



ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ
ΜΕΛΕΤΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ - ΑΛΛΑΓΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΝΑΝΟΚΛΙΜΑΚΑ

ΒΕΝΑΡΔΑΤΟΥ ΣΟΦΙΑ
Α. Μ. 3893

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΣΤΑΥΡΟΥ ΔΗΜΗΤΡΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΤΔΕ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2020

«Μάθε από το χθες, ζήσε για το σήμερα, να ελπίζεις για το αύριο. Το πιο σημαντικό πράγμα είναι να μην σταματάς να αμφισβητείς.» Albert Einstein

«Προτιμώ να έχω ερωτήσεις στις οποίες δεν υπάρχουν απαντήσεις παρά απαντήσεις στις οποίες δεν υπάρχουν ερωτήσεις.» Richard Feynman

... στον γιο μου Γεράσιμο.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στην πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας συνέβαλλαν πολλοί τους οποίους θα ήθελα να ευχαριστήσω ξεχωριστά. Η εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας έγινε υπό την επίβλεψη του Δημήτρη Σταύρου, καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης. Τον ευχαριστώ θερμά για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα αλλά και την βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας αυτής.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω τους εκπαιδευτικούς Αιμιλία Μιχαηλίδη και Αργύρη Νιπυράκη για τον χρόνο τους, την αμεσότητα, τις πολύτιμες συμβουλές και παρατηρήσεις τους. Ήταν πάντα διαθέσιμοι να μου προσφέρουν τις γνώσεις, την εμπειρία και την καθοδήγησή τους.

Ακόμη, ευχαριστώ πολύ την διευθύντρια κ. Μαρία Μαράκη, τους καθηγητές και τους μαθητές του Γενικού Λυκείου Σούδας που συμμετείχαν στην έρευνα αυτή και για την προθυμία τους να βοηθήσουν.

Και, τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στον σύζυγο και την οικογένειά μου, για τη στήριξη, την αγάπη και την υπομονή τους. Υπήρξαν ένα ανεκτίμητο στήριγμα για μένα καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια η Νανοεπιστήμη και η Νανοτεχνολογία (NET) αποτελούν σημαντικά επιστημονικά πεδία μελέτης. Ο όρος Νανοκλίμακα αναφέρεται σε αντικείμενα (Νανοϋλικά) με διαστάσεις που κυμαίνονται από 1 ως 100 νανόμετρα ($10^{-9} m$) σε τουλάχιστον μία τους διάσταση. Τα Νανοϋλικά παρουσιάζουν νέες και αρκετά συχνά μη αναμενόμενες ιδιότητες στις οποίες βασίζονται πολλές καινοτόμες εφαρμογές. Η ανάπτυξη της Νανοεπιστήμης και της Νανοτεχνολογίας (NET) και η συνεχώς αυξανόμενη διείδυση τους στην καθημερινότητά μας ωθούν την ενσωμάτωση όψεων τους στην υποχρεωτική εκπαίδευση.

Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας ήταν η ανάπτυξη διδακτικού υλικού με θέμα την αλλαγή των οπτικών ιδιοτήτων των υλικών στην Νανοκλίμακα κάνοντας χρήση αναλογιών. Εξετάζεται επίσης η δυνατότητα ενσωμάτωσης πτυχών της NET στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία χρησιμοποιήθηκε ως θεωρητικό πλαίσιο το μοντέλο της «Διδακτικής Αναδόμησης – ΜΔΑ » (Model of Educational Reconstruction - MER). Το μοντέλο αυτό προσφέρει μία αναδραστική αλληλεπίδραση μεταξύ: (α) της ανάλυσης της δομής του επιστημονικού περιεχομένου από διδακτικής σκοπιάς, (β) των εμπειρικών ερευνών για τις αντιλήψεις και τις διαδικασίες μάθησης των μαθητών και (γ) του σχεδιασμού περιβαλλόντων μάθησης. Βασιζόμενοι στο ΜΔΑ διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών Λυκείου για την αλλαγή του χρώματος σε διαλύματα νανοχρυσού και τις διαδικασίες μάθησης των μαθητών προς την κατάκτηση της επιστημονικής γνώσης.

Η εμπειρική έρευνα που πραγματοποιήθηκε με μαθητές της Β' Λυκείου οργανώθηκε σε δύο άξονες. Πρώτος άξονας ήταν η δημιουργία και η επεξεργασία προκαταρκτικού ανοιχτού ερωτηματολογίου καταγραφής των αντιλήψεων των μαθητών (ερωτηματολόγιο εισόδου) : (α) για τα μεγέθη τις Νανοκλίμακας, (β) για τις ιδιότητες των υλικών, (γ) τις συνθήκες κάτω από τις οποίες οι ιδιότητες αλλάζουν και (δ) την χρήση της Νανοτεχνολογίας στην καθημερινή ζωή. Ο δεύτερος και κεντρικός άξονας της έρευνας ήταν η ανάπτυξη της διδακτικής ενότητας για την αλλαγή των οπτικών ιδιοτήτων (χρώμα) στην Νανοκλίμακα και η καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών. Ως μέσα διδασκαλίας χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάσεις pptx, αναπαραγωγή οπτικοακουστικού υλικού (βίντεο), αναλογίες και πειραματικές δραστηριότητες.

Συμπερασματικά από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε προκύπτουν τα παρακάτω: Οι μαθητές ερχόμενοι σε επαφή με τη Νανοεπιστήμη και τη Νανοτεχνολογία (NET) απέκτησαν θετική στάση απέναντι της. Οι μαθητές ενώ αρχικά δεν θεωρούσαν πως το μέγεθος επηρεάζει τις ιδιότητες των υλικών τροποποίησαν αυτή την άποψη υποστηρίζοντας τελικά ότι αλλαγή του χρώματος (οπτική ιδιότητα) ενός υλικού δύναται να οφείλεται σε αλλαγή του μεγέθους του ή και του σχήματος του στην Νανοκλίμακα. Τέλος, φαίνεται πως η χρήση αναλογίας στις πειραματικές δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια των διδασκαλιών βοήθησε την πλειοψηφία των μαθητών να εξηγήσει την διαφορετική συμπεριφορά των υλικών (αλλαγή χρώματος) βάση του μεγέθους και το σχήματος τους. Η έρευνα έδωσε ενθαρρυντικά αποτελέσματα για μελλοντική ένταξη και άλλων πτυχών της NET στην υποχρεωτική εκπαίδευση.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Διδακτική Φυσικών Επιστημών

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Μοντέλο Διδακτικής Αναδόμησης, Νανοεπιστήμη Νανοτεχνολογία (NET) στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, χρήση αναλογιών στην διδασκαλία, αλλαγή οπτικών ιδιοτήτων με βάση το μέγεθος (χρώμα), Νανοκλίμακα

ABSTRACT

In recent years, Nanoscience and Nanotechnology (NET) have become important scientific fields of study. The term Nanoscale refers to objects (Nanomaterials) with dimensions ranging from 1 to 100 nanometers ($10^{-9} m$) in at least one of their dimensions. Nanomaterials present new and often unexpected properties on which many innovative applications are based. The development of Nanoscience and Nanotechnology (NET) and their ever-increasing penetration into our daily lives push the integration of their aspects in compulsory education.

The purpose of this dissertation was the development of teaching material on the subject of changing the optical properties of materials in the Nanoscale using analogies. The possibility of integrating aspects of NET in secondary education is also being studied.

In the present dissertation, the model of "Educational Reconstruction - MER" was used as a theoretical framework. This model offers a feedback interaction between: (a) the analysis of the structure of scientific content from a didactic point of view, (b) empirical research on students' perceptions and learning processes, and (c) the design of learning environments. Applying the MER on a High School environment, two fundamental notions were studied. First the perceptions of high school students about the change of color in nanogold solutions were investigated and last the learning processes of students towards the acquisition of scientific knowledge.

The empirical research involved students of the 2nd Lyceum of Souda was organized in two axes. The first axis was the creation and elaboration of a preliminary open questionnaire recording the students' perceptions (prequestionnaire): (a) for the

Nanoscale sizes, (b) for the properties of the materials, (c) the conditions under which the properties change and (d) the use of Nanotechnology in everyday life. The second and central axis of the research was the development of the didactic unit for the change of optical properties (color) in the Nanoscale and the recording of students' perceptions. Pptx presentations, audiovisual material (video) reproduction, analogies and experimental activities were used as teaching aids.

In conclusion, the research shows the following: The students who encountered Nanoscience and Nanotechnology (NET) acquired a positive attitude towards it. The students, while initially they did not think that size affects the properties of materials, modified this view, finally arguing that the change in color (optical property) of a material may be due to a change in its size or shape at the Nanoscale. Finally, it seems that the use of analogy in the experimental activities developed as part of the teaching helped most students to explain the different behavior of the materials (color change) based on their size and shape. The research gave encouraging results for future integration of other aspects of NET in compulsory education.

TOPIC AREA: Science Education

KEY WORDS: Model of Educational Reconstruction, Nanoscience Nanotechnology (NET) in Secondary Education, use of analogies in teaching, change of size-dependent optical properties (color), Nanoscale

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	viii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	8
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	10
ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΑΝΑΔΟΜΗΣΗΣ	13
1.1 Εισαγωγή	13
1.2 Περιγραφή Μοντέλου Διδακτικής Αναδόμησης	15
1.3 Το Μοντέλο Διδακτικής Αναδόμησης στην παρούσα εργασία	18
Η ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΝΑΝΟΚΛΙΜΑΚΑ	21
2.1 Νανοεπιστήμη και Νανοτεχνολογία	21
2.2 Ιδιότητες υλικών στην Νανοκλίμακα	23
2.3 Οπτικές Ιδιότητες	24
2.3.1 Επίδραση μεγέθους	27
2.3.2 Επίδραση σχήματος	29
ΜΕΓΑΛΕΣ ΙΔΕΕΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	30
3.1 Μεγάλες Ιδέες Νανοτεχνολογίας	30
3.2 Μεγάλες Ιδέες στην παρούσα εργασία	32
3.2.1 Μέγεθος και κλίμακα	33
3.2.2 Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος	35
ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	38
4.1 Ανάγκη για εκπαίδευση στην NET	38
4.2 Ιδέες και Δυσκολίες Μαθητών	40
4.2.1 Μέγεθος και κλίμακα	41
4.2.2 Χρώμα - Αλλαγή ιδιοτήτων	42
4.3 Διδακτικά Εργαλεία - Αναλογίες	43
4.4 Παραδείγματα Διδακτικών Εγχειρημάτων για τις έννοιες της NET	45
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	51
5.1 Φάσεις υλοποίησης	51
5.2 Εργαλεία Συλλογής δεδομένων	52
5.3 Μέθοδος Ανάλυσης Δεδομένων	53

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	54
6.1 Πρώτη συνάντηση : Εισαγωγή	54
6.1.1 Πορεία δραστηριοτήτων	55
6.2 Δεύτερη Συνάντηση : Μελέτη Αλλαγής Οπτικών Ιδιοτήτων στην Νανοκλίμακα	60
6.2.1 Πορεία δραστηριοτήτων	62
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	68
7.1 Ανάλυση Αποτελεσμάτων Ερωτηματολογίου Εισόδου (1 ^{ης} Συνάντησης)	68
7.2 Ανάλυση Αποτελεσμάτων Δεύτερης Συνάντησης	71
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	78
8.1 Συμπεράσματα	78
8.2 Προοπτικές	81
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	83
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	83
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	87
Α. Ερωτηματολόγιο Εισόδου	87
Β. Διαφάνειες παρουσίασης 1 ^{ης} Συνάντησης	89
Γ. Φύλλο εργασίας 1 ^{ης} Συνάντησης	93
Δ. Διαφάνειες παρουσίασης 2 ^{ης} Συνάντησης	100
Ε. Φύλλο εργασίας 2 ^{ης} Συνάντησης	104
ΣΤ. Ερωτηματολόγιο εξόδου	110
Ζ. ΚΛΕΙΔΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	112
Η. ΠΛΑΣΜΟΝΙΟ (Plasmon)	115

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΑΝΑΔΟΜΗΣΗΣ

1.1 Εισαγωγή

Η βελτίωση των εκπαιδευτικών πρακτικών σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης καθώς και η ανάπτυξη αποτελεσματικότερων τρόπων διδασκαλίας και μάθησης αποτελεί βασικό μέρος της έρευνας πάνω στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ). Το μεθοδολογικό πλαίσιο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα πτυχιακή εργασία είναι το «Μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης» (“The Model of Educational Reconstruction”). Το «Μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης» (Μ.Δ.Α.) αναπτύχθηκε στα μέσα της δεκαετίας του '90 από τους Duit, Gropengießer, Kattmann και Komorek και αποτελεί ένα μεθοδολογικό πλαίσιο έρευνας της Διδακτικής των ΦΕ, σύμφωνα με την ευρωπαϊκή θεώρηση της Διδακτικής των ΦΕ προσαρμοσμένης κυρίως στη γερμανική εκπαιδευτική παράδοση (Didaktik και Bildung). Βασική επιδίωξη του μοντέλου είναι η ισότιμη απόδοση βαρύτητας τόσο σε συγκεκριμένα επιστημονικά αντικείμενα - το περιεχόμενο των οποίων πρέπει να υποβληθεί σε συγκεκριμένες διαδικασίες αναδόμησης - όσο και στις μαθησιακές ανάγκες και ικανότητες των μαθητών – όπως προϋπάρχουσες γνώσεις για το αντικείμενο, πεποιθήσεις, στάσεις και ενδιαφέροντα - , με σκοπό να βελτιωθεί η ποιότητα της διδασκαλίας και της μάθησης αλλά και την ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων. Στα πλαίσια του μοντέλου πρέπει να ακολουθηθεί μία αναλυτική διαδικασία κατά την οποία

η γνώση σε συγκεκριμένους επιστημονικούς τομείς μετασχηματίζεται σε γνώση προς διδασκαλία (Duit et al., 2012).

Το Μ.Δ.Α. αποτελείται από τρεις συνιστώσες που συνδέονται μεταξύ τους (Εικόνα 1.1) :

α) Αποσαφήνιση και Ανάλυση του Επιστημονικού Περιεχομένου.

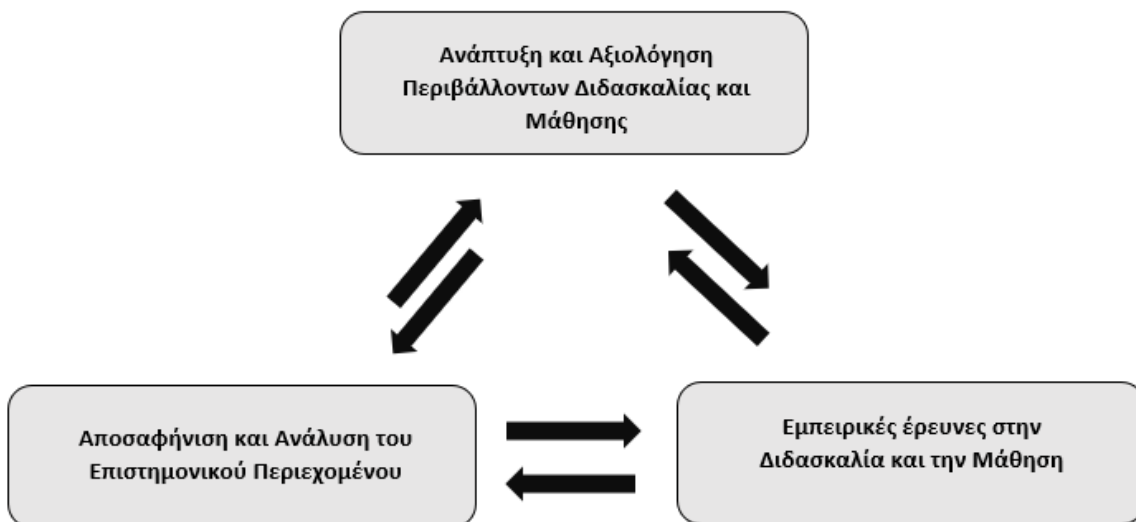
Περιλαμβάνει βασικές επιστημονικές έννοιες και αρχές – όπως η εξέλιξη, η ενέργεια, τα σωματίδια - και επιστημονικές διαδικασίες και όψεις της φύσης των επιστημών καθώς και την σημασία των επιστημών σε διάφορα περιβάλλοντα εκτός των σχολείων.

β) Έρευνα στη Διδασκαλία και Μάθηση.

Περιλαμβάνει διερεύνηση απόψεων μαθητών και διδασκόντων για συγκεκριμένα θέματα, προϋπάρχουσες γνώσεις, παράγοντες που επηρεάζουν – όπως ενδιαφέροντα, πεποιθήσεις, στάσεις και δεξιότητες -.

γ) Σχεδιασμός και Αξιολόγηση Περιβαλλόντων Μάθησης.

Περιλαμβάνει διδακτικό υλικό, μαθησιακές δραστηριότητες, διδακτικές και μαθησιακές ακολουθίες (Duit et al., 2012).



Εικ 1.1: Συνιστώσες Μοντέλου Διδακτικής Αναδόμησης

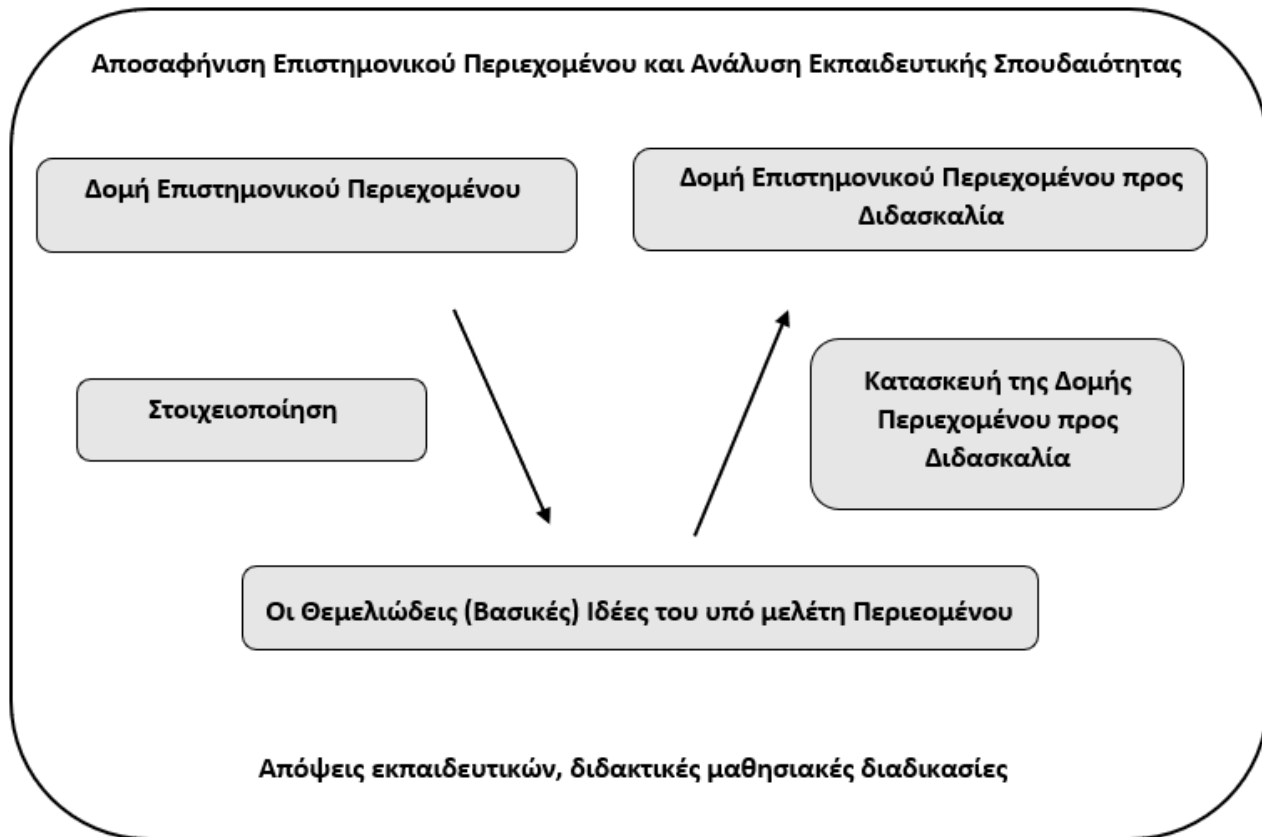
1.2 Περιγραφή Μοντέλου Διδακτικής Αναδόμησης

Το Μ.Δ.Α βασίζεται στην κονστρουβιστική επιστημολογική θεώρηση σύμφωνα με την οποία οι ιδέες των μαθητών (εναλλακτικές ιδέες) δεν αποτελούν εμπόδια αλλά την αφετηρία για τη διαμόρφωση διαδικασιών μάθησης με την καθοριστική βοήθεια των εκπαιδευτικών (Driver, 1994; Driver, 2000). Επιπλέον, η επιστημονική γνώση αντιμετωπίζεται ως ανθρώπινο κατασκεύασμα, επομένως δεν υφίσταται ένα ολοκληρωτικά αληθές επιστημονικό περιεχόμενο. Το επιστημονικό οικοδόμημα, όπως ονομάζεται ευρέως, αποτελεί ουσιαστικά τα σημεία συμφωνίας και κοινής συναίνεσης της παγκόσμιας επιστημονικής κοινότητας (Komorek & Kattmann, 2008). Η Διδακτική Αναδόμηση αποτελεί μια διαδικασία συνεχούς αλληλεπίδρασης. Το μοντέλο απαρτίζεται από τρεις βασικές αλληλοεπιδρούσες συνιστώσες:

α) Αποσαφήνιση και Ανάλυση του Επιστημονικού Περιεχομένου

Σκοπός αυτής της συνιστώσας είναι η αποσαφήνιση συγκεκριμένων επιστημονικών εννοιών και της δομής περιεχομένου από εκπαιδευτικής πλευράς. Αποτελείται από την αποσαφήνιση του περιεχομένου και την ανάλυση της εκπαιδευτικής σημασίας, δύο διαδικασίες στενά συνδεδεμένες. Η κριτική ανάλυση του επιστημονικού περιεχομένου είναι απαραίτητη ενώ συγχρόνως πρέπει να γίνει διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών που έχουν οι μαθητές πάνω στα υπό μελέτη επιστημονικά θέματα προκειμένου να συμβάλουν στην αποσαφήνιση του επιστημονικού περιεχομένου. Η διαδικασία της Αποσαφήνισης πραγματοποιείται μέσω δύο άλλων διαδικασιών, (α) του καθορισμού του

Θεμελιώδους (Elementarization) και (β) της Δόμησης (κατασκευής) του Περιεχομένου προς Διδασκαλία. Στην Εικόνα 1.2 απεικονίζεται αυτός ο μετασχηματισμός.



Εικ 1.2: Βήματα για τη δημιουργία Δομής Περιεχομένου προς Διδασκαλία

Η Δόμηση του Περιεχομένου προς Διδασκαλία είναι η δεύτερη διαδικασία της Αποσαφήνισης. Η διαδικασία αυτή πρέπει να γίνει προσεκτικά ώστε να ισορροπεί μεταξύ επιστημονικής ορθότητας και μαθησιακών δυνατοτήτων των εκπαιδευόμενων. Για την πραγματοποίηση των παραπάνω διαδικασιών πρέπει να ληφθούν από κοινού υπόψη ζητήματα που αφορούν το επιστημονικό περιεχόμενο αλλά και οι απόψεις των μαθητών.

β) Εμπειρικές Έρευνες Διδασκαλίας και Μάθησης

Οι εμπειρικές έρευνες αποτελούν ίσως το μεγαλύτερο πεδίο έρευνας στα πλαίσια της διδακτικής των Φ.Ε. (Duit, 2007). Οι περισσότερες επιστημονικές δημοσιεύσεις στο πεδίο της διδακτικής Φ.Ε. αφορούν εμπειρικές έρευνες. Τα κυριότερα θέματα που εξετάζονται είναι:

(α) η μάθηση των μαθητών (*student learning*) και αναλυτικά οι απόψεις και οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών, τα ενδιαφέροντα και οι πεποιθήσεις τους, η εννοιολογική αλλαγή, η επίλυση προβλήματος, συναισθηματικές μεταβλητές που αφορούν τη μάθηση όπως στάσεις, κίνητρα, ενδιαφέροντα, προσωπικές έννοιες (*self-concept*), διαφορές ανάμεσα στα φύλα,

(β) η διδασκαλία (διδακτικές στρατηγικές, καταστάσεις στην τάξη και κοινωνικές αλληλεπιδράσεις, γλώσσα και ομιλία)

(γ) κρίση και δράση των δασκάλων (απόψεις των δασκάλων για τις επιστημονικές έννοιες και αρχές, επιστημονικές διαδικασίες, τη φύση της επιστήμης, τις απόψεις τους πάνω στη διδασκαλία και τις διαδικασίες μάθησης, την επαγγελματική εξέλιξη των δασκάλων),

(δ) μέσα και μέθοδοι διδασκαλίας, (χρήση εργαστηρίου, πολυμέσων, διαφόρων μέσων και μεθόδων

(ε) αξιολόγηση μαθητών (μέθοδοι καταγραφής της επίδοσης των μαθητών).

γ) Ανάπτυξη και Αξιολόγηση Περιβαλλόντων Διδασκαλίας και Μάθησης

Η τρίτη συνιστώσα του Μ.Δ.Α. βασίζεται στα αποτελέσματα των εμπειρικών ερευνών σε συνδυασμό με την αποσαφήνιση και ανάλυση του επιστημονικού περιεχομένου για την

σχεδίαση του διδακτικού υλικού, των δραστηριοτήτων μάθησης, καθώς και των διδακτικών και μαθησιακών αλληλουχιών. Ο σχεδιασμός του υλικού και των δραστηριοτήτων, πρώτα απ' όλα, δομείται βάση των συγκεκριμένων μαθησιακών αναγκών και ικανοτήτων των μαθητών.

Παρατηρείται, λοιπόν, από την παραπάνω ανάλυση πως οι τρεις συνιστώσες του Μ.Δ.Α. βρίσκονται σε συνεχή, ισχυρή αλληλεπίδραση. Ουσιαστικά η διαδικασία μετασχηματισμού αποτελεί μία σπειροειδή, πολύπλοκη διαδικασία όπου κάθε συνιστώσα ανατροφοδοτεί την άλλη (Stavrou, 2013).

1.3 Το Μοντέλο Διδακτικής Αναδόμησης στην παρούσα εργασία

Στην παρούσα εργασία το Μ.Δ.Α. εφαρμόστηκε στη διερεύνηση των αντιλήψεων μαθητών Λυκείου και στη μελέτη των διαδικασιών μάθησης σχετικά με την αλλαγή των οπτικών ιδιοτήτων (χρώμα) των υλικών σωμάτων καθώς μεταβαίνουμε σε επίπεδο Νανοκλίμακας και πού οφείλεται η αλλαγή αυτή. Τα στάδια της έρευνας παρουσιάζονται παρακάτω:

(α) Ανάλυση Δομής Περιεχομένου

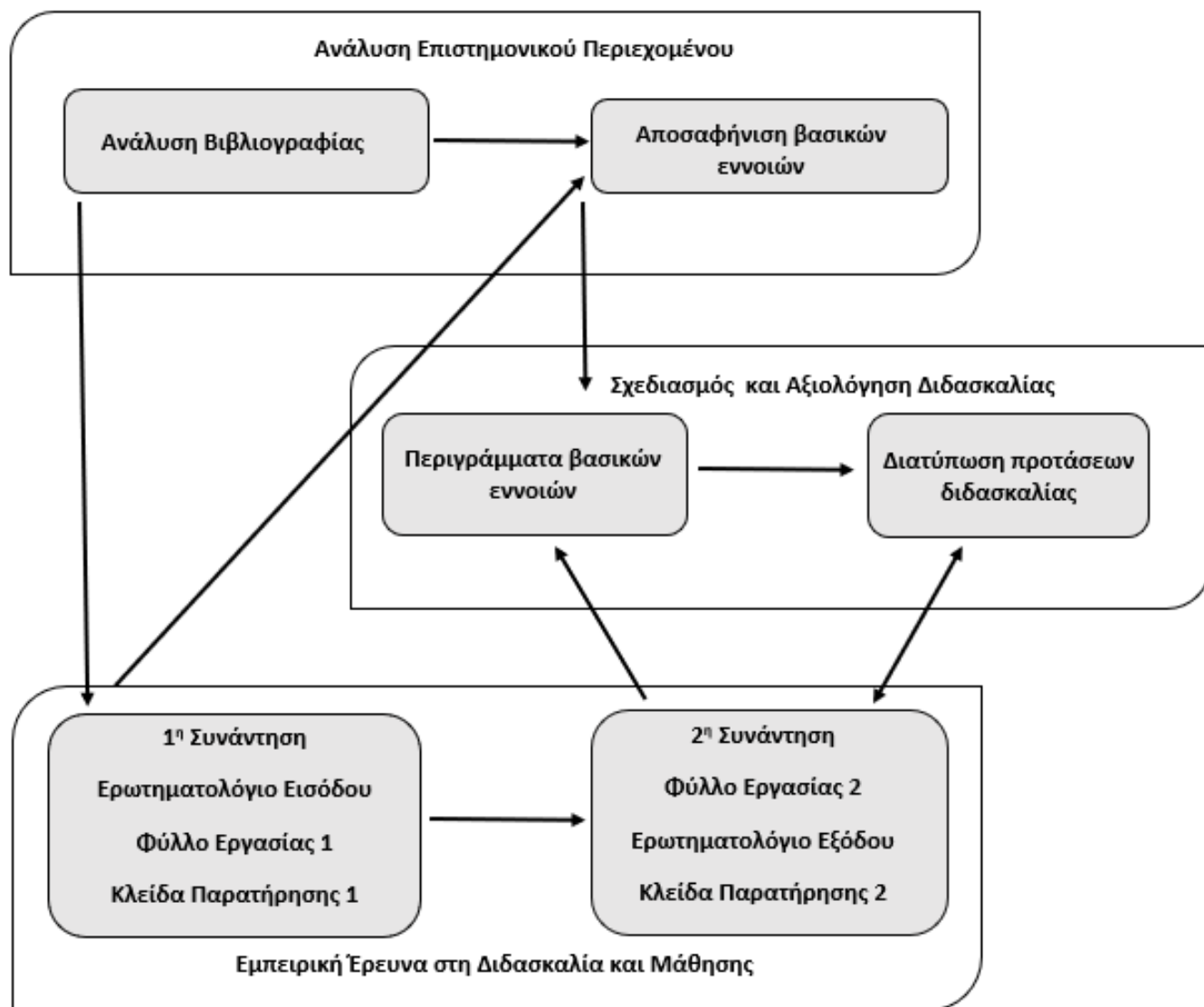
Πραγματοποιήθηκε ανάλυση της βιβλιογραφίας και εντοπίστηκαν τα κύρια σημεία του επιστημονικού περιεχομένου των οπτικών ιδιοτήτων των υλικών (χρώμα) στην Νανοκλίμακα και ο καθορισμός των βασικών ιδεών σε συνδυασμό με προγράμματα διδασκαλίας θεμάτων Νανοεπιστήμης (Κεφάλαιο 2, Κεφάλαιο 4).

(β) Εμπειρικές Έρευνες

Στην συνέχεια προχωρήσαμε σε βιβλιογραφική έρευνα για τις ιδέες των μαθητών σχετικά με τις αλλαγές των οπτικών ιδιοτήτων στην Εκπαίδευση των Φ. Ε. γύρω από εννέα Μεγάλες Ιδέες ή Βασικές Ιδέες (Big Ideas) στις Φ. Ε. επικεντρώνοντας στις ιδέες σχετικά με το Μέγεθος και Κλίμακα και τις Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος (Κεφάλαιο 3). Διερευνήθηκαν οι απόψεις μαθητών Λυκείου σχετικά με τις οπτικές ιδιότητες (χρώμα) των υλικών και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες το χρώμα αλλάζει με χορήγηση ερωτηματολογίου.

(γ) Ανάπτυξη Μαθησιακού Περιβάλλοντος

Με βάση τα παραπάνω διαμορφώθηκαν οι βασικές αρχές των δραστηριοτήτων, οι οποίες εφαρμόστηκαν στην εισαγωγική διδασκαλία (1^η Συνάντηση). Από την ανάλυση της εισαγωγικής διδασκαλίας ανατροφοδοτήθηκε η όλη διαδικασία και διαμορφώθηκε η τελική μορφή των τριών δραστηριοτήτων της 2^{ης} διδασκαλίας (2^η Συνάντηση). Τα αποτελέσματα των διδασκαλιών οδηγούν στη διατύπωση προτάσεων για διδασκαλία σχετικά με την δυνατότητα ένταξης διδακτικών ενοτήτων (ως διδακτικές παρεμβάσεις) σχετικά με την αλλαγή των οπτικών ιδιοτήτων στην Νανοκλίμακα (Εικόνα 1.3).



Εικ 1.3: Σύνοψη της αναδραστικής διαδικασίας του Μ.Δ.Α. στην παρούσα εργασία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΝΑΝΟΚΛΙΜΑΚΑ

2.1 Νανοεπιστήμη και Νανοτεχνολογία

Ο όρος *Νανοεπιστήμη* εκτείνεται στο ευρύ διεπιστημονικό πεδίο των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ), το οποίο μελετά φαινόμενα και υλικά στη κλίμακα του νανόμετρου ($nm = 10^{-9} m$), σε τουλάχιστον μία διάστασή τους, με ιδιότητες που διαφέρουν από τις αντίστοιχες συνήθεις ιδιότητες των γνωστών bulk υλικών. Η Νανοεπιστήμη ασχολείται με την διερεύνηση, τη κατανόηση, τη μελέτη των αλληλεπιδράσεων, την παρατήρηση, τη μέτρηση και τον έλεγχο της ύλης στη Νανοκλίμακα. Η *Νανοκλίμακα* είναι ξεχωριστή καθώς είναι το όριο στο οποίο συναντώνται οι περιοχές του μακρο επιπέδου και του ατομικού επιπέδου, αποτελεί δηλαδή το όριο μετάβασης από την Κλασική Μηχανική στην Κβαντομηχανική. Καθώς το μέγεθος των σωματιδίων προσεγγίζει το νανόμετρο η ύλη παρουσιάζει ιδιαίτερες ιδιότητες, τα κυματικά χαρακτηριστικά των σωματιδίων τροποποιούν κατά πολύ τις συνήθεις ιδιότητες των γνωστών bulk υλικών όπως το χρώμα, την αγωγιμότητα, το μαγνητισμός και τη σκληρότητα (Jones, et al., 2013). Ως *Νανοτεχνολογία* ορίζεται ο τρόπος με τον οποίο μπορούμε να κατασκευάσουμε διατάξεις και συστήματα με χειρισμό της ύλης στη Νανοκλίμακα (δηλαδή σε κλίμακα ατόμων, μορίων και μοριακών δομών) και τη χρήση λειτουργικών δομών με τουλάχιστον μια τους χαρακτηριστική διάσταση να είναι από $1 - 100 nm$ (Σγουρός, 2018; Ramsden, 2009). Η Νανοτεχνολογία παρέχει την δυνατότητα πραγματοποίησης διεργασιών και διαδικασιών

στην Νανοκλίμακα με σκοπό την παραγωγή δομών με πρωτότυπες ιδιότητες και λειτουργίες που οφείλονται στο μέγεθος, στο σχήμα ή την σύνθεσή τους. Οι επανομαζόμενες νανοδομές αποτελούν τα μικρότερα κατασκευάσματα του ανθρώπου και εμφανίζουν καινοτόμες φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες και διεργασίες. Σκοπός της Νανοεπιστήμης & Νανοτεχνολογίας (NET) αποτελεί η κατανόηση αυτών των ιδιοτήτων που θα οδηγήσει στην αποτελεσματική και αποδοτική σύνθεση των δομών αυτών (Hingant & Albe, 2010; Roco, 2003; Laherto, 2010; Palmerius, Höst, & Schönborn, 2012). Γίνεται αντιληπτό πως η Νανοεπιστήμη συνιστά μία διεπιστημονική προσέγγιση των επιστημών της Φυσικής, της Χημείας, της Βιολογίας, της Επιστήμης των Υλικών και της Μηχανολογίας και φαίνεται πως έχει την δυναμική να αλλάξει τα πάντα στον επιστημονικό χώρο.

Τεράστια είναι επί του παρόντος η πρόοδος της Νανοτεχνολογίας λόγω του ανταγωνισμού σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα τελευταία χρόνια το πεδίο της Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας έχει αναπτυχθεί αρκετά με την παραγωγή πολυάριθμων επιστημονικών εργασιών και τεχνολογικών εφαρμογών που αγγίζουν τα όρια της επιστημονικής φαντασίας. Στην αγορά πλέον κυκλοφορούν νέα προϊόντα και τεχνολογικές εφαρμογές βασισμένες στην νανοτεχνολογία και τις μοναδικές ιδιότητες των νανοϋλικών, όπως διάφανες οθόνες, αναδιπλούμενες οθόνες σε κινητά τηλέφωνα και ηλεκτρονικούς υπολογιστές, αυτό-καθαριζόμενες επιφάνειες, εξελιγμένα συστήματα ανίχνευσης επικίνδυνων αερίων, ηλεκτροχρωμικές και θερμοχρωμικές επιφάνειες, αυξημένης απόδοσης φωτοβολταϊκά συστήματα (~30% – 40%) κ.α.

<https://www.nano.gov/you/nanotechnology-benefits>)

<https://www.understandingnano.com/nanotech-applications.html>)

2.2 Ιδιότητες υλικών στην Νανοκλίμακα

Στην περιοχή της Νανοκλίμακας ($1 - 100nm$) η συμπυκνωμένη ύλη εμφανίζει ιδιότητες που πολλές φορές διαφέρουν σημαντικά από τις φυσικές ιδιότητες των μακροσκοπικών υλικών. Αρκετές από αυτές τις ξεχωριστές ιδιότητες μας είναι γνωστές αλλά υπάρχουν και κάποιες που ανακαλύπτονται συνεχώς. Φυσικά χαρακτηριστικά όπως α) το μεγάλο ποσοστό των ατόμων στην επιφάνεια, β) η μεγάλη επιφανειακή ενέργεια, γ) ο χωρικός εντοπισμός σε κάποια διάσταση και δ) το μειωμένο ποσοστό προσμίξεων ευθύνονται για πολλές από τις φυσικές ιδιότητες των νανοϋλικών.

Ενδεικτικά, στο βιβλίο «*Nanostructures And Nanomaterials: Synthesis, Properties & Applications*» (Cao, 2004) αναφέρονται κάποιες από τις ιδιότητες των νανοσωματιδίων :

i. Τα νανοϋλικά έχουν σημαντικά χαμηλότερα σημεία τήξης ή θερμοκρασία αλλαγής φάσης και μικρότερες σταθερές πλέγματος εξαιτίας του μεγάλου ποσοστού των ατόμων στην επιφάνεια σε σχέση με τον συνολικό αριθμό των ατόμων.

ii. Οι μηχανικές ιδιότητες των νανοϋλικών μπορεί να προσεγγίσουν την θεωρητική τιμή της αντοχής, που είναι μία ή δύο τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη από αυτή των μονοκρυστάλλων. Η ενίσχυση της μηχανικής αντοχής οφείλεται στην μειωμένη πιθανότητα ατελειών.

iii. Οι οπτικές ιδιότητες των νανοϋλικών διαφέρουν σημαντικά από αυτών των bulk. Για παράδειγμα η κορυφή οπτικής απορρόφησης ενός ημιαγωγικού

νανοσωματιδίου μετατοπίζεται σε μικρότερο μήκος κύματος εξαιτίας της αύξησης του ενεργειακού χάσματος. Το χρώμα των μεταλλικών νανοσωματιδίων μπορεί να αλλάξει καθώς μεταβάλλεται το μέγεθός τους εξαιτίας συντονισμού επιφανειακών πλάσμονίων (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η).

iv. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταβάλλεται όσο μικραίνει η διάσταση επειδή αλλάζει ο εντοπισμός και οι μηχανισμοί σκέδασης.

v. Οι μαγνητικές ιδιότητες των υλικών τροποποιούνται και εμφανίζονται φαινόμενα υπερπαραμαγνητισμού.

Πολλές από αυτές τις ιδιότητες εξαρτώνται από το μέγεθος. Με άλλα λόγια, ιδιότητες των νανοϋλικών μπορούν να τροποποιηθούν σημαντικά απλά ρυθμίζοντας το μέγεθος, το σχήμα ή την έκταση της συσσωμάτωσης. Για παράδειγμα, η οπτική κορυφή απορρόφησης λ_{max} , μεταλλικών νανοσωματιδίων μπορεί να μετατοπιστεί κατά εκατοντάδες νανόμετρα.

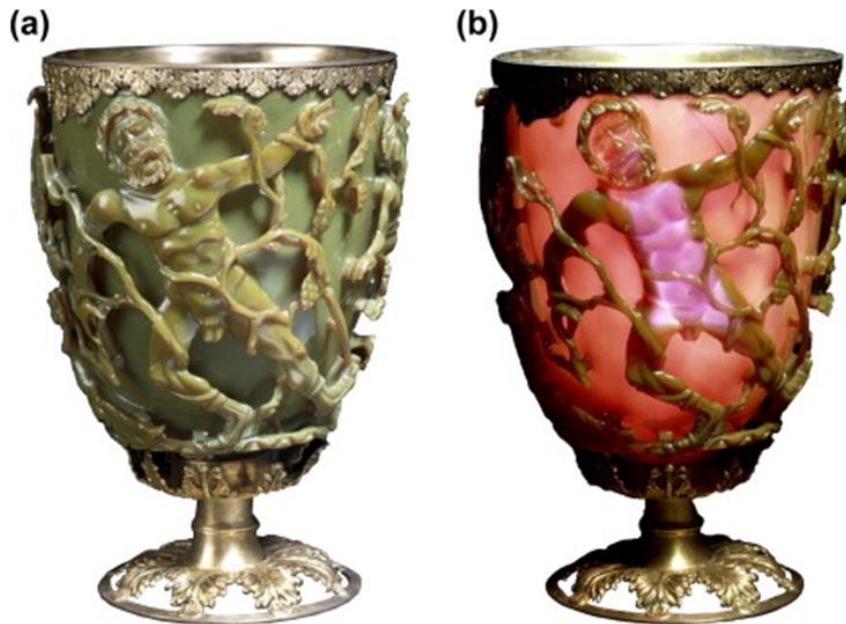
2.3 Οπτικές Ιδιότητες

Σύμφωνα με τους Louis C. and Pluchery O. (2012) στο βιβλίο “Gold Nanoparticles for Physics, Chemistry, and Biology” ο χρυσός διαθέτει έναν μοναδικό συνδυασμό φυσικών και χημικών ιδιοτήτων τόσο στη μακροσκοπική κλίμακα όσο και στη νανοκλίμακα. Ο χρυσός ως μέταλλο ήταν σημαντικός παράγοντας σε πολλούς τομείς της ανθρώπινης εξέλιξης. Είναι γνωστός για το μοναδικό κίτρινο χρώμα του και για τη χημική του σταθερότητα.

Ήταν ένας τρόπος έκφρασης του πλούτου, υπήρξε η αιτία των μαχών και των πολέμων, συχνά σχετίζεται με τη θρησκευτική αφοσίωση και έχει συνδεθεί με την εκδήλωση της

αγάπης. Αυτές οι έννοιες είναι σημαντικές ακόμα και σήμερα. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, ένας νέος τύπος γοητείας με το χρυσό έχει εμφανιστεί στην επιστημονική κοινότητα που δεν συνδέεται με απληστία ή συναίσθημα αλλά με πιο ορθολογικές ανησυχίες. Οι επιστήμονες έχουν βρει ένα νέο ενδιαφέρον για το χρυσό όταν διαιρείται σε μικροσκοπικούς κόκκους, όπως τα νανοσωματίδια χρυσού. Ο χρυσός απέκτησε επιστημονικό ενδιαφέρον σε διάφορους τομείς τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες. Για παράδειγμα, ο χρυσός θεωρούταν χημικά ανενεργός, αλλά ανακαλύφθηκε το 1987 ότι τα νανοσωματίδια χρυσού με μεγέθη μικρότερα από $5nm$ είναι εξαιρετικοί καταλύτες. Ο χρυσός σε bulk μορφή εμφανίζει το έντονο κίτρινο λαμπερό χρώμα του, αποδεικνύεται, ωστόσο, ότι τα νανοσωματίδια χρυσού μπορεί να είναι κόκκινα ή μπλε λόγω του λεγόμενου *συντονισμού επιφανειακού πλασμονίου*(ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η). Η μείωση της διάστασης των υλικών έχει σημαντικές επιπτώσεις στις οπτικές τους ιδιότητες. Η εξάρτηση από το μέγεθος των οπτικών ιδιοτήτων μπορεί γενικά να ταξινομηθεί σε δύο κατηγορίες. Στην μία κατηγορία ανήκουν ιδιότητες που η αλλαγή τους οφείλεται στην αυξημένη απόσταση των ενεργειακών επιπέδων καθώς το σύστημα γίνεται πιο περιορισμένο, και η άλλη σχετίζεται με τον *συντονισμό επιφανειακών πλασμονίων* (Louis & Pluchery, 2012). Με τον όρο «συντονισμός επιφανειακών πλασμονίων» (Surface plasmon resonance-SPR) αναφερόμαστε στην ταλάντωση συντονισμού των ηλεκτρονίων αγωγιμότητας στη διεπαφή από τη διέγερση προσπίπτουσας ακτινοβολίας που συμβαίνει όταν η συχνότητα των προσπιπτόντων φωτονίων ταυτίζεται με τη φυσική συχνότητα ταλάντωσης των ηλεκτρονίων επιφάνειας ενάντια στη δύναμη επαναφοράς από τους θετικούς πυρήνες των ιόντων (Γουσέτης,2014) (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η).

Το κύπελλο του Λυκούργου (400 μ.Χ.) (Εικ.2.1) είναι ίσως το διασημότερο παράδειγμα του φαινομένου των επιφανειακών πλασμονίων από την αρχαιότητα, καθώς παρουσιάζει διαφορετικό χρώμα όταν φωτίζεται από το εσωτερικό ή εξωτερικά από το κύπελλο. Η εξήγηση για αυτό το φαινόμενο ήρθε το 1990 αφού οι επιστήμονες ανέλυσαν το κύπελλο χρησιμοποιώντας ένα μικροσκόπιο ατομικής δύναμης. Διαπιστώθηκε ότι ο διχρωματισμός (δύο χρώματα) παρατηρείται λόγω της παρουσίας νανοσωματιδίων, αργύρου 66,2%, 31,2% χρυσού και 2,6% χαλκού, μεγέθους έως 100 nm, διασκορπισμένου σε γυάλινη μήτρα. Το κόκκινο χρώμα που παρατηρείται είναι αποτέλεσμα της απορρόφησης του φωτός (~520 nm) από τα σωματίδια χρυσού. Το μοβ χρώμα προκύπτει λόγω της απορρόφησης από τα μεγαλύτερα σωματίδια, ενώ το πράσινο χρώμα αποδίδεται στη σκέδαση του φωτός από κolloειδείς διασπορές σωματιδίων αργύρου με μέγεθος > 40 nm. Το κύπελλο του Λυκούργου αναγνωρίζεται ως ένα από τα παλαιότερα συνθετικά νανοϋλικά.



Εικ. 2.1: Το ποτήρι εμφανίζεται πράσινο όταν φωτίζεται από το εξωτερικό (a) και μοβ-κόκκινο όταν φωτίζεται από το εσωτερικό (b).

2.3.1 Επίδραση μεγέθους

Το μέγεθος των νανοσωματιδίων έχει δραματική επίδραση στην διαδικασία του συντονισμού των επιφανειακών πλασμονίων και συνεπώς στις οπτικές ιδιότητες των νανοσωματιδίων. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν διάφοροι μηχανισμοί που επηρεάζουν την εξάρτηση μεγέθους που έχουν οι ιδιότητες των επιφανειακών πλασμονίων. Ο κυριότερος παράγοντας εξάρτησης είναι το μέγεθος των νανοσωματιδίων. Γενικά μπορούμε να διακρίνουμε δύο κατηγορίες που αντιστοιχούν σε μικρά νανοσωματίδια (μικρότερα από το μήκος κύματος προσπίπτοντος φωτός) και σε μεγαλύτερα νανοσωματίδια που το μέγεθος τους είναι συγκρίσιμο με το μήκος κύματος του προσπίπτοντος φωτός (Garcia, 2011).

Μικρά νανοσωματίδια (ακτίνας έως ~ 50 nm)

Για αυτό το εύρος μεγέθους, μπορούμε να υποθέσουμε ότι το νανοσωματίδιο περιγράφεται σωστά από ένα διηλεκτρικό δίπολο. Η εξάρτηση μεγέθους των επιφανειακών πλασμονίων επηρεάζει κυρίως το πλάτος και την ένταση της ζώνης συντονισμού ενώ η επίδραση στο μήκος κύματος συντονισμού είναι αρκετά μειωμένο. Μπορούμε να διακρίνουμε τα αποτελέσματα αυτής της εξάρτησης σε αυτό το εύρος, σε ενδογενείς (intrinsic) και εξωτερικές (extrinsic) επιπτώσεις μεγέθους. Τα ενδογενή (intrinsic) αποτελέσματα σχετίζονται με την απόσβεση των ηλεκτρονικών ταλαντώσεων.

Εκτός από αυτή την εγγενή επίδραση του μεγέθους των νανοσωματιδίων στα επιφανειακά πλασμόνια, έχει αναφερθεί ότι η διηλεκτρική σταθερά των μικρών νανοσωματιδίων εξαρτάται επίσης από το μέγεθος. Σε αυτή την κλίμακα, οι ενεργειακές ζώνες δεν είναι τόσο καλά διαχωρισμένες όπως σε ένα bulk στερεό και συνεπώς η

συμβολή των μεταβάσεων μεταξύ ζεύξεων στη διηλεκτρική σταθερά εξαρτάται από το μέγεθος. Συνεπώς, υπάρχει μια επιπλέον εξάρτηση των επιφανειακών πλασμονίων από το μέγεθος των νανοσωματιδίων μέσω της εξάρτησης της διηλεκτρικής σταθεράς τους (Garcia, 2011).

Μεγάλα νανοσωματίδια (ακτίνας μεγαλύτερης από 50 nm)

Αυτά τα νανοσωματίδια δεν μπορούν να θεωρηθούν πολύ μικρότερα από το μήκος κύματος του φωτός. Έτσι το σωματίδιο δεν περιγράφεται πλέον ως δίπολο και απαιτούνται περαιτέρω πολυπολικοί όροι (multipolar terms). Συνεπώς, η ζώνη (band) συντονισμού χωρίζεται σε διάφορες κορυφές: δύο κορυφές για τετράπολο, τρεις κορυφές για ένα οκτάπολο, κλπ.. Αν το μέγεθος των νανοσωματιδίων αυξηθεί περαιτέρω, τα νανοσωματίδια δεν μπορούν να θεωρούνται πια πολυπολικά και τα επιφανειακά πλασμόνια γίνονται πολλαπλασιαστικά κύματα με καλά καθορισμένες λειτουργίες ή σχέσεις διασπορά (Brongersma & Kik, 2010). Αυτά ονομάζονται περιοδικά (itinerant) επιφανειακά πλασμόνια και παρουσιάζουν αρκετά διαφορετική φαινομενολογία (Maier, 2007).

Για παράδειγμα σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη από περίπου 20 nm , η ζώνη μετατοπίζεται σε μεγαλύτερο μήκος κύματος καθώς η ταλάντωση γίνεται πιο πολύπλοκη. Για μικρότερα σωματίδια, το εύρος ζώνης αυξάνεται προοδευτικά επειδή η μέση ελεύθερη διαδρομή των ελεύθερων ηλεκτρονίων στα σωματίδια είναι περίπου 40nm και μειώνεται αποτελεσματικά. Σωματίδια αργύρου σε γυαλί αποδίδουν κίτρινο χρώμα, αποτέλεσμα μιας παρόμοιας ζώνης απορρόφησης στα 0.41 μm . Ο χαλκός έχει ζώνη απορρόφησης πλάσματος στα 0.565 μm για τα σωματίδια χαλκού σε γυαλί

2.3.2 Επίδραση σχήματος

Ο συντονισμός επιφανειακών πλασμονίων επηρεάζεται έντονα από το σχήμα του σωματιδίου. Δεδομένου ότι η δύναμη αποκατάστασης στα επιφανειακά πλασμόνια σχετίζεται με το φορτίο που συσσωρεύεται στην επιφάνεια των σωματιδίων, θα επηρεαστεί από τη γεωμετρία των σωματιδίων. Το πλέον χαρακτηριστικό παράδειγμα της επίδρασης του σχήματος στο συντονισμό επιφανειακού πλασμονίου είναι τα nanorods. Χρησιμοποιώντας πολωμένο φως, είναι εφικτό να διεγερθεί ξεχωριστά το διάμηκες ή εγκάρσιο επιφανειακό πλασμόνιο ενός nanorod. Ενώ το μήκος κύματος της εγκάρσιας συνιστώσας είναι ουσιαστικά σταθερό περίπου 520 nm για *Au* και 410 nm για *Ag*, οι διαμήκεις συνιστώσες τους μπορούν εύκολα να τροποποιηθούν ώστε να καλυφθεί η φασματική περιοχή από το ορατό έως σχεδόν το υπέρυθρο ελέγχοντας τις αναλογίες των διαστάσεων (Garcia, 2011). Άλλες γεωμετρίες όπως τριγωνικά πρίσματα ή νανοσωλήνες δημιουργούν πιο περίπλοκα αποτελέσματα, αλλά γενικά, η απόκλιση από τη σφαιρικότητα μετατοπίζει τον συντονισμό προς μεγαλύτερα μήκη κύματος (Hu, et al., 2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΓΑΛΕΣ ΙΔΕΕΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

3.1 Μεγάλες Ιδέες Νανοτεχνολογίας

Οι Μεγάλες Ιδέες (Μ.Ι.) αποτελούν ένα κοινώς αποδεκτό σύνολο φυσικών και χημικών αρχών στην εκπαίδευση της Νανοεπιστήμης. Με τον όρο Μ.Ι. αναφερόμαστε σε προτάσεις που συμπυκνώνουν τον πυρήνα της γνώσης των γνωστικών αντικειμένων που επιδιώκουμε οι μαθητές να κατανοήσουν ολοκληρώνοντας μια συγκεκριμένη διδακτική ενότητα ή εκπαιδευτική βαθμίδα (Talanquer, 2013). Οι Μ.Ι. είναι κεντρικές προτάσεις στα γνωστικά αντικείμενα, καλύπτουν ευρύ φάσμα και διαθέτουν ισχυρή ερμηνευτική δυνατότητα. Κάποιες από τις Μ.Ι. αποτελούν σύνδεση μεταξύ των γνωστικών αντικειμένων ενώ άλλες Μ.Ι. αναφέρονται στις επιστημονικές διαδικασίες και μεθόδους και σχέση Επιστήμης με Κοινωνία.

Αρχικά υπήρξε δυσκολία συναίνεσης μεταξύ των επιστημόνων στην διατύπωση των Μ.Ι. για την ανάπτυξη της Νανοεπιστήμης σε εκπαιδευτικό επίπεδο. Έπειτα από σειρά διεθνών συναντήσεων, την περίοδο 2006-2007, κατέληξαν στον ορισμό των θεμελιωδών ιδεών (Μ.Ι.) στην εκπαίδευση της Νανοεπιστήμης (Stevens, Sutherland, & Krajcik, 2009). Οι επιστήμονες κατέληξαν πως οι έννοιες που αποτελούν τον πυρήνα της Νανοτεχνολογίας, συνεπώς και τα θεμέλια στην εκπαίδευση της Νανοτεχνολογίας είναι οι εξής:

1. *Μέγεθος και Κλίμακα*. Παράγοντες σχετικοί με το μέγεθος και την γεωμετρία (π.χ. σχήμα και κλίμακα) βοηθούν στην περιγραφή της ύλης και στην πρόβλεψη της συμπεριφοράς της

2. *Δομή της ύλης.* Η ύλη αποτελείται από δομικά κομμάτια τα οποία συχνά σχηματίζουν μια ιεραρχία από δομές. Οι δομές αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σχηματίζοντας οργανώσεις νανοκλίμακας (nanoscale assemblies).
3. *Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις.* Όλες οι αλληλεπιδράσεις μπορούν να περιγραφούν από πολλαπλούς τύπους δυνάμεων, η σχετική όμως επίδραση του κάθε τύπου δύναμης, αλλάζει με την κλίμακα. Συγκεκριμένα, στη νανοκλίμακα ηλεκτρικές δυνάμεις καθορίζουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των νανοδομών.
4. *Κβαντικά Φαινόμενα.* Διαφορετικά μοντέλα εξηγούν και προβλέπουν τη συμπεριφορά της ύλης βασιζόμενα στην κλίμακα. Για παράδειγμα, όταν το μέγεθος ενός αντικειμένου γίνεται μικρότερο και προσεγγίζει τις διαστάσεις της νανοκλίμακας τα κβαντικά φαινόμενα γίνονται σημαντικότερα.
5. *Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος.* Οι ιδιότητες της ύλης μπορούν να αλλάξουν με την κλίμακα. Για παράδειγμα κατά τη μετάβαση ενός υλικού από τη μακροκλίμακα στη νανοκλίμακα, οι ιδιότητές του αλλάζουν απροσδόκητα και το υλικό αποκτά νέα λειτουργικότητα.
6. *Αυτό-οργάνωση.* Κάτω από ειδικές συνθήκες κάποια υλικά μπορούν αυθόρμητα να συναθροιστούν δημιουργώντας οργανωμένες δομές. Η διαδικασία αυτή είναι πολύ σημαντική στην νανοκλίμακα για τον χειρισμό των υλικών.
7. *Εργαλεία.* Η ανάπτυξη νέων εργαλείων και οργάνων συμβάλλει στην επιστημονική πρόοδο. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη εξειδικευμένων εργαλείων όπως τα μικροσκόπια SPM (scanning probe microscope) και SEM (scanning electron microscope) οδηγούν σε νέα επίπεδα κατανόησης της ύλης, βοηθώντας τους επιστήμονες στον εντοπισμό, στο

χειρισμό, στη μέτρηση και στη διερεύνηση γενικότερα της ύλης στη νανοκλίμακα με ακρίβεια.

8. *Μοντέλα και προσομοιώσεις.* Οι επιστήμονες χρησιμοποιούν μοντέλα και προσομοιώσεις για την οπτικοποίηση, την ερμηνεία, την πρόβλεψη και την δημιουργία υποθέσεων για τις δομές, τις ιδιότητες και τις συμπεριφορές των φαινομένων. Το εξαιρετικά μικρό μέγεθος και η πολυπλοκότητα της νανοκλίμακας καθιστούν τα μοντέλα και τις προσομοιώσεις χρήσιμα για την μελέτη και τον σχεδιασμό φαινομένων στη νανοκλίμακα.
9. *Σχέση Νανοεπιστήμης/Νανοτεχνολογίας με την κοινωνία.* Καθώς η νανοτεχνολογία είναι μια ανερχόμενη επιστήμη, μπορεί να διαδραματίσει έναν σημαντικό ρόλο στην διαδικασία λήψης αποφάσεων για το πώς πρέπει να χρησιμοποιούνται οι νέες τεχνολογίες. Για παράδειγμα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη κατά την λήψη αποφάσεων ποιοι ωφελούνται από τα νέα προϊόντα που δημιουργούνται, με ποιόν τρόπο και ποιοι ζημιώνονται.

3.2 Μεγάλες Ιδέες στην παρούσα εργασία

Οι Μ.Ι. πρέπει να αντιμετωπιστούν ενοποιημένα στη Φυσική και τη Χημεία καθώς η συνεκτική αντιμετώπιση προσφέρει στο σχεδιασμό μιας διδακτικής ακολουθίας και δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να έρθουν σε επαφή με αυτές και να αναγνωρίσουν τη σύνδεση μεταξύ τους. Λαμβάνοντας υπόψη το αναλυτικό πρόγραμμα, τον διαθέσιμο χρόνο τα διαθέσιμα υλικά, καθώς και την δυνατότητα πραγματοποίησής τους στο σχολικό περιβάλλον της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης επιλέξαμε στην παρούσα εργασία δύο από τις εννέα *Μεγάλες Ιδέες*: *Μ.Ι.1 Μέγεθος και κλίμακα* καθώς και *Μ.Ι.5 Ιδιότητες*

εξαρτώμενες από το μέγεθος να αποτελέσουν το αντικείμενο μελέτης της εμπειρικής μας έρευνας.

3.2.1 Μέγεθος και κλίμακα

Το μέγεθος ενός αντικειμένου προσδιορίζεται αν κάθε μια από τις διαστάσεις του συγκριθεί με μια μονάδα αναφοράς. Η κλίμακα, από την άλλη, είναι η αναλογία ενός συστήματος αναπαράστασης σε σχέση με ένα άλλο σύστημα. Συνδέει το μέγεθος ενός αντικειμένου με τις συμβατικά ορισμένες αριθμητικές αναπαραστάσεις του μεγέθους. Πολύ συχνά αυτό το τεράστιο εύρος μεγεθών χωρίζεται σε “κόσμους” – μακρόκοσμος, μικρόκοσμος νανόκοσμος κτλ.– καθένας από τους οποίους χαρακτηρίζεται από τις αντίστοιχες μονάδες μέτρησης, από αντιπροσωπευτικά αντικείμενα και από τα μοντέλα που περιγράφουν τη συμπεριφορά της ύλης σε αυτή την κλίμακα. Αν και νοητικά μπορεί να είναι πιο εύκολο να φαντάζεται κανείς τον κόσμο χωρισμένο σε κλίμακες μεγεθών, είναι πιο ακριβές να τον αντιλαμβάνεται ως ένα συνεχές, όπου τα όρια των διαιρέσεών του είναι ασαφή και μη επακριβώς ορισμένα (Stevens, 2009).

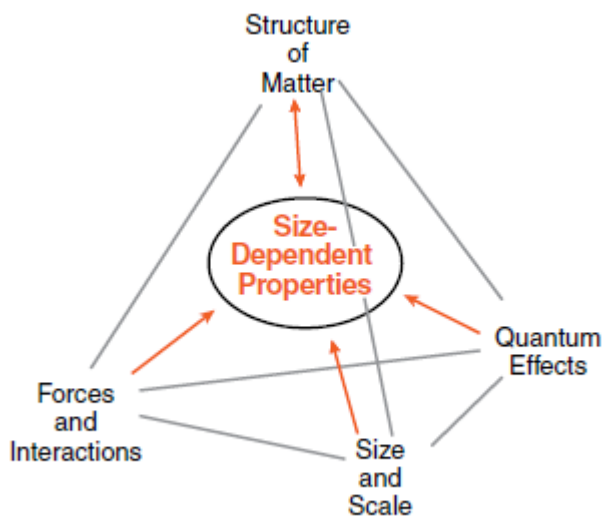
Το Μέγεθος και η Κλίμακα (MI1) περιλαμβάνει επίσης έννοιες σχετίζεται με τη μέτρηση γεωμετρικών ιδιοτήτων όπως το μήκος, η επιφάνεια, ο όγκος και το σχήμα, τα οποία μπορούν να αναπαρασταθούν χρησιμοποιώντας προθέματα ή επιστημονική σημειογραφία. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε καθένα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Μήκος(1*D*), επιφάνεια (2*D*) και όγκος (3*D*) αλλάζουν δυσανάλογα με αλλαγές στο μέγεθος. Αυτές οι διαφορές έχουν επιπτώσεις στις ιδιότητες και τη συμπεριφορά της ύλης σε όλες τις κλίμακες αλλά περισσότερο στη νανοκλίμακα (Stevens, 2009).

Οι έννοιες του μεγέθους και της κλίμακας είναι πολύ σημαντικές, καθώς διαμορφώνουν μέρος του γνωστικού πλαισίου με το οποίο αντιλαμβάνεται κανείς την επιστήμη εν γένει. Η κλίμακα είναι κομβικής σημασίας για την ερμηνεία των φαινομένων, καθώς άλλο σύνολο νόμων διέπει τον μακρόκοσμο (κλασική φυσική) και άλλο το νανόκοσμο και την ατομική κλίμακα (κβαντομηχανική). Επίσης, διαφορετικές είναι οι δυνάμεις που κυριαρχούν στις αλληλεπιδράσεις των αντικειμένων κάθε κόσμου: η βαρυτικές στη μακροκλίμακα, η ηλεκτρομαγνητικές στη νανοκλίμακα, και η ισχυρή πυρηνική στην υποατομική κλίμακα. Επομένως, γνωρίζοντας την κλίμακα ενός αντικειμένου μπορούμε να προβλέψουμε τη συμπεριφορά του (Stevens, 2009). Ακόμη και μικρές αλλαγές στο μέγεθος μπορεί να οδηγήσουν σε μεγάλες σχετικές αλλαγές στην περιοχή και ακόμη μεγαλύτερες αλλαγές στον όγκο. Η αναλογία (S / V) είναι αντιστρόφως ανάλογη με το μέγεθος του αντικειμένου. Αλλαγές στο λόγο S / V μπορούν να αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν ή συμπεριφέρονται αντικείμενα ή συστήματα. Πολλές από τις ιδιαίτερες ιδιότητες της ύλης που παρουσιάζονται στην νανοκλίμακα είναι αποτέλεσμα της επίδρασης του μεγέθους στον λόγο S / V (Stevens et al., 2009).

Το μέγεθος και η κλίμακα (και η γεωμετρία) είναι σημαντικά για κατανόησης της συμπεριφοράς της ύλης στη νανοκλίμακα. Για αυτούς τους λόγους και για άλλα μοναδικά χαρακτηριστικά φαινομένων της Νανοκλίμακας που εξαρτώνται από το μέγεθος, το μέγεθος και η κλίμακα θεωρούνται θεμελιώδεις έννοιες τις οποίες οι μαθητές πρέπει να κατακτήσουν (Light et al., 2007).

3.2.2 Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος

Οι τέσσερις πρώτες μεγάλες ιδέες συνδέονται με τις ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος (MI5) (βλέπε Σχήμα 3.1). Οι ιδιότητες της ύλης μπορούν να αλλάξουν με την κλίμακα. Ειδικότερα, κατά τη μετάβαση μεταξύ της bulk μορφής του υλικού σε άτομα ή μόρια - γενικά στη Νανοκλίμακα - ένα υλικό εμφανίζει συχνά απροσδόκητες ιδιότητες που οδηγούν σε νέες δυνατότητες χρήσης του. Για να εξηγήσει κανείς τις μοναδικές ιδιότητες που εμφανίζονται κατά την μετάβαση στην Νανοκλίμακα πρέπει να γνωρίζει την δομή της ύλης, οι δυνάμεις που διέπουν τις αλληλεπιδράσεις και κβαντική μηχανική. Με τη σειρά τους, αυτές οι νέες, εξαρτώμενες από το μέγεθος ιδιότητες παρέχουν νέες πληροφορίες για τη δομή και τη συμπεριφορά της ύλης.



Σχήμα 3.1

Οι ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος που παρατηρούνται στα νανοϋλικά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν είτε ως σχετιζόμενες με την επιφάνεια είτε με το μέγεθος. Η δραματική αύξηση του λόγου επιφάνειας προς όγκο (S / V) καθώς το μέγεθος του υλικού πλησιάζει τη νανοκλίμακα σχετίζεται με ιδιότητες σχετιζόμενες με την επιφάνεια όπως σημείο τήξης και ο ρυθμός αντίδρασης. Οι ιδιότητες που σχετίζονται με το μέγεθος, όπως

η αγωγιμότητα, οι οπτικές και μαγνητικές ιδιότητες, συνδέονται απευθείας με το μέγεθος (ή τον αριθμό των ατόμων) του αντικειμένου ή του υλικού (Stevens et al., 2009).

Ιδιότητες που σχετίζονται με την επιφάνεια

Ο λόγος S / V αυξάνεται δραματικά καθώς το υλικό γίνεται μικρότερο και πλησιάζει τη Νανοκλίμακα. Επομένως, οποιοδήποτε φαινόμενο που συμβαίνει στην επιφάνεια θα ενισχυθεί στη νανοκλίμακα. Τα επιφανειακά άτομα ενός υλικού έχουν διαφορετικά χημικά και φυσικά περιβάλλοντα από τα άτομα στο εσωτερικό ή το μεγαλύτερο μέρος του υλικού. Συγκεκριμένα, δεν συμμετέχουν σε τόσες αλληλεπιδράσεις (δεσμούς). Τα επιφανειακά άτομα έχουν περισσότερη ενέργεια, που ονομάζεται επιφανειακή ενέργεια, η οποία προέρχεται από ανεκπλήρωτες αλληλεπιδράσεις. Αυτή η ενέργεια συχνά αγνοείται σε bulk υλικά επειδή επηρεάζει μόνο τα πρώτα στρώματα ατόμων. Η υψηλότερη ενεργειακή κατάσταση των επιφανειακών ατόμων τα καθιστά πιο χημικά αντιδραστικά. Η σχετική αύξηση της εκτιθέμενης επιφάνειας στη νανοκλίμακα επηρεάζει επίσης την *τήξη* και τη *διάλυση*. Τα σημεία τήξης των νανοσωματιδίων μετάλλων είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στο μέγεθος. Ο αυξημένος αριθμός διαθέσιμων ατόμων σε μια επιφάνεια αυξάνει επίσης τον αριθμό των επαγόμενων διπολικών αλληλεπιδράσεων που μπορούν να συμβούν, επηρεάζοντας τις ιδιότητες *πρόσφυσης*. Το φαινόμενο είναι εντονότερο καθώς τα σωματίδια γίνονται μικρότερα. Η *απορρόφηση* είναι μια άλλη ιδιότητα που εξαρτάται από την επιφάνεια. Η υψηλή αναλογία επιφάνειας προς όγκο των πόρων σε υλικά κατασκευασμένα από υπεραπορροφητικά πολυμερή τους επιτρέπει να απορροφούν μεγάλες ποσότητες υγρού - έως και 500 φορές το βάρος τους - όπως οι πάνες μιας χρήσης (Stevens et al., 2009).

Ιδιότητες που σχετίζονται με το μέγεθος

Τα άτομα σε μικρές συστάδες έχουν διαφορετικές ηλεκτρονικές ιδιότητες από άτομα σε ένα μεγαλύτερο (bulk) κομμάτι υλικού. Εάν ένα σωματίδιο είναι αρκετά μεγάλο (~ 10 – 20 άτομα σε όλες τις κατευθύνσεις), η χημική αντιδραστικότητα περιγράφεται με από την επιφανειακή ενέργεια. Όταν ο αριθμός των ατόμων σε ένα σωματίδιο είναι πολύ μικρός, η προσθήκη, η αφαίρεση ή η μετακίνηση ενός ατόμου μπορεί να επηρεάσει την ηλεκτρονική δομή του συνόλου. Η ξεχωριστή ηλεκτρονική δομή σωματιδίων με κλίμακα μήκους μικρότερη από 8 έως 10 nm είναι υπεύθυνη για τις αλλαγές στην αντιδραστικότητα που παρατηρούνται για ορισμένα υλικά. Ο αριθμός των ατόμων που απαιτούνται για να συμπεριφέρεται μια ουσία όπως η αντίστοιχη μακροσκοπική ουσία είναι διαφορετικός για διαφορετικά υλικά (Stevens et al., 2009).

Τα άτομα ενός υλικού βρίσκονται σε συνεχή τυχαία κίνηση. Εάν τα κομμάτια ενός υλικού γίνουν αρκετά μικρά, η κίνηση των μεμονωμένων ατόμων δεν υπολογίζεται πλέον ως μέσος όρος και μπορεί να επηρεάσει τις ιδιότητες του υλικού. Πολλές από τις εγγενείς ιδιότητες των υλικών βασίζονται σε κλίμακες μήκους νανοκλίμακας. Εάν το μέγεθος του υλικού είναι κάτω από αυτό το όριο για μια δεδομένη ιδιότητα σε τουλάχιστον μία διάσταση, τότε η ιδιότητα για αυτό το υλικό γίνεται «περιορισμένη» και γίνεται ευαίσθητη τόσο στο μέγεθος όσο και στο σχήμα. Ο περιορισμός συμβαίνει σε διαφορετικές κλίμακες μήκους για διαφορετικές ιδιότητες. Η ίδια ιδιότητα εντοπίζεται σε διαφορετικές κλίμακες μήκους για διαφορετικά υλικά (Stevens et al., 2009).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

4.1 Ανάγκη για εκπαίδευση στην NET

Παρόλο που το πεδίο της Νανοεπιστήμης είναι σχετικά νέο, ακόμη νεότερο είναι το πεδίο της διδασκαλίας της Νανοεπιστήμης στην υποχρεωτική εκπαίδευση. Η ανάπτυξη της Νανοεπιστήμης και της Νανοτεχνολογίας (NET) και η συνεχώς αυξανόμενη διείσδυση τους στην καθημερινότητά μας δημιουργούν την κοινωνική ανάγκη κατάλληλα καταρτισμένου εργατικού δυναμικού και επιστημονικά εγγράμματων πολιτών για να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις που γεννούνται από τις επιστημονικές εξελίξεις (Jones et al., 2013).

Από την βιβλιογραφική ανάλυση είναι ξεκάθαρο πως η Νανοεπιστήμη και διδακτικές ενότητες που αποσκοπούν στην εξοικείωση των μαθητών με αυτή αποτελούν καινοτόμο αντικείμενο έρευνας σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι εξελίξεις στην επιστήμη προχωρούν γρήγορα και είναι ζωτικής σημασίας η έρευνα στην επιστήμη της εκπαίδευσης να συμβαδίζει με αυτές τις εξελίξεις, ώστε να διαμορφώσουμε αποτελεσματικές εκπαιδευτικές πρακτικές (Jones et al., 2013). Είναι ανάγκη οι μαθητές να εκπαιδευτούν στην Νανοτεχνολογία ώστε να είναι ικανοί να ενεργούν ως πληροφορημένοι πολίτες (Stevens et al., 2009; Kumar & Kumbhat 2016) και να αποκτήσουν έναν «νανο-γραμματισμό» (nano-literacy) (Laherto, 2010) για να μπορούν να χειρίζονται κοινωνικά και καθημερινά ζητήματα που βασίζονται στην επιστήμη.

Επιπλέον, σύμφωνα με τον Chang (2006) οι μαθητές είναι μεν περίεργοι από την φύση τους, η περιέργεια όμως αυτή δεν ικανοποιείται μέσα στις σχολικές τάξεις. Η Νανοτεχνολογία προσφέρεται για την ικανοποίηση αυτής της περιέργειας και την αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών μέσα από τα εντυπωσιακά και «μυστήρια» φαινόμενα που μπορούν να διερευνήσουν στην τάξη, πυροδοτώντας μάλιστα την φαντασία των μαθητών (Filipponi & Sutherland, NANOYΟΥ, 2010). Τέλος, η διεπιστημονικότητα η οποία διέπει τις NET συμβάλλει στο να αναγνωρίσουν οι μαθητές τη σχέση της επιστήμης με την καθημερινή ζωή κάτι που σύμφωνα με τον Chang (2006) δίνει μια θετική στάση για τις φυσικές επιστήμες.

Κατά την βιβλιογραφική αναζήτηση παρατηρήσαμε ότι στο επίπεδο του Λυκείου έχουν αναπτυχθεί διδακτικές ενότητες και έχουν πραγματοποιηθεί ερευνητικές μελέτες εισαγωγής της Νανοεπιστήμης στην διδακτική πράξη που εστιάζουν κυρίως στην Νανοκλίμακα, τα εργαλεία παρατήρησης του Νανόκοσμου και την Σχέση NET και Κοινωνίας. Μικρός αριθμός ερευνών έχει πραγματοποιηθεί για την θεματική ενότητα των οπτικών ιδιοτήτων που εξαρτώνται από το μέγεθος στην Νανοκλίμακα και των διαδικασιών μάθησης γύρω από αυτή. Γεγονός που καθιστά την Δευτεροβάθμια εκπαίδευση δυναμική επιλογή ενασχόλησης, όπου θα μπορούσαμε να μελετήσουμε τις αντιλήψεις των μαθητών για τις οπτικές ιδιότητες των υλικών καθώς τα υλικά προσεγγίζουν την Νανοκλίμακα και τις διαδικασίες μάθησης.

4.2 Ιδέες και Δυσκολίες Μαθητών

Κατά τη διάρκεια της φοίτησης στο σχολείο οι μαθητές, σε μεγάλο ποσοστό, δεν καταφέρνουν να κατακτήσουν την επιστημονική γνώση που θα τους καταστήσει επιστημονικά εγγράμματα άτομα. Σημαντικό ρόλο για το σχεδιασμό της διδακτικής ακολουθίας παίζουν οι εναλλακτικές ιδέες (ή αντιλήψεις) των μαθητών, καθώς περιορίζουν τις σκέψεις των μαθητών και την επιχειρηματολογία τους στα διαφορετικά στάδια μάθησης. Πολλές μελέτες έχουν γίνει για τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σε διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης και σε διάφορους επιστημονικούς τομείς. Η πλειονότητα των μελετών επικεντρώθηκε σε έννοιες φυσικής επιστήμης, ιδιαίτερα στον τομέα της φυσικής. Παρόλα αυτά, υπάρχουν παρανοήσεις των μαθητών για πολλά θέματα. Ο εκπαιδευτικός πρέπει να γνωρίζει τις εναλλακτικές ιδέες σε σχέση με τα θέματα που διδάσκει, διότι θα τον βοηθήσει να ερμηνεύσει τις πράξεις και τις ιδέες των μαθητών (Driver et al., 1985; Driver et al., 1994).

Τα τελευταία 30 χρόνια περίπου έχουν πραγματοποιηθεί πολλές εμπειρικές έρευνες σχετικά με την καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών για τις βασικότερες περιοχές της διδασκόμενης φυσικο-επιστημονικής γνώσης (Driver et al. 1985, Driver et al. 1994,). Τα κυριότερα συμπεράσματα, κοινά σε μεγάλο αριθμό αυτών των ερευνών, είναι τα εξής:

- Οι μαθητές έχουν διαμορφώσει αντιλήψεις με βάση τις αισθητηριακές τους εμπειρίες από το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον, για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών, πριν έρθουν στο σχολείο. Τις περισσότερες φορές οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών διαφέρουν από τις απόψεις της επιστημονικής γνώσης και της σχολικής της εκδοχής.

- Οι αντιλήψεις των μαθητών συχνά αντιστέκονται σε οποιαδήποτε προσπάθεια τροποποίησής τους και τους ακολουθούν μέχρι την ενηλικίωσή τους, ενώ ελάχιστα επηρεάζονται από την παραδοσιακή διδασκαλία και συνήθως το οποιοδήποτε μαθησιακό αποτέλεσμα δεν έχει χρονική διάρκεια.

- Ορισμένες αντιλήψεις που καταγράφονται από την έρευνα φαίνεται να είναι αρκετά διαδεδομένες ανάμεσα στους μαθητές.

- Σε ορισμένες περιπτώσεις οι μαθητές μπορεί να διατηρούν μετά τη διδασκαλία τόσο την εξήγηση του δασκάλου από τη «σχολική επιστήμη», όσο και τις δικές τους προϋπάρχουσες αντιλήψεις. Ακόμη είναι δυνατόν να προκύψει μία νέα υβριδική αντίληψη προϊόν των δύο συστημάτων αντιλήψεων ή αλληλεπίδρασης τους.

- Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών παίζει το πολιτιστικό πλαίσιο μέσα στο οποίο ζουν και κυρίως η γλώσσα μέσω της οποίας επικοινωνούν.

4.2.1 Μέγεθος και κλίμακα

Πολλοί ερευνητές ασχολούνται με την προοπτική ένταξης της Νανοτεχνολογίας στην εκπαίδευση καθώς και τα εμπόδια που θα πρέπει να ξεπεραστούν ώστε αυτό το εγχείρημα να είναι απόλυτα επιτυχές. Βασικό εμπόδιο αποτελεί η έλλειψη διαίσθησης γύρω από φαινόμενα της Νανοκλίμακας καθώς είναι κάτι μη αντιληπτό με γυμνό μάτι, επομένως αντικείμενα σε διαστάσεις *nm* πολύ δύσκολα οπτικοποιούνται (Magana et al., 2012) Επιπλέον η Νανοεπιστήμη απαιτεί υψηλό επίπεδο αφαίρεσης και προαπαιτούμενες γνώσεις ώστε οι έννοιες της να γίνουν κατανοητές από τους μαθητές (Xie & Pallant, 2011).

Οι έννοιες του μεγέθους και της κλίμακας είναι θεμελιώδεις, καθώς διαμορφώνουν μέρος του γνωστικού πλαισίου με το οποίο αντιλαμβάνεται κανείς την επιστήμη εν γένει. Η βαθύτερη κατανόηση των εννοιών του μεγέθους και της κλίμακας συμβάλλει και στην κατανόηση των ιδιοτήτων εξαρτώμενων από το μέγεθος και των μηχανισμών για τους οποίους τα υλικά συμπεριφέρονται διαφορετικά στην Νανοκλίμακα (Swarat et al., 2011).

Σύμφωνα με τους Magana et al. (2012) η αντίληψη του μεγέθους και της κλίμακας συνδέεται με τον αναλογικό συλλογισμό καθώς και με έννοιες μαθηματικών, μηχανικής και τεχνολογίας. Έρευνες των Taylor & Jones (2009) έδειξαν πως ο αναλογικός συλλογισμός είναι ισχυρά συνυφασμένος με την ικανότητα των μαθητών να κατανοήσουν και να χειριστούν τις δυνάμεις του δέκα.

4.2.2 Χρώμα - Αλλαγή ιδιοτήτων

Η μεταβολή των ιδιοτήτων των υλικών καθώς το μέγεθός τους μεταβάλλεται συνδέεται με το μέγεθος και την κλίμακα. Το χρώμα, ως κατεξοχήν οπτική ιδιότητα των υλικών, σε επίπεδο νανοκλίμακας καθορίζεται από: α) το μέγεθος του υπό μελέτη υλικού (μικρά ή μεγάλα νανοσωματίδια), β) το σχήμα του υλικού, γ) το περιβάλλον μέσο. (Garcia,2011)

Εμπειρικές έρευνες έχουν καταγράψει τις αντιλήψεις των μαθητών για επιστημονικές έννοιες. Οι ευρέως καταγεγραμμένες ιδέες των μαθητών, σύμφωνα με την βιβλιογραφική μας έρευνα, σχετικά με την ιδιότητα του χρώματος και την αλλαγή ιδιοτήτων είναι πως «το λευκό φως δεν είναι μια μείξη των χρωμάτων του φωτός» (Driver,2000), «το χρώμα είναι μια ιδιότητα ενός αντικειμένου και είναι ανεξάρτητο τόσο από την φωτεινή πηγή όσο και από το δέκτη (μάτι)» (<http://www.amasci.com/miscon/opphys.html>) και

<https://newyorkscienceteacher.com/sci/pages/miscon/phy.php>) «το χρώμα είναι εγγενής ιδιότητα μιας ουσίας» (Driver, 1985) που δεν αλλάζει. Σχετικά με την αλληλεπίδραση ύλης και ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας οι μαθητές πιστεύουν ότι «το χρώμα είναι μία φυσική ιδιότητα των σωμάτων και όχι το αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων του φωτός με τα αντικείμενα» (Ραβάνης, 2003) και πως «δεν υπάρχει καμία αλληλεπίδραση ανάμεσα στο φως και στην ύλη» (<http://users.att.sch.gr/antoniou>). Ακόμη πιστεύουν ότι «τα μάτια μας βλέπουν το χρώμα ενός αντικειμένου και όχι το χρώμα του ανακλώμενου φωτός» (Driver, 2000). Τέλος αναφορικά με την μεταβολή του χρώματος οι μαθητές υποστηρίζουν πως «η μεταβολή του χρώματος μιας ουσίας συνιστά μια χημική μεταβολή» (Driver, 2000).

4.3 Διδακτικά Εργαλεία - Αναλογίες

Στην παρούσα εμπειρική έρευνα χρησιμοποιήθηκε ως κύριο διδακτικό εργαλείο η αναλογία για την ανάπτυξη του διδακτικού υλικού της 2^{ης} συνάντησης. Οι αναλογίες έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς στην επιστήμη συμβάλλοντας στην κατασκευή επιστημονικών μοντέλων με τα οποία περιγράφεται και ερμηνεύεται ο φυσικός κόσμος (Χαλκιά, 2016). Σύμφωνα με την Χαλκιά (2016) οι αναλογίες αποδεικνύονται σημαντικά διδακτικά εργαλεία, για την διδασκαλία των ΦΕ. Οι αναλογίες αποτελούν γέφυρες ανάμεσα στην καθημερινή ζωή των μαθητών και τον αφαιρετικό κόσμο της επιστήμης. Όπως αναφέρει χαρακτηριστικά «η προσεκτική χρήση τους θεωρείται ότι μπορεί να προωθήσει την μάθηση των ΦΕ καθώς και την ανωτέρου επιπέδου σκέψη».

Για να εξηγήσουμε πώς αυτή η μέθοδος βοήθησε το σχεδιασμό του διδακτικού υλικού, στην παρούσα εργασία, πρέπει να οριστούν ορισμένοι βασικοί όροι. Πρώτον, οι αναλογίες γενικά χρησιμοποιούνται για την σύγκριση δύο πραγμάτων (του στόχου και της βάσης) τα οποία θεωρούνται πως έχουν τόσο ομοιότητες όσο και διαφορές. Δηλαδή, δανειζόμαστε από μία οικεία οντότητα (βάση ή πηγή) στοιχεία για την περιγραφή, ή ερμηνεία, μιας άλλης λιγότερο γνωστής οντότητας (στόχος) (Χαλκιά, 2016). Για τους σκοπούς μας, υπάρχουν δύο τομείς γνώσης: η *βάση ή πηγή* (η αρχική πηγή γνώσης που αποτελείται από βασικές έννοιες – ήχος παραγόμενος από τα δοχεία νερού) και ο *στόχος* (ο τομέας στον οποίο πρόκειται να εφαρμοστεί η γνώση στη βάση – η αλλαγή οπτικών ιδιοτήτων (χρώμα) στην Νανοκλίμακα).

Μια αναλογία ορίζεται όταν οι σχετικές σχέσεις αντικειμένων αντιστοιχούν μεταξύ βάσης και στόχου, ακόμη και αν τα χαρακτηριστικά αντικειμένων δεν διαφαίνονται (Muniz,2014). Στην περίπτωση μας, το διδακτικό υλικό έχει σχεδιαστεί με βάση τη μεγιστοποίηση του αριθμού των σχέσεων μεταξύ διαφορετικής συχνότητας ήχου (βάση) και διαφορετικό χρώμα νανοσωματιδίων χρυσού (στόχος).

Χαρακτηριστικά παραδείγματα αναλογιών που βοήθησαν στην ανάπτυξη της επιστήμης είναι οι παρακάτω:

- Ο Κέπλερ εμπνεύστηκε το πλανητικό μοντέλο από τον μηχανισμό του ρολογιού.
- Αναπτύσσοντας την κυματική θεωρία του φωτός ο Huygens χρησιμοποίησε ως μεταφορική εικόνα τα κύματα νερού κατ' αναλογία της κυματικής θεωρίας του ήχου.

Παραδείγματα αναλογίας που αξιοποιείται για διδακτικούς σκοπούς:

- Αναλογία ματιού με την συμβατική φωτογραφική μηχανή
- Αναλογία ηλεκτρικού κυκλώματος με τρένο

Ωστόσο, λίγες από αυτές τις αναλογίες εστιάζονται σε έννοιες Νανοκλίμακας. Επιπλέον, ακόμα λιγότερες στοχεύουν σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Αν και η χρήση της αναλογίας θεωρείται γενικά ευεργετική, στη βιβλιογραφία επισημαίνονται ορισμένα μειονεκτήματα (Χαλκιά 2016). Για παράδειγμα εάν οι μαθητές είναι ήδη εξοικειωμένοι με την έννοια του στόχου (target), η αναλογία μπορεί να θεωρηθεί περιττή (Muniz,2014). Επιπλέον, αν οι εκπαιδευτικοί επιλέγουν ή κατασκευάζουν αναλογίες μη γνωρίζοντας ενδελεχώς το αντικείμενο που πρόκειται να διδάξουν πιθανόν να αντανakλούν τις δικές τους εναλλακτικές ιδέες (Χαλκιά, 2016).

Ως εκ τούτου, σχεδιάσαμε το διδακτικό υλικό με σκοπό να είναι όσο το δυνατόν πιο σαφές, καθοδηγώντας τους μαθητές να εντοπίσουν τις σχετικές σχέσεις αντικειμένων. Οι καθοδηγητικές ερωτήσεις έχουν τοποθετηθεί στο διδακτικό υλικό με στόχο την ελαχιστοποίηση της μεταφοράς των άσχετων χαρακτηριστικών (π.χ. το υλικό του δοχείου) και των σχέσεων των μαθητών στον τομέα στόχου (target domain) (Muniz,2014). Δεδομένου ότι η διδασκαλία NET με χρήση αναλογιών δεν έχει διερευνηθεί ιδιαίτερα, ιδίως για μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, η παρούσα εργασία αντιμετώπισε ένα κενό στη βιβλιογραφία.

4.4 Παραδείγματα Διδακτικών Εγχειρημάτων για τις έννοιες της NET

Στις Η.Π.Α. έγιναν μελέτες όπου καθόρισαν τέσσερις εκπαιδευτικές προκλήσεις στο πεδίο της εκπαίδευσης στη NET: (α) τη δημιουργία Προτύπων που αφορούν τη

μάθηση, (β) τη δημιουργία Αναλυτικών Προγραμμάτων και την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού, (γ) την ανάγκη εκπαίδευσης εκπαιδευτικών σε θέματα Νανοτεχνολογίας και (δ) την ανάπτυξη Άτυπων μορφών Εκπαίδευσης σε μουσεία και επιστημονικά κέντρα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αναφέρουμε ενδεικτικά δράσεις και προγράμματα με θέμα την εκπαίδευση NET που έχουν πραγματοποιηθεί ανά τον κόσμο.

Το πρώτο βήμα για τη δημιουργία μαθησιακών προτύπων είναι να εξετάσουμε τη φύση της Νανοτεχνολογίας ως επιστήμη και τις επιπτώσεις της στην τεχνολογία, τη μηχανική και την κοινωνία. Ο Laherto (2010) εξέτασε τις έννοιες της Νανοτεχνολογίας και της Νανοεπιστήμης χρησιμοποιώντας το μοντέλο της διδακτικής αναδόμησης που εξετάζει τη σημασία των αναδυόμενων επιστημονικών θεμάτων σε σχέση με τους στόχους της επιστήμης και της τεχνολογίας (Jones et al., 2013). Ο Laherto κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η NET έχει πολλά επιστημολογικά, καθώς και κοινωνικά χαρακτηριστικά που καθιστούν αυτά τα αναδυόμενα πεδία ιδιαίτερα ενδιαφέροντα και σχετικά με τον επιστημονικό και τεχνολογικό γραμματισμό. Υποστήριξε ότι οι μελλοντικές επιπτώσεις της Νανοτεχνολογίας είναι σημαντικές και πώς ο τομέας εγείρει ηθικά ζητήματα που θα πρέπει να αντιμετωπίσουν οι μελλοντικοί πολίτες.

Στο βιβλίο 'The Big Ideas of Nanoscale – Science & Engineering, A Guidebook for Secondary Teachers' των Stevens, Sutherland και Krajcik (2009), γίνεται προσπάθεια σύνδεσης του Αναλυτικού Προγράμματος των Η.Π.Α. με κεντρικές παραδοχές της Νανοεπιστήμης. Το βιβλίο σχεδιάστηκε ώστε οι καθηγητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης να εμπλακούν σε ανάλογα θέματα και να τα εισάγουν στην τάξη. Οι Stevens, Sutherland και Krajcik (2009) υποστηρίζουν ότι οι μαθητές πρέπει να μάθουν βασικές

επιστημονικές έννοιες νανοκλίμακας προκειμένου να καταφέρουν να είναι ενημερωμένοι πολίτες ή ακόμη και, για μερικούς από αυτούς, να αναπτύξουν τις κατάλληλες γνώσεις και δεξιότητες για να γίνουν μέρος του μελλοντικού εργατικού δυναμικού. Ενδεικτικά αναφέρουμε πώς τα ακαδημαϊκά πρότυπα στις ΗΠΑ αναφορικά με την διδασκαλία των ΦΕ, δηλώνουν ότι οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να περιγράψουν τις εξελίξεις και επιστημονικά ζητήματα που έχουν σημαντικές, μακροχρόνιες επιπτώσεις στην επιστήμη και την κοινωνία (π.χ. ατομική θεωρία, κβαντική θεωρία, Νευτώνεια μηχανική, πυρηνική ενέργεια, νανοτεχνολογία και τεχνολογία επικοινωνιών) (Jones et al., 2013).

Δεδομένου ότι η σημασία της Νανοτεχνολογίας έχει αναγνωρισθεί, ορισμένες χώρες έχουν ξεκινήσει την ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων υποστήριξη της διδασκαλίας και της μάθησης αυτού του αναδυόμενου πεδίου. Μερικά εκπαιδευτικά προγράμματα έχουν προσεγγίσει τη νανοτεχνολογία ως ξεχωριστό θέμα από τα STEM, ενώ άλλα έχουν συμπεριλάβει ενότητες Νανοτεχνολογίας ως ολοκληρωμένο μέρος των υπαρχόντων μαθήματα επιστημών (Jones et al., 2007).

Οι Harmer και Columba (2010), όπως αναφέρεται στην βιβλιογραφική ανασκόπηση των Jones et al. (2013), με μια διαδικτυακή επιστημονική έρευνα που διερεύνησε θέματα στη Νανοεπιστήμη χρησιμοποιώντας εικονικά όργανα, παρουσίασαν θετικά αποτελέσματα. Οι ερευνητές διερεύνησαν παράγοντες που συνέβαλαν στην προσέλκυση μαθητών γυμνασίου κατά τη διάρκεια μιας εμπειρία έρευνας βασισμένη σε προβλήματα, η οποία εισήγαγε την Νανοεπιστήμη και μελέτησε λύσεις βασισμένες στη Νανοτεχνολογία για πραγματικά προβλήματα. Εφάρμοσαν μια μεικτή ερευνητική μεθοδολογία και

χρησιμοποίησαν ποσοτικά εργαλεία για τον έλεγχο κατανόησης των μαθητών και την εμπλοκή τους στην διαδικασία. Διαπίστωσαν ότι οι μαθητές συμμετείχαν σε μεγάλο βαθμό στο πρόγραμμα και ότι οι γνώσεις των μαθητών για τη μέτρηση, το μέγεθος και τις εφαρμογές των νανοσωματιδίων αυξήθηκαν (Jones et al., 2013).

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση των Jones et al. (2013) καταλήγει πώς υπάρχει σαφής πρόθεση των αρμόδιων φορέων για την ανάπτυξη νέων εκπαιδευτικών προγραμμάτων (τόσο επίσημων όσο και ανεπίσημων) που μπορούν να εκπαιδεύσουν την επόμενη γενιά επιστημόνων και σημερινών πολιτών. Τα αποτελέσματα ερευνών που υπάρχουν σχετικά με την αποτελεσματικότητα της νανοεκπαίδευσης είναι διαφόρων ειδών, αλλά ως επί το πλείστον, τα προγράμματα φαίνεται να οδηγούν τους μαθητές στη γνώση βασικών εννοιών Νανοεπιστήμης, καθώς και ενισχύουν τα κίνητρα των μαθητών να ασχοληθούν με την Νανοτεχνολογία. Το γεγονός ότι τα υλικά συμπεριφέρονται πολύ διαφορετικά στη μικροσκοπική κλίμακα, προκαλεί τους εκπαιδευτικούς να βρουν τρόπους να κάνουν αυτή την αφηρημένη έννοια ουσιαστική και σχετική. Επιπλέον, η ταχεία ανάπτυξη της Νανοτεχνολογίας παρέχει πρόσθετες προκλήσεις στην εκπαίδευση του επόμενου επιστημονικού εργατικού δυναμικού (Jones et al., 2013).

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, το NANOYOU, που ολοκληρώθηκε το 2011, ήταν ένα πρόγραμμα που στόχευε στην εμπλοκή της ευρωπαϊκής νεολαίας με την Νανοτεχνολογίας. Το έργο είχε ως στόχο να προσεγγίσει παιδιά ηλικίας 11-18 ετών μέσω σχολικών προγραμμάτων σε τουλάχιστον 20 κράτη μέλη της ΕΕ και νεαρούς ενήλικες ηλικίας 19-25 ετών μέσω προγραμμάτων σε επιστημονικά κέντρα. Το πρόγραμμα είχε θετικά και αποτελέσματα τους μαθητές σχετικά με τις γνώσεις στην Νανοτεχνολογία καθώς φαίνεται ότι

κατανόησαν πως οι «ιδιαιτέρες» ιδιότητες των νανοϋλικών έχουν συνέπειες στο μακρόκοσμο και προσφέρουν νέες ευκαιρίες στην επιστήμη των υλικών (π.χ. για ιατρική, ενέργεια). Οι περισσότεροι από τους μαθητές (85%) εξέφρασαν θετικές στάσεις σχετικά με τη Νανοτεχνολογία καθώς πιστεύουν ότι βελτιώνει τον τρόπο ζωής μας.

Συνολικά, οι μαθητές έδειξαν κατανόηση της πολυπλοκότητας της νανοτεχνολογίας και έμαθαν ότι η Νανοεπιστήμη είναι διεπιστημονική (σχετίζεται με τη φυσική, τη χημεία, τη βιολογία καθώς και την ηθική, τις κοινωνικές επιστήμες κ.λπ.). Η συζήτηση για τις ηθικές, νομικές και κοινωνικές πτυχές (Ethical, Legal and Societal Aspects - ELSA) έκανε τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν ότι τα θέματα των νέων τεχνολογιών έχουν αμφιλεγόμενες πτυχές και δεν είναι "ασπρόμαυρα". Έμαθαν ότι η καινοτομία φέρνει κίνδυνο μαζί με τις ευκαιρίες που προσφέρει. Επίσης κατάλαβαν ότι η καινοτομία είναι μια διαδικασία όπου μάθουμε τόσο από την επιτυχία του παρελθόντος όσο και από τις αποτυχίες του. Επίσης οι εκπαιδευτικοί θεώρησαν ότι το έργο NANOYOU τους βοήθησε να ενσωματώσουν την Νανοτεχνολογία στο σχολείο. Οι εκπαιδευτικές συνεδρίες ήταν πολύ επιτυχημένες στην αύξηση της εμπιστοσύνης των εκπαιδευτικών στη διδασκαλία της Νανοτεχνολογίας.

[<https://nanoyou.eu/>, <https://cordis.europa.eu/project/id/233433/reporting>]

Ένα άλλο ευρωπαϊκό πρόγραμμα το «IRRESISTIBLE» στόχευσε στον σχεδιασμό δραστηριοτήτων που προωθούν την εμπλοκή των μαθητών και του κοινού στη διαδικασία της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (RRI). Σκοπός ήταν η ευαισθητοποίηση στην RRI αυξάνοντας τη γνώση περιεχομένου των μαθητών σχετικά με την έρευνα. Αυτό επιτεύχθηκε συνδυάζοντας τυπικές (σχολείο) και άτυπες (επιστημονικά κέντρα, μουσεία)

εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για την εισαγωγή σχετικών θεμάτων και έρευνας αιχμής στο πρόγραμμα. Με αυτή τη μεθοδολογία οι μαθητές εξοικειώθηκαν με την επιστήμη, ενισχύοντας έτσι τη συζήτηση γύρω από ζητήματα RRI. [<http://www.irresistible-project.eu/index.php/el/>]

Η ενότητα «Εφαρμογές της Νανοεπιστήμης και της Νανοτεχνολογίας» του παραπάνω προγράμματος σχεδιάστηκε από την ελληνική ερευνητική ομάδα (Σταύρου, Μιχαηλίδη, Σγουρός, Αλεξόπουλος και Καλαϊτζιδάκη) επικεντρωμένη στις ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος στη Νανοκλίμακα, τον σκοπό ανάπτυξης νανοϋλικών, π.χ. για Ανιχνευτικές, Οπτικές, Φωτοβολταϊκές, Οπτοηλεκτρονικές, Ηλεκτρονικές, Φωτοκαταλυτικές και Βιοϊατρικές εφαρμογές και τις επιπτώσεις τους σε πολλούς τομείς της τεχνολογικής και κοινωνικής ανάπτυξης σε σχέση με την υπεύθυνη έρευνα και της καινοτομία. [<http://www.irresistible-project.eu/index.php/el/topics-gr>] Μαθητές στα πλαίσια της ενότητας χρησιμοποίησαν νανοϋλικά που αναπτύσσονται στο ΙΤΕ Ηρακλείου Κρήτης από ερευνητικές ομάδες και διερεύνησαν ποικίλες πτυχές της Νανοεπιστήμης, όπως το πόσο μικρό είναι το νάνο και «μεγεθο-εξαρτώμενες» ιδιότητες. Ακόμη στα πλαίσια του προγράμματος επισκέφθηκαν μουσεία επιστήμης, ερευνητικά κέντρα και ήρθαν σε επαφή με ερευνητές όπου συζήτησαν θέματα Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας σχετικών με την έρευνα αιχμής στην Νανοτεχνολογία. Ολοκληρώνοντας την δράση οι μαθητές με την υποστήριξη των εκπαιδευτικών κατασκεύασαν εκθέματα για να επικοινωνήσουν τη νέα γνώση στο ευρύ κοινό. (Alexopoulos et al., 2016)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στόχος της συγκεκριμένης έρευνας ήταν η καταγραφή και μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών Λυκείου για την αλλαγή οπτικών ιδιοτήτων των σωμάτων καθώς το μέγεθος τους βρεθεί στα όρια της Νανοκλίμακας. Ειδικότερα εστιάζουμε στις ιδέες των μαθητών για τα ιδιαίτερα χρώματα που εμφανίζει ο χρυσός καθώς το μέγεθος του προσεγγίζει την Νανοκλίμακας. Παράλληλα μελετάται η διαδικασία μάθησης για την εξήγηση των ιδιαίτερων ιδιοτήτων των υλικών στην Νανοκλίμακα λόγο μεγέθους και σχήματος.

5.1 Φάσεις υλοποίησης

Το ερευνητικό μέρος υλοποιήθηκε σε τρεις φάσεις.

- (1) Η πρώτη φάση περιλαμβάνει την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού και των δραστηριοτήτων που χρησιμοποιήσαμε στην διδασκαλία μας. Αξιοποιήσαμε εξίσου (α) τα πορίσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας και (β) το διδακτικό υλικό που έχει ήδη παραχθεί και αφορούν τα κυριότερα σημεία του επιστημονικού περιεχομένου των οπτικών ιδιοτήτων των υλικών (χρώμα) στην Νανοκλίμακα, το γνωστικό επίπεδο των μαθητών και τις εναλλακτικές ιδέες τους για το μέγεθος, την κλίμακα και το χρώμα. Επιπλέον, βασιζόμενοι στην κυκλική ανατροφοδότηση και αλληλεπίδραση μεταξύ του περιεχομένου προς διδασκαλία, των απόψεων των μαθητών και των διδακτικών παρεμβάσεων, που απαιτεί το μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης, αναπτύχθηκε ένα ερωτηματολόγιο εισόδου με στόχο να καταγράψουμε τις αρχικές ιδέες των μαθητών -οι οποίοι παρακολούθησαν την διδασκαλία

– σχετικά με Νανοεπιστήμη, Νανοτεχνολογία, ιδιότητες των υλικών και του τρόπου με τον οποίο οι ιδιότητες αλλάζουν. Η 1^η συνάντηση ήταν κυρίως εισαγωγικού χαρακτήρα και σκοπός της ήταν να εντάξει τους μαθητές στο πλαίσιο των βασικών εννοιών της Νανοτεχνολογίας και της Νανοκλίμακας δημιουργώντας το κατάλληλο έδαφος για την 2^η και τελική συνάντηση.

- (2) Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της πρώτης φάσης της έρευνας προχωρήσαμε στη δεύτερη φάση της, η οποία αφορά το διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου της 2^{ης} Συνάντησης, δηλαδή ανασχεδιάσαμε το περιεχόμενο και τη δομή της διδασκαλίας.
- (3) Στην τρίτη φάση της έρευνας πραγματοποιήθηκε η διδασκαλία για την μελέτη της αλλαγής των οπτικών ιδιοτήτων στην Νανοκλίμακα, στα πλαίσια αυτής της πτυχιακής εργασίας. Μετά την υλοποίηση της διδασκαλίας μοιράστηκε ένα ερωτηματολόγιο στους μαθητές για να αξιολογήσουμε τα αποτελέσματα της εφαρμογής της.

Η διδασκαλία, ως ερευνητικό κομμάτι της παρούσας εργασίας, πραγματοποιήθηκε τον Μάιο του 2018 με τη συμμετοχή 18 μαθητών της Β' τάξης του Γενικού Λυκείου Σούδας. Η υλοποίηση της έγινε ως διδακτική παρέμβαση σε 2 δίωρες συναντήσεις, η πρώτη στις 09/05/2018 στις διδακτικές ώρες Χημείας και Φυσικής και η δεύτερη στις 23/05/2018 επίσης στις διδακτικές ώρες Χημείας και Φυσικής.

5.2 Εργαλεία Συλλογής δεδομένων

Για την συγκέντρωση των δεδομένων χρησιμοποιήσαμε : (α) ερωτηματολόγια που συμπλήρωσαν οι μαθητές ατομικά στην αρχή (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α) και στο τέλος (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ) των διδακτικών παρεμβάσεων, (β) καταγραφή των προφορικών απόψεων των

μαθητών κατά την διάρκεια των συναντήσεων- ελεύθερες σημειώσεις πεδίου προσωπικές και εξωτερικού παρατηρητή-, (γ) κλείδες παρατήρησης των διδασκαλιών (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ) που συμπληρώθηκαν από την καθηγήτρια Φυσικής και Χημείας των μαθητών (εξωτερικός παρατηρητής). Η συμμετοχή της καθηγήτριας συνέβαλε στην εγκυρότητα της έρευνας μέσω της τριγωνοποίησης των δεδομένων.

5.3 Μέθοδος Ανάλυσης Δεδομένων

Τα δεδομένα αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας ποιοτική μέθοδο ανάλυσης (Braun & Clarke 2006); (Ίσαρη, 2015). Ξεκινώντας την ανάλυση των αποτελεσμάτων αξίζει να σημειώσουμε πως σκοπός μας είναι να προσδιοριστούν οι *κυρίαρχες τάσεις* -επαναλαμβανόμενων νοηματικών μοτίβων- σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών, σημεία που τους κέντρισαν το ενδιαφέρον τους, σημεία που δυσκόλεψαν την διαδικασία της μάθησης και ποιες μέθοδοι την διευκόλυναν, καθώς από το δείγμα της έρευνας μας (18 μαθητές) δεν είναι εφικτή η εξαγωγή γενικεύσιμων συμπερασμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

6.1 Πρώτη συνάντηση : Εισαγωγή

Υλικά: Ερωτηματολόγια εισόδου (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α), Παρουσίαση διαφανειών pptx (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β), Φύλλο εργασίας (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ), κλείδα παρατήρησης (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ)

Οι βασικοί στόχοι της πρώτης συνάντησης είναι (α) να έρθουν οι μαθητές σε επαφή με την Νανοκλίμακα, Νανοεπιστήμη και την Νανοτεχνολογία καθώς, (β) να διεγείρουμε το ενδιαφέρον τους μέσω μιας εισαγωγής σε μελλοντικές και τρέχουσες εφαρμογές της σε υλικά καθημερινής χρήσης, (γ) να συλλέξουμε πληροφορίες για τις ιδέες που μέχρι τώρα έχουν για τα παραπάνω θέματα, τι θεωρούν ιδιότητα ενός υλικού, αν μπορεί να αλλάξει καθώς και (δ) να τους παρέχουμε πληροφορίες σχετικά με το αντικείμενο που θα μελετήσουμε στην επόμενη συνάντηση.

Πιο συγκεκριμένα, στόχος της διδασκαλίας είναι οι μαθητές να είναι σε θέση:

- ✓ να περιγράψουν το μέγεθος του 1nm (ένα νανόμετρο),
- ✓ να αντιλαμβάνονται τα όρια της Νανοκλίμακας,
- ✓ να κατανοήσουν ότι η αναλογία επιφάνειας/όγκου ενός αντικειμένου αυξάνεται καθώς το αντικείμενο μικραίνει, το ποσοστό των επιφανειακών ατόμων αυξάνεται και αυτό συνεπάγεται πώς ιδιότητες που συνδέονται με την επιφάνεια ενισχύονται.

Αξίζει να σημειώσουμε τον εισαγωγικό χαρακτήρα της διδασκαλίας τόσο για τους μαθητές αλλά και για τον εκπαιδευτικό. Δεδομένα της πρώτης συνάντησης χρησιμοποιούνται για την τροποποίηση της δεύτερης. Η ανάπτυξη του διδακτικού υλικού

της δεύτερης συνάντησης βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στα δεδομένα που αντλούνται από την πρώτη (ερωτηματολόγιο εισόδου, φύλλο εργασίας, κλείδα παρατήρησης).

Προαπαιτούμενες γνώσεις

Οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν τον ορισμό της ιδιότητας ενός υλικού και να αναφέρουν ενδεικτικά κάποιες από αυτές. Επίσης θα πρέπει να είναι ικανοί να ορίσουν και να υπολογίσουν την επιφάνεια και τον όγκο ενός κύβου, καθώς και να βρουν τον λόγο επιφάνειας/όγκο.

6.1.1 Πορεία δραστηριοτήτων

Η πρώτη συνάντηση ξεκινά με την χορήγηση ερωτηματολογίου. Το ερωτηματολόγιο είναι ανοικτού τύπου, αποτελούμενο από 6 ερωτήσεις.

Στην 1^η ερώτηση οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν τι γνωρίζουν για την Νανοτεχνολογία και σε τι πιστεύουν πως αναφέρεται ο όρος Νανοκλίμακα. Συγκεκριμένα :

1)Τι γνωρίζεις για την Νανοτεχνολογία; Σε τι μεγέθη πιστεύεις πως αναφέρεται ο όρος Νανοκλίμακα;

Σκοπός της ερώτησης είναι να διερευνηθούν οι πρότερες γνώσεις των μαθητών σχετικά με την Νανοτεχνολογία και την Νανοκλίμακα.

Στο ίδιο πνεύμα και η 2^η ερώτηση ζητά από τους μαθητές τι θεωρούν ιδιότητα ενός υλικού, δηλαδή το χαρακτηριστικό γνώρισμα ενός υλικού που συνιστά στοιχείο αναγνώρισής του και διάκρισής του από τα άλλα και να φέρουν σχετικά παραδείγματα. Συγκεκριμένα η 2η ερώτηση διατυπώνεται ως εξής:

2) Τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τον όρο «ιδιότητα» υλικού; Δώσε παραδείγματα ιδιοτήτων.

Στόχος της 2^{ης} ερώτησης είναι να διερευνηθούν οι απόψεις των μαθητών σχετικά με το τι θεωρούν ιδιότητα (Property) και να καταγράψουν μερικές.

Οι μαθητές στην 3η και 4^η ερώτηση καλούνται να απαντήσουν αν τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των υλικών αλλάζουν και κάτω από ποιες συνθήκες. Ειδικότερα οι ερωτήσεις 3 και 4 διατυπώνονται ως εξής:

3) Είναι δυνατόν οι ιδιότητες ενός υλικού να αλλάζουν; Αν ναι, ποιές; Αν όχι, γιατί;

4) Νομίζεις ότι αν κόβαμε ένα υλικό σε πολύ μικρά κομμάτια θα καταφέραμε να αλλάξουμε κάποια από τις ιδιότητες του;; (π.χ. το χρώμα_ οπτική ιδιότητα)

Σκοπός των ερωτήσεων 3 και 4 είναι η διερεύνηση των απόψεων των μαθητών σχετικά με το αν θεωρούν ότι οι ιδιότητες των υλικών αλλάζουν ή όχι. Επιδιώκεται η καταγραφή των ιδιοτήτων που πιστεύουν πως παραμένουν αναλλοίωτες ή μεταβάλλονται και με ποιο τρόπο επιτυγχάνεται αυτό.

Στις ερωτήσεις 5 και 6 τα παιδιά ερωτώνται για το τι θεωρούν πως είναι ένα νανοϋλικό, τους ζητείται να αναφέρουν αν γνωρίζουν κάποια και αν αυτά αποτελούν κομμάτι της καθημερινής μας. Συγκεκριμένα οι ερωτήσεις τίθενται ως εξής στους μαθητές :

5) Τι πιστεύεις ότι είναι ένα «νανοϋλικό»;

6) Γνωρίζεις κάποιο νανοϋλικό; Χρησιμοποιούμε νανοϋλικά στην καθημερινή ζωή; Αν ναι, δώστε ένα παράδειγμα.

Σκοπό έχουν την διερεύνηση των γνώσεων των μαθητών σχετικά με την Νανοτεχνολογία και τα παράγωγα της

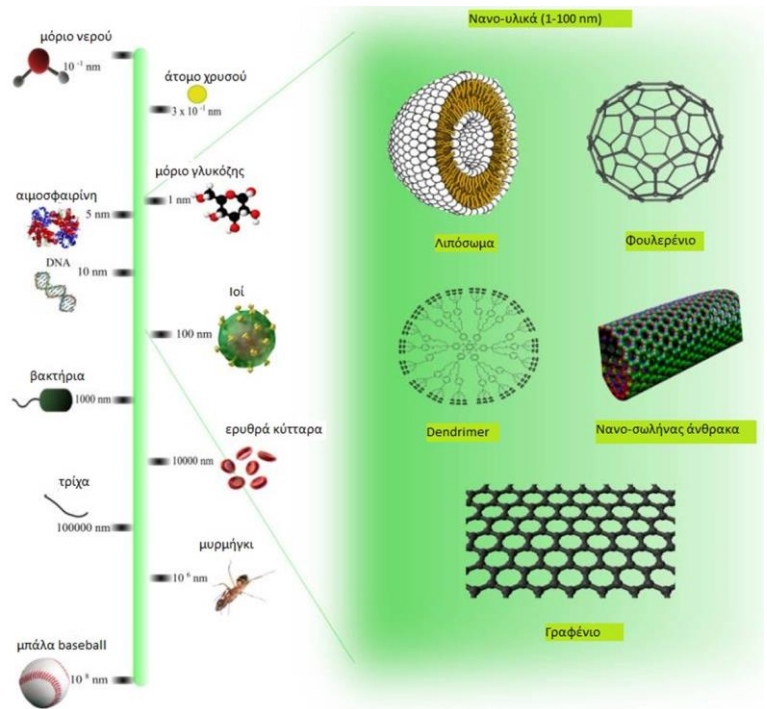
Στη συνέχεια, με σκοπό τον προσανατολισμό των μαθητών και για να εγείρουμε το ενδιαφέρον τους, μοιράζουμε το φύλλο εργασίας στους μαθητές, το οποίο θα συμπλήρωναν ατομικά, παράλληλα με την παρουσίαση διαφανειών pptx με τα βασικά σημεία της NET. Τα φύλλα εργασίας είναι σημαντικά εργαλεία για την διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Η πορεία των ερωτήσεων σχεδιάστηκε ώστε να είναι εναρμονισμένη με την παρουσίαση διαφανειών pptx της 1^{ης} συνάντησης. Σκοπός της μεταξύ άλλων να κρατήσει τους μαθητές ενεργούς κατά την διάρκεια της διδασκαλίας αλλά και να αξιολογηθεί η πορεία της 1^{ης} συνάντησης στη βάση κατανόησης του περιεχομένου της από τους μαθητές ώστε να τροποποιηθεί κατάλληλα το περιεχόμενο της επόμενης συνάντησης αν αυτό κριθεί απαραίτητο. Το φύλλο εργασίας χωρίστηκε σε τρία μέρη σύμφωνα με την πορεία της παρουσίασης pptx.

Η παρουσίαση, επίσης αποτελείται από τρεις θεματικές περιοχές (α) Ορισμοί (Νανοεπιστήμης, Νανοτεχνολογίας, νανόμετρου και Νανοκλίμακας), (β) Ιδιότητες υλικών στην Νανοκλίμακα και (γ) Εφαρμογές Νανοτεχνολογίας δίνοντας βάση κυρίως στον χρυσό που θα αποτελέσει το αντικείμενο μελέτης της στην 2^η συνάντηση.

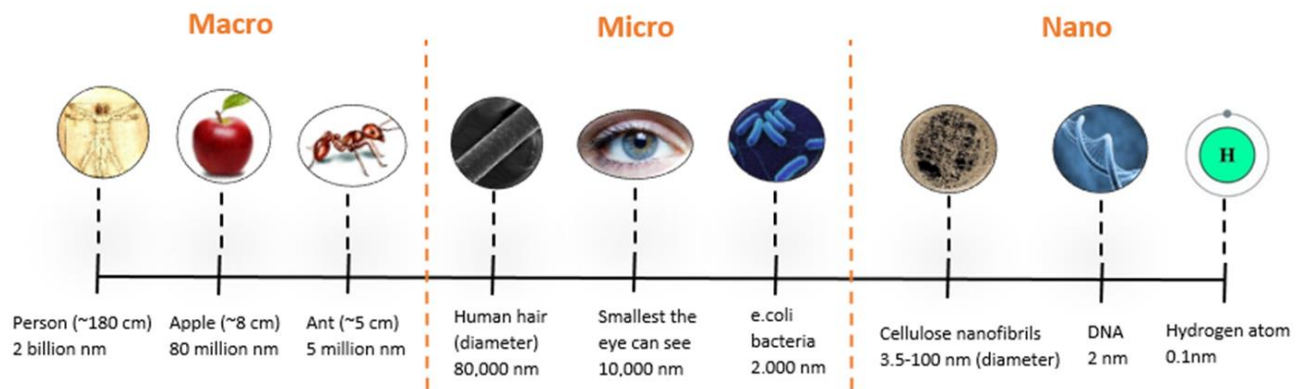
(α) Αρχικά, αναφερόμαστε στην διεπιστημονική φύση του αντικειμένου, ώστε οι μαθητές να κατανοήσουν πώς η Νανοεπιστήμης και η Νανοτεχνολογίας δεν είναι κάτι ξένο αλλά εξειδικευμένος τομέας των επιστημών που ήδη διδάσκονται στο σχολείο. Για την κατανόηση του μεγέθους ενός νανόμετρου και της κλίμακας δίνεται μία σειρά από εικόνες (Εικόνα 6.1, Εικόνα 6.2, Εικόνα 6.3) και προχωράμε με τις ερωτήσεις αυτοέλεγχου του φύλλου εργασίας.



Εικ. 6.1



Εικ. 6.2



Εικ. 6.3

(β) Στη συνέχεια, ρωτήσαμε του μαθητές γιατί πιστεύουν ότι η Νανοκλίμακα είναι τόσο ξεχωριστή και αναφέρουμε τον ορισμό της ιδιότητας και κάποιες από αυτές. Έπειτα αναφέρουμε πως καινοτόμες εφαρμογές στηρίζονται σε ιδιαίτερα χαρακτηριστικά γνωστών μας υλικών (π.χ. χρυσός) καθώς προσεγγίζουν την νανοκλίμακα, αλλά χωρίς να δοθεί κάποια ρητή εξήγηση. Προχωράμε στα παραδείγματα 1 και 2 του φύλλου εργασίας.

Σκοπός τους είναι ο προβληματισμός των μαθητών σχετικά με το πώς μεταβάλλονται τα παρακάτω μεγέθη :

α) Λόγος επιφάνειας/ όγκου ενός υλικού

β) Ποσοστό επιφανειακών ατόμων ενός υλικού

καθώς μεταβαίνουμε στην Νανοκλίμακα. Η πορεία των παραδειγμάτων βοηθά τους μαθητές να συγκρίνουν τις παραπάνω ποσότητες σε δύο διαφορετικές κλίμακες και να οδηγηθούν στο συμπέρασμα ότι :

1)Καθώς μειώνεται το μέγεθος ενός αντικειμένου ο λόγος επιφάνειας/μονάδα όγκου αυξάνεται.

2) Το ποσοστό των ατόμων της επιφάνειας ενός υλικού επίσης αυξάνεται σημαντικά καθώς πλησιάζουμε την Νανοκλίμακα.

Έπειτα ακολουθούν οι ερωτήσεις αυτοελέγχου του φύλλου εργασίας.

(γ) Τέλος παρουσιάζονται κάποιες καινοτόμες τεχνολογικές εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας όπως μονάδες αποθήκευσης με 1.000.000 φορές μεγαλύτερη χωρητικότητα, φίλτρα νερού από νανοσωματίδια χρυσού, πρώιμα τεστ εγκυμοσύνης και διάγνωση και θεραπεία καρκίνου με την χρήση κβαντικών τελειών και νανοσωματιδίων χρυσού αντίστοιχα. Επιπρόσθετα προβάλλεται ένα μικρού μήκους βίντεο για να προσανατολίσουμε τη σκέψη των μαθητών στις χρήσεις του χρυσού, πέραν της κατασκευής κοσμημάτων, και να θέσουμε τα θεμέλια για την δεύτερη συνάντηση.

6.2 Δεύτερη Συνάντηση : Μελέτη Αλλαγής Οπτικών Ιδιοτήτων στην Νανοκλίμακα

Υλικά: Παρουσίαση διαφανειών pptx (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ), Φύλλο εργασίας (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ), Διάλυμα νανοχρυσού διαφόρων μεγεθών, Γυάλινα ποτήρια, Νερό, Μεταλλική ράβδος, Smartphone- Εφαρμογή για μέτρηση συχνότητας, Μαύρο χαρτόνι, Διαφανές αντηλιακό και αντηλιακό γαλάκτωμα, Ερωτηματολόγια εξόδου (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ), κλείδες παρατήρησης των διδασκαλιών (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ).

Βασικός στόχος της δεύτερης συνάντησης με τους μαθητές είναι η κατανόηση του μηχανισμού αλλαγής οπτικών ιδιοτήτων (χρώμα) καθώς πλησιάζει κανείς στη νανοκλίμακα. Η διδασκαλία οργανώθηκε σε 3 καθοδηγούμενες πειραματικές δραστηριότητες βασισμένες σε αναλογίες.

Στην δεύτερη συνάντηση οι μαθητές θα έρθουν σε επαφή με την αλλαγή οπτικών ιδιοτήτων α) διαφορετικά χρώματα νανοσωματιδίων χρυσού ανάλογα το μέγεθος και το σχήμα τους, αλλά και β) στην περίπτωση των αντηλιακών που ανάλογα με το μέγεθος των συστατικών που περιέχουν εμφανίζονται είτε ως λευκά είτε διαφανή.

Συγκεκριμένα, οι στόχοι της δεύτερης διδακτικής παρέμβασης είναι

- ✓ να κατανοήσουν οι μαθητές τα αποτελέσματα της αύξησης του λόγου επιφάνειας/όγκο ενός υλικού καθώς αυτό μικραίνει στην ιδιότητα του χρώματος (δραστηριότητα #1),
- ✓ πώς συνδέεται το ποσοστό επιφανειακών ατόμων με την ιδιότητα του χρώματος (δραστηριότητα #2),
- ✓ να καταφέρουν να εφαρμόσουν την νέα γνώση σε διαφορετικό πλαίσιο (δραστηριότητα #3).

Οι μαθητές θα πρέπει να έχουν κατανοήσει από την 1^η συνάντηση πώς η αναλογία επιφάνεια/ όγκο ενός υλικού αυξάνεται καθώς μειώνεται το μέγεθος του υλικού και την

σημαντικότητα του ποσοστού των επιφανειακών ατόμων ενός υλικού κυρίως για ιδιότητες που συνδέονται με την επιφάνεια.

Η ιδέα της πρώτης δραστηριότητας αντλήθηκε από το πρόγραμμα NANOYOU και πιο συγκεκριμένα από “NANOYOU Teachers Training Kit in nanoscience and nanotechnologies, Module 1- Fundamental concepts in nanoscience and nanotechnologies, Chapter 4 – Fundamental Nano-Effects, page 5”.

Ειδικότερα, οι δραστηριότητες της 2^{ης} συνάντησης των διδακτικών παρεμβάσεων της παρούσας εργασία σχεδιάστηκαν ως εξής:

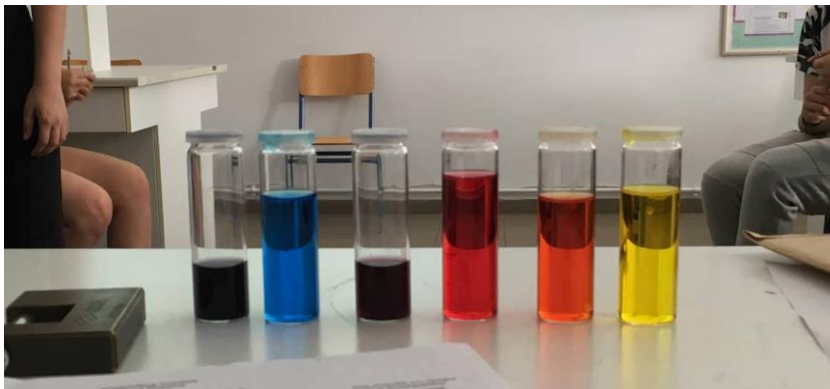
Βάση (Base domain): Οι μαθητές πειραματίζονται με ήχο παραγόμενο από την ίδια σύνθεση (νερό και γυάλινο δοχείο) για να παρατηρήσουν ότι η διαφορετική συχνότητα σχετίζεται με την ποσότητα του νερού στα δοχεία (δραστηριότητα #1). Στη συνέχεια, οι μαθητές διερευνούν γιατί η ίδια ποσότητα νερού παράγει ήχο διαφορετικής συχνότητας αν η σύνθεση είναι διαφορετική (διαφορετικό σχήμα δοχείων) για να παρατηρήσουν πως η διαφορά σχετίζεται με την κατανομή στο δοχείο (δραστηριότητα #2).

Στόχος (Target domain) Οι μαθητές αναμένεται να συσχετίσουν αυτό που παρατήρησαν στις δραστηριότητες #1 και #2 τον ήχο από τα δοχεία νερού με το χρώμα των νανοσωματιδίων χρυσού ανάλογα με το μέγεθος και το σχήμα τους.

Τελικά οι μαθητές προχωρούν στην δραστηριότητα #3 όπου προμηθεύονται με 2 αντιηλιακά που περιέχουν και τα δύο ZnO σε διαφορετικό μέγεθος και τους ζητείται να παρατηρήσουν σε τι διαφέρουν.

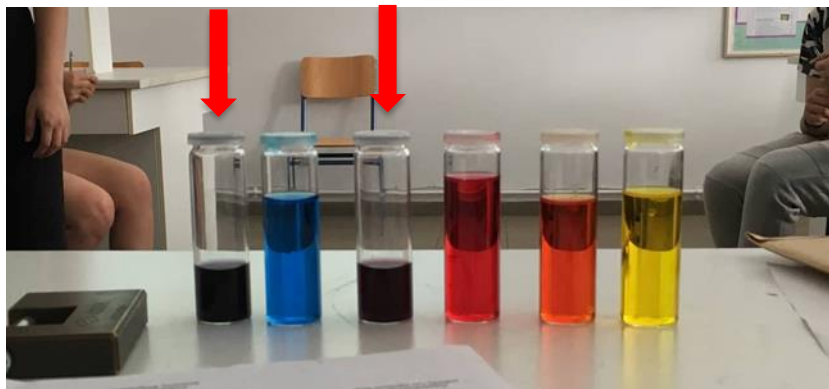
6.2.1 Πορεία δραστηριοτήτων

Ξεκινώντας την δεύτερη συνάντηση αρχικά μοιράζουμε το φύλλο εργασίας και κάνουμε μία μικρή ανασκόπηση σχετικά με το τι συζητήθηκε στην πρώτη συνάντηση, ρωτώντας τους μαθητές αν έψαξαν κάτι από αυτά που και τους ζητάμε να το καταγράψουν στο φύλλο εργασίας (ερώτηση 1). Στην συνέχεια, με σκοπό να εγείρουμε το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών, προχωράμε στην δραστηριότητα #1 παρουσιάζοντάς τους τα φιαλίδια που περιέχουν τα διαλύματα νανοχρυσού.



Εικ. 6.4

Ρωτάμε τους μαθητές τι πιστεύουν ότι υπάρχει μέσα στα φιαλίδια και έπειτα τους αποκαλύπτουμε πως σε κάποιο/α φιαλίδιο/α υπάρχει νανοχρυσός. Ενημερώνουμε τους μαθητές για τον αριθμό των φιαλιδίων που περιέχουν νανοχρυσό και τους ρωτάμε σε ποια φιαλίδια πιστεύουν πως βρίσκεται, καταγράφοντας την άποψη τους στο φύλλο εργασίας (ερώτηση 2). Αμέσως μετά αποκαλύπτουμε στα παιδιά σε ποιο/α φιαλίδιο/α βρίσκεται ο νανοχρυσός και ζητάμε να την γνώμη τους σχετικά με το διαφορετικό χρώμα που έχει ο χρυσός στο διάλυμα (ερώτηση 3).



Εικ. 6.5

Συνεχίζοντας την πορεία της δραστηριότητας χρησιμοποιούμε 5 ίδια γυάλινα ποτήρια ως δοχεία γεμίζουμε τα ποτήρια με 5 διαφορετικές ποσότητες νερού. Με μία μεταλλική ράβδο χτυπάμε τα ποτήρια με το νερό με την ίδια δύναμη ζητώντας από τους μαθητές να καταγράψουν τι παρατηρούν και δώσουν μία πιθανή εξήγηση (ερώτηση 4).

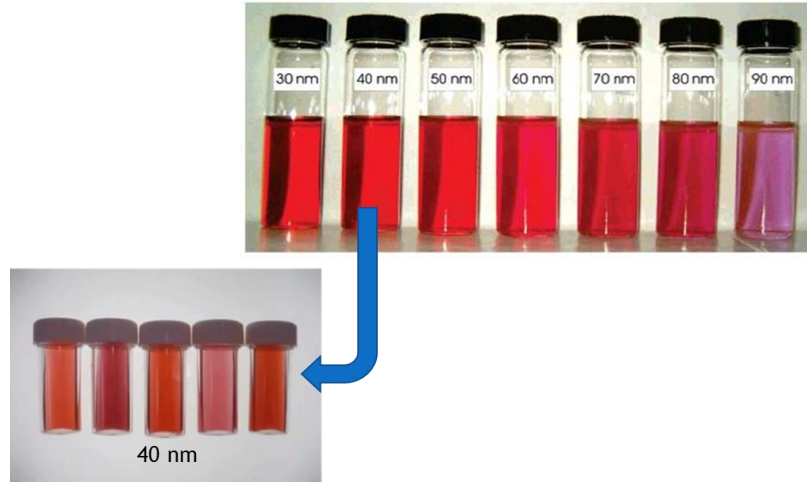


Εικ. 6.6

Ακολούθως, με την βοήθεια μίας εφαρμογής για την μέτρηση της συχνότητας (π.χ. Datuner lite) ξαναχτυπάμε με την μεταλλική ράβδο τα ποτήρια με το νερό με την ίδια δύναμη. Εφόσον διαπιστώσουν όλοι οι μαθητές πως διαφορετικός όγκος νερού αποδίδει ήχο διαφορετικής συχνότητας, ξανά ρωτάμε τους μαθητές τι πιστεύουν πως συμβαίνει στα διαλύματα νανοσωματιδίων χρυσού και παρουσιάζουν διαφορετικό χρώμα (ερώτηση 5).

Σε αυτό το σημείο, και ανάλογα με το ποσοστό κατανόησης της δραστηριότητας από τους μαθητές, επισημαίνουμε την αναλογία όγκος νερού/ μέγεθος νανοσωματιδίων και ηχητικό κύμα/ηλεκτρομαγνητικό κύμα.

Μετά την ολοκλήρωση της πρώτης δραστηριότητας προχωράμε στην δεύτερη. Παρουσιάζουμε στα παιδιά την παρακάτω εικόνα :



Εικ. 6.7

και τα ρωτάμε γιατί κατά την γνώμη τους νανοσωματίδια χρυσού ίδιου μεγέθους εμφανίζουν διαφορετικό χρώμα (ερώτηση 6). Εν συνεχεία, χρησιμοποιούμε 5 γυάλινα ποτήρια διαφορετικού σχήματος και τα γεμίζουμε με ίσες ποσότητες νερού. Με μία μεταλλική ράβδο χτυπάμε τα ποτήρια με το νερό με την ίδια δύναμη ζητώντας από τους

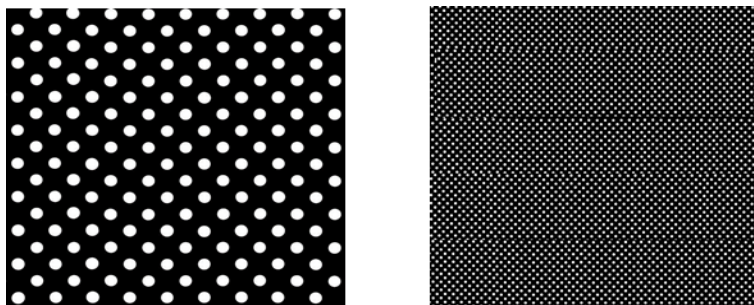


Εικ. 6.8

μαθητές να καταγράψουν τι παρατηρούν και δώσουν μία πιθανή εξήγηση (ερώτηση 7). Συνεχίζοντας, με την βοήθεια μίας εφαρμογής για την μέτρηση της συχνότητας (π.χ. Datuner lite) ξαναχτυπάμε με την μεταλλική ράβδο τα ποτήρια με το νερό με την ίδια δύναμη. Εφόσον διαπιστώσουν όλοι οι μαθητές πως ίσος όγκος νερού σε δοχείο διαφορετικού σχήματος αποδίδει ήχο διαφορετικής συχνότητας, ξανά ρωτάμε τους μαθητές τι πιστεύουν πως συμβαίνει στα διαλύματα νανοσωματιδίων χρυσού και παρουσιάζουν διαφορετικό χρώμα (ερώτηση 8).

Μετά την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων #1 και #2 επιχειρούμε να ελέγξουμε εάν οι μαθητές είναι σε θέση να εφαρμόσουν την νέα γνώση σε διαφορετικό πλαίσιο αυτή τη φορά. Για τον λόγο αυτό προχωράμε στην δραστηριότητα #3.

Αρχικά ρωτάμε τα παιδιά αν νομίζουν πως υπάρχουν νανοσωματίδια που να χρησιμοποιούν στην καθημερινότητα τους (ερώτηση 9). Στη συνέχεια μοιράζονται στους μαθητές κομμάτια από μαύρο χαρτόνι και δυο αντιηλιακά (διαφανές και γαλάκτωμα). Ενημερώνουμε τα παιδιά πως και τα δύο αντιηλιακά περιέχουν οξειδίο του ψευδαργύρου (ZnO), ένα ανόργανο άλας, που απορροφά έντονα την υπεριώδη ακτινοβολία (UV) ώστε να μην φτάσει στο δέρμα μας. Ζητάμε από τους μαθητές να ακολουθήσουν τις οδηγίες του φύλλου εργασίας (να απλώσουν μία μικρή ποσότητα από τα δύο αντιηλιακά στο χαρτόνι και να το τρίψουν για 1')και ρωτάμε τι παρατηρούν, αν υπάρχει διαφορά μεταξύ των δύο αντιηλιακών και να προσπαθήσουν να δώσουν μία εξήγηση (ερώτηση 10). Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι παρακάτω εικόνες :



Εικ. 6.9

Ρωτάμε τους μαθητές ποιες κουκίδες μπορούν να διακρίνουν ευκολότερα (ερώτηση 11). Οι μαθητές κατά πάσα πιθανότητα θα επιλέξουν την εικόνα με τις μεγάλες κουκκίδες. Αυτή η εικόνα αντιπροσωπεύει το αντηλιακό γαλάκτωμα - οι μεγάλες λευκές κουκκίδες αντανακλούν περισσότερο ορατό φως από τις μικρότερες κουκκίδες, οπότε είναι πιο ευδιάκριτες. Η εικόνα με τις μικρές κουκκίδες αντιπροσωπεύει το διάφανο αντηλιακό - κάθε μικρότερο σωματίδιο αντανακλά λιγότερο ορατό φως, οπότε συλλογικά είναι πιο δύσκολο να το δουν και το αντηλιακό φαίνεται διαφανές. Η εικόνα των μεγάλων κουκκίδων έχει συρρικνωθεί ώστε να σχηματίσει η εικόνα των μικρών κουκκίδων, οπότε η αναλογία μαύρου προς λευκού είναι η ίδια και στις δύο εικόνες.

Ολοκληρώνοντας την συνάντηση μοιράζεται στους μαθητές το ερωτηματολόγιο εξόδου αποτελούμενο από έξι ερωτήσεις ανοικτού τύπου. Σκοπός του είναι να συγκριθούν οι απαντήσεις με αυτές του αρχικού ερωτηματολογίου και να διαπιστώσει ο εκπαιδευτικός αν οι μαθητές άλλαξαν αντίληψη σχετικά με την αλλαγή των ιδιοτήτων και συγκεκριμένα με την οπτική ιδιότητα του χρώματος. Οι ερωτήσεις εστιάζουν : i) στην Νανοτεχνολογία και την Νανοκλίμακα, ii) τι δυσκόλεψε περισσότερο και τι εντυπωσίασε σε αυτή την διδακτική ενότητα τους μαθητές, iii) στην αιτιολόγηση που δίνουν για την αλλαγή του χρώματος των υλικών στην Νανοκλίμακα, iv) αν άλλαξαν την αρχική τους γνώμη σχετικά με τις ιδιότητες των υλικών και γιατί.

Πιο συγκεκριμένα στις ερωτήσεις 1 και 2 οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν τι γνωρίζουν για την Νανοτεχνολογία και σε τι πιστεύουν πως αναφέρεται ο όρος Νανοκλίμακα.

1) Περιέγραψε σύντομα τους όρους Νανοτεχνολογία και νανοϋλικό;

2) Δώσε ένα παράδειγμα που να φαίνεται πόσο μικρό είναι το νάνο.

Σκοπός των ερωτήσεων είναι να διερευνηθούν οι γνώσεις των μαθητών σχετικά με την Νανοτεχνολογία και την Νανοκλίμακα και να συγκρίνουμε τις απαντήσεις τους με αυτές που έδωσαν στο ερωτηματολόγιο εισόδου.

Ενώ στις ερωτήσεις 3 και 4 ζητάμε να καταγράψουν τα σημεία της διδασκαλίας που θεωρούν ότι τους δυσκόλεψαν αλλά και αυτά που τους εντυπωσίασαν περισσότερο.

3) Τι νομίζεις πως σε δυσκόλεψε περισσότερο σε αυτή την διδακτική ενότητα;

4) Τι σου έκανε περισσότερο εντύπωση σε αυτή την διδακτική ενότητα;

Σκοπός της ερώτησης 5 είναι η διερεύνηση των απόψεων των μαθητών για το χρώμα των διαλυμάτων νανοχρυσού.

5) Πώς εξηγείς το διαφορετικό χρώμα στα διαλύματα χρυσού που παρουσιάστηκαν στην τάξη;

Τέλος στην ερώτηση 6 οι μαθητές καλούνται να δώσουν μία ρητή απάντηση αν τροποποίησαν (και γιατί) την αρχική τους άποψη για την σταθερότητα των ιδιοτήτων.

6) Άλλαξες γνώμη σχετικά με τις ιδιότητες των υλικών καθώς πλησιάζουμε στην Νανοκλίμακα και γιατί;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

7.1 Ανάλυση Αποτελεσμάτων Ερωτηματολογίου Εισόδου (1^{ης} Συνάντησης)

Το ερωτηματολόγιο μοιράστηκε στους 18 μαθητές (9 κορίτσια και 9 αγόρια) του τμήματος Β2 του Λυκείου Σούδας (συνολικά 20, 2 απόντες) και τους ζητήθηκε να το συμπληρώσουν σε 15'. Οι μαθητές πληροφορήθηκαν ότι η συμμετοχή τους ήταν προαιρετική και δεν βαθμολογούταν. Η ανάλυση των απαντήσεων ήταν μία συνεχής και επαναληπτική διαδικασία.

Αναφορικά με την Νανοτεχνολογία και Νανοκλίμακα οι περισσότεροι μαθητές δεν γνώριζαν ή δεν έδωσαν απάντηση, ενώ από τις θετικές απαντήσεις που πήραμε ήταν «*Κλάδος της επιστήμης*», «*ασχολείται με την κατασκευή μικρών αντικειμένων ή συσκευών.*» και «*....ασχολείται με καινοτόμες ιδέες σε μικρές κλίμακες*». Επιπλέον ένας μαθητής έδωσε τον ακριβή ορισμό της Νανοτεχνολογίας : «*...κλάδος της τεχνολογίας που εστιάζει στην μελέτη, κατασκευή και χρήση αντικειμένων που έχουν μέγεθος στην κλίμακα των νανομέτρων.*» και μία μαθήτρια γνώριζε τον ορισμό του $nm = 10^{-9}m$. Υπήρξαν και τρεις μαθητές που στην προσπάθεια τους να απαντήσουν στο ερώτημα : «*Σε τι μεγέθη πιστεύεις πως αναφέρεται ο όρος Νανοκλίμακα;*» έδωσαν ως απάντηση «*Σε μικροσκοπικά υλικά*». Παρατηρούμε πως η χρήση της λέξης «*μικροσκοπικά*» , που πιθανότατα οι μαθητές την επέλεξαν αυθόρμητα, δεν αντιστοιχεί στα μεγέθη της κλίμακας. Πολλές φορές η καθημερινή γλώσσα μπορεί να είναι η αιτία για την απόδοση λανθασμένου

νόηματος στην NET. Η σημειολογία δηλαδή μιας λέξης μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το πλαίσιο που αυτή χρησιμοποιείται (Χαλκιά, 2016).

Προχωρώντας, οι μαθητές καλούνται να δώσουν τον ορισμό της 'ιδιότητας ενός υλικού' και παραδείγματα. Στις απαντήσεις των παιδιών φαίνεται η αδυναμία να δώσουν σαφή ορισμό και η προσπάθειά τους να αποδώσουν το νόημα περιγραφικά και με παραδείγματα. Κάποιες από τις απαντήσεις που λάβαμε ήταν : «...χρώμα, γεύση, πυκνότητα, το αποτέλεσμα της αντίδρασης με ένα άλλο υλικό.», «...σε διάφορα τεστ η ανοχή τους, σκληρότητα, opacity κ.λπ.», «..αγωγός ή μονωτής. Το λιώσιμο ανάλογα με την θερμοκρασία κ.τ.λ.», «Ιδιότητες: θερμοκρασία βρασμού και τήξης, ελαστικότητα, ευθραυστότητα, σκληρότητα.» «..είναι μία ικανότητα.». Υπήρξαν μαθητές που θεώρησαν ιδιότητα υλικού την φυσική του κατάσταση: «Συγκεκριμένο χαρακτηριστικά που έχει π.χ. στερεό, υγρό, αέριο», «Ιδιότητα κάποιου υλικού ίσως είναι π.χ. αν είναι υγρό».

Στην τρίτη ερώτηση, «Είναι δυνατόν οι ιδιότητες ενός υλικού να αλλάζουν; Αν ναι, ποιές; Αν όχι, γιατί;», όπως ήταν αναμενόμενο η πλειονότητα των μαθητών απάντησε αρνητικά, « Όχι γιατί πρέπει να αλλάξει το υλικό.», θεωρώντας τις ιδιότητες εγγενή χαρακτηριστικά των υλικών που δεν αλλάζουν. Υπήρξαν μαθητές που απάντησαν θετικά, δηλαδή πως οι ιδιότητες αλλάζουν ή ενδεχομένως να αλλάζουν. Ενδεικτικά αναφέρουμε μερικές απαντήσεις των παιδιών: «Ναι, αν πάρεις ένα μέταλλο και το θέσεις σε υψηλές θερμοκρασίες θα αλλάξει χρώμα.», « Νομίζω πως ναι, π.χ. από στερεό να γίνει υγρό.», «Ναι, υπάρχουν ιδιότητες των υλικών που αλλάζουν με την θερμοκρασία.», «Ναι, οι ιδιότητες αλλάζουν με την θερμοκρασία.». Από τις καταφατικές απαντήσεις μπορούμε να

συμπεράνουμε πως αρκετοί μαθητές θεωρούν ως τρόπο αλλαγής ιδιοτήτων την αλλαγή φυσικής κατάστασης κυρίως λόγω θέρμανσης.

Στην επόμενη ερώτηση, αν κόβαμε ένα υλικό σε πολύ μικρά κομμάτια θα καταφέρναμε να αλλάξουμε κάποια από τις ιδιότητες του, οι περισσότεροι μαθητές απάντησαν αρνητικά, κυρίως μονολεκτικά. Μαθητές που υποστηρίξαν πως οι ιδιότητες δεν αλλάζουν έγραψαν: *«Όχι! Απλά θα πάρεις ένα μικρότερο κομμάτι το υλικού.»*, *«Θα φαίνεται διαφορετικό αλλά η ιδιότητα του και η αντίδραση με το περιβάλλον του θα είναι ίδια, π.χ. το μόριο του άνθρακα έχει τις ίδιες ιδιότητες με ένα κομμάτι άνθρακα.»*. Οι απαντήσεις των μαθητών είναι σε πλήρη συμφωνία με την βιβλιογραφία (Driver, et al. 1994). Από τις ελάχιστες καταφατικές απαντήσεις χαρακτηριστική είναι η εξής : *«Ναι πιστεύω ότι η όραση αλλάζει ανάλογα με το πόσο μικρά είναι τα κομμάτια.»*, όπου δεν μπορούμε με βεβαιότητα να θεωρήσουμε πως η μαθήτρια αναφέρεται στην αλληλεπίδραση του φωτός με την ύλη ή στον μηχανισμό της όρασης αποδίδοντας ενεργητικό ρολό στο μάτι (Χαλκιά, 2016).

Στην ερώτηση *«Τι πιστεύεις ότι είναι ένα 'νανοϋλικό';»* αρκετοί μαθητές δεν κατάφεραν να απαντήσουν αλλά υπήρξαν και απαντήσεις όπως : *«Ένα υλικό που αποτελείται από πολύ μικρά κομμάτια»*, *«Νανοϋλικό είναι ένα υλικό με πολύ μικρό μέγεθος, δηλαδή της τάξης των νανομέτρων.»*, *«Κάποιο υλικό νανοτεχνολογίας.»*, *«Νανοϋλικό ονομάζεται 1 υλικό που στηρίζεται στην Νανοτεχνολογία.»*, *«Είναι υλικό που είναι μικροσκοπικό.»*. Οι μαθητές που απάντησαν φαίνεται να μπορούν, έστω διαισθητικά, να αντιληφθούν ότι το πρόθεμα 'νάνο' αναφέρεται στην Νανοκλίμακα και πως τα νανοϋλικά είναι προϊόντα της Νανοτεχνολογίας. Παρατηρούμε πάλι την χρήση της λέξης «μικροσκοπικό» και ότι η

σημειολογία της διαφέρει ανάλογα με το πλαίσιο που αυτή χρησιμοποιείται (Χαλκιά, 2016).

Στις απαντήσεις των μαθητών στη τελευταία ερώτηση διαφαίνεται τη αδυναμία του να συνδέσουν την επιστημονική γνώση με την καθημερινότητα. Η συντριπτική πλειοψηφία των παιδιών δεν γνώρισε καμία χρήση νανοϋλικών στην καθημερινή ζωή ενώ υπήρξαν μονάχα δύο απαντήσεις σχετικά με την χρήση τους στην ιατρική, «*Τα νανοϋλικά χρησιμοποιούνται κυρίως στην ιατρική*», και μονάδες αποθήκευσης δεδομένων, «*Ίσως! Ένα στικάκι (USB)*». Οι ελάχιστες απαντήσεις των παιδιών στα τελευταία δύο ερωτήματα καταδεικνύει άγνοια των μαθητών σχετικά με την Νανοτεχνολογία, τα παράγωγά της και τις χρήσεις που έχουν στην καθημερινότητά μας.

7.2 Ανάλυση Αποτελεσμάτων Δεύτερης Συνάντησης

Συνεχίζοντας την ανάλυση των αποτελεσμάτων επισημαίνουμε πως σκοπεύουμε να προσδιορίσουμε τις *κυρίαρχες τάσεις* σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών, σημεία που τους κέντρισαν το ενδιαφέρον τους, σημεία που δυσκόλεψαν την διαδικασία της μάθησης και ποιες μέθοδοι την διευκόλυναν, καθώς από το δείγμα της έρευνας μας (18 μαθητές) είναι μικρό και δεν είναι εφικτή η εξαγωγή γενικεύσιμων συμπερασμάτων.

Φύλλο Εργασίας

Οι μαθητές πληροφορήθηκαν ότι η συμμετοχή τους στην συνάντηση ήταν προαιρετική και δεν βαθμολογούταν. Τα φύλλα εργασίας μοιράστηκαν στους 18 μαθητές(9 κορίτσια και 9 αγόρια)του τμήματος Β2 του Λυκείου Σούδας (συνολικά 20, 2 απόντες) και

συμπληρώθηκε σε δύο διδακτικές ώρες. Η ανάλυση των απαντήσεων ήταν μία συνεχής και επαναληπτική διαδικασία.

Η πλειοψηφία των μαθητών δήλωσε πως δεν αναζήτησε κάποια επιπλέον πληροφορία σχετικά με το περιεχόμενο της 1^{ης} συνάντησης. Ένας μαθητής αναφέρει χαρακτηριστικά πως «έψαξα για τις αποστάσεις που μπορεί να δει το γυμνό μάτι και τα νανόμετρα».

Προχωρώντας στην 1^η δραστηριότητα οι απόψεις των παιδιών σχετικά με το ποιο φιαλίδιο περιέχει το νανοχρυσό είναι πολωμένες. Σχεδόν οι μισοί μαθητές απάντησαν πως νανοχρυσός υπάρχει στο κίτρινο φιαλίδιο, όπως ήταν και το αναμενόμενο, ή στο κόκκινο ή στο πορτοκαλί αν η συγκέντρωση του νανοχρυσού είναι μεγάλη. Οι υπόλοιποι υποστήριξαν ότι νανοχρυσός βρίσκεται σε ένα από τα σκουρόχρωμα φιαλίδια χωρίς να αιτιολογήσουν την επιλογή τους.

Αφότου αποκαλύψαμε στους μαθητές σε ποιο φιαλίδιο περιέχεται νανοχρυσός περίπου οι μισοί δεν κατάφεραν να δώσουν κάποια εξήγηση. Αρκετοί μαθητές συσχέτισαν το σκούρο χρώμα των νανοσωματιδίων χρυσού με προσμίξεις (παρόλο που διευκρινίστηκε πως δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο), χαρακτηριστικά αναφέρουν : « Θα μπορούσε να μην είναι μόνο χρυσός» , «Παρουσιάζουν αυτά τα χρώματα γιατί έχει γίνει ανάμειξη και άλλων υλικών», « Λογικά προστέθηκαν και άλλες χημικές ουσίες». Άλλοι μαθητές απέδωσαν το σκούρο χρώμα στη συγκέντρωση υψηλή συγκέντρωση : « Επειδή λογικά έχει να κάνει με την σύσταση του διαλύματος ότι δηλαδή ο χρυσός καταλαμβάνει χώρο και δεν επιτρέπει στο φως να διεισδύσει μέσα στο διάλυμα», «Λογικά είναι πιο πυκνή η ύλη και δεν περνά το φως όπως στα άλλα μπουκαλάκια». Ενώ κάποιοι άλλοι απάντησαν ότι το σκούρο χρώμα προκύπτει από «κάποια διεργασία που αλλοιώνει τις ιδιότητες του χρυσού και αλλάζει το

χρώμα», άλλος πως «μπορεί να γίνεται κάποια αντίδραση την οποία δεν ξέρω», ενώ κάποιος επικαλέστηκε «την διαφορετική φυσική κατάσταση, γιατί αλλάζουν οι ιδιότητες του όταν είναι σε υγρή μορφή». Υπήρξε μία απάντηση που αιτιολογούσε το διαφορετικό χρώμα του νανοχρυσού (από εκείνου σε bulk μορφή) «λόγω του αυξημένου ποσοστού επιφάνειας/όγκου τα νανοσωματίδια ανακλούν άλλα μήκη κύματος ακτινοβολίας».

Συνεχίζοντας την δραστηριότητα οι μαθητές κατέγραψαν τι παρατήρησαν όταν χτυπήσαμε τα δοχεία με το νερό. Όλοι οι μαθητές εντόπισαν την διαφορά στον παραγόμενο ήχο και συμφώνησαν πως οφείλεται στην διαφορά της ποσότητας του νερού στο κάθε δοχείο. Ενδεικτικά οι απαντήσεις που λάβαμε : « Ο ήχος είναι διαφορετικός καθώς χτυπάμε τα τρία ποτήρια. Οι νότες που βγαίνουν είναι διαφορετικές λόγω της διαφορετικής ποσότητας» , «Διαφορά ήχου λόγω διαφορετικής στάθμης του νερού και άρα της μάζας του», «Ακούγεται διαφορετικός ήχος όταν τα χτυπήσουμε αυτό συμβαίνει επειδή ανάλογα με το περιεχόμενο νερό αλλάζει ο "ελεύθερος" χώρος του δοχείου», «Από κάθε ποτήρι ακούγεται διαφορετικός ήχος. Ο ήχος εξαρτάται από την ποσότητα του νερού που περιέχεται στα ποτήρια. Αλλάζει η συχνότητα του κύματος», « Διαφορά ήχου λόγω της ποσότητας του νερού».

Ολοκληρώνοντας την 1^η δραστηριότητα του φύλλου εργασίας οι μαθητές επιχειρούν να βρουν την σχέση αναλογίας ανάμεσα στον ήχο διαφορετικής συχνότητας που παράγεται λόγω διαφοράς στον όγκο του νερού και το διαφορετικό χρώμα που παρουσιάζει ο νανοχρυσός σε σχέση με την bulk μορφή του. Σαφέστατα οι μαθητές αντιμετώπισαν δυσκολία σε αυτή την ερώτηση, κάποιοι δεν απάντησαν ενώ σε μερικές από τις απαντήσεις που πήραμε δεν φαίνεται να κατάφεραν να ορίσουν την σχέση αναλογίας (

«Εξαρτάται από την ποσότητα του χρυσού», «Λογικά όσο πιο λίγο νερό τόσο πιο σκούρο χρώμα», «Ίσως όταν αλλάζει η ποσότητα άρα και το μέγεθος και η συχνότητα»). Λίγοι κατάφεραν και εντόπισαν την αναλογία, ενδεικτικά : «Λόγω της διαφοράς του όγκου, τα νανοσωματίδια χρυσού απορροφούν φως διαφορετικής συχνότητας από τις μεγαλύτερες ποσότητες χρυσού»

Αφού παρουσιάστηκε στους μαθητές η εικόνα 6.7 ρωτήθηκαν γιατί κατά την γνώμη τους το ίδιο μέγεθος νανοχρυσού εμφανίζει διαφορετικά χρώματα. Τα παιδιά χρησιμοποίησαν παρόμοια επιχειρήματα με αυτά στην ερώτηση 3 (προσμίξεις, συγκέντρωση νανοχρυσού, "κάποιου είδους αντίδραση"). Περίπου οι μισοί μαθητές απάντησαν ότι το διαφορετικό χρώμα προκύπτει λόγω απορρόφησης διαφορετικής συχνότητας κυμάτων χωρίς όμως να δοθεί σαφής απάντηση γιατί συμβαίνει αυτό σε νανοσωματίδια ίδιου μεγέθους.

Στην συνέχεια, στην 2^η δραστηριότητα, το σύνολο των μαθητών αντιλαμβάνεται και καταγράφει την διαφορά στον παραγόμενο ήχο, ενώ σχεδόν όλοι απέδωσαν αυτή την διαφορά στο σχήμα του δοχείου. Ενδεικτικά αναφέρουμε : « Τα δοχεία έχουν διαφορετικό σχήμα, οπότε τα ηχητικά κύματα διαδίδονται με διαφορετικό τρόπο, άρα παράγουν διαφορετικό ήχο». Κάποιος απέδωσε την διαφορά « λόγω του υλικού του δοχείου» παρόλο που είχε διευκρινιστεί πως τα δοχεία είναι φτιαγμένα από το ίδιο υλικό (γυαλί), ενώ μερικοί υποστήριξαν πως οφείλεται στην « διαφορετική κατανομή του αέρα». Ενδεικτικά αναφέρουμε : «όσο περισσότερος αέρας είναι μέσα στο δοχείο έχει πιο βαθύ ήχο, αυτό είναι λογικά γιατί αλλάζει το ηχητικό κύμα».

Ολοκληρώνοντας την 2^η δραστηριότητα της συνάντησης οι μαθητές πάλι δυσκολεύτηκαν να εντοπίσουν την σχέση αναλογίας μεταξύ ίδιου μεγέθους

νανοσωματιδίων χρυσού με διαφορετικό χρώμα με τον παραγόμενο ήχο από νερό ίσου όγκου αλλά διαφορετικά κατανεμημένο, όμως σε μικρότερο βαθμό απ' ότι στην δραστηριότητα 1. Κάποιοι, στην προσπάθεια να εξηγήσουν το φαινόμενο, υποστήριξαν πως η πυκνότητα του διαλύματος είναι διαφορετική και το ενδεχόμενο τα δοχεία να είναι από διαφορετικό υλικό. Μαθητές που εντόπισαν την σχέση αναλογίας αναφέρουν : « Τα νανοσωματίδια έχουν διαφορετικό σχήμα άρα θα απορροφούν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με διαφορετικό τρόπο», «Μπορεί να είναι το ίδιο μέγεθος αλλά το σχήμα των νανοσωματιδίων στο κάθε διάλυμα να διαφέρει», «Υπάρχει διαφορά χρώματος γιατί λόγω του διαφορετικού σχήματος των νανοσωματιδίων αλλάζει η γωνία που χτυπάει το φως άρα και πως το αντιλαμβανόμαστε».

Στην 3^η δραστηριότητα όλοι οι μαθητές δήλωσαν πως υπάρχουν νανοσωματίδια στην καθημερινότητα μας δίνοντας ποικιλία παραδειγμάτων όπως : εφαρμογές στην ιατρική και την βιολογία, στα κινητά τηλέφωνα, μονάδες αποθήκευσης δεδομένων (π.χ. USB) και ολοκληρωμένα κυκλώματα (π.χ. επεξεργαστές) από νανοσωματίδια πυριτίου.

Για όλους τους μαθητές ήταν ευδιάκριτη η διαφορετική απορρόφηση των δύο αντιηλιακών από το μαύρο χαρτόνι. Παρόλα αυτά μικρό ποσοστό των μαθητών αιτιολόγησε την διαφορά αυτή βάση του μεγέθους των νανοσωματιδίων, «Το ένα αντιηλιακό είναι διαφανές ενώ το άλλο άσπρο. Αυτό συμβαίνει επειδή το άσπρο περιέχει μεγάλα νανοσωματίδια οπότε δημιουργούν ένα στρώμα που απορροφά το φως πριν φτάσει στο χαρτόνι», «Έχουν διαφορετικό χρώμα, το διαφανές απορροφάται πιο εύκολα. Ίσως περιέχει νανοσωματίδια», «Το ένα είναι πιο ρευστό από το άλλο και επίσης απορροφάται πιο δύσκολα. Πιστεύω εξαιτίας του μεγέθους ή του σχήματος του οξειδίου

του ψευδαργύρου που περιέχει» . Ενώ υπήρξαν και κάποιοι που υποστήριξαν πως «Το διαφανές στεγνώνει πιο γρήγορα γιατί είναι πιο ρευστό», « Το ένα είναι ευδιάκριτο και το άλλο όχι. Συμβαίνει γιατί το ένα είναι πιο ρευστό από το άλλο/πυκνότητα», «Το διάφανο απορροφήθηκε ενώ το άσπρο όχι, επειδή το άσπρο είναι πιο πυκνό.»

Αποτελέσματα Ερωτηματολογίου Εξόδου

Ολοκληρώνοντας την συνάντηση μοιράστηκε στους μαθητές το ερωτηματολόγιο εξόδου. Σκοπός μας ήταν να διερευνήσουμε αν οι μαθητές τροποποίησαν τις αρχικές αντιλήψεις τους (1^{ης} συνάντησης) σχετικά με την αλλαγή των ιδιοτήτων στην Νανοκλίμακα και συγκεκριμένα με την οπτική ιδιότητα του χρώματος. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα.

Αναφορικά με τους ορισμούς της Νανοτεχνολογίας και των νανοϋλικών υπάρχει υψηλός βαθμός κατανόησης καθώς όλοι οι μαθητές απάντησαν δίνοντας ακριβής ορισμούς. «Νανοτεχνολογία: κλάδος της Φυσικής που ασχολείται με σωματίδια μεγέθους τάξεως nm » «Νανοϋλικά: Υλικά με μέγεθος $1-100\ nm$ » «Νανοτεχνολογία: Η επιστήμη που ασχολείται με τα νανοϋλικά και τις ιδιότητες τους» «Είναι η τεχνολογία που σχετίζεται με την κλίμακα διαστάσεων από 1 έως $100\ nm$ ». Ως παράδειγμα για το πόσο μικρό είναι το «νάνο» έδωσαν: «Ένα μέτρο περιέχει $1.000.000.000$ νανόμετρα» «Πιο λεπτό από μία τρίχα» «Πάχος τρίχας $\sim 50\ \mu m \sim 50.000\ nm$ » «Ένα μυρμήγκι σε σχέση με έναν ελέφαντα» «Δεν φαίνεται με γυμνό μάτι, πολύ μικρότερο από το κύτταρο».

Σχετικά με το τι δυσκόλεψε περισσότερο τους μαθητές οι απαντήσεις εστίασαν κυρίως σε δύο άξονες. Αρκετοί μαθητές αντιμετώπισαν δυσκολίες με τις πράξεις στα παραδείγματα της 1^{ης} συνάντησης ενώ μερικοί στο να εντοπίσουν την σχέση αναλογίας

μεταξύ ποσότητας νερού και μεγέθους νανοσωματιδίου. *«Το να σκέφτομαι πως από το νερό πάω στα νανοσωματίδια» «Η αναλογία ήχου/χρώματος με τα διαλύματα νανοχρυσού» «Η αλλαγή του χρώματος και η διαφορά των ήχων».*

Ενώ από τα πράγματα που εντυπωσίασαν τους περισσότερους ήταν «τα πειράματα», «το χρώμα των διαλυμάτων νανοχρυσού» και ότι «τα υλικά αλλάζουν ιδιότητες». Ενδεικτικά είπαν: «Ο διαφορετικός ήχος και το διαφορετικό χρώμα σε ίδια ποσότητα υλικού», «Ο τρόπος με τον οποίο αλλάζει το χρώμα των νανοϋλικών ανάλογα με το μέγεθος και το σχήμα τους».

Σε ότι αφορά την αιτιολόγηση που δίνουν για την αλλαγή του χρώματος στην Νανοκλίμακα στο σύνολό τους οι απόψεις των μαθητών συγκλίνουν *«στο μέγεθος και το σχήμα των νανοσωματιδίων»* καθώς έτσι *«απορροφούν ακτινοβολία διαφορετικού μήκους κύματος»*. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε: *«Τα νανοσωματίδια ανακλούν διαφορετικά μήκη κύματος ακτινοβολίας ανάλογα με το μέγεθος και το σχήμα τους».*

Καταλήγοντας, στην ερώτηση εάν άλλαξαν την αρχική τους γνώμη σχετικά με τις ιδιότητες (π.χ. το χρώμα) απάντησαν καταφατικά (μερικοί είχαν δηλώσει εξ 'αρχής πως πιστεύουν ότι οι ιδιότητες αλλάζουν). *«Ναι γιατί πίστευα πως δεν ότι δεν μεταβάλλονται τόσο εύκολα» «Άλλαξα γνώμη γιατί πίστευα ότι οι ιδιότητες των υλικών δεν αλλάζουν με το μέγεθος. Δεν το είχα συνειδητοποιήσει.» «Ναι γιατί αλλάζουν ανάλογα με το μέγεθος και το σχήμα που έχει το υλικό.»*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

8.1 Συμπεράσματα

Στόχος της συγκεκριμένης έρευνας ήταν η καταγραφή και μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών για την αλλαγή των οπτικών ιδιοτήτων των σωμάτων σε επίπεδο Νανοκλίμακας και οι διαδικασίες μάθησης για την εξήγηση των ιδιαίτερων ιδιοτήτων των υλικών στην Νανοκλίμακα λόγω μεγέθους και σχήματος. Βασιζόμενοι στο Μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης έγινε βιβλιογραφική έρευνα με σκοπό τη μελέτη του επιστημονικού αντικειμένου και την τροποποίηση του σε διδακτικό υλικό. Συντάχθηκε το ερωτηματολόγιο εισόδου και πραγματοποιήθηκε η 1^η Συνάντηση (Εισαγωγική Συνάντηση). Κατόπιν αναλύθηκαν τα δεδομένα που λάβαμε από την συνάντηση (ερωτηματολόγια, φύλλα εργασίας, κλείδα παρατήρησης και καταγραφή προφορικών απόψεων) και τροποποιήθηκε το περιεχόμενο της 2^{ης} Συνάντησης, ανατροφοδοτώντας έτσι την όλη διαδικασία. Για την ανάπτυξη του διδακτικού υλικού της 2^{ης} συνάντησης χρησιμοποιήθηκε ως κύριο διδακτικό εργαλείο η μέθοδος της αναλογίας. Έπειτα επεξεργάστηκαν τα δεδομένα της τελευταίας συνάντησης και εξαγάγαμε τα συμπεράσματα. Για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήσαμε ποιοτική μέθοδο ανάλυσης περιεχομένου (Braun & Clarke, 2006).

Συμπερασματικά, από την πρώτη συνάντηση, βάσει του ερωτηματολογίου εισόδου, της συμμετοχής των μαθητών, τα φύλλα εργασίας και της κλείδα παρατήρησης, μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι για τους μαθητές, αν και για την πλειοψηφία ήταν κάτι νέο, το

αντικείμενο της Νανοτεχνολογίας τους κέντρισε το ενδιαφέρον, ενώ συμμετείχαν πρόθυμα στη συζήτηση και στο φύλλο εργασίας. Οι μαθητές ήταν ενεργοί καθ' όλη την διάρκεια της συνάντησης χωρίς να χρειαστούν ιδιαίτερες επεξηγήσεις δείχνοντας ιδιαίτερο ενδιαφέρον στο τρίτο μέρος της παρουσίας που αφορούσε εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας.

Σχετικά με τις απόψεις των μαθητών για την αλλαγή των ιδιοτήτων υπήρξε πόλωση. Οι μισοί περίπου μαθητές υποστηρίζουν ότι οι ιδιότητες δεν αλλάζουν, όπως ήταν αναμενόμενο, ενώ οι υπόλοιποι απάντησαν ότι πιθανόν να αλλάζουν ή σίγουρα αλλάζουν. Για τους τελευταίους η φυσική κατάσταση θεωρείται ένα βασικό χαρακτηριστικό των υλικών που μπορεί να αλλάξει κυρίως λόγω αύξησης της θερμοκρασίας.

Το φύλλο εργασίας αποτέλεσε συμπληρωματικό διδακτικό υλικό, πλήρως εναρμονισμένο με την παρουσίαση pptx, με σκοπό να κρατήσει τους μαθητές ενεργούς κατά την διάρκεια της διδασκαλίας αλλά και να αξιολογηθεί η πορεία της 1^{ης} συνάντησης στην βάση κατανόησης του περιεχομένου της. Από την ανάλυση των φύλλων εργασίας μπορούμε να εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα: 1) Σχεδόν όλοι οι μαθητές συμπλήρωσαν το φύλλο εργασίας, χωρίς να ζητήσουν περεταίρω επεξηγήσεις, 2) Η πλειοψηφία κατάφερε να το συμπληρώσει σωστά, 3) Το σημείο που δυσκόλεψε περισσότερο τους μαθητές ήταν ο χειρισμός των δυνάμεων του 10, όπου χρειάστηκε να τους υπενθυμίσουμε τις βασικές ιδιότητες των δυνάμεων. Η ικανότητα των μαθητών να κατανοήσουν και να χειριστούν τις δυνάμεις του δέκα σύμφωνα με τους Taylor & Jones (2009) σχετίζεται με την ικανότητα αναλογικού συλλογισμού που είναι απαραίτητα για

την κατανόηση βασικών αρχών της NET όπως είναι το μέγεθος και η κλίμακα (Magana et al., 2012).

Από την δεύτερη συνάντηση, βάσει της συμμετοχής των μαθητών στο φύλλο εργασίας αλλά και στις δραστηριότητες, της κλείδα παρατήρησης και του ερωτηματολογίου εξόδου, μπορούμε να πούμε ότι για τους μαθητές η διδακτική παρέμβαση ήταν μία θετική εμπειρία μάθησης. Η χρήση αναλογιών αποτέλεσε βασικό στοιχείο για αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας, βοηθώντας τους μαθητές να ερμηνεύσουν το διαφορετικό χρώμα των νανοσωματιδίων χρυσού.

Το φύλλο εργασίας αποτέλεσε κύριο διδακτικό υλικό μαζί με τις τρεις δραστηριότητες, πλήρως εναρμονισμένα με την παρουσίαση pptx, με σκοπό την καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών προοδευτικά στις δραστηριότητες. Ο σχεδιασμός των δραστηριοτήτων ήταν τέτοιος ώστε, μέσω αναλογιών, η διαδικασία μάθησης να οδηγεί τα παιδιά στην παρατήρηση του μεγέθους και του σχήματος. Έτσι, ενώ δεν είναι εξοικειωμένοι με την Νανοκλίμακα, κατάφεραν να αποδώσουν το διαφορετικό χρώμα λόγω μεγέθους και σχήματος των νανοσωματιδίων.

Αναφορικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για την αλλαγή των ιδιοτήτων μπορούμε να υποστηρίξουμε πως μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης υπήρξε έντονη σύγκλιση στην άποψη πως το μέγεθος και το σχήμα του υλικού (όταν αυτό πλησιάζει διαστάσεις nm) διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον τρόπο που αλληλεπιδρά με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Το σημείο που δυσκόλεψε περισσότερο τους μαθητές ήταν να εντοπίσουν αρχικά την σχέση αναλογίας ποσότητας νερού/μεγέθους νανοσωματιδίου χρυσού πιθανώς λόγω μειωμένης ικανότητας αναλογικού συλλογισμού (Taylor, 2009), ωστόσο, η

πλειοψηφία κατάφερε να την εντοπίσει. Όσοι κατανόησαν την αναλογία μπόρεσαν να προχωρήσουν σημαντικά στην κατανόηση της αλλαγής ιδιοτήτων εξαρτημένων από το μέγεθος και τελικά να εξηγήσει την διαφορά μεταξύ των δύο αντιηλιακών στην τελευταία δραστηριότητα (εφαρμογή νέας γνώσης).

Καταλήγοντας, μπορούμε να πούμε πως τα αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης είναι ενθαρρυντικά καθώς οι μαθητές κατάφεραν να συνδέσουν την οπτική ιδιότητα του χρώματος με το μέγεθος και το σχήμα του υλικού. Μπορούμε να πούμε πως η διδασκαλία NET στην υποχρεωτική εκπαίδευση (στα πλαίσια διδασκαλίας των ΦΕ) είναι εφικτή. Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί χρησιμοποιώντας το κατάλληλο διδακτικό υλικό και διαδικασίες μάθησης ώστε οι μαθητές να καταφέρουν να προσεγγίσουν τις έννοιες και τα φαινόμενα της NET που χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα αφαιρετική σκέψη .

8.2 Προοπτικές

Η διδακτική ενότητα που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας και εφαρμόστηκε σε σχολικό περιβάλλον τάξης Β' Λυκείου, παρά τις δυσκολίες που προέκυψαν (περιορισμένος χρόνος, χαμηλό γνωστικό υπόβαθρο για την Νανοτεχνολογία και τις ιδιαίτερες ιδιότητες της Νανοκλίμακας), έδωσε αρκετά ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Η συμπερίληψη πειραματικών δραστηριοτήτων βασισμένων σε αναλογίες βοηθά τους μαθητές να εμπλακούν ενεργά με αρκετά αφηρημένες έννοιες και να τις αποσαφηνίσουν. Οι μαθητές ήταν ιδιαίτερα θετικά προσκείμενοι στην ένταξη θεματικών ενοτήτων της Νανοτεχνολογίας στο σχολικό πρόγραμμα.

Το διδακτικό υλικό που αναπτύχθηκε μπορεί να εμπλουτιστεί με επιπλέον πειραματικές δραστηριότητες (π.χ. Θεραπεία καρκίνου με την τεχνολογία drug delivery) για την βέλτιστη κατανόηση των εννοιών από τους μαθητές και να μεγαλώσει σε διάρκεια (πρόσθεση επιπλέον 2 διδακτικών ωρών). Ακόμη μπορεί να γίνει πιο εκτεταμένη χρήση πολυμέσων και μετρητικών οργάνων (π.χ. φασματογράφου για την μέτρηση του φάσματος των διαλυμάτων και μικροφώνου) για να ποσοτικοποιήσουν (γραφικά) τη συχνότητα του ήχου και το μήκος κύματος νανοσωματιδίων ως συνάρτηση της ποσότητας του νερού και του μεγέθους αντίστοιχα. Επιπλέον με την κατάλληλο διδακτικό μετασχηματισμό ώστε να ταιριάζει στο ηλικιακό και γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών θα μπορούσε να εφαρμοστεί και άλλες εκπαιδευτικές βαθμίδες (δημοτικό, γυμνάσιο).

Το υλικό θα μπορούσε να διδαχθεί ταυτόχρονα σε περισσότερες τάξεις, σχολεία και περιφερειακές ενότητες της χώρας ώστε να γίνει επαλήθευση των αποτελεσμάτων για να εξαχθούν γενικεύσιμα συμπεράσματα. Το τροποποιημένο διδακτικό υλικό μπορεί να εφαρμοστεί και να αξιολογηθεί ώστε να ανατροφοδοτηθεί εκ νέου η διαδικασία της Διδακτικής Αναδόμησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

- Alexopoulos, I., Michailidi, E., Sgouros, G. Kalaitzidaki, M. & Stavrou, D. (2016) *RRI and Nanotechnology: Developing a teaching Module and Exhibits for Primary and Secondary Students*. In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselk, A. Uitto & K. Hahl (Eds.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future, Part/Strand 8: Scientific Literacy & socioscientific issues* (co-ed. Jan Alexis Nielsen & Miriam Ossevoort), (pp. 1160 -1166). Helsinki, Finland: University of Helsinki. ISBN 978-951-51-1541-6
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). *Using thematic analysis in psychology*. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101.
- Brongersma, M. L., & Kik, P. G. (2010). *Surface Plasmon*. Berlin: Springer.
- Cao, G. (2004). *Nanostructures And Nanomaterials: Synthesis, Properties & Applications*,. Imperial College Press.352-384
- Chang, R. P. H. (2006). A call for nanoscience education. *Nano Today*, 1(2), 6-7.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Children’s ideas and the learning of science. *Children’s ideas in science*, 1-9.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science: Research into children’s ideas*. New York: Routledge Falmer
- Duit, R. (2007). Science education research internationally: Conceptions, research methods, domains of research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(1), 3-15.
- Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671-688.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., & I., P. (2012). The model of educational reconstruction— A framework for improving teaching and learning science. Στο J. D. D. Jorde, *The world handbook of science education – Handbook of research in Europe* (13-37). Rotterdam: Sense Publishers.
- Filipponi, L. and Sutherland, D. (2010). *Introduction to Nanoscience and Nanotechnologies*.
- Garcia, M. A. (2011). Surface plasmons in metallic. *Journal of physics D: Applied Physics*, 44.
- Hingant, B., & Albe, V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: a review of literature,. *Studies in Science Education*, 46(2), 121-152.

- Hu, M., Chen, J., Li, Z. Y., Au, L., Hartland, G. V., Li, X., & Marquez, M. (2006). Gold nanostructures: engineering their plasmonic properties for biomedical. *Chemical Society Reviews*, 35, 1084-1094.
- Jones, M., Blonder, R., Gardner, G., Albe, V., Falvo, M., & Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*, 35(9).
- Jones, M., Falvo, M., Taylor, A. & Broadwell, B. (2007). Nanoscale science: Nanoscale Science: Activities for Grades 6-12. Arlington, VA: National Science Teachers Association press
- Komorek M., & Kattmann, U. (2008). The model of educational reconstruction. Στο S. R. In Mikelskis-Seifert (Επιμ.), *Four decades of research in science education* (171-188). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kumar, D. D. (2007). *Nanoscale science and technology in teaching*. Australian journal of Education in Chemistry, 68, 20-22
- Kumar, N., & Kumbhat, S. (2016). Essentials in nanoscience and nanotechnology.
- Laherto, A. (2010). An analysis of the educational significance of nanoscience and nanotechnology in scientific and technological literacy. *Science Education International*, 21(3).
- Laherto, A. (2012). Nanoscience education for scientific literacy: opportunities and challenges in secondary school and in out- of -school settings.
- Light, G., Swarat, S., Park, E. J., Drane, D., Tevaarwerk, E., & Mason, T. (2007). Understanding undergraduate students' conceptions of a core nanoscience concept: Size and scale. In *Proceedings of the First International Conference on Research in Engineering Education* (pp. 1-13).
- Louis, C., & Pluchery, O. (2012). *Gold nanoparticles for physics, chemistry and biology*. World Scientific.
- Magana, A. J., Brophy, S. P., & Bryan, L. A. (2012). An integrated knowledge framework to characterize and scaffold size and scale cognition (FS2C). *International Journal of Science Education*, 34(14), 2181-2203.
- Maier, S. A. (2007). *Plasmonics: fundamentals and applications*. Berlin: Springer.
- Muniz, M. N., & Oliver-Hoyo, M. T. (2014). On the use of analogy to connect core physical and chemical concepts to those at the nanoscale. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 807-823.
- Palmerius, K. L., Höst, G., & Schönborn, K. (2012). An Interactive and Multi-sensory Learning Environment for Nano Education. Στο D. S. C. Magnusson, *Haptic and Audio Interaction Design*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Ramsden, J. (2008). *Essentials of nanotechnology*. BookBoon.
- Roco, M. (2003). Converging science and technology at the nanoscale: opportunities for education and training. *Nature Biotechnology*, 21, 1247-1249.
- Stavrou, D. & Duit, R. (2013). Teaching and Learning the Interplay Between Chance and Determinism in Nonlinear Systems. *International Journal of Science Education*.
- Stevens, S. Y., Delgado, C., & Krajcik, J. S. (2009). Developing a Hypothetical Multi-Dimensional Learning Progression for the Nature of Matter. *Journal of research in science education*, 47(6), 687-715.

- Stevens, S., Sutherland, L., & Krajcik, J. (2009). *The Big Ideas of Nanoscale Science and Engineering. A Guidebook for secondary teachers*. National Science Teachers Association.
- Swarat, S., Light, G., Park, E. J., & Drane, D. (2011). A typology of undergraduate students' conceptions of size and scale: Identifying and characterizing conceptual variation. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(5), 512-533.
- Talanquer, V. (2013). Chemistry Education: Ten Facets To Shape Us. *Journal of Chemical Education*, 90(7), 832-838.
- Taylor, A., & Jones, G. (2009). Proportional reasoning ability and concepts of scale: Surface area to volume relationships in science. *International Journal of Science Education*, 31(9), 1231-1247.
- Xie, C., & Pallant, A. (2011). The molecular workbench software: an innovative dynamic modeling tool for nanoscience education. In *Models and Modeling* (pp. 121-139). Springer, Dordrecht.
- Zeng, S., Baillargeat, D., Ho, H.-P., & Yong, K.-T. (2014). Nanomaterials enhanced surface plasmon resonance for biological and chemical sensing applications. *The Royal Society of Chemistry*, 43(10), 3426-3452.

Ελληνόγλωσση

- Γουσήτης Αν. (2014), Μελέτη Οπτικής Παγίδευσης Υποβοηθούμενης από Πλασμονικά Πεδία, Διπλωματική Εργασία, Ε.Μ.Π. Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών – Τομέας Φυσικής Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών – Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας και Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. Δημόκριτος Ινστιτούτο Πυρηνικής και Σωματιδιακής Φυσικής Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας.
- Ίσαρη, Φ., Πουρκός, Μ., (2015). *Ποιοτική μεθοδολογία έρευνας*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/5826>
- Μιχαηλίδη, Α., & Σταύρου, Δ. (2016). Έρευνα Αιχμής και Κοινωνικοεπιστημονικά Ζητήματα στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. *Επιστήμες Αγωγής*, 2016(4)
- Κεχρή Σ.,(2014) Εισαγωγή στη Νανοτεχνολογία, Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Κρήτης Τμήμα ηλεκτρονικής Τομέας Τηλεπικοινωνιών.
- Σγουρός, Γ. (2018). *Επαγγελματική ανάπτυξη εκπαιδευτικών μέσα από το σχεδιασμό εκπαιδευτικού υλικού σε βασικές ιδέες νανοεπιστήμης και νανοτεχνολογίας στο πλαίσιο μιας κοινότητας μάθησης* (Doctoral dissertation, Πανεπιστήμιο Κρήτης. Σχολή Επιστημών Αγωγής. Τμήμα Παιδαγωγικό Δημοτικής Εκπαίδευσης).
- 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.73-95.
- Χαλκιά,Κ., (2016) Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες- Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις, Εκδόσεις Πατάκη.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (2000). *Οικο-Δομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών: Μια Παγκόσμια Σύνοψη των ιδεών των Μαθητών*. Αθήνα: Τυπωθήτω

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία [ανάκτηση 04/20]

<https://www.nano.gov/you/nanotechnology-benefits>
<https://www.understandingnano.com/nanotech-applications.html>
(<http://www.amasci.com/miscon/opphys.html>)
<https://newyorkscienceteacher.com/sci/pages/miscon/phy.php>
<http://users.att.sch.gr/antoniou>
<https://nanoyou.eu/>
<https://cordis.europa.eu/project/id/233433/reporting>
<http://www.irresistible-project.eu/index.php/el/>
<http://www.irresistible-project.eu/index.php/el/topics-gr>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Α. Ερωτηματολόγιο Εισόδου

ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

ΤΑΞΗ :

ΤΜΗΜΑ :

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ :

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ :

- 1) Τι γνωρίζεις για την Νανοτεχνολογία; Σε τι μεγέθη πιστεύεις πως αναφέρεται ο όρος Νανοκλίμακα;

- 2) Τι σου έρχεται στο μυαλό όταν ακούς τον όρο «ιδιότητα» υλικού; Δώσε παραδείγματα ιδιοτήτων.

- 3) Είναι δυνατόν οι ιδιότητες ενός υλικού να αλλάζουν; Αν ναι, ποιές; Αν όχι, γιατί;

- 4) Νομίζεις ότι αν κόβαμε ένα υλικό σε πολύ μικρά κομμάτια θα καταφέραμε να αλλάξουμε κάποια από τις ιδιότητες του;; (π.χ. το χρώμα_ οπτική ιδιότητα)

- 5) Τι πιστεύεις ότι είναι ένα «νανοϋλικό»;

- 6) Γνωρίζεις κάποιο νανοϋλικό; Χρησιμοποιούμε νανοϋλικά στην καθημερινή ζωή ; Αν ναι, δώσε ένα παράδειγμα.

Β. Διαφάνειες παρουσίασης 1^{ης} Συνάντησης



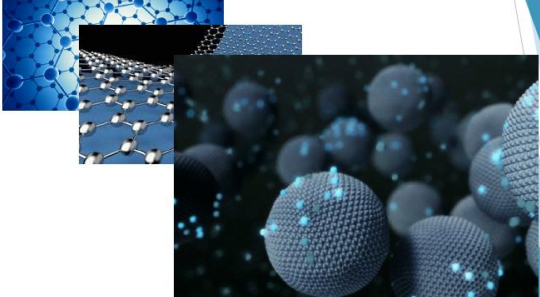
ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

ΓΕΝΙΚΟ ΛΥΚΕΙΟ ΣΟΥΔΑΣ
ΧΑΝΙΑ 2018

ΒΕΙΑΡΔΑΤΟΥ ΣΟΦΙΑ
Τελεόφοτη Τμήματος Φυσικής Πανεπιστημίου Κρήτης

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΣΤΑΥΡΟΥ
Αναπληρωτής Καθηγητής,
Παιδαγωγικό Τμήμα Πανεπιστημίου Κρήτης

Νανοτεχνολογία...




Νανοκλίμακα

- Νάνο- γενικά χαρακτηρίζει κάτι **εξαιρετικά μικρό**.
- Προέρχεται από την ελληνική λέξη «**νάνος**»
- Σύμβολο : **n**
- Πρόθεμα της επιστημονικής μονάδας : « **nano** = 10^{-9} »


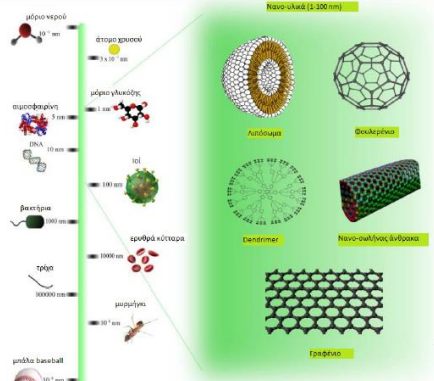
Νανοκλίμακα...

$1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$

$1\text{\AA} = 10^{-10}\text{m} = 0,1\text{nm}$

Άλλη μονάδα μέτρησης μήκους στη νανοκλίμακα είναι το *Angstrom*(\AA)

Πόσο μικρό είναι αυτό;

...Νανοκλίμακα

Macro	Micro	Nano
Person (180 cm) 2 billion nm	Apple (78 cm) 80 million nm	
Ant (15 cm) 5 million nm	Human hair (diameter) 80,000 nm	
	Smallest cell 10,000 nm	
	Small bacteria 2,000 nm	
	Cellular nanoparticles 2.5-100 nm (diameter)	
	DNA 2 nm	
	Hydrogen atom 0.1 nm	

Τι κάνει την Νανοκλίμακα τόσο ξεχωριστή;

Ιδιότητες ενός υλικού

► **Ιδιότητα ενός υλικού περιγράφει πως συμπεριφέρεται σε συγκεκριμένες συνθήκες**

Είδη ιδιοτήτων

- Οπτικές (π.χ. χρώμα, διαπερατότητα)
- Ηλεκτρικές (π.χ. αγωγιμότητα)
- Φυσικές (π.χ. σκληρότητα, σημείο τήξης)
- Χημικές (π.χ. δραστικότητα)



Οι ιδιότητες συνήθως προσδιορίζονται εξετάζοντας μεγάλο αριθμό (~ 10^{23}) ατόμων ή μορίων μίας ουσίας

Αντικείμενα στην Νανοκλίμακα

1. Οι φυσικές και οι χημικές τους ιδιότητες διαφέρουν σημαντικά από αυτές σε μεγαλύτερες διαστάσεις.

π.χ. σκόνη TiO_2 αλλάζει από λευκό χρώμα σε **διαφανές** καθώς μειώνεται η διάστασή της σε **Νανοκλίμακα**.

➔ **Πέες** δυνατότητες που δεν μπορούν να επηρεαστούν από υλικά με συνήθεις διαστάσεις

Αντικείμενα στην Νανοκλίμακα

2. **Μικρό μέγεθος**

- ➔ Απαιτείται μικρή ποσότητα για την παραγωγή τους
- ➔ Λιγότερα απορρίμματα

3. Συσκευές αποθήκευσης με **μεγαλύτερη** χωρητικότητα

Παράδειγμα 1

Πόσα νομίσματα του 1€ χρειάζονται;

Φανταστείτε ότι είναι δυνατό να αποθηκεύσουμε λέξεις πάνω σε ένα νόμισμα του 1€. Κάθε λέξη καταλαμβάνει **επιφάνεια $10 \times 10 \text{ nm}^2$** στο νόμισμα.



Πόσα νομίσματα του 1€ χρειάζονται για να αποθηκεύσουμε πληροφορίες που περιέχονται σε όλα τα βιβλία της κεντρικής βιβλιοθήκης του Hong Kong (~1,5 εκατομμύρια βιβλία)

Υποθέστε : ~1 εκατομμύριο λέξεις σε κάθε βιβλίο
Διάμετρος νομίσματος 1€ ≈ 20mm

Παράδειγμα 1

Πόσα νομίσματα του 1€ χρειάζονται;

$$\begin{aligned} \text{Συνολικός αριθμός λέξεων} &= (1,5 \times 10^6) \times (1 \times 10^6) \\ &= 1,5 \times 10^{12} \text{ λέξεις} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Επιφάνεια νομίσματος 1€} &= \pi r^2 = \pi \left(\frac{20 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 \\ &= 3,14 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Παράδειγμα 1

Πόσα νομίσματα του 1€ χρειάζονται;

Θέσεις αποθήκευσης σε ένα νόμισμα του 1€

$$\begin{aligned} &= \frac{3,14 \times 10^{-4}}{(10 \times 10^{-9})^2} \\ &= 3,14 \times 10^{12} > 1,5 \times 10^{12} \end{aligned}$$



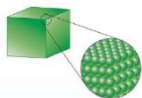
Χρειάζεται μόνο ένα νόμισμα του 1€

Παράδειγμα 2

Λόγος επιφάνειας/μονάδα όγκου

Φανταστείτε ένα κύβο πλευράς 1 mm.

- (α) Πόσος είναι ο λόγος επιφάνεια/μονάδα όγκου = ;
- (β) Ποσοστό των μορίων στην επιφάνεια = ;



Υποθέστε : τα μόρια τοποθετούνται κοντά μεταξύ τους και κάθε μόριο καταλαμβάνει χώρο $1 \times 1 \times 1 \text{ nm}^3$

Παράδειγμα 2

Λόγος επιφάνειας/μονάδα όγκου

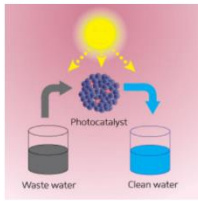
(α) λόγος **επιφάνεια/μονάδα όγκου** :

$$\begin{aligned} \frac{\text{επιφάνεια}}{\text{όγκος}} &= \frac{6d^2}{d^3} \\ &= \frac{6}{d} \\ &= \frac{6}{0,001} \\ &= 6000 \text{ m}^{-1} \end{aligned}$$

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

π.χ. Φίλτρα με νανο-χρυσό

Φωτοκατάλυση

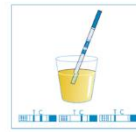


- ▶ Στο κατάλληλο μέγεθος λειτουργούν σαν καταλύτες και καθαρίζουν το νερό από τα ανεπιθύμητα για την ανθρώπινη υγεία σωματίδια.
- ▶ Μπορούν ακόμη να χρησιμοποιηθούν ως φίλτρα καθαρισμού του ατμοσφαιρικού αέρα. (μάσκες πυροσβεστών)

ΥΓΕΙΑ

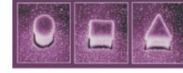
π.χ. test εγκυμοσύνης
διάγνωση/θεραπεία καρκίνου

test εγκυμοσύνης

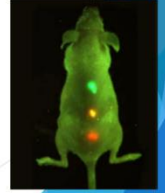


διάγνωση καρκίνου

- ▶ Οι κβαντικές τελείες λάμπουν στο υπεριώδες φως
- ▶ Ενέσιμο σε ποντίκια, συγκεντρώνεται στους όγκους
- ▶ Θα μπορούσε να εντοπίσει από 10 έως 100 καρκινικά κύτταρα

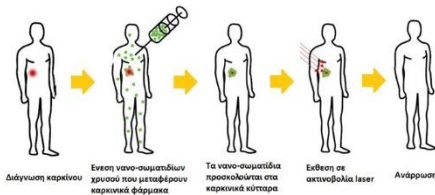


Κβαντικές τελείες: Κρυσταλλοί μεγέθους nm που περιέχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια και εκπέμπουν φωτόνα όταν εκτίθενται σε υπεριώδη ακτινοβολία



Ανίχνευση όγκων σε πρώιμο στάδιο, μελετάται σε ποντίκια

Θεραπεία καρκίνου με νανο-σωματίδια χρυσού



ΠΡΟΒΟΛΗ ΒΙΝΤΕΟ

- ▶ Tiny treasure: The future of nano-gold
<https://www.youtube.com/watch?v=QorK2X7GsVU>

Τέλος 1^{ης} Συνάντησης

ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

ΤΑΞΗ :

ΤΜΗΜΑ :

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ :

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ :

CHECK-POINT #1

Q1

Εκφράστε τα παρακάτω μήκη σε νανόμετρα (nm) :

Ένα κέρμα των 10 λεπτών του ευρώ (πάχους 1,15mm)

Μία τρίχα (διαμέτρου 56μm)

Ένα άτομο υδρογόνου (διαμέτρου $10^{-10}m$)



Q2

Αν η διάμετρος ενός ατόμου χρυσού είναι περίπου 0,25nm, εκτιμήστε πόσα ατομικά επίπεδα αποτελούν ένα λεπτό φύλλο χρυσού πάχους 100nm .



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1



Πόσα νομίσματα του 1€ χρειάζονται;

Φανταστείτε ότι είναι δυνατό να αποθηκεύσουμε λέξεις πάνω σε ένα νόμισμα του 1€. Κάθε λέξη καταλαμβάνει επιφάνεια $10 \times 10 \text{ nm}^2$ στο νόμισμα.

Πόσα νομίσματα του 1€ χρειάζονται για να αποθηκεύσουμε πληροφορίες που περιέχονται σε όλα τα βιβλία της κεντρικής βιβλιοθήκης του Hong Kong (~0,5 εκατομμύρια βιβλία)

Υποθέστε : ~1 εκατομμύριο λέξης σε κάθε βιβλίο

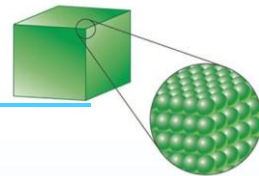
Διάμετρος νομίσματος 1€ $\approx 20 \text{ mm}$

Συνολικός αριθμός λέξεων =

Επιφάνεια νομίσματος 1€ =

Θέσεις αποθήκευσης σε ένα νόμισμα του 1€ =

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2



Λόγος επιφάνειας/μονάδα όγκου

Φανταστείτε ένα κύβο πλευράς 1 mm.

(α) Πόσος είναι ο λόγος επιφάνεια/μονάδα όγκου = ;

(β) Ποσοστό των μορίων στην επιφάνεια = ;

Υποθέστε : τα μόρια τοποθετούνται κοντά μεταξύ τους
και κάθε μόριο καταλαμβάνει χώρο $1 \times 1 \times 1 \text{ nm}^3$

(α) λόγος επιφάνεια/μονάδα όγκου =

(β) Αριθμός μορίων σε κάθε πλευρά =

Αριθμός μορίων στην επιφάνεια =

Συνολικός αριθμός μορίων =

Ποσοστό μορίων στην επιφάνεια =

36 × 10 (36 τέτοιες σειρές 10-μορίων)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

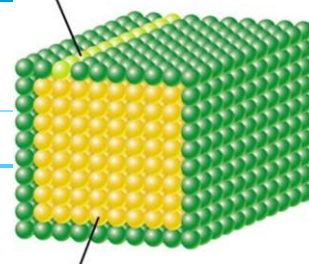
Λόγος επιφάνειας/μονάδα όγκου

ΕΠΑΝΑΛΑΒΕΤΕ ΓΙΑ ΚΥΒΟ ΠΛΕΥΡΑΣ 10nm

Φανταστείτε ένα κύβο πλευράς 10 nm.

(α) Πόσος είναι ο λόγος επιφάνεια/μονάδα όγκου = ;

(β) Ποσοστό των μορίων στην επιφάνεια = ;



8 × 8 = 64 (2 τέτοιες επιφάνειες 64-μορίων)

Υποθέστε : τα μόρια τοποθετούνται κοντά μεταξύ τους
και κάθε μόριο καταλαμβάνει χώρο $1 \times 1 \times 1 \text{ nm}^3$

(α) λόγος επιφάνεια/μονάδα όγκου =

(β) Αριθμός μορίων σε κάθε πλευρά =

Αριθμός μορίων στην επιφάνεια =

Συνολικός αριθμός μορίων =

Ποσοστό μορίων στην επιφάνεια =

CHECK-POINT #2

Q1	
Ποιο από τα παρακάτω είναι νανο-υλικό ;	ΝΑΙ/ΟΧΙ
Σωματίδια αργύρου (συνολική διάμετρος 3 σωματιδίων $\approx 20\text{nm}$)	
Στρώμα γυαλιού πάχους $370\ \mu\text{m}$	
Κόκκοι άμμου (συνολική διάμετρος 30 κόκκων $\approx 3\text{mm}$)	
Σωματίδια χρυσού διαμέτρου $500\ \text{nm}$	
Σωματίδια χρυσού διαμέτρου $40\ \text{nm}$	



Q2-ΣΩΣΤΟ-ΛΑΘΟΣ

Εξαιτίας του μικρού τους μεγέθους τα νανο-υλικά παράγουν λιγότερα απορρίμματα όταν πετιούνται.



Q3-ΣΩΣΤΟ-ΛΑΘΟΣ

Οι ξεχωριστές ιδιότητες των νανο-υλικών οφείλονται στο υλικό από το οποίο προέρχονται και όχι από μέγεθός τους.



Q4-ΣΩΣΤΟ-ΛΑΘΟΣ

Μειώνοντας το μέγεθος ενός υλικού ο λόγος επιφάνεια/μονάδα όγκου μειώνεται.




Q5-ΣΩΣΤΟ-ΛΑΘΟΣ

Μειώνοντας το μέγεθος ενός υλικού το ποσοστό των επιφανειακών μορίων αυξάνεται.



Δ. Διαφάνειες παρουσίασης 2^{ης} Συνάντησης



ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

ΓΕΝΙΚΟ ΛΥΚΕΙΟ ΣΟΥΔΑΣ
ΧΑΝΙΑ 2018

ΒΕΝΑΡΔΑΤΟΥ ΣΟΦΙΑ
Τελεióφρονη Τμήματος Φυσικής Πανεπιστημίου Κρήτης

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΣΤΑΥΡΟΥ
Αναπληρωτής Καθηγητής,
Παιδαγωγικό Τμήμα Πανεπιστημίου Κρήτης

Θυμάμαι από την 1^η συνάντηση...

- ▶ Η Νανοεπιστήμη ασχολείται με υλικά μεγέθους από 1-100 nm
- ▶ $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$
- ▶ Λόγος επιφάνειας/μονάδα όγκου | καθώς μειώνεται το μέγεθος του υλικού
- ▶ Το ποσοστό των ατόμων στην επιφάνεια | σημαντικά
- ▶ Εφαρμογές νανοσωματιδίων χρυσού (φίλτρα, test εγκυμοσύνης, διάγνωση και θεραπεία καρκίνου)

Τι κάνει τον χρυσό τόσο ξεχωριστό για την Νανοτεχνολογία;



Ιδιότητες χρυσού (Au)

- ▶ Μέταλλο με κίτρινο χρώμα
- ▶ Καλός αγωγός ηλεκτρισμού και θερμότητας
- ▶ Είναι αδρανές, δεν αντιδρά με τον ατμοσφαιρικό αέρα (O_2) και τα περισσότερα αντιδραστήρια.
- ▶ Είναι ελατό και όλκιμο στερεό
- ▶ Πυκνό και αστραφτερό



Χρυσός... που δεν είναι χρυσός;



Πού μπορεί να οφείλεται;

...Κόκκινος χρυσός;



Δραστηριότητα #1

Μετράμε 5 **διαφορετικές** ποσότητες νερού και χρησιμοποιούμε 5 **ίδια** γυάλινα ποτήρια ως δοχεία.
Χρησιμοποιούμε μία μεταλλική ράβδο και χτυπάμε τα ποτήρια με το νερό με την ίδια δύναμη.



Τι παρατηρούμε;;;

Δραστηριότητα #1

- ▶ Το νερό παράγει ήχο διαφορετικής συχνότητας στα 5 ποτήρια.



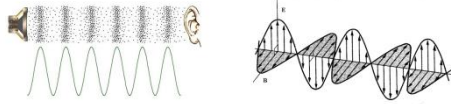
Διαφορετικός όγκος από το ίδιο υλικό παράγει διαφορετικής συχνότητας ηχητικά κύματα.

Δραστηριότητα #1

- ▶ Διαφορετικός **όγκος** από το ίδιο υλικό παράγει διαφορετικής συχνότητας **ηχητικά κύματα**.

Όγκος νερού \iff μέγεθος νανσωματιδίων

Ηχητικό κύμα \iff Ηλεκτρομαγνητικό κύμα



Δραστηριότητα #1

- ▶ Διαφορετικός **όγκος** από το ίδιο υλικό παράγει διαφορετικής συχνότητας **ηχητικά κύματα**.

Διαφορετική συχνότητα = Διαφορετικό μήκος κύματος

Φως = Ηλεκτρομαγνητικό κύμα

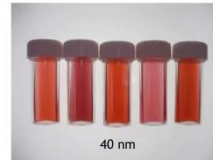
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΧΡΩΜΑ



... «μετάφραση»

- ▶ Συμπέρασμα 1:
- ▶ Νανσωματίδια του **ίδιου υλικού** αλλά **διαφορετικού μεγέθους** έχουν διαφορετικό **ΧΡΩΜΑ**

... Ροζ χρυσός;



Τι συμβαίνει και ο χρυσός δεν είναι «χρυσός»;;;

Δραστηριότητα #2

Μετράμε 5 **ίσες** ποσότητες νερού και χρησιμοποιούμε 5 **διαφορετικά** γυάλινα ποτήρια ως δοχεία.
Χρησιμοποιούμε μία μεταλλική ράβδο και χτυπάμε τα ποτήρια με το νερό με την ίδια δύναμη.



Τι παρατηρούμε;;;

Δραστηριότητα #2

- ▶ Το νερό από τα 5 ποτήρια παράγει ήχο διαφορετικής συχνότητας.



Ίσος όγκος από το ίδιο υλικό (διαφορετικό σχήμα) μπορεί να παράξει διαφορετικής συχνότητας ηχητικά κύματα.

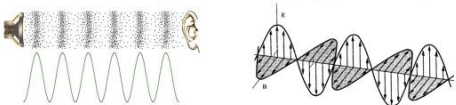
Δραστηριότητα #2

- ▶ Ίσος **όγκος** από το ίδιο υλικό (διαφορετικό σχήμα) μπορεί να παράξει διαφορετικής συχνότητας **ηχητικά κύματα**.

Σχήμα στο ποτήρι \iff ποσοστό επιφανειακών ατόμων

(ίσος όγκος από το ίδιο υλικό)

Ηχητικό κύμα \iff Ηλεκτρομαγνητικό κύμα



Δραστηριότητα #2

- ▶ Ίσος **όγκος** από το ίδιο υλικό (διαφορετικό σχήμα) μπορεί να παράξει διαφορετικής συχνότητας **ηχητικά κύματα**.

Διαφορετική συχνότητα = Διαφορετικό μήκος κύματος

Φως = Ηλεκτρομαγνητικό κύμα

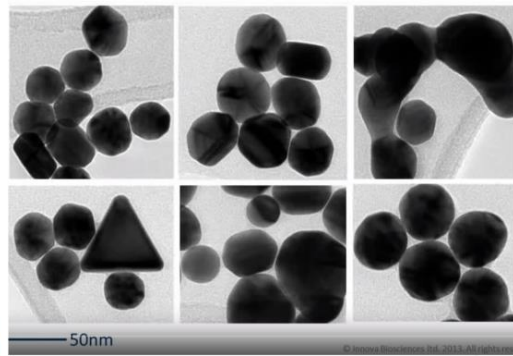
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΧΡΩΜΑ



... «μετάφραση»

► Συμπέρασμα 2:

Νανοδομημένα του ίδιου υλικού ίδιου μεγέθους αλλά διαφορετικού σχήματος έχουν διαφορετικό **ΧΡΩΜΑ**



...δηλαδή;

► Από τι επηρεάζεται το χρώμα των Νανοδομημένων ;

Ένα βήμα παραπέρα...

Χρησιμοποιώ νανοδομημένα στην καθημερινότητά μου;



Τώρα που έχει πολύ ήλιο;

Από τον χρυσό... στο αντηλιακό!

► Αντηλιακά...

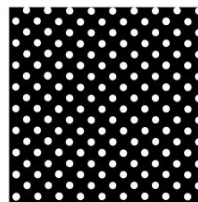


Τι παρατηρείτε; Υπάρχει διαφορά στα δύο αντηλιακά;

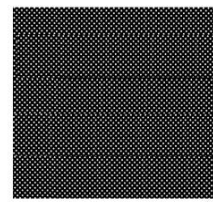


Ποιές κουκίδες μπορείτε να διακρίνετε ευκολότερα;

Μεγάλες «κουκίδες»



Μικρές «κουκίδες»



Τελικά...

- ▶ Μπορούν να αλλάξουν οι ιδιότητες των υλικών;

Τελικά...

- Το *μέγεθος* αλλά και το *σχήμα* ενός υλικού μπορούν να διαδραματίσουν πολύ σημαντικό ρόλο, μεταβάλλοντας κάποιες από τις ιδιότητες που χαρακτηρίζουν το υλικό, όπως είναι το *χρώμα*, μία κατεξοχήν *οπτική ιδιότητα*.

Η Νανοτεχνολογία

- ▶ Είναι μέρος της καθημερινότητας μας και όχι μόνο μία σύνθετη επιστήμη περιορισμένη στους τοίχους ερευνητικών εργαστηρίων.
- ▶ Βελτιώνει την ποιότητα ζωής μας και είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την πρόοδο.
- ▶ Είναι ένας κλάδος ταχέως αναπτυσσόμενος και πολλά υποσχόμενος για τον άνθρωπο.

Τέλος 2^{ης} Συνάντησης

ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

ΤΑΞΗ :

ΤΜΗΜΑ :

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ :

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ :

Q1

Έψαξες κάτι από αυτά που συζητήθηκαν στην πρώτη συνάντηση;

Αν ναι, τι;

Δραστηριότητα #1

- Δίνεται η παρακάτω εικόνα:



- Σε κάποιο από τα φιαλίδια περιέχεται χρυσός.

Q2

Ποιο φιαλίδιο νομίζεις πως περιέχει σωματίδια χρυσού;



- Χρυσός υπάρχει σε αυτό το φιαλίδιο.

Q3

Τι νομίζεις ότι συμβαίνει και τα διαλύματα νανοσωματιδίων χρυσού παρουσιάζουν αυτά τα χρώματα;

- Χρησιμοποιούμε 5 ίδια γυάλινα ποτήρια ως δοχεία.
- Γεμίζουμε τα ποτήρια με 5 διαφορετικές ποσότητες νερού.
- Χρησιμοποιούμε μία μεταλλική ράβδο και χτυπάμε τα ποτήρια με το νερό με την ίδια δύναμη.



Q4

Τί παρατηρούμε όταν χτυπάμε τα δοχεία με το νερό; Δώστε μία εξήγηση.

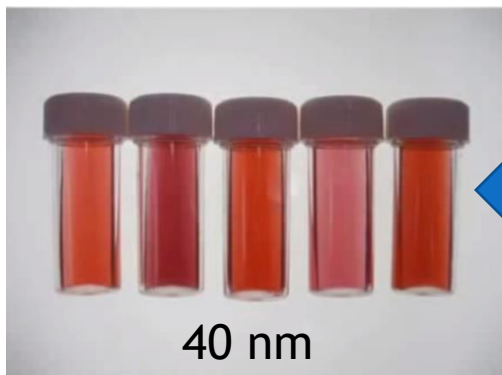
- Χρησιμοποιούμε ένα smartphone μία εφαρμογή για την μέτρηση της συχνότητας (π.χ. Datuner lite)
- Ξαναχτυπάμε με την μεταλλική ράβδο τα ποτήρια με το νερό με την ίδια δύναμη.

Q5

Διαφορετικός όγκος νερού παράγει διαφορετικά ηχητικά κύματα. Μπορείς να εξηγήσεις τι συμβαίνει με τα διαλύματα νανωσωματιδίων χρυσού;

Δραστηριότητα #2

➤ Δίνεται η παρακάτω εικόνα:



Q6

Γιατί νομίζεις ότι το ίδιος μέγεθος νανο-χρυσού εμφανίζει διαφορετικά χρώματα;

- Χρησιμοποιούμε 5 διαφορετικά γυάλινα ποτήρια ως δοχεία.
- Γεμίζουμε τα ποτήρια με ίσες ποσότητες νερού.
- Χρησιμοποιούμε μία μεταλλική ράβδο και χτυπάμε τα ποτήρια με το νερό με την ίδια δύναμη.



Q7

Τί παρατηρούμε όταν χτυπάμε τα δοχεία με το νερό; Δώστε μία εξήγηση.

- Χρησιμοποιούμε ένα smartphone και μία εφαρμογή για την μέτρηση της συχνότητας (π.χ. Datuner lite)
- Ξαναχτυπάμε με την μεταλλική ράβδο τα ποτήρια με το νερό με την ίδια δύναμη.

Q8

Ισος όγκος νερού αλλά κατανεμημένος διαφορετικά(διαφορετικό δοχείο) παράγει διαφορετικά ηχητικά κύματα. Μπορείς να εξηγήσεις τι συμβαίνει με τα διαλύματα νανοσωματιδίων χρυσού;



Δραστηριότητα #3



Q9

Υπάρχουν νανοσωματίδια στην καθημερινότητα μου; Αν ναι, δώσε ένα παράδειγμα.

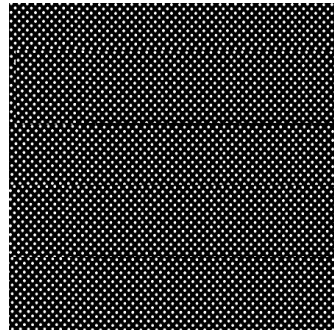
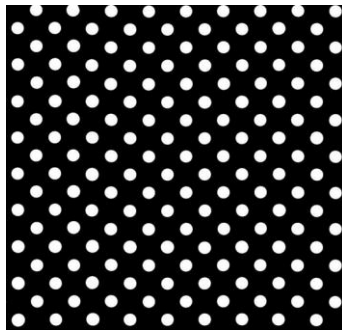
- Δίνονται κομμάτια από μαύρο χαρτόνι και δυο αντιηλιακά π.χ. όπως στην εικόνα.
- Και τα δύο αντιηλιακά περιέχουν οξείδιο του ψευδαργύρου (ZnO), ένα ανόργανο άλας, που απορροφά έντονα την υπεριώδη ακτινοβολία (UV) ώστε να μην φτάσει στο δέρμα μας.
- Απλώστε μια μικρή ποσότητα αντιηλιακού πάνω στο χαρτόνι.
- Αριστερά απλώστε το λευκό αντιηλιακό και δεξιά το διαφανές.
- Τρίψτε για περίπου ένα λεπτό τα αντιηλιακά στο χαρτί.



Q10

Τί παρατηρούμε; Υπάρχει κάποια διαφορά μεταξύ των δύο αντιηλιακών; Δώστε μία εξήγηση.

- Δίνονται οι παρακάτω εικόνες:



Q11

Ποιές κουκίδες μπορείτε να διακρίνετε ευκολότερα;

ΣΤ. Ερωτηματολόγιο εξόδου

ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

ΤΑΞΗ :

ΤΜΗΜΑ :

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ :

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ :

- 1) Περιέγραψε σύντομα τους όρους Νανοτεχνολογία και νανοϋλικό;

- 2) Δώσε ένα παράδειγμα που να φαίνεται πόσο μικρό είναι το νάνο.

- 3) Τι νομίζεις πως σε δυσκόλεψε περισσότερο σε αυτή την διδακτική ενότητα;

- 4) Τι σου έκανε περισσότερο εντύπωση σε αυτή την διδακτική ενότητα;

- 5) Πώς εξηγείς το διαφορετικό χρώμα στα διαλύματα χρυσού που παρουσιάστηκαν στην τάξη ;

- 6) Άλλαξες γνώμη σχετικά με τις ιδιότητες των υλικών καθώς πλησιάζουμε στην Νανοκλίμακα και γιατί;

Ζ. ΚΛΕΙΔΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

1^η Συνάντηση

Φύλλο Εργασίας	Ελάχιστα	Λίγο	Αρκετά	Πολύ	Παρατηρήσεις
Το θέμα ενδιαφέρει το μαθητή;				•	
Χρειάζονται επεξηγήσεις;		•			
Συμμετείχαν πρόθυμα στη συζήτηση;			•		
Συμμετείχαν πρόθυμα στο φύλλο εργασίας;				•	
Έκαναν προβλέψεις;				•	
Έκαναν παρατηρήσεις;				•	
Υπέβαλαν ερωτήσεις;				•	

Αξιολόγηση	Ελάχιστα	Λίγο	Αρκετά	Πολύ	Παρατηρήσεις
Συμπλήρωσαν σωστά το φύλλο εργασίας;			•		
Η δομή της διδασκαλίας κατεύθυνε τους μαθητές στη σωστή πορεία σκέψης;			•		
Ήταν σε θέση να συνοψίσουν τα βασικά σημεία της διδασκαλίας;			•		
Ανταποκρίθηκαν επαρκώς στις μεθόδους αξιολόγησης του εκπαιδευτικού;			•		

2^η Συνάντηση

Δραστηριότητα #1	Ελάχιστα	Λίγο	Αρκετά	Πολύ	Παρατηρήσεις
Χρειάζονται επεξηγήσεις;		•			
Συμμετείχαν ενεργά στη δραστηριότητα;				•	
Συζήτησαν εναλλακτικές ιδέες;					
Έκαναν προβλέψεις;			•		
Υπέβαλαν ερωτήσεις;		•			
Οι μαθητές οδηγούνται σε κάποιο συγκεκριμένο συμπέρασμα;			•		
Οι μαθητές οδηγούνται στο επιθυμητό συμπέρασμα;		•			
Υπάρχει γενίκευση του συμπεράσματος;		•			

Δραστηριότητα #2	Ελάχιστα	Λίγο	Αρκετά	Πολύ	Παρατηρήσεις
Χρειάζονται επεξηγήσεις;		•			
Συμμετείχαν πρόθυμα στη συζήτηση;			•		
Συζήτησαν εναλλακτικές ιδέες;					
Έκαναν προβλέψεις;			•		
Υπέβαλαν ερωτήσεις;		•			
Οι μαθητές οδηγούνται σε κάποιο συγκεκριμένο συμπέρασμα;			•		
Οι μαθητές οδηγούνται στο επιθυμητό συμπέρασμα;			•		
Υπάρχει γενίκευση του συμπεράσματος;			•		

Δραστηριότητα #3	Ελάχιστα	Λίγο	Αρκετά	Πολύ	Παρατηρήσεις
Το θέμα ενδιαφέρει το μαθητή;				•	
Χρειάζονται επεξηγήσεις;		•			
Συμμετείχαν πρόθυμα στη συζήτηση;			•		
Έκαναν προβλέψεις;				•	
Έκαναν παρατηρήσεις;			•		
Υπέβαλαν ερωτήσεις;			•		
Οι μαθητές οδηγούνται σε κάποιο συγκεκριμένο συμπέρασμα;				•	
Οι μαθητές οδηγούνται στο επιθυμητό συμπέρασμα;			•		
Υπάρχει γενίκευση του συμπεράσματος;					

Αξιολόγηση	Ελάχιστα	Λίγο	Αρκετά	Πολύ	Παρατηρήσεις
Έχει επιτευχθεί ο επιθυμητός στόχος;				•	
Η δομή της διδασκαλίας κατεύθυνε τους μαθητές στη σωστή πορεία σκέψης;			•		
Ήταν σε θέση να συνοψίσουν τα βασικά σημεία της διδασκαλίας;			•		
Η χρήση αναλογιών βοήθησε στην κατανόηση των εννοιών;			•		

Η. ΠΛΑΣΜΟΝΙΟ (Plasmon)

Από τις αρχές του 20ου αιώνα ερευνώντας τον μικρόκοσμο παρατηρήθηκαν ιδιαίτερα φαινόμενα όπως ο συντονισμός επιφανειακού πλασμονίου. Στη φυσική, πλασμόνιο είναι το κβάντο μίας ταλάντωσης πλάσματος. Στα στερεά υλικά δημιουργούνται κύματα πλάσματος. Ως πλάσμα στην φυσική ορίζεται ένα ψευδο-ουδέτερο, ηλεκτρικά αγώγιμο ρευστό. Κύμα πλάσματος ορίζεται ένα σύνολο σωματιδίων και πεδίων συνδεδεμένων μεταξύ τους, τα οποία διαδίδονται περιοδικά στο χώρο. Το πλάσμα έχει ουδέτερο φορτίο, αφού περιέχεται ίσος αριθμός αρνητικών και θετικών φορτίων, παρόλο που αποτελείται από αγώγιμα στοιχεία (φορτισμένα σωματίδια). Πολλές φορές το πλάσμα μπορεί να περιλαμβάνει κι ουδέτερα σωματίδια, χωρίς όμως αυτό να επηρεάζει την ουδετερότητα του συνολικού του φορτίου. (Γουσέτης, 2014)

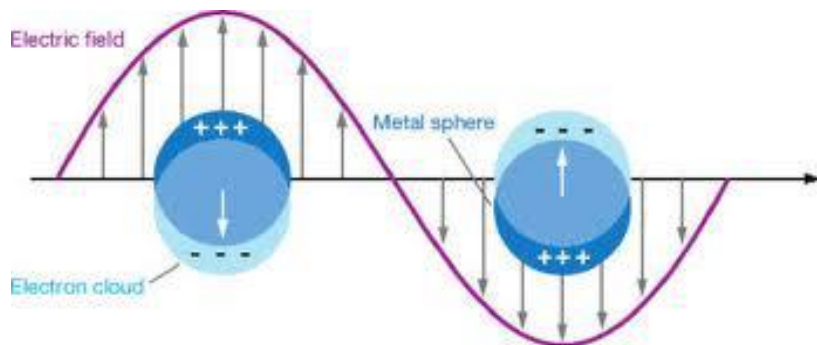
Για να οπτικοποιήσουμε μια ταλάντωση πλάσματος, υποθέτουμε πως και στα στερεά αγώγιμα υλικά υπάρχει μία παρόμοια συγκέντρωση. Η κύρια δομή του υλικού αποτελεί τα θετικά ιόντα ενώ τα ελεύθερα ηλεκτρόνια καθώς κινούνται στο στερεού δημιουργούν το φαινόμενο της αγωγιμότητάς του. Για να περιγράψουμε το φαινόμενο κλασικά μπορούμε να υποθέσουμε πως τοποθετούμε ένα μεταλλικό κύβο σ' εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο με κατεύθυνση προς τα δεξιά. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια ακαριαία θα κινηθούν προς τ' αριστερά, αφήνοντας τα θετικά ιόντα του πλέγματος στη δεξιά πλευρά, με σκοπό να εκμηδενίσουν το πεδίο στο εσωτερικό του μετάλλου. Εάν η κατεύθυνση του εξωτερικού πεδίου αλλάξει προς τ' αριστερά, τότε πάλι ακαριαία τα ηλεκτρόνια θα κινηθούν αντίθετα, προς τα δεξιά, για να εκμηδενίσουν πάλι το ηλεκτρικό πεδίο στο εσωτερικό του κύβου. Στην περίπτωση που η κατεύθυνση του εξωτερικού πεδίου αλλάζει με συγκεκριμένη

συχνότητα, τότε οι θέσεις των ελεύθερων ηλεκτρονίων και των θετικών ιόντων θα μεταβάλλονται κι αυτές με την ίδια συχνότητα. Συνεπώς το πλάσμα θα ταλαντώνεται μέχρι η ενέργεια του να μηδενιστεί π.χ. από την αντίσταση κίνησης των ηλεκτρονίων εντός του υλικού. Τα πλασμόνια είναι η κβάντωση αυτής της ταλάντωσης (Σχήμα 1) (Γουσέτης,2014).

Το κβάντο της ταλάντωσης του πλάσματος, το πλασμόνιο (plasmon), είναι ένα ψευδοσωματίδιο (όπως ακριβώς και το φωνόνιο (phonon) είναι το κβάντο της μηχανικής ταλάντωσης π.χ. των ατόμων ενός κρυσταλλικού πλέγματος). Λαμβάνοντας υπόψη, ότι πρόκειται για την κβάντωση της κλασικής ταλάντωσης του πλάσματος, οι περισσότερες ιδιότητές του μπορούν να εκφραστούν μέσω των εξισώσεων του Maxwell. Η ενέργεια του πλασμονίου υπολογίζεται σύμφωνα με το μοντέλο των ελευθέρων ηλεκτρονίων:

$$E = \hbar \sqrt{\frac{ne^2}{m_e \epsilon_0}} = \hbar \omega_p$$

όπου \hbar η σταθερά του Plank, n η πυκνότητα των ηλεκτρονίων αγωγιμότητας, e το στοιχειώδες φορτίο του ηλεκτρονίου, m_e η ενεργός μάζα του ηλεκτρονίου και ω_p η συχνότητα του πλασμονίου.

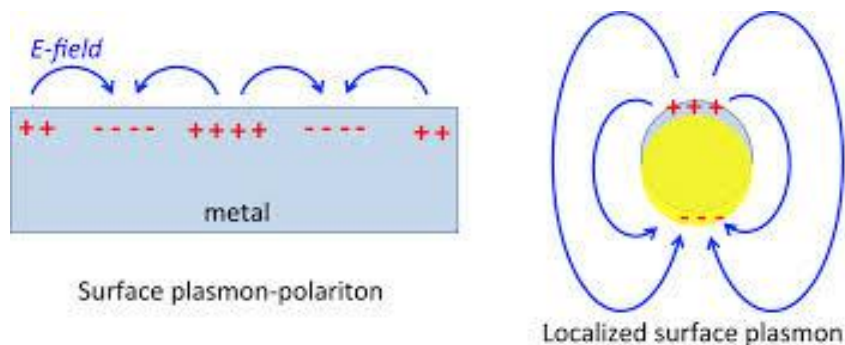


Σχήμα 1 Σχηματική αναπαράσταση της δημιουργίας πλασμονίων σε μεταλλικές σφαίρες. Τα πλασμόνια είναι οι συλλογικές ταλαντώσεις της πυκνότητας του αερίου ελευθέρων ηλεκτρονίων και στο σχήμα απεικονίζεται από την κίνηση του ηλεκτρονιακού νέφους (electron cloud) σε σχέση με το ηλεκτρικό πεδίο. (Greg Emmerich, “Surface Plasmon Resonance: Technology Overview and Practical Applications”)

Οι οπτικές ιδιότητες των μετάλλων επηρεάζονται σημαντικά από τα πλασμόνια. Όταν μία μεταλλική επιφάνεια ακτινοβοληθεί με συχνότητα μικρότερη απ' αυτήν του πλάσματος ανακλάται, επειδή τα ηλεκτρόνια του μετάλλου διεγείρονται από το προσπίπτον πεδίο και το επανεκπέμπουν. Ενώ αν ακτινοβολία έχει μεγαλύτερη συχνότητα από τη συχνότητα του πλάσματος, το φως διαδίδεται, καθώς τα ηλεκτρόνια είναι ανίκανα ν' αντιδράσουν τόσο γρήγορα ώστε να το προβάλουν. Ο λόγος που τα περισσότερα μέταλλα είναι τόσο λαμπερά (ανακλαστική ιδιότητα) στην ορατή περιοχή είναι γιατί η συχνότητα πλάσματος τους βρίσκεται στο υπεριώδες (Γουσέτης, 2014, Κεχρή, 2014).

Στη διεπαφή δύο υλικών, των οποίων το πραγματικό μέρος της διηλεκτρικής σταθεράς αλλάζει πρόσημο σε όλη τη διεπαφή (π.χ. μέταλλο σε διηλεκτρικό περιβάλλον-αέρα), εμφανίζονται ταλαντώσεις απεντοπισμένων ηλεκτρονίων. Επιφανειακά πλασμόνια (Surface plasmons-SPs) ορίζονται τα κβάντα αυτών των ταλαντώσεων (Γουσέτης, 2014).

Η κίνηση φορτίου σ' ένα επιφανειακό πλασμόνιο δημιουργεί πάντα ηλεκτρομαγνητικά πεδία εκτός (καθώς κι εντός) του μετάλλου (Zeng, et al., 2014). Η συνολική διέγερση, η κίνησης φορτίου και του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, ονομάζεται επιφανειακό πλασμόνιο πολαριτόνιο (surface plasmon polariton-SPP) όταν πρόκειται για επίπεδη επιφάνεια, είτε εντοπισμένο επιφανειακό πλασμόνιο (localized surface plasmon-LSP) όταν πρόκειται για μία κλειστή επιφάνεια ενός μικρού σωματιδίου (Σχήμα 2).

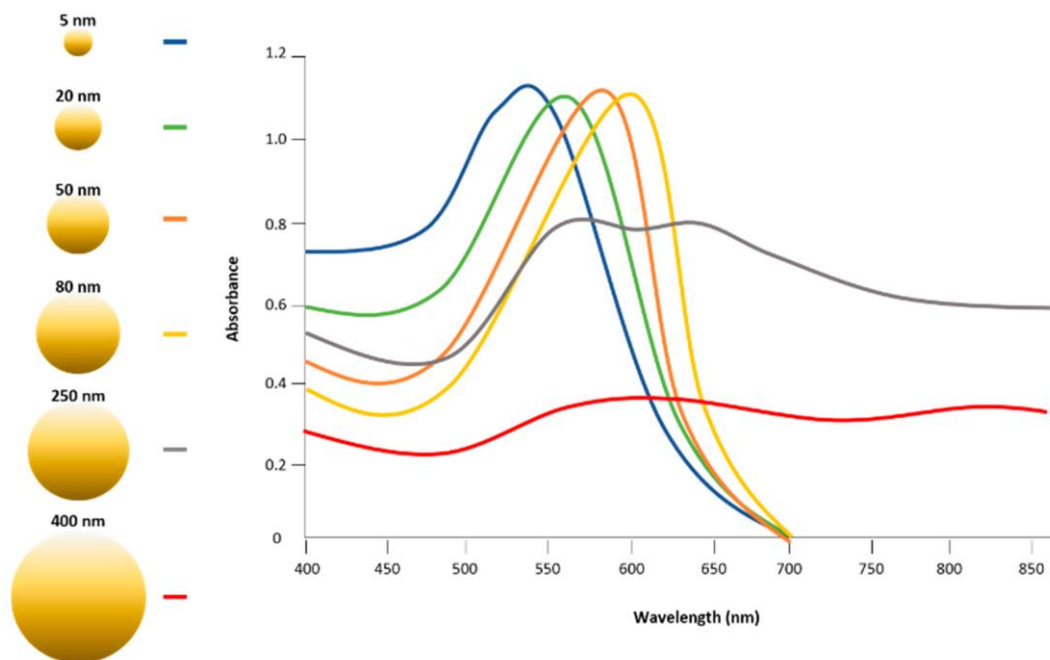


Σχήμα 2 Σχηματική απεικόνιση επιφανειακών πλασμονίων πολαριτονίων (SPP) (αριστερά) κι εντοπισμένων επιφανειακών πλασμονίων (LSP) (δεξιά). (Nanophotonics Research at the Park Lab)

Τα επιφανειακά πλασμόνια πολαριτόνια (SPP) διαδίδονται κατά μήκος της επιφάνειας και χάνουν ενέργεια λόγω της απορρόφησης από το μέταλλο ή ακόμα και λόγω των σκεδάσεων.

Το εντοπισμένο επιφανειακό πλασμόνιο (LSP) είναι αποτέλεσμα του περιορισμού του επιφανειακού πλασμονίου (SP) σ' ένα νανοσωματίδιο με μέγεθος μικρότερο ή συγκρίσιμο με το μήκος κύματος του φωτός, που χρησιμοποιείται για να διεγείρει το πλασμόνιο (Γουσέτης,2014). Το εντοπισμένο επιφανειακό πλασμόνιο (LSP) έχει δύο χαρακτηριστικά:

1. Κοντά στην επιφάνεια του σωματιδίου τα ηλεκτρικά πεδία είναι πολύ ισχυρά και η ισχύς τους ελαττώνεται πολύ γρήγορα σε σχέση με την απόσταση από την επιφάνεια.
2. Η οπτική διέγερση του σωματιδίου παρουσιάζει μέγιστο στη συχνότητα συντονισμού του πλασμονίου, η τιμή της οποίας εξαρτάται από το μέγεθος του νανοσωματιδίου (Σχήμα 3). Για νανοσωματίδια ευγενών μετάλλων, αυτό συμβαίνει σε ορατά μήκη κύματος.



Σχήμα 3 Στο διάγραμμα φαίνονται τα φάσματα απορρόφησης UV-visible ακτινοβολία, ανάλογα με τη διάμετρο των νανοσωματιδίων χρυσού, 5 – 400 nm, καταδεικνύοντας μια μετάβαση συγκεκριμένων μηκών κύματος που δημιουργούν συντονισμό επιφανειακού πλασμονίου. [Hyung & Dong 2018]

Με τον όρο «συντονισμός επιφανειακών πλασμονίου» (Surface plasmon resonance-SPR) αναφερόμαστε στην ταλάντωση συντονισμού των ηλεκτρονίων αγωγιμότητας στη διεπαφή από τη διέγερση προσπίπτουσας ακτινοβολίας που συμβαίνει όταν η συχνότητα των προσπιπτόντων φωτονίων ταυτίζεται με τη φυσική συχνότητα ταλάντωσης των ηλεκτρονίων επιφάνειας ενάντια στη δύναμη επαναφοράς από τους θετικούς πυρήνες των ιόντων (Γουσέτης,2014).