



Εφαρμογές της Νανοεπιστήμης και της Νανοτεχνολογίας



Οδηγός εκπαιδευτικού



Colophon



IRRESISTIBLE is a project on teacher training, combining formal and informal learning focused on Responsible Research and Innovation. It is a coordination and support action under FP7-SCIENCE-IN-SOCIETY-2013-1, ACTOVITY 5.2.2. Young people and science: Topic SiS.2013.2.2.1-1 Raising youth awareness to Responsible Research and Innovation through Inquiry Based Science Education. The project IRRESISTIBLE is funded by the EU as FP-7 project number 612367

www.irresistible-project.eu

Coordinator: j.h.apotheker@rug.nl

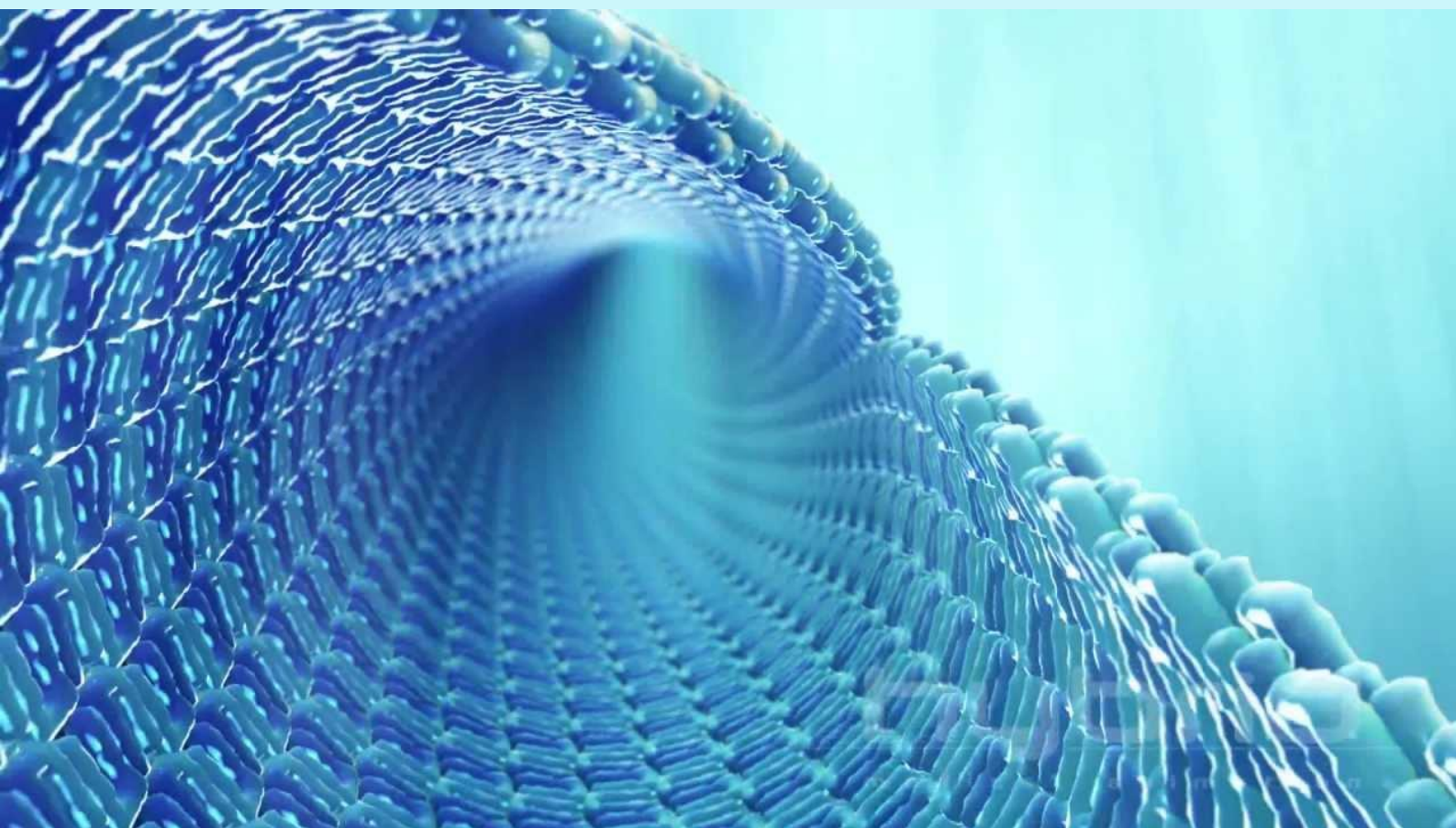


Δημιουργήθηκε από τους:

Έμιλυ Μιχαηλίδη, Γιάννη Σγουρό & Δημήτρη Σταύρου (Εργαστήριο Διδακτικής Θετικών Επιστημών, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης)

σε συνεργασία με τους:

- Αθανάσιο Βελέντζα, Κυριακή Δημητριάδη, Αχιλλέα Μανδρίκα, Αντώνη Μαργαρίτη & Κατερίνα Σάλτα (Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση)
- Γιάννη Αλεξόπουλο & Χριστίνα Τρουμπετάρη (Ιδρυμα Ευγενίδου)
- Γεώργιο Κυριακίδη και Βασίλειο Μπίνας (Εργαστήριο Διαφανών Αγώνιμων Υλικών (TCM) του Ινστιτούτου Ηλεκτρονικής Δομής & Λέιζερ του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας (ΙΤΕ), Ηράκλειο Κρήτης):
- Κατερίνα Βορεάδου (Μουσείο Φυσικής Ιστορίας του Πανεπιστημίου Κρήτης, Ηράκλειο Κρήτης)



Πανεπιστήμιο Κρήτης

Ίδρυμα Ευγενίδου

Εισαγωγή

Σύντομη περιγραφή της ενότητας

Η ενότητα εστιάζει στις τεχνολογίες που σχετίζονται με τη βελτίωση της ποιότητας ζωής. Οι μαθητές θα γνωρίσουν: α) νανο-υλικά αιχμής που αναπτύσσονται από ερευνητές του ΙΤΕ οι οποίοι συμμετέχουν στην κοινότητα μάθησης και β) τον τρόπο που αυτά αξιοποιούνται για την εξυγίανση του περιβάλλοντος (μέσω του ελέγχου της ποιότητας του αέρα και των υδάτων). Η ενασχόληση των μαθητών με τα νανο-υλικά έχει διττή επίδραση: α) ενισχύεται η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση των μαθητών και η εμπλοκή τους με μείζονα κοινωνικά προβλήματα, όπως η ποιότητα του αέρα και β) τους παρέχεται μια ευκαιρία να συνειδητοποιήσουν το ρόλο των νανο-υλικών και της νανοτεχνολογίας καθώς και τις επιπτώσεις και τους κινδύνους που ενέχουν για την ανθρώπινη υγεία.

Ηλικιακή Ομάδα

Η ενότητα, με κατάλληλες προσαρμογές, προορίζεται για μαθητές ανώτερων τάξεων του δημοτικού (Ε' – Στ'), γυμνασίου και λυκείου. Στην λεπτομερή περιγραφή της ενότητας επισημαίνονται οι δραστηριότητες (ή οι παραλλαγές τους) που ενδείκνυνται για κάθε βαθμίδα.

Προαπαιτούμενες γνώσεις μαθητών

Πριν την έναρξη της ενότητας οι φοιτητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- Να διατάσσουν κατά μέγεθος συνήθη αντικείμενα
- Να εκτιμούν το μέγεθος ενός αντικειμένου χρησιμοποιώντας ως μέτρο αναφοράς τη μονάδα ή ένα άλλο αντικείμενο
- Να χρησιμοποιούν κλίμακες
- Να γνωρίζουν τι είναι οι ιδιότητες ενός υλικού και να είναι σε θέση να αναφέρουν ορισμένες από αυτές (χρώμα, σκληρότητα, δραστικότητα κτλ)
- Να γνωρίζουν τις έννοιες του εμβαδού και του όγκου
- Να υπολογίζουν την επιφάνεια και τον όγκο γνωστών στερεών (πχ του κύβου).

Δομή της ενότητας

Η κύρια δομή της ενότητας αποτελείται από τα ακόλουθα μαθήματα:

Μάθημα 1. Εισαγωγή

Μάθημα 2. Επίσκεψη στο Μουσείο Επιστημών (Ίδρυμα Ευγενίδου)

Μαθήματα 3 & 4. Εφαρμογές της Νανο-επιστήμης: Αυτοκαθαριζόμενα υλικά

- Πόσο μικρό είναι το νανο?
- Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος

Μάθημα 5. Θέματα Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (RRI)

- Άρθρα εφημερίδων
- Συζήτηση με ειδικούς στα σχολεία και στο ερευνητικό κέντρο

Μάθημα 6. Επίσκεψη στο ερευνητικό κέντρο (ΙΤΕ)

Μάθημα 7. Κατασκευή εκθεμάτων

Ενσωμάτωση του μοντέλου των 6Ε

Στην ενότητα το μοντέλο των 6Ε αξιοποιείται ως εξής:

Εμπλοκή: Η εμπλοκή των μαθητών λαμβάνει χώρα: α) μέσω βίντεο που παρουσιάζουν σύγχρονες εφαρμογές της νανοτεχνολογίας και εφαρμογές αυτοκαθαριζόμενων υλικών και β) μέσω μιας επίσκεψης στο μουσείο επιστημών (Ίδρυμα Ευγενίδου) και το ερευνητικό κέντρο (ΙΤΕ).

Εξερεύνηση και Επεξήγηση: Οι μαθητές βασιζόμενοι στα νανο-υλικά που αναπτύσσονται από τους ερευνητές του ΙΤΕ διερευνούν στα πλαίσια της ενότητας ποικίλες πτυχές της νανο-επιστήμης, όπως για παράδειγμα το πόσο μικρό είναι το νάνο και τις εξαρτώμενες από το μέγεθος ιδιότητες μέσω της εμπλοκής τους με μια σειρά δραστηριοτήτων. Με την υποστήριξη του εκπαιδευτικού συλλέγουν και αναλύουν δεδομένα και οδηγούνται σε συμπεράσματα καθώς εκτελούν πειραματικές δραστηριότητες και συμπληρώνουν τα αντίστοιχα φύλλα εργασίας (βλ. Φύλλα Εργασίας Μαθητών).

Επεξεργασία: Οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να επεξεργαστούν τα ευρήματά τους και να συζητήσουν θέματα RRI: α) με την επίσκεψή τους στο ερευνητικό κέντρο και την επαφή τους με τους ειδικούς, β) μέσω άρθρων εφημερίδων σχετικών με την έρευνα αιχμής στην νανοτεχνολογία και γ) μέσω μιας διάλεξης ενός ειδικού που δίνει έμφαση σε ζητήματα φύλου και ηθικής στην έρευνα.

Ανταλλαγή: Κατά την επίσκεψη στο μουσείο επιστημών διεξάγεται συζήτηση πάνω στις αρχές ανάπτυξης εκθεμάτων σε ό,τι αφορά το περιεχόμενο των εκθεμάτων, τους τρόπους επικοινωνίας του περιεχομένου αυτού στους χρήστες, τα πλεονεκτήματα και τα

μειονεκτήματα των εκθεμάτων. Επίσης, οι ειδικοί του μουσείου επισκέπτονται τις σχολικές τάξεις παρέχοντας συμβουλές για τα εκθέματα και τα απαραίτητα υλικά. Τα εκθέματα εκτίθενται στο Ίδρυμα Ευγενίδου και το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης και παρουσιάζονται από τους μαθητές στο ευρύ κοινό και στους άλλους μαθητές (της Κρήτης και της Αθήνας αντίστοιχα) μέσω τηλεδιάσκεψης.

Αξιολόγηση: Η αξιολόγηση της μάθησης των μαθητών λαμβάνει χώρα μέσω ενός τελικού ερωτηματολογίου των φύλλων εργασίας και των ασκήσεων που ανατίθενται για το σπίτι καθώς και από την ανάλυση των εκθεμάτων.

Ζητήματα Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (RRI)

Ζητήματα RRI θίγονται στην ενότητα ως εξής:

Εμπλοκή: Η ενότητα εστιάζει στο ρόλο των ερευνητών και της κοινωνίας στη διαδικασία της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας. Αυτό πραγματοποιείται: α) με την ενεργό συμμετοχή ειδικών του μουσείου επιστημών και του ερευνητικού κέντρου σε διαφορετικές φάσεις της υλοποίησης της ενότητας και β) με την παρουσίαση των μαθητικών εκθεμάτων στο ευρύ κοινό, επικοινωνώντας με αυτό τον τρόπο ένα μέρος της επιστημονικής γνώσης αιχμής με την τοπική κοινωνία. Ο ρόλος των βιομηχανιών και των φορέων χάραξης πολιτικής θίγεται έμμεσα, μέσω συζητήσεων των μαθητών με ερευνητές και τους εκπαιδευτικούς τους.

Ισότητα των φύλων: Αρχικά σημαντικό είναι να εξασφαλιστεί η ισότιμη συμμετοχή αγοριών και κοριτσιών στην τάξη έτσι ώστε μαθητές και των δύο φύλων να μπορέσουν να γνωρίσουν μια επιστήμη αιχμής όπως η νανοτεχνολογία. Έπειτα, πιο συγκεκριμένα, η ενότητα επιχειρεί να θίξει την ισότητα των φύλων στην επιστήμη μέσα από μια στοχευμένη συζήτηση βασιζόμενη σε αποσπάσματα από ΜΜΕ και από μια διάλεξη που πραγματοποιείται από μία επιστήμονα που ασχολείται με θέματα ισότητας των φύλων.

Διδασκαλία ΦΕ: Μέσω των δραστηριοτήτων της ενότητας οι μαθητές έρχονται σε επαφή με διάφορες πτυχές της νανοεπιστήμης, όπως: το μέγεθος και η κλίμακα, οι ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος, καθώς και ζητήματα διασύνδεσης Επιστήμης – Τεχνολογίας και Κοινωνίας που συγχρόνως αξιοποιούνται για την ευαισθητοποίηση των μαθητών σε θέματα RRI.

Ελεύθερη πρόσβαση: Η ενότητα αναφέρεται στη διαφάνεια και την προσβασιμότητα στην έρευνα και την καινοτομία με τη συμμετοχή ερευνητών του ΙΤΕ που μοιράζονται με τους μαθητές τις τελευταίες εξελίξεις στη νανοτεχνολογία.

Ηθική: Η ηθική παράμετρος προσεγγίζεται με μια συζήτηση που διεξάγεται μεταξύ μαθητών, εκπαιδευτικών και ερευνητών επικεντρωμένη στην ηθική δεοντολογία των επιστημόνων.

Διακυβέρνηση: Κατά τη συζήτηση για τις ηθικές διαστάσεις της χρήσης νέων προϊόντων αναδύεται η ανάγκη ύπαρξης κατάλληλης νομοθεσίας από τους ιθύνοντες.

Εργαλεία Web 2.0

Ένα μέρος των δραστηριοτήτων της ενότητας κάνει χρήση των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα εργαλεία web2.0. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται βίντεο και προσομοιώσεις για να διευκολύνουν την κατανόηση των μαθητών. Επιπλέον χρησιμοποιείται το skype για την πραγματοποίηση τηλεδιασκέψεων με τους ειδικούς από το ΙΕ και το ΙΤΕ και ένα Σύστημα Διαχείρισης Μάθησης (Edmodo) για την ανάθεση εργασιών και την επικοινωνία μεταξύ των μαθητών και καθηγητή-μαθητών.

Εικονίδια και Συντομογραφίες



Πληροφορίες για τον εκπαιδευτικό



Σημείωση για τον εκπαιδευτικό



Διαφοροποιημένη διδασκαλία



Γραπτή δραστηριότητα



Εργασία



Εργασία μέσω Η/Υ

Δημ: Δημοτικό (ηλικία 11-12)

Γυμν: Γυμνάσιο (ηλικία 14- 15)

Λυκ: Λύκειο (ηλικία 16-17)

RRI: Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία

NET: Νανο-Επιστήμη και Τεχνολογία

ΕΕ: Ερευνητικό Ερώτημα

1.	Εμπλοκή	13
	Μαθήματα 1 & 2	
2.	Εξερεύνηση & Επεξήγηση	21
	Μαθήματα 3 & 4	
3.	Επεξεργασία	49
	Μαθήματα 5 & 6	
4.	Αντάλλαγή	55
	Μάθημα 7	
5.	Αξιολόγηση	65
	Μάθημα 8	
6.	Παράρτημα	71

1

Εμπλοκή

Lesson 1:

Εισαγωγή

Διάρκεια: 90-120 λεπτά

Διδακτικοί στόχοι: Οι μαθητές παροτρύνονται να μάθουν περισσότερα για τη νανοτεχνολογία μέσω μιας εισαγωγής σε μελλοντικές και τρέχουσες εφαρμογές της σε υλικά καθημερινής χρήσης.

Απαιτούμενα υλικά:

- Προτζέκτορας
- Βίντεο:
 - http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/dvds-videos-films_en.html (Ταινία: “Nanotechnology” – DVD της Ε.Ε. σε πολλές γλώσσες)
 - <http://www.youtube.com/watch?v=mEH6tDLKcVU> (“Power of Nanotechnology”)



Νανοεπιστήμη και Νανοτεχνολογία

Αν και μέχρι στιγμής δεν υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός ορισμός, Νανοεπιστήμη είναι ο όρος που αποδίδεται σε ένα ευρύ διεπιστημονικό πεδίο, το οποίο μελετά φαινόμενα και υλικά που έχουν μέγεθος περίπου από 1 έως 100nm σε μία τουλάχιστον διάστασή τους, και εμφανίζουν σε αυτή την κλίμακα μεγεθών ιδιότητες που διαφέρουν σημαντικά από αυτές μεγαλύτερων κλιμάκων (π.χ. της μακρο- ή της μικρο- κλίμακας).

Αντίστοιχα, ως νανοτεχνολογία ορίζεται το ευρύ φάσμα τεχνολογιών που μετρούν, ελέγχουν και χειρίζονται την ύλη σε επίπεδο μεμονωμένων μορίων αλλά και συμπλεγμάτων μορίων με τουλάχιστον μία διάσταση να εμπίπτει στη νανοκλίμακα, με στόχο το σχεδιασμό, την παραγωγή και την εφαρμογή δομών, μηχανών και συστημάτων με εκ βάθρων νέες ιδιότητες και λειτουργίες που προκύπτουν από τη νανοδομή τους (Stevens et al., 2009; Hingant & Albe, 2010).

Από τους παραπάνω ορισμούς αναδεικνύονται εξής σημεία:

1. Η νανοτεχνολογία είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με εφαρμογές ιδιοτήτων πολυάριθμων αλλά συγκεκριμένων υλικών.
2. Η νανοτεχνολογία εξετάζει και ενσωματώνει στις εφαρμογές που αναπτύσσονται υλικά που εμφανίζουν διαφορετικές ιδιότητες απ’ ότι σε μεγαλύτερες κλίμακες. Άρα σύμφωνα με την παρατήρηση αυτή δεν αποτελούν αντικείμενο μελέτης της νανοεπιστήμης, τα φαινόμενα κλίμακας, όπου οι μακροσκοπικοί νόμοι απλά μετασχηματίζονται σε μικρότερες κλίμακες μέσω σμίκρυνσης, χωρίς να παρουσιάζεται κάποια σημαντική αλλαγή ιδιοτήτων.

Από το τελευταίο αυτό σημείο απορρέει και μια άλλη σημαντική παρατήρηση: Ότι στη νανοεπιστήμη και τη νανοτεχνολογία δεν είναι μόνο το είδος ή η σύσταση του υλικού που καθορίζουν τις ιδιότητές του αλλά κυρίως οι διαστάσεις του.

Περιγραφή μαθήματος:

1. Ο εκπαιδευτικός κάνει μια σύντομη εισαγωγή στο αντικείμενο και περιγράφει τους κύριους άξονες του προγράμματος IRRESISTIBLE.

2. Προβάλλεται το βίντεο “Power of Nanotechnology” {8 λεπτά} (ή κάποιο άλλο βίντεο με εντυπωσιακές σύγχρονες νανο-εφαρμογές πχ “A Day made of glass” {11 λεπτά} <https://www.youtube.com/watch?v=jzLYh3j6xn8>).
3. Έπειτα ρωτά τους μαθητές: “Τι σας έκανε μεγαλύτερη εντύπωση;”, “Πιστεύετε ότι αυτές οι εφαρμογές υπάρχουν ήδη ή ότι πρόκειται να πραγματοποιηθούν στο άμεσο μέλλον;”. Μετά τη συζήτηση ενημερώνει τους μαθητές ότι ορισμένες από αυτές τις εφαρμογές κυκλοφορούν ήδη στην αγορά.
4. Στη συνέχεια ο εκπαιδευτικός συζητά με τους μαθητές το πώς αυτά τα προϊόντα μπορούν να επηρεάσουν την καθημερινή ζωή και τι άλλες εφαρμογές θα μπορούσαν να έχουν.
5. Ο εκπαιδευτικός ενημερώνει τους μαθητές ότι ο επιστημονικός τομέας που έχει συμβάλει στην πραγματοποίηση αυτών των προϊόντων είναι η νανοτεχνολογία και βασιζόμενος στα βίντεο παρέχει λίγες πληροφορίες δίνοντας έμφαση στην τάξη μεγέθους και τις ξεχωριστές ιδιότητες της νανοκλίμακας.
6. Έπειτα προβάλλεται το βίντεο “Nanotechnology”.
7. Στο τέλος, ο εκπαιδευτικός θέτει ερωτήσεις όπως:
 - Τι σας εντυπωσίασε περισσότερο από όσα είδαμε / συζητήσαμε σήμερα;
 - Για ποιο θέμα θα θέλατε να μάθετε περισσότερα; Γιατί;
 - Τι είναι αυτό που θα θέλατε να μάθετε;

Μάθημα 2 :

Επίσκεψη στο Μουσείο Επιστημών

Διάρκεια: 90 λεπτά

Στόχοι διδασκαλίας: Ο κύριος στόχος του μαθήματος, είναι να δοθούν κίνητρα στους μαθητές για την ανάπτυξη ενός επιστημονικού εκθέματος και να έρθουν σε επαφή με τις βασικές κατευθυντήριες γραμμές της ανάπτυξης των εκθεμάτων.

Περιγραφή μαθήματος:

Καθώς οι μαθητές του σχολείου θα έχουν ενεργό ρόλο στην ανάπτυξη των εκθεμάτων, ο σκοπός της επίσκεψης στο μουσείο επιστημών είναι να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν τις διαφορετικές προσεγγίσεις επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται σε επιστημονικά εκθέματα.

1. Μόλις φθάσουν στο μουσείο επιστημών, εξειδικευμένο εκπαιδευτικό προσωπικό του μουσείου υποδέχεται τους μαθητές και τους καθοδηγεί να ακολουθήσουν μια εκπαιδευτική διαδρομή η οποία περιλαμβάνει επιλεγμένα εκθέματα από το πεδίο της Νανοτεχνολογίας σε συνδυασμό με πτυχές της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (RRI).



Κάθε μουσείο επιστημών μπορεί να προσαρμόσει ή να προσφέρει διαφορετικές δραστηριότητες σύμφωνα με τα εκθέματα του ή το επιστημονικό περιεχόμενο τους όπως π.χ. να κάνει μια παρουσίαση ή να οργανώσει ένα εργαστήριο. Εκτός από τις προτεινόμενες δραστηριότητες, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να επιλέξουν το δικό τους τρόπο διεξαγωγής της επίσκεψης σχεδιάζοντας τη δικιά τους «διαδρομή», προκειμένου να ανταποκριθούν καλύτερα στις απαιτήσεις της τάξης τους, στις προτιμήσεις των μαθητών αλλά και στο εκάστοτε περιεχόμενο της διδασκαλίας εντός της τάξης. Ωστόσο, ακόμη και αν το μουσείο δεν έχει εκθέματα που να σχετίζονται με εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας ή με θέματα RRI, εκθέματα από τις μόνιμες συλλογές του θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να εστιάσουν αποκλειστικά στις προσεγγίσεις επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται από αυτά τα εκθέματα.

2. Η κάθε τάξη χωρίζεται σε ομάδες (με ισορροπημένο αριθμό αγοριών-κοριτσιών), και στην συνέχεια κάθε ομάδα πρέπει να αλληλοεπιδράσει με συγκεκριμένα εκθέματα. Η διαδικασία που θα εφαρμοστεί έχει ως εξής: Σε κάθε ομάδα προσφέρεται ένα φύλλο εργασίας με ερωτήσεις που επικεντρώνονται στο περιεχόμενο των εκθεμάτων, προκειμένου να κινητοποιήσει το ενδιαφέρον των μαθητών για τη Νανοτεχνολογία (εάν υπάρχουν ανάλογα εκθέματα/διαφορετικά πάνω σε άλλα επιστημονικά θέματα που παρουσιάζονται στο μουσείο), καθώς και στην αντιμετώπιση των αναδυόμενων RRI θεμάτων. Επιπλέον, το φύλλο εργασίας περιλαμβάνει ερωτήσεις που οδηγούν τους μαθητές να σκεφτούν σχετικά με το πώς το έκθεμα επιχειρεί να εμπλέξει το χρήστη και να επικοινωνήσει το περιεχόμενό του. Ένα παράδειγμα είναι το ακόλουθο:
 - Ρίξτε μια ματιά πάνω από το έκθεμα που περιγράφει τη διαδικασία της γενετικής τροποποίησης. Πόσο μικρή πρέπει να είναι μια ασημένια «σφαίρα»; Γιατί;
 - Οι τροποποιήσεις στο γενετικό υλικό ενός φρούτου, για παράδειγμα, το κάνουν δυνητικά επικίνδυνο; Η όχι;
 - Τα κείμενα που συνοδεύουν το έκθεμα, σας βοηθούν να καταλήξετε σε συμπέρασμα; Ναι ή όχι; Γιατί;

3. Εξερεύνηση και αλληλεπίδραση: Κάθε ομάδα αλληλεπιδρά με κάθε εκθέμα, πέντε έως δέκα λεπτά. Το μέλος του εκπαιδευτικού προσωπικού του μουσείου ενεργεί ως διαμεσολαβητής και βοηθά κάθε ομάδα στην αλληλεπίδραση με τα εκθέματα (αν χρειάζεται).
4. Ανασκόπηση και συμπέρασμα: Μετά την εξερεύνηση, οι μαθητές μοιράζονται τις εντυπώσεις τους σχετικά με τα εκθέματα με το μέλος του εκπαιδευτικού προσωπικού του μουσείου που τους συνόδεψε.
5. Στη συνέχεια, ο συνοδός του μουσείου θέτει μια σειρά από ερωτήματα σχετικά με το περιεχόμενο, τις μεθόδους επικοινωνίας του περιεχομένου στο χρήστη, πλεονεκτήματα /μειονεκτήματα, τον βαθμό διαδραστικότητας και πώς θα μπορούσε να βελτιωθεί.
6. Στο τέλος της επίσκεψης, οι μαθητές θα πρέπει να έχουν αποκτήσουν μια κριτική ματιά στις μεθόδους επικοινωνίας του περιεχομένου ενός εκθέματος που θα τους βοηθήσει στο στάδιο της διαδικασίας σχεδιασμού και θα ενισχύσει τη δημιουργικότητά και τη φαντασία τους.



Στην περίπτωση που ένα τοπικό μουσείο/κέντρο επιστημών δεν είναι διαθέσιμο ή είναι σε μεγάλη απόσταση, η προτεινόμενη επίσκεψη θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί εξ αποστάσεως, με τη χρήση web 2.0 εφαρμογών ή πλατφόρμων επικοινωνίας (π.χ. Skype), για την αλληλεπίδραση με το προσωπικό του μουσείου..

Η αλληλεπίδραση μεταξύ του σχολείου και του μουσείου/κέντρου επιστημών θα είναι συνεχής, με το προσωπικό του μουσείου να επισκέπτεται τις σχολικές τάξεις, προκειμένου να μοιραστεί τις γνώσεις του με τους μαθητές, να παρουσιάσει τις κατευθυντήριες γραμμές και σενάρια για το σχεδιασμό ενός διαδραστικού εκθέματος και, συνολικά, να παρακινήσει τους μαθητές να αναπτύξουν εκθέματα (βλ. μάθημα 7).



Στην περίπτωση που ένα τοπικό μουσείο/κέντρο επιστημών δεν είναι διαθέσιμο ή είναι σε μεγάλη απόσταση, οι επισκέψεις του προσωπικού του μουσείου στις σχολικές τάξεις θα μπορούσαν να αντικατασταθούν από εξ αποστάσεως συναντήσεις, με τη χρήση web 2.0 εφαρμογών ή πλατφόρμων επικοινωνίας, όπως για παράδειγμα το Skype.

2

Εξερεύνηση

και

Επεξήγηση

Μάθημα 3 :

Εφαρμογές της νανοεπιστήμης :

Αυτοκαθαριζόμενα υλικά

Μέρος Α – Πόσο μικρό είναι το νάνο;

Διάρκεια: 90-120 λεπτά (ανάλογα με την επιλογή των δραστηριοτήτων)

Διδακτικοί στόχοι: Στο τέλος του μαθήματος οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- Να προσδιορίζουν τα όρια της νανοκλίμακας
- Να μετρούν σε νανόμετρα αντικείμενα της μακροκλίμακας
- Να συγκρίνουν τυπικά αντικείμενα της νανοκλίμακας με άλλα μικρά (ορατά και αόρατα) αντικείμενα
- Να συμπεραίνουν ότι η αναλογία επιφάνειας/όγκου ενός αντικειμένου αυξάνεται όταν το αντικείμενο μικραίνει
- Να ερμηνεύουν φαινόμενα με βάση την αναλογία επιφάνειας/όγκου
- Να παρατηρούν ενεργά
- Να εκτελούν απλά πειράματα
- Να λαμβάνουν μετρήσεις



Μέγεθος και κλίμακα

Το μέγεθος και η κλίμακα, έχουν αναγνωριστεί ως θεμελιώδη θέματα για τη διδασκαλία όχι μόνο της νανοεπιστήμης αλλά εν γένει των Φυσικών Επιστημών. Μια λεπτομερής κατανόηση του μεγέθους και της κλίμακας όχι μόνο βοηθά τους μαθητές να κατακτήσουν το εύρος των μεγεθών με τα οποία ασχολείται η νανοεπιστήμη, αλλά διευκολύνει και την κατανόηση των ιδιοτήτων που εξαρτώνται από το μέγεθος, που αναμφισβήτητα βρίσκονται στον πυρήνα της νανοεπιστήμης. Χωρίς μια ξεκάθαρη κατανόηση του μεγέθους και της κλίμακας, είναι δύσκολο για τους μαθητές να κατακτήσουν τους μηχανισμούς για τους οποίους τα αντικείμενα ή τα υλικά συμπεριφέρονται διαφορετικά στη νανοκλίμακα (Stevens et al., 2009).

Περιγραφή μαθήματος:

Τα μαθήματα 3 & 4 αποτελούνται από δραστηριότητες που αποσκοπούν στο να εφοδιάσουν τους μαθητές με το κατάλληλο θεωρητικό υπόβαθρο που θα τους επιτρέψει να κατανοήσουν τις βασικές αρχές της νανοτεχνολογίας τις οποίες θα εξηγήσουν οι ίδιοι οι ερευνητές του ΙΤΕ στους μαθητές κατά την επίσκεψή τους στο ερευνητικό κέντρο (μάθημα 6).

Ειδικά το μάθημα 3 αποτελείται από πολλαπλές σύντομες δραστηριότητες που συνδυαζόμενες μπορούν να δώσουν μια αίσθηση του μεγέθους και της κλίμακας στο νανόκοσμο (δραστηριότητες 1,2&3) και της αναλογίας επιφάνειας/ όγκου (δραστηριότητες 4, 5, 6 & 7) που θα χρησιμεύσουν στην ερμηνεία των ιδιοτήτων που εξαρτώνται από το μέγεθος στο μάθημα 4.



Οι ενδεικνυόμενες δραστηριότητες για κάθε ηλικιακή ομάδα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:



	Δημοτικό	Γυμνάσιο	Λύκειο
Δρ_1	✓	✓	✓
Δρ_2	✓	✓	✓(βλ. Σημείωση)
Δρ_3	✓	✓	✓
Δρ_4	✓	✓	✓
Δρ_5	✓ α	✓ β	✓ γ
Δρ_6	✓	✓	✓

- Στην αρχή του μαθήματος προβάλλεται το απόσπασμα μιας ενημερωτικής εκπομπής όπου δύο επιστήμονες του ΙΤΕ περιγράφουν την καινοτομία που ανέπτυξαν σχετικά με φωτοκαταλυτικά υλικά που αποικοδομούν αέριους και υδάτινους ρύπους (<https://www.youtube.com/watch?v=O9JDuD5iX8> {2' 58''} ή <https://www.youtube.com/watch?v=oaleZS63m10> {11' 20''}).
- Εναλλακτικά μπορούν να προβληθούν βίντεο του TEDx σχετικά με τη νανοτεχνολογία και τις τρέχουσες και μελλοντικές της εφαρμογές (πχ. www.youtube.com/watch?v=KXwW6F181i0, www.youtube.com/watch?v=_1jbigmsLBw)
- Στη συνέχεια διεξάγεται συζήτηση σχετικά με το:
 - Τι εντυπωσίασε τους μαθητές
 - Πώς μπορούν να μας βοηθήσουν τέτοια προϊόντα
 - Τι προβλήματα της καθημερινότητας θα μπορούσαν να επιλύσουν
- Ο εκπαιδευτικός ενημερώνει τους μαθητές ότι στην πορεία των μαθημάτων θα έχουν την ευκαιρία να συναντήσουν από κοντά αυτούς τους επιστήμονες και να τους θέσουν ερωτήματα. Αλλά για να προετοιμαστούν για τη συνάντηση θα πρέπει πρώτα να μάθουν περισσότερα για την επιστήμη που κρύβεται πίσω από αυτή την καινοτομία!
- Μοιράζεται το Φύλλο_Εργασίας_1 (βλ. Φύλλα εργασιών μαθητών) και οι μαθητές εκτελούν τη δραστηριότητα 1.



Δρ_1. Μετρήσεις με το νανοχάρακα. "Ποιο είναι το μήκος του μολυβιού μου σε νανόμετρα;"

Στόχοι:

Στόχος αυτής της δραστηριότητας είναι να εξοικειωθούν οι μαθητές με τα νανόμετρα ως μονάδα μέτρησης. Η δραστηριότητα αυτή θα τους βοηθήσει να συμπεράνουν ότι η νανοκλίμακα δεν είναι κατάλληλη για τη μέτρηση διαστάσεων αντικειμένων της νανοκλίμακας.

Απαιτούμενα υλικά:

- Κανονικός χάρακας
- Χάρακας σε νανόμετρο (βλ. Παράρτημα)



Περιγραφή δραστηριότητας:

1. Ο εκπαιδευτικός καλεί τους μαθητές να εκτιμήσουν το μήκος του μολυβιού τους σε νανόμετρα (Ε.Ε: Πόσο νομίζετε ότι είναι το μήκος του μολυβιού σας σε νανόμετρα;)
2. Ο εκπαιδευτικός μοιράζει τους χάρακες στους μαθητές και τους καλεί να μετρήσουν μία διάσταση ενός βιβλίου, ενός μολυβιού κτλ, και στη συνέχεια να εκτιμήσουν και να καταγράψουν στον πίνακα την ίδια διάσταση εκφρασμένη σε νανόμετρα.
3. Έπειτα τους μοιράζει τους ειδικούς νανοχάρακες και οι μαθητές καλούνται να ελέγξουν τις εκτιμήσεις τους μετρώντας τις ίδιες διαστάσεις των αντικειμένων με το νανοχάρακα.



Οι μαθητές του λυκείου, αντί να εκτελέσουν τις μετρήσεις με το νανοχάρακα μπορούν κατευθείαν να μετατρέψουν τις αρχικές τους μετρήσεις σε νανόμετρα.. Οι μαθητές μπορούν επίσης να εξοικειωθούν με τα σφάλματα μέτρησης (καθώς ακόμα και με τους κανονικούς χάρακες μπορεί να έχουν διαφορετικά αποτελέσματα). Οπότε μπορεί να κληθούν να συγκρίνουν το μέσο όρο των μετρήσεων μεταξύ των ομάδων.

- Στο τέλος της δραστηριότητας ο εκπαιδευτικός ρωτά τους μαθητές αν θα προτιμούσαν στην καθημερινότητά τους να χρησιμοποιούν ως μονάδα μέτρησης νανόμετρα αντί για εκατοστά ή χιλιοστά για να συμπεράνουν ότι κάθε μονάδα μέτρησης είναι χρήσιμη για συγκεκριμένη κλίμακα μεγέθους αντικειμένων.



Δρ_2. Τεμαχίζοντας χάρτινες λωρίδες.

"Πόσες φορές θα πρέπει να το κόψεις για να πλησιάσεις το νάνο;"

Στόχοι:

Ο στόχος αυτής της δραστηριότητας είναι οι μαθητές να έρθουν σε μια πρώτη επαφή με τη νανοκλίμακα και να κατανοήσουν ότι τα αντικείμενα της νανοκλίμακας είναι πολύ μικρά ώστε να γίνουν αντιληπτά με το γυμνό μάτι. Μέσα από τη διαδικασία αυτή επιδιώκεται οι μαθητές να αποκτήσουν μια καλύτερη προσέγγιση των αντικειμένων της νανοκλίμακας.

Απαιτούμενα υλικά::

- Χάρτινες λωρίδες μήκους 1 μέτρου
- ψαλίδι
- χάρακας

Περιγραφή δραστηριότητας:

1. Ο εκπαιδευτικός μοιράζει στους μαθητές από μία χάρτινη λωρίδα και ένα ψαλίδι.
2. Τους καλεί να εκτιμήσουν πόσες φορές θα χρειαστεί να κόψουν τη λωρίδα στο 1/10 για να προσεγγίσουν τη νανοκλίμακα.
3. Οι μαθητές καλούνται να κόψουν διαδοχικά τη λωρίδα στο 1/10 του αρχικού μήκους μέχρι να φτάσουν σε κομμάτι μήκους 1nm (δηλαδή να κόψουν την αρχική λωρίδα του 1μ σε 10 ίσα κομμάτια και μετά ένα από τα κομμάτια αυτά σε 10 κ.ο.κ).

- Μεταξύ της τρίτης και της τέταρτης τομής οι μαθητές φτάνουν σε αδιέξοδο καθώς δεν μπορούν να κόψουν περαιτέρω το εναπομείναν κομμάτι.
- Σ'αυτό το σημείο ο εκπαιδευτικός ενημερώνει τους μαθητές ότι ο συνολικός αριθμός των απαιτούμενων τομών για να φτάσουν τη νανοκλίμακα θα ήταν 9, γεγονός που τους δίνει μια αίσθηση του πόσο μικρό είναι ένα νανόμετρο!

- Αλλά ποια αντικείμενα εντάσσονται στη νανοκλίμακα?? (οι μαθητές προχωρούν στη Δραστηριότητα 3 για να το ανακαλύψουν)



Δρ_3. Διάταξη αντικειμένων ανάλογα με το μέγεθός τους

Στόχοι:

Στόχος είναι να εξοικειωθούν οι μαθητές με τις διάφορες κλίμακες και με τα χαρακτηριστικά αντικείμενα της νανοκλίμακας.

Απαιτούμενα υλικά:

- Κάρτες που απεικονίζουν αντικείμενα διαφορετικού μεγέθους από τη μακροκλίμακα ως το άτομο.
- Προτζέκτορας
- Πολυμεσική εφαρμογή "Scale of the Universe": <http://htwins.net/scale2/>
- Βίντεο "Powers of Ten" <https://www.youtube.com/watch?v=OfKBhvDjuy0>

Σημείωση: Τα αντικείμενα που απεικονίζονται στις κάρτες πρέπει να εμφανίζονται και στην εφαρμογή.



Περιγραφή δραστηριότητας:

1. Αρχικά ως αφόρμηση οι μαθητές παρακολουθούν το βίντεο "Powers of Ten", και συζητούν για τις κλίμακες.
2. Ο εκπαιδευτικός μοιράζει τις κάρτες σε κάθε ομάδα και καλεί τους μαθητές να διατάξουν τα απεικονιζόμενα αντικείμενα κατά αυξανόμενο μέγεθος σε μια «γραμμή μεγέθους» βασιζόμενοι στην πρότερη γνώση τους.
3. Οι μαθητές καλούνται να δικαιολογήσουν την διάταξή τους και να μοιραστούν με την ολομέλεια της τάξης τον τρόπο που σκέφτηκαν.
4. Προβάλλεται η εφαρμογή "Scale of the Universe" και οι μαθητές διερευνούν αντικείμενα διαφορετικών μεγεθών από την μακροκλίμακα ως τη μικροκλίμακα

5. Οι μαθητές ελέγχουν την διάταξη των καρτών τους, κάνουν τις απαραίτητες διορθώσεις βάσει της εφαρμογής και σημειώνουν την τάξη μεγέθους κάθε αντικειμένου.
6. Στο τέλος της δραστηριότητας ο εκπαιδευτικός καλεί τους μαθητές να αναστοχαστούν πάνω στα λάθη τους.
 - Τι σας μπέρδεψε περισσότερο?
 - Γιατί συνέβη αυτό?



Ο εκπαιδευτικός πρέπει να αναδείξει το γεγονός ότι παρότι δεν μπορούμε να τις δούμε με γυμνό μάτι, υπάρχουν οντότητες, γύρω μας και μέσα στο σώμα μας, που ανήκουν στη νανο- και τη μικρο-κλίμακα. Και πως παρότι όλες αυτές οι οντότητες που είναι μικρότερες από 10-4 είναι αόρατες, δεν έχουν όλες το ίδιο μέγεθος.



(Για μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου)

Χρησιμοποιώντας την εφαρμογή Scale of universe χωρίστε τα παραπάνω αντικείμενα ως ανήκοντα στο μακρόκοσμο, το νανόκοσμο ή το μικρόκοσμο

Μέσα από τις παραπάνω δραστηριότητες οι μαθητές αποκτούν μια αντίληψη του πόσο μικρό είναι ένα αντικείμενο της νανοκλίμακας.

Στη συνέχεια το ενδιαφέρον εστιάζεται στην αναλογία επιφάνειας/όγκου και στην επίδρασή της σε διάφορες αντιδράσεις. Οι ακόλουθες δραστηριότητες (4, 6 & 7) παρουσιάζουν ποικίλες πτυχές της επίδρασης που έχει η αναλογία S/V στην ταχύτητα και την ένταση των αντιδράσεων ενώ η δραστηριότητα 5 παρέχει μια πιο μαθηματική ερμηνεία αυτών των φαινομένων.



Ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος

Οι ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος βρίσκονται στον πυρήνα της νανοεπιστήμης και της νανοτεχνολογίας (καθώς σε αυτές βασίζονται οι περισσότερες καινοτόμες εφαρμογές των νανοϋλικών). Όταν αλλάζει το μήκος μιας διάστασης ενός αντικειμένου, αυτό επιφέρει πολλαπλάσιες αλλαγές στην επιφάνεια και στον όγκο του. Εξίσου δυσανάλογα θα μεταβληθούν και οι ιδιότητες που εξαρτώνται από αυτά. Μια από τις συνέπειες της σμίκρυνσης ενός αντικειμένου είναι η αύξηση της αναλογίας επιφάνειας – όγκου. Αυτές οι αλλαγές δηλώνουν μια αύξηση στο σχετικό αριθμό των επιφανειακών ατόμων. Οι χημικές αντιδράσεις αφορούν στην αλληλεπίδραση μεταξύ των ατόμων της επιφάνειας ενός υλικού και των ατόμων του περιβάλλοντός του. Για το λόγο αυτό και αλλαγές στο μέγεθος της εκτεθειμένης επιφάνειας επηρεάζουν το ρυθμό των χημικών αντιδράσεων και άρα τη δραστικότητα του υλικού. Καθώς το ποσοστό των ατόμων που βρίσκονται στην επιφάνεια αυξάνεται κατακόρυφα όταν τεμαχίζουμε μια ποσότητα σε ολότητες νανοκλίμακας, οι αλληλεπιδράσεις που εξαρτώνται από την επιφάνεια μεταβάλλουν δραστικά τη συμπεριφορά των υλικών στη νανοκλίμακα. Η επίδραση της αύξησης της επιφάνειας με τη μείωση του μεγέθους μπορεί να παρατηρηθεί ακόμα και στη μακροκλίμακα. Ακριβώς σε αυτό το σημείο βασιζόμαστε για να δομήσουμε τις δραστηριότητες αυτής της συνάντησης, ως μια αναλογία του τι συμβαίνει στον νανόκοσμο (The Royal Society & The Royal Academy of Engineering, 2004; Stevens et al., 2009).



Καθώς οι δραστηριότητες 4, 6 & 7 μοιάζουν αρκετά, ο εκπαιδευτικός ανάλογα με το διαθέσιμο χρόνο μπορεί να επιλέξει να διεξάγει κάποιες από αυτές στην τάξη και να μετατρέψει τις άλλες σε νοητικά πειράματα για εργασία στο σπίτι. Εδώ επιλέγουμε η δραστηριότητα 7 να δοθεί ως εργασία για το σπίτι..

- Ο εκπαιδευτικός υπενθυμίζει στους μαθητές ότι έχουν ήδη αναφερθεί σε υλικά που παρουσιάζουν ασυνήθιστες ιδιότητες στη νανοκλίμακα και τους ρωτά συγκεκριμένα:
 - Τι ακριβώς εννοούμε ως ασυνήθιστες ιδιότητες; Δώστε παραδείγματα.
 - Πού πιστεύετε ότι οφείλονται αυτές οι αλλαγές; Πώς θα τις ερμηνεύατε;
- Δίνεται στους μαθητές το Φύλλο_Εργασίας_2.



Δρ_4. Χημική αντίδραση πατάτας με υπεροξειδίο του υδρογόνου (H_2O_2).

Στόχοι:

Στόχος αυτής της δραστηριότητας είναι οι μαθητές να παρατηρήσουν την αλλαγή στην ταχύτητα της χημικής αντίδρασης καθώς η πατάτα βυθίζεται σε διάλυμα υπεροξειδίου του υδρογόνου.

Απαιτούμενα υλικά:

- Πατάτες κομμένες σε διαφορετικά μεγέθη
- Διάλυμα υπεροξειδίου του υδρογόνου (H_2O_2)
- Πλαστικά ποτήρια



Χημική αντίδραση πατάτας με υπεροξειδίο υδρογόνου

Περιγραφή δραστηριότητας:

1. Ο εκπαιδευτικός δίνει σε κάθε ομάδα 2 ποτήρια με την ίδια ποσότητα H_2O_2 και 2 ισομεγέθη κομμάτια πατάτας.
2. Οι μαθητές καλούνται να κόψουν το ένα από τα 2 κομμάτια σε ακόμα μικρότερα και να προβλέψουν τι θα συνέβαινε αν βύθιζαν συγχρόνως το μεγάλο και τα μικρά κομμάτια στα αντίστοιχα ποτήρια με το διάλυμα. Θα αντιδρούσαν με τον ίδιο ή με διαφορετικό τρόπο;
3. Έπειτα καλούνται να εκτελέσουν την παραπάνω διαδικασία και να μοιραστούν τις παρατηρήσεις τους με την υπόλοιπη τάξη.

Λόγω της αυξημένης επιφάνειας η δημιουργία φυσαλίδων στο ποτήρι με τα μικρά κομματάκια θα είναι πιο έντονη.

4. Ο εκπαιδευτικός παροτρύνει τους μαθητές να ερμηνεύσουν τη διαφορετική αντίδραση στα δύο ποτήρια.

- Τέλος, αφού οι μαθητές μοιραστούν τις απόψεις τους ο εκπαιδευτικός εξηγεί ότι η συγκεκριμένη χημική αντίδραση συντελείται στην επιφάνεια επαφής μεταξύ της πατάτας και του διαλύματος H_2O_2 και άρα πως όσο μικρότερα είναι τα κομμάτια της πατάτας τόσο αυξάνεται η ελεύθερη επιφάνεια και τόσο πιο γρήγορα εξελίσσεται η αντίδραση.



Για μια πιο ποιοτική ερμηνεία του πώς το μέγεθος επιδρά στις ιδιότητες ενός υλικού, οι μαθητές του δημοτικού μπορούν να συμμετάσχουν στην ακόλουθη δραστηριότητα:

1. Οι μαθητές καλούνται να πάρουν τυχαίες θέσεις και να πιάσουν τα χέρια τους και τηρώντας αυτό το σχηματισμό να προσπαθήσουν να περάσουν από την πόρτα της τάξης.
2. Όταν φτάσουν σε αδιέξοδο ο εκπαιδευτικός τους ρωτά: αν αφήσετε τα χέρια σας θα μπορέσετε να περάσετε από την πόρτα; Πού οφείλεται η διαφορά;

Σκοπός αυτής της δραστηριότητας είναι να συμπεράνουν οι μαθητές ότι ακόμα και με τα ίδια συστατικά της ύλης οι ιδιότητες μπορεί να διαφέρουν αν τα κομμάτια είναι μικρότερα ή μεγαλύτερα.

- Στην ακόλουθη δραστηριότητα δίνεται μια πιο μαθηματική ερμηνεία. Οι μαθητές προχωρούν την αναλογία που παρουσιάζεται στην δραστηριότητα 5.



Δρ_5. Τεμαχίζοντας χάρτινους κύβους

Στόχοι:

Στόχος αυτής της δραστηριότητας είναι οι μαθητές να παρατηρήσουν την αύξηση της συνολικής επιφάνειας ενός αντικειμένου καθώς το τεμαχίζουμε σε μικρότερα κομμάτια.

Απαιτούμενα υλικά:

- Χάρτινοι κύβοι (1 κύβος ακμής 12cm, 8 κύβοι ακμής 6cm, 27 κύβοι ακμής 4cm). Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν κύβοι από τυρί!
- Χάρακας



27 κύβοι ακμής 4cm (αριστερά), 8 κύβοι 6cm (κέντρο) και 1 κύβος ακμής 12cm

Προετοιμασία για τον εκπαιδευτικό:

Απαιτείται η κατασκευή των χάρτινων κύβων με διαφορετική ακμή που να σχηματίζουν όμως συσσωματώματα ίσου όγκου. Ένας κύβος ακμής 12cm, 8 κύβοι ακμής 6cm και 27 κύβοι ακμής 4cm.



Καθώς η μαθηματική γνώση μαθητών διαφορετικών βαθμίδων διαφέρει, αυτή η δραστηριότητα προσφέρεται σε 2 παραλλαγές, για μαθητές Δημοτικού, Γυμνασίου και Λυκείου

Περιγραφή δραστηριότητας:

1. Ο εκπαιδευτικός δείχνει τους τρεις κύβους ακμής 12cm στους μαθητές. Ο πρώτος είναι ολόκληρος, ο δεύτερος αποτελείται από 8 κύβους ακμής 6cm και ο τρίτος από 27 κύβους ακμής 4cm ο καθένας.
2. (Δημ): Ο εκπαιδευτικός καλεί τους μαθητές να μελετήσουν τους 3 κύβους και να κάνουν παρατηρήσεις για τον όγκο που καταλαμβάνει ο καθένας.
3. (Γυμν) & (Λυκ): Οι μαθητές καλούνται να υπολογίσουν τον συνολικό όγκο των 3 κύβων.
4. Στη συνέχεια οι μαθητές καλούνται να εκτιμήσουν αν η συνολική επιφάνεια είναι ίση ή διαφορετική σε κάθε κατασκευή. Μετά ελέγχουν τις απαντήσεις τους συμμετέχοντας σε διαφορετικές δραστηριότητες ανάλογα με τη βαθμίδα.
5. (Δημ): Οι μαθητές ξεδιπλώνουν τους χάρτινους κύβους και κολλούν χρωματιστά τετράγωνα χαρτιά σε όλες τις επιφάνειες. Η ποσότητα των τετράγωνων χαρτιών που χρειάζεται για να καλύψουν όλες τις πλευρές του κάθε κύβου αναδεικνύει τη συνολική επιφάνεια. Αν οι μαθητές του δημοτικού έχουν τη δυνατότητα υπολογισμού της επιφάνειας ή του όγκου μπορούν να εργαστούν στο Φύλλο_Εργασίας_3α.

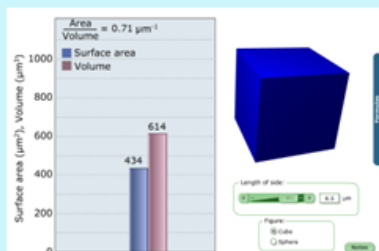
(Γυμν): Οι μαθητές ξεδιπλώνουν τους χάρτινους κύβους και μετρούν τις διαστάσεις τους. Χρησιμοποιώντας γνώσεις γεωμετρίας υπολογίζουν τη συνολική επιφάνεια κάθε κύβου. Υπολογίζουν το λόγο επιφάνειας/ όγκου (S/V). Τέλος βάζουν σε αύξουσα σειρά αυτά τα κλάσματα και διακρίνουν τη σχέση μεταξύ του μεγέθους κάθε κύβου και του αντίστοιχου λόγου.

(Φύλλο_Εργασίας_3α).

(Λυκ): Για να μελετήσουν το λόγο επιφάνειας/ όγκου οι μαθητές διεξάγουν μια σειρά μαθηματικών υπολογισμών (Φύλλο_Εργασίας_3β).



Οι μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου μπορούν συμπληρωματικά να αλληλεπιδράσουν με την ακόλουθη εφαρμογή:
<http://esminfo.prenhall.com/science/BiologyArchive/lectureanimations/closerlook/cellsurface.html>.



Η δραστηριότητα 6 είναι παρόμοια με την Δρ_4 και χρησιμοποιείται για την επέκταση της γνώσης των μαθητών σε νέες καταστάσεις και για να ενισχύσει την κατανόηση της εξάρτησης της ταχύτητας ή της έντασης μιας αντίδρασης από το λόγο επιφάνειας/όγκου των αντιδρώντων (Φύλλο_Εργασίας_4).



Δρ_6. Διάλυση αναβράζοντος δισκίου στο νερό

Στόχοι:

Στόχος της δραστηριότητας είναι οι μαθητές να παρατηρήσουν την αλλαγή στην ταχύτητα της διάλυσης ενός αναβράζοντος δισκίου όταν το σπάμε σε μικρότερα κομμάτια και να αποδώσουν την ένταση των ιδιοτήτων που εξαρτώνται από την επιφάνεια στο μικρό μέγεθος των κομματιών από τα οποία αποτελείται το υλικό. Ακόμα στόχος είναι οι μαθητές να εξασκήσουν δεξιότητες διερεύνησης όπως διατύπωση υποθέσεων, έλεγχος μεταβλητών, συλλογή δεδομένων, εξαγωγή συμπερασμάτων.

Απαιτούμενα υλικά:

- Αναβράζοντα δισκία
- Πλαστικά δοχεία με καπάκι (πχ. θήκη φίλμ)
- Χρονόμετρο



Περιγραφή δραστηριότητας (Φύλλο Εργασίας 4α):

1. Ο εκπαιδευτικός ρωτάει τους μαθητές τι θα έκαναν αν ήθελαν να διαλύσουν το δισκίο γρηγορότερα και συζητούν όλες τις γνώμες στην τάξη.

2. Οι μαθητές καλούνται να προτείνουν ένα πείραμα για να απαντήσουν στο συγκεκριμένο ερευνητικό ερώτημα.
3. Διατυπώνουν μια υπόθεση, προσδιορίζουν τις μεταβλητές, συλλέγουν και καταγράφουν τα δεδομένα και εξάγουν τα συμπεράσματά τους.



Σε περίπτωση που οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με το σχεδιασμό διερευνήσεων, ο εκπαιδευτικό μπορεί να χρησιμοποιήσει το Φύλλο Εργασίας 4β. Σε αυτή την περίπτωση δίνονται τα υλικά στους μαθητές και καλούνται να ακολουθήσουν την ακόλουθη πορεία:

1. Οι μαθητές καλούνται να σπάσουν το ένα δισκίο σε μικρότερα κομμάτια και να προβλέψουν τι θα συνέβαινε αν βύθιζαν ταυτόχρονα στις 2 θήκες με το νερό τα δύο δισκία: το ολόκληρο και το θρυμματισμένο. Θα αντιδράσουν με τον ίδιο ή με διαφορετικό τρόπο;
2. Μετά οι μαθητές καλούνται να υλοποιήσουν την παραπάνω διαδικασία και να μοιραστούν τις παρατηρήσεις τους με την υπόλοιπη τάξη.

Λόγω της αυξημένης επιφάνειας επαφής οι φυσαλίδες που σχηματίζονται στη θήκη που περιέχει το θρυμματισμένο δισκίο κάνουν το καπάκι να εκτιναχθεί με μεγαλύτερη δύναμη και πιο γρήγορα. Αυτή είναι μια άμεση παρατήρηση αλλαγής ιδιοτήτων (ταχύτητα διάλυσης) καθώς το μέγεθος του αντικειμένου μικραίνει.

3. Τέλος ο εκπαιδευτικός παροτρύνει τους μαθητές να ερμηνεύσουν την διαφορετική αντίδραση στις 2 περιπτώσεις χρησιμοποιώντας τη γνώση τους από τις προηγούμενες δραστηριότητες.



Νοητικό πείραμα

Αν προσπαθούσαμε να βάλουμε φωτιά ένα σε ένα ατσάλινο καρφί 4gr, σε ίδιας ποσότητας ατσαλόσυρμα και σε ίδιας ποσότητας ατσαλόμαλλο ποια από τις 3 μορφές θα ανάψει γρηγορότερα; Δικαιολογήστε την απάντησή σας..



Εναλλακτικά ο εκπαιδευτικός θα μπορούσε να πραγματοποιήσει το πείραμα στην τάξη, αλλά μόνο ως επίδειξη. Λόγω της αυξημένης συνολικής επιφάνειας του νήματος στη μορφή του ατσαλόμαλλου η καύση είναι πιο γρήγορη και πιο εύκολα παρατηρήσιμη. Αυτή είναι μια άλλη άμεση παρατήρηση της αλλαγής ιδιοτήτων (ρυθμός καύσης) καθώς το μέγεθος του αντικειμένου γίνεται μικρότερο.

Μάθημα 4 :

Εφαρμογές της νανοεπιστήμης :

Αυτοκαθαριζόμενα υλικά

Μέρος Β – Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος

Διάρκεια: 90 λεπτά

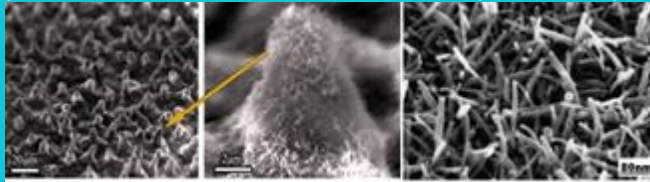
Διδακτικοί στόχοι: Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος οι μαθητές πρέπει να είναι σε θέση:

- Να εξηγούν φαινόμενα βασιζόμενοι στο λόγο επιφάνειας/όγκου
- Να αναφέρουν τις ιδιότητες των υπερυδροφобων υλικών (αυτοκαθαρισμός, υδαταπωθητικότητα)
- Να ερμηνεύουν αυτές τις ιδιότητες ως οφειλόμενες στη δομή της επιφάνειας επαφής (η οποία καθορίζει και τη μορφή που παίρνουν οι σταγόνες όταν πέφτουν πάνω της)
- Να εξηγούν την έννοια της βιομίμησης και να τη συνδέουν με την ανάπτυξη καινοτόμων υλικών
- Να παρατηρούν ενεργά
- Να εκτελούν απλά πειράματα
- Να λαμβάνουν μετρήσεις



Υπερυδρόφοβα υλικά

Η υπερ-υδροφοβικότητα, είναι μια ιδιότητα που εμφανίζουν κάποια νανοϋλικά – τόσο φυσικά (όπως το φύλλο ενός νούφαρου που ονομάζεται λωτός), όσο και τεχνητά (όπως αδιάβροχα υφάσματα). Η υδροφοβικότητα των φύλλων του λωτού οφείλεται στη δομή τους. Η επιφάνεια του φύλλου έχει μια δομή δύο επάλληλων στρωμάτων. Το πρώτο στρώμα είναι καλυμμένο με μικρές προεξοχές ακτίνας 5-10μm η καθεμία, που απέχουν μεταξύ τους 10-15μm. Κάθε προεξοχή καλύπτεται από εξογκώματα ενός υδρόφοβου, κηρώδους υλικού, τα οποία έχουν ύψος μόλις 100nm. Όταν οι σταγόνες του νερού πέσουν πάνω στο φύλλο, ακουμπούν ελαφρά στις άκρες των υδρόφοβων προεξοχών, γεγονός που εμποδίζει τις σταγόνες να εισχωρήσουν στον ενδιάμεσο χώρο, με αποτέλεσμα μόνο το 2-3% της επιφάνειας των σταγόνων να έρχεται σε επαφή με το φύλλο.



Δομή φύλλου λωτού σε μεγέθυνση

Μέτρο της υδροαπωθητικής αυτής ιδιότητας είναι η γωνία επαφής που σχηματίζει το υγρό με την επιφάνεια του φύλλου. Όσο η γωνία επαφής μικραίνει ($<90^\circ$), οι σταγόνες είναι πιο πλατιές και η επιφάνεια βρέχεται περισσότερο. Όσο η γωνία επαφής μεγαλώνει ($>90^\circ$) η περιοχή όπου εφάπτονται η σταγόνα και η επιφάνεια μικραίνει και έχει ως αποτέλεσμα μια πιο στεγνή επιφάνεια (Εικόνα 15). Τα κηρώδη εξογκώματα του λωτού δημιουργούν μια γωνία επαφής 157° . Αυτό μειώνει τις δυνάμεις συνάφειας και επενδύει το φύλλο με μια υδρόφοβη επιφάνεια. Κατ' αυτόν τον τρόπο, το νερό δεν μπορεί να βρέξει την επιφάνεια και κυλά εύκολα.

Το παραπάνω γεγονός οδηγεί σε άλλη μια ιδιότητα που σχετίζεται με το λωτό: την ικανότητά του να αυτοκαθαρίζεται. Όταν οι σταγόνες της βροχής πέφτουν στα φύλλα συμπαρασύρουν όλη τη βρωμιά που βρίσκουν στο δρόμο τους. Αυτή η διαδικασία κρατά τα φύλλα στεγνά, καθαρά και απαλλαγμένα από παθογόνους μικροοργανισμούς. Ο αυτοκαθαρισμός και η υδροαπωθητικότητα των υπερ-υδρόφοβων επιφανειών είναι ιδιότητες που δίνουν δυνατότητα για ανάπτυξη πολλών πρακτικών εφαρμογών. Βαφές κτηρίων, κεραμίδια και διάφορες επενδύσεις επιφανειών υπάρχουν ήδη στην αγορά. Αυτά τα προϊόντα είναι παραδείγματα βιομιμητισμού. Κατανοώντας οι μηχανικοί τον τρόπο με τον οποίο ο λωτός, και άλλα φυτά δημιουργούν υπερ-υδρόφοβες επιφάνειες χρησιμοποιώντας δύο κλιμακωτά στρώματα, κατασκεύασαν τεχνητές επιφάνειες με παρόμοια νανοδομή που μιμούνται τις ιδιότητες των φυσικών (Ensikat et al., 2011; NSF CAREER Award and RET Program).

Περιγραφή μαθήματος:

Στο 4ο μάθημα εστιάζουμε στη διερεύνηση κάποιων ξεχωριστών ιδιοτήτων των νανο-υλικών, που οφείλονται στον αυξημένο λόγο επιφάνειας/ όγκου και ιδιαίτερα στα υπερυδροφόβα υλικά (φυσικά και τεχνητά), στην αλλαγή χρώματος των νανοσωματιδίων χρυσού και στα ferrofluids.



Οι κατάλληλες δραστηριότητες για κάθε βαθμίδα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:



	Δημοτικό	Γυμνάσιο	Λύκειο
Δρ_7	✓	✓	✓
Δρ_8	✓	✓	✓
Δρ_9	Μόνο παρουσίαση των προϊόντων	✓	✓
Δρ_10		✓	✓
Δρ_11	Μόνο παρουσίαση των προϊόντων	✓	✓

- Το μάθημα ξεκινά με το εκπαιδευτικό να θέτει το ερώτημα: «Εξαρτώνται οι ιδιότητες ενός υλικού από το μέγεθος των σωματιδίων του; Τι είδους ιδιότητες θα θέλατε να διερευνήσουμε;»
- Έπειτα προβάλλεται το βίντεο “Lotus effect demonstration” (<https://www.youtube.com/watch?v=LjtQ6dvcbOg>) και ο εκπαιδευτικός ρωτάει τους μαθητές τι τους εντυπωσίασε από όσα παρακολούθησαν.
- Εισάγει την έννοια της υδροφιλίας- υδροφοβίας και τους καλεί να δώσουν πιθανές ερμηνείες των φαινομένων.
- Οι μαθητές προχωρούν την δραστηριότητα 8 και στη συμπλήρωση του Φύλλου_Εργασίας_5.



Δρ_7. Υδρόφοβα υλικά

Στόχοι:

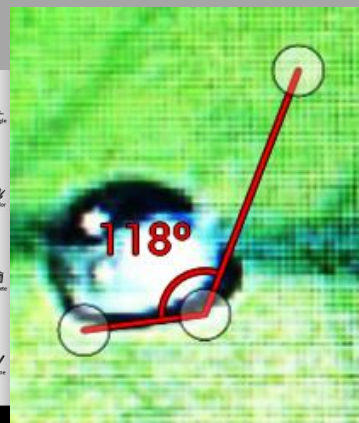
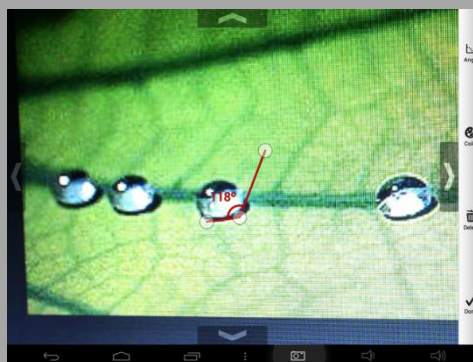
Στόχος αυτής της δραστηριότητας είναι οι μαθητές να παρατηρήσουν την αλληλεπίδραση του νερού με διαφορετικές επιφάνειες και να ερμηνεύσουν τη συμπεριφορά αυτή ως οφειλόμενη στη δομή της επιφάνειας επαφής (και συνεπώς και στο λόγο S/V). Επίσης να εξοικειωθούν με φυσικά και τεχνητά νανο-υλικά και τις ιδιότητές τους καθώς και με την έννοια της βιομίμησης.

Απαιτούμενα υλικά:

- πιπέτες
- ποτήρια με νερό
- διάφορες επιφάνειες (πλαστικό, χαρτί, nano-tech, αλουμινόχαρτο, λαδόκολλα...)
- φύλλα φυτών (κρίνα, τουλίπες ...)
- τάμπλετ με την εφαρμογή "Photo Measures Lite"

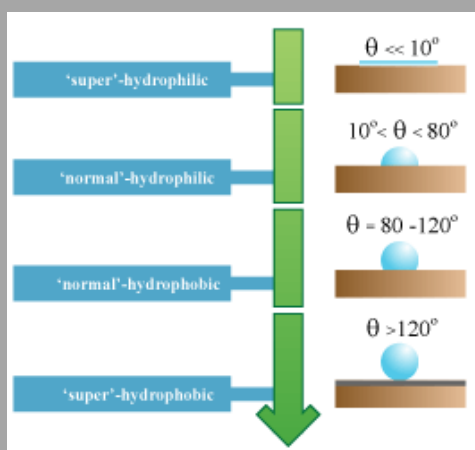
Περιγραφή δραστηριότητας:

1. Ο εκπαιδευτικός μοιράζει σε κάθε ομάδα τις διαφορετικές επιφάνειες, 1 πιπέτα και ένα ποτήρι νερό.
2. Καλεί τους μαθητές να χύσουν σταγόνες νερού ίδιου μεγέθους (χρησιμοποιώντας την πιπέτα) πάνω στις διάφορες επιφάνειες και να παρατηρήσουν προσεκτικά το σχήμα τους.
3. Δημ: Οι νεότεροι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν την πλάγια όψη κάθε σταγόνας και να χαρακτηρίσουν το υλικό ως υπερυδρόφιλο, υδρόφιλο, υδρόφοβο ή υπερυδρόφοβο σύμφωνα με τον πίνακα 1 (που συμπεριλαμβάνεται στο φύλλο εργασίας).



Snapshots of the Photo Measures application

4. Γυμν & Λυκ: Οι μεγαλύτεροι μαθητές καλούνται να φωτογραφίσουν με το τάμπλετ την πλάγια όψη κάθε σταγόνας και χρησιμοποιώντας την εφαρμογή Photo Measures να σχεδιάσουν και να υπολογίσουν τη γωνία επαφής που σχηματίζει η σταγόνα με την κάθε επιφάνεια και βάσει αυτής να χαρακτηρίσουν το υλικό ως υπερυδρόφιλο, υδρόφιλο, υδρόφοβο ή υπερυδρόφοβο σύμφωνα με τον πίνακα 1 (που συμπεριλαμβάνεται στο φύλλο εργασίας). Εναλλακτικά μπορούν να φωτογραφίσουν τη σταγόνα και με χρήση προτζέκτορα να την προβάλουν στον πίνακα, να σχεδιάσουν τη γωνία επαφής και να την μετρήσουν.



Material	Droplet Shape	Contact angle	Surface Characterization
.....			
.....			

Πίνακας 1. Υδρόφιλες και υδρόφοβες επιφάνειες.

<http://www.hk->

[phy.org/atomic_world/lotus/lotus02_e.html](http://www.hk-phy.org/atomic_world/lotus/lotus02_e.html)

- Ο εκπαιδευτικός ρωτά τους μαθητές σχετικά με τις ομοιότητες και τις διαφορές που παρατηρούν μεταξύ του nanotex και του φύλλου του κρίνου (-> και τα δύο υπερυδρόφοβα) καθοδηγώντας της συζήτηση γύρω από την έννοια της βιομίμησης.
- Εκτός από την υδροφοβία μια άλλη ιδιότητα των υδαταπωθητικών επιφανειών είναι ο αυτοκαθαρισμός. Αυτή την ιδιότητα μελετάμε στη δραστηριότητα 9.



Δρ_8. Αυτοκαθαριζόμενα υλικά

Στόχοι:

Στόχος αυτής της δραστηριότητας είναι οι μαθητές να παρατηρήσουν την αλληλεπίδραση του νερού με διαφορετικές επιφάνειες και να ερμηνεύσουν τη συμπεριφορά αυτή ως οφειλόμενη στη δομή της επιφάνειας επαφής (και συνεπώς και στο λόγο S/V). Επίσης να εξοικειωθούν με φυσικά και τεχνητά νανο-υλικά και τις ιδιότητές τους καθώς και με την έννοια της βιομίμησης.

Απαιτούμενα υλικά:

- Λεπτή σκόνη (ψιλοτριμμένο χώμα, στάχτη, κακάο κλπ)
- νερό
- διαφορετικά είδη επιφανειών (πλαστικό, χαρτί, nano-tech, αλουμινόχαρτο, λαδόκολλα...)
- φύλλα φυτών (κρίνα, τουλίπες...)
- προτζέκτορας
- βίντεο: "Lotus effect" <https://www.youtube.com/watch?v=M9wKko4ur7A>
- "NanoTech" <https://www.youtube.com/watch?v=EeJz7iPPy1Y>

**Περιγραφή δραστηριότητας:**

1. Χρησιμοποιώντας τις ίδιες επιφάνειες με την προηγούμενη δραστηριότητα, οι μαθητές καλούνται να τις πασπαλίσουν με σκόνη, να ακουμπήσουν λίγες σταγόνες νερού πάνω τους και να δημιουργήσουν μια κλίση χρησιμοποιώντας από κάτω μια σκληρή επιφάνεια στήριξης (πχ ένα βιβλίο).
2. Ο εκπαιδευτικός τους παρωθεί να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους. Οι σταγόνες άφησαν παρόμοια ή διαφορετικά ίχνη σε κάθε επιφάνεια; Παρατήρησαν τίποτα σχετικά με την ευκολία καθαρισμού κάθε επιφάνειας;

Για να ερμηνεύσουμε αυτά τα φαινόμενα χρησιμοποιούμε ένα μοντέλο για την απορρόφηση του νερού και τη δυνατότητα κύλισής του σε διαφορετικές επιφάνειες (μια υδρόφιλη, μια υδρόφοβη και μια μεσαία). Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει ένα μοντέλο όπως αυτό της φωτογραφίας το οποίο αποτελείται από:

- 3 κομμάτια φελιζόλ (30 x 50 x 5 cm)
- ~200 ξύλινα καλαμάκια
- 1 πλαστική σακούλα



**Μοντέλα διαφορετικών
επιφανειών**

Ξύλινο καλαμάκι



Οδηγίες προετοιμασίας του μοντέλου για τον εκπαιδευτικό

Καρφώστε με τη μύτη προς τα κάτω και σε ίσες μεταξύ τους αποστάσεις τα ξύλινα καλαμάκια στα φελιζόλ. Υπολογίστε πως για τα 3 κομμάτια φελιζόλ (που αντιστοιχούν σε επιφάνειες διαφορετικής δομής) θα χρειαστείτε περίπου ίδιο αριθμό από καλαμάκια. Η διαφορά θα έγκειται στο ότι στην 1η επιφάνεια (υδρόφοβη) τα καλαμάκια θα τοποθετούνται κατά μόνας σε κοντινές αποστάσεις, στη 2η επιφάνεια (μεσαία) τα καλαμάκια θα τοποθετούνται κολλημένα ανά δύο σε μεγαλύτερες αποστάσεις και στην 3η επιφάνεια (υδρόφιλη) θα τοποθετούνται κολλημένα ανά 3 σε ακόμα μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους. Τέλος γεμίστε τη σακούλα με νερό και δέστε τη καλά.

- Ο εκπαιδευτικός καλεί τους μαθητές να τοποθετήσουν τη σακούλα στις 3 κατασκευές και να την παρατηρήσουν καθώς θα δημιουργούν μια κλίση σε αυτές. Η διαφορά που παρατηρείται στην αλληλεπίδραση της σακούλας με τα καλαμάκια σε κάθε περίπτωση προσομοιώνει τη συμπεριφορά των σταγόνων στις υδρόφοβες και τις υδρόφιλες επιφάνειες.
- Αυτό το απλοϊκό μοντέλο γίνεται πιο σαφές μέσω του βίντεο “Lotus Effect” που παρουσιάζει ένα κινούμενο μοντέλο των ιδιοτήτων αυτοκαθαρισμού του λωτού.
- Τέλος μέσα από το βίντεο “NanoTech” η εξήγηση του συγκεκριμένου μηχανισμού βαθαίνει, καθώς εμπλουτίζεται με περισσότερες φωτογραφίες, περιγράφεται η διαδικασία της βιομίμησης και παρουσιάζονται σύγχρονα νανο-υλικά που είναι εμπνευσμένα από τη φύση.



Σχεδιάστε πώς φαντάζεστε τη δομή ενός φύλλου λωτού, ενός φύλλου χαρτιού και μιας πλαστικής επιφάνειας.



Οι μαθητές του Γυμνασίου και του Λυκείου μπορούν να προχωρήσουν την παρασκευή κολλοειδών διαλυμάτων χρυσού, ακολουθώντας τις παρακάτω οδηγίες. Οι μαθητές του Δημοτικού μπορούν να παρακολουθήσουν τη διαδικασία ή απλά να εξετάσουν και να αλληλεπιδράσουν με το έτοιμο προϊόν.



Οπτικές ιδιότητες νανοσωματιδίων χρυσού

Τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες είναι τρόποι για να περιγράψουμε μια ουσία υπό φυσιολογικές συνθήκες. Για παράδειγμα για το χρυσό είναι γνωστές οι οπτικές του ιδιότητες (στιλπνό, κίτρινο χρώμα), οι ηλεκτρικές (καλός αγωγός του ηλεκτρισμού), και οι φυσικές (ελατός και όλκιμος και λιώνει σε υψηλές θερμοκρασίες). Οι επιστήμονες αλλά και οι μηχανικοί και οι τεχνολόγοι χρησιμοποιούν αυτές τις πληροφορίες για να προβλέψουν πώς θα συμπεριφερθεί ένα κομμάτι χρυσού και για να γνωρίζουν για ποιες χρήσεις ενδείκνυται.

Μέχρι πρότινος θεωρούσαμε ότι οι ιδιότητες αυτές ήταν μόνιμες για μια δεδομένη ουσία και δεν άλλαζαν, ανεξαρτήτως της ποσότητας ή του μεγέθους των σωματιδίων. Ωστόσο με τη βοήθεια των νέων εργαλείων – οργάνων οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι σε συσσωματώματα μορίων μεταξύ 1 και 100nm οι ιδιότητες αυτές δεν είναι οι προβλέψιμες. Όμως, δεν παρουσιάζουν όλα τα υλικά διαφορετικές ιδιότητες στη νανοκλίμακα, καθώς εμπλέκονται και άλλοι παράγοντες εκτός από το μέγεθος, όπως η διάταξη των ατόμων, το σχήμα και το ηλεκτρικό φορτίο..

Ο χρυσός όμως είναι ένα παράδειγμα υλικού που όταν ληφθεί σε ποσότητες νανοκλίμακας τροποποιεί δραστικά πολλές από τις ιδιότητές του. Για παράδειγμα, αυξάνει τη δραστικότητά του σε βαθμό που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως καταλύτης αλλά και από καλός αγωγός μετατρέπεται σε ημιαγωγό. Το χρώμα του χρυσού όμως είναι από τα πιο εντυπωσιακά παραδείγματα αλλαγής οπτικών ιδιοτήτων. Το χρώμα των νανοσωματιδίων χρυσού, ανάλογα με το μέγεθος και το σχήμα τους μπορεί να γίνει κόκκινο, κυανό ή μωβ.

Το χρώμα του χρυσού, όπως και όλων των αντικειμένων, προκύπτει ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας με την ύλη: ένα μέρος της ανακλάται, ένα μέρος διέρχεται από αυτήν και ένα μέρος απορροφάται. Στην περίπτωση του χρυσού, απορροφάται η ιώδης ακτινοβολία και από το συνδυασμό των υπόλοιπων που ανακλώνται διαμορφώνεται το γνωστό χρυσαφί του χρώμα. (Stevens et al., 2009; nanocomposix.com).

Η γοητεία που προκαλεί το έντονο χρώμα των νανοσωματιδίων χρυσού, προέρχεται από τη βασική φωτοφυσική τους απόκριση, η οποία δε συναντάται στα μη μεταλλικά σωματίδια. Όταν ένα μεταλλικό σωματίδιο εκτίθεται στο φως, το ταλαντευόμενο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο του φωτός προκαλεί μια συνολική συνεκτική ταλάντωση των ελεύθερων ηλεκτρονίων (ηλεκτρόνια ζώνης αγωγιμότητας) του μετάλλου. Αυτή η ηλεκτρονιακή ταλάντωση γύρω από την επιφάνεια των σωματιδίων προκαλεί ένα διαχωρισμό φορτίου σχηματίζοντας μια ταλάντωση διπόλου κατά μήκος της κατεύθυνσης του ηλεκτρικού πεδίου του φωτός. Το πλάτος της ταλάντωσης φθάνει το μέγιστο σε μια συγκεκριμένη συχνότητα, που ονομάζεται συντονισμός επιφανειακών πλασμονίων (SPR).

Η ζώνη συντονισμού είναι πολύ ισχυρότερη για νανοσωματίδια ευγενών μετάλλων (πχ χρυσού και αργύρου) απ'ότι άλλων μετάλλων. Η ένταση και το μήκος κύματος της ζώνης συντονισμού εξαρτάται από τους παράγοντες που επηρεάζουν την πυκνότητα του φορτίου ηλεκτρονίων στην επιφάνεια των σωματιδίων όπως ο τύπος του μετάλλου, το μέγεθος των σωματιδίων, το σχήμα, η δομή και η σύνθεση του μετάλλου και η διηλεκτρική σταθερά του περιβάλλοντος μέσου. Η συσσωμάτωση των μεταλλικών νανοσωματιδίων και ως εκ τούτου η αλλαγή των διαστάσεών τους αλλάζει τη συχνότητα συντονισμού και κατ' επέκταση τα χαρακτηριστικά απορρόφησης φωτός της νανοδομής. Αύξηση των διαστάσεων των μεταλλικών νανοσωματιδίων θα μειώσει τον πλάσμονικό συντονισμό και ως εκ τούτου θα εμφανιστούν μεγαλύτερα μήκη κύματος. Για παράδειγμα, ο χρυσός σε κολλοειδή μορφή (λιγότερο από 2 nm) έχει ανοικτό ροζ χρώμα, ενώ όταν τα νανοσωματίδια χρυσού συσσωματωμένα γίνονται κόκκινα. Έτσι, η αλλαγή της διαμέτρου των νανοσωματιδίων αλλάζει τις ιδιότητες προσρόφησης του φωτός και συνεπώς το χρώμα τους (Huang & El-Sayed, 2010).



Act_9. Gold solutions

Στόχοι:

Στόχος αυτής της δραστηριότητας είναι οι μαθητές να παρατηρήσουν τη διαφορά στο χρώμα των διαλυμάτων χρυσού, η οποία οφείλεται στο μέγεθος των κολλοειδών που περιέχουν. Αυτή είναι μια άμεση παρατήρηση της αλλαγής του χρώματος του χρυσού στη νανοκλίμακα.

Απαιτούμενα υλικά:

- Δοχεία με διαλύματα νανοσωματιδίων χρυσού διαφορετικών διαστάσεων (άρα και χρώματος) {Nano schoolbox}



Περιγραφή δραστηριότητας:

1. Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει στους μαθητές δύο δοχεία με διαλύματα και τους αφήνει να τα περιεργαστούν χωρίς να τα ανοίξουν.
2. Έπειτα τους ρωτά τι πιστεύουν ότι θα μπορούσε να περιέχουν τα δοχεία. Καθώς ο χρυσός συνήθως δεν είναι μεταξύ των απαντήσεών τους ο εκπαιδευτικός θέτει τις ακόλουθες ερωτήσεις:
 - a) Θα μπορούσαν αυτά τα δοχεία να περιέχουν χρυσό/ διαλύματα χρυσού; (-> Όχι!)
 - b) Από πού το συμπεραίνετε αυτό; (-> συνήθως αναφέρουν τις χαρακτηριστικές ιδιότητες του χρυσού, κυρίως το χρώμα του)

- Ο εκπαιδευτικός τους υπενθυμίζει τις προηγούμενες δραστηριότητες και το γεγονός ότι όταν πλησιάζουμε στη νανοκλίμακα οι ιδιότητες ορισμένων υλικών αλλάζουν δραστικά. Μια από αυτές τις ιδιότητες στην περίπτωση του χρυσού είναι το χρώμα και τα δύο δοχεία περιέχουν διαλύματα χρυσού με διαφορετικού μεγέθους νανοσωματίδια χρυσού.
- Το μπλε διάλυμα περιέχει νανοσωματίδια χρυσού 100nm, και το ιώδες διάλυμα νανοσωματίδια χρυσού 50 nm.



Οι μαθητές γυμνασίου και λυκείου μπορούν να προχωρήσουν στην παρασκευή κολλοειδών διαλυμάτων χρυσού ακολουθώντας τις παρακάτω οδηγίες και στην επόμενη δραστηριότητα για το φαινόμενο Tyndall.



Η παρατήρηση της αλλαγής χρώματος στα κολλοειδή διαλύματα χρυσού μπορεί να επιτευχθεί με τη μελέτη του φάσματος απορρόφησής τους. Η φασματοσκοπική ανάλυση διαλυμάτων χρυσού σε συνδυασμό με την ατομική θεωρία, τα ενεργειακά επίπεδα και τα φάσματα εκπομπής και απορρόφησης μπορούν να διευκολύνουν την κατανόηση της αλλαγής των οπτικών ιδιοτήτων στη νανοκλίμακα από τους μαθητές του λυκείου.



Φαινόμενο Tyndall

Τα κολλοειδή διαλύματα είναι συστήματα διασποράς όπου η διαλυμένη ουσία βρίσκεται με τη μορφή συσσωματωμάτων που ονομάζονται μικκύλια μεγέθους 1-1000nm και είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα σε ένα μέσο διασποράς. Τα κολλοειδή διαλύματα καλύπτουν το «κενό» μεταξύ ομογενών και ετερογενών μιγμάτων. Γνωστά κολλοειδή συστήματα είναι η ομίχλη και ο καπνός (διασπορές λεπτών υγρών σταγόνων ή στερεών σωματιδίων στον αέρα – aerosols), τα χρώματα και οι ιλύες (λεπτή διασπορά στερεού σε υγρό – λύματα-sols), τα αφροπ्लाστικά (διασπορά αερίου σε στερεό), το αίμα (διασπορά κυτταρικών σωματιδίων στον ορό του αίματος) και πολλά άλλα. Το γάλα για παράδειγμα είναι επίσης ένα κολλοειδές που αποτελείται από ένα γαλάκτωμα μικκυλίων καζεΐνης (μικροσκοπικά συμπλέγματα πρωτεΐνης καζεΐνης) και λιποσωμάτων (σταγονίδια υγρού λίπους) σε νερό.



Μετάδοση του φωτός (αριστερά) και σκέδαση φωτός (δεξιά, φαινόμενο Tyndall) σε κολλοειδές διάλυμα. www.surfguppy.com

Ένας απλός τρόπος εξέτασης ενός μίγματος εάν είναι ομογενές διάλυμα ή κολλοειδές, είναι να φωτιστεί το μίγμα με δέσμη φωτός ή και με ακτίνες laser. Παρατηρείται τότε ότι το φως διασκορπίζεται μόνο από το κολλοειδές διάλυμα, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στις παρακάτω εικόνες. Τα κολλοειδή διαλύματα σε αντίθεση με τα ιοντικά ή μοριακά διαλύματα σκεδάζουν το ορατό φως σε πλάγιες διευθύνσεις στα όρια των σωματιδίων αφού τα διεσπαρμένα σωματίδια έχουν διάσταση συγκρίσιμη με το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Το φαινόμενο ανακαλύφθηκε από τον Tyndall κατά το 19ο αιώνα και είναι χαρακτηριστικό των κολλοειδών διαλυμάτων, αρκεί ο δείκτης διάθλασης των διεσπαρμένων σωματιδίων να είναι διαφορετικός από αυτόν του μέσου διασποράς (<http://www.svpvril.com/Tyndall.html>).



Δρ_10. Φαινόμενο Tyndall

Στόχοι:

Στόχος αυτής της δραστηριότητας είναι οι μαθητές να κατατάξουν μείγματα ως κολλοειδή ή μη παρατηρώντας τη διασπορά του φωτός (ακτίνας λέιζερ 635nm) καθώς διέρχεται από αυτά.

Απαιτούμενα υλικά:

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| - αποσταγμένο νερό | - διάλυμα HAuCl_4 |
| - αποσταγμένο νερό με σταγόνες γάλα | - διάλυμα κιτρικού νατρίου |
| - γάλα | - διαλύματα χρυσού |
| - διάλυμα NaCl | - 6 γυάλινα δοχεία |

Περιγραφή δραστηριότητας:

1. Οι μαθητές καλούνται να ετοιμάσουν τα παραπάνω διαλύματα και να τα τοποθετήσουν σε γυάλινα δοχεία.
2. Έπειτα ακτινοβολούν με λέιζερ κόκκινου φωτός κάθε διάλυμα και παρατηρούν προσεκτικά την αλληλεπίδραση.
3. Τέλος κατατάσσουν τα διαλύματα ως κολλοειδή ή μη ανάλογα με την αλληλεπίδρασή τους με το φως (Φύλλο_Εργασίας_6).

- Μετά τον πειραματισμό τους με τα κολλοειδή διαλύματα οι μαθητές μέσα από τη δραστηριότητα 12 θα γνωρίσουν ένα άλλο κολλοειδές το ferrofluid.



Ferrofluids

Το ferrofluid είναι ένα ρευστό που μαγνητίζεται έντονα στην παρουσία ενός μαγνητικού πεδίου. Τα ferrofluids είναι κολλοειδή ρευστά με σιδηρομαγνητικά νανοσωματίδια (με μέση διάμετρο περίπου 10 nm) που αιωρούνται σε ένα ρευστό φορέα (συνήθως κηροζίνη). Κάθε μικροσκοπικό σωματίδιο είναι επικαλυμμένο με ένα επιφανειοδραστικό παράγοντα (ένα οργανικό διαλύτη όπως το ελαϊκό ή το κιτρικό οξύ) για την αναστολή της δημιουργίας συσσωματωμάτων.



Ferrofluid σε μαγνητικό πεδίο ισχυρού μαγνήτη. www.wikipedia.org

Η μαγνητική έλξη των νανοσωματιδίων είναι αρκετά αδύναμη ώστε οι δυνάμεις Van der Waals του επιφανειοδραστικού παράγοντα είναι αρκετές για να αποτρέψουν τη μαγνητική συσσωμάτωση. Η σύνθεση ενός τυπικού ferrofluid είναι περίπου 5% μαγνητικά στερεά, 10% επιφανειοδραστική ουσία και 85% φορέα κατ'όγκο .



Δρ_11. Ferrofluids

Στόχοι:

Στόχος αυτής της δραστηριότητας είναι οι μαθητές να παρατηρήσουν τη διαφορετική συμπεριφορά της ύλης στη μακρόκοσμο και το νανόκοσμο. Απουσία μαγνητικού πεδίου τα νανοσωματίδια σιδήρου του ferrofluid κινούνται ελεύθερα στο διάλυμα και αυτό συμπεριφέρεται σαν ένα κανονικό ρευστό. Παρουσία ενός ισχυρού μαγνήτη τα νανοσωματίδια σιδήρου μαγνητίζονται και το διάλυμα παίρνει την μορφή ενός στερεού μαγνήτη.

Απαιτούμενα υλικά:

- προτζέκτορας
- βίντεο “Ferro Fluid Tests” <https://www.youtube.com/watch?v=kL8R8SfuXp8> (0:40” – 3:12”)
- μαγνήτες
- ρινίσματα σιδήρου
- ferrofluid (https://www.supermagnete.de/eng/physics-magnets/ferrofluid-10-ml-magnetic-fluid-for-experiments-in-little-glass-bottle-with-pipette_FER-01 μπουκαλάκι 60cc κοστίζει περίπου 18€)

Περιγραφή δραστηριότητας:

1. Μετά την παρασκευή του ferrofluid ο εκπαιδευτικός δίνει στους μαθητές διάφορους μαγνήτες, μια ποσότητα ferrofluid σε κλειστό δοχείο και ρινίσματα σιδήρου και καλούνται να συμπληρώσουν το Φύλλο_Εργασίας_7.
2. Ο εκπαιδευτικός τους ζητά να προβλέψουν τι θα συνέβαινε αν πλησίαζαν το μαγνήτη στα ρινίσματα σιδήρου και στο δοχείο με το ferrofluid.
3. Αφού εκτελέσουν την παραπάνω διαδικασία καλούνται να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους και να επισημάνουν τις ομοιότητες και τις διαφορές των σχηματισμών του ferrofluid και των ρινισμάτων.
4. Έπειτα ο εκπαιδευτικός συζητά με τους μαθητές τις χρήσεις των ferrofluids και τις μοναδικές τους ιδιότητες αλλά και πως αυτές οφείλονται στη νανοδομή τους, προσαρμόζοντας το βάθος της εξήγησής του στην ηλικιακή ομάδα των μαθητών του.
5. Τέλος ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει στους μαθητές το βίντεο “Ferro Fluid Tests” στο οποίο μπορούν να δουν περισσότερες χρήσεις των ferrofluids.

3

Επεξεργασία

Μάθημα 5 :

Ζητήματα RRI

Διάρκεια: 90 λεπτά

Διδακτικοί στόχοι: Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος οι μαθητές αναμένεται:

- Να έχουν αναπτύξει ανησυχίες σχετικά με την παραγωγή και τη χρήση των νανο-υλικών
- Να έχουν αναπτύξει μια κριτική στάση απέναντι στη χρήση των παραγώγων της τρέχουσας έρευνας
- Να έχουν αποδεχθεί την αναγκαιότητα για ηθικά πρότυπα στην επιστήμη
- Να έχει εγερθεί το ενδιαφέρον τους για την τρέχουσα επιστημονική έρευνα

Απαιτούμενα υλικά:

- Άρθρα από εφημερίδες σχετικά με αμφιλεγόμενες χρήσεις της νανοτεχνολογίας πχ στην ιατρική, τα καλλυντικά, στο περιβάλλον, τη βιομηχανία τροφίμων.

Στόχοι:

Ο βασικός σκοπός του μαθήματος είναι να ευαισθητοποιηθούν οι μαθητές σχετικά με τα ηθικά ζητήματα που εγείρονται από την αυξανόμενη χρήση καινοτόμων (τεχνολογικών) εφαρμογών. Είναι επίσης σημαντικό μέσα από αυτή τη διαδικασία οι μαθητές να συνειδητοποιήσουν την αναγκαιότητα να αποκτήσουν κάποιες βασικές επιστημονικές γνώσεις έτσι ώστε να καταστούν τεχνολογικά εγγράμματοι πολίτες, με κριτική στάση απέναντι στη χρήση νέων εφαρμογών στην καθημερινή τους ζωή.

Περιγραφή μαθήματος:

- Στην αρχή του μαθήματος ο εκπαιδευτικός παρέχει σε κάθε ομάδα 2-3 σύντομα άρθρα από εφημερίδες που αναφέρονται σε εφαρμογές της νανοτεχνολογίας (πχ στην ιατρική, στην προστασία του περιβάλλοντος, στην εξοικονόμηση ενέργειας κτλ) και τους πιθανούς κινδύνους από τη χρήση τους.
- Κάθε ομάδα μελετά τα άρθρα και οι μαθητές χωρισμένοι σε 2 υπο-ομάδες επιχειρηματολογούν υπέρ και κατά συγκεκριμένων νανο-εφαρμογών σε μορφή debate.
- Έπειτα διεξάγεται ανοιχτή συζήτηση στη διάρκεια της οποίας οι μαθητές αναστοχάζονται επί των ηθικών ζητημάτων που προκύπτουν και αξιολογούν τα πιθανά οφέλη συγκριτικά με τους κινδύνους που ενέχει η χρήση προϊόντων νανοτεχνολογίας στην ιατρική, στην προστασία του περιβάλλοντος, στην εξοικονόμηση ενέργειας. Ο εκπαιδευτικός επίσης συζητά με τους μαθητές άλλες εμπλεκόμενες όψεις του RRI όπως η ενεργός εμπλοκή των πολιτών, η ανάγκη για ορθή διακυβέρνηση κ.α.
- Στο δεύτερο μισό του μαθήματος, ένας ειδικός επισκέπτεται την τάξη και κάνει μια διάλεξη εστιασμένη σε ζητήματα RRI και συγκεκριμένα στην :
 - ο Επιστημονική ηθική (φέρνοντας παραδείγματα παραπληροφόρησης του κοινού σε περιπτώσεις όπου ευρέως διαφημιζόμενες καινοτομίες δεν είχαν ελεγχθεί πλήρως από τους επιστήμονες για τις συνέπειες που μπορεί να έχουν, όπως το DDT)
 - ο Ισότητα των φύλων (δίνοντας έμφαση στο ρόλο των γυναικών στην πρόοδο της επιστήμης υπογραμμίζοντας την ανεπαρκή αναγνώρισή τους).
- Μετά τη διάλεξη οι μαθητές συζητούν με τον ειδικό και παροτρύνονται να εκφράσουν τις απόψεις τους, τις απορίες και τους προβληματισμούς τους.



Στο τέλος του μαθήματος και ως προοίμιο της επίσκεψής τους στο Κέντρο Ερευνών, οι μαθητές αναλαμβάνουν να προετοιμάσουν ερωτήσεις που θα ήθελαν να θέσουν σε έναν επιστήμονα.

Μάθημα 6 :

Επίσκεψη στο Ερευνητικό Κέντρο

Διάρκεια: 90 λεπτά

Διδακτικοί στόχοι: Μετά την ολοκλήρωση του μαθήματος οι μαθητές αναμένεται:

- Να έχουν αναπτύξει ανησυχίες σχετικά με την παραγωγή και τη χρήση των νανο-υλικών
- Να έχουν αναπτύξει μια κριτική στάση απέναντι στη χρήση των παραγώγων της τρέχουσας έρευνας
- Να έχουν αποδεχθεί την αναγκαιότητα για ηθικά πρότυπα στην επιστήμη
- Να έχει εγερθεί το ενδιαφέρον τους για την τρέχουσα επιστημονική έρευνα

Περιγραφή μαθήματος:

Οι μαθητές, έχοντας αποκτήσει ένα επαρκές υπόβαθρο για τη νανοτεχνολογία (μαθήματα 3 και 4) και για θέματα RRI (μάθημα 5) έχουν πλέον την ευκαιρία να έρθουν σε άμεση επαφή με εφαρμογές αιχμής της νανοτεχνολογίας και να συζητήσουν με τους ίδιους τους ερευνητές για τις θεμελιώδεις αρχές της νανοτεχνολογίας και για όψεις της RRI.

- Πριν το μάθημα, οι μαθητές έχουν ήδη προετοιμαστεί για την επίσκεψη έχοντας φτιάξει μια λίστα από ερωτήσεις που θα ήθελαν να απευθύνουν σε έναν επιστήμονα.
- Κατά την επίσκεψη στο ΙΤΕ οι μαθητές ξεναγούνται στα εργαστήρια για να έρθουν σε επαφή με το περιβάλλον εργασίας ενός επιστήμονα. Βλέπουν από κοντά σύγχρονες νανοεφαρμογές όπως αυτοκαθαριζόμενα υλικά, φωτοκαταλυτική μπογιά που καθαρίζει τον αέρα κ.α. που αναπτύσσονται στα εργαστήρια, καθώς και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται γι' αυτό το σκοπό. Επίσης, οι ίδιοι οι ερευνητές τους εξηγούν τις βασικές αρχές της νανοεπιστήμης.
- Στο τέλος της επίσκεψης οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να συζητήσουν με τους επιστήμονες, να εκφράσουν τους προβληματισμούς τους και να τους κάνουν ερωτήσεις σχετικά με το επάγγελμά τους, με ηθικά διλήμματα που αντιμετωπίζουν και με άλλες πτυχές της RRI.

Για παράδειγμα:

- Όσον αφορά την εργασία σας στο εργαστήριο, είστε υποχρεωμένοι να στέλνετε κάποια αναφορά σχετικά με τα αποτελέσματα των πειραμάτων σας σε κάποιον ανώτερο (χρηματοδότη, κρατικό φορέα κλπ);
- Πιστεύετε ότι τα αποτελέσματα της έρευνας σας θα έπρεπε να δημοσιεύονται στον τύπο;
- Όταν διεξάγετε μια έρευνα, γνωρίζετε εκ των προτέρων ποιες μπορεί να είναι οι επιπτώσεις και γενικά τα αρνητικά αποτελέσματα της έρευνάς σας; Αν ναι, τι κάνετε γι' αυτό;
- Αν τύχει και ανακαλύψετε κάτι σημαντικό για τον κόσμο θα ενημερώνατε τους πολίτες σχετικά με αυτό; Θα επιλέγατε επίσης να κάνετε κάποιες επισκέψεις σε σχολεία για να ενημερωθούν τα παιδιά;

4

Ανταλλαγή

Μάθημα 7 :

Κατασκευή των εκθεμάτων

Διάρκεια: 90 λεπτά για τις γενικές κατευθυντήριες γραμμές + ο χρόνος που θα χρειαστούν οι μαθητές για να ολοκληρώσουν τα εκθέματά τους.

Στόχοι διδασκαλίας: Μέχρι το τέλος αυτής της ενότητας οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να:

- Συνεργάζονται αποτελεσματικά για την δημιουργία ενός επιστημονικού εκθέματος.
- Παρουσιάζουν τις γνώσεις τους μέσω των επιστημονικών εκθεμάτων.
- Επιλέγουν και να συνθέτουν τις πληροφορίες δημιουργικά προκειμένου να συμπεριληφθούν στα εκθέματα.
- Να συμπεριλάβουν στα εκθέματά τους τις βασικές πτυχές της νανο-επιστήμης και RRI λαμβάνοντας υπόψη τις βασικές αρχές σχεδιασμού των εκθεμάτων.

Περιγραφή μαθήματος:

Με την ανάπτυξη των εκθεμάτων, οι μαθητές μοιράζονται γνώσεις που απέκτησαν με το ευρύ κοινό. Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης, προτείνουν ιδέες για την κατασκευή των εκθεμάτων τους και συνεργάζονται με τους συμμαθητές τους, προκειμένου να ολοκληρωθεί αυτό το απαιτητικό έργο. Οι εκπαιδευτικοί τους και οι εμπειρογνώμονες από την άτυπη εκπαίδευση παρέχουν υποστήριξη στους μαθητές σε αυτή τη διαδικασία. Επισκέψεις στους εκθεσιακούς χώρους επιστήμης και μουσεία επιστημών θα εξοικειώσουν τους μαθητές με τις βασικές αρχές της ανάπτυξης εκθεμάτων (βλ. μάθημα 2).

Τα εκθέματα των μαθητών θα παρουσιαστούν σε ειδική εκδήλωση στο ευρύ κοινό. Εκπρόσωποι από το σχολείο και το μουσείο επιστημών θα οργανώσουν και θα επικοινωνήσουν την εκδήλωση στον τοπικό πληθυσμό. Οι μαθητές θα έχουν την ευκαιρία να επικοινωνήσουν την γνώση που αποκτήθηκε στους συμμαθητές τους, φίλους και τους πολίτες της τοπικής κοινωνίας. Μέσα από αυτή την επικοινωνιακή διαδικασία, θα συμμετέχουν ενεργά σε μια διαδικασία ευαισθητοποίησης και ενημέρωσης του κοινού σχετικά με τα οφέλη και τους πιθανούς κινδύνους που προκύπτουν από τις εφαρμογές της νανοτεχνολογίας.

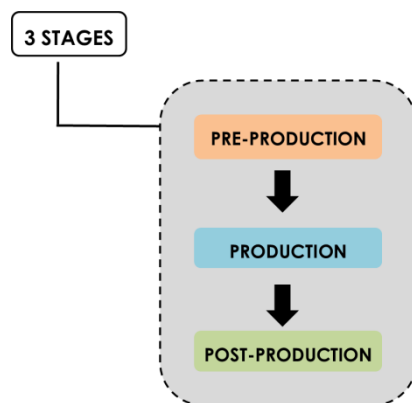


Εξερευνώντας τη διαδραστικότητα

Υπάρχουν διάφοροι υφιστάμενοι ορισμοί για την έννοια των διαδραστικών εκθέτων, για παράδειγμα, σύμφωνα με τον Bitgood (1991), «Η διαδραστικότητα μπορεί να περιλαμβάνει κάτι τόσο απλό όσο το πάτημα ενός κουμπιού το οποίο ανάβει ένα φως ή κάτι τόσο σύνθετο όσο ένα εξελιγμένο διαδραστικό υπολογιστικό σύστημα. Το σημαντικό σημείο είναι ότι υπάρχει μια ελεγχόμενη αλλαγή στο έκθεμα από τον επισκέπτη». Στο πλαίσιο του μουσείου συνήθως η διαδραστικότητα είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη χρήση των ΤΠΕ. Αυτό δεν είναι απαραίτητο. Ένα διαδραστικό έκθεμα μπορεί να αποτελείται από οποιοδήποτε υλικό ή να διαθέτει τον απαραίτητο εξοπλισμό, προκειμένου να προκαλέσει την ενεργή συμμετοχή του επισκέπτη σε μια διαδικασία που δεν απαιτεί απαραίτητα την φυσική αλληλεπίδραση, αλλά κυρίως νοητική. Επιπλέον, ένα διαδραστικό έκθεμα θα πρέπει να ενθαρρύνει την αλληλεπίδραση και τη συνεργασία μεταξύ των χρηστών και ακόμη να διατηρεί την ανατροφοδότηση (feedback) της χρήσης του προηγούμενου επισκέπτη για τον επόμενο.

Μια διαδικασία τριών σταδίων παραγωγής

Η διαδικασία σχεδιασμού ενός εκθέματος μπορεί να οργανωθεί σε τρία διαφορετικά στάδια: προ-παραγωγή, παραγωγή και μετα-παραγωγή.



Α. Προ-Παραγωγή:

Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει **(α) την αρχική έρευνα** (οι μαθητές δεν μπορούν να σχεδιάσουν ένα έκθεμα, εκτός αν γνωρίζουν κάτι σχετικά με το θέμα) και **(β) τον σχεδιασμό του πραγματικού εκθέματος**. Η έρευνα είναι ένα κρίσιμο μέρος της διαδικασίας και θα πρέπει να περιλαμβάνει: διατύπωση των ερωτημάτων έρευνας, εντοπισμό των πληροφοριών, σύνοψη των πληροφοριών, ανάλυση και σύνθεση των πληροφοριών (πίνακας 7.1).



Πίνακας 7.1

Πέντε βασικά βήματα της έρευνας στην οικοδόμηση ενός εκθέματος

Διατύπωση των ερωτημάτων έρευνας	Οι μαθητές εστιάζουν στις περιοχές ενδιαφέροντος	Οι μαθητές πρέπει πλήρως να καταλάβουν τα ερωτήματα πριν από την διεξαγωγή της έρευνας-εάν αυτά είναι πολύ γενικά, οι μαθητές ίσως δεν ξέρουν από πού να αρχίσουν την έρευνα.
Εντοπισμός πληροφοριών	Χρησιμοποιούν μια ποικιλία πηγών	Οι μαθητές θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν πολλαπλές και ποικίλες πηγές πληροφοριών προκειμένου να απαντήσουν στα ερωτήματα που ερευνούν – πρόσωπα, βιβλία, περιοδικά και εφημερίδες, βιντεοταινίες, DVDs και CDs, ιστοσελίδες κα.

Σύνοψη πληροφοριών	Κρατούν σημειώσεις	Οι μαθητές θα πρέπει να συνοψίσουν ότι έχουν μάθει – θα χρησιμοποιήσουν τις σημειώσεις τους για να απαντήσουν στα ερευνητικά ερωτήματα που έχουν θέσει προκειμένου να αναπτύξουν τα εκθέματά τους. Για να είναι σε θέση να συνοψίσουν τις πληροφορίες που συγκέντρωσαν αποτελεσματικά, οι μαθητές πρέπει να τις έχουν κατανοήσει σε ικανοποιητικό βαθμό και να αποφασίσουν ποιές πληροφορίες θα κρατήσουν και ποιές θα διαγράψουν ή αντικαταστήσουν.
Ανάλυση πληροφοριών	Εξετάζουν τις σημειώσεις τους για να εξάγουν συμπεράσματα και να απαντήσουν στα ερωτήματα έρευνας.	Οι μαθητές είναι τώρα έτοιμοι να απαντήσουν στα ερωτήματα της ερευνάς τους – η ανάπτυξη μιας σύντομης γραπτής απάντησης, απαιτεί να έχουν αναλύσει τις σημειώσεις τους, να έχουν προετοιμάσει τα συμπεράσματα της έρευνας και να αξιολογήσουν πόσο καλά έχουν απαντήσει τα ερωτήματα που έθεσαν αρχικά.
Σύνθεση πληροφοριών	Ανταλλάσσουν πληροφορίες με τους συμμαθητές τους για να απαντήσουν στο βασικό τους ερευνητικό ερώτημα και να γράψουν την κεντρική ιδέα και το σενάριο του εκθέματος τους.	Οι μαθητές τώρα είναι έτοιμοι να μοιραστούν τα ευρήματά της ερευνάς τους με τα μέλη της ομάδας σχεδίασης του εκθέματος. Αυτή η διαδικασία αναγκάζει τους μαθητές να κάνουν ένα βήμα πίσω, να αποστασιοποιηθούν από την προσωπική τους ερευνά τους και να ενσωματώσουν τη συλλογική γνώση της ομάδας. Σε αυτό το στάδιο οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν επαρκώς στο βασικό ερευνητικό ερώτημα, προκειμένου να το πετύχουν, θα πρέπει να ακούσουν προσεκτικά ο ένας τον άλλο, να συνθέσουν τις πληροφορίες τους και να αξιολογήσουν την επάρκεια των απαντήσεών τους. Όταν οι μαθητές έχουν καταλήξει στην κεντρική ιδέα του εκθέματος, τότε είναι έτοιμοι να απαντήσουν το ερώτημα: «Τι θέλουμε από τους επισκέπτες να μάθουν, να αισθανθούν και πως να δράσουν πάνω στο έκθεμα μας?»

Source: : Irresistible Exhibition, A Development guide

Μόλις ολοκληρωθεί η έρευνα, είστε έτοιμοι να σχεδιάσετε το έκθεμα σας, χρησιμοποιώντας την ακόλουθες κατευθυντήριες ερωτήσεις (πίνακας 7.2):



Πίνακας 7.2

Κατευθυντήριες ερωτήσεις για τον σχεδιασμό ενός εκθέματος

Τι θα χρησιμοποιήσουμε για να πούμε την ιστορία μας!	Ποια αντικείμενα θα επιλέξουμε να περιλαμβάνει το έκθεμα (ή θα κατασκευάσουμε) και ποιες μεθόδους παρουσίασης θα χρησιμοποιήσουμε για να τα παρουσιάσουμε?	Τα αντικείμενα είναι κεντρικής σημασίας για τα εκθέματα καθώς είναι μέσα που μεταφέρουν οπτικά την ιστορία. Μπορεί να είναι: —αντικείμενα (φυσικά ή που έχουν δημιουργηθεί, χειροποίητα ή μη), μοντέλα, διαδραστικές συσκευές (πχ οθόνες αφής), παρουσιάσεις video, εικόνες, φωτογραφίες, γραφικά, χρονοδιαγράμματα, διαγράμματα και χάρτες.
Πώς θα κάνουμε τους επισκέπτες να γνωρίσουν την ιστορία μας?	Πως θα κάνουμε το έκθεμα μας ενδιαφέρον για τους επισκέπτες? Πως θα μπορέσουμε να εμπλέξουμε τις αισθήσεις τους?	Οι μαθητές πρέπει να έχουν υπόψη τους πέντε αρχές αναφορικά με τα εκθέματα: (1) να σχετίζονται με την προσωπική εμπειρία του επισκέπτη (2) να αποκαλύπτουν την κεντρική ιδέα στον επισκέπτη (3) να χρησιμοποιούν δημιουργικές μορφές τέχνης για να πουν την ιστορία (4) να διεγείρουν την περιέργεια του επισκέπτη, το ενδιαφέρον, και τον σχηματισμό αποριών (5) να παρουσιάζουν μια ολοκληρωμένη—ιστορία παρά ένα μέρος της ιστορίας. Εκθέματα που εμπλέκουν τις αισθήσεις του χρήστη είναι πιο πιθανό να προσελκύσουν και να κρατήσουν την προσοχή των επισκεπτών: οι μαθητές θα πρέπει να εξετάσουν τρόπους για να προσθέσουν οπτικό, ακουστικό, κιναισθητικό και χειραπτικό ενδιαφέρον στα εκθέματά τους.
Με τι θα μοιάζει το τελικό έκθεμα μας?	Τι υλικά θα χρησιμοποιήσουμε για να δημιουργήσουμε το έκθεμα μας? Πως θα σχεδιάσουμε το έκθεμα μας?	Δημιουργικά εκθέματα μπορούν να προκύψουν από υλικά καθημερινής χρήσης όπως χοντρό χαρτόνι, παλιά κουτιά, ταινία και μπογιές. Ανάλογα με το που θα στεγασθούν τα εκθέματα, οι μαθητές θα χρειαστούν να φτιάξουν ένα σχέδιο υπό κλίμακα για όλο τον χώρο της έκθεσης. Στην ανάπτυξη

		αυτού του σχεδίου μπορεί να εμπλακεί όλη η τάξη, ή μικρότερες ομάδες. Το σχέδιο θα πρέπει να προσδιορίζει το μέγεθος του χώρου που διατίθεται για το κάθε έκθεμα και -την αναμενόμενη διαδρομή του επισκέπτη.
Θα λειτουργήσει το έκθεμα μας?	Θα αρέσει το έκθεμα στους επισκέπτες? Θα είναι ένα συνεκτικό σύνολο?	<p>Μετά τον σχεδιασμό των εκθεμάτων τους, οι μαθητές μπορούν να διεξαγάγουν διαμορφωτική αξιολόγηση προκειμένου να βελτιώσουν τα σχέδια τους. Μπορούν να ρωτήσουν μαθητές από άλλες ομάδες δημιουργίας εκθεμάτων, άλλους μαθητές στο σχολείο, γονείς, ή άλλους ενήλικες προκειμένου να δουν πως ανταποκρίνονται στις ιδέες των εκθεμάτων τους. Ο Serrel (1996, σελ.141) ανέπτυξε ερωτήσεις που θα μπορούσαν να είναι χρήσιμες κατά την διάρκεια της διαδικασίας διαμορφωτικής αξιολόγησης: (1) Τους αρέσει το έκθεμα;, (2) Νομίζουν ότι είναι διασκεδαστικό;, (3) Το καταλαβαίνουν;, (4) Έχει νόημα;, (5) Η κατανόηση τους συμπίπτει με (ή τουλάχιστον δεν έρχεται σε αντίθεση) με τους δεδομένους στόχους επικοινωνίας του περιεχομένου του εκθέματος;, (6) Δίνει στον χρήστη μια αίσθηση ανακάλυψης, περιέργειας ή εντυπωσιασμού;. Με βάση αυτά που έμαθαν από την διαμορφωτική αξιολόγηση, μπορούν να θέλουν να σκεφτούν εναλλακτικούς καλύτερους τρόπους για να σχεδιάσουν τα εκθέματά τους.</p> <p>Η κατασκευή ενός πρωτοτύπου βοηθάει τους μαθητές να δοκιμάσουν τις υποθέσεις τους με επισκέπτες πριν προχωρήσουν πιο μακριά στην ανάπτυξη του εκθέματος και στην διαδικασία σχεδιασμού – πριν δηλ. τείνουν να «κολλήσουν» με την αρχική ιδέα και σχέδιο, ακόμη και εάν δεν λειτουργεί για τους επισκέπτες. Η προτυποποίηση είναι στην πραγματικότητα μια επαναληπτική εννοιολογική διαδικασία σχεδιασμού. Οι μαθητές σχεδιάζουν την μακέτα, συζητούν με τους επισκέπτες, και επανασχεδιάζουν με βάση τις απαντήσεις του επισκέπτη.</p>

Source: Irresistible Exhibition, A Development guide

Β. Παραγωγή:

Μετά την ολοκλήρωση των εργασιών της έρευνας και τον σχεδιασμό των εκθεμάτων, αρχίζει τώρα η κατασκευή τους. Προσοχή! Δεν είναι «ρεπό» από το σχολείο. Είναι η ώρα όπου η ομαδική εργασία, η ικανότητα επίλυσης προβλημάτων, και οι οργανωτικές δεξιότητες των μαθητών

αναπτύσσονται και διαμορφώνονται. Επίσης, είναι διασκεδαστικό για τους μαθητές. Ίσως το καλύτερο μέρος της όλης διαδικασίας.

Δημιουργήστε μικρές ομάδες με συγκεκριμένους ρόλους και ευθύνες για τα μέλη; οι ρόλοι μπορούν να εναλλάσσονται. Κάνετε ένα σαφές σχέδιο κατασκευής (λίστα των εργασιών, ποιος κάνει τι και μέχρι πότε πρέπει να γίνει) και ένα κατάλογο με όλα τα υλικά, προμήθειες και τον απαραίτητο εξοπλισμό για την κατασκευή των εκθεμάτων σας. Ενημερώστε σε τακτική βάση το σχέδιο εργασιών σας και κάνετε τις απαραίτητες προσαρμογές εγκαίρως. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τα σχετικά φύλλα εργασίας (βλ. φύλλα εργασίας του μαθητή).

Γ. Μετά-Παραγωγή:

Τα εγκαίνια της έκθεσης είναι ένα σημαντικό γεγονός για τα έργα των μαθητών και ένα απτό στοιχείο αξιολόγησης από το γενικό κοινό και από άλλες ομάδες μαθητών. Η εναρκτήρια εκδήλωση μπορεί να περιλαμβάνει μια γιορτή με τη συμμετοχή των γονέων, ομάδων μαθητών, εκπαιδευτικών, προσωπικό του μουσείου, και όλων όσων συνέβαλαν στο σχεδιασμό των εκθεμάτων. Οι μαθητές παρίστανται στην τελετή έναρξης, ενεργούν ως υποδοχή, παρουσιαστές ή αξιολογητές και αλληλεπιδρούν με τους επισκέπτες με διάφορους τρόπους. Διαφορετικές στρατηγικές μπορούν να ακολουθηθούν. Για παράδειγμα, τα εγκαίνια της έκθεσης IRRESISTIBLE στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκαν ταυτόχρονα στην Αθήνα και την Κρήτη, με τη συμμετοχή των μαθητών και των εκπαιδευτικών που εμπλέκονται στο έργο και των γονέων τους. Πιο συγκεκριμένα, κάθε ομάδα από την Αθήνα (Ίδρυμα Ευγενίδου) έκανε μια σύντομη παρουσίαση των εκθεμάτων τους στις αντίστοιχες ομάδες στην Κρήτη (Μουσείο Φυσικής Ιστορίας) και αντίστροφα. Οι παρουσιάσεις έγιναν μέσω skype. Στη συνέχεια, οι παριστάμενοι στην εκδήλωση αλληλεπίδρασαν με τα εκθέματα υπό την καθοδήγηση των μαθητών.

Μετά την εναρκτήρια εκδήλωση, η έκθεση μπορεί να διατηρηθεί για καιρό όσο μπορείτε ή να την συνδυάσετε με τη διοργάνωση άλλων εκδηλώσεων. Εάν η έκθεση είναι εγκατεστημένη στο μουσείο, αυτό δίνει την ευκαιρία σε άλλα σχολεία και μέλη της εκπαιδευτικής κοινότητας να επισκεφθούν τα εκθέματα των μαθητών. Επιπλέον, η κάλυψη από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης μπορεί να προσελκύσει περισσότερους επισκέπτες να δουν την έκθεση. Για το σκοπό αυτό, η έκθεση IRRESISTIBLE στην Ελλάδα παρουσιάστηκε στην Ευρωπαϊκή Νύχτα των Μουσείων στην Αθήνα, όπου το Ίδρυμα Ευγενίδου συμμετέχει επίσημα. Η εκδήλωση αυτή ήταν ένα κορυφαίο γεγονός για τους μαθητές και αποτέλεσε άριστη προώθηση του έργου. Για το σκοπό αυτό, ένα δελτίο τύπου προετοιμάστηκε και απεστάλη στα μέσα μαζικής ενημέρωσης, προκειμένου να ενθαρρύνει όσο το δυνατόν περισσότερους επισκέπτες να παραστούν και να αναγνωρίσουν τις προσπάθειες των μαθητών. Στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής

Νύχτας Μουσείων, οι μαθητές παρευρεθήκαν στην εκδήλωση ως οι σχεδιαστές εκθεμάτων. Επίσης εξυπηρέτησαν ως ξεναγοί ή διερμηνείς. Είχαν τοποθετηθεί σε κάθε έκθεμα, ενθαρρύνοντας τους επισκέπτες να αλληλεπιδράσουν με τα εκθέματα, βοηθώντας τους (αν ήταν απαραίτητο) και θέτοντας ή απαντώντας σε ερωτήσεις.

Οδηγίες ή επεξηγήσεις που συνοδεύουν ένα έκθεμα

Να παρέχετε τις πληροφορίες σε μικρά τμήματα, με απλές κατανοητές προτάσεις και όχι συνολικά σε ένα ενιαίο κείμενο. Η χρήση των ετικετών με επεξηγηματικά κείμενα, διαγράμματα κ.α., θα πρέπει να περιορίζεται στο ελάχιστο επίπεδο (αλλά όχι λιγότερο από όσο πρέπει να είναι!). Σύμφωνα με τον τύπο του κειμένου, το μήκος του κειμένου δεν πρέπει να υπερβαίνει 1000 χαρακτήρες. Οι οδηγίες είναι πάντα τοποθετημένες σε μέρος με καλή ορατότητα και κοντά στα σημεία χειρισμού του εκθέματος. Πρόβλεψη για τα άτομα με αναπηρία πρέπει να ληφθεί υπόψη (βλέπε ως παράδειγμα Πίνακας 7.3: Έκθεση B16).

Πίνακας 7.3: Έκθεμα B16: «Ηχογράφησε τη φύση»
(Διαδραστική Έκθεση Επιστήμης και Τεχνολογίας, Ίδρυμα Ευγενίδου)



5

Αξιολόγηση

Μάθημα 8 :

Αξιολόγηση των γνώσεων των μαθητών

Διάρκεια: 90 minutes

Στόχοι: Μέσω αυτής της τελικής δραστηριότητας επιδιώκουμε οι μαθητές να:

- Αναστοχαστούν ενεργά στις γνώσεις που απέκτησαν σχετικά με τη νανοτεχνολογία και την RRI
- Ελέγξουν τις γνώσεις τους

Πέρα από το ερωτηματολόγιο του Irresistible για τους μαθητές, η κατανόηση των μαθητών αξιολογείται σε κάθε μάθημα μέσω:

- Των απαντήσεων των μαθητών στα φύλλα εργασίας που έχουν αναπτυχθεί για τη συγκεκριμένη ενότητα
- Των ασκήσεων για το σπίτι

Επιπλέον, τα επιστημονικά εκθέματα που θα αναπτύξουν οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της γνώσης τους πάνω σε θέματα RRI και νανοτεχνολογίας (βλ. Παράρτημα, πίνακα 7.4).

Τέλος, θα μπορούσαν να δοθούν και σύντομες εργασίες όπως οι ακόλουθες:

1. Αντιστοιχίστε το πρόθεμα με το μέγεθος και καταγράψτε ένα αντικείμενο των αντίστοιχων διαστάσεων

Πρόθεμα	Μέγεθος	Ενδεικτικό αντικείμενο
Giga	0,000000001	
Micro	1.000	
Nano	0,000001	
Kilo	1.000.000.000	

2. Γράψτε το ύψος σας σε νανόμετρα

.....

3. Διατάξτε τα ακόλουθα αντικείμενα κατά μέγεθος, σε αύξουσα σειρά:

a) στρέμμα	1	
b) βακτήριο	2	
c) τύμπανο	3	
d) ηλεκτρόνιο	4	
e) γαλαξίας	5	
f) ιόν υδρογόνου	6	
g) φεγγάρι	7	
h) μόριο οξυγόνου	8	
i) ιός	9	
j) άνθρωπος	10	

4. Σημειώστε Σωστό ή Λάθος δίπλα σε κάθε πρόταση:

	true	false
Για να χαρακτηριστεί κάτι νανο-αντικείμενο θα πρέπει και οι τρεις διαστάσεις του να είναι μεταξύ 1 και 100 nm.		
Οι ιδιότητες των νανο-υλικών διαφέρουν σημαντικά από αυτές των ίδιων υλικών στην μικρο- και μακρο-κλίμακα.		
Υδρόφοβο χαρακτηρίζεται ένα υλικό όταν δεν απορροφά τις σταγόνες του νερού.		
Τα σωματίδια κολλοειδούς χρυσού υπόκεινται συσσωμάτωση όταν προσθέσουμε ασπράδι αυγού στο διάλυμα.		
Απουσία μαγνητικού πεδίου τα ferrofluid συμπεριφέρονται σαν υγρά, ενώ με την παρουσία μαγνήτη παρουσιάζουν ιδιότητες στερεών.		
Οι ιδιότητες μιας ουσίας (στοιχείου ή χημικής ένωσης) παραμένουν ίδιες ανεξάρτητα από το βαθμό του θρυμματισμού της.		

5. Συμπληρώστε τις προτάσεις:

- a) Όσο μικρότερο ένα αντικείμενο, τόσο ο λόγος επιφάνειας / όγκου.
- b) Όσο μικρότερη η επιφάνεια των αντιδρώντων τόσο η αντίδραση.
- c) Στην περίπτωση των αυτοκαθαριζόμενων επιφανειών βρίσκει εφαρμογή το φαινόμενο του.....
- d) Η αλλαγή του χρώματος του χρυσού ανάλογα με το βαθμό θρυμματισμού του είναι παράδειγμα αλλαγής ιδιοτήτων.

- 6. Προτείνετε και περιγράψτε ένα πείραμα που στόχο έχει να διερευνήσει την εξάρτηση της δραστηριότητας μιας ουσίας από το μέγεθος της επιφάνειάς της (διατυπώστε μια υπόθεση, προσδιορίστε τις ανεξάρτητες, τις εξαρτημένες μεταβλητές και τις μεταβλητές ελέγχου, περιγράψτε την πορεία του πειράματος και τη μέθοδο συλλογής δεδομένων)**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. Καταγράψτε αν συμφωνείτε ή διαφωνείτε με τις ακόλουθες προτάσεις:

	Συμφωνώ	Διαφωνώ
Οι επιστήμονες θα πρέπει να ανακοινώνουν τα αποτελέσματα της έρευνάς τους μόνο σε άλλους επιστήμονες.		
Ένας άντρας ερευνητής θα πρέπει να προτιμά άντρες συνεργάτες αντί για φοιτήτριες ακόμα και εάν έχουν τα ίδια ακριβώς προσόντα		
Οι επιστήμονες θα πρέπει να παρουσιάζουν την έρευνα τους στο ευρύ κοινό με κατάλληλες διαλέξεις.		
Η επιλογή της έρευνας από τους επιστήμονες θα πρέπει να γίνεται σε συνεννόηση με άλλα αντιπροσωπευτικά μέλη της κοινωνίας, όπως ανθρώπους που ασχολούνται με τη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος, με τα ανθρώπινα δικαιώματα και τα δικαιώματα του καταναλωτή.		
Όσοι φτιάχνουν νέα προϊόντα δεν χρειάζεται να σκέφτονται για τους κινδύνους που πιθανώς θα δημιουργηθούν από τη χρήση αυτών των προϊόντων.		
Οι επιστήμονες θα πρέπει να ενημερώνουν για τα αποτελέσματα της έρευνάς τους την κυβέρνηση, ακόμα και αν δεν είναι υποχρεωμένοι να το κάνουν.		
Η κυβέρνηση, οι επιχειρήσεις και διάφορες οργανώσεις δεν μπορούν να δουλέψουν μαζί, γιατί έχουν διαφορετικούς στόχους.		
Οι επιστήμονες θα πρέπει να παρουσιάζουν την έρευνα τους διαδικτυακά δωρεάν και με ελεύθερη πρόσβαση.		
Ο καθορισμός αυστηρών ηθικών προδιαγραφών στην έρευνα μπορεί να διασφαλίσει υψηλά ποιοτικά αποτελέσματα στην έρευνα και την τεχνολογία.		
Εάν είναι φανερό ότι η έρευνα που κάνουν οι επιστήμονες έχει αρνητικές συνέπειες ή κινδύνους, τότε αυτοί έχουν την υποχρέωση να σταματήσουν τη διεξαγωγή της έρευνας.		
Γυναίκες και άντρες πρέπει να έχουν ίσα δικαιώματα και υποχρεώσεις στην επιστημονική έρευνα.		
Ρόλος της κυβέρνησης είναι να αποτρέπει πρακτικές στην έρευνα και την καινοτομία, που μπορεί να προκαλέσουν ζημιά ή είναι ανήθικες.		
Οι επιστήμονες θα πρέπει να κάνουν γνωστά τα αποτελέσματα της έρευνας τους σε όλους.		

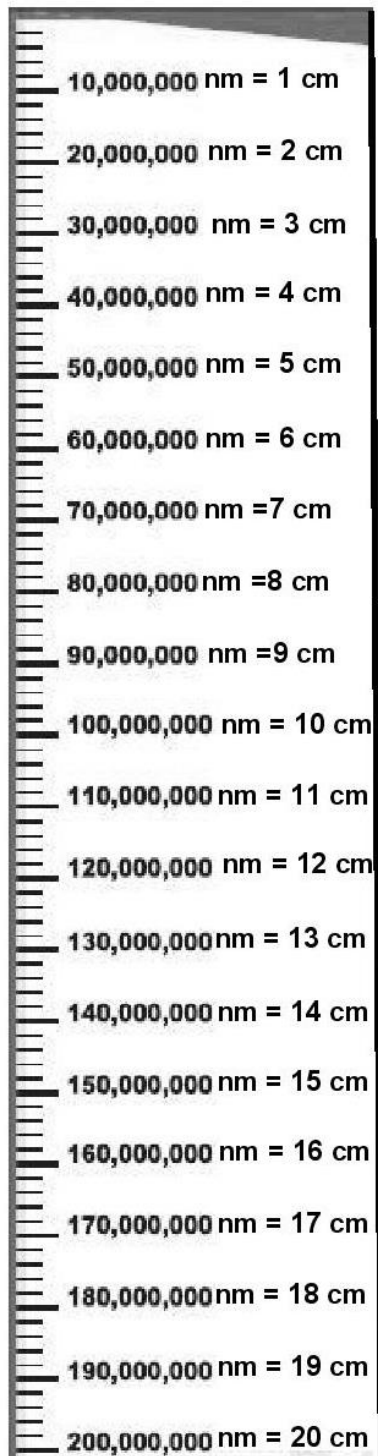
Βιβλιογραφία

- Bhushan, B., Jung, Y. C., & Koch, K. (2009). Micro-, nano-and hierarchical structures for superhydrophobicity, self-cleaning and low adhesion. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 367(1894), 1631-1672.
- D'Acquisto, L. (2006). *Learning on display: Student-created museums that build understanding*. Association for supervision and curriculum development.
- Ensikat, H. J., Ditsche-Kuru, P., Neinhuis, C., & Barthlott, W. (2011). Superhydrophobicity in perfection: the outstanding properties of the lotus leaf. *Beilstein journal of nanotechnology*, 2(1), 152-161.
- Glinka, N. *Colloids & The Tyndall Effect*. Retrieved from <http://www.svpvrii.com/Tyndall.html>
- Hingant B. & Albe V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: a review of literature. *Studies in Science Education* 46,121–152
- Huang, X., & El-Sayed, M. A. (2010). Gold nanoparticles: optical properties and implementations in cancer diagnosis and photothermal therapy. *Journal of Advanced Research*, 1(1), 13-28.
- NanoComposics, Gold Nanoparticles: Optical Properties. Retrieved from <http://nanocomposix.com/pages/gold-nanoparticles-optical-properties>
- NSF CAREER Award and RET Program, Teach engineering curriculum for k-12 teachers. Retrieved from https://www.teachengineering.org/view_lesson.php?url=collection/duk_/lessons/duk_surfacetensionunit_lessons/duk_surfacetensionunit_lesson4.xml
- Royal Society and Royal Academy of Engineering. (2004). Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties.
- Scherer, C., & Figueiredo Neto, A. M. (2005). Ferrofluids: properties and applications. *Brazilian Journal of Physics*, 35(3A), 718-727.
- Stevens, S. Y., Sutherland, L. M., & Krajcik, J. S. (2009). *The big ideas of nanoscale science and engineering*. NSTA press.



Παράρτημα

Νανοχάρακας





Παρασκευή κολλοειδών διαλυμάτων νανοχρυσού

Απαιτούμενα υλικά:

- διάλυμα όξινου τετραχλωριούχου χρυσού: tetrachlorauric (III) acid trihydrate (HAuCl_4)
- διάλυμα κιτρικού νατρίου: trisodiumcitrate dihydrate ($\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7 \times 2 \text{H}_2\text{O}$)
- αποσταγμένο νερό
- θερμαινόμενη εστία και αναδευτήρα ή ιδανικά έναν θερμαινόμενο μαγνητικό αναδευτήρα
- γυάλινο πυρίμαχο δοχείο (50-100 ml)
- θερμόμετρο (up to 100 °C)

ΠΡΟΣΟΧΗ : Το διάλυμα όξινου τετραχλωριούχου χρυσού είναι καυστικό και είναι επιβλαβές για την υγεία σας σε περίπτωση καταπόσεως.

- i. Προσθέστε 0.5 ml (περίπου 15 σταγόνες) από το διάλυμα όξινου τετραχλωριούχου χρυσού σε 28 ml αποσταγμένου νερού.
- ii. Θερμάνετε το διάλυμα στην εστία.
- iii. Όταν φτάσει στους 100°C προσθέστε 1.5 ml διάλυμα κιτρικού νατρίου όσο το δυνατό πιο γρήγορα, ανακατεύοντας έντονα. Το κόκκινο χρώμα του διαλύματος γίνεται όλο και πιο έντονο μέχρι που φτάνει ένα βαθύ κόκκινο χρώμα. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (από 90 °C) θα χρειαστούν περίπου 5 λεπτά μέχρι να αλλάξει το χρώμα.
- iv. Για την παρασκευή του δεύτερου διαλύματος, επαναλάβετε την διαδικασία με 0.5 ml διαλύματος όξινου τετραχλωριούχου χρυσού σε 50 ml αποσταγμένο νερό. Συγκρίνετε το χρόνο που χρειάζεται για να συντελεστεί η αλλαγή χρώματος. Αν αυξήσετε τη συγκέντρωση διαλύματος κιτρικού νατρίου τα κολλοειδή θα πάρουν ένα βαθύ ιώδες χρώμα που είναι αποτέλεσμα κολλοειδών διαφορετικού μεγέθους.



Παρασκευή Ferrofluid

(<http://vlab.ntse-nanotech.eu/NanoVirtualLab/dataentities/show/163>)

Απαιτούμενα υλικά:

- ✓ Ψηφιακή ζυγαριά
- ✓ Θερμαινόμενη εστία με μαγνητικό αναδευτήρα
- ✓ ατσαλόμαλλο
- ✓ τριχλωρίδιο του σιδήρου (FeCl_3)
- ✓ ελαϊκό οξύ
- ✓ αποσταγμένο νερό
- ✓ διάλυμα αμμωνίας
- ✓ κηροζίνη
- ✓ διαβαθμισμένο κύλινδρο
- ✓ πυρίμαχα γυάλινα δοχεία
- ✓ δοχείο ζέσεως
- ✓ διηθητικό χαρτί
- ✓ χοάνη
- ✓ πιπέτα 5 ml
- ✓ σπάτουλα

ΠΡΟΣΟΧΗ: Αυτό το πείραμα θα πρέπει να γίνει κάτω από χοάνη απαγωγής λόγω της επικίνδυνης εξάτμιση του διαλύματος αμμωνίας.



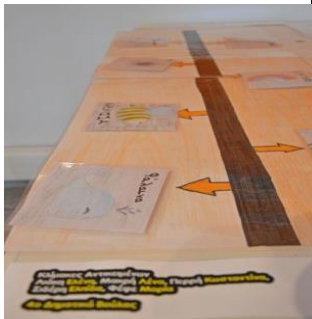
- i. Ζυγίστε 20,272 gr τριχλωριδίου του σιδήρου στο δοχείο ζέσεως χρησιμοποιώντας την ψηφιακή ζυγαριά.
- ii. Προσθέστε 50 ml αποσταγμένου νερού στο δοχείο με το τριχλωρίδιο του σιδήρου και ανακατέψτε για να παρασκευάσετε διάλυμα FeCl_3 1,5 M.
- iii. Πάρτε 5 ml διαλύματος FeCl_3 χρησιμοποιώντας μια πιπέτα και βάλτε το σε ένα άλλο δοχείο ζέσεως.
- iv. Κόψτε ένα κομμάτι ατσαλόμαλλο και τοποθετήστε το μέσα στο διάλυμα. Αναδεύστε το διάλυμα έως ότου να μη μπορεί να διαλυθεί άλλο το ατσαλόμαλλο. Καθώς το ατσαλόμαλλο αντιδρά με το διάλυμα τα ιόντα τρισθενούς σιδήρου -Fe (III) ανάγονται σε ιόντα δισθενούς σιδήρου -Fe (II) και το καφέ χρώμα του διαλύματος πρασινίζει.
- v. Φιλτράρετε το πράσινο διάλυμα χρησιμοποιώντας χωνί και διηθητικό χαρτί.
- vi. Πάρτε άλλα 10 ml διαλύματος FeCl_3 και προσθέστε τα στο πράσινο διάλυμα.
- vii. Μετρήστε 75 ml αμμωνίας χρησιμοποιώντας έναν διαβαθμισμένο κύλινδρο και προσθέστε το στο πράσινο διάλυμα. Μπορείτε να δείτε τον μαγνητίτη να σχηματίζεται παίρνοντας μαύρο χρώμα.
- viii. Θερμάνετε το διάλυμα μέχρι να αρχίσει να βράζει αναδεύοντας με έναν μαγνητικό αναδευτήρα

- ix. Πάρτε 2,5 ml ελαϊκού οξέος και προσθέστε τα στο διάλυμα που βράζει.
- x. Συνεχίστε το βρασμό για περίπου μία ώρα μέχρι να εξατμιστεί η αμμωνία.
- xi. Όταν εξατμιστεί όλη η αμμωνία μπορείτε να δείτε στον πάτο του δοχείου τα σωματίδια μαγνητίτη καλυμμένα με το ελαϊκό οξύ.
- xii. Αποσύρετε το μείγμα από τη φωτιά και αφήστε το να κρυώσει σε θερμοκρασία δωματίου
- xiii. Χύστε το νερό και αφήστε το μαγνητίτη στο δοχείο.
- xiv. Προσθέστε 50 ml κηροζίνης. Η κηροζίνη θα διαλύσει όλο το ελαϊκό οξύ που περιέβαλε το μαγνητίτη. Τώρα έχετε το δικό σας Ferrofluid.




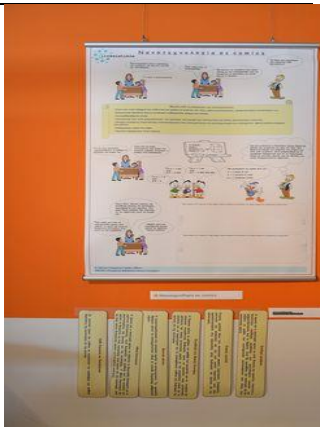
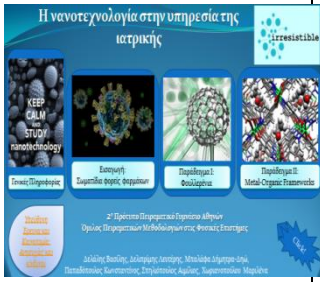
Παραδείγματα μαθητικών εκθέματων

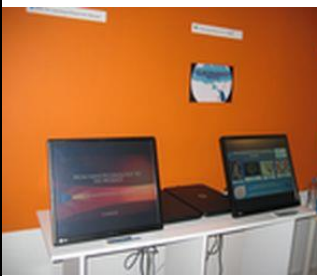


Πίνακας 7.4 – εκθέματα IRRESISTIBLE




Βαθμίδα	Τύπος/Είδος	Τίτλος	Περιγραφή	RRI Πτυχές	Έκθεμα
Δημοτικό	Επιτραπέζιο παιχνίδι	«Νάνο-φιδάκι»	Οι επισκέπτες (έως τέσσερις παίκτες) θα διασκεδάσουν καθώς ρίχνοντας τα ζάρια θα μετακινούνται πάνω (ή κάτω) στα αριθμημένα τετράγωνα απαντώντας σε ερωτήσεις σχετικά με τις έννοιες της νανοτεχνολογίας μέχρι να φτάσουν στο τέλος του παιχνιδιού.	Εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες	
Δημοτικό	Επιτραπέζιο παιχνίδι	«Νάνο-πόλη»	Οι επισκέπτες ρίχνουν τα ζάρια και ακολουθούν μια συγκεκριμένη διαδρομή. Κατά την πορεία της διαδρομής θα απαντήσουν σε ερωτήσεις σχετικά με έννοιες της νανοτεχνολογίας και αναλόγως προσπαθούν να φτάσουν στο τέλος του παιχνιδιού.	Εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες	
Δημοτικό	Διαδραστική αφίσα	«Κλίμακα αντικειμένων»	Οι επισκέπτες θα προσπαθήσουν να τοποθετήσουν το κατάλληλο αντικείμενο-κάρτα στη σωστή θέση της πάνω κλίμακας των αντικειμένων (από το νάνο στο μάκρο). Στο τέλος της διαδικασίας, μπορούν να συγκρίνουν	Εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες	




			τις απαντήσεις τους με τις σωστές.		
Δημοτικό	Διαδραστική αφίσα	«Νανοτεχνολογία»	Οι επισκέπτες θα προσπαθήσουν να τοποθετήσουν το κατάλληλο αντικείμενο-κάρτα στη σωστή θέση της πάνω κλίμακας των αντικειμένων (από το νάνο στο μάκρο). Στο τέλος της διαδικασίας, μπορούν να συγκρίνουν τις απαντήσεις τους με τις σωστές.	Εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες	
Δημοτικό	Πείραμα	«Νανόσπρει»	Οι επισκέπτες καλούνται να ρίξουν νερό με το σταγονόμετρο στην επιφάνεια δύο διαφορετικών μπότων. Η μια μπότα είναι αδιάβροχη γιατί έχει ψεκαστεί με ένα ειδικό σπρέι που περιέχει νανοσωματίδια. Η άλλη μπότα είναι κανονική (αψέκαστη). Επισκέπτες συγκρίνουν τα διαφορετικά αποτελέσματα και με αυτόν τον τρόπο εισάγονται στη διαδικασία της μετατροπής των ιδιοτήτων των υλικών με τη χρήση της νανοτεχνολογίας.	Ενεργός εμπλοκή	
Δημοτικό	Ενημερωτική αφίσα	«Νανοτεχνολογία»	Ενημέρωση σχετικά με έννοιες και εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας.	Ενεργός εμπλοκή	


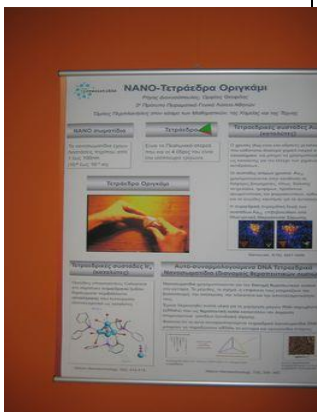

					
Δημοτικό	Διαδραστικό παιχνίδι	«Κλιμακό-Σουβλάκι»	<p>Αυτό το έκθεμα αποτελείται από δύο μέρη: Το πρώτο μέρος είναι μια αφίσα όπου οι επισκέπτες θα προσπαθήσουν να βάλουν το αντικείμενο-κάρτα στη σωστή θέση της κλίμακας των αντικειμένων (από το νάνο στο μάκρο).</p> <p>Το δεύτερο μέρος είναι μια κατασκευή (σε μορφή σουβλάκι), η οποία καταδεικνύει τη σωστή σειρά των προηγούμενων ή παρόμοιων σε κλίμακα μεγέθους αντικειμένων. Οι επισκέπτες χρησιμοποιούν το δεύτερο μέρος ως σημείο αναφοράς για να συγκρίνουν τις απαντήσεις τους με εκείνες που έχουν ήδη δοθεί στο πρώτο μέρος.</p>	Εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες	
Γυμνάσιο	Διαδραστική αφίσα	«Η Νανοτεχνολογία σε κομίκες»	Οι επισκέπτες εισάγονται στις έννοιες της Νανοτεχνολογίας και των νανοσωματιδίων (κυρίως στον ρόλο που παίζει το μέγεθος στις ιδιότητες της ύλης) σε	Ενεργός Εμπλοκή - Ισότητα Φύλων -	

			<p>μορφή κινουμένων σχεδίων και με διάφορα παραδείγματα. Επίσης RRI πτυχές παρουσιάζονται σε ξεχωριστές αφαιρούμενες κάρτες. Στη συνέχεια, οι επισκέπτες καλούνται να κάνουν μια συζήτηση σχετικά με το μέγεθος των νανοσωματιδίων και τις επιπτώσεις τους στην υγεία και το περιβάλλον σε σχέση με τα θέματα RRI. Μετά από τη συζήτηση, θα πρέπει να επιλέξουν τις δυο RRI κάρτες που θεωρούν σημαντικότερες και στη συνέχεια, να τις τοποθετήσουν στις κατάλληλες θέσεις. Ο επόμενος επισκέπτης μπορεί να αλλάξει τις κάρτες σε περίπτωση που αυτός / αυτή δεν συμφωνεί με τις επιλεγμένες κάρτες.</p>	<p>Εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ηθική - Ελεύθερη Πρόσβαση - Διακυβέρνηση 	
Γυμνάσιο	4 Ψηφιακές (διαδραστικές) αφίσες	«Η Νανοτεχνολογία στην υπηρεσία της Ιατρικής»	<p>Οι επισκέπτες αλληλεπιδρούν με μια PowerPoint διαφάνεια πάνω σε μια οθόνη αφής που οδηγεί σε τέσσερις διαφορετικές ψηφιακές διαδραστικές αφίσες σχετικά με τη νανοτεχνολογία στην υπηρεσία της Ιατρικής. Επιπλέον, μια scratch εφαρμογή είναι</p>	<p>Ενεργός Εμπλοκή</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ισότητα Φύλων - Εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες - Ηθική - 	

			διαθέσιμη για θέματα RRI. Στο τέλος αυτής της εφαρμογής, οι επισκέπτες καλούνται να δώσουν τη γνώμη τους, η οποία καταγράφεται για τον επόμενο επισκέπτη.	Ελεύθερη Πρόσβαση - Διακυβέρνηση	
Γυμνάσιο	Ψηφιακό κουίζ	«Νανοκουίζ»	Οι επισκέπτες εισάγονται στη νανοτεχνολογία μέσω μιας παιγνιώδους εφαρμογής Android, απαντώντας σε ερωτήσεις και μαθαίνοντας σχετικά με: - Τις Νανοεπιστήμες - Την σχέση της Νανοτεχνολογίας με την κοινωνία - Νανοτεχνολογία και τέχνη - Τις ιδιαίτερες ιδιότητες των νανοϋλικών - Το πόσο μικρό είναι το νάνο κα. Οι επισκέπτες έχουν επίσης την ευκαιρία να μελετήσουν και να μάθουν περισσότερα σε ένα ξεχωριστό τομέα της εφαρμογής, όπου όλες οι πληροφορίες συγκεντρώθηκαν.	Ενεργός Εμπλοκή - Ισότητα Φύλων - Εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες - Ηθική - Ελεύθερη Πρόσβαση - Διακυβέρνηση	
Γυμνάσιο	Διαδραστική αφίσα και μοντέλο	«Νανοιατρική»	Οι επισκέπτες παίρνουν πληροφορίες σχετικά με τη νανοϊατρική, τα πλεονεκτήματα και τους πιθανούς κινδύνους που κρύβει. Η αφίσα	Ηθική - Εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες -	

			<p>περιγράφει επίσης την χρήση του μηχανισμού που χρησιμοποιούν τα νανορομπότ για να ανιχνεύσουν και να εξολοθρεύσουν τα καρκινικά κύτταρα. Ένα κινούμενο μοντέλο νανορομπότ λειτουργεί σε κοντινή απόσταση προσομοιώνοντας την διαδικασία. Τέλος, οι επισκέπτες καλούνται να απαντήσουν και να ψηφίσουν κάτω από ποιες συνθήκες θα χρησιμοποιούσαν θεραπείες νανοϊατρικής.</p>	Ενεργός Εμπλοκή	 
Γυμνάσιο	Ενημερωτική αφίσα και πείραμα	«Τα υδρόφοβα υλικά - Όταν τα επιστημονικά εργαστήρια μιμούνται τη φύση»	<p>Οι επισκέπτες πειραματίζονται με φυσικά υλικά (φύλλα από κρίνο) και ελέγχουν τις υδρόφοβες ιδιότητες τους, παρατηρώντας τον τρόπο που αλληλεπιδρούν με σταγόνες νερό. Στη συνέχεια πειραματίζονται αντίστοιχα με ένα υδρόφοβο και ένα υδρόφιλο ύφασμα και καλούνται να τα χαρακτηρίσουν τοποθετώντας την κατάλληλη κάρτα. Τέλος, οι επισκέπτες αλληλεπιδρούν με την δομή ενός μοντέλου 2 υφασμάτων από φελιζόλ και καρφίτσες που ερμηνεύει το πώς η</p>	Εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες - Ενεργός Εμπλοκή	

			δομή του υλικού το καθιστά υδρόφοβο. Η αφίσα δίνει επιπλέον πληροφορίες σχετικά με τις υδροφοβες ιδιότητες και την βιομίμηση.		
Λύκειο	Εισαγωγή Video – Πείραμα – Ψηφιακό κουίζ	«Ένα χαρτί που κρατάει μια ομπρέλα»	Αυτή η δραστηριότητα αποτελείται από τρία στάδια. Στο 1ο στάδιο, ένα βίντεο εισάγει τους επισκέπτες στις εφαρμογές της νανοτεχνολογίας, όπως αδιάβροχα υλικά που χρησιμοποιούν νανοσωματίδια. Στο 2ο στάδιο, οι επισκέπτες καλούνται να παρατηρήσουν αυτό το είδος των υλικών εκτελώντας μια δραστηριότητα: Ρίχνουν νερό με το σταγονόμετρο στην επιφάνεια του χαρτιού (το οποίο είναι ψεκασμένο με αδιάβροχο "νανο" σπρέι). Στο τελικό στάδιο, επισκέπτης καλείται να μάθει πώς τα υδρόφιλα υλικά (νανοϋλικά) λειτουργούν απαντώντας σε ένα ψηφιακό κουίζ σε μια ταμπλέτα.	Εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες - Ενεργός Εμπλοκή	  
Λύκειο	Ενημερωτική ή αφίσα – Τετράεδρο Οριγκάμι	«NANO- τετράεδρο οριγκάμι»	Μια αφίσα πληροφορεί για το πώς τα νανοσωματίδια αυτό-οργανώνονται σε τετραεδρικές δομές, δημιουργώντας με αυτό	Εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες - Ενεργός	

	<p>φύλλο – Video οδηγός για την κατασκευή των τετράεδρων οριγκάμι χειροτεχνημ άτων</p>		<p>τον τρόπο μια ποικιλία διαφορετικών αντικειμένων όπως καταλύτες που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία ή «μεταφορείς φαρμάκων» που χρησιμοποιούνται στην Ιατρική. Μετά από αυτό, οι επισκέπτες καλούνται να κατασκευάσουν ένα μικρό τετράεδρο origami, ακολουθώντας τις οδηγίες που παρέχονται σε ένα σύντομο βίντεο.</p>	Εμπλοκή	  
Λύκειο	Ψηφιακό Παιχνίδι	«Από την Νανοτεχνολογία στο θαύμα»	<p>Αυτό το παιχνίδι αποτελείται από μια παρουσίαση του PowerPoint σε συνδυασμό με μια scratch εφαρμογή. Οι επισκέπτες -μέσω της παρουσίασης- επιλέγουν να μάθουν για θέματα καρκίνου του μαστού ή του ιού HIV επιλέγοντας το Φύλο και την ασθένεια. Μετά, παίζουν ένα ψηφιακό παιχνίδι όπου ελέγχουν</p>	<p>Εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες - Ενεργός Εμπλοκή - Ηθική - Ισότητα Φύλων</p>	

			<p>ένα νανο-ρομπότ που επιτίθεται στα καρκινικά κύτταρα ή τον ιό HIV, και προσπαθεί να τα/τον καταστρέψει. Όταν το παιχνίδι τελειώνει, το έκθεμα υποβάλλει ένα ερώτημα στους επισκέπτες σχετικά με το τι θα συμβεί, κατά την γνώμη τους, σε περίπτωση που το ρομπότ επιτεθεί κατά λάθος σε ένα υγιές κύτταρο.</p>		
Λύκειο	<p>Επίδειξη πειραμάτων και ενημερωτική αφίσα</p>	<p>«Γωνία πειραμάτων – νανοεφαρμογές»</p>	<p>Οι μαθητές σε συνεργασία με το ερευνητικό κέντρο παρουσιάζουν στους επισκέπτες τρέχουσες εφαρμογές της νανοτεχνολογίας και εξηγούν την σημασία της νανοεπιστήμης. Εκτελούν επίσης εντυπωσιακά πειράματα χρησιμοποιώντας σιδηρομαγνητικό υγρό (ferrofluid) που παρήγαγαν οι ίδιοι, αυτό-καθοριζόμενα υλικά και κολλοειδή διαλύματα νανοσωματίδιων χρυσού. Τέλος, οι επισκέπτες μπορούν ενημερώνονται για την τρέχουσα έρευνα της νανοτεχνολογίας από μια αφίσα.</p>	<p>Εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες - Ενεργός Εμπλοκή</p>	 