



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΝΗΠΙΑΓΩΓΩΝ ΚΑΙ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ
ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

**«ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΠΕΥΘΥΝΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΙΑΣ»**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΑΚΗ ΕΛΙΣΑΒΕΤ

ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΤΙΤΛΟΥ:

«Επιστήμες της Αγωγής: Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, το Περιβάλλον και
την Τεχνολογία»

ΦΛΩΡΙΝΑ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2023

1. Επόπτης: Σπύρτου Άννα, Καθηγήτρια ΠΤΔΕ/ΠΔΜ

Βαθμός: _____

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

2. Δεύτερος Βαθμολογητής: Παπαδοπούλου Πηνελόπη, Καθηγήτρια ΠΤΝ/ΠΔΜ

Βαθμός: _____

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

3. Τρίτος Βαθμολογητής: Ζουπίδης Αναστάσιος, Επίκουρος καθηγητής ΠΤΔΕ/ΔΠΘ

Βαθμός: _____

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

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

Υπογραφή:

Ημερομηνία:

*Στην οικογένεια μου και
στους δύο ανθρώπους που έφυγαν τόσο νωρίς
από την ζωή μου αλλά πάντα
πίστευαν σε εμένα και είναι πάντα μέσα μου...*

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	5
Περίληψη	7
Λέξεις κλειδιά	8
Abstract.....	9
Keywords	10
Πρόλογος	11
Κεφάλαιο 1ο: Θεωρητικό Υπόβαθρο	12
1.1 Η Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία (YEK)	12
1.1.1. Νοηματοδότηση της YEK.....	13
1.1.2. Ατζέντες πολιτικής (Policy agendas) της YEK.....	18
1.1.3. Διαστάσεις της διαδικασίας της YEK	23
1.1.4. Ενδιαφερόμενα μέρη για την YEK.....	25
1.1.5. Η σημαντικότητα της YEK και τα αποτελέσματα της.....	26
1.2. Η Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία στις Φυσικές Επιστήμες.....	31
1.2.1. Παιδαγωγικές προσεγγίσεις για την εμπλοκή της YEK στις Φυσικές Επιστήμες	33
1.2.2. Ιδέες για την ενσωμάτωση της YEK στην εκπαίδευση STEM.....	35
1.2.3. Η σύνδεση της διδασκαλίας της Νανοτεχνολογίας με την Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία στην εκπαίδευση.....	41
1.3. Εισαγωγή στη Νανοεπιστήμη- Νανοτεχνολογία (N-ET)	44
1.3.1. Ιστορική εξέλιξη της Νανοεπιστήμης- Νανοτεχνολογίας.....	44
1.3.2. Ορισμοί για τη N-ET	45
1.3.3. Οι μοναδικές ιδιότητες της νανοκλίμακας	49
1.3.4. Εφαρμογές της N-ET.....	51
1.3.5. Η εκπαιδευτική αξία της N-ET.....	58

1.3.6. Ιδέες των μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για το περιεχόμενο της NET.....	64
Κεφάλαιο 2^ο: Σχεδιασμός και ανάπτυξη εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων.....	69
2.1. Εισαγωγή.....	69
2.1.1. Στόχοι της έρευνας και ερευνητικά ερωτήματα.....	69
2.1.2. Ατζέντες πολιτικής της ΥΕΚ στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες.....	70
2.1.3. Μεγάλες ιδέες NET στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες.....	71
2.1.4 Φάσεις σχεδιασμού και ανάπτυξης των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων.....	72
2.1.5. Εκπαιδευτικές δραστηριότητες.....	77
2.1.5.1. Δραστηριότητες 1 ^{ης} θεματικής ενότητας με τίτλο «Οι τρεις κόσμοι- Μακρόκοσμος, Μικρόκοσμος, Νανόκοσμος.....	78
2.1.5.2. Δραστηριότητες 2 ^{ης} θεματικής με τίτλο: Πως ο Νανόκοσμος επηρεάζει τον Μακρόκοσμο; - Το φαινόμενο της ίωσης.....	86
2.1.6. Συζήτηση-περιορισμοί και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	94
Βιβλιογραφία	96
Παράρτημα	106
Παρουσίαση Power Point.....	106
Φύλλο Εργασίας 1	112
Φύλλο οδηγιών χρήσης των προσομοιώσεων.....	117
Φύλλο Εργασίας 2	122
Φύλλο Εργασίας 3	126
Εικόνες από το φύλλο storyboard.....	131
Εικόνες από την ιστοσελίδα Nano-ιοί.....	135

Περίληψη

Η Νανοτεχνολογία- Νανοεπιστήμη (N-ET) αποτελεί έναν διεπιστημονικό και σύγχρονο πεδίο έρευνας, ο οποίος έχει ως στόχο την ανάπτυξη καινοτομιών σε διάφορους τομείς της κοινωνικής ζωής (ιατρική, υδρόφοβα υφάσματα, καλλυντικά, τρόφιμα). Πρόκειται για ένα διεπιστημονικό πεδίο, το οποίο επικεντρώνεται στο να μελετήσει και να εκμεταλλευτεί τις νέες ιδιότητες των υλικών, όταν αυτά αποκτήσουν μέγεθος στις πτυχές της Νανοκλίμακας, δηλαδή περίπου 1-100 nm. Σημαντικό βήμα αποτελεί και ο προσανατολισμός αυτού του επιστημονικού τομέα στην εκπαίδευση.

Η Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία (ΥΕΚ) αποτελεί μια νέα προσέγγιση που έχει δημιουργηθεί στην Ευρώπη την τελευταία δεκαετία. Φιλοδοξεί και στοχεύει να φέρει σε επαφή κοινωνικούς φορείς (ερευνητές, πολίτες, επιχειρήσεις κ.α.), οι οποίοι θα συνεργάζονται καθ' όλη την διάρκεια της διαδικασίας της έρευνας και της καινοτομίας προκειμένου τα αποτελέσματά τους να ευθυγραμμίζονται με τις αξίες, τις ανάγκες και τις προσδοκίες της κοινωνίας. Επίσης, η μία από τις έξι διαστάσεις της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας είναι η Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες καθώς κρίνεται σημαντική η διαπραγμάτευση της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας στον τομέα της εκπαίδευσης προκειμένου οι μελλοντικές γενιές να είναι ενημερωμένοι για τα επιστημονικά ζητήματα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο τόσο της Νανοτεχνολογίας- Νανοεπιστήμης (N-ET) όσο και της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (ΥΕΚ). Έπειτα, παρουσιάζεται ο σχεδιασμός εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων οι οποίες αφορούν την προσέγγιση και την εμπλοκή των δύο θεματικών. Βασικός στόχος είναι οι μαθητές να εμπλακούν με ζητήματα επιστήμης και να εισαχθούν στον κόσμο των επιστημόνων μαθαίνοντας επιστημονικές έννοιες, κάνοντας μετρήσεις, παρακολουθώντας προσομοιώσεις αλλά και μελετώντας επιστημονικές πληροφορίες.

Ο σχεδιασμός των δραστηριοτήτων βασίστηκε στους δύο από τους έξι άξονες της ΥΕΚ δηλαδή στην «Εκπαίδευση Φυσικών Επιστημών» και στον άξονα που σχετίζεται με την «Συμμετοχή του κοινού». Ακόμη στις δραστηριότητες εμπλέκονται οι τέσσερις από τις εννέα Μεγάλες Ιδέες (ΜΙς) της Stevens: «Μέγεθος και κλίμακα», «Εργαλεία και όργανα», «Μοντέλα και προσομοιώσεις» και «Επιστήμη, Τεχνολογία, Κοινωνία».

Οι δραστηριότητες αναπτύσσονται γύρω από δύο θεματικές, η πρώτη θεματική αφορά τους τρεις κόσμους των αντικειμένων: τον Μακρόκοσμο, τον Μικρόκοσμο και τον Νανόκοσμο και η δεύτερη θεματική αφορά στο πως ο Νανόκοσμος επηρεάζει τον Μακρόκοσμο και αναφέρονται στο φαινόμενο των ιώσεων το οποίο είναι ένα πολύ οικείο φαινόμενο για τους μαθητές αλλά δεν γνωρίζουν τον τρόπο με τον οποίο ένας ιός προσβάλλει τον ανθρώπινο οργανισμό.

Έτσι, μέσω των δραστηριοτήτων οι μαθητές εμπλέκονται με σύγχρονα θέματα που αφορούν τις Φυσικές Επιστήμες καθώς επίσης γνωρίζουν και νέες επιστημονικές έννοιες τις οποίες δεν γνώριζαν. Αυτό μπορεί να τους ωφελήσει στην ενεργό εμπλοκή τους αλλά και στην λήψη αποφάσεων σε ζητήματα νέων ερευνών που πραγματοποιούνται στοχεύοντας έτσι στην μεγαλύτερη αξιοπιστία αλλά και στην καλύτερης ποιότητας ερευνητικά αποτελέσματα.

Λέξεις κλειδιά

Υπεύθυνη έρευνα και καινοτομία, ΥΕΚ, Νανοτεχνολογία- Νανοεπιστήμη, N-ET, Δημοτικό σχολείο, εκπαίδευση Φυσικών Επιστημών.

Abstract

Nanotechnology-Nanoscience (N-ST) is a multi-disciplinary and modern field of research, which aims to develop innovations in various areas of social life (medicine, hydrophobic fabrics, cosmetics, food). It is a multi-disciplinary field, which focuses on studying and exploiting the new properties of materials, when they acquire a size in the dimensions of the Nanoscale, namely about 1-100 nm. The orientation of this scientific field towards education is an important step.

Responsible Research and Innovation (RRI) is a new approach that has been created in Europe in the last decade. It aspires and aims to bring together social actors (researchers, citizens, businesses, etc.), who will cooperate throughout during the research and innovation processes in order to their results to be aligned with the values, needs and expectations of society. Also, one of the six dimensions of Responsible Research and Innovation is Science Education as it is considered important to negotiate Responsible Research and Innovation in the field of education in order for future generations to be informed about scientific issues.

This present thesis is presented the theoretical background of both Nanotechnology-Nanoscience (N-ST) and Responsible Research and Innovation (RRI). Afterwards, the planning of educational activities is presented which concern the approach and involvement of the two subjects. The basic target is that students engage with science issues and be introduced to the world of scientists by learning scientific concepts, making measurements, watching simulations and studying scientific information.

The design of the activities was based on two of the six keystones of RRI, namely "Natural Science Education" and the keystone related to "Public Participation". Also involved in the activities are four out of nine Stevens' Big Ideas (BIs): "Size and Scale," "Tools and Instruments," "Models and Simulations," and "Science, Technology, Society."

The activities are developed around two themes, the first thematic concerns the three worlds of objects: the Macrocosm, the Microcosm and the Nanocosm and the second thematic concerns how the Nanocosm affects the Macrocosm and refers to the phenomenon of viruses which is a very familiar phenomenon for students but they don't know how a virus infects the human body.

Thus, through the activities, the students are involved with modern themes related to the Science Education as well as they also learn about new scientific concepts which they did not know. This can benefit them in their active involvement and decision-making in new research issues that are carried out, thus aiming for greater reliability and better quality research results.

Keywords

Responsible Research and Innovation, RRI, Nanoscience- Nanotechnology, N-ST, Primary School, Science Education.

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. Πρόκειται για μία ερευνητική εργασία όπου σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν δραστηριότητες για το περιεχόμενο της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομία αλλά και το περιεχόμενο της Νανοτεχνολογίας για πρωτοβάθμιους μαθητές.

Μέσα σε λίγες γραμμές θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κυρία Άννα Σπύρτου για την πολύτιμη βοήθεια και ενθάρρυνση της κάθε φορά που κρινόταν απαραίτητο. Οι συνεχείς ανησυχίες της αλλά και οι ενασχολήσεις της με καινοτόμα θέματα μου δώσανε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα σύγχρονο θέμα γνωρίζοντας και μαθαίνοντας πολλά πράγματα για αυτό. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα άλλα δύο μέλη της εξεταστικής επιτροπής την Καθηγήτρια του ΠΔΜ, κυρία Πηνελόπη Παπαδοπούλου και τον Επίκουρο Καθηγητή του ΔΠΘ, κύριο Ζουπίδη Αναστάσιο για την βοήθεια τους και τις συμβουλές τους για την επίλυση ενδοιασμών και αποριών που δημιουργούνταν κατά την διάρκεια της συγγραφής της εργασίας.

Ακόμη, ευχαριστώ τους δύο διδάκτορες Λεωνίδα Μάνου και Πέικο Γιώργο για την αμέριστη βοήθεια, τις γνώσεις τους τις οποίες μοιραζόταν μαζί μου. Οι συμβουλές και οι παρατηρήσεις τους ήταν πάντα βοηθητικές και εύστοχες. Ήταν πάντα πρόθυμοι να βοηθήσουν για να λύσουμε όποια ζητήματα δημιουργούνταν.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους, τις φίλες μου και τα πολύ κοντινά μου άτομα οι οποίοι έδειξαν κατανόηση, με άκουγαν με υπομονή και με ενθάρρυναν να συνεχίσω την προσπάθεια μου καθώς μου συμπαραστάθηκαν περισσότερο από όσο μπορούσαν καθ' όλη την διάρκεια. Στα μέλη της οικογένειας μου χρωστάω το μεγαλύτερο ευχαριστώ που όλα αυτά τα χρόνια χωρίς την οικονομική τους ενίσχυση, την συναισθηματική βοήθεια αλλά και την ενθάρρυνση δεν θα μπορούσα να εξελιχθώ και να πραγματοποιήσω όλα όσα έχω καταφέρει μέχρι τώρα!

Κεφάλαιο 1ο: Θεωρητικό Υπόβαθρο

1.1 Η Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία (ΥΕΚ)

Η υπευθυνότητα στην επιστήμη και την τεχνολογία είναι ένα μείζων θέμα μεταξύ των πολιτικών, των ερευνητών και των καινοτόμων της Ευρώπης. Χάρη στις συντονισμένες προσπάθειες τα τελευταία χρόνια, περισσότεροι άνθρωποι καταλαβαίνουν τώρα τις αλλαγές που πραγματοποιεί το Ευρωπαϊκό σύστημα έρευνας και ανάπτυξης (European Commission, 2016). Όλο και περισσότεροι πολίτες εμπλέκονται στην επιστήμη μέσω της άσκησης στην δημόσια δέσμευση. Φυσικοί επιστήμονες και κοινωνικοί επιστήμονες συνεργάζονται μεταξύ τους. Οι χρήστες της τεχνολογίας πρωτοπορούν στην καινοτομία. Οι τάσεις για ανοικτή πρόσβαση στα επιστημονικά δεδομένα αλλάζουν τον τρόπο έκδοσης των ερευνών. Μαζί, όλες αυτές οι προσπάθειες αποτελούν μια ευρωπαϊκή προσέγγιση που ονομάζεται «Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία- Responsible Research and Innovation» (ΥΕΚ- RRI) (European Commission, 2016).

Η «Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία- Responsible Research and Innovation» (ΥΕΚ- RRI), στο εξής θα αναφέρεται ως ΥΕΚ, είναι μια Ευρωπαϊκή προσέγγιση η οποία στοχεύει, στο να επιτευχθεί η σύνδεση μεταξύ της επιστήμης και της κοινωνίας. Η ΥΕΚ επιδιώκει να φέρει ζητήματα έρευνας και καινοτομίας στο προσκήνιο, να προβλέψει τις επιπτώσεις των ζητημάτων αυτών και να εμπλέξει την κοινωνία στη συζήτηση σχετικά με το πώς η επιστήμη και η τεχνολογία μπορούν να βοηθήσουν στο να δημιουργηθεί ένας κόσμος και μία κοινωνία που οραματίζονται όλοι για τις επόμενες γενιές¹. Για να μπορέσουμε να προβλέψουμε αυτές τις συνέπειες στα προηγούμενα στάδια της καινοτομίας, η συμμετοχή όλων των ενδιαφερομένων σε όλη τη διαδικασία σχεδιασμού της καινοτομίας είναι πολύ σημαντική (Von Schomberg, 2011).

Η ΥΕΚ είναι δηλαδή, μια προσέγγιση που περιλαμβάνει τη συμμετοχή πολλών φορέων αλλά και του κοινού στις διαδικασίες της έρευνας και καινοτομίας, διευκολύνοντας με τον τρόπο αυτό την πρόσβαση στα επιστημονικά αποτελέσματά.

¹ <https://www.rri-tools.eu/el/about-rri>

Έτσι τα επιστημονικά αποτελέσματα που δημιουργούνται είναι υπέρ των ανθρώπων αλλά και του πλανήτη (Sutcliffe, 2011).

Η YEK στοχεύει να προσελκύσει ένα ευρύ φάσμα ενδιαφερομένων για να συζητήσει πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί η επιστήμη και η τεχνολογία με τον καλύτερο δυνατό τρόπο όχι μόνο για να συμβάλει στην επίλυση των σημερινών προβλημάτων αλλά και για να δημιουργήσει έναν κόσμο που θα είναι επιθυμητός για τις μελλοντικές και ανερχόμενες γενιές (European Commission, 2016).

1.1.1. Νοηματοδότηση της YEK

Ο όρος «Υπεύθνη Έρευνα και Καινοτομία» πρωτοστάτησε στη δεκαετία του 2000. Σε γενικές γραμμές, η YEK είναι μια διαδικασία έρευνας και ανάπτυξης που εξετάζει την επιστημονική έρευνα σε ευρύτερο πλαίσιο - όχι μόνο δηλαδή από την οπτική γωνία του εργαστηρίου, αλλά και από το φυσικό περιβάλλον και την οπτική γωνία της κοινωνίας. Βασικά, πρόκειται για τη δημιουργία υψηλής ποιότητας επιστήμης που αφορά ως επί το πλείστον το δημόσιο συμφέρον (European Commission, 2016).

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2016), μπορούμε να βρούμε τις σωστές απαντήσεις στις παγκόσμιες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η κοινωνία, εμπλέκοντας όσο το δυνατόν περισσότερους ενδιαφερόμενους στις διαδικασίες έρευνας και καινοτομίας. Αν και η έννοια της YEK εμφανίζεται σε διαφορετικά θεσμικά έγγραφα και δημοσιεύσεις έρευνας, ο ορισμός και οι πτυχές της εξακολουθούν να μην έχουν σαφήνεια (Owen et al., 2012) αλλά και να εξελίσσονται συνεχώς (Sutcliffe, 2011).

Επειδή ο όρος της YEK είναι νέος και συνεχώς εξελίσσεται η Hilary Sutcliffe (2011) προσπάθησε να συνοψίσει τα κύρια σημεία που χαρακτηρίζουν την YEK και αναφέρει πως είναι τα ακόλουθα:

1. Η σκόπιμη εστίαση της έρευνας και των προϊόντων της καινοτομίας για την επίτευξη κοινωνικού ή περιβαλλοντικού οφέλους.
2. Η συνεπής και η διαρκής συμμετοχή της κοινωνίας, από την αρχή μέχρι το τέλος της διαδικασίας της καινοτομίας, συμπεριλαμβανομένου του κοινού

και των μη κυβερνητικών ομάδων, οι οποίες είναι και οι ίδιοι ενήμεροι για το δημόσιο συμφέρον.

3. Η αξιολόγηση και η αποτελεσματική ιεράρχηση κοινωνικών, δεοντολογικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων, κινδύνων και ευκαιριών, τόσο τώρα όσο και στο μέλλον.

4. Τα προβλήματα και οι ευκαιρίες μπορούν να προβλεφθούν και να διαχειριστούν καλύτερα από τους μηχανισμούς εποπτείας οι οποίοι είναι σε θέση να προσαρμοστούν και να ανταποκριθούν γρηγορότερα στις μεταβαλλόμενες γνώσεις και περιστάσεις.

5. Το άνοιγμα και η διαφάνεια αποτελούν αναπόσπαστο στοιχείο στις διαδικασίες έρευνας και καινοτομίας.

Η Sutcliffe (2011) τονίζει επίσης, ότι πρέπει να δοθεί προσοχή στην αξιολόγηση και την ιεράρχηση των κοινωνικών, δεοντολογικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων παράλληλα με τις τεχνικές επιπτώσεις, τους κινδύνους και τις ευκαιρίες, την πρόβλεψη και διαχείριση των προβλημάτων και την ταχεία ανταπόκριση στις μεταβαλλόμενες συνθήκες και γνώσεις.

Οι Owen, Macnaghten και Stilgoe (2012), στο έγγραφό τους με τίτλο: *«Υπεύθυνη έρευνα και καινοτομία: Από την επιστήμη στην κοινωνία στην επιστήμη για την κοινωνία και με την κοινωνία»*, περιγράφουν την YEK ως μία πρόκληση, η οποία μπορεί να μας οδηγήσει στο να αναρωτηθούμε «τι είδους μέλλον θέλουμε να φέρει μία καινοτομία στον κόσμο;». Δίνουν επίσης, ιδιαίτερη έμφαση, «στην επιστήμη για την κοινωνία», εστιάζοντας έτσι στην έρευνα και την καινοτομία που στοχεύουν στο να επιλυθούν οι παγκόσμιες μεγάλες προκλήσεις. Ακόμη, έμφαση δίνεται στον παράγοντα «επιστήμη με την κοινωνία», στην οποία η συζήτηση αλλά και ο προβληματισμός συνδέονται με τη δράση, η οποία επικεντρώνεται στην ανταπόκριση των ατόμων μίας κοινωνίας. Τέλος, αναφέρονται και στην πλαισίωση της ευθύνης, δηλαδή η YEK προκαλεί τους επιστήμονες, τους καινοτόμους, τους επιχειρηματικούς εταίρους, τους χρηματοδότες της έρευνας και τους υπεύθυνους για τη χάραξη πολιτικής να προβληματιστούν για τους δικούς τους ρόλους και ευθύνες σε όλη αυτή την διαδικασία της καινοτομίας.

Ο Stahl (2013) θεωρεί την YEK ως μετα-υπευθυνότητα και έτσι ορίζει την έννοια ως εξής:

«Η YEK είναι μια υψηλότερου επιπέδου υπευθυνότητα ή μετά-υπευθυνότητα που στοχεύει στη διαμόρφωση, τη διατήρηση, την ανάπτυξη, τον συντονισμό και την ευθυγράμμιση των υφιστάμενων και καινοτόμων διαδικασιών, παραγόντων και αρμοδιοτήτων στον τομέα της έρευνας και της καινοτομίας, με στόχο την εξασφάλιση επιθυμητών και αποδεκτών ερευνητικών αποτελεσμάτων».

Ο παραπάνω ορισμός προβλέπει δηλαδή ότι η YEK θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις κοινωνικές επιθυμίες και τη δημοκρατική λογοδοσία στις διαδικασίες έρευνας και καινοτομίας (Burget et al., 2017).

Ο πιο ευρέως χρησιμοποιούμενος και ο πιο αναφερόμενος ορισμός της YEK στην βιβλιογραφία (Davis & Laas, 2013; Douglas & Stemerding, 2013; Owen et al, 2012; Stahl, 2013; Stilgoe et al, 2013; Wright & Friedewald, 2013) δόθηκε από τον Von Schomberg (2013) όπου ορίζει την YEK ως:

«Η Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία είναι μια διαφανής και αλληλεπιδραστική διαδικασία μέσω της οποίας οι κοινωνικοί παράγοντες και οι καινοτόμοι αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με γνώμονα την (ηθική) αποδοχή, τη βιωσιμότητα και την κοινωνική επιθυμία της διαδικασίας της καινοτομίας και των εμπορεύσιμων προϊόντων της (προκειμένου να καταστεί δυνατή η σωστή ενσωμάτωση της επιστημονικής και τεχνολογικής προόδου στην κοινωνία μας)».

Ο ορισμός του Von Schomberg (2013) φαίνεται να ευθυγραμμίζεται και να περιέχει σε μεγάλο βαθμό τα σημεία που χαρακτηρίζουν την YEK όπως τα έθεσε η Sutcliffe (2011). Περιλαμβάνει όλες τις πτυχές και τα στοιχεία όπως αναφέρθηκαν παραπάνω, όπως για παράδειγμα, την ένταξη, τη συμμετοχή, την πρόβλεψη, την κοινωνική επιθυμία και την ηθική αποδοχή. Ο ορισμός του von Schomberg συνδέεται στενά με τις διαδικασίες και τις αξίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Stilgoe et al., 2013). Η YEK μπορεί να θεωρηθεί ως μια έννοια που έχει προωθηθεί για το άνοιγμα μιας ευρύτερης προοπτικής πολιτικής, δείχνοντας έτσι την τροχιά της έρευνας και της καινοτομίας και προσδιορίζοντας τους ρόλους των συντελεστών στην κοινωνία (Levidow & Neubauer 2014, Stahl et al., 2014). Η ευρύτερη θεώρηση της πολιτικής

περιλαμβάνει πιο αποτελεσματικές τεχνικές παραγωγής (CEC 2010) και κοινωνικές προκλήσεις (Levidow & Neubauer 2014).

Ο ορισμός του von Schomberg (2013) έχει επικριθεί από τους Davis και Laas (2014), οι οποίοι έχουν επισημάνει πέντε «προβλήματα» σε αυτόν. Η πρώτη επισήμανση τους αφορά την έμφαση που δίνει ο ορισμός στην «διαδικασία της καινοτομίας» και «τα εμπορεύσιμα προϊόντα». Δεν γίνεται ωστόσο καμία αναφορά στην «γνώση». Το πλησιέστερο του ορισμού του Von Schomberg όπου έρχεται να αναφερθεί για τη «γνώση» είναι η παρενθετική ενσωμάτωση «... της επιστημονικής προόδου στην κοινωνία μας».

Το δεύτερο πρόβλημα με τον ορισμό του Von Schomberg είναι η φράση «η διαδικασία της καινοτομίας και τα εμπορεύσιμα προϊόντα της». Η εξήγηση της φράσης αυτής δημιουργεί αμηχανία καθώς από τη μία πλευρά, υποσχέθηκε να «αντιπαραβάλει τη διαδικασία των σύγχρονων καινοτομιών με απλές τεχνικές εφευρέσεις» (Von Schomberg, 2013) όπου η προοπτική αυτή υποδηλώνει ότι οι εν λόγω καινοτομίες δεν είναι (ή, τουλάχιστον, δεν πρέπει να είναι) «απλές τεχνικές εφευρέσεις». Από την άλλη πλευρά, ο Von Schomberg ισχυρίστηκε ότι «οι σύγχρονες καινοτομίες διανέμονται μέσω μηχανισμών της αγοράς, όπου τα περιουσιακά δικαιώματα επιτρέπουν, κατ' αρχήν, την περαιτέρω βελτίωση των καινοτομιών από άλλους φορείς της αγοράς με την πάροδο του χρόνου» (Von Schomberg, 2013). Αυτός ο ισχυρισμός κάνει τις «καινοτομίες» να μοιάζουν πολύ με τις απλές τεχνικές εφευρέσεις.

Μία τρίτη επισήμανση είναι το γεγονός ότι η «καινοτόμος διαδικασία» που πρέπει να κυβερνήσει η YEK πρέπει πάντα (ή ακόμα και τυπικά) να τερματίζεται στα «εμπορεύσιμα προϊόντα». Το τέταρτο πρόβλημα αφορά τη φράση «(ηθική) αποδοχή, βιωσιμότητα και κοινωνική επιθυμία». Η φράση θα μπορούσε να είναι «...κοινωνική επιθυμία, συμπεριλαμβανομένης της βιωσιμότητας και της ηθικής αποδοχής». Η βιωσιμότητα και η δεοντολογική αποδοχή φαίνεται να είναι κοινωνικά επιθυμητά αποτελέσματα της διαδικασίας καινοτομίας, καθιστώντας έτσι την «κοινωνική επιθυμία» τη γενική κατηγορία και όχι μια ανεξάρτητη κατηγορία.

Το πέμπτο πρόβλημα που εντοπίζουν με τον ορισμό του Von Schomberg αφορά την τελευταία φράση, που βρίσκεται στην παρένθεση, «...στην κοινωνία μας».

Με την λέξη «μας» στον ορισμό του Von Schomberg φαίνεται ότι η YEK δεν χρειάζεται να προστατεύει άλλες κοινωνίες εκτός από την Ευρώπη. Ωστόσο, είναι προφανές ότι ούτε η έρευνα αλλά ούτε η καινοτομία μπορούν να είναι υπεύθυνες αν δεν λάβουν υπόψιν τους τη σκοπιμότητά τους για οποιαδήποτε κοινωνία στην οποία θα γίνει πραγματικότητα και θα εφαρμοστούν - ακόμη και αν η κοινωνία αυτή βρίσκεται εκτός Ευρώπης.

Έτσι οι Davis και Laas (2014) για τους σκοπούς του άρθρου τους αλλά και για την επίλυση αυτών των πέντε προβλημάτων που αναφέρθηκαν φαίνεται να αναθεωρούν τον ορισμό του Von Schomberg κάνοντας τον σαφέστερο από τον αρχικό λαμβάνοντας υπόψη τα όσα αναφέρθηκαν από τον Von Schomberg για την YEK. Ο αναθεωρημένος ορισμός που πρότειναν είναι ο εξής:

«Η υπεύθυνη έρευνα και καινοτομία (RRI) είναι μια διαφανής, αλληλεπιδραστική διαδικασία με την οποία οι ερευνητές, οι καινοτόμοι και άλλοι κοινωνικοί παράγοντες να ανταποκρίνονται ταχέως μεταξύ τους με στόχο την ενσωμάτωση της επιστημονικής και τεχνολογικής προόδου στην κοινωνία με κοινωνικά επιθυμητούς τρόπους (συμπεριλαμβανομένων, αλλά όχι περιοριστικά, τρόπων που είναι βιώσιμοι και δεοντολογικά αποδεκτοί)».

Επίσης, η YEK ορίζεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2016) ως:

«μια δυναμική επαναληπτική διαδικασία στην οποία όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη στην έρευνα και την καινοτομία ανταποκρίνονται αμοιβαία και μοιράζονται την ευθύνη τόσο για τη διαδικασία όσο και για τα αποτελέσματά της».

Αυτό σημαίνει ότι το επίκεντρο της YEK και ο κοινός τόπος μεταξύ των παραπάνω ορισμών που παρατίθενται, δεν είναι μόνο η επίτευξη κοινωνικά επιθυμητών αποτελεσμάτων, αλλά επικεντρώνεται και στον τρόπο με τον οποίο διεξάγεται η έρευνα και η καινοτομία που οδηγεί στα επιθυμητά αποτελέσματά αλλά εστιάζει και σε όλους τους εμπλεκόμενους που σχετίζονται με τη διαδικασία αυτή. Επομένως, η YEK μπορεί να αναλυθεί σε τέσσερα βασικά στοιχεία: τις πολιτικές ατζέντες, τις πτυχές της διαδικασίας, τα ενδιαφερόμενα μέλη και τα αποτελέσματα που μπορεί να επιφέρει από την εφαρμογή της (European Commission, 2016).

Προκειμένου να προωθηθεί η ανάπτυξη της YEK σε ολόκληρη την Ευρώπη, το 2014 η Επιτροπή χρηματοδότησε το έργο «RRI Tools». Αυτό το τριετές πρόγραμμα περιλάμβανε πάνω από 25 διαφορετικά ιδρύματα σε 30 χώρες και έθεσε ως στόχο τη δημιουργία ενός Toolkit δηλαδή ενός παγκόσμιου σημείου πρόσκλησης για φορείς χάραξης πολιτικής, ερευνητές, βιομηχανίες, οργανώσεις της κοινωνίας των πολιτών και εκπαιδευτικούς σε θέματα της YEK (European Commission, 2016). Οι πρώτοι στόχοι του RRI Tools είναι να²:

- α. συγκεντρώσει όλες τις σχετικές γνώσεις σχετικά με την YEK,
- β. καθορίσει έναν κοινό ορισμό για την περιγραφή αυτού
- γ. δοκιμαστεί σε μια επαναληπτική διαδικασία με ένα ευρύ φάσμα ενδιαφερομένων για την YEK, οι οποίοι θα συμμετάσχουν στο πρόγραμμα
- δ. και τέλος να διαμοιραστεί η όλη αυτή διαδικασία με τις κοινότητες πρακτικής της YEK.

1.1.2. Ατζέντες πολιτικής (Policy agendas) της YEK

Όπως διαπιστώθηκε στην προηγούμενη ενότητα η YEK αρχικά προτάθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση προκειμένου να συμβάλει στη διαμόρφωση μιας κοινής κατανόησης των ρόλων και των ευθυνών των διαφόρων φορέων που συμμετέχουν στις διαδικασίες της έρευνας και της καινοτομίας και να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ της επιστήμης και της κοινωνίας (Sutcliffe, 2011).

Στη βιβλιογραφία αναγνωρίζονται διάφορες ατζέντες πολιτικής της YEK. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2012) αναφέρει έξι διαφορετικές ατζέντες που ορίζονται ως εξής: η ηθική, η ισότητα των φύλων, η διακυβέρνηση, η ανοικτή πρόσβαση, η συμμετοχή του κοινού, και η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Οι ατζέντες πολιτικής της YEK αναφέρονται αναλυτικότερα ως εξής παρακάτω:

1. **Ηθική και ακέραια έρευνα:** Η έρευνα, τα αποτελέσματά της και ο τρόπος διεξαγωγής της πρέπει να είναι ηθικά τεκμηριωμένα και αποδεκτά από την κοινωνία. Η ειλικρίνεια, η λογοδοσία, η δικαιοσύνη και η καλή διαχείριση

²<https://www.rri-tools.eu/about-rri>

πρέπει να αποτελούν βασικές αρχές της έρευνας και της καινοτομίας για να αυξηθεί η αποδοχή και η ποιότητα των αποτελεσμάτων της έρευνας.

2. **Ισότητα των φύλων:** Τα αποτελέσματα της έρευνας πρέπει να είναι σχετικά με το σύνολο του πληθυσμού και όχι μόνο με το ήμισυ, για να γίνει αυτό είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη οι προοπτικές τόσο των ανδρών όσο και των γυναικών στην έρευνα και την καινοτομία. Επομένως, οι ομάδες και τα όργανα λήψης αποφάσεων θα πρέπει να έχουν ισορροπημένες εκπροσωπήσεις φύλου. Επιπλέον, το φύλο πρέπει να θεωρείται μέρος της διαδικασίας της έρευνας και της καινοτομίας αλλά και του ίδιου το περιεχομένου προκειμένου να παραχθούν αποτελέσματα χρήσιμα και ωφέλημα για όλους τους πολίτες.
3. **Διακυβέρνηση (Governance):** Οι αρχές της ΥΕΚ πρέπει να ενσωματωθούν στις αυστηρές ρυθμίσεις της διακυβέρνησης. Οι ρυθμίσεις διακυβέρνησης πρέπει να οδηγούν σε αποδεκτές και επιθυμητές καταστάσεις στο μέλλον. Για τον λόγο αυτό πρέπει (1) να είναι ισχυρές αλλά και να υπάρχει περιθώριο για να προσαρμοστούν στις απρόβλεπτες εξελίξεις της έρευνας και της καινοτομίας, (2) να είναι αρκετά ενημερωμένες ώστε να ακολουθούν τις υφιστάμενες πρακτικές στην έρευνα και την καινοτομία (3) να μοιράζουν την ανάληψη ευθυνών μεταξύ όλων των δρώντων που συμμετέχουν στις διαδικασίες της έρευνας και (4) να παρέχουν μέσα διακυβέρνησης ώστε να προωθήσουν πραγματικά αυτή την κοινή ευθύνη³. Πρέπει οι αρχές διακυβέρνησης να ευθυγραμμίζονται με τις υπάρχουσες πρακτικές αλλά και να ευέλικτες και ικανές να προσαρμοστούν στις αλλαγές καθώς η έρευνα και η καινοτομία μπορεί να είναι απρόβλεπτες.
4. **Ανοιχτή πρόσβαση:** Παρά το γεγονός ότι πολύ μεγάλο μέρος της έρευνας χρηματοδοτείται από το δημόσιο, ένα μεγάλο μέρος της είναι δαπανηρό για να έχει πρόσβαση. Όταν η επιστήμη έχει ανοιχτή πρόσβαση υπάρχουν πολλά οφέλη, ενθαρρύνονται δηλαδή οι συνεργασίες, ενισχύεται η εμπιστοσύνη του κοινού στα αποτελέσματα της έρευνας, και τελικά βελτιώνεται η ποιότητα της έρευνας. Τα επιστημονικά αποτελέσματα και τα δεδομένα θα πρέπει να ακολουθούν την αρχή FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable), δηλαδή να είναι ανιχνεύσιμα, προσβάσιμα, διαλειτουργικά και

³ <https://rri-tools.eu/el/about-rri>

επαναχρησιμοποίησιμα. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, σύμφωνα με την πολιτική 3Os (Open Innovation, Open Science, Open to the World), απαιτεί την ελεύθερη προσβασιμότητα των επιστημονικών ερευνών και των δεδομένων που συλλέγονται, προκειμένου να τονωθεί η διαδικασία έρευνας και καινοτομίας⁴.

5. **Η συμμετοχή του κοινού:** Με την συμμετοχή των κοινωνικών φορέων (societal actors) όπως είναι για παράδειγμα οι ερευνητές, οι πολίτες, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής, οι επιχειρήσεις κ.α. στις διαδικασίες της έρευνας και της καινοτομίας, μπορεί να εξασφαλιστεί ότι τα αποτελέσματα μπορούν να ταιριάζουν με τις αξίες αλλά και τις προσδοκίες της κοινωνίας. Υπό αυτή την οπτική όλες οι προκλήσεις βασίζονται σε κοινές αρχές και όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς συνεργάζονται μεταξύ τους για να βρουν κοινές λύσεις στα ζητήματα και να αποφύγουν έτσι πιθανούς μελλοντικούς κινδύνους των καινοτομιών.
6. **Εκπαίδευση στην επιστήμη:** Τα επόμενα χρόνια στην Ευρωπαϊκή Ένωση αναμένεται να αυξηθεί η ζήτηση για άτομα με υψηλά προσόντα. Με τη βελτίωση της διδασκαλίας της επιστήμης μπορεί να προωθηθεί η έρευνα και έτσι να παραχθούν στους πολίτες οι γνώσεις και οι δεξιότητες που χρειάζονται για να μπορούν να συμμετέχουν σε δημόσιες συζητήσεις και να λαμβάνουν αποφάσεις που αφορούν το μέρος της έρευνας και της καινοτομίας. Η επιστημονική γλώσσα πρέπει να είναι διαθέσιμη και κατανοητή σε όλους προκειμένου να επιτρέπεται η εμπλοκή στον διάλογο από όλους, αυτό σημαίνει ότι χρειάζονται αλλαγές στα εκπαιδευτικά συστήματα προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία αυτή⁵.

Οι έξι (6) ατζέντες πολιτικής γύρω από τις οποίες εκτυλίσσεται η διαδικασία της YEK μπορούν να αποτελέσουν έναν οδηγό διαπραγμάτευσης κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων (Blonder, Zemler & Rosenfeld, 2016) πράγμα που μπορεί να βοηθήσει στην ενσωμάτωση της YEK στις διαδικασίες έρευνας και καινοτομίας.

^{4,5} <https://www.marinaproject.eu/index.php/what-is-ri/>

Ωστόσο, αποτελέσματα ερευνών αποκαλύπτουν ότι η πλήρης κατανόηση του περιεχομένου των πτυχών της YEK είναι δύσκολη τόσο για τους μαθητές (Ratinen, Kähkönen, & Lindell, 2018), όσο και για τους εκπαιδευτικούς (de Vocht & Laherto, 2017; de Vocht, Laherto & Parchmann, 2017). Συγκεκριμένα, οι Ratinen et al. (2018) πραγματοποίησαν μία έρευνα με 276 μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης από την Φιλανδία. Στην μελέτη τους επικεντρώθηκαν στα ακόλουθα ερωτήματα: α) Πώς ανταποκρίνονται οι μαθητές της πέμπτης και της έβδομης τάξης (ηλικία 11-12 και 13-14 αντίστοιχα) στις έξι πτυχές της YEK, β) πώς επηρεάζουν το φύλο, το σχολικό επίπεδο και η επιστημονική δραστηριότητα των μαθητών τις απαντήσεις τους σχετικά με τις πτυχές της YEK και γ) πώς διαφέρει η δραστηριότητα της επιστημονικής συζήτησης στις τάξεις των επιστημών εξαιτίας του φύλου ή του σχολικού επιπέδου. Από τα αποτελέσματα της μελέτης τους εντόπισαν ότι οι μαθητές διαχειρίζονταν με μεγαλύτερη ευκολία ζητήματα που σχετίζονταν με την ευθύνη των επιστημόνων απέναντι στην έρευνα (ηθική) και στην ανάγκη για επιστημονικά εγγράμματους πολίτες (εκπαίδευση στις ΦΕ). Αντίθετα, δεν φάνηκε να κατανοούν την αναγκαιότητα για ελεύθερη πρόσβαση στα ερευνητικά αποτελέσματα των επιστημόνων (ελεύθερη πρόσβαση) ή για παρέμβαση της πολιτείας στον επιστημονικό τομέα (Εμπλοκή του κοινού).

Οι De Vocht & Laherto (2017) ερεύνησαν τις στάσεις και τις αντιλήψεις 67 εκπαιδευτικών σχετικά με τις πτυχές της YEK. Τα αποτελέσματά τους έδειξαν ότι αν και οι εκπαιδευτικοί ήταν πρόθυμοι να εντάξουν τις πτυχές αυτές στη διδασκαλία τους και αναγνώριζαν τη σημασία τους για την εμπλοκή των μαθητών τους με αυτές, το ένα τρίτο των εκπαιδευτικών δεν φάνηκε πραγματικά να έχει την πλήρη κατανόηση της έννοιας των πτυχών της YEK ή να μπορούν να συσχετίζονται απόλυτα τους στόχους της YEK.

Οι Burget, Bardone, Pedaste, Saage (2018) πραγματοποίησαν μία έρευνα προκειμένου να διερευνήσουν τον τρόπο με τον οποίο εκπαιδευτικοί, οι οποίοι διδάσκουν μαθήματα φυσικών επιστημών κατανοούν την YEK στο σχολικό πλαίσιο. Μελέτησαν, λοιπόν, ποιες έννοιες αποδίδουν οι εκπαιδευτικοί Φυσικών Επιστημών στους όρους «ευθύνη», «έρευνα» και «καινοτομία» και επίσης το πώς εμφανίζονται οι πτυχές της YEK στο σχολικό περιβάλλον εστιάζοντας στην οπτική των εκπαιδευτικών. Τα βασικά ερευνητικά ερωτήματα αυτής της έρευνας είναι τα εξής: Πώς οι εκπαιδευτικοί φυσικών επιστημών: α) αντιλαμβάνονται τις έννοιες της

έρευνας, της καινοτομίας και της ευθύνης στο σχολείο ως μέρος του εννοιολογικού πλαισίου της ΥΕΚ; και β) αντιλαμβάνονται την εμφάνιση των πτυχών της ΥΕΚ στο περιβάλλον του σχολείου. Δείγμα της έρευνας τους αποτέλεσαν εικοσι- εννέα (29) εκπαιδευτικοί από την Εσθονία εκ των οποίων οι εικοσιτέσσερις (24) ήταν γυναίκες και οι υπόλοιποι πέντε (5) άνδρες με ηλικιακό εύρος από 24 έως 64 ετών και συμμετείχαν εθελοντικά στην συγκεκριμένη έρευνα. Τα δεδομένα της έρευνας τους συλλέχθηκαν από την πραγμάτωση μεμονωμένων ημιδομημένων συνεντεύξεων. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι η σημασία των πτυχών της ΥΕΚ στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία και οι κατηγορίες που εμφανίστηκαν στο σχολικό πλαίσιο δεν συμπίπτουν. Έτσι, αυτή η έρευνα αποδεικνύει, για πρώτη φορά, πώς παρουσιάζονται οι πτυχές της ΥΕΚ στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία και πως αυτές μπορεί να ερμηνευθούν στο σχολικό πλαίσιο.

Οι Ζουρμπάκης, Δορούκα, Παπαδάκης & Καλογιαννάκης (2020) πραγματοποίησαν μία μικρής κλίμακας πιλοτικού χαρακτήρα επιμορφωτική δράση, η οποία είχε ως στόχο να μελετήσουν κατά πόσο οι εκπαιδευτικοί προσχολικής εκπαίδευσης μπορούν να κατανοήσουν και στη συνέχεια να εντάξουν στην διδασκαλία τους αποτελεσματικά αρχές της ΥΕΚ αναπτύσσοντας διδακτικό υλικό. Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα συμμετείχαν συνολικά 7 εκπαιδευτικοί εκ των οποίων μόνο οι 4 (τέσσερα) συμμετείχαν στην τηλεδιάσκεψη με σκοπό την ανάπτυξη της θεματικής σε σχέση με την ΥΕΚ. Να σημειωθεί ότι στην διαδικασία εξαγωγής αποτελεσμάτων λήφθηκαν υπόψη μόνο τα αποτελέσματα από 3 (τρία) άτομα καθώς το 1 (ένα) από αυτά δεν συμμετείχε σε όλες τις τηλεδιασκέψεις που πραγματοποιήθηκαν. Προκειμένου να εξαχθούν τα αποτελέσματα της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου εξαιτίας του μικρού δείγματος αλλά και της πιλοτικής διερευνητικής προσέγγισης που ακολουθήθηκε. Η έρευνά τους πραγματοποιήθηκε σε 2 (δύο) φάσεις. Στην πρώτη οι εκπαιδευτικοί επιμορφώθηκαν και ταυτόχρονα εξέφρασαν τις απόψεις τους σχετικά με τις πτυχές της ΥΕΚ και η δεύτερη φάση περιελάμβανε την παράδοση διδακτικών σεναρίων από τους εκπαιδευτικούς και την ανάλυσή τους. Στην διάρκεια των τηλεδιασκέψεων οι εκπαιδευτικοί καλούνταν να απαντήσουν στις εξής ερωτήσεις: α) Αν είναι σημαντική η συνεργασία μεταξύ κοινωνίας και ερευνητικής κοινότητας; β) αν μπορούν να προτείνουν μία δραστηριότητα που να έχει ως σκοπό της να κατανοήσουν τα παιδιά τους τομείς δράσης της ΥΕΚ, γ) αν μπορούν να προτείνουν κάποια δραστηριότητα και να εντάξουν σε αυτή κάποια έννοια σχετική με την ΥΕΚ και τέλος δ) αν θα

μπορούσε το θέμα της Νανοτεχνολογίας να ενθαρρύνει την έναρξη ενός διαλόγου μεταξύ των μαθητών και του εκπαιδευτικού σχετικά με τα κοινωνικά διλήμματα. Όσον αφορά τα αποτελέσματα σχετικά με το πρώτο ερώτημα φάνηκε πως οι εκπαιδευτικοί κατανοούν απόλυτα τη συνεργασία μεταξύ της κοινωνίας και της ερευνητικής κοινότητας καθώς ανέφεραν την σημερινή πραγματικότητα. Σχετικά με το δεύτερο ερώτημα οι εκπαιδευτικοί στις δραστηριότητες που πρότειναν κάνουν χρήση της διερευνητικής προσέγγισης καθώς επίσης προτείνουν και άλλες μεθόδους διδασκαλίας όπως τα παιχνίδια ρόλων, το ντιμπέιτ και άλλα. Αναφορικά με το τρίτο ερώτημα οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποίησαν την διερευνητική προσέγγιση αλλά και άλλες μεθόδους όπως η ιδεοθύελλα, οι προβληματικές καταστάσεις, τα διλήμματα, τα παιχνίδια ρόλων και άλλα με σκοπό να αναδείξουν διάφορες συνιστώσες της ΥΕΚ. Οι εκπαιδευτικοί προωθούσαν την ενεργό συμμετοχή των μαθητών έχοντας ως σκοπό να αυξήσουν τα κίνητρα των μαθητών. Επίσης, στις δραστηριότητες που προτείνουν οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν καταστάσεις από την καθημερινότητα κάνοντας αναφορά στην υγεία και το περιβάλλον θεωρώντας πως με αυτόν τον τρόπο μπορούν να διεγείρουν το ενδιαφέρον των μαθητών ακόμη περισσότερο. Σχετικά με την στοχοθεσία των δραστηριοτήτων οι στόχοι που έθεσαν φάνηκε να εναρμονίζονται με τους στόχους της ΥΕΚ. Σχετικά με το τέταρτο και τελευταίο ερώτημα δεν φάνηκε να δυσκολεύονται να εντάξουν θέματα αντικειμένων αιχμής όπως είναι η Νανοτεχνολογία προκειμένου να ξεκινήσουν έναν διάλογο με τους μαθητές τους σχετικά με τα κοινωνικά διλήμματα καθώς κράτησαν θετική στάση και εξέφρασαν διάφορες ιδέες σχετικά με την σύνδεση τους.

1.1.3. Διαστάσεις της διαδικασίας της ΥΕΚ

Διάφοροι συγγραφείς αναφέρθηκαν σε διαστάσεις, οι οποίες αρχικά δεν συνδέονταν με την ΥΕΚ, για παράδειγμα αυτές που προσέφερε η Pellizzoni (2004): ευθύνη, λογοδοσία, φροντίδα και ανταπόκριση. Οι Stilgoe et al. (2013) ανέφεραν τέσσερις διαστάσεις που προέκυψαν κατά τη διάρκεια δημόσιων συζητήσεων αυτές είναι: η πρόβλεψη, η ένταξη, ο αναστοχασμός και η ανταπόκριση. Ο Stahl (2013) επικεντρώθηκε στην πρακτική εφαρμογή των διαστάσεων της ΥΕΚ που αφορούν τους φορείς, τους κανόνες και τις δραστηριότητες.

Για να επιφέρει σωστά και ωφέλιμα αποτελέσματα η εφαρμογή της διαδικασίας της ΥΕΚ, η διαδικασία της ΥΕΚ πρέπει να είναι (European Commission, 2016):

- 1. Ποικίλα και περιεκτική:** Ένας από τους ακρογωνιαίους λίθους της ΥΕΚ είναι η ιδέα ότι η επιστήμη όχι μόνο γίνεται «μέσα στην κοινωνία» ή «για την κοινωνία», αλλά γίνεται και «με την κοινωνία». Ο όρος «περιεκτική» στοχεύει στη συμμετοχή διάφορων ενδιαφερομένων στα αρχικά στάδια της έρευνας και της καινοτομίας (Asante et al., 2014; de Saille 2015). Οι ομάδες που εμπλέκονται και επηρεάζονται από την έρευνα και την καινοτομία πρέπει να συνεργάζονται για να προκύψουν τα αποτελέσματα που ευθυγραμμίζονται με τις αξίες και τις προσδοκίες της κοινωνίας. Οι πολλές φωνές που υπάρχουν σε μια ποικιλία κοινοτήτων πρέπει να συμμετέχουν στην έρευνα από την αρχή της διαδικασίας μέχρι και την εμπορευματοποίηση της. Οι διαφορετικές προοπτικές των ατόμων και η εμπειρογνώση τους έχουν ως αποτέλεσμα να δημιουργούν μια υψηλότερης ποιότητας επιστήμη και να δείχνουν ότι προσμετρούνται όλες οι απόψεις των ατόμων που συμμετέχουν σε αυτή.
- 2. Προβλέψιμη και στοχαστική:** Το να είναι η διαδικασία της έρευνας προβλέψιμη συχνά συνδέεται με τη διακυβέρνηση - προέρχεται δηλαδή από ποικίλες πηγές που αναφέρονται σε κοινωνικές και τεχνικές παραμέτρους καθώς και σε πολιτικές και περιβαλλοντικές συζητήσεις (Stirling 2010, Stilgoe et al., 2013). Η πρόβλεψη είναι μια εννοιολογική διάσταση που στοχεύει στην προβολή του μέλλοντος της έρευνας και της καινοτομίας και στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η τρέχουσα δυναμική συμβάλλει στο σχεδιασμό του μέλλοντος. Οι παράγοντες που ασχολούνται με την έρευνα και την καινοτομία πρέπει να προβληματίζονται για το είδος του μέλλοντος που προσπαθούν να οικοδομήσουν μέσω αυτής και όχι μόνο να εξετάζουν τις άμεσες επιπτώσεις του έργου τους. Η πρόβλεψη δηλαδή δεν περιορίζεται απλώς στο να οραματιζόμαστε το μέλλον, αλλά συνεπάγεται την ανάπτυξη μιας κατανόησης του πώς η σημερινή δυναμική της έρευνας και της καινοτομίας, καθώς και η ελπίδα και η υπόσχεση, διαμορφώνουν το μέλλον (Borup et al., 2006). Αυτό σημαίνει ότι εξετάζονται όλες οι πτυχές που

χρειάζονται για ένα επιθυμητό μέλλον και πως αυτό μπορεί να επιτευχθεί χωρίς τυχόν ανεπιθύμητες συνέπειες που μπορεί να προκύψουν κατά μήκος της διαδικασίας. Για να δημιουργηθούν οι χρήσιμες γνώσεις που επιτρέπουν την πιο υπεύθυνη δράση πρέπει δηλαδή να υπάρχει η πρόβλεψη των πιθανών επιπτώσεων και ο αναστοχασμός, στις αξίες και τους σκοπούς της έρευνας και της καινοτομίας.

3. **Ανοιχτή και διαφανής:** Η ΥΕΚ στοχεύει στο να υπάρξει μία κοινωνία που να βασίζεται περισσότερο στην γνώση, αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία της έρευνας και της καινοτομίας πρέπει να γίνει πιο ανοιχτή και διαφανής σε όλους τους παράγοντες παρέχοντας σε όλους πληροφορίες σχετικές με όλα τα στάδια της διαδικασίας της έρευνας. Αυτό δίνει κίνητρο σε όλους τους συντελεστές και στο κοινό βέβαια να συμμετέχουν, να συζητήσουν και να ελέγξουν την επιστήμη και την τεχνολογία, γεγονός που εξουσιοδοτεί όλους τους ανθρώπους να λαμβάνουν πιο ενημερωμένες και σωστές αποφάσεις.
4. **Ανταποκριτή και προσαρμοστική στις αλλαγές:** Η έρευνα και η καινοτομία πρέπει να ανταποκρίνονται στις διάφορες απόψεις που εκφράζονται από το κοινό και τους άλλους ενδιαφερόμενους και εάν κρίνεται απαραίτητο από τις απόψεις του κοινού που επικρατούν να αλλάζουν οι μέθοδοι διεξαγωγής και οι στόχοι της έρευνας. Η ικανότητα της προσαρμογής στις αλλαγές ως αποτέλεσμα διαφορετικών απόψεων, μεταβαλλόμενων περιστάσεων αλλά και νέας γνώσης είναι η τελική διάσταση της διαδικασίας της ΥΕΚ.

1.1.4. Ενδιαφερόμενα μέρη για την ΥΕΚ.

Οι σύγχρονες κοινωνίες στηρίζονται σε επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις. Έτσι, η ΥΕΚ προσπαθεί να εμπλέξει ένα ευρύ φάσμα ενδιαφερομένων (από μεμονωμένους ερευνητές και φορείς καινοτομίας μέχρι οργανισμούς και κυβερνήσεις) καθώς είναι απαραίτητο στην έρευνα και την καινοτομία να εμπλέκονται πολλοί παράγοντες κάνοντας έτσι έναν ανοιχτό διάλογο για την επιστήμη. Τα ενδιαφερόμενα μέλη στην έρευνα και την καινοτομία μπορεί να είναι (European Commission, 2016):

1. **Φορείς χάραξης πολιτικής:** Αυτό αναφέρεται στους πολιτικούς, τους διευθυντές των ερευνητικών κέντρων και τους χρηματοδότες. Στην πραγματικότητα περιλαμβάνει όποιον λαμβάνει αποφάσεις σχετικά με το σχήμα της έρευνας και της καινοτομίας - είτε σε τοπικό και εθνικό είτε σε διεθνές επίπεδο.
2. **Ερευνητική κοινότητα:** Αυτό καλύπτει ερευνητές, διευθυντές έρευνας και όλους όσους εμπλέκονται στο σύστημα έρευνας και καινοτομίας, όπως οι επιστήμονες, οι τεχνικοί της έρευνας και το υπόλοιπο προσωπικό υποστήριξης.
3. **Εκπαιδευτική κοινότητα:** Εδώ περιλαμβάνονται όλοι εκείνοι που ασχολούνται με την εκπαίδευση - από το δημοτικό σχολείο μέχρι και το πανεπιστήμιο - συμπεριλαμβανομένων των εκπαιδευτικών, των φοιτητών, των μαθητών, των οικογενειών των μαθητών, των επιστημόνων και του προσωπικού των μουσείων.
4. **Επιχειρήσεις και βιομηχανία:** Η YEK αφορά κάθε επιχειρηματική δραστηριότητα με έρευνα και καινοτομία κατά την ίδρυσή της, από ΜΜΕ μέχρι διακρατικές εταιρείες, συμπεριλαμβανομένων των δικτύων και άλλων οργανισμών υποστήριξης.
5. **Οργανώσεις της κοινωνίας των πολιτών:** Αυτή η διαφορετική ομάδα περιλαμβάνει άτομα και οργανισμούς, όπως συνδικαλιστικές οργανώσεις, ΜΚΟ και ΜΜΕ. Όλα τα μέλη της κοινωνίας των πολιτών έχουν ζωτική σημασία για τη διαμόρφωση της έρευνας και της καινοτομίας.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, το πλαίσιο της YEK, έχει ως στόχο να εμπλέξει ενεργά ερευνητές, πολιτικούς, βιομηχανίες, μη κυβερνητικές οργανώσεις πολίτες κ.τ.λ. στη διαδικασία της έρευνας και να αναπτύξει την εμπιστοσύνη του κοινού προς τα προϊόντα της επιστήμης και της τεχνολογίας ώστε να καταστεί δυνατή η ομαλή ενσωμάτωσή τους στην κοινωνία (von Schomberg, 2013; Owen, Macnaghten & Stilgoe, 2012)

1.1.5. Η σημαντικότητα της YEK και τα αποτελέσματα της.

Με την εφαρμογή της YEK μπορεί να επέλθει πληθώρα θετικών αποτελεσμάτων. Αρχικά, η YEK συμβάλλει στην επίτευξη θετικών αποτελεσμάτων στη μάθηση, δηλαδή στην δημιουργία περισσότερο εμπλεκόμενων πολιτών σε

ζητήματα έρευνας και καινοτομίας αλλά και στην ανάληψη ευθύνης από υπεύθυνους φορείς και από υπεύθυνα ιδρύματα⁶. Η ΥΕΚ οδηγεί σε εξουσιοδοτημένα και υπεύθυνα άτομα σε όλα τα στοιχεία της έρευνας και της καινοτομίας, τόσο από μεμονωμένους ερευνητές και υπεύθυνους χάραξης πολιτικής όσο και στους εκπαιδευτικούς αλλά και στην κοινωνία γενικότερα. Αυτό βέβαια υποστηρίζεται από οργανωτικές αλλαγές μεγάλης κλίμακας, γεγονός που διαβεβαιώνει ότι η ΥΕΚ εξελίσσεται συνεχώς (European Commission, 2016).

Η ΥΕΚ έχει σαφή οφέλη για την έρευνα και την καινοτομία, καθιστώντας την επιστήμη και την τεχνολογία ηθικά αποδεκτές, βιώσιμες και πιο ωφέλιμες αλλά και επιθυμητές για την κοινωνία³. Η ΥΕΚ προσπαθεί να συμπεριλάβει περισσότερους πολίτες αλλά και περισσότερες φωνές και απόψεις στην έρευνα και την καινοτομία και να κάνει προσαρμοστικές αλλαγές για να το επιτύχει αυτό. Με τον τρόπο αυτό, η ΥΕΚ παράγει αποτελέσματα που είναι αποδεκτά από ηθική άποψη, βιώσιμα και πιο χρήσιμα για την κοινωνία σε βάθος χρόνου (European Commission, 2016).

Τέλος, η ΥΕΚ μπορεί να συμβάλλει στη δημιουργία καλύτερων λύσεων στα κοινωνικά προβλήματα, δηλαδή στις εφτά «Μεγάλες κοινωνικές προκλήσεις» οι οποίες αποτελούν έναν από τους τρεις βασικούς άξονες του Προγράμματος «Horizon 2020³». Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή απαιτεί οι προσπάθειες έρευνας και καινοτομίας που πραγματοποιούνται να συμβάλλουν στην εύρεση λύσεων σε αυτές τις Μεγάλες Προκλήσεις για τη στήριξη της Ευρωπαϊκής πολιτικής.

Η έρευνα και η καινοτομία μπορούν να θεωρηθούν «υπεύθυνες» μόνο εφόσον:

1. Στοχεύουν σε συγκεκριμένα αποτελέσματα,
2. Τηρούνται συγκεκριμένα στοιχεία της διαδικασίας, και τέλος,
3. Υιοθετούνται κάποιες ατζέντες πολιτικής⁷.

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες οι οποίοι έστρεψαν την προσοχή και το ενδιαφέρον των υπευθύνων για την χάραξη πολιτικής, των επιστημόνων, των επιχειρήσεων αλλά και των ατόμων της κοινωνίας προς την Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία. Μερικοί από τους παράγοντες που οδήγησαν στην στάση των ενδιαφερομένων μερών προς τα εκεί, τονίζοντας βέβαια την σημαντικότητα της

⁶ <https://www.rri-tools.eu/el/about-rri>

⁷ <https://www.rri-tools.eu/about-rri>

Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας σήμερα, σύμφωνα με την Sutcliffe (2011) είναι οι εξής:

- Η κινητοποίηση της χρήσης των νέων τεχνολογιών προς όφελος της κοινωνίας.

Οι καινοτομίες στον τομέα της ενέργειας, στους υπολογιστές, στα ηλεκτρονικά ακόμη και στα φάρμακα γίνονται όλο και πιο πολύπλοκες και συνεπώς πιο ενοχλητικές όσον αφορά των αντίκτυπο τους προς την κοινωνία και το περιβάλλον. Οι μεγάλη υπόσχεση των καινοτομιών σε όλους αυτούς τους τομείς υπόσχεται πως μπορεί να βρεθεί λύση σε πολλά από τα σύγχρονα προβλήματα που αντιμετωπίζουμε, με αποτέλεσμα η χρήση τους να είναι περισσότερο επείγουσα καθώς και σημαντική.

- Η μη απώλεια άλλης τεχνολογικής προόδου.

Πολλοί πίστευαν πως η απαγόρευση των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών θα ήταν ένα σημαντικό μειονέκτημα εμποδίζοντας έτσι την Ευρώπη να αποκομίσει σημαντικά οφέλη αυτής της ισχυρής τεχνολογίας, τόσο εμπορικά όσο και στο επίπεδο ανθρώπων αλλά και περιβάλλοντος. Έτσι, η Ευρωπαϊκή επιτροπή αλλά και τα κράτη επέλεξαν να εμπλέξουν σχετικά νωρίς πολίτες σε συζητήσεις που να βασίζονται στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, ιδιαίτερα σε συζητήσεις που να αφορούν την νανοτεχνολογία αλλά και την συνθετική βιολογία, με σκοπό να οικοδομήσουν τις γνώσεις των πολιτών αλλά και την εμπιστοσύνη τους.

- Η αποτροπή μίας ακόμη καταστροφής.

Η χρήση του αμιάντου και των χλωροφθορανθράκων ορισμένοι από τους οποίους εντασσόταν στις γενετικά τροποποιημένες καλλιέργειες είχαν επιβλαβείς επιπτώσεις σε πολλούς οργανισμούς. Οι επιπτώσεις αυτών προκάλεσαν την ανησυχία τόσο των πολιτικών και των επιχειρήσεων όσο και των πολιτών και του κοινού στρέφοντας την προσοχή τους στο πως θα αποφευχθούν τέτοιες βλαβερές συνέπειες στο μέλλον.

- Ο φόβος για ακούσιες συνέπειες.

Ακόμη και οι φαινομενικά επωφελείς καινοτομίες μπορούν να έχουν αρνητικές ανεπιθύμητες συνέπειες, αυτό αποτελεί έναν ισχυρό οδηγό για την ύπαρξη

της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας. Έχει αποδειχθεί πως η πρόβλεψη αλλά και η εκ των προτέρων διαχείριση των αρνητικών συνεπειών προκειμένου να μην υπάρξουν προβλήματα δεν είναι μία εύκολη υπόθεση.

- Ο φόβος μη αναστρέψιμων συνεπειών.

Καθώς οι τεχνολογίες και οι καινοτομίες γίνονται πιο περίπλοκες, είναι και πιο δύσκολες στο να κατανοηθούν από μη ειδικούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο φόβος και η ανησυχία για μη αναστρέψιμες επιπτώσεις, τόσο στον τομέα της υγείας όσο και στον τομέα του περιβάλλοντος, να μεγεθύνεται.

Η ΥΕΚ προσπαθεί να βελτιώσει την πρόβλεψη των προβλημάτων που προκαλούνται από τις καινοτομίες λαμβάνοντας υπόψη ευρύτερα ηθικά, κοινωνικά αλλά και περιβαλλοντικά ζητήματα δημιουργώντας ευέλικτα συστήματα με σκοπό την αντιμετώπιση των συνεπειών που πρόκειται να προκύψουν. Αυτό μερικές φορές ονομάζεται και «Προληπτική Διακυβέρνηση».

- Η απώλεια εμπιστοσύνης και η μεγαλύτερη σημασία του κοινού.

Οι τεχνολογικές καταστροφές που πραγματοποιήθηκαν τα προηγούμενα χρόνια προκάλεσαν την απώλεια εμπιστοσύνης των μελών του κοινού προς τις επιχειρήσεις αλλά και τις κυβερνήσεις σε όλες τις ευρωπαϊκές χώρες. Η δυσπιστία αυτή έχει ωθήσει το κοινό αλλά και τα ενδιαφερόμενα μέρη της κοινωνίας των πολιτών να ενδιαφέρονται αλλά και να αντιδρούν περισσότερο για τον τρόπο που δρουν οι κυβερνήσεις και οι εταιρείες σε ότι αφορά την πρόοδο των καινοτομιών και των τεχνολογιών. Αυτή η έλλειψη εμπιστοσύνης καθιστά δύσκολο τόσο στις κυβερνήσεις όσο και στις επιχειρήσεις να πείσουν τους πολίτες ότι οι επιστημονικές αλλά και οι τεχνολογικές εξελίξεις που χρηματοδοτούν είναι ωφέλιμες προς το δημόσιο καλό και όχι απλώς για το δικό τους οικονομικό όφελος. Έτσι απαιτούνται νέες προσεγγίσεις ώστε να εμπλακούν και να συμμετέχουν όλες οι ομάδες που απαρτίζεται η κοινωνία στη σκέψη τους αλλά και στις επιλογές και αποφάσεις που λαμβάνονται.

Η ΥΕΚ συμβάλλει στην δημιουργία μίας κοινής κατανόησης των συμπεριφορών αλλά και των δράσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, των κυβερνήσεων, των επιχειρήσεων και των ΜΚΟ που είναι η κεντρική ιδέα για την οικοδόμηση της

εμπιστοσύνης του κοινού και των άλλων ενδιαφερόμενων μερών στα ασφαλή και αποτελεσματικά συστήματα των προϊόντων της καινοτομίας.

- Ο παγκόσμιος χαρακτήρας της καινοτομίας.

Οι καινοτομίες και η ανάπτυξη της τεχνολογίας είναι ζήτημα παγκόσμιας εμβέλειας. Καθώς επίσης, είναι πηγή σημαντικού ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος για όλα τα έθνη αλλά και για όλα τα κράτη μέλη της Ευρώπης. Η επίτευξη ισορροπίας μεταξύ της ανάπτυξης και της καινοτομίας με την ανάγκη για αποτελεσματικά, ασφαλή και κατάλληλα προϊόντα αποτελεί πρόκληση για την ΥΕΚ.

- Η ταχύτητα της αλλαγής και η ασταμάτητη πρόοδος.

Τα προϊόντα που χρησιμοποιούμε και ο τρόπος ζωής μας φαίνεται να αλλάζει διαρκώς. Αυτές οι αλλαγές φαίνεται να συμβαίνουν με μεγάλη ταχύτητα και η πρόοδος θεωρείται ασταμάτητη. Ορισμένοι πιστεύουν ότι η μεγάλη ταχύτητα των αλλαγών σημαίνει πως οι κυβερνήσεις αλλά και εμείς ως μέλη της κοινωνίας θα οδηγηθούμε σε λάθος επιλογές. Επιπλέον, άλλοι θεωρούν πως η πρόοδος είναι μια ψευδή και απατηλή ανάγκη ενώ υπάρχουν και αυτοί που πιστεύουν πως η πρόοδος είναι σημαντικό συστατικό της ανάπτυξης και θα μείνουμε σοβαρά μειονεκτικοί από εκείνους οι οποίοι υιοθετούν αυτές τις τεχνολογικές και καινοτόμες αλλαγές πιο εύκολα.

Η ΥΕΚ δεν έχει ως στόχο να αποτελέσει εμπόδιο στην διαδικασία της καινοτομίας αλλά εν αντιθέσει θέλει να αποτελέσει ερέθισμα για την επιτυχία. Η ανάπτυξη πρέπει να είναι βασισμένη στην πραγματική καινοτομία και να ζωντανεύει την βιώσιμη ανάπτυξη αλλά και να εμπλέκει την κοινωνία στη δημιουργία του οράματος της. Η άρθρωση των αξιών της και η διαμόρφωση των προϊόντων της θα επιτρέψει σε όλη την Ευρώπη να αποτελέσει κόμβο καινοτομίας προς όφελος όλων μας.

- Η ΥΕΚ πρέπει να λάβει υπόψη τις κοινωνικές και ηθικές επιπτώσεις.

Όσοι ασχολούνται με την έρευνα αλλά και με την παροχή της ΥΕΚ πρέπει επίσης, να εξετάζουν προσεκτικά το όφελος αλλά και τους κινδύνους των προτεινομένων τους προσεγγίσεων, να αξιολογούν τις πιθανές επιπτώσεις αλλά και την πιθανότητα εμφάνισης αρνητικών συνεπειών. Τέλος, πρέπει να εμπλέξουν τους

δικούς της ενδιαφερόμενους φορείς στην ανάπτυξη αμοιβαία ωφέλιμων λύσεων προς το κοινό συμφέρον χρησιμοποιώντας έτσι μία πιο ολιστική έννοια.

1.2. Η Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία στις Φυσικές Επιστήμες

Ένας από τους έξι τομείς της ΥΕΚ είναι η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες (Science Education). Στόχος αυτού του τομέα είναι να εκπαιδεύσει τους μελλοντικούς ερευνητές και τους κοινωνικούς παράγοντες με τρόπο που θα συμμετέχουν και θα αναλάβουν την ευθύνη στις διαδικασίες έρευνας και καινοτομίας. Η εκπαίδευση στον τομέα της επιστήμης έχει καθοριστικό ρόλο αφενός για την επίτευξη αυτού του στόχου και αφετέρου για την καλύτερη προετοιμασία των μελλοντικών παραγόντων που συντελούν στις διαδικασίες έρευνας και καινοτομίας. Επιπλέον, η εκπαίδευση στις Φυσικές επιστήμες ορίζεται ως "*Δημιουργική εκπαίδευση για την προώθηση των μελλοντικών αναγκών της κοινωνίας*" (Sutcliffe, 2011), εξηγώντας δηλαδή, τον βασικό ρόλο που έχει η επιστήμη για τη δημιουργία του μέλλοντος.

Αν και η εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες κατά την Ευρωπαϊκή Επιτροπή είναι ένας από τους βασικούς τομείς της ατζέντας της ΥΕΚ, δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες και δημοσιεύσεις σε εκπαιδευτικό πλαίσιο. Διαπιστώθηκε ότι οι περισσότερες από τις μελέτες σχετικά με την ΥΕΚ βρίσκονται σε τομείς τεχνολογίας και έρευνας (Bayram-Jacobs, 2015). Υπάρχουν όμως διάφορα έργα που χρησιμεύουν για χρήσιμα εργαλεία και ιδέες εφαρμογής για την ΥΕΚ στην επιστημονική εκπαίδευση. Επίσης, διαπιστώνεται ότι στις μελέτες και τα προγράμματα σχετικά με την ενσωμάτωση της ΥΕΚ στον τομέα της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών, υπάρχουν ορισμένες συνδέσεις με τη φύση της επιστήμης (Nature of Science- NOS), τις έννοιες της επιστήμης και της κοινωνίας και τη διδασκαλία της έρευνας (Bayram-Jacobs, 2015).

Σύμφωνα με τον Bayram- Jacobs (2015) ο οποίος επέλεξε να μελετήσει 6 project στα οποία αναφέρονται εργαλεία, ιδέες υλοποίησης ή εκπαίδευσης για τη διδασκαλία της επιστήμης και την διδασκαλία των εκπαιδευτικών των Φυσικών Επιστημών. Τα project που μελέτησε είναι τα εξής: Scientix, Irresistible, Ark of

Inquiry, RRI Tools, Parrise και το Engage. Τα έργα αυτά είχαν σχέση μόνο με τον τομέα της εκπαίδευσης και έτσι, απέκλεισε τα υπόλοιπα που ενέπλεκαν την ΥΕΚ σε άλλους τομείς εκτός της εκπαίδευσης. Με την μελέτη αυτή στα επιλεγμένα προγράμματα αναφέρονται οι στόχοι από την εφαρμογή της ΥΕΚ στην επιστημονική εκπαίδευση.

Η εμπλοκή της ΥΕΚ στις Φυσικές επιστήμες στοχεύει αρχικά, να υπάρξει επιστημονικός γραμματισμός για τα περισσότερα μέλη της κοινωνίας. Δεύτερον, να γίνει η κοινωνία πιο υπεύθυνη στις διαδικασίες έρευνας και καινοτομίας. Έπειτα, να αυξηθεί το ενδιαφέρον των μαθητών και των πολιτών για τις επιστήμες και τέλος, να υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ έρευνας και κοινωνίας, να εμπλέκεται δηλαδή η κοινωνία στις διαδικασίες έρευνας και καινοτομίας εκφράζοντας τις απόψεις της για τα ζητήματα που μελετώνται (Bayram- Jacobs, 2015).

Κατά την εφαρμογή της ΥΕΚ στην εκπαιδευτική διαδικασία οι δεξιότητες που πρέπει να βελτιωθούν στους μαθητές σύμφωνα με την προσέγγιση της ΥΕΚ είναι η κριτική σκέψη, η επίλυση προβλημάτων, ο προβληματισμός, η υπευθυνότητα καθώς επίσης και η δημιουργική σκέψη των μαθητών. Σύμφωνα με τα αναθεωρημένα προγράμματα σπουδών, αυτές οι πέντε δεξιότητες είναι σημαντικές προκειμένου να γίνει η παρακολούθηση της προσέγγισης της ΥΕΚ στην επιστημονική εκπαίδευση (Bayram- Jacobs, 2015).

Έτσι, οι μαθητές καθώς ασχολούνται με θέματα που αφορούν την ΥΕΚ αναμένεται να:

- Ευαισθητοποιηθούν ως προς τις αξίες και τις ανάγκες της κοινωνίας (Σχέση έρευνας και κοινωνίας)
- Είναι σε θέση να έχουν ενεργό συμμετοχή σε ζητήματα και στην ανάληψη ευθύνης σε ζητήματα που αφορούν την έρευνα και την καινοτομία ως μελλοντικοί πολίτες (υπευθυνότητα στην κοινωνία)
- Αναπτύξουν τον επιστημονικό γραμματισμό τους για θέματα που αφορούν τις καινοτομίες (επιστημονικός γραμματισμός)
- Αυξήσουν το ενδιαφέρον τους και η προσοχή τους για τις Φυσικές Επιστήμες (ενδιαφέρον για τον τομέα τον ΦΕ).

1.2.1. Παιδαγωγικές προσεγγίσεις για την εμπλοκή της ΥΕΚ στις Φυσικές Επιστήμες

Κάτω από το φάσμα της ΥΕΚ, η εκπαίδευση στην επιστήμη επικεντρώνεται στην προώθηση της δέσμευσης των νέων μαθητών με την επιστήμη και στην ενδυνάμωσή τους ως υπεύθυνων και ενεργών πολιτών. Για να επιτευχθεί αυτό, η ενσωμάτωση της ΥΕΚ στην εκπαιδευτική διαδικασία προάγει την κριτική σκέψη, τις δεξιότητες συνεργατικής μάθησης και τον αναστοχασμό σχετικά με την επιστήμη και τις επιστημονικές πρακτικές και την ενσωμάτωση κοινωνικών και δεοντολογικών αρχών στην εκπαιδευτική διαδικασία, όπως είναι για παράδειγμα η ενσωμάτωση των μαθητών ή η κοινωνική σημασία των θεμάτων που διαπραγματεύονται (European Commission, 2012a; Klassen et al., 2014). Η ενσωμάτωση της ΥΕΚ στον τομέα της εκπαίδευσης προετοιμάζει τους μαθητές επίσης για να κάνουν ενημερωμένες και τεκμηριωμένες επιλογές οι οποίες θα είναι ωφέλιμες για το μέλλον της κοινωνίας ολόκληρης⁸.

Επιπλέον, η ΥΕΚ αντιπροσωπεύει έναν όρο ομπρέλα που συγκαλύπτει και επεκτείνει πτυχές από διαφορετικές εκπαιδευτικές τάσεις και προσεγγίσεις που έχουν αποκτήσει πολύ μεγάλη σημασία στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών τις τελευταίες δεκαετίες, όπως αυτές που βασίζονται σε μαθησιακές παιδαγωγικές (Bell, Urhahne, Schanze & Ploetzner, 2010). Ωστόσο, η πλέον χρησιμοποιούμενη και προωθημένη μέθοδος είναι η «Διερεύνηση-βασισμένη στην επιστημονική εκπαίδευση» (Inquiry-Based Science Education - IBSE), (Marques et al., 2014; Minner, Levy, & Century, 2010) ή η δια βίου μάθηση είναι μία από αυτές τις αναδυόμενες προσεγγίσεις που εντάσσονται στο πλαίσιο της ΥΕΚ, λόγω της έμφασης που δίνουν στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των μαθητών και της δημιουργικότητας καθώς επίσης και στις συνεργατικές δεξιότητες και στην αυτονομία της μάθησης (European Commission, 2006).

Υπάρχουν ωστόσο, και άλλες παιδαγωγικές προσεγγίσεις και στρατηγικές που προωθούνται για τον τρόπο εφαρμογής της ΥΕΚ στην εκπαίδευση των Φυσικών επιστημών. Μια άλλη παιδαγωγική προσέγγιση που προωθεί την ΥΕΚ στις Φυσικές Επιστήμες είναι η μάθηση η οποία είναι βασισμένη «στα κοινωνικό-επιστημονικά ζητήματα» (Socio-Scientific Issues - SSI). Έχει επίσης, αναπτυχθεί μια νέα

⁸ <https://www.rri-tools.eu/how-to-stk-ec-integrate-rri-in-secondary-education>

προσέγγιση που ονομάζεται «κοινωνικο-επιστημονική διερεύνηση βασισμένη στη μάθηση» (socio-scientific inquiry based learning- SSIBL) η οποία συνδυάζει τη μάθηση με βάση την διερεύνηση (IBSE) και τη μάθηση η οποία βασίζεται σε κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα (SSI). Επίσης, προτείνεται και «το μοντέλο 5E» (*Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate*) το οποίο και αυτό μπορεί να αποτελεί μία τελευταία προσέγγιση που μπορεί να ενταχθεί η YEK στην διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών καθώς έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορα έργα (Bayram-Jacobs, 2015). Στο πρόγραμμα IRRESISTIBLE για παράδειγμα, το μοντέλο 5E εξελίχθηκε σε μοντέλο 6E εντάσσοντας έτσι μέσα σε αυτό ένα επιπλέον βήμα, δηλαδή την «ανταλλαγή» (Exchange), που περιλαμβάνει την ανάπτυξη μιας έκθεσης από τους μαθητές. Το στάδιο της «ανταλλαγής» προστέθηκε ως τέταρτο στάδιο μετά δηλαδή από την «εξήγηση» και πριν από το στάδιο της «επεξεργασίας» (Bertozzi et al., 2015).

Η Peciuliauskiene (2019) διεξήγαγε μία έρευνα στην οποία μελέτησε πώς οι βασικές ψυχολογικές ανάγκες επηρεάζουν την ενδογενή κινητοποίηση των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στη δραστηριότητα της YEK, σκοπός δηλαδή της έρευνας είναι να αποκαλύψει την επίδραση των βασικών ψυχολογικών αναγκών για την παρακίνηση των μαθητών για την εκμάθηση της επιστήμης στη δραστηριότητα της YEK. Η μελέτη επικεντρώνεται στις μεθόδους διδασκαλίας του IBSL, οι οποίες περιλαμβάνουν επιστημονική έρευνα, ανακάλυψη και μάθηση με βάση το πρόβλημα. Στην παρούσα μελέτη, η εννοιοποίηση των κινήτρων βασίζεται στη θεωρία αυτοπροσδιορισμού (SDT), η οποία επισημαίνει τρεις βασικές ψυχολογικές ανάγκες: την ανάγκη για ικανότητα, την ανάγκη για αυτονομία και την ανάγκη συγγένειας. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας αποκάλυψαν πως υπάρχει επίδραση των βασικών ψυχολογικών αναγκών των μαθητών για το κίνητρο για την εκμάθηση της επιστήμης. Ένα ακόμη αποτέλεσμα που αποκτήθηκε από αυτή τη μελέτη είναι ότι η ανάγκη για ικανότητα και η ανάγκη για κοινωνική συνάφεια (δηλαδή, φοιτητής και δάσκαλος και φοιτητής και επιστήμονας) επηρεάζουν στατιστικά σημαντικά το κίνητρο των μαθητών για τη μάθηση της επιστήμης στη δραστηριότητα της YEK.

Οι Mandrikas, Michailidi, & Stavrou (2019) πραγματοποίησαν μία έρευνα στην οποία μελέτησαν πώς οι μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης προσεγγίζουν βασικές έννοιες της Νανοεπιστήμης- Νανοτεχνολογίας (NET) και σε ποιο βαθμό

μπορούν να προβληματιστούν σχετικά με τα θέματα της ΥΕΚ. Πραγματοποίησαν λοιπόν μία Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ) η οποία επικεντρώνεται στο μέγεθος και την κλίμακα και στην αλλαγή ιδιοτήτων των αντικειμένων στο επίπεδο της νανοκλίμακας με βάση υδροφοβία και υδροφιλικά υλικά, ενώ τα θέματα της ΥΕΚ συζητούνται μεταξύ των μαθητών και του εκπαιδευτικού μέσω άρθρων εφημερίδων καθώς επίσης και με την αλληλεπίδραση των μαθητών με νανοεπιστήμονες από το ερευνητικό κέντρο. Το δείγμα της έρευνας τους αποτελούνταν από 45 μαθητές της ΣΤ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου από την Ελλάδα και συμμετείχαν στη μελέτη κατά τη διάρκεια της ακαδημαϊκής σχολικής χρονιάς 2014-15. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω των φύλλων εργασίας των μαθητών και των συνεντεύξεων με τους μαθητές. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης μπορούν να κατανοήσουν με επιτυχία τις βασικές έννοιες της NET, όπως είναι το μέγεθος και η κλίμακα και οι ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος. Όσον αφορά τις πτυχές της ΥΕΚ, η NET φαίνεται να είναι ένα χρήσιμο πλαίσιο και ένα πολύ βοηθητικό θέμα προκειμένου να ενισχυθούν περισσότερο οι συζητήσεις των μαθητών σχετικά με την Ηθική, την Εμπλοκή του κοινού και την εκπαίδευση στις Φυσικές επιστήμες. Το περιεχόμενο της NET φάνηκε να βοηθάει λιγότερο τους μαθητές προκειμένου να διαπραγματευτούν ζητήματα που σχετίζονται με την Ισότητα των Φύλων, την Ανοικτή Πρόσβαση στα δεδομένα και τις αρχές της διακυβέρνησης.

1.2.2. Ιδέες για την ενσωμάτωση της ΥΕΚ στην εκπαίδευση STEM

Τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα στην Ευρώπη έχουν υλοποιηθεί πολλές προσπάθειες προκειμένου η ΥΕΚ να ενταχθεί στο αναλυτικό πρόγραμμα των σχολείων. Όπως γίνεται φανερό τόσο από τους τομείς της ερευνητικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2013) όσο και από τα σχετικά προγράμματα του Horizon 2020 (Couso et al., 2017) η ΥΕΚ συνδέεται απευθείας με διάφορες πτυχές της εκπαίδευσης STEAM. Η εκπαίδευση STEAM σχετίζεται με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Science Education), της Τεχνολογίας (Technology), της Μηχανικής (Engineering), της Τέχνης (Art) και των Μαθηματικών (Mathematics) στο πλαίσιο μιας διεπιστημονικής προσέγγισης της διδασκαλίας και της μάθησης (Barak & Assal, 2018).

Η συμπερίληψη της προοπτικής της YEK στην εκπαίδευση STEM μπορεί να έχει θετικό αντίκτυπο σε δύο επίπεδα. Αρχικά, στους μαθητές θα αυξήσει το γραμματισμό τους για την εκπαίδευση STEM και θα τους βοηθήσει στο να αναπτύξουν τις δεξιότητες τους προκειμένου να ευαισθητοποιηθούν σχετικά με την YEK, την κατανόηση του πλαισίου της YEK και να είναι σε θέση να συμμετέχουν ενεργά και να εκτιμούν τη σημαντικότητα στις διαδικασίες της YEK. Το δεύτερο επίπεδο αφορά τους μελλοντικούς ερευνητές, στοχεύει δηλαδή να αυξήσει το ενδιαφέρον και την ποικιλομορφία των μαθητών στα πεδία της εκπαίδευσης STEM (ιδιαίτερα στις υποεκπροσωπούμενες ομάδες όπως λχ. γυναίκες και μειονεκτούντες μαθητές), υπογραμμίζοντας την ανθρώπινη διάσταση που προωθεί η προοπτική της YEK στην εκπαίδευση STEM και την ικανότητά τους στην εφαρμογή της διαδικασίας της YEK (με αυξανόμενη πολυπλοκότητα κατά μήκος της εκπαιδευτικής πορείας) (Perelló et al., 2016).

Σύμφωνα με τους Perelló et al. (2016) αναφέρονται δέκα (10) ιδέες που μας βοηθούν να συμπεριλάβουμε την προοπτική της YEK στην εκπαίδευση STEM οι οποίες αναλύονται παρακάτω:

1. Η YEK ανασχηματίζει τι να διδαχθεί στην εκπαίδευση STEM

Τα περιεχόμενα και οι πρακτικές του STEM θα πρέπει να επανεξεταστούν για να περιλάβουν την προοπτική της YEK. Όλα τα περιεχόμενα και οι πρακτικές STEM θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν από την οπτική γωνία της YEK. Ωστόσο, αυτό απαιτεί επανεξέταση τους και εστίαση σε εκείνες τις πτυχές που σχετίζονται με την προοπτική της YEK. Η διαδικασία της YEK απαιτεί νέες πτυχές που να λαμβάνουν υπόψη τις πρακτικές STEM αλλά και νέες έννοιες που θα αναδιαμορφώσουν το περιεχόμενο που θα διδαχθεί στις αίθουσες διδασκαλίας STEM.

Για παράδειγμα, η έννοια της ενέργειας από μόνη της δεν είναι ένα περιεχόμενο που περιλαμβάνει μια οπτική γωνία της YEK, αν και συνεπάγεται, ωστόσο, αρκετές ηθικές (όταν εισάγουμε π.χ. την πυρηνική ενέργεια) και κοινωνικές προκλήσεις (όταν εισάγουμε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας). Εν προκειμένω, επιτρέποντας στους μαθητές να εργαστούν για την παροχή απαντήσεων σε ερωτήματα όπως «Αν και πού πρέπει να βρίσκεται ένα νέο πυρηνικό εργοστάσιο;», το οποίο θα φέρει το περιεχόμενο των ενεργειακών πόρων και της κατανάλωσης ενέργειας σε ένα εύλογο πλαίσιο για την αντιμετώπισή του από την οπτική της YEK.

2. Η YEK προκαλεί τις μεθοδολογίες που πρέπει να χρησιμοποιηθούν στην εκπαίδευση STEM

Η προοπτική της YEK δεν είναι ούτε εκπαιδευτική μεθοδολογία STEM ούτε προωθείται από μόνη της με τη χρήση καινοτόμων εκπαιδευτικών μεθοδολογιών STEM. Οι μέθοδοι διδασκαλίας και εκμάθησης που προωθούν την άμεση εμπειρία των μαθητών στη διαδικασία της YEK θα μπορούσαν να επιτρέψουν την αντιμετώπιση τόσο της ρητής σκέψης σχετικά με τις πτυχές της YEK όσο και της απόκτησης των απαραίτητων ικανοτήτων και δεξιοτήτων για συμμετοχή σε μια διαδικασία της YEK. Ορισμένες μεθοδολογικές προσεγγίσεις για την προώθηση της ενεργού συμμετοχής των μαθητών και την ενσωμάτωση της προοπτικής της YEK στην εκπαίδευση STEM θα μπορούσαν να είναι η εισαγωγή της επιστημονικής εκπαίδευσης των πολιτών στο σχολείο, οι συζητήσεις για τα κοινωνικο-επιστημονικά θέματα και η χρήση αληθινής μάθησης βασισμένης στην διερεύνηση.

Ορισμένες καινοτόμες μεθοδολογίες θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως κατάλληλες προσεγγίσεις για την προώθηση της άμεσης εμπειρίας της YEK, δεδομένου ότι μπορούν να υπάρχουν και πρακτικές που είναι σχετικές με την εκπαίδευση STEM. Παρόλα αυτά, συνεπάγεται η εκούσια συμπερίληψη των απαιτήσεων από τις διαδικασίες της YEK καθώς και η αντιμετώπιση των πυλώνων της σε οποιαδήποτε μεθοδολογία επιλεγθεί να χρησιμοποιηθεί.

3. Η εκμάθηση της YEK ζητά εμπειρίες από πρώτο χέρι

Η εκμάθηση των διαδικασιών της STEM και η STEM από την οπτική γωνία της YEK υποδηλώνει ότι αυτές οι ιδέες και οι ικανότητες πρέπει να είναι πεπειραμένες από πρώτο χέρι στη διδασκαλία και τη μάθηση. Με βάση τις γνώσεις σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο μαθαίνουν οι άνθρωποι, είναι εξίσου σημαντικό να αναγνωριστεί πώς πρέπει να πραγματοποιηθούν η έρευνα και η καινοτομία από την οπτική γωνία της YEK καθώς και να βρεθεί μια ερευνητική διαδικασία που να ταιριάζει με το πρότυπο της YEK αλλά και να αντανακλά με τα χαρακτηριστικά της. Οι εκπαιδευτικοί που επιδιώκουν να συμπεριλάβουν την προοπτική της YEK στην τάξη STEM θα πρέπει να διευκολύνουν καταστάσεις στις οποίες οι μαθητές μπορούν να βιώσουν από μόνοι τους με ποιο τρόπο εμπεριέχεται η συνεργατική συμμετοχή σε μια ερευνητική διαδικασία (είτε πραγματική είτε προσαρμοσμένη στο σχολικό πλαίσιο) και πως να αντικατοπτρίζουν μεταγνωστικά μια τέτοια διαδικασία (οι ομοιότητες και οι διαφορές της με πραγματική έρευνα, για παράδειγμα).

4. Η YEK χρειάζεται ρητό και κριτικό αναστοχασμό στις τάξεις της STEM

Είναι απαραίτητο να δοθεί περιθώριο για ρητό προβληματισμό σχετικά με την αξία και τους περιορισμούς της YEK όσον αφορά την εκμάθηση τους περιεχομένου της αλλά και την εκμάθηση του STEM. Είναι απαραίτητο να δοθεί περιθώριο ώστε να γνωστοποιηθούν οι πρακτικές του STEM αλλά και το STEM γενικά για να εξεταστούν ρητά, οι αξίες και οι περιορισμοί της YEK.

Οι μαθητές χρειάζονται βοήθεια προσπαθώντας να κάνουν τη σύνδεση μεταξύ των ιδεών και της εμπειρίας τους και των ιδεών της YEK. Αυτό δεν συνεπάγεται μόνο το σχεδιασμό και την υλοποίηση πλούσιων πλαισίων και δραστηριοτήτων για την ενσωμάτωση της προοπτικής της YEK, των απαιτήσεων διεργασίας και των πυλώνων (π.χ. πρόταση μεικτών ομάδων φύλου σε ένα έργο STEM στην τάξη), αλλά χρειάζεται ρητή αναφορά στα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που έχουν σχέση με την προοπτική της YEK και πώς αυτά μπορούν να συνδεθούν με την πραγματική δραστηριότητα έρευνας και καινοτομίας (μπορεί να γίνει δηλαδή μία συζήτηση με τους μαθητές, για το όφελος της προσέγγισης του φύλου, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αλλά και την σημαντικότητα του άξονα του φύλου στα αποτελέσματα κάποιου έργου). Η προώθηση αυτού του προβληματισμού μεταξύ των μαθητών από μια κρίσιμη οπτική γωνία θα μπορούσε επίσης να συμβάλει στην κριτική σκέψη τους.

5. Το κίνητρο είναι το κλειδί για την πρακτική της YEK στην εκπαίδευση STEM

Το κίνητρο των μαθητών είναι ένα βασικό εκπαιδευτικό στοιχείο που είναι ζωτικής σημασίας τόσο για τη σχολική πρακτική της YEK όσο και για τη μάθηση STEM. Η ενσωμάτωση μη συμβατικών μαθησιακών περιβαλλόντων, τόσο στην επίσημη όσο και στην ανεπίσημη εκπαίδευση, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να ενισχύσει τα αρχικά κίνητρα για την εκπαίδευση STEM μέσα από την οπτική γωνία της YEK. Οι μαθητές προσελκύονται από νέες καταστάσεις όπου ισχυρά εργαλεία όπως οι αφηγήσεις, το παιχνίδι, η αισθητική και η υψηλή τεχνολογία, μεταξύ άλλων, χρησιμοποιούνται σε ένα χαλαρωτικό περιβάλλον όπου μπορεί να πραγματοποιηθεί η μάθηση STEM, αλλά δεν είναι αντιληπτή ως ο μοναδικός στόχος. Αυτά τα περιβάλλοντα παρέχουν επίσης την ευκαιρία σε άλλους επαγγελματίες εκτός από εκπαιδευτικούς να έρχονται σε στενή επαφή με τους μαθητές.

6. Το φύλο αποτελεί ένα θέμα στη διδασκαλία της STEM

Η εισαγωγή της διάστασης του φύλου σε μία τάξη με μαθήματα επιστήμης συνεπάγεται βαθιές αλλαγές τόσο στο περιεχόμενο διδασκαλίας όσο και στον τρόπο διδασκαλίας. Η εισαγωγή της διάστασης του φύλου στην εκπαίδευση STEM είναι μια

πολύπλοκη πρόκληση. Υπάρχουν περιορισμένοι εκπαιδευτικοί που συνειδητοποιούν τη σημαντικότητα της χρήσης μιας γλώσσας ουδέτερης ως προς το φύλο και την σημαντικότητα ύπαρξης μίας ισορροπίας μεταξύ των φύλων στην οργάνωση των ομάδων των μαθητών μέσα σε μία τάξη διδασκαλίας. Η ενσωμάτωση της προοπτικής του φύλου φαίνεται ότι είναι μεγάλο πρόβλημα και δεν μπορεί να λυθεί με απλές αλλαγές.

7. Η «ενσωμάτωση» είναι η κινητήρια δύναμη της μάθησης STEM

Η προοπτική της «ενσωμάτωσης» της ΥΕΚ αποσκοπεί στην κοινωνική ένταξη και η ένταξη έχει αποδειχθεί ισχυρή κινητήρια δύναμη για την κινητοποίηση της μάθησης STEM, καθώς αντιμετωπίζονται καλύτερα οι κοινές κοινωνικές προκλήσεις. Η ΥΕΚ στοχεύει στο να υπάρχει ποικιλομορφία των φωνών. Οι κοινότητες έρευνας και καινοτομίας πρέπει να συμπεριλάβουν όλες τις απόψεις των ατόμων πράγμα που θα μπορούσε να βοηθήσει στην πρόβλεψη, τον αναστοχασμό αλλά και την απάντηση σε κάθε κίνδυνο ή πρόκληση που αντιμετωπίστηκε κατά τη διαδικασία έρευνας και καινοτομίας.

8. Η ΥΕΚ χρειάζεται μια συστημική προσέγγιση που ξεπερνά τα επιστημονικά πεδία STEM.

Η συγχώνευση των επιστημονικών κλάδων STEM και STEAM μεταξύ τους αλλά και με τις τέχνες και τις ανθρωπιστικές επιστήμες είναι ιδιαίτερα πλούσια σενάρια για την εισαγωγή της προοπτικής της ΥΕΚ δίνοντας έμφαση στον συστημικό χαρακτήρα της. Παρά το γεγονός ότι η ΥΕΚ συνδέεται συνήθως με επιστημονικούς και τεχνολογικούς τομείς και συνεπώς σχετίζεται κυρίως με την εκπαίδευση STEM, η προοπτική της περιλαμβάνει ανησυχίες για δραστηριότητες έρευνας και καινοτομίας σε άλλους τομείς, όπως η κοινωνική και ανθρωπιστική έρευνα. Η συμπερίληψη αυτών των άλλων περιοχών με ολοκληρωμένο τρόπο στην εκπαίδευση STEM εξυπηρετεί διάφορους στόχους. Όπως, για παράδειγμα, η αύξηση κινήτρων προς τα μαθήματα STEM από μαθητές που έχουν κλίση προς τις τέχνες. Ακόμη μπορεί να προωθήσει τη δημιουργικότητα των διάφορων επιστημονικών κλάδων. Τέλος, βοηθάει τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν πως το STEM και ο καλλιτεχνικός και ανθρωπιστικός κλάδος δεν είναι κάτι αντίθετο και μπορούν αυτά να συνδεθούν μεταξύ τους, χωρίς απαραίτητα να απομονώνουν τον εαυτό τους σε ένα μόνο από αυτά.

9. Η «διαφάνεια» και η «ανοιχτότητα» πρέπει να είναι οι νέοι πολιτισμοί στην εκπαίδευση STEM

Οι μαθητές πρέπει να αντιληφθούν την μεγάλη σημασία που έχει η ανοικτή πρόσβαση στην επιστημονική διαδικασία με στόχο το να υιοθετηθεί μία κουλτούρα ανταλλαγής γνώσεων, απόψεων αλλά και συν-οικοδόμησης. Η προώθηση της ανταλλαγής γνώσεων και των διαδικασιών συν-οικοδόμησης όπως για παράδειγμα το άνοιγμα της έρευνας σε άλλους ερευνητές και γενικότερα στους ανθρώπους αποτελεί βασικό πυλώνα της ΥΕΚ. Η «ανοιχτότητα» και η «διαφάνεια» απαιτούνται για τους σημερινούς ερευνητές, τους δημόσιους οργανισμούς αλλά και πιθανότατα θα απαιτούνται και από τις εταιρείες στο μέλλον. Αυτές οι αξίες πρέπει να συμπεριληφθούν στην εκπαίδευση STEM, έτσι ώστε οι μελλοντικοί πολίτες να είναι «ερευνητές», δηλαδή όχι μόνο καταναλωτές αλλά και παραγωγοί της διαδικασίας της έρευνας και της καινοτομίας. Τέτοιες απαιτήσεις πρέπει να ληφθούν υπόψη στην εκπαίδευση STEM, παρόλο που έχουν αρκετούς περιορισμούς και ζητούν πρόσθετη προσπάθεια για την οικοδόμηση των γνώσεων των μαθητών.

Επιπλέον, η διευκόλυνση της πρόσβασης στη γνώση και τα δεδομένα θα πρέπει να γίνεται εντός των ορίων και των συστάσεων μιας δεοντολογικής προσέγγισης της έρευνας. Με άλλα λόγια, η ανωνυμία των δεδομένων των λαών είναι πιο σημαντική από τη διάθεση τέτοιων δεδομένων σε άλλους. Παρά τους τρόπους συμβατότητας τόσο με τις απαιτήσεις ανοικτής πρόσβασης όσο και με την ηθική, οι μαθητές πρέπει να κατανοήσουν ότι υπάρχουν συμβιβασμοί που περιορίζουν αυτό που μπορούμε να κάνουμε ακόμη και αν είναι για καλούς λόγους.

10. Η εκπαίδευση STEM από την οπτική του RRI πρέπει να αντιμετωπίσει την αβεβαιότητα ως μέρος του μέλλοντός μας

Η εκπαίδευση STEM θα πρέπει να προετοιμάσει τους μαθητές να αντιμετωπίσουν τις μεταβαλλόμενες συνθήκες, τις νέες ιδέες και τις διαφορετικές αξίες, όταν προωθούν την ανταπόκριση και την ικανότητά τους για προσαρμοστικές αλλαγές που απαιτούνται στις διαδικασίες της ΥΕΚ.

Μία από τις κύριες ανησυχίες της εκπαίδευσης είναι να μπορεί να βοηθάει τους μαθητές να αντιμετωπίζουν τις προκλήσεις που θέτει ο ταχέως μεταβαλλόμενος κόσμος μας. Στην πραγματικότητα, μια από αυτές τις προκλήσεις είναι να προετοιμαστούν για να συμμετάσχουν ενεργά στις διαδικασίες της ΥΕΚ, είτε ως πολίτες είτε ως ερευνητές, προκειμένου να ανταποκριθούν στις ανάγκες της κοινωνίας μας. Από την άποψη αυτή, η τοποθέτηση των μαθητών μπροστά σε ιδανικά

προβλήματα που έχουν προ-σχεδιασθεί για να αντιμετωπιστούν στα σχολεία δεν τους βοηθά να αναπτύξουν τις ικανότητες για να σκεφτούν διάφορες λύσεις λαμβάνοντας υπόψη διάφορες ιδέες. Οι μαθητές πρέπει να διδάσκονται σε περιβάλλοντα τα οποία είναι εξομοιωμένα σε πραγματικές καταστάσεις, αντιμετωπίζοντας έτσι καταστάσεις στις οποίες πρέπει να οξύνουν τον προβληματισμό και να μπορούν να ενεργούν σύμφωνα με τις απαιτήσεις της διαδικασίας της ΥΕΚ όπως είναι η «πρόβλεψη», η «ένταξη του κοινού» και, φυσικά, η «ανταπόκριση και η προσαρμοστική αλλαγή». Στην εκπαίδευση STEM, τα κοινωνικό-επιστημονικά ζητήματα μπορούν να βοηθήσουν καθώς είναι συγκεκριμένα πλαίσια που βοηθούν τους μαθητές να αναπτύξουν την ανταπόκρισή τους και την ικανότητά τους για προσαρμοστικές αλλαγές.

1.2.3. Η σύνδεση της διδασκαλίας της Νανοτεχνολογίας με την Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία στην εκπαίδευση

Σύμφωνα με τους Jones et al. (2013) διάφοροι μελετητές επικεντρώνουν την προσοχή τους στη διεπιστημονική εκπαιδευτική προσέγγιση STEAM η οποία οδηγεί σε συζητήσεις που σχετίζονται με την ενσωμάτωση της Νανο-Επιστήμης και Νανο-Τεχνολογίας (N-ET) στα σχολικά προγράμματα Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η N-ET αποτελεί ένα νέο επιστημονικό πεδίο έρευνας και ανάπτυξης το οποίο έχει παρουσιάσει ραγδαία εξέλιξη παγκοσμίως τις τελευταίες δύο δεκαετίες (Dorouka, Papadakis & Kalogiannakis, 2020b). Στο συγκεκριμένο πεδίο συνδυάζονται γνώσεις από διάφορα επιστημονικά πεδία, όπως των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής, της Τέχνης και των Μαθηματικών. Για αυτόν τον λόγο πολλοί ερευνητές όπως οι Jones et al. (2013) και Lin et al. (2015), εστιάζουν στην κατανόηση της N-ET ως ένα πραγματικό διεπιστημονικό πεδίο που μπορεί να ενισχύσει τις αντιλήψεις των παιδιών για τη διασύνδεση της φύσης με διαφορετικούς τομείς της γνώσης, όπως είναι για παράδειγμα Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική, την Τέχνη και τα Μαθηματικά (STEAM).

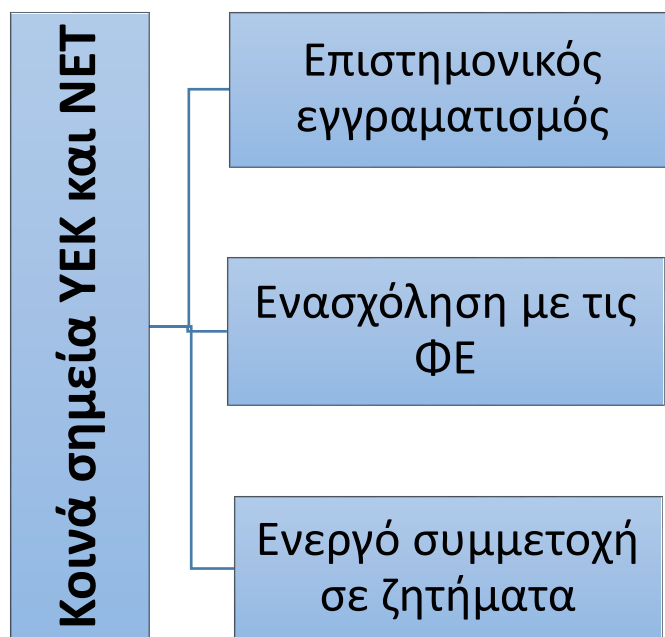
Ο μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης που βασίζεται στην N-ET είναι ιδιαίτερης σημασίας για τα παιδιά (Dorouka, Papadakis & Kalogiannakis, 2020b; Mandrikas, Michailidi & Stavrou, 2019) εξαιτίας της διεπιστημονικής της φύσης, καθώς και των αξιοσημείωτων εφαρμογών της (Stevens, et al., 2009). Η N-ET

αποτελεί μια τεχνολογία αιχμής αυτός είναι ένας βασικός λόγος που συμβάλει στην ανάπτυξη ενός μαθησιακού περιβάλλοντος που θα έχει νόημα και σημασία για τα παιδιά, δηλαδή θα σχετίζεται με τις προηγούμενες εμπειρίες τους και τα προσωπικά τους βιώματα και θα τους εντείνει το ενδιαφέρον ώστε να στρέφονται προς αυτήν την κατεύθυνση στο επίπεδο του επαγγελματικού τους προσανατολισμού (Σπύρτου κ.α., 2018). Κατά συνέπεια, η προσέγγιση της N-ET στην εκπαίδευση παιδιών (Σπύρτου κ.α., 2018) μπορεί να ενθαρρύνει τους μαθητές να ενασχοληθούν με θεμελιώδη στοιχεία της και να τους προτρέψει να εργαστούν μελλοντικά ως επαγγελματίες στον εν λόγω χώρο (Dorouka, Papadakis & Kalogiannakis, 2020b).

Περνώντας τώρα στην σύνδεση της YEK με την N-ET, η YEK μπορεί να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να υπάρξει διαπραγμάτευση των κοινωνικών επιπτώσεων της N-ET θεωρώντας ότι η ενσωμάτωση τέτοιων θεμάτων στα σχολικά αναλυτικά προγράμματα μπορεί να είναι χρήσιμη και να ωφελήσει την ηθική αλλά και κοινωνική ανάπτυξη των μαθητών (Owen, Macnaghten & Stilgoe, 2012; Sgouros & Stavrou, 2019). Στο πλαίσιο της προσέγγισης βασικών εννοιών της N-ET τα παιδιά μπορούν να προβληματιστούν με θέματα που αφορούν σε αρχές της YEK και μέσω αυτού να διευκολυνθεί η κατανόηση αυτών των εννοιών. Το πλαίσιο της Νανοτεχνολογίας όπως διαφαίνεται είναι ζωτικής σημασίας για την υλοποίηση του πλαισίου βασικών αρχών της YEK (Sgouros & Stavrou, 2019).

Τα σύγχρονα επιστημονικά θέματα, όπως είναι αυτό της N-ET για το οποίο γίνεται λόγος, είναι από τη φύση τους διαφορούμενα καθώς περιλαμβάνουν ζητήματα που συνήθως έχουν μία αμφιλεγόμενη διάσταση καθώς επίσης μπορούν να υποκινούν συζητήσεις για τις κοινωνικές τους συνέπειες (Levison, 2006). Επομένως, τα θέματα αυτά αποτελούν το καταλληλότερο πλαίσιο για τη διαπραγμάτευση κοινωνικών επιστημών στα μαθήματα Φυσικών Επιστημών (Sgouros & Stavrou, 2019). Προκειμένου να αυξηθεί η κινητικότητα και το ενδιαφέρον των παιδιών για την επιστήμη χρειάζεται να γίνει η ενσωμάτωση των κοινωνικοοικονομικών θεμάτων στα σχολικά μαθήματα καθώς αυτό καθιστά το περιεχόμενο πιο βατό και σχετικό με την καθημερινότητα τους. Επίσης, τα συγκεκριμένα θέματα βοηθούν στην διαδικασία λήψης των αποφάσεων των παιδιών σχετικά με τα κοινωνικά διλήμματα που συνδέονται με επιστημονικές αλλά και τεχνολογικές καινοτομίες (Blonder, Zemler & Rosenfeld, 2016; Sgouros & Stavrou, 2019).

Κατά συνέπεια, η εισαγωγή θεμάτων της ΥΕΚ στις Φυσικές Επιστήμες φαίνεται πως μειώνει την απόσταση μεταξύ της επιστήμης και της κοινωνίας και συμβάλλει στην διαμόρφωση ενεργών αλλά και κριτικά σκεπτόμενων πολιτών. Για αυτόν τον λόγο έχει μεγάλη σημασία η επιλογή θεμάτων αιχμής στη συζήτηση περί των αρχών της ΥΕΚ, προκειμένου να εξαλειφθεί ο αντίκτυπος των ζητημάτων των ειδικών χαρακτηριστικών της Ν-ΕΤ.



Σχήμα 1: Κοινά σημεία από την εκπαιδευτική αξία της ΥΕΚ και του περιεχομένου της ΝΕΤ όπως αυτά προκύπτουν από την μελέτη της βιβλιογραφίας

1.3. Εισαγωγή στη Νανοεπιστήμη- Νανοτεχνολογία (N-ET)

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια τεχνολογική “έκρηξη” στον τομέα της Νανοτεχνολογίας, καθώς αυτή έχει χαρακτηριστεί ως η επόμενη «βιομηχανική επανάσταση» εξαιτίας των νέων εργαλείων αλλά και των προϊόντων που έχουν παραχθεί με ταχύτατους ρυθμούς με σκοπό την όσο το δυνατόν καλύτερη διαχείριση υλικών με μέγεθος νανοκλίμακας (Schwab, 2016; Jones et al., 2013; Kumar & Kumbhat, 2016; National Science Technology Council, 2000). Τα προϊόντα αλλά και οι εφαρμογές της N-ET μέχρι πρόσφατα υπήρχαν μόνο στο πεδίο της επιστημονικής φαντασίας (Jones et al., 2013). Ως συνέπεια, η Νανοτεχνολογία προσδοκάτε να επηρεάσει τα επόμενα χρόνια όλους τους τομείς μιας κοινωνίας, αλλάζοντας ριζικά τον τρόπο με τον οποίο ζούμε σήμερα (Varadan et al., 2010). Για να γίνει ωστόσο κατανοητή η συμβολή της στον κόσμο, αξίζει να μελετηθεί η απαρχή και εξέλιξή της.

Η Νανοτεχνολογία (Nanotechnology) και Νανοεπιστήμη (Nanoscience), στο εξής θα αναφέρεται με τον όρο N-ET, είναι ένας διεπιστημονικός κλάδος διότι μπορεί να συνδυάζει διάφορες επιστήμες όπως είναι η φυσική, η χημεία, η επιστήμη των υλικών και η επιστήμη της μηχανικής. Σχετίζεται δηλαδή με την επιστήμη, τη μηχανική αλλά και την τεχνολογία στη νανοκλίμακα, δηλαδή στην κλίμακα πτυχών από 1 έως 100 νανομέτρων (nm)⁹.

1.3.1. Ιστορική εξέλιξη της Νανοεπιστήμης- Νανοτεχνολογίας

Η πρώτη επιστημονική αναφορά στη N-ET, χωρίς τη χρήση του όρου, υπονοώντας αυτόν βέβαια, έγινε από τον Richard Feynman, τον πατέρα της Νανοτεχνολογίας όπως αναφέρεται, το Δεκέμβριο του 1959 κατά την διάρκεια της ετήσιας συνάντησης της Αμερικανικής Κοινότητας Φυσικών. Η συγκεκριμένη ομιλία είχε τίτλο “There’s Plenty of Room at the Bottom”. Κεντρικός άξονας της ομιλίας του Feynman ήταν η διαχείριση και ο έλεγχος πραγμάτων σε μικρή κλίμακα καθώς επίσης, αναρωτήθηκε τι θα γινόταν αν μπορούσαμε τα ταξινομήσουμε τα άτομα ένα προς ένα με τον τρόπο που εμείς επιθυμούμε (Murty, Shankar, Raj, Rath & Murday, 2013a; Winkelmann & Bhushan, 2016a).

⁹ http://nn.physics.auth.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=303%3A2013-11-05-14-19-06&catid=68%3A2010-09-03-21-09-19&Itemid=96&lang=el

Το 1974, λίγα χρόνια αργότερα ο Norio Taniguchi εισήγαγε τον όρο «Νανοτεχνολογία», αναπτύσσοντας τις ιδέες του Feynman, σ' ένα άρθρο που είχε τον τίτλο “On the Basic Concept of Nano-Technology” (Allhoff et al., 2010). Στο εν λόγω κείμενο, η Νανοτεχνολογία, αναφέρεται ως μια τεχνολογία, η οποία κατασκευάζει υλικά στην κλίμακα των νανόμετρων, έχοντας ως στόχο την υψηλού επιπέδου ακρίβεια και τις ιδιαίτερα λεπτές πτυχές αυτών των υλικών.

Ο Eric Drexler, 12 χρόνια αργότερα το 1986 στο βιβλίο του με τίτλο “Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology”, χρησιμοποίησε έναν όρο που αργότερα έγινε γνωστός ως «μοριακή νανοτεχνολογία». Έκανε λόγο δηλαδή για μια νέα τεχνολογία, η οποία θα ήταν αποτέλεσμα λογικών διατάξεων των ατόμων ενός αντικειμένου σε λειτουργικές δομές. Η νανοτεχνολογία δηλαδή περιγράφεται ως μία τεχνολογία που ήταν βασισμένη σε μοριακούς «συναρμολογητές» (assemblers), (Allhoff et al., 2010; Kumar & Kumbhat, 2016; Varadan, Pillai, Mukherji, Dwivedi & Chen, 2010).

Όπως προέκυψε από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, οι τρεις αυτοί ερευνητές προσέφεραν ιδέες οι οποίες υλοποιήθηκαν στην πορεία των χρόνων, προωθώντας την ανάπτυξη των τεχνολογικών επιτευγμάτων. Οι ερευνητές αυτοί χαρακτηρίζονται ως τους θεμελιωτές της Νανοτεχνολογίας. Υπήρξε όμως ένας ακόμη ερευνητής, ο Herbert Gleiter, ο οποίος δημιούργησε στα τέλη της δεκαετίας του 1970 μια νέα κατηγορία υλικών, τα ονομαζόμενα νανο-κρυσταλλικά υλικά και παρήγαγε το 1989 μια νέα τάξη μη κρυσταλλικών στερεών, συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό και ο Gleiter στην ανάπτυξη και προώθηση της Νανοτεχνολογίας, (Nordmann, 2009).

1.3.2. Ορισμοί για τη N-ET

Η λέξη «Νανοτεχνολογία» είναι σύνθετη, όταν το πρόθεμα «νάνο-» υπάρχει σε σύνθετες λέξεις και χρησιμοποιείται ως πρώτο συνθετικό, προσδίδει την έννοια του μικροσκοπικού σε αυτό που εκφράζει το β' συνθετικό της λέξης¹⁰, δηλαδή στην συγκεκριμένη περίπτωση αντιπροσωπεύει μία «μικροσκοπική τεχνολογία». Η λέξη «νάνο-», προέρχεται από την ελληνική λέξη νάνος, που χαρακτηρίζει έναν άνθρωπο ο

¹⁰ Πύλη για την ελληνική γλώσσα: http://www.greek-language.gr/greekLang/modern_greek/tools/lexica/triantafyllides/search.html?lq=%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%BF&dq

οποίος έχει μέγεθος σημαντικά μικρότερο από εκείνο ενός κοινού και συνηθισμένου ανθρώπου ή αντιπροσωπεύει κάτι πολύ μικρό (Murty et al., 2013a). Μπορεί επίσης να δηλώνει «μονάδα μέτρησης ενός φυσικού μεγέθους»¹¹. Στο διεθνές σύστημα μονάδων μέτρησης, εκφράζει το ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου (0.000 000 001), (Murty et al., 2013a; Allhoff et al., 2009a).

Παρά το γεγονός της ραγδαίας ανάπτυξης που γνωρίζει η N-ET τις τελευταίες δεκαετίες, δεν υπάρχει ακόμη στην διεθνή βιβλιογραφία ένας ενιαίος αλλά και κοινά αποδεκτός ορισμός για την N-ET (Unesco, 2006). Οι ορισμοί για την N-ET μπορούν να ποικίλλουν ανάλογα με το πλαίσιο στο οποίο χρησιμοποιείται αλλά και ανάλογα με τον συγγραφέα που την χρησιμοποιεί (Hingant & Albe, 2010).

Σύμφωνα με τους Kumar & Kumbhat (2016) στο βιβλίο τους με τίτλο “Essentials of Nanoscience and Nanotechnologies” δίνονται ξεχωριστοί ορισμοί για την έννοια της Νανοεπιστήμης και της Νανοτεχνολογίας. Έτσι, η Νανοεπιστήμη ορίζεται ως εξής:

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

Ο ορισμός που δίνεται για την Νανοτεχνολογία από τους Kumar & Kumbhat (2016), στο ίδιο βιβλίο, είναι ο εξής:

¹¹Πύλη για την ελληνική γλώσσα: http://www.greek-language.gr/greekLang/modern_greek/tools/lexica/triantafyllides/search.html?lg=%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%BF&dq

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

Ο Roco (2011) σε επιστημονικό άρθρο του, το οποίο αναφερόταν στην μακροχρόνια ανάπτυξη της Νανοτεχνολογίας, αναφέρει έναν ορισμό όπως αυτός παρατίθεται παρακάτω:

«Η νανοτεχνολογία είναι η δυνατότητα ελέγχου και ανοικοδόμησης της ύλης σε ατομικά και μοριακά επίπεδα, σε ένα εύρος περίπου από 1-100 nm, και [η δυνατότητα] εκμετάλλευσης των διακριτών ιδιοτήτων που συμβαίνουν σε αυτή τη κλίμακα, σε σύγκριση με τη συμπεριφορά που εμφανίζουν μεμονωμένα άτομα ή μόρια ή υλικά στη μακροκλίμακα (bulk). Στόχος είναι η δημιουργία υλικών, συσκευών και συστημάτων με θεμελιακά νέες ιδιότητες και λειτουργίες από την κατασκευή της μικρής δομής του. Αυτά είναι τα τελικά σύνορα για την οικονομική αλλαγή των ιδιοτήτων υλικών και η πιο αποτελεσματική κλίμακα μήκους για την κατασκευή και τη μοριακή ιατρική. Οι ίδιες αρχές και εργαλεία ισχύουν σε διαφορετικούς τομείς και μπορούν να συμβάλουν στη δημιουργία μιας ενοποιητικής πλατφόρμας για την επιστήμη, τη μηχανική και την τεχνολογία στη νανοκλίμακα. Η μετάβαση από τη συμπεριφορά ενός ατόμου ή μορίων στη συλλογική συμπεριφορά ατομικών και μοριακών συναρμολογήσεων συναντάται στη φύση και η νανοτεχνολογία εκμεταλλεύεται αυτό το φυσικό όριο».

Σύμφωνα με το Royal society and the Royal Academy of Engineering, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2004) παρέχει επίσης, ένα ορισμό για την N-ET, ορίζοντας την Νανοεπιστήμη και την Νανοτεχνολογία ως εξής:

«Οι νανοεπιστήμες και οι νανοτεχνολογίες αφορούν την μελέτη φαινομένων και το χειρισμό των υλικών σε ατομική, μοριακή και μακρομοριακή

κλίμακα, όπου οι ιδιότητες διαφέρουν σημαντικά από αυτές που παρατηρούνται σε μεγάλη κλίμακα» (Filipponi & Sutherland, 2013).

Το National Nanotechnology Initiative των ΗΠΑ (2001) παρέχει επίσης έναν ορισμό για την νανοτεχνολογία, χαρακτηρίζοντας την ως εξής:

«Η νανοτεχνολογία είναι η κατανόηση και ο έλεγχος της ύλης σε πτυχές περίπου από 1 έως 100 νανόμετρα, όπου μοναδικά φαινόμενα επιτρέπουν νέες εφαρμογές. Συμπεριλαμβανομένης της επιστήμης της νανοκλίμακας, της μηχανικής και της τεχνολογίας, η νανοτεχνολογία περιλαμβάνει την απεικόνιση, τη μέτρηση, τη μοντελοποίηση και το χειρισμό θεμάτων σε αυτό το μήκος της κλίμακας».

Κοινό σημείο μεταξύ των παραπάνω ορισμών που παρατέθηκαν φαίνεται να είναι, μια περιοχή με εύρος πτυχών από 1 έως 100 νανόμετρα (nm) περίπου, όπου πραγματοποιείται η αλλαγή των ιδιοτήτων των υλικών (Ghaffas & Carver, 2012). Αυτές οι πτυχές ορίζουν την λεγόμενη «Νανοκλίμακα» η οποία αποτελεί συνέχεια της μακροκλίμακας και μικροκλίμακας (Sakhnini & Blonder, 2015; Jones et al., 2013; Roco, 2011).

Ως μονάδα μέτρησης, στη «Νανοκλίμακα», χρησιμοποιούνται τα νανόμετρα. Με τον όρο «Νανοκλίμακα», μπορούμε να αναφερθούμε σε μια κλίμακα μεγέθους ή μήκους των υλικών. Η νανοκλίμακα ουσιαστικά, αποτελεί τον βασικό πυλώνα πάνω στον οποίο εφαρμόζεται και βρίσκει έδαφος η Νανοτεχνολογία. Για να μπορέσουμε να εντάξουμε ένα αντικείμενο στην κλίμακα αυτή, πρέπει το αντικείμενο αυτό να τηρεί κάποιες προϋποθέσεις, όπως είναι για παράδειγμα ότι το ύψος, το πλάτος ή το μήκος, μια δηλαδή από τις τρεις πτυχές του αντικειμένου αυτού, θα πρέπει να είναι λιγότερο από 100 νανόμετρα (Allhoff et al., 2009a; Varadan et al., 2010). Οι πτυχές αυτές του αντικειμένου είναι που καθιστούν τις διάφορες ιδιότητες της ύλης να είναι διαφορετικές από εκείνες που υπάρχουν σε μεγαλύτερο επίπεδο, προσδίδοντας τους έτσι μια ιδιαίτερη σημασία (Winkelmann & Bhushan, 2016a).

Ένα δεύτερο κοινό σημείο που φαίνεται να υπάρχει μεταξύ των παραπάνω ορισμών είναι το γεγονός ότι υπάρχει μία ισχυρή σύνδεση μεταξύ του μεγέθους και της ιδιότητας των υλικών. Με απλά λόγια, η N-ET εκμεταλλεύεται την αλλαγή των ιδιοτήτων των υλικών εξαιτίας του μικρού μεγέθους τους. Σύμφωνα

με τον Hochella (2002) αυτό μπορεί να θεμελιώνει την επιστημονική αλλά και τεχνολογική διάσταση της N-ET.

1.3.3. Οι μοναδικές ιδιότητες της νανοκλίμακας

Όπως αναφέρουν οι Taylor, Jones, & Pearl (2008) τα υλικά τα οποία ανήκουν στη νανοκλίμακα διακρίνονται για τρεις χαρακτηριστικές ιδιότητες τις οποίες διαθέτουν. Οι ιδιότητες αυτές είναι η προσκόλληση (sticky), η τραχύτητα (bumpiness), και η συνεχής κίνηση (shaky). Οι πρωτότυπες αλλά και μοναδικές ιδιότητες των υλικών αυτών οφείλονται κυρίως σε δυο βασικές αιτίες, δηλαδή τον υψηλό λόγο της επιφάνειας προς τον όγκο (S/V) και την επίδραση των κβαντικών φαινομένων σε αυτά (Kumar & Kumbhat, 2016).

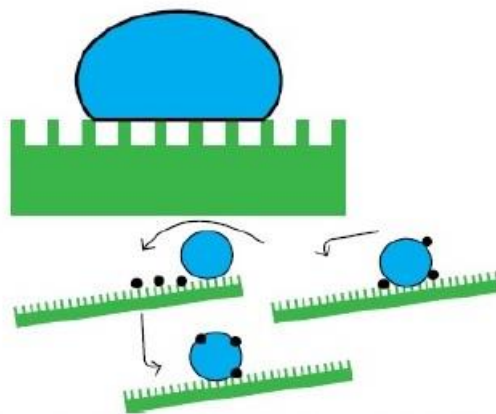
Πιο συγκεκριμένα, η ιδιότητα της προσκόλλησης οφείλεται στο γεγονός ότι τα άτομα σε επίπεδο νανοκλίμακας επηρεάζονται λιγότερο από τη βαρύτητα και περισσότερο από τις δυνάμεις Van der Waals, τις δυνάμεις τριβής ή της ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις (Taylor, Jones, & Pearl, 2008). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της ιδιότητας της νανοκλίμακας είναι το φαινόμενο της σαύρας Gecko, η οποία έχει την ιδιότητα να μπορεί να προσκολλάτε σε λείες αλλά και τραχιές επιφάνειες χωρίς να πέφτει.

Στη σαύρα Gecko χρησιμοποιούνται οι δυνάμεις Van der Waals και έχοντας μια μεγάλη επιφάνεια επαφής με την επιφάνεια την οποία ακουμπά μπορεί και “κολλά” πάνω σε αυτή την επιφάνεια. Η μεγάλη επιφάνεια δημιουργείται εξαιτίας της κατασκευής των δακτύλων της σαύρας, τα οποία αποτελούνται από σειρές μικροσκοπικών τριχιδίων (Εικόνα 1), οι οποίες είναι ιεραρχικά δομημένες δηλαδή σε σειρά (Taylor, Jones, & Pearl, 2008).



Εικόνα 1: Η επιφάνεια του ποδιού της σαύρας Gecko (Taylor, Jones, & Pearl, 2008)

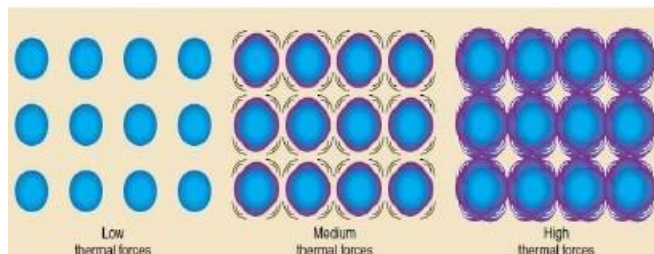
Δευτερευόντως, η επίδραση των κβαντικών φαινομένων, που συμβαίνουν στις διστάσεις της νανοκλίμακας αποτελεί την αιτία δημιουργίας της μοναδικής ιδιότητας της τραχύτητας των νανοϋλικών (Taylor, Jones, & Pearl, 2008). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της ιδιότητας των νανοϋλικών αποτελεί το «Φαινόμενο του Λωτού», (Εικόνα 2). Ο λωτός είναι ένα φυτό, το οποίο με μια γρήγορη ματιά φαίνεται πως διαθέτει λεία επιφάνεια στα φύλλα του, κοιτώντας πιο προσεκτικά χρησιμοποιώντας ένα ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, γίνεται διακριτό ότι η επιφάνεια των φύλλων του είναι αρκετά ανομοιογενής. Η ανομοιογένεια των φύλλων του έχει το αποτέλεσμα πως όταν πέφτουν πάνω του σταγόνες νερού, αυτές να κυλούν στην τραχιά επιφάνεια του και να μπορούν να παρασύρουν ταυτόχρονα τα μικρά σωματίδια βρωμιάς, παρέχοντας έτσι στο φυτό ένα μηχανισμό αυτοκαθαρισμού (Taylor, Jones, & Pearl, 2008).



Εικόνα 2: Το φαινόμενο του λωτού και ο αυτοκαθαρισμός του (Taylor, Jones & Pearl, 2008).

Τέλος, η ιδιότητα της συνεχούς κίνησης των υλικών της νανοκλίμακας οφείλεται στη διάχυση της θερμικής ενέργειας στα μόρια. Όσο δηλαδή μεγαλύτερη

είναι η θερμική ενέργεια τόσο μεγαλώνει και η κίνηση των μορίων, αναπαριστώντας έτσι την κίνηση Brown (Εικόνα 3). Τα μόρια σε πολύ ψηλές θερμοκρασίες φτάνουν στο σημείο να συγκρούονται το ένα με το άλλο (Taylor, Jones, & Pearl, 2008).



Εικόνα 3: Η κίνηση των μορίων σε χαμηλή, μέτρια και υψηλή θερμοκρασία (Taylor, Jones & Pearl, 2008)

1.3.4. Εφαρμογές της N-ET

Χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες της νανοτεχνολογίας σε διάφορα υλικά αυτά μπορούν να γίνουν αποτελεσματικά ισχυρότερα, ελαφρύτερα καθώς επίσης, και πιο ανθεκτικά μεταξύ πολλών άλλων χαρακτηριστικών που μπορούν να έχουν. Παρατηρείται πως τα προϊόντα που ενσωματώνουν καινοτομίες της N-ET αυξάνονται με ταχύτατους ρυθμούς και είναι διαθέσιμα για τους καταναλωτές (Kumar & Kumbhat, 2016; Murty et al., 2013). Οι ιδιότητες των νανοϋλικών γίνεται φανερό πως μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πληθώρα εφαρμογών. Παρακάτω περιγράφονται μερικές από τις εφαρμογές, σε διάφορους τομείς, στις οποίες ενσωματώνονται νανοσωματίδια.

Βιομηχανία υφασμάτων

Η βιομηχανία υφασμάτων παρουσιάζει μια αυξανόμενη τάση για την παραγωγή πιο λειτουργικών και «έξυπνων» υφασμάτων. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η ενσωμάτωση νανοσωματιδίων αργύρου στα υφάσματα, με αποτέλεσμα τα υφάσματα αυτά να αποκτούν αντιμικροβιακές ιδιότητες. Επιπλέον, πολλά προϊόντα ένδυσης, επενδύονται με μια ειδική επίστρωση, η οποία χαρακτηρίζεται ως nanofilm, κάνοντας τα υφάσματα υπερυδροφοβικά, δηλαδή ανθεκτικά στους λεκέδες αλλά και στο νερό. Αξίζει ωστόσο να σημειωθεί, πως παρ' ότι δεν είναι ακόμη γνωστή η επίδραση του νανοφιλμ στους

ανθρώπους, αξιοποιούνται από τις βιομηχανίες για πολλά χρόνια καθώς υποστηρίζεται πως η χρήση της είναι ασφαλή (Kumar & Kumbhat, 2016).

Βιομηχανία τροφίμων

Οι εφαρμογές της N-ET στην βιομηχανία τροφίμων, αφορούν την παραγωγή αλλά και την συντήρηση και αποθήκευση των τροφίμων. Ειδικότερα, το πιο συχνό νανοσωματίδιο που χρησιμοποιείται είναι ο άργυρος, ο οποίος είναι γνωστός για τις αντιμικροβιακές του ιδιότητες. Ο άργυρος ενσωματώνεται σε οποιοδήποτε προϊόν στοχεύοντας στην καταστροφή διαφόρων βακτηρίων και ιών. Ο άργυρος δεν είναι ιδιαίτερα σύνηθες να εφαρμόζεται απευθείας στα τρόφιμα. Αντιθέτως, κυκλοφορούν στην αγορά πολλά συμπληρώματα διατροφής, τα οποία περιλαμβάνουν άργυρο, χρυσό, ασβέστιο και χαλκό, χωρίς όμως να είναι γνωστές οι επιπτώσεις τους σε ολόκληρο τον ανθρώπινο οργανισμό. Προκειμένου να αποτραπεί η ανάπτυξη βακτηρίων και μούχλας χρησιμοποιούνται νανοσωματίδια αργύρου κατά την κατασκευή ψυγείων και δοχείων φαγητού. Επισημαίνεται ωστόσο, πως δεν είναι ακόμη επιστημονικά τεκμηριωμένο το κατά πόσο τα νανοσωματίδια αργύρου απορροφώνται από την τροφή που εμπεριέχεται μέσα σε αυτά τα δοχεία και ακολούθως τι συνέπειες μπορεί να επιφέρουν τα σωματίδια αυτά στον ανθρώπινο οργανισμό και στα κύτταρα (Kumar & Kumbhat, 2016). Μια ακόμη εφαρμογή της N-ET στην βιομηχανία τροφίμων αφορά τη συσκευασία των τροφίμων και των γεωργικών προϊόντων και είναι η χρήση νανοαισθητήρων. Με τη χρήση αυτών έχουν ως στόχο την αποφυγή μόλυνσης και την εξασφάλιση ασφαλούς μεταφοράς των προϊόντων (Murty et al., 2013a).

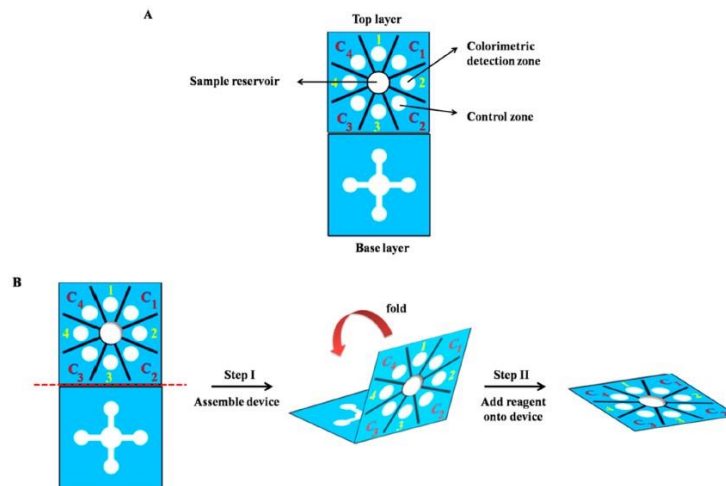
Ιατρική

Η Νανοτεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάγνωση, θεραπεία και πρόληψη μιας ασθένειας όσον αφορά τον τομέα της υγείας. Σημαντικό ζήτημα στον τομέα της Ιατρικής αποτελεί η χρήση νανοσωματιδίων και κυρίως των νανοσωματιδίων αργύρου. Είναι γνωστό πως τα νανοσωματίδια αργύρου είναι αποτελεσματικά στην καταπολέμηση παθογόνων μικροβίων. Τα νανοσωματίδια αργύρου μπορούν να χαρακτηριστούν ως μια βιώσιμη λύση στην καταπολέμηση του βακτηριδίου «χρυσίζων σταφυλόκοκκος» ο οποίος είναι ανθεκτικός στην μεθικιλίνη, όπως επίσης και στον ιό του HIV που προκαλεί το AIDS. Μπορούν επίσης, να συμβάλλουν στην καταστροφή καρκινικών κυττάρων,

είτε με την εγκατάστασή τους πάνω στα ίδια τα κύτταρα, είτε με την συμβολή τους στην μεταφορά φαρμάκων απευθείας στα μολυσμένα κύτταρα, χωρίς βέβαια να επηρεάζονται τα υγιή (El Naschie, 2006). Ακόμη, αναφέρεται ότι η N-ET μπορεί να συμβάλλει στην κατασκευή αισθητήρων οι οποίοι μπορούν να προσφέρουν πληροφορίες για το αν ένας άνθρωπος έχει προσβληθεί από κάποιο είδος καρκίνου, με την χρήση λίγων μόνο σταγόνων αίματος (Kumar & Kumbhat, 2016).

Στις μέρες μας ένα τεράστιο ζήτημα που απασχολεί τον τομέα της ιατρικής είναι η αντιμετώπιση της πανδημίας COVID-19 όπου, η λύση για την αντιμετώπιση της πανδημίας θεωρούν πως βρίσκεται στον τομέα της Νανοτεχνολογίας λόγω των μοναδικών ιδιοτήτων της ύλης που βρίσκονται στην κλίμακα αυτή αλλά και λόγω του γεγονότος πως το φαινόμενο της ίωσης είναι ένα φαινόμενο που πραγματοποιείται στην κλίμακα του νανόκοσμου¹². Οι μελέτες της N-ET για την ανίχνευση αλλά και για την καταπολέμηση του κορονοϊού αλλά και οποιονδήποτε άλλων ιών βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο και είναι ακόμη εντός του χώρου των επιστημονικών εργαστηρίων (Tharayil et al., 2021). Για παράδειγμα, στην έρευνα των Teengam et al (2021) προκειμένου να γίνει η διάγνωση του COVID χρησιμοποιούν τα νανοσωματίδια χρυσού τα οποία σε συνδυασμό με το θείο μπορούν να διαγνώσουν εάν ένα DNA είναι θετικά ή αρνητικά φορτισμένο με ιό εξαιτίας της αλλαγής του χρώματος που θα πραγματοποιείται στο μέρος του δείγματος (Εικόνα 4). Αυτές οι χρωματομετρικές δοκιμές έχει αποδειχθεί πως θα είναι μια πιο γρήγορη αλλά και λιγότερο δαπανηρή διαδικασία. Αυτή η μέθοδος ανάλυσης που βασίζεται σε χαρτί θεωρείται ότι είναι η φορητή τεχνολογία ανίχνευσης που έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως για τη δοκιμή.

¹² <https://www.news-medical.net/news/20210315/The-role-of-nanotechnology-in-the-fight-against-COVID-19.aspx>



Εικόνα 4: Α) Σχεδιασμός και Β) Λειτουργία χρωματομετρικής συσκευής χαρτιού για την ανίχνευση του COVID-19. (Πηγή: Teengam, P., 2021)

Όσον αφορά τώρα την πρόληψη ενάντια στον κορονοϊό οι επιστήμονες της σχολής Επιστημών στο πανεπιστήμιο της Σρι Λάνκα δημιούργησαν μία μάσκα προστασία προσώπου τριών στρωμάτων (Εικόνα 5) η οποία είναι απολύτως φιλική προς το περιβάλλον¹³. Το πρώτο εξωτερικό στρώμα της μάσκας είναι κατασκευασμένο από βαμβάκι το οποίο είναι νανοτεχνολογικά επεξεργασμένο προκειμένου να είναι υπερυδρόφοβο όπως συμβαίνει στο φύλλο του λωτού. Ο λόγος που κατασκευάστηκε έτσι είναι διότι όταν κάποιο σωματίδιο το οποίο περιέχει τον ιό φτάσει στην επιφάνεια της μάσκας να μπορεί να απωθείται και να μην καταφέρνει να μολύνει τον ανθρώπινο οργανισμό. Αυτός ο μηχανισμός με το υπερυδρόφοβο εξωτερικό κάλυμμα εξασφαλίζει και την καθαρότητα της επιφάνειας αυτής χάρη στις ιδιότητες των υπερυδρόφοβων υλικών και του αυτοκαθαρισμού τους. Το δεύτερο και μεσαίο στρώμα της μάσκας είναι κατασκευασμένο επίσης από βαμβάκι και είναι φτιαγμένο χρησιμοποιώντας μικροσωματίδια ακριβώς στο μέγεθός των πόρων προκειμένου να εξασφαλιστεί η μη διείσδυση των σωματιδίων μέσα από αυτό, βέβαια η διέλευση των μορίων του αέρα επιτρέπεται για να εξασφαλίζεται καλή αναπνοή. Τα σωματίδια που χρησιμοποιούνται έχουν θετικά φορτισμένη επιφάνεια έτσι ώστε να προσελκύουν το αρνητικά φορτισμένο περίβλημα του ιού SARS CoV-2. Η επιφάνεια του μεσαίου στρώματος περιέχει επίσης νανοσωματίδια σε σχήμα αστεριού με αιχμηρές νανολεπίδες ικανές να κόβουν τις πρωτεΐνες ακίδων του ιού. Αυτό είναι ένα μοναδικό χαρακτηριστικό αφού τα μικρόβια δεν μπορούν να αναπτύξουν καμία αντίσταση σε αυτή τη φυσική δράση της διάσπασης. Ως εκ τούτου, τα

¹³ https://www.pdn.ac.lk/centers/urc/research_innovations.html

νανοσωματίδια είναι ικανά να καταστρέψουν όχι μόνο τις σημερινές παραλλαγές του SARS CoV-2 αλλά και τυχόν μελλοντικές μεταλλάξεις καθώς όλα έχουν αυτές τις πρωτεΐνες ακίδας που μπορούν να κοπούν σε κομμάτια από τις νανολεπίδες. Το εσωτερικό και τρίτο στρώμα της μάσκας είναι κατασκευασμένο από υδρόφιλο βαμβάκι με σκοπό την απορρόφηση της υγρασίας και του ιδρώτα του χρήστη αλλά και την εύκολη εξάτμιση προσδίδοντας έτσι μεγαλύτερη άνεση σε όσους την χρησιμοποιούν.

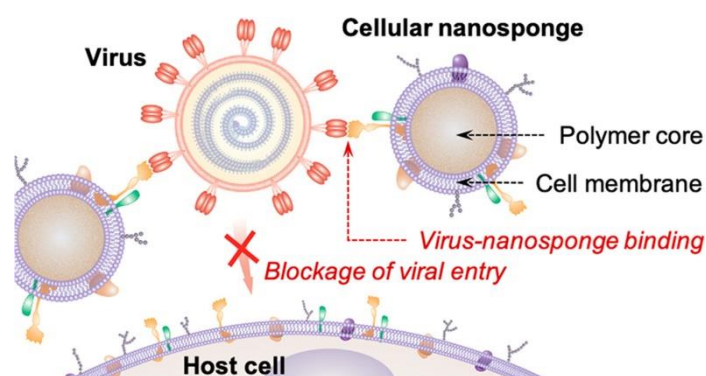


Εικόνα 5: Η νανομάσκα τριών στρωμάτων από το Τμήμα Επιστημών του Πανεπιστημίου Peradeniya της Σρι Λάνκα.

(Πηγή:https://www.pdn.ac.lk/centers/urc/research_innovations.html)

Περνώντας τώρα στην αντιμετώπιση και εξόντωση του κορονοϊού, οι νανοσυσκευές εξετάζονται για τον σκοπό αυτό καθώς είναι νάνο-βιοϋλικές. Οι συσκευές αυτές θα έχουν λειτουργία τον «καθαρισμό» του οργανισμού από τον ιό (Εικόνα 6). Είναι απόλυτα βιοσυμβατές και αποβάλλονται μέσω των φυσιολογικών ανθρώπινων λειτουργιών. Οι νανοσυσκευές αυτές βρίσκονται υπό μελέτη και αξιολόγηση ήδη για την αποτελεσματικότητά τους. Οι συσκευές ονομάζονται από του επιστήμονες νανο-σπόγγι (nanosponges). Οι νανοσυσκευές αυτές, θα έχουν ως στόχο την αντιμετώπιση πολλών διαφορετικών ιών και όχι μόνο του κορονοϊού. Η δομή της κατασκευής των νανοσπόγγων είναι η εξής: είναι περιτυλιγμένοι με φυσικές κυτταρικές μεμβράνες από κύτταρα στόχους όπως τα επιθηλιακά κύτταρα καθώς και πυρήνες πολυμερών νανοσωματιδίων. Οι ιοί προκειμένου να συνδεθούν με τα κύτταρα των ανθρώπων έχουν στην επιφάνειά τους γλυκοπρωτεΐνες. Η

νανοτεχνολογία που θα δημιουργηθεί έχει σκοπό να τους μιμείται. Οι μιμήσεις με τα σημεία σύνδεσης των ιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε ο όταν ο ιός προσπαθήσει να συνδεθεί με το κύτταρο ξενιστή, δηλαδή το κύτταρο του ανθρώπου, να μην βρίσκει ελεύθερη την περιοχή σύνδεσης και έτσι να μην μπορεί να μολύνει τον ανθρώπινο οργανισμό και τα κύτταρα του. (Zhang Q., et al, 2020).



Εικόνα 6: Σχηματικός μηχανισμός κυτταρικών νανοσπόγγων που αναστέλλουν τη μολυσματικότητα του SARS-CoV-2. (Πηγή: Zhang, Q., 2021)

Προϊόντα καλλωπισμού

Στην βιομηχανία των προϊόντων καλλωπισμού οι εφαρμογές της N-ET, αφορούν στη δημιουργία κρεμών προσώπου και σώματος, οι οποίες περιλαμβάνουν νανοσωματίδια, γνωστά ως φουλερένια. Η σπουδαιότητα των νανοσωματιδίων έγκειται στο γεγονός ότι μπορούν να βοηθήσουν στην αφαίρεση επιβλαβών σωματιδίων, όπως είναι για παράδειγμα είναι οι χημικές ρίζες, από το σώμα και το δέρμα. Επιπλέον, στα αντηλιακά ενσωματώνονται νανοσωματίδια διοξειδίου του τιτανίου δίνοντας τους την ιδιότητα να είναι άχρωμα, γεγονός που οφείλεται στο ότι τα νανοσωματίδια είναι τόσο μικρά που δεν αντανακλούν το ορατό φως, ενώ παράλληλα προσφέρουν μια υψηλή προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία (Kumar & Kumbhat, 2016). Μια ακόμη εφαρμογή της N-ET που εντοπίζεται σε προϊόντα προσωπικής φροντίδας, είναι η χρήση νανοσωματιδίων χρυσού και αργύρου στα αποσμητικά. Αυτό προσφέρει στα αποσμητικά αντιμικροβιακή καθώς και αντιμυκητιακή δράση (Murty et al., 2013a).

Ηλεκτρικά και Ηλεκτρονικά προϊόντα

Εντυπωσιακό είναι το γεγονός πως τα τελευταία χρόνια καθώς μειώνεται το μέγεθος, ταυτόχρονα αυξάνεται η επεξεργασία πληροφοριών των ηλεκτρονικών προϊόντων. Το πρώτο τρανζίστορ δημιουργήθηκε, το 1947 από τους John Bardeen και Walter Brattain, λίγο καιρό μετά ο Shockley εξαιτίας της συνεχούς εξέλιξης της τεχνολογίας αλλά και των απαιτήσεων για μείωση των πτυχών των αντικειμένων, κατασκεύασε το πρώτο “field effect transistor” (FET), το οποίο χρησιμοποιείται έως σήμερα έχοντας υποστεί βέβαια τις κατάλληλες τροποποιήσεις δηλαδή το μέγεθος του είναι μόλις μερικά νανόμετρα, διευκρινίζοντας πως οι πτυχές του δεν ξεπερνούν τα 90 νανόμετρα (Murty et al., 2013b). Πρόκειται ουσιαστικά για την τεχνολογία ηλεκτρονικών ημιαγωγών, η οποία οδήγησε στην επαναστατική αυτή αλλαγή. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η αξιοποίηση νανοσωλήνων οι οποίοι αντικατέστησαν το πυρίτιο, που ήταν κυρίαρχο στις ηλεκτρονικές συσκευές (El Naschie, 2006). Σύμφωνα με τους Kumar & Kumbhat (2016), υποστηρίζεται πως οι κβαντικοί υπολογιστές θα συμβάλλουν δραματικά στην αύξηση της ταχύτητας των βάσεων δεδομένων καθώς και του Διαδικτύου. Οι υπολογιστές αυτοί είναι δυνατό να προσφέρουν παράλληλα νέες μεθόδους στους υπολογιστικούς χειρισμούς.

Διαχείριση των υδάτων

Η N-ET μπορεί να συμβάλλει στην διαχείριση των υδάτων με πολλούς τρόπους κάνοντας την αποτελεσματικότερη. Ειδικότερα, στο φιλτράρισμα του νερού και την αφαλάτωση του αξιοποιείται η χρήση νανομεμβρανών και σωματιδίων αργίλου ενώ με τη χρήση νανοαισθητήρων μπορεί να ελέγχεται η ποιότητα του νερού και συγκεκριμένα η ύπαρξη βακτηρίων, βαρέων μετάλλων αλλά και τοξινών σε αυτό. Όλες αυτές οι δυνατότητες οφείλονται στην ύπαρξη νανοσωλήνων άνθρακα, μαγνητικών νανοσωματιδίων αλλά και άλλων υλικών, στις διάφορες μεμβράνες και φίλτρα που χρησιμοποιούνται εκάστοτε (Murty et al., 2013b).

1.3.5. Η εκπαιδευτική αξία της N-ET

Νέα πρόκληση στο ερευνητικό πεδίο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών τον 21ο αιώνα φαίνεται πως αποτελεί η μάθηση του περιεχομένου της N-ET. Σύμφωνα με τον Laherto (2010), είναι πολλοί αυτοί οι ερευνητές που υποστηρίζουν την αναγκαιότητα εισαγωγής της N-ET στην υποχρεωτική εκπαίδευση λόγω του ότι η ανάπτυξη της Νανοτεχνολογίας αυξάνεται συνεχώς τα τελευταία χρόνια καθώς επίσης και εφαρμόζεται σε προϊόντα καθημερινής χρήσης αποτελώντας έτσι, αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας των πολιτών. Προκειμένου να καταστούν οι μαθητές επιστημονικά εγγράμματοι στη N-ET, η εκπαιδευτική και ερευνητική κοινότητα των ΦΕ κάνει προσπάθειες τα τελευταία χρόνια να εντάξει τις καινοτομίες της N-ET στο σχολείο και στην υποχρεωτική εκπαίδευση (Stevens et al., 2009).

Η εισαγωγή της N-ET στην υποχρεωτική εκπαίδευση, έχει ως σκοπό το να δημιουργηθούν πολίτες οι οποίοι θα είναι σε θέση να χειρίζονται θέματα που είναι σχετικά με τομείς της N-ET, προκειμένου να προαχθεί η γενικότερη πρόοδος της κοινωνίας κατά την διάρκεια που αυτή εξελίσσεται ραγδαία. Όπως υποστηρίζει ο Laherto (2010) στο επιστημονικό του άρθρο που αναφέρεται στην εκπαιδευτική σημασία της N-ET στον επιστημονικό και τεχνολογικό γραμματισμό, σε σύντομο χρονικό διάστημα όλοι οι πολίτες πρέπει να διακρίνονται από κάποιο είδος νανογραμματισμού (nano-literacy), προκειμένου να καταστούν ικανοί να διαχειριστούν μερικά από τα πιο σημαντικά ζητήματα της κοινωνίας αλλά και της καθημερινότητας τους. Ένα μέσο ενδυνάμωσης της δημόσιας και πολιτικής υποστήριξης για την επιστήμη και την τεχνολογία αποτελεί η προώθηση του επιστημονικού γραμματισμού, μέσα από τον τομέα της εκπαίδευσης. Η προώθηση, λοιπόν, του επιστημονικού γραμματισμού διασφαλίζει παράλληλα και τη δημιουργία ενός σταθερού επιστημονικού δυναμικού, το οποίο είναι πρόθυμο να δεχτεί με μεγαλύτερη ευκολία αλλαγές, οι οποίες προορίζονται για την ενίσχυσή του (Laherto, 2010).

Στην βιβλιογραφία, η εισαγωγή του περιεχομένου της N-ET στην εκπαίδευση παρουσιάζεται ως πολύ αναγκαία και έτσι μπορούν να εντοπιστούν δύο βασικά επιχειρήματα. Αρχικά, το πρώτο επιχειρήμα αφορά την έλλειψη εκπαιδευτικού δυναμικού όσον αφορά τα θέματα της νανοτεχνολογίας (Palmberg et al., 2009; Roco

& Bainbridge, 2005). Το δεύτερο σημαντικό επιχείρημα αφορά την ανάγκη για επιστημονικά εγγράμματους πολίτες σε ό,τι αφορά τα θέματα της νανοτεχνολογίας (Stevens, Sutherland & Krajcik, 2009; Cheng, Hung & Huang, 2014), όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, το δεύτερο αυτό επιχείρημα αφορά στον νανογραμματισμό.

Πολλά εκπαιδευτικά προγράμματα είναι αυτά τα οποία αναπτύσσονται σε τυπικά αλλά και άτυπα περιβάλλοντα μάθησης που σχετίζονται με έννοιες και φαινόμενα της N-ET, καθώς και την μελέτη τους όπως αυτά προέκυψαν από την βιβλιογραφική επισκόπηση. Τέτοια εκπαιδευτικά προγράμματα είναι το NanoLeap, το Nanoscale Informal Science Education Network (NISE Net), το National Nanotechnology Infrastructure Network (NNIN), το NanoTeach, το NanoSense, το National Center for the Teaching and Learning in Nanoscale Science and Engineering (NCLT), το “Nanoyou” και το “Popular science promotion program on nanotechnology for elementary school students” και τέλος, το K-12 Nanotechnology Program (Πέικος, 2016; Τασσοπούλου, 2017).

Υπάρχουν αρκετοί προβληματισμοί σχετικά με την εισαγωγή της N-ET στην υποχρεωτική εκπαίδευση, παρά το γεγονός ότι αποτελεί ένα διεπιστημονικό πεδίο. Οι προβληματισμοί αυτοί αφορούν τις έννοιες της N-ET που πρέπει να διδαχθούν, το βαθμό που πρέπει να εισαχθεί κάθε έννοια αλλά και τον τρόπο για να ενσωματωθεί το περιεχόμενο της στο ήδη υπάρχον Πρόγραμμα Σπουδών των σχολείων. Για την επίλυση των προβληματισμών αυτών πραγματοποιήθηκε πληθώρα συζητήσεων, οι οποίες κατέληξαν στην ανάδειξη του όρου «Μεγάλες Ιδέες». Ο όρος «Μεγάλες Ιδέες» αντιπροσωπεύει ένα σύνολο βασικών και θεμελιωδών εννοιών, οι οποίες είναι απαραίτητες για την διαμόρφωση ενός πεδίου, την εξήγηση φαινομένων που σχετίζονται με αυτό το πεδίο, καθώς συμβάλλουν στην ευρύτερη εννοιολογική κατανόηση του περιεχομένου του τομέα που μελετάται (Stevens, Sutherland, Schank & Krajcik, 2007). Οι θεμελιώδεις αυτές έννοιες είναι εννιά και το περιεχόμενο καθεμιάς αναφέρεται αναλυτικά παρακάτω:

1. **Μέγεθος και κλίμακα:** Σύμφωνα με τους Stevens et al. (2009), οι έννοιες του μεγέθους και της κλίμακας αποτελούν το γνωστικό πλαίσιο που χρησιμοποιείται για την κατανόηση της επιστήμης εν γένει αλλά και για το πλαίσιο αυτό της νανοεπιστήμης. Οι παράγοντες που σχετίζονται με το μέγεθος και την κλίμακα όπως για παράδειγμα είναι το μέγεθος, η κλίμακα, η

κλιμάκωση, το σχήμα, και οι πτυχές, μπορούν να βοηθήσουν στην περιγραφή της ύλης αλλά και στην πρόβλεψη της συμπεριφοράς της. Παρά το γεγονός ότι το μέγεθος καθορίζει την ίδια τη νανοκλίμακα, η κλίμακα είναι δυνατό να ορίζει το σύνολο των κανόνων που χρειάζονται για να εξηγήσουν τη συμπεριφορά της ύλης σε αυτή την κλίμακα.

Το μέγεθος και η κλίμακα είναι εγγενώς συνδεδεμένα. Οι μεγάλες αλλαγές που συμβαίνουν στο μέγεθος ορίζονται συχνά ως κλίμακες ή «κόσμοι» όπως για παράδειγμα μακρο-, μικρο-, νανο-, ατομικές-. Ο καθορισμός αυτών των κόσμων είναι σημαντικός διότι καθορίζει τους φυσικούς νόμους που απαιτούνται για να εξηγήσουν το πώς συμπεριφέρονται τα αντικείμενα ανάλογα με τον κόσμο ή την κλίμακα στην οποία αυτά βρίσκονται. Με την κλίμακα δεν αλλάζει μόνο το μέγεθος των αντικειμένων αλλάζει επίσης, και ο τρόπος με τον οποίο λειτουργούν τα αντικείμενα αυτά (Stevens et al., 2009).

- 2. Δομή της ύλης:** Τα υλικά αποτελούνται από διακεκριμένες μονάδες που ονομάζονται άτομα, τα οποία βρίσκονται σε συνεχή κίνηση. Τα άτομα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους για να σχηματίσουν μόρια. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ατόμων προσδιορίζονται από τη διαμόρφωση ηλεκτρονίων τους και έτσι κυριαρχούν οι ηλεκτρικές δυνάμεις. Τα άτομα, τα μόρια καθώς επίσης και οι δομές στο μέγεθος της νανοκλίμακας, στο αμέσως επόμενο στάδιο της οργάνωσης, αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σκοπεύοντας στη δημιουργία δομών στο μέγεθος νανοκλίμακας (Stevens et al., 2009).

Ο διαφορετικός τρόπος σύνδεσης των ατόμων μεταξύ τους σε κάθε υλικό είναι και αυτός που επηρεάζει τη συμπεριφορά τους και κατ' επέκταση μπορεί να προσδίδει άλλες ιδιότητες στα υλικά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο άνθρακας στις διάφορες μορφές του όπως είναι το διαμάντι, ο γραφίτης και ο ξυλανθρακας/ξυλοκάρβουνο (Stevens et al., 2009).

Η διάταξη αυτών των ατόμων καθορίζει τις ιδιότητες ενός υλικού. Καθώς το μέγεθος ενός υλικού μικραίνει και προσεγγίζει τη νανοκλίμακα, το υλικό παρουσιάζει νέες ιδιότητες καθώς βρίσκεται στην κλίμακα αυτή. Η νανοτεχνολογία εκμεταλλεύεται αυτές τις ιδιότητες για να δημιουργήσει νέα υλικά καθώς επίσης και συσκευές (Stevens et al., 2009).

- 3. Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος:** Οι ιδιότητες γενικά ορίζονται ως εκείνες οι ιδιότητες ή τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν τη φύση ενός

υλικού. Είναι η πηγή της λειτουργικότητας ενός υλικού, δηλαδή μπορούν να καθορίζουν πώς φαίνεται, πώς συμπεριφέρεται, πώς αλληλεπιδρά και αντιδρά στο περιβάλλον και για ποιες εφαρμογές μπορεί να είναι χρήσιμο (Stevens et al., 2009).

Οι ιδιότητες της ύλης μπορούν να αλλάξουν καθώς αλλάζει και η κλίμακα. Ειδικότερα, καθώς το μέγεθος ενός υλικού πλησιάζει από τη μακροκλίμακα προς τη νανοκλίμακα, εμφανίζει συχνά απρόσμενες ιδιότητες οδηγώντας έτσι σε νέες λειτουργίες του. Ενώ πολλές ιδιότητες είναι σταθερές σε μια δεδομένη κλίμακα, η αλλαγή του μεγέθους ή του σχήματος ενός υλικού μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στις ιδιότητές του (Stevens et al., 2009).

- 4. Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις:** Όπως αναφέρουν οι Stevens et al. (2009) οι αλληλεπιδράσεις μπορούν να περιγραφούν από πολλαπλούς τύπους δυνάμεων, αλλά η σχετική επίδραση αυτών των δυνάμεων αλλάζει ανάλογα με την κλίμακα. Ειδικότερα, η συμπεριφορά της ύλης μπορεί να περιγραφεί από τέσσερις θεμελιώδεις δυνάμεις, αυτές είναι οι εξής: η βαρυτική δύναμη, η ηλεκτρομαγνητική δύναμη, η πυρηνική δύναμη ή αλλιώς ισχυρή δύναμη και η ασθενής δύναμη.

Στη νανοκλίμακα, ένα φάσμα ηλεκτρικών δυνάμεων με ποικίλες δυνάμεις τείνει να κυριαρχεί στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αντικειμένων. Οι ηλεκτρικές δυνάμεις που κυριαρχούν στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ατόμων, των μορίων αλλά και των δομών νανοκλίμακας, μπορούν να δημιουργούν υλικά της νανοκλίμακας.

- 5. Αυτό- οργάνωση (Self- Assembly):** Υπό ειδικές συνθήκες, τα άτομα και τα μόρια μπορούν να οργανωθούν αυθόρμητα σε οργανωμένες δομές, αυτή η διαδικασία ορίζεται ως «αυτοοργάνωση». Η διαδικασία αυτή παρέχει ένα χρήσιμο μέσο για τον χειρισμό της ύλης στο επίπεδο της νανοκλίμακας. Η διαδικασία της αυτό- οργάνωσης είναι επίσης ζωτικής σημασίας για εφαρμογές που απαιτούν τη σύνθεση πολλών νανό-δομών ταυτόχρονα (Stevens et al., 2009).
- 6. Όργανα και μετρήσεις:** Η τεχνολογία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επιστημονική πρόοδο, καθώς η επιστήμη και η τεχνολογία είναι αλληλένδετα και συχνά οδηγούν το ένα στο άλλο. Η πρόσφατη ανάπτυξη εξειδικευμένων εργαλείων οδήγησε σε νέα επίπεδα κατανόησης της ύλης, αποτελώντας έτσι σημαντική βοήθεια για τους επιστήμονες ώστε να ανιχνεύουν, να χειρίζονται,

να μετρούν, να κατασκευάζουν και να ερευνούν την νανοκλίμακα με πρωτοφανή ακρίβεια (Stevens et al., 2009).

Με την ανάπτυξη των νέων εργαλείων και οργάνων, οι νέοι κόσμοι μπορούν να γίνουν προσβάσιμοι για μελέτη. Αυτή η προσβασιμότητα οδηγεί τους επιστήμονες σε νέες αντιλήψεις και νέες ερωτήσεις, οι οποίες αποτελούν μέρος της επιστημονικής διαδικασίας. Τα νέα εργαλεία που ανακαλύπτονται, βοηθούν τους επιστήμονες να χαρακτηρίζουν υλικά και αντικείμενα της νανοκλίμακας με σχετική ευκολία, να αποκαλύπτουν τις ιδιαίτερες ιδιότητές τους καθώς επίσης και να αναπτύσσουν νέες εφαρμογές (Stevens et al., 2009).

7. **Μοντέλα και προσομοιώσεις:** Τα μοντέλα είναι απλουστευμένες παραστάσεις αντικειμένων ή συστημάτων. Τα μοντέλα είναι απαραίτητα σε όλους τους τομείς της επιστήμης, βοηθώντας έτσι τους ερευνητές και τους επιστήμονες να δοκιμάσουν και να κατανοήσουν τόσο τον φυσικό όσο και τον κατασκευασμένο κόσμο (Stevens et al., 2009).

Τα αντικείμενα και τα φαινόμενα της νανοκλίμακας είναι, από τη φύση τους, πολύ μικρά για να είναι ορατά με γυμνό μάτι, για το λόγο αυτό χρειάζονται να γίνεται η χρήση μοντέλων προκειμένου να γίνουν κατανοητά, να μπορέσουμε να τα απεικονίσουμε. Επίσης, η χρήση μοντέλων βοηθάει να προβλέψουμε, να υποθέσουμε, να εξηγήσουμε αλλά και να ερμηνεύσουμε δεδομένα για τα αντικείμενα και τα φαινόμενα της νανοκλίμακας. Η πρόοδος στην κατανόηση της επιστήμης της νανοκλίμακας έχει επωφεληθεί και εξαρτηθεί από την εφαρμογή της μοντελοποίησης από τους επιστήμονες και τους ερευνητές (Stevens et al., 2009).

8. **Εφαρμογές της N-ET:** Υπάρχουν πολλές αλληλεξαρτήσεις μεταξύ της επιστήμης, της τεχνολογίας και της παγκόσμιας οικονομίας, οι οποίες έχουν σημαντική επίδραση στην κοινωνία. Όπως συμβαίνει και με άλλες τεχνολογικές εξελίξεις, τα προϊόντα της νανοτεχνολογίας είναι δυνατό να επηρεάσουν τις ζωές των ανθρώπων με θετικούς αλλά και με αρνητικούς τρόπους (Stevens et al., 2009).

Ο τομέας της νανοτεχνολογίας, έχει ως στόχο την προώθηση και ανάπτυξη ευρέων κοινωνικών στόχων όπως είναι η βελτίωση της υγειονομικής περίθαλψης, η αύξηση της παραγωγικότητας και οι βιώσιμοι πόροι, όλα αυτά αποτελούν βασικό παράγοντα της επανάστασης της νανοτεχνολογίας (Roco, 2003).

9. Κβαντικά φαινόμενα: Η συμπεριφορά της ύλης με την χρήση της κλασσικής μηχανικής είναι δύσκολο να προβλεφθεί, καθώς από ένα αντικείμενο μειώνεται το μέγεθός του και γίνεται ολοένα και μικρότερο, όσο δηλαδή πλησιάζει τις πτυχές της νανοκλίμακας. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται η κβαντική μηχανική, έχοντας ως στόχο να εξηγήσει τις αλληλεπιδράσεις των σωματιδίων τα οποία σε πολύ μικρές πτυχές συμπεριφέρονται είτε σαν κύμα είτε σαν σωματίδιο (Stevens et al., 2009).

Οι εννέα Μεγάλες Ιδέες της N-ET που αναφέρθηκαν παραπάνω αναμένεται να βοηθήσουν και τους μαθητές αλλά και τους εκπαιδευτικούς σχετικά με αυτό το περιεχόμενο. Από την μία, στους μαθητές θα βοηθήσουν στην κατανόηση των εννοιών καθώς επίσης και στην εξήγηση ενός εύρους φαινομένων σχετικών με τον τομέα της N-ET. Από την άλλη, στους εκπαιδευτικούς μπορούν να βοηθήσουν παρέχοντας τους την καθοδήγηση που είναι απαραίτητη για τη διδασκαλία του περιεχομένου της N-ET (Stevens et al., 2009).

Οι Μάνου και Σπύρτου (2013) στην έρευνα τους εξέτασαν αυτές τις Μεγάλες Ιδέες και εκτιμούν ότι στην Ελλάδα η εισαγωγή του περιεχομένου της N-ET βρίσκεται σε συμφωνία με το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών των Φ.Ε. για το Δημοτικό Σχολείο και τον στόχο της για προώθηση της σχέσης των ΦΕ και της Τεχνολογίας με την καθημερινή και κοινωνική ζωή των μαθητών. Ειδικότερα, στόχος δεν είναι να εισαχθούν οι Μεγάλες Ιδέες ως ξεχωριστά και ανεξάρτητα διδακτικά αντικείμενα αλλά να μπορέσουν να ενσωματωθούν στα ήδη υπάρχοντα. Οι Μάνου και Σπύρτου (2013) αναζήτησαν στο Νέο Πρόγραμμα Σπουδών των Φ.Ε. τις ενότητες όπου αυτές οι Μεγάλες Ιδέες μπορούν να εφαρμοστούν. Έτσι συσχέτισαν έξι από της Μεγάλες Ιδέες της N-ET με το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών των Φ.Ε. του Δημοτικού Σχολείου. Πιο συγκεκριμένα, στην Ε' τάξη του Δημοτικού σχολείου οι Μεγάλες Ιδέες της N-ET που φαίνεται να μπορούν να ενσωματωθούν στις υπάρχουσες ενότητες είναι: 1. «Μέγεθος και κλίμακα», 2. «Εργαλεία και όργανα», 3. «Μοντέλα και προσομοιώσεις» και 4. «Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος» και 5. «Εφαρμογές της N-ET». Στην Στ' τάξη του Δημοτικού σχολείου μπορούν να ενσωματωθούν οι εξής Μεγάλες Ιδέες: 1. «Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις» και 2. «Εφαρμογές της N-ET».

Στο πρόγραμμα σπουδών των Φυσικών Επιστημών παρατηρείται χάσμα αναφορικά με τη διδασκαλία φαινομένων που ανήκουν σε διαφορετικές κλίμακες,

αυτό αποτελεί έναν ακόμη λόγο για να εισαχθεί η N-ET στη υποχρεωτική εκπαίδευση (Πέικος, Μάνου & Σπύρτου, 2015). Οι μαθητές δεν διδάσκονται για φαινόμενα αλλά και αντικείμενα της ναοκλίμακας, παρά μόνο για ατομικά και μοριακά φαινόμενα δημιουργώντας έτσι ένα κενό στη συνέχεια της κατανόησης της κλίμακας μεγεθών, δηλαδή από τον μικρόκοσμο μεταφέρονται στον ατομικό κόσμο παραλείποντας ενδιάμεσα την ναοκλίμακα. Το κενό αυτό συνίσταται να καλυφθεί με την προσθήκη φαινομένων που σχετίζονται με τη N-ET πριν από τη διδασκαλία φαινομένων του ατομικού κόσμου.

Οι Μάνου, Σπύρτου, Χατζηκρανιώτης και Καριώτογλου (2015) πραγματοποίησαν μία μελέτη αναφορικά με το περιεχόμενο της N-ET στις τρεις βαθμίδες εκπαίδευσης. Από τα ευρήματα της έρευνας τους προέκυψε ότι παρά τις επιμέρους διαφορές κοινό σημείο και στις τρεις βαθμίδες εκπαίδευσης, Γ/θμια, Β/θμια και Α/θμια, είναι οι εξής Μεγάλες Ιδέες «Μέγεθος και Κλίμακα», «Ιδιότητες εξαρτώμενες απ' το μέγεθος», «Εφαρμογές της N-ET» και «Όργανα».

1.3.6. Ιδέες των μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για το περιεχόμενο της NET.

Το ενδιαφέρον των ερευνητών των Φυσικών Επιστημών σχετικά με τις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών σε συγκεκριμένους επιστημονικούς τομείς αρχίζει να εντείνεται από την δεκαετία του 1970 και έπειτα. Οι προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό από τις αντίστοιχες επιστημονικές απόψεις και η αλλαγή των ιδεών αυτών ή η τροποποίησή τους αποτελούν μαθησιακούς στόχους της διδασκαλίας. Επικρατεί η γνώμη ότι αυτές οι γνώσεις λειτουργούν καταλυτικά στην περαιτέρω μάθηση καθώς είναι δύσκολο να αλλάξουν (Χαλκιά 2012; Driver, 1989).

Σύμφωνα με τη Χαλκιά (2012) οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών θεωρούνται το βασικότερο συστατικό για την κατανόηση των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι μαθητές κατά τη διδασκαλία των εννοιών των Φυσικών Επιστημών καθώς επίσης είναι το κλειδί για τον σχεδιασμό μίας αποτελεσματικής διδασκαλίας. Για τον λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική επισκόπηση τόσο σε ξενόγλωσση βιβλιογραφία όσο και στην ελληνική με σκοπό την αναζήτηση των ιδεών των μαθητών σχετικά με το περιεχόμενο της N-ET.

Οι Castellini, Walejko, Holladay, Theim, Zenner & Crone (2007) πραγματοποίησαν μία έρευνα προκειμένου να καταγράψουν την δημόσια γνώση (public knowledge) για τη Ν-ΕΤ. Δείγμα αποτελούσαν συνολικά 495 άτομα εκ των οποίων 65 περίπου ήταν μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Οι ερευνητές εστίασαν στο να καταγράψουν τη γνώση των ανθρώπων σχετικά με τον ορισμό της νανοτεχνολογίας, το μέγεθος των αντικειμένων καθώς και την κλίμακα. Όσον αφορά το μέγεθος και την κλίμακα οι μαθητές που κλήθηκαν να απαντήσουν ήταν σχετικά με το ποιο είναι το μικρότερο αντικείμενο που μπορούν να σκεφτούν. Στην ερώτηση αυτή οι περισσότεροι μαθητές ανέφεραν αντικείμενα τα οποία είναι ορατά με γυμνό μάτι, όπως είναι για παράδειγμα τα μυρμήγκια και τα ζουζούνια καθώς και κάποια αντικείμενα του μικρόκοσμου όπως τα μικρόβια. Οι μαθητές από τις μεγαλύτερες τάξεις του δημοτικού σχολείου άρχισαν να περιλαμβάνουν στις απαντήσεις τους τα κύτταρα και τα άτομα. Έπειτα, ζητήθηκε από τους μαθητές να κάνουν σειροθέτηση των αντικειμένων του μικρόκοσμου με βάση το μέγεθός τους ξεκινώντας από το μικρότερο και φτάνοντας στο μεγαλύτερο. Το ποσοστό αποτυχίας στην σειροθέτηση των αντικειμένων ήταν αρκετά υψηλό. Στη συνέχεια, οι μαθητές κλήθηκαν να σειροθετήσουν αντικείμενα του μακρόκοσμου τα οποία είναι ορατά με γυμνό μάτι. Στην συγκεκριμένη σειροθέτηση το ποσοστό επιτυχίας που σημειώθηκε ήταν μεγαλύτερο. Έπειτα, όταν οι μαθητές κλήθηκαν να αποδώσουν μία ερμηνεία στον όρο «νανοτεχνολογία» οι περισσότεροι δεν γνώριζαν τον όρο αυτό καθώς και πολύ λιγότεροι απέδωσαν έναν σωστό ορισμό (Castellini, Walejko, Tmeim, Zenner & Crone, 2007).

Αντίστοιχη μελέτη πραγματοποίησαν και οι Tretter et al. (2006, όπως αναφέρεται στο Πέικος, 2016) σε 37 μαθητές της Ε' τάξης του δημοτικού προκειμένου να ερευνήσουν τις γνώσεις των μαθητών σχετικά με το μέγεθος των αντικειμένων και την κλίμακα. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας κατέδειξαν πως οι μαθητές υστερούν στην διάκριση του μεγέθους μικροσκοπικών αντικειμένων. Φαίνεται όμως ότι στην ιεράρχηση αντικειμένων τα οποία έχουν σχετικά ίδια μεγέθη μεταξύ τους σημειώνουν μεγαλύτερο βαθμό επιτυχίας.

Οι Murriello, Contier, & Knobel (2006) στην έρευνα που διεξήγαγαν σε ένα μουσείο Φυσικών Επιστημών στο Σαο Πάολο της Βραζιλίας, προσπάθησαν να καταγράψουν τις προϋπάρχουσες ιδέες και γνώσεις των μαθητών αναφορικά με τη Ν-ΕΤ. Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 72 μαθητές ηλικίας από 9 έως 11 ετών. Τα

αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι λιγότερο από το 20% του δείγματος είχαν ακούσει τις λέξεις «νανοεπιστήμη» και «νανοτεχνολογία» ενώ κανένας δε μπορούσε να δώσει έναν ορισμό για αυτή. Όταν οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν σε ερωτήσεις που αφορούσαν το μικρότερο αντικείμενο που μπορούν να σκεφτούν, αναφέρονταν κυρίως σε αντικείμενα του βιολογικού μικρόκοσμου. Οι ερευνητές έπειτα από τα αποτελέσματα κατέληξαν στο συμπέρασμα πως προκειμένου να κατανοήσουν οι μαθητές τον νανόκοσμο θα πρέπει να διδαχθούν πρώτα των μικρόκοσμο.

Οι Waldron, Spencer & Batt (2006, όπως αναφέρεται στο Πέικος, 2016), σε μία έρευνα που διεξήγαγαν κατέγραψαν τις ιδέες 1500 μαθητών, 8-13 ετών αναφορικά με το ποιο είναι το μικρότερο αντικείμενο που νομίζουν ότι μπορούν να δουν με γυμνό μάτι, ποιο είναι το μικρότερο αντικείμενο που μπορούν να σκεφτούν, ποια είναι η γνώση τους για τους όρους «νάνο» και «νανοτεχνολογία» και τέλος ποια η ικανότητά τους σχετικά με την ιεραρχισή μικροσκοπικών και υπομικροσκοπικών αντικείμενα με βάση το μέγεθός τους. Το μυρμήγκι, η μύγα, ο κόκκος άμμου και η μύτη από το στυλό ήταν μερικά από τα αντικείμενα που ανέφεραν οι μαθητές ως τα μικρότερα που μπορούν να δουν με γυμνό μάτι. Στη συνέχεια, όσον αφορά το δεύτερο ερώτημα τους, όταν ζητήθηκε από τους μαθητές να καταγράψουν το μικρότερο αντικείμενο που μπορούν να σκεφτούν, μαθητές έως και 11 ετών κατέγραψαν αντικείμενα του μικρόκοσμου, ενώ οι μεγαλύτεροι της ηλικίας των 11 έως 13 ετών ανέφεραν και αντικείμενα νανοσκοπικά. Το ποσοστό των 25% από αυτούς έκανε αναφορά σε νανοσκοπικά αντικείμενα. Αναφορικά με την γνώση των μαθητών σχετικά με το «νάνο» και «νανοτεχνολογία» οι περισσότεροι μαθητές δεν έχουν ακούσει κανένα από τους όρους αυτούς ενώ όσοι από αυτούς τους έχουν ακούσει δεν μπορούσαν να δώσουν έναν σωστό ορισμό. Ορισμοί οι οποίοι θεωρήθηκαν σωστοί ήταν αυτοί στους οποίους γινόταν αναφορά σε κάτι μικρό ή πολύ μικρό σε μέγεθος. Τέλος, σχετικά με την σειροθέτηση των μικροσκοπικών και υπομικροσκοπικών αντικειμένων μόνο το 15% του συνολικού δείγματος των μαθητών κατάφερε να ταξινομήσει τα αντικείμενα σωστά με βάση το μέγεθος τους.

Αναζητώντας τώρα στην ελληνική βιβλιογραφία εντοπίζονται οι εξής έρευνες αναφορικά με τις ιδέες των μαθητών σχετικά με το περιεχόμενο της N-ET που πραγματοποιήθηκαν σε ελληνικά σχολεία και είναι μεταξύ των μαθητών της Ε' και Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου.

Στην έρευνα που διεξήγαγαν οι Πέικος, Μάνου & Σπύρτου (2015β) μελέτησαν σε δείγμα 15 μαθητών ΣΤ τάξης του δημοτικού σχολείου το πώς οι μαθητές νονηματοδοτούν τον όρο «νανοτεχνολογία», τις ιδέες των μαθητών για «το φαινόμενο του Λωτού» το οποίο σχετίζεται με την υπερυδροφοβικότητα και τέλος τις ιδέες τους για τα όργανα παρατήρησης. Όσον αφορά την νονηματοδότηση του όρου «νανοτεχνολογία» τα αποτελέσματα δείχνουν πως περίπου οι μισοί μαθητές θεωρούσαν ότι η νανοτεχνολογία σχετίζεται «με κάτι μικρό». Για το «φαινόμενο του Λωτού» και την υπερυδροφοβικότητα τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές αποδίδουν το φαινόμενο της υπερυδροφοβικότητας στα χαρακτηριστικά του Λωτού τα οποία είναι ορατά στον μακρόκοσμο (π.χ. έχει λεπτό φύλλο, είναι μαλακό και έχει στρογγυλό σχήμα). Τέλος, αναφορικά με τα όργανα παρατήρησης τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η πλειοψηφία των μαθητών ανέφερε το οπτικό μικροσκόπιο ως το όργανο το οποίο μας βοηθάει να δούμε αντικείμενα τα οποία δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι.

Οι Πέικος, Παπαδοπούλου & Μάνου (2015) πραγματοποίησαν μία έρευνα για να μελετήσουν τη νονηματοδότηση του όρου «νανοτεχνολογία» και τις ιδέες των μαθητών για τα όργανα παρατήρησης. Δείγμα της έρευνάς τους αποτέλεσαν 54 μαθητές της Ε΄ και Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Όσον αφορά το πρώτο ερώτημα δηλαδή τη νονηματοδότηση του όρου «νανοτεχνολογία» το 46% των μαθητών ανέφερε πως η νανοτεχνολογία ασχολείται με «κάτι μικρό». Επίσης, ένα σημαντικό ποσοστό (18,5%) έδωσε απαντήσεις στις οποίες αναφερόταν πως όρος «νανοτεχνολογία» είναι μια τεχνολογία για νάνους ή για κοντούς ανθρώπους, προσδίδοντας έτσι ανθρωκεντρική υπόσταση στον όρο. Όσον αφορά το ερώτημα σχετικά με τα όργανα παρατήρησης οι περισσότεροι από τους μαθητές ανέφεραν το οπτικό μικροσκόπιο ενώ εντοπίστηκε και ένα πολύ μικρό ποσοστό μαθητών μόλις 4% το οποίο ανέφερε ως όργανο παρατήρησης ένα «σχυρό μικροσκόπιο».

Σε επιπλέον μελέτη που πραγματοποιήθηκε στον ελλαδικό χώρο από τους Peikos, Manou, Spyrtou & Papadopoulou (2016) οι μαθητές κλήθηκαν να νονηματοδοτήσουν τον όρο «νανοτεχνολογία», να καταγράψουν μη ορατά αντικείμενα, να τοποθετήσουν σε σειρά από το μεγαλύτερο στο μικρότερο αντικείμενα του μακρόκοσμου, του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου και τέλος, εξέτασαν την ικανότητα τους να μπορούν να ταξινομήσουν αντικείμενα στον νανόκοσμο έχοντας ως κριτήριο το όργανο παρατήρησης. Δείγμα της έρευνας τους

αποτελέσαν 48 μαθητές οι οποίοι φοιτούσαν στην Ε' και Στ' τάξη του δημοτικού σχολείου. Αναφορικά με το πρώτο ερώτημα την νοηματοδότηση δηλαδή του όρου «νανοτεχνολογία» το 42% του ποσοστού των μαθητών αναφέρθηκαν στο ότι οι «νανοτεχνολογία» σχετίζεται «με κάτι μικρό» ενώ κάποιιοι άλλοι μαθητές δίνουν ασαφείς απαντήσεις. Όσον αφορά την καταγραφή των μη ορατών αντικειμένων περίπου το 33% των μαθητών αναφέρθηκε σε αντικείμενα του μικρόκοσμου ενώ μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών περίπου το 35% ανέφερε αντικείμενα που ανήκουν στον μακρόκοσμο. Σχετικά με τη σειροθέτηση των αντικειμένων στους τρεις κόσμους δηλαδή στον μακρόκοσμο, τον μικρόκοσμο και τον νανόκοσμο παρατηρήθηκε πως ένα μικρό ποσοστό περίπου 12,5% κατάφερε να τοποθετήσει σωστά τα αντικείμενα και στους τρεις κόσμους. Τέλος, όσον αφορά το τελευταίο ερώτημα δηλαδή την ταξινόμηση των αντικειμένων στον νανόκοσμο με βάση το όργανο παρατήρησης τους μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό της τάξεως του 6% κατάφερε να ταξινομήσει τον ιό και το DNA στον νανόκοσμο, ενώ μόλις το 2% ανέφερε πως όργανο παρατήρησης του νανόκοσμου είναι ένα «πολύ ισχυρό μικροσκόπιο».

Ολοκληρώνοντας την βιβλιογραφική επισκόπηση τόσο στο διεθνή όσο και στον ελλαδικό χώρο παρατηρούμε πως οι ιδέες των μαθητών σχετικά με τη Ν-ΕΤ και το περιεχόμενο της παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, σχετικά με την σειροθέτηση και ταξινόμηση μικροσκοπικών και υπομικροσκοπικών αντικειμένων οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες, καθώς επίσης φαίνεται πως στην σειροθέτηση σε αντίθεση με την ταξινόμηση των αντικειμένων ο βαθμός επιτυχίας είναι μεγαλύτερος. Σχετικά με την νοηματοδότηση του όρου της «νανοτεχνολογίας» από την ελληνική βιβλιογραφία φαίνεται πως οι περισσότεροι μαθητές συνδέουν την Νανοτεχνολογία με κάτι το οποίο είναι «πολύ μικρό» σε αντίθεση με την διεθνή βιβλιογραφία όπου το ποσοστό των μαθητών που συνδέουν την νανοτεχνολογία με κάτι το οποίο είναι πολύ μικρό είναι μικρότερο.

Κεφάλαιο 2^ο: Σχεδιασμός και ανάπτυξη εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων

2.1. Εισαγωγή

Οι δραστηριότητες που έχουν σχεδιαστεί αφορούν τους εξής δύο θεματικούς άξονες για τους οποίους έγινε λόγος παραπάνω, ο ένας άξονας είναι αυτός της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας και ο άλλος άξονας αφορά το περιεχόμενο της Νανοτεχνολογίας- Νανοεπιστήμης. Παρακάτω αναφέρονται και αναλύονται οι ατζέντες πολιτικής της ΥΕΚ που χρησιμοποιήθηκαν στις δραστηριότητες καθώς επίσης και οι μεγάλες ιδέες της NET που χρησιμοποιούνται στον σχεδιασμό και ανάπτυξη των δραστηριοτήτων.

2.1.1. Στόχοι της έρευνας και ερευνητικά ερωτήματα

Το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων που σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν στηρίζεται σε δύο ατζέντες πολιτικής της ΥΕΚ δηλαδή την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Συμμετοχή του κοινού στις διαδικασίες της έρευνας. Επίσης, βασίζεται παράλληλα και σε 4 Μεγάλες Ιδέες της NET δηλαδή στο Μέγεθος και κλίμακα, στα Μοντέλα και προσομοιώσεις, στην Επιστήμη-Τεχνολογία-Κοινωνία καθώς και στα Εργαλεία και όργανα.

Το ερευνητικό ερώτημα της συγκεκριμένης έρευνας είναι:

1. Ποιες δυσκολίες προκύπτουν κατά την σχεδίαση και ανάπτυξη εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την ΥΕΚ και με το περιεχόμενο της NET.

Η εξής έρευνα στοχεύει σε τρία (3) σημεία:

1. Στον σχεδιασμό και στην ανάπτυξη δραστηριοτήτων που αφορούν την ΥΕΚ αλλά και το περιεχόμενο της NET.
2. Στην χρήση καινοτόμου διδακτικού υλικού με την βοήθεια της τεχνολογίας προκειμένου να κατανοήσουν οι μαθητές δύσκολα φαινόμενα και έννοιες από τα δύο επιστημονικά πεδία.

3. Στην αναγνώριση της αξίας των Φυσικών Επιστημών στην καθημερινή ζωή μέσω των πρακτικών της ΥΕΚ αλλά και της ΝΕΤ.

2.1.2. Ατζέντες πολιτικής της ΥΕΚ στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες

Από τις έξι (6) ατζέντες που υπάρχουν για την ΥΕΚ, στις συγκεκριμένες δραστηριότητες χρησιμοποιούνται μόνο οι δύο (2) από αυτές. Η μία από τις δύο ατζέντες πολιτικής που χρησιμοποιούνται (Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες), όπως έχει γίνει γνωστό και στο θεωρητικό πλαίσιο από την μελέτη της βιβλιογραφίας που πραγματοποιήθηκε είναι πιο οικείος όσον αφορά την κατανόηση των μαθητών καθώς επίσης αποτελεί και μία πτυχή με την οποία μπορεί να γίνει διαπραγμάτευση του γνωστικού περιεχομένου της Ν-ΕΤ σε σύνδεση με την ΥΕΚ. Οι δύο (2) ατζέντες πολιτικής που χρησιμοποιούνται είναι αυτή της Εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών καθώς και αυτή της συμμετοχής του κοινού για τις οποίες πραγματοποιείται παρακάτω αναλυτική περιγραφή.

1. Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες

Η Ευρώπη πρέπει όχι μόνο να αυξήσει τον αριθμό των ερευνητών αλλά και να ενισχύσει την τρέχουσα εκπαιδευτική διαδικασία προκειμένου να εξοπλίσει καλύτερα τους μελλοντικούς ερευνητές και άλλους κοινωνικούς παράγοντες με τις απαραίτητες γνώσεις και εργαλεία για να συμμετέχουν πλήρως στις δημόσιες συζητήσεις που πραγματοποιούνται για τις καινοτομίες. Επίσης, θα πρέπει οι μελλοντικές γενιές να λαμβάνουν μέρος στις διαδικασίες ανάληψης ευθύνης που αφορούν την έρευνα και την καινοτομία. Υπάρχει επείγουσα ανάγκη να ενισχυθεί το ενδιαφέρον των παιδιών και της νεολαίας στα μαθηματικά, στις Φυσικές Επιστήμες και την τεχνολογία, ώστε να μπορούν να γίνουν οι ερευνητές του αύριο και να συμβάλουν στην κοινωνία κατέχοντας την επιστημονική γνώση. Οι μαθητές λοιπόν μέσω των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων πραγματοποιούν μετρήσεις, κάνουν πειράματα, διδάσκονται επιστημονικές έννοιες και έρχονται ένα βήμα πιο κοντά με τον κόσμο των φυσικών επιστημών. Μέσω των δραστηριοτήτων οι μαθητές έρχονται σε επαφή με διάφορες πτυχές της ΝΕΤ, όπως: το μέγεθος και η κλίμακα, οι ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος, τα εργαλεία και όργανα παρατήρησης καθώς και ζητήματα διασύνδεσης Επιστήμης –

Τεχνολογίας και Κοινωνίας που συγχρόνως αξιοποιούνται για την ευαισθητοποίηση των μαθητών σε θέματα τα οποία αφορούν την Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία.

2. Συμμετοχή του κοινού

Με την συμμετοχή των κοινωνικών παραγόντων αλλά και του κοινού στις διαδικασίες της έρευνας και της καινοτομίας, μπορεί να εξασφαλιστεί ότι τα αποτελέσματα μπορούν να ταιριάζουν με τις αξίες αλλά και τις προσδοκίες της κοινωνίας. Υπό αυτή την οπτική όλες οι προκλήσεις βασίζονται σε κοινές αρχές και όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς συνεργάζονται μεταξύ τους για να βρουν κοινές λύσεις στα ζητήματα και να αποφύγουν έτσι πιθανούς μελλοντικούς κινδύνους των καινοτομιών. Συγκεκριμένα, στις δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν και είναι σχετικές με την θεματική της Νανοτεχνολογίας οι μαθητές για να εμπλέξουν το κοινό και να το ενημερώσουν σχετικά με τους επιστημονικούς όρους της Νανοτεχνολογίας αλλά και με το φαινόμενο των ιώσεων το οποίο είναι ένα φαινόμενο που πραγματοποιείται στο επίπεδο της Νανοκλίμακας θα κληθούν να δημιουργήσουν ένα Storyboard το οποίο συνδέοντας το θα φτιάξουν το τελικό βίντεο το οποίο θα παρουσιάσουν στο κοινό τους. Το κοινό τους θα αποτελείται από τους μαθητές των υπολοίπων τάξεων τους σχολείου καθώς και τους εκπαιδευτικούς αλλά και τους γονείς τους.

2.1.3. Μεγάλες ιδέες NET στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες

Καθώς το περιεχόμενο της NET αποτελεί ένα δύσκολο εννοιολογικό πεδίο για να κατανοηθεί από τους μαθητές χρησιμοποιούνται οι Μεγάλες Ιδέες οι οποίες συμβάλλουν στην βαθύτερη εξήγηση των φαινομένων που σχετίζονται με αυτό το πεδίο, καθώς συμβάλλουν στην ευρύτερη εννοιολογική κατανόηση του περιεχομένου της NET. Στις παρακάτω δραστηριότητες χρησιμοποιούνται τέσσερις (4) από τις εννέα (9) Μεγάλες Ιδέες οι οποίες είναι οι εξής:

- Μέγεθος και κλίμακα
- Μοντέλα και προσομοιώσεις

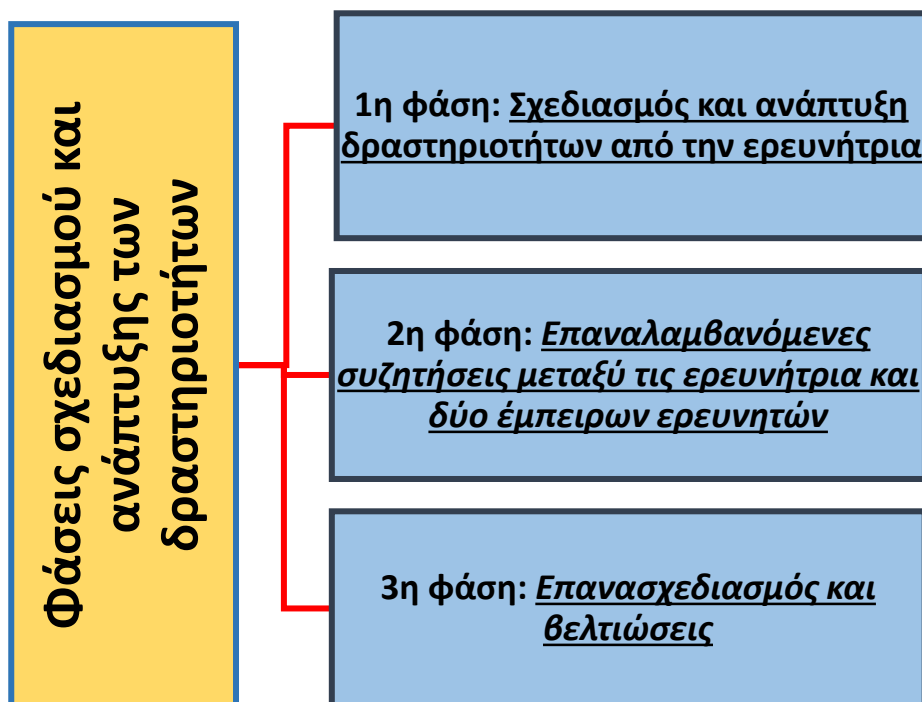
- Επιστήμη-Τεχνολογία-Κοινωνία
- Εργαλεία και όργανα

Η ενασχόληση με το πεδίο της NET έχει σημαντικά οφέλη και η εκπαιδευτική αξία της είναι ιδιαίτερα σημαντική. Αρχικά, η ενασχόληση των παιδιών με τέτοιου είδους περιεχόμενο τους κάνει επιστημονικά εγγράμματος, καθώς μπορούν να δρουν ως πληροφορημένοι πολίτες για τα θέματα αυτά και να αναπτύξουν ένα είδος Νανογραμματισμού (Stevens, Sutherland & Krajcik, 2009; Cheng, Hung & Huang, 2014). Δευτερευόντως, η ενασχόληση με το πεδίο της NET τους προσφέρει γνώσεις στον συγκεκριμένο τομέα, πράγμα το οποίο μπορεί να τους φανεί σημαντικό στην μελλοντική τους εργασία αλλά και στις σπουδές τους (Palmberg et al., 2009; Roco & Bainbridge, 2005). Τέλος, με την ενασχόληση τους μπορούν να αρχίσουν να αναπτύσσουν αλλά και να στρέφουν το ενδιαφέρον τους σε τομείς αλλά και θέματα επιστήμης.

2.1.4 Φάσεις σχεδιασμού και ανάπτυξης των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη των δραστηριοτήτων είναι ένα περίπλοκο θέμα στο οποίο πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλές παράμετροι όπως για παράδειγμα το πόσο εύκολες ή περίπλοκες είναι οι δραστηριότητες, το πόσος χρόνος απαιτείται για να πραγματοποιηθεί μια δραστηριότητα, το επίπεδο των μαθητών που θα απευθύνονται καθώς, το πόσο κατανοητές είναι οι εκφωνήσεις των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται από τους μαθητές και άλλα. Το τελικό στάδιο των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων προέκυψε ύστερα από αρκετές συζητήσεις και αλλαγές.

Προκειμένου να φτάσουν οι δραστηριότητες στο τελικό τους στάδιο και να είναι κατάλληλες ώστε να μπορούν να πραγματοποιηθούν και να εφαρμοστούν σε μία σχολική τάξη, πραγματοποιήθηκαν τρεις (3) φάσεις σχεδιασμού και ανάπτυξης (Διάγραμμα 1).



Διάγραμμα 1: Φάσεις σχεδιασμού και ανάπτυξης των δραστηριοτήτων

Οι τρεις (3) φάσεις σχεδιασμού και ανάπτυξης παρουσιάζονται αναλυτικότερα παρακάτω:

Φάση 1^η: Σχεδιασμός και ανάπτυξη δραστηριοτήτων από την ερευνήτρια.

Η πρώτη φάση αφορούσε τον σχεδιασμό των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων από την ίδια την ερευνήτρια. Σε πρώτη φάση σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν δραστηριότητες από την ερευνήτρια. Οι δραστηριότητες αφορούσαν τέσσερις (4) θεματικές ενότητες και σχετιζόταν τόσο με το περιεχόμενο αλλά και τις έξι (6) πτυχές της ΥΕΚ όσο και με θεματικές από το πεδίο της ΝΕΤ. Οι ενότητες που σχεδιάστηκαν στο αρχικό στάδιο ήταν σχετικές με τους τρεις κόσμους των αντικειμένων δηλαδή τον Μακρόκοσμο, τον Μικρόκοσμο και τον Νανόκοσμο, με τον καθαρισμό αλλά και το φιλτράρισμα του νερού, με τα υδρόφιλα και τα υδρόφοβα υλικά αλλά και με το φαινόμενο της ίωσης το οποίο είναι ένα φαινόμενο που δείχνει πως ο Νανόκοσμος επηρεάζει τον Μακρόκοσμο. Ο λόγος που επιλέχθηκαν οι ενότητες αυτές από την ερευνήτρια είναι διότι αφορούν θέματα τα οποία τα συναντάμε στην καθημερινότητα μας και θα ήταν ωφέλιμο να εμπλακούν και οι μαθητές με αυτά γνωρίζοντας

περισσότερο πως σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες. Επίσης, όσον αφορά τις πτυχές της ΥΕΚ που πραγματευόταν οι δραστηριότητες ήταν τέσσερις (4) από τις έξι (6) πτυχές της δηλαδή, η εκπαίδευση Φυσικών Επιστημών, η συμμετοχή του κοινού, η ηθική καθώς επίσης και διάσταση της συμμετοχής του κοινού.

Φάση 2^η: Επαναλαμβανόμενες συζητήσεις μεταξύ της ερευνήτριας και δύο εμπειρών ερευνητών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Μετά τον αρχικό σχεδιασμό των δραστηριοτήτων από την ερευνήτρια οι δραστηριότητες εξετάστηκαν και μελετήθηκαν από δύο έμπειρους ερευνητές στην διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και έπειτα ακολούθησαν συζητήσεις προκειμένου να προταθούν βελτιώσεις. Πραγματοποιήθηκαν επαναλαμβανόμενες διαδικτυακές συζητήσεις μεταξύ της ερευνήτριας και των δύο ερευνητών μέσω Skype. Στις διαδικτυακές συναντήσεις εξεταζόταν το υλικό για καθεμία θεματική ενότητα και γινόταν προτάσεις από τους δύο ερευνητές στην ερευνήτρια για αλλαγές ή για δυσκολίες στο προς διδασκαλία περιεχόμενο. Για παράδειγμα κάποιες από τις προτάσεις των δύο ερευνητών ήταν να επικεντρωθεί το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων σε λιγότερες ενότητες όσον αφορά το περιεχόμενο της NET, καθώς επίσης και να επικεντρωθούν οι δραστηριότητες σε λιγότερες από τις ατζέντες πολιτικής της ΥΕΚ πράγμα το οποίο θα προσέφερε καλύτερη μελέτη των προς επεξεργασία πτυχών. Θα μπορούσαν δηλαδή οι ατζέντες πολιτικής αλλά και οι θεματικές της NET θα επεξεργαστούν καλύτερα και από περισσότερες οπτικές.

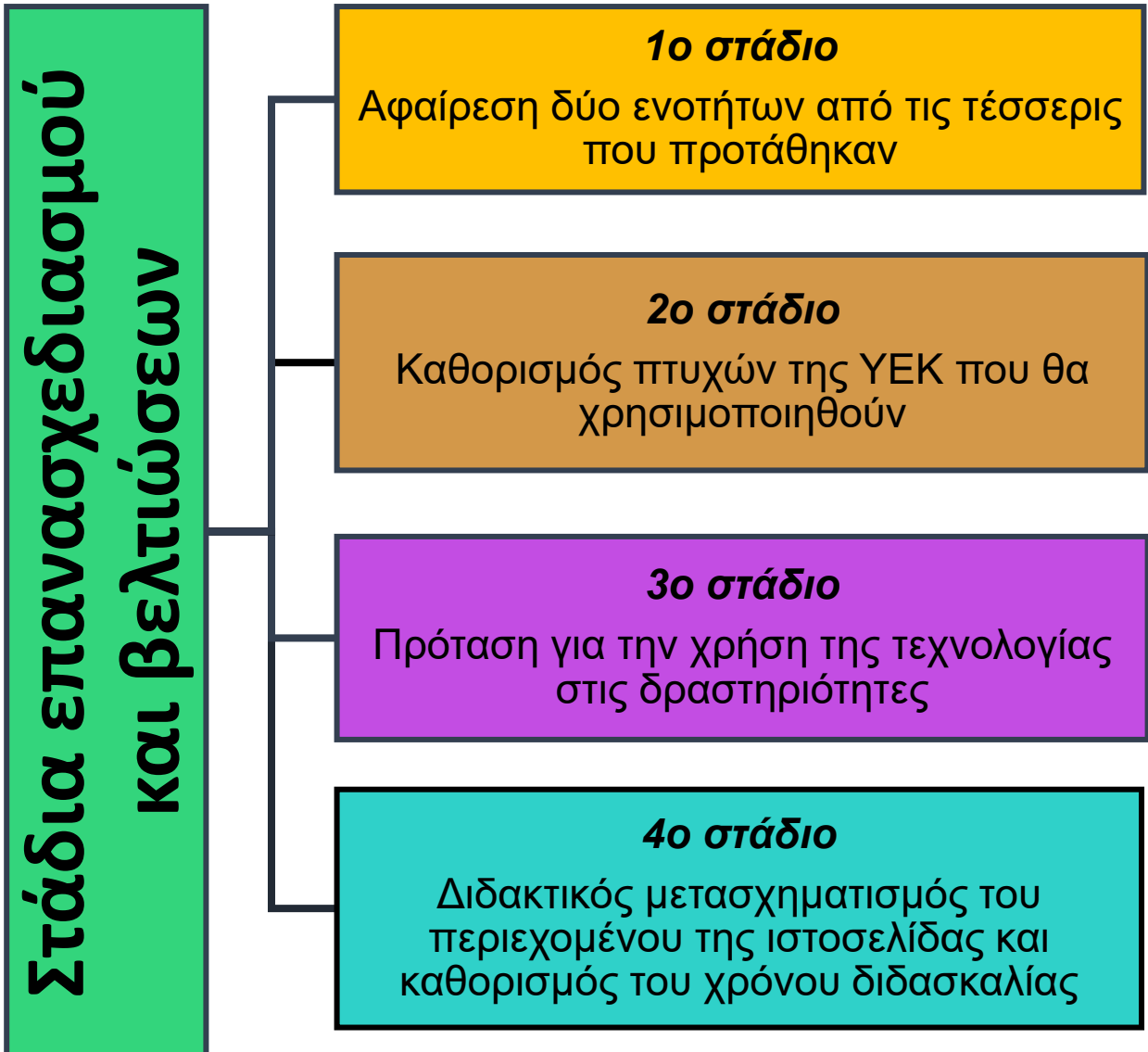
Φάση 3^η: Επανασχεδιασμός και βελτιώσεις.

Η τρίτη φάση περιελάμβανε τον επανασχεδιασμό των δραστηριοτήτων και τις βελτιώσεις. Συνολικά μετά τις επαναλαμβανόμενες συζητήσεις μεταξύ της ερευνήτριας και των δύο ερευνητών πραγματοποιήθηκε επανασχεδιασμός των δραστηριοτήτων τέσσερις (4) φορές (Διάγραμμα 2). Ο επανασχεδιασμός αλλά και οι βελτιώσεις στις δραστηριότητες κρίθηκαν απαραίτητα καθώς υπήρχαν αρκετές δυσκολίες στον αρχικό σχεδιασμό που πραγματοποιήθηκε από την ερευνήτρια.

Αρχικά, στις πρώτες δύο βελτιώσεις λήφθηκε υπόψη το περιεχόμενο των ενοτήτων που προτάθηκαν από την ερευνήτρια και κρίθηκε απαραίτητο να αφαιρεθούν δύο (2) ενότητες από τις τέσσερις (4) που προτάθηκαν στον αρχικό σχεδιασμό. Αυτό συνέβη γιατί το περιεχόμενο των τεσσάρων ενοτήτων ήταν αρκετά μεγάλο και απαιτητικό καθώς θα χρειαζόταν πολλές ώρες διδασκαλίας προκειμένου να ολοκληρωθεί, πράγμα το οποίο δεν είναι τόσο εύκολο για να πραγματοποιηθεί. Έτσι αποφασίστηκε να μείνει η ενότητα που αφορούσε τους τρεις κόσμους των αντικειμένων καθώς και η ενότητα με το φαινόμενο της ίωσης διότι είναι ένα φαινόμενο που το συναντάμε αρκετά συχνά στην καθημερινή μας ζωή. Οι ενότητες που αφορούσαν το φιλτράρισμα του νερού αλλά και τα υδρόφιλα και υδρόφοβα υλικά αφαιρέθηκαν. Ακόμη, μετά την αφαίρεση αυτή των δύο ενοτήτων επιλέχθηκαν τελικά μόνο δύο (2) πτυχές της ΥΕΚ τις οποίες πραγματεύονται οι δραστηριότητες. Αυτές είναι η διάσταση της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών αλλά και η διάσταση της συμμετοχής του κοινού.

Οι επόμενες δύο (2) βελτιώσεις αφορούσαν στον επανασχεδιασμό του περιεχόμενου των δύο ενοτήτων που αποφασίστηκε πως θα διδαχθούν. Στο σημείο αυτό υπήρξαν προτάσεις για την χρήση της τεχνολογίας όπως για παράδειγμα την χρήση δύο ηλεκτρονικών προσομοιώσεων του οπτικού και του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου αλλά και την δημιουργία μίας ιστοσελίδας με σκοπό την ενημέρωση αλλά και την μελέτη των μαθητών όσον αφορά το φαινόμενο της ίωσης. Μέσω αυτού προωθείτε η διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας πράγμα το οποίο κάνει την διδασκαλία των μαθημάτων Φυσικών επιστημών πιο διασκεδαστική καθώς μέσω αυτής εμπλέκονται οι μαθητές περισσότερο στη διαδικασία της μάθησης. Αξίζει να σημειωθεί πως υπήρξαν βελτιώσεις και έγινε επανασχεδιασμός και στο περιεχόμενο που αναρτήθηκε στην ιστοσελίδα, καθώς απαιτούνταν να γίνει διδακτικός μετασχηματισμός λόγω του ότι υπήρχαν δύσκολες έννοιες και λέξεις που σχετίζονταν με τους ιούς αλλά και με το φαινόμενο της ίωσης.

Τέλος, στο σημείο αυτό συζητήθηκε και καθορίστηκε ο χρόνος που απαιτείται προκειμένου να ολοκληρωθούν οι δραστηριότητες. Με βάση αυτές τις βελτιώσεις που έγιναν ο τελικός χρόνος πραγματοποίησης των δραστηριοτήτων είναι δώδεκα (12) διδακτικές ώρες όπου κάθε μία διδακτική ώρα είναι 45 λεπτά.



Διάγραμμα 2: Οι τέσσερις φάσεις επανασχεδιασμού και βελτιώσεων των δραστηριοτήτων

2.1.5. Εκπαιδευτικές δραστηριότητες

Οι δραστηριότητες που έχουν σχεδιαστεί διαπραγματεύονται θέματα της Νανοτεχνολογίας, Η πρώτη θεματική αφορά τους τρεις κόσμους των αντικειμένων καθώς επίσης και την εισαγωγή των μαθητών στον κόσμο της Νανοτεχνολογίας γνωρίζοντας επιστημονικές έννοιες. Η δεύτερη θεματική ενότητα αφορά το φαινόμενο των ιώσεων το οποίο είναι ένα φαινόμενο που πραγματοποιείται στην κλίμακα του νανόκοσμου. Στον Πίνακα 1 περιγράφεται ο τίτλος της κάθε θεματικής ενότητας οι δραστηριότητες που πραγματοποιούνται σε κάθε ενότητα, ο εκτιμώμενος χρόνος διεξαγωγής, ο άξονας της ΥΕΚ που διαπραγματεύεται κάθε μία από αυτές καθώς επίσης και οι μεγάλες ιδέες της NET που χρησιμοποιούνται.

Πίνακας 1: Το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων για κάθε θεματική ενότητα

Θεματικές ενότητες	Δραστηριότητες	Εκτιμώμενος χρόνος διεξαγωγής	Άξονες ΥΕΚ	Μεγάλες Ιδέες NET
1^η θεματική ενότητα - Οι τρεις κόσμοι Μακρόκοσμος Μικρόκοσμος Νανόκοσμος	1. Brainstorming 2. Προβολή Power point 3. Συμπλήρωση ΦΕ 4. Μετρήσεις αντικειμένων με νανοχάρακα 5. Χρήση εφαρμογών οπτικού και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου 6. Συμπλήρωση ΦΕ	5 διδακτικές ώρες (45' κάθε διδακτική ώρα)	Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες	Εργαλεία και όργανα Μέγεθος και κλίμακα Μοντέλα και προσομοιώσεις
2^η θεματική - Πως ο μακρόκοσμος επηρεάζεται από τον νανόκοσμο; Το φαινόμενο της ίωσης.	1. Εξοικείωση με την ιστοσελίδα 2. Γνωριμία με τους ιούς 3. Εισαγωγή στο φαινόμενο της ίωσης 4. Αλληλεπίδραση αντικειμένων που σχετίζονται με το φαινόμενο των ιώσεων 5. Δημιουργία Storyboard 6. Δημιουργία βίντεο	7 διδακτικές ώρες (45' κάθε διδακτική ώρα)	Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες Συμμετοχή του κοινού	Μέγεθος και κλίμακα Επιστήμη-Τεχνολογία-Κοινωνία Εργαλεία και όργανα Μοντέλα και προσομοιώσεις

2.1.5.1. Δραστηριότητες 1^{ης} θεματικής ενότητας με τίτλο «Οι τρεις κόσμοι-Μακρόκοσμος, Μικρόκοσμος, Νανόκοσμος»

Οι στόχοι της 1^{ης} θεματικής ενότητας είναι οι εξής:

α) Οι μαθητές να κατηγοριοποιούν αντικείμενα στους τρεις κόσμους (Μακρόκοσμος, Μικρόκοσμος, Νανόκοσμος) με βάση τα όργανα παρατήρησης που χρησιμοποιούμε για να βλέπουμε τα αντικείμενα αυτά.

β) Οι μαθητές να αντιληφθούν πόσο μικρό είναι το «Νάνο» και το μέγεθος των αντικειμένων που υπάρχουν στον συγκεκριμένο κόσμο.

γ) Οι μαθητές να εξοικειωθούν με έννοιες των Φυσικών επιστημών και συγκεκριμένα με έννοιες από την ΝΕΤ όπως για παράδειγμα τις λέξεις Νανοτεχνολογία, Μακρόκοσμος, Μικρόκοσμος, Νανόκοσμος, οπτικό μικροσκόπιο, ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

δ) Οι μαθητές να είναι ικανοί να χρησιμοποιούν τον νανοχάρακα και να μετρούν αντικείμενα του Μακρόκοσμου σε νανόμετρα.

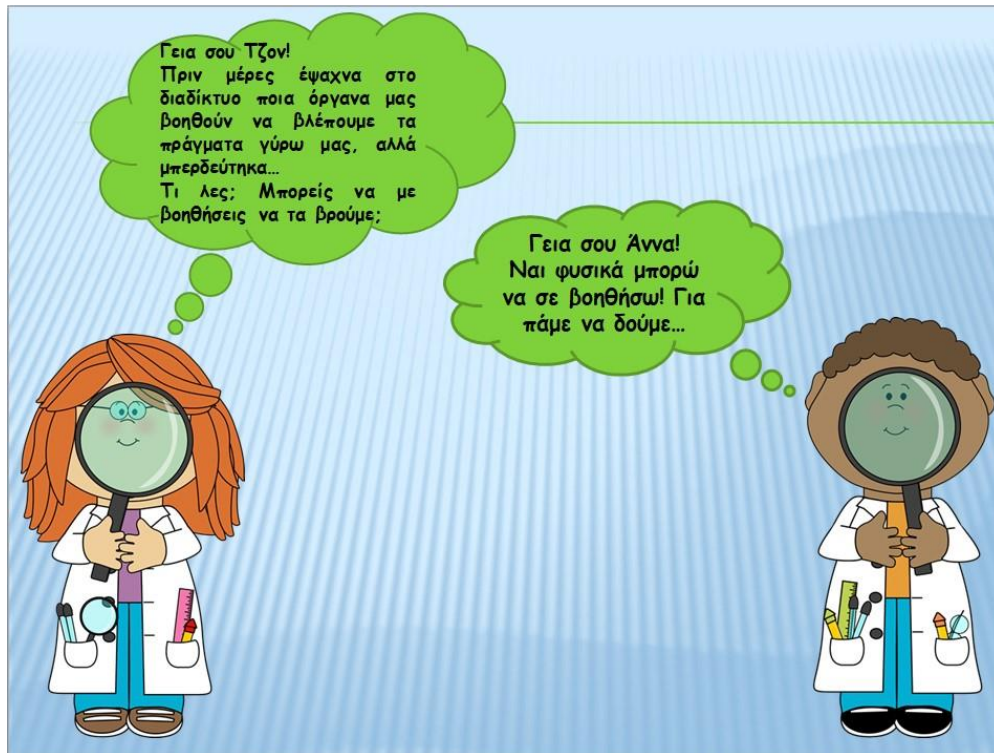
ε) Οι μαθητές να γνωρίσουν την λειτουργία και χρησιμότητα του οπτικού και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου.

Αρχικά, πραγματοποιείται μια «αδεοθύελλα» (brainstorming) για τον όρο «Νανοτεχνολογία» προκειμένου να εισαχθούν οι μαθητές στο θέμα αλλά και να γίνει η ανάδειξη των αρχικών ιδεών τους σχετικά με τον όρο αυτό. Οι μαθητές θα ρωτηθούν αν έχουν ακούσει ξανά την λέξη «Νανοτεχνολογία» και αν όχι τι μπορεί να σημαίνει ή τι φαντάζονται πως μπορεί να σημαίνει. Στην συνέχεια, αναλύουν την λέξη σε α' και β' συνθετικό, δηλαδή Νάνος + Τεχνολογία και εκφράζουν πιθανές απαντήσεις για το τι μπορεί να σημαίνει και τι μπορεί να μελετά. Οι απόψεις των μαθητών καταγράφονται στον πίνακα. Έπειτα, οι μαθητές ενημερώνονται ότι θα συμμετάσχουν σε εργαστήρια νανοτεχνολογίας στα οποία ως επιστήμονες θα ενημερωθούν και θα διερευνήσουν τα πολύ μικρά πράγματα και ακολουθεί συζήτηση σχετικά με την εργασία των επιστημόνων, τον ρόλο τους, τι μελετάνε και ποιοι θεωρούν πως χρειάζεται να συμμετέχουν σε μία έρευνα προκειμένου να είναι αποδεκτά τα αποτελέσματα της από όλους τους πολίτες.

Έπειτα, πραγματοποιείται μία συζήτηση σχετικά με το ποίο αντικείμενο είναι το μικρότερο αντικείμενο που μπορούμε να δούμε με τα μάτια μας και με ποιο τρόπο και ποια όργανα θα μπορούσαμε να δούμε τα μικρότερα πράγματα από αυτά. Επίσης, οι μαθητές ρωτούνται τι μπορεί να χρησιμοποιούν οι επιστήμονες για να βλέπουν μικρότερα πράγματα από αυτά που μπορούμε να δούμε με τα μάτια μας και τι όργανα χρησιμοποιούν.

Οι μαθητές προκειμένου να γίνει η δοκιμασία των αρχικών ιδεών τους που εξέφρασαν στις συζητήσεις αλλά και να αρχίσουν να κατηγοριοποιούν διάφορα αντικείμενα στους τρεις κόσμους (Μακρόκοσμος, Μικρόκοσμος, Νανόκοσμος) με βάση τα όργανα παρατήρησης τους (Στόχος α) τους δίνεται ένα Φύλλο Εργασίας (βλ. Παράρτημα- Φύλλο εργασίας 1) καθώς επίσης και ένας φάκελος ο οποίος περιέχει εικόνες με διάφορα αντικείμενα και τους ζητάτε να ταξινομήσουν τα αντικείμενα των εικόνων που βλέπουν στον Μακρόκοσμο, στον Μικρόκοσμο και στον Νανόκοσμο όπως αυτοί νομίζουν ότι μπορεί να είναι σωστά. Έπειτα για να ελέγξουν τις απαντήσεις τους αλλά και να αντιληφθούν πόσο μικρό είναι το «νάνο» αλλά και το μέγεθος των αντικειμένων που υπάρχουν στον νανόκοσμο καθώς επίσης και να εξοικειωθούν με τις επιστημονικές έννοιες που διαπραγματεύεται η ενότητα (Στόχος β και γ) γίνεται η προβολή ενός Power Point. Το θέμα του Power Point αφορά στην επικοινωνία μεταξύ δύο νεαρών επιστημόνων των οποίων η συζήτηση ξεκινά εκφράζοντας μία απορία σχετικά με το ποια όργανα μας βοηθούν να βλέπουμε τα πράγματα που βρίσκονται γύρω μας. Στην παρουσίαση η οποία αποτελείται από δώδεκα (12) διαφάνειες, γίνεται αναφορά στους τρεις κόσμους των αντικειμένων, ποια αντικείμενα μπορούμε να δούμε μέσα σε αυτούς και ποια όργανα χρησιμοποιούμε και μας βοηθούν να τα δούμε καλύτερα αλλά και ποια μονάδα μέτρησης χρησιμοποιούμε για να μετράμε όταν είμαστε στον καθένα κόσμο. Επίσης, δίνονται οι ορισμοί των τριών κόσμων με βάση τα όργανα παρατήρησης που χρησιμοποιούμε σε καθένα από αυτούς. Δηλαδή, «ο Μακρόκοσμος είναι όλα τα αντικείμενα που μπορούμε να δούμε με γυμνό μάτι», «ο Μικρόκοσμος είναι ο κόσμος που για να δούμε τα αντικείμενα που υπάρχουν εκεί χρησιμοποιούμε το οπτικό μικροσκόπιο» και «ο Νανόκοσμος είναι ο κόσμος που για να δούμε όλα τα αντικείμενα που υπάρχουν στον συγκεκριμένο κόσμο χρησιμοποιούμε το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο» (εικόνες 7, 8, 9, 10, 11, 12). Κατά τη διάρκεια της παρουσίασης του Power Point οι μαθητές διορθώνουν την αρχική ταξινόμηση των

αντικειμένων που είχαν κάνει στηριζόμενοι στην επιστημονική γνώση και με βάση τα όσα προβάλλονταν στην παρουσίαση. Μετά το τέλος της παρουσίασης οι μαθητές κολλάνε τα αντικείμενα στην σωστή τους θέση και έπειτα γίνεται η ανακοίνωση των αντικειμένων που ανήκουν σε κάθε κόσμο στην τάξη.



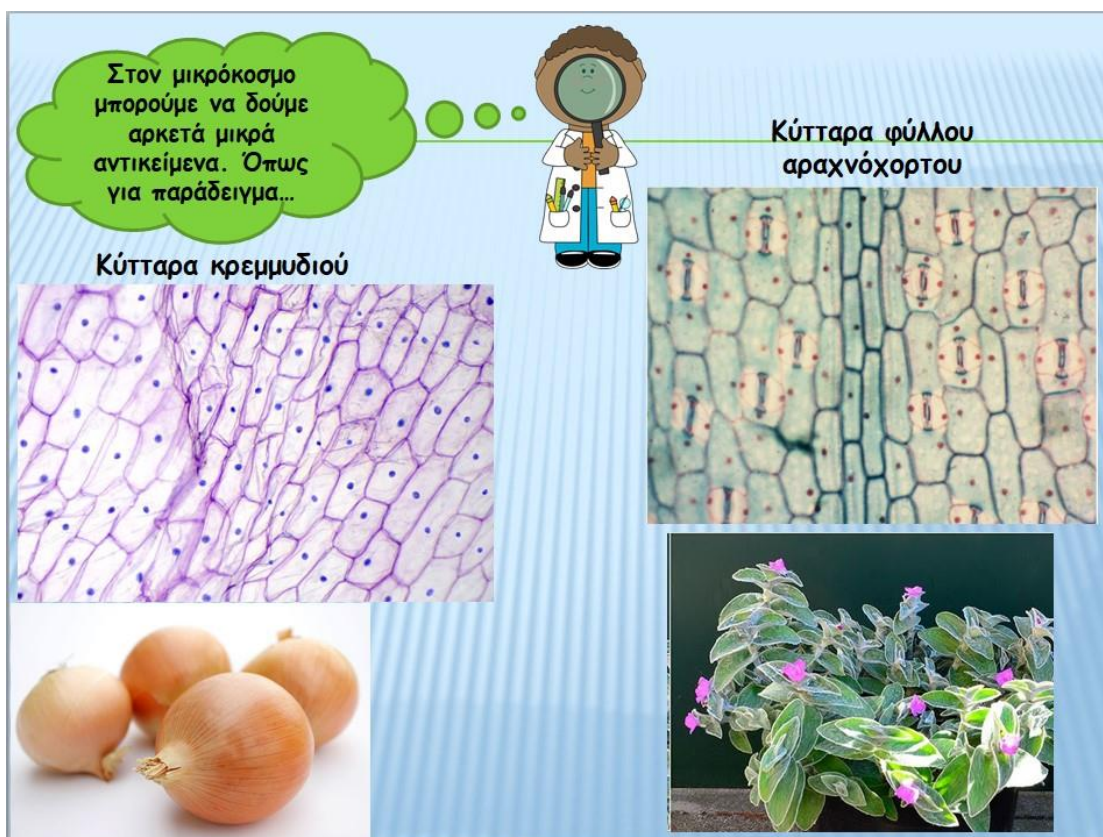
Εικόνα 8: Η παρουσίαση του ορισμού του Μακρόκοσμου



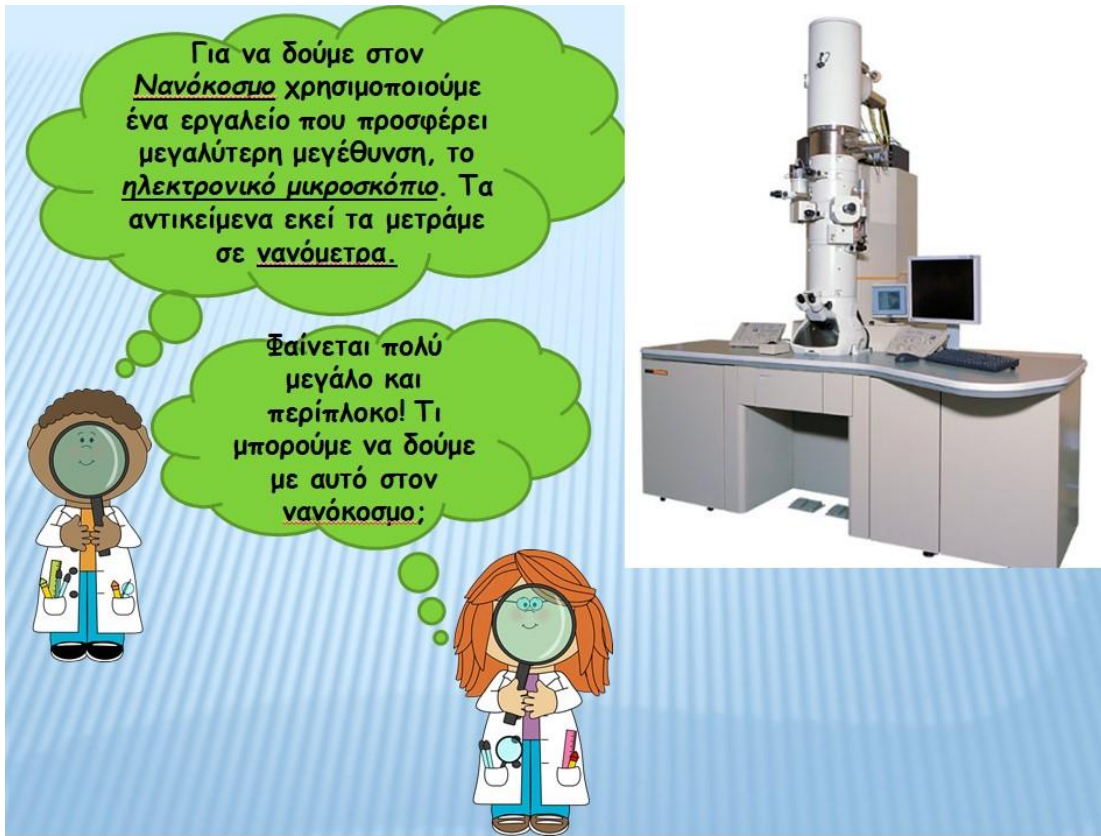
Εικόνα 7: Αρχή της παρουσίασης Power Point, η αφορμή της συζήτησης των επιστημόνων.



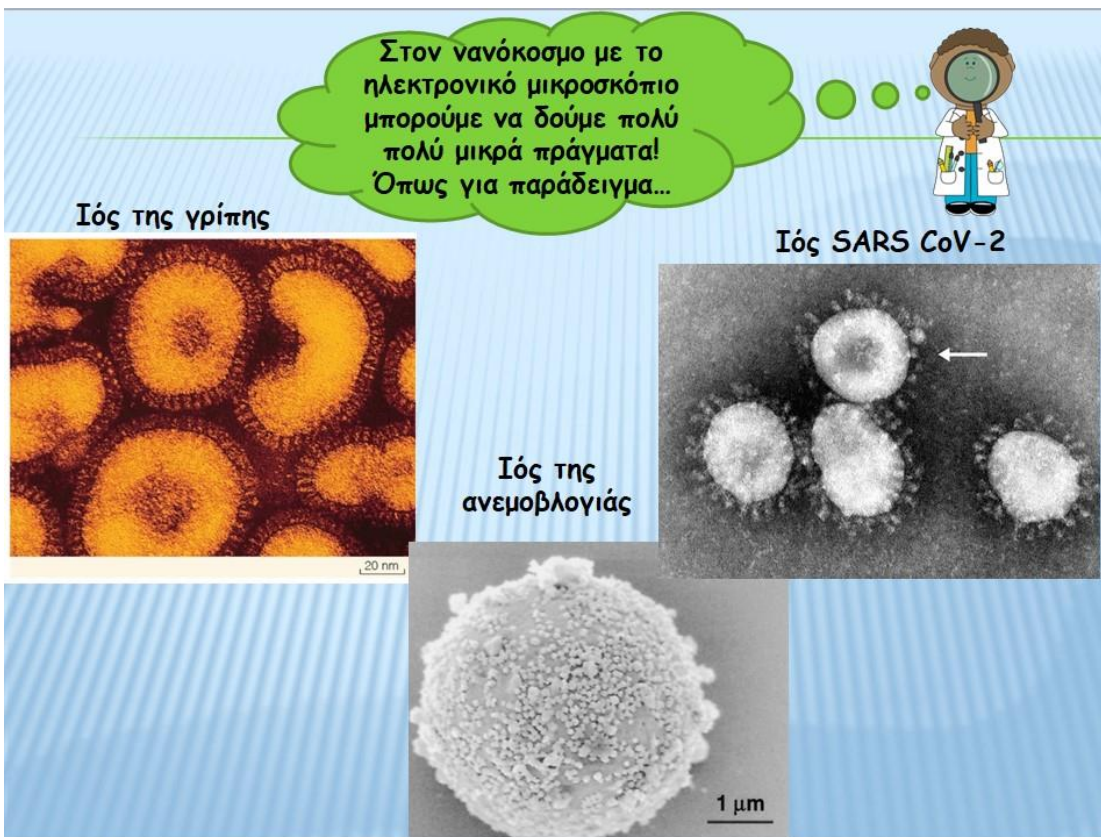
Εικόνα 9: Παρουσίαση του ορισμού του Μικρόκοσμου με βάση το όργανο παρατήρησης



Εικόνα 10: Αντικείμενα που μπορούμε να δούμε στον Μικρόκοσμο με την βοήθεια του οπτικού μικροσκοπίου.



Εικόνα 11: Ο ορισμός του Νανόκοσμου με βάση του όργανο παρατήρησης που χρησιμοποιούμε στον κόσμο αυτό.

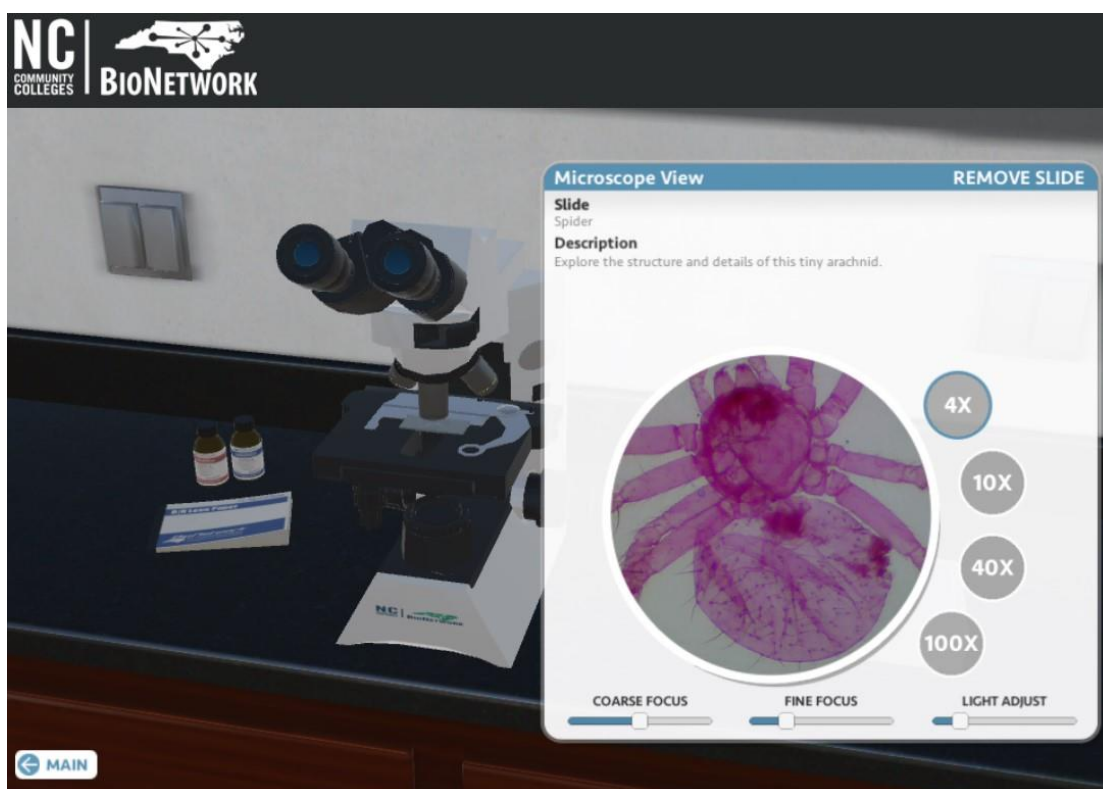


Εικόνα 11: Τα αντικείμενα του νανόσκομου, τα οποία μπορούμε να δούμε με την χρήση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου

Στην συνέχεια, αφού ανακοινωθεί στην τάξη η ταξινόμηση των αντικειμένων σύμφωνα με την επιστημονική γνώση όπως αυτή παρουσιάζεται στην παρουσίαση του Power Point οι μαθητές/-τριες θα περάσουν στην 2^η δραστηριότητα του φύλλου εργασίας (βλ. Παράρτημα- Φύλλο Εργασίας 1). Στην δραστηριότητα αυτή οι μαθητές/-τριες θα χρησιμοποιήσουν τον κανονικό τους χάρακα αλλά και τον νανοχάρακα που θα τους δοθεί προκειμένου να είναι ικανοί να χρησιμοποιούν τον νανοχάρακα και να μετρούν αντικείμενα του Μακρόκοσμου σε νανόμετρα (Στόχος δ). Αρχικά ζητάτε από τους μαθητές να βγούνε στο εξωτερικό προαύλιο του σχολείου και να συλλέξουν 3 αντικείμενα μέχρι 15 εκατοστά. Έπειτα, εφόσον καταγράψουν τα ονόματα των αντικειμένων στο Φύλλο εργασίας τους ζητάτε να μετρήσουν με τον κανονικό χάρακα που τους δίνετε το μέγεθος των αντικειμένων πρώτα σε εκατοστά και στην συνέχεια θα μετρήσουν τα ίδια αντικείμενα με τον νανοχάρακα και θα καταγράψουν ποίο είναι το μέγεθος τους σύμφωνα με την μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιούμε στον νανόκοσμο, δηλαδή θα καταγράψουν το μέγεθος των αντικειμένων σε νανόμετρα. Η χρησιμότητα της συγκεκριμένης δραστηριότητας είναι οι μαθητές/-τριες να εξοικειωθούν με τις μετρήσεις των αντικειμένων και να αντιληφθούν πόσο μικρά είναι τα πράγματα φτάνοντας σε αυτόν τον άγνωστο κόσμο που κλίνουνται να ερευνήσουν μέσα από αυτά τα εργαστήρια. Επίσης, κλίνουνται να αντιληφθούν το πόσο διαφέρουν οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται στην κλίμακα του Μακρόκοσμου με τις μετρήσεις που πραγματοποιούνται τελικά στην κλίμακα του Νανόκοσμου.

Έπειτα, εφόσον οι μαθητές εξοικειωθούν με το να κάνουν μετρήσεις με τον νανοχάρακα και τον κανονικό χάρακα τους θα χρησιμοποιήσουν δύο εφαρμογές οι οποίες αποτελούν προσομοίωση του οπτικού και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου για να δούνε την λειτουργία και την χρησιμότητα των οργάνων παρατήρησης. (Στόχος ε). Αρχικά, δίνετε στους μαθητές ένα φύλλο με τις οδηγίες χρήσης των δύο προσομοιώσεων που θα κλιθούν να χρησιμοποιήσουν οι μαθητές/τριες (βλ. Παράρτημα- Φύλλο οδηγιών χρήσης των προσομοιώσεων). Δίνετε λίγος χρόνος στους μαθητές για την μελέτη του φύλλου οδηγιών αλλά και για την εξοικείωση τους με τις δύο προσομοιώσεις.

Στην πρώτη εφαρμογή¹⁴ η οποία αφορά στην προσομοίωση του οπτικού μικροσκοπίου επιλέγοντας το κουμπί «Explore» εμφανίζεται το οπτικό μικροσκόπιο, στην συνέχεια πατώντας πάνω στο κουτί που υπάρχει στην εικόνα εμφανίζονται κατηγορίες αντικειμένων. Οι μαθητές θα επιλέξουν να δούνε μια αράχνη (εικόνα 13) επιλέγοντας από το μενού “Animal slides” και στην συνέχεια “Spider”. Η εφαρμογή αυτή μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα την χρησιμότητα του μικροσκοπίου, βλέποντας με αυτό πράγματα τα οποία δεν μπορούμε να δούμε με τα μάτια μας.



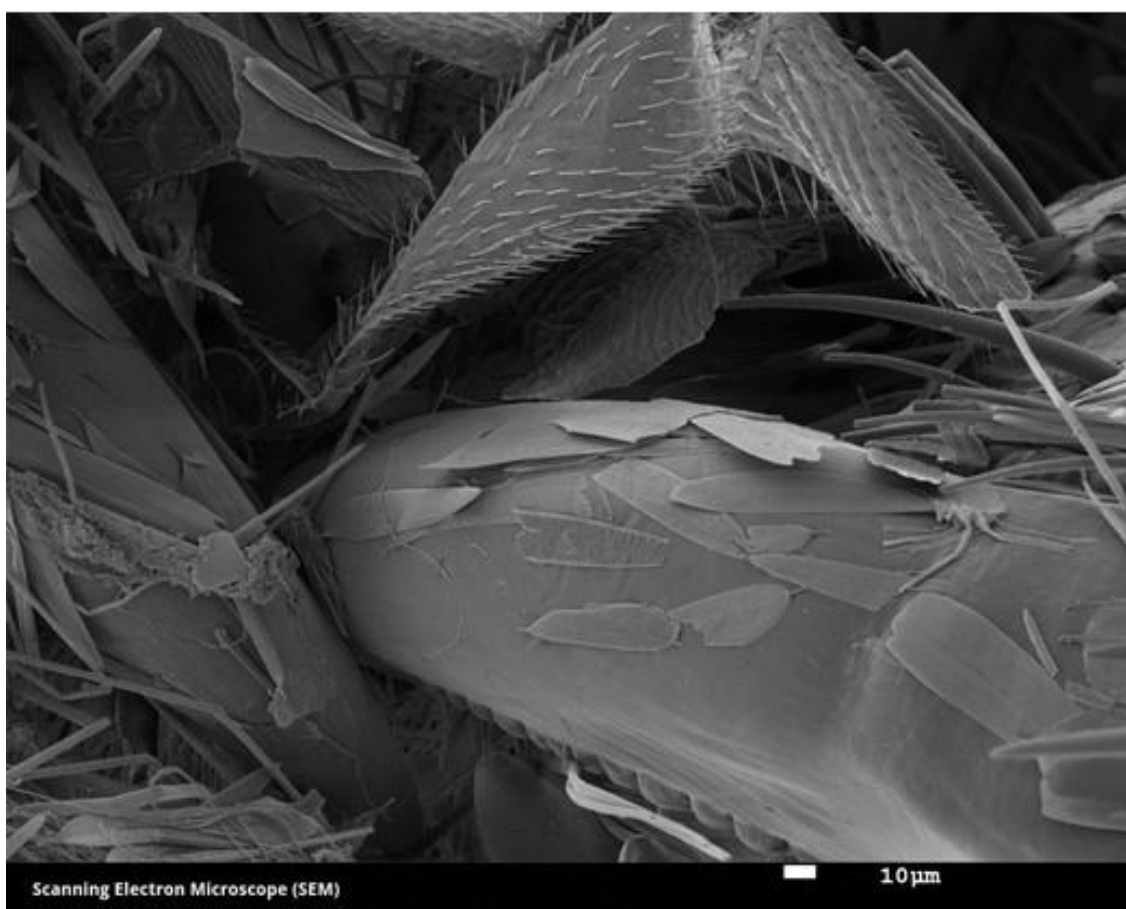
Εικόνα 12: Η αράχνη όπως αυτή φαίνεται από την εφαρμογή του οπτικού μικροσκοπίου

Η δεύτερη εφαρμογή¹⁵ αφορά στην προσομοίωση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου. Οι μαθητές στην συγκεκριμένη εφαρμογή θα επιλέξουν να δούνε πάλι την αράχνη επιλέγοντας από το μενού το “Garden Spider”. Στην συνέχεια, πάνω από την εικόνα υπάρχει μία κλίμακα μεγέθυνσης η οποία καθώς την μεγεθύνουν προς τα δεξιά δείχνει το αντικείμενο που επιλέχθηκε από τους μαθητές σε διαφορετικές κλίμακες (εικόνα 14). Επίσης, στην συγκεκριμένη εφαρμογή αναγράφεται και το μέγεθος της μεγέθυνσης στην οποία βρίσκεται το αντικείμενο κάθε φορά. Η

¹⁴ <https://www.ncbionetwork.org/iet/microscope/>

¹⁵ <https://myscope-explore.org/letsZoomIn.html>

συγκεκριμένη εφαρμογή προσφέρει στους μαθητές καλύτερη αντίληψη της λειτουργίας του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου αλλά και της χρησιμότητας του προκειμένου να μπορούμε να βλέπουμε πολύ μικρά αντικείμενα τα οποία δεν είναι ορατά ούτε με γυμνό μάτι αλλά ούτε και με το οπτικό μικροσκόπιο. Μπορούν δηλαδή να αντιληφθούν πόσο σημαντικό αλλά και περίπλοκο εργαλείο είναι το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο καθώς επίσης και πόσο μεγαλύτερη μεγέθυνση μπορεί να προσφέρει από το οπτικό μικροσκόπιο.



Εικόνα 13: Η αράχνη από την εφαρμογή του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σε κλίμακα 10μm

Αφού οι μαθητές-τριες παρατηρήσουν την αράχνη και στο οπτικό και στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο τους ζητάτε να πραγματοποιήσουν στο Φύλλο Εργασίας 2 που τους δίνετε τις δραστηριότητες 1,2 και 3. Στις δραστηριότητες 1 και 2 τους ζητάτε να σχεδιάσουν την αράχνη με όσες περισσότερες λεπτομέρειες την είδαν στο οπτικό και στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Ενώ, στην δραστηριότητα 3 τους ζητάτε να συμπληρώσουν τι ομοιότητες και τι διαφορές παρατήρησαν στην αράχνη βλέποντας

τη και από τα δύο μικροσκόπια (βλ. Παράρτημα – Φύλλο Εργασίας 2- Τα όργανα παρατήρησης των τριών κόσμων). Τέλος, πραγματοποιείται συζήτηση σχετικά με το τι τους έκανε εντύπωση όσον αφορά τα δύο αυτά εργαλεία καθώς επίσης συζητούνται και οι απόψεις τους σχετικά με την λειτουργία και την χρησιμότητα του οπτικού και ηλεκτρονικού μικροσκοπίου αλλά και τα οφέλη που αυτά μπορούν να προσφέρουν στην επιστημονική κοινότητα αλλά και στις έρευνες που διεξάγονται.

2.1.5.2. Δραστηριότητες 2^{ης} θεματικής με τίτλο: Πως ο Νανόκοσμος επηρεάζει τον Μακρόκοσμο; - Το φαινόμενο της ίωσης.

Οι στόχοι της 2^{ης} δραστηριότητας είναι οι εξής:

α) Οι μαθητές να αναγνωρίζουν την αλληλεπίδραση μεταξύ των αντικειμένων του νανόκοσμου, του μικρόκοσμου και του μακρόκοσμου όπως συμβαίνει στο φαινόμενο της ίωσης.

β) Οι μαθητές να περιγράφουν την αλληλεπίδραση των τριών κόσμων στην περίπτωση της ίωσης, ταξινομώντας τα αντικείμενα που αλληλεπιδρούν στον μακρόκοσμο, στον μικρόκοσμο και στον νανόκοσμο.

γ) Οι μαθητές να αντιληφθούν πως υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί ιοί ως προς την εμφάνιση, το μέγεθός και τον τρόπο μετάδοσης τους, οι οποίοι μπορούν να προσβάλλουν διαφορετικά τον ανθρώπινο οργανισμό.

ε) Οι μαθητές να είναι ικανοί να περιγράφουν το φαινόμενο της ίωσης χρησιμοποιώντας επιστημονικούς όρους προκειμένου να ενημερώσουν το κοινό τους και άλλους ανθρώπους της κοινωνίας.

Αρχικά πραγματοποιείται μία συζήτηση με τους μαθητές σχετικά με το τι πραγματοποιήθηκε στην προηγούμενη θεματική ενότητα και τι αναφέρθηκε σε αυτή. Η συζήτηση κατευθύνεται από ερωτήσεις όπως «ποια αντικείμενα μπορούμε να δούμε με τα μάτια μας και σε ποιο κόσμο ανήκουν;», «ποια αντικείμενα μπορούμε να δούμε με οπτικό μικροσκόπιο και πως λέγεται ο κόσμος στον οποίο ανήκουν;», «τα πολύ μικρά αντικείμενα πως μπορούμε να τα δούμε και τι όργανα χρησιμοποιούμε;», «πως ονομάζεται ο κόσμος των πολύ μικρών αντικειμένων;».

Έπειτα από αυτό ο εκπαιδευτικός ενημερώνει τους μαθητές πως στο δεύτερο εργαστήριο θα ασχοληθούν με ένα φαινόμενο το οποίο αφορά τον νανόκοσμο και πως στις μέρες μας το ακούμε συνεχώς και είναι κάτι που μας απασχολεί και μας περιορίζει από πολλά πράγματα, αυτό δεν είναι κανένα άλλο πέρα από το φαινόμενο της ίωσης. Έτσι, πραγματοποιώντας διάφορες δραστηριότητες οι μαθητές θα γνωρίσουν διάφορα είδη ιών, θα μελετήσουν τα συμπτώματα που μας προκαλούν όταν προσβάλλουν τον οργανισμό μας και τέλος, θα ενημερωθούν σχετικά με το πως ο νανόκοσμος επηρεάζει τον μακρόκοσμο.

Έτσι, στην συγκεκριμένη θεματική ενότητα οι μαθητές αναλαμβάνουν τον ρόλο των επιστημόνων-γιατρών και έχουν την αποστολή να συλλέξουν πληροφορίες και να ενημερώσουν τους ανθρώπους και το κοινό σχετικά με τους ιούς οι οποίοι προσβάλλουν τον ανθρώπινο οργανισμό με αποτέλεσμα να νοσούμε. Οι μαθητές μπαίνουν στη διαδικασία να αναζητήσουν πληροφορίες και στοιχεία, να τα ταξινομήσουν και να τα καταγράψουν προκειμένου να επιτύχουν τον τελικό στόχο τους που είναι η ενημέρωση του κοινού και των ανθρώπων που δεν ασχολούνται με τον τομέα της επιστήμης.

Στο σημείο αυτό αξίζει να τονιστεί πως για τις ανάγκες της παρούσας θεματικής ενότητας δημιουργήθηκε ένας δικτυακός τόπος (website) με τίτλο «**Nano-ιοί**»¹⁶ (Εικόνα 15) από τον οποίο οι μαθητές αντλούσαν τις πληροφορίες που χρειαζόταν μέσω εποπτικού υλικού (εικόνων, κειμένων). Οι μαθητές δεν θα συλλέγουν πληροφορίες από κείμενα ή εικόνες που θα είναι απλά εκτυπωμένα σε ένα φύλλο χαρτί ή βίντεο που θα υπάρχουν στην επιφάνεια εργασίας ενός υπολογιστή. Με τον τρόπο αυτό ενισχύεται η διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας καθώς και η αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών. Κρίνεται απαραίτητο να δοθεί λίγος χρόνος στους μαθητές προκειμένου να εξοικειωθούν με το περιβάλλον της ιστοσελίδας. Επίσης, προκειμένου να είναι πιο εύκολα κατανοητό το περιεχόμενο που αναρτήθηκε στον συγκεκριμένο διαδικτυακό τόπο χρειάστηκε να γίνει μετασχηματισμός και απλοποίηση των επιστημονικών ορισμών.

¹⁶ <https://georgakielnanoioi.wixsite.com/website>



Nano-IOI

Αρχική σελίδα Είδη ιών Έγγραφο



Εικόνα 15: Στιγμιότυπο από την αρχική σελίδα της μυστικής ιστοσελίδας.

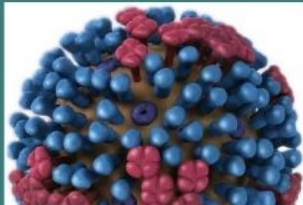
Αρχικά, προκειμένου να αντιληφθούν οι μαθητές πως υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί ιοί ως προς την εμφάνιση, το μέγεθος, τον τρόπο μετάδοσης και τον τρόπο αντιμετώπισης τους, οι οποίοι μπορούν να προσβάλλουν διαφορετικά τον ανθρώπινο οργανισμό (στόχος γ) τους ζητάτε να συμπληρώσουν τον πίνακα πληροφοριών (Δραστηριότητα 1) που υπάρχει το φύλλο εργασίας (βλ. παράρτημα-Φύλλο εργασίας 3). Προκειμένου οι μαθητές να ολοκληρώσουν σωστά την συμπλήρωση του πίνακα να συλλέξουν, να ταξινομήσουν τις πληροφορίες τους ζητάτε να μεταβούν στην ιστοσελίδα στην υποκαρτέλα με τίτλο «**Είδη ιών**». Στην συγκεκριμένη υποκαρτέλα οι μαθητές κλίνονται να αναζητήσουν τις πληροφορίες για τρεις πολύ γνωστούς ιούς αυτοί είναι ο ιός της γρίπης, ο ιός της ανεμοβλογιάς και ο ιός SARS CoV-2 (Εικόνες 16, 17, 18). Αφού μεταβούν στην υποκαρτέλα αυτή ζητάτε από τους μαθητές να διαβάσουν τις επιστημονικές πληροφορίες και στην συνέχεια να διακρίνουν ποιες από αυτές χρειάζονται για την συμπλήρωση του πίνακα πληροφοριών.

Τα είδη των ιών

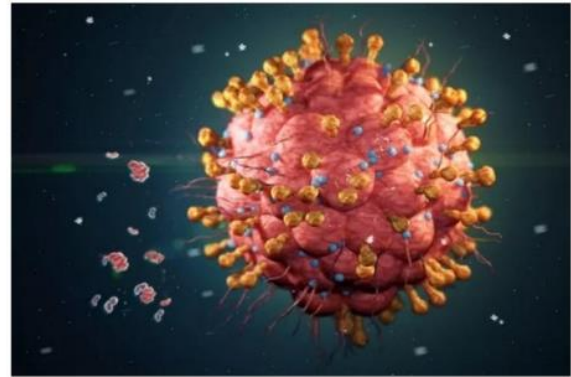
Υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί ιοί.
Προχωρήστε παρακάτω για να δείτε μερικούς από αυτούς

Ο ιός της γρίπης

Ο ιός της γρίπης είναι πολύ γνωστός για όλους μας. Το σχήμα του είναι σφαιρικό και γύρω του υπάρχουν εξογκώματα. Η διάμετρος του ιού είναι 120 nm. Μεταδίδεται μέσω φτερνίσματος ή μέσω του βήχα από κάποιον άνθρωπο που νοσεί. Τα σταγονίδια από τον βήχα ή το φτέρνισμα μολύνουν τον αέρα και έπειτα οι υγιείς άνθρωποι αναπνέουν τον μολυσμένο αέρα. Για να προφυλαχτούμε από τον ιό της γρίπης πρέπει να πλένουμε συχνά τα χέρια μας, να κρατάμε καθαρές τις επιφάνειες, να αποφεύγουμε να αγγίζουμε το πρόσωπο μας και την μύτη μας, να χρησιμοποιούμε χαρτομάντιλο κατά το φτέρνισμα ή τον βήχα και να αερίζουμε συχνά τους χώρους. Επίσης, για τον ιό της γρίπης υπάρχει και εμβόλιο το οποίο μπορεί να μας προστατέψει.



Εικόνα 16: Οι πληροφορίες για τον ιό της γρίπης όπως αυτές είναι στην μυστική ιστοσελίδα.



Ο ιός της ανεμοβλογιάς

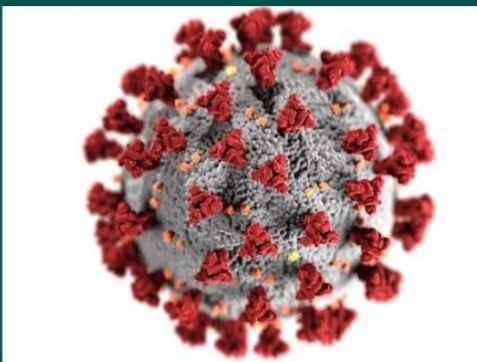
Το σχήμα του ιού της ανεμοβλογιάς είναι σφαιρικό και γύρω του υπάρχουν σφαιρικά εξογκώματα. Η συνολική διάμετρος του ιού είναι από 120 μέχρι 300 nm. Η ανεμοβλογιά είναι μια εξαιρετικά μεταδοτική, αλλά ήπια, ασθένεια της παιδικής ηλικίας. Εκδηλώνεται με εξανθήματα π.χ σπυράκια. Σοβαρές επιπλοκές μπορεί να προκαλέσει εάν μολύνει εγκύους. Μεταδίδεται με σταγονίδια από τη μύτη ή από το στόμα αλλά και από το υγρό που περιέχεται στα σπυράκια.

Ο κυριότερος τρόπος πρόληψης από τον ιό της ανεμοβλογιάς είναι η πραγματοποίηση εμβολίου στην ηλικία των 12-15 μηνών του ανθρώπου.

Εικόνα 17: Οι πληροφορίες για τον ιό της ανεμοβλογιάς όπως αυτές είναι στην μυστική ιστοσελίδα.

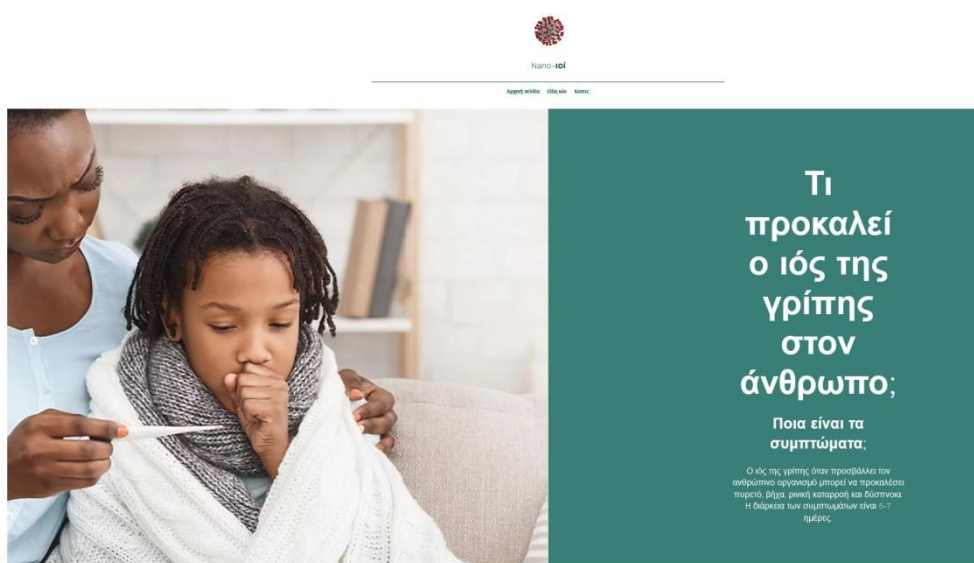
Ο ιός SARS CoV-2

Ο ιός SARS CoV-2, ο οποίος πήρε το όνομα του από ότι μας προκαλεί, δηλαδή το σοβαρό αναπνευστικό σύνδρομο (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2). Είναι ο κορωνοϊός που προκαλεί την ασθένεια COVID-19. Το σχήμα του είναι περίπου σφαιρικό με εξογκώματα στην περίμετρο της επιφάνειάς του. Η διάμετρος του ιού κυμαίνεται από 80 έως 120nm. Η μετάδοση συμβαίνει κυρίως είτε μέσω αναπνευστικών σταγονιδίων από βήχα και φτέρνισμα σε απόσταση περίπου 2 μέτρων είτε όταν ακουμπάμε αντικείμενα που έχουν πάνω τους τον ιό. Για να προφυλαχτούμε από τον κορωνοϊό πρέπει να πλένουμε συχνά τα χέρια μας, να φοράμε συστηματικά τη μάσκα προστασίας, να χρησιμοποιούμε χαρτομάντιλο όταν φτερνιζόμαστε, να αποφεύγουμε να ακουμπάμε την μύτη και στο στόμα με τα χέρια μας. Επίσης, και το εμβόλιο αποτελεί μέτρο πρόληψης ενάντια στον κορωνοϊό.



Εικόνα 18: Οι πληροφορίες για τον ιό SARS CoV-2 όπως αυτές είναι στην ιστοσελίδα.

Στην συνέχεια, οι μαθητές προκειμένου να αρχίσουν να αντιλαμβάνονται πως ο νανόκοσμος μπορεί να επηρεάζει τον μακρόκοσμο (Στόχος α) θα περάσουν στην επόμενη δραστηριότητα η οποία αφορά στην συμπλήρωση των πλαισίων που υπάρχουν στην δεύτερη άσκηση του Φύλλου εργασίας (βλ. Παράρτημα- Φύλλο Εργασίας 2). Στην συγκεκριμένη δραστηριότητα οι μαθητές κλίνονται να συμπληρώσουν στο πλαίσιο το όνομα του ιού ο οποίος ανήκει στον νανόκοσμο και στην απέναντι στήλη η οποία αναφέρεται στον μακρόκοσμο θα πρέπει να μελετήσουν και να καταγράψουν τα συμπτώματα που μας προκαλεί ο κάθε ιός τα οποία είναι αυτά που βλέπουμε με τα μάτια μας και ανήκουν στην μακρόκοσμο. Για να συλλέξουν οι μαθητές τις πληροφορίες που τους είναι απαραίτητες για την συμπλήρωση της 2^{ης} άσκησης θα χρησιμοποιήσουν πάλι την ιστοσελίδα. Έτσι, λοιπόν, ζητάτε από τους μαθητές να μεταβούν στην ιστοσελίδα αλλά αυτή τη φορά στην υποκαρτέλα με τίτλο «**Ιώσεις**», να μελετήσουν τις πληροφορίες και έπειτα να καταγράψουν όσα στοιχεία από αυτά είναι (Εικόνες 19, 20, 21).



Εικόνα 19: Τα συμπτώματα του ιού της γρίπης όπως αυτά αναφέρονται στην ιστοσελίδα.

Τι προκαλεί ο ιός της ανεμοβλογιάς;

Ποια είναι τα συμπτώματα;

Ο ιός της ανεμοβλογιάς προκαλεί στον άνθρωπο πυρετό, κόκκινα σπυράκια με υγρό και φαγούρα. Τα συμπτώματα αυτά διαρκούν περίπου 7 ημέρες.



Εικόνα 20: Τα συμπτώματα του ιού της ανεμοβλογιάς όπως αυτά αναφέρονται στην ιστοσελίδα



Εικόνα 21: Τα συμπτώματα του ιού SARS CoV-2 όπως αυτά αναφέρονται στην ιστοσελίδα

Τι προκαλεί ο ιός SARS CoV-2;

Ποια είναι τα συμπτώματα;

Ο ιός SARS CoV-2 όταν προσβάλλει τον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί να προκαλέσει βαρύ λόξιμηλο, υψηλό πυρετό, βήχα, δύσπνοια και πόνο στα κόκαλα. Τα συμπτώματα του ιού μπορούν να διαρκέσουν από 1 μέχρι 14 μέρες.

Τέλος, προκειμένου οι μαθητές να περιγράψουν την αλληλεπίδραση των τριών κόσμων στην περίπτωση της ίωσης, ταξινομώντας τα αντικείμενα που αλληλεπιδρούν στον μακρόκοσμο, στον μικρόκοσμο και στον νανόκοσμο (στόχος β) καλούνται να πραγματοποιήσουν στην τρίτη δραστηριότητα του Φύλλου Εργασίας (βλ. Παράρτημα - Φύλλο Εργασίας 2). Ζητάτε από τους μαθητές να ζωγραφίσουν και να περιγράψουν με λόγια τα αντικείμενα που αλληλεπιδρούν στον φαινόμενο της ίωσης. Οι μαθητές μπορούν να επισκεφτούν και να χρησιμοποιήσουν πάλι την ιστοσελίδα. Έτσι μπορούν να μεταβούν στην υποκαρτέλα με τίτλο «Ίώσεις» και να διαβάσουν τις πληροφορίες που δίνονται. Με βάση τις πληροφορίες που θα

συλλέξουν οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν στο φύλλο εργασίας τους στο πλαίσιο που υπάρχει ποια αντικείμενα σχετίζονται με την ίωση, ποια από αυτά ανήκουν στον μακρόκοσμο και ποια στον νανόκοσμο και πως φτάνει ένας ιός να προσβάλλει τον άνθρωπο. Στόχος της συγκεκριμένης συλλογής πληροφοριών είναι οι μαθητές να ανακαλύψουν την νέα γνώση αλλά και να συλλέξουν τις απαραίτητες πληροφορίες για να αντιληφθούν καλύτερα το φαινόμενο την ίωσης.

Έπειτα για να εμπλακεί ο άξονας της ΥΕΚ που αφορά την «Συμμετοχή του κοινού» στην συγκεκριμένη θεματική ενότητα οι μαθητές καλούνται να δημιουργήσουν ένα βίντεο το οποίο θα διαμοιραστεί με σκοπό να είναι ικανοί να περιγράψουν το φαινόμενο της ίωσης χρησιμοποιώντας επιστημονικούς όρους (Στόχος δ) . Έτσι τίθεται το εξής ερώτημα στους μαθητές το οποίο είναι και ο βασικός προβληματισμός τους «πρέπει να εμπλέκονται οι άνθρωποι της κοινωνίας στις διαδικασίες έρευνας;» πραγματοποιείται συζήτηση σχετικά με αυτό και πόσο σημαντικό είναι να εμπλέκονται στην διαδικασία της έρευνας όχι μόνο άνθρωποι της κοινωνίας αλλά και άλλοι φορείς προκειμένου να εξασφαλιστεί μεγαλύτερη αξιοπιστία στα ερευνητικά αποτελέσματα αλλά και καλύτερη ενημέρωση των ανθρώπων που δεν έχουν σχέση με την επιστήμη για όλα αυτά τα επιστημονικά ζητήματα. Με τον τρόπο αυτό προκειμένου να εμπλέξουν τα παιδιά το κοινό στις δικές τους επιστημονικές εργασίες και να γνωστοποιήσουν στους ανθρώπους τι είναι τελικά αυτό που συμβαίνει με το φαινόμενο της ίωσης αλλά και τι τελικά συμβαίνει με την αντιμετώπιση του κορονοϊού δίνετε στα παιδιά, τα οποία έχουν τον ρόλο των επιστημόνων γιατρών καθ' όλα την διάρκεια του 2^{ου} εργαστηρίου, η δυνατότητα να δημιουργήσουν οι μαθητές το δικό τους Storyboard (Εικόνα 22) προκειμένου στο τέλος με την σύνδεση του Storyboard να δημιουργήσουν το βίντεο με τις επιστημονικές πληροφορίες που έχουν επεξεργαστεί στις δραστηριότητες και των δύο θεματικών ενοτήτων (βλ. Παράρτημα- Εικόνες από το φύλλο του Storyboard). Έτσι, δίνεται σε κάθε ομάδα παιδιών ένα ερευνητικό ερώτημα για το οποίο θα δημιουργήσουν κάποιο σκίτσο το οποίο θα έχει και κάποια περιγραφή με λόγια ή κάποια ζωγραφιά η οποία θα απεικονίζει την απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα που τους τίθεται. Μετά την ολοκλήρωση της δημιουργίας του βίντεο αυτό αναρτάται στην σελίδα του σχολείου αλλά και παρουσιάζεται στους γονείς και στο σύνολο των μαθητών όλου του σχολείου προκειμένου να ενημερωθούν για τους επιστημονικούς

όρους της νανοτεχνολογίας αλλά και για το φαινόμενο των ιώσεων το οποίο είναι ένα πολύ γνωστό φαινόμενο σε όλους μας

ΣΕΛΙΔΑ: 2	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:	ΤΙΤΛΟΣ: ΠΩΣ Ο ΝΑΝΟΚΟΣΜΟΣ ΕΠΗΡΕΑΖΕΙ ΤΟΝ ΜΑΚΡΟΚΟΣΜΟ; ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΙΩΣΗΣ	ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:
Σκίτσο ή ζωγραφιά παιδιών		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	MEDIA LIST
		<ul style="list-style-type: none"> Εμφανίζεται η διπλανή εικόνα. Ακούγεται ηχογραφημένο το κείμενο, παράλληλα με την προβολή του. Η εμφάνιση της εικόνας στην οθόνη διαρκεί 00:05 δευτερόλεπτα <p>Ερωτήσεις:</p> <ul style="list-style-type: none"> Τι είναι ο Μακρόκοσμος; Με ποιο όργανο μπορούμε να δούμε τα πράγματα που ανήκουν εκεί; Ποιο είναι το πιο μικρό αντικείμενο που ανήκει στον μακρόκοσμο; 	Τι θα χρειαστό: <ul style="list-style-type: none"> Την φωτογραφία Κείμενο Ηχογράφηση του κειμένου
ΚΕΙΜΕΝΟ:			
ΣΕΛΙΔΑ: 6	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:	ΤΙΤΛΟΣ: ΠΩΣ Ο ΝΑΝΟΚΟΣΜΟΣ ΕΠΗΡΕΑΖΕΙ ΤΟΝ ΜΑΚΡΟΚΟΣΜΟ; ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΙΩΣΗΣ	ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:
Σκίτσο ή ζωγραφιά παιδιών		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	MEDIA LIST
		<ul style="list-style-type: none"> Εμφανίζεται η διπλανή εικόνα. Ακούγεται ηχογραφημένο το κείμενο, παράλληλα με την προβολή του. Η εμφάνιση της εικόνας στην οθόνη διαρκεί 00:05 δευτερόλεπτα <ul style="list-style-type: none"> Τι μέγεθος έχει ο ιός της γρίπης; Πώς μεταδίδεται; Τι μας προκαλεί; Πώς μπορούμε να προφυλαχτούμε; 	Τι θα χρειαστό: <ul style="list-style-type: none"> Την φωτογραφία Κείμενο Ηχογράφηση του κειμένου
ΚΕΙΜΕΝΟ:			
<p>Ο ιός της γρίπης για παράδειγμα είναι ένας ιός που ανήκει στον <u>νανόκοσμο</u>. Το μέγεθος του είναι <u>120 νανόμετρα</u>. Ο ιός της γρίπης μεταδίδεται μέσω του φτερνίσματος ή μέσω του βήχα. Μας προκαλεί συνήθως βήχα, πυρετό και ρινική καταρροή. Για να προφυλαχτούμε από το ιό της γρίπης πρέπει να πλένουμε συχνά τα χέρια μας, να κρατάμε καθαρές τις επιφάνειες, να μην αγγίζουμε το πρόσωπο και τα μάτια μας και να χρησιμοποιούμε χαρτομάντιλο όταν φτερνιζόμαστε.</p>			

Εικόνα 22: Δείγμα του φύλλου για την δημιουργία του Storyboard από τα παιδιά.

2.1.6. Συζήτηση-περιορισμοί και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Κύριος άξονας της συγκεκριμένης έρευνας αποτελεί ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων στις οποίες υιοθετήθηκαν θεματικές ενότητες από την YEK καθώς και από την NET. Τα δύο αυτά πεδία είναι αρκετά σημαντικά καθώς και τα δύο σχετίζονται με την ανάπτυξη του επιστημονικού γραμματισμού αλλά και με την εμπλοκή και ενημέρωση των ανθρώπων της κοινωνίας για θέματα των Φυσικών Επιστημών.

Η YEK είναι μία νέα προσέγγιση η οποία στοχεύει, στο να επιτευχθεί η σύνδεση μεταξύ της επιστήμης και της κοινωνίας. Προκειμένου να εφαρμοστεί είτε σε εκπαιδευτικό πλαίσιο είτε σε ερευνητικούς οργανισμούς χρησιμοποιούνται έξι (6) ατζέντες πολιτικής. Οι πολιτικές ατζέντες δεν είναι αναγκαίο να χρησιμοποιηθούν όλες ταυτόχρονα αλλά ούτε και να χρησιμοποιηθούν όλες.

Η NET ωστόσο είναι ένα επιστημονικό πεδίο πολύ ενδιαφέρον για όλους είτε μέλη της εκπαιδευτικής κοινότητας είτε μέλη της κοινωνίας. Ακόμη και αν φαίνεται δύσκολο μπορεί να προσεγγιστεί και από πολύ μικρές ηλικιακές ομάδες. Προκειμένου να αναπτυχθεί περιεχόμενο για την εφαρμογή της NET χρησιμοποιούνται οι Μεγάλες Ιδέες της NET. Οι Μεγάλες Ιδέες δεν κρίνεται αναγκαίο να χρησιμοποιηθούν όλες σε μία διδασκαλία για το πλαίσιο της NET.

Τα δύο αυτά λοιπόν πεδία είναι σύγχρονα και καινοτόμα για τον κόσμο των Φυσικών Επιστημών αλλά και για την καθημερινότητα γενικά, καθώς αναδεικνύουν την αξία των Φυσικών επιστημών αλλά και την αξία της επιστημονικής έρευνας. Στην παρούσα έρευνα σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν εκπαιδευτικές δραστηριότητες δύο (2) θεματικών ενοτήτων. Η μία αφορούσε τους τρεις κόσμους των αντικειμένων και η άλλη το φαινόμενο της ίωσης. Χρησιμοποιήθηκαν δύο (2) από τις έξι (6) πολιτικές ατζέντες της YEK και τέσσερις (4) Μεγάλες Ιδέες της NET. Επίσης, η χρήση της τεχνολογίας είναι απαραίτητη καθώς μέσω αυτής γίνεται καινοτόμο το εκπαιδευτικό υλικό των δραστηριοτήτων που σχεδιάστηκαν. Μέσω των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων προωθείται η διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας καθώς είναι μία μέθοδος η οποία ενδείκνυται για την επεξεργασία θεμάτων που αφορούν την YEK αλλά και την NET (Marques et al., 2014; Minner, Levy, & Century, 2010) και μία μέθοδος η οποία εμπλέκει περισσότερο τους μαθητές και τις μαθήτριες στην διαδικασία της μάθησης.

Οι δραστηριότητες παρόλο που έφτασαν στο τελικό στάδιο ύστερα από επαναλαμβανόμενες συζητήσεις και αρκετούς επανασχεδιασμούς και βελτιώσεις δεν εφαρμόστηκαν στην σχολική τάξη. Αυτό οφείλεται στη δυσκολία εύρεσης κατάλληλου δείγματος είτε εξαιτίας της πανδημίας του COVID-19 είτε συνθηκών που σχετίζονταν με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της διαθέσιμης τάξης μαθητών/τριών (πολύ μικρό δείγμα με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες κ.λπ.)

Σε περαιτέρω έρευνα είναι σημαντικό να πραγματοποιηθεί μια πιλοτική εφαρμογή σε ένα ικανοποιητικό δείγμα μαθητών προκειμένου να μελετηθούν οι δυσκολίες αλλά και τα σημεία που χρειάζονται βελτιώσεις αλλά και περισσότερες διευκρινήσεις. Η πιλοτική αυτή εφαρμογή θα μπορούσε να προσφέρει μία ολοκληρωμένη εικόνα για τις δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν καθώς θα έδινε την εικόνα από το πλαίσιο μίας πραγματικής τάξης. Επίσης, μέσω της πιλοτικής εφαρμογής θα μπορούσε να μελετηθεί καλύτερα κατά πόσο μπορούν οι μικρές ηλικιακές ομάδες να κατανοήσουν τις ατζέντες πολιτικής της ΥΕΚ που χρησιμοποιούνται. Ακόμη, σε περαιτέρω έρευνα θα μπορούσαν να επανασχεδιαστούν δραστηριότητες στις οποίες να χρησιμοποιούνται περισσότερες από τις ατζέντες πολιτικής της ΥΕΚ για να είχαν και οι μαθητές περισσότερη εμπλοκή με την επιστημονική έρευνα και να μπορούσαν να ενημερωθούν για περισσότερα πράγματα που σχετίζονται με αυτή. Μετά την πιλοτική εφαρμογή και τις βελτιώσεις που θα ακολουθήσουν λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα θα μπορεί να εφαρμοστεί και σε ευρύτερη ομάδα μαθητών.

Τέλος, θα μπορούσε επίσης να σχεδιαστούν κατάλληλα εργαλεία αξιολόγησης, π.χ. ερωτηματολόγιο, συνεντεύξεις τα οποία θα αξιολογούσαν τόσο την εκμάθηση του περιεχομένου από τους/τις μαθητές/τριες όσο και τα εκπαιδευτικά μέσα τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για να πραγματοποιηθούν οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες.

Βιβλιογραφία

- Allhoff, F., Lin, P., & Moore, D. (2009a). The basics of Nanotechnology. *What is nanotechnology and why does it matter? from science to ethics* (pp. 1-19). United Kingdom: John Wiley & Sons.
- Allhoff, F., Lin, P., & Moore, D. (2010). What is nanotechnology and why does it matter? From science to ethics. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell Publishing.
- Asante, K., Owen, R., & Williamson, G. (2014). Governance of new product development and perceptions of responsible innovation in the financial sector: insights from an ethnographic case study. *Journal of Responsible Innovation*, 1(1), 9–30. doi:10.1080/23299460.2014.882552.
- Bayram-Jacobs, D. (2015). Responsible Research and Innovation: *What is it? How to Integrate in Science Education*. Presented at International Congress on Education for the Future: Issues and Challenges (ICEFIC 2015) Conference, Ankara University, 13-15 May 201, Ankara, Turkey.
- Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S., & Ploetzner, R. (2010). Collaborative inquiry learning: Models, tools and challenges. *International Journal of Science Education*, 32, 349–377. doi:10.1080/09500690802582241
- Bertozzi, E., Fazio, C., Floriano, M., Levrini, O., Maniaci, R., Pecori, B., ... & Apotheker, J. (2015). Responsible Research and Innovation in Science Education: The IRRESISTIBLE Project.
- Blonder, R., Zemler, E., & Rosenfeld, S. (2016). The story of lead: a context for learning about responsible research and innovation (RRI) in the chemistry classroom. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 1145-1155.
- Borup, M., Brown, N., Konrad, K., and Lente, H. (2006). The sociology of expectations in science and technology. *Technology Analysis and Strategic Management*, 18(3-4), 285–298.
- Burget, M., Bardone, E., & Pedaste, M. (2017). Definitions and conceptual dimensions of responsible research and innovation: a literature review. *Science and engineering ethics*, 23(1), 1-19.

- Burget, M., Bardone, E., Pedaste, M., & Saage, K. (2018). Science Teachers' Perceptions Of The Emergence Of Responsible Research And Innovation In School. *Journal of Baltic Science Education*, 17(4), 590.
- Castellini, O. M., Walejko, G. K., Holladay, C. E., Theim, T. J., Zenner, G. M., Crone, W. C. (2007). Nanotechnology and the public: Effectively nanoscale science and engineering concepts. *Journal of Nanoparticle Research*, 9(2), 183-189
- CEC. (2010). *Europe 2020: A Strategy for Smart, Sustainable and Inclusive Growth*. Brussels: Commission of the European Communities. <http://ec.europa.eu/eu2020>.
- Cheng, J. C., Hung, J. F., & Huang, T. C. (2014). Promoting Middle School Students' Understanding and Situational Interest in Integrating Nanotechnology Into Science Curriculum. *US-China Education Review*, 48.
- Davis, M. Laas, K. (2013). "Broader Impacts" or "Responsible Research and Innovation"? A Comparison of Two Criteria for Funding Research in Science and Engineering. *Science and Engineering Ethics*, 1–21. doi:10.1007/s11948-013-9480-1. Retrieved from <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11948-013-9480-1> on 18.02.2015
- de Saille, S. (2015). Innovating innovation policy: The emergence of 'responsible research and innovation'. *Journal of Responsible Innovation*, 2(2), 152–168. doi:10.1080/23299460.2015.1045280.
- de Vocht M. and Laherto A., (2017). Profiling teachers based on their professional attitudes towards teaching Responsible Research and Innovation. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 5(3), 271-284.
- de Vocht M., Laherto A. and Parchmann I., (2017). Exploring teachers' concerns about bringing Responsible Research and Innovation to European science classrooms. *Journal of Science Teacher Education*, 28(4), 326-346.
- Dorouka, P., Papadakis, St., & Kalogiannakis, M. (2020b). Nanotechnology and Mobile Learning: Perspectives and Opportunities in Young Children's Education, *International Journal of Technology Enhanced Learning, (IJTEL)*, <https://www.inderscience.com/info/ingeneral/forthcoming.php?jcode=ijtel>

- Douglas C.M.W., Stemerding D. (2013). Governing Synthetic Biology for Global Health Through Responsible Research and Innovation. *Systems and Synthetic Biology*, 7(3), 139-150. doi:10.1007/s11693-013-9119-1
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International journal of science education*, 11(5), 481-490.
- El Naschie, M. S. (2006). Nanotechnology for the developing world. *Chaos, Solitons & Fractals*, 30(4), 769-773.
- European Commission (2012). *Responsible Research & Innovation*. Retrieved from http://ec.europa.eu/research/scienc society/document_library/pdf_06/responsible-research-and-innovationleaflet_en.pdf
- European Commission (2016). *A PRACTICAL GUIDE TO RESPONSIBLE RESEARCH AND INNOVATION. KEY LESSONS FROM RRI TOOLS*. Retrieved from <https://www.rri tools.eu/documents/10184/16301/RRI+Tools.+A+practical+guide+to+Responsible+Research+and+Innovation.+Key+Lessons+from+RRI+Tools>
- European Commission. (2006). *Recommendation 2006/962/EC of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning* (Official Journal L 394 of 30.12.2006). Retrieved from <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:394:0010:0018:EN:PDF>
- European Commission. (2012a). *Responsible research and innovation: Europe's ability to respond to societal challenges*. Retrieved from https://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_rri/KI0214595ENC.pdf
- Filipponi, L., & Sutherland, D. (2013). *Nanotechnologies: Principles, Applications, Implications and Hands-on Activities*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Ghattas, N., & Carver, J. (2012) Integrating nanotechnology into school education: a review of the literature. *Research in Science & Technological Education*, 30 (3), 271-284.

- 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.
- Hochella, M. F. (2002). Nanoscience and technology: the next revolution in the Earth sciences. *Earth and Planetary Science Letters*, 203 (2), 593-605.
- Hochella, M. F. (2002). Nanoscience and technology: the next revolution in the Earth sciences. *Earth and Planetary Science Letters*, 203 (2), 593-605.
- Jones, G. Blonder, R., Gardner, G., Albe, V., Falvo, M., Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*. 35 (9), 1490-1512.
- Jones, M. G., Paechter, M., Yen, C. F., Gardner, G., Taylor, A., & Tretter, T. (2013). *Teachers' concepts of spatial scale: An international comparison*. *International Journal of Science Education*, 35(14), 2462-2482.
- Klassen, P., Kupper, F., Rijnen, M., Vermeulen, S., & Broerse, J. (2014). *Policy brief on the state of the art of RRI and a working definition of RRI*. Deliverable 1.1 RRI-Tools Project. Retrieved from https://www.rri-tools.eu/documents/10184/107098/RRITools_D1.1-RRIPolicyBrief.pdf/c246dc97-802f-4fe7-a230-2501330ba29b
- Kumar, N., & Kumbhat, S. (2016). *Introduction*. In J. Wiley & Sons (Ed.), *Essentials in Nanoscience and Nanotechnology* (pp. 1- 23). Hoboken, New Jersey.
- Laherto, A. (2010). *An analysis of the educational significance of nanoscience and nanotechnology in scientific and technological literacy*. *Science Education International*, 21(3), 160-175.
- Layqah, L.A., Eissa, S., (2019). *An electrochemical immunosensor for the corona virus associated with the Middle East respiratory syndrome using an array of gold nanoparticle-modified carbon electrodes*. *Microchim. Acta* 186, 224
- Levidow, L., & Neubauer, C. (2014). EU research agendas: Embedding what future? *Science as Culture*, 23(3), 397–412. doi:10.1080/09505431.2014.926149.
- Levinson, D. F. (2006). *The genetics of depression: a review*. *Biological psychiatry*, 60(2), 84-92.
- Lin, S. F., Lin, H. S., Lee, L., & Yore, L. D. (2015). *Are science comics a good*

- medium for science communication? The case for public learning of nanotechnology.* International Journal of Science Education, 5(3), 276-294.
- Mandrikas, A., Michailidi, E. & Stavrou, D. (2019). *Teaching nanotechnology in primary education.* Research in Science & Technological Education, 1-19, <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1631783>
- Marques, I., Almeida, P., Alves, R., Dias, M. J., Godinho, A., & Pereira-Leal, J. B. (2014). Bioinformatics projects supporting life-sciences learning in high schools. *PLoS computational biology*, 10(1), e1003404.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474–496.
- Murriello, S., Contier, D., & Knobel, M. (2006). Challenges of an exhibit on nanoscience and nanotechnology. *Journal of Science Communication*, 5(4), 1-10.
- Murty, B. S., Shankar, P., Raj, B., Rath, B. B., & Murday, J. (2013a). The big world of Nanomaterials. *Textbook of nanoscience and nanotechnology* (pp.1-23). Springer Science & Business Media.
- Murty, B. S., Shankar, P., Raj, B., Rath, B. B., & Murday, J. (2013b). Applications of Nanomaterials. *Textbook of nanoscience and nanotechnology* (pp. 107-148). Springer Science & Business Media.
- National Nanotechnology Initiative (NNI). (n.d a). *Nanotechnology 101: What's so special about the Nanoscale?* <http://www.nano.gov/nanotech-101/special> (Προσπελάστηκε 15/07/2019).
- National Research Council (NRC). 2000. *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning.* Washington, DC: National Academy Press.
- Nordmann, A. (2009). Invisible origins of nanotechnology: Herbert Gleiter, materials science, and questions of prestige. *Perspectives on Science*, 17(2), 123-143.
- Owen, R., Macnaghten, P. and Stilgoe, J. (2012). RRI: From Science in Society to Science for Society, with Society. *Science and Public Policy*, (39), pp. 751-760.

- Owen, R., Macnaghten, P., & Stilgoe, J. (2012). *Responsible research and innovation: From science in society to science for society, with society*. *Science and Public Policy*, 39(6), 751–760
- Palmberg, C., Dernis, H., & Miguet, C. (2009). *Nanotechnology: an overview based on indicators and statistics*. STI Working Paper 2009/7, Paris: OECD.
- Peciuliauskiene, P. (2019, May). THE INFLUENCE OF BASIC PSYCHOLOGICAL NEEDS ON SECONDARY SCHOOL STUDENTS' INTRINSIC MOTIVATION AT RRI ACTIVITY. In *Proceedings of the International Scientific Conference. Volume II* (Vol. 376, p. 386).
- Peikos, G., Manou, L., Spyrtou.,A & Papadopoulou, Ch. (2016). Study of the evolution of primary students' ideas about Nanoscience-Nanotechnology. *Proceedings in the Third International Conference "Education across Borders" Education and Research across Time and Space*. Bitola: Faculty of Education (in press).
- Perelló J., Bonhoure I., Couso D., Simarro C., Vock N. & Malagrida R. (2016). D3.2 Report on Responsible Research and Innovation. Retrieved from <http://www.stem4youth.eu/wp-content/uploads/2018/07/D3.2.pdf>
- Ratinen, I., Kähkönen, A. & Lindell, A. (2018). Pupils' Understanding about Responsible Research and Innovation. *International Journal of Environmental and Science Education*, 13(2), 143-154.
- Roco, M. C. (2003). Converging science and technology at the nanoscale: opportunities for education and training. *Nature biotechnology*, 21 (10), 1247-1249.
- Roco, M. C. (2011). The long view of nanotechnology development: the National Nanotechnology Initiative at 10 years. *Journal of Nanoparticle Research*, 13(2), 427-445.
- Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2005). Societal implications of nanoscience and nanotechnology: Maximizing human benefit. *Journal of Nanoparticle Research*, 7(1), 1-13.
- Sakhnini, S., & Blonder, R. (2015). Essential Concepts of Nanoscale Science and Technology for High School Students Based on a Delphi Study by the Expert Community. *International Journal of Science Education*, 37 (11), 1699-1738.

- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum: Switzerland.
- Sgouros, G., & Stavrou, D. (2019). *Teachers' professional development in Nanoscience and nanotechnology in the context of a Community of Learners*. *International Journal of Science Education*, 41(15), 2070-2093.
- Stahl, B. C. (2013). Responsible research and innovation: The role of privacy in an emerging framework. *Science and Public Policy (SPP)*, 40(6), 708–716. doi:10.1093/scipol/sct067.
- Stahl, B. C., Eden, G., Jirotko, M., & Coeckelbergh, M. (2014a). From computer ethics to responsible research and innovation in ICT. The transition of reference discourses informing ethics-related research in information systems. *Information and Management*, 51, 810–818. doi:10.1016/j.im.2014.01.001.
- Stevens, S. Y., Sutherland, L. M., & Krajcik, J. S. (2009). *The big ideas of nanoscale science and engineering*. *The Foundational Science Content* (pp. 5-35). NSTA press.
- Stevens, S., Sutherland, L., Schank, P., & Krajcik, J. (2007). The big ideas of nanoscience. *Unpublished manuscript*.
- Stilgoe, J., Owen, R., & Macnaghten, P. (2013). Developing a framework for responsible innovation. *Research Policy*, 42, 1568–1580. doi:10.1016/j.respol.2013.05.008.
- Stirling, A. (2010). Keep it complex. *Nature*, 468, 1029–1031. doi:10.1038/4681029a.
- Sutcliffe, H. (2011). *A report on responsible research and innovation*. http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/rri-report-hilary-sutcliffe_en.pdf.
- Taylor, A., Jones, G., & Pearl, T. P. (2008). Bumpy, Sticky, and Shaky: Nanoscale Science and the Curriculum. *Science Scope*, 31(7), 28-35.
- Teengam, P., Siangproh, W., Tuantranont, A., Vilaivan, T., Chailapakul, O., Henry, C.S., (2021). *Multiplex paper-based colorimetric DNA sensor using pyrrolidinyl peptide nucleic acid-induced AgNPs aggregation for detecting MERS-CoV, MTB, and HPV oligonucleotides*. *Anal. Chem.* 89, 5428–5435
- Tharayil, A., Rajakumari, R., Chirayil, C. J., Thomas, S., & Kalarikkal, N. (2021). A short review on nanotechnology interventions against COVID-19. *Emergent Materials*, 1-11.

- Unesco (2006). *The ethics and politics of nanotechnology*. France: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Varadan, V. K., Pillai, A. S., Mukherji, D., Dwivedi, M., & Chen, L. (2010). Introduction. *Nanoscience and nanotechnology in engineering* (pp. 1-25). Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Von Schomberg, R. (2011). *Towards RRI in the Information and Communication Technologies and Security Technologies Fields*. Brussels: European Commission.
- Von Schomberg, R. (2013). A Vision of Responsible Research and Innovation. In (eds R. Owen, J. Bessant and M. Heintz) *Responsible Innovation: Managing the Responsible Emergence of Science and Innovation in Society*. London: John Wiley&Sons, Ltd.
- Winkelmann, K., & Bhushan, B. (Ed.). (2016a). Introduction to Nanotechnology: History, Status and Importance of Nanoscience and Nanotechnology Education. *Global perspectives of nanoscience and engineering education* (pp.1-31). Switzerland: Springer.
- Wright, D. & Friedewald, M. (2013). Integrating Privacy and Ethical Impact Assessments. *Science and Public Policy*, 40, 755–766.
- Zhang, Q., Honko, A., Zhou, J., Gong, H., Downs, S. N., Vasquez, J. H., & Zhang, L. (2020). Cellular nanosponges inhibit SARS-CoV-2 infectivity. *Nano letters*, 20(7), 5570-5574
- Ζουρμπάκης, Α., Δορούκα, Π., Παπαδάκης, Σ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2020). *Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία (RRI) στην Εκπαίδευση: Υλοποίηση και Αρχική Αποτίμηση μιας Εξ Αποστάσεως Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών Προσχολικής Εκπαίδευσης. Πρακτικά του 12th Conference on Informatics in Education- Η Πληροφορική στην Εκπαίδευση (σσ. 203–219). Πανεπιστήμιο Πειραιώς (Διαδικτυακά). Ανακτήθηκε από http://events.di.ionio.gr/cie/images/documents20/CIE2020_OnLineProceeding/s/7.CIE2020_950.990_Zour_Final_p203-219.pdf*

- Μάνου, Λ. & Σπύρτου, Α. (2013). Η εισαγωγή της Νανοεπιστήμης – Νανοτεχνολογίας στην υποχρεωτική εκπαίδευση: βιβλιογραφική επισκόπηση του περιεχομένου και σύνδεση του με το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες. Στο Δ. Βαβουγιός & Στ. Παρασκευόπουλος (Επμ.), *Πρακτικά του 8ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σσ. 664- 671). Βόλος: Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Μάνου, Λ., Σπύρτου, Α., Χατζηκρανιώτης Ε., & Καριώτογλου, Π. (2017). Εφαρμογή Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας στο περιεχόμενο της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας : Αξιολόγηση της μάθησης πρωτοβάθμιων εκπαιδευτικών. Στο Δ. Σταύρου, Α. Μιχαηλίδη & Α. Κοκολάκη (Επμ.). Γεφυρώνοντας το χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής πράξης, *Πρακτικά του 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σσ. 44-51). Ρέθυμνο : Πανεπιστήμιο Κρήτης.
- Πέικος, Γ., (2016). *Σχεδιασμός, Ανάπτυξη και Αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για τη διδασκαλία περιεχομένου της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας στο Δημοτικό σχολείο*. (Μεταπτυχιακή διατριβή, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα). Ανακτήθηκε από <https://dspace.uowm.gr/xmlui/handle/123456789/448>
- Πέικος, Γ., Μάνου, Λ. & Σπύρτου, Α. (2015). Ανάπτυξη και αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς για την διδασκαλία της Νανοεπιστήμης - Νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο. Στο Δ. Ψύλλος, Α. Μολοχίδης & Μ. Καλλέρη (Επμ.), *Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές*, *Πρακτικά του 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σσ. 279-286). Θεσσαλονίκη: Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.
- Πέικος, Γ., Μάνου, Λ. & Σπύρτου, Α. (2015β). Ανάπτυξη και αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς για την διδασκαλία της Νανοεπιστήμης - Νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο. Στο Δ. Ψύλλος, Α. Μολοχίδης & Μ. Καλλέρη (Επμ.), *Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την*

Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές, Πρακτικά του 9ου Πανελληνίου συνεδρίου των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (σσ. 279-286). Θεσσαλονίκη: Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.

Πέικος, Γ., Παπαδοπούλου, Χ. & Μάνου, Λ. (2015). Ιδέες και γνώσεις των μαθητών για τη Νανοεπιστήμη -Νανοτεχνολογία στο δημοτικό σχολείο. Στο Δ. Ψύλλος, Α. Μολοχίδης & Μ. Καλλέρη (Επιμ.), Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές, Πρακτικά του 9ου Πανελληνίου συνεδρίου των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση (σσ. 1047-1052). Θεσσαλονίκη: Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.

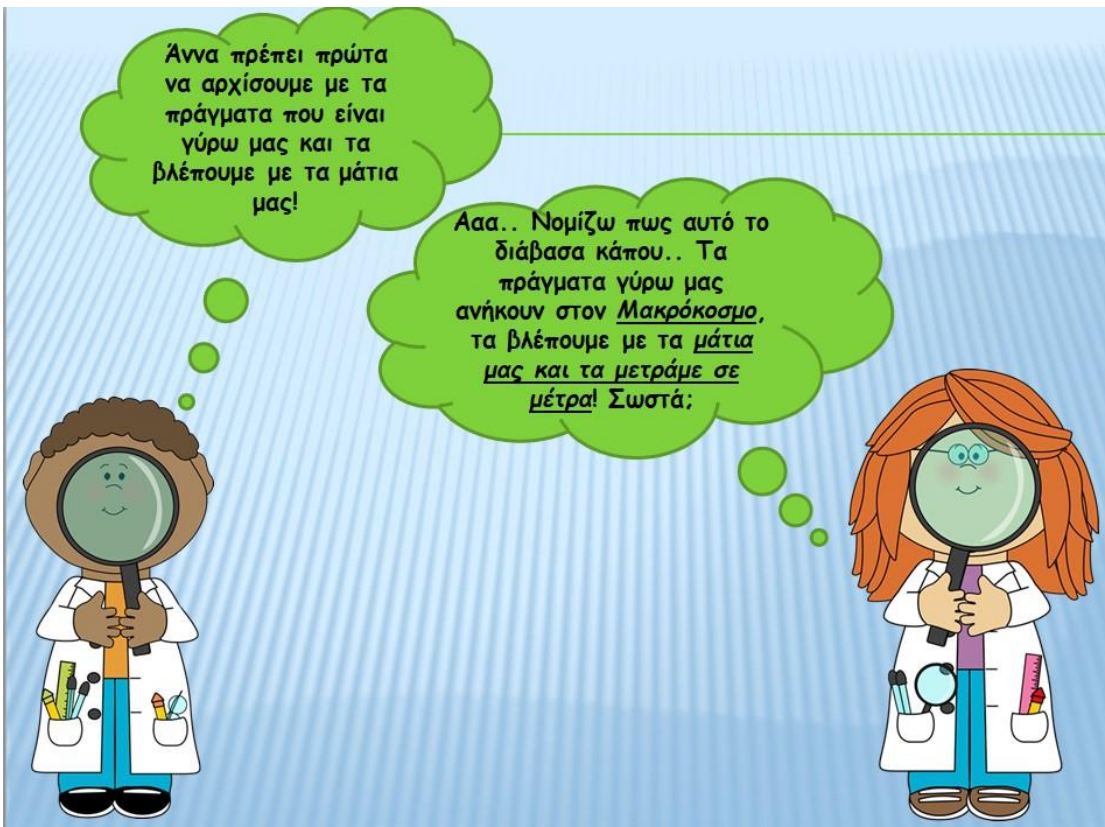
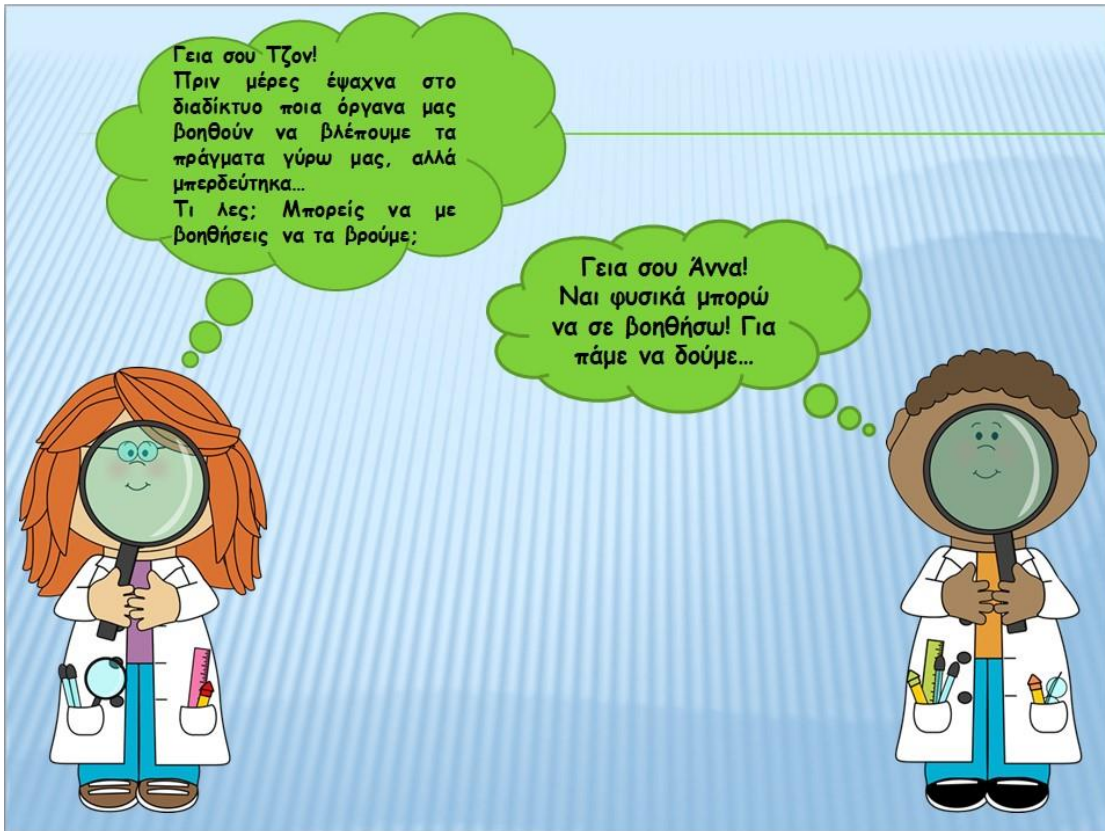
Σπύρτου, Α., Μάνου, Λ., Πέικος, Γ., & Παπαδοπούλου Π. (2018). *Διερευνώντας τα Μυστικά του Νανόκοσμου*, Αθήνα: Gutenberg - Δαρδανός.

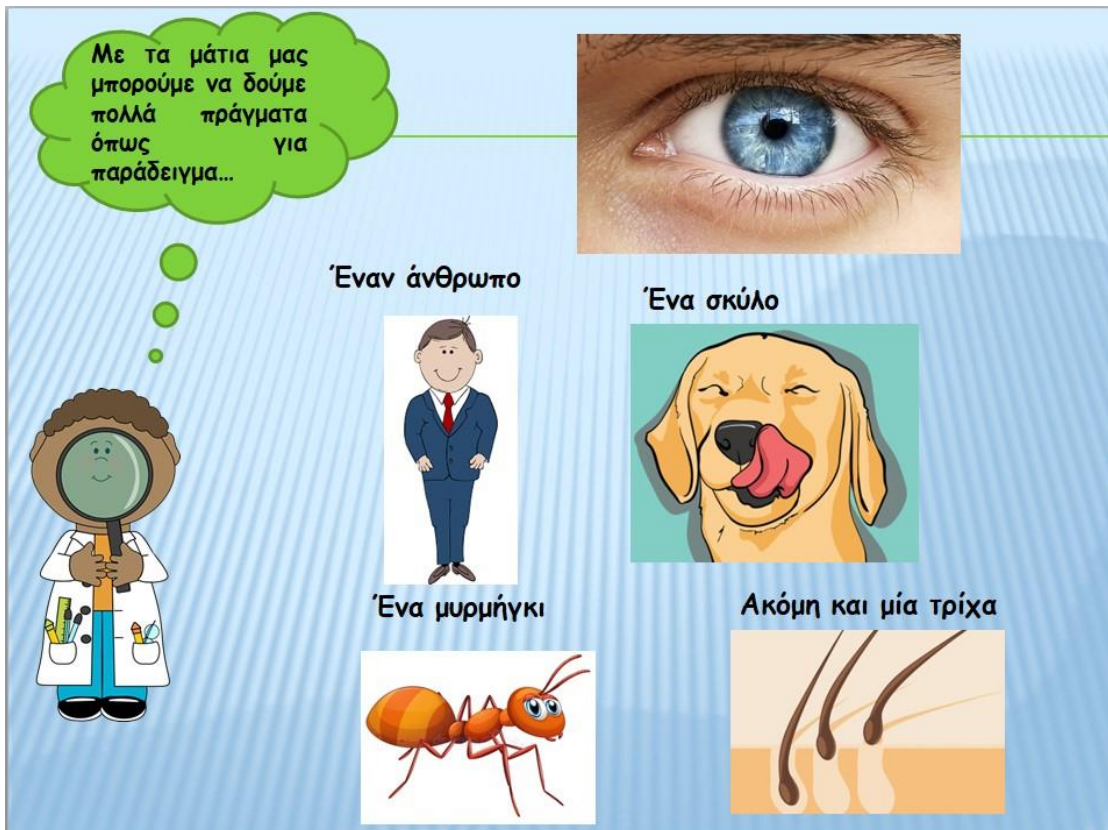
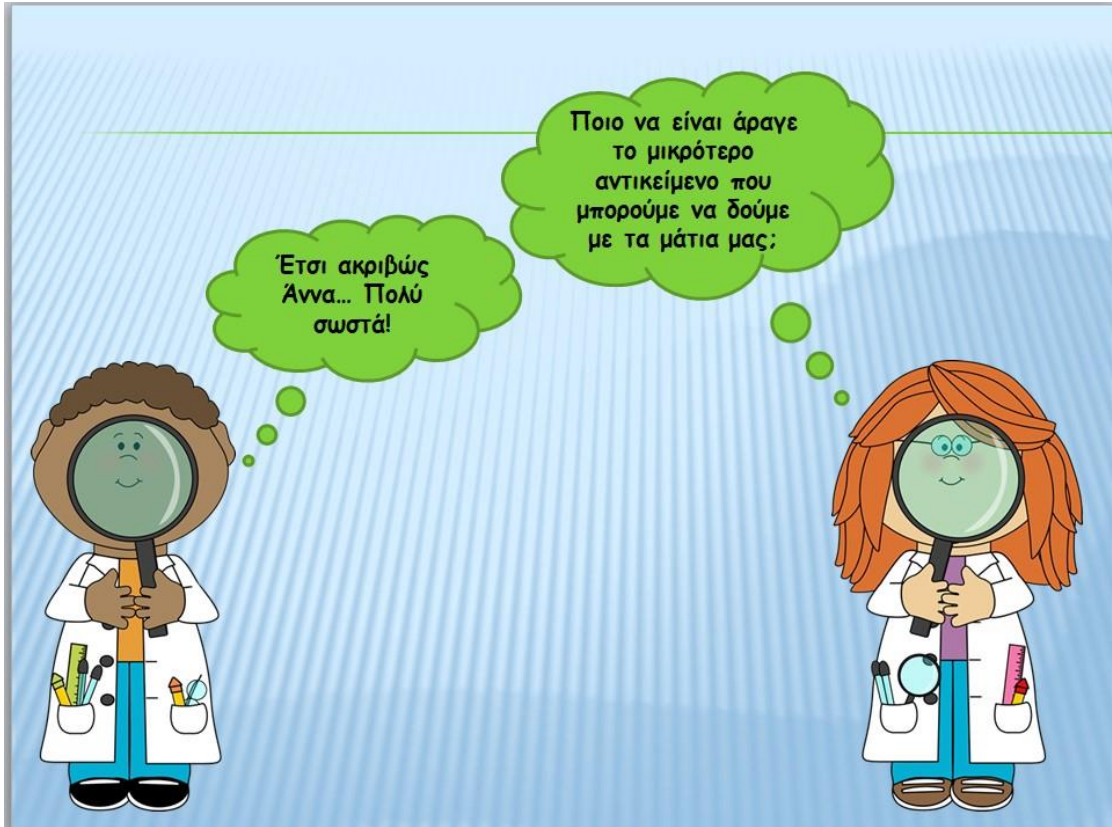
Τασσοπούλου, Σ., (2017). *Αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για την εισαγωγή του περιεχομένου της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας και των Μοντέλων: Μια μελέτη περίπτωσης σε μαθητές Δημοτικού σχολείου*. (Μεταπτυχιακή διατριβή, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα). Ανακτήθηκε από <https://dspace.uowm.gr/xmlui/handle/123456789/524>

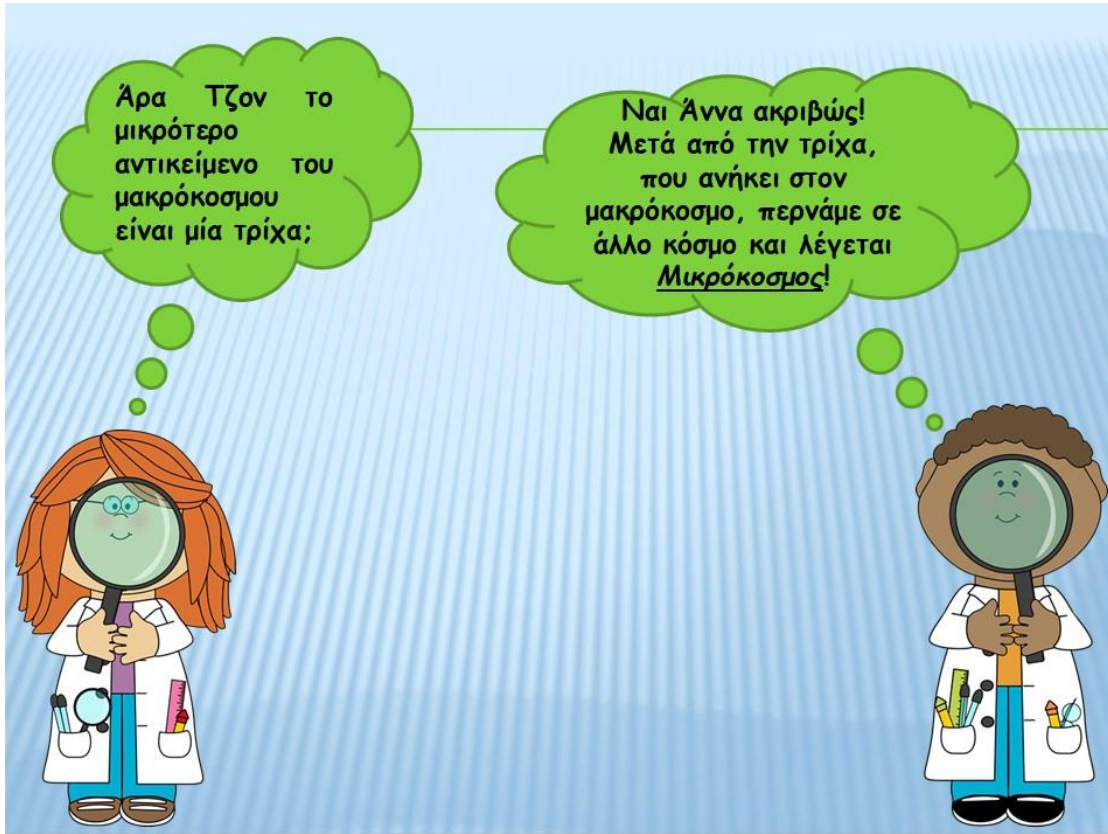
Χαλκιά, Κ. (2012). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.

Παράρτημα

Παρουσίαση Power Point



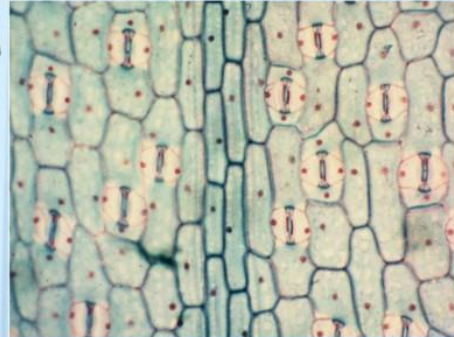




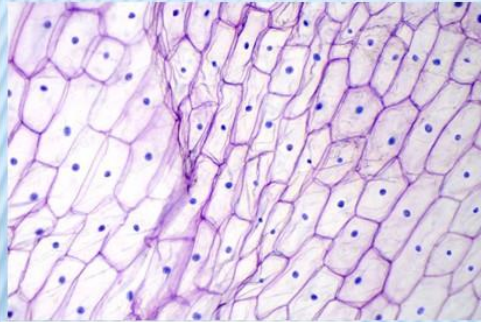
Στον μικρόκοσμο
μπορούμε να δούμε
αρκετά μικρά
αντικείμενα. Όπως
για παράδειγμα...



Κύτταρα φύλλου
αραχνόχορτου



Κύτταρα κρεμμυδιού






Κατάλαβα Τζον...
Και όταν θέλουμε να
δούμε μικρότερα σε
μέγεθος αντικείμενα από
τα κύτταρα, τι γίνεται;

Τότε περνάμε στον
Νανόκοσμο Άννα...
Εκεί τα πράγματα
είναι πολύ πολύ
μικρά!



Για να δούμε στον Νανόκοσμο χρησιμοποιούμε ένα εργαλείο που προσφέρει μεγαλύτερη μεγέθυνση, το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Τα αντικείμενα εκεί τα μετράμε σε νανόμετρα.

Φαίνεται πολύ μεγάλο και περίπλοκο! Τι μπορούμε να δούμε με αυτό στον νανόκοσμο;

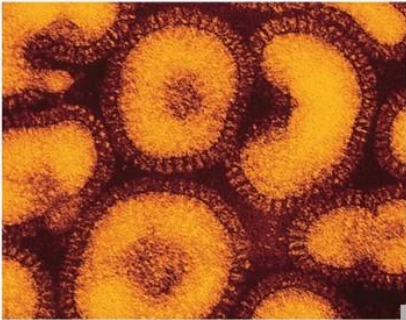
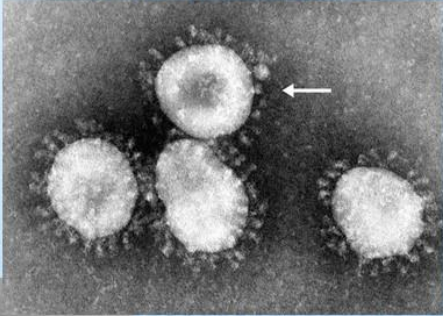
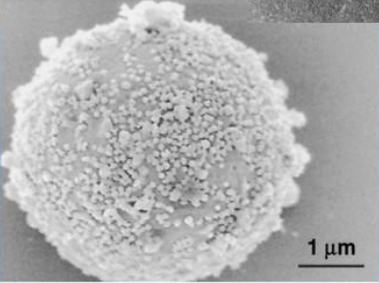




Στον νανόκοσμο με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο μπορούμε να δούμε πολύ πολύ μικρά πράγματα! Όπως για παράδειγμα...

Ιός της γρίπης

Ιός SARS CoV-2

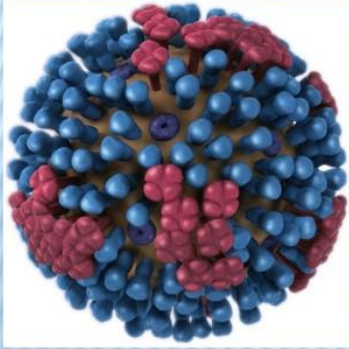
Ιός της ανεμοβλογιάς

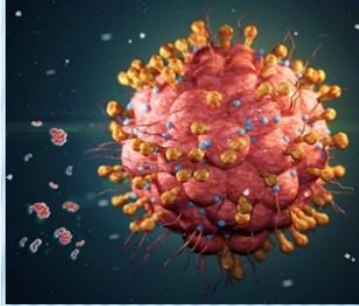
Για να καταλαβαίνουμε
όμως καλύτερα τους
ιούς χρησιμοποιούμε
αυτές τις
φωτογραφίες...



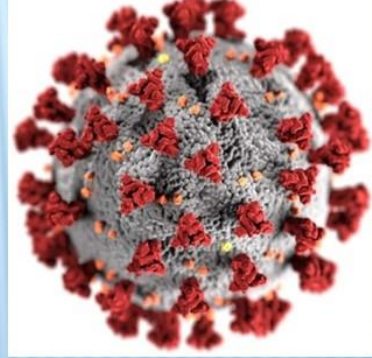
Ιός της γρίπης



Ιός της
ανεμοβλογιάς



Ιός SARS CoV-2



Άρα για καθένα από
τους τρεις κόσμους
χρησιμοποιούμε και
διαφορετικά εργαλεία
για να δούμε και τα
πιο μικρά πράγματα;



Ακριβώς Άννα!
Νομίζω τώρα πως
ξεμπέρδεψες τα
πράγματα!



Φύλλο Εργασίας 1

Σημειωματάριο ομάδας

Οι τρεις κόσμοι και τα όργανα παρατήρησής τους

Ημερομηνία:

Όνοματεπώνυμο Επιστημόνων:



1. Ταξινόμησε τα αντικείμενα που σου δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Όνομα κόσμου	Όργανο παρατήρησης	Αντικείμενα
Μακρόκοσμος		
Μικρόκοσμος		
<u>Νανόκοσμος</u>		

Εικόνες για την συμπλήρωση του πίνακα στην δραστηριότητα 1.



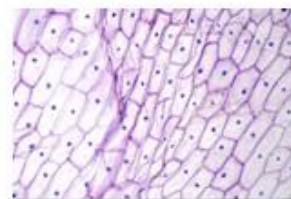
Μάτι



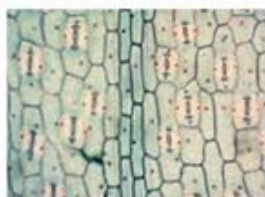
Οπτικό μικροσκόπιο



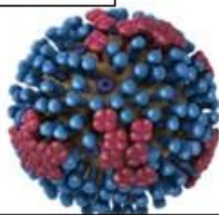
Σκύλος



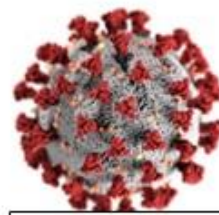
Κύτταρα κρεμμυδιού



Κύτταρα φύλλου
αραχνόχορτου



Ιός της γρίπης
Ασθένεια της γρίπης



Ιός SARS CoV-2
Οξεία λοίμωξη
αναπνευστικού



Ηλεκτρονικό
μικροσκόπιο



Τρίχα

2. Μάζεψε τρία (3) αντικείμενα από την αυλή του σχολείου, γράψε το όνομα τους στο πλαίσιο και έπειτα χρησιμοποίησε τους δύο χάρακες για να μετρήσεις και να σημειώσεις το μέγεθος του αντικειμένου στο Μακρόκοσμο και στο Νανόκοσμο.

Όνομα αντικειμένου



Μακρόκοσμος

_____ Εκατοστά

Νανόκοσμος

_____ Νανόμετρα

Όνομα αντικειμένου



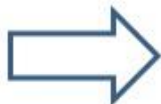
Μακρόκοσμος

_____ Εκατοστά

Νανόκοσμος

_____ Νανόμετρα

Όνομα αντικειμένου

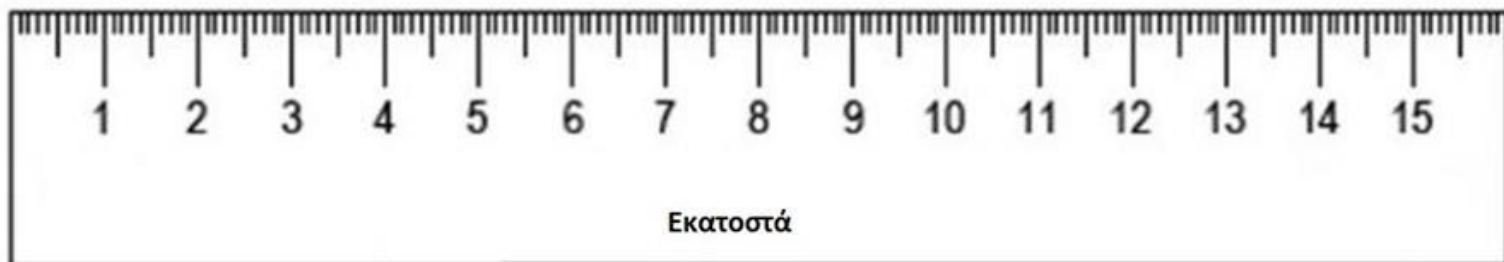


Μακρόκοσμος

_____ Εκατοστά

Νανόκοσμος

_____ Νανόμετρα



Χάρακας εκατοστών: Ο χάρακας με μονάδα μέτρησης τα εκατοστά είναι ένα όργανο που μας βοηθάει να μετράμε διάφορα αντικείμενα σε εκατοστά. Χρησιμοποίησε τον χάρακα για να μετρήσεις τα αντικείμενα σου.



Νανοχάρακας: Ο νανοχάρακας είναι ένα όργανο που μας βοηθάει να μετράμε διάφορα αντικείμενα σε νανόμετρα. Χρησιμοποίησε τον παρακάτω νανοχάρακα για να μετρήσεις τα αντικείμενά σου σε νανόμετρα.

Φύλλο οδηγιών χρήσης των προσομοιώσεων

Για να μελετήσετε αντικείμενα με τα όργανα παρατήρησης θα χρησιμοποιήσετε δύο εφαρμογές στον υπολογιστή.

Η μία είναι προσομοίωση του οπτικού μικροσκοπίου για να δείτε τα αντικείμενα στον Μικρόκοσμο και η άλλη είναι προσομοίωση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου για να δείτε αντικείμενα στον Νανόκοσμο.

Οδηγίες

Προσομοίωση του οπτικού μικροσκοπίου

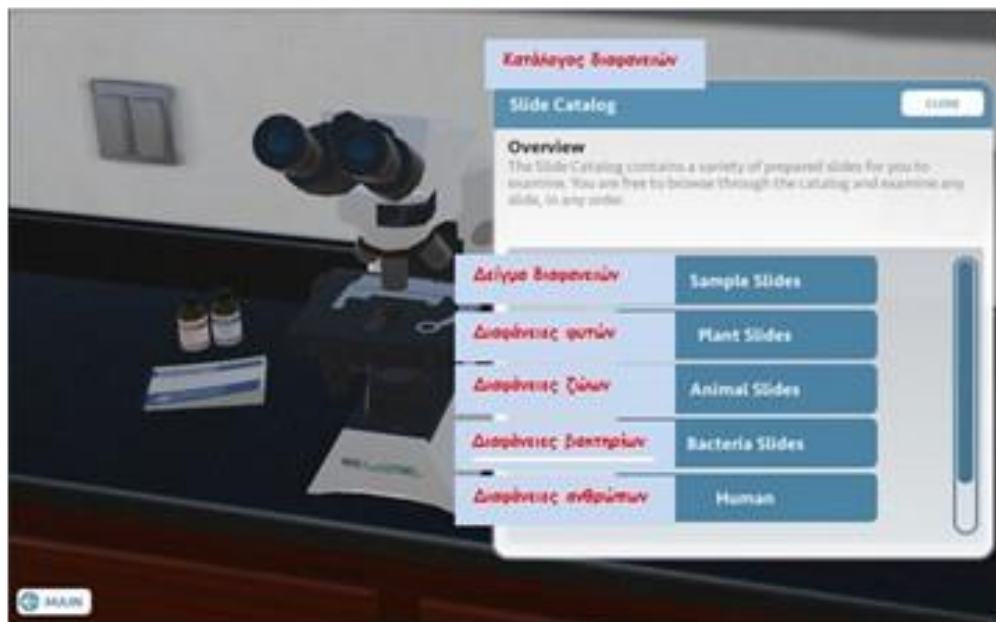
Βήμα 1^ο: Ανοίξτε την εφαρμογή [Οπτικό μικροσκόπιο](#). Καθώς την ανοίξετε εμφανίζεται η παρακάτω εικόνα.



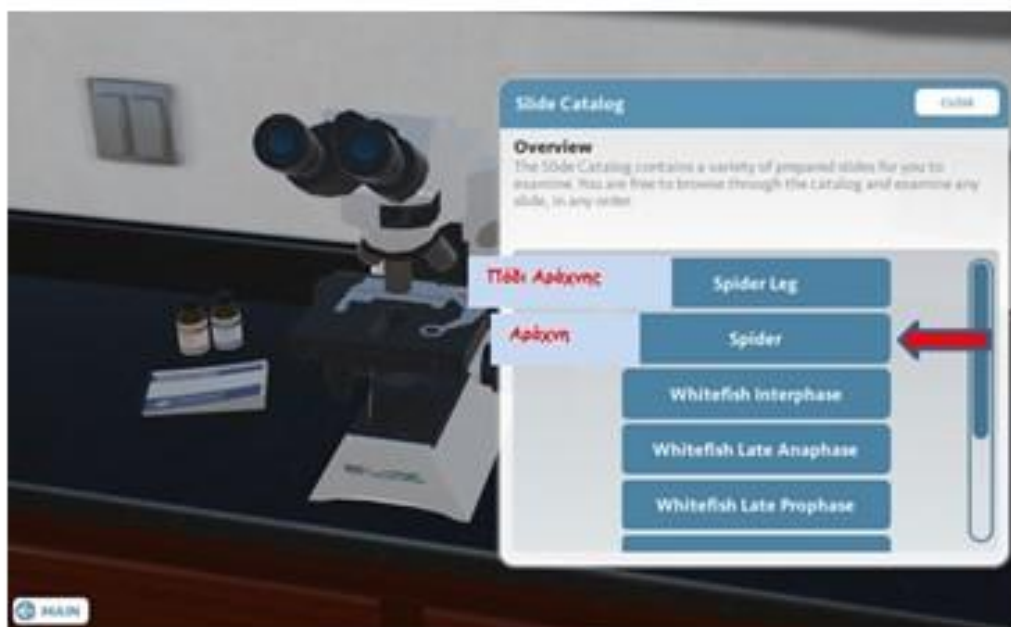
Βήμα 2^ο: Επιλέξτε το Explore-Εξερευνώ. Καθώς εμφανιστεί η παρακάτω εικόνα κάντε κλικ στο κουτί όπως δείχνει το κόκκινο βελάκι.



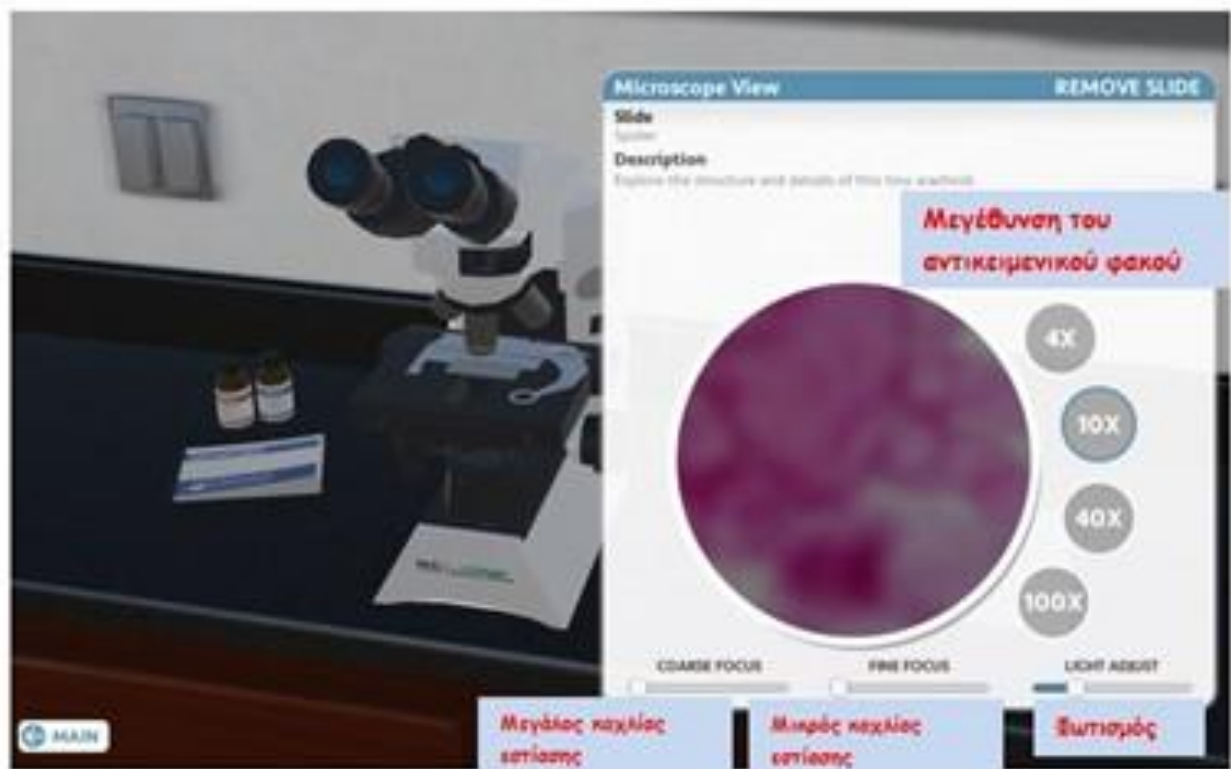
Βήμα 3^ο: Μόλις ανοίξετε το κουτί και εμφανιστεί η παρακάτω εικόνα επιλέξτε το **Animal Slides-Διαφάνειες ζώων**.



Βήμα 4^ο: Επιλέγετε το **Spider-Αράχνη** όπως δείχνει το βελάκι.



Βήμα 5^ο: Μετακινήστε τις μπάρες στους κοχλίες και στον φωτισμό για να παρατηρήσετε πως φαίνεται η αράχνη στον Μικρόκοσμο με τη βοήθεια του οπτικού μικροσκοπίου. Επίσης, μπορείτε να αλλάξετε και την μεγέθυνση του αντικειμενικού φακού για να δείτε την αράχνη σε πιο κοντινή ή μακρινή εικόνα.



Οδηγίες

Προσομοίωση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου

Βήμα 1^ο: Άνοιξε την εφαρμογή Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο. Καθώς την ανοίξετε εμφανίζεται η παρακάτω εικόνα, επιλέξτε το κίτρινο πλαίσιο όπως δείχνει το βελάκι.



Βήμα 2^ο: Επιλέξτε το Garden Spider-Αράχνη όπως δείχνει το βελάκι.



Βήμα 3^ο: Σύρετε την μπάρα προς τα δεξιά για να δείτε την αράχνη με περισσότερη μεγέθυνση φτάνοντας στον Νανόκοσμο.



Φύλλο Εργασίας 2

Σημειωματάριο ομάδας

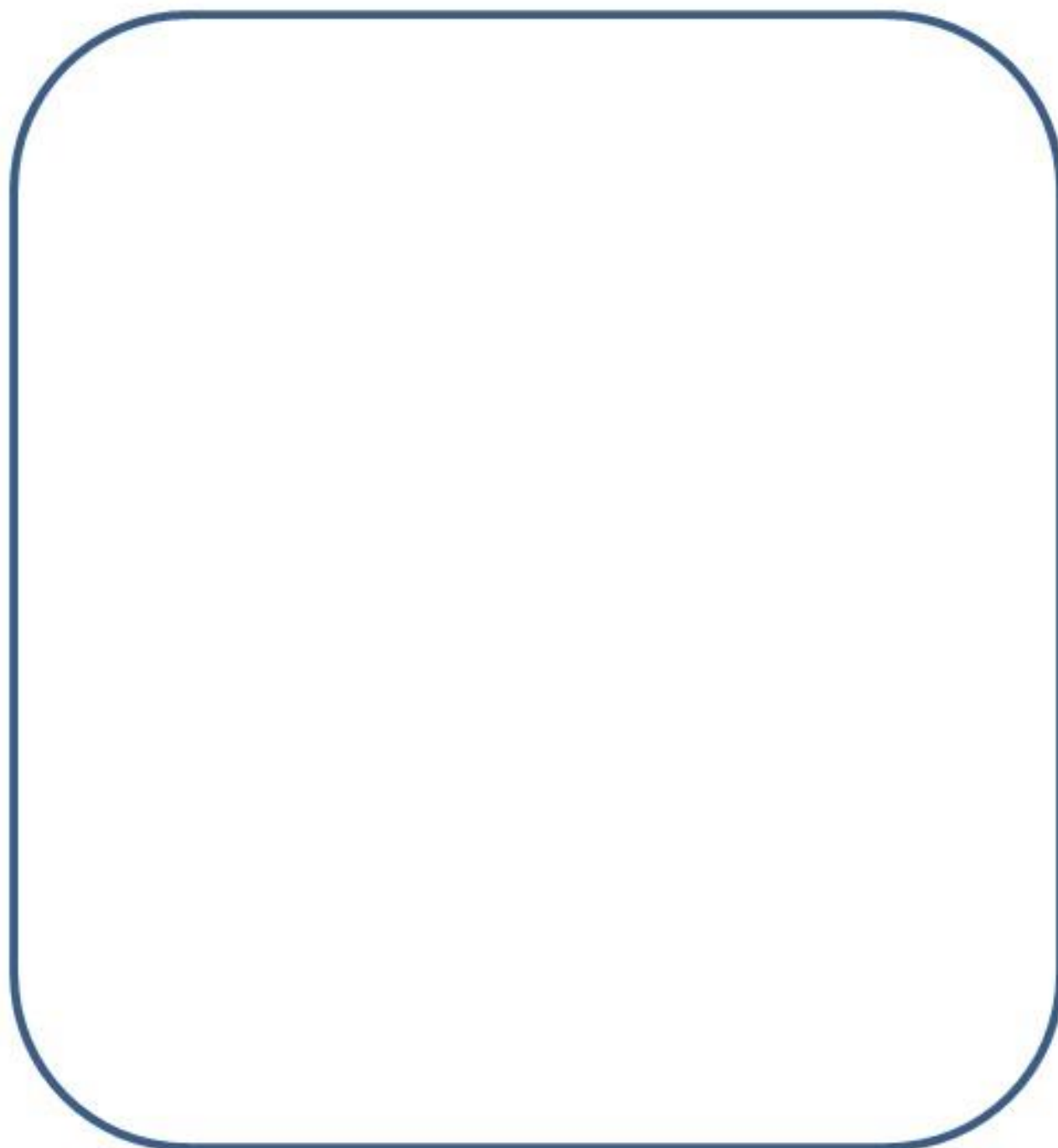
Τα όργανα παρατήρησης των τριών κόσμων

Ημερομηνία:

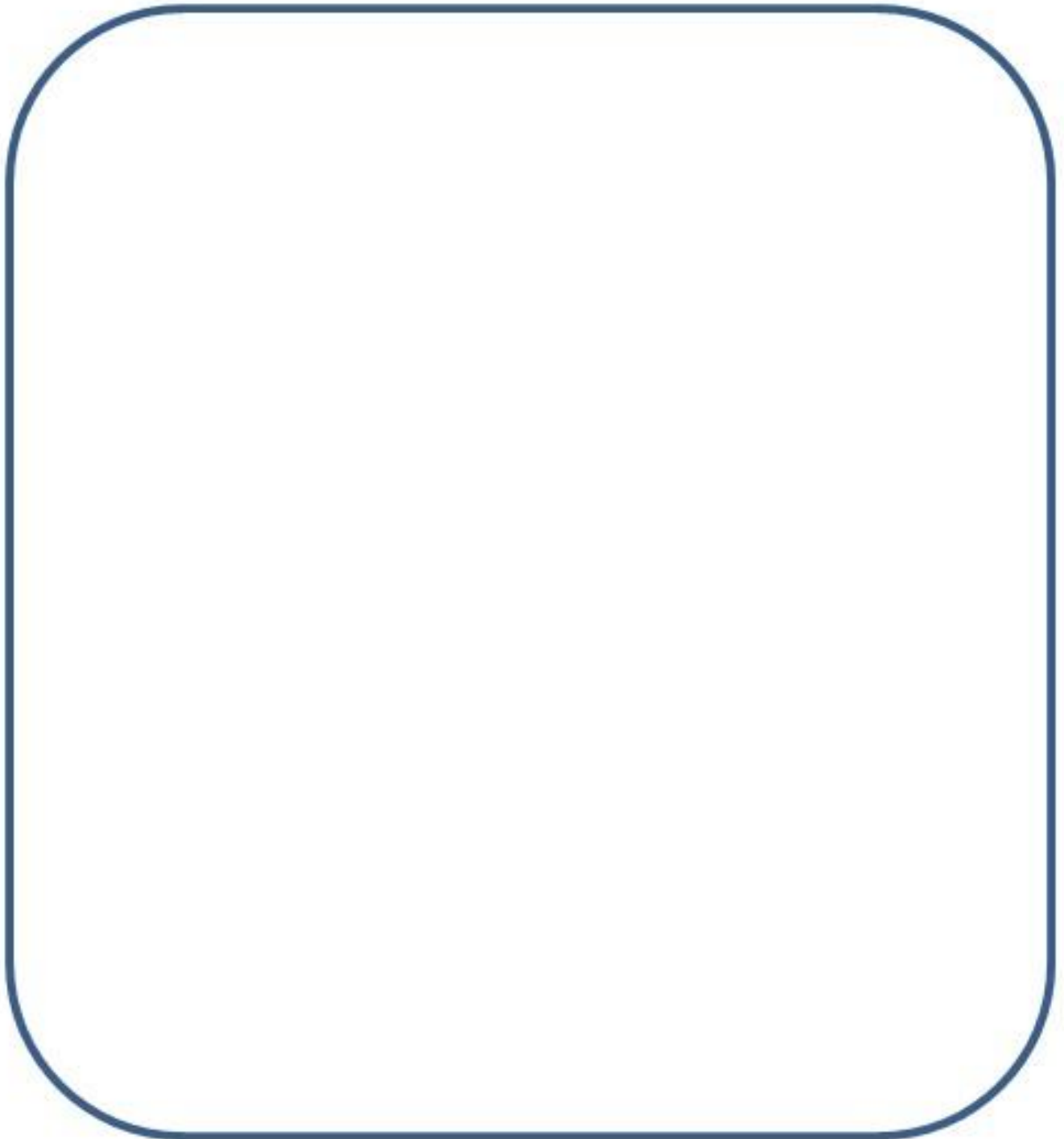
Όνοματεπώνυμο Επιστημόνων:



1. Αφού παρατήρησες την αράχνη στο οπτικό μικροσκόπιο. Σχεδίασε στο παρακάτω πλαίσιο πως φαινόταν η αράχνη από τον φακό του οπτικού μικροσκοπίου καθώς επίσης και όσες λεπτομέρειες μπόρεσες να δεις.



2. Αφού παρατήρησες την αράχνη στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Σχεδίασε στο παρακάτω πλαίσιο πως φαινόταν η αράχνη από τον φακό του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου καθώς επίσης και όσες λεπτομέρειες μπόρεσες να δεις.



3. Σημείωσε στα παρακάτω πλαίσια ομοιότητες και διαφορές που παρατηρείς στην αράχνη όταν την βλέπεις από το οπτικό και το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

Ομοιότητες

Διαφορές

Φύλλο Εργασίας 3

Σημειωματάριο ομάδας

«Ιώσεις»

Ημερομηνία:



Όνοματεπώνυμο Επιστημόνων-Γιατρών:

Στο συγκεκριμένο εργαστήριο αναλαμβάνεις τον ρόλο του επιστήμονα γιατρού. Η αποστολή σου είναι να συλλέξεις τις απαραίτητες πληροφορίες ώστε να ενημερώσεις τους πολίτες σχετικά με τις ιώσεις και την πανδημία COVID-19.

Ας ξεκινήσεις λοιπόν τη διερεύνηση...

Βήμα 1°

Υπάρχει μία μυστική σελίδα που κρύβει όλες τις πληροφορίες που θα χρειαστείς. Άνοιξε τη μυστική σελίδα με τίτλο «**Nano-ιοί**» πατώντας τον εξής σύνδεσμο <https://georgakielnanoioi.wixsite.com/website>

Μέσα στην ιστοσελίδα αυτή υπάρχουν διάφορες καρτέλες με τα απαραίτητα στοιχεία για να ολοκληρώσεις την αποστολή σου.

Βήμα 2°

Πήγαινε στην καρτέλα με τίτλο «**Είδη ιών**» και έπειτα στην καρτέλα με τίτλο «**Ίώσεις**».

Διάβασε προσεκτικά τις πληροφορίες που σου δίνονται και κατάγραψε τες παρακάτω!

1. Αναζήτησε τα στοιχεία στις πληροφορίες που δίνονται στην σελίδα και συμπλήρωσε τον πίνακα.

Όνομα ιού	Ποιο είναι το μέγεθος του ιού;	Ποιος είναι ο τρόπος μετάδοσης;	Πως μπορούμε να προφυλαχτούμε;	Υπάρχει εμβόλιο για τον ιό;

2. Ποια συμπτώματα προκαλούν οι ιώσεις; Στα παρακάτω πλαίσια συμπλήρωσε το όνομα του ιού που ανήκει στον Νανόκοσμο και τα συμπτώματα που προκαλεί στους ανθρώπους και ανήκουν στον Μακρόκοσμο. (Τις απαραίτητες πληροφορίες θα τις βρείτε στην καρτέλα με τίτλο «Ιώσεις»).

Νανόκοσμος



Μακρόκοσμος
Ποια συμπτώματα μας προκαλεί;

Νανόκοσμος




Μακρόκοσμος
Ποια συμπτώματα μας προκαλεί;

Νανόκοσμος




Μακρόκοσμος
Ποια συμπτώματα μας προκαλεί;

3. Πως βλάπτει ο ιός τον ανθρώπινο οργανισμό; Στο πλαίσιο που σας δίνεται παρακάτω μπορείτε να χρησιμοποιήσετε κάποιο σχήμα (ζωγραφιά) για να το περιγράψετε. Επίσης, σημείωσε ποια αντικείμενα από αυτά ανήκουν στον μακρόκοσμο, ποια στον μικρόκοσμο και ποια στον νανόκοσμο. (Τις απαραίτητες πληροφορίες θα τις βρείτε στην καρτέλα με τίτλο «Ίώσεις»).



Εικόνες από το φύλλο storyboard

Storyboard- Πως ο νανόκοσμος επηρεάζει τον μακρόκοσμο; Το φαινόμενο της ίωσης

ΣΕΛΙΔΑ: 1	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:	ΤΙΤΛΟΣ: ΠΩΣ Ο ΝΑΝΟΚΟΣΜΟΣ ΕΠΗΡΕΑΖΕΙ ΤΟΝ ΜΑΚΡΟΚΟΣΜΟ; ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΙΩΣΗΣ	ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:
		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	MEDIA LIST
		<ul style="list-style-type: none"> • Εμφανίζεται η διπλανή εικόνα. • Ακούγεται ηχογραφημένο το κείμενο, παράλληλα με την προβολή του. • Προβάλλεται ο τίτλος της ιστορίας, στο κέντρο της οθόνης με λευκά γράμματα. • Η εμφάνιση της εικόνας στην οθόνη διαρκεί 00:05 δευτερόλεπτα 	Τι θα χρειαστώ: <ul style="list-style-type: none"> • Την φωτογραφία • Κείμενο • Ηχογράφηση του κειμένου
ΚΕΙΜΕΝΟ:			
Πως ο <u>Νανόκοσμος</u> επηρεάζει τον Μακρόκοσμο; Το φαινόμενο της ίωσης.			

ΣΕΛΙΔΑ: 2	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:	ΤΙΤΛΟΣ: ΠΩΣ Ο ΝΑΝΟΚΟΣΜΟΣ ΕΠΗΡΕΑΖΕΙ ΤΟΝ ΜΑΚΡΟΚΟΣΜΟ; ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΙΩΣΗΣ	ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:
Σκίτσο ή ζωγραφιά παιδιών		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	MEDIA LIST
		<ul style="list-style-type: none"> • Εμφανίζεται η διπλανή εικόνα. • Ακούγεται ηχογραφημένο το κείμενο, παράλληλα με την προβολή του. • Η εμφάνιση της εικόνας στην οθόνη διαρκεί 00:05 δευτερόλεπτα <p>Ερωτήσεις:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Τι είναι ο Μακρόκοσμος; • Με ποιο όργανο μπορούμε να δούμε τα πράγματα που ανήκουν εκεί; • Ποιο είναι το πιο μικρό αντικείμενο που ανήκει στον μακρόκοσμο; 	Τι θα χρειαστώ: <ul style="list-style-type: none"> • Την φωτογραφία • Κείμενο • Ηχογράφηση του κειμένου
ΚΕΙΜΕΝΟ:			
Οι κόσμοι των αντικειμένων είναι τρεις. Στον Μακρόκοσμο ανήκουν όλα τα αντικείμενα που μπορούμε να δούμε με τα μάτια μας. Το μικρότερο από αυτά τα αντικείμενα είναι μία τρίχα.			

ΣΕΛΙΔΑ: 3	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:	ΤΙΤΛΟΣ: ΠΩΣ Ο ΝΑΝΟΚΟΣΜΟΣ ΕΠΗΡΕΑΖΕΙ ΤΟΝ ΜΑΚΡΟΚΟΣΜΟ; ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΙΩΣΗΣ	ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:
Σκίτσο ή ζωγραφιά παιδιών		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	MEDIA LIST
		<ul style="list-style-type: none"> • Εμφανίζεται η διπλανή εικόνα. • Ακούγεται ηχογραφημένο το κείμενο, παράλληλα με την προβολή του. • Η εμφάνιση της εικόνας στην οθόνη διαρκεί 00:05 δευτερόλεπτα • Τι είναι ο Μικρόκοσμος; • Με ποιο όργανο μπορούμε να δούμε τα πράγματα που ανήκουν εκεί; • Τι αντικείμενα μπορούμε να δούμε στον κόσμο αυτό; 	Τι θα χρειαστώ: <ul style="list-style-type: none"> • Την φωτογραφία • Κείμενο • Ηχογράφηση του κειμένου
ΚΕΙΜΕΝΟ:			
<p>Στον Μικρόκοσμο ανήκουν όλα τα αντικείμενα που μπορούμε να δούμε με το οπτικό μικροσκόπιο. Σ' αυτόν τον κόσμο μπορούμε να δούμε αντικείμενα όπως είναι τα κύτταρα του ανθρώπου και τα κύτταρα των φυτών.</p>			

ΣΕΛΙΔΑ: 4	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:	ΤΙΤΛΟΣ: ΠΩΣ Ο ΝΑΝΟΚΟΣΜΟΣ ΕΠΗΡΕΑΖΕΙ ΤΟΝ ΜΑΚΡΟΚΟΣΜΟ; ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΙΩΣΗΣ	ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:
Σκίτσο ή ζωγραφιά παιδιών		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	MEDIA LIST
		<ul style="list-style-type: none"> • Εμφανίζεται η διπλανή εικόνα. • Ακούγεται ηχογραφημένο το κείμενο, παράλληλα με την προβολή του. • Η εμφάνιση της εικόνας στην οθόνη διαρκεί 00:05 δευτερόλεπτα • Τι είναι ο <u>Νανόκοσμος</u>; • Με ποιο όργανο μπορούμε να δούμε τα πράγματα που ανήκουν εκεί; • Τι αντικείμενα μπορούμε να δούμε στον κόσμο αυτό; 	Τι θα χρειαστώ: <ul style="list-style-type: none"> • Την φωτογραφία • Κείμενο • Ηχογράφηση του κειμένου
ΚΕΙΜΕΝΟ:			
<p>Στον <u>Νανόκοσμο</u> ανήκουν όλα τα αντικείμενα που μπορούμε να δούμε με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Σ' αυτόν τον κόσμο μπορούμε να δούμε αντικείμενα όπως είναι οι διαφορετικοί ιοί που υπάρχουν.</p>			

ΣΕΛΙΔΑ: 5	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:	ΤΙΤΛΟΣ: ΠΩΣ Ο ΝΑΝΟΚΟΣΜΟΣ ΕΠΗΡΕΑΖΕΙ ΤΟΝ ΜΑΚΡΟΚΟΣΜΟ; ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΙΩΣΗΣ	ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:
Σκίτσο ή ζωγραφιά παιδιών		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	MEDIA LIST
		<ul style="list-style-type: none"> • Εμφανίζεται η διπλανή εικόνα. • Ακούγεται ηχογραφημένο το κείμενο, παράλληλα με την προβολή του. • Η εμφάνιση της εικόνας στην οθόνη διαρκεί 00:05 δευτερόλεπτα <ul style="list-style-type: none"> • Τι μέγεθος έχει ο ιός της γρίπης; • Πως μεταδίδεται; • Τι μας προκαλεί; • Πως μπορούμε να προφυλαχτούμε; 	Τι θα χρειαστώ: <ul style="list-style-type: none"> • Την φωτογραφία • Κείμενο • Ηχογράφηση του κειμένου
ΚΕΙΜΕΝΟ:			
<p>Ο ιός της γρίπης για παράδειγμα είναι ένας ιός που ανήκει στον <u>νανόκοσμο</u>. Το μέγεθος του είναι 120 <u>νανόμετρα</u>. Ο ιός της γρίπης μεταδίδεται μέσω του φτερνίσματος ή μέσω του βήχα. Μας προκαλεί συνήθως βήχα, πυρετό και ρινική καταρροή. Για να προφυλαχτούμε από το ιό της γρίπης πρέπει να πλένουμε συχνά τα χέρια μας, να κρατάμε καθαρές τις επιφάνειες, να μην αγγίζουμε το πρόσωπο και τα μάτια μας και να χρησιμοποιούμε χαρτομάντιλο όταν φτερνιζόμαστε.</p>			

ΣΕΛΙΔΑ: 6	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:	ΤΙΤΛΟΣ: ΠΩΣ Ο ΝΑΝΟΚΟΣΜΟΣ ΕΠΗΡΕΑΖΕΙ ΤΟΝ ΜΑΚΡΟΚΟΣΜΟ; ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΙΩΣΗΣ	ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:
Σκίτσο ή ζωγραφιά παιδιών		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	MEDIA LIST
		<ul style="list-style-type: none"> • Εμφανίζεται η διπλανή εικόνα. • Ακούγεται ηχογραφημένο το κείμενο, παράλληλα με την προβολή του. • Η εμφάνιση της εικόνας στην οθόνη διαρκεί 00:05 δευτερόλεπτα <ul style="list-style-type: none"> • Τι μέγεθος έχει ο ιός της ανεμοβλογιάς; • Πως μεταδίδεται; • Τι μας προκαλεί; • Πως μπορούμε να προφυλαχτούμε; 	Τι θα χρειαστώ: <ul style="list-style-type: none"> • Την φωτογραφία • Κείμενο • Ηχογράφηση του κειμένου
ΚΕΙΜΕΝΟ:			
<p>Ένας άλλος ιός του <u>νανόκοσμου</u> είναι ο ιός της ανεμοβλογιάς. Το μέγεθος του ιού της ανεμοβλογιάς μπορεί να φτάνει από 120 μέχρι 300 <u>νανόμετρα</u>. Μεταδίδεται με σταγονίδια από την μύτη και το στόμα αλλά και από το υγρό που περιέχεται στα σπυράκια. Ο ιός της ανεμοβλογιάς προκαλεί πυρετό και κόκκινα σπυράκια με υγρό και φαγούρα. Ο κυριότερος τρόπος για την πρόληψη μας από τον ιό αυτό είναι η πραγματοποίηση εμβολίου σε μικρή ηλικία.</p>			

ΣΕΛΙΔΑ: 7	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:	ΤΙΤΛΟΣ: ΠΩΣ Ο ΝΑΝΟΚΟΣΜΟΣ ΕΠΗΡΕΑΖΕΙ ΤΟΝ ΜΑΚΡΟΚΟΣΜΟ; ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΙΩΣΗΣ	ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:
Σκίτσο ή ζωγραφιά παιδιών		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	MEDIA LIST
		<ul style="list-style-type: none"> • Εμφανίζεται η διπλανή εικόνα. • Ακούγεται ηχογραφημένο το κείμενο, παράλληλα με την προβολή του. • Η εμφάνιση της εικόνας στην οθόνη διαρκεί 00:05 δευτερόλεπτα <ul style="list-style-type: none"> • Τι μέγεθος έχει ο ιός της ανεμοβλογιάς; • Πως μεταδίδεται; • Τι μας προκαλεί; • Πως μπορούμε να προφυλαχτούμε; 	Τι θα χρειαστώ: <ul style="list-style-type: none"> • Την φωτογραφία • Κείμενο • Ηχογράφιση του κειμένου

ΚΕΙΜΕΝΟ:

Ένας ιός που μάθαμε τα τελευταία χρόνια είναι ο ιός SARS CoV-2. Ο ιός αυτός ανήκει στον νανόκοσμο και το μέγεθος του είναι από 80 μέχρι 120 νανόμετρα, είναι μικρότερος σε μέγεθος από τους άλλους δύο ιούς. Μεταδίδεται μέσω φτερνίσματος ή βήχα ή από την επαφή με επιφάνειες που έχουν πάνω τους τον ιό. Μας προκαλεί βαριά λοίμωξη του αναπνευστικού, υψηλό πυρετό, βήχα, δύσπνοια και πόνους στα κόκαλα. Οι τρόποι πρόληψης από τον ιό αυτό είναι να πλένουμε συχνά τα χέρια μας, να φοράμε μάσκα προστασίας, να χρησιμοποιούμε χαρτομάντιλο όταν βήχουμε ή φτερνιζόμαστε καθώς και να μην ακουμπάμε το πρόσωπο μας και τη μύτη μας τακτικά.

ΣΕΛΙΔΑ: 8	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:	ΤΙΤΛΟΣ: ΠΩΣ Ο ΝΑΝΟΚΟΣΜΟΣ ΕΠΗΡΕΑΖΕΙ ΤΟΝ ΜΑΚΡΟΚΟΣΜΟ; ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΙΩΣΗΣ	ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:
Σκίτσο ή ζωγραφιά παιδιών		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	MEDIA LIST
		<ul style="list-style-type: none"> • Εμφανίζεται η διπλανή εικόνα. • Ακούγεται ηχογραφημένο το κείμενο, παράλληλα με την προβολή του. • Η εμφάνιση της εικόνας στην οθόνη διαρκεί 00:05 δευτερόλεπτα <ul style="list-style-type: none"> • Πως ο <u>νανόκοσμος</u> επηρεάζει τον μακρόκοσμο; • Πως ο ιός φτάνει να προσβάλλει τον οργανισμό μας; 	Τι θα χρειαστώ: <ul style="list-style-type: none"> • Την φωτογραφία • Κείμενο • Ηχογράφιση του κειμένου

ΚΕΙΜΕΝΟ:

Ο κάθε ιός παρόλο που είναι ένα αντικείμενο που ανήκει στον νανόκοσμο, περνάει στον οργανισμό και βλάπτει τα κύτταρα του ανθρώπου που ανήκουν στον μικρόκοσμο και τέλος σαν αποτέλεσμα έχει να αρρωσταίνει ο άνθρωπος ο οποίος ανήκει στον μακρόκοσμο. Έτσι λοιπόν ένας κόσμος που δεν βλέπουμε και δεν γνωρίζουμε μπορεί να επηρεάσει αυτό που βλέπουμε με τα μάτια μας!

Εικόνες από την ιστοσελίδα Nano-ιοί

<https://georgakielnanoioi.wixsite.com/website>



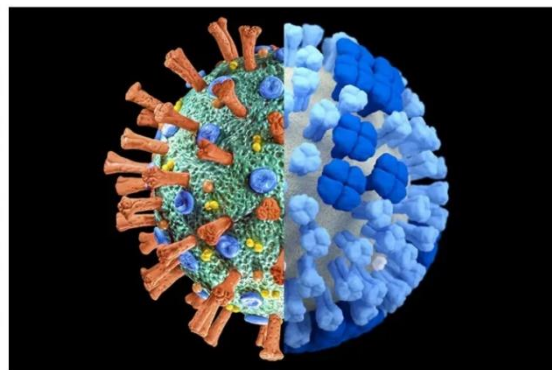
Nano-ιοί

Αγγελιαφόροι Επιστήμης

Ας ανακαλύψουμε τον άορατο κόσμο των ιών

Καλώς ήλθατε!

*Αυτή η ιστοσελίδα θα μας ταξιδέψει σε έναν κόσμο γεμάτο μυστικά!
Απευθύνεται σε κάθε μαθητή και μαθήτρια που θέλει να αναζητήσει τα
μυστικά του μαγικού κόσμου, του Νανόκοσμου!*

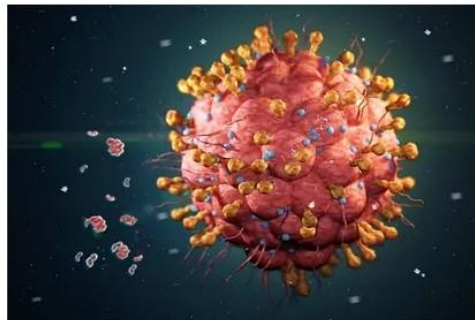
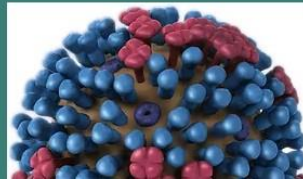


Τα είδη των ιών

Υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί ιοί.
Προχωρήστε παρακάτω για να δείτε μερικούς από αυτούς.

Ο ιός της γρίπης

Ο ιός της γρίπης είναι πολύ γνωστός για όλους μας. Το σχήμα του είναι σφαιρικό και γύρω του υπάρχουν εξογκώματα. Η διάμετρος του ιού είναι 120 nm. Μεταδίδεται μέσω φτέρνισματος ή μέσω του βήχα από κάποιον άνθρωπο που νοσεί. Τα σταγονίδια από τον βήχα ή το φτέρνισμα μολύνουν τον αέρα και έπειτα οι υγιείς άνθρωποι αναπνέουν τον μολυσμένο αέρα. Για να προφυλαχτούμε από τον ιό της γρίπης πρέπει να πλένουμε συχνά τα χέρια μας, να κρατάμε καθαρές τις επιφάνειες, να αποφεύγουμε να αγγίζουμε το πρόσωπο μας και την μύτη μας, να χρησιμοποιούμε χαρτομάντιλο κατά το φτέρνισμα ή τον βήχα και να αερίζουμε συχνά τους χώρους. Επίσης, για τον ιό της γρίπης υπάρχει και εμβόλιο το οποίο μπορεί να μας προστατέψει.



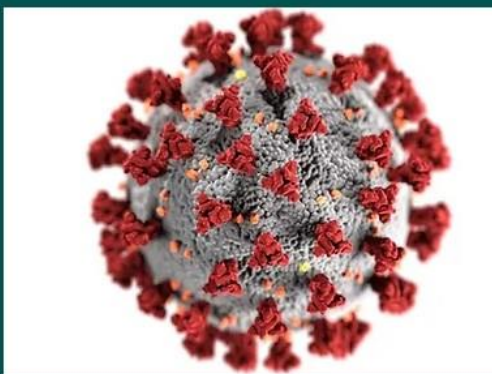
Ο ιός της ανεμοβλογιάς

Το σχήμα του ιού της ανεμοβλογιάς είναι σφαιρικό και γύρω του υπάρχουν σφαιρικά εξογκώματα. Η συνολική διάμετρος του ιού είναι από 120 **μέχρι** 300 nm. Η ανεμοβλογιά είναι μια εξαιρετικά μεταδοτική, αλλά ήπια, ασθένεια της παιδικής ηλικίας. Εκδηλώνεται με εξανθήματα π.χ σπυράκια. Σοβαρές επιπλοκές μπορεί να προκαλέσει εάν μολύνει εγκύους. Μεταδίδεται με σταγονίδια από τη μύτη ή από το στόμα αλλά και από το υγρό που περιέχεται στα σπυράκια.

Ο κυριότερος τρόπος πρόληψης από τον ιό της ανεμοβλογιάς είναι η πραγματοποίηση εμβολίου στην ηλικία των 12-15 μηνών του ανθρώπου.

Ο ιός SARS CoV-2

Ο ιός SARS CoV-2, ο οποίος πήρε το όνομα του από ότι μας προκαλεί, δηλαδή το σοβαρό αναπνευστικό σύνδρομο (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2). Είναι ο κορωνοϊός που προκαλεί την ασθένεια COVID-19. Το σχήμα του είναι περίπου σφαιρικό, με εξογκώματα στην περιμετρο της επιφάνειάς του. Η διάμετρος του ιού κυμαίνεται από 80 έως 120nm. Η μετάδοση συμβαίνει κυρίως είτε μέσω αναπνευστικών σταγονιδίων από βήχα και φτέρνισμα σε απόσταση περίπου 2 μέτρων είτε όταν ακουμπάμε αντικείμενα που έχουν πάνω τους τον ιό. Για να προφυλαχτούμε από τον κορωνοϊό πρέπει να πλένουμε συχνά τα χέρια μας, να φοράμε συστηματικά τη μάσκα προστασίας, να χρησιμοποιούμε χαρτομάντιλο όταν φτερνιζόμαστε, να αποφεύγουμε να ακουμπάμε την μύτη και στο στόμα με τα χέρια μας. Επίσης, και το εμβόλιο αποτελεί μέτρο πρόληψης ενάντια στον κορωνοϊό.



Τι προκαλεί ο ιός της γρίπης στον άνθρωπο;

Ποια είναι τα συμπτώματα;

Ο ιός της γρίπης όταν προσβάλλει τον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί να προκαλέσει πυρετό, βήχα, ρινική καταρροή και δύσπνοια. Η διάρκεια των συμπτωμάτων είναι 5-7 ημέρες.

Τι προκαλεί ο ιός της ανεμοβλογιάς;

Ποια είναι τα συμπτώματα;

Ο ιός της ανεμοβλογιάς προκαλεί στον άνθρωπο πυρετό, κόκκινα σπυράκια με υγρό και φαγούρα. Τα συμπτώματα αυτά διαρκούν περίπου 7 ημέρες.



Τι προκαλεί ο ιός SARS CoV-2;

Ποια είναι τα συμπτώματα;

Ο ιός SARS CoV-2 όταν προσβάλλει τον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί να προκαλέσει βαριά λοίμωξη του αναπνευστικού συστήματος υψηλό πυρετό, βήχα, δύσπνοια και πόνους στα κόκαλα. Τα συμπτώματα του ιού μπορούν να διαρκέσουν από 1 μέχρι 14 μέρες.