

ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ Ι: Σχέδιο για την προετοιμασία εκπόνησης Δημιουργικής Εργασίας

Ενδεικτικό Παράδειγμα: Χημεία, Β΄ Λυκείου

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΕΥΘΥΝΟΥ/ΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ...	ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ: ...	ΘΕΜΑΤΙΚΟΣ ΠΥΛΩΝΑΣ II ΜΑΘΗΜΑ: ΧΗΜΕΙΑ Β΄ Λυκείου
--------------------	-----------------	---

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ/ΟΥΣΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/-ΤΡΙΩΝ

A/A	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΤΑΞΗ/ΤΜΗΜΑ
1		
2		
3		
...		

1. ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1.1 ΤΙΤΛΟΣ

Νανοτεχνολογία, ο Γίγαντας της τεχνολογίας.

1.2 ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ

Νανο-υποδιαίρεση, ιστορική αναδρομή, εφαρμογές νανοτεχνολογίας, νανοϋλικά, απομίμηση φυσικών υλικών, οργανικά νανοϋλικά, νανοϋλικά και περιβάλλον (πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα), μικκύλια, μεταφορείς δραστικών ουσιών.

1.3 ΣΚΟΠΟΣ

Η σύνδεση μοριακού και στερεοχημικού τύπου των φουλερενίων, η διαπίστωση της «απομίμησης» των νανοϋλικών που απαντώνται στη φύση με τα αντίστοιχα συνθετικά/τεχνητά καθώς και ο ρόλος τους ως «μεταφορείς» ουσιών όπως και η διαπίστωση της διεπιστημονικότητας της νανο-επιστήμης.

1.4 ΜΑΘΗΜΑ/ ΚΕΦΑΛΑΙΟ/ΕΝΟΤΗΤΑ

Χημεία Β΄ Λυκείου / Κεφάλαιο 2ο και Κεφάλαιο 5ο / Ενότητα 5.2

1.5 ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Με το πέρας της εργασίας ο/η μαθητής/τρια να μπορεί:

- να αιτιολογεί, με τον προσφορότερο για εκείνον/νη τρόπο, την απουσία υδρογόνων από τα μόρια των φουλερενίων,
- να περιγράφει τον τρόπο που τα νανοϋλικά χρησιμεύουν ως «μεταφορείς» δραστικών ουσιών με φαρμακολογική δράση.

1.6 ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ/ΠΗΓΕΣ ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΘΟΥΝ

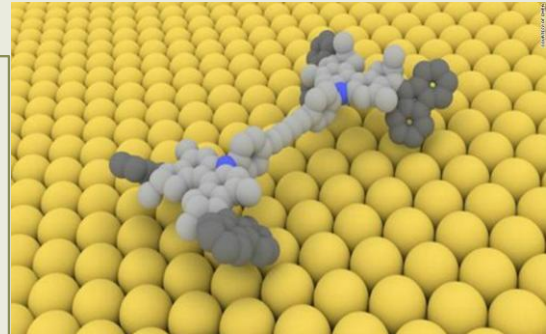
ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΑ/ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

- Πώς θα περιγράφατε (με τον καταλληλότερο τρόπο) τις διαστάσεις των νανοϋλικών; Προτείνεται να τις συγκρίνετε με αυτές του ορατού κόσμου.
- Ποιες εφαρμογές των φυσικών υλικών και οργανισμών που ερμηνεύονται από την νανοεπιστήμη σας έκαναν εντύπωση; Τι συμβαίνει σε κάθε μια από αυτές;
- Θα μπορούσατε να αναφέρετε παραδείγματα τεχνολογικών τεχνημάτων, εμπνευσμένα από τα φυσικά νανοϋλικά και να περιγράψετε τη μιμητική λειτουργία αυτών;
- Πώς θα περιγράφατε, τη δομή ενός φουλερενίου (π.χ. C₆₀), ως προς το είδος των δεσμών, και τη διάταξη των ατόμων στο χώρο;
- Με ποιο μηχανισμό θα μπορούσαν ορισμένα νανοϋλικά να λειτουργήσουν και ως «μεταφορείς» δραστικών ουσιών; Υπάρχουν κοινά χαρακτηριστικά στον παραπάνω μηχανισμό με αυτόν της απορρυπαντικής δράσης;
- Μπορείτε να αιτιολογήσετε τον χαρακτηρισμό της νανοτεχνολογίας ως έναν «διεπιστημονικό κλάδο»;
- Ποια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα καταγράφετε από τη χρήση της νανοτεχνολογίας στην καθημερινή ζωή;
- Θα μπορούσατε να ενημερωθείτε, να οργανώσετε και να παρουσιάσετε, με όποιον τρόπο νομίζετε προσφορότερο μια ανακοίνωση για τον τύπο, ή μια διαφήμιση, ή ένα επιστημονικό άρθρο ή μια ενημέρωση στους/στις συμμαθητές/ήτριες σας που να αφορά τα νανοϋλικά; Προτείνεται να περιλαμβάνει: ετυμολογία, ορισμό, ιστορική αναδρομή, παραδείγματα από τον φυσικό κόσμο και τον τεχνολογικό χώρο, ανάλυση ενός συγκεκριμένου παραδείγματος, σύνδεση με άλλες επιστήμες, ο ρόλος τους στην κοινωνία.

Προκειμένου οι μαθητές/τριες να διαχειριστούν καλύτερα τη βιβλιογραφία και τον χρόνο τους προτείνουμε το ακόλουθο διδακτικό υλικό με θέμα τα νανοϋλικά. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να το διαθέτουν στους μαθητές/τριες τους κατά τη διάρκεια της εργασίας τους σταδιακά, ανάλογα με την πρόοδο αυτής. Ωστόσο είναι προαιρετικό, και φυσικά το περιεχόμενο μπορεί να διαμορφωθεί, ανάλογα με το θέμα, τον σκοπό, τη δυναμική της ομάδας κ.ά.

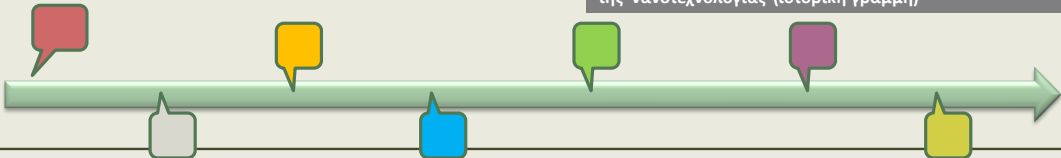
Νανοτεχνολογία: γιατί ονομάστηκε έτσι;

Αναπαραστήστε (όπως εσείς νομίζετε καλύτερα) την υποδιαίρεση: nano-

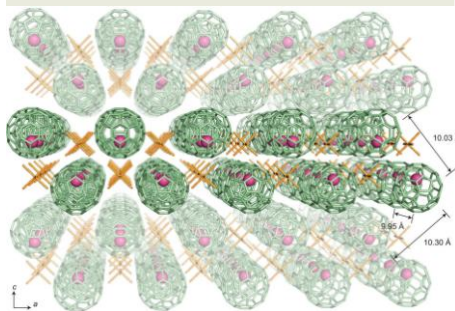


A CGI of the electric-powered nano car created by Dutch researchers

Παρουσιάστε μια σύντομη ιστορική αναδρομή της εξέλιξης της νανοτεχνολογίας (ιστορική γραμμή)



Αναλύστε ένα παράδειγμα από το Φυσικό Κόσμο που να ερμηνεύεται με όρους Νανοτεχνολογίας



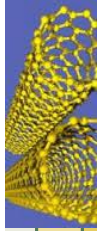
http://www.nature.com/nchem/journal/v2/n8/fig_tab/nchem.698_F5.html

Όνομα	
Μέρος εμφάνισης	
Ποιος ο ρόλος του	
Πώς λειτουργεί	
Τι προσφέρει	

Πώς θα περιγράφατε την νανοτεχνολογία σε ένα φίλο σας, μικρότερης ηλικίας; Τι θα του λέγατε ότι είναι και εν τέλει, που οφείλονται οι ιδιότητες αυτών των υλικών;

Βάλτε μια εικόνα, φωτογραφία, γραφική παράσταση, ή ζωγραφίστε, οτιδήποτε που θα μπορούσε να βοηθήσει στην κατανόηση του όρου νανοτεχνολογία

Όταν οι επιστήμονες «ζηλεύουν» τη φύση. Νανοτεχνολογικές εφαρμογές, εμπνευσμένες από τη φύση



<http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/11/98/20140371>

Ηθικά ζητήματα από τη χρήση των νανοϋλικών

Ποια τα πλεονεκτήματα των νανοϋλικών στην κοινωνία;

Αν ήσασταν φουλερένιο, πώς θα πείθατε μια δραστική ουσία με φαρμακολογική δράση να ενωθεί μαζί σας ώστε να φτάσει στο στόχο της

Ακολουθούν αποσπάσματα από τις ακόλουθες πηγές, που εξυπηρετούν τους στόχους της εργασίας:

1. European Commission
EUR 21151EL — Νανοτεχνολογία – Καινοτομίες για τον αυριανό κόσμο
Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities
2007 — 56 pp. — 21.0 x 29.7 cm
ISBN 92-79-00876-5
2. Λούρου Σταυρούλα, (2012), «Νανοτεχνολογία και εφαρμογές», Τμήμα Ηλεκτρονικής, Τ.Ε.Ι Λαμίας
3. Μπαρτουκούδη Μαρία, (2010), «Νανοςύνθετα οργανικά υλικά (οργανικά νανοϋλικά) και εφαρμογές τους», Τμήμα τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τ.Ε.Ι Καβάλας.
4. Λιοδάκης, Στ., Γάκης, Δ., Θεωδορόπουλος, Δ., Θεωδορόπουλος, Π., Κάλλης, Αν. (2016), *Χημεία για την Β΄ τάξη Γενικού Λυκείου*, ΙΤΥΕ ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ στη ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Ως *νανοτεχνολογία* ορίζεται το πεδίο των εφαρμογών της μηχανικής που χρησιμοποιεί δομές μεγέθους μορίου. Η κλίμακα μέτρησης των δομών αυτών είναι η νανοκλίμακα και αποδίδει τα μεγέθη τους σε νανόμετρα (nm), δηλαδή σε πολλαπλάσια του ενός δισεκατομμυριοστού του μέτρου. Ως επί το πλείστον, στο πεδίο της νανοτεχνολογίας οι δομές ενδιαφέροντος συνήθως έχουν μέγεθος μικρότερο των 300nm. Συγκριτικά, η διατομή μιας ανθρώπινης τρίχας είναι περίπου 60.000nm, ενός μορίου DNA από 2 έως 2,5 nm, και ενός μορίου νερού σχεδόν 0,3nm. Οι δράσεις της νανοτεχνολογίας περιλαμβάνουν το σχεδιασμό και την κατασκευή των υλικών στο επίπεδο του μορίου και το ατόμου, καθώς και τις ποικίλες εφαρμογές των υλικών αυτών. Η ύλη, στα επίπεδα που την εξετάζει η νανοτεχνολογία, εμφανίζει ιδιότητες κβαντικής φύσεως, τελείως διαφορετικές από τις ιδιότητες των μακροσκοπικών μεγεθών που περιτριγυρίζουν τον άνθρωπο στην καθημερινότητα του.

Συνεπώς, η νανοτεχνολογία έχει χαρακτήρα διεπιστημονικό, αφού συνδυάζεται άριστα με τις υπόλοιπες επιστήμες των οποίων οι δομές που τις απαρτίζουν μετρώνται και αυτές στην ίδια κλίμακα (νανοκλίμακα), όπως η κβαντική φυσική, η χημεία, η βιολογία, η πληροφορική και μικροηλεκτρονική κτλ.

ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΜΟΡΙΑ- ΝΑΝΟΜΗΧΑΝΕΣ

Η λειτουργία της στοιχειώδους δομικής μονάδας της ζωής, του κυττάρου, στηρίζεται σε οργανικά μόρια (πρωτεΐνες, ένζυμα, RNA, DNA) και σε κυτταρικά οργανίδια (μιτοχόνδρια, χλωροπλάστες, ριβοσώματα) που έχουν αναπτύξει έναν ιδιαίτερο βαθμό εξειδίκευσης στην λειτουργία που επιτελούν. Οι μηχανισμοί αυτοί έχουν όλα τα γνωρίσματα μηχανών σε επίπεδο νανοκλίμακας. Χαρακτηριστικά αναφέρονται τα ριβοσώματα, κυτταρικά οργανίδια που παράγουν όλα τα πιθανά μόρια πρωτεϊνών σύμφωνα με τις οδηγίες του γενετικού υλικού DNA.

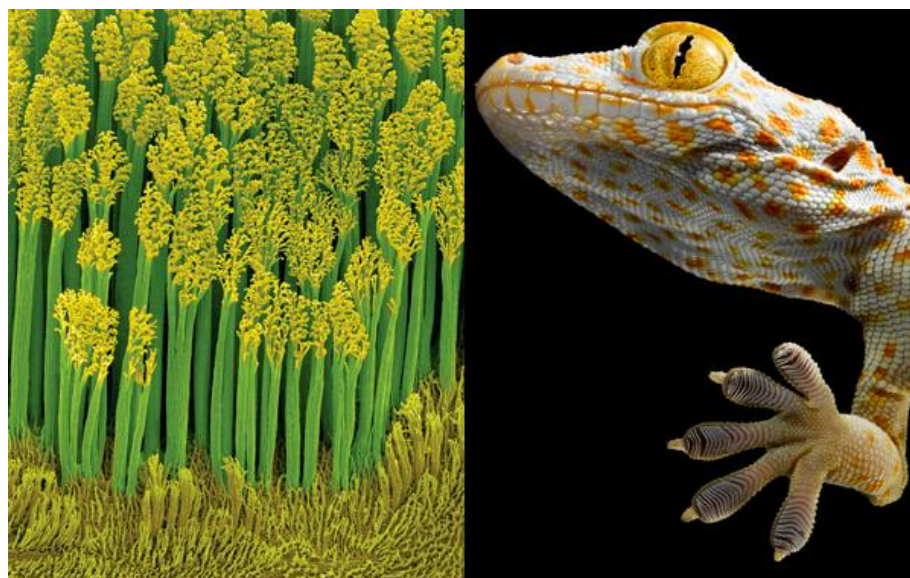
Οι πρώτοι καρποί αυτού του είδους νανοβιοτεχνολογίας είναι νέα φάρμακα που δεσμεύουν τα ριβοσώματα βακτηρίων. Τα ριβοσώματα είναι νανομηχανές συναρμολόγησης των πρωτεϊνών με πρώτες ύλες τα 20 αμινοξέα και με συγκεκριμένη αλληλουχία.

ΝΑΝΟΥΛΙΚΑ ΣΕ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

Οι εταιρείες Νανοτεχνολογίας για να μετατρέψουν τα νανοσωματίδια σε χρήσιμα και εμπορεύσιμα προϊόντα, μελετάνε τη Μητέρα Φύση και την χρησιμοποιούν ως πρότυπο καθώς η φύση είναι εξειδικευμένη στο να κατασκευάζει οργανικές δομές νανοκλίμακας.

Καλύτερο και πιο γνωστό παράδειγμα μιας αυτοκαθαριζόμενης επιφάνειας είναι το λεγόμενο φαινόμενο του λωτού. Το φαινόμενο του λωτού οφείλει την ονομασία του στον τρόπο καθαρισμού των φύλλων του άνθους του λωτού. Ανακαλύφθηκε από τους βοτανολόγους Wilhelm Barthlott και Christoph Neinhuis από το Πανεπιστήμιο της Βόννης στη Γερμανία. Τα άνθη του λωτού είναι επικαλυμμένα με μικροσκοπικά υδρόφοβα σωματίδια. Κατά την επαφή του νερού με αυτά τα σωματίδια, δεν υγραίνονται τα φύλλα και το νερό κυλάει απλά μακριά, παίρνοντας μαζί του κάθε ακαθαρσία στο πέρασμά του. Για να μεταφερθεί το φαινόμενο του λωτού σε επιστρώσεις, είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί μια υδρόφοβη επιφάνεια με πολύ χαμηλή επιφανειακή τάση, σε συνδυασμό με την κατάλληλη νανοδομή. Με την τεχνολογία αυτή επινοούνται προϊόντα με νέες και έξυπνες ιδιότητες.

Σκαθάρια, μύγες, αράχνες, σαύρες γκέκο αποκάλυψαν τα μυστικά τους στο Ινστιτούτο Μεταλλογνώσιας Max-Planck, στη Στουτγάρδη. Προσφύονται με τη βοήθεια τριχιδίων σε επιφάνειες, όπου σχηματίζονται δεσμοί Van der Waals. Όσο βαρύτερο είναι το ζώο, τόσο λεπτότερα και πολυπληθέστερα τα τριχίδια. Παρατηρώντας σ' ένα απλό μικροσκόπιο τα πόδια μιας σαύρας γκέκο, διακρίνονται επάνω τους εκατοντάδες πτυχώσεις. Παρατηρώντας ακόμα πιο κοντά, με ένα πιο ισχυρό μικροσκόπιο, διαπιστώνεται ότι, σε κάθε πτύχωση υπάρχουν εκατομμύρια δεσμίδες, που αποτελούνται από πολύ μικρά τριχίδια, τόσο μικρά που μπορούν να υπολογιστούν μόνο στη νανοκλίμακα. Οι επιστήμονες παρατήρησαν ότι τα πόδια της σαύρας κολλάνε και ξεκολλάνε εύκολα και γρήγορα σε λείες ή τραχιές επιφάνειες.



Στη δεξιά εικόνα διακρίνεται η σαύρα Gecko και το πόδι αυτής έτσι όπως παρατηρείται με γυμνό μάτι.

Η αριστερή εικόνα προέρχεται από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο και διακρίνονται τα «spatula» και τα «setae» της σαύρας Gecko.

Πηγή: http://www.wallstreetotc.com/wp-content/uploads/2014/08/gecko_foot_so09.jpg

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στο νανόκοσμο κυριαρχούν δυνάμεις με την ονομασία Van Der Waals. Εξαιτίας των δυνάμεων αυτών τα υλικά και τα αντικείμενα στο νανόκοσμο εύκολα κολλάνε και ξεκολλάνε μεταξύ τους. Οι δυνάμεις αυτές υπάρχουν και στο δικό μας κόσμο, αλλά για να μπορέσουμε να τις αντιληφθούμε, πρέπει οι δύο επιφάνειες που έρχονται σε επαφή να έχουν νανοδιαστάσεις, αλλιώς δεν γίνονται αντιληπτές. Η ιδιότητα αυτή μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη σε διάφορες

κατηγορίες επαγγελμάτων, όπως είναι οι ορειβάτες και οι καθαριστές τζαμιών σε ουρανοξύστες.

Τέλος, το ινστιτούτο Fraunhofer IFAM στην Βρέμη διενεργεί έρευνα σε τροποποιημένες κόλλες μυδιών, με σκοπό να είναι δυνατόν να συγκολλούνται λεπτότατες πορσελάνες ικανές να αντέχουν στο πλύσιμο σε πλυντήριο πιάτων. Ο λόγος είναι ότι όταν ένα μύδι προσκολλάται σε βράχο ανοίγει τις θυρίδες του και προωθεί τον πόδα του προς τον βράχο, κυρτώνει τον πόδα ώστε να σχηματίζει βεντούζα και μέσω μικροσκοπικών αγωγών, εκκρίνει σφαιρίδια συγκολλητικής ύλης, στο κοίλωμα υποπίεσης. Εκεί τα σφαιρίδια διαρρηγνύονται και απελευθερώνουν ισχυρή συγκολλητική ύλη, η οποία αμέσως σχηματίζει μικρά «μαξιλάρια» αφρού. Με τον τρόπο αυτόν το μύδι καταφέρνει να κλυδωνίζεται από το κύμα λόγω της απορρόφησης των κραδασμών από τον αφρό.



Στην εικόνα διακρίνονται οι λεπτές ίνες που εκκρίνει το μύδι και οι οποίες λειτουργούν ως συγκολλητική κόλλα.

Πηγή: <https://www.sciencenews.org/article/animal-goo-inspires-better-glue>

ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΝΑΝΟΪΛΙΚΑ

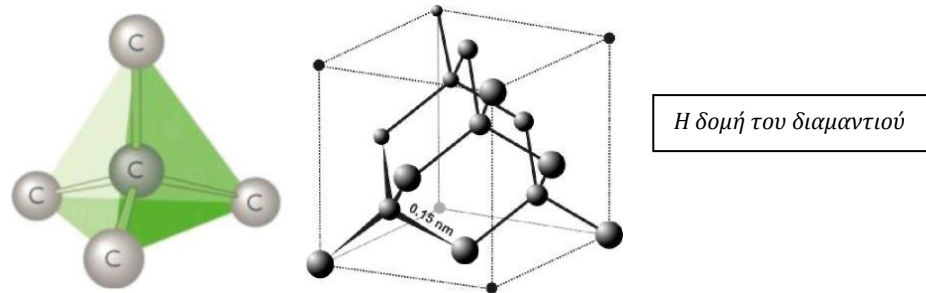
Στην ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας σημαντικοί σταθμοί θεωρούνται η ανακάλυψη δομών άνθρακα σε μορφή σφαίρας, γνωστές ως φουλερένια, καθώς και σε μορφή σωλήνα, γνωστές ως νανοσωλήνες άνθρακα με ιδιαίτερες ιδιότητες το καθένα. Η ανακάλυψη τους είναι μεταξύ των καταπληκτικών αντικειμένων τα οποία η επιστήμη δημιούργησε τυχαία, αλλά στο μέλλον θα επηρεάσουν σημαντικά το τεχνολογικό τοπίο του αιώνα μας. Οι νανοσωλήνες άνθρακα μπορούν να μας βοηθήσουν να εκπληρώσουμε την προσδοκία μας για σταθερή τεχνολογική πρόοδο με στόχο την καλύτερη ποιότητα ζωής

Ο ΑΝΘΡΑΚΑΣ ΚΑΙ ΟΙ ΑΛΛΟΤΡΟΠΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΤΟΥ

Ο άνθρακας έχει την ιδιαίτερη ικανότητα να σχηματίζει σταθερούς δεσμούς τόσο μεταξύ ατόμων του ίδιου στοιχείου, όσο και με άλλα στοιχεία και μάλιστα με περισσότερους από έναν τρόπους. Το αποτέλεσμα είναι να προκύπτει μεγάλος αριθμός διαφορετικών αλλά σταθερών ενώσεων.

Αναλυτικότερα, ο άνθρακας έχει τέσσερα μονήρη ηλεκτρόνια, δηλαδή τέσσερα ηλεκτρόνια που είναι διαθέσιμα για πιθανούς χημικούς δεσμούς. Στο απλούστερο μόριο του μεθανίου, το καθένα από τα τέσσερα αυτά ηλεκτρόνια του άνθρακα σχηματίζει ζεύγος ηλεκτρονίων με το μονήρες ηλεκτρόνιο του υδρογόνου και οι τέσσερις δεσμοί

που προκύπτουν διευθετούνται στο χώρο σε τετραεδρική διάταξη. Παρακάτω φαίνεται ο προσανατολισμός των τεσσάρων δεσμών του άνθρακα, ώστε να προκύπτει μια τριγωνική πυραμίδα.



ΟΙ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΝΑΝΟ

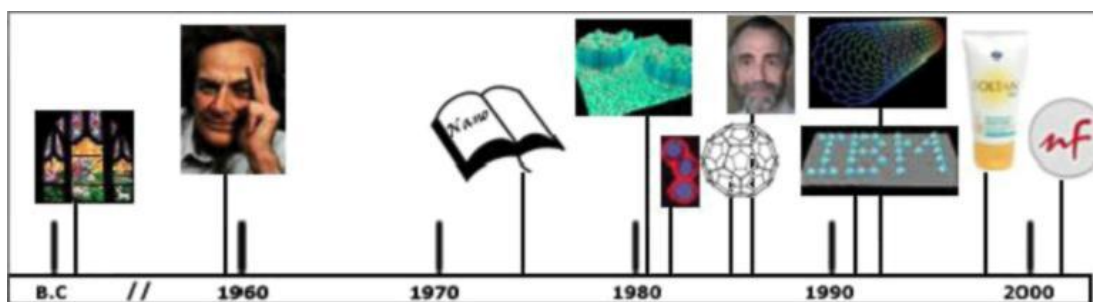
Το Νάνο είναι ένα σωματίδιο σε υπερβολικά μικρό μέγεθος. Το πρόθεμα της νανοτεχνολογίας «νάνο-», έχει αμιγώς ελληνική προέλευση, σε οποία γλώσσα κι αν μεταφράσουμε την λέξη.

Ένα νανόμετρο ισούται με το 1 δισεκατομμυριοστό του μέτρου 10^{-9} ή με 1 μπάλα απέναντι στην Γη ή περίπου με το 1/80.000 της διαμέτρου ανθρώπινων μαλλιών.



Το μέγεθος ενός νανοσωματιδίου σε σχέση με το μέτρο είναι αντίστοιχο με το μέγεθος μιας μπάλας σε σχέση με το μέγεθος της Γης.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ



Από τους πρώτους που χρησιμοποίησαν τη νανοτεχνολογία, έστω και χωρίς επίγνωση της μικροδομής, ήταν οι αρχαίοι ρωμαίοι. Παρασκευάζοντας κυρίως χλωριούχα διαλύματα χρυσού και αναμιγνύοντας αυτά με γυαλί, κατάφεραν να κατασκευάσουν ένα «λεκιασμένο» γυαλί, το οποίο περιείχε μικροσκοπικές χρυσές σφαίρες, που απορροφούσαν και αντικατόπτριζαν το φως του ηλίου με τέτοιο τρόπο, ώστε να παράγει ένα πλούσιο ροδοκόκκινο χρώμα. Οι αλλαγές χρώματος πραγματοποιούνταν ανάλογα με το μέγεθος των σφαιρών με αποτέλεσμα τα λεκιασμένα παράθυρα γυαλιού ή αντικείμενα, επιτύγχαναν ξεχωριστή λαμπρότητα.

Ο Richard Feynman εισήγαγε την ιδέα της νανοτεχνολογίας ή των μοριακών μηχανών το 1959, με την διάσημη διάλεξη του «There's Plenty of Room at the Bottom». Σε αυτή, έδωσε ώθηση στους επιστήμονες να σκεφτούν την κατασκευή των ατομικών συσκευών και είκοσι χρόνια αργότερα, ο Drexler δημοσίευσε τα πρώτα επιτεύγματά του πάνω στην νανοτεχνολογία.

Ο όρος «νανοτεχνολογία» εγκαινιάστηκε από το καθηγητή Πανεπιστημίου Norio Taniguchi του Τόκιο σε ένα έγγραφο του 1974 ως εξής: «Η νανοτεχνολογία» κυρίως αποτελείται από την επεξεργασία, το χωρισμό, τη σταθεροποίηση, και την παραμόρφωση των υλικών από ένα άτομο ή ένα μόριο»

Το 1981 εφευρέθηκε στη Ζυρίχη το μικροσκόπιο ανίχνευσης (STM), ένα μη-οπτικό μικροσκόπιο που επιτρέπει την απεικόνιση περιοχών με υψηλή ηλεκτρονική πυκνότητα και συνεπώς μπορεί να εξάγει συμπεράσματα για την ύπαρξη μεμονωμένων ατόμων ή μορίων στην επιφάνεια ενός δικτυωτού πλέγματος.

Τα φουλερένια (fullerenes) είναι αλλοτροπικές μορφές άνθρακα που έχουν ανακαλυφθεί πρόσφατα. Πρόκειται για σφαίρες-κλωβούς με 60, 70 ή περισσότερα άτομα C συνδεδεμένων μεταξύ τους σε 5-μελείς και 6-μελείς δακτυλίους σε συνολική διάταξη κανονικών πολυέδρων. Το πλήρες όνομα του C_{60} είναι buckminsterfullerene (συχνά αναφέρεται και ως bucky-ball) προς τιμήν του αμερικανού αρχιτέκτονα Richard Buckminster Fuller. Το φουλλερένιο έχει εφαρμογές στα καλλυντικά και τα φαρμακευτικά είδη, τα λιπαντικά για τα μέρη μηχανών, καθώς και την ηλεκτρονική. Το σταθερότερο εξ αυτών των μορίων διαπιστώθηκε ότι αποτελείται από 60 άτομα άνθρακα, ενώ υπάρχουν και άλλα μόρια αποτελούμενα από 70 άτομα άνθρακα.



(α) Φουλερένιο C-60 με 60 άτομα άνθρακα (β) Φουλερένιο C-70

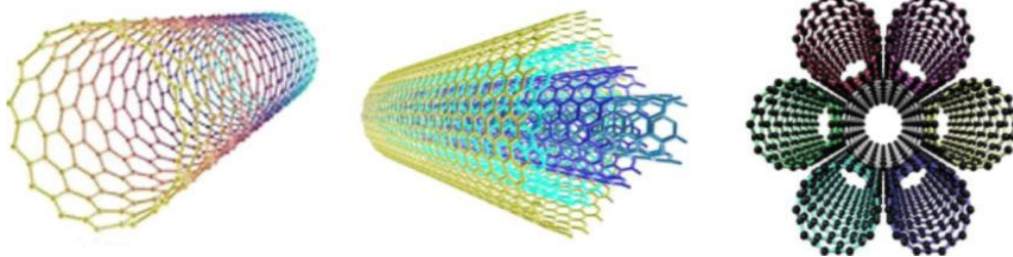
Κάθε μόριο αποτελείται από ομάδες ατόμων άνθρακα που είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους για να σχηματίσουν πενταγωνικούς και εξαγωνικούς γεωμετρικούς σχηματισμούς. Συνολικά ένα μόριο απαρτίζεται από 20 εξάγωνα και 12 πεντάγωνα, τα οποία είναι διαταγμένα ώστε να μην υπάρχουν δύο πεντάγωνα με κοινή πλευρά. Οι επιστήμονες που το ανακάλυψαν το παρομοίασαν με τη μορφή μιας μπάλας ποδοσφαίρου (blackball). Η συλλογή όλων των μορίων C_{60} ονομάστηκε φουλερένια (fullerene). Η ανακάλυψη των φουλερενίων οδήγησε στην απονομή του βραβείου Nobel Χημείας το 1996 στους τρεις κυριότερους ερευνητές, Harold W. Kroto, Richard E. Smalley και Robert F.Curl.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ενδοεδρικά φουλερένια μέσα στα οποία έχουν ενσωματωθεί άτομα ή μόρια, όπως τα μεταλλοφουλερένια (σύνθετα νανοσωματίδια), και τα υδατοδιαλυτά φουλερένια τα οποία φέρουν στην εξωτερική τους επιφάνεια πολικές ομάδες που μειώνουν τον υδρόφοβο χαρακτήρα τους.



Δομή ενδοεδρικού φουλερένιου

Το 1991 ανακαλύφθηκαν οι νανοσωλήνες (nanotubes - CNT). Πρόκειται για κυλημένα φύλλα γραφίτη, που δύνανται να είναι ενιαία ή πολυ-περιτοιχισμένα. Ανάλογα με την δομή τους, μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως ημιαγωγοί στην ηλεκτρονική. Οι CNT είναι πέντε φορές λιγότερο πυκνοί από το χάλυβα και πενήντα φορές ισχυρότεροι από αυτόν και επομένως έχουν εφαρμογές στα σύνθετα υλικά, όπως οι προφυλακτικές αυτοκινητών, κ.ά.



Αναπαράσταση μονοφλοιϊκού, πολυφλοιϊκού νανοσωλήνα και συστοιχίας νανοσωλήνων

Τα καταναλωτικά προϊόντα που κάνουν χρήση της νανοτεχνολογίας άρχισαν να κυκλοφορούν στην αγορά προς το τέλος της δεκαετίας του '90. Αναφέρουμε χαρακτηριστικά παραδείγματα: αντηλιακά και καλλυντικά, αθλητικός εξοπλισμός, το κερύ αυτοκινητών, τα επιθέματα πληγών, ακόμη και τα ενδύματα.

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ

Στη θεραπευτική ιατρική ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο έχει η επιλεκτική μεταφορά φαρμάκων σε ιστούς και όργανα καθώς και η ελεγχόμενη απελευθέρωση των φαρμάκων σε κύτταρα για την όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερη θεραπεία των ασθενειών. Τα φάρμακα μπορούν να αποδεσμευθούν στο ανθρώπινο σώμα είτε με στοματικές μεθόδους, είτε διαμέσου του αναπνευστικού συστήματος, ή με τη βοήθεια εμφυτευμάτων.

Τα κύρια πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι νανομεταφορείς σε αντίθεση με τους άλλους μεταφορείς φαρμάκων είναι το μικρό τους μέγεθος, το οποίο τους βοηθάει να υπερπηδήσουν φυσιολογικά εμπόδια που συναντάνε στο ανθρώπινο σώμα και να εισέλθουν στα κύτταρα αυτού. Η αυξημένη διαλυτότητά τους ενισχύει τη βιοδιαθεσιμότητά τους.

Ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα που παρουσιάζουν οι νανομεταφορείς αυτοί είναι η ικανότητά τους να χορηγούνται σε συγκεκριμένους στόχους με ελεγχόμενη απελευθέρωση από συγκεκριμένα σήματα, τα οποία συνήθως βασίζονται στη θερμοκρασιακή ευαισθησία ή σε κάποια μαγνητική ιδιότητα. Εκτός από τη στοχευμένη χορήγηση φαρμάκων οι νανομεταφορείς είναι σε θέση να μεταφέρουν πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα και άλλα μικρομόρια.

Οι νανομεταφορείς μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την θεραπεία ενάντια στον καρκίνο ως συστήματα στοχευμένης χορήγησης φαρμάκων με μειωμένη τοξικότητα και παρενέργειες εξαιτίας της ικανότητας του να διεισδύουν στους

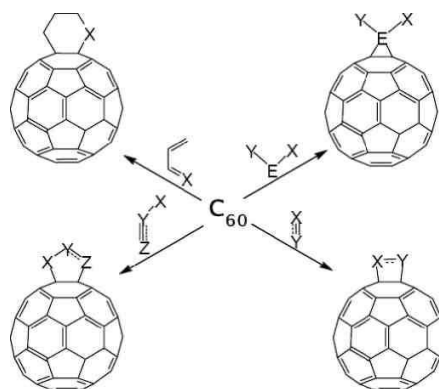
καρκινικούς όγκους. Μπορούν, επίσης να είναι βιοσυμβατά τοποθετώντας πάνω σε αυτά ένα βιολογικό στρώμα το οποίο θα δρα σαν διεπιφάνεια πάνω στο υλικό. Το μέγεθος των νανομεταφορέων είναι μικρότερο από 1μm και υπάρχει μεγάλη ποικιλία στις μορφές που μπορούν να πάρουν.

Ο σχεδιασμός αυτών των νανοσυστημάτων πρέπει να γίνεται υπό προσεκτική εξέταση της φαρμακοκινητικής, της βιοδιανομής και της αποτελεσματικής συγκέντρωσης των νανοσωματιδίων στο όργανο-στόχο. Η σταθερότητα της εσωτερικής και εξωτερικής διανομής των νανοσωματιδίων στο βιολογικό αυτό μικροπεριβάλλον εξαρτάται από τη χημική τους φύση, τον χωρικό προσανατολισμό τους και το μέγεθος τους.

Όλες αυτές οι μέθοδοι, που αναφέρθηκαν προηγουμένως, έχουν ως κύρια απαίτηση την γρήγορη απορρόφηση του φαρμάκου καθώς αυτό διαχέεται στον ανθρώπινο οργανισμό ώστε να εμφανίζει ταχύτερη δράση στον εκάστοτε στοχευμένο ιστό. Ωστόσο κάποια από τα φάρμακα ή τα θεραπευτικά στελέχη, που έχουν εξεταστεί στο εργαστήριο και παρουσιάζουν πολύ καλά αποτελέσματα στις εργαστηριακές μελέτες, δε φαίνεται να έχουν τα ίδια καλά αποτελέσματα και στην κλινική πράξη. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός της υποβάθμισης της θεραπευτικής ουσίας πριν αυτή φτάσει στον προκαθορισμένο στόχο καθώς και στη χαμηλά διαλυτότητα που παρουσιάζει το φάρμακο καθώς διαχέεται στο ανθρώπινο σώμα.

ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ ΤΩΝ ΦΟΥΛΕΡΕΝΙΩΝ

Η ανάπτυξη παρασκευαστικής μεθόδου για την παραγωγή των φουλερενίων σε μεγάλες ποσότητες οδήγησε στη διαθεσιμότητα και την πρόσβαση στα διάφορα μέλη της ομόλογης σειράς των φουλερενίων παρέχοντας τη δυνατότητα για μελέτη της χημείας τους. Έτσι, σήμερα τα φουλερένια αποτελούν ευέλικτες και χρήσιμες δομικές μονάδες για την οργανική χημεία εισάγοντας νέες ηλεκτρονιακές, γεωμετρικές, χημικές και φωτοφυσικές ιδιότητες. Ανάμεσα στα μέλη της ομόλογης σειράς των φουλερενίων περισσότερο έχει μελετηθεί το C₆₀. Ο λόγος γι' αυτό είναι η μεγάλη διαθεσιμότητα στην οποία υπάρχει σε σχέση με τα υπόλοιπα μέλη της σειράς. Το σφαιρικό του μέγεθος, εκτός από αισθητικώς ελκυστικό ως μόριο, είναι υπεύθυνο για τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που διαθέτει. Το C₆₀ μπορεί να θεωρηθεί ως το τρισδιάστατο ανάλογο του βενζολίου με τη διαφορά ότι αφενός τα όρια του π- συστήματος δεν είναι διακριτά λόγω του σχήματος του C₆₀ και αφετέρου ότι δεν διαθέτει υδρογόνα τα οποία να μπορούν να λάβουν μέρος σε αντιδράσεις υποκατάστασης. Γίνεται κατ' αυτόν τον τρόπο εμφανής η σημαντική διαφορά των φουλερενίων από τα κλασικά επίπεδα αρωματικά συστήματα στο ότι οι πιθανές αντιδράσεις έχουν κυρίως δύο κατευθύνσεις: τις αντιδράσεις προσθήκης και τις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις στο εξωτερικό μέρος του φουλερενίου. Τα προϊόντα κυκλοπροσθήκης έχουν μεγάλη σταθερότητα, κάτι που είναι απαραίτητο προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για περαιτέρω χημική τροποποίηση της προστιθέμενης πλευρικής αλυσίδας και που ενδιαφέρει ιδιαίτερα εφαρμογές που σχετίζονται με τη σύνθεση υλικών.



Στο παρακάτω σχήμα δίνονται οι γενικές περιπτώσεις κυκλοπροσθηκών.

ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΗΘΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΑΝΑΤΑΡΑΞΗΣ

Η προβλεπόμενη ανάπτυξη και ευρεία χρήση των νανοτεχνολογιών και των εφαρμογών τους αναμένεται να οδηγήσουν μελλοντικά στην εμφάνιση μιας σειράς κοινωνικών, ηθικών και δεοντολογικών ζητημάτων, που μέχρι στιγμής δεν έχουν ληφθεί σοβαρά υπόψη. Η ραγδαία ανάπτυξη του συγκεκριμένου επιστημονικού και τεχνολογικού τομέα, δεν έχει δώσει περιθώριο στα τρέχοντα νομοθετικά συστήματα να εκσυγχρονιστούν αναλόγως στο βαθμό που να υπάρχει ουσιώδης έλεγχος και αποφυγή πιθανής κατάχρησης αυτών των νέων τεχνολογιών. Κατάλληλα νομοθετικά πλαίσια πρέπει να θέσουν τα ηθικά και νομικά όρια, καθώς και να διασφαλίσουν ότι οι αναπτυσσόμενες χώρες δε θα αποτελέσουν χώρο για τη ρίψη των νανοαπορριμάτων ή χώρο συμφέρουσας αγοράς χωρίς νομικούς περιορισμούς. Βέβαια, εμπόδιο στην ανάπτυξη των νομοθετικών συστημάτων αποτελεί και η έλλειψη σωστής πληροφόρησης σχετικά με τις ιδιότητες και τυχόν τοξικότητα των νανοσωματιδίων. Ως αποτέλεσμα, χωρίς κατάλληλη περιοριστική νομοθεσία, δημιουργείται το ηθικό πρόβλημα όπου τα κράτη αδυνατούν να ελέγξουν τη ραγδαία είσοδο των νανοπροϊόντων και των νανοϋλικών πριν εξακριβωθεί η επικινδυνότητα ή όχι. Κατά καιρούς γίνονται συστάσεις και απαγορεύσεις της σκόπιμης απελευθέρωσης νανοσωματιδίων για βιοθεραπεία, μέχρις ότου ολοκληρωθεί η διαδικασία μελέτης των ενδεχόμενων οικολογικών επιπτώσεων. Επιπλέον, καμιά χώρα προς το παρόν δεν έχει υιοθετήσει κάποιο σύστημα κανονισμών ασφαλείας για την προστασία των ανθρώπων από τους κινδύνους που σχετίζονται με την τοξικότητα των νανοϋλικών.

Όσον αφορά τη χρηματοδότηση της έρευνας, ενώ τεράστια χρηματικά ποσά επενδύονται στην έρευνα και την ανάπτυξη των νανοτεχνολογιών, τα ποσά που διατίθενται για τη μελέτη των επιπτώσεων στο περιβάλλον και την υγεία των ανθρώπων είναι πολύ περιορισμένα. Συνεπώς, εξαιτίας της ανισοκατανομής αυτής, η πλειοψηφία των εμπορικών προϊόντων δεν εξυπηρετεί καμία επιτακτική ανάγκη των ανθρώπων ή του περιβάλλοντος, υποδεικνύοντας έτσι πως η πρόοδος στον τομέα της νανοτεχνολογίας δεν καθοδηγείται πάντα από ανάγκες και προτεραιότητες σχετικές με την βελτίωση του βιοτικού επιπέδου του ανθρώπου και της αειφόρου ανάπτυξης του περιβάλλοντος αλλά από τον παράγοντα της οικονομικής κερδοφορίας. Παρόλο που τα πιθανά οφέλη από την χρήση των νανοτεχνολογιών είναι πολλά υποσχόμενα, η τεχνολογία προς το παρόν λόγω του υψηλού κόστους, ελέγχεται κυρίως από τις ανεπτυγμένες χώρες και τις πολυεθνικές εταιρείες. Ως αποτέλεσμα, λόγω του υψηλού αυτού κόστους είναι προφανές ότι οι εφαρμογές της νανοτεχνολογίας δεν είναι προσιτές από το ευρύ κοινό, εδραιώνοντας ακόμα περισσότερο το διαχωρισμό ανάμεσα στις αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες.

Έμφαση πρέπει να δοθεί στις πιθανές κοινωνικοοικονομικές αναταράξεις που θα προκληθούν από τη μαζική απώλεια θέσεων εργασίας που θα ακολουθήσει την εξάπλωση των βιομηχανιών της νανοτεχνολογίας. Η νανοτεχνολογία θα έχει σαν αποτέλεσμα τη διαταραχή των αγορών καθημερινών αγαθών και όλων των εφοδιαστικών αλυσίδων, ελαχιστοποιώντας τις θέσεις εργασίας σε σχεδόν κάθε επιχείρηση.

Για παράδειγμα, χώρες των οποίων η οικονομία βασίζεται στο εμπόριο πρώτων υλών όπως βαμβάκι ή χαλκό, θα πληγούν λόγω της αντικατάστασης των υλικών αυτών από νανοϋλικά. Τέλος, μπορεί να επισημανθεί και η ανησυχία ότι μελλοντικά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αρνητικά διάφορες νανοτεχνολογικές εφαρμογές για στρατιωτικούς σκοπούς ή για κακόβουλη υποκλοπή προσωπικών πληροφοριών. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη ευφών και μικροσκοπικών όπλων ρομπότ, πυρομαχικά που εντοπίζουν αυτόματα το στόχο τους, συστήματα παρακολούθησης που λόγω μεγέθους θα είναι αδύνατον να γίνουν αντιληπτά. Εμπεριέχουν σοβαρούς κινδύνους για την υγεία των ανθρώπων και την ασφάλεια των προσωπικών τους δεδομένων, καθώς και για το περιβάλλον.

2. Βιβλιογραφία:

Λιοδάκης, Στ., Γάκης, Δ., Θεωδορόπουλος, Δ., Θεωδορόπουλος, Π., Κάλλης, Αν. (2016), *Χημεία για την Α΄ τάξη Γενικού Λυκείου*, ΙΤΥΕ ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.

Nano.gov, National Nanotechnology Initiative,
<<https://www.nano.gov//timeline>>