ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

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

Τόμ. 14, Αρ. 1 (2025)

14ο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Συνόψεις

Διαδικασίες μάθησης φοιτητών/τριών φυσικών επιστημών για τις εξαρτώμενες από το μέγεθος οπτικές ιδιότητες νανοϋλικών

Ιωάννης Μεταξάς, Αιμιλία Μιχαηλίδη, Δημήτρης Σταύρου, Ιωάννης Παυλίδης

doi: 10.12681/codiste.7512

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 21/01/2026 16:05:06

Διαδικασίες Μάθησης Φοιτητών/τριών Φυσικών Επιστημών για τις Εξαρτώμενες από το Μέγεθος Οπτικές Ιδιότητες Νανοϋλικών

Ιωάννης Μεταξάς[1], Αιμιλία Μιχαηλίδη[2], Δημήτρης Σταύρου[3] και Ιωάννης Παυλίδης[4]

[1]Ερευνητής, [2]Επίκουρη Καθηγήτρια, [3,4]Καθηγητής,

[1,4]Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Κρήτης

[2,3]Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης

[1]gmetaxas@uoc.gr

Περίληψη

Η Νανοτεχνολογία είναι καινοτόμο επιστημονικό πεδίο με ευρέως καταγεγραμμένη διδακτική αξία σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Αυτή η εργασία βασίζεται στις αρχές του Μοντέλου της Διδακτικής Αναδόμησης και αφορά στην εφαρμογή ενός διδακτικού πειράματος σχετικά με τις εξαρτώμενες από το μέγεθος οπτικές ιδιότητες των υλικών στη νανοκλίμακα. Σκοπός της εφαρμογής ήταν η διερεύνηση των διαδικασιών μάθησης φοιτητών/τριών τμημάτων χημείας, φυσικής και βιολογίας . Η ανάλυση των αποτελεσμάτων κατέδειξε έξι διαδικασίες μάθησης για τις εξαρτώμενες από το μέγεθος οπτικές ιδιότητες στην νανοκλίμακα οι οποίες παρουσίαζαν συνεχής και ασυνεχής εννοιολογικές αναδομήσεις..

Λέξεις κλειδιά: διαδικασίες μάθησης, εννοιολογική αναδόμηση, νανοτεχνολογία

Science Students' Learning Processes for the Size-dependent Optical Properties of Nanomaterials

Ioannis Metaxas[1], Emilia Michailidi[2], Dimitris Stavrou[3] and Ioannis Pavlidis[4]

[1]Researcher, [2]Associate Professor, [3,4]Professor

[1,4]Department of Chemistry, University of Crete

[2,3]Department of Primary Education, University of Crete

[1]gmetaxas@uoc.gr

Abstract

Nanotechnology is an innovative scientific field with widely documented educational value at all levels of education. This work is based on the Model of Educational Reconstruction and it concerns the implementation of a teaching experiment on size-dependent optical properties of nanomaterials. The purpose of this study was to investigate the learning processes of undergraduate students of chemistry, physics and biology departments. Analysis of the results revealed six learning processes for size-dependent optical properties at the nanoscale that exhibited both continuous and discontinuous conceptual reconstructions.

Keywords: educational reconstruction, nanotechnology, learning processes

Εισαγωγή

Το πεδίο της Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας (NET) είναι ένα διεπιστημονικό επιστημονικό πεδίο με ραγδαίες εξελίξεις τις τελευταίες δύο δεκαετίες και εδραιωμένη διδακτική αξία. Ιδιαίτερα στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, η εκπαίδευση σε θέματα NET αποκτά ένα ιδιαίτερο ρόλο, καθώς οι φοιτητές των πανεπιστημίων θα πρέπει να είναι

Αναγνωριστικό ψηφιακής εργασίας: https://doi.org/10.12681/codiste.7512

κατάλληλα εκπαιδευμένοι ώστε να μπορούν να ακολουθήσουν καριέρες στον τομέα της NET και στις συναφείς βιομηχανικές εφαρμογές της (O'Connor & Hayden 2008). Προκειμένου να ενσωματωθεί ένα συγκεκριμένο επιστημονικό αντικείμενο σε οδηγούς σπουδών οι διαδικασίες μάθησης των φοιτητών/τριων πρέπει να διερευνηθούν (Duit et al. 2012). Για το πεδίο της NET υπάρχουν παραδείγματα εργασιών στην σχολική εκπαίδευση (Peikos et al. 2022) για τη διερεύνηση διαδικασιών μάθησης. Ωστόσο, στην τριτοβάθμια εκπαίδευση δεν παρουσιάζετε η ίδια παρουσία ερευνών. Αν και υπάρχουν παραδείγματα ερευνών που διερευνούν την διδακτική της NET (Gardner et al., 2010) σε επίπεδο ενδεικτικών δραστηριοτήτων για την διδασκαλιών ικανοτήτων νανοτεχνολογίας (nanotechnology competencies) δεν παρατηρούνται εργασίες για την διερεύνηση διαδικασιών μάθησης.

Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στην αντιμετώπιση αυτού του βιβλιογραφικού κενού με τη διερεύνηση των διαδικασιών μάθησης προπτυχιακών φοιτητών φυσικών επιστημών για τις εξαρτώμενες από το μέγεθος οπτικές ιδιότητες των νανοϋλικών μέσω της εφαρμογής ενός διδακτικού πειράματος. Πιο συγκεκριμένα το ερευνητικό μας ερώτημα είναι:

- Ποιες είναι οι διαδικασίες μάθησης που ακολουθούν προπτυχιακοί/ες φοιτητές/τριες φυσικών επιστημών για τις εξαρτώμενες από το μέγεθος οπτικές ιδιότητες στην νανοκλίμακα;

Θεωρητικό Υπόβαθρο

Η μελέτη των διαδικασιών μάθησης είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το πλαίσιο της εννοιολογικής αλλαγής (Duit & Treagust, 2003). Η ανάλυση της εννοιολογικής αλλαγής επιδέχεται πολλαπλές προσεγγίσεις. Λόγω αυτού στην παρούσα μελέτη, υιοθετείται ο όρος εννοιολογική αναδόμηση (Duit et al., 2012). Ο όρος αυτός υπονοεί ότι οι μαθητές/τριες πρέπει να ανακατασκευάσουν τις προ-διδακτικές τους ιδέες. Περιλαμβάνει γνωστικές διαδικασίες που μπορούν να γίνουν αντιληπτές ως ριζοσπαστικές (ασυνεχείς) εάν οι ιδέες ανακατασκευάζονται ριζικά, ή αναπτυξιακές (συνεχείς) εάν οι ιδέες τροποποιούνται ή συνδέονται με νέο τρόπο. Συγκεκριμένα, οι Duit et al., (2012) ορίζουν μία διαδικασία μάθησης ως ένα σύνολο στοιχείων διδακτικών μεθόδων που επιτρέπουν στους μαθητές να οδηγηθούν από τις προ-διδακτικές τους ιδέες προς τις επιστημονικές έννοιες. Άλλες ερευνητικές ομάδες (Paul et al., 2016) έχουν προσεγγίσει τις μαθησιακές διαδικασίες ως μια διαδικασία που περιγράφεται από έναν αριθμό βημάτων μάθησης καθένα από τα οποία περιλαμβάνει έναν συνδυασμό ιδεών. Συνεπώς, στην παρούσα μελέτη μια διαδικασία μάθησης μπορεί να γίνει κατανοητή ως μια διαδικασία κατά την οποία οι μαθητές/τριες ξεκινούν μια μαθησιακή πορεία ξεκινώντας από τις αρχικές προ-διδακτικές ιδέες που εξελίσσονται μέσω μιας σειράς ενδιάμεσων βημάτων μάθησης προς νέες επιστημονικές ιδέες.

Μεθοδολογία

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 αλληλοεπιδρώντες 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. Ένα θεμελιώδες σημείο σε αυτό το μοντέλο είναι η διερεύνηση των διαδικασιών μάθησης.

Στην έρευνα συμμετείχε ένα σύνολο 22 φοιτητών/τριών (χωρισμένοι σε 11 ομάδες των δύο ατόμων) από τμήματα χημείας, φυσικής και βιολογίας. Όλοι οι συμμετέχοντες/ουσες βρίσκονταν στο έκτο εξάμηνο φοίτησης και είχαν ένα βασικό υπόβαθρο φυσικοχημείας, λόγω των μαθημάτων που είχαν στα αντίστοιχα προγράμματα σπουδών τους. Επίσης, δεν είχαν πρότερη εμπειρία σε ζητήματα νανοτεχνολογίας από τα αντίστοιχα τμήματα τους. Πραγματοποιήθηκε επιλογή φοιτητών από διαφορετικούς τομείς των φυσικών επιστημών, καθώς το πεδίο της NET χαρακτηρίζεται από μία εγγενή διεπιστημονικότητα και συνεπώς

όταν μελετάται η εισαγωγή του στην τριτοβάθμια εκπαίδευση πρέπει να ληφθούν υπόψη όλοι οι τομείς των φυσικών επιστημών.

Η διερεύνηση των διαδικασιών μάθησης πραγματοποιήθηκε μέσω της εφαρμογής ενός διδακτικού πειράματος. Το διδακτικό πείραμα αποτελεί μία υβριδική συνέντευξη στην οποία μία κλασική συνέντευξη συνδυάζεται 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 διδακτικό πείραμα της παρούσας εργασίας βασίστηκε σε μία παλαιότερη μαθησιακή ακολουθία που είχε προταθεί από την ερευνητική μας ομάδα (Metaxas et al., 2021). Η διάρκεια του διδακτικού πειράματος ήταν τρεις συναντήσεις (~50 λεπτά διάρκεια η κάθε συνάντηση).

Το διδακτικό πείραμα ξεκινούσε με τους φοιτητές/τριες να διερευνούν έξι δηλώσεις σχετικές με τη NET, ανταλλάσσοντας ελεύθερα τις απόψεις τους. Στη συνέχεια, εξέτασαν ένα πείραμα σχετικά με τη σύνθεση νανοσωματιδίων CdSe, όπου οι μαθητές παρατήρησαν αλλαγές στο χρώμα καθώς αυξάνεται το μέγεθος των σωματιδίων. Για την αναδόμηση εναλλακτικών ιδεών, οι μαθητές διερεύνησαν πώς η συγκέντρωση χρωστικής επηρεάζει την ένταση αλλά όχι την ταυτότητα ενός χρώματος χρησιμοποιώντας διαλύματα KMnO4. Στη συνέχεια, διερεύνησαν ένα πείραμα ανίχνευσης DNA με νανοσωματίδια Au/DNA, παρατηρώντας χρωματικές αλλαγές στις οποίες δεν μεταβάλλονται οι φυσικοχημικές ιδιότητες του υλικού. Οι τελικές δραστηριότητες εισήγαγαν το μοντέλο του κβαντικού εγλωβισμού χρησιμοποιώντας μια προσομοίωση ενός ηλεκτρονίου παγιδευμένου σε ένα πηγάδι δυναμικού και μια διερεύνηση, μέσω ενός υπολογιστικού φύλλου, του τρόπου με τον οποίο το μέγεθος επηρεάζει τις οπτικές ιδιότητες σε διαφορετικές κλίμακες. Το πείραμα ολοκληρώθηκε με τους φοιτητές/τριες να επανεξετάζουν τις αρχικές τους ιδέες με βάση τις παρατηρήσεις τους κατά την διάρκεια των δραστηριοτήτων του διδακτικού πειράματος.

Ανάλυση

Λόγω του ότι η παρούσα μελέτη είχε διερευνητικό χαρακτήρα, εφαρμόστηκαν ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου στις καταγεγραμμένες και αυτολεξεί απομαγνητοφωνημένες συνεντεύξεις που έλαβαν χώρα καθ' όλη τη διάρκεια του διδακτικού πειράματος (Mayring, 2015). Για την ανάλυση αυτών των δεδομένων, αξιοποιήθηκαν παράλληλα top-down καθώς και bottom-up προσεγγίσεις. Η πρώτη, για τον σχηματισμό ευρύτερων κατηγοριών βάσει τις σχετικής βιβλιογραφίας και η δεύτερη, για την ανάδυση νέων κατηγοριών από τα δεδομένα. Το πρώτο βήμα ανάλυσης που ακολουθήθηκε ήταν ο εντοπισμός των βημάτων μάθησης από τα οποία οι φοιτητές/τριες «περνάν» κατά την διαδικασία μάθησης που ακολουθούν. Όσον αφορά αυτά τα βήματα, τέθηκαν οι ακόλουθες κατηγορίες: (i) Ανεξαρτησία από το μέγεθος (ii) Υβριδική εξάρτηση από το μέγεθος, (iii) Εξάρτηση από το μέγεθος χωρίς μηχανισμό, (iv) Εξάρτηση από το μέγεθος λόγω κβαντικού εγκλωβισμού (ΚΕ) στη νανοκλίμακα. Η πρώτη κατηγορία αφορούσε σχόλια όπου οι παρατηρούμενες αλλαγές χρώματος αποδόθηκαν σε άλλους παράγοντες πέραν του μεγέθους. Η δεύτερη κατηγορία αφορούσε σχόλια όπου οι μεταβολές του χρώματος αποδόθηκαν σε συνδυασμό του μεγέθους και των προαναφερθέντων παραγόντων της προηγούμενης κατηγορίας. Η τρίτη κατηγορία αφορούσε σχόλια στα οποία οι χρωματικές αλλαγές αποδόθηκαν σε αλλαγές στο μέγεθος του νανοϋλικού, αλλά δεν υπήρχε σαφής μηχανισμός για το φαινόμενο αυτό. Η τέταρτη και τελευταία κατηγορία περιελάβανε σχόλια όπου το χρώμα όχι μόνο παρουσιάστηκε ως πλήρως εξαρτώμενο από το μέγεθος αλλά ο υποκείμενος μηχανι-σμός ήταν το φαινόμενο του κβαντικού εγκλωβισμού που επιδρά μόνο στη νανοκλίμακα.

Αποτελέσματα

Εξετάζοντας τα βήματα μάθησης από τα οποία «πέρασε» κάθε φοιτητής/τρια και κατατάσσοντάς τα από το πιο απομακρυσμένο από την επιστημονική γνώση στο πιο επιστημονικά ορθό, παρατηρήθηκαν έξι (6) διαδικασίες μάθησης σε αυτή τη μελέτη. Αυτές οι διαδικασίες

ξεκινούν είτε από το βήμα μάθησης Ανεξαρτησία από το μέγεθος είτε από το βήμα Υβριδική εξάρτηση από το μέγεθος ενώ καταλήγουν στην Εξάρτηση από το μέγεθος λόγω ΚΕ στη νανοκλίμακα. Σε αυτές τις διαδικασίες οι φοιτητές/τριες παρουσιάζουν διαφορετικά ενδιάμεσα βήματα καθώς οι ιδέες τους εξελίσσονται προς την επιστημονική άποψη. Όσον αφορά τις εννοιολογικές αναδομήσεις που παρατηρήθηκαν σε αυτές τις διαδικασίες μάθησης υπήρξαν περιπτώσεις και συνεχείς και ασυνεχείς εννοιολογικής αναδόμησης. Π.χ. σε μία διαδικασία μάθησης στην οποία παρατηρήθηκε συνεχής εννοιολογική αναδόμηση οι φοιτητές/τριες ξεκίνησαν από το βήμα μάθησης Ανεξαρτησία από το μέγεθος και «πέρασαν» διαδοχικά τα βήματα Υβριδική εξάρτηση από το μέγεθος και Εξάρτηση από το μέγεθος χωρίς μηχανισμό πριν καταλήξουν στην Εξάρτηση από το μέγεθος λόγω ΚΕ στη νανο-κλίμακα. Αντίστοιχα σε μία περίπτωση ασυνεχείς εννοιολογικής αναδόμησης οι φοιτητές/-τριες ξεκίνησαν από το βήμα Ανεξαρτησία από το μέγεθος και μετά μέσω μίας ριζοσπαστι-κής εννοιολογικής αναδόμησης μεταβαίνουν στο τελικό βήμα της Εξάρτηση από το μέγεθος λόγω ΚΕ στη νανοκλίμακα. Συνεπώς, οι φοιτητές/τριες είτε ξεκινούν την διαδικασία μάθη-σης τους με ιδέες στις οποίες το χρώμα εμφανίζεται ως ανεξάρτητο από το μέγεθος είτε ως μερικώς εξαρτώμενο από το μέγεθος. Τέλος, οι μαθητές μπόρεσαν να δημιουργήσουν πολλα-πλές μαθησιακές διαδρομές καθώς οδηγούνταν προς την επιστημονική γνώση με κάποιες από αυτές να παρουσιάζουν συνεχείς εννοιολογικές αναδομήσεις και κάποιες ασυνεχείς.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας, οι φοιτητές/τριες μπόρεσαν να δημιουργήσουν διαφορετικές διαδικασίες μάθησης καθώς οδηγούνταν προς την επιστημονική γνώση για τις εξαρτώμενες από το μέγεθος οπτικές ιδιότητες στην νανοκλίμακα με κάποιες από αυτές να παρουσιάζουν συνεχείς εννοιολογικές αλλαγές και κάποιες ασυνεχείς. Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης παρέχουν τα θεμέλια για μια μελλοντική διδακτική ενότητα στην τριτοβάθμια εκπαίδευση σχετικά με τις οπτικές ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος.

Βιβλιογραφία

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.

Duit, R. and Treagust, D.F. (2003) Conceptual Change: A Powerful Framework for Improving Science Teaching and Learning. *International Journal of Science Education, 25,* 671-688. http://dx.doi.org/10.1080/09500690305016

Gardner, G., Jones, G., Taylor, A., Forrester, J. & Robertson, L. (2010) Students' Risk Perceptions of Nanotechnology Applications: Implications for science education, *International Journal of Science Education*, 32(14), 1951-1969. https://doi.org/10.1080/09500690903331035

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*(5), 619-633. https://doi.org/10.1080/09500690310001614717

Mayring, P. (2015). Qualitative Content Analysis: Theoretical Background and Procedures. Στο A. Bikner-Ahsbahs, C. Knipping, N. Presmeg (Επιμ.), Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education: Examples of Methodology and Methods, σ. 365-380. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9181-6_13

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, 3*(4), 413-422. https://doi.org/10.1515/cti-2021-0011

O'Connor, C. & Hayden, H. (2008) Contextualising nanotechnology in chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice, 9*(1), 35-42. https://doi.org/10.1039/b801289j

Paul, J., Lederman, N. G., & Groß, J. (2016) Learning experimentation through science fairs, *International Journal of Science Education, 38*(15), 2367-2387. 10.1080/09500693.2016.1243272

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. https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2105976