



Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Σχολή Επιστημών Υγείας
Ιατρική Σχολή

Μάθημα: Βιολογία και Εφαρμογές της Αναγεννητικής Ιατρικής

Διάλεξη: «Νανοτεχνολογία στην Αναγεννητική Ιατρική»

Δρ. Νεφέλη Λαγοπάτη

nlagopati@med.uoa.gr

Επίκουρη Καθηγήτρια Βιολογίας-Νανοϊατρικής,
Εργαστήριο Βιολογίας, Ιατρική Σχολή, ΕΚΠΑ

Αθήνα, Ακ. έτος: 2023-2024

Νανοϊατρική
Μαθηματικά

Καρκίνος

Έρευνα

Βιολογία

Κυτταρικός
Θάνατος

Συστήματα

Μεταφοράς

Φαρμάκων

Φυσική

Βιοϋλικά

Νανοσωματίδια

Διάγνωση

Έξυπνα Φάρμακα

Richard Feynman

Εξυπνα Φάρμακα

Ιστομηχανική

Κυτταροτοξικότητα

Νανοτεχνολογία

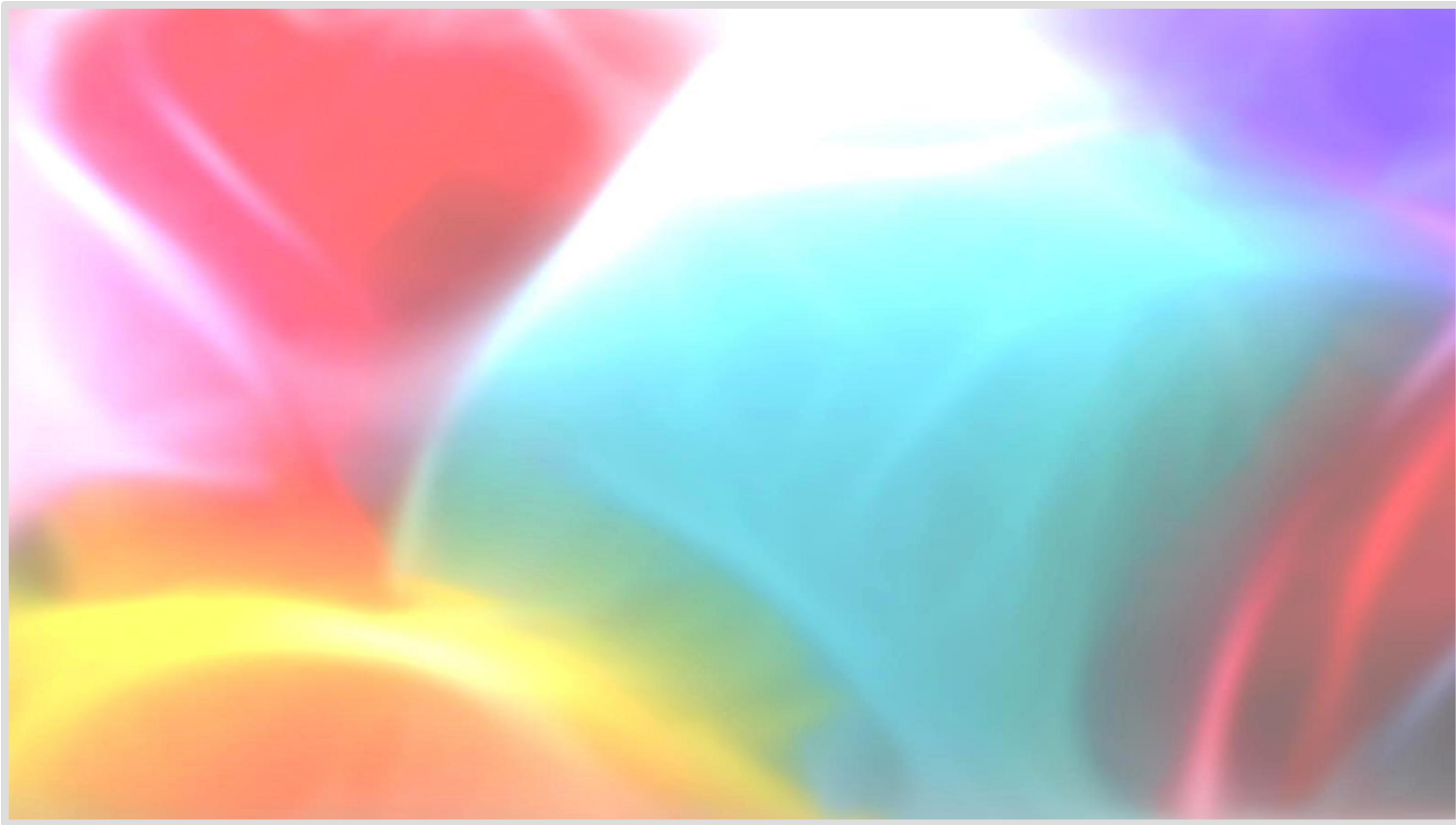
Κύτταρα

Ιατρική

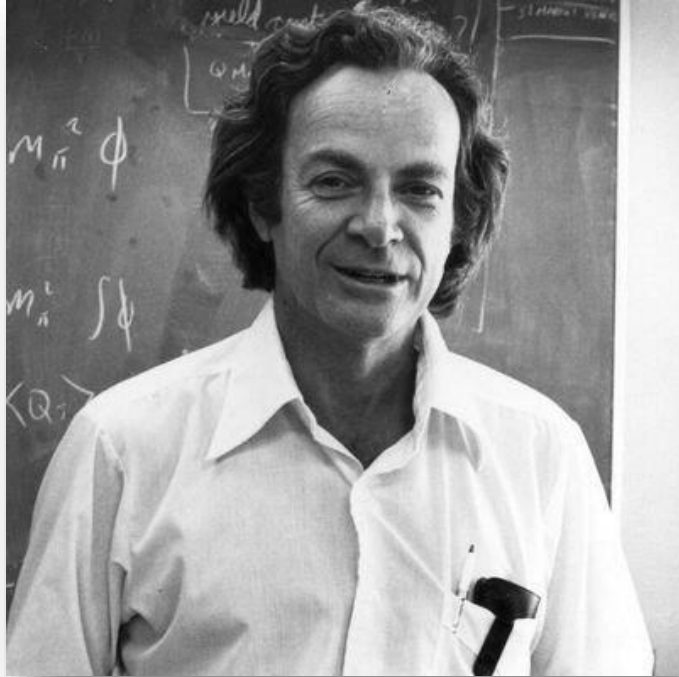
Εργαστήριο

Θεραπεία

Εισαγωγή



Νανοτεχνολογία



Richard Feynman
1918 - 1988

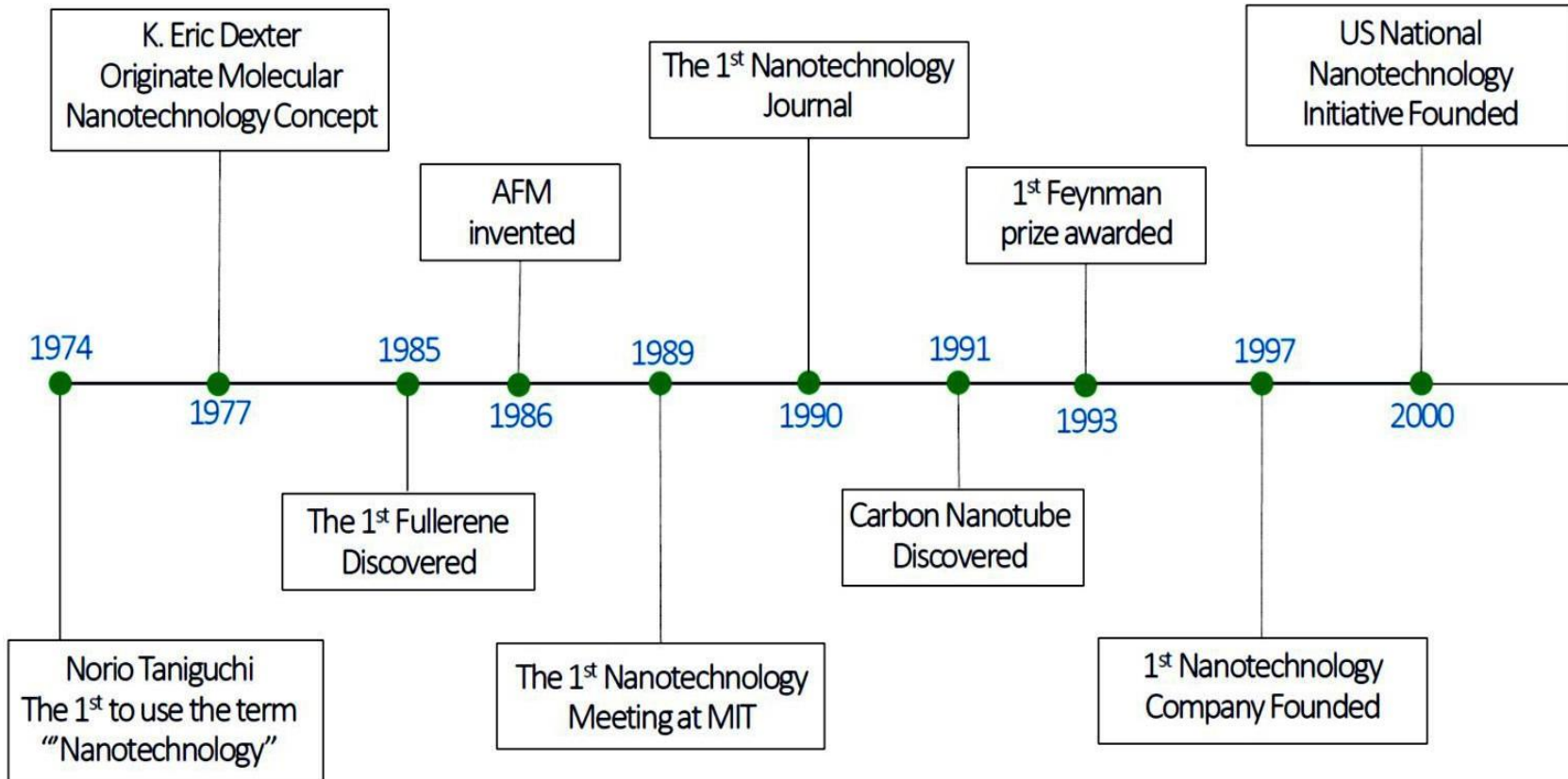
“There’s Plenty of
Room at the Bottom”



Norio Taniguchi
1912 - 1999

“Nanotechnology”

Νανοτεχνολογία



Επιστήμη

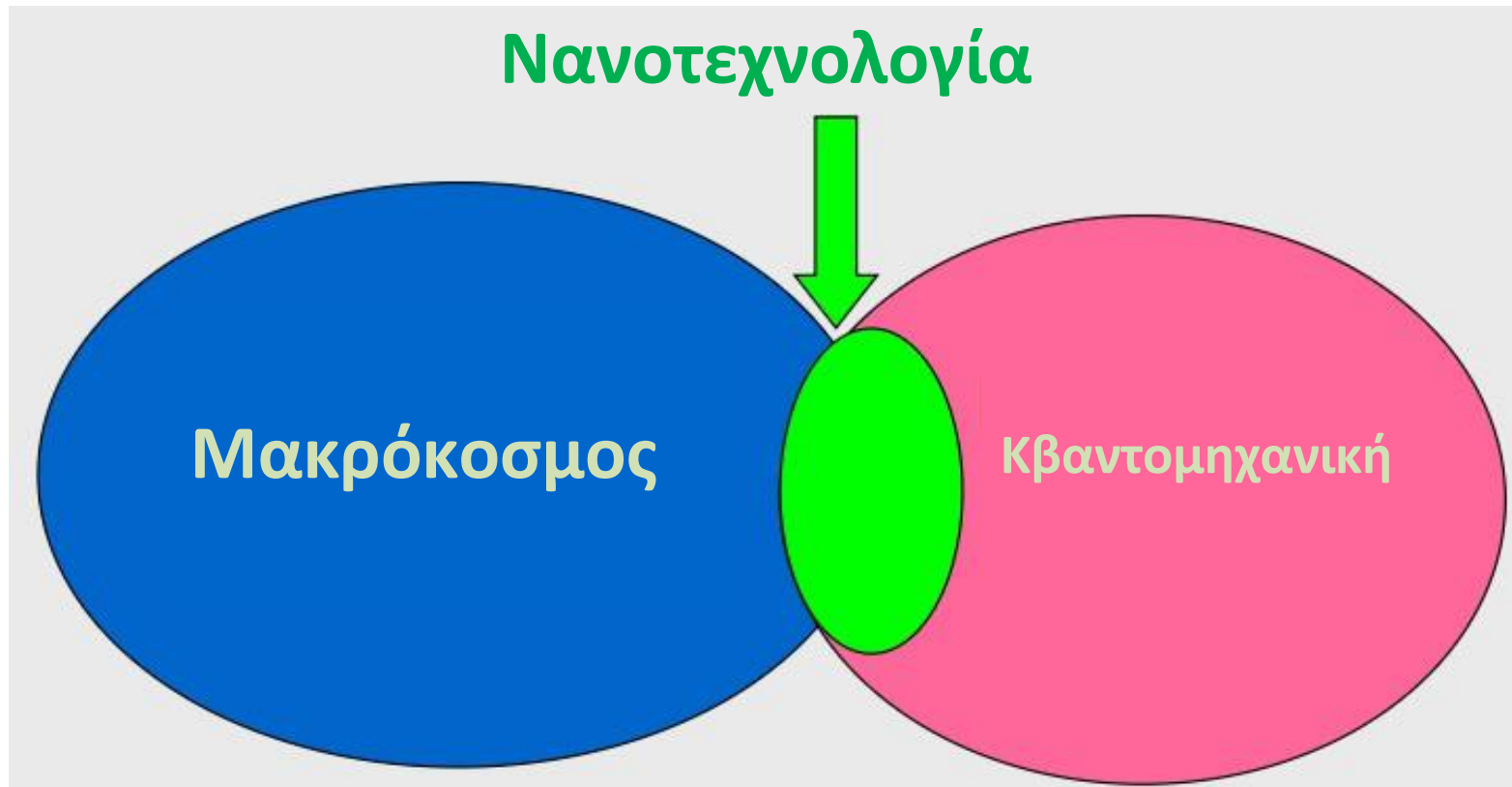
Μηχανική

Τεχνολογία



Νανοτεχνολογία

Νανοτεχνολογία

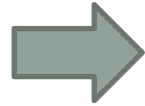


Νανοτεχνολογία

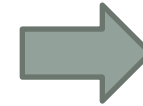
Ορισμοί



Νάνος



Νανο-



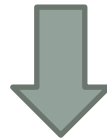
nano-

Νανοτεχνολογία

Ορισμός

- National Nanotechnology Initiative (<https://www.nano.gov>)

- Nanotechnology is the understanding and control of matter at dimensions between approximately 1 and 100 nanometers, where unique phenomena enable novel applications. Encompassing nanoscale science, engineering, and technology, nanotechnology involves imaging, measuring, modelling, and manipulating matter at this length scale.



Νανοτεχνολογία είναι η κατανόηση και ο έλεγχος της ύλης σε διαστάσεις 1 - 100nm, όπου μοναδικά φαινόμενα ενεργοποιούν καινοτόμες εφαρμογές. Περιλαμβάνει την επιστήμη, τη μηχανική και την τεχνολογία στη νανοκλίμακα. Ασχολείται με την απεικόνιση, τη μέτρηση, τη μοντελοποίηση, το χειρισμό της ύλης σε αυτή την κλίμακα.

Metric prefixes

Nano is one billionth of a meter!!!

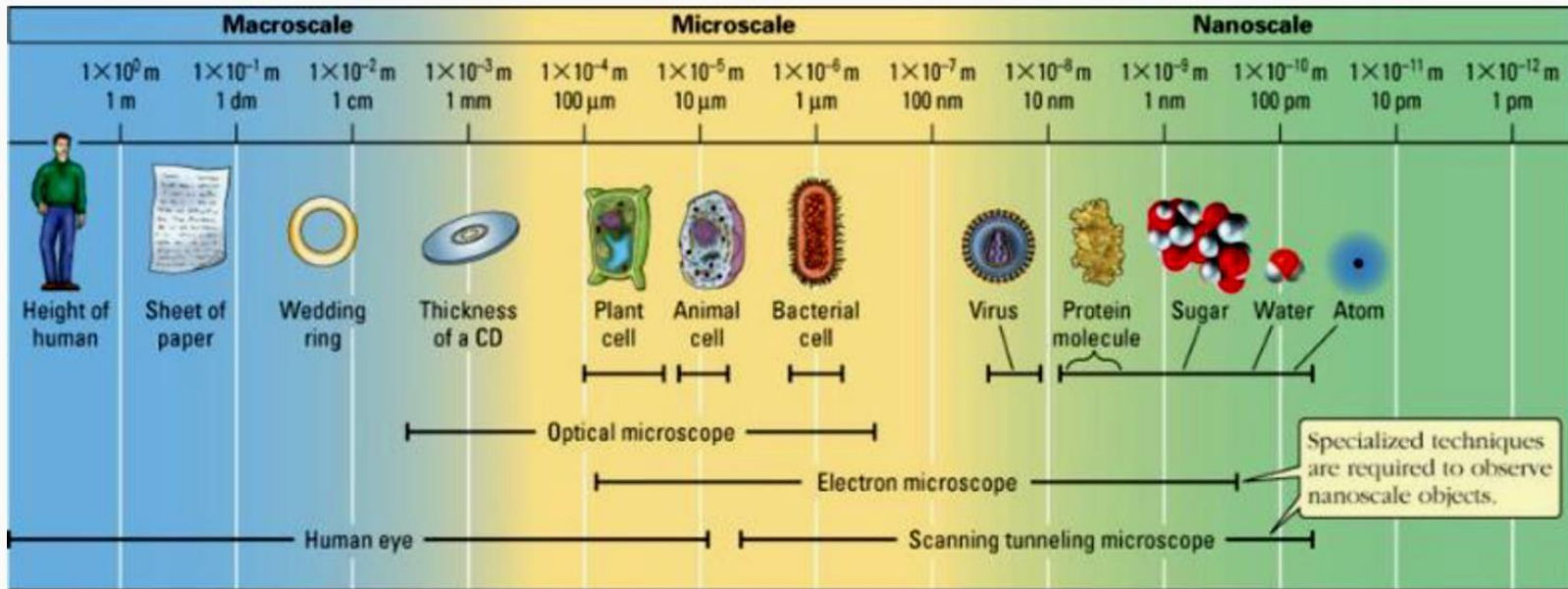
Prefix	Unit abbreviation	Exponential factor	Meaning	Example
tera	T	10^{12}	1 000 000 000 000	1 terameter (Tm) = 1×10^{12} m
giga	G	10^9	1 000 000 000	1 gigameter (Gm) = 1×10^9 m
mega	M	10^6	1 000 000	1 megameter (Mm) = 1×10^6 m
kilo	k	10^3	1000	1 kilometer (km) = 1000 m
hecto	h	10^2	100	1 hectometer (hm) = 100 m
deka	da	10^1	10	1 dekameter (dam) = 10 m
		10^0	1	1 meter (m)
deci	d	10^{-1}	1/10	1 decimeter (dm) = 0.1 m
centi	c	10^{-2}	1/100	1 centimeter (cm) = 0.01 m
milli	m	10^{-3}	1/1000	1 millimeter (mm) = 0.001 m
micro	μ	10^{-6}	1/1 000 000	1 micrometer (μ m) = 1×10^{-6} m
nano	n	10^{-9}	1/1 000 000 000	1 nanometer (nm) = 1×10^{-9} m
pico	p	10^{-12}	1/1 000 000 000 000	1 picometer (pm) = 1×10^{-12} m
femto	f	10^{-15}	1/1 000 000 000 000 000	1 femtometer (fm) = 1×10^{-15} m
atto	a	10^{-18}	1/1 000 000 000 000 000 000	1 attometer (am) = 1×10^{-18} m

Νανοκλίμακα

Macroscale
is what can be seen with
naked eye

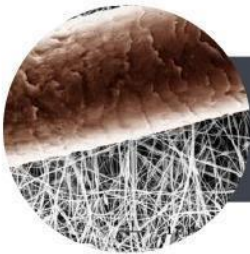
Microscale
objects can be seen with an
optical or electron microscope

Nanoscale
objects can be seen with
electron microscope or AFM



Νανοκλίμακα

How small is nano?



Human hair = ~ 40.000 nm thick



Page of a book = ~ 100.000 nm thick



Child of 1 m height = $1.000.000.000$ nm

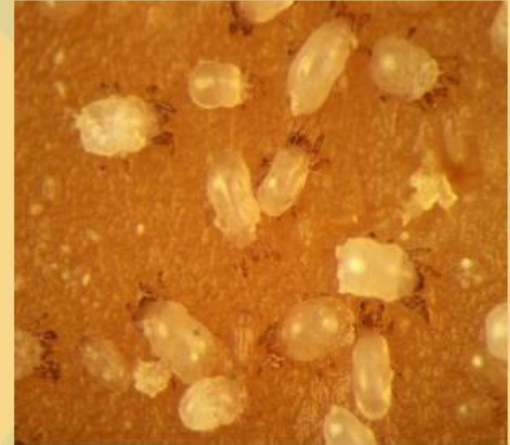
Νανοκλίμακα στη φύση



Lizards Gecko



Οστρακοειδή



Τυρί Mimolette

Νανοκλίμακα στην τέχνη

- ❖ Χρήση από Έλληνες και Ρωμαίους για διακοσμητικούς σκοπούς
- ❖ Ο Michael Faraday εντόπισε τις διαφορετικές ιδιότητες τους σε σχέση με τον συμπαγή χρυσό

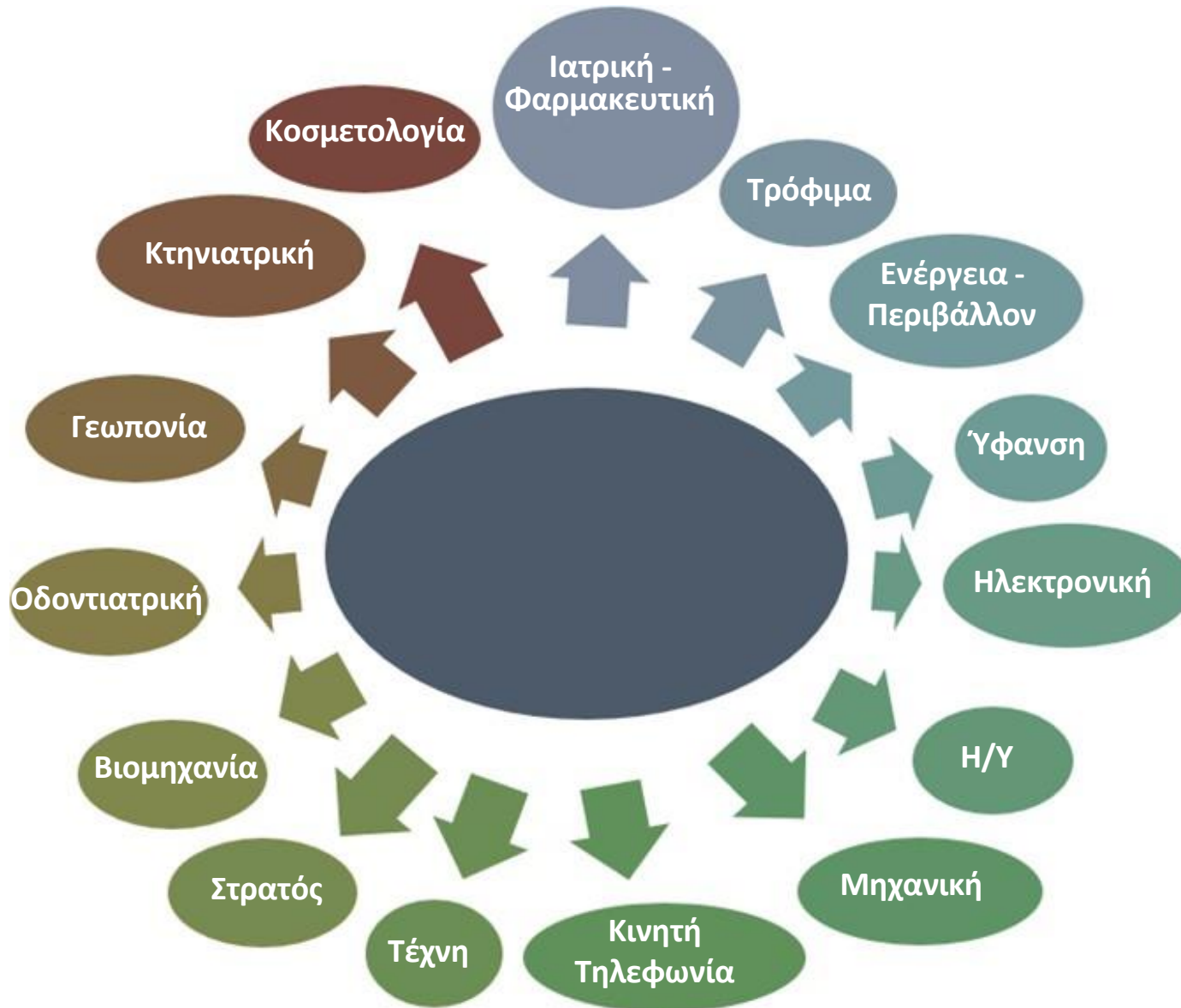


Κούπα του Λυκούργου



Βιτρώ σε Καθεδρικούς Ναούς

Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας



Τρόφιμα

Packaging	Safety	
Prevent or respond to	Safety	Detect chemicals or food borne pathogens
		

Optimal Characteristics

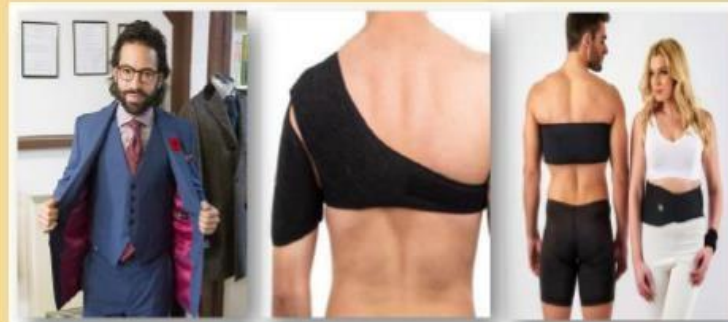
Food

Ice creams do not spoil
Hot dogs decrease cholesterol

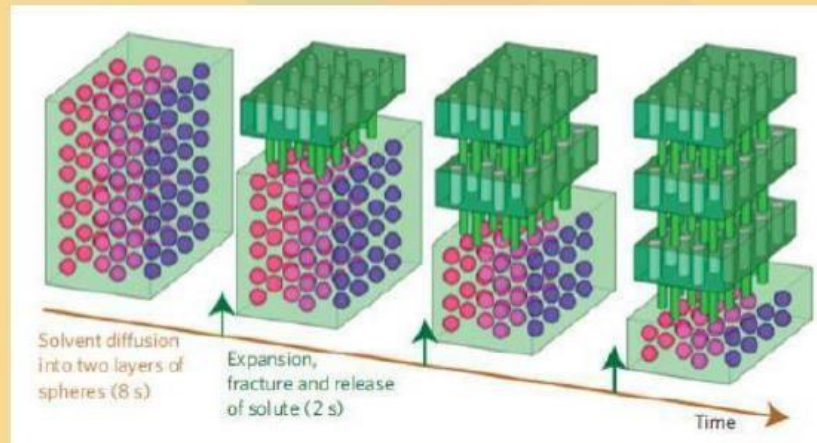
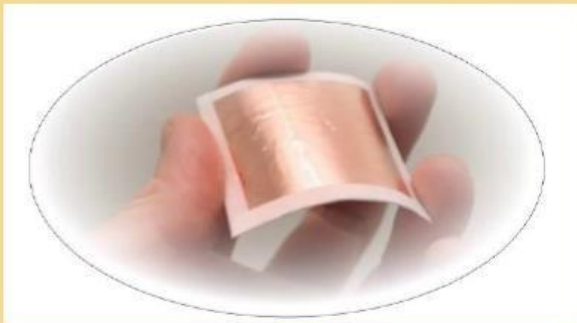
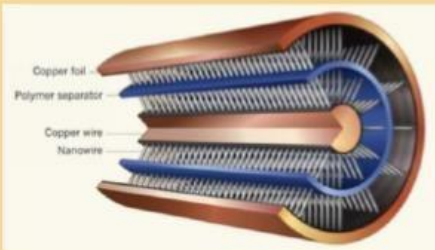


Ύφανση

Αδιάβροχα υλικά, αλεξίσφαιρα, αντιμικροβιακά κ.ά.

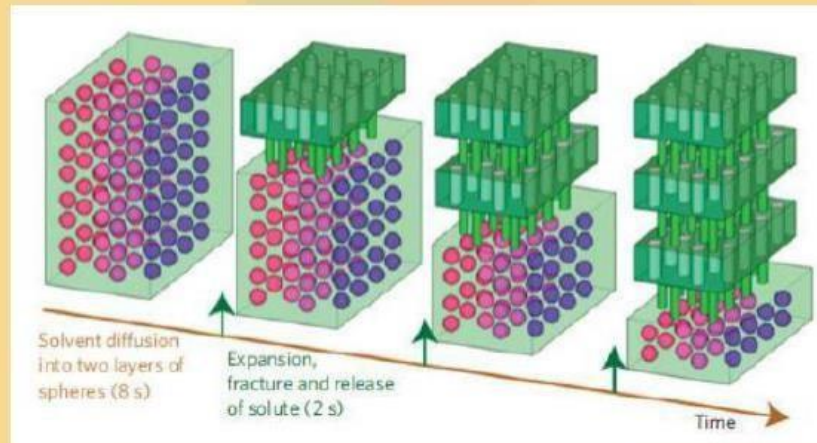
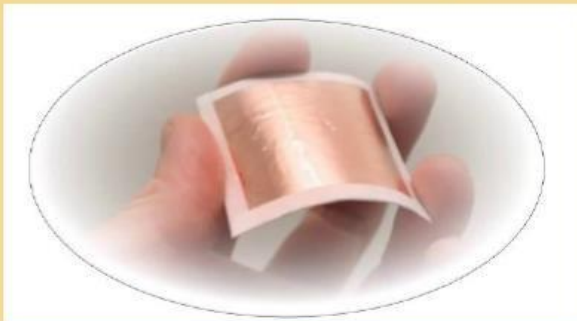
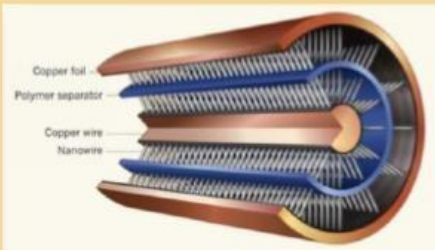


Ενέργεια - Περιβάλλον



Μπαταρίες, βιοκαύσιμα, υπερπυκνωτές, φίλτρα, φωτοβολταϊκά, αντιρρύπανση, κ.ά.

Ενέργεια - Περιβάλλον



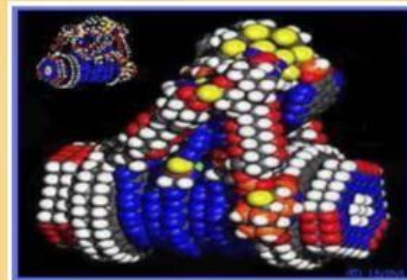
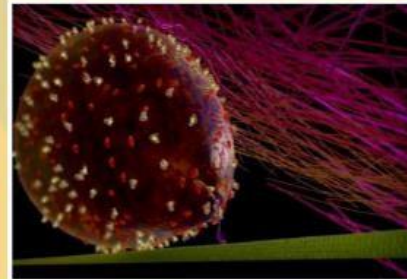
Μπαταρίες, βιοκαύσιμα, υπερπυκνωτές, φίλτρα, φωτοβολταϊκά, αντιρρύπανση, κ.ά.

Ηλεκτρονική - Η/Υ - Κινητή τηλεφωνία



Μνήμη, τρανσίστορες, chip.

Μηχανική



Νανομηχανές, νανορομπότς

Στρατός



Ανιχνευτές

Έξυπνες στολές

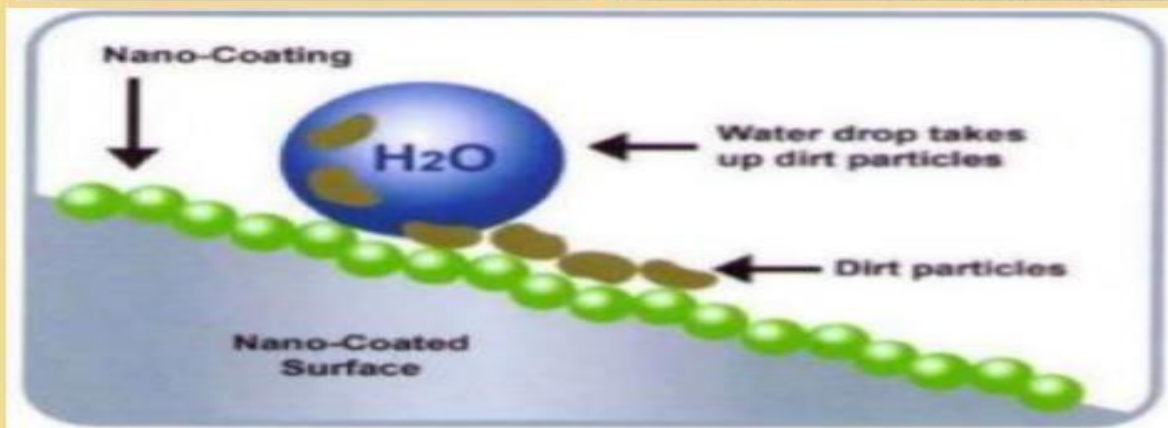
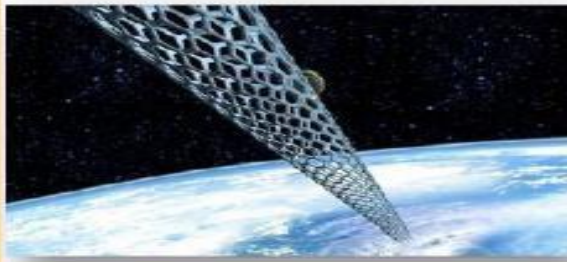
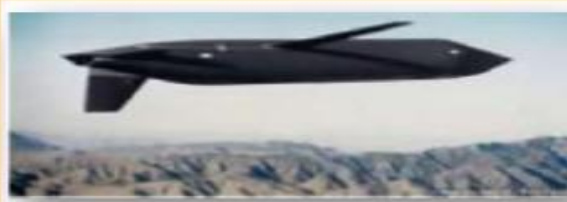


Τέχνη



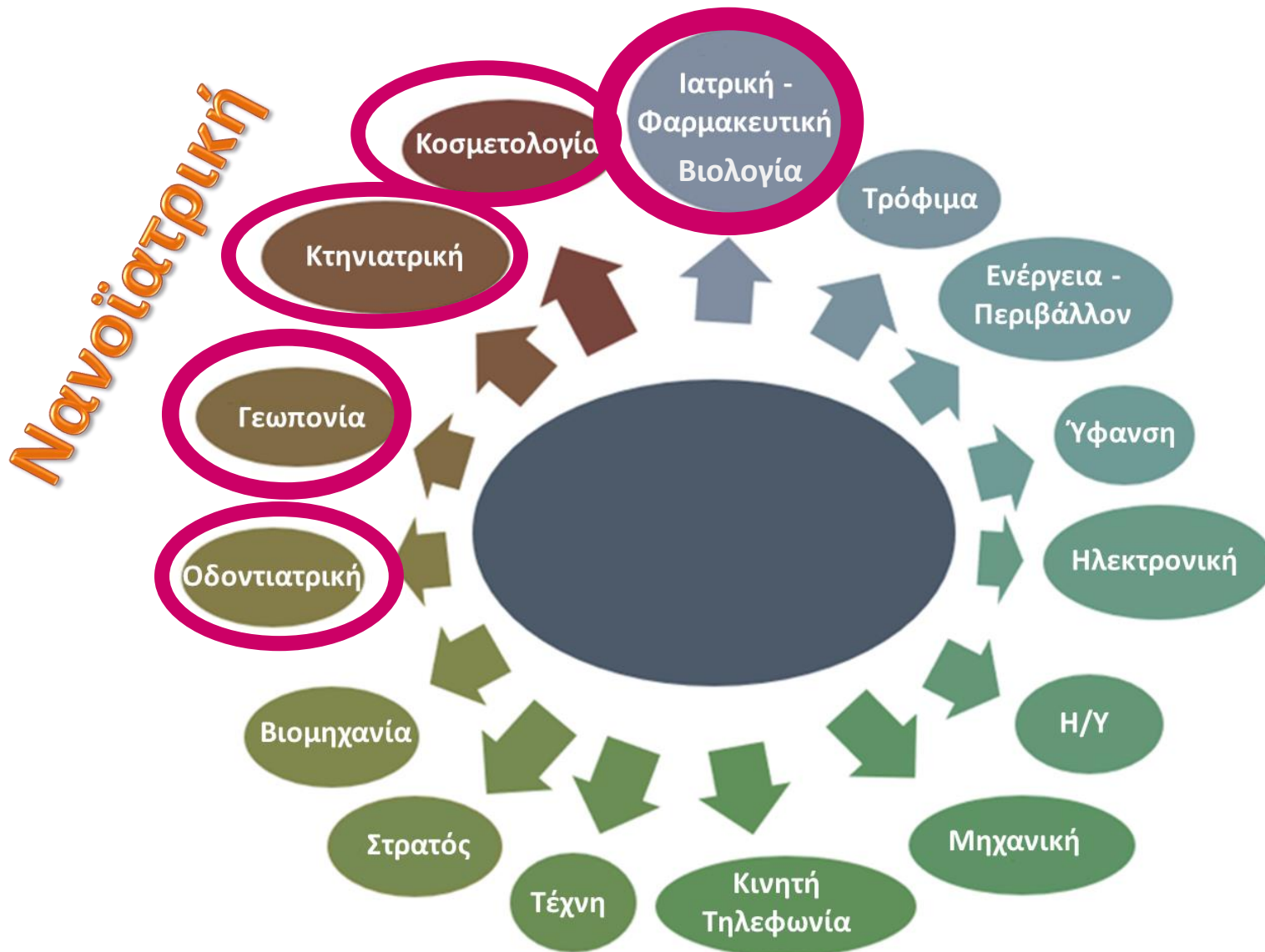
Ιωάννης Μιχαλούδης

Βιομηχανία



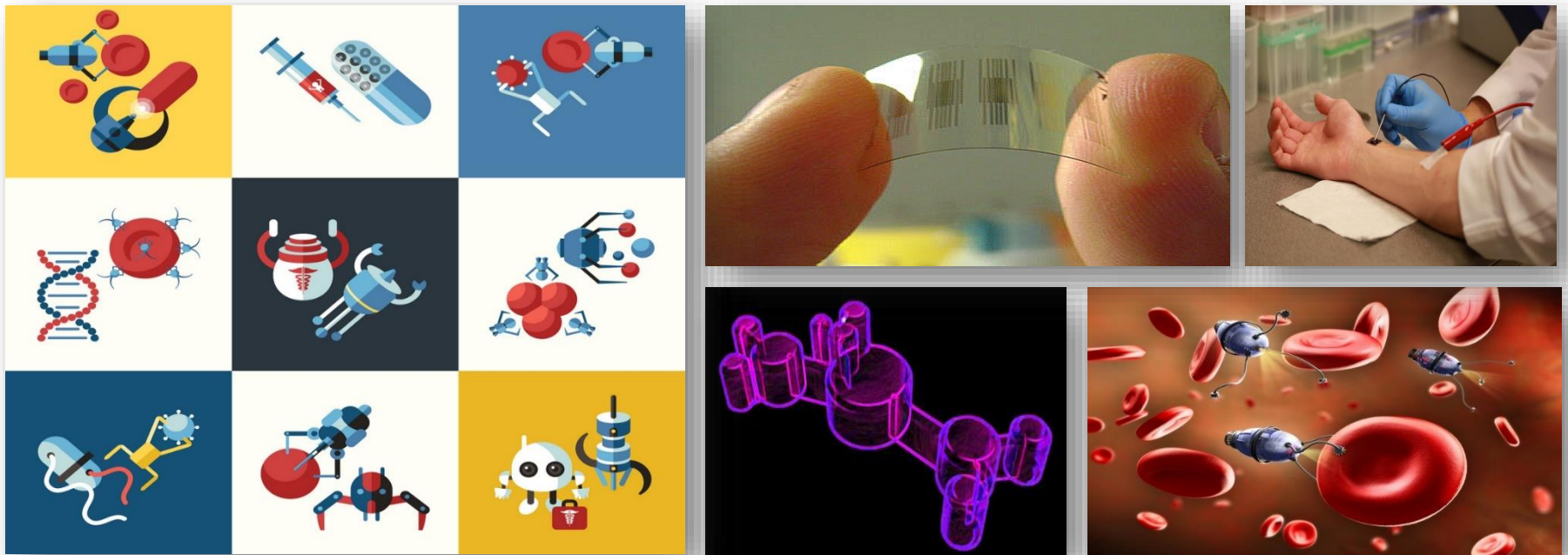
Αεροναυπηγική, χημεία, υλικά-κατασκευές

Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας



Νανοϊατρική

Η νανοϊατρική αποσκοπεί στην πρόληψη, διάγνωση και θεραπεία των νοσημάτων με την χρήση των νανοδομημάτων



Οδοντιατρική

Περιοδοντολογία

Ορθοδοντική και Κοσμητική Οδοντιατρική

Γρήγορη Επούλωση

Μεταφορά φαρμάκου

Τοπική Αναισθησία

Dentifrobots

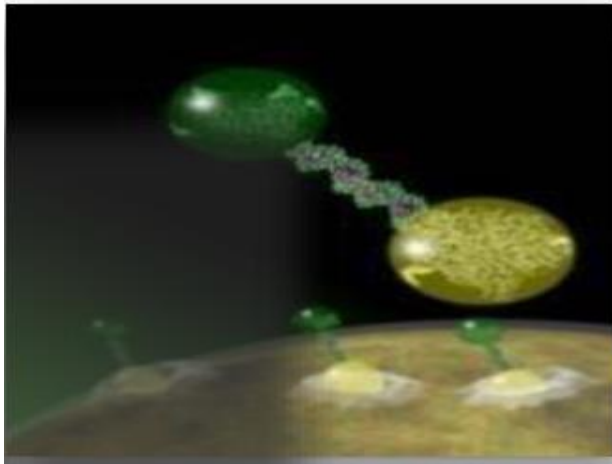


- Ανώδυνα
- Με αυξημένη επιλεκτικότητα
- Στόχευση
- Χωρίς βελόνες
- Γρήγορα, άνετα
- Χωρίς παρενέργειες

Γεωπονία

Plant Production

Delivery of DNA to plants



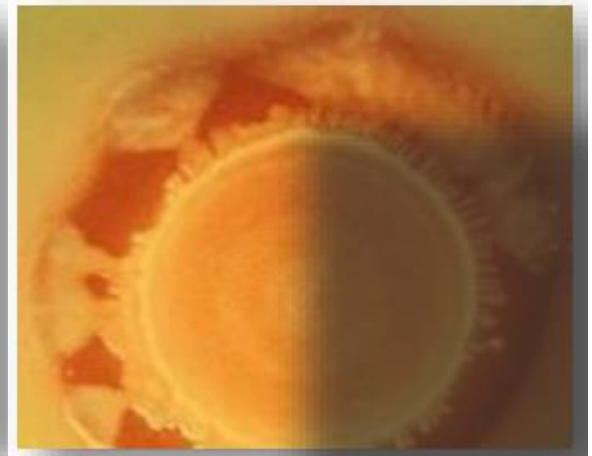
Animal Production

Nano tube sensors to detect hormone level changes



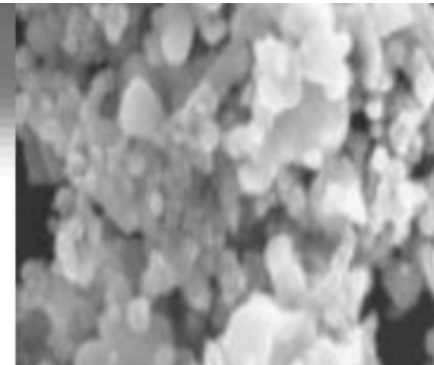
Animal or Plant Health

Detect pathogens



Agrochemical

Nanoparticles in pesticides

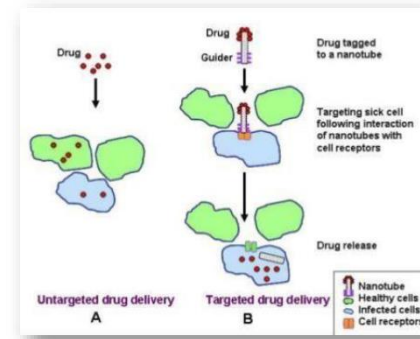


Κτηνιατρική

Nano vaccines / Nano sprays



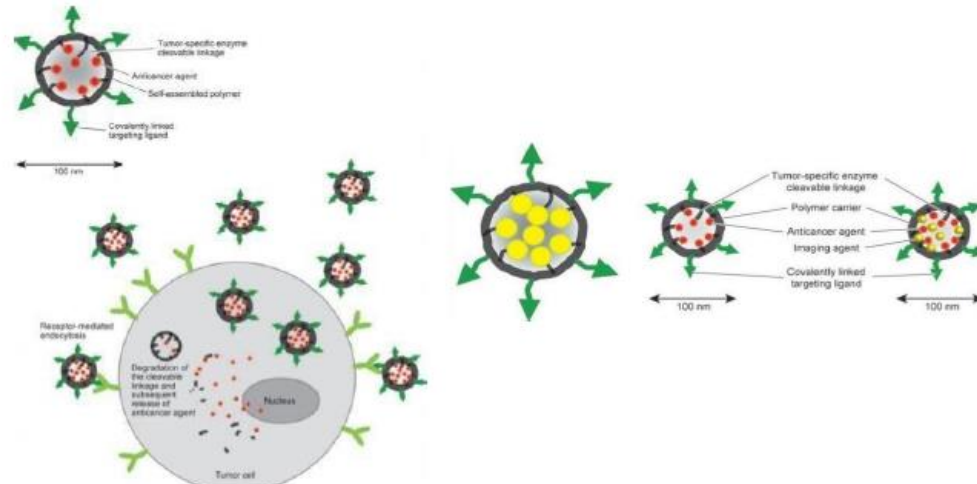
- ✓ Nano pharmaceuticals – Drug delivery system
- ✓ Diagnosis
- ✓ Nano therapy



Advantages of DDS

- Time-controlled
- Spatially Targeted
- Self-regulated
- Remotely Regulated
- Pre-programmed

Early Diagnosis of diseases (detection of cancer cells, etc.)



Κοσμετολογία

Nanoparticles that are less than 100 nanometers in length are commonly used in sunscreen in the form of micronized Zinc Oxide and Titanium Dioxide, to protect skin from UV rays.



Nanogold particles are used in anti-wrinkle creams for revitalizing skin. Nanosilver particles, with its antibacterial properties, are primarily used in soaps, shampoos, and wet wipes.



Nanotechnology is primarily used in skincare and sunscreen products, which together make up over **25%** of global personal and beauty care sales.



Companies using nanotechnology include **J&J, Estee Lauder, Avon, and La Prairie**. L'Oréal, the sixth top nanotech patent holder in the US, is the most prominent user of nanotechnology, and spent about **3.7%** of its fiscal 2013 revenues of **\$31 billion** on R&D.



Despite massive contribution to the cosmetics industry, the use of nanotechnology is debated due to the risk of nanoparticles penetrating into **human organs**, which may lead to serious damages.



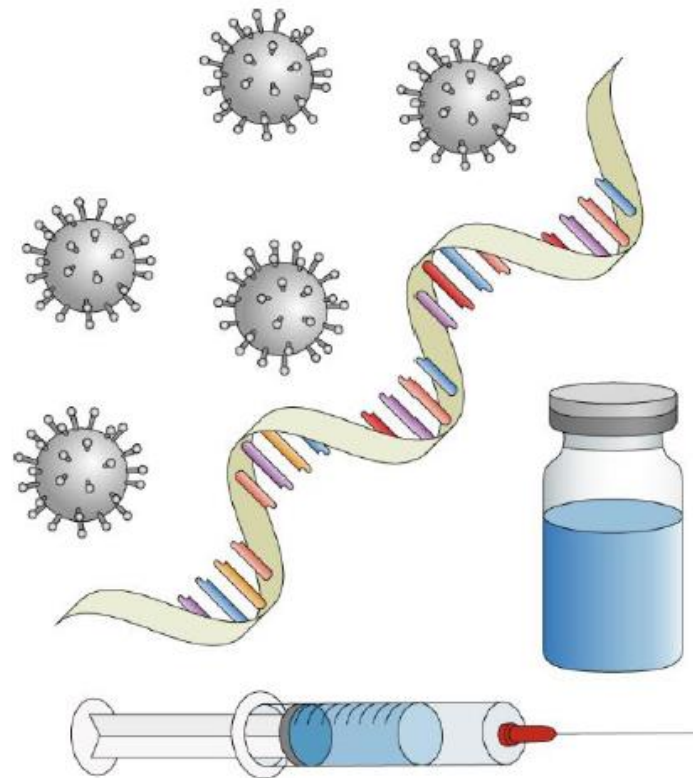
Νανοϊατρική

Νανοϊατρική



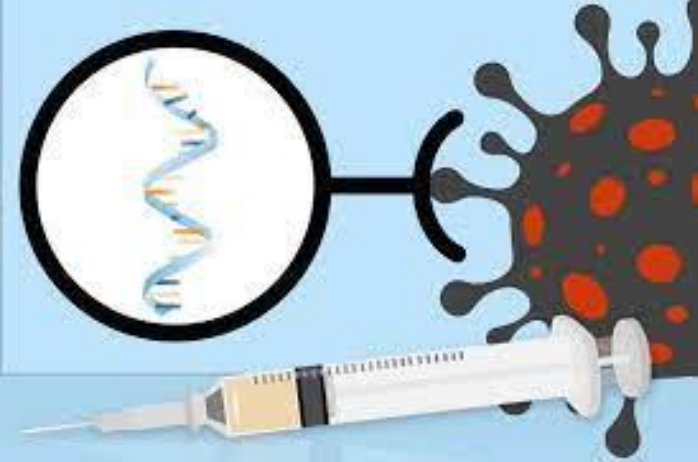
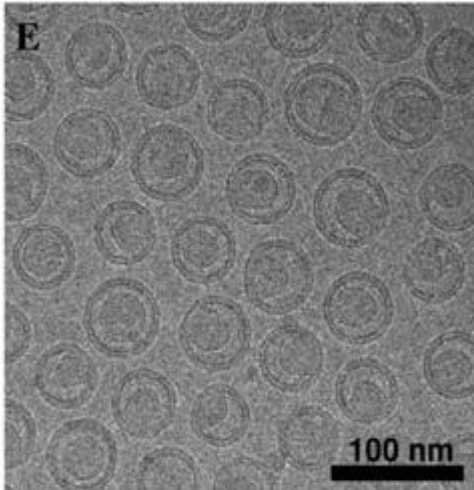
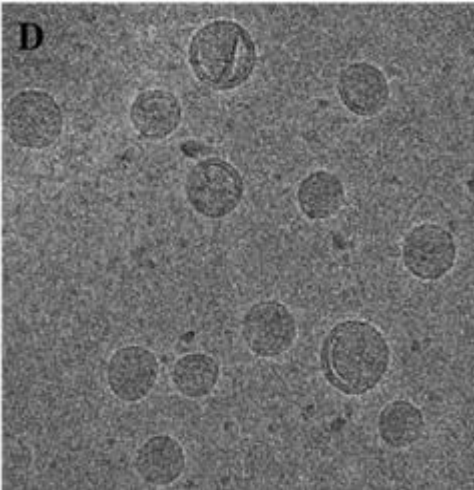
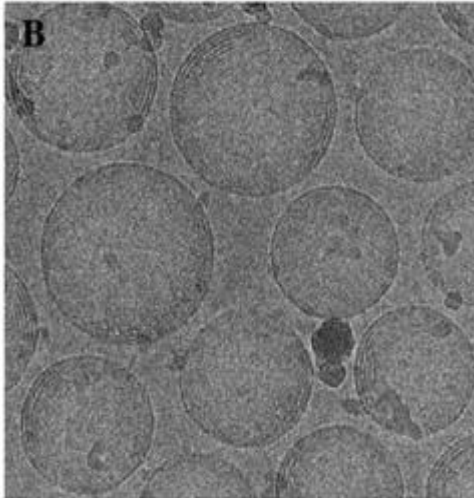
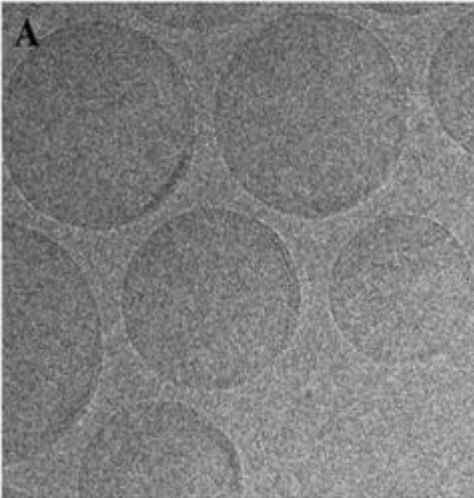
Πρόληψη

Νανο-εμβόλια



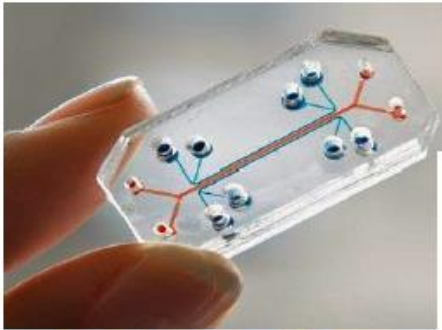
mRNA coronavirus vaccine

Πρόληψη

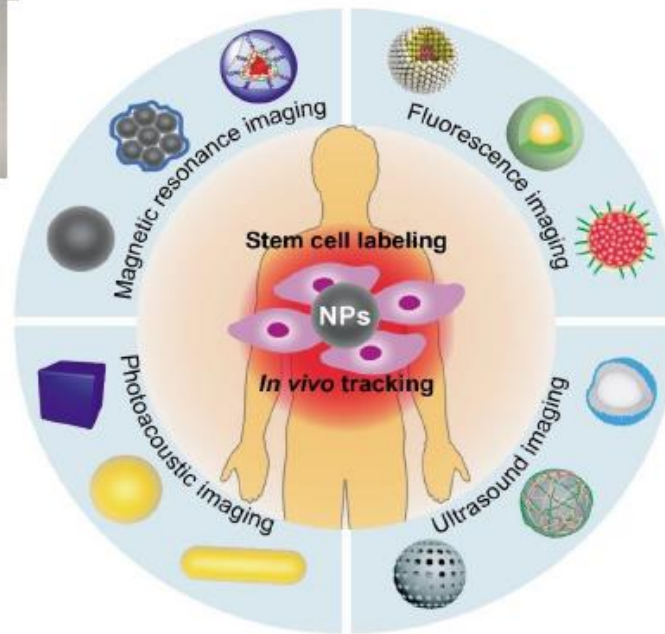


Διάγνωση

Νανο-αισθητήρες



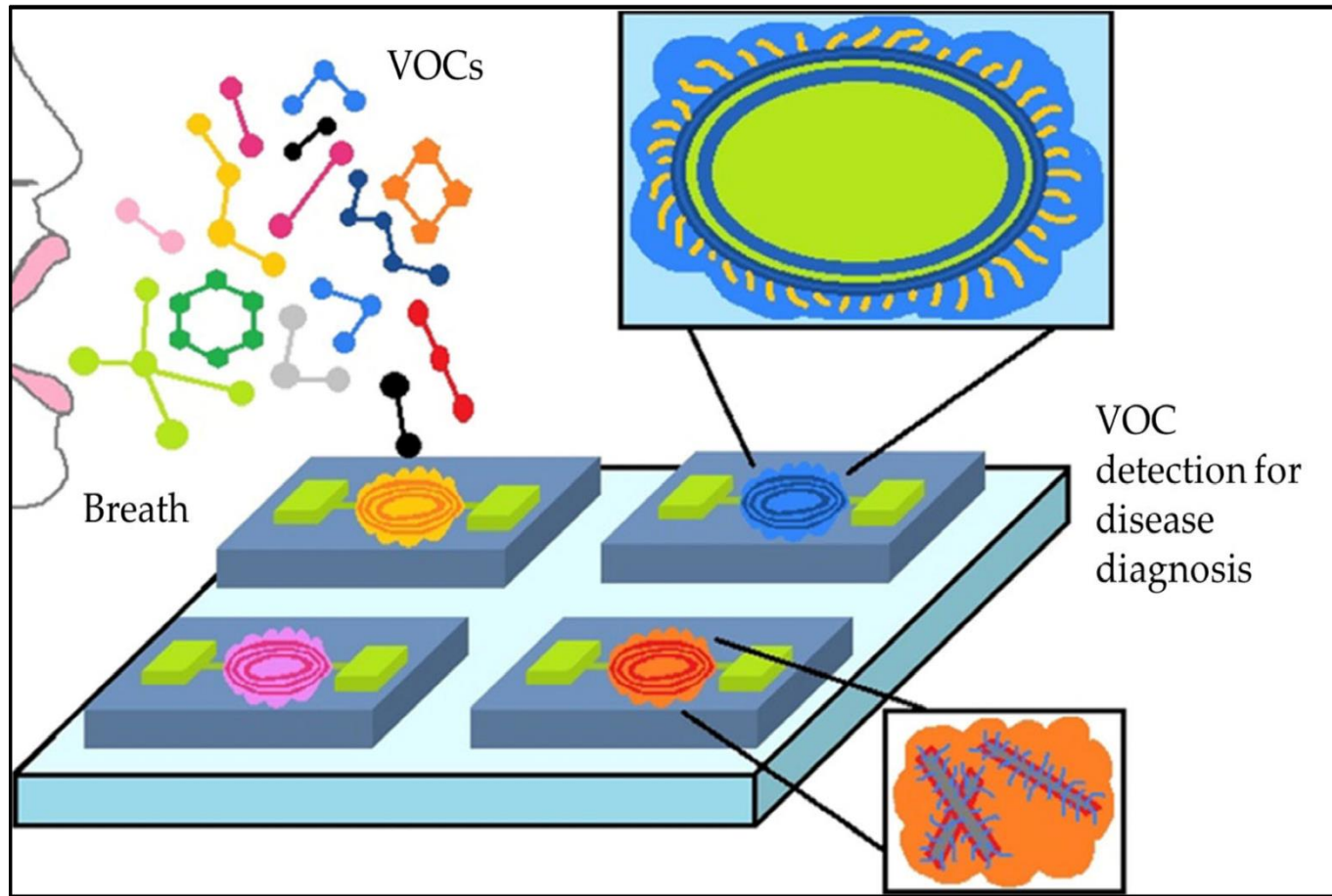
Παράγοντες αντίθεσης για μοριακή απεικόνιση



Ανοσολογικές εξετάσεις

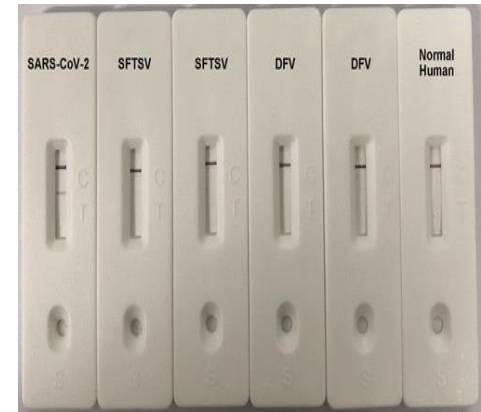
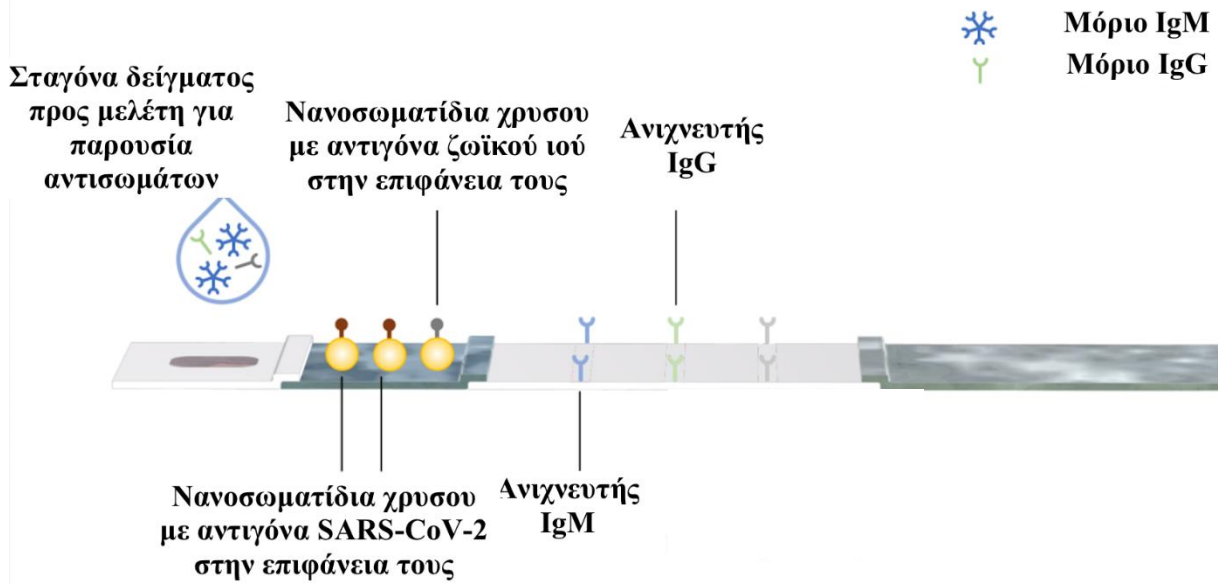
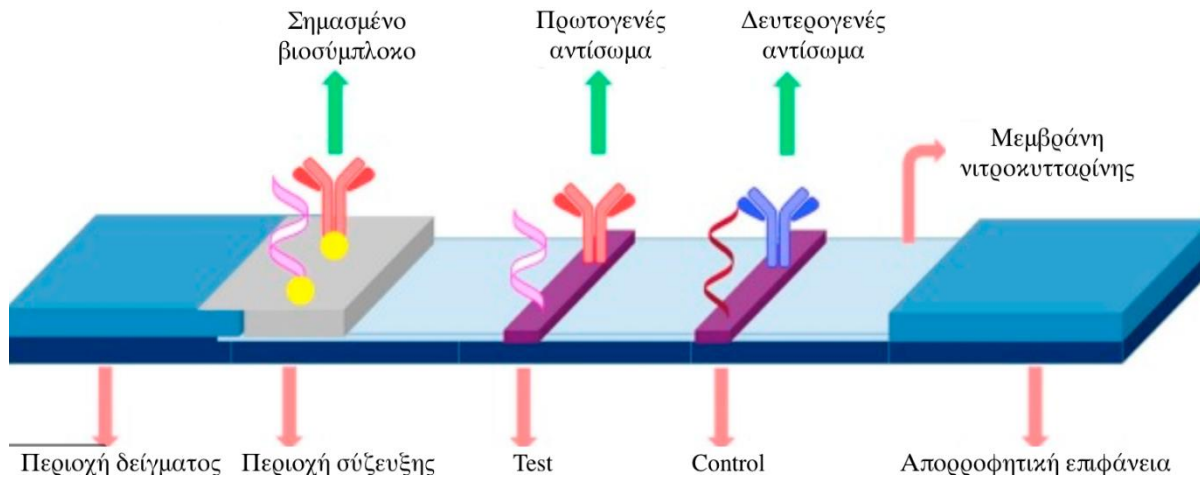


Νανοαισθητήρες (Νανοπρόβολα)



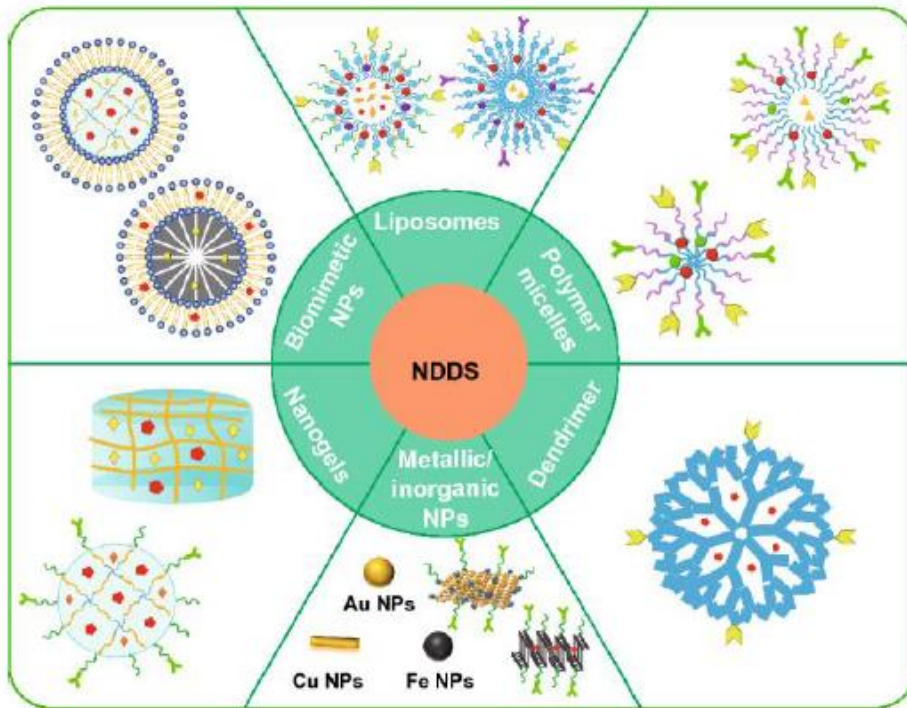
Ανάλυση εκπνεόμενων σωματιδίων και ανίχνευση πτητικών οργανικών ενώσεων που σχετίζονται με υψηλή πιθανότητα ύπαρξης κάποιων νόσων

Ταχεία ανίχνευση αντιγόνων και αντισωμάτων

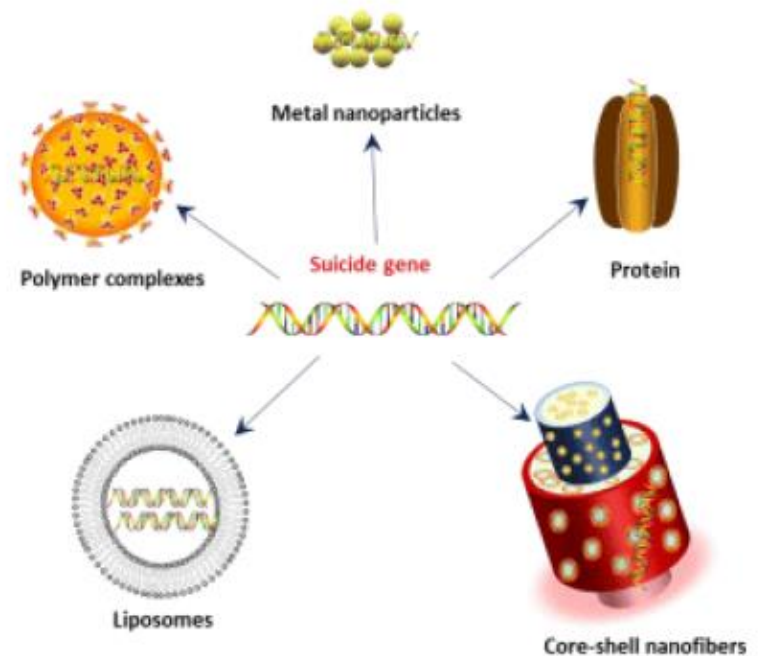


Θεραπεία

Συστήματα μεταφοράς φαρμάκων



Γονιδιακή Θεραπεία



Τρόποι Στόχευσης



Παθητική Στόχευση

Η παθητική στόχευση βασίζεται στην αυξημένη διαπερατότητα των αγγείων και την επίδραση συγκράτησης, φαινόμενο γνωστό ως «EPR effect».



EPR effect: Enhanced permeability and retention effect.

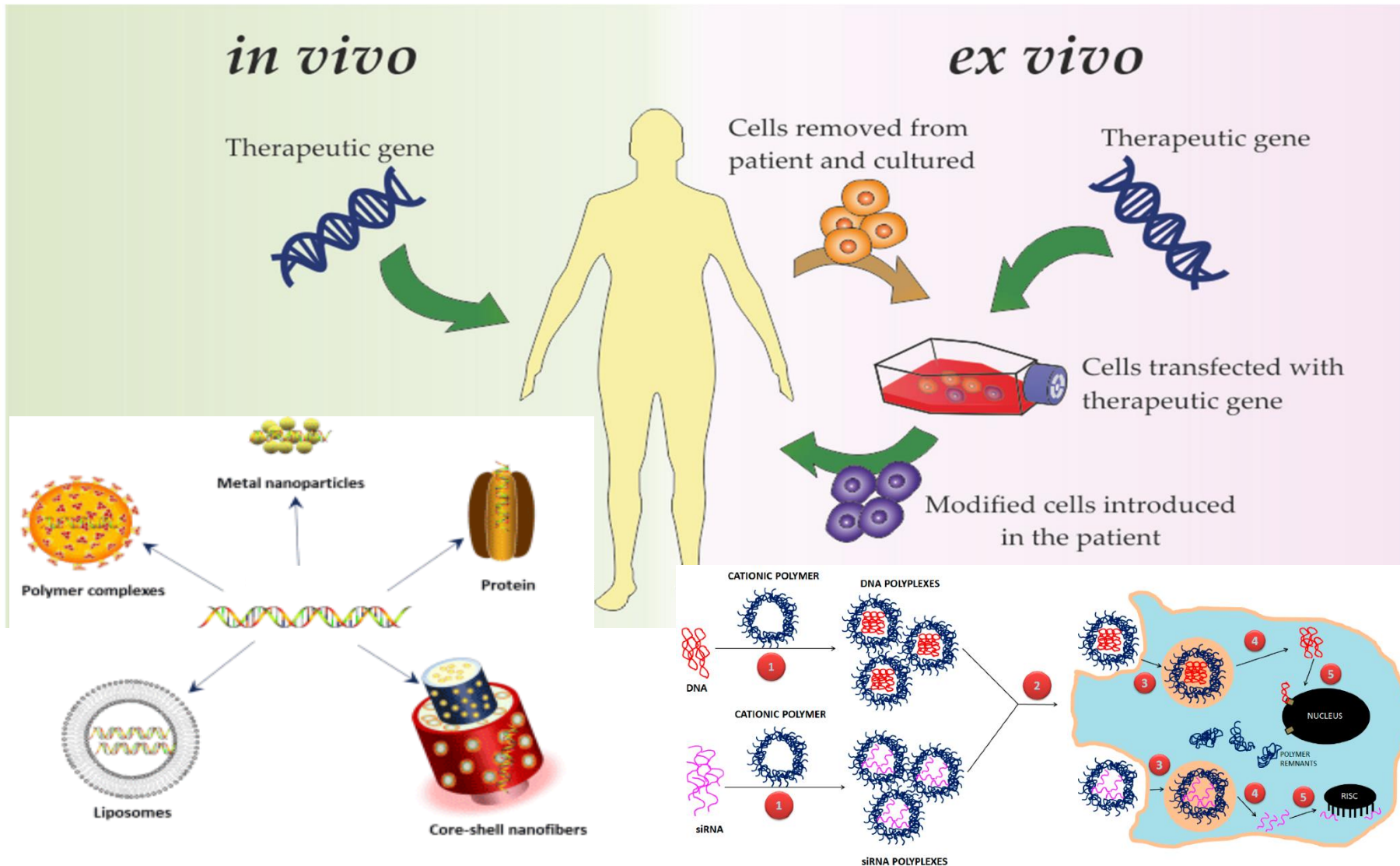
Τρόποι Στόχευσης



Ενεργητική Στόχευση

Η ενεργητική στόχευση εξετάζει **βιοδείκτες** που εντοπίζονται στην επιφάνεια των καρκινικών κυττάρων και που είναι μοναδικοί ανάλογα με το είδος όγκου.

Γονιδιακή Θεραπεία



Θεραπεία

Νανο-επιθέματα με αναλγητική δράση.

Η εξουδετέρωση των νεκρών κυττάρων για την επούλωση μιας πληγής με νανοσωματίδια σε επιθέματα.

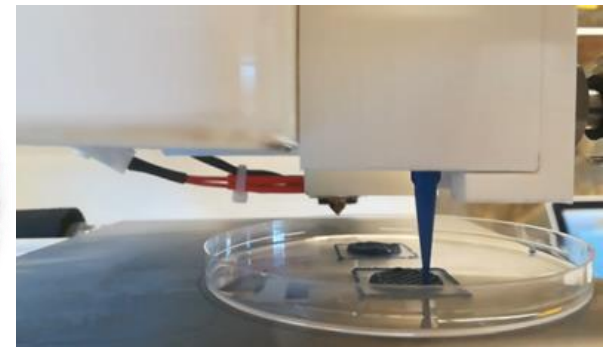
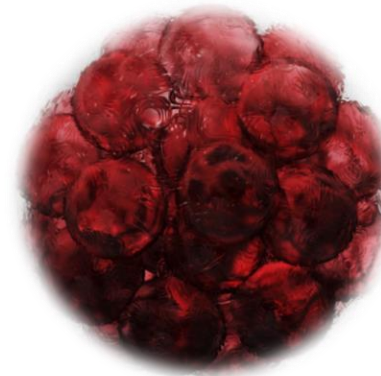
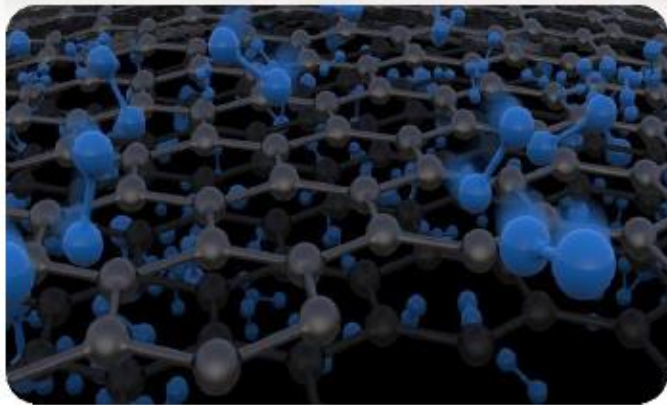
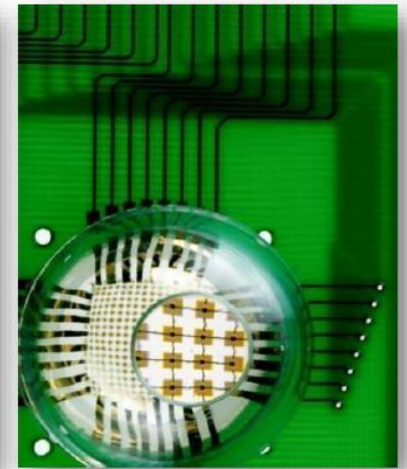
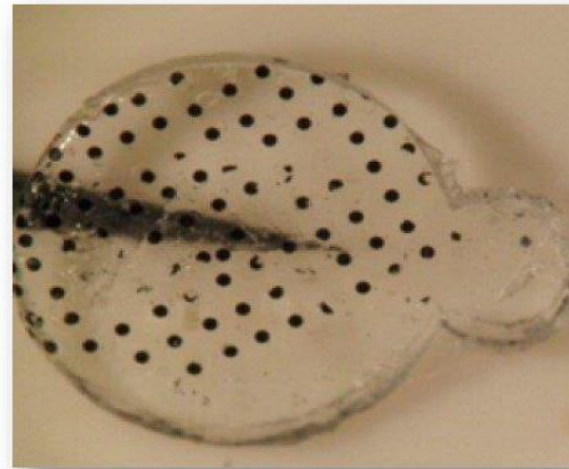
Νανο-σπρέι θα κλείνουν για αιμόσταση.



Θεραπεία

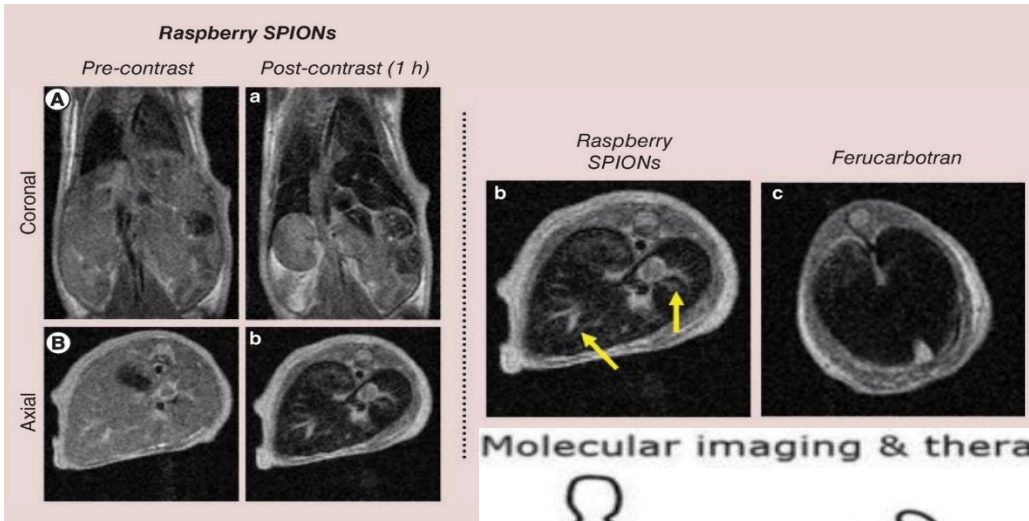
Αναγεννητική Ιατρική

Artificial Retina

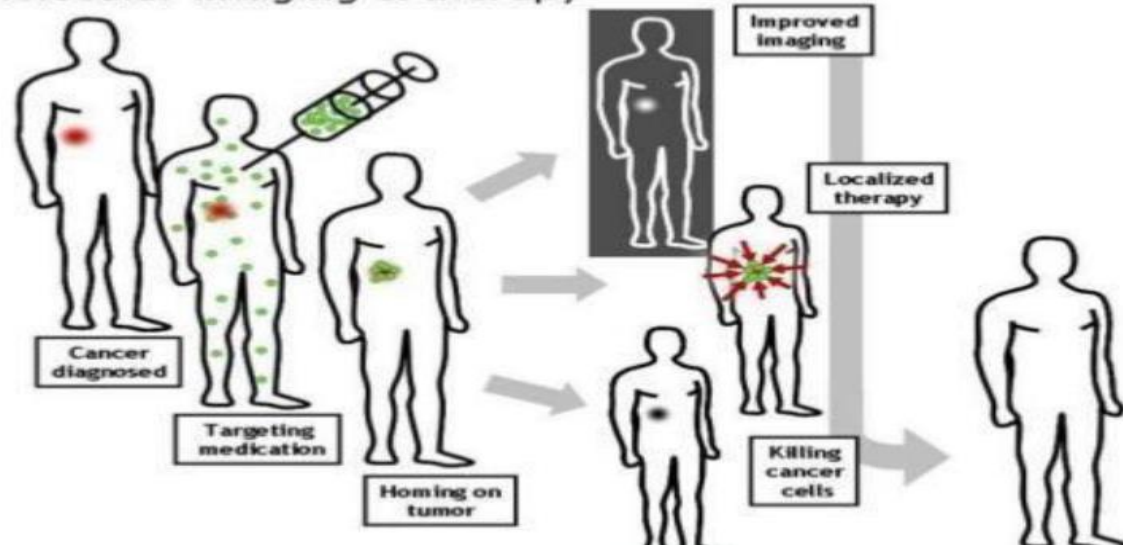


Θεραγνωστική

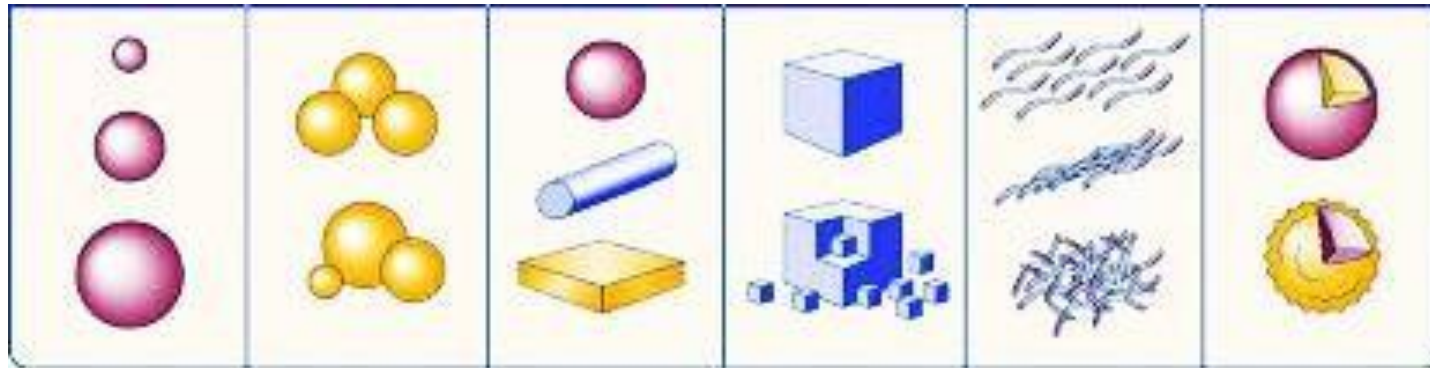
Παράγοντες αντίθεσης για μοριακή απεικόνιση



Molecular imaging & therapy

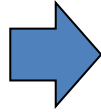


Ταξινόμηση Νανοϋλικών

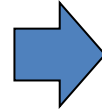


Νανοϋλικά

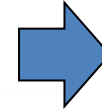
$$A = 6 \text{ m}^2$$



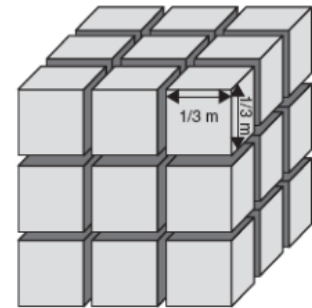
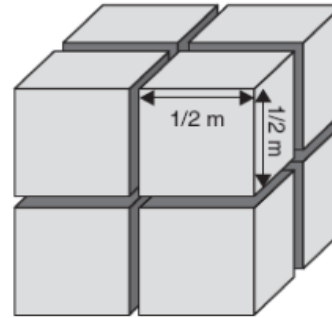
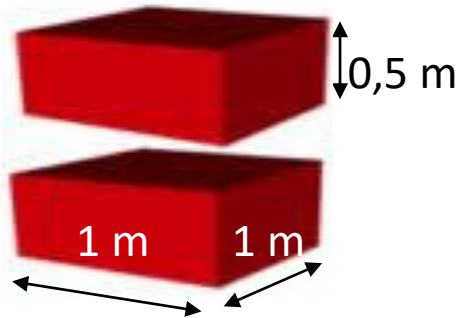
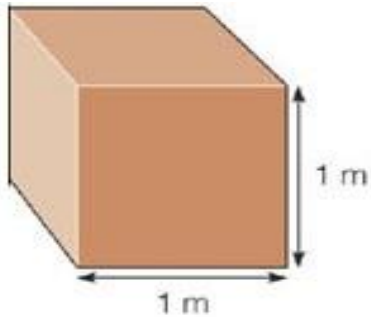
$$A = 8 \text{ m}^2$$



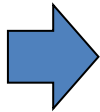
$$A = 12 \text{ m}^2$$



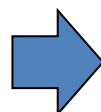
$$A = 18 \text{ m}^2$$



$$A = 24 \text{ m}^2$$



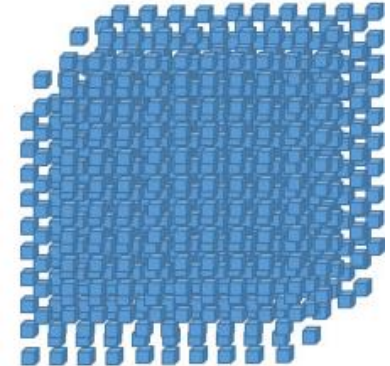
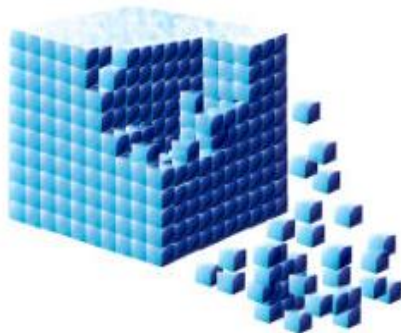
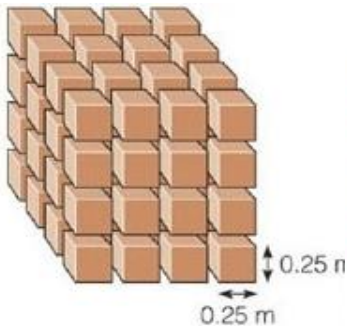
$$A = 60 \text{ m}^2$$



$$A = 6000 \text{ m}^2$$



$$A = 6.000.000.000 \text{ m}^2$$



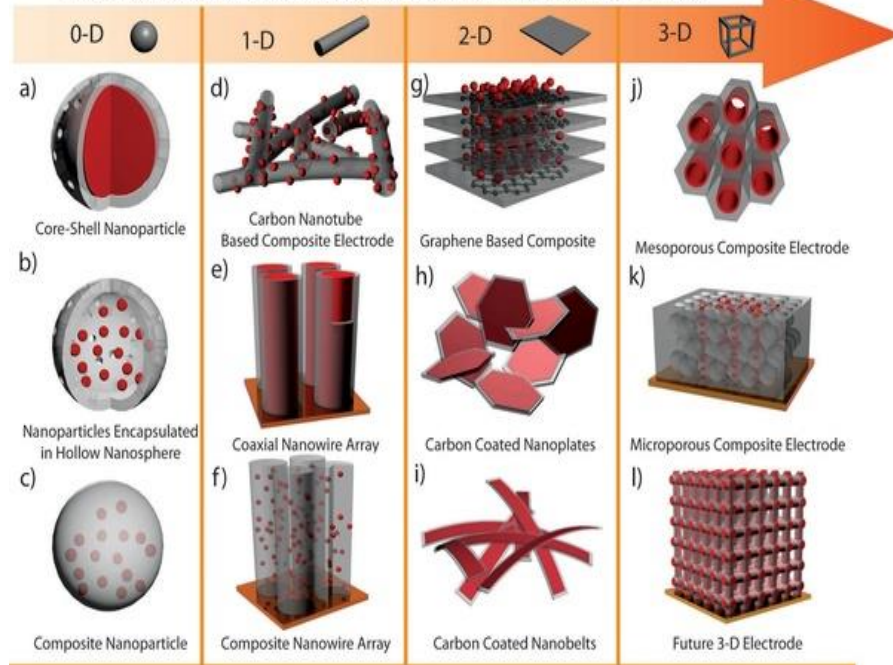
Specific Surface Area / Volume

Νανοϋλικά

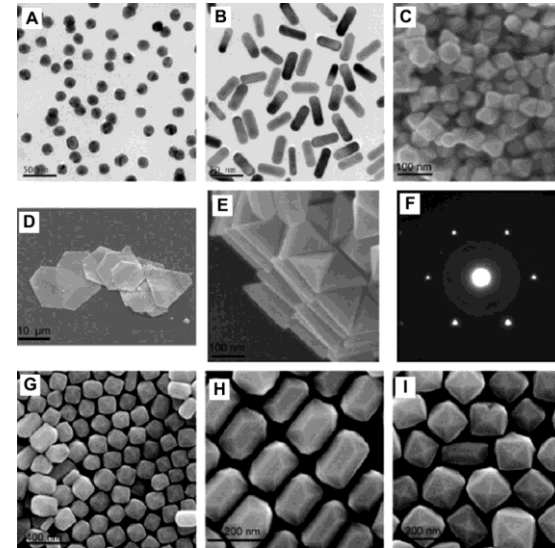
Categorization, based on:

i) Dimensions

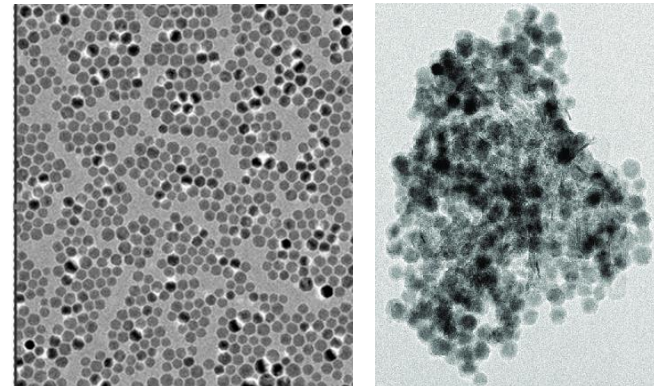
Heterogeneous Nanostructured Materials with Different Morphologies



ii) Morphology



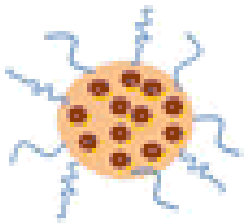
iii) size, phase



Νανοϋλικά

iv) Chemical structure and composition

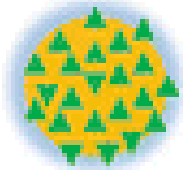
inorganic



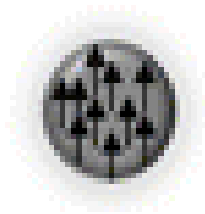
Mesoporous
silica NPs



Gold NPs

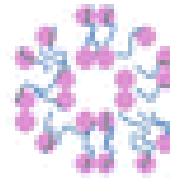


Quantum
Dots

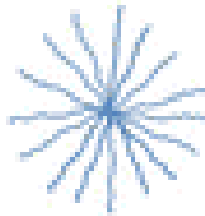


Paramagnetic NPs

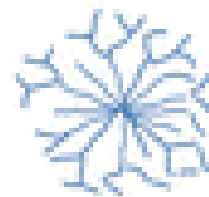
organic



Liposomes

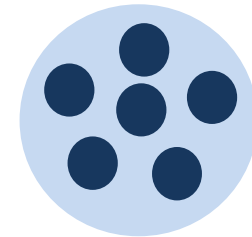


Micelles



Dendrimers

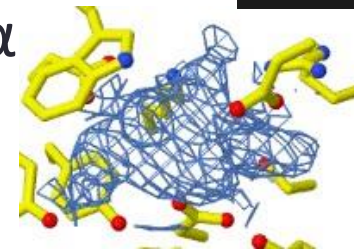
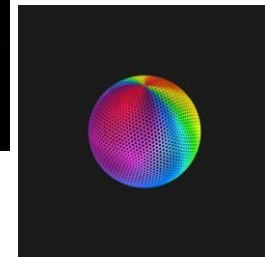
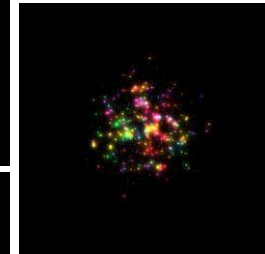
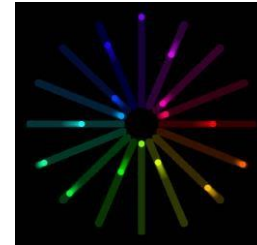
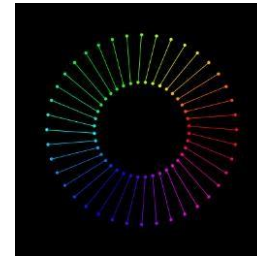
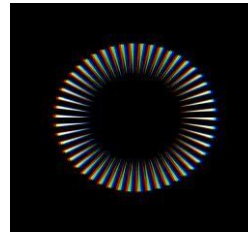
hybrid



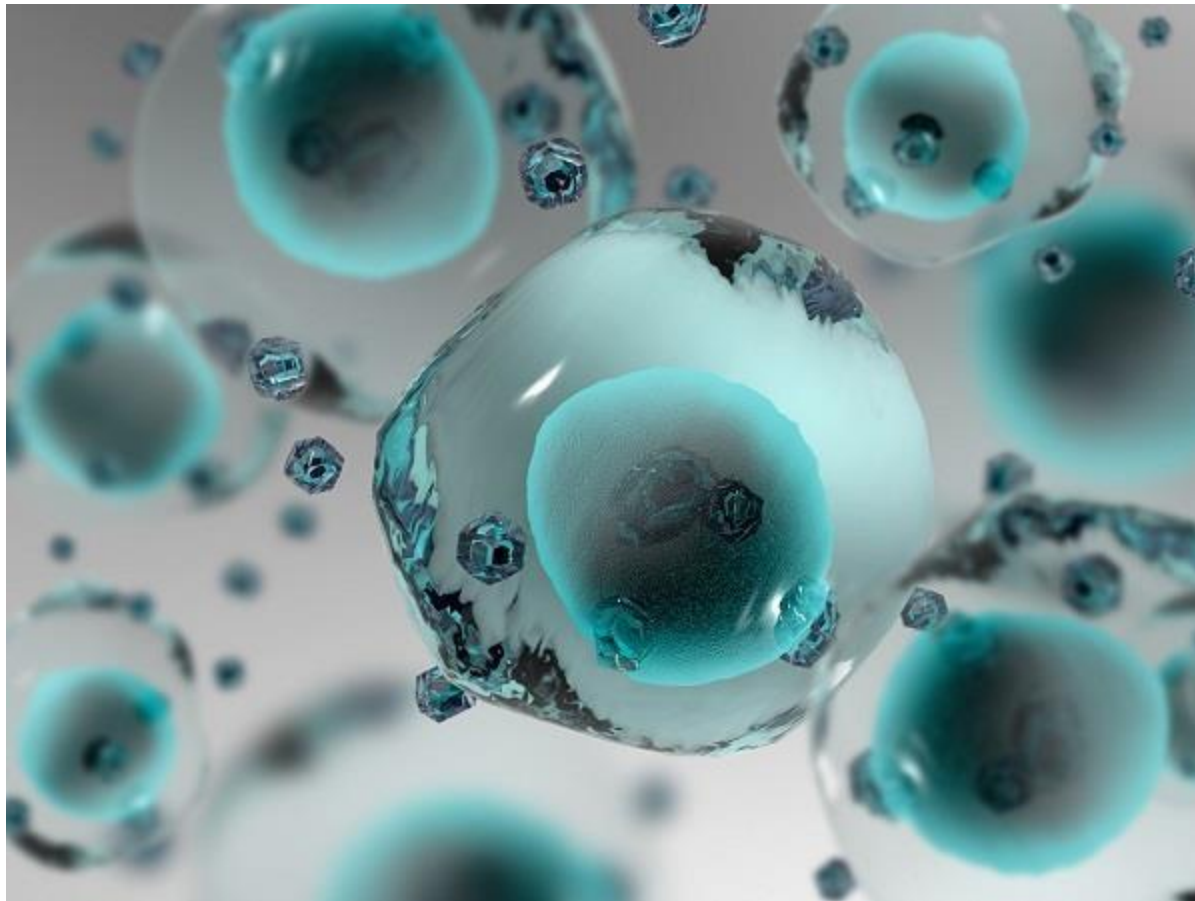
Combination of
organic and
inorganic
materials

Χαρακτηριστικές Ιδιότητες Νανοϋλικών

- Ελεγχόμενο μέγεθος
- Σταθερότητα
- Βιοδραστικότητα
- Βιοδιαθεσιμότητα
- Μεγάλη ελεύθερη επιφάνεια
- Εύκολη πρόσδεση σε μικρά μόρια

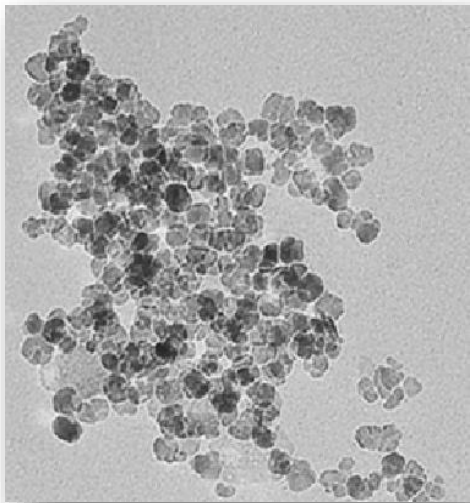


Νανοσωματίδια με εφαρμογές στην Ιατρική

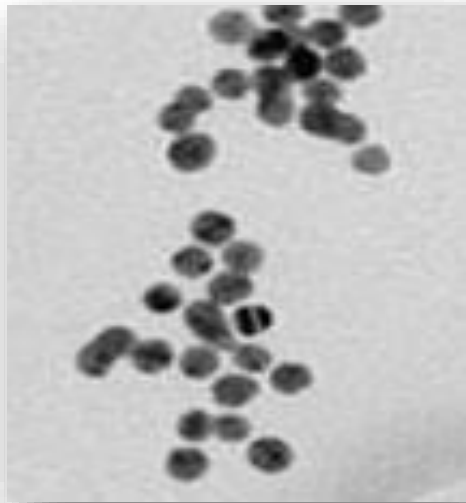


Μεταλλικά Νανοσωματίδια (MNPs)

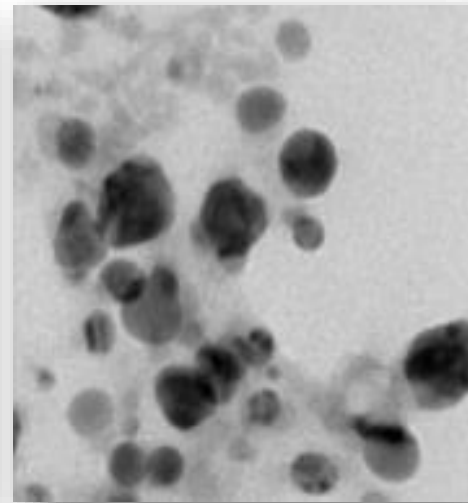
- Νανοσωματίδια αποτελούμενα από μέταλλα ή παράγωγα αυτών (π.χ. οξειδία, σουλφίδια)
- Τα νανοσωματίδια χρησιμοποιούνται από την αρχαιότητα για μη ιατρικούς σκοπούς, αλλά τα νανοσωματίδια πολύτιμων μετάλλων, σήμερα, γνωρίζουν τις περισσότερες βιοϊατρικές εφαρμογές.
- Εύκολη σύνθεση σε οποιοδήποτε μέγεθος και σχήμα και δυνατότητα πράσινης σύνθεσης



Ag NPs



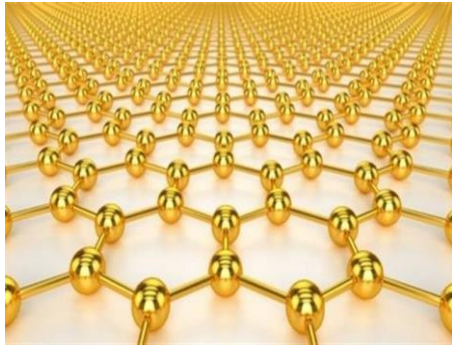
Au NPs



Cu NPs

Νανοσωματίδια Νανοσωματίδια Νανοσωματίδια

Χρυσού
(AuNPs)



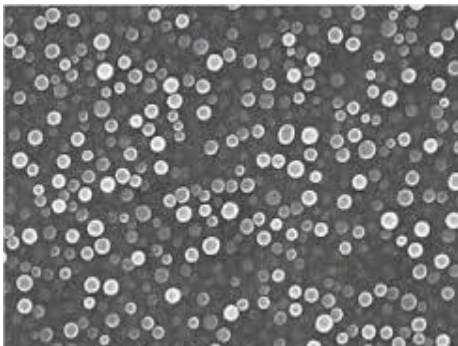
Αργύρου
(AgNPs)



Χαλκού
(CuNPs)



Νανοσωματίδια
Ιριδίου
(IrNPs)



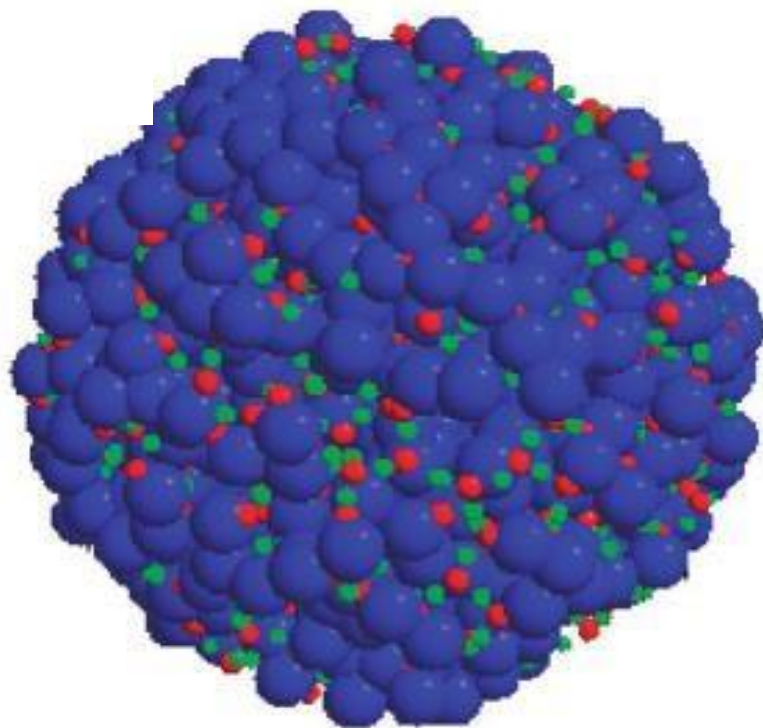
Νανοσωματίδια
Παλλάδιου
(PdNPs)



Νανοσωματίδια
Λευκόχρυσου
(PtNPs)



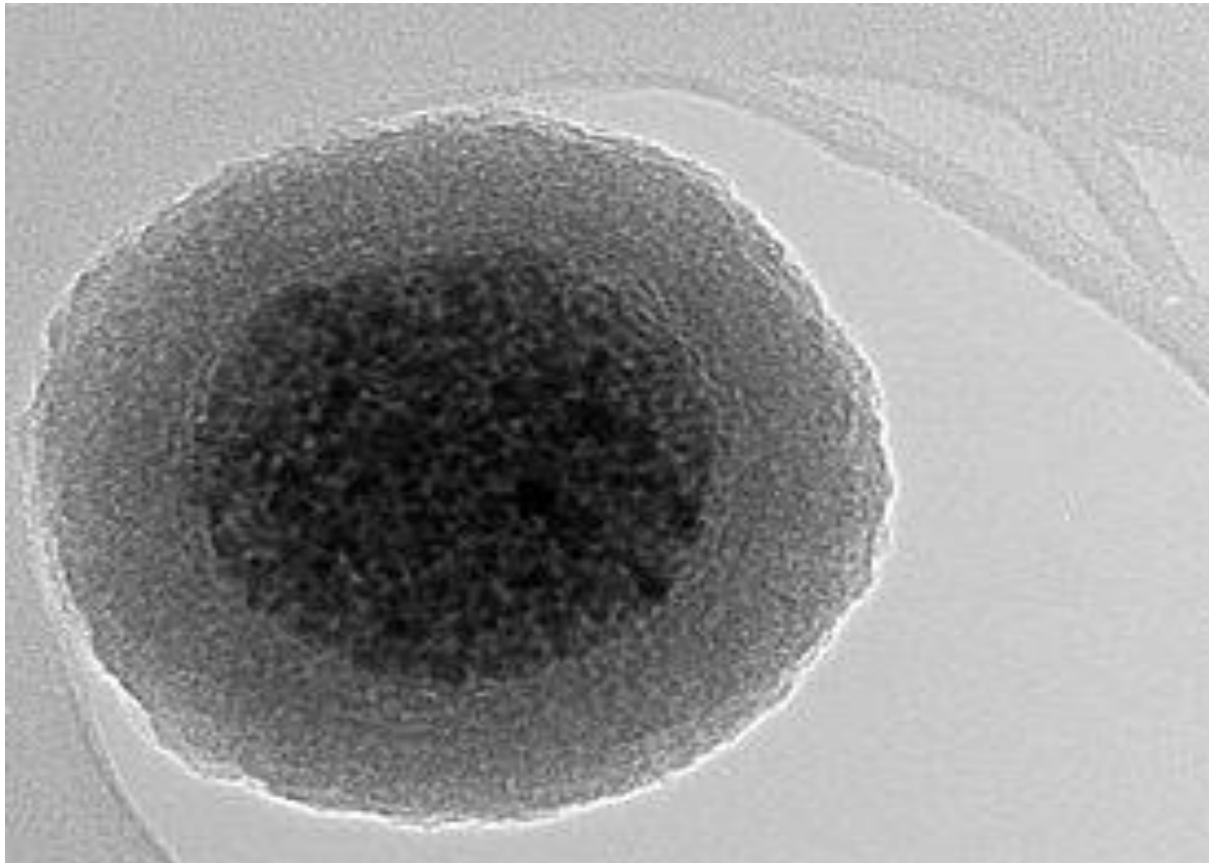
Νανοσωματίδια αλουμινίου/πυριτίου (Aluminosilicate nanoparticles)



Νανοσωματίδια αλουμινίου/πυριτίου

- Νανοσωματίδια από alumina (Al_2O_3) ή silica (SiO_2)
- Μικρές πολυφωσφορικές αλυσίδες που συνδέονται με alumina ή silica
- Επιταχύνουν το φυσικό μηχανισμό πήξης του αίματος, μειώνουν την αιμορραγία και επιτρέπουν αυτοΐαση.

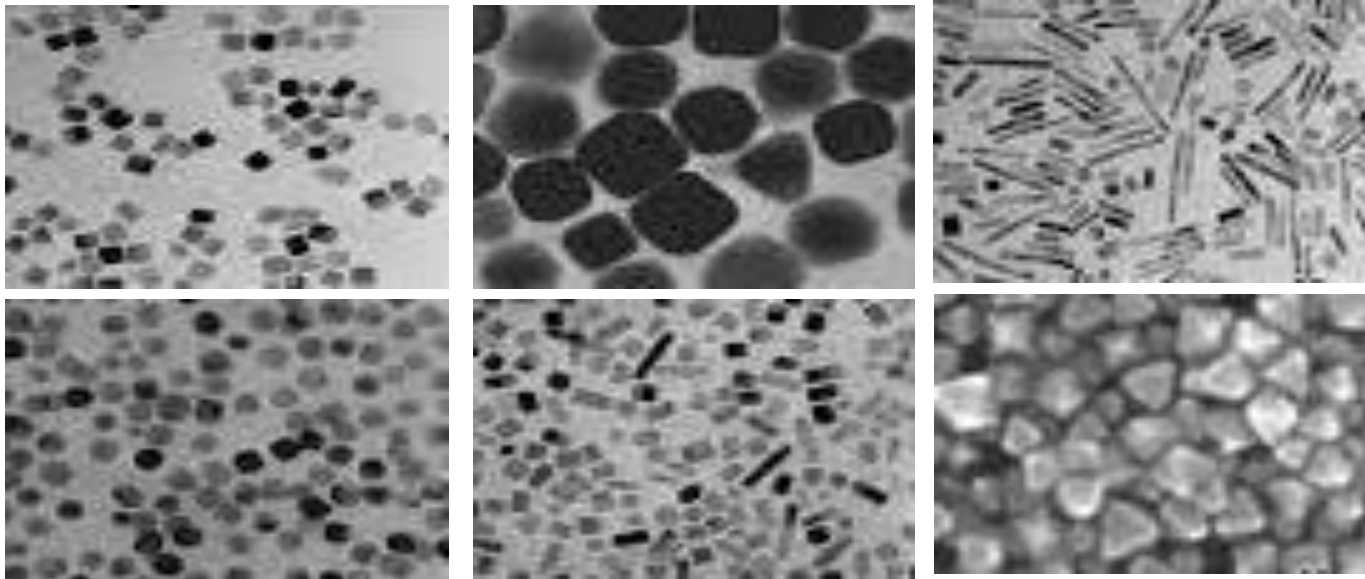
Μαγνητικά Νανοσωματίδια



Μαγνητικά Νανοσωματίδια

Ιδιότητες

Μαγνητικά νανοσωματίδια είναι αυτά που αποτελούνται εξ ολοκλήρου από μαγνητικά στοιχεία (Fe, Ni, Co) ή περιέχουν κάποιες ποσότητες σε καθαρή μορφή ή σε μορφή ενώσεων με άλλα στοιχεία, και κυρίως οξειδία τους.



Πιθανές Ανεπιθύμητες Ενέργειες των MNPS

- Αργυρία/Αργύρωση: Παρατεταμένη έκθεση σε σκευάσματα που περιέχουν άργυρο (δερματική επαφή, χρήση από στόματος (per os))
- Κερατοειδοπάθειες και επιπεφυκίτιδες παρατηρούνται σε δόσεις βιομηχανικής έκθεσης (AgNPs)
- Θρόμβωση, ανοσολογικές διαταραχές και αιμόλυση (AuNPs)

Πιθανές Ανεπιθύμητες Ενέργειες των MNPS

- Διαταραχές στην εμβρυογένεση στα zebrafish (AuNPs, AgNPs και PtNPs)
- Νευροτοξικότητα σε κυτταρική σειρά φαιοκυτοχρώματος (CuNPs και MnNPs)

Διάφορα είδη νανοσωματιδίων

Organic nanoparticles

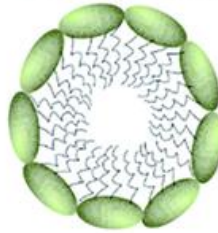
Polymeric nanosphere



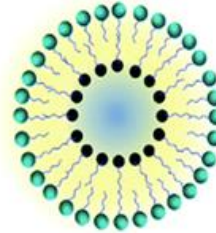
Polymeric nanocapsule



Polymeric micelle



Liposome



Dendrimer



Inorganic nanoparticles

Mesoporous silica nanoparticle



Carbon nanotube



Iron oxide nanoparticle



Gold nanoparticle



Quantum dot



Κβαντικά Κοκκία (Quantum Dots-QDs)



Κβαντικά Κοκκία



Τα κβαντικά κοκκία είναι ημιαγωγιμοί νανοκρύσταλλοι , με τυπικό εύρος 2-10 nm



Οι ιδιότητες τους διαφέρουν από αυτές των ατόμων και των συμπαγών υλικών



Αποτελούνται συνήθως από μέταλλα (κυρίως κάδμιο, ψευδάργυρο, σελήνιο κ.ά.)



Παράγουν μονοχρωματικό φθορισμό

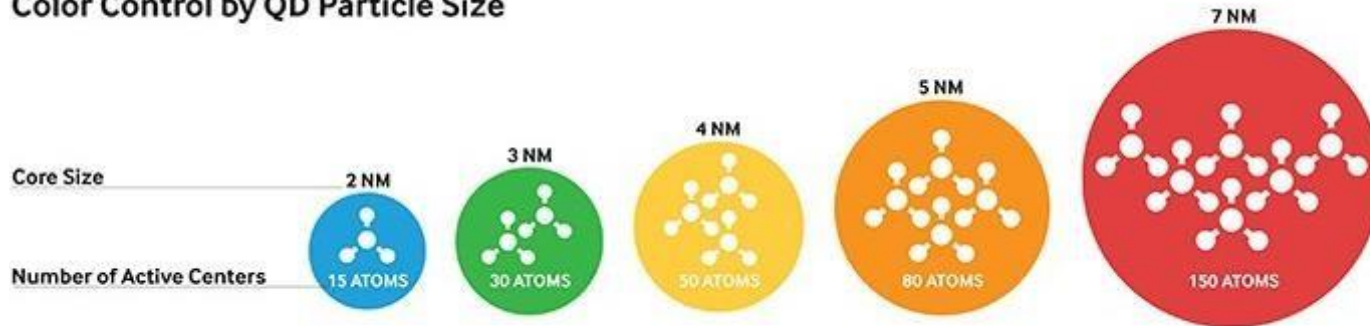


Η χρήση τους θεωρείται ασφαλής (?)

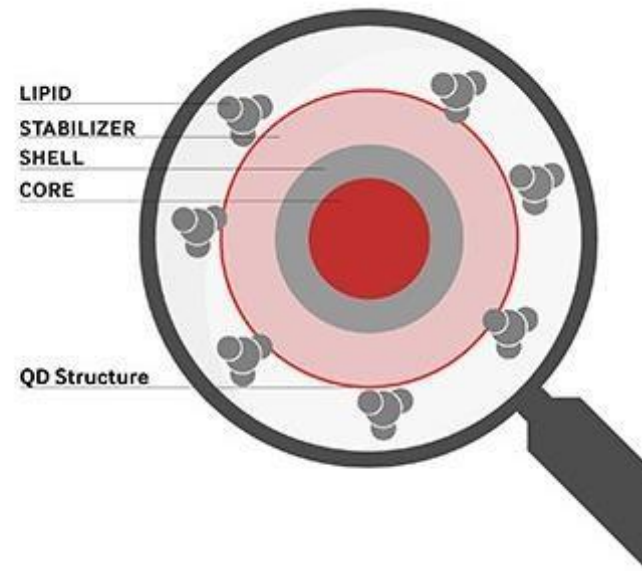
Κβαντικά Κοκκία

Χρώμα vs Μέγεθος

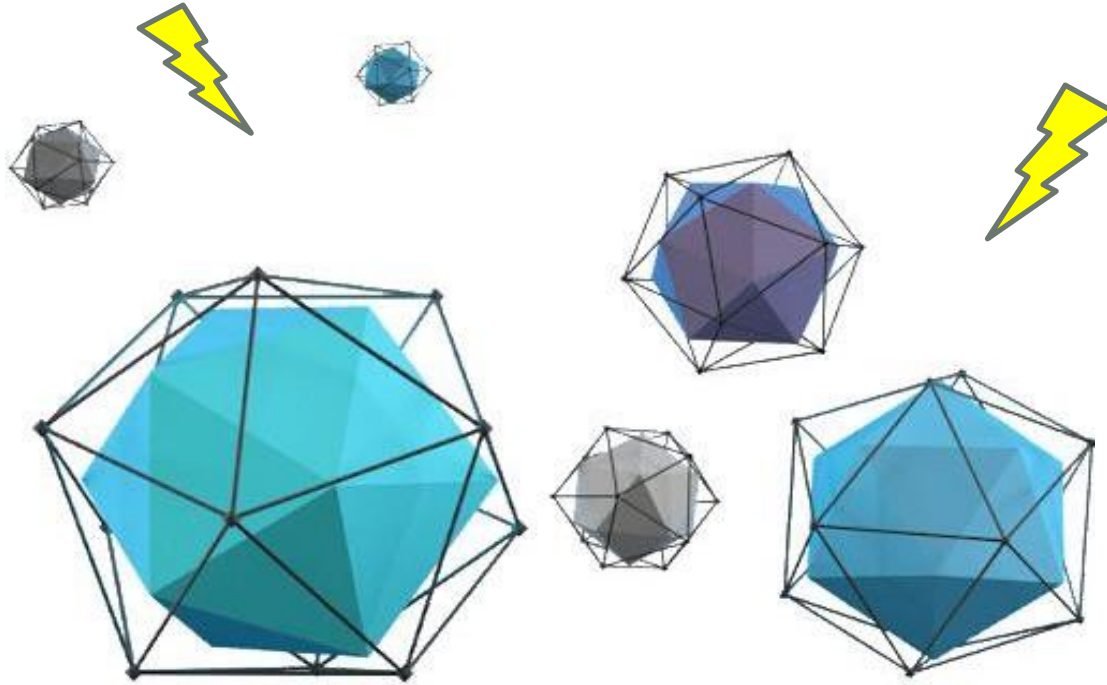
Color Control by QD Particle Size



Depending on size, quantum dots emit different color light due to quantum confinement. Illustrated is the range of QDs with emission gradually stepping from violet to red.



Φωτοκαταλυτικά Νανοσωματίδια



Φωτοκαταλυτικά Νανοσωματίδια



Είναι υλικά, όπως TiO_2 , ZnO , NiO , RuO_2 , WO_3 , CdS .



Επιτρέπουν την ελεγχόμενη φωτο-ενεργοποίησή τους

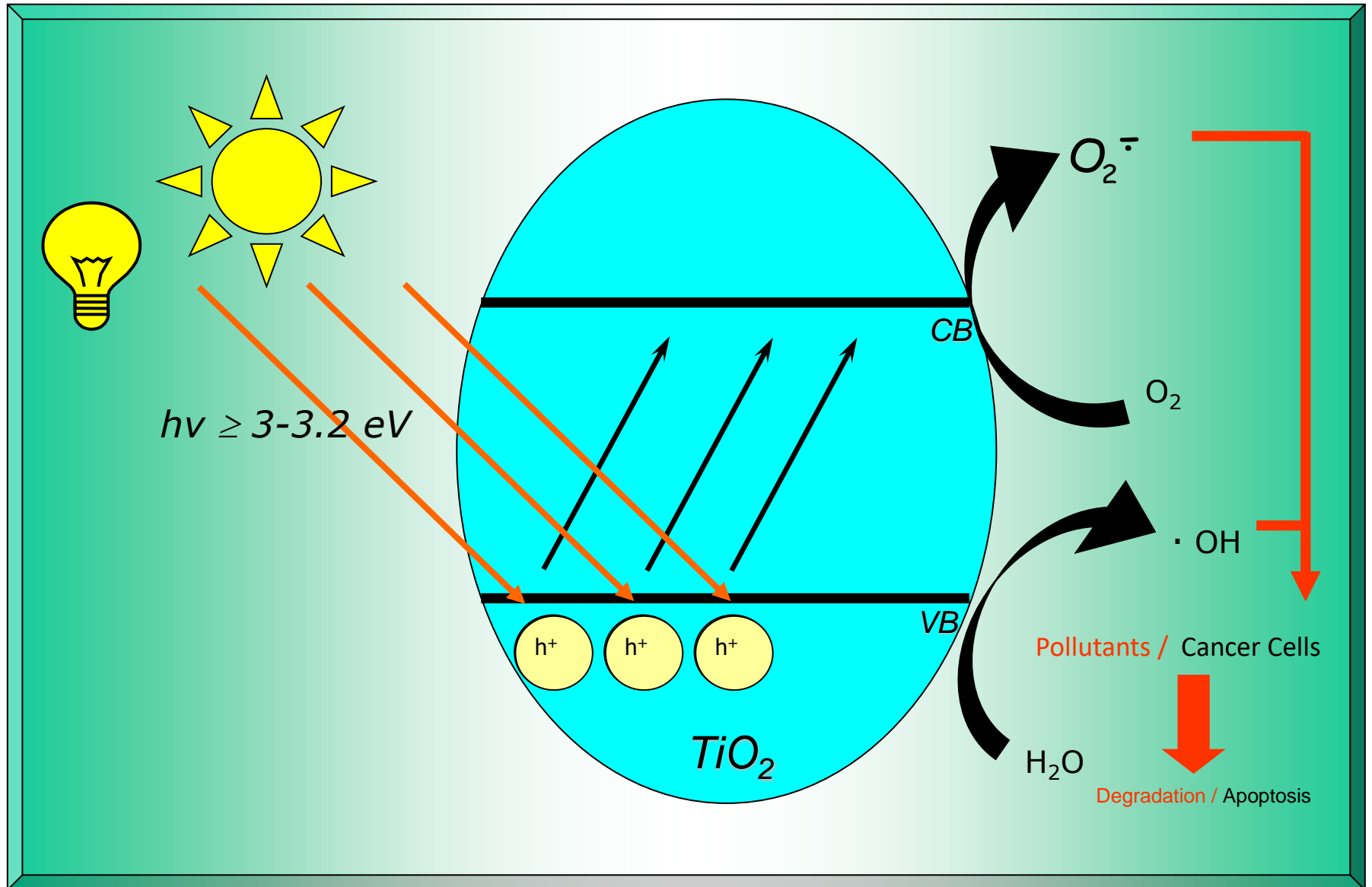


Αξιοποιούνται σε αντιμικροβιακές εφαρμογές και εφαρμογές φωτοδυναμικής θεραπείας.

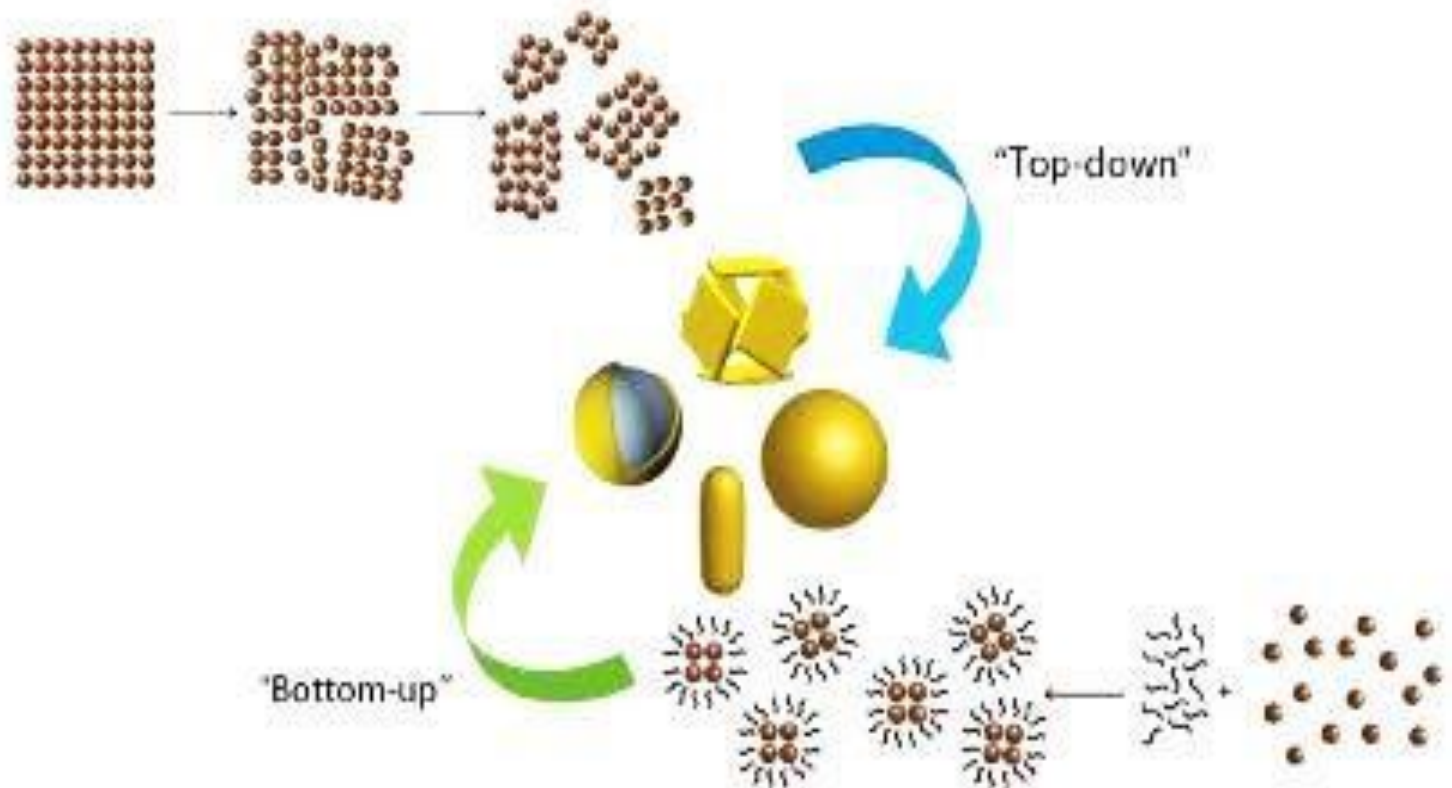
Lagopati, N., Evangelou, K., Falaras, P., Tsilibary, E. C., Vasileiou, P., Havaki, S., Angelopoulou, A., Pavlatou, E. A., & Gorgoulis, V. G. (2021). Nanomedicine: Photo-activated nanostructured titanium dioxide, as a promising anticancer agent. *Pharmacology & therapeutics*, 222, 107795. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2020.107795>

Lagopati, N., Kotsinas, A., Veroutis, D., Evangelou, K., Papaspyropoulos, A., Arfanis, M., Falaras, P., Kitsiou, P. V., Pateras, I., Bergonzini, A., Frisan, T., Kyriazis, S., Tsoukleris, D. S., Tsilibary, E. C., Gazouli, M., Pavlatou, E. A., & Gorgoulis, V. G. (2021). Biological Effect of Silver-modified Nanostructured Titanium Dioxide in Cancer. *Cancer genomics & proteomics*, 18(3 Suppl), 425–439. <https://doi.org/10.21873/cgp.20269>





Photocatalysis Process



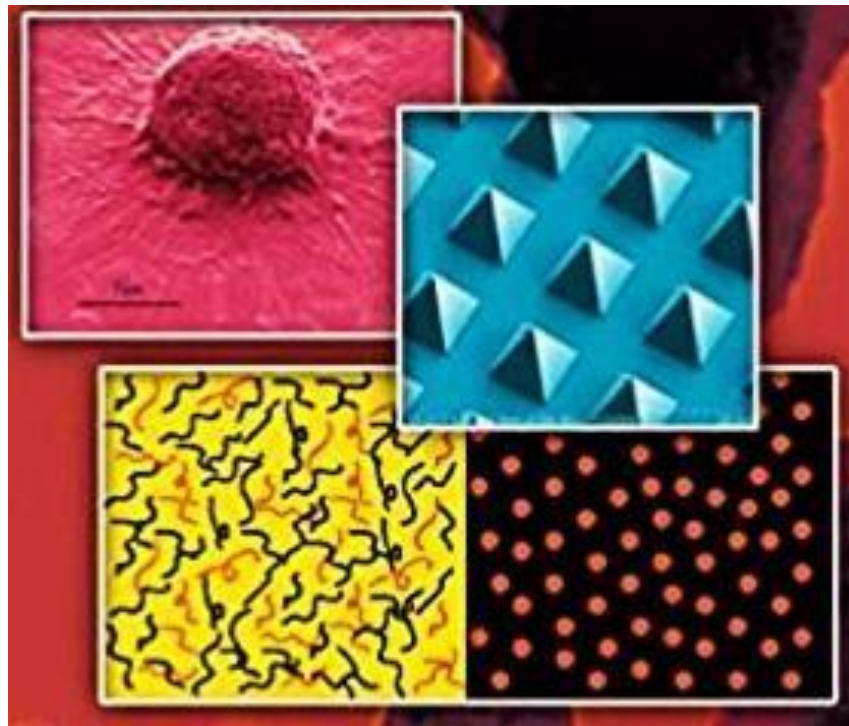
Μέθοδοι Σύνθεσης



Αρχές σύνθεσης MNPs

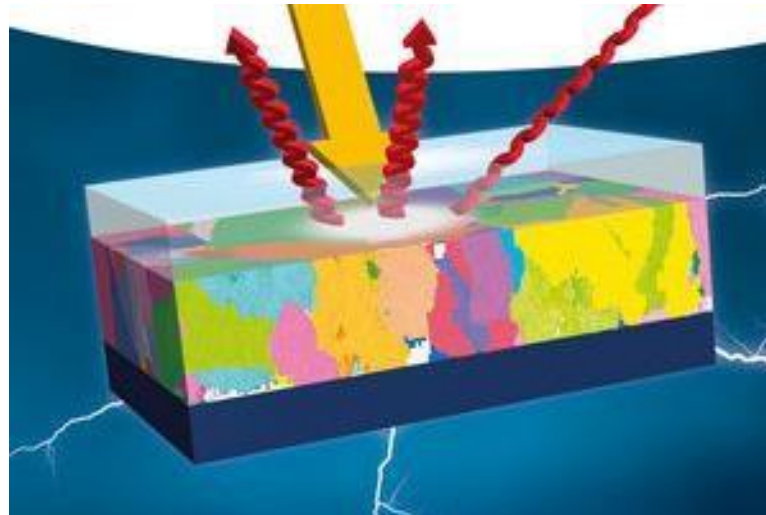
-  **Top-down:** Χρησιμοποιεί υλικό που υπάρχει σε μακροσκοπική κλίμακα και καταλήγει σε υλικό στη νανοκλίμακα
-  Θεωρείται απλή μέθοδος αλλά είναι ακατάλληλη για παραγωγή μεγάλης κλίμακας
-  **Bottom-up:** χρησιμοποιεί άτομα και μόρια τα οποία δημιουργούν τελικά νανοδομές
-  Είναι εν γένει οικονομική μέθοδος

Μέθοδοι Χαρακτηρισμού



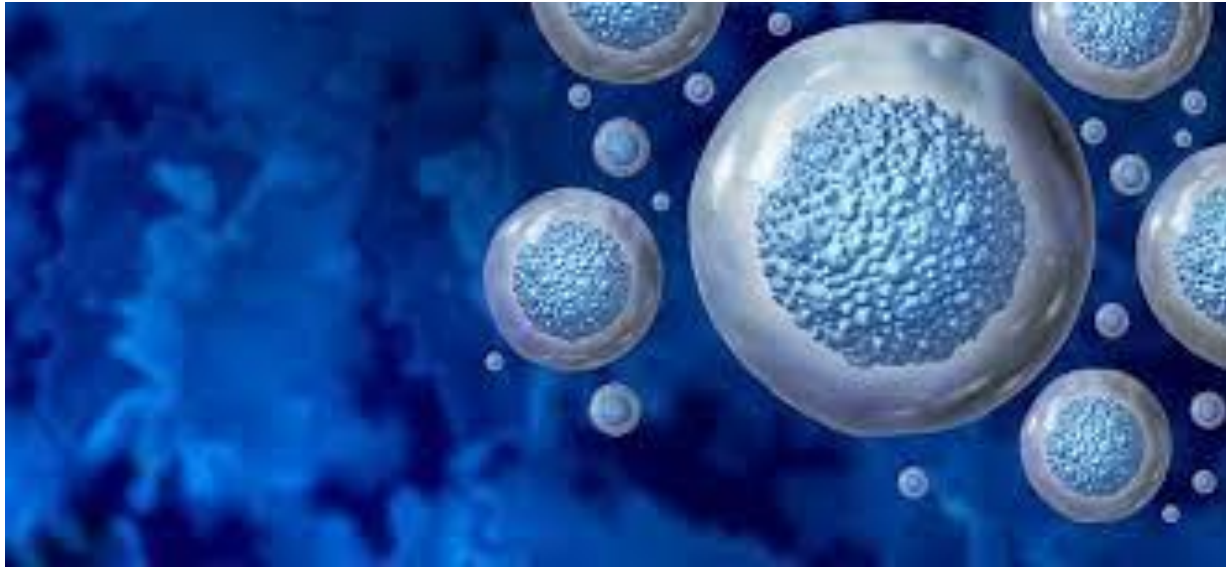
Μέθοδοι Χαρακτηρισμού

Υπάρχουν πολλές τεχνικές χαρακτηρισμού, με στόχο τη μελέτη των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών και τη μορφολογία των νανοσωματιδίων



Αναγεννητική Ιατρική

Η αναγεννητική ιατρική είναι ένα αναδυόμενο πολυεπιστημονικό πεδίο που στοχεύει στην αποκατάσταση, διατήρηση ή ενίσχυση ιστών και συνεπώς λειτουργιών των οργάνων.



Αναγεννητική Ιατρική

Τα κύτταρα των θηλαστικών συμπεριφέρονται *in vivo* σε απόκριση στα βιολογικά σήματα που λαμβάνουν από το περιβάλλον, το οποίο είναι δομημένο από εξαρτήματα στην κλίμακα των νανομέτρων.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην επισκευή του ανθρώπινου σώματος πρέπει να αναπαράγουν τα σωστά σήματα που καθοδηγούν τα κύτταρα προς μια επιθυμητή συμπεριφορά (βιομιμητική).

Αναγεννητική Ιατρική

Η νανοτεχνολογία δεν είναι μόνο ένα εξαιρετικό εργαλείο για την παραγωγή υλικών δομών που μιμούνται τα βιολογικά, αλλά και την υπόσχεση παροχής αποτελεσματικών συστημάτων διανομής.

Βιοϋλικά

Το 1987, δόθηκε ο ορισμός του βιοϋλικού ως εξής: “ **biomaterial** is a non-viable material used **in a medical device**, intended to interact with biological systems”

(European Society of Biomaterials Conference (ESB), 1987).



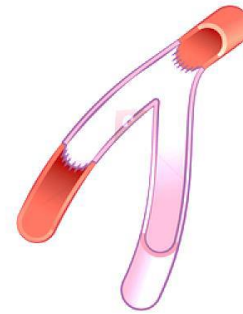
Joint Replacements



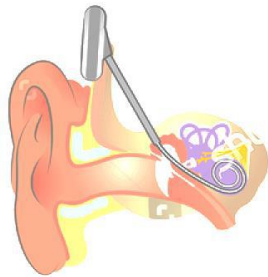
Hip Replacements



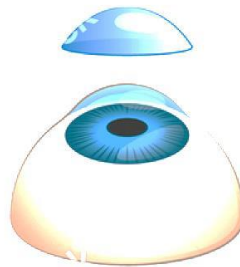
Heart Valves



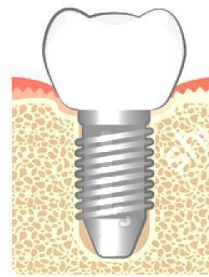
Blood Vessel Prosthesis



Cochlear Replacements



Contact Lenses

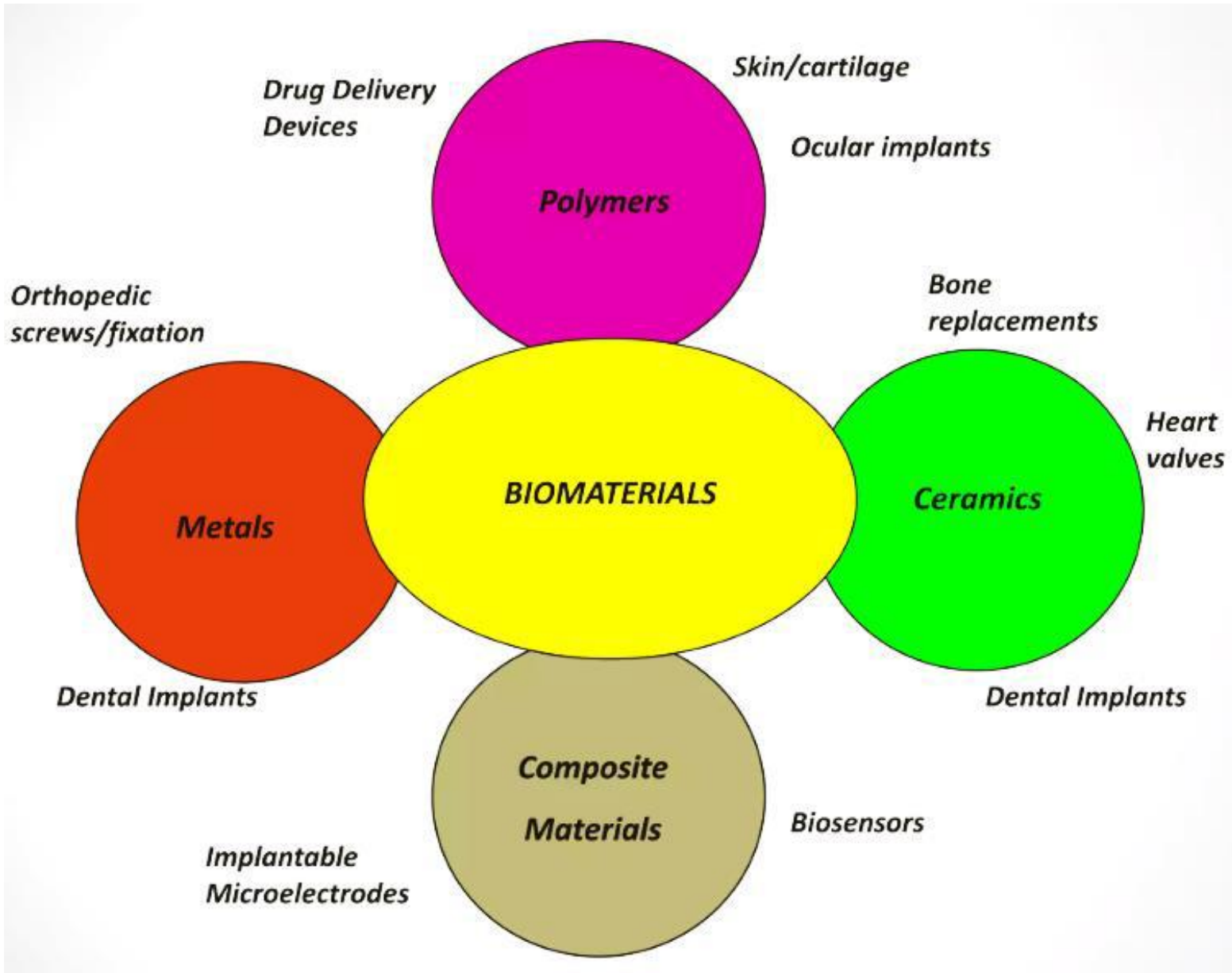


Dental Implants



Skin Repair Devices

Βιοϋλικά

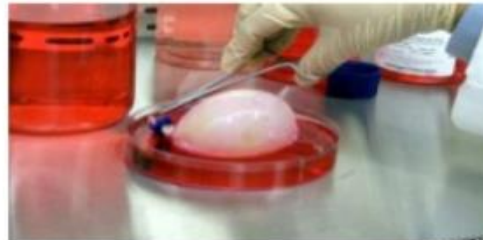


Αναγεννητική Ιατρική

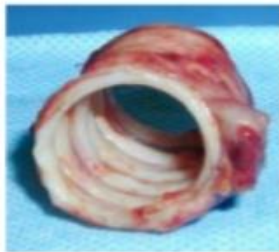
Η αναγέννηση των ιστών μπορεί να προκύψει με το συνδυασμό ζωντανών κυττάρων που προσδίδουν βιωσιμότητα και λειτουργικότητα, και ικριωμάτων για τη υποστήριξη του κυτταρικού πολλαπλασιασμού.

1. *Artificial Organs: Medical Devices*

(Lab Grown Bladder)



2. *Tissue Engineering & Biomaterials*

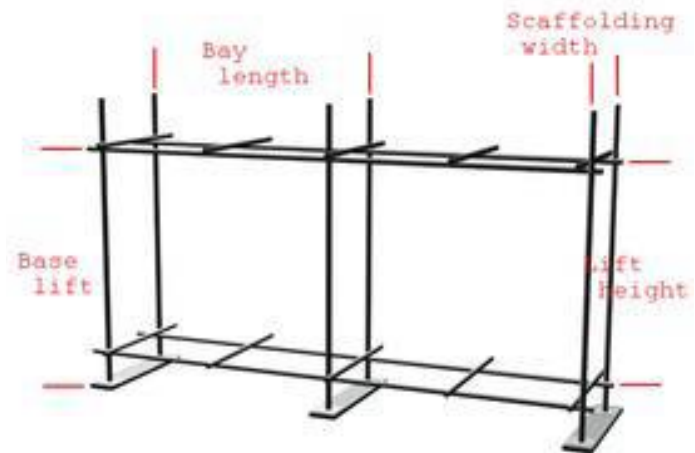


Scaffolds



Κρίωμα

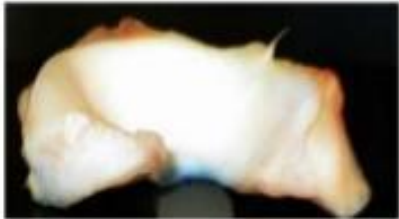
Το κρίωμα είναι μια προσωρινή δομή που χρησιμοποιείται για την υποστήριξη.



Ικρίωμα

Τι χρειαζόμαστε από τα ικρίωματα:

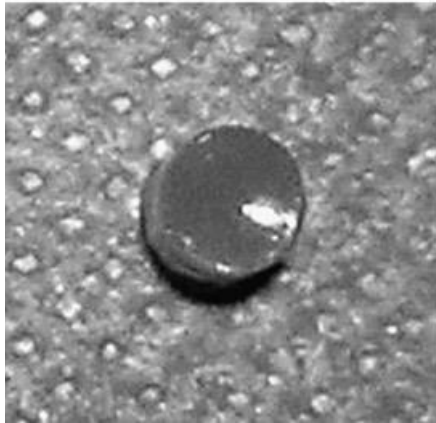
- 1. Biocompatible
- 2. Biodegradable
- 3. Chemical and Mechanical Properties
- 4. Proper architecture



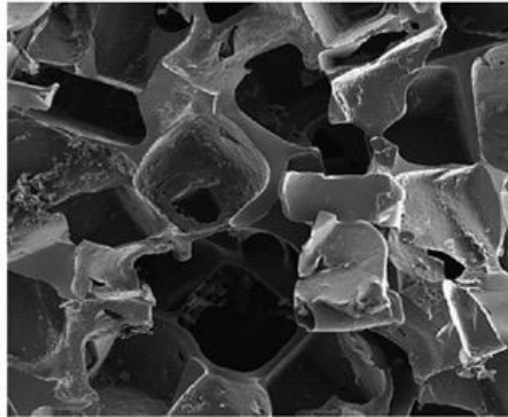
Ικρίωμα

Αρχιτεκτονική

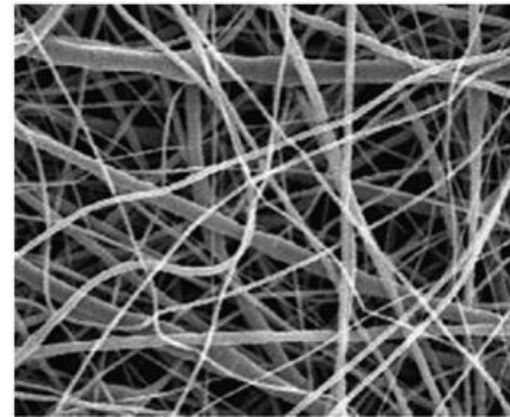
Hydrogel



Sponge

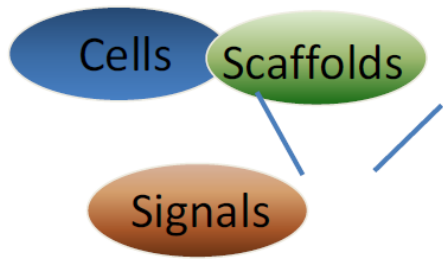


Mesh

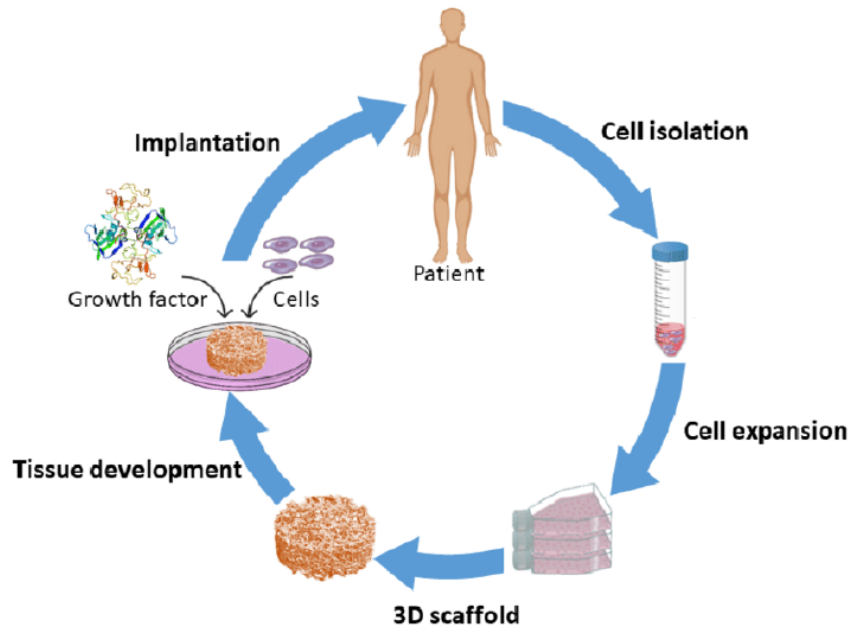


Ιστομηχανική

Tissue engineering: a fascinating, multidisciplinary field

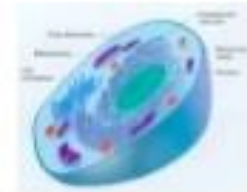


Coexistence, synergy,
harmonic orchestration



Εργαλεία

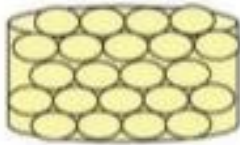
- Cells
 - Living part of tissue
 - Produces protein and provides function of cells
 - Gives tissue reparative properties
- Scaffold
 - Provides structural support and shape to construct
 - Provides place for cell attachment and growth
 - Usually biodegradable and biocompatible
- Cell Signaling
 - Signals that tell the cell what to do
 - Proteins or Mechanical Stimulation



Εργαλεία

scaffold/matrix

→ usually degradable, porous



soluble factors

→ made by cells or synthetic

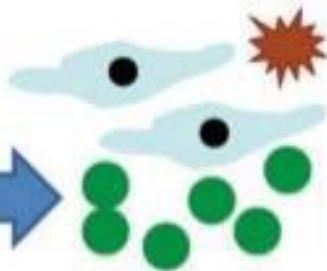
→ various release profiles



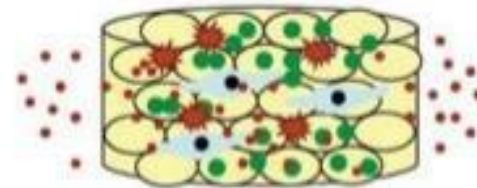
cells

→ precursors and/or differentiated

→ usually autologous

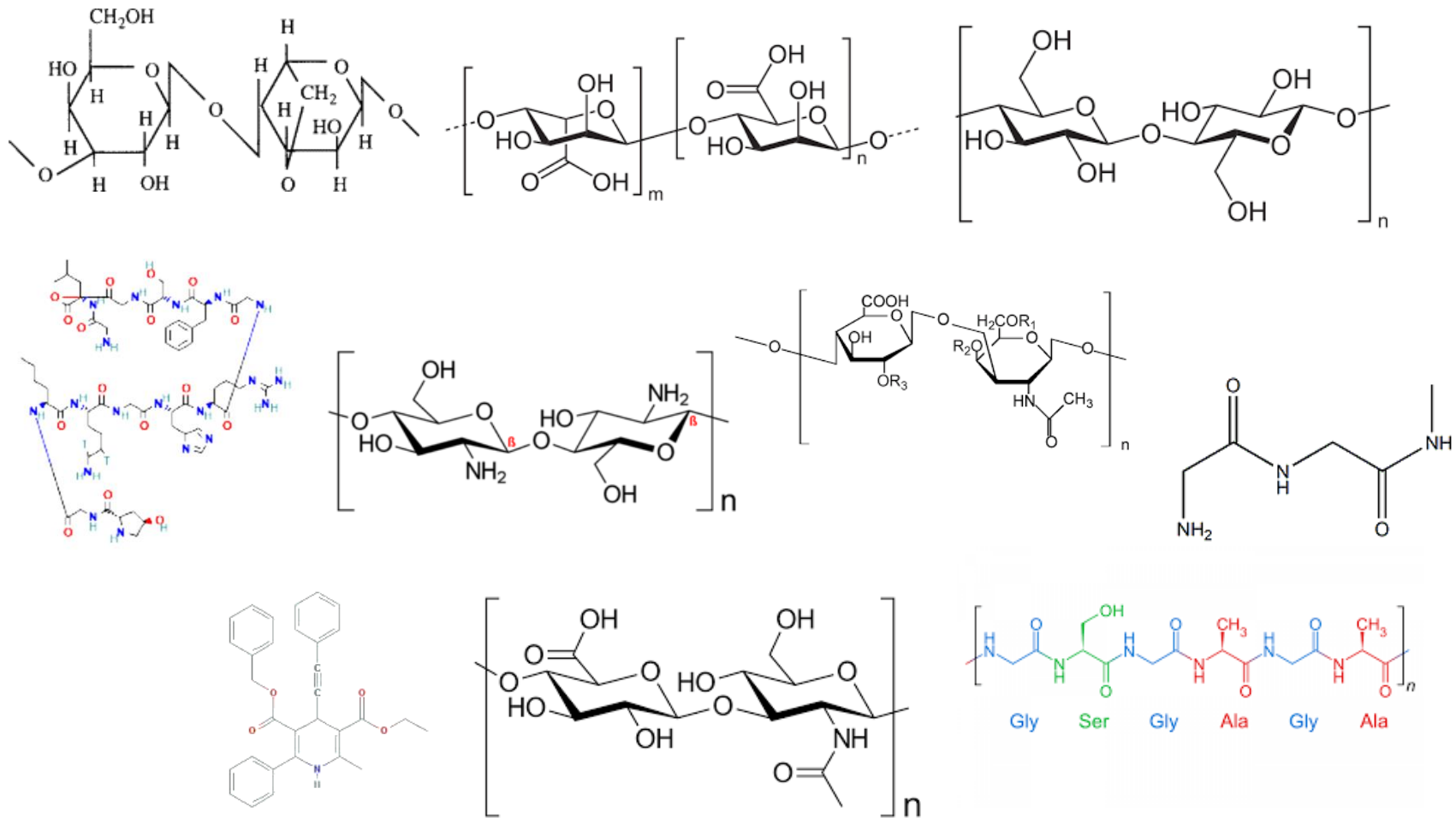


**integrated implantable
or injectable device**



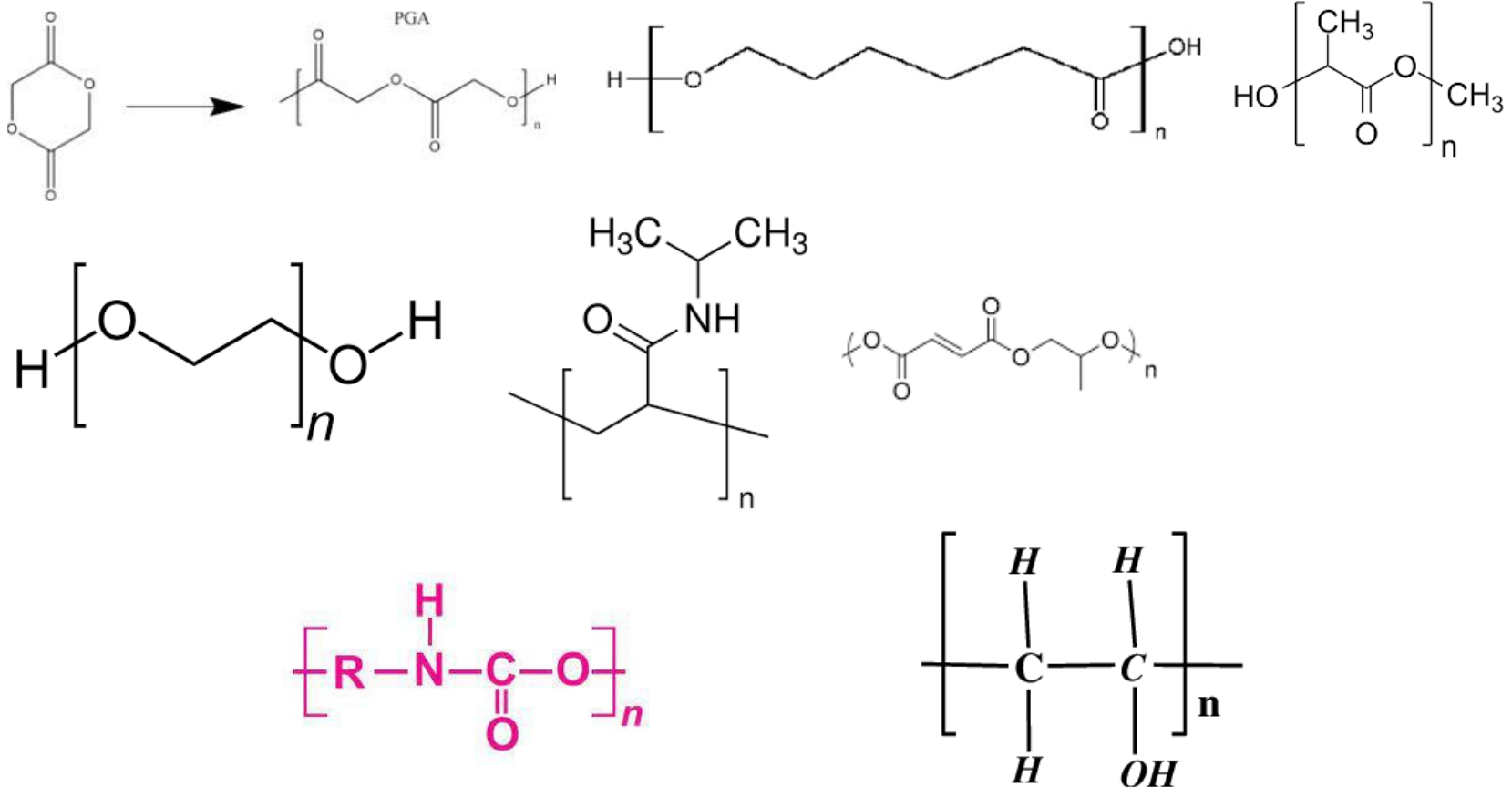
Φυσικά βιοϋλικά

Agarose, alginate, cellulose, collagen, chitosan, chondroitin sulfate, fibrin glue, gelatin, hyaluronic acid, silk fibroin



Συνθετικά βιοϋλικά

poly(α -hydroxy esters), poly(ϵ -caprolactone), poly(L,D lactic acid), poly(ethylene glycol/oxide), poly(NiPAAm), poly(propylene fumarate), poly(urethane), poly(vinyl alcohol)



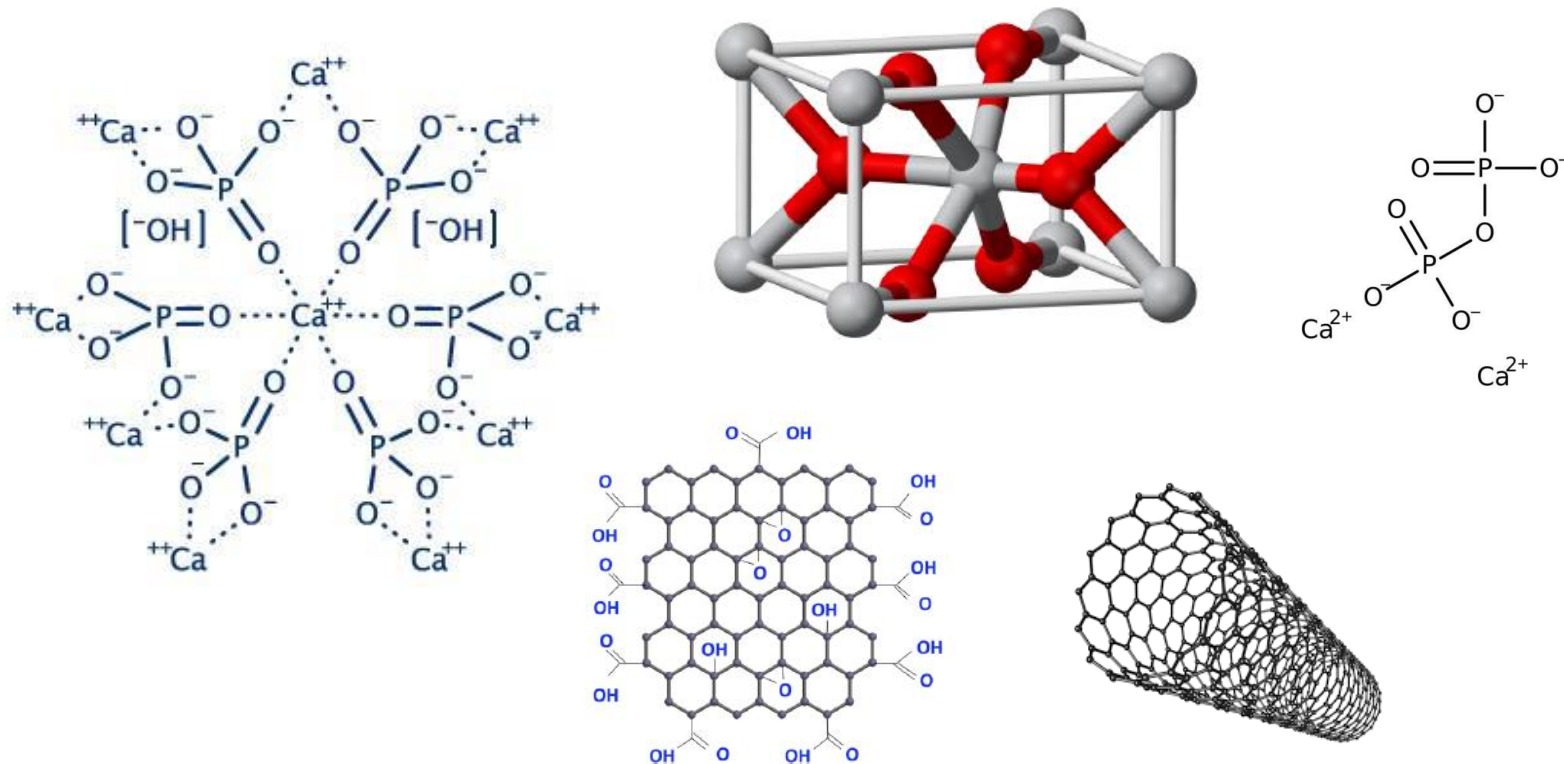
Νανοτεχνολογία στην ιστομηχανική

Η νανοτεχνολογία μπορεί να δώσει νέα προοπτική στην ιστομηχανική.

Νανοδομημένα ικρίώματα με 3-D πολύπλοκες αρχιτεκτονικές και εξατομικευμένη σύνθεση προσομοιώνουν το *in vivo* περιβάλλον.

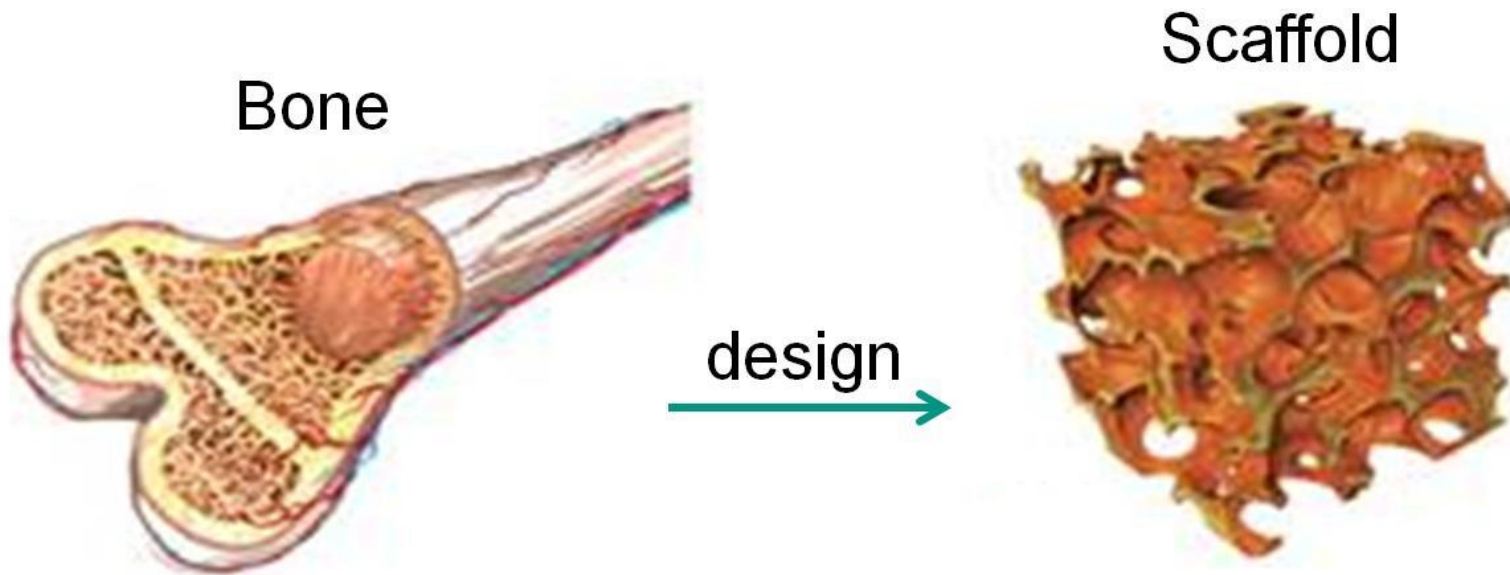
Αναγέννηση οστών

Τα βιοϋλικά που χρησιμοποιούνται για τη μηχανική των οστικών ιστών περιλαμβάνουν νανοϋδροξυαπατίτη, τιτάνιο, φωσφορικό ασβέστιο, οξείδιο του γραφένιου, νανοσωλήνες άνθρακα ή ενώσεις αυτών



Αναγέννηση οστών

Οι επιφάνειες ή οι τρισδιάστατες νανοδομές εμφυτευμάτων που μιμούνται καλύτερα τα φυσιολογικά περιβάλλοντα της εξωκυτταρικής μήτρας του οστού στην καλλιέργεια, μπορούν να προάγουν την οστεογονική διαφοροποίηση των βλαστοκυττάρων που είναι σημαντική για τη μηχανική των οστικών ιστών



Αναγέννηση οστών

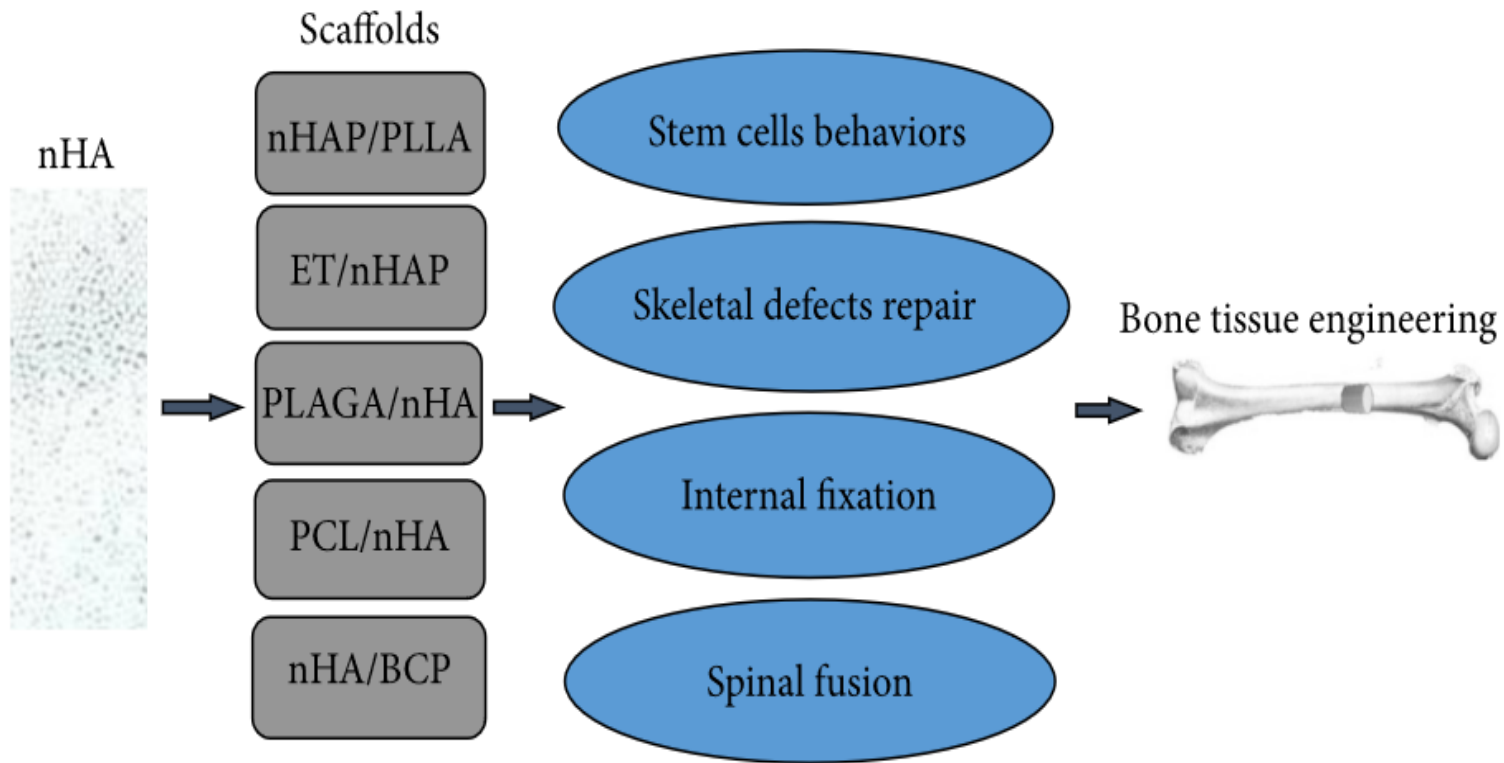


Figure 1: The application of nHA scaffolds in bone tissue engineering.

Αναγέννηση οστών

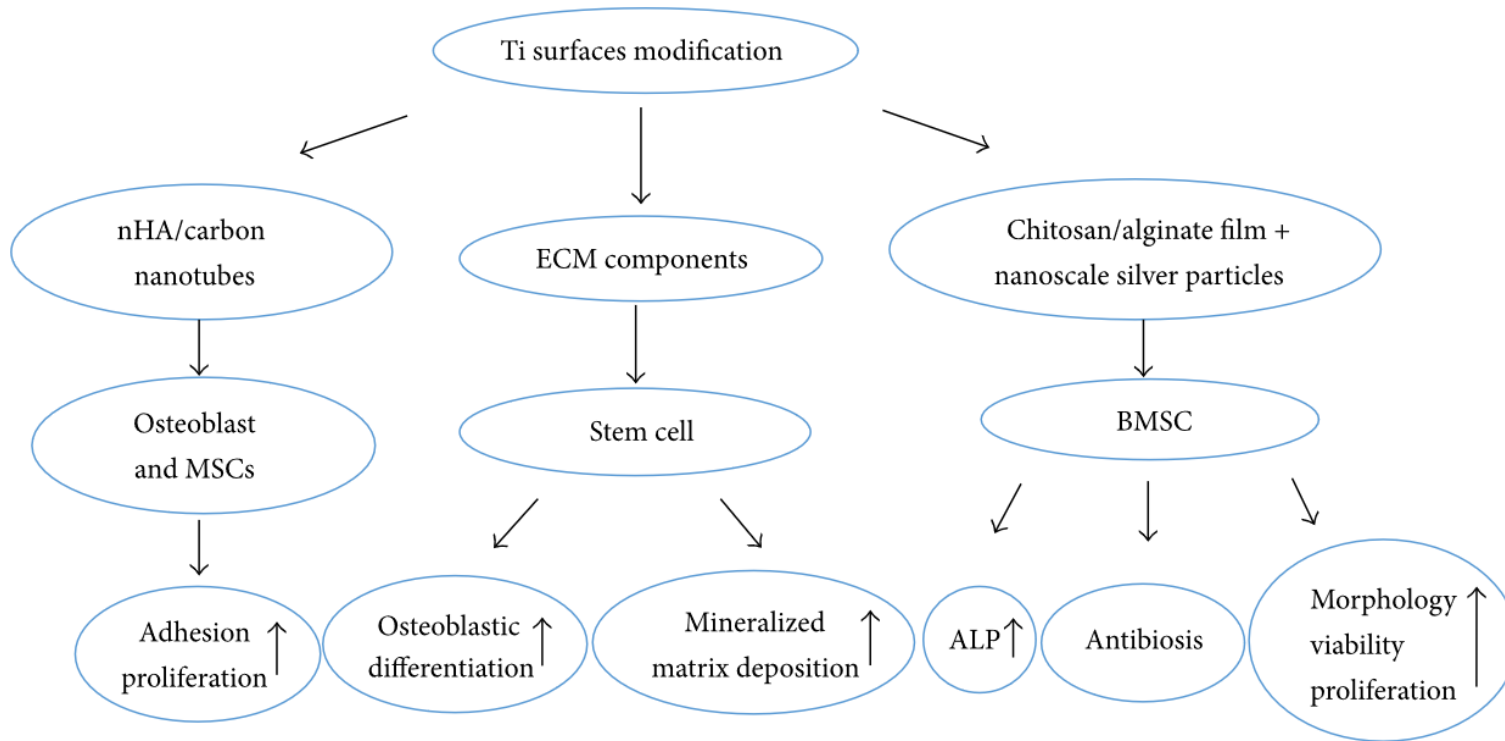
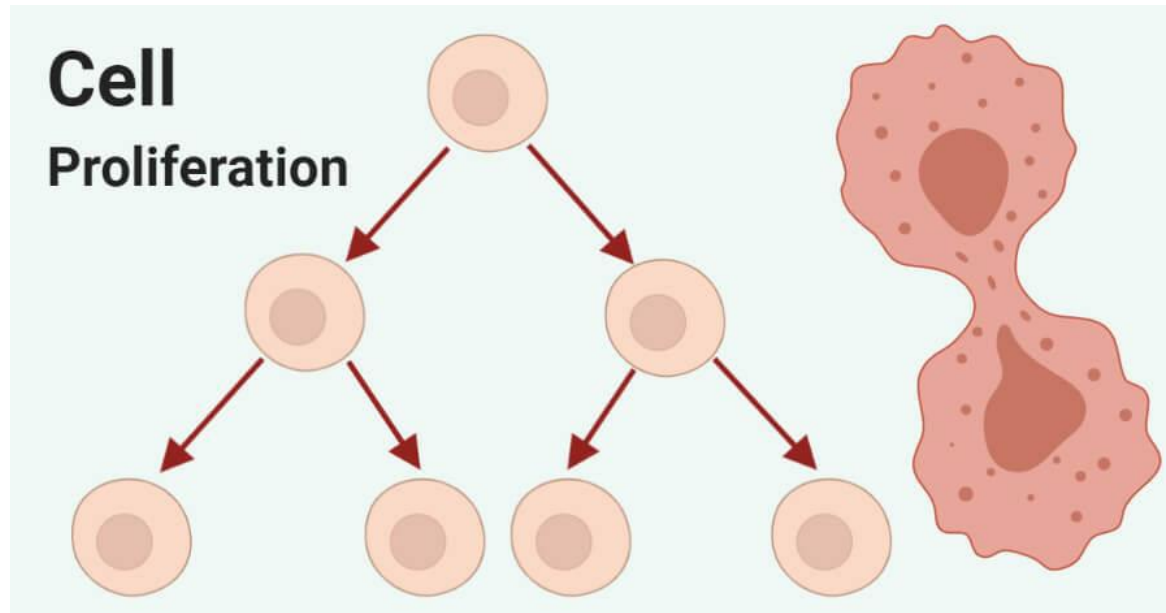


Figure 2: The effect of titanium surfaces modification on stem cell.

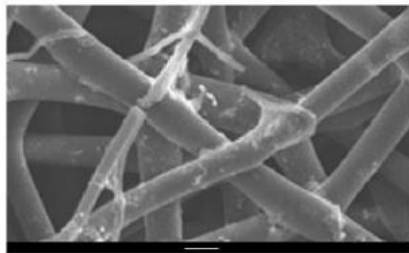
Αναγέννηση οστών

Ένας σημαντικός στόχος στην μηχανική των ιστών είναι η κατανόηση και ο έλεγχος των παραγόντων που κατευθύνουν τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό και τη διαφοροποίηση σε μια ειδική κυτταρική σειρά σε περιβάλλον νανοκλίμακας.



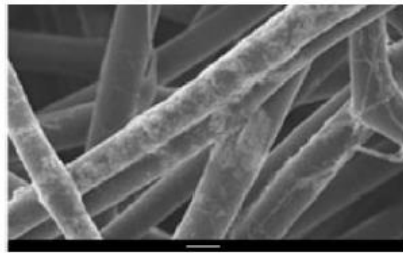
Αναγέννηση οστών

SEM image showing biomineralization in untreated (a, d, g), argon treated (b, e, h), and nitrogen treated (c, f, i) microfibers (a c), micro/nanofibers (d f), and nanofibers (g, h)



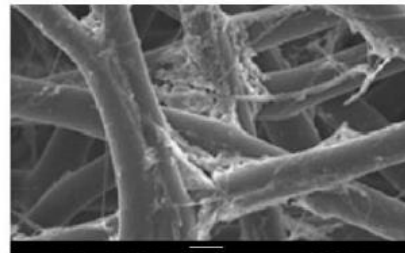
15 kV ×1,000 10 μm 10 40 SEI

(a)



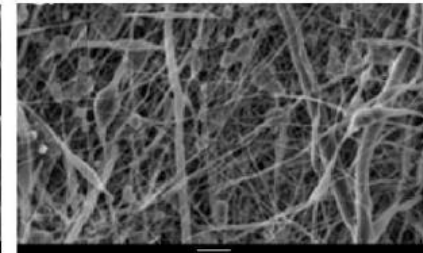
15 kV ×1,000 10 μm 11 36 SEI

(c)



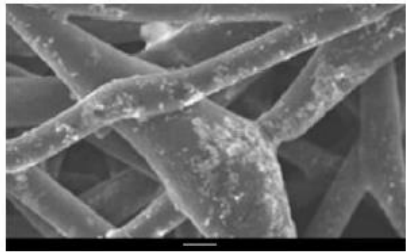
15 kV ×1,000 10 μm 11 36 SEI

(e)



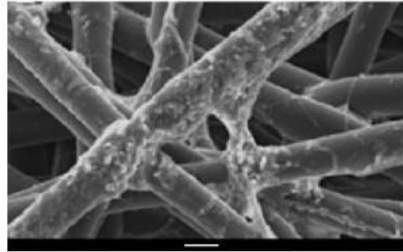
15 kV ×1,000 10 μm 11 36 SEI

(g)



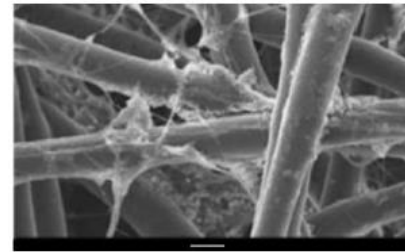
15 kV ×1,000 10 μm 10 40 SEI

(b)



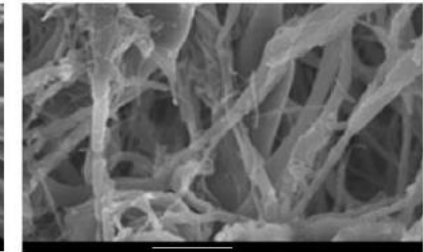
15 kV ×1,000 10 μm 11 36 SEI

(d)



15 kV ×1,000 10 μm 11 36 SEI

(f)



15 kV ×2,500 10 μm 10 36 SEI

(h)

Αναγέννηση οστών

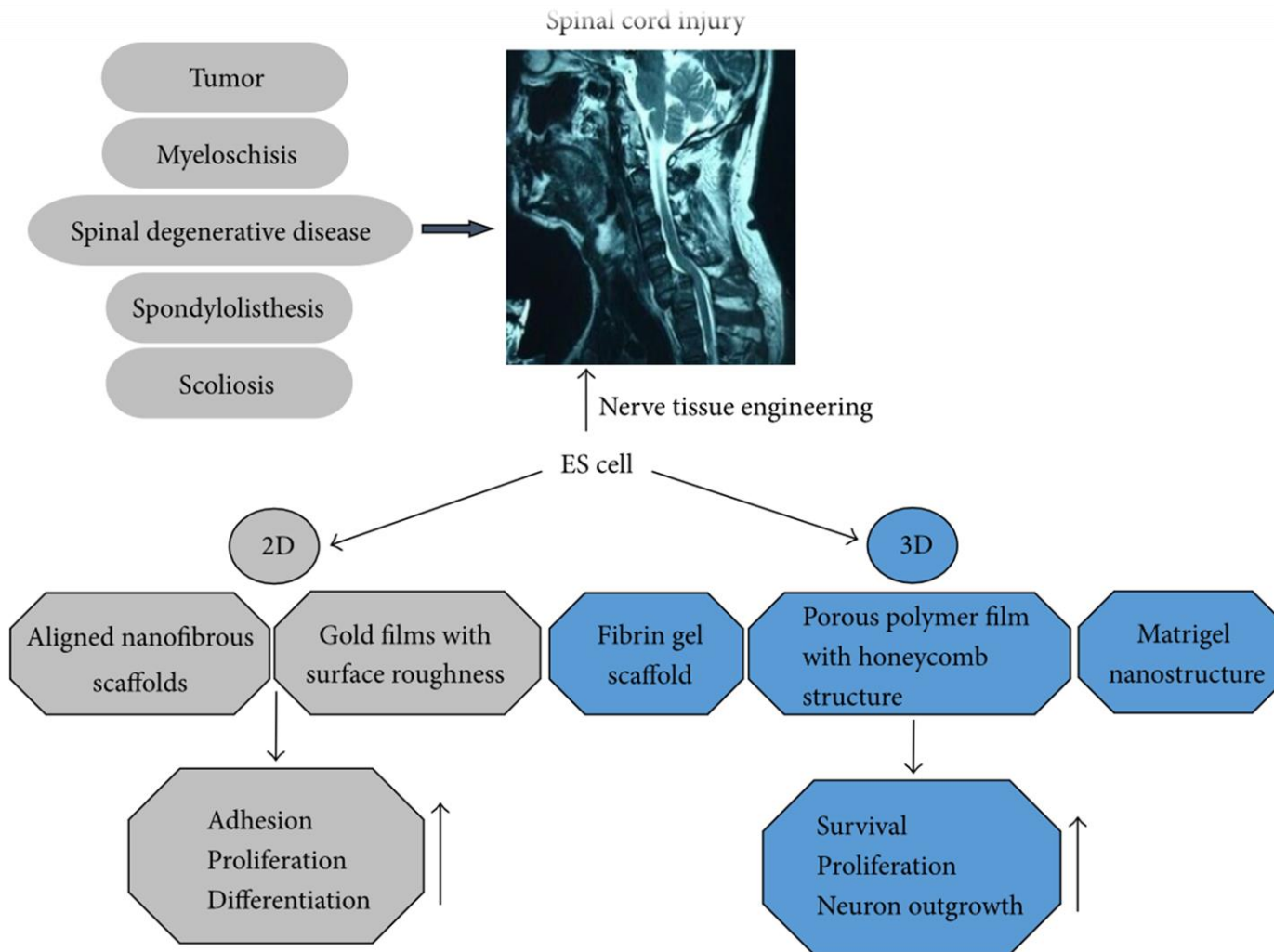
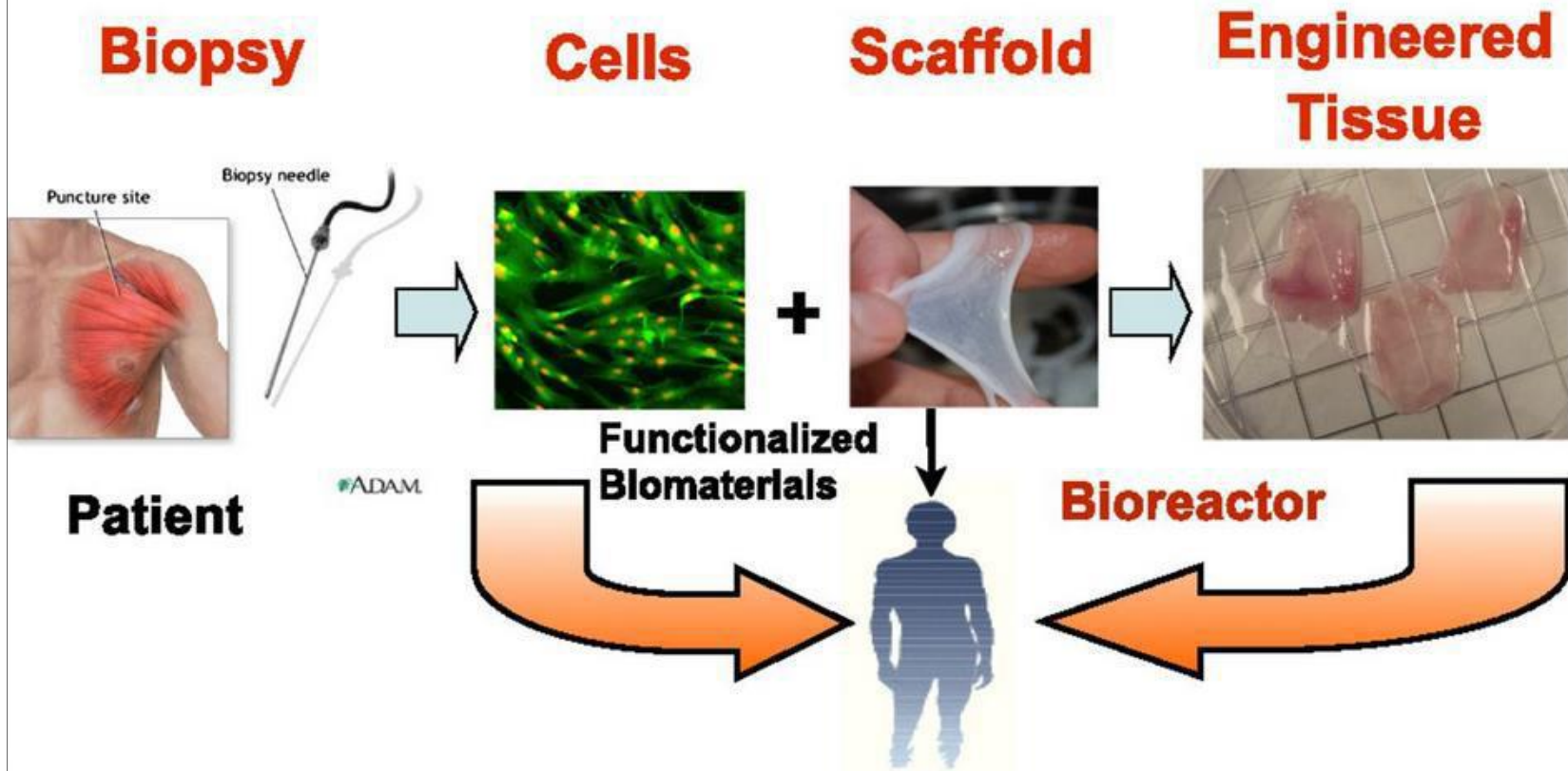
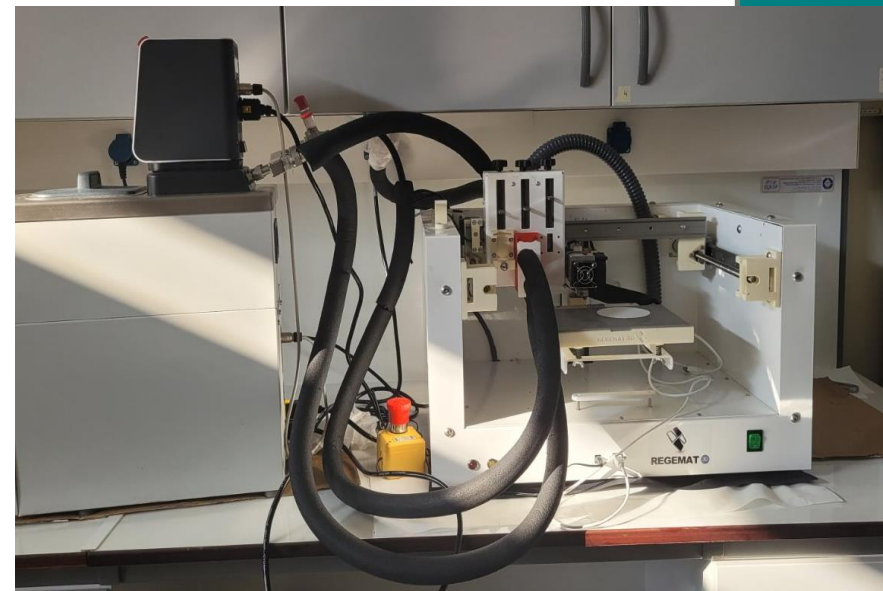
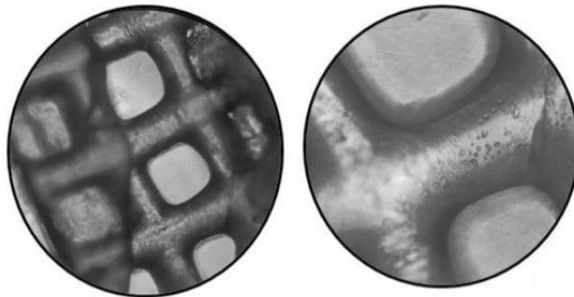
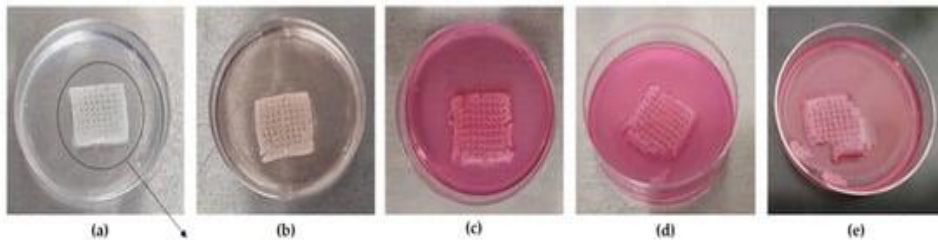
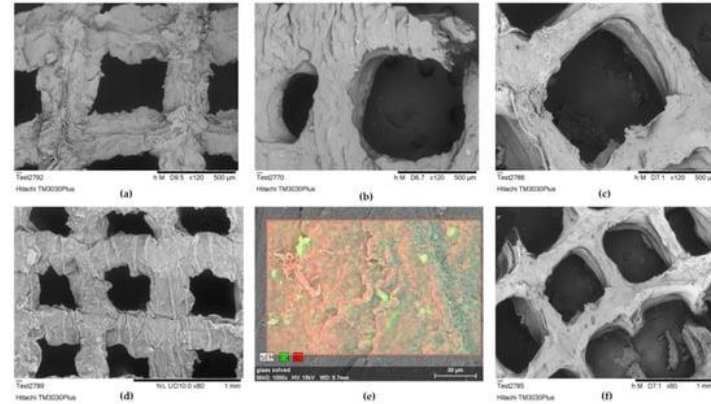
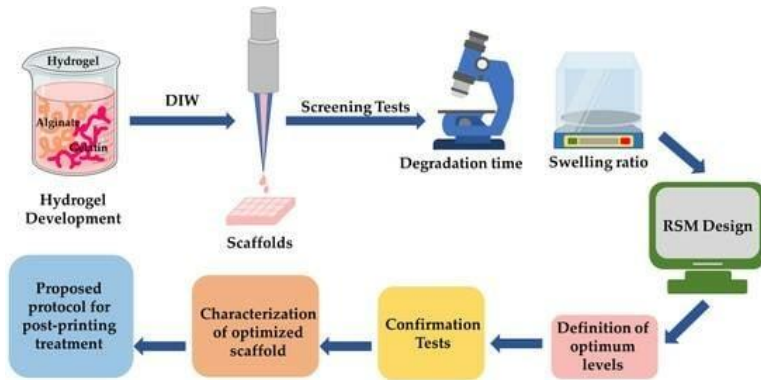


Figure 4: The application of stem cell on 2D or 3D scaffold for spinal cord injury.

Αναγέννηση οστών



3D-printed scaffolds



Submit to this Journal

Review for this Journal

Propose a Special Issue

Alginate–Gelatin Hydrogel Scaffolds; An Optimization of Post-Printing Treatment for Enhanced Degradation and Swelling Behavior

by Christina Kaliampakou¹, Nefeli Lagopati^{2,3,*}, Evangelia A. Pavlatou⁴ and Costas A. Charitidis^{1,*}

**Ευχαριστώ για την
προσοχή σας!**

