

«Σενάρια Μυστηρίου στον Νανόκοσμο: Πρωταγωνιστής ο Άνθρακας»

Έλενα Βαρούτσου, Ελένη Γιαμαρέλλου, Μικαέλα Δέτση,
Νίνα Διονυσοπούλου, Φραντσέσκα Πατσούρα
Α΄ Αρσάκειο Γενικό Λύκειο Ψυχικού, Τάξη Β΄
Υπεύθυνες Καθηγήτριες: Ευδοκία Πατσιλινάκου, Μαρία Δημητροπούλου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τεχνολογικά επιτεύγματα των τελευταίων ετών συμπεριλαμβάνουν μεγάλες ανακαλύψεις στον τομέα της νανοτεχνολογίας και συγκεκριμένα στον κλάδο των νανοδομών του άνθρακα. Ο άνθρακας, το γνωστό μας κάρβουνο, αποδείχθηκε ένα πολυπρόσωπο (αλλοτροπικό) υλικό που βρέθηκε μεταμορφωμένο είτε σαν ολοστρόγγυλες μπάλες (φουλλερένια), είτε σαν νανοσωλήνες είτε σαν λεπτά επίπεδα φύλλα (γραφένιο). Η κάθε μορφή έχει ξεχωριστές και διαφορετικές ιδιότητες που οδηγούν σε πληθώρα νέων προϊόντων με στόχο τη βελτίωση της ζωής. Βαφές, αισθητήρες, οθόνες, οχήματα, εργαλεία και καλώδια είναι μόνο ορισμένες από τις εφαρμογές αυτών των νανοϋλικών. Ωστόσο, η εμφάνιση αυτών των υλικών πυροδότησε μια μεγάλη συζήτηση σχετικά με τους κινδύνους που ελλοχεύουν από την αλόγιστη χρήση τους. Τα ηθικά διλήμματα και οι ερωτήσεις σχετικά με το ζήτημα αυτό μπορούν να επιλυθούν συνδυάζοντας την έρευνα πάνω στο αντικείμενο με την τήρηση βασικών αξιών με επίκεντρο τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Αν όμως κατά τις εφαρμογές των επιστημονικών επιτευγμάτων τηρούνταν οι ανθρώπινες αξίες που αφορούν στην ποιότητα ζωής και το περιβάλλον, ίσως να μην υπήρχαν ηθικά διλήμματα...

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: νανοδομές άνθρακα, φουλλερένια, νανοσωλήνες, εφαρμογές, ηθική της νανοτεχνολογίας

ΕΝΟΤΗΤΑ 1: ΦΟΥΛΛΕΡΕΝΙΑ

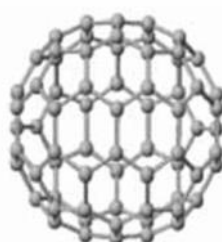
Τα φουλλερένια είναι αλλοτροπικές μορφές άνθρακα και κατατάσσονται στα νανοϋλικά. Είναι κλειστές, κοίλες αρωματικές ενώσεις που αποτελούνται από άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα (από 32 ως 600) κατανεμημένων έτσι ώστε να σχηματίζουν πενταγωνικές και εξαγωνικές έδρες. Οι κορυφές των εδρών είναι άτομα άνθρακα και οι ακμές είναι οι δεσμοί. Δεν υπάρχουν «ελεύθερα σθένη» και ως εκ τούτου τα μόρια των φουλλερενίων έχουν μεγάλη φυσική και χημική σταθερότητα. Επίσης, είναι στερεά, κίτρινου χρώματος και το μόριά τους είναι κλωβοί 60 ατόμων άνθρακα ή και σε ειδικές περιπτώσεις των 70 και των 76 ατόμων άνθρακα. Ανακαλύφθηκαν, το 1985 από τους Harold Kroto, Robert Curl και Richard Smalley, οι οποίοι και βραβεύτηκαν γι' αυτό με Βραβείο Νόμπελ, Χημείας το 1996. Το όνομά τους προέρχεται από το όνομα του Richard Buckminster Fuller, του Αμερικανού που είχε φτιάξει στον Καναδά γεωδαιτικούς θόλους κτηρίων με τη δομή των φουλλερενίων, πολύ πριν αυτά ανακαλυφθούν. Το πιο διάσημο φουλλερένιο είναι το μόριο C_{60} που ονομάζεται και Buckyball ή Buckminster Fullerene.

Δομή των φουλλερενίων

- Τα φουλλερένια είναι μόρια με δομή σφαιρική και δύσκαμπτη. Είναι γενικά σταθερά και για να διασπαστούν οι δεσμοί μεταξύ των ατόμων άνθρακα που τα αποτελούν, απαιτούνται θερμοκρασίες της τάξης των 1000 °C και άνω.
- Το μόριο C₆₀, αποτελείται από 12 πεντάγωνα και 20 εξάγωνα. Έχει διάμετρο 0.68 nm και ακτίνα Wan Der Waals 1 nm.
- Η σχετική θέση πενταμελών και εξαμελών δακτυλίων έχει ιδιαίτερη σημασία για τη σταθερότητα των μορίων αυτών. Τα φουλλερένια στα οποία οι πενταμελείς δακτύλιοι «συνορεύουν», δεν είναι σταθερά.
- Το μήκος του δεσμού ανάμεσα σε δύο άτομα άνθρακα, σε ένα εξάγωνο είναι 1,461 Angstrom (μονάδα μήκους ίση προς 10⁻¹⁰ m ή 0,1 nm). Ενώ, ανάμεσα σε δύο άτομα άνθρακα, σε πεντάγωνο είναι 1,404 Angstrom.
- Η διαφορά των φουλλερενίων, από το διαμάντι και τον γραφίτη, είναι ότι δεν έχουν περιοδικά επαναλαμβανόμενη κρυσταλλική δομή, αλλά αποτελούν καθορισμένα μόρια.
- Τα φουλλερένια είναι υδρόφοβα.
- Τα τρία πιο απλά φουλλερένια είναι τα C₂₀, C₂₄, C₂₆ για τα οποία υπάρχει μόνο μία ισομερής μορφή. Τα υπόλοιπα μεγάλα φουλλερένια απαντώνται σε πολλές ισομερείς μορφές. Αξιοσημείωτο είναι ότι το μόριο C₇₆ αποτελεί το μικρότερο χειρόμορφο φουλλερένιο που έχει απομονωθεί ως τώρα. Για το μόριο C₆₀ υπολογίζεται ότι υπάρχουν 1812 διαφορετικές ισομερείς μορφές.



A



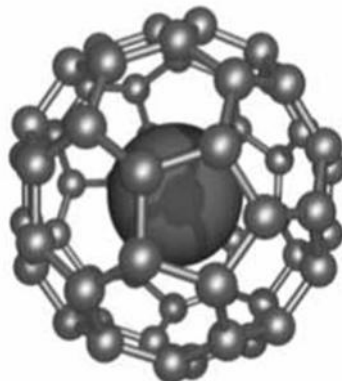
B

1:

Ειδικές κατηγορίες φουλλερενίων

Ετεροφουλλερένια ονομάζονται τα φουλλερένια στα μόρια των οποίων έχει γίνει αντικατάσταση ενός ή περισσότερων ατόμων άνθρακα από κάποιο άλλο στοιχείο, χωρίς αλλοίωση της δομής τους.

Ενδοεδρικά ονομάζονται τα φουλλερένια εντός των οποίων έχουν ενσωματωθεί άτομα ή μόρια. Τα φουλλερένια στα οποία έχει ενσωματωθεί μέταλλο ονομάζονται *μεταλλοφουλλερένια*.



2: μ

Υπάρχουν επίσης *εξωεδρικά* μεταλλικά παράγωγα φουλλερενίων. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα υδατοδιαλυτά φουλλερένια, τα οποία φέρουν στην εξωτερική επιφάνειά τους πολικές ομάδες που μειώνουν τον υδρόφοβο χαρακτήρα τους.

Τέλος, φουλλερένια μπορούν να ενσωματωθούν σε νανοσωλήνες.

Ιστορικά Στοιχεία

Τα πρώτο φουλλερένιο που παρασκευάστηκε σε εργαστήριο είναι το μόριο C_{60} , από τους Harold Kroto, και Richard Smalley, το 1985:

- 1η Σεπτεμβρίου: οι Kroto και Smalley, μετά από ραδιοαστρονομικές παρατηρήσεις που έκαναν στον διαστρικό χώρο, εξάχνωσαν άνθρακα σε περιβάλλον υδρογόνου, αζώτου κι αρκετών άλλων στοιχείων, ώστε να προσομοιώσουν τις συνθήκες που υπάρχουν στους αστέρες ερυθρούς γίγαντες, όπου πιστεύεται ότι υπάρχει αυτή η μορφή άνθρακα.
- 4η Σεπτεμβρίου: εντόπισαν την παρουσία μορίων άνθρακα με σχετική μοριακή μάζα ίση με 720. Η σχετική ατομική μάζα του άνθρακα είναι ίση με 12, επομένως αυτή η τιμή αντιστοιχεί σε ακριβώς 60 άτομα άνθρακα. Οι δύο επιστήμονες δοκίμασαν όλες τις ιδέες. Αργότερα, οι φοιτητές τους ανακάλυψαν ότι το μόριο ήταν σταθερό και δεν είχε κανέναν αιωρούμενο δεσμό. Άρα επρόκειτο για ένα είδος «πολυεδρικού κλουβιού».
- 9η Σεπτεμβρίου: τη νύχτα αυτή, ο Smalley, δουλεύοντας έως αργά, με ψαλίδια και χαρτιά, βρήκε μια πιθανή δομή - ένα ακρωτηριασμένο εικοσάεδρο. Παραλλαγές αυτής της μορφής, που ονομάζονται μόρια του Fuller, αποτελούν μια δυναμική πηγή νέων υλικών για την τεχνολογία όπως, καταλυτών, λιπαντικών και υπεραγωγών.

Η δεύτερη επιβεβαίωση που αποτέλεσε και επανάσταση για τη χημεία των φουλλερενίων ήρθε το 1990, όταν για πρώτη φορά εντοπίστηκαν μακροσκοπικές ποσότητες από φουλλερένια κατά την εξαέρωση γραφίτη. Τελικά αποδείχθηκε πως τα φουλλερένια δεν είναι σπάνια, αλλά συναντώνται στην αιθάλη αερίων και σε άλλες ουσίες που παράγονται από ατελείς καύσεις.

Τα φουλλερένια υποστηρίζεται ότι δημιουργήθηκαν με τη συντριβή μετεωριτών πάνω στη Γη και ορισμένοι επιστήμονες θεωρούν ότι είναι το κλειδί για την κατανόηση της δημιουργίας της ζωής. Ανάλυση δειγμάτων από τον μετεωρίτη Allende που έπεσε

στο Μεξικό το 1969 έδειξε ύπαρξη φουλλερενίων σε αυτόν. Δεδομένου ότι ο μετεωρίτης αυτός έχει αποδειχθεί ότι σχηματίστηκε ταυτόχρονα με τους πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος, τα συμπεράσματα, σύμφωνα με τα οποία τα φουλλερένια βρίσκονται για δισεκατομμύρια χρόνια στο διάστημα, οδηγούν σε ένα ακόμα βήμα τις έρευνες για την προέλευση της ζωής.

Σύνθεση φουλλερενίων

Φουλλερένια υπάρχουν στην αιθάλη που παράγεται από γραφίτη, ο οποίος ακτινοβολείται με LASER ή με ηλεκτρικό τόξο, καθώς επίσης και στα προϊόντα ατελούς καύσης υδρογονανθράκων. Πάντως η πιο διαδεδομένη τεχνική είναι μέσω της εξαέρωσης γραφίτη με ηλεκτρικό τόξο, η οποία αποδίδει φουλλερένια σε ένα ποσοστό 3-11%, ενώ έχουν αναφερθεί και ποσοστά της τάξης του 44%. Τα κύρια προϊόντα είναι τα φουλλερένια C₆₀, C₇₀, ενώ τα υπόλοιπα φουλλερένια εντοπίζονται σε ίχνη. Με την ίδια διαδικασία με παρουσία μετάλλου ή τού οξειδίου του, παρασκευάζονται ενδοεδρικά φουλλερένια. Η απομόνωση του φουλλερενίου γίνεται συνήθως με την επιλογή κατάλληλου διαλύτη. Για μικρότερα φουλλερένια χρησιμοποιούνται εξάνιο, CH₂Cl₂, CHCl₃ ενώ για απομόνωση μεγαλύτερων φουλλερενίων προτιμώνται CS₂, πυριδίνη ή τολουόλιο. Το επιθυμητό φουλλερένιο κρυσταλλώνεται με καθαρότητα της τάξης του 98%. Για μεγαλύτερη καθαρότητα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν χρωματογραφικές μέθοδοι. Αν και τα φουλλερένια είναι γενικά σταθερά μόρια με την πάροδο του χρόνου παρατηρείται μια αλλοίωση τόσο στα διαλύματά τους όσο και στην κρυσταλλική τους μορφή.

Τα στάδια για τον καθαρισμό των φουλλερενίων είναι:

- εκχύλιση (όπου το εκχύλισμα περιέχει: 85% C₆₀, 10% C₇₀, 4% C₇₆ και 1% τα μεταλλοφουλλερένια),
- διαχωρισμός με HPLC και τέλος
- απομόνωση με HPLC

Εφαρμογές

Τα φουλλερένια είναι πολύ ανθεκτικά σε υψηλές πιέσεις. Επίσης χρησιμοποιούνται σαν καταλύτες, υποβοηθώντας δύσκολες χημικές αντιδράσεις, ενώ χάρη στις ιδιαίτερες ιδιότητές τους, ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν σαν βάση για φωτοβολταϊκά, με προοπτικές αντικατάστασης των ήδη υπαρχόντων από πυρίτιο, και σαν εξαρτήματα σε ηλεκτρονικά κυκλώματα.

1) Στην Ιατρική:

Εκτός από τις τεχνολογικές εφαρμογές που έχουν τα φουλλερένια ως νανοϋλικά, χρησιμοποιούνται με πολλές προοπτικές και στην ιατρική. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον εμφανίζει η πιθανή εφαρμογή των φουλλερενίων ως φορέων φαρμακολογικώς δραστικών ενώσεων, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις καρκίνου. Με ενσωμάτωση του κατάλληλου προσδέματος για κάποιον υποδοχέα-στόχο του πάσχοντος κυττάρου θα μπορούσαν να απελευθερώσουν στοχευμένα τη δραστική ουσία με αποτέλεσμα μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και αποφυγή ανεπιθύμητων ενεργειών.

Επίσης διερευνάται η εφαρμογή φουλλερενίων στη φωτοδυναμική θεραπεία του καρκίνου χρησιμοποιώντας στοχευμένη κατάλληλη ακτινοβολία. Ο μηχανισμός

αποσκοπεί στην καταστροφή του DNA των καρκινικών κυττάρων, με μικρή επίπτωση στα υγιή κύτταρα.

Ένα σημαντικό πρόβλημα για τις βιολογικές εφαρμογές των φουλλερενίων αποτελεί η δυσδιαλυτότητά τους. Προσθήκη πολικών ομάδων, όπως -OH, -COOH και -NH₂, στην επιφάνειά τους έχει οδηγήσει σε μια νέα κατηγορία υδατοδιαλυτών φουλλερενίων, τα οποία συγκεντρώνουν έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον για πιθανές βιολογικές εφαρμογές. Έχει διαπιστωθεί ότι υδατοδιαλυτά παράγωγα φουλλερενίων εμφανίζουν κυρίως αντινεοπλασματική, αλλά και αντιβακτηριακή και αντι-ιική δράση.

Επίσης η ιδιότητα των φουλλερενίων να καταστρέφουν ελεύθερες ρίζες τούς προσδίδει αντιοξειδωτική και νευροπροστατευτική δράση, με δυνατότητες εφαρμογής στη νόσο Alzheimer και άλλες νευροεκφυλιστικές παθήσεις.

Τα φουλλερένια είναι επίσης δυνατόν να εφαρμοστούν σε νανορομπότ, τα οποία εισερχόμενα στον ανθρώπινο οργανισμό (π.χ. μέσω ενός δισκίου) θα μπορούν να δώσουν αναλυτική διάγνωση για την κατάσταση του οργανισμού. Έχουν ήδη κατασκευαστεί κατάλληλα νανοσωματίδια, τα οποία προσαρτώνται πάνω σε καρκινικούς όγκους ή πάσχοντες ιστούς, υποδεικνύοντας τη θέση τους. Επιπρόσθετα, είναι δυνατή η εφαρμογή φουλλερενίων στην κατασκευή χειρουργικών οργάνων με τέτοια ακρίβεια και επιδεξιότητα, έτσι ώστε να μπορούν να εργαστούν πάνω στα κύτταρα.

2) Στη Φυσική

Στη Φυσική και στον τομέα της νανολεκτρονικής, θα μπορούσαμε να φτιάξουμε κβαντικές κουκκίδες (μικροκρυστάλλους ή άλλους σχηματισμούς σε κυκλώματα) από φουλλερένια. Τις κουκκίδες αυτές μπορούμε να τις χρησιμοποιήσουμε σε επεξεργαστές υπερυπολογιστών ή σε στοιχεία ελέγχου σε επικοινωνίες οπτικών ινών.

3) Αποθήκευση υδρογόνου

Το υδρογόνο αποτελεί το καύσιμο τού μέλλοντος. Κυψέλες καυσίμου με υδρογόνο μπορούν να τροφοδοτούν μηχανές και κατά την καύση τους να μην παράγεται τίποτα άλλο παρά καθαρό νερό. Ουσιαστικά αποτελεί τον καλύτερο τρόπο ώστε να προστατεύσουμε το περιβάλλον από τις εκπομπές καυσαερίων που κατακλύζουν την ατμόσφαιρα. Το πρόβλημα μέχρι στιγμής είναι ο τρόπος αποθήκευσης του υδρογόνου.

Ερευνητές από το Rice University, εργάζονται πάνω σε μία προσέγγιση για την αποθήκευση του υδρογόνου η οποία έχει πολύ καλές προοπτικές για να εφαρμοσθεί στο μέλλον.

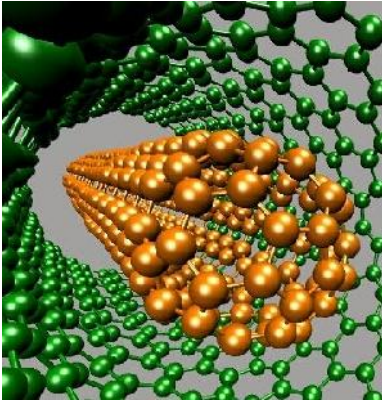
Οι επιστήμονες βάση μελετών μπορούν θεωρητικά να αποθηκεύσουν άτομα υδρογόνου σε φουλλερένια. Τα άτομα άνθρακα έχουν πολύ ισχυρούς δεσμούς μεταξύ τους και χρειάζεται αρκετή ενέργεια για να σπάσουν. Αυτό σημαίνει σύμφωνα με τους επιστήμονες ότι μπορούν να «συμπιέσουν» μικρές ποσότητες υδρογόνου μέσα σε φουλλερένια. Συγκεκριμένα υπολόγισαν ότι τα φουλλερένια μπορούν να αποθηκεύσουν υδρογόνο ίσο με το 8% περίπου του βάρους τους.

Εάν βρεθεί ένας αποτελεσματικός τρόπος για την αποθήκευση του υδρογόνου μέσα σε φουλλερένια τότε πιθανόν να έχει (μακροσκοπικά) την μορφή σκόνης.

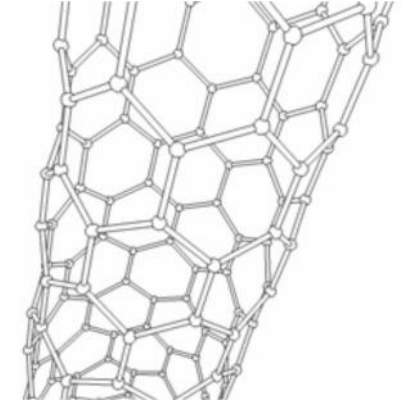
Η συγκεκριμένη έρευνα είναι ακόμα σε εξέλιξη, αλλά είναι μια μέθοδος η οποία προσεγγίζει το πρόβλημα αποθήκευσης του υδρογόνου με έναν νέο τρόπο, και πιθανόν να αποτελέσει τη λύση.

ΕΝΟΤΗΤΑ 2: ΝΑΝΟΣΩΛΗΝΕΣ ΑΝΘΡΑΚΑ

Οι νανοσωλήνες άνθρακα είναι κύλινδροι γραφίτη και ανακαλύφθηκαν το 1991 από τον Sumio Iijima. Οι νανοσωλήνες μπορεί να είναι πολυφλοιϊκοί με ένα κεντρικό σωλήνα να περιβάλλεται από ένα ή περισσότερα στρώματα γραφίτη ή μονοφλοιϊκοί όπου υπάρχει μόνο ένας σωλήνας και καθόλου επιπλέον στρώματα γραφίτη.



3:



4:

Ιδιότητες των νανοσωλήνων άνθρακα (CNT)

Οι νανοσωλήνες άνθρακα εμφανίζουν:

- ηλεκτρική αγωγιμότητα: Ίσως ο καλύτερος αγωγός του ηλεκτρισμού σε επίπεδο νανοκλίμακας!
- θερμική αγωγιμότητα κατά μήκος του άξονα του σωλήνα,
- αυτο-συναρμολόγηση: ισχυρή έλξη Van der Waals οδηγεί σε αυτόματη στερέωση με προδρόμους πολλών νανοσωλήνων.

Επίσης υπάρχουν και τα nanotorus, που είναι νανοσωλήνες άνθρακα που τυλίγονται και ενώνονται στα δύο άκρα τους σχηματίζοντας ένα «donut». Έχουν πολύ ξεχωριστές ιδιότητες όπως μαγνητική ροπή 1000 φορές μεγαλύτερη από ότι αναμενόταν για συγκεκριμένες τιμές ακτίνας. Ιδιότητες όπως η μαγνητική ορμή και η θερμική σταθερότητα παίρνουν διάφορες τιμές και εξαρτώνται από την ακτίνα τόσο τού torus όσο και τού νανοσωλήνα άνθρακα.

Χημικές ιδιότητες νανοσωλήνων

Τα νανοςύνθετα υλικά ξεχωρίζουν από όλα τα υπόλοιπα σύνθετα, γιατί εμφανίζουν εξαιρετικές ιδιότητες που τα κοινά σύνθετα δεν μπορούν να προσεγγίσουν. Αυτό που τα κάνει τόσο ξεχωριστά είναι τα εγκλείσματα τα οποία βρίσκονται σε νανοκλίμακα και εμφανίζουν αξιοσημείωτες ιδιότητες ως αυτόνομα συστατικά. Οι ιδιότητες, όμως, των νανοςυνθέτων εξαρτώνται από την μορφολογία των διεπιφανειών. Η διεπιφάνεια στην περίπτωση των νανοςυνθέτων υλικών είναι ουσιαστικά άπειρη.

Ηλεκτρικές ιδιότητες νανοσωλήνων

Όσον αφορά για τις ηλεκτρικές τους ιδιότητες, οι νανοσωλήνες άνθρακα λόγω της δομής τους μπορεί να επιδεικνύουν συμπεριφορά είτε μετάλλου είτε ημιαγωγού ανάλογα με τον τρόπο αναδίπλωσης του γραφιτικού φύλλου.

Μηχανικές ιδιότητες νανοσωλήνων

Οι μηχανικές ιδιότητες των νανοσωλήνων είναι πολύ σημαντικές, επειδή τα νανοεγκλείσματα αποτελούν δομικά στοιχεία ενίσχυσης των νανοςύνθετων υλικών. Η μικρή διάμετρος των νανοσωλήνων άνθρακα έχει πολύ σημαντική επίδραση στις μηχανικές ιδιότητες σε σύγκριση με τις παραδοσιακές ίνες γραφίτη. Πιθανότατα το πιο εκπληκτικό γεγονός είναι η δυνατότητα να συνδυάσουμε την υψηλή ελαστικότητα και την υψηλή αντοχή με την υψηλή ακαμψία, ένα χαρακτηριστικό που λείπει από τις ίνες.

Ιστορική αναδρομή

Οι νανοσωλήνες άνθρακα ανακαλύφθηκαν το 1991 από τον Ιάπωνα φυσικό S. Iijima αν και είχαν παρατηρηθεί και νωρίτερα. Είναι ομόκεντροι κύλινδροι γραφίτη, κλειστοί σε τουλάχιστον ένα άκρο με ημισφαιρική δομή, όπως οι φουλλερίνες. Οι νανοσωλήνες μπορεί να είναι πολυφλοιϊκοί- πολυτοιχωματικοί- (Multi Walled Carbon NanoTubes, MWCNTs) με ένα κεντρικό σωλήνα να περιβάλλεται από ένα ή περισσότερα στρώματα γραφίτη ή μονοφλοιϊκοί - μονοτοιχωματικοί- (Single Walled Carbon NanoTubes, SWCNTs), όπου υπάρχει μόνο ένας σωλήνας και καθόλου επιπλέον στρώματα γραφίτη. Λόγω των εξαιρετικών τους δομικών, ηλεκτρονικών και μηχανικών τους ιδιοτήτων, έχουν προσελκύσει το ενδιαφέρον του ερευνητικού κόσμου.

Η πρώτη ίνα άνθρακα παρασκευάστηκε από τον T.A. Edison για την χρησιμοποίησή της σε ηλεκτρικό λαμπτήρα τον 19^ο αιώνα. Η πρώτη νύξη για την κυλινδρική φύση των νανοϊνών του άνθρακα γίνεται από τους Radushkevich και Lukyanovich το 1952, δεκατρία χρόνια μετά την εμπορική παραγωγή ηλεκτρονικών μικροσκοπίων διέλευσης (Transmission Electron Microscopes, TEM), τα οποία επέτρεπαν την παρατήρηση της δομής και της μορφολογίας των νανοϊνών.

Η εξέλιξη της νανοτεχνολογίας από τα τέλη του 20ου αιώνα μέχρι και σήμερα είναι ραγδαία, κάτι που είναι λογικό καθώς οι τεχνολογίες προχωράνε και βοηθούν όχι μόνο την παρατήρηση και την πρόβλεψη φαινομένων που συμβαίνουν σε νανοκλίμακα αλλά και στην κατασκευή νάνο διατάξεων. Τα τρία βασικά παρακλάδια της νανοτεχνολογίας είναι τα νανοδομημένα υλικά, τα νανοεργαλεία και οι νανосуσκευές καθένα από τα οποία περιλαμβάνει πολλές εφαρμογές. Όσον αφορά στα νανοδομημένα υλικά, είναι ο μεγαλύτερος τομέας και ίσως ο σημαντικότερος καθώς αποτελούν απαραίτητο συστατικό για τους δύο παραπάνω τομείς.

Εφαρμογές στη σημερινή εποχή

Από εμπορικής πλευράς, οι νανοσωλήνες άνθρακα ως προϊόν έχουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, προσφέροντας σημαντικά περιθώρια κέρδους και ανάπτυξης για την εταιρεία που θα κατορθώσει να επιτύχει και να διαθέσει στην αγορά τεχνολογικά άρτιους και ταυτόχρονα οικονομικά προσιτούς νανοσωλήνες.

1) Νανοσωλήνες άνθρακα στην υγεία

Ένας αγωγίμος «επίδεσμος» από νανοσωλήνες άνθρακα μπορεί να αναπλάσει το μυοκάρδιο, σύμφωνα με προκαταρκτικές μελέτες του Πανεπιστημίου Brown της Βοστώνης. Ο «επίδεσμος» αυτός είναι ουσιαστικά ένα πλακίδιο, φτιαγμένο από μικροσκοπικές συστοιχίες σωματιδίων άνθρακα που αναδιπλώνονται σχηματίζοντας έναν σωλήνα ο οποίος έχει ηλεκτρική αγωγιμότητα και μιμείται την επιφάνεια τού φυσικού ιστού.

Κατά τη διάρκεια ενός εμφράγματος, τμήματα της καρδιάς σταματούν να οξυγονώνονται, με αποτέλεσμα να νεκρώνουν ιστοί και νευρικά κύτταρα που με τη λειτουργία τους επιτρέπουν στην καρδιά να συνεχίζει να χτυπάει δυνατά και ρυθμικά. Οι ιστοί αυτοί δεν μπορούν να αναπλαστούν μόνοι τους, διαταράσσοντας έτσι το ρυθμό των χτύπων της καρδιάς, αποδυναμώνοντάς την και ενίοτε προκαλώντας και άλλο έμφραγμα.

«Δεν εξετάζει μόνο τα μυϊκά κύτταρα που πάλλονται, αλλά και τα νευρικά κύτταρα που τα βοηθούν να συσπώνται και τα ενδοθηλιακά κύτταρα που στοιχίζουν τα αιμοφόρα αγγεία τα οποία κατευθύνονται από και προς την καρδιά. Το γεγονός πως ο επίδεσμος βοήθησε στην ανάπλαση και των τριών τύπων κυττάρων, που λειτουργούν αλληλεξαρτώμενα μέσα στην καρδιά, δείχνει πως ο νέος ιστός είναι παρόμοιος με τον προϋπάρχοντα», αναφέρει ο Tomas Webster, καθηγητής του Πανεπιστημίου Brown και συντάκτης της μελέτης.

Όμως η μέθοδος είναι ακόμα σε προκαταρκτικό στάδιο. Θα περάσει κάποιος καιρός μέχρι να μάθουμε τις πραγματικές δυνατότητές της, γιατί δεν έχουν γίνει ακόμα αρκετές δοκιμές. Ο επίδεσμος νανοσωλήνων του Webster είναι μόνο μία από τις πολλές μεθόδους που μελετώνται αυτήν την περίοδο για την επιδιόρθωση του μυοκάρδιου ιστού. Το επόμενο στάδιο της έρευνας θα αφορά τη μέθοδο εγκατάστασης του επίδεσμου, ο οποίος θα τυλίγεται και θα μεταφέρεται στην καρδιά μέσω καθετήρα. Έτσι λοιπόν το αποτέλεσμα θα είναι πως ο ιστός θα αναπτυχθεί γύρω από τους νανοσωλήνες άνθρακα και έπειτα θα συνεχίσει να παρέχει ηλεκτρική διέγερση στην καρδιά.

2) Νανοσωλήνες στην τεχνολογία

Η μεγάλη επανάσταση στο χώρο της τεχνολογίας ήρθε μέσω των νανοσωλήνων άνθρακα. Το εξαιρετικά διαδομένο πυρίτιο στο χώρο των υπολογιστών και των τσιπ δεν αποκλείεται να αποτελέσει παρελθόν, καθώς θα αντικατασταθεί από νανοσωλήνες άνθρακα.

Πρόκειται για ιδιαίτερα μικρά «καλαμάκια» κατασκευασμένα από άνθρακα που θα χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εξελιγμένων και υπεραποδοτικών τσιπ υπολογιστών. Η χρήση τους στη θέση των παραδοσιακών τσιπ από άνθρακα όλο και

πλησιάζει, καθώς ομάδα ερευνητών της IBM με επικεφαλής τον Τζέιμς Χάνον παρουσίασε μεθόδους κατασκευής τσιπ από το προηγμένο υλικό.

Η ομάδα κατόρθωσε να «ευθυγραμμίσει» ενσύρματες μικροσυσκευές από νανοσωλήνες, πετυχαίνοντας πυκνότητα ενός δισεκατομμυρίου ανά τετραγωνικό εκατοστό.

3) Άλλες εφαρμογές (ονομαστικά)

- Επίπεδες οθόνες
- Τεχνητοί μυς
- Super πυκνωτές
- Μπαταρίες
- Πεδίο εκπομπής επίπεδες οθόνες
- Field Effect τρανζίστορ και ενιαία τρανζίστορ ηλεκτρονίων
- Nano - λιθογραφία
- Nano - ηλεκτρονικά
- Ντόπινγκ
- Nano - τσιμπιδάκια
- Αποθήκευση δεδομένων
- Αποθήκευση υδρογόνου
- Φίλτρα Αιμοκάθαρσης
- Ανιονίcs (Ανιονίcs είναι τα ηλεκτρονικά συστήματα που χρησιμοποιούνται σε αεροσκάφη, τεχνητούς δορυφόρους και διαστημόπλοια.)
- Τέλος, Βρίσκουν εφαρμογή και στην αυτοκινητοβιομηχανία (επικαλύψεις, εξαρτήματα, πλαστικά τμήματα), την άμυνα (υλικά για ανθεκτικές στολές πολέμου, πολεμικά αεροσκάφη, αλεξίσφαιρα γιλέκα) και την ιατρική (ελεγχόμενη μεταφορά και αποδέσμευση φαρμακευτικών ουσιών).

ΕΝΟΤΗΤΑ 3: ΗΘΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΙΣ ΝΑΝΟΔΟΜΕΣ ΑΝΘΡΑΚΑ

Η ανάπτυξη τού τομέα των νανοεπιστημών και νανοτεχνολογιών οδήγησε στην ανάδειξη ζητημάτων ηθικής διάστασης, τα οποία προβληματίζουν τόσο τους επιστημονικούς κύκλους όσο και το ευρύ κοινό. Το κύριο ζήτημα που απασχολεί τη δεοντολογία των Ν&Ν είναι το θέμα της διαχείρισης ενδεχόμενων κινδύνων που προκύπτουν ή, πιθανώς, θα προκύψουν από τις εφαρμογές τους. Τα νανοϋλικά μπορούν να επηρεάσουν τις βασικές αξίες, δηλαδή τον άνθρωπο και το περιβάλλον, θετικά βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής με ποικίλους τρόπους, αλλά και αρνητικά μέσω πολλών κινδύνων που ελοχεύουν.

Τα προϊόντα και οι διεργασίες των Ν&Ν μελετώνται σε ξεχωριστές χρονολογικά κατηγορίες, ώστε να υπάρχει μια καλύτερη δυνατή προσέγγιση των πιθανών προβλημάτων και τής αντιμετώπισής τους.

Οι κατηγορίες αυτές είναι:

1^η γενιά (από το 2000): Παθητικές νανοδομές, οι οποίες διακρίνονται σε νανοδομές ελεύθερες ή σε ομάδες, όπως τα αεροζόλ και σε προϊόντα που περιέχουν νανοδομές, όπως νανοσωματίδια ή νανοδομημένα μέταλλα.

2^η γενιά (από το 2005): Ενεργές νανοδομές, οι οποίες, επίσης, διακρίνονται σε δύο υποκατηγορίες: τις βιοενεργές δομές, όπως τα στοχευμένα φάρμακα, και τις δομές με φυσικο-χημική δράση, όπως οι αισθητήρες.

3^η γενιά (από το 2010): Ολοκληρωμένα νανοσυστήματα, όπως τα τεχνητά όργανα.

4^η γενιά (2015-2020): Μοριακά νανοσυστήματα, για παράδειγμα μοριακές διατάξεις «κατά παραγγελία» και σχεδιασμός σε ατομική κλίμακα.¹

Οι νανοδομές άνθρακα, συνεπώς, σύμφωνα με την παραπάνω κατάταξη ανήκουν στην 1η γενιά, δεδομένης της ύπαρξης ποικίλων εφαρμογών των νανοσωλήνων και των φουλλερενίων. Οι κίνδυνοι που αφορούν στη γενιά αυτή περιγράφονται ως εξής:

- Χαρακτηρισμός επικινδυνότητας (τοξικότητα, καρκινογένεση, οικοτοξολογικότητα, δημιουργία φλεγμονών, συσσώρευση σε κύτταρα)
- Χαρακτηρισμός έκθεσης (πιθανή στοματική ή/και δερματική εισπνοή νανοϋλικών κατά την παραγωγή τους, μεταφορά σε αέρα, νερό και βιοσυστήματα, αποσύνθεση ή/και τελικά απόθεσή τους).²

Η οποιαδήποτε γενιά στην οποία κατατάσσονται οι νανοτεχνολογικές εφαρμογές, όμως, μπορεί να εμφανίσει σοβαρούς κινδύνους, οι οποίοι απαιτούν καταπολέμηση. Η διεπιστημονικότητα που χαρακτηρίζει τη νανοτεχνολογία, ωστόσο, καθιστά τη λήψη μέτρων αντιμετώπισης ακόμα πιο δύσκολη. Αυτό συμβαίνει, διότι για κάθε επιστήμη υπάρχει πλήθος διαφορετικών εφαρμογών που βασίζονται στη νανοεπιστήμη. Επομένως, πρακτικά παρατηρείται αδυναμία κάλυψης όλων των παραμέτρων από τις αρμόδιες αρχές.

Συγκεκριμένα, τα ζητήματα που δύνανται να προκύψουν από τις παθητικές νανοδομές, δηλαδή την κατηγορία στην οποία κατατάσσονται και οι νανοδομές του άνθρακα, μπορούν να αναλυθούν σε τέσσερις τομείς:

A) Κύριος τομέας είναι εκείνος που έχει επίδραση στην ανθρώπινη υγεία με την αδυναμία πρόβλεψης της συμπεριφοράς των υλικών στη νανοκλίμακα να πρωτοστατεί. Ο λόγος επιφάνειας/όγκου των νανοδομών είναι μεγάλος, γεγονός που καθιστά την πιθανή έκθεση σε μεγάλες δόσεις δυνατή να προκαλέσει φλεγμονές σε κύτταρα και όργανα, ανεξάρτητα από την τοξικότητα. Επιπλέον, νανοϋλικά τα οποία περιέχουν μέταλλα διαθέτουν αυξημένη τοξικότητα, ενώ η νανοκλίμακα τους επιτρέπει να εισβάλλουν εύκολα σε πολλά όργανα, ακόμα και στον εγκέφαλο, και είναι δυνατό να αδρανοποιήσουν το ανοσοποιητικό σύστημα.

B) Εξίσου σημαντική είναι η περιβαλλοντική διάσταση του θέματος, καθώς το περιβάλλον αποτελεί τη δεύτερη από τις βασικές ηθικές αξίες. Τα νανοσωματίδια μπορεί να απορροφούν μολυντικά στοιχεία, τα οποία, στη συνέχεια, να μεταφερθούν

στην τροφική αλυσίδα ή να αποτελέσουν μη-βιοδιασπώμενους μολυντές, οι οποίοι δεν ανιχνεύονται με την δεδομένη τεχνολογία.

Γ) Ο οικονομικός παράγοντας κατέχει πάντα εξέχουσα θέση στις περιπτώσεις μελέτης επιπτώσεων φαινομένων, ειδικά στην συγκεκριμένη περίπτωση. Οι νανοεπιστήμες και οι εφαρμογές τους ενδέχεται να καταλύσουν τους ισχύοντες κανόνες της αγοράς και να προκαλέσουν αλλαγή στην διαδικασία παραγωγής και την τοπογραφική θέση των βιομηχανιών. Παράλληλα, οι κίνδυνοι αυξάνονται για τους εργαζόμενους στη βιομηχανία. Τα υλικά στη νανοκλίμακα μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα υγείας, ενώ ο λόγος επιφάνειας/όγκου τους εντείνει τον κίνδυνο έκρηξης και αυτανάφλεξης.

Δ) Ο τελευταίος τομέας σχετίζεται με την ασφάλεια και τις υπόλοιπες κοινωνικές συνέπειες. Η ασφάλεια έγκειται, εν προκειμένω, στην κακόβουλη χρήση των νανοτεχνολογιών σε τρομοκρατικές ενέργειες ή σε στρατιωτικές επιχειρήσεις. Επιπροσθέτως, μεγάλο αντίκτυπο μπορεί να έχει σε κοινωνικό επίπεδο η νανοεπιστήμη ως προς το ποιες κοινωνικές ομάδες ή κράτη επωφελούνται ή βλάπτονται από αυτήν.

Οι παθητικές νανοδομές εμφανίζουν κολλώδη χαρακτήρα, γεγονός που θεωρείται πως μπορεί να διευκολύνει την ανίχνευσή τους στο χώρο, καθώς σχηματίζουν συσσωματώματα. Με τον τρόπο αυτό σχεδιάζεται να επιλυθούν πολλά ενδεχόμενα ζητήματα. Άγνωστη συνιστώσα, όμως, παραμένει η τοξικότητα που μπορεί να εμφανίσουν τα υλικά στη νανοκλίμακα.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, είναι απίθανο να γίνει πρόβλεψη για τη συμπεριφορά των νανοδομών στη νανοκλίμακα. Επομένως, είναι μεγάλος ο κίνδυνος εκδήλωσης τοξικότητας. Για την τακτική που θα ακολουθηθεί για την αντιμετώπιση τέτοιων ζητημάτων πρέπει να τηρείται μια από τις δύο ακόλουθες αρχές:

- Αρχή της Πρόληψης → Επιβάλλει την διακοπή των εφαρμογών, όταν υπάρχει βεβαιότητα ύπαρξης κινδύνου.
- Αρχή της Προφύλαξης → Επιβάλλει την διακοπή των εφαρμογών ακόμα και όταν υπάρχει αβεβαιότητα κινδύνου.

Πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα η συμβολή της επιστημονικής έρευνας στη συμμόρφωση με μία από τις δύο αυτές αρχές. Εξάλλου, σύμφωνα με την Επιστημονική Επιτροπή για τους «ανακλύπτοντες ή προσφάτως εντοπισθέντες» κινδύνους, μολονότι οι υφιστάμενες τοξικολογικές και οικοτοξικολογικές μέθοδοι είναι κατάλληλες για την εκτίμηση πολλών από τους κινδύνους που συνδέονται με τα νανοσωματίδια, ενδεχομένως να μην είναι επαρκείς για την εκτίμηση όλων των κινδύνων.³

1,2,3 παραπομπές → Κ Α Χαριτίδης, Τ Κ Βιδάλης: Η ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ. Θ. Κ. Παπαχρίστου, Λ. Μήτρου, Τ. Βιδάλης, Θ. Ξηρός: Νανοεπιστήμες και Νανοτεχνολογίες, το αίτημα της ρύθμισης

ΠΗΓΕΣ

- <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CE%BF%CF%85%CE%BB%CE%B5%CF%81%CE%AD%CE%BD%CE%B9%CE%BF>
- <http://blogs.sch.gr/anargy/files/2012/11/%CF%86%CE%BF%CF%85%CE%BB%CE%B5%CF%81%CE%AD%CE%BD%CE%B9%CE%B1-%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CF%83%CF%89%CE%BB%CE%AE%CE%BD%CE%B5%CF%82-%CE%B1%CE%BD%CE%B8%CF%81%CE%B1%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1.pdf>
- <http://www.imerisia.gr/article.asp?catid=26514>HYPERLINK
"http://www.imerisia.gr/article.asp?catid=26514&subid=2&pubid=111885165"&HYPERLINK
"http://www.imerisia.gr/article.asp?catid=26514&subid=2&pubid=111885165"subid=2HYPERLINK
"http://www.imerisia.gr/article.asp?catid=26514&subid=2&pubid=111885165"&HYPERLINK
"http://www.imerisia.gr/article.asp?catid=26514&subid=2&pubid=111885165"pubid=111885165
- <http://medgreece.gr/2008/%CE%B1%CF%80%CE%BF%CE%B8%CE%AE%CE%BA%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7-%CF%85%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%B3%CF%8C%CE%BD%CE%BF%CF%85-%CF%83%CE%B5-%CF%83%CF%86%CE%B1%CE%AF%CF%81%CE%B5%CF%82-%CE%AC%CE%BD%CE%B8%CF%81>
- <http://reocities.com/grphysics/fullerene.html>
- <http://library.certh.gr/libfiles/PDF/EL-PAPYR-3664-NANOYLKA-by-MPAMPABEA-in-FARMAKEVTIKH-VOL-21-ISS-1-PP-10-21-Y-2008.pdf>
- <http://reade.com/el/products/70-nanotubes-swnts-dwnts-mwnts-va-mwnts/102-carbon-nanotubes-cnt-swnt-mwnt?q=nano+structures>