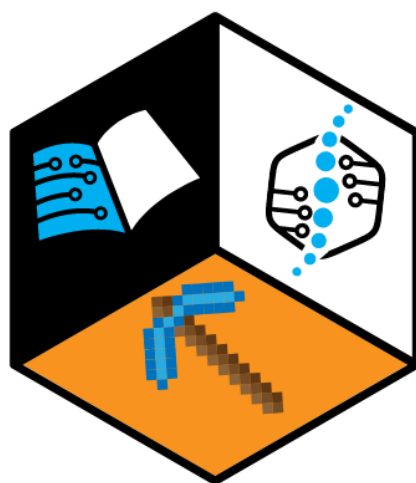


NANOWARE Πρόγραμμα Σπουδών

ΕΝΟΤΗΤΑ 1: ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ?

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ: R1/T1.1



NANOWARE

31.10.2022

ATERMON

Συντάχθηκε από: Άννα Σταμούλη

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



Co-funded by
the European Union

Η υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την παραγωγή της παρούσας δημοσίευσης δεν συνιστά έγκριση του περιεχομένου, το οποίο αντικατοπτρίζει τις απόψεις μόνο των συγγραφέων, και η Επιτροπή δεν μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνη για οποιαδήποτε χρήση των πληροφοριών που περιέχονται σε αυτήν.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή στην ενότητα	3
2. Macro, Micro και Νανοτεχνολογία	5
2.1 Μακροτεχνολογία	5
2.2 Μικροτεχνολογία	5
2.3 Νανοτεχνολογία	7
2.4 Μικροσκοπία έναντι νανοτεχνολογίας.....	8
3. Η ιστορία της Νανοτεχνολογίας.....	9
3.2 Εξέλιξη της νανοτεχνολογίας	10
3.3 Μελέτες περιπτώσεων και ιστορίες επιτυχίας	12
4. Αναφορές	14

1. Εισαγωγή στην ενότητα

Η ενότητα αυτή προσφέρει βασικές γνώσεις σχετικά με τη διαφορά μεταξύ μικρο-, μακρο- και νανοκλίμακας, καθώς και τη διαφορά μεταξύ μικροσκοπίας και νανοεπιστήμης. Εξηγεί επίσης εν συντομία την ιστορία και την εξέλιξη της νανοτεχνολογίας με σκοπό να εισαγάγει τον εκπαιδευόμενο στην ιδέα του χειρισμού της ύλης. Τέλος, η ενότητα παρουσιάζει τρεις ιστορίες επιτυχίας της νανοτεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκε για τη βελτίωση διαφορετικών τομέων.

Περιγραφή

Αυτή η ενότητα πρόκειται να υποδείξει τη βασική γνώση για την Νανοτεχνολογία. Για να επιτευχθεί αυτό, πρώτα, θα πρέπει να εξηγήσουμε τις διαφορές ανάμεσα στη μικρο micro, macro και της νανοτεχνολογίας. Έπειτα, οι εκπαιδευόμενοι θα εξερευνήσουν την ιστορία της νανοτεχνολογίας και την εξέλιξη της παρουσιάζοντας περιπτώσεις μελέτης και επιτυχημένες ιστορίες.

Στόχοι

Μέσω αυτής της ενότητας, οι εκπαιδευόμενοι θα καταλάβουν τη βασική θεωρία της νανοτεχνολογίας. Επίσης, θα μάθουν σχετικά με τις διαφοροποιήσεις ανάμεσα στη macro, micro και της νανοτεχνολογίας. Τελικά, θα μάθουν και θα εκτιμήσουν τα χαρακτηριστικά της νανοτεχνολογίας μέσω των μελετών περίπτωσης και των επιτυχημένων ιστοριών.

Στόχοι της εκπαίδευσης

Με αυτή την ενότητα, ελπίζουμε να προσφέρουμε στους εκπαιδευτικούς τα κατάλληλα εργαλεία για να κατανοήσουν και να διδάξουν με επάρκεια τα βασικά της νανοτεχνολογίας. Ιδανικά, οι εκπαιδευόμενοι θα κατανοήσουν τις διαφορές στην κλίμακα και, μέσω της ιστορίας της νανοτεχνολογίας, θα εκτιμήσουν την εξέλιξή της και τις εφαρμογές της στη ζωή.

Μαθησιακά αποτελέσματα

Με την επιτυχή ολοκλήρωση αυτής της ενότητας, οι εκπαιδευόμενοι θα πρέπει να είναι σε θέση να:

- Να γνωρίζουν την ιστορία και την εξέλιξη της νανοτεχνολογίας.
- Να κατανοούν τις βασικές αρχές και τις διαφορές της μακρο-, μικρο- και νανοτεχνολογίας



Increasing nanotechnology awareness
at European Schools
2021-2-PL01-KA220-SCH-000051200



Co-funded by
the European Union

Εκτιμώμενος χρόνος καθίσματος.

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

2. Macro, Micro και Νανοτεχνολογία

Macro, micro και νανοτεχνολογία αναφέρονται σε διαφορετικές κλίμακες που μας βοηθούν να αντιληφθούμε το μέγεθος των αντικειμένων, τις εφαρμογές τους και τις ιδιότητές τους.

2.1 Μακροτεχνολογία

Η μακροκλίμακα αφορά οτιδήποτε είναι ορατό με γυμνό μάτι, ή αλλιώς τη "γεωμετρία της τάξης των χιλιοστών και πάνω" (ScienceDirect, 2022). Με άλλα λόγια, η μακροκλίμακα είναι κάτι μεγάλο σε κλίμακα.

Η μακροκλίμακα χρησιμοποιείται επίσης για την παρατήρηση φυσικών φαινομένων όπως ο καιρός. Στη μετεωρολογία, η μακροκλίμακα αναφέρεται σε "συνοπτικά γεγονότα που συμβαίνουν σε κλίμακα χιλιάδων χιλιομέτρων, όπως τα θερμά και ψυχρά μέτωπα" (AMS, 2012). Παράδειγμα: Η κλίμακα μιας λάμπας είναι μακροσκοπική.

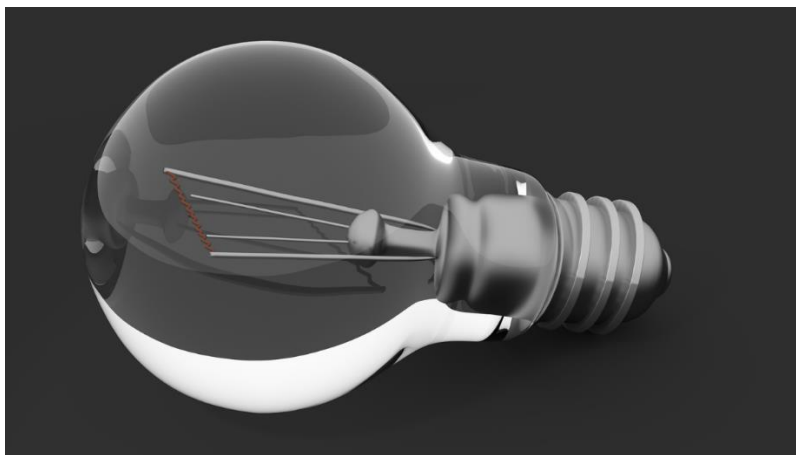


Image title: Lightbulb

Source: Pixabay.com

2.2 Μικροτεχνολογία

Η μικροκλίμακα αναφέρεται σε "κλίμακες μήκους κάτω του χιλιοστού έως και την περιοχή των μικρομέτρων" (ό.π.). Η μικροσκοπική ύλη δεν είναι ορατή με γυμνό μάτι χωρίς τη χρήση μικροσκοπίου.

Η μικροσκοπία είναι ο επιστημονικός τομέας που χρησιμοποιεί μικροσκόπια για να δει και να μελετήσει τις δομές και τις ιδιότητες των υλικών (U.Ed., 2022).



Image title: Microscope

Source: Pixabay.com

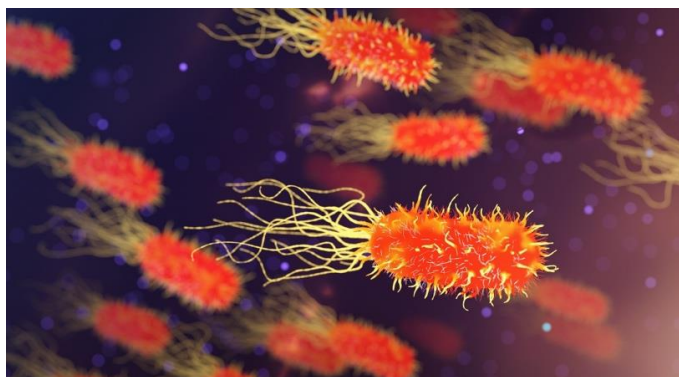


Image title: Bacteria, Microbiology

Source: Pixabay.com

Μικροτεχνολογία είναι η τεχνολογία που δημιουργεί ή χρησιμοποιεί μικροσκοπικά εξαρτήματα, εξοπλισμό και συστήματα για διεπιστημονικούς σκοπούς, συνήθως στην ηλεκτρονική, τα συστήματα υπολογιστών, τη μηχανική, τις χημικές διεργασίες κ.ά. (SCME, 2017).

Ένα μικρόμετρο είναι 10^{-6} (ένα εκατομμυριοστό) του μέτρου.

2.3 Νανοτεχνολογία

Ως πρόθεμα μονάδας, το νάνο σημαίνει ένα δισεκατομμυριοστό (10^{-9} ή 0,000000001).

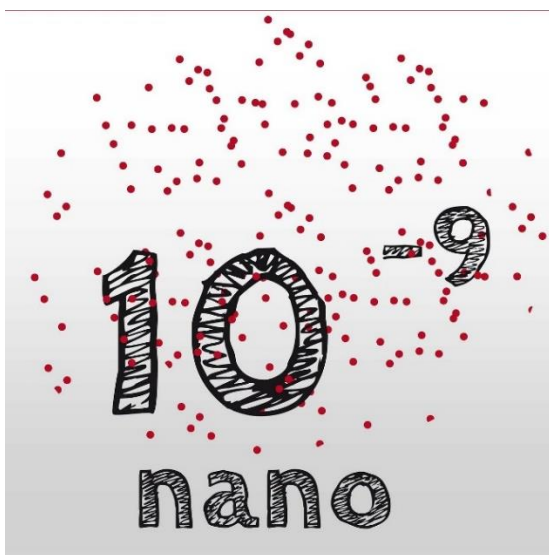


Image title: Nano

Source: Pixabay.com

Η νανοκλίμακα (1-100 nm) αναφέρεται στην ύλη που μετρίεται σε εξαιρετικά μικρές μονάδες μήκους που ονομάζονται νανόμετρα.

Ένα νανόμετρο (nm) ισούται με ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου (NGS, 2022).



Μια κλωστή ανθρώπινης τρίχας έχει πλάτος περίπου 80.000 έως 100.000 nm.

Η νανοτεχνολογία είναι η κατανόηση και ο έλεγχος της ύλης στη νανοκλίμακα (NGS, 2022). Σε αυτή την κλίμακα, τα υλικά παρουσιάζουν μοναδικές φυσικές, χημικές, μηχανικές και οπτικές ιδιότητες- ο χειρισμός των υλικών στη νανοκλίμακα μπορεί να παράγει νέες δομές, υλικά και συσκευές χάρη στις ιδιαίτερες ιδιότητές τους (CDC, 2020). Ως αποτέλεσμα, η νανοτεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς, όπως η χημεία, η βιολογία, η φυσική, η επιστήμη των υλικών και η μηχανική (NNI, 2022).“Εισαγωγή στη Νανοτεχνολογία”: <https://www.nisenet.org/whatisnanotechnology> (<https://vimeo.com/11362918>)



“ Η νανοεπιστήμη και η νανοτεχνολογία περιλαμβάνουν την ικανότητα να βλέπουμε και να ελέγχουμε μεμονωμένα άτομα και μόρια” (NNI, 2022). Χειριζόμενοι την ύλη στη νανοκλίμακα (π.χ. αλλάζοντας το μέγεθος των σωματιδίων), οι επιστήμονες μπορούν να μεταβάλουν τις επιφάνειες ενός υλικού, επιτρέποντας έτσι σε περισσότερα άτομα να αλληλεπιδρούν με άλλα υλικά. Οι αυξημένες επιφάνειες καθιστούν τα υλικά νανοκλίμακας "ίσχυρότερα, ανθεκτικότερα και πιο αγωγίμα από τα αντίστοιχα υλικά μεγαλύτερης κλίμακας (που ονομάζονται χύδην)" (NGS, 2022).



Η νανοεπιστήμη μπορεί επίσης να οριστεί ως "η μελέτη νέων φαινομένων και ιδιοτήτων των υλικών που εμφανίζονται σε εξαιρετικά μικρές κλίμακες μήκους" (nanoHUB, 2009).

2.4 Μικροσκοπία έναντι νανοτεχνολογίας

Η μικροσκοπία αφορά την εργασία σε μικρότερες διαστάσεις με τη χρήση μικροσκοπίων για την κατανόηση της συμπεριφοράς των συστατικών υλικών που δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι.

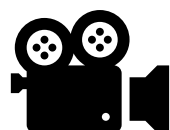
Η νανοτεχνολογία αφορά την αξιοποίηση των μοναδικών ιδιοτήτων (φυσικών, χημικών, μηχανικών, οπτικών) των υλικών που εμφανίζονται φυσικά στη νανοκλίμακα (ό.π.).

Μέσω αυτής της διαδικασίας, οι επιστήμονες μπορούν να επέμβουν και να τροποποιήσουν ή να βελτιώσουν καταναλωτικά προϊόντα, να φέρουν επανάσταση στην ιατρική ή ακόμη και να αντιμετωπίσουν περιβαλλοντικά ζητήματα (ibid.).



Image title: Nanotechnology

Source: Pixabay.com



Παρακαλούμε, παρακολουθήστε τα παρακάτω βίντεο!

Εισαγωγή: https://www.youtube.com/watch?v=j_wQgy97Pi4

Η νανοτεχνολογία δεν είναι απλά το να κάνεις τα πράγματα μικρότερα | Noushin Nasiri
| TEDxMacquarieUniversity

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

3. Η ιστορία της Νανοτεχνολογίας

Ο φυσικός Richard Feynman θεωρείται ο πατέρας της νανοτεχνολογίας, καθώς εισήγαγε ιδέες και έννοιες πίσω από τη νανοεπιστήμη και τη νανοτεχνολογία τη δεκαετία του 1960. Στην περιβόητη ομιλία του με τίτλο "There's Plenty of Room at the Bottom" (Υπάρχει άφθονος χώρος στον πάτο) σε μια συνάντηση της Αμερικανικής Φυσικής Εταιρείας στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Καλιφόρνιας (CalTech), ο Feynman περιέγραψε "μια διαδικασία κατά την οποία οι επιστήμονες θα μπορούσαν να χειρίζονται και να ελέγχουν μεμονωμένα άτομα και μόρια" (NNI, 2022).

Το 1974, ο καθηγητής Nori Taniguchi χρησιμοποίησε τον όρο νανοτεχνολογία για να περιγράψει "την επεξεργασία του διαχωρισμού, της παγίωσης και της παραμόρφωσης υλικών από ένα άτομο ή ένα μόριο" (ScienceDirect, 2022).

Το 1981, οι Gerd Binnig και Heinrich Rohrer ανέπτυξαν το μικροσκόπιο σάρωσης σήραγγας (STM), το οποίο απεικονίζει τις επιφάνειες των υλικών σε ατομικό επίπεδο (Poole, 2017). Η σύγχρονη νανοτεχνολογία ξεκίνησε χάρη σε:

- **STM και την ικανότητά του να βλέπει και να ελέγχει μεμονωμένα άτομα**
- **Μικροσκοπία Ατομικής Δύναμης (AFM):** μια μη οπτική τεχνική απεικόνισης υψηλής ανάλυσης που παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τους Binnig, Quate και Gerber το 1985 (Binnig et al., 1986).



Image title: Nanotechnology

Source: Pixabay.com

3.2 Εξέλιξη της νανοτεχνολογίας

Παρόλο που ο όρος νανοτεχνολογία γεννήθηκε στα μέσα του 20ου αιώνα και η νανοεπιστήμη εξελίχθηκε στις δεκαετίες που ακολούθησαν, τα νανοςωματίδια και οι δομές χρησιμοποιούνται εδώ και αιώνες.

Τον τέταρτο αιώνα μ.Χ., οι Ρωμαίοι ανακάλυψαν ότι η προσθήκη σωματιδίων χρυσού και αργύρου στο γυαλί δημιουργεί ένα εντυπωσιακό αποτέλεσμα: το γυαλί φαίνεται πράσινο από έξω, αλλά φωτεινό κόκκινο όταν φωτίζεται από μέσα. Το περίφημο τελετουργικό αγγείο που ονομάζεται "Κύπελλο του Λυκούργου" (συλλογή του Βρετανικού Μουσείου) είναι ένα τέλειο παράδειγμα αυτής της τεχνικής.



Image title: The Lycurgus Cup

Source: Researchgate.net

Ο χαλκός και άλλα νανοσωματίδια χρησιμοποιούνταν για το γάνωμα των κεραμικών στην Ασία και την Ευρώπη για πολλούς αιώνες (9ος-17ος).

Τα μεσαιωνικά βιτρό είναι διάσημα μεταξύ των παραδειγμάτων της προ-νεωτερικής χρήσης νανοϋλικών στην Ευρώπη: μικρά σωματίδια χρυσού και αργύρου χρησιμοποιήθηκαν σε διάφορες ποσότητες για την παραγωγή φωτεινών κόκκινων και κίτρινων χρωμάτων (NGS, 2022).

Η ιταλική αναγεννησιακή κεραμική (16ος αιώνας) εμπνεύστηκε από οθωμανικές τεχνικές.

Κατά τη διάρκεια του 13ου-18ου αιώνα, διάφορες τεχνικές στον ισλαμικό κόσμο οδήγησαν στη δημιουργία του περίφημου χάλυβα της "Δαμασκού". Οι λεπίδες Δαμασκού είχαν ένα χαρακτηριστικό κυματιστό μοτίβο και ήταν εξαιρετικά κοφτερές και ανθεκτικές- η ηλεκτρονική μικροσκοπία διέλευσης υψηλής ανάλυσης αποκαλύπτει ότι ο χάλυβας Δαμασκού περιέχει νανοσωλήνες άνθρακα καθώς και νανოსύρματα τσιμεντίτη (Reibold et al., 2006).

Το 1857, ο Michael Faraday εξέτασε το ρουμπινί χρώμα του κολλοειδούς χρυσού, προσθέτοντας σε μια σειρά ερευνών σχετικά με τις σχέσεις της ύλης και των ηλεκτρικών, μαγνητικών και οπτικών φαινομένων και οδηγώντας στην αδιαμφισβήτητη εμφάνιση της νανοεπιστήμης και της νανοτεχνολογίας (Thompson, 2007).

Η εφεύρεση του STM τη δεκαετία του 1980 αποτέλεσε την αρχή της απεικόνισης επιφανειών σε ατομικό επίπεδο- το STM χρησιμοποιήθηκε επίσης για τον χειρισμό ατόμων και μορίων με σκοπό τη δημιουργία νέων δομών (Bayda et al., 2019).

Μετά το STM, οι επιστήμονες ανέπτυξαν το AFM και τα μικροσκόπια σάρωσης (SPM) που χρησιμοποιεί η νανοεπιστήμη μέχρι σήμερα (ό.π.). Όλες αυτές οι νέες τεχνικές απεικόνισης και χειρισμού οδήγησαν στη χημεία του άνθρακα, προσφέροντας νέες εύκαμπτες και ανθεκτικές ενώσεις άνθρακα με τη δυνατότητα πολυάριθμων εφαρμογών (βλ. για παράδειγμα ανακαλύψεις της νανοτεχνολογίας όπως οι νανοσωλήνες άνθρακα).

Στα τέλη του 20ού αιώνα, η νανοεπιστήμη και η νανοτεχνολογία ήταν ήδη πολύ δημοφιλείς, με κυβερνήσεις και εταιρείες να επενδύουν σε έναν τόσο πολλά υποσχόμενο τομέα. Η νανοεπιστήμη εξαπλώθηκε σε πολλούς τομείς, όπως η επιστήμη των υπολογιστών, η μηχανική, η βιολογία και η ιατρική. Από τις αρχές της δεκαετίας του 2000, τα νανοϋλικά έχουν χρησιμοποιηθεί σε μεγάλη ποικιλία καταναλωτικών προϊόντων, από αθλητικό εξοπλισμό μέχρι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές (NGS, 2022).

3.3 Μελέτες περιπτώσεων και ιστορίες επιτυχίας

Η νανοτεχνολογία στον 21ο αιώνα είναι ευρέως διαδεδομένη στον ανεπτυγμένο κόσμο και φέρνει επανάσταση σε διάφορους επιστημονικούς και τεχνικούς τομείς. Μια απλή διαδικτυακή αναζήτηση μπορεί να αποκαλύψει πλήθος αποτελεσμάτων σχετικά με επιτυχημένες εφαρμογές της νανοεπιστήμης και της νανοτεχνολογίας. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα εταιρειών που επιφέρουν αντίκτυπο μέσω του χειρισμού της ύλης στη νανοκλίμακα:

Anavo Medical: “Cutting-edge nanotechnology that heals wounds”

<https://www.anavo.ch>

Η Anavo Medical είναι μια ελβετική νεοφυής επιχείρηση που έχει βραβευτεί με το βραβείο Nanotechnology Start-up Prize από το ελβετικό δίκτυο MNT.

Η εταιρεία χειρίζεται νανοσωματίδια για την επούλωση πληγών και την ασφαλή αναγέννηση ιστών. Μαζί με κορυφαίους κλινικούς ιατρούς στον τομέα, η επιστημονική ομάδα έχει αναπτύξει ένα μοναδικό σκεύασμα που βασίζεται σε νανοτεχνολογία αιχμής: έχουν αναπτύξει νανοσωματίδια μικτών οξειδίων μετάλλων που διεγείρουν την αναγέννηση και έχουν αντιφλεγμονώδεις και αντιμικροβιακές ιδιότητες. Το επαναστατικό έργο της ομάδας αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη λύση σε έναν κόσμο που γερνάει,

όπου οι χρόνιες ασθένειες που προκαλούν μη επουλωτικές πληγές, όπως ο διαβήτης, είναι ευρέως διαδεδομένες.

Nfinite Nanotechnology: Νινέτ: "Προστατεύουμε τη Γη, ένα άτομο τη φορά"

<https://www.nfinitenano.com>

Η Nfinite Nanotechnology έχει αναπτύξει μια ανώτερη τεχνική νανοεπίστρωσης που βελτιώνει τις επιδόσεις των βιώσιμων συσκευασιών. Με την τεχνική αυτή, οι κομποστοποιήσιμες και ανακυκλώσιμες συσκευασίες εμπλουτίζονται με χαρακτηριστικά νανοεπίστρωσης με αποτέλεσμα τη διατήρηση φρέσκων τροφίμων για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Η νανοεπίστρωση είναι ασφαλής για τα τρόφιμα και φιλική προς το περιβάλλον, ενώ είναι επίσης πολυλειτουργική και διαθέτει αντιμικροβιακές και προστατευτικές ιδιότητες έναντι της υπεριώδους ακτινοβολίας. Επιπλέον, είναι εύκαμπτη και ανθεκτική, συμβατή με πλήρως κομποστοποιήσιμα και ανακυκλώσιμα υλικά και οικονομικά αποδοτική, καθώς μπορεί να ενσωματωθεί απευθείας στις γραμμές παραγωγής.

Ως αποτέλεσμα, η νανοεπίστρωση της Nfinite είναι μια ελκυστική λύση για τη βιομηχανία τροφίμων και μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση για ένα βιώσιμο μέλλον χωρίς πλαστικά απόβλητα.

Bridgestone: "NanoPro-Tech™".

https://www.bridgestone.com/technology_innovation/nanopro-tech/

Η ομάδα E&A της Bridgestone εργάζεται πάνω στην τεχνολογία σχεδιασμού σε μοριακό επίπεδο χρησιμοποιώντας την "Τεχνολογία Ελέγχου Ιδιοτήτων Προσανατολισμένων στη Νανοδομή" (NanoPro-Tech). Αυτή η μοναδική τεχνολογία διασκορπίζει το διοξείδιο του πυριτίου και το καουτσούκ, παράγοντας έτσι ένα ευρύ φάσμα τελικών αποτελεσμάτων που μπορούν να ικανοποιήσουν ποικίλες ανάγκες των τελικών χρηστών.

Η νανοτεχνολογία στην παραγωγή ελαστικών αυξάνει την αποδοτικότητα, την ανθεκτικότητα και την απόδοση πρόσφυσης, χάρη σε νέα υλικά και μείγματα ελαστικών που ανταποκρίνονται σε μια πληθώρα απαιτήσεων απόδοσης ελαστικών.

4. Αναφορές

- AMS. (2012). *Macroscale*. AMS - Glossary of Meteorology. Retrieved October 10, 2022, from <https://glossary.ametsoc.org/wiki/Macroscale>
- Bayda, S., Adeel, M., Tuccinardi, T., Cordani, M., & Rizzolio, F. (2019, December 27). *The history of nanoscience and nanotechnology: From chemical-physical applications to nanomedicine*. Molecules (Basel, Switzerland). Retrieved October 5, 2022, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6982820/#B16-molecules-25-00112>
- Binnig, G., Quate, C. F., & Gerber, C. (1986). Atomic Force Microscope. *Physical Review Letters*, 56(9), 930–933. <https://doi.org/10.1103/physrevlett.56.930>
- CDC. (2020, March 27). *Nanotechnology*. Centers for Disease Control and Prevention. Retrieved October 3, 2022, from <https://www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech/default.html>
- 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
- NGS. (2022). *Nanotechnology*. National Geographic Society. Retrieved October 10, 2022, from <https://education.nationalgeographic.org/resource/nanotechnology>
- NNI. (2022). *What is nanotechnology?* National Nanotechnology Initiative. Retrieved October 3, 2022, from <https://www.nano.gov/nanotech-101/what/definition>
- Poole, D. (2017). *1981: The Scanning Tunneling Microscope (STM)*. Safe Swiss Cloud. Retrieved October 3, 2022, from <https://safeswisscloud.com/en/blog/1981-scanning-tunneling-microscope-stm/>
- Reibold, M., Paufler, P., Levin, A. A., Kochmann, W., Pätzke, N., & Meyer, D. C. (2006, November 15). *Carbon nanotubes in an ancient Damascus sabre*. Nature News. Retrieved October 4, 2022, from <https://www.nature.com/articles/444286a>
- ScienceDirect. (2022). *Macroscale*. Macroscale - an overview | ScienceDirect Topics. Retrieved October 10, 2022, from <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/macroscale>
- ScienceDirect. (2022). *Taniguchi - an overview*. ScienceDirect Topics. Retrieved October 3, 2022, from <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/taniguchi>

Southwest Center for Microsystems Education (SCME). (2017). *A Comparison of Scale: Macro, Micro, Nano*. nanoHUB.org. Retrieved October 10, 2022, from https://nanohub.org/resources/26676/download/Int_Scale_PK12_PG.pdf

Thompson, D. (2007). *Michael Faraday's recognition of Ruby Gold: The birth of modern nanotechnology - gold bulletin*. SpringerLink. Retrieved October 5, 2022, from <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03215598>

U.Ed. (2022). *What is microscopy?* The University of Edinburgh. Retrieved October 10, 2022, from <https://www.ed.ac.uk/clinical-sciences/edinburgh-imaging/for-patients-study-participants/tell-me-more-about-my-scan/what-is-microscopy>