



SEMMELWEIS EGYETEM

Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet,
Nanokémiai Kutatócsoport

Biokompatibilitás, biodegradabilitás, polimerek, gélek és nanorészecskék (orvosi alkalmazások)

Jedlovsky-Hajdú Angéla

2020.04.01.

Ismétlés

Polimerek - Makromolekulák



Kolloid asszociátumok, vagy kovalens
kötésű molekulák?

Hermann Staudinger (1881- 1962)

The Nobel Prize in Chemistry 1953



Makromolekulák szerkezetét kialakító kémiai kötések minden tekintetben egyenértékűek a kismolekulájú anyagok hasonló kémiai környezetben lévő kötéseivel.

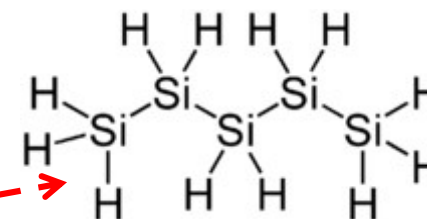
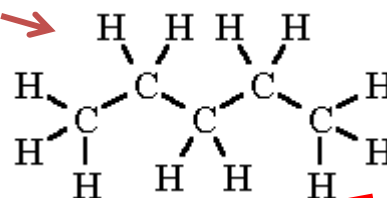
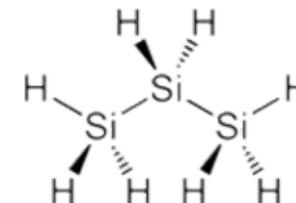
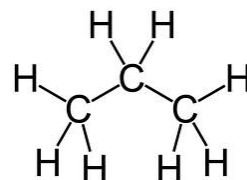
Valamennyi elem közül a **szén az egyetlen, amelynek atomjai korlátlan számban kapcsolódhatnak közvetlenül egymással**, a létrejövő molekulák **stabilitásának csökkenése** nélkül.

Ismétlés

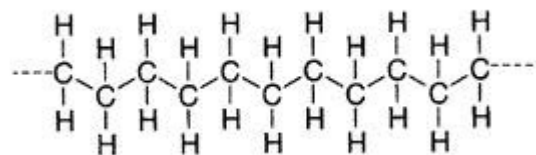
Szerves és szervetlen polimerek

kötési energiák; kJ/mol

kötés	Energia kJ/mol
C-C	345
C-O	350
C-N	290
C-P	265
Si-Si	226



Nagyobb kötési energia
stabilabb molekula!



poliszilán
Nem stabil!

Ismétlés

Konstitúció - konfiguráció - konformáció

szintetikus
polimerek



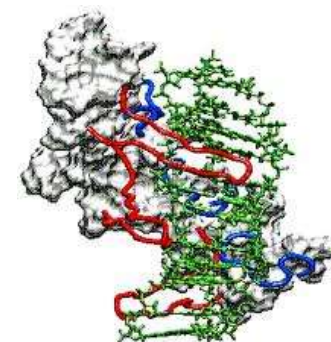
biológiai
makromolekulák

DNS:

*négy különböző
monomer egység*

fehérjék:

*húsz különböző
aminosav*



-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-

Homopolymer

A-B-A-A-B-B-B

Random copolymer

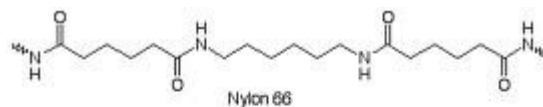
A-A-A-A-B-B-B-B-B

Block copolymer

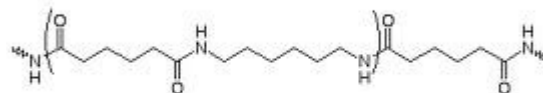
A-A-A-A-A

B
B
B

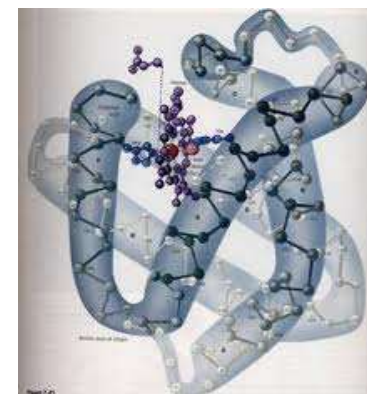
Graft polymer



Nylon 66



repeating unit

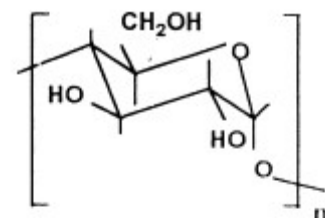


Ismétlés

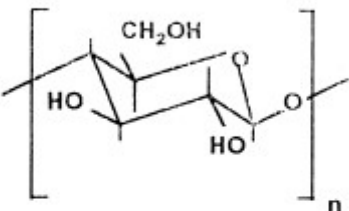
Természetes - mesterséges polimerek

Pl: poli(szacharidok)

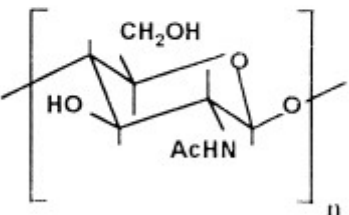
keményítő



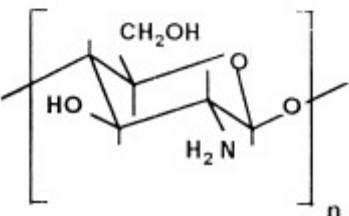
cellulóz



kitin

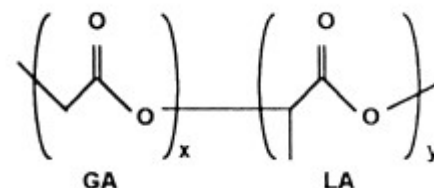


kitozán

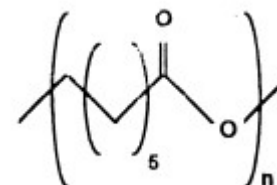


Természetes eredetű:

Poli(glikol-kotejsav)



Poli(kaprolakton)



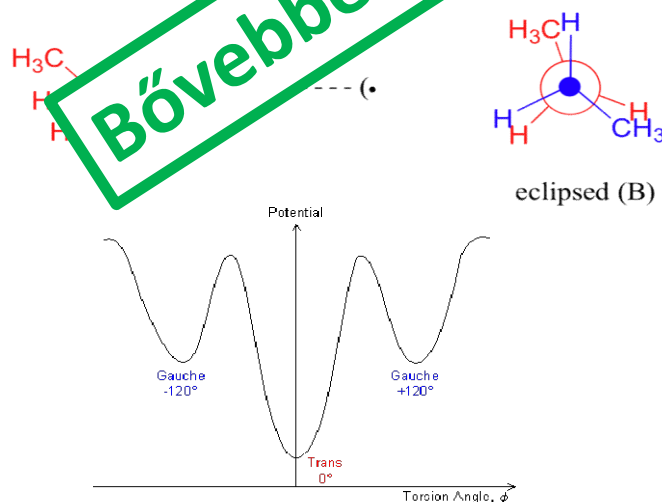
Mesterséges:

Poli(vinil alkohol), poli(vinil-acetát), poli(akrilátok), poli(észterek), poli(amidok), poli(uretánok)...

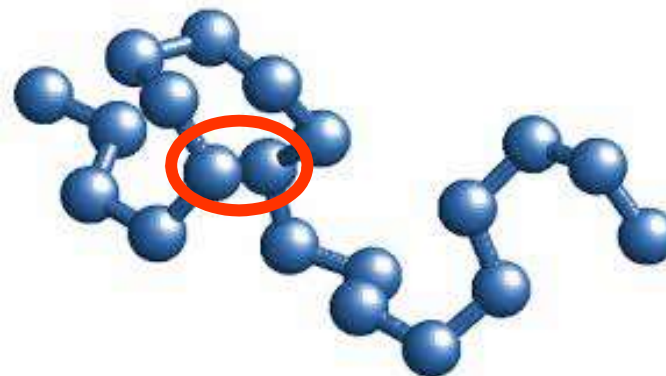
A térszerkezetet meghatározó alapvető kölcsönhatások

Makromolekulák szerkezetét kialakító **valós** **kötések és molekuláris kölcsönhatások** minden esetben egyenértékűek a **kismolekulájú** anyagok hasonló kémiai környezetben lévő kötéseivel és csoportjainak kölcsönhatásaival.

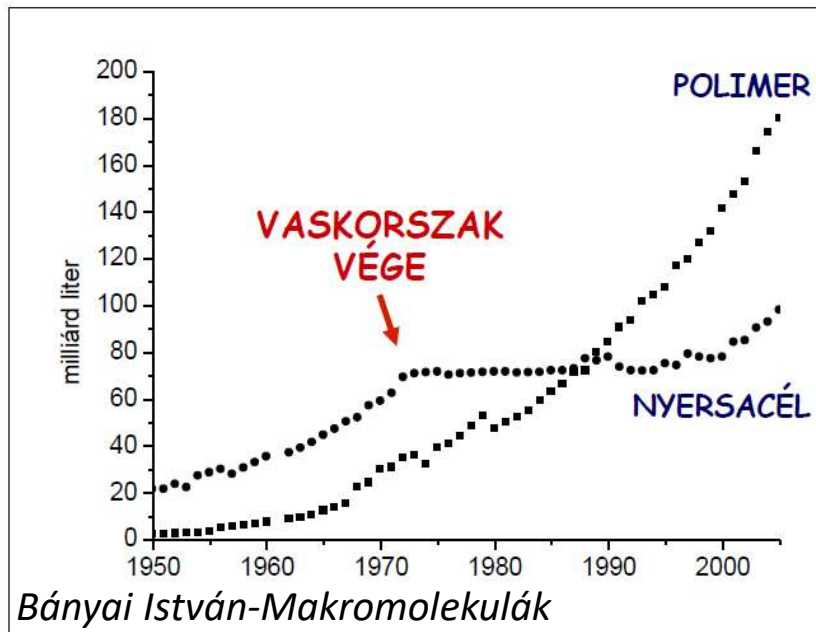
Rövidtávú kölcsönhatások



Hosszútávú kölcsönhatások



Polimerek felhasználása



A POLIMEREK TERMELÉSÉNEK ALAKULÁSA A VILÁGON

- 1950 1 millió tonna
- 2010 >260 millió tonna

MAGYARORSZÁGON

1960 - 12 ezer tonna

2000 - 1 millió tonna

2007 - 1,4 millió tonna

MAGYARORSZÁGON A LEGNAGYOBB TERMELÉSI ÉRTÉKŰ VEGYIPARI ÁGAZAT→

POLIMER IPAR

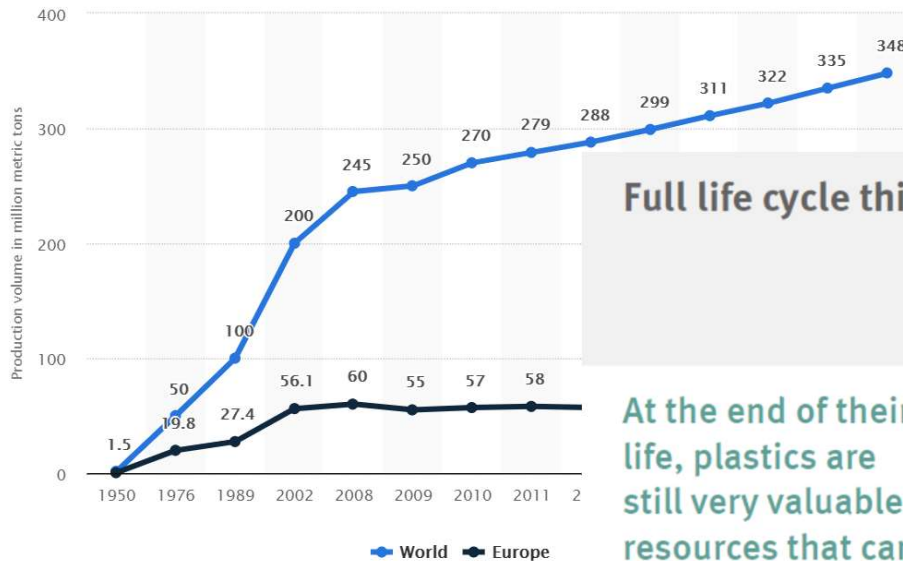
POLIMER (MŰANYAG) IPAR: ~600 Mrd Ft/év

GYÓGYSZERIPAR: ~500 Mrd Ft/év

lágú – rugalmas – kemény
például:

kontakt lencse, pelenka – gumik – golyóálló mellény anyaga

Műanyagok felhasználása



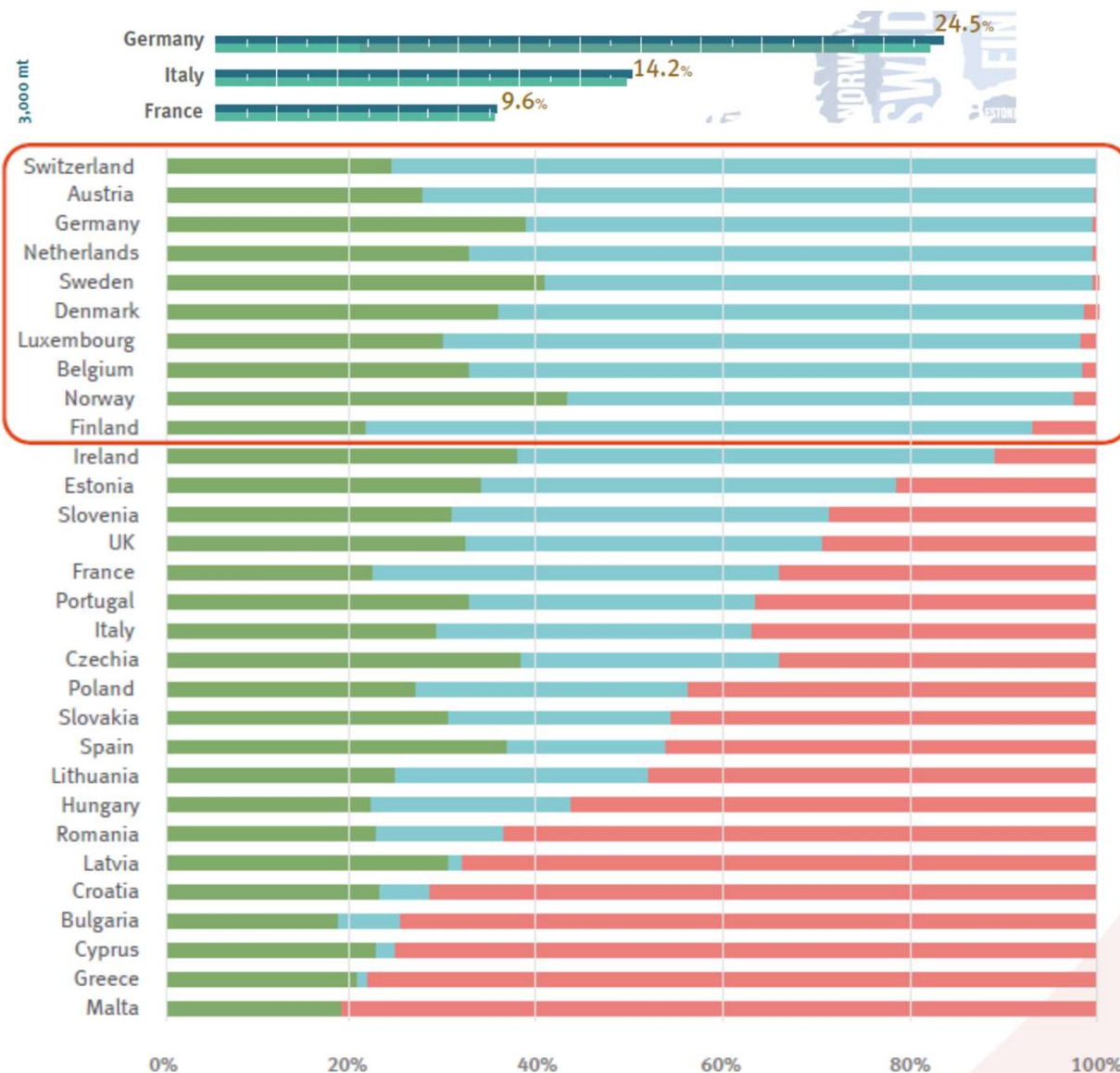
<https://www.statista.com/statistics/2/global-production-of-plastic-1950/>

Full life cycle thinking is smart thinking

At the end of their life, plastics are still very valuable resources that can be transformed into new feedstock or into energy.



https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf



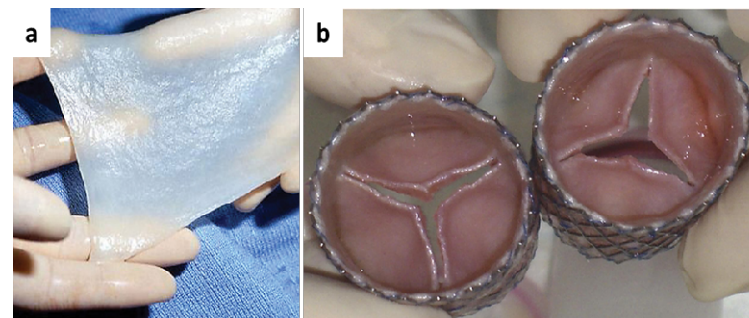
Plastic post-consumer waste rates of recycling, energy recovery and landfill per country in 2016

https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf

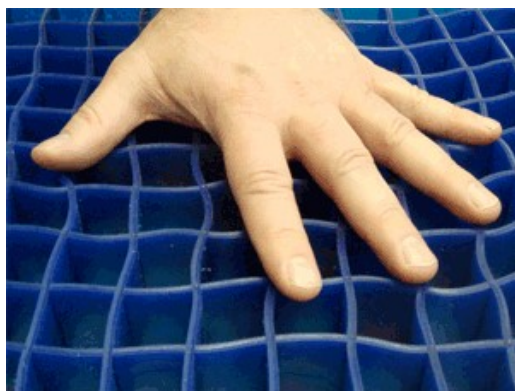
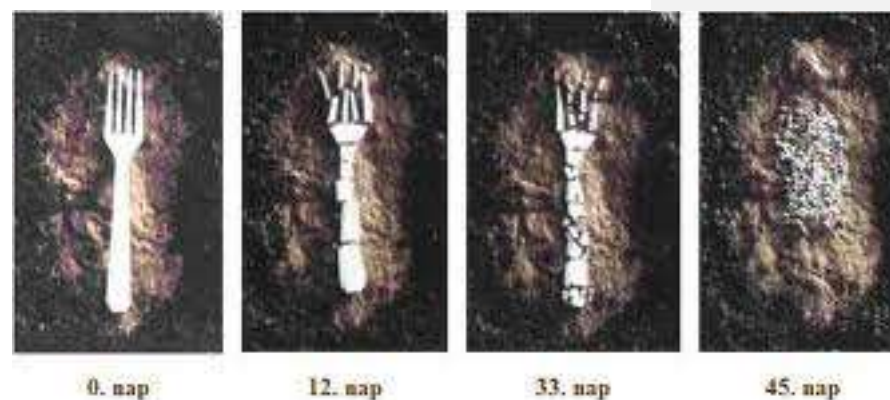
Polimerek orvosi biológiai felhasználása

Kritériumok → felhasználás/cél függő

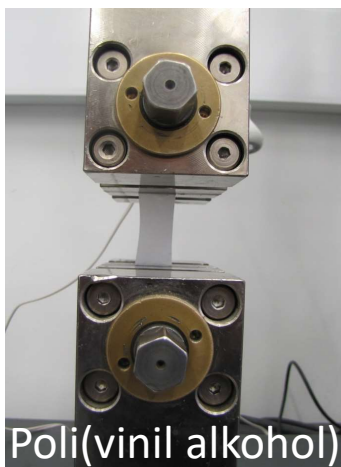
- Biokompatibilis
- Lebomló/ nem lebomló (biodegradabilitás)
- Mechanikailag ellenálló
- Funkcionalizálható
- Hidrofil/hidrofób



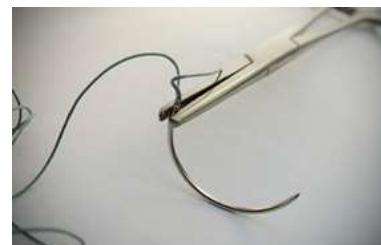
Poli(tejsav)



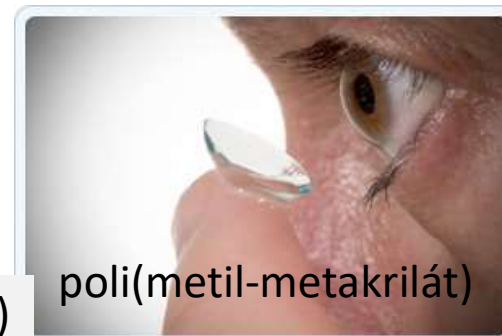
CoolRestGel



Poli(vinil alkohol)



Poli(tejsav/glikolsav)



poli(metil-metakrilát)

Biokompatibilitás és biodegradabilitás

Definíció??? –alakul, formálódik, felhasználás függő....

„A fő kihívás a szövetbarát (biokompatibilis) **bioanyagok** kialakítása. A "megfelelő" bioanyag azt jelenti, hogy **sem rövid- sem hosszú távon** ne legyen mérgező, allergén, vagy gyulladáskeltő hatású, ne váltson ki immunológiai válaszreakciót, ne legyen rákkeltő, ne károsítsa a környező szöveteket, hanem minél inkább elősegítse a belőle készült eszköz sikeres működését az alkalmazás során.” /Műszaki felülettudomány és orvosbiológiai alkalmazásai, Bertóti István - Marosi György - Tóth András, 2003/

18. biocompatibility

Ability to be in contact with a living system without producing an adverse effect.

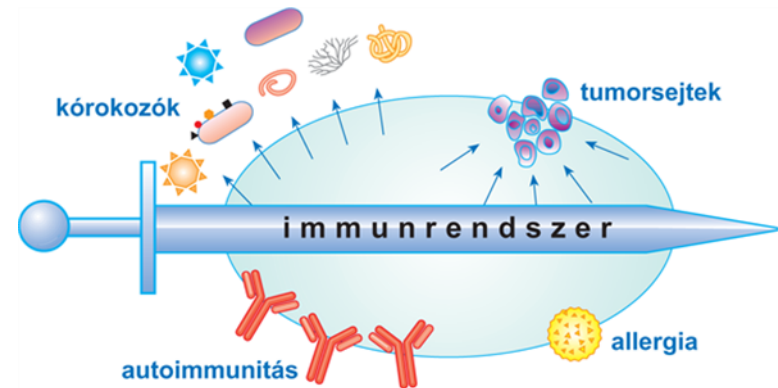
© 2012, IUPAC Pure Appl. Chem., Vol. 84, No. 2, pp. 377–410, 2012

Biokompatibilis – élő rendszerrel kölcsön hatva semmilyen ártó reakciót ne váltson ki sem az anyag sem a bomlástermékei

Biokompatibilitás és biodegradabilitás

Kölcsönhatás szinten mit jelent???

Immunológia-Anna, Erdei, Gabriella, Sármay, József, Prechl; Medicina Könyvkiadó Zrt. (2012)



Felület?? :

- Felületi töltések
- Felületi funkciós csoportok
- Érdesség
- Adhézió?? (jó vagy rossz?)
- Minta alakja
- ...

„God created space and the devil created surface.” /Wolfgang Pauli/

Biocompatibility Testing Standards

- [ISO 10993-1: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 1: Evaluation and testing within a risk management process](#)
- [ISO 10993-2: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 2: Animal Welfare Requirements](#)
- [ISO 10993-3: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 3: Tests for genotoxicity, carcinogenicity and reproductive toxicity](#)
- [ISO 10993-4: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 4: Selection of tests for interactions with blood](#)
- [ISO 10993-5: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 5: Tests for in vitro cytotoxicity](#)
- [ISO 10993-6: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 6: Tests for local effects after implantation](#)
- [ISO 10993-7: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 7: Ethylene oxide sterilization residuals](#)
- [ISO 10993-9: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 9: Framework for identification and quantification of potential degradation products](#)
- [ISO 10993-10: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 10: Tests for irritation and skin sensitization](#)
- [ISO 10993-11: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 11: Tests for systemic toxicity](#)
- [ISO 10993-12: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 12: Sample preparation and reference materials](#)
- [ISO 10993-13: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 13: Identification and quantification of degradation products from polymeric medical devices](#)
- [ISO 10993-14: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 14: Identification and quantification of degradation products from ceramics](#)
- [ISO 10993-15: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 15: Identification and quantification of degradation products from metals and alloys](#)
- [ISO 10993-16: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 16: Toxicokinetic study design for degradation products and leachables](#)
- [ISO 10993-17: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 17: Establishment of allowable limits for leachable substances](#)
- [ISO 10993-18: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 18: Chemical characterization of materials](#)
- [ISO/TS 10993-19: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 19: Physico-chemical, morphological and topographical characterization of materials](#)
- [ISO/TS 10993-20: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 20: Principles and methods for immunotoxicology testing of medical devices](#)
- [ISO/TS 10993-22: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 22: Guidance on nanomaterials](#)
- [ISO/TR 10993-33: Biological Evaluation of Medical Devices - Part 33: Guidance on tests to evaluate genotoxicity - supplement to ISO 10993-3](#)

Szabvány???

Ajánlás????

A modern orvosi eszközök, implantátumok a legtöbbször nem egyetlen anyagból épülnek fel, így nem feltétlen célravezető egyetlen anyag biokompatibilitásáról beszélni.

Medical Plastics and Biomaterials, FDA, 2001

“The primary aim of this part of ISO 10993 is the protection of humans from potential biological risks arising from the use of medical devices.” (ISO 10993-1:2009)

International Organization for Standardization

**Készülékekre, implantátumokra...
de mi a helyzet az
alapanyagokkal???**

Polimerek kölcsönhatása élő szervezettel

Barrierék → bőr, nyálkahártya, érfal →
szemipermeábilis (félig áteresztő)
Cut off: 10 000g/mol

Nagyobb molekulatömegű polimer a gasztrointesztinális rendszeren keresztül nem tud felszívódni...

Kiürülés 2 útja:

- Vesén keresztül → Vérben oldott állapotban
- Tüdőn keresztül → Metabolizmus: víz + CO₂

Kivételes esetben → bőrön keresztül (ciszta)

Ahhoz, hogy a nagy molekulatömegű makromolekulák, polimerek kiürüljenek, alapegységeikre, építő elemeire kell hogy szétessenek... → biodegradáció

Biokompatibilitás és biodegradabilitás

Definíció???

„Biodegradabilitás alatt azt értjük, hogy a különböző anyagok természetes, vagy mesterséges hatások következtében elvesztik szerkezetüket, alakjukat és a természetre nem káros anyagokká alakulnak át. A polimerek biodegradabilitása függ **az alapanyagok kémiai szerkezetétől és a termék végső összetételétől**. A biodegradábilis polimerek lehetnek természetes alapúak, vagy szintetikus úton előállítottak.”
/Polimertechnika -Dr. Hargitai Hajnalka, Dr. Dogossy Gábor , Széchenyi István Egyetem (2014)/

22. biodegradation

Degradation caused by enzymatic process resulting from the action of cells.

Note: Modified from [8] to exclude *abiotic enzymatic* processes.

© 2012, IUPAC Pure Appl.
Chem., Vol. 84, No. 2, pp. 377–
410, 2012

23. biodegradation (biorelated polymer)

Degradation of a polymeric item due to cell-mediated phenomena [9].

Biodegradábilis – élő rendszerrel kölcsön hatva **funkciója** betöltését követően a szervezetben lebomoljon, bomlástermékei semmilyen ártó reakciót ne váltson ki, kiürüljön és/vagy beépüljön a normál anyagcsere körforgásba

Biokompatibilitás és biodegradabilitás

Degradáció hogyan valósulhat meg?

- Hő (testhőmérséklet, magasabb-láz)
 - Fény (látható, UV, IR...)
 - pH (fiziológiás, ettől eltérő)
 - Vizes közeg (víz mint katalizátor)
 - Mikroorganizmusok
 - Enzimatis úton
- Tárolási körülmények
esetén is fontos!!!

International Union of Pure and Applied Chemistry :

Biodegradáció definíció szerint az anyag enzimek által katalizált lebomlása *in vitro* vagy *in vivo* körülmények között.

/SUSHMITA PRADHAN/

Biokompatibilitás és biodegradabilitás

Degradáció hogyan valósulhat meg?

Lépcsőzetes:

- Első lépés fragmentálódás → kisebb egységekre esik szét
ez lehet
 - Fotokémiai reakció
 - Hidrilízis
 - Mikrobiológiai reakció (organizmussal kölcsönhatva)
- Második lépés asszimiláció → a kisebb egységek lebontása
ezt követően kiürül vagy beépül az anyagcsere körfolyamatok egyikébe

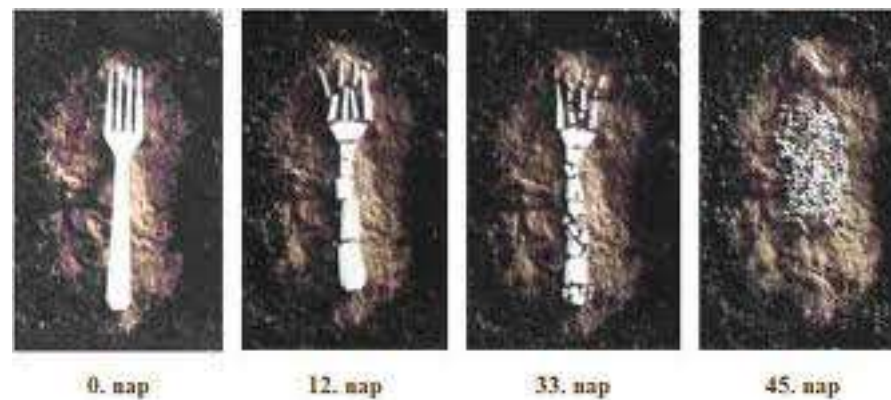
**A biodegradáció nem csak az anyag (polimer) kémiai szerkezetétől,
de a **degradáció aktuális környezeti paramétereitől** is függ!!**

Biokompatibilitás és biodegradabilitás

Degradáció hogyan valósulhat meg időben?

Függ:

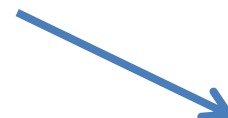
- Kémiai összetétel
- Molekula tömeg
- Termék formulálása
- Mechanikai tulajdonság
- Tárolás
- Öregedés
- Alkalmazás körülményei → aktuális környezet



Természetes - mesterséges alapanyag



**Pl.: poli(szacharidok), fehérjék,
keményítő, cellulóz, stb**

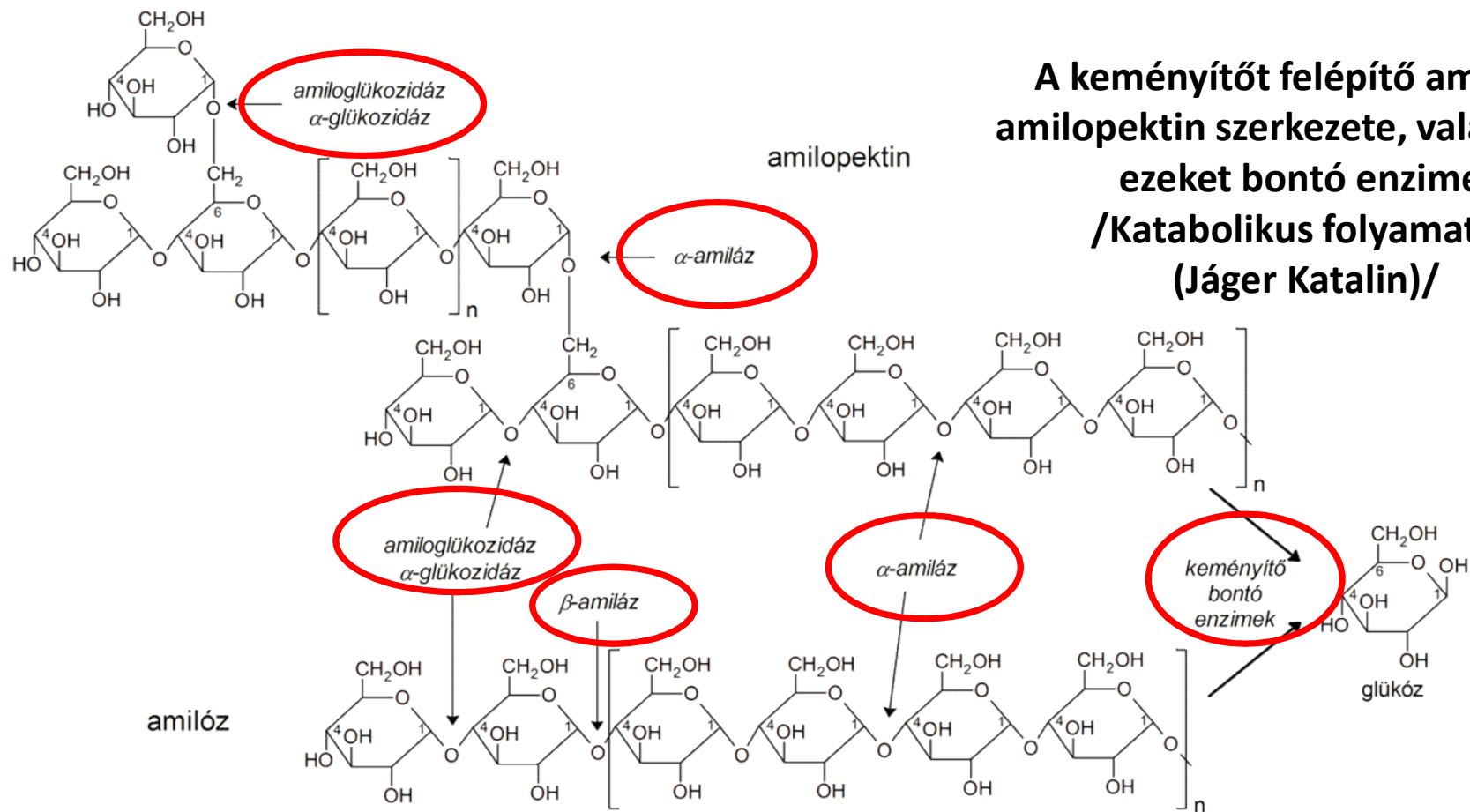


Pl.: szintetikus polimerek

Biokompatibilitás és biodegradabilitás

Degradáció hogyan valósulhat meg?

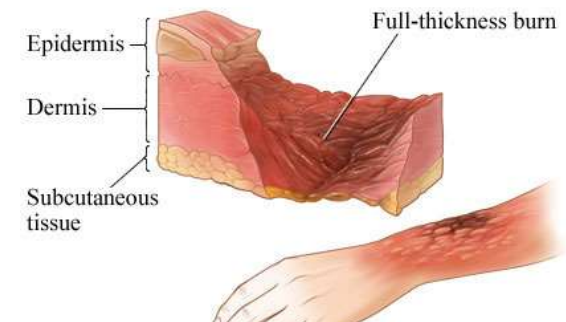
Enzimatis úton



Polimerek orvosi biológiai felhasználása

Konkrét példákon bemutatva - Szöveti regenerálás

- Sérült, fertőzött szövetpótlás nehézségei:
 - Transzplantáció-kilökődés
 - Donor szám korlátozott
 - Kockázatos költséges műtéti eljárások



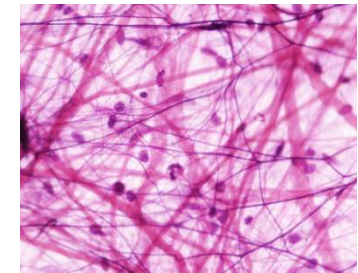
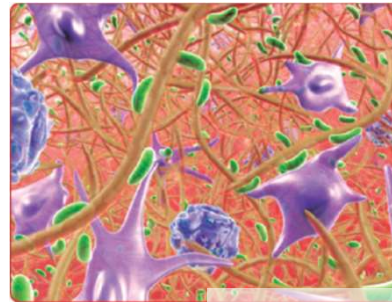
Kötőszöveti állomány:

Kötőszöveti sejtek

Amorf állomány

Extracelluláris mátrix (ECM)

Természetes polimer → **Kollagén szálak** ~60 nm



Schultz et al.,
World Wide Wounds, 2005

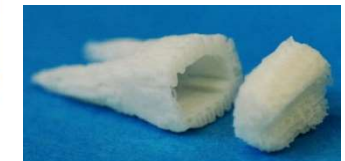
Mesterséges ECM

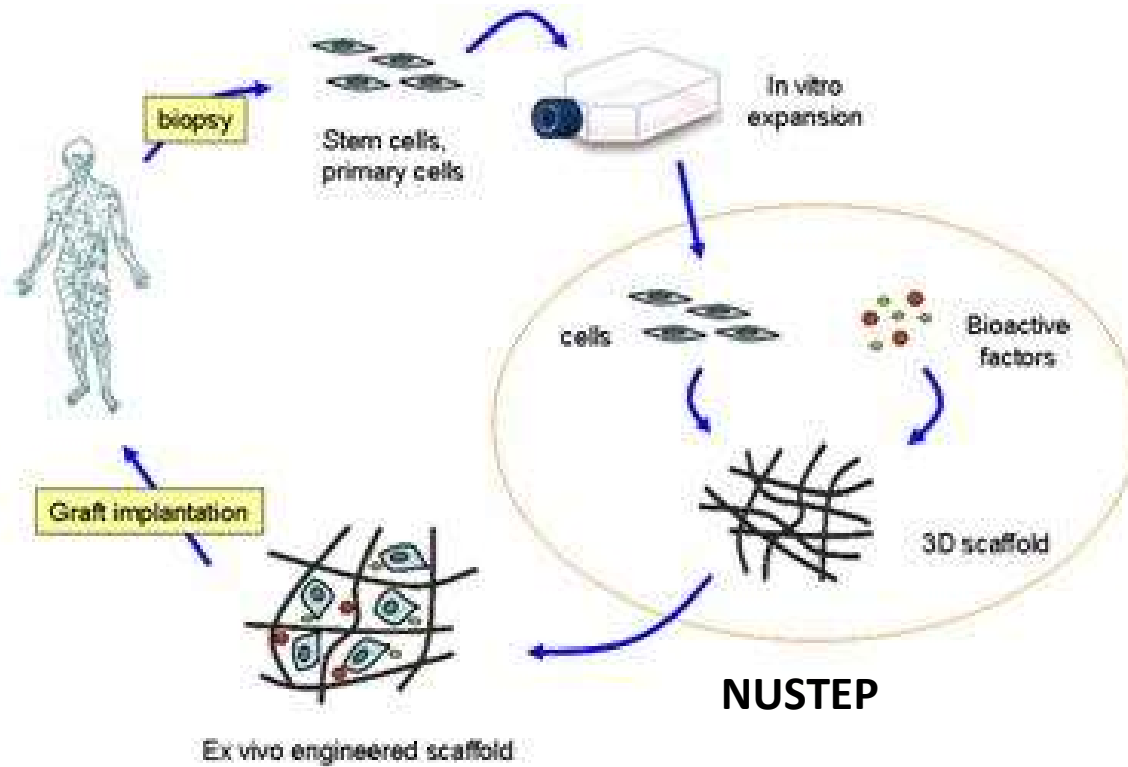
- **Háromdimenziós struktúra**
- Biokompatibilis
- Biodegradábilis
- **Átjárható**
- Mechanikailag ellenálló
- Funkcionalizálható

Scaffold



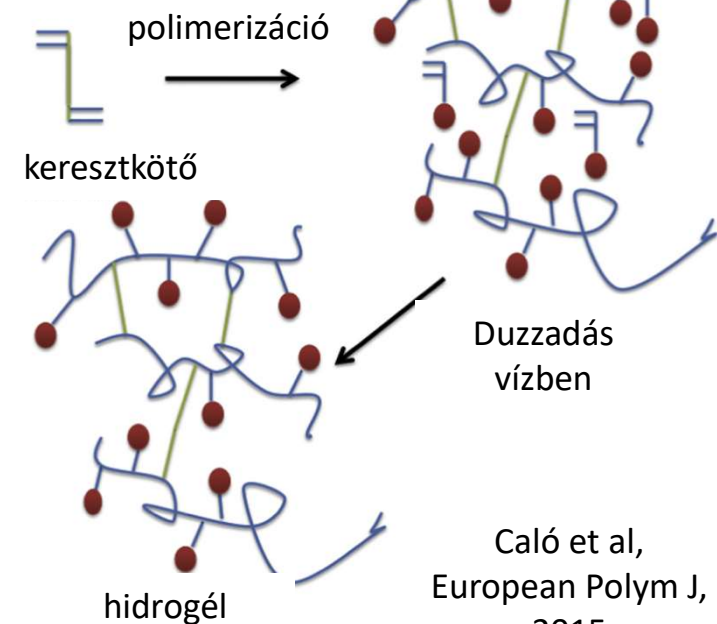
Habok és rostok
Gélek és membránok
Nanostruktúrák
Szerkezeti fehérjék





- Háromdimenziós struktúra
- Nagy mennyiségű folyadék felvétele
- Kismolekulák szabad diffúziója

Vízoldható monomer



Caló et al,
European Polym J,
2015

GÉLEK

Könnyebb körülírni, mint definiálni. (P.J.Flory)

Átmenet a szilárd testek és a folyadékok között, alaktartóak, vagyis kis terhelésere nem folynak, csak deformálódnak.

Tehát a gélek a rendszer összefüggő vázához képest nagy alakállandósággal és folyadéktartalommal rendelkeznek.

Főbb jellegzetességek:

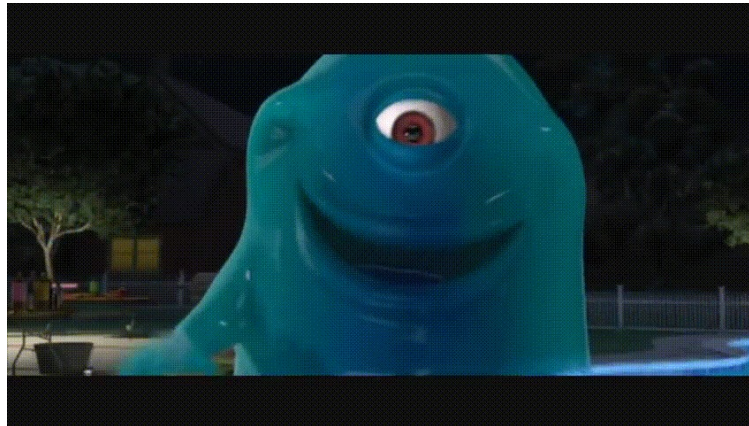
3D szerkezet

nagy mennyiségű fluid fázis



Termikus stabilitás alapján:

- ***termoreverzibilis*** (fizikai)
- ***permanens*** (kémiai)



Gélesedés:

viszkozitás → ***végtelen a gélpontnál***
modulusz → ***növekszik a gélponttól***

oldat → ***gél pont*** → ***szilárdtest***

Polimergélek anyagi intelligenciája

Nincs még egy olyan anyag, amely oly sokféleképpen képes reagálni a környezeti változásokra, mint a polimer gél.

környezeti változás

válasz reakció

hőmérséklet,

összetétel,

pH,

specifikus ionok,

felületaktív anyagok,

elektromos tér,

mágneses tér...

térfogat változás

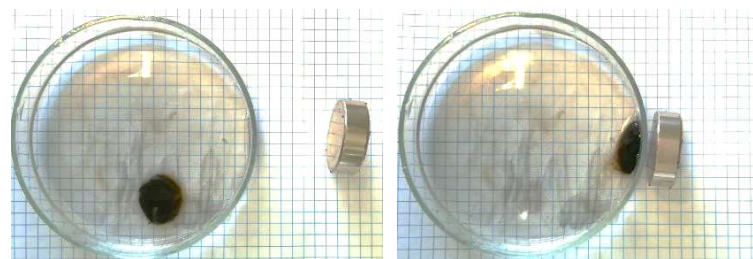
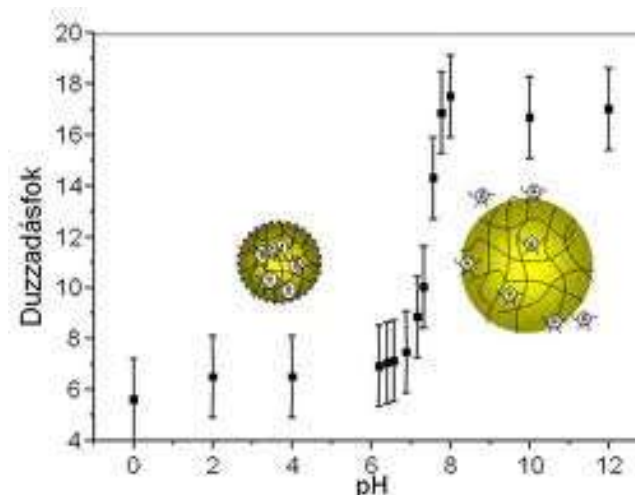
és az ettől

függő tulajdonságok

(optikai, mechanikai,

termodinamikai,

transzport és kinetikai)



Fizikai gél képződése:

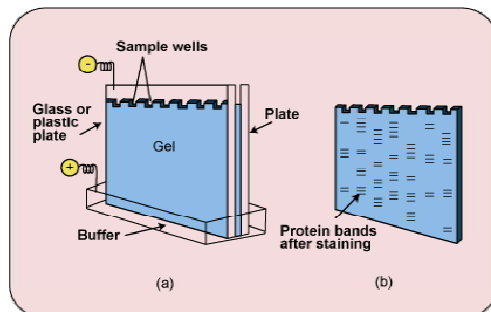


- *kristályosodás*
- *hélix képződés*
- *H-híd kötés*
- *Coulomb kölcsönhatás*

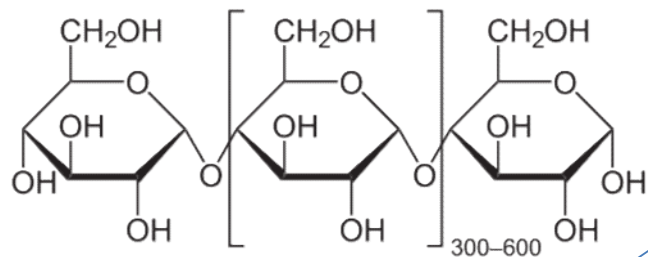


Kémiai gél képződése:

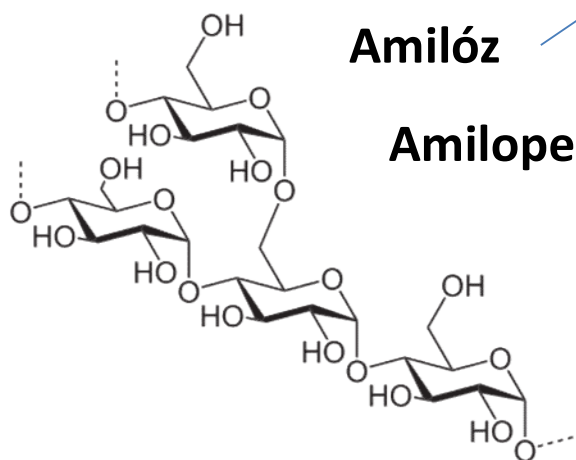
- *térhálósítás*
- *térhálósító polimerizáció*



Térhálósító polimerizáció

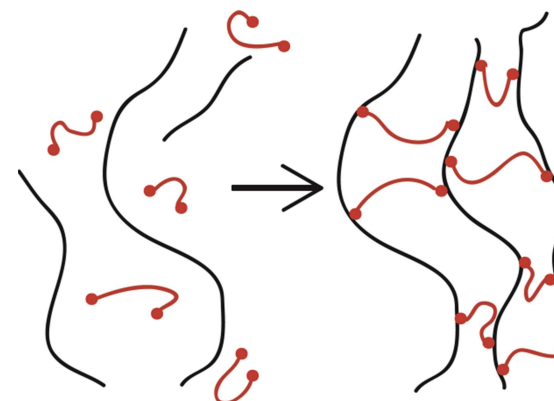


Amilóz



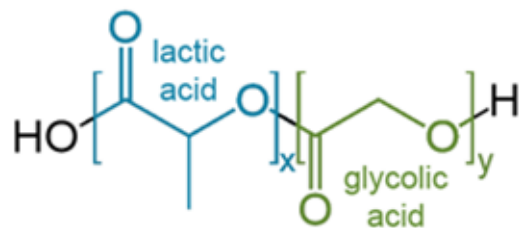
Amilopektin

Keményítő



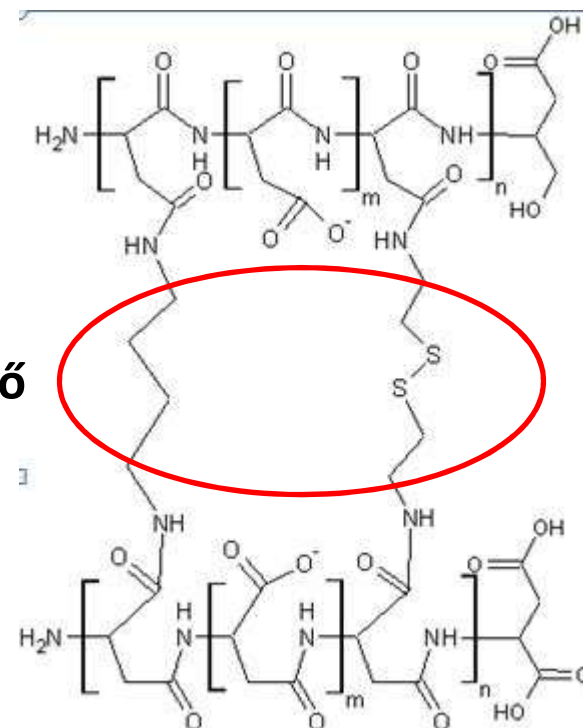
Polimer lánc

Térhálósító molekula - keresztkötő



x and y indicate the number of times each unit repeats.

Polimer lánc



Polimerek - gélek orvosi biológiai felhasználása



Transdermal
drug delivery



Tissue engineering



Wound dressing



Drug delivery
system

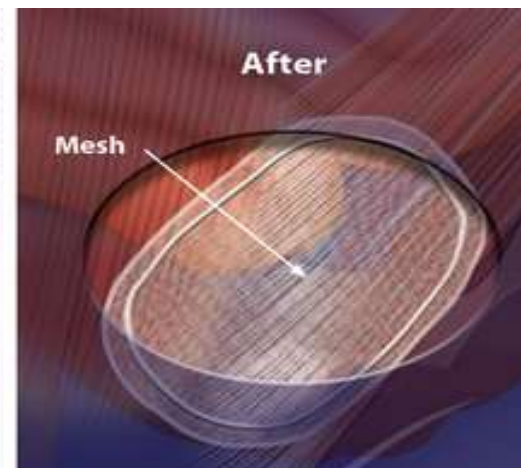


Contact lens

Polimerek orvosi biológiai felhasználása

Konkrét példák bemutatva - implantok

Hasi sérvháló

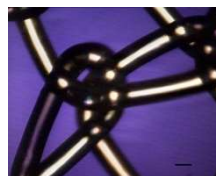


Nem lebomló hálók:

Poli(propilén)

Poli(észter)

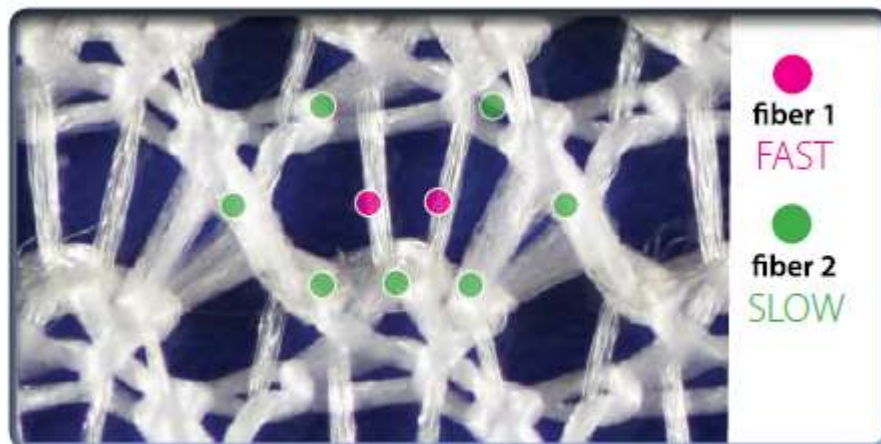
Teflon



GORE®
DUALMESH®



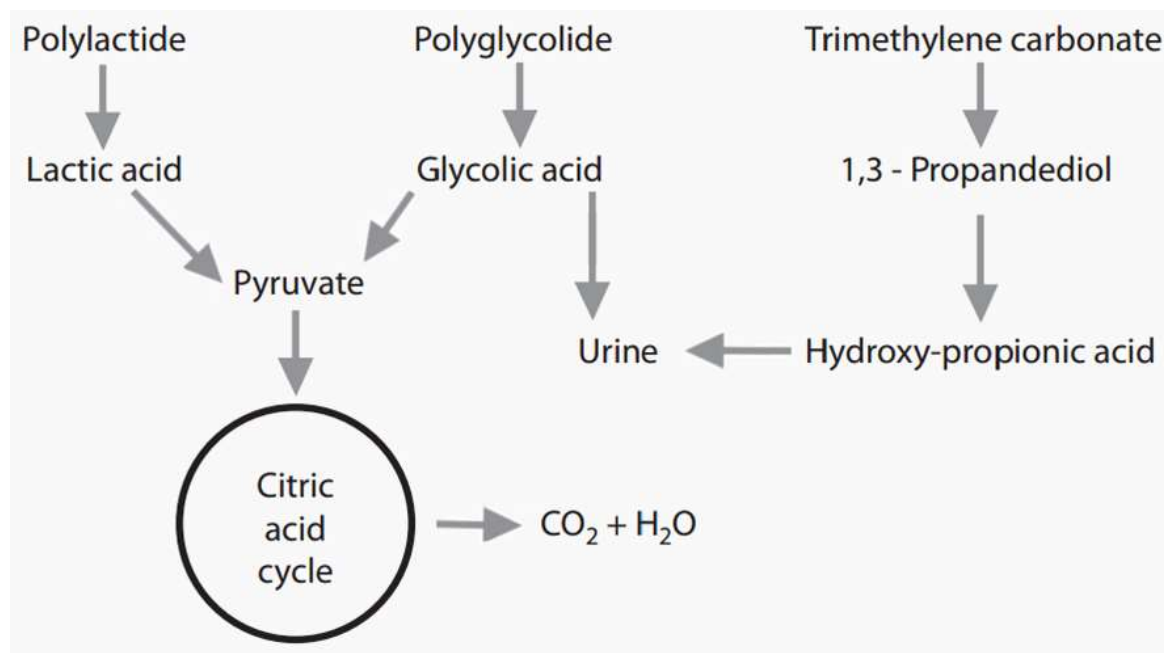
Hasi sérvháló – lebomló → TIGR[®] Matrix (Novus Scientific)



Kopolimer: glikol, tejsav és trimetil karbonát



Funkcióját betöltve lebomlik!!!!

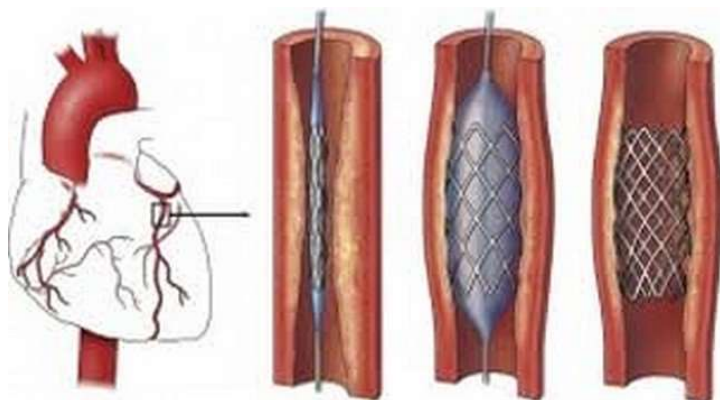


**Lebomlás során
bomlástermékei
bekapcsolódnak a
normál anyagcsere
folyamatba!**

Polimerek orvosbiológiai felhasználása

Konkrét példákon bemutatva – implant → stent

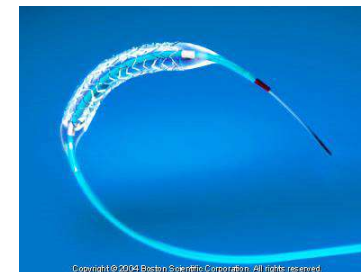
Nem lebomló → fém alapú, nem polimer



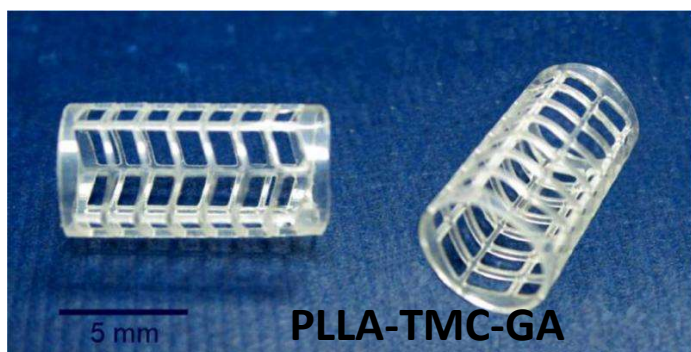
PSt-b-PIB-b-PSt
Triblokk kopolimer



Hatóanyag tartalmú
FDA 2003-ban hozta forgalomba



Gyógyszeradagoló és felszívódó „stent”-ek is vannak ma már, melyek polimerből készülnek.



Dong et al, Plastic Research Online, 2013

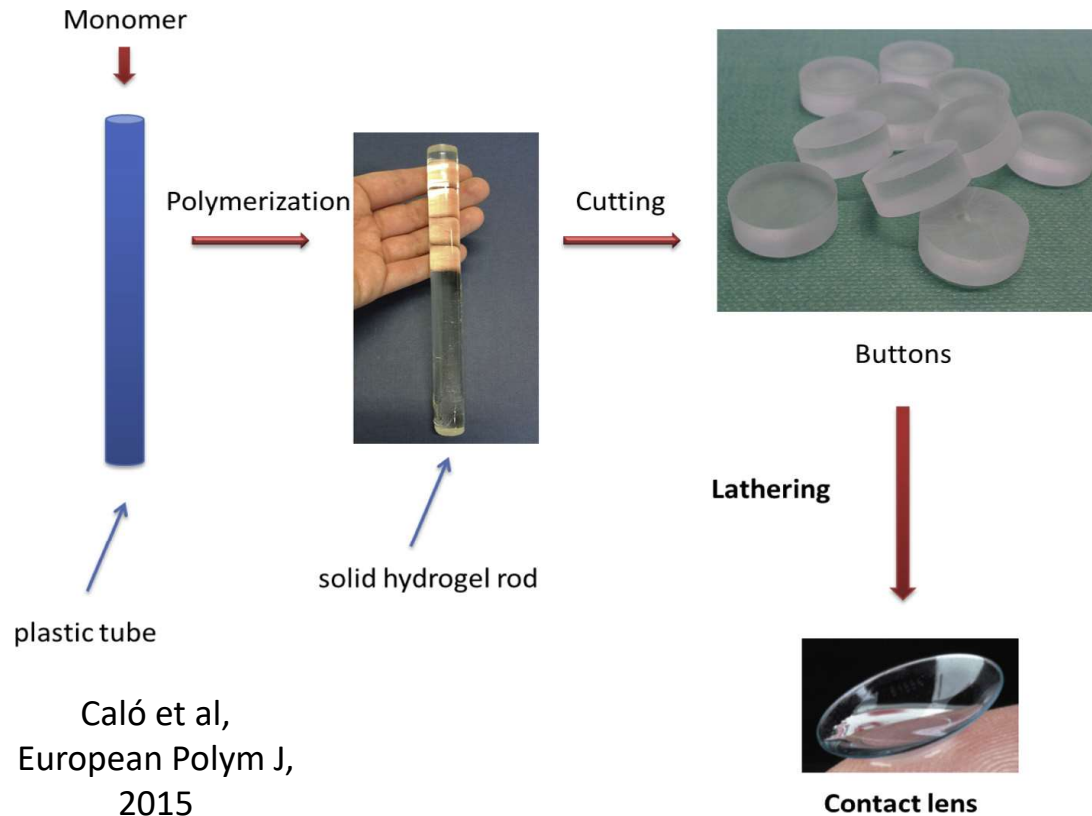


Poli(tejsav)
MeKo®

**Funkciójának
betöltése után
lebomlik**

Polimerek orvosi biológiai felhasználása

Konkrét példák bemutatva – kontakt lencse



Kritériumok:

- Nem lebomló
- Transzparens
- Szabad diffúzió
- Mechanikai tulajdonságok
- Törésmutató

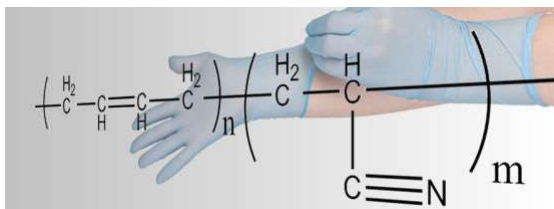
PHEMA –poli-2-(hidroximetakrilát)

PMMA-poli(metil-metakrilát) → kemény lencse, hidrofób

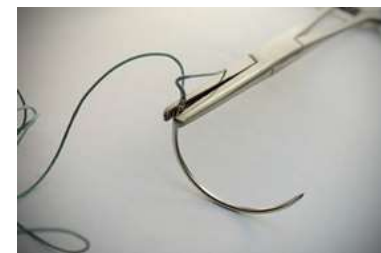
HFIM-poli(hexa-fluoroizopropil-metakrilát) → lágy lencse, hidrogél

Polimerek orvosbiológiai felhasználása

Konkrét példákon bemutatva-nem lebomló polimerek



[DISPOMEDICOR Zrt.](#)



Polydioxanone

Hidrofób

Inert

Nincs irritáció

Nincs kölcsönhatás
az élő rendszerrel

Hulladék kezelés???→
mikroorganizmusok, enzimatisus??



Polimerek orvosbiológiai felhasználása

Konkrét példákon bemutatva – gyógyszerhordozók

Előnyei:

- Polimerhez kötés → kémiai kötés
→ lassabb degradáció mint a szabad forma
- Oldhatósági tulajdonságok megváltoznak
- Szervezetben belüli életút változik
- Célba juttatás kontrollálható (?)
- Formulálás



Polimerek orvosi biológiai felhasználása

Konkrét példák bemutatva – gyógyszerhordozók

Előnyei:

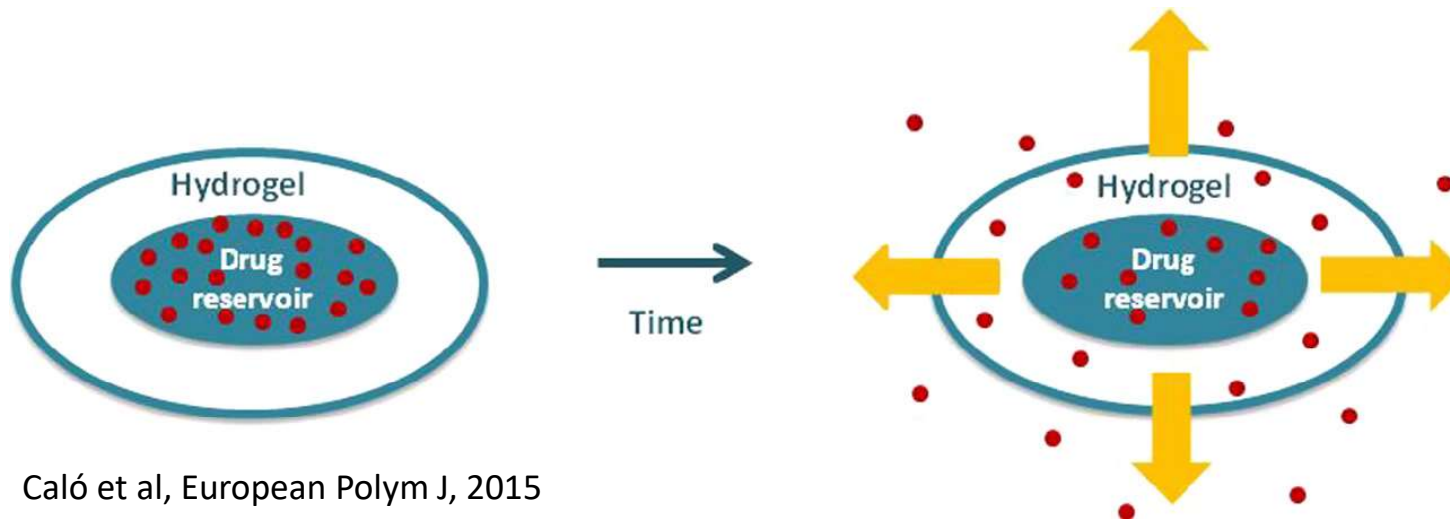
- Polimerből hidrogél létrehozása → egyedi fizikai-kémiai tulajdonságok
 - Környezetre reagál
- Porozitás → keresztkötések számával változtatható
- Hatóanyag megkötése és kioldódása könnyen megoldható
- Folyamatos kioldódás környezeti paraméterek függvényében
 - elnyújtott hatás
 - lokálisan magas hatóanyag koncentráció

Kontroll: diffúzió, duzzadás, pH, hőmérséklet, stb

Polimerek orvosi biológiai felhasználása

Konkrét példák bemutatva – gyógyszerhordozók

Diffúzió kontrollált hatóanyag leadó rendszer



Caló et al, European Polym J, 2015

Hatóanyag csapdázva egy „tartályban” a hidrogél belsejében.

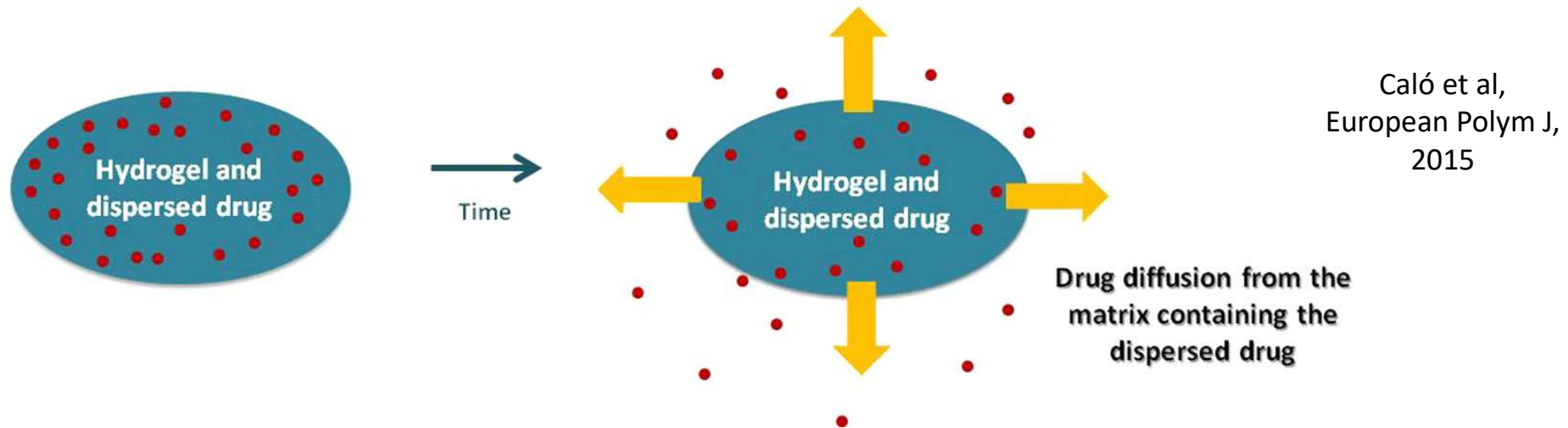
Hatóanyag koncentráció a kiegyenlítődés felé tart.

Folyamatos hatóanyag leadás.

Polimerek orvosi biológiai felhasználása

Konkrét példák bemutatva – gyógyszerhordozók

Hatóanyag leadó rendszer



A hidrogél teljes rendszerében eloszlatva vagy a benne lévő folyadék térben oldva helyezkedik el a hatóanyag.

A hatóanyag a polimer láncok között kialakult pórusokból áramlik ki.

Hatóanyag leadás ugrásszerű, nem olyan egyenletes, mint az előző esetben \rightarrow Vt függés

Polimerek orvosi biológiai felhasználása

Konkrét példák bemutatva – gyógyszerhordozók

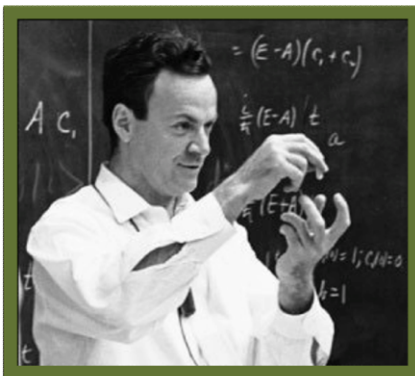
Hatóanyag leadó rendszer

Szemészeti felhasználás → poli(etilén glikol) hidrogél →
gyulladás csökkentő

Szájüregi felhasználás → Pilobuc™ hidrogél → Sjögren szindróma
(autoimmun betegség)

Nőgyógyászati felhasználás → Cervidil hidrogél

Bőr alá ültetés → elnyújtott hatóanyag leadás, számos gyógyszer,
hormon, szteroid, stb esetén



Magyar kolloidkémia megalapítója Buzágh Aladár

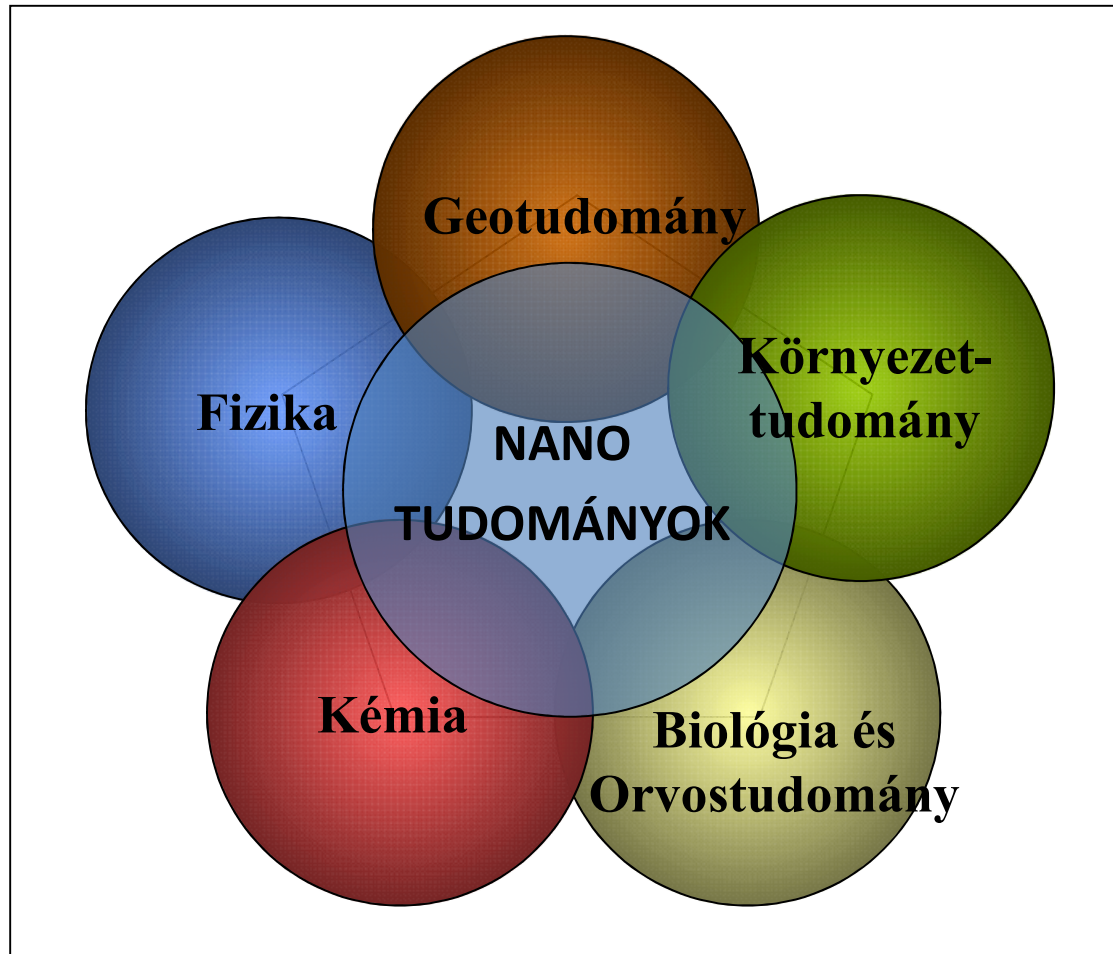
There's Plenty of Room at the Bottom

A világunk abban az értelemben
oly csodálatos, hogy a csillagok
ugyanazokból az atomokból
állnak, mint a tehenek, és mi
magunk is, meg a kövek.

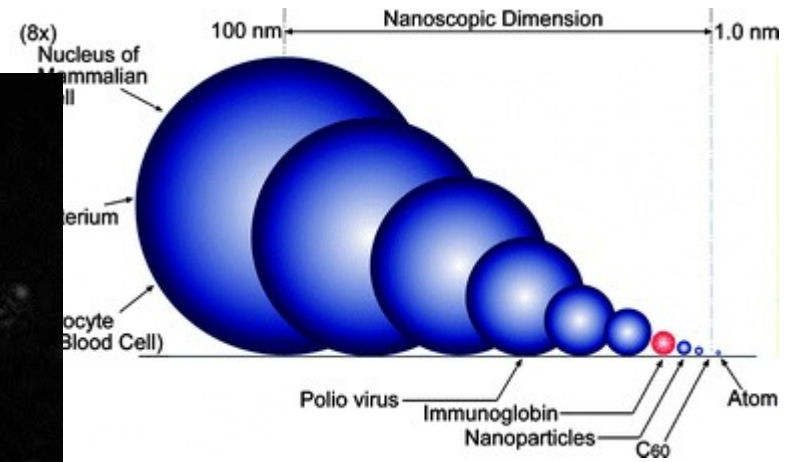
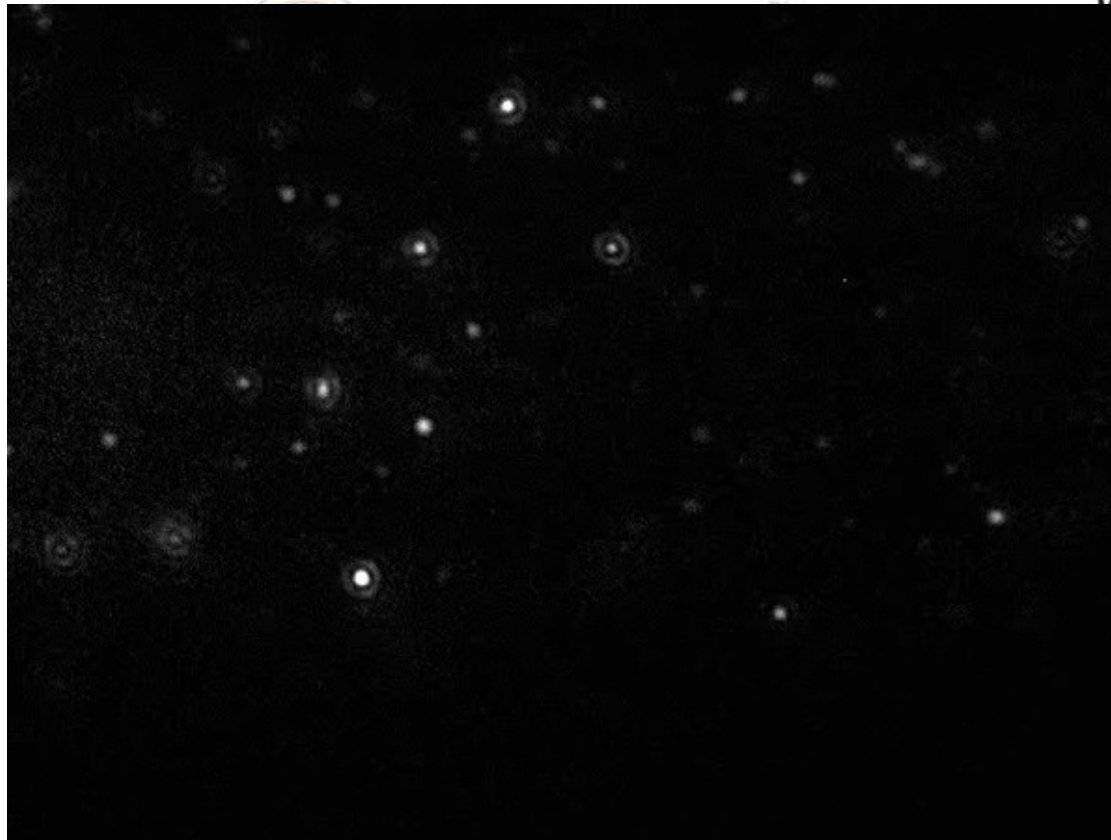
A fizika olyan, mint a szex.
Időnként van valami haszna is,
de nem ezért csináljuk.

Minden érdekessé válik, ha elég mélyen elmerülünk benne.

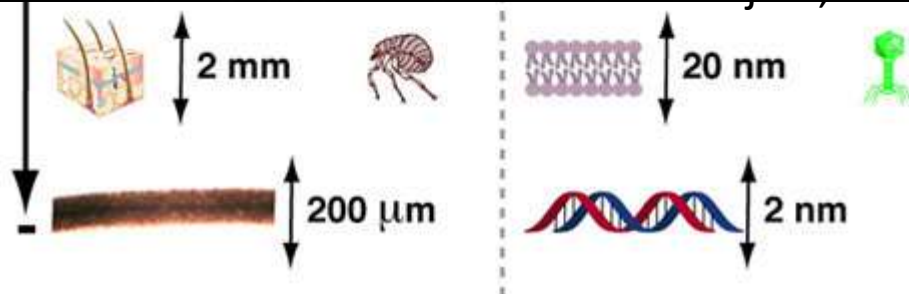
Az egyes tudományterületek megjelenése a nanovilágban



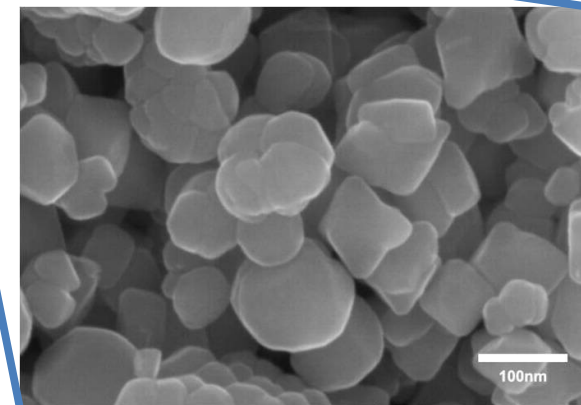
Nanovilág



Harvard, Nanotechnology

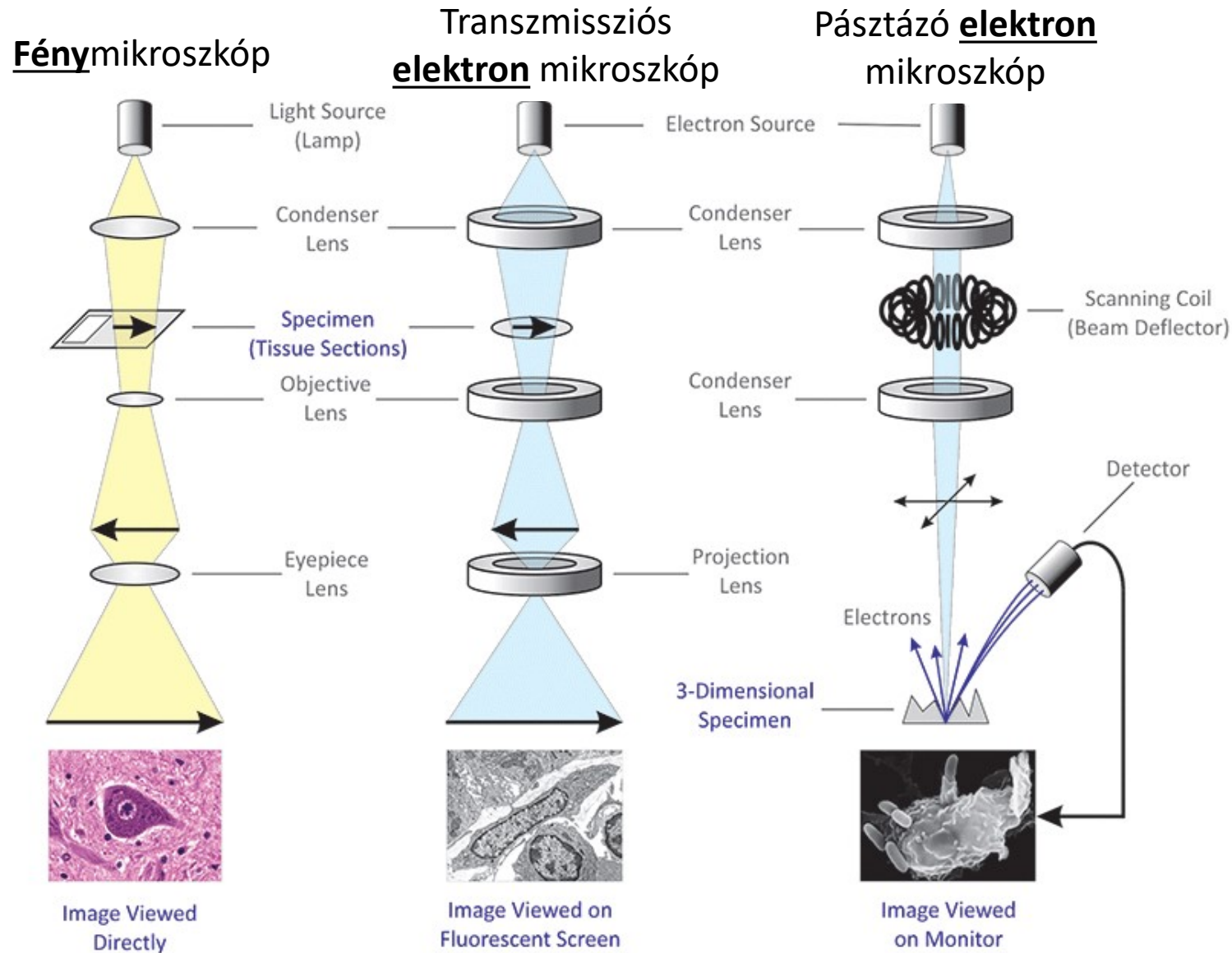


www.practicallyscience.com



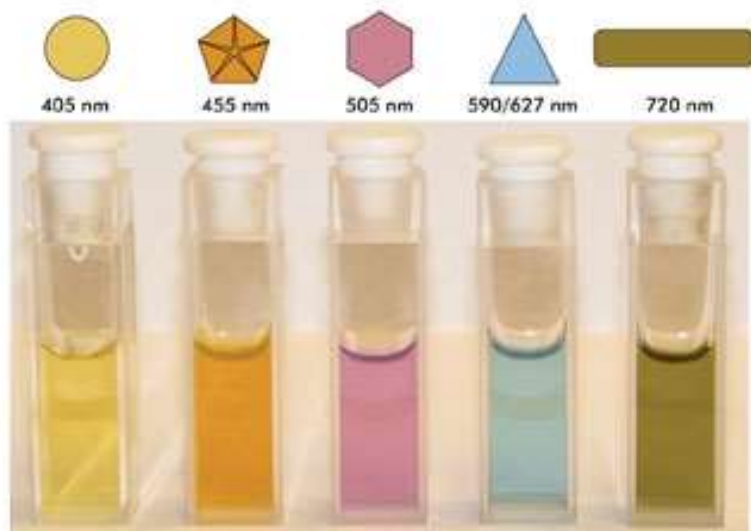
Magnetit nanorészecskék, Getnano

Ha ilyen kicsi mégis hogyan látjuk???



Méret a lényeg?

Fajlagos felület változása a méret függvényében

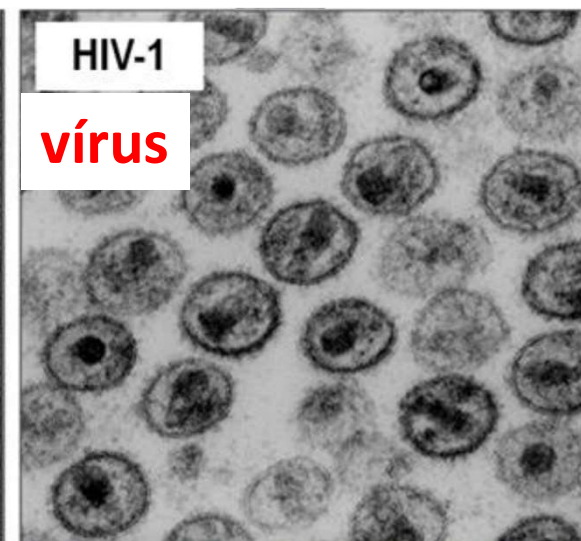
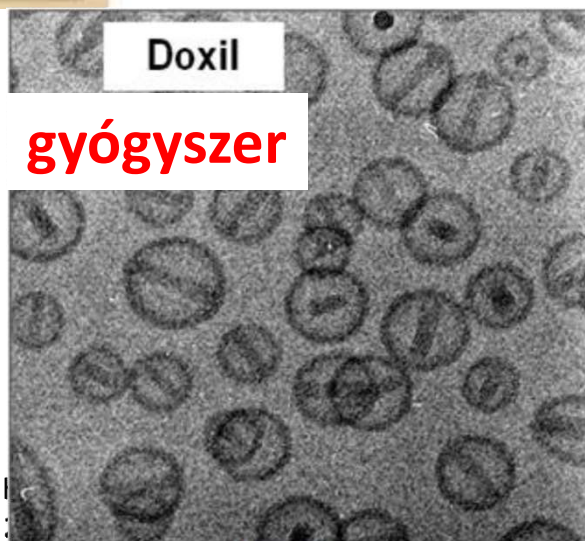


„God created space and the
devil created surface.”
/Wolfgang Pauli/

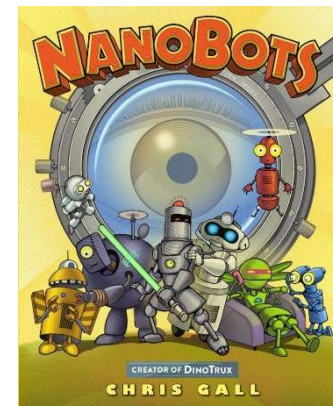
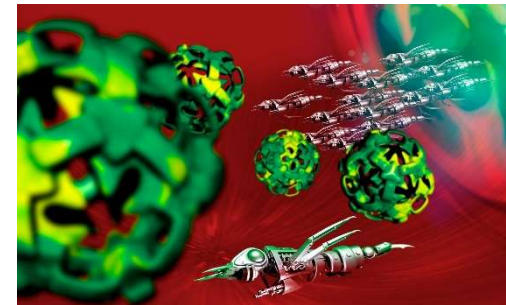
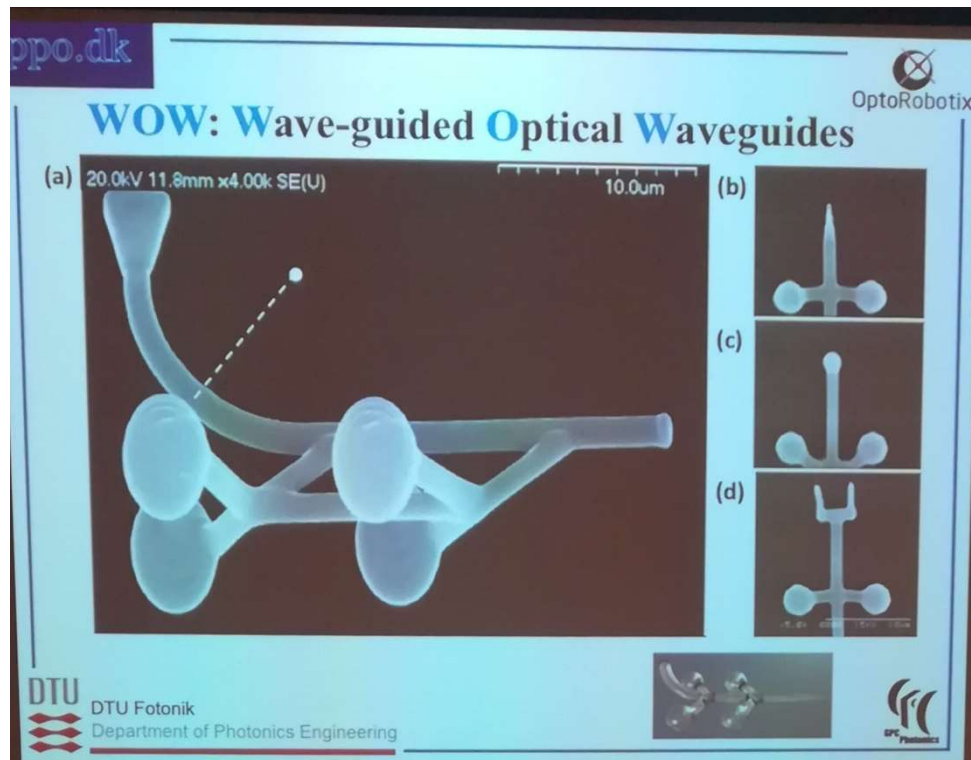
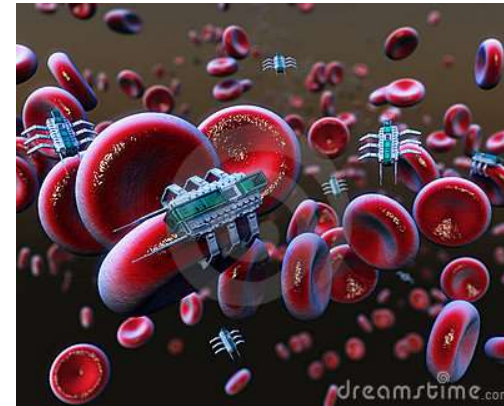
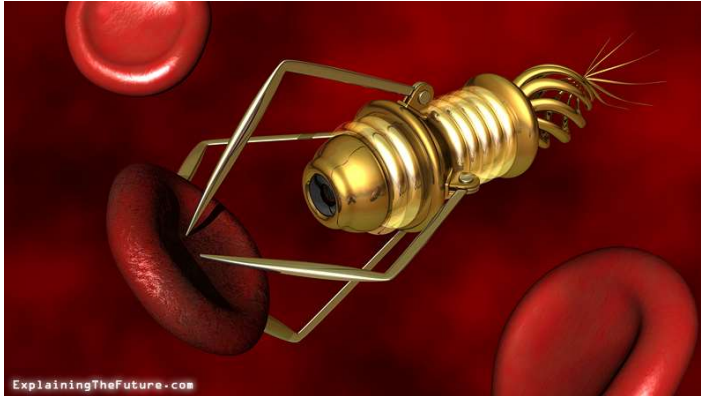
Nanorészecskék a
mindennapjainkban

Nanotoxicitás???

Andrew D. Maynard et al., Safe
nanotechnology, Nature,



Nanovilág



Ezüst nanorészecskék → antibakteriális hatás



Paul Karason



Sovereign Silver, Colloidal Bio-Active Silver Hydrosol Nasal Spray, 10 PPM, 2 fl oz (59 ml)

By Sovereign Silver

★★★★★ 67 Reviews

In Stock

- Expiration Date: Jun 2019
- Shipping Weight: 0.5 lbs (0.23 kg)
- Product Code: SSV-23234
- UPC Code: 684088232340
- Package Quantity: 2 fl oz (59 ml)
- Dimensions: 1.6 x 1.6 x 5.5 in, 0.3 lbs (0.14 kg)
- Sovereign Silver by Natural-Immunogenics Corp.

MSRP: \$14.99
Our Price: **\$11.99**
You Save: \$3.00 (20%)

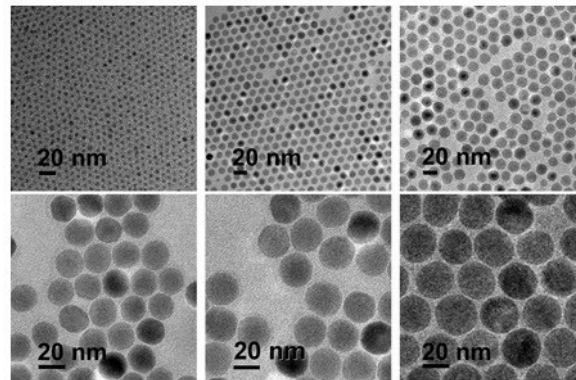
1



Chemical Free Colloidal Silver

Colloidal silver is the best thing that could have happened to man. The benefits of colloidal silver are plenty and to ignore it means you are missing the benefits that it has afforded you. Learn more about the colloidal silver and the many variations that are presented to the human use.

Mágneses részecskék - Magnetit



Sigma-Aldrich

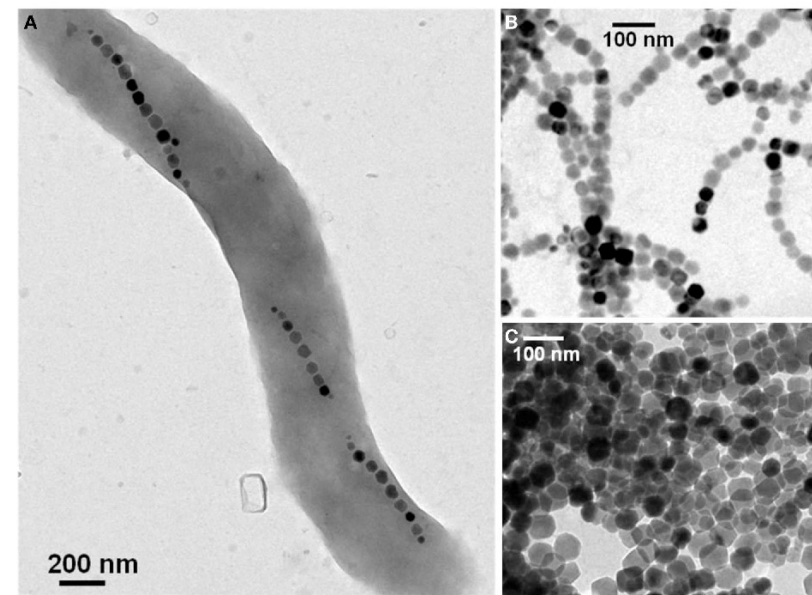
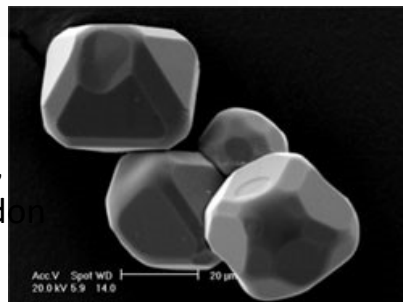


Mágneses folyadék

Magnetotaktikus baktériumok

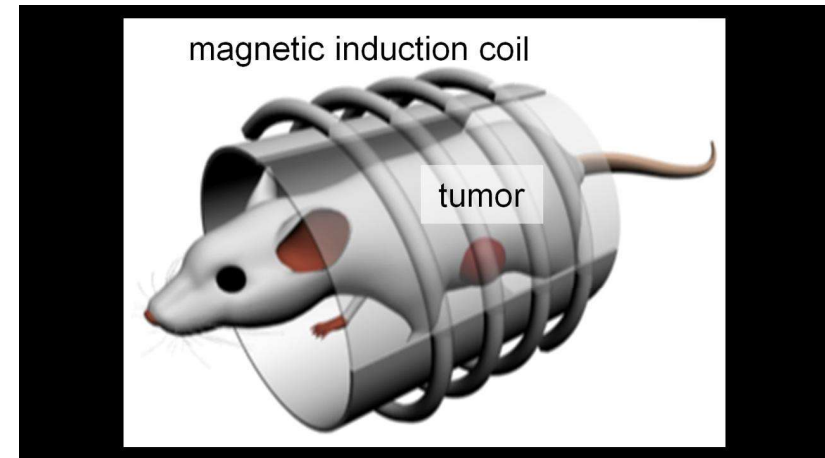
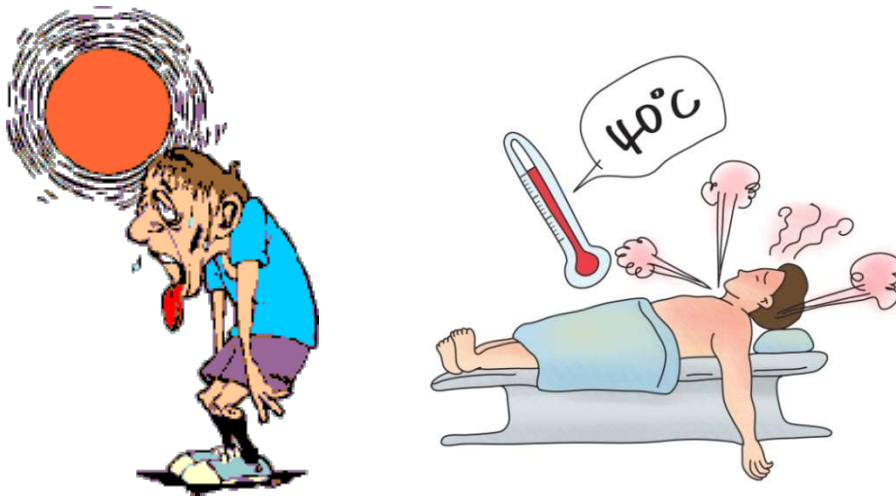


Adrian Muxworthy,
Imperial College London

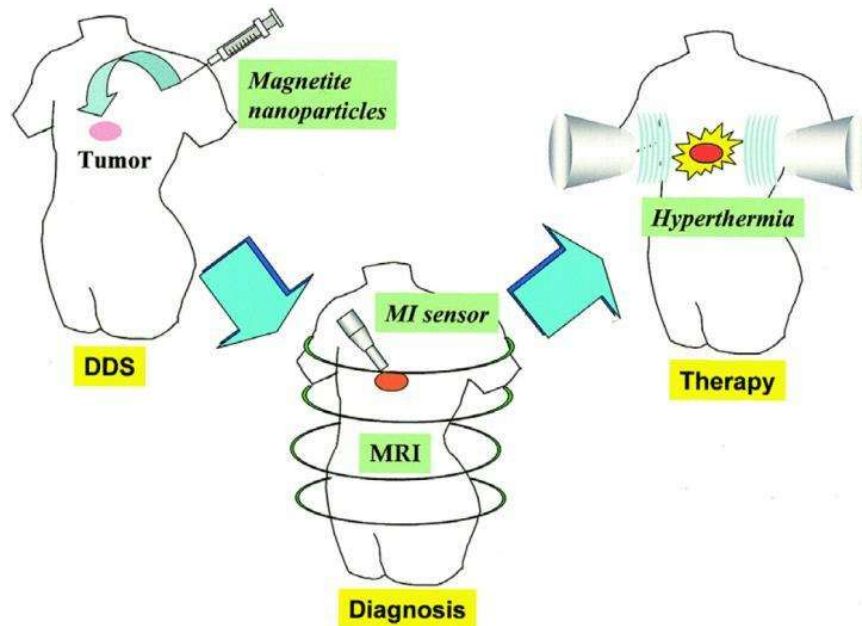


Alphandéry, 2014

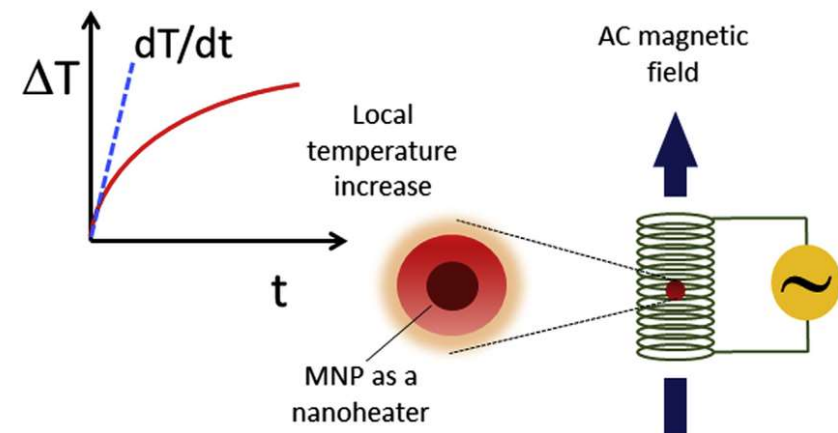
Mágneses hipertermia



Wogan, Sciencemag, 2011

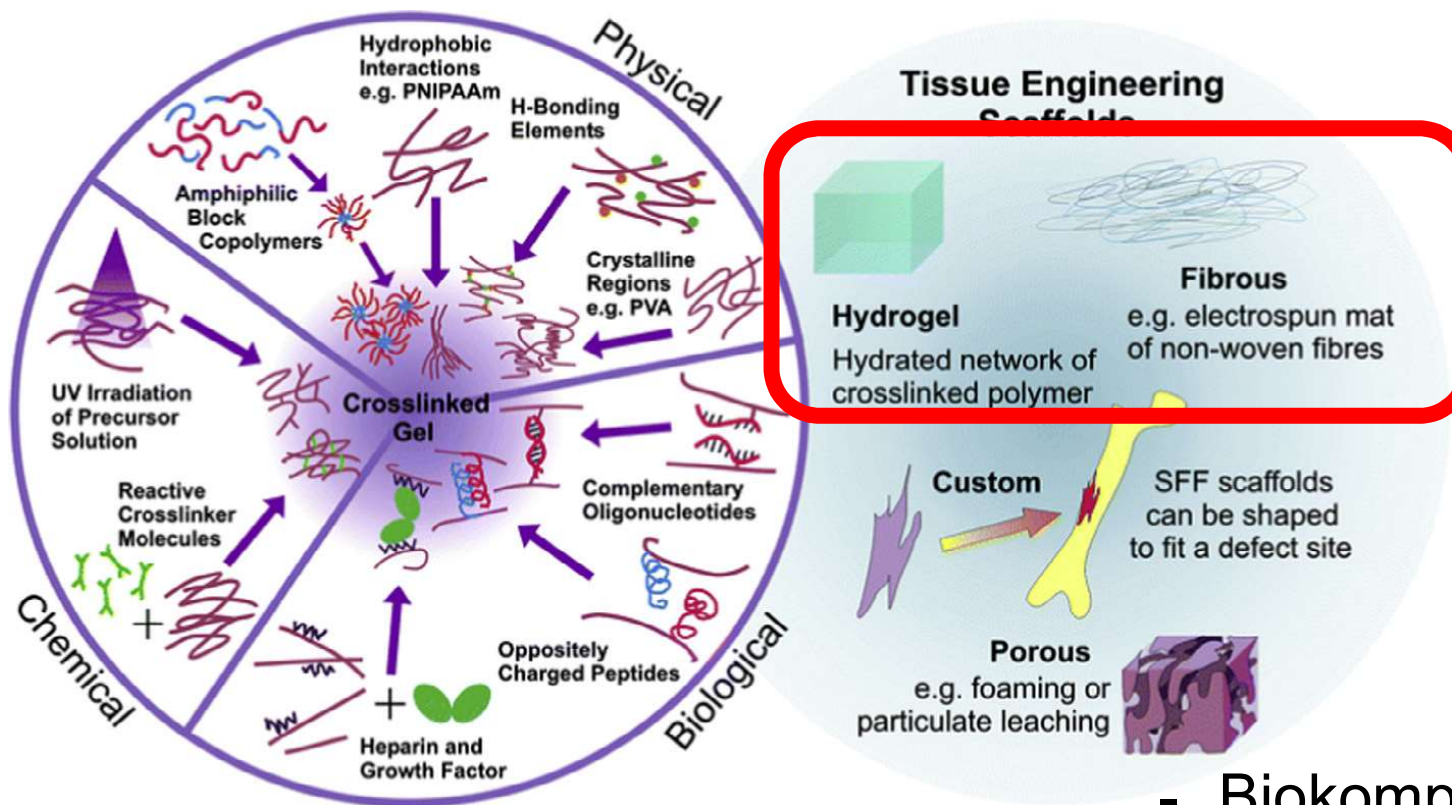


Ito, J. Biosci Bioeng, 2005



Riva, Magnetic Nanocolloids, 2016

Polimer térhálók orvosi alkalmazása



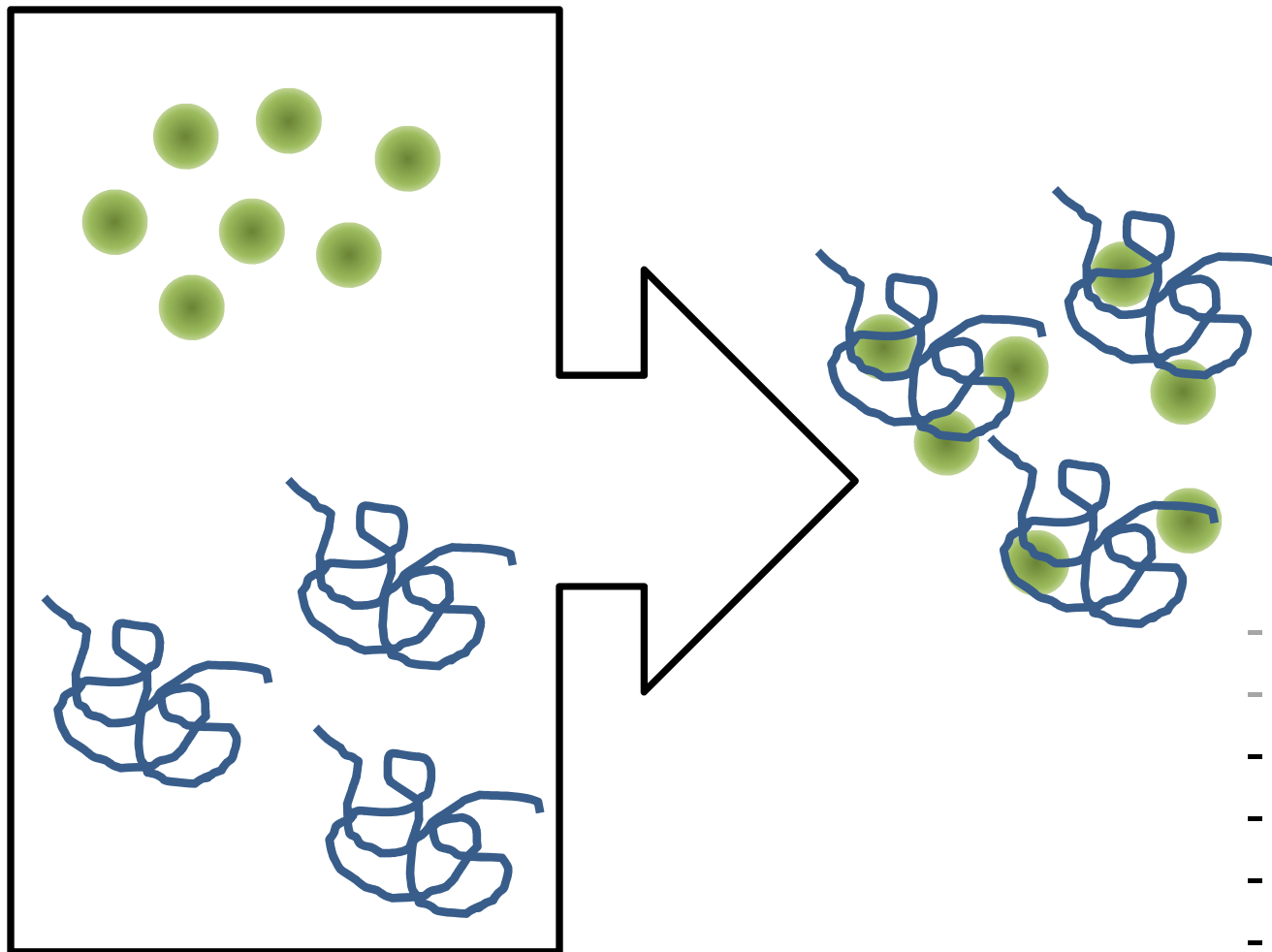
E.S. Place, J.H. George, C.K. Williams, M.M. Stevens, Chem. Soc. Rev. 2009, 38, 1139–1151

Mesterséges extracelluláris mátrix

- Biokompatibilitás
- Biodegradáció
- Folyadék megkötése
- Diffúzió
- Mechanikai állandóság
- Pórusos szerkezet

Polimer nanokompozitok:

Nanorészecske + polimer (+ hatóanyag)



- Biokompatibilitás
- Biodegradáció
- Nagy fajlagos felület
- Kismolekulák rögzítése
- Célbajuttatás



- Biokompatibilitás
- Biodegradáció
- Folyadék megkötése
- Diffúzió
- Mechanikai állandóság
- Pórusos szerkezet