



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΦΛΩΡΙΝΑΣ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

**Μελέτη των αρχικών ιδεών των φοιτητών/τριών για
την αλλαγή των ιδιοτήτων των υλικών στη
νανοκλίμακα.**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΣ

ΦΛΩΡΙΝΑ
ΙΟΥΝΙΟΣ 2020

Φύλλο εξέτασης

1. Επόπτης: _____

Βαθμός: _____

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

2. Δεύτερος Βαθμολογητής: _____

Βαθμός: _____

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

Γενικός Βαθμός: _____

Ο/η συγγραφέας **Οικονόμου Αναστασία** 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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ	6
ABSTRACT	7
1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	8
1.1 Τι είναι η Νανοεπιστήμη - Νανοτεχνολογία (N-ET)	8
1.1.2 Ιστορική Ανάπτυξη της N-ET	10
1.1.3 Εφαρμογές της N-ET	14
1.1.4 Εκπαιδευτική αξία της N-ET	17
1.2 Η Εισαγωγή της N-ET στην εκπαίδευση	19
1.2.1 Οι μεγάλες Ιδέες της N-ET	19
1.2.2 Ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος	23
1.2.3 Πηλίκo επιφάνεια προς όγκο	27
1.2.4 Σχέση S/V με τη διάλυση	29
1.2.5 Παραδείγματα από τη διερεύνηση αντιλήψεων για τις ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος.	30
1.3 Σύνδεση βιβλιογραφικής επισκόπησης με σκοπό και ερευνητικά ερωτήματα	31
2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	32
2.1 Σκοπός της έρευνας και ερευνητικά ερωτήματα	32
2.2 Συμμετέχοντες	32
2.3 Εργαλείο και μέθοδος συλλογής δεδομένων	34
2.4 Ανάλυση δεδομένων	36
3ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	40
3.1 Αποτελέσματα για το πρώτο ερευνητικό ερώτημα.	40
3.2.1 Αποτελέσματα με βάση την Ομάδα Προσανατολισμού	45
3.2.2 Αποτελέσματα με βάση το Πανεπιστήμιο Φοίτησης	47
4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΖΗΤΗΣΗ	49
4.1 Συμπεράσματα ως προς το 1 ^ο ερευνητικό ερώτημα	49
4.2 Συμπεράσματα ως προς το 2 ^ο ερευνητικό ερώτημα	49
4.3 Προτάσεις διδασκαλίας	51
4.4 Αλλαγές στο ερευνητικό εργαλείο	52
Βιβλιογραφία	53

Ευχαριστίες

Την καθοδήγηση της εργασίας μου ανέλαβε η κ. Σπύρτου Άννα, στην οποία θέλω ιδιαίτερα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου για την συμπαράσταση και την επικοινωνιακή της συνεργασία, ώστε να φέρω εις πέρας την παρούσα εργασία.

Επίσης, τις ευχαριστίες μου θα ήθελα να εκφράσω στον δεύτερο βαθμολογητή μου, καθηγητή του Δ.Π.Θ κ. Παπαγεωργίου, για το χρόνο που αφιέρωσε προκειμένου να μελετήσει την εργασία μου.

Ακόμα, θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον διδάκτορα Λεωνίδα Μάνου για τη βοήθεια και τα πολύτιμα σχόλια και διορθώσεις που διατύπωσε για τη βελτίωση της εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα σύγχρονο και καινοτόμο πεδίο έρευνας αποτελεί ο κλάδος της Νανοτεχνολογίας και Νανοεπιστήμης, ο οποίος αναπτύσσεται με εξαιρετικά γρήγορους ρυθμούς, προσφέροντας στην καθημερινότητά μας χρήσιμα προϊόντα και εφαρμογές. Στην παρούσα εργασία μελετώνται οι απόψεις των φοιτητών/τριών Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης για τις αλλαγές των ιδιοτήτων, που συμβαίνουν στα υλικά σε επίπεδο Νανοκλίμακας, εμβαθύνοντας στο φαινόμενο της διάλυσης. Ερευνητικό εργαλείο αποτέλεσε ένα ηλεκτρονικό ερωτηματολόγιο, μέσω του οποίου συλλέχθηκαν οι αρχικές ιδέες των φοιτητών για το μέγεθος του χάπι και την ταχύτητα διάλυσης του. Οι φοιτητές κλήθηκαν να επιλέξουν ανάμεσα σε ένα μεγάλο χάπι και σε τέσσερα μικρά χάπια, ίδιας δραστικής ουσίας με το μεγάλο, προκειμένου να ανακουφιστούν ταχύτερα από τον πονοκέφαλο, αλλά και να αιτιολογήσουν την επιλογή τους. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας οι απαντήσεις των φοιτητών κυριαρχούνται από την άποψη ότι το μεγάλο χάπι είναι δραστικότερο από τα τέσσερα μικρά, και για αυτό το επέλεγον για ταχύτερη ανακούφιση. Όσον αφορά τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας, παρατηρήθηκε διαφορά ως προς την Ομάδα Προσανατολισμού των φοιτητών, καθώς οι φοιτητές των Φυσικών Επιστημών επιλέγουν τα τέσσερα μικρά χάπια για ταχύτερη θεραπεία, χρησιμοποιώντας επιστημονικούς όρους στην αιτιολόγησή τους, ενώ δεν παρατηρήθηκε διαφορά ως προς το Πανεπιστήμιο φοίτησης.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Νανοτεχνολογία, Νανοεπιστήμη, Ιδιότητες, Ταχύτητα διάλυσης, Απόψεις φοιτητών Δημοτικής Εκπαίδευσης

ABSTRACT

A modern and innovative field of research is the field of Nanotechnology and Nanoscience, which is developing at an extremely fast pace, offering our daily useful products and applications. The views of the students of the Pedagogical Department of Primary Education on the changes of the properties that occur in the materials at the Nanoscale level are studied in the present work, delving into the phenomenon of dissolution. The research tool was an electronic questionnaire, through which the students' initial ideas about the size of the pill and the speed of its dissolution were collected. The students were asked to choose between a large pill and four small pills, with the same active ingredient as the big one, in order to relieve the headache faster, but also to justify their choice. According to the results of the research, the students' answers are dominated by the sense that the big pill is more effective than the four small ones, and that is why they choose it for faster relief. Regarding the research questions, there was a difference in the Student Group, as science students choose the four small pills for faster treatment, using scientific terms in their justification, while there was no difference in the University of Study.

KEYWORDS

Nanotechnology, Nanoscience, Properties, Dissolution rate, Opinions of Primary School Students

1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

1.1 Τι είναι η Νανοεπιστήμη - Νανοτεχνολογία (N-ET)

Η N-ET αποτελεί ένα σύγχρονο, καινοτόμο και αναδύομενο χώρο έρευνας. (Stevens, Sutherland, Krajcik). Η ραγδαία ανάπτυξη του πεδίου αυτού τις τελευταίες δεκαετίες, έχει αλλάξει τη σύγχρονη καθημερινή ζωή του ανθρώπου. Η εκχώρηση των προϊόντων της N-ET στην ιατρική, στην ηλεκτρονική και στο περιβάλλον είναι γεγονός, αλλάζοντας ριζικά τον τρόπο με τον οποίο ζούμε σήμερα. Η νανοτεχνολογία έχει χαρακτήρα διεπιστημονικό, καθώς συνδυάζεται άριστα με τις υπόλοιπες επιστήμες, όπως η Φυσική, η Χημεία, η Βιολογία, η Πληροφορική και η επιστήμη των Υλικών.

Δεδομένου ότι η N-ET αποτελεί ένα νέο κλάδο επιστήμης και τεχνολογίας, υπάρχουν πολλοί ορισμοί, οι οποίοι φαίνεται να συμφωνούν στο ότι ασχολείται με την «εκμετάλλευση» της ύλης σε ατομικό και μοριακό επίπεδο. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι δεν υπάρχει ακόμη κάποιος ορισμός από την ερευνητική κοινότητα, που να είναι αποδεκτός από όλους τους φορείς (βιομηχανία, ερευνητικά κέντρα). Ορισμένα παραδείγματα ορισμών, όπως καταγράφονται στη βιβλιογραφία, είναι τα εξής:

Σύμφωνα με τους Kumar & Kumbhat (2016: 1) στο βιβλίο τους με τίτλο “Essentials of Nanoscience and Nanotechnologies” η νανοεπιστήμη ορίζεται ως εξής:

«Η νανοεπιστήμη είναι ένα νέο περιεχόμενο το οποίο αφορά τις μοναδικές (unique) ιδιότητες των νανοϋλικών, τα οποία είναι οργανώσεις ατόμων ή μορίων στην νανοκλίμακα. Η νανοεπιστήμη είναι στην πραγματικότητα η μελέτη των αντικειμένων/σωματιδίων και των φαινομένων σε πολύ μικρή κλίμακα, που κυμαίνεται περίπου από 1 έως 100 nm. Το νάνο αναφέρεται σε μια κλίμακα μεγέθους του μετρικού συστήματος. Χρησιμοποιείται στις επιστημονικές μονάδες μέτρησης για να περιγράψει το ένα δισεκατομμυριοστό της μονάδας βάσης, το οποίο είναι περίπου 100.000 φορές μικρότερο από την διάμετρο μιας ανθρώπινης τρίχας. Ένα νανόμετρο είναι 10^{-9} m ($1\text{nm} = 10^{-9}$ m), μια διάσταση στον κόσμο των ατόμων και των μορίων (το μέγεθος του ατόμου υδρογόνου είναι 0.24 nm και για παράδειγμα, 10 άτομα υδρογόνου στη σειρά έχουν μήκος 1 nm). Τα νανοσωματίδια είναι αυτά τα σωματίδια που περιλαμβάνουν από 100 έως 10.000 άτομα. Έτσι τα σωματίδια αυτά έχουν μέγεθος περίπου από 1-100 nm και αποτελούν τα δομικά κομμάτια των νανοϋλικών».

Στο ίδιο βιβλίο για τη νανοτεχνολογία παρατίθεται ο εξής ορισμός (Kumar & Kumbhat, 2016: 2):

«Η νανοτεχνολογία είναι η κατασκευή και χρήση λειτουργικών δομών, σχεδιασμένων σε ατομική και την μοριακή κλίμακα, με μια τουλάχιστον χαρακτηριστική τους διάστασή τους να είναι μετρήσιμη σε νανόμετρα. Το μέγεθός τους επιτρέπει να εμφανίζουν καινοτομικές και σημαντικά βελτιωμένες φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες, φαινόμενα και διαδικασίες. Έτσι η νανοτεχνολογία μπορεί να οριστεί ως η έρευνα και η ανάπτυξη που περιλαμβάνει τη μέτρηση και τον χειρισμό της ύλης σε ατομικά, μοριακά και υπερμοριακά επίπεδα κλιμάκων που έχουν μέγεθος περίπου 1-100 nm σε μια τουλάχιστον διάστασή τους»

Λαμβάνοντας υπόψη τους ορισμούς, είναι εμφανής η αλλαγή που συμβαίνει στις ιδιότητες των υλικών σε μία περιοχή με διαστάσεις περίπου 1 – 100 νανόμετρα (nm). Οι διαστάσεις αυτές ορίζουν τη λεγόμενη «Νανοκλίμακα», η οποία αποτελεί συνέχεια της μακροκλίμακας και μικροκλίμακα (Sakhnini & Blonder, 2015. Jones et al.). Σε αυτή την κλίμακα τα υλικά παρουσιάζουν απρόβλεπτες, «νέες» ιδιότητες, οι οποίες δεν παρατηρούνται σε άλλες κλίμακες. Η N-ET μελετά τις νέες ιδιότητες των υλικών, όταν αυτά αποκτήσουν μέγεθος που ανήκει στην κλίμακα «νάνο» και εκμεταλλεύεται την αλλαγή αυτών των ιδιοτήτων.

1.1.2 Ιστορική Ανάπτυξη της N-ET

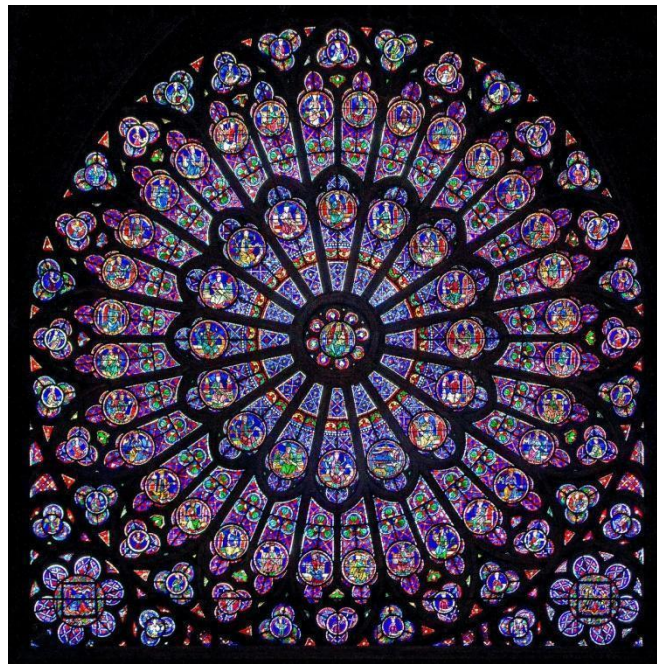
Ιστορικά, η χρήση της Νανοτεχνολογίας ανάγεται στη μακρινή αρχαιότητα, καθώς δείγματα του παρελθόντος μας αναφέρουν ότι επιστήμονες και τεχνίτες ήταν οι πρώτοι άνθρωποι που ασχολήθηκαν με αυτή την επιστήμη. Χαρακτηριστικά παρατηρείται η παρασκευή χρωμάτων και χρωστικών, η κατεργασία και η διακόσμηση γυαλιού.

Ενδιαφέρον παράδειγμα αποτελεί το γνωστό Κύπελλο του Λυκούργου (Lycurgus cup), ένα κύπελλο που χρονολογείται τον 4^ο αι. μ.Χ., στην προ-Χριστιανική περίοδο, και ανήκει στα διάτρητα (diatreta) ή cage cups, Ρωμαϊκά δοχεία. Η εμπειρική τεχνολογία των Ρωμαίων, γνωστή με τους όρους «δοκιμή και λάθος», δημιούργησε ένα συνδυασμό από διχροϊκά υλικά, τα οποία δημιουργούν διαφορετικούς χρωματισμούς, ανάλογους με τη γωνία πρόσπτωσης του φωτός σε αυτά. Το εν λόγω δοχείο αναπαριστά το θάνατο του βασιλιά Λυκούργου και δημιουργεί διαφορετικό χρώμα ανάλογα με τη γωνία στην οποία προσπίπτει το φως πάνω του. Πιο συγκεκριμένα, όταν το φως πέφτει από την εξωτερική πλευρά, το χρώμα του είναι πρασινοκίτρινο, ενώ όταν το φως πέφτει στο εσωτερικό του είναι βαθύ κόκκινο. Η οπτική αυτή ιδιότητα, προκύπτει με τη χρήση του φωτός, το οποίο αλλάζει την εξωτερική εμφάνιση του γυαλιού. Οι έρευνες δείχνουν πως οι ρωμαίοι είχαν ενσωματώσει στο γυαλί νανοσωματίδια ασημιού, χρυσού και χαλκού, τα οποία επηρεάζουν την απορρόφηση και τη διάθλαση του φωτός, καθορίζοντας με αυτόν τον τρόπο το χρώμα του κυπέλλου. (Kumar, 2016· Freestone, Meeks, & Higgitt, 2007).



Εικόνα 1.1. Κύπελλο του Λυκούργου.

Παρόμοιο παράδειγμα συναντάμε στην περίοδο του 6^{ου}-15^{ου} αιώνα στους καθεδρικούς ναούς, όπου τα πολύχρωμα τζάμια που κοσμούσαν τους ναούς αυτούς, όφειλαν τις ιδιότητές τους στη νανοτεχνολογία. Το έντονο χρώμα, είναι αποτέλεσμα προσθήκης νανοσωματιδίων χρυσού κατά την παρασκευή γυαλιού, τα οποία αντιδρούν με το φως του ήλιου και δίνουν αυτό το εξαιρετικό σε ομορφιά αποτέλεσμα. Τα νανοσωματίδια χρυσού όταν αποκτήσουν μέγεθος μικρότερο από 100 nm αλλάζουν χρώμα. Έτσι, όταν το μέγεθος τους κυμαίνεται μεταξύ 10 και 30 nm έχουν κόκκινο χρώμα, ενώ όταν έχουν μέγεθος 100 nm είναι βιολετί. (Stevens, Sutherland, & Krajcik, 2009). Εκτός της αισθητικής πλευράς, τα νανοσωματίδια που περιλαμβάνει το γυαλί, συμβάλλουν στην πρόκληση φωτοκατάλυσης, με αποτέλεσμα τον καθαρισμό του αέρα μέσα στο χώρο του ναού (Photocatalytic air purifiers).



Εικόνα 1.2. Βιτρό σε καθεδρικό ναό.

Μία ακόμη περίπτωση χρήσης νανοσωματιδίων είναι η τεχνική διακόσμησης, γνωστή ως «luster», η οποία χρονολογείται ανάμεσα στον 9^ο-17^ο αιώνα. Μέσω της τεχνικής αυτής επιτυγχάνεται η δημιουργία μιας γυαλιστερής επίστρωσης (goldenshine) πάνω σε μία κατασκευή (π.χ ένα αγγείο). Τα αρχαιολογικά ευρήματα είναι γυάλινες κατασκευές, στις οποίες χρησιμοποιούνταν νανοσωματίδια μετάλλων όπως ασήμι ή/ και χαλκός για την επίστρωση «χρυσή επιφάνεια» (Pradell, 2016).



Εικόνα 1.3. Τεχνική διακόσμησης “luster”.

Το σπαθί της Δαμασκού, το οποίο χρονολογείται ανάμεσα στον 13^ο-18^ο αιώνα και εμφανίζεται για πρώτη φορά στη μάχη Σταυροφόρων και Μουσουλμάνων, είναι ένα ακόμη ιδιαίτερο παράδειγμα κατασκευής νανοϋλικών. Το εν λόγω σπαθί έχει εξαιρετικά αιχμηρή λεπίδα και ανθεκτικότητα, λόγω της ιδιότητας του συγκεκριμένου μετάλλου. Η ιδιαιτερότητα του μετάλλου οφείλεται σε νανοσωλήνες άνθρακα και νανοκαλώδια σεμεντίτη, μία διαμεταλλική ένωση του σιδήρου με τον άνθρακα, τα οποία περιέχονται στο μέταλλο.



Εικόνα 1.4. Το σπαθί της Δαμασκού.

Σημαντικές στιγμές στην ιστορία της Ν-ΕΤ ήταν και η ανακάλυψη του Michael Faraday, το 1857, για τα πρώτα κolloειδή στοιχεία ενός μετάλλου, του χρυσού (gold “ruby” colloids), αποδεικνύοντας ότι κάτω από ορισμένες συνθήκες φωτισμού οι οπτικές ιδιότητες αλλάζουν.

Συγκεκριμένα σύγκρινε τα στοιχεία του χρυσού με το τον αντίστοιχο όγκο του χρυσού και παρατήρησε πως παράγουν διαφορετικά χρώματα.

Το πεδίο της νανοτεχνολογίας ξεκίνησε να αναπτύσσεται τον 20^ο αιώνα (1959) με τον Richard Feynman, από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Καλιφόρνιας. Στην ομιλία «Υπάρχει πολύς χώρος στον πάτο» (“There’s Plenty of Room at the Bottom”) ο εν λόγω φυσικός, έδωσε την πρώτη διάλεξη για την τεχνολογία και τη μηχανική σε ατομική κλίμακα. Η ομιλία αυτή, άνοιξε το δρόμο για τη μελέτη σε μικρότερη κλίμακα, συγκεκριμένα σε ατομικό επίπεδο, και έδωσε μία άλλη προοπτική για τη συζήτηση της Νανοτεχνολογίας.

Επίσημα για πρώτη φορά ο όρος Νανοτεχνολογία χρησιμοποιήθηκε από τον Norio Taniguchi, του Πανεπιστημίου Επιστημών του Τόκιο, το 1974. Ο εν λόγω επιστήμονας θέλοντας να περιγράψει τη μικροσκοπική συμπεριφορά των υλικών σε διαστάσεις ατομικής κλίμακας, επινόησε τον όρο νανοτεχνολογία.

Με την ιστορική ανασκόπηση είναι εμφανής η ικανότητα των ανθρώπων, πριν από εκατοντάδες χρόνια, να κατασκευάζουν νανοϋλικά. Το πεδίο της N-ET, ξεκίνησε να αναπτύσσεται δειλά-δειλά μέχρι που εκτοξεύτηκε τις τελευταίες δεκαετίες μετά την ανάπτυξη του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου, που έκανε δυνατή την απεικόνιση των νανοσωματιδίων. Σήμερα μέσω της ανάπτυξης και εξέλιξης τέτοιων εξειδικευμένων εργαλείων, είναι εφικτή η παρατήρηση και ο χειρισμός των υλικών, σε διαστάσεις νανοκλίμακας και η κατασκευή νανοϋλικών και συσκευών βασισμένες στη N-ET.

1.1.3 Εφαρμογές της N-ET

Με τη βοήθεια των μικροσκοπίων οι επιστήμονες έχουν τη δυνατότητα πλέον να περάσουν από το στάδιο της παρατήρησης, στο στάδιο της εφαρμογής, καθώς η ανάπτυξη των μικροσκοπίων έχει δώσει τη δυνατότητα στους ερευνητές να επεξεργαστούν με μεγαλύτερη ευκολία τα νανοσωματίδια. Οι φυσικές, χημικές και μηχανικές ιδιότητες των νανοϋλικών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πληθώρα εφαρμογών, όπως την εξυπηρέτηση βασικών αναγκών της καθημερινότητας. Παρόλο που η N-ET είναι στο ξεκίνημα της, παρατηρείται μία ραγδαία αύξηση τέτοιων προϊόντων που ενσωματώνουν καινοτομίες της N-ET και είναι διαθέσιμα για τους καταναλωτές (Kumar & Kumbhat, 2016). Οι πρώτες εφαρμογές της N-ET έχουν ήδη εμφανιστεί σε ειδικές προστατευτικές επιστρώσεις για μέταλλα και γυαλιά και πολλές άλλες εφαρμογές, οποίες βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης.

Στη βιομηχανία υφασμάτων

Όπως προαναφέρθηκε, ο άργυρος είναι γνωστός για τις αντιμικροβιακές του ιδιότητες και ενσωματώνεται σε οποιοδήποτε προϊόν, καθιστώντας τον το πιο συχνό νανοσωματίδιο που χρησιμοποιείται. Στη βιομηχανία των υφασμάτων, η οποία παρουσιάζει μία αυξανόμενη τάση στην αξιοποίηση της N-ET, στοχεύοντας στην παραγωγή «έξυπνων» υφασμάτων, ενσωματώνονται νανοσωματίδια αργύρου. Πέραν αυτών, η δυνατότητα που παρέχει η νανοεπιστήμη στην κατασκευή «έξυπνων ρούχων» είναι να γίνουν πιο ανθεκτικά στους λεκέδες και στο νερό, δηλαδή να μη λερώνονται ή να μη βρέχονται. Αυτό οφείλεται σε μία νανοεπίστρωση στο ύφασμα, η οποία έχει τη δυνατότητα να απωθεί το νερό ή τους λεκέδες, καθιστώντας τα προϊόντα ένδυσης υδροφοβικά. Ακόμη, τα καθημερινά ρούχα θα είναι κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο, που δεν θα τσαλακώνονται, ούτε θα ξεθωριάζουν και θα μπορούν να αλλάζουν χρώμα και να έχουν ενσωματωμένους αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας (Kumar & Kumbhat, 2016). Αναφορικά με την επίδραση που θα έχει στον άνθρωπο η χρήση της N-ET, υποστηρίζεται πως η μέχρι τώρα χρήση είναι ασφαλής. Αξίζει, όμως, να αναφερθεί πως οι γνώσεις μας είναι περιορισμένες, όσον αφορά τη μακροχρόνια χρήση της (Kumar & Kumbhat, 2016).

Στην Ιατρική

Οι εφαρμογές της N-ET μπορούν να προσφέρουν λύσεις και σε θέματα ιατρικής, όπως για παράδειγμα η καταπολέμηση του καρκίνου. Σύνθετα νανοσωματίδια, μπορούν να συμβάλλουν στην καταστροφή καρκινικών κυττάρων, χωρίς να επηρεάζονται τα υγιή κύτταρα. Αυτό γίνεται είτε με την εγκατάστασή τους πάνω στα ίδια τα κύτταρα, είτε με τη συμβολή τους στη μεταφορά φαρμάκων απευθείας στα μολυσμένα κύτταρα. Ο συγκεκριμένος τρόπος αντιμετώπισης του καρκίνου, απαλλάσσει τον ασθενή από την επίπονη διαδικασία της μεθόδου της χημειοθεραπείας και της ακτινοβολίας. Ως γνωστό οι συγκεκριμένες μέθοδοι εμφανίζουν παρενέργειες, καταπονούν το σώμα και καταστρέφουν τα υγιή κύτταρα. Η κατασκευή αισθητήρων, είναι μία ακόμη, εν δυνάμει, εφαρμογή της N-ET. Οι εν λόγω αισθητήρες, είναι συσκευές ανάλυσης, που μετατρέπουν μία βιολογική

αντίδραση σε ένα ανιχνεύσιμο σήμα. Αυτές οι συσκευές ανάλυσης θα προσφέρουν πληροφορίες για το αν ένας άνθρωπος έχει προσβληθεί από κάποιο είδος καρκίνου, με τη χρήση λίγων μόνο σταγόνων αίματος (Kumar & Kumbhat, 2016). Φλέγον ζήτημα στον κλάδο της Ιατρικής αποτελεί η χρήση νανοσωματιδίων αργύρου, καθώς είναι αποτελεσματικά στην καταπολέμηση παθογόνων μικροβίων. Νανοσωματίδια, επίσης, προσαρμόζουν οι ερευνητές του εργαστηρίου Νανοτεχνολογίας, στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, έναντι του COVID-19, του γνωστού θανατηφόρου ιού «Κορονοϊός», που έχει πλήξει τον κόσμο τους τελευταίους μήνες. Με τη βοήθεια ενός σπρέι που περιέχει νανοσωματίδια, ο χρήστης μπορεί να ψεκάσει μία επιφάνεια, τη μάσκα ή τη στολή εργασίας που φορά (ιατρικές ποδιές), με αποτέλεσμα ο ιός, που είναι σε επίπεδο νανοδιαστάσεων, να μην προσκολλάται στα ρούχα ή στις μάσκες.

Στον καλλωπισμό

Μία ακόμη εφαρμογή της N-ET εντοπίζεται και σε προϊόντα καλλωπισμού και προσωπικής φροντίδας. Στα αντηλιακά ενσωματώνονται νανοσωματίδια διοξειδίου του τιτανίου, καθιστώντας τα άχρωμα, αλλά εξίσου προστατευτικά από την υπεριώδη ακτινοβολία. Το μικρό μέγεθος των νανοσωματιδίων δεν αντανακλά το ορατό φως, γεγονός που καθιστά το αντηλιακό άχρωμο, ελαχιστοποιώντας με αυτόν τον τρόπο τη λευκή επικάλυψη στο δέρμα (Kumar & Kumbhat, 2016). Δεδομένου της αντιμικροβιακής δράσης του αργύρου χρησιμοποιούνται νανοσωματίδια στα αποσμητικά, προσφέροντας και αντιμυκητιακή δράση.

Στις εφαρμογές της N-ET, όσον αφορά τη βιομηχανία των προϊόντων καλλωπισμού, δεν θα μπορούσαν να λείπουν οι κρέμες προσώπου και σώματος. Οι κρέμες αυτές περιλαμβάνουν νανοσωματίδια, γνωστά ως φουλερένια, τα οποία βοηθούν με αποτελεσματικό τρόπο την αφαίρεση επιβλαβών σωματιδίων από το δέρμα, όπως οι χημικές ρίζες. Οι πρόσφατες μελέτες μέχρι σήμερα δείχνουν πως τα νανοσωματίδια στην Κοσμητολογία, δεν επιφέρουν προβλήματα τόσο στο δέρμα όσο και στην ανθρώπινη υγεία, αποδεικνύοντας τη μέχρι τώρα χρήση τους ασφαλή.

Στη διαχείριση των υδάτων

Η νανοτεχνολογία έχει τη δυνατότητα να συμβάλλει και στη διαχείριση των υδάτων, όσον αφορά τη μακροπρόθεσμη ποιότητα, τη διαθεσιμότητα και τη βιωσιμότητα. (Kumar & Kumbhat, 2016). Μέσω της χρήσης προηγμένων υλικών φιλτραρίσματος, γίνεται δυνατή η απολύμανση του νερού. Για παράδειγμα η χρήση νανομεμβρανών και σωματιδίων αργίλου, επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση του νερού και εξασφαλίζει την αφαλάτωση. Ο έλεγχος της ποιότητας του νερού για την ύπαρξη βακτηρίων, βαρέων μετάλλων και τοξίνων, γίνεται με την αξιοποίηση νανοαισθητήρων (Kumar & Kumbhat, 2016).

Στο περιβάλλον

Η N-ET μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στο περιβάλλον, με εφαρμογές όπως οι οικολογικές κυψέλες καυσίμου αυτοκινήτων, αφαίρεση ρύπων από το νερό και την ατμόσφαιρα ή η χρήση της σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (φωτοβολταϊκά κελιά). Όσον αφορά τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ένας τρόπος που χρησιμοποιείται είναι οι καταλύτες, η ουσία που αυξάνει την αποτελεσματικότητα μίας χημικής αντίδρασης. Η N-ET συμβάλλει στη βελτίωση της απόδοσης και του κόστους των καταλυτών που χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή ατμών που διαφεύγουν από αυτοκίνητα ή βιομηχανικά εργοστάσια σε ακίνδυνα αέρια. Η αποτελεσματικότητα των καταλυτών οφείλεται στην κατασκευή τους από νανοσωματίδια, τα οποία έχουν μεγαλύτερο εμβαδόν επιφάνειας επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο την ταυτόχρονη αλληλεπίδραση περισσότερων χημικών ουσιών με τους καταλύτες (Kumar & Kumbhat, 2016).

Στο διάστημα

Νέα υλικά που συνδυάζονται με νανοαισθητήρες βελτιώνουν την απόδοση των διαστημοπλοίων, των διαστημικών στολών και του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για την εξερεύνηση του διαστήματος (Kumar & Kumbhat, 2016). Οι εφαρμογές της νανοτεχνολογίας στη διαστημική πτήση συμβάλλουν στο να γίνει ταχύτερη, ελαφρύτερη και φθηνότερη. Συγκεκριμένα οι εξελίξεις στα νανοϋλικά βοηθούν τόσο στο να γίνουν τα ηλιακά πανιά ελαφριά, όσο και στη μείωση της απαιτούμενης ποσότητας καυσίμου πυραύλου, ελαχιστοποιώντας με αυτόν τον τρόπο το κόστος επίτευξης τροχιάς.

1.1.4 Εκπαιδευτική αξία της N-ET

Η εισαγωγή της N-ET είναι σημαντική για την εκπαίδευση της νέας γενιάς, καθώς η νανοτεχνολογία είναι ένας ανερχόμενος τομέας που θα επηρεάσει την καθημερινότητα μας. Κρίνεται απαραίτητο μία τόσο μεγάλη επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη να εισαχθεί στο χώρο της υποχρεωτικής εκπαίδευσης για τρεις βασικούς λόγους: i) την καλλιέργεια του «νανο - γραμματισμού» ii) την ανάγκη για εργατικό δυναμικό σε τομείς της N-ET iii) το ενδιαφέρον που θα προκαλέσει η νανοτεχνολογία στους μαθητές (Jones et al, 2015).

Νανογραμματισμός: Επιστημονικός και τεχνολογικός γραμματισμός»

Στην προσπάθεια απόδοσης του όρου «γραμματισμός», συναντάται η αγγλική λέξη *literacy*, δηλαδή «εγγραμματοσύνη» στην ελληνική γλώσσα. Ο γραμματισμός περιλαμβάνει την έννοια του αλφαριθμητισμού, όμως, είναι ευρύτερος από αυτόν. Αυτό συμβαίνει διότι, οι σύγχρονες χρήσεις του όρου δεν αναφέρονται απλά σε ικανότητες γραφής και ανάγνωσης, αλλά στην εξοικείωση του ατόμου με συνθετότερα συστήματα επικοινωνίας. Σύμφωνα με την UNESCO, η έννοια του γραμματισμού στη σύγχρονη εποχή, αναφέρεται στην ικανότητα του ατόμου να κατανοεί και να παράγει ένα σύντομο κείμενο για γεγονότα της καθημερινής του ζωής.

Στη βιβλιογραφία επισημαίνεται ότι δεν υπάρχει συμφωνία για έναν σαφή ορισμό του επιστημονικού γραμματισμού (Χαλκιά, 2012). Ο όρος επιστημονικός γραμματισμός χρησιμοποιείται στη βιβλιογραφία αναφερόμενος στους σκοπούς της διδασκαλίας των Φ.Ε.

Όσον αφορά τους μαθητές, χρειάζεται να αποκτήσουν τα εφόδια που θα τους βοηθήσουν να επιχειρηματολογούν για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της νανοτεχνολογίας, σε θέματα σχετικά με το περιβάλλον και την υγεία, και να διαχειρίζονται θέματα βασισμένα στην επιστήμη, τα οποία είναι σχετικά με την καθημερινή τους ζωή και την κοινωνία. Η N-ET αποτελεί βασικό εργαλείο για την καλλιέργεια του επιστημονικού και τεχνολογικού γραμματισμού.

Ανάγκη για εργατικό δυναμικό.

Μέσα από τις εκτιμήσεις οργανισμών, όπως ο ΟΟΣΑ, παρατηρείται έλλειψη ανθρώπινου εργατικού δυναμικού, εκπαιδευμένου στο συγκεκριμένο επιστημονικό και τεχνολογικό τομέα (Palmberg et al. 2009). Υπάρχει, δηλαδή, ανάγκη για επιστήμονες και μηχανικούς σε σχετικούς τομείς. Οι νέοι που φοιτούν σήμερα στο δημοτικό σχολείο, αποτελούν το μελλοντικό εργατικό δυναμικό της N-ET (Lin et al. 2015). Συγκεκριμένα παραθέτουν πως οι «οι μαθητές του δημοτικού είναι το μελλοντικό εργατικό δυναμικό της νανοτεχνολογίας, η οποία βρίσκεται στην κόψη του ξυραφιού της καινοτομίας». Για το λόγο αυτό, χρειάζεται να γνωρίσουν τους αναπτυσσόμενους τομείς της νανοτεχνολογίας, ώστε να έχουν τη δυνατότητα να τους επιλέξουν για σπουδές και εργασία στο μέλλον. (Stevens et al. 2009).

Θεωρείται, λοιπόν, χρέος της πολιτείας και κατ' επέκταση της εκπαίδευσης, να εξασφαλίσει επαρκές αριθμό νανοεπιστημόνων και νανοτεχνολόγων, ικανών να εργαστούν στην επιστημονική κοινότητα και στη βιομηχανία.

Πρόκληση ενδιαφέροντος στους μαθητές

Σύμφωνα με τον Μάνου και Σπύρτου (2013) το ενδιαφέρον των μαθητών για τις φυσικές επιστήμες αυξάνεται σε σημαντικό βαθμό, όταν το γνωστικό αντικείμενο που διδάσκεται σχετίζεται με την καθημερινότητά τους. Δεδομένου ότι ο διεπιστημονικός τομέας που χαρακτηρίζει τη N-ET, ενώνει την καθημερινότητα με τις Φυσικές Επιστήμες, η θετική στάση των μαθητών προωθείται απέναντι στις Φυσικές επιστήμες, μέσω της N-ET. (Chang, 2006). Άρα, εάν ο εκπαιδευτικός εστιάσει σε αντικείμενα της καθημερινότητας που περιέχουν κάποια εφαρμογή της νανοτεχνολογίας, θα είναι σε θέση όχι μόνο να διδάξει το αντικείμενο της N-ET με επιτυχία, αλλά θα καταφέρει να αυξήσει και το ενδιαφέρον των μαθητών για τις φυσικές επιστήμες και τη νανοτεχνολογία.

Σε συμφωνία έρχεται και μία ακόμη μελέτη από Δρογγίτη και Πείκος (2015), στην οποία ερευνάται το ενδιαφέρον των μαθητών σχετικά με τις έννοιες και τα φαινόμενα της N-ET. Στην έρευνα συμμετείχαν μαθητές του Δημοτικού Σχολείου, οι οποίοι παρακολούθησαν ομαδοσυνεργατικά εργαστήρια για τη N-ET. Στα αποτελέσματα της έρευνας κατατάσσεται το ανεπτυγμένο ενδιαφέρον των μαθητών περί «περιβάλλοντος μάθησης» και «νέων γνώσεων και επιστημονικών διαδικασιών». Συγκεκριμένα αναφέρθηκαν τα διερευνητικά και ομαδοσυνεργατικά χαρακτηριστικά του εργαστηρίου και η ενασχόληση με την πειραματική διαδικασία και μέθοδο.

«Τα νανοφαινόμενα του φυσικού κόσμου είναι κατάλληλα για την εισαγωγή της N-ET στο δημοτικό σχολείο στην Α/βάθμια εκπαίδευση και έχουν χαρακτηριστεί ως «βασικές έννοιες» της N-ET για το Δημοτικό Σχολείο». Εφαρμογές που μπορεί να βασίζονται στα φαινόμενα αυτά μπορούν να προκαλέσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για τη N-ET. (Blonder & Sakhnini 2016, Huang et al. 2011, Hutchinson et al. 2011, Lin et al. 2015, Πέικο κ.ά. 2015, Σακελλάρη. 2016).

1.2 Η Εισαγωγή της N-ET στην εκπαίδευση

1.2.1 Οι μεγάλες Ιδέες της N-ET

Στη Βιβλιογραφία εντοπίζεται ο όρος «Μεγάλες Ιδέες» της N-ET (Big Ideas). Προς διευκρίνιση του όρου «Μεγάλες Ιδέες», θεωρούνται οι βασικές γνώσεις - θεμελιώδεις έννοιες για ένα περιεχόμενο, στις οποίες θα στηριχθεί ο εκπαιδευτικός για να οργανώσει τη διδασκαλία του, ώστε να μυήσει τον μαθητή στους χώρους της N-ET. Είναι σημαντικό να κατανοηθούν από τους μαθητές, για να αποκτήσουν ένα θεωρητικό υπόβαθρο, έτσι ώστε να μπορούν να επεξεργάζονται με αποτελεσματικό τρόπο το αντικείμενο της νανοτεχνολογίας.

Οι «Μεγάλες Ιδέες» είναι οι εξής:

- Μέγεθος και Κλίμακα (Size and Scale)
- Δομή της Ύλης (Structure of Matter)
- Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις (Forces and Interactions)
- Κβαντικά Φαινόμενα (Quantum Effects)
- Ιδιότητες Εξαρτώμενες από το Μέγεθος (Size-Dependent Properties)
- Αυτοοργάνωση (Self-Assembly)
- Εργαλεία και Όργανα (Tools and Instrumentation)
- Μοντέλα και Προσομοιώσεις (Models and Simulations)
- Επιστήμη, Τεχνολογία και Κοινωνία (Science, Technology and Society)

Συνοπτικά περιγράφονται παρακάτω (Stevens et al 2009).

- 1. Μέγεθος και κλίμακα:** Η ποσότητα από κάτι που μπορεί να μετρηθεί, περιγράφει τον όρο «μέγεθος». Κάθε αντικείμενο κατηγοριοποιείται αναλόγως με το μέγεθός του σε κλίμακες π.χ Μακροκλίμακα – Μικροκλίμακα – Νανοκλίμακα. Ο διαχωρισμός γίνεται είτε ποσοτικά (π.χ 1-100 nm όρια Νανοκλίμακας), είτε ποιοτικά (π.χ στη νανοκλίμακα ανήκουν το DNA και οι μοριακές ενώσεις). Για τον Μακρόκοσμο, που είναι ορατός με το μάτι, δεν υπάρχουν ευδιάκριτα όρια (π.χ μία τρίχα από τα μαλλιά μπορεί να θεωρείται, είτε, ότι ανήκει στον Μακρόκοσμο, είτε στον Μικρόκοσμο). Με την εισαγωγή αυτών των κεντρικών εννοιών, οι μαθητές επιδιώκεται να εκτιμούν και να συγκρίνουν τα μεγέθη των αντικειμένων σε όλες τις κλίμακες και όχι μόνο αυτών που ανήκουν στη μακροκλίμακα ή στη μικροκλίμακα.
- 2. Δομή της ύλης:** Δεδομένου ότι η ύλη αποτελείται από άτομα, ο τρόπος με τον οποίο τα άτομα συνδέονται μεταξύ τους αποτελεί σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά των υλικών. Αναλόγως με τον συνδυασμό και τη διάταξη των ατόμων προκύπτουν και διαφορετικά υλικά με άλλες ιδιότητες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα για το διαφορετικό συνδυασμό των ατόμων αποτελεί το μόριο του νερού, το οποίο αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Σε αντίθεση, το κάρβουνο αποτελείται μόνο από τα άτομα του άνθρακα, όμως προκύπτει διαφορά λόγω της ξεχωριστής διάταξης των ατόμων Στην κλίμακα του νάνο η κίνηση των δομικών στοιχείων επηρεάζουν άμεσα το σχηματισμό και τη λειτουργικότητα των

υλικών, με εμφανείς επιπτώσεις στην εν λόγω κλίμακα. Στον Μακρόκοσμο, ωστόσο, οι κινήσεις αυτές περνούν απαρατήρητες. Για να αντιληφθούν οι μαθητές τις ιδιότητες των υλικών πρέπει να κατανοήσουν τα δομικά τους στοιχεία.

- 3. Ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος:** Η εν λόγω Μεγάλη Ιδέα θεωρείται νέα και από τις σημαντικότερες Μεγάλες Ιδέες, καθώς οι νέες και ξεχωριστές ιδιότητες που αποκτούν τα υλικά είναι αποτέλεσμα του μεγέθους του. Οι ιδιότητες ενός υλικού (π.χ. χημικές, φυσικές, ηλεκτρικές) μπορούν να μεταβάλλονται ανάλογα με το μέγεθος και την κλίμακα. Όταν ένα υλικό προσεγγίσει τη Νανοκλίμακα, εμφανίζονται διαφορετικές ιδιότητες από αυτές που κατέχει το ίδιο το υλικό στη Μακροκλίμακα, καθιστώντας το υλικό κατάλληλο για κάποιες εφαρμογές. Εντυπωσιακό παράδειγμα αποτελεί το ασήμι, το οποίο, αν και ακριβό, έχει πολύτιμες αντιβιοτικές ιδιότητες. Αρκετές εταιρείες χρησιμοποιούν νανοσωματίδια αργύρου σε επιδέσμους, κάλτσες, σανίδες κοπής, για να αποτρέψουν την ανάπτυξη βακτηριδίων.
- 4. Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις:** Η συμπεριφορά της ύλης καθορίζεται από τέσσερις θεμελιώδεις δυνάμεις: τη βαρυτική, την ηλεκτρομαγνητική, την ισχυρή και την ασθενή πυρηνική. Η βαρύτητα υπερτερεί στη Μακροκλίμακα, η ηλεκτρομαγνητική στη Νανοκλίμακα, και η πυρηνική στην υπό-ατομική κλίμακα. Μερικές από τις υποκατηγοριοποιήσεις των δυνάμεων αυτών είναι οι Ιονικές αλληλεπιδράσεις, οι van der Waals, οι ομοιοπολικές, οι ηλεκτροστατικές κ.α. Η N-ET βελτιώνει καθημερινά την ποιότητα ζωής των ανθρώπων, εκμεταλλευόμενη τις ηλεκτρικές δυνάμεις για την παραγωγή νέων υλικών. Για την παραγωγή τέτοιων υλικών κρίνεται αναγκαία η γνώση αυτών των δυνάμεων και των αλληλεπιδράσεων.
- 5. Αυτό – οργάνωση (self-assembly):** Η διαδικασία κατά την οποία δημιουργούνται οι κατάλληλες συνθήκες όπου τα άτομα και τα μόρια σχηματίζουν δομές χωρίς εξωτερική παρέμβαση. Η αυτοοργάνωση συναντάται, τόσο σε τεχνητά περιβάλλοντα, όσο και σε φυσικές διαδικασίες (Stevens et al. 2009).
- 6. Όργανα και μετρήσεις:** Τα πειραματικά όργανα κατέχουν σημαντική θέση στην εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας. Πριν από αυτά οι άνθρωποι βίωναν τον κόσμο μέσω των αισθήσεών τους. Λόγω της πλάνης των αισθήσεων υπήρχαν αρκετές παρερμηνείες και περιορισμοί στη δυνατότητα σύλληψης πληροφοριών. Η εφεύρεση του οπτικού μικροσκοπίου έφερε επανάσταση στο χώρο της επιστήμης, ανοίγοντας νέο παράθυρο, τον κόσμο του «Μικρόκοσμου». Ένας κόσμος, που ως τότε ήταν άγνωστος για τον άνθρωπο. Ο κόσμος του «Νανόκοσμου» ήρθε στο φως έπειτα από την εφεύρεση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης, δίνοντας νέα ώθηση στην κατανόηση φαινομένων που συμβαίνουν σε πολύ μικρότερες διαστάσεις. Το όργανο αυτό αποτελείται από ηλεκτρομαγνητικούς φακούς και αντί για φως χρησιμοποιεί δέσμες ηλεκτρονίων επιτρέποντας τη μεγέθυνση μέχρι και τα 10 nm. Είναι αρκετά σημαντικό οι μαθητές να γνωρίζουν τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν τα όργανα παρατήρησης, ώστε να είναι σε θέση να τα χρησιμοποιήσουν μελλοντικά.

7. Μοντέλα και προσομοιώσεις: Τα μοντέλα, γενικά, είναι απλοποιημένες αναπαραστάσεις των αντικειμένων, των φαινομένων, των μηχανισμών, των συστημάτων, των σχέσεων κ.α. Λόγω του πολύ μικρού μεγέθους των νανοσωματιδίων, είναι χρήσιμα για την κατανόηση, την πρόβλεψη και την εξήγηση των φαινομένων νανοκλίμακας. Μπορούν να είναι είτε απτά, είτε ψηφιακά, δίνοντας έμφαση κάθε φορά σε κάποια σημεία ενός φαινομένου, μηχανισμού, αντικειμένου κ.α. Όταν ένα μοντέλο δημιουργηθεί για τις ανάγκες του πεδίου της N-ET και εφαρμοστεί στην εν λόγω κλίμακα, η χρησιμότητά του θα ισχύει μόνο για τα όρια του Νανόκοσμου. Σε μεγαλύτερα επίπεδα, π.χ στον κόσμο του Μικρόκοσμου, όπου κυριαρχεί η κλασική μηχανική, ένα μοντέλο κβαντικής μηχανικής χάνει την προβλεψιμότητά του. Τα μοντέλα εξελίσσονται συνεχώς ακολουθώντας τα νέα επιστημονικά δεδομένα.

Η προσομοίωση είναι ένα μοντέλο με προκαθορισμένες μεταβλητές. Στη σύγχρονη εποχή, με τη βοήθεια των υπερσύγχρονων υπολογιστών, θα δημιουργηθούν ακόμα καλύτερες ψηφιακές προσομοιώσεις για φαινόμενα της N-ET.

Εμφανίζονται δύο κύρια προβλήματα κατανόησης των μαθητών, όσον αφορά τα μοντέλα. Το πρώτο είναι η δυσκολία στη συσχέτιση του μοντέλου με ένα συγκεκριμένο στόχο και δεύτερον η δυσκολία στην κατανόηση των πολλαπλών τρόπων με τους οποίους τα μοντέλα μπορούν να προβλέψουν τον κόσμο. Για αυτό το λόγο προτείνεται να διδάσκεται η φύση και ο ρόλος των μοντέλων μαζί με το περιεχόμενο (Stevens et al. 2009).

8. N-ET και κοινωνικές, ηθικές και νομικές επιπτώσεις: Η εν λόγω «Μεγάλη Ιδέα» ασχολείται με τις προεκτάσεις των εφαρμογών της N-ET και πώς αυτές επηρεάζουν την κοινωνία. Η N-ET αναμένεται να επηρεάσει την ποιότητα ζωής των ανθρώπων θετικά αλλά και αρνητικά. Αφενός νέες καινοτόμες λύσεις ανακαλύπτονται για προβλήματα όπως, ποιότητα πόσιμου νερού, αποθήκευση και μεταφορά ενέργειας και θεραπεία ασθενειών και αφετέρου, προκύπτουν προβληματισμοί για τις πολύπλευρες επιπτώσεις των νέων τεχνολογικών προϊόντων. Οι μαθητές ζουν σε μία εποχή, όπου βιώνουν άμεσα τις αλλαγές που φέρνει/ θα φέρει η N-ET και θα πρέπει να κατέχουν επιστημονικό «Νανογραμματισμό», ώστε να λάβουν τις σωστές αποφάσεις, τόσο για αυτούς όσο και για τους συμπολίτες τους. (Stevens et al. 2009).

9. Κβαντικά φαινόμενα: Η ύλη στις πολύ μικρές διαστάσεις συμπεριφέρεται σαν κύμα και σαν σωματίδιο. Στις διαστάσεις νανοκλίμακας, η κλασική μηχανική δεν είναι επαρκής για να ερμηνεύσει τα φαινόμενα. Για το λόγο αυτό κυριαρχεί η κυματική φύση της ύλης και απαιτείται η κβαντική μηχανική για να εξηγήσει την

αλληλεπίδραση μεταξύ των σωματιδίων και της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (π.χ. φως). Επιπλέον, η κβαντομηχανική χρησιμεύει στη μελέτη του νάνο, καθώς τα νέα όργανα που χρησιμοποιούνται για αυτή τη μελέτη, προϋποθέτουν την κατανόησή της, ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν στην πράξη. (Stevens et al. 2009).

Οι «Μεγάλες Ιδέες» της N-ET, καθώς και η διεπιστημονικότητά της, αποτελούν ένα πρώτο πλαίσιο, στο οποίο γίνεται προσπάθεια να ενσωματωθούν σε θεματικές ενότητες των Προγραμμάτων Σπουδών, καθώς και των σχολικών εγχειριδίων. Οι εν λόγω ιδέες είναι καλό να αποτελέσουν προέκταση των εννοιών που ήδη υπάρχουν στα μαθήματα των φυσικών επιστημών (Μάνου και Σπύρτου, 2013).

Έπειτα από σχετική έρευνα των Μάνου, Σπύρτου, Χατζηκρανιώτη, Χατζηκρανιώτης και Καριώτογλου (2015), για τη διδασκαλία της Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας από την Α/θμια μέχρι και την Γ/θμια εκπαίδευση, οι έννοιες όπως «Μέγεθος και κλίμακα» και «Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος» παρατηρήθηκε πως είναι κοινές σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Κοινό χαρακτηριστικό, επίσης, των τριών βαθμίδων, είναι οι «Εφαρμογές της N-ET», δηλαδή συνδυασμός των εφαρμογών στη φύση, στην υγεία, στο περιβάλλον και στην καθημερινή ζωή, με το περιεχόμενο της Νανοτεχνολογίας και τα «Όργανα».

Η εισαγωγή των «Μεγάλων Ιδεών» στην εκπαίδευση έχει ως σκοπό τη δημιουργία πολιτών ικανών να χειρίζονται θέματα που σχετίζονται με τομείς της N-ET, ώστε να προάγεται η πρόοδος της κοινωνίας. Για τη σωστή, όμως, εκπαίδευση των μαθητών είναι απαραίτητη και η εκπαίδευση των δασκάλων και κυρίως η εκπαίδευση των φοιτητών/τριών Παιδαγωγικών Τμημάτων. Οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί οφείλουν να κατανοήσουν τις «Μεγάλες Ιδέες» και το περιεχόμενό τους, καθώς εκείνοι είναι που εισάγουν στοιχεία του κλάδου της N-ET, της επιστήμης και της μηχανικής στις τάξεις τους και τα συμπεριλαμβάνουν στις διδασκαλίες τους (Stevens et al. 2009). Είναι εμφανής, λοιπόν, η ανάγκη εκπαίδευσης των φοιτητών Παιδαγωγικών Τμημάτων σχετική με έννοιες και φαινόμενα της κλίμακας του Νάνο. Για την αποτελεσματικότητα της εκπαίδευσής τους είναι σημαντική η ανάδειξη των απόψεών και των αντιλήψεων τους, η ενίσχυση των αδυναμιών τους και η κατάρριψη των λανθασμένων ιδεών τους.

1.2.2 Ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος

Ένα ακόμη περιεχόμενο αυτής της «Μεγάλης Ιδέας» περιλαμβάνει τη σχέση ανάμεσα στην επιφάνεια και τον όγκο ενός αντικειμένου. Αν διπλασιαστεί το μέγεθος ενός αντικειμένου, θα επηρεαστεί με δυσανάλογο τρόπο η επιφάνεια και ο όγκος του. Κατά τον Hewitt (2013) αυτό ορίζεται ως «Φαινόμενο Κλίμακας». Συγκεκριμένα αναφέρει πως: «η μεταβολή του όγκου και του μεγέθους ενός αντικειμένου επηρεάζει τη σχέση ανάμεσα στο βάρος του, την αντοχή του και το εμβαδόν της επιφάνειάς του». Ως φαινόμενο κλίμακας, δηλαδή, μπορεί να περιγραφεί η ανομοιόμορφη αλλαγή όγκου και επιφάνειας ενός αντικειμένου και πώς αυτή η ανομοιόμορφη μεταβολή επηρεάζει τις ιδιότητες του σώματος (Hewitt, 2013 σελ. 241). Η αναλογία επιφάνεια όγκου (S/V), που συμβαίνει όταν το μέγεθος του υλικού πλησιάζει την κλίμακα του νάνο, σχετίζεται με ιδιότητες, όπως το σημείο τήξης, το ρυθμό αντίδρασης, την υπερυδροφοβικότητα και την προσκόλληση και έχει εξαιρετική σημασία για την κατανόησή τους.

Η εργασία επικεντρώνεται στην εν λόγω «Μεγάλη Ιδέα», μελετώντας τις απόψεις που έχουν οι φοιτητές για την αλλαγή των ιδιοτήτων των υλικών. Για να μελετηθεί, όμως, η αλλαγή των ιδιοτήτων κρίνεται απαραίτητο να διευκρινιστεί ο όρος «ιδιότητα».

Οι ιδιότητες είναι εκείνες οι ιδιότητες ή τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν τη φύση ενός υλικού (Stevens et al. 2009). Ως πηγή της λειτουργικότητας ενός υλικού, καθορίζουν πώς φαίνεται, πώς συμπεριφέρεται, πώς αλληλεπιδρά και αντιδρά στο περιβάλλον και για ποιες εφαρμογές μπορεί να είναι χρήσιμο. Ιδιότητα ορίζεται και η απόκριση ενός υλικού σε κάποιο εξωτερικό ερέθισμα (Callister & Rethwisch, 2009). Ως εξωτερικό ερέθισμα μπορεί να θεωρηθεί η άσκηση δύναμης ή η εκπομπή φωτός. Σε κάθε περίπτωση το υλικό είτε θα παρουσιάσει παραμόρφωση, είτε θα αντανάκλα το φως (μεταλλική επιφάνεια). Η ιδιότητα του υλικού είναι ανάλογη με το είδος και το μέγεθος της απόκρισης του υλικού σε ένα συγκεκριμένο ερέθισμα και ανεξάρτητη από το σχήμα και το μέγεθος του υλικού.

Οι πιο σημαντικές ιδιότητες των στερεών υλικών ομαδοποιούνται σε έξι διαφορετικές κατηγορίες : μηχανικές, ηλεκτρικές, θερμικές, μαγνητικές, οπτικές και φθαρτικές-αλλοιωτικές ιδιότητες. Για κάθε μία κατηγορία, υπάρχει ένας χαρακτηριστικός τύπος ερεθίσματος που προκαλεί διαφορετικές αποκρίσεις. Οι μηχανικές ιδιότητες, όπως για παράδειγμα η αντοχή ή η σκληρότητα, σχετίζονται με την παραμόρφωση από το εξωτερικό ερέθισμα μιας δύναμης. Δηλαδή, ένα υλικό το οποίο παραμορφώνεται από το εξωτερικό ερέθισμα μιας δύναμης, διαθέτει τη μηχανική ιδιότητα της σκληρότητας, της αντοχής ή της δυσκαμψίας. Στις ηλεκτρικές ιδιότητες, όπως η ηλεκτρική αγωγιμότητα, το ερέθισμα είναι ένα ηλεκτρικό πεδίο.

Για τις μαγνητικές ιδιότητες, το μαγνητικό πεδίο και για τις οπτικές η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Το γεγονός ότι ένα υλικό αντανάκλα το φως, σημαίνει πως το υλικό έχει οπτικές ιδιότητες. Τέλος, οι αλλοιωτικές ιδιότητες σχετίζονται με τη χημική αντιδραστικότητα των υλικών. Οι ιδιότητες της ύλης χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες τις φυσικές και τις χημικές ιδιότητες.

Φυσικές Ιδιότητες

Φυσικές ιδιότητες είναι αυτές που μπορούν να μετρηθούν χωρίς αλλαγή της σύνθεσης μιας ουσίας και μας επιτρέπουν να ταξινομήσουμε και να αναγνωρίσουμε ουσίες. Μερικές φυσικές ιδιότητες είναι το χρώμα, το σημείο τήξης και βρασμού, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η πυκνότητα και η διαλυτότητα. Για παράδειγμα ένα παγάκι μπορεί να διαφοροποιηθεί από ένα κομμάτι μολύβδου από τις φυσικές ιδιότητες όπως την πυκνότητα, το χρώμα και το σημείο τήξης. (Kotz et al. 2011).

Οι αλλαγές στις φυσικές ιδιότητες ονομάζονται φυσικές αλλαγές. Σε μια φυσική αλλαγή, διατηρείται η ταυτότητα μιας ουσίας, παρόλο που μπορεί να έχει αλλάξει τη φυσική της κατάσταση και το σχήμα των κομματιών της. Μια φυσική αλλαγή δεν οδηγεί στην παραγωγή μιας νέας χημικής ουσίας. Οι ουσίες (άτομα, μόρια ή ιόντα) που υπάρχουν πριν και μετά την αλλαγή είναι οι ίδιες. Για παράδειγμα στην περίπτωση τήξης του πάγου, τα μόρια που υπάρχουν τόσο πριν όσο και μετά την αλλαγή είναι μόρια H_2O . Η χημική τους ταυτότητα δεν έχει αλλάξει.

Εντατικές και εκτεταμένες ιδιότητες

Κατά τη διάρκεια χημικών και φυσικών αλλαγών οι ιδιότητες των ουσιών αλλάζουν (εντατικές ιδιότητες), ενώ τα σωματίδια των ουσιών και η μάζα τους διατηρούνται (εκτεταμένη ιδιότητα). (Kumar & Kumbhat, 2016). Στις εντατικές ιδιότητες, οι οποίες δεν εξαρτώνται από την ποσότητα της ύλης, κατατάσσονται η πυκνότητα και η θερμοκρασία. Για παράδειγμα, η θερμοκρασία ενός συστήματος σε θερμική ισορροπία είναι η ίδια με τη θερμοκρασία οποιουδήποτε μέρους του. Αν το σύστημα αυτό διαιρεθεί, η θερμοκρασία κάθε υποσυστήματος θα είναι ίδια. Επίσης, ένα δείγμα πάγου θα λιώσει στους $0^\circ C$, ανεξάρτητα από το αν είναι ένα παγάκι ή ένα παγόβουνο. Το ίδιο ισχύει και για την πυκνότητα ενός ομοιογενούς συστήματος. Αν το σύστημα χωριστεί στο μισό, η μάζα και ο όγκος θα χωριστούν εξίσου στο μισό, ενώ η πυκνότητα θα παραμείνει αμετάβλητη. Οι εντατικές ιδιότητες είναι συχνά χρήσιμες για τον προσδιορισμό ενός υλικού. Για παράδειγμα η θερμοκρασία στην οποία λιώνει ένα υλικό (το σημείο τήξης του) είναι τόσο χαρακτηριστική που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ταυτοποίηση του στερεού. Αντίθετα, οι εκτεταμένες ιδιότητες εξαρτώνται από την ποσότητα της ύλης και σε αυτές συμπεριλαμβάνονται η μάζα και ο όγκος. Ένας εύκολος διαχωρισμός της εντατικής ιδιότητας από την εκτατική είναι το εξής παράδειγμα: η πυκνότητα του νερού είναι περίπου 1 g/ml και θα είναι ίδια είτε το νερό είναι μία σταγόνα, είτε είναι σε μία πισίνα, αλλά η μάζα είναι διαφορετική στις δύο περιπτώσεις.

Χημικές Ιδιότητες

Χημικές ιδιότητες είναι αυτές που δείχνουν εάν και πόσο εύκολο είναι ένα υλικό να υφίσταται χημική αλλαγή με ένα άλλο υλικό. Για παράδειγμα, μία χημική ιδιότητα του αερίου του υδρογόνου είναι ότι αντιδρά έντονα με το αέριο οξυγόνο.

Εάν το μέγεθος του υλικού πέσει κάτω από το όριο για μια συγκεκριμένη ιδιότητα, τουλάχιστον σε μία διάσταση, τότε η ιδιότητα για το υλικό αυτό «περιορίζεται» και γίνεται ευαίσθητη σε μέγεθος και σχήμα (Heath, 1995). Η νέα ιδιότητα του υλικού εμφανίζεται στη Νανοκλίμακα και είναι διαφορετική από αυτή στη Μακροκλίμακα. Οι μοναδικές ιδιότητες των νανοϋλικών είναι αποτέλεσμα τριών παραγόντων: μειωμένο μέγεθος, μεγάλη αναλογία επιφάνειας προς όγκο και υπερμοριακή δομή που προκύπτει λόγω της αυτοσυναρμολόγησης των μορίων. Η έρευνα αυτή, ασχολείται με δύο κατηγορίες για τις ιδιότητες των υλικών που αλλάζουν στη Νανοκλίμακα. Στην πρώτη κατηγορία κατατάσσονται οι ιδιότητες που οφείλονται στην αναλογία επιφάνειας όγκου (S/V) με χαρακτηριστικά παραδείγματα την προσκόλληση, το σημείο τήξης και το ρυθμό αντίδρασης. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι ιδιότητες που οφείλονται στο συνολικό μέγεθος του αντικειμένου με τις οπτικές και μαγνητικές ιδιότητες και την ηλεκτρική αγωγιμότητα ως παραδείγματα. Οι μαθητές θα πρέπει να είναι ικανοί να αναγνωρίζουν τις ιδιότητες των υλικών και να λαμβάνουν υπόψη το μέγεθος του υλικού. (Stevens et al. 2009).

Το γεγονός ότι όλες οι ιδιότητες αλλάζουν ανάλογα με την κλίμακα έρχεται σε αντίθεση με την παραδοσιακή έννοια των "σταθερών ιδιοτήτων", οι οποίες ορίζονται ως ανεξάρτητες από την ποσότητα του υλικού (π.χ. σημείο τήξης, αγωγιμότητα, ελατότητα). Η παραδοσιακή αντίληψη των ιδιοτήτων μπορεί να ισχύσει μόνο για μακροσκοπικές ποσότητες ενός υλικού. Όσο το μέγεθος του υλικού γίνεται μικρότερο και περνάει στη νανοκλίμακα, ορισμένες από τις ιδιότητες, όπως οι μαγνητικές, το δυναμικό ιονισμού, το σημείο βρασμού, το χρώμα, η σκληρότητα, η καταλυτική δραστηριότητα και άλλες, οι οποίες νομίζαμε ότι ήταν σταθερές, τώρα αρχίζουν να αλλάζουν. Για παράδειγμα, η ευκαμψία του χαλκού προέρχεται από την κίνηση ατόμων χαλκού σε κλίμακα 50 νανόμετρων. Τα σωματίδια χαλκού, μικρότερα από 50 νανόμετρα, χάνουν την ελατότητα τους και την ολκιμότητα και θεωρούνται εξαιρετικά υλικά.

Ένα ακόμη παράδειγμα, σχετικό με την αλλαγή του χρώματος, είναι αυτό το χρυσού που αναφέρθηκε και προηγουμένως. Αναλυτικότερα, τα νανοσωματίδια χρυσού με μήκος περίπου 2 nm έχουν κίτρινο χρώμα, με μήκος περίπου 2-5 nm έχουν πορτοκαλί χρώμα, με μήκος περίπου 15-100 nm κόκκινο χρώμα, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Με μήκος 100 nm και πάνω το χρώμα αλλάζει και αποκτά ένα ιώδες χρώμα. Η ιδιότητα αυτή του χρυσού με την αλλαγή του χρώματος σε διαφορετική κλίμακα παρατηρείται, στο Ρωμαϊκό δοχείο, το κύπελλο του Λυκούργου (Lycurgus Cup). Όπως έχει ήδη αναφερθεί το χρώμα από το εν λόγω κύπελλο είναι πρασινοκίτρινο όταν το φως πέφτει πάνω του, ενώ όταν το φως πέφτει στο εσωτερικό του, το χρώμα του είναι κόκκινο. Πολλά κοινά υλικά παρουσιάζουν ασυνήθιστες ιδιότητες, όπως αξιοσημείωτα μικρότερη αντίσταση στον ηλεκτρισμό ή

ταχύτερες χημικές αντιδράσεις. Επομένως, η ταξινόμηση των ιδιοτήτων γίνεται με επιφύλαξη διότι, όλες οι ιδιότητες μπορούν να αλλάξουν ανάλογα με την κλίμακα.

Οι ιδιότητες της ύλης σε επίπεδο νανοκλίμακας, χρησιμοποιούνται σε ποικίλες εφαρμογές όπως η αποθήκευση πληροφοριών, η ηλεκτρονική, η περιβαλλοντική ασφάλεια και τα καλλυντικά. Καθώς ανακαλύπτονται περισσότερες ιδιότητες και αναπτύσσεται η κατανόησή τους, οι ιδιότητες νανοκλίμακας μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα ακόμα ευρύτερο φάσμα προβλημάτων. Οι νέες, συχνά απροσδόκητες, ιδιότητες που έχουν σημασία στην νανοκλίμακα αναγκάζουν τους επιστήμονες και τους μηχανικούς να αλλάξουν τα μοντέλα τους για να εξηγήσουν τη δομή και τη συμπεριφορά της ύλης. Η μεταβολή των ιδιοτήτων των υλικών, καθώς το μέγεθός τους μεταβάλλεται, συνδέεται με την αλλαγή του πηλίκου της επιφάνειας των υλικών προς τον όγκο τους (S/V).

1.2.3 Πηλίκo επιφάνεια προς όγκo

Το πηλίκo επιφάνεια προς όγκo (S/V) αυξάνεται όταν ένα υλικό γίνεται μικρότερο προσεγγίζοντας την κλίμακα νάνo. Ο τεμαχισμός της ύλης σε μικρότερα κομμάτια οδηγεί σε πιο εκτεθειμένη επιφάνεια, η οποία μεταφράζεται σε περισσότερα άτομα που εκτίθενται στην επιφάνεια και που αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον.

Τα άτομα στην επιφάνεια ενός υλικού παρουσιάζουν διαφορές σε σχέση με τα άτομα στο εσωτερικό του υλικού. Μία από τις διαφορές είναι η λεγόμενη επιφανειακή ενέργεια, που επηρεάζει μόνο τα πρώτα στρώματα των ατόμων. Έτσι, τα επιφανειακά άτομα έχουν περίσσια ενέργεια, η οποία υπολείπεται στο υπόλοιπο υλικό, καθιστώντας τα πιο χημικά αντιδραστικά (Stevens et al. 2009). Το χημικό περιβάλλον των ατόμων στην επιφάνεια ενός υλικού είναι μία ακόμη διαφορά, καθώς τα άτομα στην επιφάνεια του υλικού αλληλεπιδρούν με διαφορετικά χημικά και φυσικά περιβάλλοντα από τα άτομα στο εσωτερικό.

Οι χημικές αντιδράσεις περιλαμβάνουν την αλληλεπίδραση μεταξύ ατόμων ή μορίων στο περιβάλλον και των ατόμων στην επιφάνεια ενός υλικού, μεταβολές κατά τις οποίες από κάποιες αρχικές ουσίες προκύπτουν νέες ουσίες με διαφορετικές ιδιότητες από τις αρχικές. Τα επιφανειακά άτομα μιας ουσίας αντιδρούν για να σχηματίσουν μια νέα ουσία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα χημικών αντιδράσεων που γίνονται στην επιφάνεια ενός υλικού, είναι η οξείδωση των μετάλλων (π.χ. στο αμαυρωμένο ασήμι, στο πράσινο του χαλκού). Οι μεταβολές στην ποσότητα της εκτεθειμένης επιφάνειας επηρεάζουν την ταχύτητα των χημικών αντιδράσεων.

Οποιοδήποτε φαινόμενο που συμβαίνει στην επιφάνεια θα μεγεθυνθεί, όσο περισσότερο προσεγγίσει τη νανοκλίμακα. Λόγω της αύξησης της αναλογίας των ατόμων που βρίσκονται στην επιφάνεια σε επίπεδο νανοκλίμακας, οι αλληλεπιδράσεις που περιλαμβάνουν επιφανειακές δυνάμεις μπορούν να επηρεάσουν δραματικά τη συμπεριφορά των υλικών και να αλλάξουν τις ιδιότητες τους. Η αύξηση του πηλίκου επιφάνειας προς όγκo (S / V), που συμβαίνει όταν το μέγεθος του υλικού πλησιάζει τη νανοκλίμακα, εξηγεί πολλές ιδιότητες όπως η αντιδραστικότητα και το σημείο τήξης, που παρουσιάζουν διαφορετικές συμπεριφορές στη νανοκλίμακα.

Σε έρευνα που διεξήχθη σε φοιτητές έδειξε ότι δυσκολεύονται να κατανοήσουν το νόημα του πηλίκου S/V , δηλαδή της διαίρεσης μεταξύ της επιφάνειας ενός υλικού και του όγκου του. Συγκεκριμένα, όταν τους ζητήθηκε να εξηγήσουν τη σύνδεση του πηλίκου S/V με την αλλαγή των ιδιοτήτων, ενώ κατείχαν την ικανότητα να κάνουν τον υπολογισμό, στηριζόμενοι στη μαθηματική εξίσωση, δυσκολεύτηκαν να δώσουν απάντηση (Light, Swarat, Park & Drane, 2008). Ακόμα και οι δάσκαλοι των δημοτικών σχολείων δυσκολεύονται να κατανοήσουν την έννοια, πέρα από την απλή χρήση της μαθηματικής εξίσωσης (Cohen et al. 1999).

Η κατανόηση των περισσότερων φοιτητών επικεντρώνεται στη μία συνιστώσα του πηλίκου S/V , αυτή της επιφάνειας (S), αγνοώντας το ρόλο του όγκου (V). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να χάνουν τη βασική ιδέα, ότι ο λόγος είναι αυτός που καθορίζει τις ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος και όχι η κάθε μεταβλητή ξεχωριστά. Η ιδέα ότι δεν έχει σημασία μόνο η επιφάνεια του πηλίκου S/V , κατανοείται από πολύ λίγους μαθητές. Ελάχιστοι είναι αυτοί που κατανοούν τη σύνδεση της αλλαγής του λόγου της επιφάνειας των υλικών προς τον όγκο τους (S/V), με τη μεταβολή των ιδιοτήτων των υλικών όταν το μέγεθος μεταβάλλεται. (Swarat et al. 2009).

1.2.4 Σχέση S/V με τη διάλυση

Φυσικές μεταβολές όπως η διάλυση είναι εξαρτώμενες από το πηλίκο επιφάνεια προς όγκο (S/V). Οι διαδικασίες αυτών των μετασχηματισμών περιλαμβάνουν άτομα και μόρια στην επιφάνεια του υλικού που αλληλεπιδρούν με άτομα ή μόρια στο περιβάλλον. Η διάλυση είναι μία περίπτωση της χημικής αντίδρασης, η οποία εξηγεί τη διαδικασία των αλληλεπιδράσεων μεταξύ διαφορετικών ουσιών. (Ngai C. Sevian A. & Talanquer V., 2014). Μπορεί να ερμηνευτεί από τη θεωρία των συγκρούσεων ή την θεωρία της μεταβατικής κατάστασης.

Σύμφωνα με τη θεωρία των συγκρούσεων για να αντιδράσουν δύο μόρια πρέπει να συγκρουστούν αποτελεσματικά. Η αποτελεσματικότητα συνεπάγεται την κατάλληλη ταχύτητα και το σωστό προσανατολισμό. Ως αποτέλεσμα αυτής της αντίδρασης είναι να «σπάσουν» οι αρχικοί δεσμοί των μορίων και να δημιουργηθούν νέοι. Η ελάχιστη τιμή ενέργειας, που πρέπει να έχουν τα μόρια, ώστε να αντιδράσουν αποτελεσματικά, ονομάζεται ενέργεια ενεργοποίησης.

Στηριζόμενοι στη θεωρία της μεταβατικής κατάστασης, για να πραγματοποιηθεί μια αντίδραση θα πρέπει να σχηματιστεί κατά την σύγκρουση των αντιδρώντων ένα ενδιάμεσο προϊόν. Το προϊόν αυτό απορροφά την ενέργεια ενεργοποίησης και ονομάζεται ενεργοποιημένο σύμπλοκο. Η ταχύτητα αντίδρασης μιας ουσίας επηρεάζεται από τις ακόλουθες μεταβλητές: α) συγκέντρωση των αντιδρώντων, β) πίεση (αν τουλάχιστον ένα από τα αντιδρώντα είναι σε αέρια μορφή), γ) επιφάνεια επαφής, δ) θερμοκρασία, ε) ακτινοβολία και τέλος στ) καταλύτες (Χημεία Γ Γενικού Λυκείου Θετικών Σπουδών).

Όσο αυξάνεται η επιφάνεια επαφής ενός στερεού, αυξάνεται και η ταχύτητα, καθώς με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται ο αριθμός των ενεργών συγκρούσεων των αντιδρώντων. Η επίδραση της αυξημένης επιφάνειας με τον τεμαχισμό της ύλης εύκολα παρατηρείται και στη μακροκλίμακα. Παράδειγμα αποτελεί η θραύση ενός δισκίου χαπιού σε μικρότερα κομμάτια, που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού διάλυσης. Έτσι, αιτιολογείται, γιατί τα χάπια ταμπλέτες διαλύονται αργότερα από τα χάπια σε μορφή σκόνης. (Χημεία Γ Γενικού Λυκείου. Stevens et al. 2009). Για παράδειγμα ένα αναβράζον χάπι έχει χαμηλότερο πηλίκο επιφάνειας προς όγκο, συγκριτικά με ένα θρυμματισμένο αναβράζον χάπι. Λόγω του αυξημένου πηλίκου επιφάνειας προς όγκο, το αναβράζον χάπι που έχει υποστεί θρυμματισμό θα διαλυθεί ταχύτερα, με αποτέλεσμα να απελευθερώσει ταχύτερα τη δραστική ουσία.

Με τη δημιουργία νανοσωματιδίων, μπορούμε να αυξήσουμε δραστικά την ποσότητα του υλικού που είναι διαθέσιμο για να αντιδράσει. Αυτό μπορεί να αυξήσει την ταχύτητα και τη δύναμη της αντίδρασης. Μπορεί επίσης να εξοικονομήσει το κόστος των υλικών, καθώς χρειάζεται μικρότερο ποσό υλικού για το επιθυμητό αποτέλεσμα. Έτσι εξοικονομείται το κόστος των υλικών, καθώς χρειάζεται μικρότερο ποσό υλικού για το επιθυμητό αποτέλεσμα.

1.2.5 Παραδείγματα από τη διερεύνηση αντιλήψεων για τις ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος.

Έπειτα από έρευνα των Stavrou D. & Euler M. (2012) σχετική με τις αντιλήψεις των φοιτητών για τις ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος σε κλίμακα Νάνο, έδειξε ότι οι φοιτητές κλίνουν στην παραδοσιακή έννοια των «σταθερών ιδιοτήτων». Η έρευνα στηρίχθηκε σε φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, οι οποίοι είχαν ένα καλό background σε παιδαγωγικά ζητήματα και σε βασικές έννοιες φυσικής και μεθοδολογίας της διδασκαλίας, αλλά ένα περιορισμένο υπόβαθρο στην επιστήμη και τα μαθηματικά. Μέσα από συνεντεύξεις, οι οποίες πάρθηκαν για τη διεξαγωγή του πειράματος της έρευνας, συμπεραίνεται η αντίληψη ότι τα αντικείμενα έχουν σταθερές ιδιότητες. Παραδείγματος χάρη, η αλλαγή των χρωμάτων εξηγείται σαν μία αντίληψη των ανθρώπων και όχι σαν μία πραγματική αλλαγή στις ιδιότητες του υλικού, το οποίο αλληλεπιδρά με το εισερχόμενο φως. Στηριζόμενοι στην παραδοσιακή αντίληψη, περί σταθερότητας των ιδιοτήτων, οι φοιτητές εξηγούν τα φαινόμενα από την άποψη της «συνέχειας». Αυτό σημαίνει ότι πιστεύουν πως οι ιδιότητες παραμένουν αμετάβλητες σε όλες τις κλίμακες.

Διερευνήθηκαν οι απόψεις των μαθητών/τριών Γυμνασίου σχετικά με τις ιδιότητες των υλικών και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες οι ιδιότητες αλλάζουν. Πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική έρευνα για τις ιδέες των μαθητών σχετικά με τις αλλαγές των ιδιοτήτων και μελέτη στην εκπαίδευση των Φ. Ε γύρω από τέσσερις «Μεγάλες Ιδέες», επικεντρώνοντας την προσοχή στην περίπτωση της νανοκλίμακας. Με τη χορήγηση ερωτηματολογίου, διερευνήθηκαν οι απόψεις 70 μαθητών/τριών σχετικά με το τι θεωρούν ιδιότητα, και σχετικά με το αν θεωρούν ότι οι ιδιότητες των υλικών αλλάζουν ή όχι. Συγκεκριμένα, η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι οι μαθητές θεωρούν πως τα βασικά, ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των υλικών, συνδέονται με τη χρήση τους. Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι οι μαθητές όταν αναφέρονται σε ιδιότητες σωμάτων εννοούν χαρακτηριστικά όπως τη φυσική κατάσταση και τη μεταβολή αυτής, και αποδίδουν σε συγκεκριμένα υλικά συγκεκριμένες ιδιότητες (φυσικές ή χημικές). (Τσέτσερη, 2017).

Στην έρευνα του Αλεξίου (2019) που είχε ως στόχο τη διαμόρφωση ενός μετασχηματισμένου συλλογισμού για τις ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος, μελετάται το πηλίκο επιφάνειας προς όγκο και επικεντρώνεται στη μεταβλητή επιφάνειας επαφής. Συγκεκριμένα οι 20 φοιτητές του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, που αποτελούν και το δείγμα της έρευνας, συμπλήρωσαν ερωτηματολόγια και μετά από διδακτική παρέμβαση έπρεπε να αναπτύξουν τον εξής συλλογισμό: εφόσον το μέγεθος του τεμαχισμένου φαρμάκου είναι μικρό, αυξάνεται το S/V , με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ταχύτητα διάλυσης και έτσι ο ασθενής να καταλήγει σε ταχύτερη θεραπεία. Οι μετρήσεις των Pre / Post ερωτηματολογίων και οι παρεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν σε μάθημα ελεύθερης επιλογής, καταλήγοντας πως το πλήθος των φοιτητών δεν γνωρίζει το S/V .

1.3 Σύνδεση βιβλιογραφικής επισκόπησης με σκοπό και ερευνητικά ερωτήματα

Από τη βιβλιογραφική επισκόπηση επισημαίνεται πως δεν υπάρχουν πολλές έρευνες για την Μεγάλη Ιδέα: Ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος. Ενδεικτικά παραδείγματα ερευνών για την αλλαγή των ιδιοτήτων των υλικών είναι αυτά που παρατίθενται στο παραπάνω κεφάλαιο. Συγκεκριμένα η έρευνα των Stavrou D. & Euler M. (2012), της Τσέτσερη Μ. (2017) και του Αλεξίου Δ. (2019). Η παρούσα εργασία θέλει να συνεισφέρει σε γενικότερο πλαίσιο στη μελέτη των ιδεών για τις ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος και σε ειδικότερο πλαίσιο στη μελέτη των ιδεών των εν δυνάμει εκπαιδευτικών για την αλλαγή των ιδιοτήτων των υλικών. Παράλληλα εξετάζονται διαφορές ως προς την Ομάδα Προσανατολισμού και ως προς το Πανεπιστήμιο Φοίτησης.

ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

1. Λαμβάνοντας υπόψη τις Ομάδες Προσανατολισμού (Ο.Π) των φοιτητών, υποθέτουμε πως η Ο.Π των Φυσικών Επιστημών (Θετικών Σπουδών) θα διαθέτει μεγαλύτερα ποσοστά επιλογής των τεσσάρων μικρών χαπιών από την Ο.Π εκτός των Φυσικών Επιστημών (Ανθρωπιστικών Σπουδών και Σπουδών Οικονομίας και Πληροφορικής). Η υπόθεση αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι οι φοιτητές της Ο.Π των Φυσικών Επιστημών έχουν παρακολουθήσει μάθημα Χημείας στο Λύκειο.
2. Παρατηρώντας τον Οδηγό Σπουδών των δύο τμημάτων, παρατηρήθηκε πως στο Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, στο εαρινό εξάμηνο του πρώτου έτους, υπάρχει μάθημα Χημείας, ενώ στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, δεν υπάρχει τέτοιο μάθημα. Για το λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμο να διερευνηθεί η τυχόν διαφορά ανάμεσα στα δύο Πανεπιστήμια. Στο μάθημα παρουσιάζονται βασικές έννοιες της επιστήμης της Χημείας, όπως ύλη, υλικό, αντικείμενο, ουσία, στοιχείο, ένωση, που σχετίζονται τόσο με την καθημερινότητα, όσο και με τα αντίστοιχα θέματα που διδάσκονται στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Υποθέτουμε πως οι φοιτητές του Δ.Π.Θ, έχοντας παρακολουθήσει το μάθημα, θα είναι περισσότερο εξοικειωμένοι με τις βασικές έννοιες της Χημείας από τους φοιτητές του Π.Δ.Μ, οι οποίοι δεν έχουν παρακολουθήσει αντίστοιχο μάθημα.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1 Σκοπός της έρευνας και ερευνητικά ερωτήματα

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η μελέτη των αρχικών ιδεών των φοιτητών Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, για την αλλαγή των ιδιοτήτων των υλικών, καθώς το μέγεθος τους βρεθεί στα όρια της Νανοκλίμακας. Ειδικότερα το επίκεντρο στρέφεται στις ιδέες των φοιτητών για το κατά πόσο ο ρυθμός διάλυσης ενός υλικού αλλάζει, καθώς αλλάζει το μέγεθός του. Παράλληλα σκοπός είναι να μελετηθεί κατά πόσο αυτές οι αρχικές ιδέες παρουσιάζουν διαφορά ως προς την Ομάδα Προσανατολισμού και ως προς το Πανεπιστήμιο. Ως εκ τούτου τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας είναι:

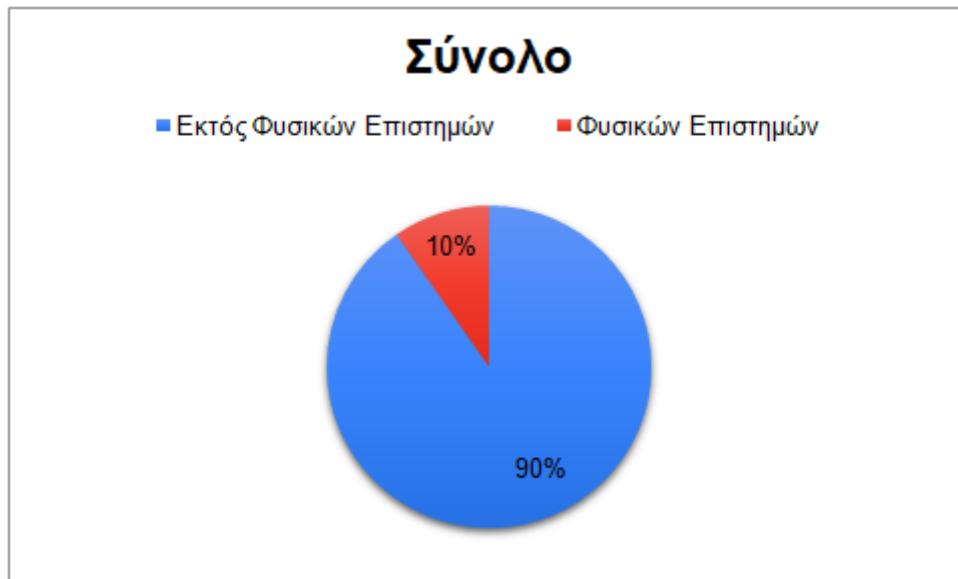
1. Ποιες οι απόψεις των φοιτητών για την αλλαγή του ρυθμού διάλυσης, καθώς μεταβαίνουμε στη Νανοκλίμακα.
2. Ποιες διαφορές παρουσιάζουν οι απόψεις των φοιτητών των Παιδαγωγικών τμημάτων Δημοτικής Εκπαίδευσης για την αλλαγή του ρυθμού διάλυσης των υλικών στη Νανοκλίμακα: Ως προς την Ομάδα Προσανατολισμού, ως προς το Πανεπιστήμιο στο οποίο φοιτούν.

2.2 Συμμετέχοντες

Η παρούσα έρευνα μελετά τις αρχικές ιδέες των πρωτοετών φοιτητών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης της Φλώρινας και της Αλεξανδρούπολης. Στην έρευνα συμμετείχαν 103 άτομα, εκ των οποίων το 66% φοιτά στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας (68 άτομα) και το 34% στο Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης (35 άτομα) (Διάγραμμα 1.1). Οι περισσότεροι από τους φοιτητές με ποσοστό 90% προέρχονται από κατεύθυνση εκτός των φυσικών επιστημών (93 άτομα), όπως των Ανθρωπιστικών Σπουδών (86 άτομα) και των Σπουδών Οικονομίας και Πληροφορικής (7 άτομα). Το υπόλοιπο 10% προέρχεται από κατεύθυνση φυσικών επιστημών, δηλαδή από την Ομάδα Προσανατολισμού των Θετικών Σπουδών (10 άτομα). (Διάγραμμα 1.2). Αξίζει να σημειωθεί πως δεν έχει προηγηθεί καμία επιμόρφωση για τη Νανοεπιστήμη / Νανοτεχνολογία στους ερωτηθέντες φοιτητές/τριες της έρευνας.



Διάγραμμα 1.1. Ποσοστά φοιτητών ανάλογα με το Πανεπιστήμιο στο οποίο φοιτούν.



Διάγραμμα 1.2. Ποσοστά φοιτητών ανάλογα με την Ομάδα Προσανατολισμού.

2.3 Εργαλείο και μέθοδος συλλογής δεδομένων

Για να μελετηθούν οι αρχικές ιδέες των φοιτητών/τριών για την αλλαγή των ιδιοτήτων των υλικών στη νανοκλίμακα χρησιμοποιήθηκε ένα ηλεκτρονικό ερωτηματολόγιο του Google Forms. Αναλυτικότερα το ερωτηματολόγιο, αποτελούνταν από ένα έργο με στόχο να μελετηθούν οι αρχικές απόψεις σχετικά με την ταχύτητα διάλυσης του χαπιού, όσο αυτό μικραίνει (Εικόνα 1). Η εν λόγω ερώτηση επιλέχθηκε, διότι ο πονοκέφαλος και η ανακούφισή του με τη λήψη παυσίπονων είναι συχνό φαινόμενο στην καθημερινότητα των φοιτητών, καθώς όλοι έχουν εμπειρία από τον πονοκέφαλο.

Το συγκεκριμένο έργο αποτελεί προϊόν τροποποίησης ενός αντίστοιχου έργου που είχε χρησιμοποιηθεί σε προγενέστερη εργασία του Αλεξίου (2019). Η τροποποίηση ήταν η προσθήκη επεξήγησης, στο συγκεκριμένο έργο, ότι τα χάπια είχαν την ίδια ποσότητα δραστικής ουσίας. Επιπλέον, η ερώτηση από ανοικτού τύπου άλλαξε σε κλειστού τύπου, προκειμένου οι φοιτητές να δώσουν πιο στοχευμένη απάντηση στο ερώτημα. Επίσης, οι φοιτητές/τριες καλούνται να εκφράσουν τη σκέψη τους, αιτιολογώντας την επιλογή τους με ένα παράδειγμα.

Το μεγάλο χάπι περιέχει συνολικά την ίδια ποσότητα της δραστικής ουσίας με τα τέσσερα μικρά χάπια. Αν έχεις έντονο πονοκέφαλο τι θα επέλεγες να πάρεις, ώστε να σε ανακουφίσει ταχύτερα; *



- 1 Μεγάλο χάπι
- 4 Μικρά χάπια
- Δεν απαντώ

Αιτιολόγησε αναλυτικά την απάντησή σου. Μπορείς να δώσεις και ένα παράδειγμα. *

Η απάντησή σας

Εικόνα 1. Ερώτηση ερωτηματολογίου

Τα ερωτηματολόγια συμπληρώθηκαν από όλους/ες τους/τις πρωτοετείς φοιτητές/τριες που παρακολουθούν το εργαστήριο του μαθήματος «Οι έννοιες της Φυσικής και οι αναπαραστάσεις» του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, καθώς και από του/τις πρωτοετείς φοιτητές/τριες του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης, που παρακολουθούν αντίστοιχο μάθημα φυσικών επιστημών. Το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε πριν την έναρξη του εργαστηρίου. Η διαδικασία διήρκησε μία εβδομάδα και αφού ολοκληρώθηκε ξεκίνησε η ανάλυση των δεδομένων της παρούσας εργασίας.

2.4 Ανάλυση δεδομένων

Η επεξεργασία των πληροφοριών που συλλέχθηκαν, έγινε τον Απρίλιο του 2020. Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων επιλέχθηκε το Microsoft Excel, καθώς αποτελεί γνώριμο εργαλείο. Οι κατηγορίες και οι υποκατηγορίες δημιουργήθηκαν μέσα από ποιοτική ανάλυση περιεχομένου bottom up (επαγωγικά) από το ειδικό στο γενικό. Δηλαδή, από ειδικές καταστάσεις σε γενικές θεωρίες. Τα εμπειρικά δεδομένα που συλλέγονται καθοδηγούν την ανάλυση. Η επαγωγική μέθοδος στοχεύει στον σχηματισμό μιας βάσης δεδομένων από την οποία προκύπτουν κοινά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, ανάλογα με τις απαντήσεις που δίνουν. Συγκεκριμένα με βάση λέξεις ή φράσεις - κλειδιά, δημιουργήθηκαν ανάλογες υποκατηγορίες απαντήσεων. Οι κατηγορίες χωρίζονται με βάση τις επιλογές των φοιτητών στο πρώτο ερώτημα του ερωτηματολογίου και οι υποκατηγορίες ανάλογες με τις αιτιολογήσεις των επιλογών τους.

Ειδικότερα διαμορφώθηκαν τρεις κατηγορίες, όσες είναι και οι απαντήσεις του πρώτου ερωτήματος. Στην Κατηγορία ένα (K1) εντάχθηκε η επιλογή των φοιτητών του ενός μεγάλου χαπιού, στην Κατηγορία δύο (K2) η επιλογή των τεσσάρων μικρών χαπιών και στην Κατηγορία τρία (K3) η επιλογή του «Δεν απαντώ». Οι υποκατηγορίες της κάθε κατηγορίας διαμορφώθηκαν με βάση τις αιτιολογήσεις των φοιτητών στο δεύτερο ερώτημα.

Η **K1** συμπερίλαβε τρεις υποκατηγορίες, αυτή που αφορά τις αιτιολογήσεις που φανερώνουν άγνοια, που δεν αιτιολογούν, που υπάρχει ασάφεια και χωρίς νόημα αιτιολόγηση, αυτή που αφορά τον χρόνο διάλυσης ή χρόνο απορρόφησης και αυτή που αφορά τα υποκειμενικά κριτήρια.

1. Υποκατηγορία 1.1: Άγνοια / Χωρίς αιτιολόγηση / Ασαφής αιτιολόγηση / Χωρίς νόημα αιτιολόγηση

Στην υποκατηγορία αυτή εντάχθηκαν οι αιτιολογήσεις που δηλώνουν άγνοια, ασαφής αιτιολόγηση και χωρίς νόημα αιτιολόγησης. Δηλαδή απαντήσεις που υποστηρίζουν πως το μεγάλο χάπι έχει περισσότερη δραστική ουσία, ενώ στην εκφώνηση αναφέρεται ξεκάθαρα ότι η δραστική ουσία των χαπιών είναι ίδια. Ενδεικτική απάντηση των φοιτητών είναι: «*Θα επέλεγα να πάρω το μεγάλο χάπι, διότι έχει μεγαλύτερη συνολική ποσότητα και άρα μεγαλύτερη δραστική ουσία. Στα μικρά χάπια πιστεύω πως δεν θα ανακουφιστεί ο οργανισμός, διότι σιγά σιγά θα έρχεται η ουσία στον οργανισμό και δεν θα δράσει όλη μαζί.*»

1. Υποκατηγορία 1.2.: Χρόνος Διάλυσης / Χρόνος Απορρόφησης

Στην εν λόγω κατηγορία οι φοιτητές αναφέρονται στην ταχύτερη διάλυση ή απορρόφηση του μεγάλου χαπιού. Θεωρούν πως το ένα χάπι διαλύεται γρηγορότερα από ότι τα τέσσερα και για αυτό το λόγο το επιλέγουν για ταχύτερη ανακούφιση. Ενδεικτική απάντηση των φοιτητών είναι: «*Θα επέλεγα το μεγάλο χάπι. Αν επέλεγα τα μικρά, θεωρώ ότι θα χρειαζόταν ο οργανισμός μου περισσότερη ώρα να τα απορροφήσει και να κάνουν την δουλειά που θέλω.*»

Ενώ αν πάρω το μεγάλο θα εισέλθει όλη η ποσότητα δραστικής ουσίας μαζί και θα με ανακούφιζε γρηγορότερα».

2. Υποκατηγορία 1.3.: Υποκειμενικά Κριτήρια

Στην υποκατηγορία αυτή εντάχθηκαν οι αιτιολογήσεις των φοιτητών που βασίζονται στην ευκολία κατάποσης του ενός χαπιού. Οι φοιτητές επιλέγουν το ένα μεγάλο χάπι αντί των τεσσάρων μικρών χαπιών, γιατί προτιμούν τη μία λήψη του χαπιού από τις τέσσερις. Ενδεικτική απάντηση των φοιτητών της εν λόγω υποκατηγορίας είναι: *«Θα επέλεγα το μεγάλο χάπι για πρακτικούς και ψυχολογικούς λόγους. Ένα χάπι μια και καλή. Διότι έχω θέμα με την κατάποση. Και αν ήταν και αναβράζον ακόμα καλύτερα!».*

Η **K2** συμπερίλαβε δύο υποκατηγορίες, αυτή που αφορά το χρόνο διάλυσης και αυτή που αφορά τα υποκειμενικά κριτήρια. Όσον αφορά το χρόνο διάλυσης αναγνωρίστηκαν οι επιμέρους υποκατηγορίες, όπως η επιφάνεια επαφής, το μέγεθος του χαπιού και η χωρίς επιπλέον αιτιολόγηση.

1. Υποκατηγορία 2.1: Χρόνος Διάλυσης

Υποκατηγορία 2.1.1. Επιφάνεια Επαφής

Οι φοιτητές αιτιολόγησαν το λόγο που επέλεξαν τα τέσσερα μικρά χάπια για τη γρηγορότερη ανακούφιση από τον πονοκέφαλο, αναφερόμενοι στην επιφάνεια επαφής των μικρών χαπιών. Ενδεικτικές απαντήσεις των φοιτητών είναι: *«Εφόσον επιθυμώ ταχύτερη ανακούφιση, θα πάρω τα 4 μικρά χάπια, γιατί θα διαλυθούν πιο εύκολα στο στομάχι και θα γίνει πιο άμεσα η απορρόφηση της δραστικής ουσίας. Περισσότερες επιφάνειες γρηγορότερη απορρόφηση.»* και *«Τα τέσσερα μικρά, γιατί αυξάνεται η συνολική επιφάνεια διεξαγωγής της αντίδρασης διάλυσης του χαπιού από τα οξέα στο στομάχι, άρα αυξάνεται η ταχύτητα διάλυσης.»*

Υποκατηγορία 2.1.2. Μέγεθος χαπιού

Το μέγεθος του χαπιού έχει σημαντικό ρόλο στη λήψη της απόφασης των φοιτητών. Οι φοιτητές αιτιολογούν την επιλογή τους στηριζόμενοι στο μικρό μέγεθος χαπιού, το οποίο κατά την άποψη τους διασπάται ταχύτερα από το μεγάλο. Για παράδειγμα *«Μάλλον θα διάλεγα τα 4 μικρά χάπια γιατί λόγω του ότι είναι μικρά θα διαλυθούν πιο εύκολα και γρήγορα και έτσι θα ανακουφιστώ γρηγορότερα από τον πόνο. Για παράδειγμα αν θα ήθελα να λιώσω μια σοκολάτα, θα την έκοβα σε μικρά κομμάτια για να λιώσει πιο γρήγορα, αν θα την άφηνα στο αρχικό της μέγεθος θα χρειαζόταν προφανώς περισσότερος χρόνος για να λιώσει.»* και *«Τα μικρά χάπια θα διαλυθούν γρηγορότερα σε σχέση με το 1 μεγάλο καθώς έχουν μικρότερο μέγεθος. Για παράδειγμα ένα παγάκι (από παγοθήκη ψυγείου) θα λιώσει πιο γρήγορα σε σχέση με ένα κυβικό μέτρο πάγου.»*

Υποκατηγορία 2.1.3. Χωρίς επιπλέον αιτιολόγηση

Οι φοιτητές επιλέγουν τα τέσσερα μικρά χάπια, θεωρώντας ότι διαλύονται γρηγορότερα, χωρίς να δίνουν κάποια παραπάνω αιτιολόγηση. Ενδεικτικό παράδειγμα απάντησης των φοιτητών είναι: *«Θα επέλεγα τα 4 μικρά χάπια για να απορροφηθούν πιο γρήγορα από τον οργανισμό.»*.

2. Υποκατηγορία 2.2: Υποκειμενικά Κριτήρια

Η αιτιολόγηση των φοιτητών βασίζεται σε υποκειμενικούς πρακτικούς λόγους λήψης του χαπιού. Οι φοιτητές επιλέγουν τα τέσσερα μικρά χάπια, γιατί τα θεωρούν ευκολότερα στην κατάποση. Για παράδειγμα: *«Θα προτιμήσω τα 4 μικρά χάπια, γιατί δεν μπορώ να καταπίνω μεγάλα χάπια, φοβάμαι ότι θα πνιγώ.»*.

Στην **K3** εντάσσονται οι απαντήσεις των φοιτητών που επέλεξαν την επιλογή του ερωτηματολογίου «Δεν απαντώ», είτε γιατί δεν γνώριζαν την απάντηση, είτε γιατί δεν έβλεπαν διαφορά ως προς το αποτέλεσμα. Ενδεικτικές απαντήσεις των φοιτητών είναι: *«Αφού το ένα μεγάλο χάπι είναι το ίδιο δραστικό με τα τέσσερα μικρότερα, καμία από τις δυο περιπτώσεις δεν θα ανακουφίσει ταχύτερα τον πονοκέφαλο. Όποιο και να πάρω το ίδιο αποτέλεσμα θα έχει.»* και *«Στην εκφώνηση δίνεται η πληροφορία ότι το μεγάλο χάπι περιέχει συνολικά την ίδια ποσότητα της δραστικής ουσίας με τα τέσσερα μικρά χάπια. Επομένως είτε επιλέξουμε το μεγάλο χάπι είτε τα τέσσερα μικρά θα έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα.»*.

Τα αποτελέσματα εγκυροποιήθηκαν από έναν δεύτερο ερευνητή, ο οποίος είχε συμμετάσχει στην ανάλυση δεδομένων μίας προγενέστερης έρευνας Αλεξίου (2019) και έχει εμπειρία στην ανάλυση δεδομένων που σχετίζονται με την ανάδειξη ιδεών σε έννοιες και φαινόμενα νανοκλίμακας. Ο συγκεκριμένος ερευνητής, δειγματοληπτικά, έλεγξε το 50% των μονάδων νοήματος, ως προς το αν αυτές αντιστοιχούν στις κατηγορίες. Διαπιστώθηκε ένας μεγάλος βαθμός συμφωνίας μεταξύ του συγκεκριμένου ερευνητή και της συγγραφέως ερευνήτριας της εργασίας αυτής. Οι όποιες διαφορίες άρθηκαν μέσω συζήτησης.

Κ1: Ένα μεγάλο χάπι

Υποκατηγορία 1.1 Άγνοια / Χωρίς αιτιολόγηση / Ασαφής αιτιολόγηση / Χωρίς νόημα αιτιολόγηση	Υποκατηγορία 1.2 Χρόνος Διάλυσης / Χρόνος Απορρόφησης	Υποκατηγορία 1.3 Υποκειμενικά Κριτήρια
--	---	---

Πίνακας 1. Υποκατηγορίες της κατηγορίας 1: 1 Μεγάλο χάπι

Κ2: Τέσσερα μικρά χάπια

Υποκατηγορία 2.1 Χρόνος Διάλυσης	Υποκατηγορία 2.2 Υποκειμενικά Κριτήρια
--	---

Πίνακας 2. Υποκατηγορίες της κατηγορίας 2: Τέσσερα μικρά χάπια

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Αποτελέσματα για το πρώτο ερευνητικό ερώτημα.

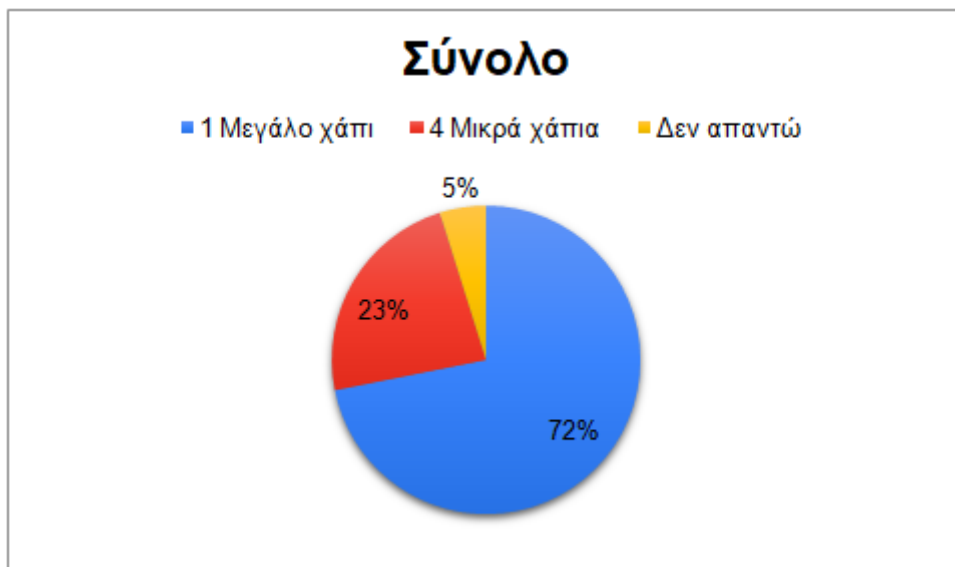
Στο εν λόγω κεφάλαιο παρουσιάζονται οι απαντήσεις των φοιτητών του δείγματος ανεξαρτήτως Ομάδας Προσανατολισμού και Πανεπιστημίου φοίτησης. Φαίνεται πως το μεγαλύτερο ποσοστό (72%) επιλέγει το ένα μεγάλο χάπι. Σε μικρότερο ποσοστό (23%) ανιχνεύτηκαν αποτελέσματα για τα τέσσερα μικρά χάπια και ένα ελάχιστο ποσοστό (5%) δεν έδωσε κάποια απάντηση (Διάγραμμα 2.1).

Στο επόμενο βήμα μετρήθηκε το ποσοστό των απαντήσεων που ταξινομήθηκαν στις υποκατηγορίες της κάθε κατηγορίας. Σχετικά με τις απαντήσεις των υποκατηγοριών της Κατηγορίας 1 (**K1**): «Ένα μεγάλο χάπι» οι φοιτητές που επέλεξαν το μεγάλο χάπι, έδωσαν σε μεγαλύτερο ποσοστό (49%) ασαφής ή χωρίς νόημα αιτιολογήσεις. Για παράδειγμα: *“Εφόσον το ένα μεγάλο χάπι είναι εξίσου δραστικό με τέσσερα μικρότερα, δεν χρειάζεται να πάρουμε τέσσερα. Το ένα και μόνο αρκεί.”* Επιπλέον σημαντικό ποσοστό (31%) στηρίχθηκε σε υποκειμενικά κριτήρια, όπως για παράδειγμα: *“Δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος λόγος για την επιλογή του ενός χαπιού, απλά προσωπικά μου φαίνεται πιο ακίνδυνη επιλογή σε περίπτωση πονοκεφάλου από την κατανάλωση τεσσάρων χαπιών ακόμα και να περιέχουν την ίδια ποσότητα δραστικής ουσίας.”* Ενώ ένα μικρότερο ποσοστό (20%) συνέδεσε την επιλογή του μεγάλου με τον χρόνο διάλυσης, θεωρώντας ότι το μεγάλο χάπι θα διαλυθεί και θα απορροφηθεί πιο γρήγορα από τα μικρά. *“Θα επέλεγα το μεγάλο χάπι. Αν επέλεγα τα μικρά, θεωρώ ότι θα χρειαζόταν ο οργανισμός μου περισσότερη ώρα να τα απορροφήσει και να κάνουν την δουλειά που θέλω. Ενώ αν πάρω το μεγάλο θα εισέλθει όλη η ποσότητα δραστικής ουσίας μαζί και θα με ανακούφιζε γρηγορότερα”* (Διάγραμμα 2.2.).

Αναφορικά με τις απαντήσεις των υποκατηγοριών της Κατηγορίας 2 (**K2**): «Τέσσερα μικρά χάπια» οι φοιτητές που επέλεξαν τα τέσσερα μικρά χάπια, έδωσαν σε μεγαλύτερο ποσοστό (67%) απαντήσεις στηριζόμενοι στον χρόνο διάλυσης (Υποκατηγορία 2.1). π.χ *«Μάλλον θα διάλεγα τα 4 μικρά χάπια, γιατί λόγω του ότι είναι μικρά θα διαλυθούν πιο εύκολα και γρήγορα και έτσι θα ανακουφιστώ γρηγορότερα από τον πόνο.»*. Το υπόλοιπο ποσοστό (33%), αιτιολόγησε την επιλογή του στηριζόμενο σε υποκειμενικά κριτήρια, όπως η ευκολία κατάποσης. π.χ *«Θα έχω ίδιο αποτέλεσμα όποιο και να πάρω κι έτσι επιλέγω τα 4 μικρά, γιατί μου είναι πιο εύκολο να τα καταπιώ.»* (Διάγραμμα 2.3).

Εμβραθύνοντας στις επιμέρους υποκατηγορίες της Υποκατηγορίας 2.1: Χρόνος Διάλυσης συγκρίνονται οι απαντήσεις των φοιτητών με την Ομάδα Προσανατολισμού. Παρατηρείται πως στην Υποκατηγορία 2.1.1 «Επιφάνεια Επαφής» οι περισσότεροι φοιτητές με ποσοστό 75% που αιτιολόγησαν την επιλογή των τεσσάρων μικρών χαπιών, χρησιμοποιώντας τον όρο της «επιφάνειας επαφής», προέρχονται από την ομάδα Προσανατολισμού των Φυσικών Επιστημών π.χ *«Γιατί τα 4 χάπια θα δράσουν πιο γρήγορα, καθώς έχουν μικρότερη επιφάνεια επαφής. Για παράδειγμα, αν βάλουμε φωτιά σε ένα μεγάλο κομμάτι ξύλου τότε θα καεί πιο αργά από μερικά μικρά κομματάκια ξύλου.»* Το υπόλοιπο 25% προέρχεται από Ομάδα Προσανατολισμού εκτός των Φυσικών Επιστημών (Διάγραμμα 2.4). Όσον αφορά την

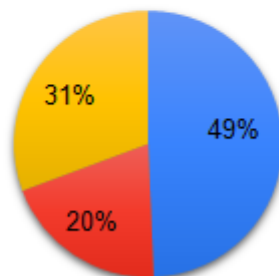
Υποκατηγορία 2.1.2 «Μέγεθος χαπιού» οι περισσότεροι φοιτητές με ποσοστό 67% που αιτιολόγησαν την επιλογή των τεσσάρων μικρών χαπιών, στηριζόμενοι στο μέγεθος του χαπιού, προέρχονται από την Ομάδα Προσανατολισμού των Φυσικών Επιστημών π.χ «Πιστεύω πως τα μικρά χάπια που είναι πιο μικρά σε μέγεθος θα διασπαστούν πιο γρήγορα στο στομάχι από ότι το μεγάλο.» Το υπόλοιπο 33% προέρχεται από Ομάδα Προσανατολισμού εκτός των Φυσικών Επιστημών (Διάγραμμα 2.5). Σχετικά με την Υποκατηγορία 2.1.3 «Χωρίς επιπλέον αιτιολόγηση» οι περισσότεροι φοιτητές με ποσοστό 83%, που δεν αιτιολόγησαν επιπλέον την επιλογή των τεσσάρων μικρών χαπιών, προέρχονται από την Ομάδα Προσανατολισμού εκτός των Φυσικών Επιστημών. Το υπόλοιπο 17% προέρχεται από Ομάδα Προσανατολισμού των Φυσικών Επιστημών (Διάγραμμα 2.6).



Διάγραμμα 2.1 Απαντήσεις φοιτητών για το ερώτημα του ερωτηματολογίου

K1: Υποκατηγορίες

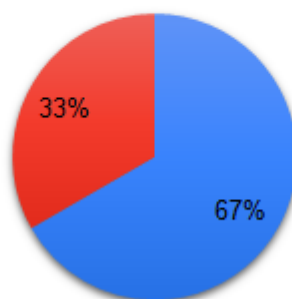
- 1.1 Υποκατηγορία: Άγνοια / Χωρίς αιτιολόγηση / Ασαφής αιτιολόγηση / Χωρίς νόημα αιτιολόγηση
- 1.2 Υποκατηγορία: Χρόνος Διάλυσης / Χρόνος Απορρόφησης
- 1.3 Υποκατηγορία: Υποκειμενικά Κριτήρια



Διάγραμμα 2.2: Υποκατηγορίες των αιτιολογήσεων των φοιτητών για την επιλογή «1 Μεγάλο χάπι» της Κατηγορίας 1

K2: Υποκατηγορίες

- 2.1 Υποκατηγορία: Χρόνος Διάλυσης
- 2.2 Υποκατηγορία: Υποκειμενικά Κριτήρια

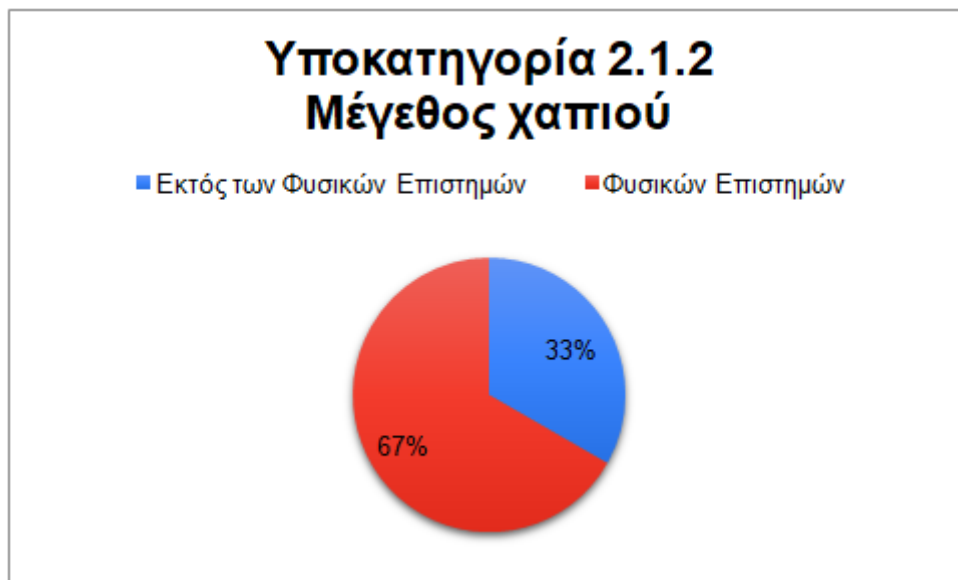


Διάγραμμα 2.3. Υποκατηγορίες των αιτιολογήσεων των φοιτητών για την επιλογή «4 Μικρά χάπια» της Κατηγορίας 2.

Υποκατηγορία 2.1: Χρόνος Διάλυσης



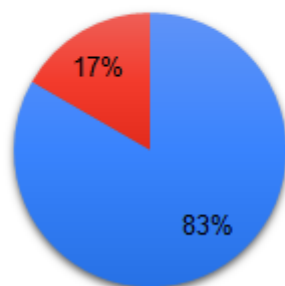
Διάγραμμα 2.4 Αιτιολόγηση της επιλογής «Τέσσερα μικρά χάπια», χρησιμοποιώντας τον όρο “Επιφάνεια Επαφής” με βάση την Ομάδα Προσανατολισμού



Διάγραμμα 2.5 Αιτιολόγηση της επιλογής «Τέσσερα μικρά χάπια», χρησιμοποιώντας τον όρο “Μέγεθος χαπιού” με βάση την Ομάδα Προσανατολισμού

Υποκατηγορία 2.1.3 Χωρίς επιπλέον αιτιολόγηση

■ Εκτός των Φυσικών Επιστημών ■ Φυσικών Επιστημών



Διάγραμμα 2.6 Χωρίς επιπλέον αιτιολόγηση στην επιλογή «Τέσσερα μικρά χάπια» με βάση την Ομάδα Προσανατολισμού

3.2.1 Αποτελέσματα με βάση την Ομάδα Προσανατολισμού

Το 90% που επέλεξαν τα τέσσερα μικρά χάπια προέρχεται από Ομάδα Προσανατολισμού των Φυσικών Επιστημών (Θετικών Σπουδών). Το υπόλοιπο 10% επέλεξε το ένα μεγάλο χάπι (Διάγραμμα 3.1.). Το μεγαλύτερο ποσοστό 81%, που επέλεξε το ένα μεγάλο χάπι προέρχεται από την Ομάδα Προσανατολισμού εκτός των Φυσικών Επιστημών (Ανθρωπιστικών Σπουδών). Ένα 15% επέλεξε τα τέσσερα μικρά χάπια. Το μικρότερο ποσοστό 4% δεν έδωσε καμία απάντηση (Διάγραμμα 3.2.). Το 43% των φοιτητών εκτός των Φυσικών Επιστημών επέλεξε το ένα μεγάλο χάπι (Σπουδών Οικονομίας και Πληροφορικής). Το 29% δεν έδωσε απάντηση και το 28% επέλεξε τα τέσσερα μικρά χάπια (Διάγραμμα 3.3.).



Διάγραμμα 3.1 Απαντήσεις των φοιτητών των Θετικών Σπουδών για την επιλογή του χαπιού



Διάγραμμα 3.2 Απαντήσεις των φοιτητών των Ανθρωπιστικών Σπουδών για την επιλογή του χαπιού



Διάγραμμα 3.3 Απαντήσεις των φοιτητών των Σπουδών Οικονομίας και Πληροφορικής για την επιλογή του χαπιού

3.2.2 Αποτελέσματα με βάση το Πανεπιστήμιο Φοίτησης

Παρατηρώντας τα διαγράμματα οδηγούμαστε στην απάντηση του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος σχετικά με το ποιες οι απόψεις των φοιτητών ως προς το Πανεπιστήμιο στο οποίο φοιτούν. Όσον αφορά την επιλογή των φοιτητών “1 Μεγάλο χάπι” για την ταχύτερη ανακούφιση από τον πονοκέφαλο, το 66% των φοιτητών (49 φοιτητές) φοιτούν στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας και το 34% (25 φοιτητές) στο Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης (Διάγραμμα 3.4.). Το μεγαλύτερο ποσοστό 67% που επέλεξε τα “4 Μικρά Χάπια” για ταχύτερη ανακούφιση προέρχεται από το Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας (16 φοιτητές) και το 33% από το Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης (8 φοιτητές) (Διάγραμμα 3.5.). Για την επιλογή “Δεν απαντώ” το 60% προέρχεται από το Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας (6 φοιτητές) και το 40% από το Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης (4 φοιτητές) (Διάγραμμα 3.6.)



Διάγραμμα 3.4. Επιλογή «1 Μεγάλο χάπι» με βάση το Πανεπιστήμιο Φοίτησης.



Διάγραμμα 3.5 Επιλογή «4 Μικρά χάπια» με βάση το Πανεπιστήμιο Φοίτησης



Διάγραμμα 3.6 Επιλογή “Δεν απαντώ” με βάση το Πανεπιστήμιο Φοίτησης

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Συμπεράσματα ως προς το 1^ο ερευνητικό ερώτημα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας οι απαντήσεις των φοιτητών κυριαρχούνται από την άποψη ότι το μεγάλο χάπι είναι δραστικότερο από τα τέσσερα μικρά, και για αυτό το επιλέγουν για ταχύτερη ανακούφιση. Άξιο σημείο αναφοράς είναι το γεγονός ότι οι περισσότεροι φοιτητές της Ομάδας Προσανατολισμού των Θετικών Σπουδών, με ποσοστό 90%, απάντησαν πως θα επέλεγαν τα τέσσερα μικρά χάπια για την ταχύτερη ανακούφιση από τον πονοκέφαλο και είναι οι μοναδικοί που αναφέρθηκαν στην επιφάνεια επαφής στην αιτιολόγησή τους (4 φοιτητές). Αυτό πιθανό να οφείλεται στο ότι έχουν διδαχθεί μάθημα Χημείας Προσανατολισμού, στο οποίο γίνεται αναφορά στις μεταβλητές που επηρεάζουν την ταχύτητα της αντίδρασης.

4.2 Συμπεράσματα ως προς το 2^ο ερευνητικό ερώτημα

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα αποτελέσματα από τη σύγκριση των Πανεπιστημίων φοίτησης. Οι περισσότεροι φοιτητές που επέλεξαν τα τέσσερα μικρά χάπια, φοιτούν στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. Οι μισοί από αυτούς φοιτούν στο Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης. Όσον αφορά την επιλογή “Δεν απαντώ” η απόκλιση είναι ελάχιστη, καθώς διαφέρουν ως προς ένα άτομο. Αξίζει να αναφερθεί πως οι φοιτητές του Δ.Π.Θ που συμμετείχαν στην έρευνα είναι οι μισοί από τους φοιτητές του Π.Δ.Μ. Για το λόγο αυτό φαίνεται πως οι απαντήσεις που δίνουν οι φοιτητές των δύο Πανεπιστημίων δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές.

Ανατρέχοντας στη βιβλιογραφία παρατηρείται πως οι περισσότεροι φοιτητές και οι δάσκαλοι πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης δεν γνωρίζουν το S/V ή κι αν το γνωρίζουν, το κατανοούν περισσότερο ως μαθηματικό υπολογισμό χωρίς περιεχόμενο εφαρμογής (Taylor, 2009· Enochs and Gabel 1984· Stavry & Tirosh 1996· Light, Swarat, Park, and Drane, 2008· Swarat, Light, Park and Drane, 2009). Στην παρούσα έρευνα παρατηρήθηκε πως εξίσου δύσκολη είναι η σύνδεση του S/V με την ταχύτητα διάλυσης. Από την μελέτη των απόψεων των φοιτητών φαίνεται πως οι περισσότεροι δεν συνδέουν το μικρό χάπι, με την αύξηση του S/V, δηλαδή την αναλογία που αυξάνει την ταχύτητα της διάλυσης, και που έχει ως αποτέλεσμα την ταχύτερη ανακούφιση από τον πονοκέφαλο. Αναλύοντας τις απαντήσεις των φοιτητών είναι εμφανής η αδυναμία σύλληψης της ιδέας πως η ιδιότητα της διάλυσης αλλάζει όσο τεμαχίζεται το χάπι. Σε σύγκλιση έρχονται και τα αποτελέσματα της έρευνας των Stavrou D. & Euler M. (2012), που οι συμμετέχοντες θεωρούν τις ιδιότητες αμετάβλητες σε όλες τις κλίμακες.

Η πλειονότητα των φοιτητών θεωρεί πως το «1 Μεγάλο Χάπι» διαλύεται ταχύτερα στον οργανισμό από ότι τα «Τέσσερα μικρά χάπια», με αποτέλεσμα να αποκλίνουν αρκετά από τη σωστή απάντηση και ερμηνεία. Λίγοι είναι αυτοί που επέλεξαν σωστά τα «Τέσσερα μικρά χάπια» και αιτιολόγησαν την επιλογή τους χρησιμοποιώντας επιστημονικούς όρους, όπως για παράδειγμα την «επιφάνεια επαφής». Όπως αναφέρει και ο Αλεξίου (2019) ο αριθμός των απαντήσεων που καταγράφηκαν στα ανώτερα επίπεδα, δηλαδή στα επίπεδα που παρείχαν σωστή ερμηνεία με τη χρήση του όρου S/V, ήταν σχετικά μικρός. Λαμβάνοντας υπόψη τις υποκατηγορίες με τις αιτιολογήσεις των φοιτητών παρατηρούμε πως οι περισσότεροι είτε έχουν άγνοια και δυσκολεύονται να δώσουν μία σαφή αιτιολόγηση, είτε αναφέρονται στο χρόνο διάλυσης. Και στην έρευνα του Αλεξίου οι περισσότερες ερμηνείες των φοιτητών αναγνωρίστηκαν στο επίπεδο 1. Δηλαδή, οι φοιτητές απέδωσαν το φαινόμενο, παρέχοντας χημικές ερμηνείες ή λόγω του χρόνου διάλυσης/απορρόφησης. Επίσης, το φαινόμενο της ταχύτερης διάλυσης αποδόθηκε στο μέγεθος του χαπιού, κάτι που παρατηρήθηκε και στη δική μου έρευνα εξίσου. (Κατηγορία 2 - Υ 1.1.2. Μέγεθος). Αρκετοί ήταν, επίσης, αυτοί που στηρίχθηκαν σε υποκειμενικά κριτήρια αναφέροντας στις αιτιολογήσεις τους λόγους όπως η ευκολία κατάποσης. Δεν αναγνωρίζουν την ιδιότητα Παρατηρώντας τις ερμηνείες των φοιτητών της έρευνας του Αλεξίου (2019), για το φαινόμενο της διάλυσης του χαπιού και της παρούσας έρευνας, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως τα αποτελέσματα των δύο ερευνών συγκλίνουν.

4.3 Προτάσεις διδασκαλίας

Το γεγονός ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των φοιτητών θα προτιμούσε το ένα μεγάλο χάπι, σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος, στο οποίο το μεγαλύτερο ποσοστό, που επιλέγουν το ένα μεγάλο χάπι, προέρχεται από Ομάδα Προσανατολισμού εκτός των Φυσικών Επιστημών, γεννά την ανάγκη για τη διδασκαλία του S/V. Από τη μελέτη των απόψεων των φοιτητών έγινε εμφανές, πως το μεγαλύτερο ποσοστό δεν γνωρίζει το S/V και δεν το συσχετίζει με τη διάλυση. Ένα μικρό ποσοστό, της Ομάδας Προσανατολισμού των Φυσικών Επιστημών, αναφέρεται μόνο στην επιφάνεια επαφής του υλικού. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, θεωρώ πως η διδασκαλία του S/V μπορεί να προσεγγιστεί εμπειρικά. Προτείνεται ο εξής τρόπος διδασκαλίας:

1^ο Στάδιο

Έχουμε δύο ποτήρια με νερό και δύο χάπια, ένα αναβράζον και ένα κανονικό. Ρίχνουμε το κάθε χάπι αντίστοιχα στο ποτήρι με το νερό. Οι φοιτητές σε αυτό το στάδιο, μέσω παρατήρησης, συμπεραίνουν πως το αναβράζον χάπι διαλύεται ταχύτερα από το κανονικό χάπι. Ζητάμε να αιτιολογήσουν αυτό το γεγονός, συγκρίνοντας τα δύο χάπια μεταξύ τους. Θέλουμε να καταλήξουν στο συμπέρασμα πως το αναβράζον χάπι, διαφέρει από το κανονικό ως προς τη σύστασή του.

2^ο Στάδιο

Τεμαχίζουμε το κανονικό χάπι σε πολύ μικρά κομμάτια. Ρίχνουμε το αναβράζον και το διαλυμένο χάπι στο ποτήρι αντίστοιχα. Οι φοιτητές σε αυτό το στάδιο, μέσω παρατήρησης, συμπεραίνουν πως το αναβράζον και το τεμαχισμένο χάπι, διαλύονται σε ίσους χρόνους. Ζήτημα είναι να επιβεβαιωθεί η αιτιολόγηση του προηγούμενου σταδίου, όσον αφορά τη σύσταση του αναβράζοντος δισκίου.

3^ο Στάδιο

Ζητάμε από τους φοιτητές να αιτιολογήσουν το γεγονός του προηγούμενου σταδίου και να συγκρίνουν το τεμαχισμένο χάπι, με το κανονικό, απαντώντας σε ερωτήσεις όπως:

1. Τι άλλαξε στη σύσταση του χαπιού μετά τον τεμαχισμό;
2. Όταν τεμαχίζουμε το χάπι αλλάζει ο ρυθμός διάλυσής του; Αν Ναι, Γιατί;
3. Άλλαξε ο όγκος του χαπιού μετά τον τεμαχισμό;

4^ο Στάδιο

Ζητάμε από τους φοιτητές να παρατηρήσουν.

1. Πόσες επιφάνειες παρατηρούν στο κανονικό χάπι;
2. Πόσες επιφάνειες παρατηρούν στο τεμαχισμένο χάπι;

Ζήτημα είναι να καταλήξουν στο συμπέρασμα πως όσο τεμαχίζεται το χάπι, δημιουργούνται περισσότερες επιφάνειες επαφής, ενώ ο όγκος μένει σταθερός, με αποτέλεσμα να αυξάνεται το S/V.

4.4 Αλλαγές στο ερευνητικό εργαλείο

Λαμβάνοντας υπόψη συγκεκριμένες απαντήσεις φοιτητών, κρίνονται αναγκαίες οι αλλαγές βελτίωσης του ερευνητικού εργαλείου. Οι αλλαγές που προτείνονται είναι σχετικές με:

1. Την προσθήκη επιλογής στο ερωτηματολόγιο
2. Τη διευκρίνιση στην εκφώνηση της πρώτης ερώτησης του ερωτηματολογίου

1. Προσθήκη επιλογής

Αναφορικά με το πρώτο ερώτημα του ερωτηματολογίου, ο φοιτητής/τρια είχε να επιλέξει ανάμεσα στις εξής απαντήσεις: «1 Μεγάλο Χάπι», «4 Μικρά Χάπια», «Δεν απαντώ». Δεδομένου ότι αρκετοί φοιτητές αιτιολόγησαν την επιλογή τους στηριζόμενοι στο ότι το ένα μεγάλο χάπι, είναι το ίδιο με τα τέσσερα μικρά, θα μπορούσε στο πρώτο ερώτημα επιλογής, να προστεθεί η επιλογή «Καμία διαφορά». Ενδεικτικές απαντήσεις των φοιτητών που οδήγησαν σε αυτή την σκέψη είναι οι εξής:

- «Θεωρώ ότι το 1 μεγάλο χάπι θα δράσει το ίδιο με τα 4 μικρά, αλλά δεν υπήρχε τέτοια επιλογή.»
- «1 μεγάλο χάπι ή 4 μικρά είναι το ίδιο πράγμα.»

2. Διευκρίνιση στην εκφώνηση της πρώτης ερώτησης

Από τις παραπάνω απαντήσεις που έδωσαν οι φοιτητές αναδείχθηκε η παρερμηνεία ως προς το χρόνο λήψης των τεσσάρων χαπιών. Για το λόγο αυτό, αυτό που προτείνεται είναι να υπάρχει διευκρίνιση στην εκφώνηση του ερωτηματολογίου πως τα τέσσερα μικρά χάπια λαμβάνονται **ταυτόχρονα**. Η διευκρίνιση θα μπορούσε να διατυπωθεί ως εξής: Τα τέσσερα μικρά χάπια λαμβάνονται **ταυτόχρονα**. Ενδεικτικές απαντήσεις των φοιτητών είναι οι εξής:

- «Πρέπει να μεσολαβήσει ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα όταν παίρνεις ένα χάπι για να πάρεις το επόμενο, οπότε είναι προτιμότερο να πάρεις το μεγάλο για να δράσει πιο γρήγορα.»
- «Με το να παίρνω 4 χάπια κ να "καθυστερώ" θα έπαιρνα το μεγάλο για να δράσει πιο γρήγορα.»

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

Αλεξίου Δ. (2019). Ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού στο περιεχόμενο της Νανοεπιστήμης: ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος. Μεταπτυχιακή εργασία. Φλώρινα: Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης.

Μάνου, Α. & Σπύρτου, Α. (2013). Η εισαγωγή της Νανοεπιστήμης – Νανοτεχνολογίας στην υποχρεωτική εκπαίδευση: βιβλιογραφική επισκόπηση του περιεχομένου και σύνδεση του με το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες. Στο Δ. Βαβουγιός & Σ. Παρασκευόπουλος (Επμ.), Πρακτικά του 8 ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (σσ. 658-665). Βόλος: Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής.

Μάνου, Α., Σπύρτου, Α., Χατζηκρανιώτης, Ε., Καριώτογλου, Π. (2015). Βιβλιογραφική επισκόπηση του περιεχομένου της διδασκαλίας της Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας στις τρεις βαθμίδες εκπαίδευσης. Στο Δ., Ψύλλος, Α., Μολοχίδης & Μ. Καλλέρη, (Επμ.), Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές, (σσ. 203-21). Θεσσαλονίκη: Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.

Πέικος Γ. (2016). Σχεδιασμός, ανάπτυξη και αξιολόγηση διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας για τη διδασκαλία του περιεχομένου της νανοεπιστήμης - νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο. Μεταπτυχιακή εργασία. Φλώρινα: Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης.

Πέικος, Γ., Μάνου, Α. & Σπύρτου, Α. (2015). Σχεδιασμός και ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία της νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο. Πιλοτική εφαρμογή. Στο Χ. Σκουμπουρδή & Μ. Σκουμιός (Επμ.), Πρακτικά του 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες», (σσ. 327-346). Ρόδος: Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Τσέτσερη Μ. (2017). Διερεύνηση των αντιλήψεων και διαδικασιών μάθησης μαθητών Γυμνασίου για την αλλαγή ιδιοτήτων υλικών σωμάτων σε επίπεδο Νανοκλίμακας. Διπλωματική εργασία. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας.

Χαλκιά, Κ. (2012). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.

Callister W. & Rethwisch D. (2009) *Materials Science and Engineering an Introduction*–8th ed.

Jones, G. Blonder, R., Gardner, G., Albe, V., Falvo, M., Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*. 35 (9), 1490-1512.

Kotz John C. Treichel Paul M. Townsend John R. (2011) *Chemistry and Chemical Reactivity*. Eighth Edition

Kumar, D. D. (2007). Nanoscale science and technology in teaching. *Australian journal of Education in Chemistry*, 68, 20-22

Light, G., Swarat, S., Park, E. J., & Drane, D. (2008). Student understanding of “surfacearea-to-volume ratio” and its relationship to property change in the nanoscience engineering context. In *Proceedings of the Research in Engineering Education Symposium*, Davos, Switzerland.

Ngai C. Sevian A. & Talanquer V. (2014). What is this Substance? What Makes it Different? Mapping Progression in Students’ Assumptions about Chemical Identity *International Journal of Science Education*, 36:14, 2438-2461, DOI: 10.1080/09500693.2014.927082

Stavrou. D., Michailidi . E., Sgouros. G. (2018). Development and dissemination of a teaching learning sequence on nanoscience and nanotechnology in a context of communities of learner. *Chemistry Education Research and Practice*
DOI: 10.1039/c8rp00088c

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

Swarat, S., Light, G., Park, E. J., & Drane, D. (2009). Unpacking Student Conceptions of Surface Area to Volume Ratio in the Nanoscience Context: An Empirical Application of the Construct-Centered Design Framework. In *Proceedings of the Research in Engineering Education Symposium*, Palm Cove, QLD (pp. 273279).

Taylor, A. R. (2009). Students' and Teachers' Conceptions of Surface Area to Volume in Science Contexts: What Factors Influence the Understanding of the Concept of Scale?.

Wilke T. & Waitz T. (2016) *Small Particles – Big Impact: Nanomaterials in Chemistry Class*

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

<https://www.nature.com/articles/nnano.2009.356>