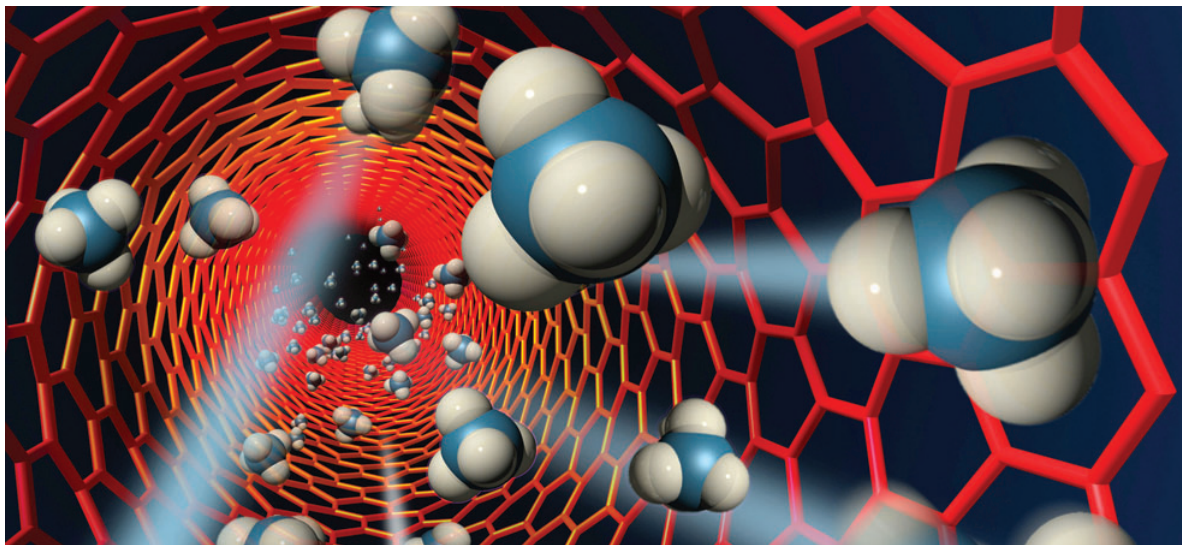
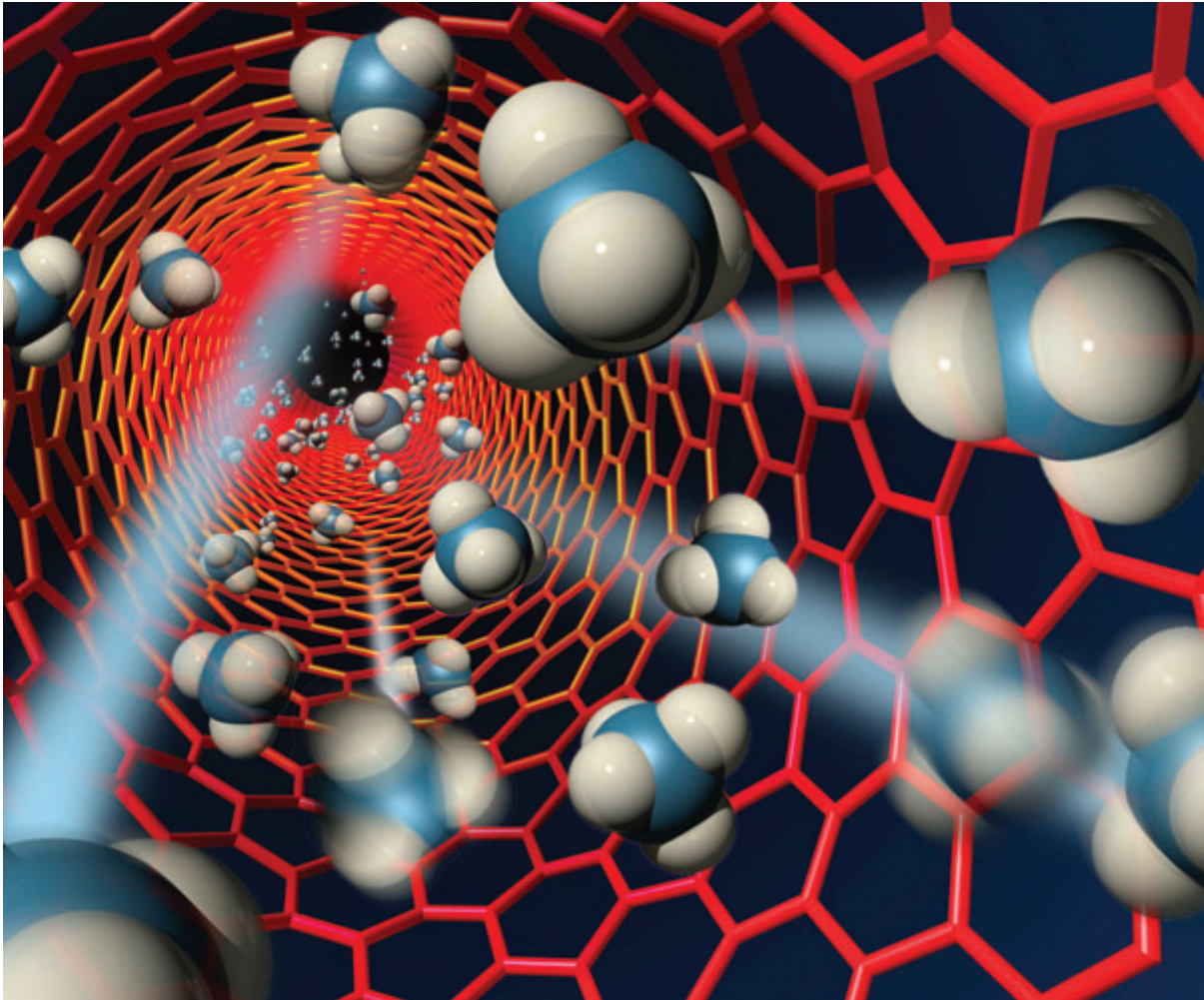


Η νανοτεχνολογία και οι εφαρμογές της (Β')

/ [Πεμπτουσία· Ορθοδοξία-Πολιτισμός-Επιστήμες](#)



Αν και έχουμε ανακαλύψει νέα νανοαντικείμενα, στο περιβάλλον υπάρχουν σε μεγάλες ποσότητες κάθε φύσης νανοςωματίδια (από εκρήξεις ηφαιστείων, καμινάδες βιομηχανιών, διάβρωση). Επίσης,

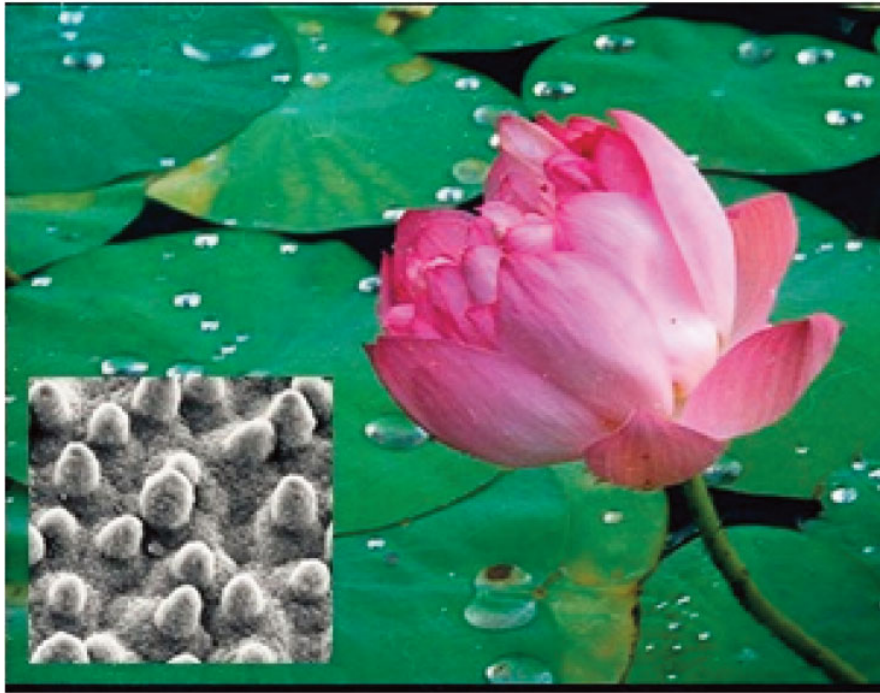
εφαρμογές της νανοτεχνολογίας υπήρχαν από καιρό τόσο σε ανθρώπινες κατασκευές όσο και στη φύση, απλώς τις συνειδητοποιήσαμε σχετικά πρόσφατα.

Χαρακτηριστικά είναι τα παραδείγματα που ακολουθούν:

Από τον δέκατο έκτο αιώνα οι κατασκευαστές γυαλιών (όπως τα γνωστά μουράνο) έδιναν ένα πολύ ιδιαίτερο χρώμα στις κατασκευές τους προσθέτοντας μικρές ποσότητες πολύ λεπτά τριμμένου χρυσού. Σήμερα γνωρίζουμε ότι με μια κατάλληλη θερμική επεξεργασία, τα άτομα χρυσού ομαδοποιούνται και σχηματίζουν νανομετρικά σωματίδια τα οποία έχουν διαφορετικές οπτικές ιδιότητες από το μακροσκοπικό χρυσό που όλοι γνωρίζουμε. Ο χαλκός επίσης προσδίδει ένα πολύ ωραίο χρώμα του οποίου η ένταση μεταβάλλεται ανάλογα με το μέγεθος.

Τα φωτομετρικά γυαλιά που σκουραίνουν στον ήλιο έχουν νανομετρικά συσσωματώματα αλάτων του αργύρου. Τα άλατα αυτά διασπώνται από την υπεριώδη ακτινοβολία και τα άτομα του χαλκού που ελευθερώνονται κατ' αυτόν τον τρόπο αποτελούν την αιτία της αλλαγής χρώματος. Στη σκιά τα άλατα ανασχηματίζονται και το χρώμα του γυαλιού ξαναγίνεται διαφανές.

Ένα ενδιαφέρον φυσικό φαινόμενο είναι το φαινόμενο του λωτού. Ο λωτός (*Nelumbo nucifera*) είναι ένα φυτό (σχήμα 2) χαρακτηριστικό του οποίου είναι ότι τα φύλλα του παραμένουν καθαρά ακόμα και σε βρώμικο περιβάλλον. Αυτό επιτυγχάνεται διότι, όπως ανακάλυψαν οι επιστήμονες με τη βοήθεια κατάλληλων μικροσκοπίων, τα φύλλα διαθέτουν ένα νανομετρικό σύστημα αυτοκαθαρισμού, το οποίο έχουμε κατανοήσει και τώρα πλέον αντιγράφουμε με διάφορους τρόπους. Αυτό οφείλεται σε νανοκρυστάλλους κεριού οι οποίοι καλύπτουν την επιφάνεια αυτών των φύλλων. Λόγω αυτού του στρώματος οι σταγόνες του νερού δεν διαβρέχουν την επιφάνεια (δεν απλώνονται σε αυτήν), αλλά παίρνουν σφαιρικό σχήμα και γλιστράνε πάνω στην επιφάνεια συμπαρασύροντας τις διάφορες σκόνες. Το φαινόμενο αυτό χρησιμοποιείται για την κατασκευή αυτοκαθαριζόμενων υλικών που χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο σε κατασκευές κτιρίων όπως θα δούμε παρακάτω. Οι επιφάνειες που συμπεριφέρονται κατ' αυτόν τον τρόπο ονομάζονται υδρόφοβες.



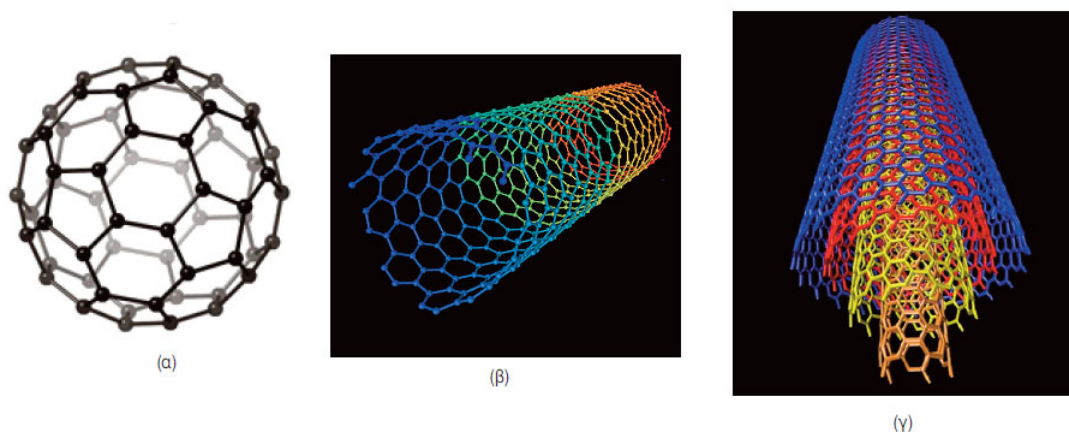
Σχήμα 2

Φυτό λωτού (στο ένθετο φαίνεται εικόνα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου)
(πηγή <http://nanoinfolanka.blogspot.com>)

Νέες ανακαλύψεις που έδωσαν ιδιαίτερη ώθηση

Δύο νέα υλικά με βάση τον άνθρακα έδωσαν ιδιαίτερη ώθηση στη νανοτεχνολογία. Οι γνωστές μορφές του άνθρακα είναι ο γραφίτης και το διαμάντι. Το 1985 ανακαλύφθηκε ότι ο άνθρακας μπορεί να δώσει μόρια με τη μορφή μπάλας ποδοσφαίρου (σχήμα 3α) με μέγεθος της τάξης του νανομέτρου. Στη δομή αυτή υπάρχουν εξήντα άτομα άνθρακα (C_{60}) τα οποία είναι τοποθετημένα σε εξάγωνα και πεντάγωνα. Οι δομές αυτές έγιναν γνωστές ως φουλερένια και οφείλουν το όνομά τους στο γεγονός ότι παρουσιάζουν οι γεωδαιτικοί θόλοι που κατασκευάστηκαν από τον αρχιτέκτονα B. Fuller τη δεκαετία του 1960.

Μερικά χρόνια αργότερα ανακαλύφθηκε ότι τα άτομα άνθρακα μπορούν να σχηματίσουν σωλήνες από φύλλα άνθρακα, τα οποία παρουσιάζουν δομή σαν αυτή μιας κυψέλης. Η περαιτέρω έρευνα έδειξε ότι μπορούν να έχουν διάφορες διαμέτρους αλλά και πολλαπλά τοιχώματα (σχήμα 3β, 3γ). Η διάμετρος των νανοσωλήνων είναι της τάξης του νανομέτρου, αλλά το μήκος τους μπορεί σε μερικές περιπτώσεις να φτάσει και το 1 mm. Τόσο οι νανοσωλήνες όσο και τα φουλερένια δεν υπάρχουν στη φύση παρά μόνο σε πολύ μικρές ποσότητες. Στο εργαστήριο μπορεί κανείς πλέον σήμερα να παρασκευάσει πολύ μεγάλες ποσότητες τέτοιων υλικών.



Σχήμα 3

α) Σχηματική αναπαράσταση φουλερενίου (πηγή <http://sciculture.com/advancedpoll/GCSE/fullerene.htm>)

β) Νανοσωλήνας άνθρακα απλού τοιχώματος (πηγή <http://www.emerging-technologies-news.info/wpcontent/uploads/2011/01/nanotube.jpg>)

γ) Νανοσωλήνας άνθρακα πολλαπλών τοιχωμάτων (πηγή <http://www.robaid.com/tech/nanotechnologies-carbon-nanotubes.htm>)

Εργαλεία για τη μελέτη των νανοϋλικών

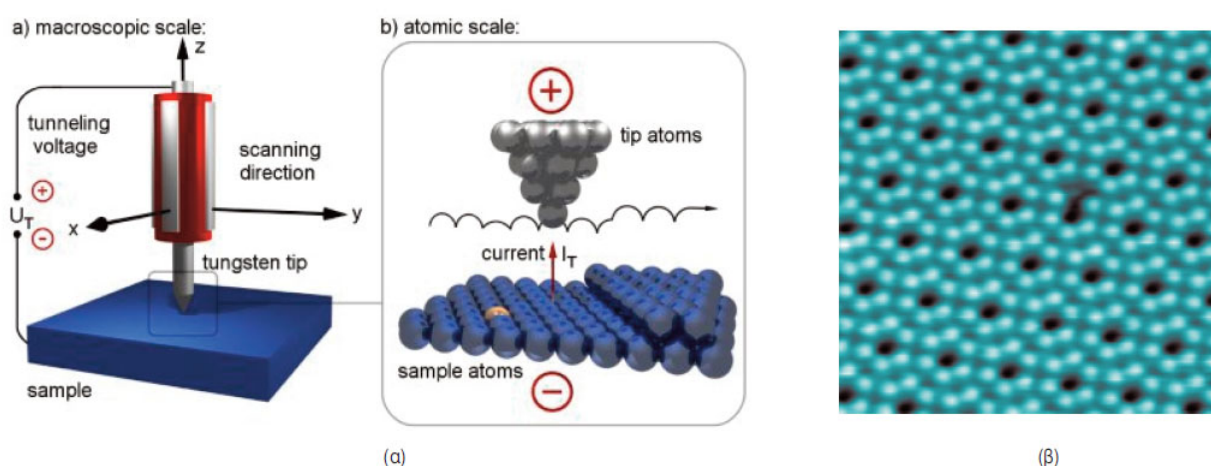
Η ερώτηση που μπορεί να κάνει κανείς πολύ φυσιολογικά, είναι πώς μπορούμε να δούμε τα νανοϋλικά αν είναι τόσο μικρά; Είναι σίγουρο ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα συμβατικό οπτικό μικροσκόπιο, καθώς υπάρχει ένα όριο που δεν μπορεί να ξεπεραστεί και αυτό συνδέεται με τα χαρακτηριστικά των κυμάτων φωτός. Ο όρος ανάλυση ή διακριτική ικανότητα αναφέρεται στην απόσταση μεταξύ δύο λεπτομερειών μιας εικόνας που μπορεί, με ακρίβεια, να διακριθεί. Για ένα συμβατικό μικροσκόπιο που χρησιμοποιεί το ορατό φως, η ανάλυση είναι περίπου 40.000 nm.

Οι επιστήμονες κατά τη δεκαετία του 1920 διαπίστωσαν ότι ένα μαγνητικό πηνίο θα μπορούσε να ενεργήσει ως φακός για τα ηλεκτρόνια, και ότι ένας τέτοιος φακός ηλεκτρονίων θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να ληφθεί μια εικόνα

αντικειμένου που ακτινοβολείται με μια δέσμη ηλεκτρονίων. Έτσι πρόέκυψε το πρώτο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, το οποίο μέσα από μια πορεία βελτίωσης και σε διάφορες παραλλαγές φτάνει σε διακριτική ικανότητα κάτω από 200 nm με μερικά να φτάνουν ακόμα πιο χαμηλά.

Το 1981, οι Gerd Binnig και Heinrich Rohrer στα εργαστήρια της IBM της Ζυρίχης ανακάλυψαν ένα νέο μικροσκόπιο που ονομάζεται Μικροσκόπιο Σάρωσης μέσω του φαινομένου Σήραγγας με μεγέθυνση πάνω από 100 εκατομμύρια φορές. Το 1986 οι Gerd Binnig και Heinrich Rohrer, αλλά και ο Ernst Ruska, μοιράστηκαν για την ανακάλυψή τους αυτή το βραβείο Nobel Φυσικής.

Το μικροσκόπιο σάρωσης μέσω του φαινομένου σήραγγας βασίζεται στο κβαντικό φαινόμενο σήραγγας. Αν δύο άτομα, πχ. υδρογόνου, βρεθούν κοντά το ένα με το άλλο, τότε είναι πιθανόν το ένα ηλεκτρόνιο του Α να βρεθεί σύμφωνα με τις αρχές της κβαντομηχανικής, στο άλλο άτομο Β. Δηλαδή να ξεπεράσει το ενεργειακό φράγμα που χωρίζει τα άτομα και να “ανοίξει μια σήραγγα” για να βρεθεί στο άλλο άτομο.



Σχήμα 4

(α) Σχηματική παράσταση μικροσκοπίου σήραγγας, (πηγή <http://www.ieap.uni-kiel.de/surface/ag-kipp/stm/stm.htm>)

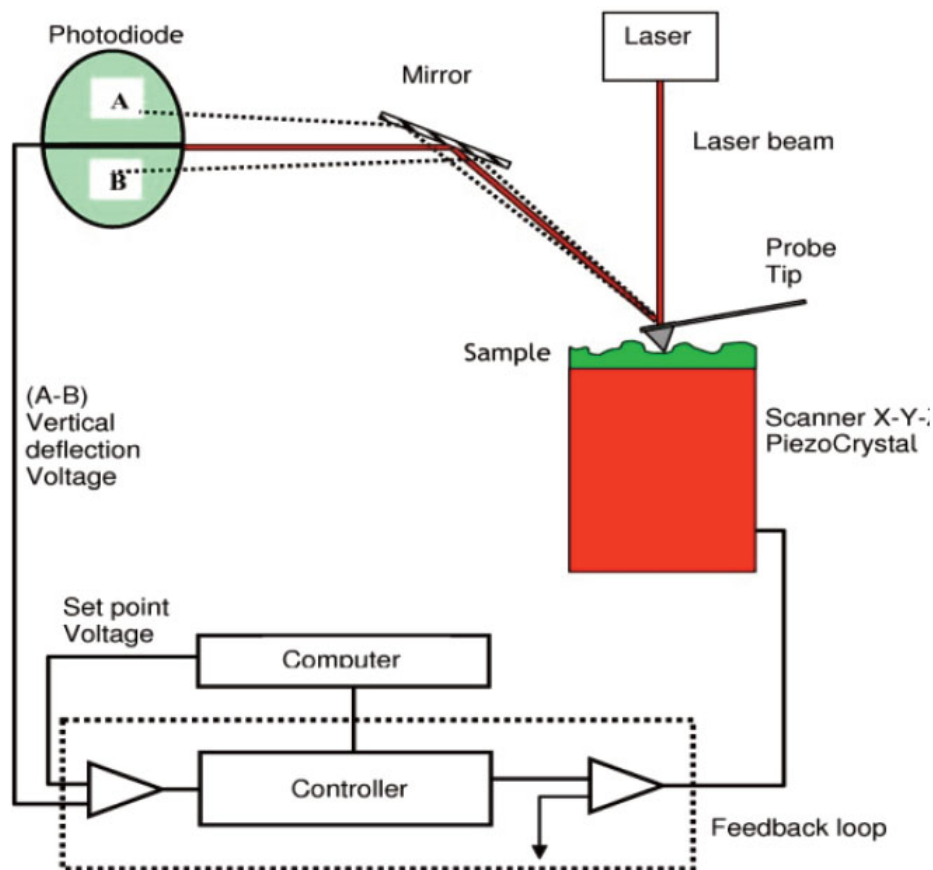
(β) Εικόνα επιφάνειας πυριτίου Si(111)5x5, (πηγή <http://www.andrew.cmu.edu/user/feenstra/stm/>)

Στο όργανο αυτό, υπάρχει μια ακίδα από βολφράμιο, που βρίσκεται εξαιρετικά κοντά στο δείγμα, για να μπορούν τα ηλεκτρόνια να περνούν από την ακίδα προς το δείγμα αλλά και αντίστροφα. Όταν η ακίδα (σχήμα 4α) που έχει θετικό δυναμικό, βρεθεί κοντά σε άτομα του υπό εξέταση υλικού, τότε το ενεργειακό φράγμα που χωρίζει τα ηλεκτρόνια του υλικού από την ακίδα γίνεται μικρό και αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα ασθενές ηλεκτρικό ρεύμα. Όταν η ακίδα βρίσκεται πάνω από μια εσοχή της επιφάνειας, το ενεργειακό φράγμα μεγαλώνει και το ηλεκτρικό ρεύμα μειώνεται σημαντικά ή μηδενίζεται. Έτσι μέσω των διακυμάνσεων του ρεύματος καταγράφονται με ακρίβεια οι ανωμαλίες της επιφάνειας. Με χρήση υψηλής ποιότητας ακίδας είναι δυνατό να δούμε όχι πλέον τις κοινές ανωμαλίες μιας επιφάνειας αλλά τις ανωμαλίες λόγω της ατομική

δομής της. Η ακίδα μετακινείται οριζόντια και κατακόρυφα και σαρώνει την επιφάνεια Γι' αυτό και στο όνομα του οργάνου περιέχεται η λέξη σάρωση. Μπορεί να απεικονίζει μεμονωμένα άτομα, δηλαδή να έχουμε τη μέγιστη δυνατή λεπτομέρεια στην ατομική δομή της επιφάνειας του υλικού που εξετάζεται.

Μικροσκόπιο Ατομικής Δύναμης (Atomic Force Microscopy-AFM)

Η μέθοδος της μικροσκοπίας ατομικής δύναμης εφαρμόζεται σε μονωτές όσο και σε αγωγούς ή ημιαγωγούς. Σχηματικά η διαδικασία μέτρησης της μορφής του ανάγλυφου της επιφάνειας φαίνεται στο σχήμα 5. Η ακίδα σαρώνει το δείγμα, και λόγω των ανωμαλιών, ασκούνται διαφορετικές δυνάμεις που αναγκάζουν τον πρόβολο (cantilever) να λυγίζει. Μέσω μιας δέσμης Laser που ανακλάται στο πίσω μέρος του πρόβολου καταλήγει σε μια φωτοδιόδο και οι μετακινήσεις της ακίδας ανι- χνεύονται και καταγράφονται υπό μορφή τάσης στην έξοδο της φωτοδιόδου. Μέσω των μεταβολών της καταγραφής στη φωτοδιόδο καταγράφεται η μορφολογία της επιφάνειας. Ανάλογα με τον τρόπο επαφής ακίδας-δείγματος υπάρχουν διάφορες παραλλαγές μικροσκοπίων ατομικής δύναμης.



Σχήμα 5

Σχηματική αναπαράσταση του τρόπου λειτουργίας μικροσκοπίου ατομικής δύναμης
(πηγή <http://www.matersci.upatras.gr/node/357>)

Σημείωση: το παρόν άρθρο δημοσιεύεται σε συνεργασία με το περιοδικό Physics News -<http://www.physicsnews.gr> - και την Ένωση Ελλήνων Φυσικών