (χωρισμένοι σε 13 ομάδες των δύο ατόμων) στο έκτο εξάμηνο των σπουδών τους από τα τμήματα χημείας, φυσικής και βιολογίας. Η εξέλιξη των ιδεών τους διερευνήθηκε μέσω της εφαρμογής ενός διδακτικού πειράματος. Το διδακτικό πείραμα αποτελεί μία υβριδική συνέντευξη στην οποία συνδυάζεται μία κλασική συνέντευξη με μία διδακτική ακολουθία στην οποία ο/η ερευνητής/τρια λαμβάνει ένα διπλό ρόλο διδάσκοντα/ουσας και συντονιστή/τριας της συζήτησης (Komorek & Duit, 2004). Το περιεχόμενο του συγκεκριμένου διδακτικού πειράματος βασίστηκε σε μία παλαιότερη μαθησιακή ακολουθία που είχε προταθεί από την ερευνητική μας ομάδα (Metaxas et al., 2021). Αποτελείτο από τέσσερις συναντήσεις (περίπου 50 λεπτά έκαστη). Στην πρώτη συνάντηση έγινε μία εισαγωγή στο πεδίο της NET και στην μεθοδολογία του διδακτικού πειράματος. Στη δεύτερη συνάντηση έγινε ανάδειξη των ιδεών των φοιτητών/τριών πάνω στους παράγοντες που επηρεάζουν τις οπτικές ιδιότητες ενός νανοϋλικού μέσω μίας δραστηριότητας σύνθεσης νανοσωματιδίων CdSe. Στην τρίτη συνάντηση έγινε εισαγωγή του μοντέλου του κβαντικού εγκλωβισμού ως πιθανού μηχανισμού για την χρωματική αλλαγή νανοσωματιδίων μέσω μίας ηλεκτρονικής προσομοίωσης για τις ενέργειες ενός εγκλωβισμένου ηλεκτρονίου. Στη τελευταία συνάντηση οι φοιτητές/τριες κλήθηκαν να εφαρμόσουν τις ιδέες τους για τις οπτικές ιδιότητες νανοσωματιδίων πάνω σε διάφορες εφαρμογές της NET.

Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Οι συναντήσεις απομαγνητοφωνήθηκαν κατά λέξη. Λόγω της ποιοτικής φύσης αυτής της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι ποιοτικής ανάλυσης περιεχομένου (Mayring, 2015). Η ανάλυση ξεκίνησε με την εισαγωγή κωδικών στο κείμενο των συνεντεύξεων για την περιγραφή των ιδεών των φοιτητών/τριών έτσι ώστε να μπορεί να αποσαφηνιστεί το πώς αλλάζουν κατά την διάρκεια των συναντήσεων και συνεπώς να αποτυπωθεί η εξέλιξη τους. Όσον αφορά τις κατηγορίες κωδικοποίησης για αυτές τις ιδέες ήταν οι εξής: (i) *Το χρώμα ως παράγοντας ποσότητας* (ii) *Το χρώμα ως εξαρτώμενη από το μέγεθος ιδιότητα* (iii) *Το χρώμα ως παράγοντας θερμοκρασίας*. Η πρώτη κατηγορία αφορούσε το ότι η ποσότητα ενός νανοϋλικού μπορεί να επηρεάσει το χρώμα του. Η δεύτερη το ότι το μέγεθος είναι ένας παράγοντας που μπορεί να οδηγήσει σε χρωματική αλλαγή. Η τρίτη αφορούσε το ότι αλλαγές στην θερμοκρασία (ακόμα και μικρές) μπορούν να οδηγήσουν σε χρωματική αλλαγή. Πέραν της εξέλιξης των ιδεών, επιχειρήθηκε και ο αποσαφηνισμός των παραγόντων που επηρεάζουν αυτήν την εξέλιξη. Προς εκπλήρωση αυτού του σκοπού λήφθηκαν υπόψη οι ανατροφοδοτήσεις του διδάσκοντα κατά την διάρκεια των συνεντεύξεων καθώς επίσης και τα χαρακτηριστικά των δραστηριοτήτων του διδακτικού πειράματος. Οι ανατροφοδοτήσεις του διδάσκοντα χωρίζονταν σε δύο κατηγορίες: (i) *Διαφορές χρωματικής ταυτότητας και έντασης*, (ii) *Θερμοκρασία και ηλεκτρονιακή διέγερση*. Η πρώτη αφορούσε σχόλια τα οποία τόνιζαν την διαφορά μεταξύ της ταυτότητας ενός χρώματος (πχ πράσινο ή κόκκινο) και της έντασης του (σκούρο ή ανοιχτό). Η δεύτερη αφορούσε σχόλια για το ότι μόνο πολύ υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να οδηγήσουν σε χρωματικές αλλαγές και αυτές οι αλλαγές δεν είναι σταθερές σε χαμηλότερες θερμοκρασίες.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όσον αφορά την εξέλιξη ιδεών οι φοιτητές/τριες φαίνεται να ξεκινούν με ένα συνδυασμό τριών ιδεών για τους παράγοντες που επηρεάζουν τις οπτικές ιδιότητες των νανοσωματιδίων (ποσότητα, θερμοκρασία και μέγεθος). Αυτές οι ιδέες εξελίσσονται μέσω ενός συνδυασμού δραστηριοτήτων και ανατροφοδοτήσεων που στοχεύουν σε κάθε μία από αυτές.

Οι φοιτητές/τριες αρχίζουν να αμφισβητούν την ιδέα της ποσότητας ως παράγοντα που επηρεάζει τις οπτικές ιδιότητες μέσω δραστηριοτήτων στις οποίες αλλάζει αποκλειστικά η ποσότητα μιας ουσίας έτσι ώστε να παρατηρήσουν ότι αυτό αλλάζει την ένταση του χρώματος και όχι την ταυτότητα του. Αυτή η διαδικασία ενισχύεται από τον διδάσκοντα μέσω ανατροφοδοτήσεων για την διαφορά μεταξύ της έντασης ενός χρώματος και της ταυτότητας του (*Διαφορές χρωματικής ταυτότητας και έντασης*).

Η ιδέα της θερμοκρασίας ως παράγοντα που επηρεάζει τις οπτικές ιδιότητες αμφισβητείται μέσω δραστηριοτήτων στις οποίες πολλές χρωματικές αλλαγές νανοδομών πραγματοποιούνται σε σταθερή θερμοκρασία και ανατροφοδοτήσεων πάνω στην σχέση των ηλεκτρονικών μεταβάσεων που συμβαίνουν σε ένα υλικό και της θερμοκρασίας του (*Θερμοκρασία και ηλεκτρονιακή διέγερση*).

Η ιδέα της εξάρτησης από το μέγεθος ενισχύεται μέσω της εισαγωγής του μοντέλου του κβαντικού εγκλωβισμού καθώς και δραστηριοτήτων που καταδεικνύουν ότι μία τέτοια εξάρτηση λαμβάνει χώρα μόνο στην νανοκλίμακα. Για την εισαγωγή της εξάρτησης του χρώματος από το μέγεθος η δραστηριότητα σύνθεσης νανοσωματιδίων CdSe είχε καθοριστική αξία καθώς και η εισαγωγή του κβαντικού εγκλωβισμού μέσω της ηλεκτρονικής προσομοίωσης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Βάσει των αποτελεσμάτων, η εξέλιξη των ιδεών των φοιτητών/τριών περιλαμβάνει δύο στάδια και μπόρεσε να πραγματοποιηθεί μέσω ενός συνδυασμού ανατροφοδοτήσεων και δραστηριοτήτων. Το πρώτο στάδιο συμβαίνει όταν οι φοιτητές/τριες σταματούν να θεωρούν τις οπτικές ιδιότητες ως ανεξάρτητες από το μέγεθος του νανοϋλικού αλλά ενστερνίζονται ότι αυτές οι ιδιότητες έχουν μερική εξάρτηση από το μέγεθος.

Το δεύτερο βήμα είναι η μετάβαση από αυτήν την μερική εξάρτηση σε πλήρη εξάρτηση από το μέγεθος και συγκεκριμένα στη νανοκλίμακα. Για την ενίσχυση αυτής της σχέσης μεγέθους-χρώματος ήταν σημαντική η εισαγωγή του κβαντικού εγκλωβισμού μέσω της ηλεκτρονικής προσομοίωσης. Η χρήση τέτοιων εργαλείων για την επιτυχή διδασκαλία κβαντικών φαινομένων έχει αναδειχτεί και σε παλιότερες έρευνες (Stevens, Delgado & Krajcik 2010). Επίσης σημαντική για αυτήν την εξέλιξη ιδεών στο σύνολο της ήταν η επιλογή εξαρτώμενων από το μέγεθος οπτικών ιδιοτήτων καθώς αποτέλεσε ένα εξαιρετικό πλαίσιο μέσω του οποίου οι φοιτητές μπορούσαν να συνδέσουν μία κοινή, για αυτούς, ιδιότητα (χρώμα) η οποία καθοριζόταν από κβαντικούς μηχανισμούς εγγενείς στην νανοκλίμακα (εξάρτηση από το μέγεθος) (Stevens, Delgado & Krajcik 2010).

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- 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). Rotterdam: Sense Publishers.
- Komorek M. & Duit R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. *International Journal of Science Education*, 26, 619-633. doi: [10.1080/09500690310001614717](https://doi.org/10.1080/09500690310001614717)
- Mayring P., Qualitative Content Analysis: Theoretical Background and Procedures. In A. Bikner-Ahsbahr, C. Knipping & N. Presmeg (Eds.), *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education*. 2015 (pp. 365-380), Dordrecht: Springer.
- Metaxas, I., Michailidi, E., Stavrou, D. & Pavlidis, I. V. (2021). Educational reconstruction of size-depended-properties in nanotechnology for teaching in tertiary education *Chemistry Teacher International*, vol. 3(4), 413-422. doi: [10.1515/cti-2021-0011](https://doi.org/10.1515/cti-2021-0011)
- Muniz, M., N. & Oliver-Hoyo, M., T. (2014). Investigating Quantum Mechanical Tunneling at the Nanoscale via Analogy: Development and Assessment of a Teaching Tool for Upper-Division Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91, 1546-1556. doi: [10.1021/ed400761q](https://doi.org/10.1021/ed400761q)
- 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*, 44(12), 1932-1957, doi: [10.1080/09500693.2022.2105976](https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2105976)
- Stavrou, D., Michailidi, E., Sgouros, G., & Dimitriadi, K. (2015). Teaching high-school students nanoscience and nanotechnology. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 3(4), 501–511. Doi: [10.31129/lumat.v3i4.1019](https://doi.org/10.31129/lumat.v3i4.1019)
- Stevens, S., Y., Delgado, C. & Krajcik, J., S. (2010) Developing a Hypothetical Multi-Dimensional Learning Progression for the Nature of Matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(6), 687-715. doi: [10.1002/tea.20324](https://doi.org/10.1002/tea.20324)