

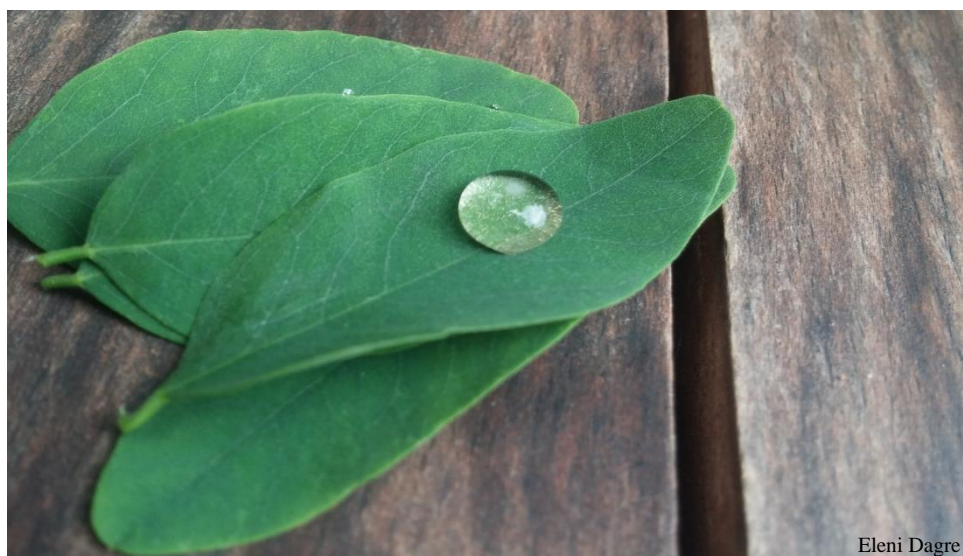


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΦΛΩΡΙΝΑΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Η φύση και ο ρόλος των μοντέλων:

**Εξέλιξη των ιδεών των μαθητών Δημοτικού Σχολείου
στο περιεχόμενο της Νανοεπιστήμης - Νανοτεχνολογίας**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΔΑΓΡΕ ΕΛΕΝΗΣ



Eleni Dacre

ΦΛΩΡΙΝΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2017

Φύλλο Εξέτασης

1.Επόπτης: Σπύρτου Άννα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΠΤΔΕ, ΠΔΜ

Βαθμός: _____

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

2.Δεύτερος Βαθμολογητής: Πνευματικός Δημήτριος, Καθηγητής ΠΤΔΕ, ΠΔΜ

Βαθμός: _____

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

Γενικός Βαθμός: - _____

Η συγγραφέας Δαγρέ Ελένη βεβαιώνει ότι το περιεχόμενο του παρόντος έργου είναι αποτέλεσμα προσωπικής εργασίας και ότι έχει γίνει η κατάλληλη αναφορά στις εργασίες τρίτων, όπου κάτι τέτοιο ήταν απαραίτητο, σύμφωνα με τους κανόνες της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

Πίνακας περιεχομένων

| | |
|---|----|
| Πρόλογος - Ευχαριστίες | 5 |
| Περίληψη | 6 |
| Κεφάλαιο 1: Θεωρητικό πλαίσιο..... | 7 |
| 1.1: Τι είναι Νανοεπιστήμη – Νανοτεχνολογία (N-ET) | 7 |
| 1.2 Εφαρμογές της N-ET..... | 11 |
| 1.3 Εκπαιδευτική αξία της NET | 15 |
| 1.4 Μοντέλα και Μοντελοποίηση | 17 |
| Ο ρόλος των μοντέλων και της μοντελοποίησης στην εκμάθηση του περιεχομένου της N-ET | 20 |
| Κεφάλαιο 2. Μεθοδολογία της έρευνας..... | 21 |
| 2.1 Η Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ) | 21 |
| 2.2 Σκοπός της έρευνας και ερευνητικά ερωτήματα | 30 |
| 2.3 Συμμετέχοντες | 31 |
| 2.4 Μέσο και διαδικασία συλλογής δεδομένων | 31 |
| 2.5 Ερωτηματολόγια | 32 |
| 2.6 Διαδικασία ανάλυσης δεδομένων | 34 |
| Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα | 37 |
| Συμπεράσματα – Συζήτηση | 43 |
| Βιβλιογραφικές αναφορές | 45 |
| Παράρτημα (Pre ερωτηματολόγιο)..... | 48 |
| Παράρτημα (Post ερωτηματολόγιο) | 50 |

Πρόλογος - Ευχαριστίες

Η πτυχιακή αυτή εργασία έρχεται ως αποτέλεσμα της συμμετοχής μου με την ερευνητική ομάδα των Φυσικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας που τα τελευταία χρόνια ασχολείται με ένα από τα πιο σύγχρονα θέματα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών τη Νανοτεχνολογία. Η θέλησή μου να ασχοληθώ με τη χρήση των μοντέλων στη διδασκαλία του περιεχομένου την Νανοτεχνολογίας οφείλεται ότι συμμετείχα σε δύο Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών όπου κατάλαβα ότι η κατασκευή μοντέλων έχει μεγάλη διδακτική αξία. Για αυτό το λόγο αποφάσισα να ερευνήσω αν τα μοντέλα και η μοντελοποίηση βοηθάνε τους μαθητές να καταλάβουν το περιεχόμενο της Νανοτεχνολογίας που διδάσκονται.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα της πτυχιακής μου εργασίας, την κ. Άννα Σπύρτου, η οποία είναι Αναπληρώτρια Καθηγήτρια στο Π.Δ.Μ. την ευκαιρία που μου έδωσε να ενταχθώ σε αυτή την ερευνητική ομάδα των Φυσικών Επιστημών. Επίσης η καθοδήγηση της και η υποστήριξη της ήταν πολύ βοηθητικές και για εμένα αλλά και για την εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Είμαι ευγνώμων επιπλέον στον υπ. Διδάκτορα του Π.Δ.Μ. Λεωνίδα Μάνου, ο οποίος με μεγάλη υπομονή μου παρείχε ουσιαστική βοήθεια σχετικά με το επιστημονικό περιεχόμενο της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (N-ET) καθώς και με την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας.

Τέλος ευχαριστώ πολύ τον Γιώργο Πέικο υπ. Διδάκτορα του Π.Δ.Μ. και την Κωνσταντίνα Σακελλάρη Μεταπτυχιακή φοιτήτρια του Π.Δ.Μ. για την πολύτιμη βοήθεια τους στην ανάλυση των δεδομένων μου και στη καθοδήγηση τους σε όλη την πτυχιακή μου εργασία.

Περίληψη

Τα μοντέλα θεωρούνται σημαντικά εργαλεία για την κατανόηση του περιεχομένου της Νανοεπιστήμης – Νανοτεχνολογίας (N-ET). Στην εργασία αυτή περιγράφουμε μια καινοτομική Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ), η οποία σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε από μια εκπαιδευτικό σε είκοσι μαθητές Ε' τάξης Δημοτικού Σχολείου. Εξετάζουμε τις ιδέες των μαθητών πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ σχετικά με τη φύση και το ρόλο των μοντέλων. Χρησιμοποιήθηκε γραπτό ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις ανοιχτού τύπου ώστε να αναδειχθούν οι ιδέες και γνώσεις των μαθητών σχετικά με την επιστημολογική γνώση για τα μοντέλα. Τα ευρήματα δείχνουν ότι βελτιώθηκε η κατανόηση των μαθητών για την αναπαραστατική φύση των μοντέλων σε φαινόμενα, έννοιες και ιδιότητες της N-ET. Ενώ φαίνεται, ότι οι μαθητές δυσκολεύτηκαν να αναγνωρίσουν την αξία της πολλαπλότητας των μοντέλων για το ίδιο φαινόμενο.

Λέξεις κλειδιά: Νανοτεχνολογία, Νανοεπιστήμη, Μοντέλα, Μαθητές Δημοτικού

Models are considered important tools for understanding the Nanoscience–Nanotechnology content. In this paper, we describe an innovative Teaching Learning Sequence which was designed and implemented by a teacher to twenty 5th grade students in a primary school. We seek to study the development of students' ideas concerning the nature and the role of models after the implementation of TLS. We used written questionnaire with open–ended questions to emerge the students' ideas about model's epistemological knowledge. The results revealed that students improved their ideas about the nature of models in representing phenomena, concepts and properties in nanoscale. However, they found difficulties to recognize the value of models multiplicity for representing the same phenomenon.

Key words: Nanotechnology, Nanoscience, Models, Primary Students

Κεφάλαιο 1: Θεωρητικό πλαίσιο

1.1: Τι είναι Νανοεπιστήμη – Νανοτεχνολογία (N-ET)

Διαβάζοντας τη βιβλιογραφία διαπιστώνουμε γρήγορα πως ένας καθολικός ορισμός για τη Νανοτεχνολογία δεν υπάρχει. Η Νανοτεχνολογία είναι μια από τις πιο σύγχρονες τάσεις της εποχής μας, η οποία αναπτύσσεται συνεχώς και ασχολείται με πράγματα της καθημερινότητας ως την επιστήμη. Πολλοί χαρακτηρίζουν την N-ET ως την επόμενη «βιομηχανική επανάσταση». Τα προϊόντα που δημιουργούνται από την ενασχόληση με τη N-ET αυξάνονται με ταχύτατους ρυθμούς και οι νέες εφαρμογές της υπήρχαν μέχρι πρότινος στο πεδίο της επιστημονικής φαντασίας (Jones et al., 2013).

Ο λόγος που η Νανοτεχνολογία δεν έχει έναν ορισμό που να είναι σύμφωνος από όλη την επιστημονική κοινότητα είναι επειδή η N-ET επηρεάζει πολλούς και διαφορετικούς κλάδους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κάθε κλάδος διατυπώνει τον δικό του ορισμό (Unesco, 2006). Ακόμα κάθε κλάδος επικεντρώνεται σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της N-ET και αυτό σημαίνει πως ο ορισμός που θα δώσει ο συγκεκριμένος κλάδος θα αναδεικνύει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά για το τι αφορά τη N-ET.

Ο πιο σύντομος και ολοκληρωμένος ορισμός σύμφωνα με τον Mansoori (2005, κεφάλαιο 1) είναι πως η Νανοτεχνολογία επικεντρώνεται στη δυνατότητα τα άτομα, τα μόρια και τα μακρομόρια να δημιουργήσουν νέες δομές με καινοτόμες ιδιότητες.

Στη N-ET επιβεβαιώνεται η πρόκληση ότι τα μικρά αντικείμενα μπορούν έχουν διαφορετικές ιδιότητες σε σχέση με τα ίδια αντικείμενα σε μεγαλύτερο μέγεθος (Ghattas & Carver 2012).

Αυτό σημαίνει ότι οι ιδιότητες των υλικών διαφέρουν σημαντικά από τις ιδιότητες τις οποίες έχουν όταν βρίσκονται σε μεγαλύτερες διαστάσεις. Για παράδειγμα ιδιότητες όπως το χρώμα, η αγωγιμότητα, ο μαγνητισμός και η σκληρότητα αλλάζουν όσο ένα αντικείμενο γίνεται μικρότερο και προσεγγίζει την νανοκλίμακα (Jones et al., 2013).

Ο Roco (2011: 428) σε επιστημονικό άρθρο του για την ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας καταγράφει ότι:

«Η νανοτεχνολογία είναι η δυνατότητα ελέγχου και ανοικοδόμησης της ύλης σε ατομικά και μοριακά επίπεδα, σε ένα εύρος περίπου από 1-100 nm, και [η δυνατότητα] εκμετάλλευσης των διακριτών ιδιοτήτων που συμβαίνουν σε αυτή τη κλίμακα, σε σύγκριση με τη συμπεριφορά που εμφανίζουν μεμονωμένα άτομα ή μόρια ή υλικά στη μακροκλίμακα (bulk). Στόχος είναι η δημιουργία υλικών, συσκευών και συστημάτων με θεμελιακά νέες ιδιότητες και λειτουργίες...».

Εξαιτίας αυτής της αλλαγής των ιδιοτήτων στη νανοκλίμακα θεωρείται ότι οι επόμενες γενιές θα χαρακτηριστούν ως η εποχή του Νάνο (Nano Age) αφού έρχονται στο φως νέα επιτεύγματα σε τομείς της ηλεκτρονικής, της υγείας και των προηγμένων υλικών (Jones et al., 2013). Σκοπός της N-ET είναι να μελετήσει και να εκμεταλλευτεί αυτές τις ιδιότητες. Βλέπουμε μια ισχυρή σύνδεση της N-ET με την αλλαγή των ιδιοτήτων εξαιτίας του μεγέθους. Αυτό το γεγονός σύμφωνα με τον Hochlla (2002) θεμελιώνει την επιστημονική – τεχνολογική οντότητα της N-ET.

Οι ιδιότητες αυτές εμφανίζονται σε μια περιοχή με διαστάσεις 1 – 100 nm περίπου (Ghattas & Carver, 2012). Οι διαστάσεις αυτές ορίζουν την περιοχή την Νανοκλίμακας όπου είναι μικρότερη συνέχεια της μικροκλίμακας και της μακροκλίμακας. Όσο ένα αντικείμενο μικραίνει όλο και περισσότερο με σκοπό να αγγίζει τη νανοκλίμακα τότε τα χαρακτηριστικά του που γνωρίζαμε μέχρι τότε αλλάζουν. Σε πολλά αντικείμενα παρατηρείται να αλλάζουν ιδιότητες όπως το χρώμα, η αγωγιμότητα, ο μαγνητισμός και η σκληρότητα (Jones et al., 2013). Για παράδειγμα ο χρυσός όταν σπάσει τόσες φορές και φτάσει στην νανοκλίμακα αλλάζει χρώμα, γίνεται κόκκινος, και αποκτά καταλυτικές ιδιότητες. Αντίθετα ο χαλκός όταν φτάσει σε μέγεθος νάνο γίνεται πιο σκληρός ενώ το αλουμίνιο γίνεται εκρηκτικό υλικό.

Σε επιστημονικά περιοδικά εκπαιδευτικού προσανατολισμού καταγράφονται τρεις χαρακτηριστικές ιδιότητες για τη νανοκλίμακα α) η τραχύτητα (bumpiness) β) η προσκόλληση (sticky) και γ) η συνεχής κίνηση των οντοτήτων που έχουν μέγεθος της νανοκλίμακας (shaky) (Jones et al. 2013· Taylor, Jones & Pearl 2008).

Παρακάτω περιγράφονται αυτές οι τρεις ιδιότητες της νανοκλίμακας:

Η νανοκλίμακα είναι τραχιά (bumpy)

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα που μας αποδεικνύει ότι ή νανοκλίμακα είναι τραχιά είναι το φαινόμενο του λωτού. Το φύλλο του λωτού εκ πρώτης όψεως και παρατηρώντας με το μάτι φαίνεται λείο. Αν όμως χρησιμοποιήσουμε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο για την παρατήρησή του τότε διαπιστώνουμε ότι έχει μια ασυνήθιστα τραχιά δομή (Taylor et al. 2008).

Η επιφάνεια του φύλλου του λωτού έχει διάφορα τριχίδια πάνω του τα οποία κάποια είναι σε μέγεθος μικροκλίμακας και κάποια σε μέγεθος νανοκλίμακας. Έτσι λόγω αυτών των δύο ειδών τριχιδίων, ο αέρας εγκλωβίζεται κάτω από τις σταγόνες του νερού που πέφτουν πάνω στο φύλλο (Taylor et al. 2008).

Ο αέρας που εγκλωβίζεται ανάμεσα στα τριχίδια είναι υπεύθυνος για την μικρή επαφή της σταγόνας με το φύλλο του λωτού. Δηλαδή η γωνία επαφής της σταγόνας είναι αρκετά υψηλή (πάνω από 150 μοίρες) και για αυτό το λόγο το φύλλο αποκτά την ιδιότητα της υπερ – υδροφοβικότητας (Cheng & Rodak, 2006). Με την ιδιότητα της υπερ – υδροφοβικότητας όταν πέφτουν σταγόνες νερού πάνω σε αυτή την τραχιά επιφάνεια η σταγόνα δεν απορροφάται, γίνεται σφαιρική, κυλάει και μαζεύει όλα τα σωματίδια βρωμιάς, παρέχοντας στο φυτό έναν μηχανισμό αυτοκαθαρισμού (Taylor et al. 2008· Cheng & Rodak, 2006).



Εικόνα 1: Σταγόνες νερού πάνω σε υδρόφοβο φύλλο

Νανόφιλτρα

Ένα ακόμα παράδειγμα τραχύτητας αποτελούν τα φίλτρα νανοτεχνολογίας για το φιλτράρισμα του νερού. Τα φίλτρα νανοτεχνολογίας, όπως το LIFESAVER, είναι

κατασκευασμένα με σκοπό να αφαιρούν όλη την μικροβιολογική μόλυνση από το νερό μέσω του φιλτραρίσματος.

Ο λόγος που διαφέρουν τα συμβατικά φίλτρα από το νανόφιλτρο LIFESAVER είναι ότι τα πρώτα μπορούν να αφαιρέσουν από το νερό οργανισμούς και σωματίδια μεγέθους μέχρι 200nm περίπου ενώ τα νανόφιλτρα φιλτράνουν οργανισμούς που έχουν 15nm και πάνω. Αυτό γίνεται επειδή έχουν μεμβράνες υπερ-φιλτραρίσματος με πόρους μεγέθους 15nm. Για παράδειγμα όταν φιλτράρεται από τους νανοπόρους, νερό μολυσμένο ακόμα και με τον μικρότερο ιό, ο οποίος έχει μέγεθος 25nm περίπου, δε χωράει να διέλθει και το νερό καθίσταται πόσιμο.



Εικόνα 2: Νανόφιλτρο – LIFESAVER¹

Η νανοκλίμακα είναι προσκολλητική (sticky)

Η δεύτερη ιδιότητα που αναλύεται είναι η προσκολλητικότητα. Η ιδιότητα αυτή έχει να κάνει με την υπερνίκηση της βαρύτητας αφού οι διαμοριακές αλληλεπιδράσεις κυριαρχούν στη νανοκλίμακα. Ένα πολύ χαρακτηριστικό παράδειγμα στη φύση που μας αποδεικνύει την προσκολλητικότητα αποτελεί η σαύρα Gecko η οποία μπορεί και προσκολλείται τόσο σε λείες όσο και σε τραχιές επιφάνειες (Taylor et al. 2008). Σύμφωνα με τον Bhushan (2007) η επιφάνεια των δαχτύλων της σαύρας είναι κατασκευασμένη από ιεραρχικές δομές της μικροκλίμακας και της νανοκλίμακας. Πιο συγκεκριμένα το δάχτυλο της σαύρας περιλαμβάνει τριχίδια της μικροκλίμακας, γνωστά ως setae τα οποία καταλήγουν σε δομές της νανοκλίμακας οι οποίες ονομάζονται spatulae και τις μεταφράζουμε ως σπάτουλες. Η ιεραρχική δομή της

¹ <http://www.iconlifesaver.eu/>

επιφάνειας του δαχτύλου αποκαλύπτει μια μεγάλη επιφάνεια επαφής μεταξύ του ποδιού της σαύρας και των επιφανειών με τις οποίες έρχεται σε επαφή.



Εικόνα 3: Πόδι σαύρας Gecko²

Οι οντότητες που έχουν μέγεθος της νανοκλίμακας κινούνται συνεχώς (shaky)

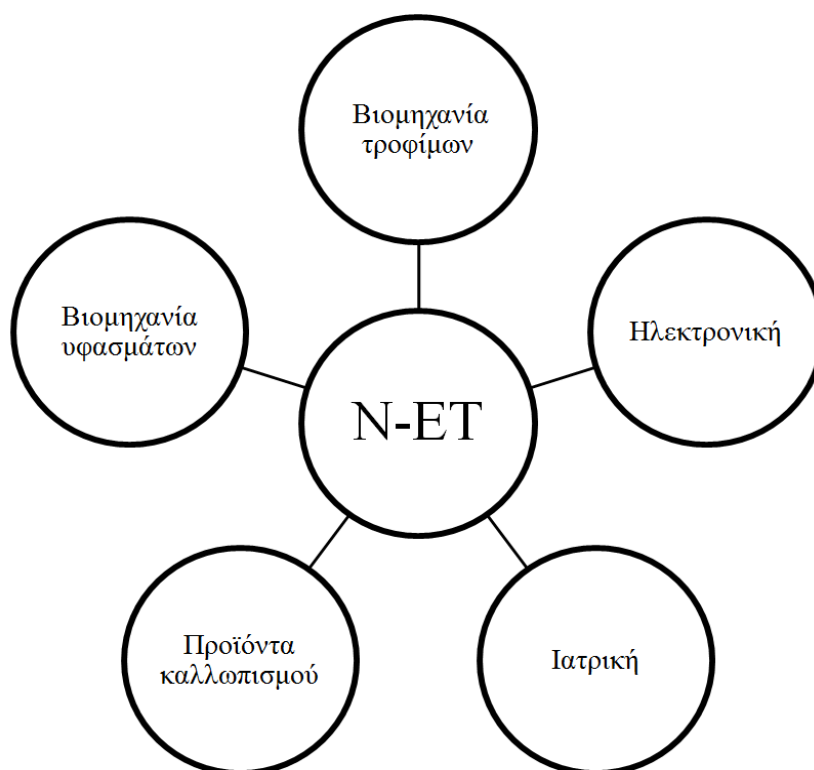
Τα αντικείμενα που ανήκουν στη νανοκλίμακα κινούνται συνεχώς και χαρακτηρίζονται από υψηλή απόκριση στις αλλαγές της θερμοκρασίας. (Taylor et al. 2008) Η ιδιότητα αυτή αφορά την διάχυτη (pervasive) επίδραση της θερμικής ενέργειας στα μόρια (Jones et al. 2013). Η ενισχυμένη κίνηση των νανοσωματιδίων στη νανοκλίμακα, αναδεικνύεται ως μια μεγάλη μηχανική πρόκληση στην ανάπτυξη των υλικών (engineering design).

1.2 Εφαρμογές της N-ET

Όπως είπαμε και πριν η N-ET είναι ένας σύγχρονος κλάδος που έχει αρχίσει να επεκτείνεται ταχύτατα και αφορά όλο και περισσότερους τομείς. Στόχος της μελέτης της είναι να δημιουργηθούν τεχνολογίες που μπορούν να κάνουν από την καθημερινή ζωή και πραγματικότητα καλύτερη μέχρι να διευκολύνουν την επιστημονική κοινότητα με την εξερεύνηση του διαστήματος. Οι καινοτόμες φυσικές, χημικές και μηχανικές ιδιότητες των νανοϋλικών φαίνεται πως μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πληθώρα εφαρμογών. Παρατηρείται μια ραγδαία αύξηση προϊόντων που ενσωματώνουν καινοτομίες της N-ET και είναι διαθέσιμα για τους καταναλωτές, παρόλο που η N-ET είναι στην απαρχή της (Kumar & Kumbhat, 2016· Murty et al.,

² https://www.flickr.com/photos/kutub_uddin/16842339310

2013). Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά οι εφαρμογές στις οποίες ενσωματώνονται νανοσωματίδια σε διάφορους τομείς.



Εικόνα 4: Εφαρμογές της N-ET

Βιομηχανία τροφίμων

Στη βιομηχανία των τροφίμων η N-ET ασχολείται με την παραγωγή, την συντήρηση και την αποθήκευση των τροφίμων. Για αυτό το λόγο οι επιστήμονες ανακάλυψαν ότι το καλύτερο νανοσωματίδιο για να χρησιμοποιηθεί σε σχετικές εφαρμογές είναι ο άργυρος εξαιτίας των αντιμικροβιακών του ιδιοτήτων, με στόχο την καταστροφή βακτηρίων και ιών. Ένα παράδειγμα χρήσης των νανοσωματιδίων αργύρου είναι στην κατασκευή ψυγείων και δοχείων σκοπό την αποφυγή ανάπτυξης βακτηρίων και μούχλας. Επειδή όμως αυτό βρίσκεται σε αρχικό στάδιο δεν έχει ακόμα τεκμηριωθεί επιστημονικά το κατά πόσο τα νανοσωματίδια αργύρου απορροφώνται από την τροφή που περιλαμβάνεται σε τέτοιου είδους δοχεία, και τι επιπτώσεις μπορεί να έχει αυτό στα κύτταρα και τον ανθρώπινο οργανισμό (Kumar & Kumbhat, 2016).

Ιατρική

Όπως στη βιομηχανία των τροφίμων έτσι και στην ιατρική χρησιμοποιούνται τα νανοσωματίδια αργύρου για τους ίδιους λόγους, δηλαδή την καταπολέμηση των παθογόνων μικροβίων. Υποστηρίζεται ότι τα εν λόγω νανοσωματίδια, μπορούν να προσφέρουν και λύση σε πολύ σοβαρές ασθένειες όπως ο «χρυσίζων σταφυλόκοκκος ανθεκτικός στη μεθικιλίνη» ο ιός του HIV που προκαλεί το AIDS. Επιπρόσθετα, αναμένεται σημαντική εξέλιξη στη νόσο του καρκίνου με τη βοήθεια των πιο σύνθετα νανοσωματίδιων με την καταστροφή καρκινικών κυττάρων, είτε με την εγκατάστασή τους πάνω στα ίδια τα κύτταρα, είτε με την συμβολή τους στην μεταφορά φαρμάκων απευθείας στα μολυσμένα κύτταρα. Άλλα παραδείγματα των εφαρμογών της N-ET στην ιατρική είναι τα συστήματα σημείου φροντίδας (Point-of-Care), εμφυτεύσιμοι αισθητήρες και μικροαντλίες και έξυπνα συστήματα παροχής φαρμάκων (Kumar & Kumbhat, 2016).

Προϊόντα καλλωπισμού

Όσον αφορά τα προϊόντα καλλωπισμού, στα ράφια των καταστημάτων βρίσκουμε αντηλιακά στα οποία είναι ενσωματωμένα νανοσωματίδια διοξειδίου του τιτανίου τα οποία είναι άχρωμα σε αντίθεση με τα συμβατικά αντηλιακά. Ακόμα, υπάρχουν διαθέσιμες κρέμες προσώπου και σώματος οι οποίες περιλαμβάνουν νανοσωματίδια, γνωστά ως φουλερένια όπου είναι αποτελεσματικά στην αφαίρεση από το δέρμα επιβλαβών σωματιδίων όπως είναι οι χημικές ρίζες (free radicals). (Kumar & Kumbhat, 2016).

Βιομηχανία υφασμάτων

Στην βιομηχανία υφασμάτων πραγματοποιείται μια ακόμα εφαρμογή της N-ET που έχει ως στόχο να κάνει τη ζωή των ανθρώπων πιο εύκολη. Παρατηρείται μια τάση για κατασκευή πιο λειτουργικών και «έξυπνων» υφασμάτων. Για παράδειγμα, με την ενσωμάτωση νανοσωματιδίων αργύρου, τα υφάσματα αποκτούν αντιμικροβιακές ιδιότητες. Σε άλλα υφάσματα δημιουργείται μια νανοεπίστρωση όπου καθιστά τα υφάσματα υπερωδροφοβικά, δηλαδή ανθεκτικά στους λεκέδες και στο νερό. Όπως στη βιομηχανία των τροφίμων έτσι και εδώ η χρήση του αργύρου δεν ξέρουμε τι επίπτωση μπορεί να έχει στον άνθρωπο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η επαφή της νανοεπίστρωσης με το δέρμα. (Kumar & Kumbhat, 2016).

Ηλεκτρονική

Ο κύριος λόγος ανάπτυξης των ηλεκτρονικών συσκευών βασισμένων στη νανοτεχνολογία ήταν ότι παρουσιάστηκε η ανάγκη να περιέχονται μέσα στα ηλεκτρονικά τσιπ ολοένα και περισσότερα εξαρτήματα ώστε να καθίστανται πιο ισχυρά. Έτσι, τα εξαρτήματα αυτά ήταν απαραίτητο να γίνουν μικρότερα σε μέγεθος. Η N-ET έχει επηρεάσει πολυάριθμους τομείς της ηλεκτρονικής, μεγαλύτερη όμως επίδραση φαίνεται πως έχει στους κβαντικούς υπολογιστές, στα νανοηλεκτρικά μηχανικά συστήματα και στις οθόνες νέας τεχνολογίας.

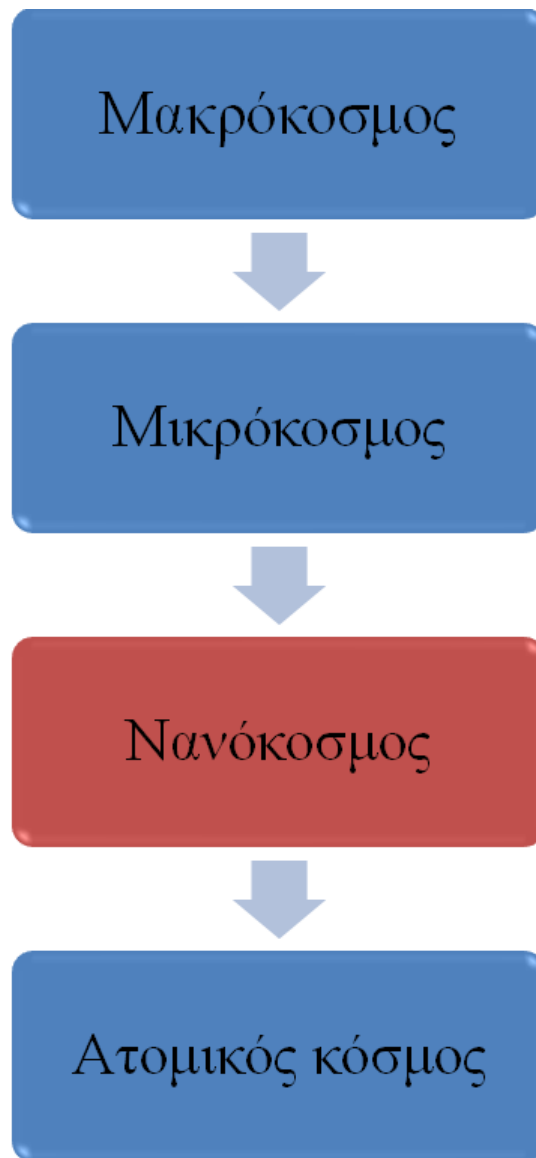
Κάποια επιπλέον παραδείγματα που φαίνεται η επίδραση της Νανοτεχνολογίας σε διάφορους τομείς είναι: 1) *Προστασία του περιβάλλοντος*: Αποκατάσταση του εδάφους και του νερού που έχουν εκτεθεί σε εντομοκτόνα με βάση χλωριωμένους υδρογονάνθρακες, 2) *Ενέργεια*: Πιο αποτελεσματικές κυψέλες καυσίμου, αυξάνοντας την ικανότητα αποθήκευσης και πιο γρήγορη κινητική απορρόφηση του υδρογόνου, 3) *Υγεία*: Αποτελεσματικότερες διαδικασίες διάγνωσης, θεραπείας και στενευμένες διανομές φαρμάκων, 4) *Άμυνα*: Αντιβαλλιστική προστασία, μυστική τεχνολογία (stealth Technology), αισθητήρες υγρασίας θερμοκρασίας, ανιχνευτές αερίων, αισθητήρες ακτινοβολίας, 5) *Εναέριος χώρος*: Κατασκευή αεροσκαφών με υλικά που επιβραδύνουν την ανάφλεξη του εσωτερικού τους χώρου, 6) *Αθλητικός εξοπλισμός*: Πιο ισχυρά και ευέλικτα υλικά όμως ρακέτες του τένις και ποδήλατα

1.3 Εκπαιδευτική αξία της NET

Η εισαγωγή της N-ET στην υποχρεωτική εκπαίδευση θεωρείται αναγκαία σύμφων με τη βιβλιογραφική έρευνα των Πέικος, Μάνου και Σπύρτου (2015). Τα σύγχρονα επιτεύγματα της επιστήμης και τεχνολογίας που ήδη αρχίζει να επηρεάζει σημαντικούς τομείς της κοινωνικής τους ζωής, για αυτό το λόγο υπάρχει η ανάγκη οι μαθητές να ενημερωθούν για αυτά. Επίσης στόχος είναι να εξηγούνται καλύτερα και περισσότερο τα φαινόμενα του φυσικού κόσμου, να εξασφαλιστεί το εργατικό δυναμικό που θα εργαστεί στη N-ET και στην ανάγκη να καταστούν (Stevens et al., 2009) «νανο-εγγράμματοι» πολίτες (Laherto, 2010) συμμετέχοντας σε συζητήσεις που να βασίζονται σε επιστημονικά θέματα αλλά να είναι και σχετικά με την καθημερινή ζωή.

Όσον αφορά την ανάγκη να εισαχθεί η N-ET στην υποχρεωτική πρωτοβάθμια εκπαίδευση οι έρευνες δείχνουν ότι υπό το πρίσμα της Διδακτικής Φυσικών Επιστημών ότι «στην παραδοσιακή εκπαίδευση της χημείας η σκέψη για το macro-micro περιορίζεται σε 2 επίπεδα στο μακρο (macro) και στο υπομικροσκοπικό (submicro)» (Majier 2011:12), δηλαδή στο επίπεδο των άμεσα παρατηρήσιμων φαινομένων και στο επίπεδο των ατόμων και των μορίων. Μεταξύ τους φαίνεται πως υπάρχει ένα χάσμα της τάξης των 10⁹ m στο οποίο οφείλονται παρανοήσεις των μαθητών, π.χ. ότι τα μόρια του νερού είναι μπλε (Majier 2011).

Για να «γεφυρωθεί» το χάσμα προτείνεται να εισαχθούν μεταξύ του macro και του submicro μικρότερα βήματα περιλαμβάνοντας σε αυτά και το επίπεδο της νανοκλίμακας. Με λίγα λόγια οι μαθητές στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση μαθαίνουν για τον μακρόκοσμο, τον μικρόκοσμο, και «προσπερνούν» τον νανόκοσμο μαθαίνοντας για τον ατομικό κόσμο. Ανάλογες παρατηρήσεις έχουν καταγραφεί και για τα αναλυτικά προγράμματα των Φυσικών Επιστημών (Wiser & Smith 2008, Stevens et al. 2009). Οι Wiser & Smith (2008) αναφέρουν ότι χωρίς το επίπεδο του νανόκοσμου, φαινόμενα της καθημερινότητας που οφείλονται στην νανοκλίμακα, μπορούν να κατανοηθούν μόνο υπερφυσικά.



Εικόνα 5: Εκπαιδευτική αξία της Ν-ΕΤ: Χάσμα στην κατηγοριοποίηση του κόσμου με βάση τα μεγέθη

1.4 Μοντέλα και Μοντελοποίηση

Η λέξη μοντέλο στις Φυσικές Επιστήμες στη βιβλιογραφία είναι και αυτή ένας όρος που του έχουν δώσει πολλούς ορισμούς. Για παράδειγμα οι Schwatz & White (2005) καταγράφουν πως ο όρος επιστημονικό μοντέλο αναφέρεται σε ένα «σύνολο αναπαραστάσεων, κανόνων και αιτιακών δομών που επιτρέπουν σε κάποιον να παράγει προβλέψεις και ερμηνείες». Οι Gilbert et al. (2000) αναφέρουν ότι ένα μοντέλο είναι η αναπαράσταση ενός αντικειμένου, μιας ιδέας, ενός γεγονότος, μιας διαδικασίας, ενός συστήματος, ενός φαινομένου ή γενικότερα ενός στόχου. Τα επιστημονικά μοντέλα βοηθούν τους επιστήμονες στην κατασκευή εξηγήσεων ερμηνειών κατανόησης και ανακάλυψης, και τους καθιστά ικανούς να κάνουν προβλέψεις.

Λόγω ότι υπάρχουν διάφοροι ορισμοί για τα μοντέλα, ο κάθε ερευνητής παραθέτει ξεχωριστά χαρακτηριστικά των μοντέλων. Για αυτό τον λόγο οι Van Der Valk et al. (2007) διεξήγαγαν έρευνα για να καταλήξουν στα κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ των ορισμών που ανιχνεύονται στη βιβλιογραφία. Από την έρευνά τους προκύπτουν οχτώ κοινά χαρακτηριστικά (πίνακας 1) τα παρατίθενται στη συνέχεια:

Τα χαρακτηριστικά των μοντέλων μετά την έρευνα χωρίστηκαν σε τρεις κατηγορίες. Σε αυτά που αφορούν τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων, σε αυτά που αφορούν τα κριτήρια που πρέπει να πληροί ένα μοντέλο και τέλος σε αυτά που αφορούν την επιλογή και την ανάπτυξη ενός μοντέλου.

Στην πρώτη κατηγορία, στη φύση και τον ρόλο των μοντέλων όπως θα δείτε και στον παρακάτω πίνακα υπάρχουν δύο χαρακτηριστικά. **(1)** «Ένα μοντέλο πάντα αναπαριστά έναν στόχο και σχεδιάζεται για έναν συγκεκριμένο σκοπό» Δηλαδή ένα μοντέλο μπορεί να αναπαραστεί ένα αντικείμενο, ένα φαινόμενο, ένα γεγονός, μια διαδικασία ένα σύστημα ή μια ιδέα και αυτό το ονομάζουμε στόχο. Ακόμα η αναπαράσταση του στόχου κατασκευάζεται με διάφορους τρόπους ανάλογα με ποιος τρόπος εξυπηρετεί περισσότερο τον εκάστοτε σκοπό. Για παράδειγμα μπορεί να είναι ένα σκίτσο, μια τρισδιάστατη κατασκευή ή μια μαθηματική εξίσωση. **(2)** «Ένα μοντέλο μας παρέχει ένα ερευνητικό εργαλείο το οποίο χρησιμοποιούμε για να αντλήσουμε πληροφορίες για τον στόχο, τον οποίο δε μπορούμε να παρατηρήσουμε ή να μετρήσουμε άμεσα». Σκοπός του μοντέλου κυρίως στην επιστημονική έρευνα είναι να προβλέψουμε ή να ερμηνεύσουμε.

Στην δεύτερη κατηγορία του πίνακα ανήκουν δύο χαρακτηριστικά που αφορούν τα κριτήρια τα οποία πρέπει να πληροί ένα μοντέλο. (1) «Το μοντέλο έχει κάποιες αναλογίες με τον στόχο». Πάντα κατά την κατασκευή ενός μοντέλου διατηρούνται κάποιες αναλογίες ανάμεσα στο μοντέλο και στον στόχο όπου μπορούν να παραχθούν ερμηνείες. Αυτές οι αναλογίες βοηθούν στο να διατυπωθούν υποθέσεις από το μοντέλο ή να γίνουν προβλέψεις. Γενικά κάθε τι που γίνεται πάνω στο μοντέλο έχει ως σκοπό της επίτευξη του στόχου. (2) «Ένα μοντέλο διαφέρει από τον στόχο σε βασικά στοιχεία. Οι διαφορές είναι αυτές που το καθιστούν πιο προσβάσιμο για έρευνα από τον στόχο». Ένα μοντέλο πρέπει να κατασκευάζεται όσο πιο απλά γίνεται με σκοπό να μπορούμε να αντλήσουμε όσο περισσότερες πληροφορίες μπορούμε από αυτό. Ακόμα μπορεί να μοντελοποιούμε από το πιο μικρό αντικείμενο ως το πιο μεγάλο. Ένας στόχος μπορεί να είναι πολύ δύσκολος να τον μελετήσουμε για αυτό δημιουργούμε το μοντέλο του από το οποίο όμως παραλείπονται κάποια στοιχεία του για να γίνει πιο προσβάσιμος.

Η τελευταία κατηγορία του πίνακα αφορά τέσσερα χαρακτηριστικά που περιγράφουν την επιλογή και ανάπτυξη ενός μοντέλου. (1) «Το μοντέλο είναι πάντα αποτέλεσμα συμβιβασμού». Ένας ερευνητής κατά τη διάρκεια της κατασκευής ενός μοντέλου θα χρειαστεί να λάβει σημαντικές αποφάσεις από τα προβλήματα που προκύπτουν. Λόγω των αντιθέσεων των αναλογιών που είπαμε και πιο πάνω αλλά και τις διαφορές που έχει το μοντέλο με τον στόχο δημιουργούνται τα προβλήματα και καταλήγει σε συμβιβασμό. Η επιλογή εν τέλει εξαρτάται από τη φύση του ερευνητικού προβλήματος, από μεταβλητές όπως ο διαθέσιμος χρόνος, χρήματα και εγκαταστάσεις καθώς και από την προσωπική απόδοση του ερευνητή. (2) «Ένα μοντέλο δεν αλληλεπιδρά άμεσα με τον στόχο που αναπαριστά. Έτσι, πάντα υπάρχει ένας βαθμός δημιουργικότητας στον σχεδιασμό του μοντέλου, σχετικό με τον στόχο που αναπαριστά». Το μοντέλο έχει δημιουργηθεί από κάποια στοιχεία που έχουν αντληθεί από τον στόχο και περιέχει στοιχεία κάποια ερμηνείας, κάποιας απλοποίησης και κάποιας ομοιότητας. Για αυτό το λόγο μια φωτογραφία δεν θεωρείται ως μοντέλο ακόμα και αν βοηθάει στη συλλογή πληροφοριών για τον στόχο. (3) «Διαφορετικά μοντέλα συναίνεσης μπορούν να συνυπάρχουν για την αναπαράσταση του ίδιου στόχου». Τα μοντέλα μπορεί να είναι για τον ίδιο στόχο όμως να αλλάζουν ανάλογα με τον σκοπό και το πλαίσιο της έρευνας. Ως εκ τούτου, από διαφορετικά είδη ερευνητικών ερωτημάτων μπορεί να προκύπτουν και διαφορετικά μοντέλα για τον ίδιο στόχο. (4) «Ένα μοντέλο μπορεί να βελτιώνεται

μέσα από μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία.» όσο δημιουργείται ένα μοντέλο κατά τη διάρκεια μιας έρευνας είναι λογικό αυτό το μοντέλο να εξελίσσεται συνεχώς αφού μελετάτε καλύτερα το αντικείμενο της έρευνας και προκύπτουν νέα δεδομένα για τον στόχο.

| | <i>Χαρακτηριστικό</i> | <i>Εξήγηση</i> |
|---|--|---|
| ΦΥΣΗ ΚΑΙ ΡΟΛΟΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ | «Ένα μοντέλο πάντα αναπαριστά έναν στόχο και σχεδιάζεται για έναν συγκεκριμένο σκοπό». | <i>Στόχος:</i> ένα αντικείμενο, ένα φαινόμενο, ένα γεγονός, μια διαδικασία ένα σύστημα ή μια ιδέα. <i>Τρόπος κατασκευής:</i> εξαρτάται από τον σκοπό που εξυπηρετεί. |
| | «Ένα μοντέλο μας παρέχει ένα ερευνητικό εργαλείο το οποίο χρησιμοποιούμε για να αντλήσουμε πληροφορίες για τον στόχο, τον οποίο δε μπορούμε να παρατηρήσουμε ή να μετρήσουμε άμεσα». | <i>Σκοπός του μοντέλου:</i> είναι να συμβάλει στην πρόβλεψη ή στην ερμηνεία στην επιστημονική έρευνα. |
| ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΝΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ | «Το μοντέλο έχει κάποιες αναλογίες με τον στόχο». | <i>Αναλογίες μοντέλου:</i> καθιστούν ικανό τον ερευνητή να επιτύχει τον σκοπό του μοντέλου, βοηθούν στο να διατυπωθούν υποθέσεις από το μοντέλο ή να γίνουν προβλέψεις. |
| | «Ένα μοντέλο διαφέρει από τον στόχο σε βασικά στοιχεία. Οι διαφορές είναι αυτές που το καθιστούν πιο προσβάσιμο για έρευνα από τον στόχο». | <i>Στοιχεία του στόχου που παραλείπονται:</i> εξαρτώνται από τα συγκεκριμένα ερευνητικά ενδιαφέροντά του κατασκευαστή Το μοντέλο πρέπει να είναι απλό ώστε να είναι προσβάσιμο για παρατήρηση. |
| ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ | «Το μοντέλο είναι πάντα αποτέλεσμα συμβιβασμού». | Συμβιβασμός μεταξύ των αντιθέσεων που προκύπτουν από τις αναλογίες αλλά και τις διαφορές του μοντέλου από τον στόχο. |
| | «Ένα μοντέλο δεν αλληλεπιδρά άμεσα με τον στόχο που αναπαριστά. Έτσι, πάντα υπάρχει ένας βαθμός δημιουργικότητας στον σχεδιασμό του μοντέλου, σχετικό με τον στόχο που αναπαριστά» | Το μοντέλο πρέπει να περιέχει απ' τη μια στοιχεία τα οποία έχουν αντληθεί από τον στόχο, απ' την άλλη να περιέχει στοιχεία κάποια ερμηνείας, κάποιας απλοποίησης και κάποιας ομοιότητας. |
| | «Διαφορετικά μοντέλα συναίνεσης μπορούν να συνυπάρχουν για την αναπαράσταση του ίδιου στόχου» | Από διαφορετικά είδη ερευνητικών ερωτημάτων μπορεί να προκύπτουν και διαφορετικά μοντέλα για τον ίδιο στόχο. |
| | «Ένα μοντέλο μπορεί να βελτιώνεται μέσα από μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία.» | Κατά την εξέλιξη της έρευνας το μοντέλο αναθεωρείται. |

Πίνακας 1: Οκτώ κοινά χαρακτηριστικά των μοντέλων

Οι μαθητές, σύμφωνα με έρευνες, αντιμετωπίζουν δυσκολίες και έχουν παρανοήσεις σχετικά με τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση τόσο στην περίπτωση της N-ET όσο και σε άλλα περιεχόμενα των ΦΕ παρόλο που τα μοντέλα αποτελούν μια Μεγάλη Ιδέα της N-ET.

Κάποιες από τις παρανοήσεις που αντιμετωπίζουν οι μαθητές είναι σύγχυση του μοντέλου και του τι αναπαριστά (Laherto, 2010· Stevens et al., 2009· Daly & Bryan 2007), σύγχυση των ορίων μεταξύ του μοντέλου και της πραγματικότητας (Daly & Bryan 2007), δυσκολία κατανόησης ότι μπορούμε να έχουμε διαφορετικά μοντέλα για τον ίδιο στόχο (Stevens et al., 2009), δεν κατανοούν τον σκοπό εμπλοκής τους σε διαδικασίες διερεύνησης με βάση τα μοντέλα (Schwartz & White, 2005) και θεωρούν ότι τα μοντέλα πρέπει να είναι πιστά αντίγραφα του στόχου που αναπαριστούν (Treagust et al., 2002).

Ο ρόλος των μοντέλων και της μοντελοποίησης στην εκμάθηση του περιεχομένου της N-ET

Η εκμάθηση επιστημονικού περιεχομένου μέσω μοντέλων και μοντελοποίησης είναι ένα ανοιχτό ερευνητικό ζήτημα στις μελέτες εκπαίδευσης της επιστήμης (Danusso, Testa, Vicentini, 2010). Ακολουθώντας το ίδιο σκεπτικό, στο αυξανόμενο πεδίο της νανοεπιστήμης υπάρχει μια σημαντική συμφωνία ότι ο ρόλος των μοντέλων στην εκμάθηση αυτού του νέου επιστημονικού περιεχομένου είναι καθοριστικής σημασίας (Daly & Bryan, 2010), "Τα αντικείμενα και οι έννοιες στη νανοκλίμακα είναι δύσκολο να απεικονιστούν, είναι δύσκολο να περιγραφούν και οι σχέσεις τους με τον παρατηρούμενο κόσμο μπορεί να είναι απροσδιόριστες" (Sabelli et al., 2005). Επιπλέον, υποστηρίζεται ότι οι αφηρημένες οντότητες της νανοεπιστήμης μπορούν να κατανοηθούν καλύτερα όταν υπάρχουν πολλαπλά μοντέλα για τον ίδιο στόχο (Tretter Jones & Falvo, 2013) Για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλαπλά μοντέλα για να αντιπροσωπεύσουν διαφορετικές πτυχές της δομής του DNA (Tretter et al., 2013) και αλληλεπίδραση μεταξύ των βιομορίων (Stevens, Sutherland, & Krajcik, 2009). Σε αυτές τις περιπτώσεις, κάθε μοντέλο μπορεί να αντιπροσωπεύει διαφορετικές ιδιότητες του ίδιου φαινομένου. Για αυτό το λόγο τα μοντέλα μπορούν να βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου της N-ET.

Κεφάλαιο 2. Μεθοδολογία της έρευνας

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθεί η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την παρούσα έρευνα. Πρέπει να διευκρινιστεί ότι το υπό μελέτη δείγμα είναι μέρος ευρύτερου δείγματος που εξετάστηκε με το ίδιο ερωτηματολόγιο. Στην έρευνα θα παρουσιαστούν 20 μαθητές σε δύο ερωτηματολόγια.

2.1 Η Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ)

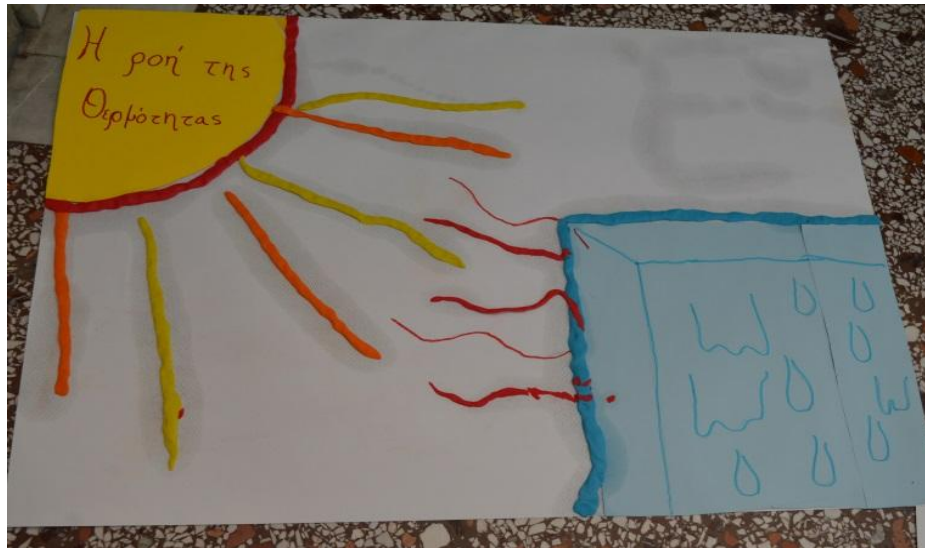
Οι μαθητές διδάχθηκαν για τη NET και τα μοντέλα από την εκπαιδευτικό τους σε μια Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία που διήρκησε έξι δίωρα μαθήματα. Το περιεχόμενο της παρέμβασης ήταν η πλοκή του περιεχομένου της N-ET με το περιεχόμενο των μοντέλων. Το δείγμα το μαθητών ήταν είκοσι και άνηκαν στην Ε' τάξη του Δημοτικού Σχολείου της ευρύτερης περιοχής της Κοζάνης. Η εκπαιδευτικός είχε επιμορφωθεί στο Δια Βίου Πρόγραμμα FeDia σχετικά με το περιεχόμενο της N-ET, τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων όπου είχε διάρκεια 9 δίωρα μαθήματα. Οι μαθητές της, καθ' όλη τη διάρκεια της παρέμβασης ήταν χωρισμένοι σε πέντε ομάδες των τεσσάρων. Η διδασκαλία και η εφαρμογή των μοντέλων διαμοιράστηκε σε όλα τα επεισόδια της διδακτικής της N-ET. Παρακάτω παρουσιάζεται λεπτομερώς το περιεχόμενο κάθε διδακτικού δίωρου.

Στο **1^ο δίωρο** έγινε ανάδειξη των ιδεών των μαθητών για το τι θεωρούν μοντέλο. Παρουσιάστηκαν στην τάξη μια υδρόγειος σφαίρα, ένας γεωφυσικός χάρτης και ένα εποπτικό μοντέλο ανθρώπινου αυτιού. Στην αρχή, ακούστηκαν οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τον ορισμό της έννοιας μοντέλο όπως επίσης και για τον σκοπό και τον ρόλο του. Δόθηκαν από την εκπαιδευτικό διάφορα παραδείγματα μοντέλων στους μαθητές από αυτά που βρίσκονται στην τάξη και στην καθημερινότητα τους. Στην συνέχεια, η εκπαιδευτικός χρησιμοποίησε το μοντέλο του αυτιού για να δείξει στους μαθητές τι είναι μοντέλο και με ποιο τρόπο χρησιμοποιούμε τα μοντέλα και πώς μπορούμε να μάθουμε από αυτά. Στην πορεία, έδειξε έναν πολιτικό και ένα γεωφυσικό χάρτη. Σκοπός αυτού ήταν να δείξει ότι μπορεί δύο μοντέλα να μοιάζουν και να είναι του ίδιου στόχου, όπως δύο χάρτες της Ελλάδας, όμως είναι διαφορετικά και μαθαίνουμε από αυτά διαφορετικά πράγματα. Επίσης, με αυτό το παράδειγμα τους εξήγησε ότι τα μοντέλα έχουν όρια και δεν γίνεται ένα μοντέλο να τα δείχνει όλα. Ακόμα, η εκπαιδευτικός, μοντελοποίησε στον πίνακα ένα μαθηματικό

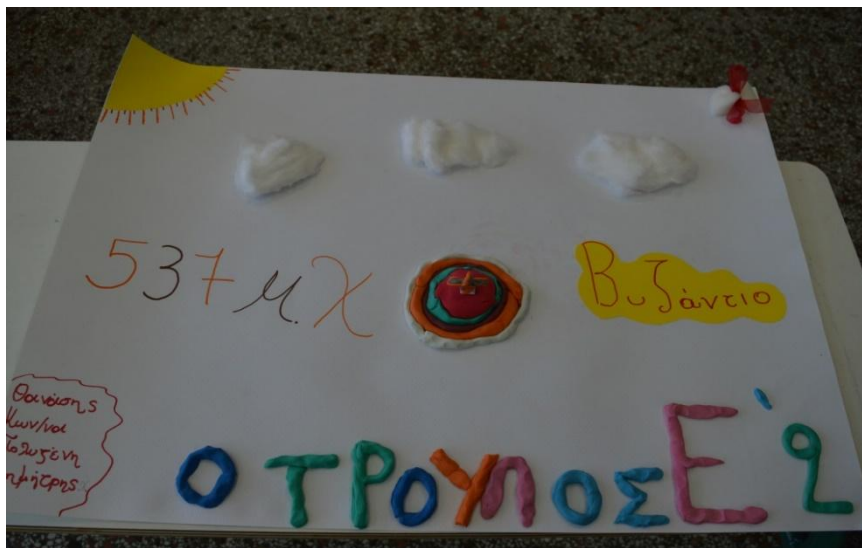
πρόβλημα. Σχεδίασε, δηλαδή, μια βρύση και ένα σπίτι και εξήγησε πως ένας άνθρωπος πρέπει να πάει να γεμίσει ένα μπουκάλι νερό στη βρύση για να γεμίσει ένα κουβά τριών λίτρων που υπάρχει στο σπίτι. Έγραψε στον πίνακα, πάνω από τα σχέδια, τους αριθμούς και έδειξε στους μαθητές ότι μπορεί ένα πρόβλημα να σχεδιαστεί στον πίνακα και να μοντελοποιηθεί. Με τις παρατηρήσεις και τον σχολιασμό για το αν αυτά αποτελούν μοντέλα κατέληξαν στον ορισμό της έννοιας «μοντέλο», ως αναπαράσταση ενός στόχου, μιας ιδέας και ότι υπάρχουν διαφορετικά είδη μοντέλων που το καθένα έχει έναν σκοπό. Στα πλαίσια της διαθεματικότητας και με στόχο την κατανόηση ότι η χρήση των μοντέλων έχει πολλές εφαρμογές, ζητήθηκε από τις ομάδες των μαθητών να κατασκευάσουν από ένα μοντέλο για διαφορετικό μάθημα. Κατασκευάστηκαν μοντέλα από τα μαθήματα των Μαθηματικών (εικόνα 6), της Ιστορίας (εικόνα 8), της Φυσικής(εικόνα 7), της Μουσικής και της Γλώσσας. Στόχος της επιλογής αυτών των μαθητών ήταν για να δείξει η εκπαιδευτικός, πως μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα μοντέλα ως εργαλεία αναπαράστασης ενός φαινομένου, ενός αντικειμένου ή μιας μαθηματικής πράξης. Στο τέλος, κάθε ομάδα σηκώθηκε να παρουσιάσει το μοντέλο της στην υπόλοιπη τάξη και να τους εξηγήσει για ποιο λόγο έφτιαξαν έτσι την κατασκευή και τι ήθελαν να δείξουν.



Εικόνα 6: Μοντέλο μαθηματικών: Κλάσματα



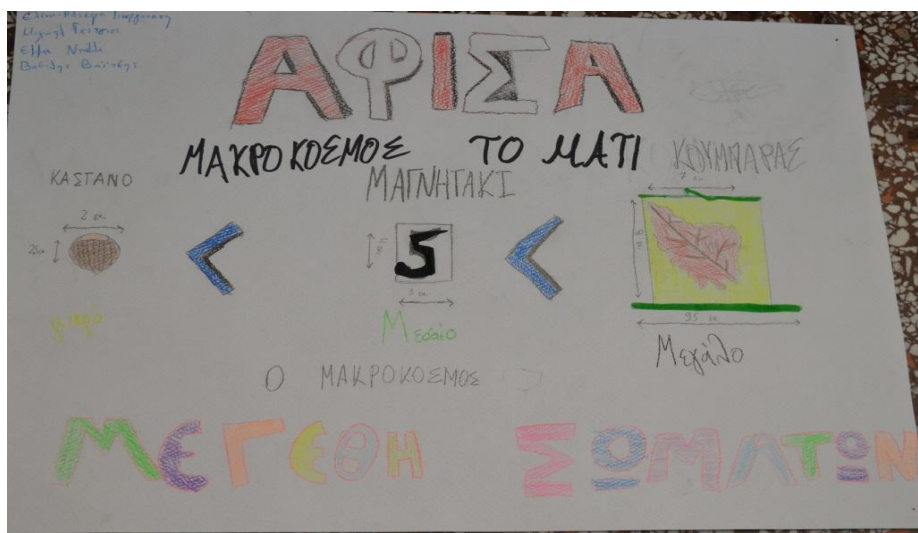
Εικόνα 7: Μοντέλο φυσικής: Ροή της θερμότητας



Εικόνα 8: Μοντέλο ιστορίας: Τρούλος Αγίας Σοφίας

Στο 2^ο δίωρο οι μαθητές χρησιμοποίησαν τα μοντέλα ως εργαλεία αναπαράστασης του μακρόκοσμου. Η βασική δραστηριότητα του μαθήματος ήταν να βγουν έξω από την τάξη, ώστε να έρθουν σε επαφή με αντικείμενα από την καθημερινότητά τους. Οι πέντε ομάδες έπρεπε να πάνε σε πέντε διαφορετικά μέρη. Μια ομάδα έμεινε στην τάξη, μια πήγε στο γραφείο των εκπαιδευτικών, μια στο προαύλιο, μια στο παρκάκι δίπλα από το σχολείο και σε μια άλλη τάξη του σχολείου. Έπρεπε να μαζέψουν τρία αντικείμενα διαφορετικού μεγέθους, ένα μικρό, ένα μεσαίο και ένα μεγάλο. Στο φύλλο εργασίας η εκπαιδευτικός ζητούσε από τους μαθητές να μετρήσουν με τον χάρακα τα αντικείμενα που βρήκαν. Έπρεπε οι μαθητές να μοντελοποιήσουν στο

χαρτόνι τα αντικείμενά τους, είτε μεγαλύτερα από την πραγματικότητα είτε μικρότερα. Η εκπαιδευτικός τόνισε στους μαθητές πως θα έπρεπε να μοντελοποιήσουν τα αντικείμενα με γνώμονα είτε να τα περιγράψουν, είτε να μαθαίνουν κάτι από αυτά, είτε να δείξουν πώς μοιάζουν αυτά (εικόνα 9 & 10). Στη συνέχεια, αφού τα μέτρησαν, έφτιαξαν τα μοντέλα τους σε ένα χαρτόνι μέσα από μια γκάμα υλικών. Τέλος, παρουσίασαν τα μοντέλα τους στους συμμαθητές τους και στην εκπαιδευτικό τους. Μετά την παρουσίαση, η εκπαιδευτικός εισήγαγε τη λέξη «μακρόκοσμος» στους μαθητές για να χαρακτηρίσει τα αντικείμενα που έφτιαξαν. Λαμβάνοντας ως αφορμή τα διαφορετικά μεγέθη των αντικειμένων που παρουσίασαν, ένταξε τους μαθητές σε έναν μικρότερο κόσμο που θα ανακαλύψουν στο επόμενο μάθημα τον «μικρόκοσμο».



Εικόνα 96: Μοντέλο τριών αντικειμένων του μακρόκοσμου



Εικόνα 10: Κατασκευή μοντέλου του μακρόκοσμου

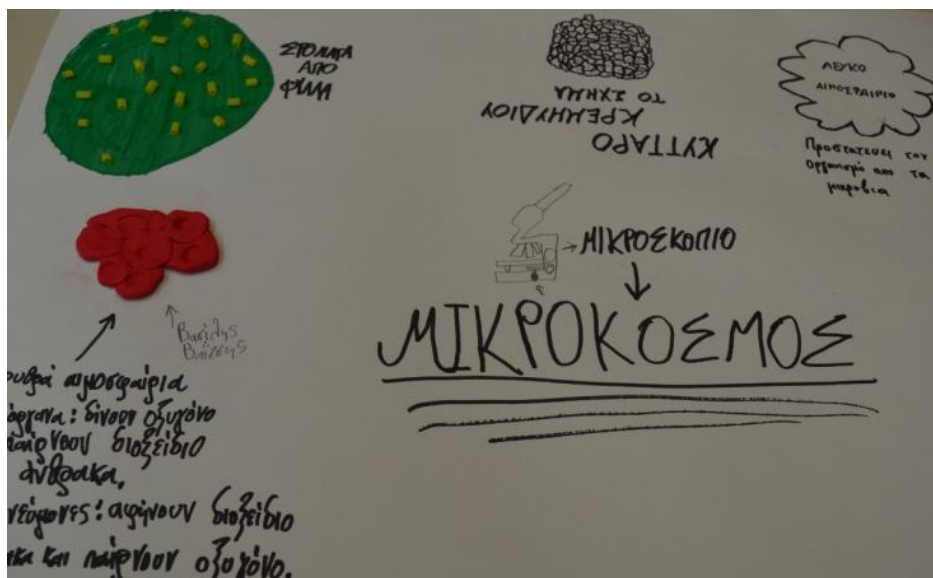
Στο 3^ο δίωρο οι μαθητές ήρθαν σε επαφή με τον μικρόκοσμο. Η εκπαιδευτικός χρησιμοποίησε την διδακτική μέθοδο jigsaw. Οι μαθητές ξεκίνησαν χωρισμένοι στις αρχικές τους ομάδες, ομάδες σύνθεσης, (home groups), η εκπαιδευτικός διόρισε έναν αρχηγό από την κάθε ομάδα, και τους έβγαλε έξω από την τάξη για να τους δώσει τα φύλλα εργασίας και παρατήρησης. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν οι ομάδες ειδικευσης (expert groups), από ένα μαθητή κάθε ομάδας, και παρατήρησαν μέσα από οπτικό μικροσκόπιο κύτταρα κρεμμυδιού, στόματα φύλλων, ερυθρά και λευκά αιμοσφαίρια. Για να παρατηρήσουν τον μικρόκοσμο η εκπαιδευτικός έδειξε στους μαθητές διάφορα μοντέλα είτε στο φύλλο εργασιών τους είτε στον υπολογιστή όπου είδαν ψηφιακά μοντέλα (εικόνα 11). Ύστερα, κατευθύνονται πάλι οι μαθητές προς τις ομάδες σύνθεσης με σκοπό να πουν στα υπόλοιπα μέλη της ομάδας τους τι έμαθαν για το αντικείμενο του μικρόκοσμου που παρατήρησαν στις ομάδες ειδικευσης. Με τη μέθοδο jigsaw κάθε μέλος της ομάδας κατασκεύασε το μοντέλο του αντικειμένου που παρατήρησε ως προς το σχήμα ή τη λειτουργία του και κάθε ομάδα παρουσίασε μια αφίσα με το σύνολο των μοντέλων των τεσσάρων ομάδων ειδικευσης (εικόνα 12 & 13).



Εικόνα 11: Παρατήρηση του μικρόκοσμου στο οπτικό μικροσκόπιο



Εικόνα 12: Κατασκευή μοντέλου του μικρόκοσμου



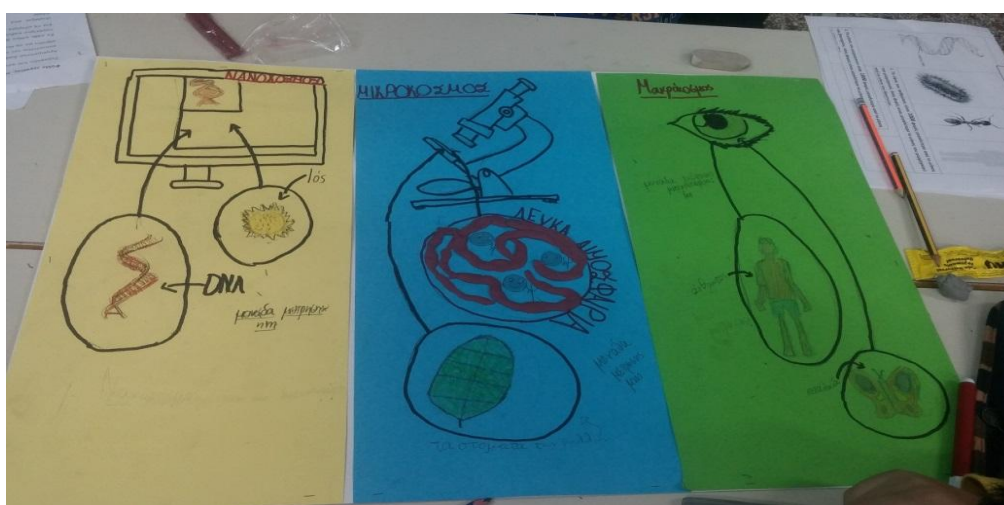
Εικόνα 13: Μοντέλο αντικειμένων του μικρόκοσμου

Στο 4^ο δίωρο έγινε η γνωριμία με τον νανόκοσμο μέσα από video «Do you know what does nano mean?» που παρακολούθησαν. Δόθηκε έμφαση στον διαχωρισμό των τριών κόσμων με βάση το μέσο/όργανο παρατήρησής τους. Οι μαθητές καταλαβαίνουν ότι τον νανόκοσμο τον παρατηρούμε με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο και αφού δεν μπορούμε να το έχουμε μέσα στην τάξη, χρησιμοποιούμε τα μοντέλα για να παρατηρήσουμε τον κόσμο που δεν βλέπουμε. Η εκπαιδευτικός έδωσε στους μαθητές φύλλα εργασίας με διάφορα αντικείμενα από τους τρεις κόσμους για να γνωρίσουν πόσο μικρός είναι ο νανόκοσμος σε σχέση με τους άλλους κόσμους και ιδιαίτερα τον μακρόκοσμο. Σε αυτό το σημείο οι μαθητές ήρθαν πρώτη φορά σε

επαφή με τα μοντέλα του νανόκοσμου. Κάθε ομάδα κατασκεύασε μια αφίσα, μοντελοποιώντας τους τρεις κόσμους (εικόνα 14 & 15), με σκοπό να αντιληφθούν τη διαφορά των μεγεθών ανάμεσα στους τρεις κόσμους, και τις παρουσίασαν στην τάξη.



Εικόνα 14: Κατασκευή μοντέλου των τριών κόσμων



Εικόνα 157: Μοντέλο των τριών κόσμων

Στο 5^ο δίωρο ήρθαν σε πρώτη επαφή με τα φαινόμενα της νανοτεχνολογίας παρακολουθώντας video για τα φίλτρα νερού και τη λειτουργία τους στον καθαρισμό του νερού από καθετί, ακόμα και από ιούς και βακτήρια. Οι μαθητές έμαθαν πώς γίνεται ο καθαρισμός του νερού από το νανόφιλτρο και με ποιο τρόπο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα φαινόμενα της Νανοτεχνολογίας για να καλυτερεύσουμε τη

ζωή μας. Κάθε ομάδα κατασκεύασε ένα μοντέλο φίλτρου νερού δίνοντας έμφαση στη λειτουργία του (εικόνα 16). Μοντελοποίησε τα βακτήρια και τους ιούς με πέτρες και χαλίκια διαφορετικού μεγέθους και το φίλτρο με τούλι και βαμβάκι (εικόνα 17 & 18). Στο τέλος, έγινε παρουσίαση στην τάξη για να δουν οι μαθητές με ποιο τρόπο η κάθε ομάδα σκέφτηκε πως μοιάζει και πώς δουλεύει το νανόφιλτρο.



Εικόνα 16: Κατασκευή μοντέλου νανόφιλτρου

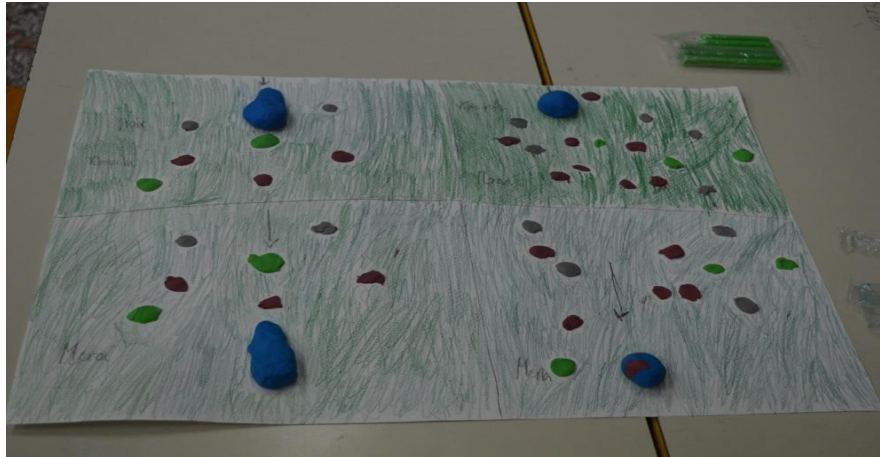


Εικόνα 8: Κατασκευή μοντέλου νανόφιλτρου



Εικόνα 189: Μοντέλο νανόφιλτρου

Στο **6^ο δίωρο** παρατήρησαν το φαινόμενο της υδροφοβικότητας διαφορετικών υλικών (φαινόμενο του λωτού) μέσα από τον πειραματισμό. Έριξαν σταγόνες νερού σε κεραμίδια φύλλα κουνουπιδιού, λάχανα, μαρούλια, ξύλο και νανοξύλο. Κατέγραψαν τις διαφορετικές αντιδράσεις του νερού σε κάθε μία. Στη συνέχεια, παρακολούθησαν φωτογραφίες και μοντέλα από το φαινόμενο του λωτού για να παρατηρήσουν τις διαφορετικές σταγόνες και πότε μια επιφάνεια είναι υδροφοβική ή super υδροφοβική. Εκείνη τη στιγμή η εκπαιδευτικός εξήγησε πάλι στους μαθητές ότι τα αντικείμενα του νανόκοσμου τα παρατηρούμε με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, και επειδή είναι πολύ μεγάλο και ακριβό, δεν μπορούμε να το έχουμε μέσα στην τάξη, άρα χρησιμοποιούμε τα μοντέλα για να παρατηρήσουμε τον νανόκοσμο. Μοντελοποίησε κάθε ομάδα το φαινόμενο είτε αναπαριστώντας την επιφάνεια των αντικειμένων στον νανόκοσμο, είτε τη λειτουργία του φαινομένου (εικόνα 19 & 20).



Εικόνα 19: Μοντέλο του φαινομένου του λωτού



Εικόνα 10: Κατασκευή μοντέλου του φαινομένου του λωτού

Σε κάθε διδασκαλία οι μαθητές είχαν στη διάθεσή τους υλικά (χαρτόνια, πλαστελίνη, διαφορετικά δοχεία, χρωματιστά μολύβια, σπάγγο κτλ) από τα οποία επέλεγαν τι τους είναι χρήσιμο κάθε φορά για την κατασκευή του μοντέλου τους.

2.2 Σκοπός της έρευνας και ερευνητικά ερωτήματα

Σκοπός της έρευνας είναι να μελετήσουμε την εξέλιξη των ιδεών μαθητών Δημοτικού Σχολείου σχετικά με το περιεχόμενο της N-ET και πιο συγκεκριμένα με τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων.

Ερευνητικά ερωτήματα:

1. Πώς εξελίχθηκαν οι γνώσεις των μαθητών για τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ;

2. Πώς εξελίχθηκαν οι γνώσεις των μαθητών για τη χρησιμότητα των μοντέλων;
3. Οι μαθητές αναγνωρίζουν την αξία της πολλαπλότητας των μοντέλων;

2.3 Συμμετέχοντες

Το δείγμα της έρευνας μας ήταν 20 μαθητές Ε' τάξης Δημοτικού Σχολείου της ευρύτερης περιοχής της Κοζάνης. Οι 10 από αυτούς είναι αγόρια και οι 10 κορίτσια.

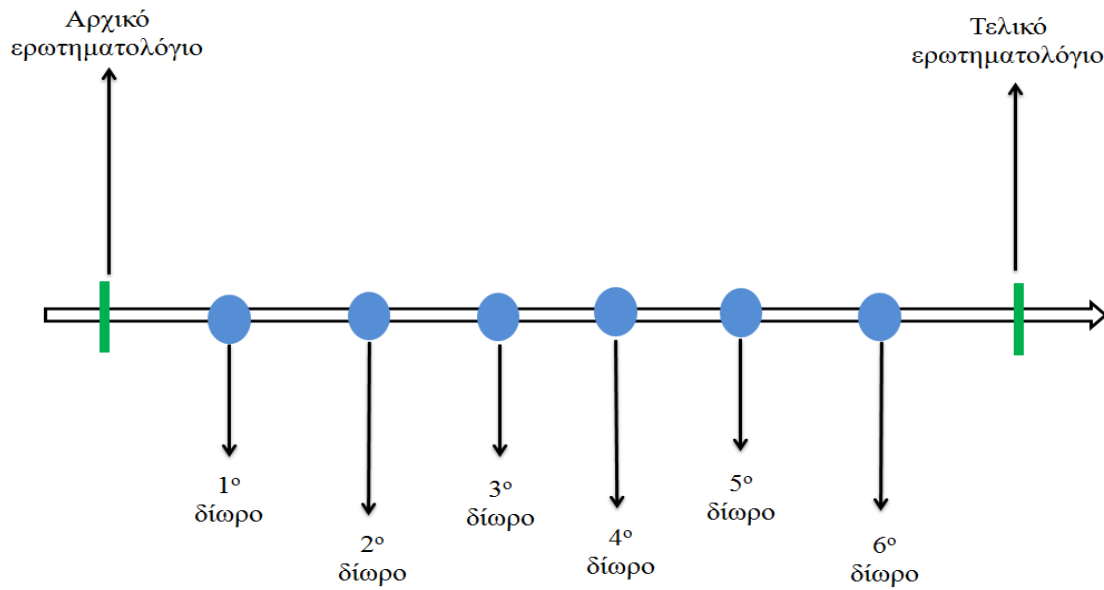
2.4 Μέσο και διαδικασία συλλογής δεδομένων

Μέσο συλλογής δεδομένων

Για τη συλλογή δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο το οποίο δόθηκε πριν και μετά την παρέμβαση (pre και post questionnaire). Το pre ερωτηματολόγιο είχε τρεις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου σχετικά με τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων και δόθηκε για συμπλήρωση στους μαθητές μια εβδομάδα πριν από τη διδακτική παρέμβαση. Στο post ερωτηματολόγιο προστέθηκαν δύο ακόμα ερωτήσεις σχετικά με την πολλαπλότητα των μοντέλων και συμπληρώθηκε από τους μαθητές μια εβδομάδα μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Διαδικασία συλλογής δεδομένων

Ζητήσαμε από την εκπαιδευτικό της τάξης να πραγματοποιήσει τη διαδικασία, καθώς η αποστολή των ερωτηματολογίων στο σχολείο έγινε ηλεκτρονικά. Οι μαθητές συμπλήρωσαν τα ερωτηματολόγια μόνοι τους, χωρίς καμία διευκρίνιση, ώστε να λάβουμε τις γνώσεις και απόψεις των μαθητών πάνω στη Νανοτεχνολογία. Η εκπαιδευτικός διευκρίνισε στους μαθητές, ότι δεν θα επηρεάσει το βαθμό της σχολικής τους επίδοσης και ότι είναι σημαντικό για εμάς να συμπληρωθούν όλες οι ερωτήσεις. Η συμπλήρωση του pre ερωτηματολογίου έγινε μια εβδομάδα πριν τη διδακτική παρέμβαση. Στη συνέχεια ακολούθησαν τα έξι δίωρα μαθήματα της εκπαιδευτικού σχετικά με το περιεχόμενο της N-ET, τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων. Μια εβδομάδα μετά τη διδακτική παρέμβαση δόθηκε το post ερωτηματολόγιο όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.



Εικόνα 21: Η πορεία της συλλογής δεδομένων και της διδακτικής παρέμβασης

2.5 Ερωτηματολόγια

Παρακάτω τίθενται οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου και ο σκοπός χρήσης κάθε μίας από αυτές:

Pre- ερωτηματολόγιο (pre – questionnaire)

Ερώτηση 1: Γράψε μία πρόταση, την πιο αντιπροσωπευτική για σένα, που να περιέχει τη λέξη μοντέλο.

Με αυτή την ερώτηση θέλαμε να εκτιμήσουμε τι γνωρίζουν οι μαθητές για τη φύση των μοντέλων.

Ερώτηση 2: Παρακάτω βλέπεις μια κατασκευή που παριστάνει ένα μάτι. Σε τι νομίζεις ότι μας χρησιμεύει αυτή η κατασκευή;

Η ερώτηση αυτή τέθηκε για να εξετάσουμε κατά πόσο οι μαθητές γνωρίζουν για τη ρόλο των μοντέλων ως εργαλείο περιγραφής, μάθησης, κατανόησης, μεταφοράς πληροφοριών.

Ερώτηση 3: Πώς θα ονόμαζες την παραπάνω κατασκευή;

Με αυτή την ερώτηση θέλαμε να εκτιμήσουμε τι γνωρίζουν οι μαθητές για την αναπαραστατική φύση των μοντέλων.

Post- ερωτηματολόγιο (post – questionnaire)

Οι ερωτήσεις 1,2 και 3 είναι οι ίδιες στο pre και στο post ερωτηματολόγιο, οπότε ο σκοπός χρήσης κάθε ερώτησης παραμένει ο ίδιος. Στο post ερωτηματολόγιο προστίθενται οι ερωτήσεις 4 και 5 όπου σχετίζονται με το ρόλο των μοντέλων και την πολλαπλότητα αντίστοιχα.

Ερώτηση 1: Γράψε μία πρόταση, την πιο αντιπροσωπευτική για σένα, που να περιέχει τη λέξη μοντέλο.

Με αυτή την ερώτηση θέλαμε να εκτιμήσουμε τι γνωρίζουν οι μαθητές για τη φύση των μοντέλων.

Ερώτηση 2: Παρακάτω βλέπεις μια κατασκευή που παριστάνει ένα μάτι. Σε τι νομίζεις ότι μας χρησιμεύει αυτή η κατασκευή;

Η ερώτηση αυτή τέθηκε για να εξετάσουμε κατά πόσο οι μαθητές γνωρίζουν για τη ρόλο των μοντέλων ως εργαλείο περιγραφής, μάθησης, κατανόησης, μεταφοράς πληροφοριών.

Ερώτηση 3: Πώς θα ονόμαζες την παραπάνω κατασκευή;

Με αυτή την ερώτηση θέλαμε να εκτιμήσουμε τι γνωρίζουν οι μαθητές για την αναπαραστατική φύση των μοντέλων.

Ερώτηση 4: Παρακάτω βλέπεις ένα μοντέλο το οποίο αναπαριστά το φαινόμενο του λωτού. Σε τι μας βοηθάει αυτό το μοντέλο;

Η ερώτηση αυτή τέθηκε για να εξετάσουμε κατά πόσο οι μαθητές γνωρίζουν για τη ρόλο των μοντέλων ως εργαλείο περιγραφής, μάθησης, κατανόησης, μεταφοράς πληροφοριών.

Ερώτηση 5: Παρακάτω φαίνονται και άλλα μοντέλα για το φαινόμενο του λωτού. Χρειάζεται να υπάρχουν διαφορετικά μοντέλα για το ίδιο φαινόμενο; Αιτιολόγησε την απάντησή σου.

Στην ερώτηση αυτή θέλουμε να διερευνήσουμε αν οι μαθητές μετά την παρέμβαση θεωρούν πως πρέπει να υπάρχουν διαφορετικά μοντέλα για το ίδιο φαινόμενο επειδή παρέχουν διαφορετικές πληροφορίες ή/και χρειάζονται επειδή ο καθένας κατανοεί με διαφορετικό τρόπο τις πληροφορίες.

2.6 Διαδικασία ανάλυσης δεδομένων

Ανάλυση ερωτηματολογίων

Αφού συγκεντρώσαμε τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια, δώσαμε στο καθένα από αυτά έναν αύξοντα αριθμό από το 1 έως το 20. Έτσι, υπήρχε η δυνατότητα να επιλέγουμε το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο, κατά την επεξεργασία των δεδομένων. Στην αρχή, έγινε ακριβής καταγραφή των απαντήσεων των ερωτηματολογίων των μαθητών. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η κατηγοριοποίηση των απαντήσεων κάθε ερώτησης με top-down ανάλυση. Αρχικά, ένας ερευνητής ταξινόμησε τις απαντήσεις των μαθητών στα επίπεδα κατανόησης όπως περιγράφονται στη συνέχεια. Έπειτα έγινε η διασταύρωση των απαντήσεων από δύο ανεξάρτητους ερευνητές. Οι ανεξάρτητοι ερευνητές κλήθηκαν να ταξινομήσουν τις απαντήσεις των μαθητών στα επίπεδα, σε ένα κατάλληλα δομημένο φύλλο Excel, με βάση τον ορισμό που δίνεται για την κάθε επίπεδο. Για την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών βασιστήκαμε στα επίπεδα κατανόησης που σχηματίστηκαν από τον Ζουπίδη (2012), τα οποία εμπλουτίσαμε και τροποποιήσαμε. Ο λόγος που επιλέξαμε τα συγκεκριμένα επίπεδα είναι επειδή και οι δύο έρευνες στόχευαν στην ίδια ηλικιακή ομάδα. Επιπλέον επειδή βρέθηκαν απαντήσεις στα ερωτηματολόγια των μαθητών που δεν υπήρχαν αντίστοιχες στα ερωτηματολόγια της έρευνας του Ζουπίδη, για αυτό τον λόγο εμπλουτίσαμε τα επίπεδα μας. Για κάθε ερώτημα τα επίπεδα κατανόησης είναι δύο (E1,E0).

Κατηγοριοποίηση απαντήσεων των ερωτηματολογίων

Ερώτηση 1: Γράψε μία πρόταση, την πιο αντιπροσωπευτική για σένα, που να περιέχει τη λέξη μοντέλο.

Στο E1 εντάσσουμε απαντήσεις στις οποίες δηλώνεται ότι ένα μοντέλο είναι μια αναπαράσταση ενός στόχου, είτε δηλώνεται άμεσα είτε έμμεσα. Επίσης, εντάσσονται απαντήσεις που δηλώνουν τη χρησιμότητα του μοντέλου και όταν δίνουν παραδείγματα μοντέλων. Στο E0, εντάσσουμε απαντήσεις στις οποίες δεν αναγνωρίζεται το μοντέλο ως αναπαράσταση. Πιο συγκεκριμένα στο E0 εντάσσονται α) απαντήσεις στις οποίες οι μαθητές φαίνεται πως θεωρούν το μοντέλο ως αντίγραφο του στόχου ή όταν χρησιμοποιούν λέξεις που δηλώνουν πιστό αντίγραφο π.χ. «ολοίδιος», β) απαντήσεις που συνδέουν το μοντέλο με την πραγματικότητα ή με την ψυχαγωγία ή με την αισθητική. Επίσης στο E0 εντάσσουμε απαντήσεις οι οποίες δεν περιλαμβάνουν περιεχόμενο (κενό) ή δηλώνουν άγνοια ή είναι ασαφείς ή περιλαμβάνουν ταυτολογίες σε σχέση με την ερώτηση.

Ερώτηση 2: Παρακάτω βλέπεις μια κατασκευή που παριστάνει ένα μάτι. Σε τι νομίζεις ότι μας χρησιμεύει αυτή η κατασκευή;

Στην ερώτηση 2 ακολουθήσαμε επίσης την κατηγοριοποίηση του Ζουπίδη (2011). Στο E1 εντάσσουμε απαντήσεις στις οποίες το μοντέλο του ματιού θεωρείται εργαλείο για τη μάθηση και την κατανόηση των συστατικών του ή/και της λειτουργίας του, και στις οποίες αναφέρεται η χρήση του ως μέσο μεταφοράς πληροφοριών. Στο E0 εντάσσουμε απαντήσεις που δεν θεωρούν την κατασκευή του ματιού που φαίνεται στην ως εργαλείο μάθησης και κατανόησης. Επίσης στο E0, στην οποία εντάσσουμε απαντήσεις που δεν περιλαμβάνουν περιεχόμενο (κενό) ή δηλώνουν άγνοια ή είναι ασαφείς ή είναι ταυτολογίες.

Ερώτηση 3: Πώς θα ονόμαζες την παραπάνω κατασκευή;

Στην ερώτηση 3 ακολουθούμε επίσης την κατηγοριοποίηση που προτείνει ο Ζουπίδης (2011). Στο E1 εντάσσουμε απαντήσεις στις οποίες το όνομα που αποδίδεται στο μοντέλο του ματιού δείχνει ότι ο μαθητής αντιλαμβάνεται την κατασκευή ως αναπαράσταση ενός ματιού και τη διαφοροποιεί από την πραγματικότητα. Στο E0 εντάσσουμε απαντήσεις στις οποίες γίνεται χρήση μιας ονομασίας που δε δηλώνει αναπαράσταση, αλλά αναφέρεται στην πραγματικότητα. Επίσης στην E0, στην οποία εντάσσουμε απαντήσεις που δεν περιλαμβάνουν περιεχόμενο (κενό) ή δηλώνουν άγνοια ή είναι ασαφείς ή είναι ταυτολογίες.

Ερώτηση 4: Παρακάτω βλέπεις ένα μοντέλο το οποίο αναπαριστά το φαινόμενο του λωτού. Σε τι μας βοηθάει αυτό το μοντέλο;

Όσον αφορά την ερώτηση 4 για την ανάλυση των απαντήσεων βασιστήκαμε στα ίδια επίπεδα κατανόησης με την Ερώτηση 2. Θεωρούμε ότι τα επίπεδα είναι κοινά καθώς και τις δύο περιπτώσεις οι μαθητές καλούνται να αναγνωρίσουν την χρησιμότητα ενός μοντέλου.

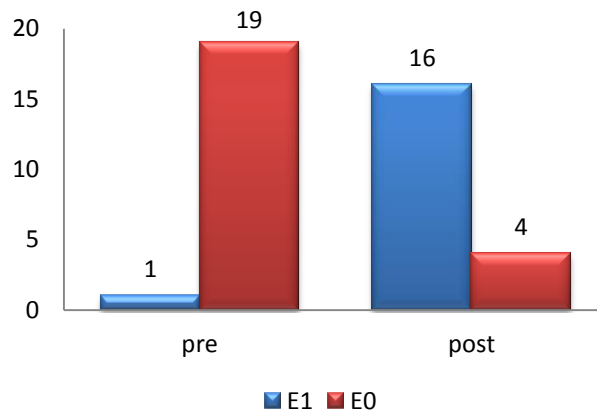
Ερώτηση 5: Παρακάτω φαίνονται και άλλα μοντέλα για το φαινόμενο του λωτού. Χρειάζεται να υπάρχουν διαφορετικά μοντέλα για το ίδιο φαινόμενο; Αιτιολόγησε την απάντησή σου.

Για το ερώτημα αυτό αναδεικνύονται δύο επίπεδα. Στο E1 εντάσσονται απαντήσεις στις οποίες ανιχνεύονται απαντήσεις όπου δηλώνουν ότι τα πολλαπλά μοντέλα μας παρέχουν διαφορετικές πληροφορίες και διαφορετικά πλεονεκτήματα. Επίσης αν μας αναφέρουν ότι χρειαζόμαστε διαφορετικά μοντέλα επειδή ο καθένας κατανοεί με διαφορετικό τρόπο τις πληροφορίες. Στο E0 εντάσσονται απαντήσεις που έχουν έλλειψη ΜΑ για τη χρησιμότητα διαφορετικών μοντέλων ή αποτελούν ταυτολογίες προς την ερώτηση ή είναι ασαφής ή δεν περιλαμβάνουν περιεχόμενο.

Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την επεξεργασία των δεδομένων. Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο τα αποτελέσματα των απαντήσεων των ερωτηματολογίων προκύπτουν από τα επίπεδα ανάλυσης του Ζουπίδη (2012).

Ερώτηση 1: Γράψε μία πρόταση, την πιο αντιπροσωπευτική για σένα, που να περιέχει τη λέξη μοντέλο.



Γράφημα 1: Απαντήσεις στην Ερώτηση 1

| | |
|------------|--|
| E1: | Δηλώνεται είτε άμεσα είτε έμμεσα το μοντέλο ως αναπαράσταση ενός στόχου. Δηλώνεται η χρησιμότητα του μοντέλου ή δίνονται παραδείγματα μοντέλων. |
| E0: | Το μοντέλο θεωρείται ως αντίγραφο. Συνδέεται με την πραγματικότητα. |

Πίνακας 2: Επίπεδα απαντήσεων στην Ερώτηση 1

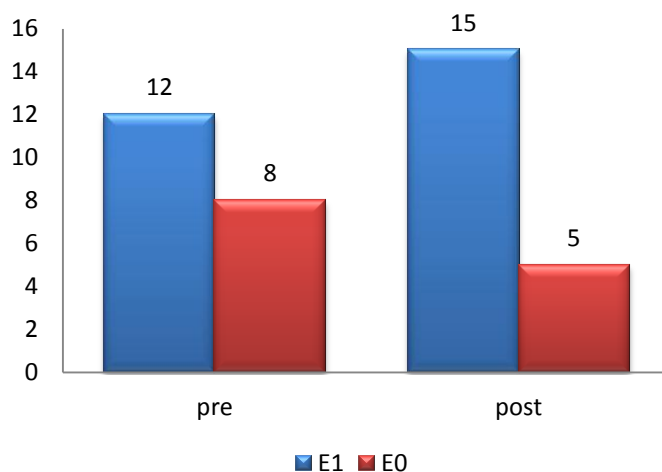
Στην πρώτη ερώτηση παρατηρούμε ότι 19 μαθητές στο ερωτηματολόγιο πριν από τη διδακτική παρέμβαση θεωρούν το μοντέλο ως αντίγραφο ή το συνδέουν με τη πραγματικότητα, για παράδειγμα «Τα μοντέλα είναι πλούσια και ευτυχισμένα». Μετά τη διδακτική παρέμβαση στο επίπεδο 1 ανήκουν 16 μαθητές όπου δηλώνουν είτε άμεσα είτε έμμεσα το μοντέλο ως αναπαράσταση ενός στόχου ή αναφέρουν τη

χρησιμότητα του μοντέλο ή δίνουν παραδείγματα μοντέλων όπως «Μοντέλο είναι μια κατασκευή που αναπαριστά ένα αντικείμενο».

| | | |
|------|----|--|
| PRE | E1 | «Ένα μοντέλο μπορεί να είναι και να είναι μια αντιπροσώπευση ενός ανθρώπινου οργάνου π.χ. μάτι, καρδιά, αυτιά, κόκκαλο» |
| | E0 | «Κατά τη γνώμη μου, δεν πιστεύω ότι είμαι όμορφη σαν μοντέλο, όμως, είμαι δημιουργική, έχω ομαδικό πνεύμα, είμαι δυνατή και μου αρέσουν τα καλλιτεχνικά» |
| POST | E1 | «Μοντέλο είναι αυτό που αναπαραστεί κάτι άλλο. Δηλαδή το μοντέλο μιας αφίσας» |
| | E0 | «Μοντέλο είναι ένα έργο τέχνης όπως ένας πίνακας μια ζωγραφιά. Οτιδήποτε μπορείς να το αναπαραστήσεις» |

Πίνακας 3: Παραδείγματα απαντήσεων στην Ερώτηση 1

Ερώτηση 2: Παρακάτω βλέπεις μια κατασκευή που παριστάνει ένα μάτι. Σε τι νομίζεις ότι μας χρησιμεύει αυτή η κατασκευή;



Γράφημα 2: Απαντήσεις στην Ερώτηση 2

| | |
|------------|---|
| E1: | Το μοντέλο θεωρείται ως εργαλείο μάθησης, κατανόησης, μεταφοράς πληροφοριών |
| E0: | Οτιδήποτε διαφορετικό από το E1 |

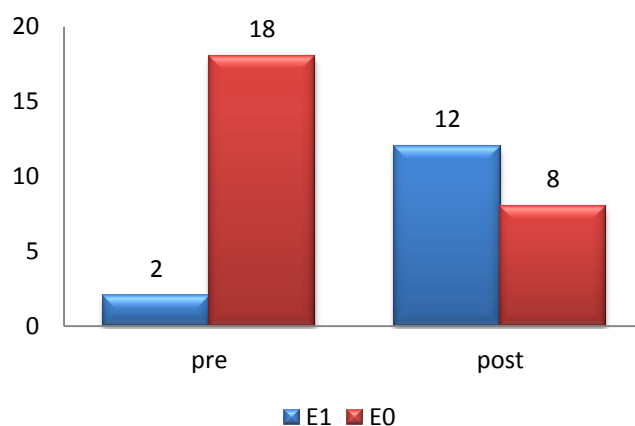
Πίνακας 4: Επίπεδα απαντήσεων στην Ερώτηση 2

Στην δεύτερη ερώτηση στα pre ερωτηματολόγια μόνο οι 12 μαθητές θεωρούν ότι το μοντέλο είναι εργαλείο μάθησης, κατανόησης και μεταφοράς πληροφοριών ενώ οι υπόλοιποι έδιναν διαφορετικές απαντήσεις όπως «Εγώ αυτή την κατασκευή θα τη χρησιμοποιούσα σαν στολίδι για το σπίτι μου». Στα post ερωτηματολόγια οι μαθητές στο επίπεδο 1 ήταν 15 δίνοντας απαντήσεις «Νομίζω ότι μας χρησιμεύει στο να βλέπουμε το μάτι μας εσωτερικά και εξωτερικά σε κάθε λεπτομέρεια».

| | | |
|-------------|-----------|--|
| <i>PRE</i> | E1 | «Εγώ νομίζω πως είναι χρήσιμη για να βλέπουμε τα όργανα που έχουμε στα μάτια όταν έχουμε τέλος πάντων μια αρρώστια στα μάτια» |
| | E0 | «Εγώ αυτή την κατασκευή θα τη χρησιμοποιούσα σαν στολίδι για το σπίτι μου» |
| <i>POST</i> | E1 | «Μας χρησιμεύει στο να μπορούμε να δούμε το μάτι μας πιο καθαρά και να δούμε όλες τις ουσίες που περιέχει το μάτι μας για το πώς δουλεύει» |
| | E0 | «Νομίζω πως αυτή η κατασκευή μας χρησιμεύει στο να βλέπουμε πολύ μακριά» |

Πίνακας 5: Παραδείγματα απαντήσεων στην Ερώτηση 2

Ερώτηση 3: Πώς θα ονόμαζες την παραπάνω κατασκευή;



Γράφημα 3: Απαντήσεις στην Ερώτηση 3

| | |
|------------|---|
| E1: | Το όνομα παραπέμπει σε αναπαράσταση |
| E0: | Το όνομα παραπέμπει στην πραγματικότητα |

Πίνακας 6: Επίπεδα απαντήσεων στην Ερώτηση 3

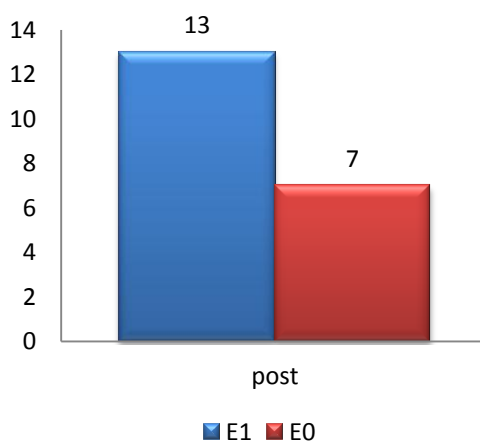
Στην τρίτη ερώτηση μεγάλος αριθμός των μαθητών ,δηλαδή 18, πριν από την παρέμβαση δίνουν στο μοντέλο όνομα που παραπέμπει σε αναπαράσταση όπως «Κύκλωπας: Το μάτι του μικρόκοσμου». Μετά την παρέμβαση 12 μαθητές δίνουν στο μοντέλο όνομα που παραπέμπει σε αναπαράσταση, για παράδειγμα, «Θα την ονόμαζα ένα μοντέλο ενός ματιού».

| | | |
|-------------|-----------|---|
| PRE | E1 | «Θα την ονόμαζα ένα μοντέλο ενός ματιού» |
| | E0 | «Κύκλωπας: Το μάτι του μικρόκοσμου» |
| POST | E1 | «Την παρακάτω κατασκευή θα την ονόμαζα μοντέλο» |
| | E0 | «Βιονικό μάτι παρακολούθησης (για να βλέπουμε πως είναι το μάτι)» |

Πίνακας 7: Παραδείγματα απαντήσεων στην Ερώτηση 3

Υπενθυμίζεται ότι οι ερωτήσεις 4 και 5 υπήρχαν μόνο στα post ερωτηματολόγια.

Ερώτηση 4: Παρακάτω βλέπεις ένα μοντέλο το οποίο αναπαριστά το φαινόμενο του λωτού. Σε τι μας βοηθάει αυτό το μοντέλο;



Γράφημα 4: Απαντήσεις στην Ερώτηση 4

| | |
|------------|--|
| E1: | Το μοντέλο θεωρείται ως εργαλείο μάθησης, κατανόησης, μεταφοράς πληροφοριών. |
| E0: | Οτιδήποτε διαφορετικό από το E1 |

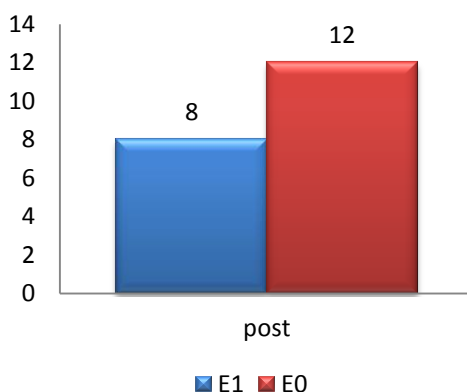
Πίνακας 8: Επίπεδα απαντήσεων στην Ερώτηση 4

Στην τέταρτη ερώτηση οι 13 μαθητές θεωρούν το μοντέλο ως εργαλείο μάθησης, κατανόησης και μεταφοράς πληροφοριών με απαντήσεις όπως «Για να δούμε ότι το νερό όταν πέφτει μαζεύει τους ιούς και τα μικρόβια. Και επίσης ότι κάποιες φορές οι σταγόνες είναι στρογγυλές και μερικές όχι». Ενώ μόνο 7 μαθητές δεν το θεωρούν αυτό δίνοντας απαντήσεις της τάξης «Μας βοηθάει να καθαρίζει βρωμιές»

| | | |
|-------------|-----------|--|
| <i>POST</i> | E1 | «Αυτό το μοντέλο μας βοηθάει να καταλάβουμε αν ένα σώμα είναι υδροφιλές, υδρόφοβο, σούπερ υδροφιλές ή σούπερ υδρόφοβο ανάλογα με το σχήμα της σταγόνας του νερού» |
| | E0 | «Βλέπουμε μια σταγόνα νερού και ένα φύλλο που έχει μικρόβια και τα μαζεύει. Πιστεύω πως μας βοηθάει όταν ένας άνθρωπος είναι άρρωστος και παίρνει φάρμακα και μαζεύει τη σταγόνα έτσι και η σταγόνα του νερού» |

Πίνακας 9: Παραδείγματα απαντήσεων στην Ερώτηση 4

Ερώτηση 5: Παρακάτω φαίνονται και άλλα μοντέλα για το φαινόμενο του λωτού. Χρειάζεται να υπάρχουν διαφορετικά μοντέλα για το ίδιο φαινόμενο; Αιτιολόγησε την απάντησή σου.



Γράφημα 5: Απαντήσεις στην Ερώτηση 5

| | |
|------------|---|
| E1: | Τα πολλαπλά μοντέλα παρέχουν διαφορετικές πληροφορίες ή/και χρειάζονται επειδή ο καθένας κατανοεί με διαφορετικό τρόπο τις πληροφορίες. |
| E0: | Οτιδήποτε διαφορετικό από το E1. |

Πίνακας 10: Επίπεδα απαντήσεων στην Ερώτηση 5

Στην πέμπτη ερώτηση μόνο οι 8 μαθητές θεωρούν ότι τα πολλαπλά μοντέλα παρέχουν διαφορετικές πληροφορίες ή/και χρειάζονται επειδή ο καθένας κατανοεί με διαφορετικό τρόπο τις πληροφορίες δίνοντας απαντήσεις όπως «Ναι γιατί μπορεί το δεύτερο μοντέλο να έχει περισσότερες πληροφορίες από το πρώτο». Αντίθετα περισσότεροι μαθητές ανήκουν στο επίπεδο 0 δηλώνοντας ότι δεν αναγνωρίζουν την αξία της πολλαπλότητας με απαντήσεις όπως «Δεν χρειάζεται να υπάρχουν διαφορετικά μοντέλα γιατί μπορεί και στο ένα να τα δούμε όλα». Τα αποτελέσματα αυτής της ερώτησης ήταν και τα πιο απογοητευτικά.

| | | |
|-------------|-----------|---|
| <i>POST</i> | E1 | «Πιστεύω πως ναι γιατί το πρώτο μοντέλο μας δείχνει κάτι άλλο ενώ το δεύτερο κάτι άλλο. Άρα πρέπει να υπάρχουν πολλά μοντέλα για να αναπαραστεί το κάθε μοντέλο τη δική του εικόνα» |
| | E0 | «Μπορούμε και εμείς να κατασκευάσουμε ένα μοντέλο με το φαινόμενο του λωτού που να έχει τη δυνατότητα να παρασύρει τις βρωμιές ή να τις ξεπερνάει υδρόφοβη ή υδρόφιλη» |

Πίνακας 11: Παραδείγματα απαντήσεων στην Ερώτηση 5

Σε όλες τις αναλύσεις των ερωτηματολογίων στο επίπεδο 0 προστίθενται απαντήσεις που είναι κενές, ασαφείς είτε δηλώνουν ταυτολογίες με την ερώτηση είτε δηλώνουν άγνοια.

Συμπεράσματα – Συζήτηση

Στην ενότητα αυτή επιχειρείται η εξαγωγή των συμπερασμάτων της έρευνας με βάση τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τους μαθητές. Αρχικά να επισημάνουμε πως η συγκεκριμένη ΔΜΑ έχει καινοτομικά χαρακτηριστικά γιατί εμπλέκεται το περιεχόμενο της Ν-ΕΤ με το περιεχόμενο των μοντέλων.

Το ερευνητικό ερώτημα το οποίο θα απαντηθεί αρχικά αφορά τις γνώσεις που αποκόμισαν οι μαθητές για τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων. Αξιοποιώντας τα αποτελέσματα παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών στις ερωτήσεις του post ερωτηματολογίου που είχαν σχέση με τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων απαντούν σωστά. Ενώ στην αρχή οι μαθητές δεν ήξεραν τι είναι μοντέλο στις φυσικές επιστήμες και πως μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε, μετά τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές ήταν σε θέση να γνωρίζουν. Μάλιστα τα πιο ενθαρρυντικά αποτελέσματα σημειώθηκαν στην κατανόηση των μαθητών για την αναπαραστατική φύση των μοντέλων. Ύστερα από την ανάλυση των post ερωτηματολογίων οι περισσότερες απαντήσεις που λάβαμε από τους μαθητές όταν τους ρωτούσαμε τι είναι μοντέλο είναι ότι δήλωναν είτε άμεσα είτε έμμεσα το μοντέλο ως αναπαράσταση ενός στόχου. Ακόμα, έδιναν απαντήσεις που δηλώνονταν η χρησιμότητα του μοντέλου ή έδιναν παραδείγματα μοντέλων. Επίσης, οι μαθητές μπορούσαν τα δώσουν σωστές απαντήσεις και σε διαφορετικά παραδείγματα μοντέλων δηλαδή και στο μοντέλο του ματιού και στο μοντέλο του φαινομένου του λωτού. Οι απαντήσεις που έδιναν οι μαθητές σχετίζονταν σε μεγάλο βαθμό με το εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποίησε η εκπαιδευτικός μέσα στην τάξη, γεγονός που δηλώνει ότι οι μαθητές ήταν ικανοί να κάνουν τη σύνδεση αυτού με τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου και τις γνώσεις που απέκτησαν. Ακόμα, κάποιοι μαθητές συνειδητοποίησαν ότι η λέξη μοντέλο έχει διάφορες έννοιες για αυτό στην απάντησή τους εξηγούσαν τι είναι μοντέλο στην πραγματικότητα και τι στην καθημερινή τους ζωή. Στη συνέχεια της απάντησης του ερευνητικού αυτού ερωτήματος εξετάζουμε τις ονομασίες που έδωσαν οι μαθητές στα μοντέλα. Στα post ερωτηματολόγια οι περισσότεροι μαθητές έδιναν ονομασίες που δήλωναν τα μοντέλα ως εργαλείο μάθησης, κατανόησης, μεταφοράς πληροφοριών. Πολύ λιγότεροι ήταν οι μαθητές που έδιναν ονομασίες που σχετίζονταν τα μοντέλα με την πραγματικότητα ενώ πολλοί μαθητές έμαθαν ότι όταν ονομάζουμε ένα μοντέλο πρέπει στην ονομασία να χρησιμοποιούμε τη λέξη μοντέλο.

Σχετικά με το τι έμαθαν οι μαθητές για τη χρησιμότητα των μοντέλων μπορούμε να πούμε ύστερα από την ανάλυση των απαντήσεων των ερωτηματολογίων ότι οι μαθητές αντιλήφθηκαν τον τρόπο που χρησιμοποιούμε τα μοντέλα. Η ερώτηση που τους θέσαμε για να ερευνήσουμε αυτό το ερώτημα ήταν σε τι μας βοηθάει το φαινόμενο του λωτού. Το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών απάντησε πως το συγκεκριμένο μοντέλο μας βοηθάει να μάθουμε το φαινόμενο του λωτού ή να εξηγήσουμε σε κάποιον το φαινόμενο του λωτού. Επίσης υπήρχαν απαντήσεις που βλέποντας το μοντέλο μας εξηγούσαν αν το φύλλο είναι υδρόφοβο ή υδρόφιλο ανάλογα με το πόσο σφαιρική ήταν η σταγόνα.

Όσον αφορά το ερώτημα αν οι μαθητές αναγνωρίζουν την αξία της πολλαπλότητας των μοντέλων το ποσοστό των θετικών απαντήσεων ήταν μικρότερο από των αρνητικών αφού οι περισσότεροι μαθητές θεωρούν πως δεν χρειάζεται να έχουμε διαφορετικά μοντέλα για το ίδιο αντικείμενο ή φαινόμενο. Η ερώτηση αυτή είχε τα πιο αποθαρρυντικά αποτελέσματα αφού ελάχιστοι μαθητές δήλωσαν ότι τα πολλαπλά μοντέλα παρέχουν διαφορετικές πληροφορίες ή/και χρειάζονται επειδή ο καθένας κατανοεί με διαφορετικό τρόπο τις πληροφορίες. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι μέσω της διδασκαλίας της εκπαιδευτικού οι μαθητές δεν αντιλήφθηκαν την αξία της πολλαπλότητας των μοντέλων. Μια υπόθεση ώστε να εξηγήσουμε το εύρημα αυτό θα μπορούσε να αποτελέσει το γεγονός ότι η εκπαιδευτικός δεν αφιέρωσε σημαντικό διδακτικό χρόνο στην αξία της πολλαπλότητας των μοντέλων για το ίδιο φαινόμενο, η επιβεβαίωση ή μη της υπόθεσης προτείνεται ως αντικείμενο μιας περαιτέρω έρευνας.

Βέβαια, το δείγμα της έρευνας ήταν μικρό, μόλις είκοσι μαθητές. Επίσης θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μια νέα παρέμβαση που να εμπλέκει το περιεχόμενο της N-ET με όψεις της μοντελοποίησης έτσι ώστε να εξετάσουμε το κατά πόσο θα βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν για την αναπαραστατική φύση των μοντέλων καθώς και τον ρόλο τους.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Οι βιβλιογραφικές αναφορές που έχουν εκθέτη ⁽¹⁾ είναι πρωτογενείς πηγές.

Bhushan, B. (2007). Adhesion of multi-level hierarchical attachment systems in gecko feet. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 21 (12-13), 1213-1258.

Cheng, Y. T., & Rodak, D. E. (2005). Is the lotus leaf superhydrophobic? *Applied physics letters*, 86 (14), 144101

Daly, S., & Bryan, L. (2007). Models of nanoscale phenomena as tools for engineering design and science inquiry. In *Proceedings of the American Society for Engineering Education*.

Danusso, L., Testa, I., Vicentini, M. (2010). Improving Prospective Teachers' Knowledge about Scientific Models and Modelling: Design and evaluation of a teacher education intervention. *International Journal of Science Education* 32(7), 871–905.

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

Gilbert, J.K., Boulter, C.J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J.K. Gilbert & C.J. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 3–18). New York: Springer Science & Business Media.

Gilbert, J.K., Boulter, C., & Rutherford, M. (1998). Models in explanations, Part1: horses for courses? *International Journal of Science Education*, 20 (1), 83-97.

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.

Kumar, N., & Kumbhat, S. (2016). *Essentials in Nanoscience and Nanotechnology*. John Wiley & Sons

Mansoori A. G (2005) *Principles of Nanotechnology Molecular Based Study of condensed matter in small systems*. World Scientific Pub Co Inc

Meijer, M. (2011). *Macro-meso-micro thinking with structure-property relations for chemistry education*. Doctoral thesis, Faculty of Science, Utrecht, The Netherlands. <http://dspace.library.uu.nl/handle/1874/205840> (Προσπελάστηκε 14/05/2016).

Murty, B., Shankar, P., Raj, B., Rath, B. B, Murday, J. (2013). *Textbook of Nanoscience and Nanotechnology*. Bangalore: Springer & Universities Press (India) Private Limited.

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.

¹Πέικος, Γ. (2016). *Σχεδιασμός, Ανάπτυξη και Αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για τη Διδασκαλία του περιεχομένου της Νανοεπιστήμης – Νανοτεχνολογίας στο Δημοτικό Σχολείο*. Μεταπτυχιακή εργασία. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. Φλώρινα

¹Πέικος, Γ., Μάνου, Λ., & Σπύρτου, Α. (2015). Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού για τη Διδασκαλία της Νανοτεχνολογίας στο Δημοτικό Σχολείο: Πιλοτική Εφαρμογή. 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή για το Εκπαιδευτικό Υλικό στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, (σσ. 327-346). Ρόδος.

Roco, M. C. (2011). The long view of nanotechnology development: the National Nanotechnology Initiative at 10 years. *Journal of Nanoparticle Research*, 13 (2), 427-445.

Sabelli, N., Schank, P., Rosenquist, A., Stanford, T., Cormia, R., & Hurst, K. (2005). Report of the workshop science and technology education at the nanoscale. *SRI International*. Retrieved September 8, 2012, from nanosense.org/documents/reports/NanoWorkshopReportDraft.pdf

¹Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and instruction*, 23 (2), 165-205.

Shong, C. W., Sow, C. H., & Wee, A. T. (2010). *Science at the nanoscale: an introductory textbook*. Singapore: Pan Stanford Publishing Pte. Ltd.

Stevens, S., Sutherland, L., & Krajcik, J. (2009). *Big ideas of nanoscale science and engineering: A guidebook for secondary teachers*. Arlington, VA: NSTA Press.

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

Taylor, A., Jones, G., & Pearl, T. P. (2008). Bumpy, Sticky, and Shaky: Nanoscale Science and the Curriculum. *Science Scope*, 31(7), 28-35.

Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, L. T. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, 357 – 368.

Tretter, T., R., Jones, M., G., and Falvo, M., R. (2013). Nanoscience for All: Strategies for Teaching Nanoscience to Undergraduate Freshmen Science and Non-Science Majors. *Journal of Nano Education*, 5, 70–78.

Unesco (2006). *The ethics and politics of nanotechnology*. France: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

Van der Valk, T., van Driel, J. H., & de Vos, W. (2007). Common characteristics of models in present-day scientific practice. *Research in Science Education*, 37 (4), 469-488.

¹Ζουπίδης, Α. (2012). *Διδασκαλία και μάθηση με τη χρήση μοντέλων Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας: Εφαρμογή στα φαινόμενα της πλεύσης και της βύθισης*. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. Ελλάδα.

Παράρτημα (Pre ερωτηματολόγιο)



Ερωτηματολόγιο

Όνοματεπώνυμο: _____

Ημερομηνία: _____

Σχολείο: _____



1. Γράψε μία πρόταση, την πιο αντιπροσωπευτική για σένα, που να περιέχει τη λέξη **μοντέλο**.

2. Παρακάτω βλέπεις μια κατασκευή που παριστάνει ένα **μάτι**.



Σε τι νομίζεις ότι μας **χρησιμεύει** αυτή η κατασκευή;

Πώς θα **ονόμαζες** την παραπάνω κατασκευή;

Παράρτημα (Post ερωτηματολόγιο)



Ερωτηματολόγιο

Όνοματεπώνυμο: _____

Ημερομηνία: _____

Σχολείο: _____



1. Γράψε μία πρόταση, την πιο αντιπροσωπευτική για σένα, που να περιέχει τη λέξη **μοντέλο**.

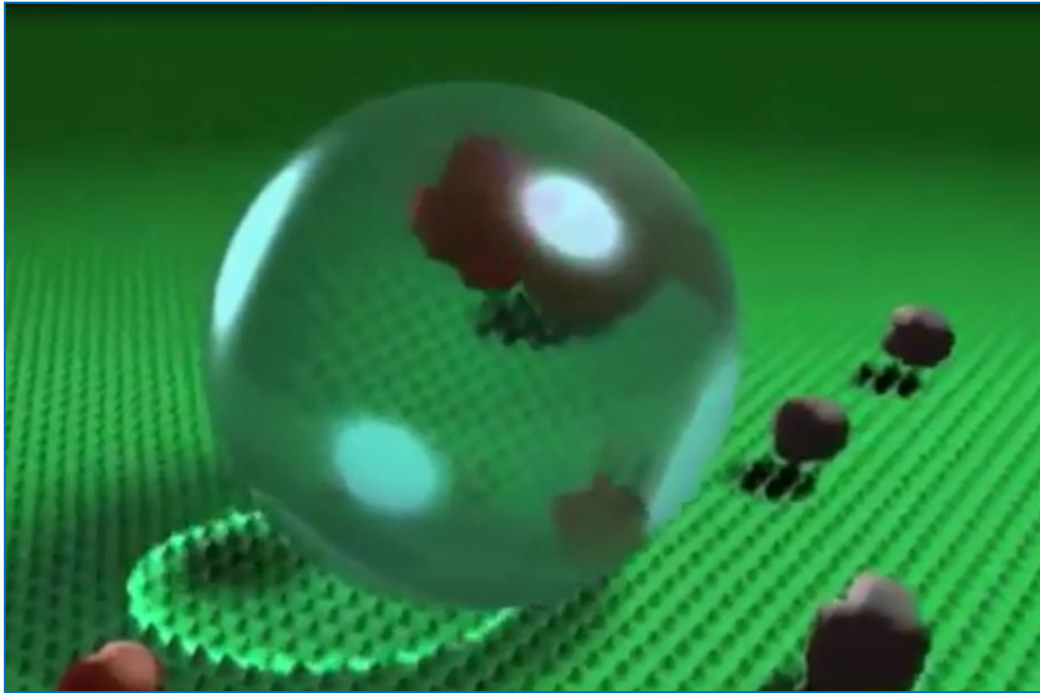
2. Παρακάτω βλέπεις μια κατασκευή που παριστάνει ένα **μάτι**.



Σε τι νομίζεις ότι μας **χρησιμεύει** αυτή η κατασκευή;

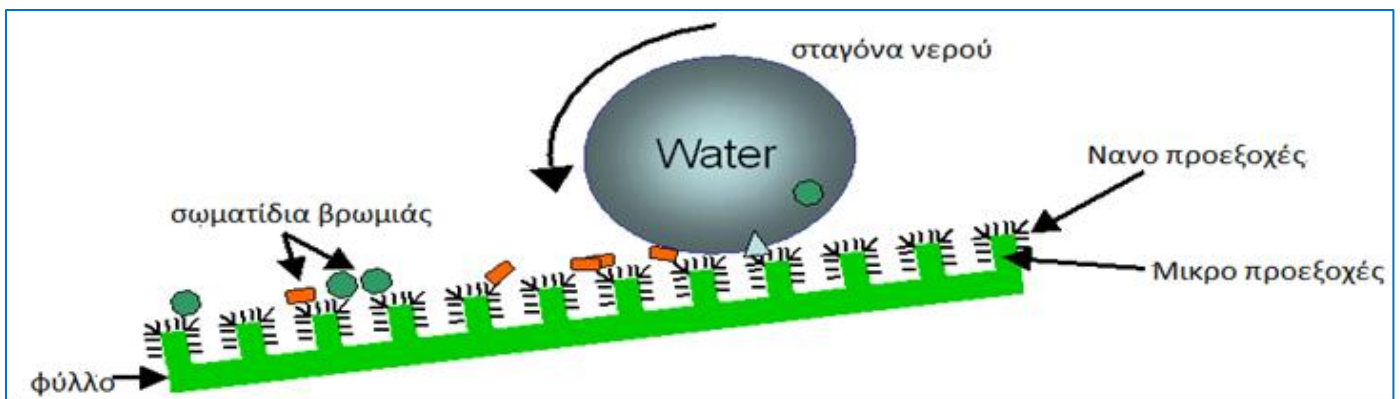
Πώς θα **ονόμαζες** την παραπάνω κατασκευή;

3. Παρακάτω βλέπεις ένα μοντέλο το οποίο αναπαριστά το φαινόμενο του λωτού.



Σε τι μας βοηθάει αυτό το μοντέλο;

4. Παρακάτω φαίνονται και άλλα μοντέλα για το φαινόμενο του λωτού.



Χρειάζεται να υπάρχουν διαφορετικά μοντέλα για το ίδιο φαινόμενο;
Αιτιολόγησε την απάντησή σου.

Blank area for the student's answer.