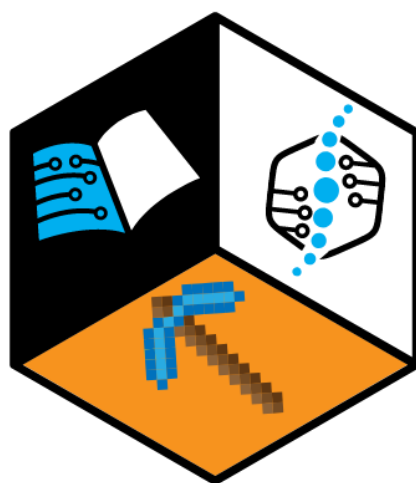


NANOWARE Πρόγραμμα Σπουδών

ΕΝΟΤΗΤΑ 2: ΝΑΝΑΝΟΪΛΙΚΑ

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ: R1/T1.1



NANOWARE

31.10.2022

DIGICULT

Συντάχθηκε από: Ηλίας Παρλαβάντζας

Κωδικός Έργου: 2021-2-PL01-KA220-SCH-000051200



Co-funded by
the European Union

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή στην Ενότητα	3
2. Νανο-υλικά	5
2.1 Τύποι νανο-υλικών	5
2.2 Σύνθεση & χαρακτηρισμός νανοϋλικών	8
2.3 Εφαρμογές της χρήσης νανοϋλικών	13
3. Μελέτες περιπτώσεων και ιστορίες επιτυχίας.....	16
4. Αναφορές	17



1. Εισαγωγή στην Ενότητα

Αυτή η ενότητα αφορά την κατανόηση των διαφόρων τύπων νανοϋλικών. Εισάγει τον εκπαιδευόμενο στις διάφορες συνθέσεις και εξηγεί εν συντομία τους χαρακτηρισμούς των νανοϋλικών. Τέλος, παρουσιάζει διάφορες εφαρμογές της νανοτεχνολογίας, αναδεικνύοντας έτσι τη σημασία και τις πολλά υποσχόμενες δυνατότητές τους σε διάφορους τομείς.

Περιγραφή

Αυτή η ενότητα θα εισαγάγει τους εκπαιδευόμενους στα βασικά χαρακτηριστικά των νανοϋλικών. Για το σκοπό αυτό, θα καλύψει τους διάφορους τύπους νανοϋλικών, τη σύνθεσή τους και τους λόγους που διαφοροποιούνται. Επιπλέον, θα καλύψει διάφορες εφαρμογές των νανοϋλικών και θα παρουσιάσει μερικές μελέτες περίπτωσης.

Στόχοι

Με αυτή την ενότητα, οι εκπαιδευόμενοι θα μάθουν ότι υπάρχουν διάφοροι τύποι νανοϋλικών και ότι κατηγοριοποιούνται όσον αφορά τη σύνθεσή τους, αν και δημιουργούνται φυσικά ή τεχνητά. Οι εκπαιδευόμενοι θα κατανοήσουν επίσης ότι τα νανοϋλικά έχουν πολλαπλές εφαρμογές σε διάφορες βιομηχανίες και ότι παραδείγματα από κοινά προϊόντα αναδεικνύουν τη σημασία και τις δυνατότητες αυτών των υλικών στην ανθρώπινη πρόοδο.

Στόχοι εκπαίδευσης

Σε αυτή την ενότητα, οι εκπαιδευόμενοι θα εξοικειωθούν με τη νανοεπιστήμη και τη νανοτεχνολογία μέσω μιας ολοκληρωμένης παρουσίασης των νανοϋλικών. Με αυτόν τον τρόπο, θα συνειδητοποιήσουν καλύτερα τη σημασία αυτού του τομέα στην καθημερινή ζωή και, στη συνέχεια, θα αποκτήσουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση στην ενσωμάτωση των νανοϋλικών και των εφαρμογών τους στο σχολικό τους πρόγραμμα σπουδών.

Εκπαιδευτικά αποτελέσματα

Μετά την επιτυχή ολοκλήρωση αυτής της ενότητας, οι εκπαιδευόμενοι θα πρέπει να είναι ικανοί να:

- Γνωρίζουν πως χαρακτηρίζονται τα διαφορετικά νανο-υλικά
- Κατανοήσουν πως τα νανοϋλικά χρησιμοποιούνται στην πράξη
- Διαφοροποίηση των τύπων νανοϋλικών



- Αναλύουν τη σύνθεση των νανο-υλικών

Εκτιμώμενος χρόνος παραμονής

Η ολοκλήρωση της ενότητας μαζί με την εφαρμογή των παρεχόμενων γνώσεων θα διαρκέσει 3 ώρες.



2. Νανο-υλικά

Η νανοεπιστήμη και η νανοτεχνολογία παρατηρούν και χειρίζονται μεμονωμένα άτομα και μόρια. Με τον τρόπο αυτό, έχουν αναπτύξει την ικανότητα να μεταβάλλουν τις ιδιότητες της ύλης στη νανοκλίμακα και να δημιουργούν νέες δομές για πλήθος χρήσεων (NNI, 2022, NGS, 2022).

2.1 Τύποι νανο-υλικών

Νανουλικά

Τα νανοϋλικά μπορούν να οριστούν ως "κάθε οργανικό, ανόργανο ή οργανομεταλλικό υλικό που παρουσιάζει χημικές, φυσικές και/ή ηλεκτρικές ιδιότητες οι οποίες μεταβάλλονται σε συνάρτηση με το μέγεθος και το σχήμα του υλικού" (Hochella et al., 2019).

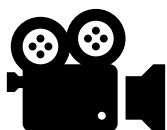
Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι νανοϋλικών και διαφορετικοί τρόποι ταξινόμησής τους.

Φυσικά νανο-υλικά

Τα υλικά αυτά εμφανίζονται στη φύση. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν στον κόσμο "μέσω (βιο)γεωχημικών ή μηχανικών διεργασιών, χωρίς άμεση ή έμμεση σύνδεση με κάποια ανθρώπινη δραστηριότητα ή ανθρωπογενή διεργασία" (Hochella et al., 2019).

Παραδείγματα:

- Σωματίδια ηφαιστειακής τέφρας
- Σωματίδια καπνού
- Αιμοσφαιρίνη (Hb/ μόρια στο αίμα μας)
- Οι δομές νανοκλίμακας που συνθέτουν τα χρώματα στα φτερά των παγωνιών (η απόσταση των δομών στην επιφάνεια των φτερών έχει ως αποτέλεσμα το λαμπερό χρωματικό αποτέλεσμα)



Εξερευνήστε τα φυσικά νανο-υλικά

<https://www.youtube.com/watch?v=aJCA0yGRrCI>



Image title: Peacock feathers Source: Pixabay.com

Τεχνητά νανο-υλικά

Τεχνητά νανουλικά είναι εκείνα τα οποία δημιουργούνται από ανθρώπινη παρέμβαση. Αυτό σημαίνει ότι δημιουργούνται are those that occur because of human activity. This means that they were created ακούσια, ως αποτέλεσμα διαδικασιών που συμβαίνουν από ανθρώπους.

Παραδείγματα:

- Καυσαέρια από κινητήρες καύσης ορυκτών καυσίμων
- Ορισμένες μορφές ρύπανσης

Τυχαία νανοϋλικά

Μερικά από τα τεχνητά νανοϋλικά είναι τυχαία. Για παράδειγμα, Some of the artificial nanomaterials are **incidental**. For instance, καυσαέρια από κινητήρες καύσης ορυκτών καυσίμων παράγονται από οχήματα, χωρίς αρχική πρόθεση να παραχθούν ως νανοϋλικά (NGS, 2022).

Ως εκ τούτου, τα νανοϋλικά μπορούν να οριστούν ως τυχαία όταν "παράγονται ακούσια ως αποτέλεσμα οποιασδήποτε μορφής άμεσης ή έμμεσης ανθρώπινης επιρροής ή ανθρωπογενούς διαδικασίας" (Hochella et al., 2019).



Ένα άλλο παράδειγμα τυχαίων νανοϋλικών είναι οι καπνοί συγκόλλησης που περιέχουν νανοσωματίδια..



Image title: Welder

Source: Pixabay.com

Σκόπιμα παραγόμενα/σχεδιασμένα νανοϋλικά.

Ενώ ορισμένα νανοϋλικά παράγονται ακούσια, άλλα αναπτύσσονται σκόπιμα από επιστήμονες και μηχανικούς για να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες βιομηχανίες, από τη μεταποίηση έως την ιατρική.

Αυτά ονομάζονται σκόπιμα παραγόμενα ή κατασκευασμένα νανοϋλικά.

Ανθρωπογενή νανοϋλικά.

Τα ανθρωπογενή νανοϋλικά περιλαμβάνουν τόσο τα τυχαία όσο και τα σκόπιμα παραγόμενα/κατασκευασμένα νανοϋλικά, τα οποία είναι αποτέλεσμα άμεσης ή έμμεσης ανθρώπινης επιρροής.



Image title: Power station

Source: Pixabay.com

2.2 Σύνθεση & χαρακτηρισμός νανοϋλικών

Φουλερένια και νανοσωματίδια

Ένας τρόπος ταξινόμησης των νανοϋλικών είναι μεταξύ φουλερενίων και νανοσωματιδίων. Η ταξινόμηση αυτή περιλαμβάνει τόσο τα φυσικά όσο και τα τεχνητά νανοϋλικά" (NGS, 2022).

Φουλερένια

! Τα φουλερένια είναι αλλοτρόποι του άνθρακα. A chemical element can exist in different molecular forms. These are called allotropes.

Παραδείγματα αλλοτροπών του άνθρακα:

- Διαμάντια
- Γραφίτης

Τα φουλερένια είναι σφαιρικές ή σωληνοειδείς μοριακές δομές που αποτελούνται από άτομα άνθρακα πυκνά διατεταγμένα και ισχυρά συνδεδεμένα.

Buckyballs

Buckyball είναι το ψευδώνυμο για το buckminsterfullerene (C₆₀): ένας τύπος σφαιρικού φουλερενίου. Τα Buckyballs είναι "μόρια άνθρακα μεγέθους νανομέτρου σε σχήμα μπάλας ποδοσφαίρου - στενά συνδεδεμένα εξάγωνα και πεντάγωνα" (NGS, 2022).

Οι Buckyballs είναι πολύ ανθεκτικές επειδή είναι πολύ σταθερές. Ως αποτέλεσμα, παραμένουν αναλλοίωτες σε ακραίες συνθήκες όπως ακραίες θερμοκρασίες, ακραίες πιέσεις, ακόμη και σε ακραία περιβάλλοντα όπως το διάστημα.

"Οι Buckyballs είναι τα μεγαλύτερα μόρια που έχουν ανακαλυφθεί ποτέ στο διάστημα, τα οποία εντοπίστηκαν γύρω από πλανητικό νεφέλωμα το 2010" (ό.π.).

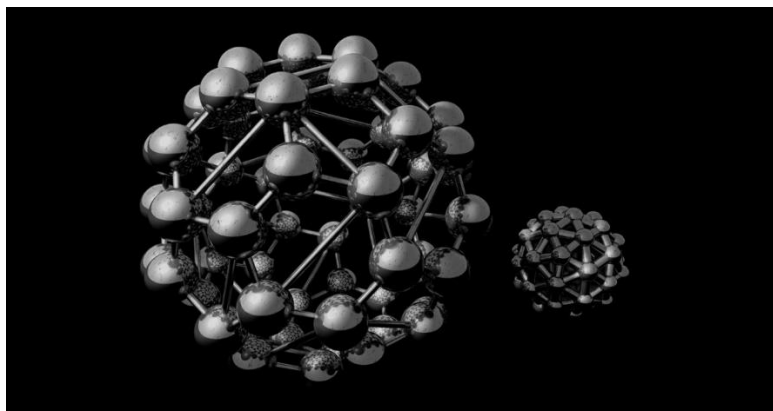


Image title: Buckyball

Source: Pixabay.com

Οι Buckyballs είναι δομημένες σαν σφαιρικοί, στερεοί κλωβοί, μέσα στους οποίους κάθε άτομο ή μόριο παραμένει ασφαλές και αναλλοίωτο.

Αυτή η δομή που μοιάζει με κλουβί και είναι προστατευτική είναι ελκυστική για τους επιστήμονες που επιθυμούν να εγκλωβίσουν με ασφάλεια άτομα για να τα μεταφέρουν μέσα σε συστήματα: αυτό συμβαίνει με τις εμποτισμένες με ήλιο buckyballs που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως χημικοί ιχνηθέτες που εντοπίζουν ρύπους σε ποτάμια κ.λπ. (Folger, 2019).

Νανοσωλήνες

Οι νανοσωλήνες είναι σωληνοειδή φουλερένια (NGS, 2022).

Οι νανοσωλήνες άνθρακα έχουν αξιοσημείωτες ιδιότητες (χημικές, ηλεκτρονικές, μηχανικές και οπτικές) και είναι πολύ ανθεκτικοί, ισχυροί και εύκαμπτοι. Αυτό είναι το αποτέλεσμα του τρόπου με τον οποίο τα

άτομα άνθρακα συνδέονται μεταξύ τους. *Carbon nanotubes are harder than diamonds and more flexible than rubber (ibid).*

Οι νανοσωλήνες άνθρακα είναι εξαιρετικά δημοφιλείς σε πολλούς επιστημονικούς και τεχνολογικούς τομείς χάρη στις αξιοσημείωτες ιδιότητές τους.

Παραδείγματα:

- Οι επιστήμες περιβάλλοντος και υγείας χρησιμοποιούν τους νανοσωλήνες άνθρακα σε χημικούς αισθητήρες (ScienceDirect, 2022).
- Η NASA πειραματίζεται με νανοσωλήνες άνθρακα για την παραγωγή "πιο μαύρου από το μαύρο" χρωματισμού στους δορυφόρους για τη μείωση της αντανάκλασης και τη βελτιστοποίηση της συλλογής δεδομένων (NGS, 2022).



Image title: Carbon nanotubes

Source: Pixabay.com

Νανοσωματίδια

- Τα νανοσωματίδια είναι μικρά σωματίδια που κυμαίνονται μεταξύ 1-100 νανομέτρων σε μέγεθος.
- Υπάρχουν διάφορες ομάδες νανοσωματιδίων:
 - Φουλερένια
 - Μεταλλικά νανοσωματίδια
 - Κεραμικά νανοσωματίδια
 - Πολυμερή νανοσωματίδια



Τα νανοσωματίδια έχουν μεγάλη επιφάνεια και μέγεθος σε νανοκλίμακα, το οποίο τους προσφέρει μοναδικές φυσικές και χημικές ιδιότητες, με αποτέλεσμα να είναι ιδιαίτερα ελκυστικά για διάφορες βιομηχανίες και εφαρμογές (Khan et al., 2019).

Σκόπιμα παραγόμενα νανοϋλικά

Υπάρχουν τέσσερις κύριοι τύποι νανοϋλικών που παράγονται σκόπιμα:

- με βάση τον άνθρακα
- με βάση τα μέταλλα
- δενδριμερή
- νανοσύνθετα

1. Νανοϋλικά με βάση τον άνθρακα

Τα νανοϋλικά με βάση τον άνθρακα παράγονται σκόπιμα και μπορεί να περιλαμβάνουν:

- Φουλερένια
- Νανοσωλήνες άνθρακα
- Γραφένιο και τα παράγωγά του
- Οξειδίο του γραφενίου
- Νανοδιαμάντια
- Κβαντικές τελείες με βάση τον άνθρακα

(Patel et al., 2018).

1. Νανοϋλικά με βάση τα μέταλλα

Υπάρχουν διάφοροι τύποι νανοϋλικών με βάση τα μέταλλα. Αυτά περιλαμβάνουν -αλλά δεν περιορίζονται σε:

1. Χρυσός
2. Άργυρος
3. Χαλκός
4. Σίδηρος
5. Ψευδάργυρος
6. Πλατίνα

(Yaqoob et al., 2020).Dendrimers



Τα δενδριμερή είναι πολύπλοκα, δενδροειδή νανοσωματίδια που αποτελούνται από συνδεδεμένες, διακλαδισμένες μονάδες που συνθέτουν εξαιρετικά ισχυρές δομές (NGS, 2022).

Τα δενδριμερή αποτελούνται από έναν εσωτερικό πυρήνα και ένα περιφερειακό κέλυφος που επεκτείνεται σε άφθονες τερματικές ομάδες (ScienceDirect, 2022b).

Η διακλάδωση των δενδριμερών ονομάζεται "παραγωγή δενδριμερών" (ibid.).

Κάθε τμήμα ενός δενδριμερούς μπορεί να σχεδιαστεί για να εκτελεί μια συγκεκριμένη χημική λειτουργία.

Τα δενδριμερή είναι ιδιαίτερα ελκυστικά για βιοϊατρικές εφαρμογές, καθώς μπορούν να εκπληρώσουν πολλαπλές λειτουργίες.

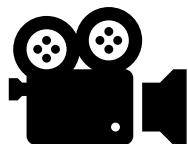
Παράδειγμα: Ένα μόνο δενδριμερές μπορεί να μεταφέρει ένα φάρμακο σε ένα συγκεκριμένο κύτταρο, αλλά και να ανιχνεύσει τις επιπτώσεις του φαρμάκου αυτού στον περιβάλλοντα ιστό (NGS, 2020).

7. Νανοςύνθετα

Τα νανοςύνθετα είναι υβριδικά υλικά που συνδυάζουν δύο ή περισσότερα υλικά, εκ των οποίων τουλάχιστον ένα είναι νανοϋλικό.

Τύποι νανοςύνθετων υλικών :

- Σύνθετα υλικά νανοκεραμικής μήτρας (NCCMC)
- Συχνά αποκαλούνται "νανοάργιοι" και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπως η επικάλυψη συσκευασιών για την αύξηση της αντοχής και της ανθεκτικότητας των υλικών.
- Σύνθετα υλικά μεταλλικής μήτρας (MMCs)
- Ισχυρότερα και ελαφρύτερα από τα χύδην μέταλλα, είναι ιδανικά για εφαρμογές όπως, για παράδειγμα, η κατασκευή ελαφρύτερων οχημάτων.
- Σύνθετα υλικά πολυμερικής μήτρας (PMCs)



Χρησιμοποιούνται συχνά για τη δημιουργία βιομηχανικών πλαστικών και είναι δημοφιλή στη νανοϊατρική για τη σκαλωσιά ιστών. (NGS, 2022). Δείτε το παρακάτω βίντεο:



Η πανίσχυρη δύναμη των νανοϋλικών: #23

<https://www.youtube.com/watch?v=lkYimZBzguw>

2.3 Εφαρμογές της χρήσης νανοϋλικών

Νανοκατασκευή

Τα νανοϋλικά μπορούν να συντεθούν με δύο τρόπους:

- Προσέγγιση από **πάνω προς τα κάτω**
- Προσέγγιση από **κάτω προς τα πάνω**

Η νανοκατασκευή από πάνω προς τα κάτω αφορά τον χειρισμό των χύδην υλικών για τη δημιουργία λεπτών σωματιδίων σε νανοδιαστάσεις (Parmasiman et al., 2021). Ένα παράδειγμα αυτής της προσέγγισης είναι η δημιουργία μικροσίπ με βάση το γραφένιο (σε αντίθεση με αυτά με βάση το πυρίτιο) - ένα επαναστατικό προϊόν με μεγάλες δυνατότητες.

Η από κάτω προς τα πάνω νανοκατασκευή αφορά τη συναρμολόγηση λεπτών σωματιδίων για τη δημιουργία νανοϋλικών μέσω μεθόδων αυτοσυναρμολόγησης ή συν-καταβύθισης (ό.π.). Ένα παράδειγμα αυτής της προσέγγισης είναι η δημιουργία ηλεκτρονικών συσκευών νανομεγέθους με τη χρήση μεμονωμένων ατόμων και μορίων (π.χ. μικροσίπ).

Νανοτεχνολογία και περιβάλλον

Η νανοτεχνολογία χρησιμοποιείται από τους ερευνητές για τη δημιουργία **προσιτών, υψηλής τεχνολογίας και ενεργειακά αποδοτικών προϊόντων**, όπως λαμπτήρες, χρώματα, οθόνες υπολογιστών και καύσιμα που παράγουν χαμηλότερες εκπομπές ρύπων.

Η νανοτεχνολογία χρησιμοποιείται επίσης για τη **βελτίωση των εφαρμογών εναλλακτικών πηγών ενέργειας**. Για παράδειγμα, οι επιστήμονες πειραματίζονται τώρα με ηλιακούς συλλέκτες που μοιάζουν με εκτύπωση ή ακόμη και με ηλιακούς συλλέκτες για να αυξήσουν την αποδοτικότητα και να εξασφαλίσουν εύκολη και χαμηλού κόστους εγκατάσταση (NGS, 2022).

Στο νερό, τα νανοϋλικά μπορούν να μειώσουν την τοξικότητα εξαλείφοντας τοξικά μέταλλα και οργανικά μόρια (π.χ. επικίνδυνες χημικές ουσίες, κύτταρα ιών κ.λπ.).

Η νανοτεχνολογία χρησιμοποιείται επίσης για τη **μείωση της ρύπανσης από πετρελαιοκηλίδες** χρησιμοποιώντας τις μαγνητικές ιδιότητες των νανοσωματιδίων.



Καταναλωτικά προϊόντα

Οι Επιστήμονες και οι Μηχανικοί χρησιμοποιούν τη νανοτεχνολογία σε μια ευρεία γκάμα καταναλωτικών προϊόντων.

Παραδείγματα:

Ένδυση (π.χ. μέθοδοι επικάλυψης για να γίνει το ύφασμα υδατοαπωθητικό ή πιο ανθεκτικό στους λεκέδες)

Καλλυντικά (π.χ προϊόντα με ενισχυμένη διαύγεια, καλύτερη απορρόφηση, περισσότερη προστασία στη UV ακτινοβολία κ.τ.λ)

Αθλητικά (π.χ. νανοπροσθετικά για να κάνουν τον αθλητικό εξοπλισμό πιο ελαφρύ και πιο ανθεκτικό).

Συσκευασίες και υλικά προστασίας επιφανειών (δυνατές, πιο ανθεκτικές και πιο ελαφριές λύσεις).

Ενισχυτικά τροφίμων (για να ενισχυθούν την υφή και τη γεύση)

Ηλεκτρονικά (για να δημιουργηθούν ταχύτερα φορητά και πιο αποδοτικά συστήματα που μπορούν να διαχειριστούν και να αποθηκεύσουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων, τα οποία παράλληλα θα δαπανούν μικρότερη ενέργεια).

Νανοφαρμακευτική (διαδικασίες/θεραπείες ασθενειών, ιατρικές συσκευές/εργαλεία κ.τ.λ)

- Νανοϋλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μειώσουν την αιμορραγία και επιταχύνουν την επούλωση.
- Νανოსωματίδια μπορούν να ενσωματωθούν μέσα σε επιδέσμους για να παγιδεύσουν τα μικρόβια και να εδυναμώνουν την αναγέννηση των ιστών.
- Νανοσωματίδια μπορούν να ληφθούν ως θεραπεία σε συγκεκριμένα κύτταρα για να εμποδίσουν τους υγιείς ιστούς από το να καταστρέφονται όταν δεν είναι αναγκαίοι (π.χ. θεραπείες για τον καρκίνο).
- Τα δενδριμερή μπορούν να αυξήσουν την ταχύτητα και την αποτελεσματικότητα στη χορήγηση φαρμάκων.
- Τα φουλερένια μπορούν να τροποποιηθούν ώστε να έχουν αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες για να επιβραδύνουν ή ακόμη και να σταματήσουν τις αλλεργικές αντιδράσεις.



Τα νανοσωματίδια μπορούν να χειριστούν ώστε να ανιχνεύουν και να προσκολλώνται σε συγκεκριμένες πρωτεΐνες ή νοσούντα κύτταρα. Αυτό βελτιώνει τις διαγνωστικές διαδικασίες (εξετάσεις και απεικονίσεις).



Παρακαλώ, δείτε το παρακάτω βίντεο:

Η Νανοτεχνολογία δεν είναι εύκολη στο να κάνει τα πράγματα μικρότερα | Noushin Nasiri | TEDxMacquarieUniversity

<https://www.youtube.com/watch?v=M8d3pxVb4c4>



3. Μελέτες περιπτώσεων και ιστορίες επιτυχίας

Air0 – Breathe Finland

<https://air0.fi/en/>

Η εταιρία χρησιμοποιεί τη νανοτεχνολογία για τον καλύτερο μηχανικό και ηλεκτρικό καθαρισμό του αέρα. Το προϊόν smAIRt®600 απομακρύνει ακόμη και τα πιο λεπτά σωματίδια που μπορούν να μεταδώσουν αερομεταφερόμενες ασθένειες ή να αλλοιώσουν με άλλο τρόπο τον αέρα εσωτερικών χώρων, χάρη στα νανοϋλικά: μπορεί να απομακρύνει τις πτητικές οργανικές ενώσεις, τη μούχλα, τα βακτήρια, τους ιούς, τον καπνό, τις μυρωδιές κ.λπ., χωρίς να παράγει όζον.

CNM Technologies, Germany

<https://www.cnm-technologies.com>

Η εταιρεία ειδικεύεται στην ανάπτυξη, παραγωγή και εμπορία νανομεμβρανών με βάση τον άνθρακα. Αυτές οι μοριακά λεπτές μεμβράνες είναι οι λεπτότερες πολυμερείς μεμβράνες στον κόσμο, σύμφωνα με τον κατασκευαστή τους. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορους τομείς, όπως η ιατρική, η ενέργεια και η ηλεκτρονική.

Nanoalps GmbH, Italy: Nanoalps® System SOIL

<http://www.nanoalps.com/en/>

Η εταιρεία χρησιμοποιεί τη νανοτεχνολογία στην εφαρμοσμένη γεωτεχνική και την ανάπτυξη. Το προϊόν της Nanoalps® System SOIL μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απολύμανση του εδάφους και την ακινητοποίηση επιβλαβών ουσιών σε συνδυασμό με υδραυλικά συνδετικά υλικά. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την εξυγίανση, τη σταθεροποίηση και τη σκλήρυνση οδών, διαδρομών και γηπέδων.



4. Αναφορές

ScienceDirect (b). (2022). *Dendrimer - an overview*. ScienceDirect Topics. Retrieved October 9, 2022, from <https://www.sciencedirect.com/topics/nursing-and-health-professions/dendrimer>

ScienceDirect. (2022). *Carbon nanotubes- an overview*. ScienceDirect Topics. Retrieved October 9, 2022, from <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/carbon-nanotubes>

Folger, T. (2019, November 12). *Cages of Carbon*. Discover Magazine. Retrieved October 9, 2022, from <https://www.discovermagazine.com/the-sciences/cages-of-carbon>

Hochella, M. F., Mogk, D. W., Ranville, J., Allen, I. C., Luther, G. W., Marr, L. C., McGrail, B. P., Murayama, M., Qafoku, N. P., Rosso, K. M., Sahai, N., Schroeder, P. A., Vikesland, P., Westerhoff, P., & Yang, Y. (2019). Natural, incidental, and engineered nanomaterials and their impacts on the Earth System. *Science*, 363(6434). <https://doi.org/10.1126/science.aau8299>

Khan, I., Saeed, K., & Khan, I. (2019). Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian Journal of Chemistry*, 12(7), 908–931. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.05.011>

nanoHUB. (2009). *A Comparison of Scale: Macro, Micro, Nano*. nanoHUB.org. Retrieved October 10, 2022, from https://nanohub.org/resources/26670/download/Comparison_of_scale_Presentation.pdf

NNI (b). (2022). *Applications of nanotechnology*. National Nanotechnology Initiative. Retrieved October 10, 2022, from <https://www.nano.gov/about-nanotechnology/applications-nanotechnology>

Patel, K. D., Singh, R. K., & Kim, H.-W. (2018, December 21). *Carbon-based nanomaterials as an emerging platform for Theranostics*. Materials Horizons. Retrieved October 9, 2022, from <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2019/mh/c8mh00966j>

Yaqoob, A. A., Ahmad, H., Parveen, T., Ahmad, A., Oves, M., Ismail, I. M. I., Qari, H. A., Umar, K., & Mohamad Ibrahim, M. N. (2020). *Recent advances in metal decorated nanomaterials and their various biological applications: A Review*. Frontiers. Retrieved October 9, 2022, from <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fchem.2020.00341/full>