

Intelligens anyagok

Dr. Szabó István
Debreceni Egyetem
Fizikai Intézet,
Szilárdtest Fizikai Tanszék

Kérdések

1. Miért érdekes (nem érdekes) a fizika?
2. Milyen tudomány az anyagtudomány ?
3. Milyenek az intelligens funkcionális anyagok?
4. Mivel (is) foglalkozunk Debrecenben?
5. Miként tehető újra érdekessé a fizika?

Email: istvan.szabo@science.unideb.hu

Subject:**Eger**

Miért érdekes a fizika ?

- Társadalmi szempontból
 - Alaptudomány, a legáltalánosabb törvényszerűségek megfogalmazója
 - A nyugati civilizáció terméke, az ipari forradalmak motorja, a technikai környezet formálója
- Egyéni szempontból
 - Kritikus gondolkodásra nevel
 - Eligazít a természeti környezetben
 - Eligazít a technikai környezetben

A világ nem azonos a látszattal, titokzatos, de megérthető és formálható!

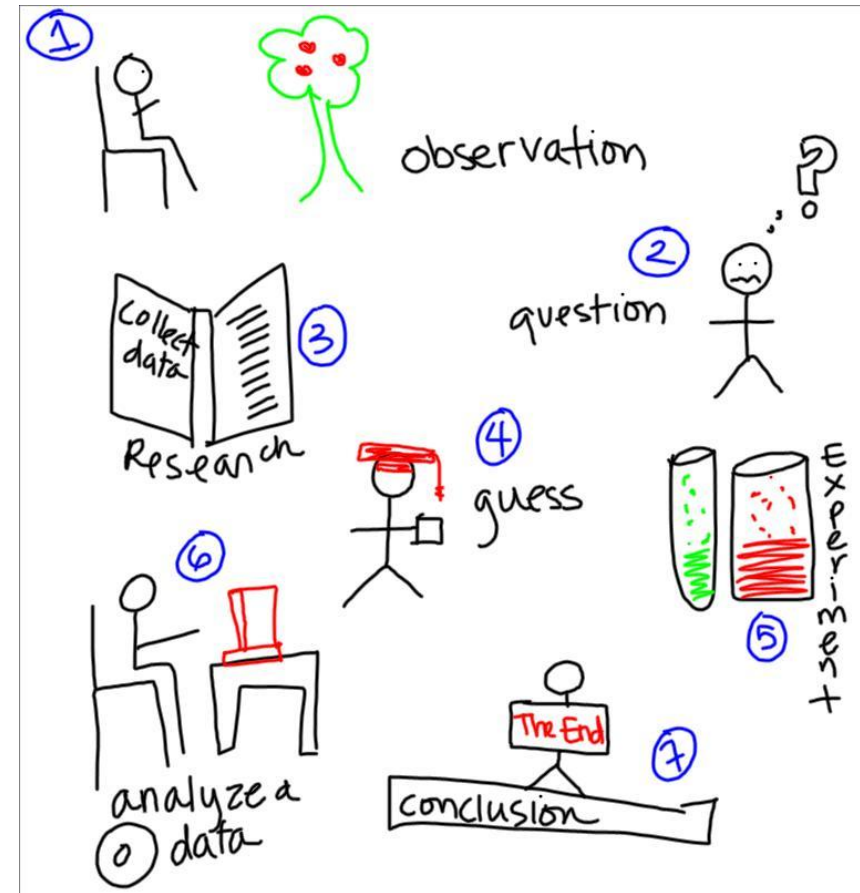
Miért nem érdekes a fizika?

- Ha egy olyan világot teremtünk, ahol a törvényeket bármikor áthághatjuk.
- Ha a tényeket alakítjuk a véleményünkhöz.
- Ha megelégszünk az első benyomásokkal, csak a látszattal törődünk, mert elárasztanak az ingerek.
- Ha nem akarjuk megérteni a dolgokat, mert a megértés fárasztó és veszélyes dolog.
- Ha a médiák manipulált világában élünk, csak hozzánk hasonlókkal kommunikálunk
- Ha csak fogyasztani akarunk, mert azzá neveltek.

A világ pont olyan, mint amilyennek látszik, fogyasztható, eldobható és megunható!

Technológia és tudomány

- **STEM oktatása == versenyképesség**
 - Science : Természettudományok (fizika, kémia, biológia, földtudomány, csillagászat ..)
 - Technology: Technológiai tudás
 - Engineering: Mérnökség
 - Mathematics: Matematika
- Tudományos módszer, kritikus gondolkodás, modell alkotás.
- A minket körülvevő világ megértése és átalakítása.

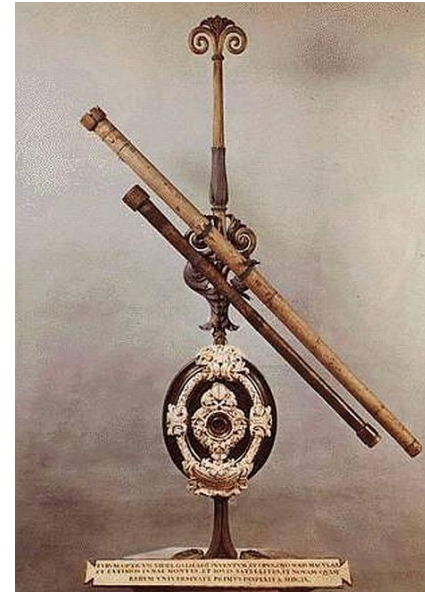


Kíváncsiság → Tanulás

Leonardo da Vinci - Galileo Galilei



Polihisztor



400 éves

„Kísérlet”



*Jobb távcsöveket
készít és új módon
használja.*

A beavatottak tudástól a nyitott tudományokig

- támogatók és támogatottak versengése
- elismertség az eredmények megosztásával

„A természet könyve a matematika nyelvén íródott”

Bomlasztó technológiák

- - 8000 Tűz
- - 6500 Kerék
- - 4300 ABC – írás
- - 600 Könyvnyomtatás
- - 300 Elektromosság
- - 200 Olaj
- - 110 Autó
- - 60 TV
- - 50 Számítógép
- - 30 Internet
- - 0 Biotechnológia

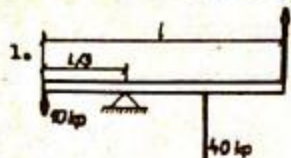
- + 10 Robotika
- + 20 Nanotechnológia
- + 30 Zöldtechnológia
- ??? Geo-mérnökség

A bomlasztó (disruptive) technológiák alapvetően átalakítják a korábbi életformákat.

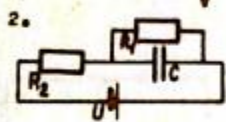
Mit tanulunk a fizikából ?

Közös érettségi - felvételi írásbeli vizsgálata

FIZIKA



Egy súlytalan rudat hosszának egyharmadában alátámasztunk; az ábra szerint a bal oldalon a rud végén 40 kp, a jobb oldalon a jobb oldalra eső súlyok középsőn 40 kp erő hat. A jobb oldali végén mekkora F erővel tudjuk a rudat egyensúlyban tartani?



A váltó áramkörben $U=4,5$ V, $R_1=6\ \Omega$, $R_2=12\ \Omega$, $C=300\ \mu\text{F}$.

a/ Mekkora a feszültség az R_2 ellenálláson?

b/ Mekkora a kondenzátor töltése?

A telep teljes ellenállása elhanyagolható.

3. Egy prizma egyik oldalélejére merőlegesen beeső fény sugar a másik oldalán 75° -os törési szöggel lép ki. A prizma anyagának törésmutatója 1,5. Mekkora a prizma törésszöge?

4. Egy 20 literes palackban 100 atmoszférán nyomású 0°C hőmérsékletű oxigén van. Az oxigénből kiengedünk $0,86$ kg-ot.

a/ Mekkora lesz a nyomás, ha a hőmérséklet ismét 0°C -ra?

b/ Mekkora hőmérsékletre kell az oxigént melegíteni, hogy nyomása újból 100 atmoszférára legyen?

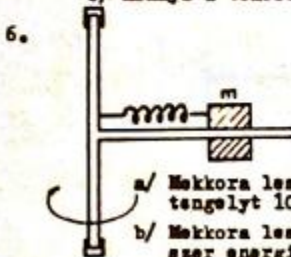
As oxigén sűrűsége 0°C és 1 atm nyomás mellett $1,43$ kg/m³.

5. Egy 25 cm hosszú, 50 cm keresztmetszetű, 1000 mm-es tekercsen átfolyó áram $0,1$ sec alatt egyenletesen 0 -ról 10 A erősségre nő. A tekercs ohmos ellenállása elhanyagolható.

a/ Mekkora a feszültség a tekercsen?

b/ Írjuk fel és ábráskítsuk a teljesítményt az idő függvényében az adott intervallumban!

c/ Mennyi a tekercs által ezen idő alatt felvett energia?



Egy függőleges tengelyhez mereven van hossz-erősítve egy vízszintes rud. A rudra a választ szerint egy $m=0,2$ kg tömegű testet fűtünk fel és egy rugóval kötjük a tengelyhez. A rugó feszítetlen állapotában $0,5$ m-re van a test a forgástengelytől. A rugó 50 N erő hatására nyúlik meg 1 cm-rel.

a/ Mekkora lesz a test távolsága a forgástengelytől, ha a tengelyt 10 s⁻¹ fordulatszámmal forgatjuk?

b/ Mekkora lesz a rugóból és az m tömegű testből álló rendszer energiája az adott fordulatszámnál a nyugalmi állapothoz képest?

c/ Mekkora az a fordulatszám, amely fölött nem találunk olyan sugarat, amelyen a test forgás közben megmarad?

Elhanyagolható a test és a rud közti súrlódás és a rugó tömege.

0.1 – 2 ábra

1976-ban ezen feladatlap megoldása után indulhatott el valaki a fizikusi vagy mérnöki pályán. Az egyes feladatoknál bejelöltük azt az évszámot, amikor a megoldáshoz szükséges törvényszerűség már ismert volt. 1690-ben egy nagyon művelt ifjú a mai felvételi vizsgán már 50 pontot (= 3,5 osztályzat) szerezhethetett volna, és így legfeljebb helyhiány miatt nem nyert volna felvételt.

Simonyi Károly:

A fizika kultúrtörténete

Milyen tudomány az anyagtudomány ?

Nobel díjak és az anyag- tudomány

2010	Andre Geim, Konstantin Novoselov	Grafén
2009	Charles K. Kao, Willard S. Boyle, George E. Smith	Üvegszál
2008	Yoichiro Nambu, Makoto Kobayashi, Toshihide Maskawa	spontán szimmetria sértés
2007	Albert Fert, Peter Grünberg	GMR
2006	John C. Mather, George F. Smoot	kozmosz háttérsugárzás
2005	Roy J. Glauber, John L. Hall, Theodor W. Hänsch	optikai fésű
2004	David J. Gross, H. David Politzer, Frank Wilczek	aszimtotikus szabadság
2003	Alexei A. Abrikosov, Vitaly L. Ginzburg, Anthony J. Leggett	Szupravezetés, szuperfolyékonyság
2002	Raymond Davis Jr., Masatoshi Koshihara, Riccardo Giacconi	kozmosz röntgenforrások
2001	Eric A. Cornell, Wolfgang Ketterle, Carl E. Wieman	Bose-einstein kondenzátumok
2000	Zhores I. Alferov, Herbert Kroemer, Jack S. Kilby	Integrált áramkör
1999	Gerardus 't Hooft, Martinus J.G. Veltman	gyenge kölcsönhatás
1998	Walter Kohn, John A. Pople	sűrűségfüggvény elmélet
1998	Robert B. Laughlin, Horst L. Störmer, Daniel C. Tsui	történelmi kvantum Hall effektus
1997	Steven Chu, Claude Cohen-Tannoudji, William D. Phillips	lézerek hűtés
1996	Robert F. Curl Jr., Sir Harold Kroto, Richard E. Smalley	fullerén C₆₀
1996	David M. Lee, Douglas D. Osheroff, Robert C. Richardson	szuperfolyékonyság He³-ban
1995	Martin L. Perl, Frederick Reines	leptonfizika
1994	Bertram N. Brockhouse, Clifford G. Shull	neutron-diffrakció
1993	Russell A. Hulse, Joseph H. Taylor Jr.	pulzár- gravitáció kutatás
1992	Georges Charpak	részecskedetektorok
1991	Pierre-Gilles de Gennes	folyadék kristály - polimer dinamika
1990	Jerome I. Friedman, Henry W. Kendall, Richard E. Taylor	kvark modell - kísérletek
1989	Norman F. Ramsey, Hans G. Dehmelt, Wolfgang Paul	ioncsapda, maser
1988	Leon M. Lederman, Melvin Schwartz, Jack Steinberger	muon neutrino
1987	J. Georg Bednorz, K. Alexander Müller	High T_c szupravezetők
1986	Ernst Ruska, Gerd Binnig, Heinrich Rohrer	AFM- elektronmikroszkóp
1985	Klaus von Klitzing	Kvantum Hall effektus

A Nobel bizottság indoklása



The Nobel Prize in Physics 2010
Andre Geim, Konstantin Novoselov

The Nobel Prize in Physics 2010

Andre Geim

Konstantin Novoselov

„A két-dimenziós grafén
anyagon végzett
úttörő kísérletekért”

2004 október
Science cikk



Photo: Sergeom, Wikimedia Commons

Andre Geim



Photo: University of Manchester, UK

Konstantin Novoselov

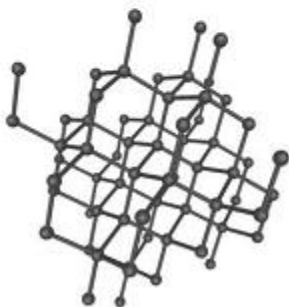
The Nobel Prize in Physics 2010 was awarded jointly to Andre Geim and Konstantin Novoselov "for groundbreaking experiments regarding the two-dimensional material graphene"



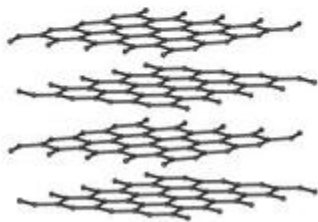
2D - sík univerzum

Egy új anyag felfedezése arra késztesztet, hogy mindent újragondoljunk!

Ismert szén módosulatok



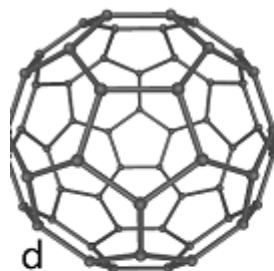
Gyémánt



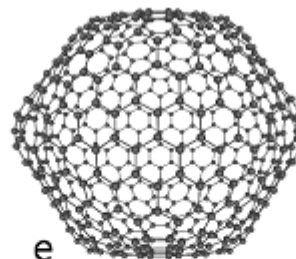
Grafit

Fullerének

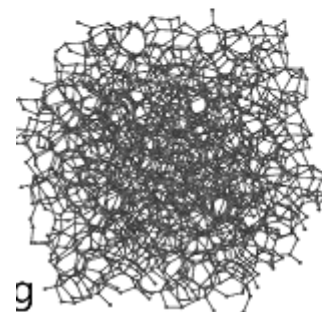
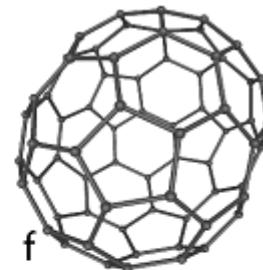
C60



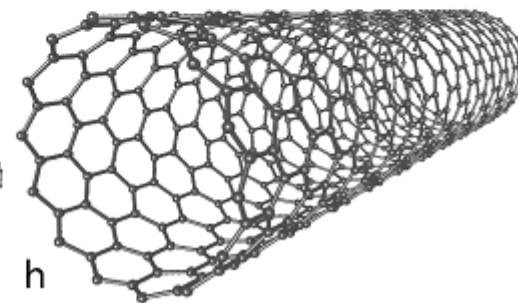
C540



C70

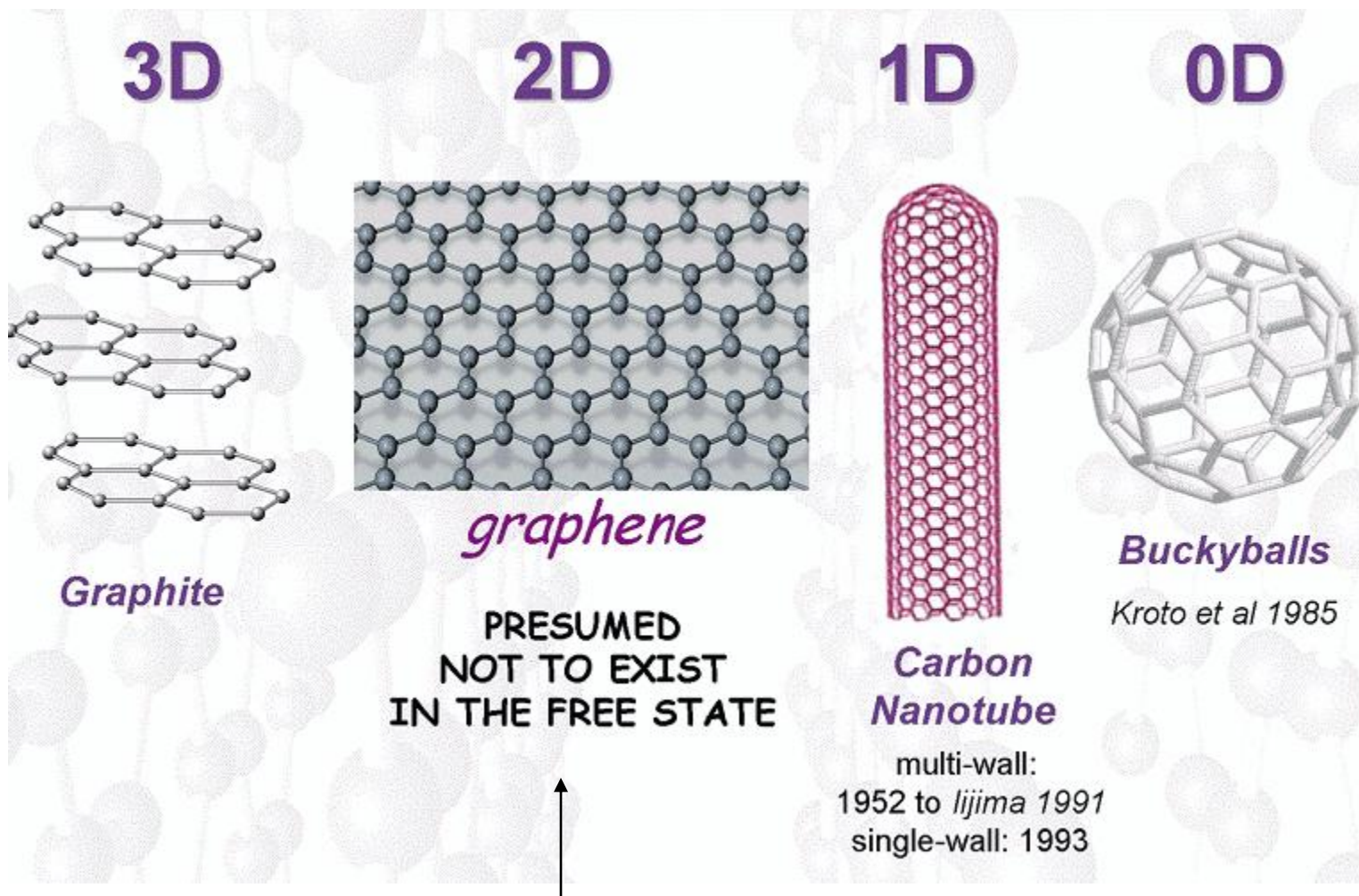


Amorf szén



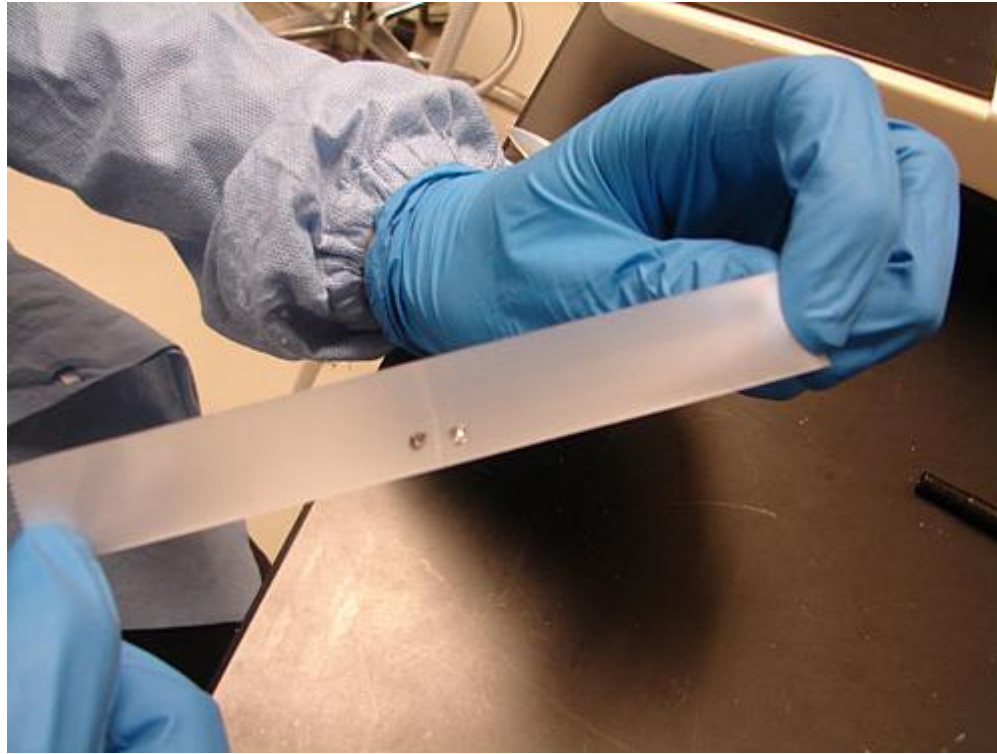
Nanocső

Grafít sík = grafén



Hiányzó módosulat !

Grafit és ragasztó szalag



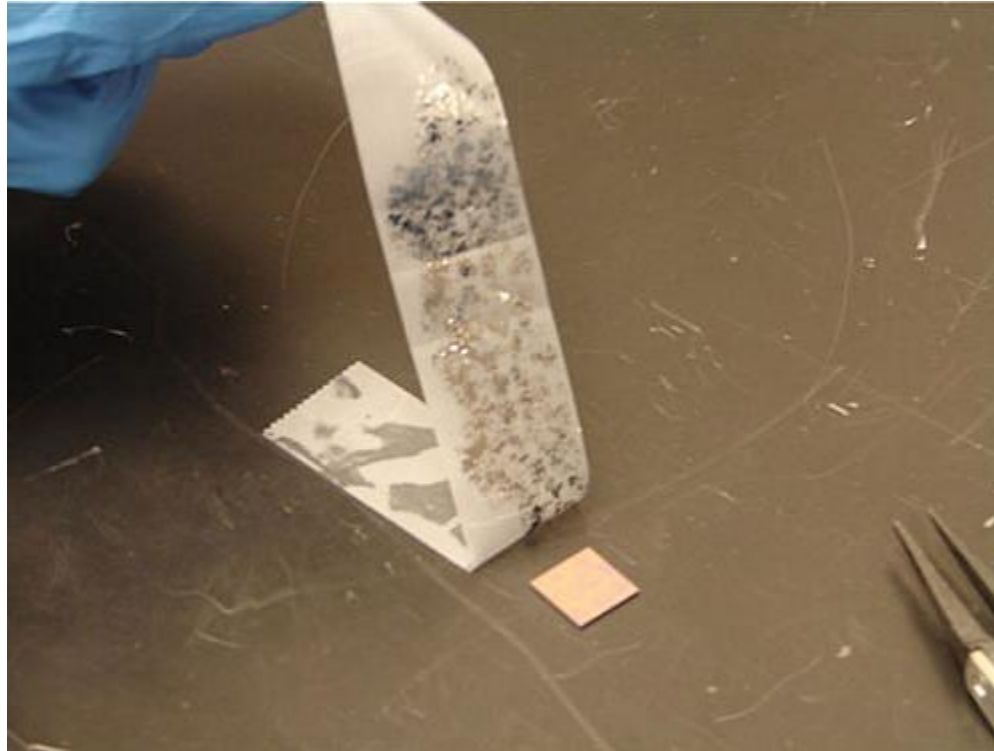
Attach a graphite flake to about six inches (15 centimeters) of plastic sticky tape with tweezers. Fold the tape right next to the flake so that you sandwich it between the tape's sticky sides. Press down gingerly to get a good seal and then peel the tape apart slowly enough so that the graphite cleaves smoothly in two. The duplicate flakes will be shinier now because (ideally) the peeling has exposed an atom-smooth layer.

Egymásra hajtogatás



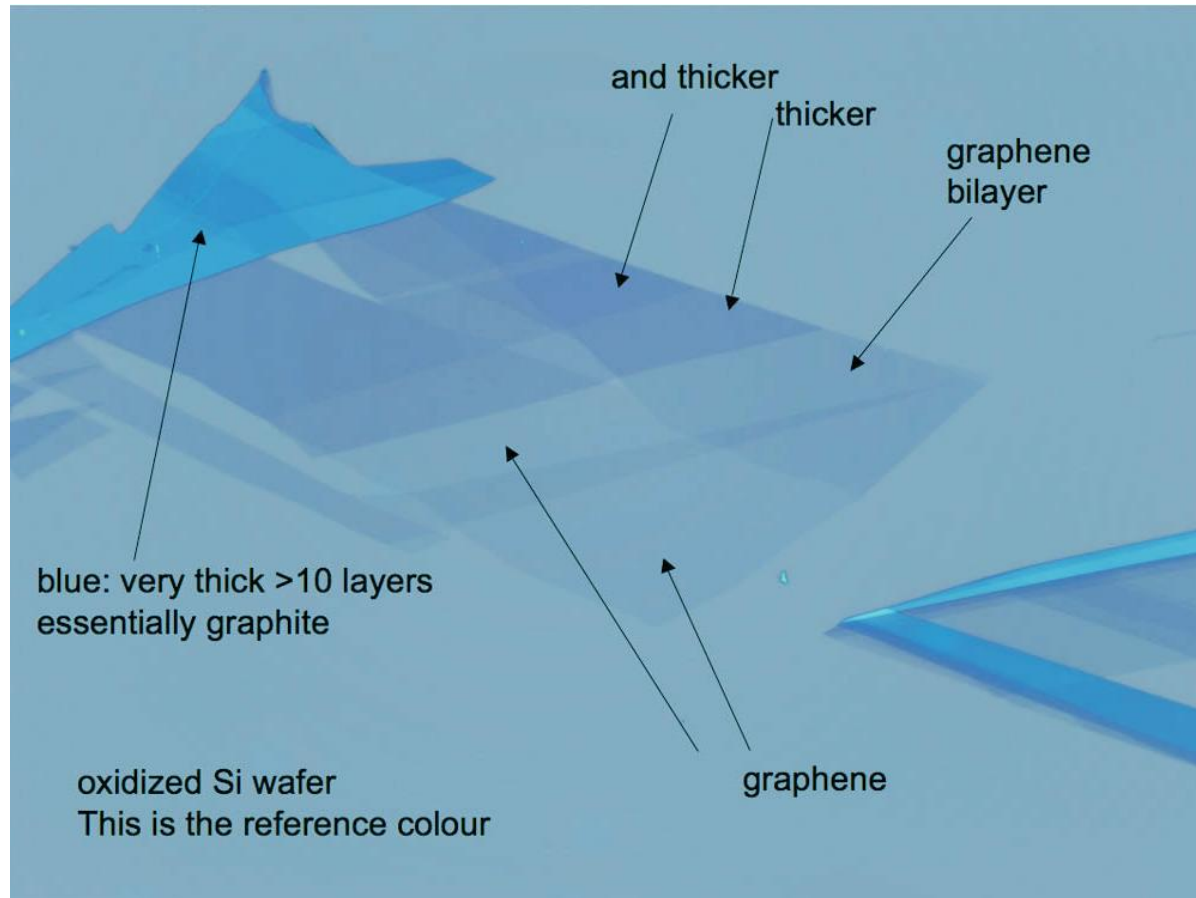
Repeat step 3 around 10 times until you get a nice Rorschach inkblot-style pattern. As you fold the tape, try to keep the flakes tightly spaced without letting them overlap too much. You'll know you've reached the last couple of folds when the graphite starts to lose its sheen.

Leválasztás



With the tongs, keep the wafer planted on the surface while slowly peeling off the tape. This step should take 30 to 60 seconds to minimize shredding of any graphene you have created.

Grafén keresése



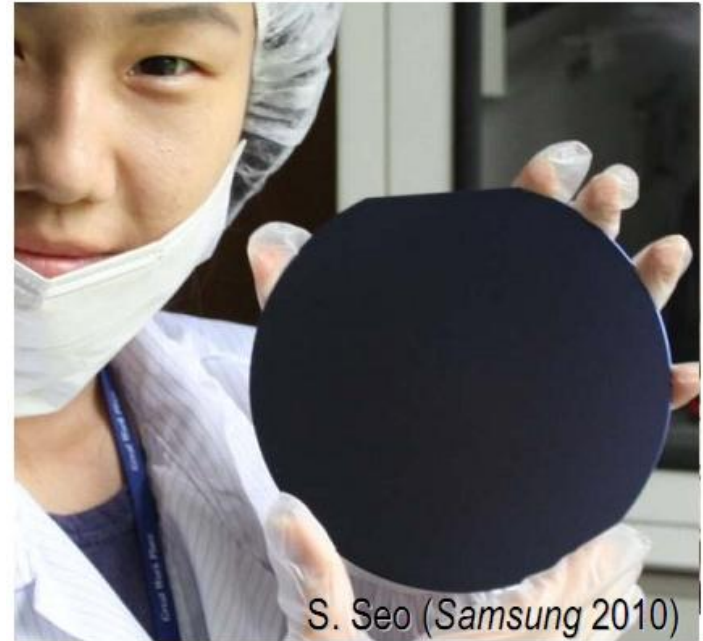
If you're lucky, you'll get some graphene: highly transparent, crystalline shapes with little color compared with the rest of the wafer. That steplike pattern is a pile of graphene sheets layered on top of one another.

Kutatási módszerek

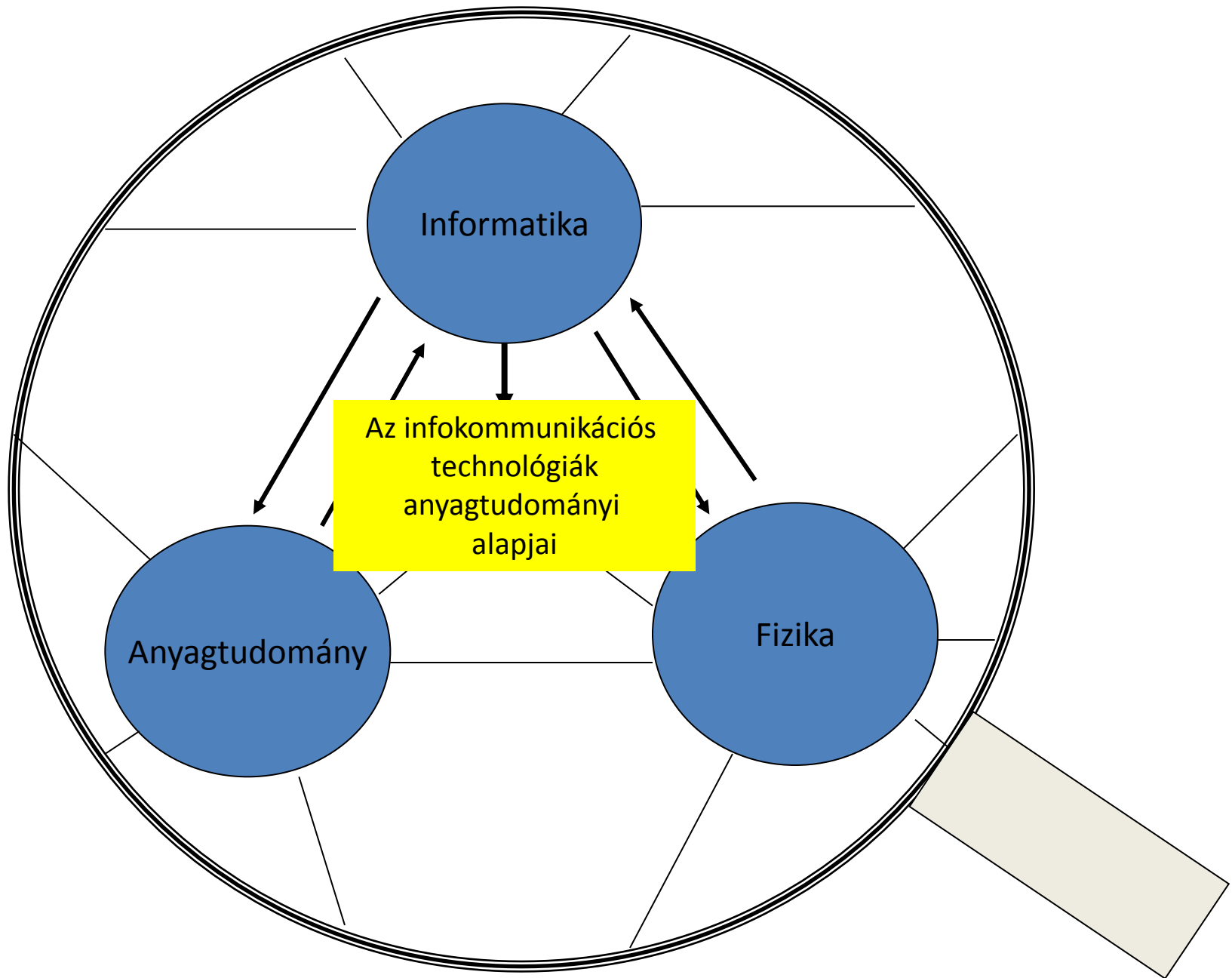
- Lego doktrina = milyen új dolgot lehet kihozni az elérhető eszközökből
- Témaváltás nem könnyű, az új terület 10-szer érdekesebb legyen, hogy vonzzon másokat is.
- Szórakoztató „nem-profi” projektek a kemény munka mellett (a hobby is a kutatás)
- 10% szabad kísérletezés (péntek délután)
 - Gekko szalag (ragasztó)
 - Lebegtetés (béka) → Ig Nobel díj (Geim)
 - Grafén → Nobel díj
 - Rengeteg sikertelen próbálkozás
- Kooperáció, nyitottság, a módszerek megosztása
- Nem szabadalmaztatták

Alkalmazások

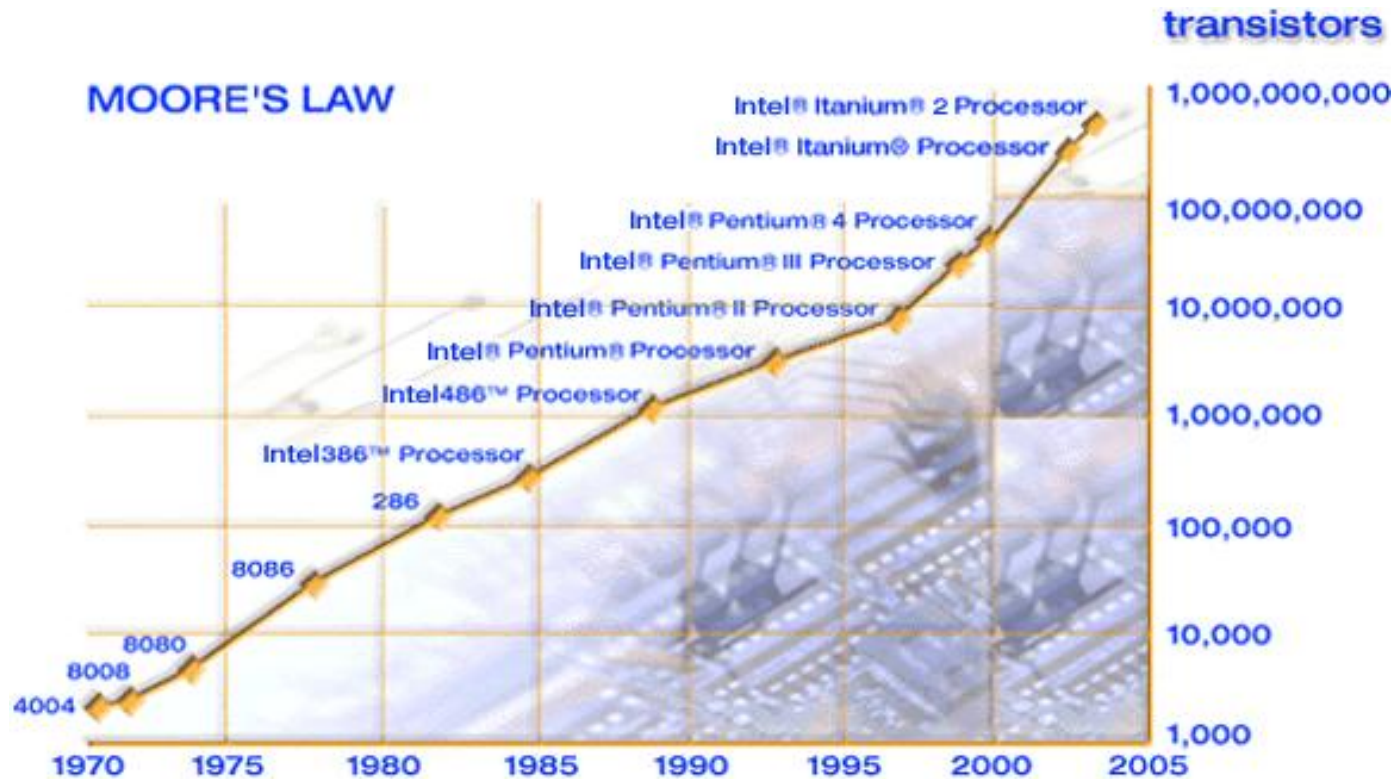
- Átlátszó vezető réteg
 - OLED
 - LCD
 - Napelem
 - Érintőképernyő
 - Rugalmas elektronika



- Samsung – intenzív technológiai fejlesztés
- Ahol a nanocső alkalmazása felmerült:
 - Li elem kapacitás növelés
 - Kompozit töltőanyag
- Kamera fényérzékelő eleme lehet



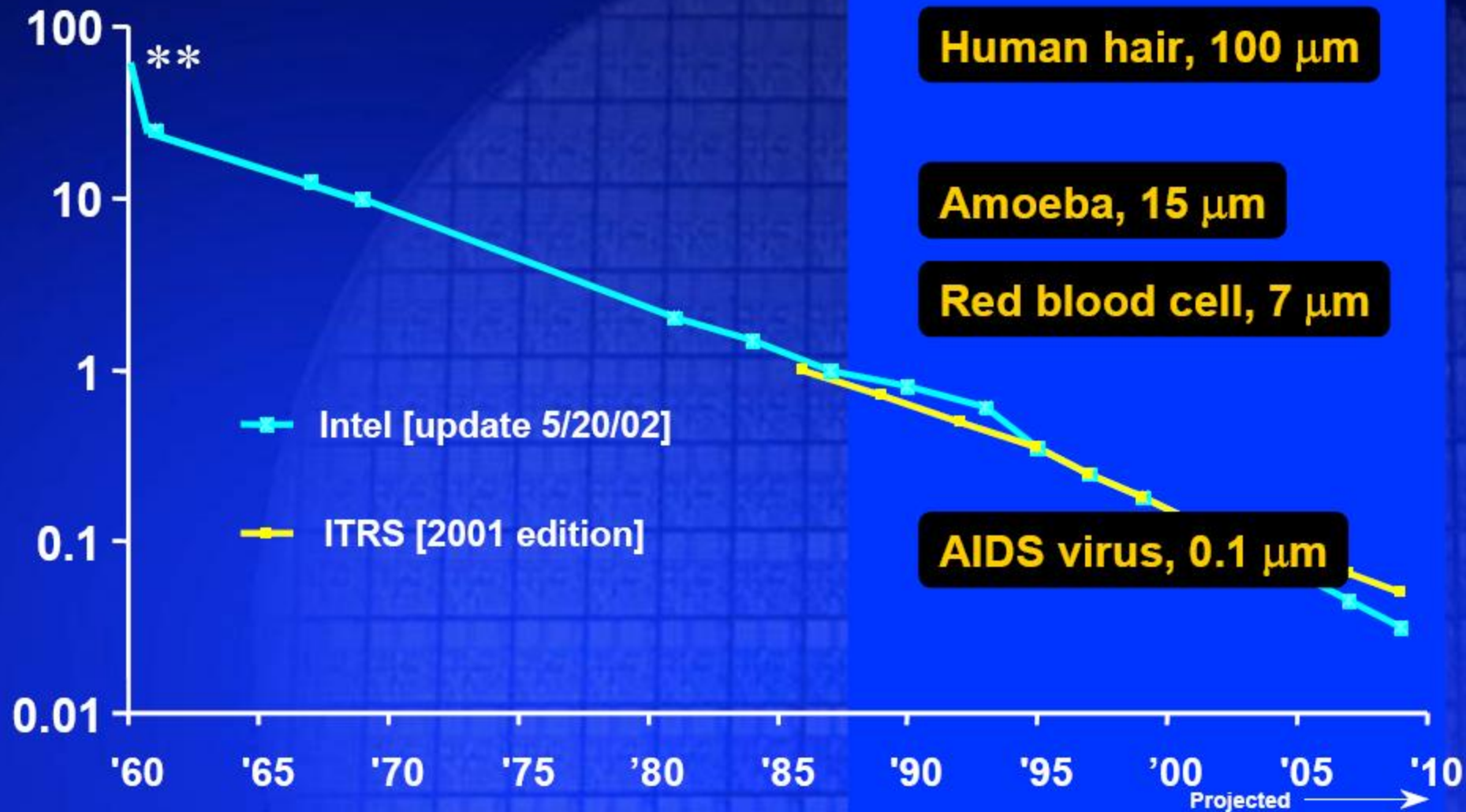
„Moore törvény”



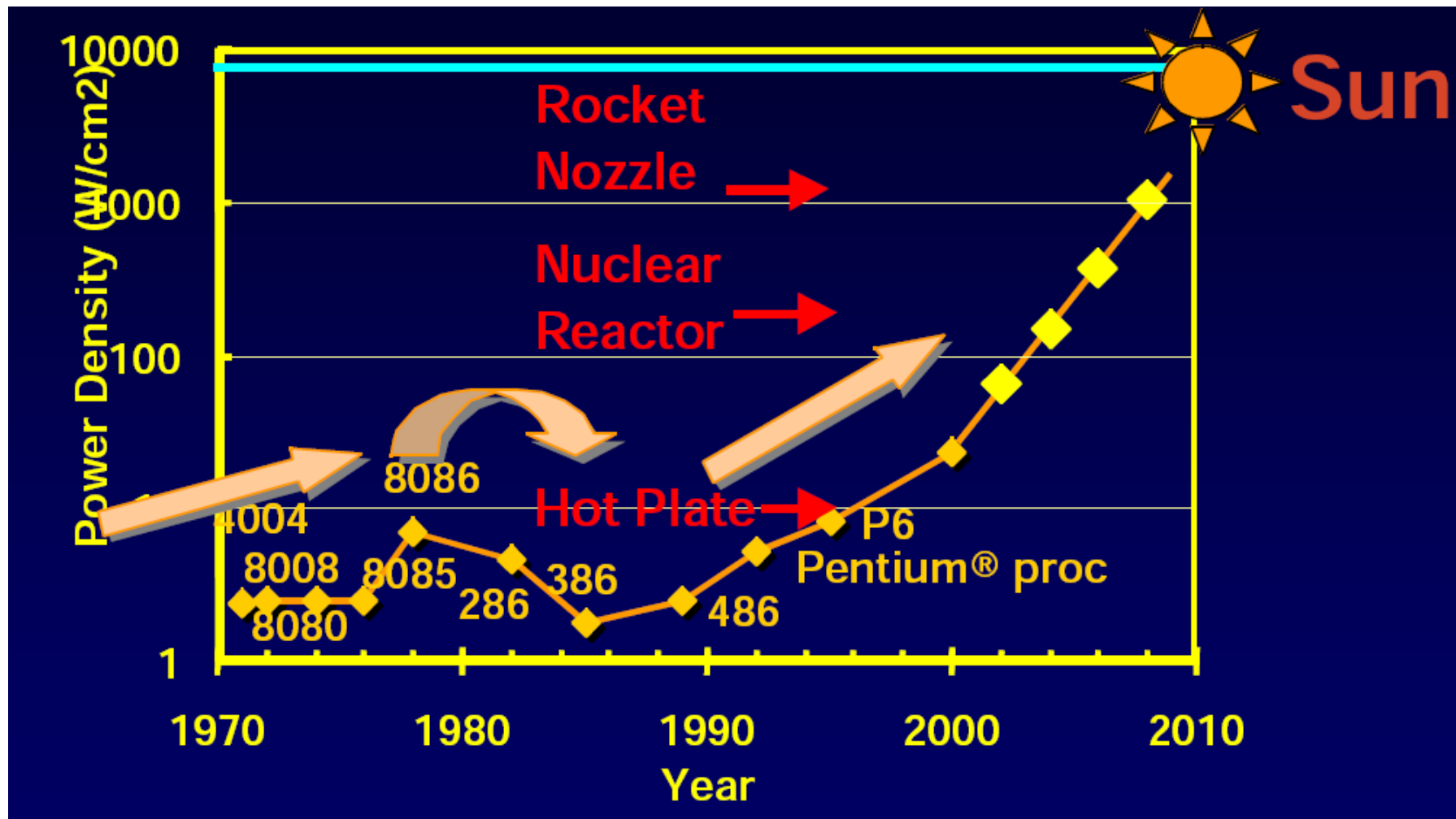
Az egy IC-n található tranzisztorszám exponenciálisan nő 1965 óta töretlenül .

Minimum Feature Size

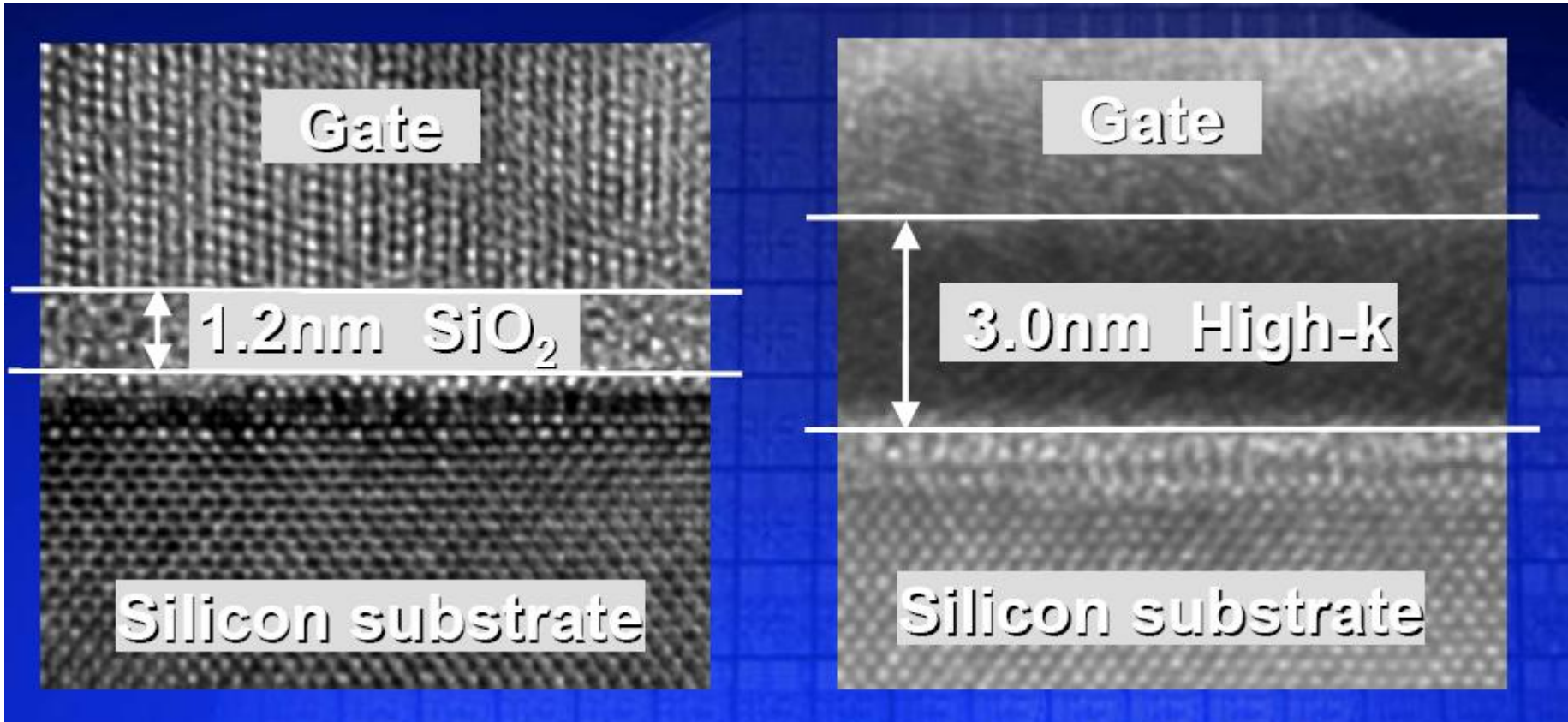
Feature Size
(microns)



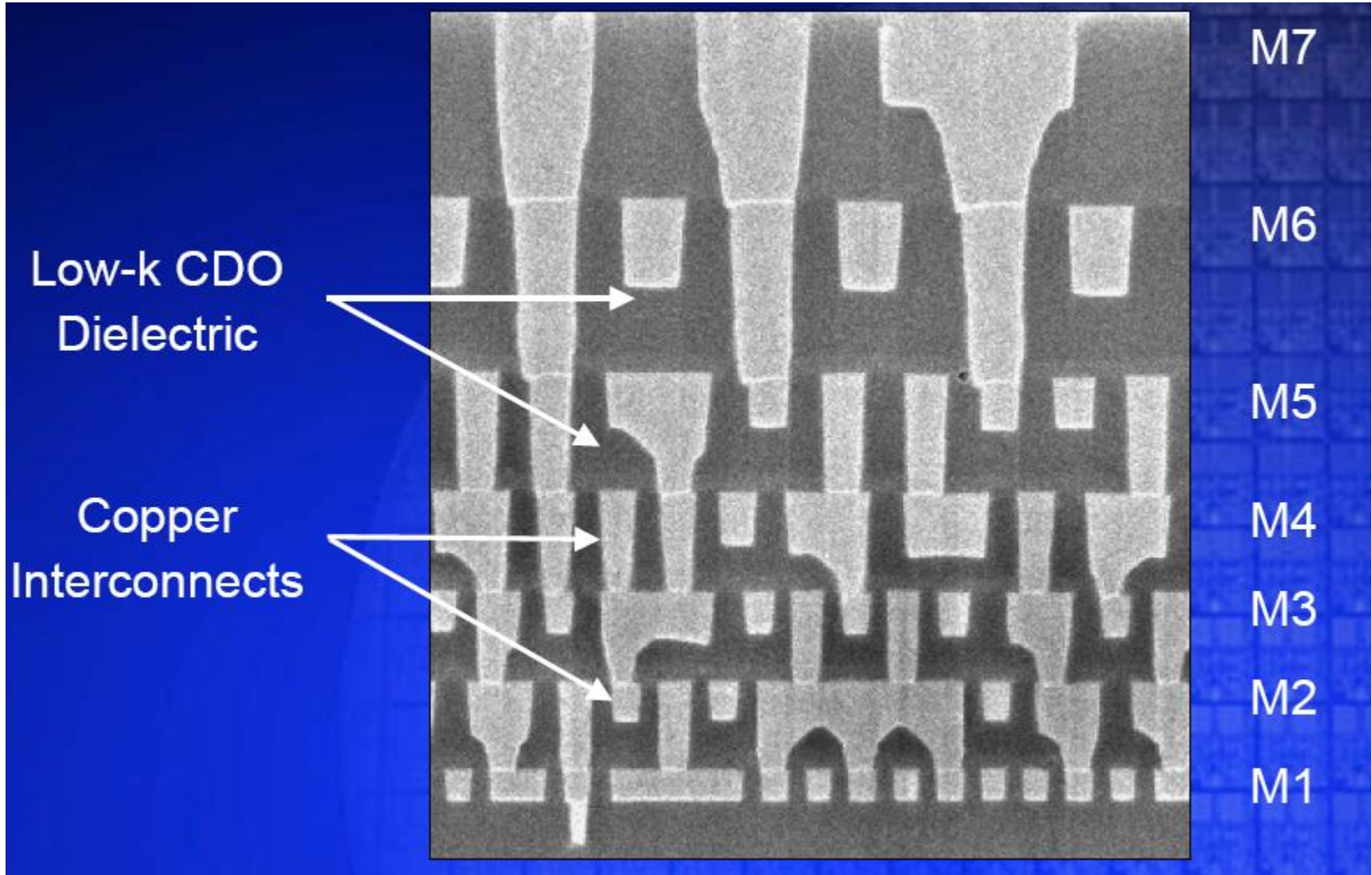
A termelt hőenergiasűrűség nő



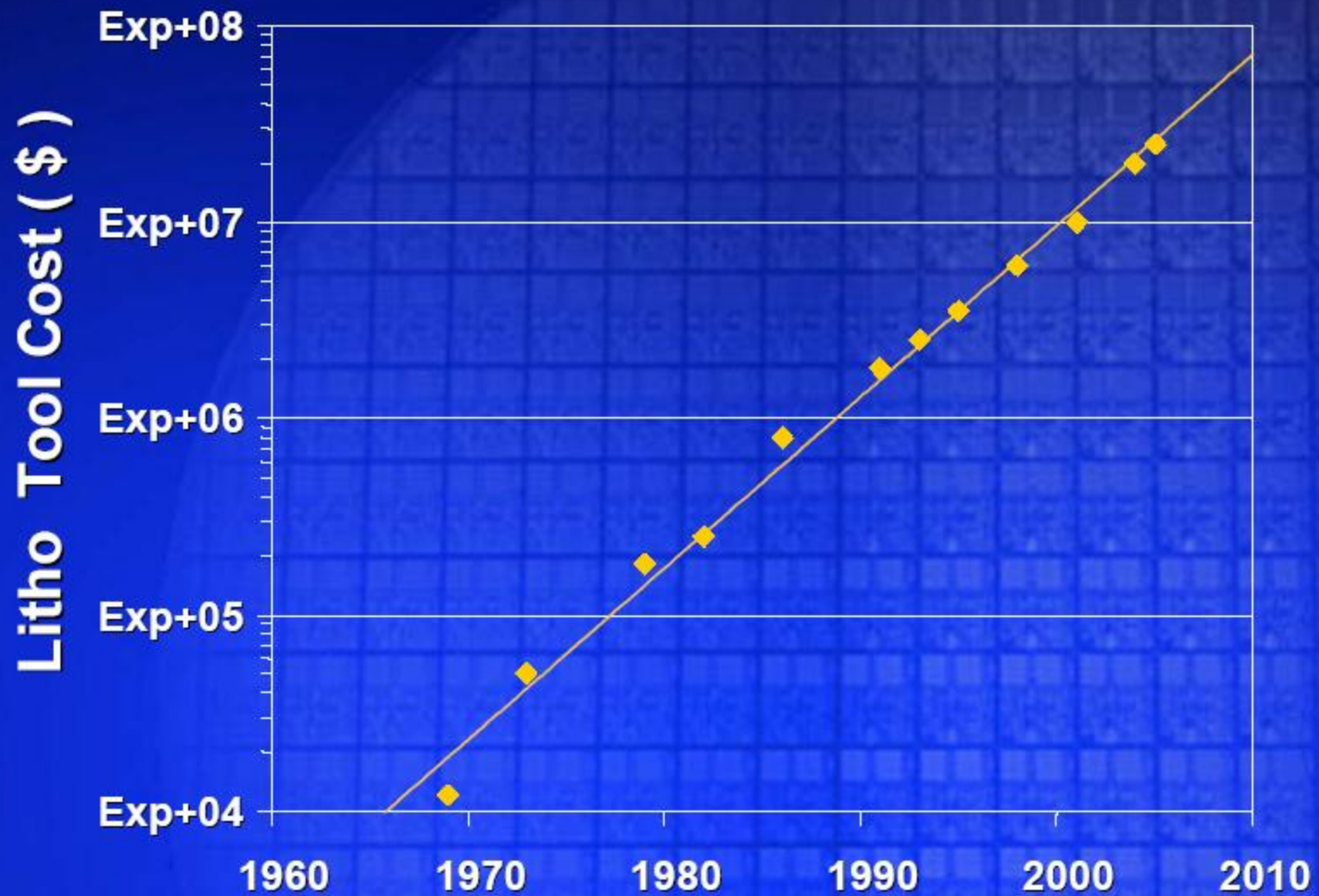
Néhány atomréteg szigetelés



Kilométeres vezetékhalózatok



Lithography Tool Cost (\$)



Anyagtudomány → Informatika

- Az informatikát a hardware exponenciális fejlődése hajtja (még van hely „odalent”)
- A növekedés mögött az anyagtudomány eredményeinek alkalmazása áll
- Közeledünk az anyag atomi skálán való strukturálásához, a nanotechnológiához

A nanoskála fizikai akadály, de egyúttal új lehetőségek tárháza is.

Miért érdekes az anyagtudomány?

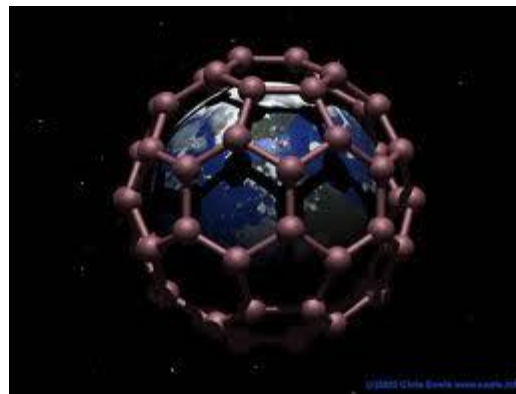
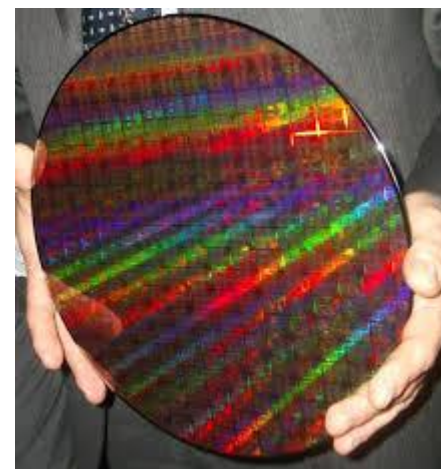
- Minden ami körülvesz, valamilyen anyagból készül.
- Minden feladathoz meg lehet találni, ki lehet fejleszteni azokat az anyagokat amelyeket valamilyen tulajdonsága legalkalmasabbá tesz.
- A technológia fejlődés motorja az anyagtudomány fejlődése.
- Felmérhetetlen sok ismeretlen, a technológia számára hasznos anyagi hozható létre.
- Rengeteg megoldatlan, értelmezésre váró fizikai probléma

Az anyagtudomány alkalmazás orientált és multidiszciplináris.

Milyen anyagok az intelligens
funkcionális anyagok ?

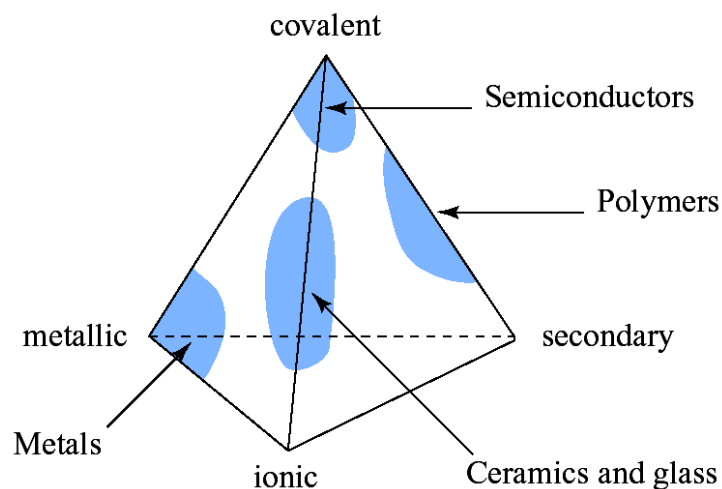
Az anyagtudomány története

- Kőkorszak
- Bronzkorszak
- Üveg, Kerámia
- Vas és acél
- Alumínium
- Félvezetők
- Nano -
technológia

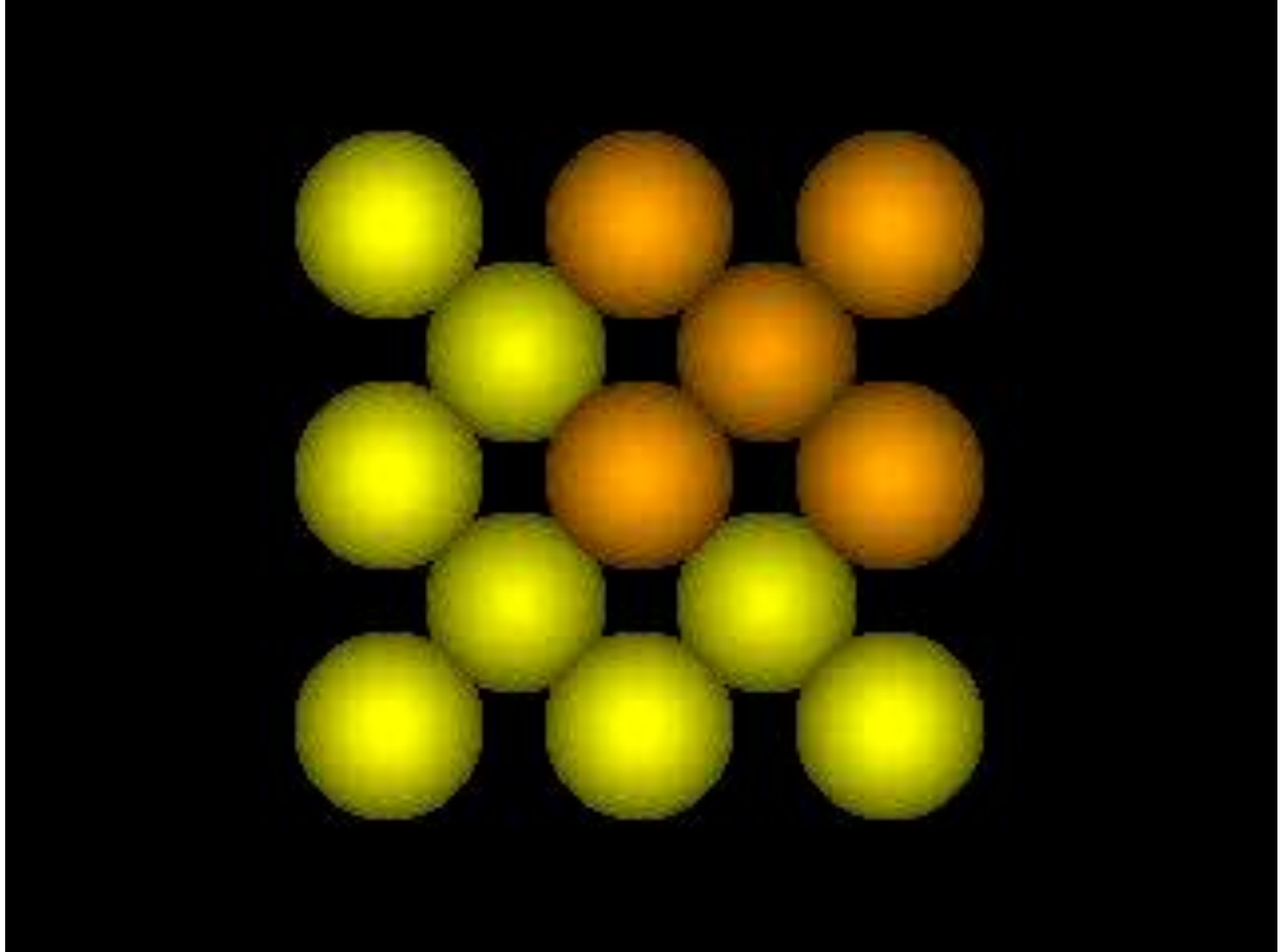


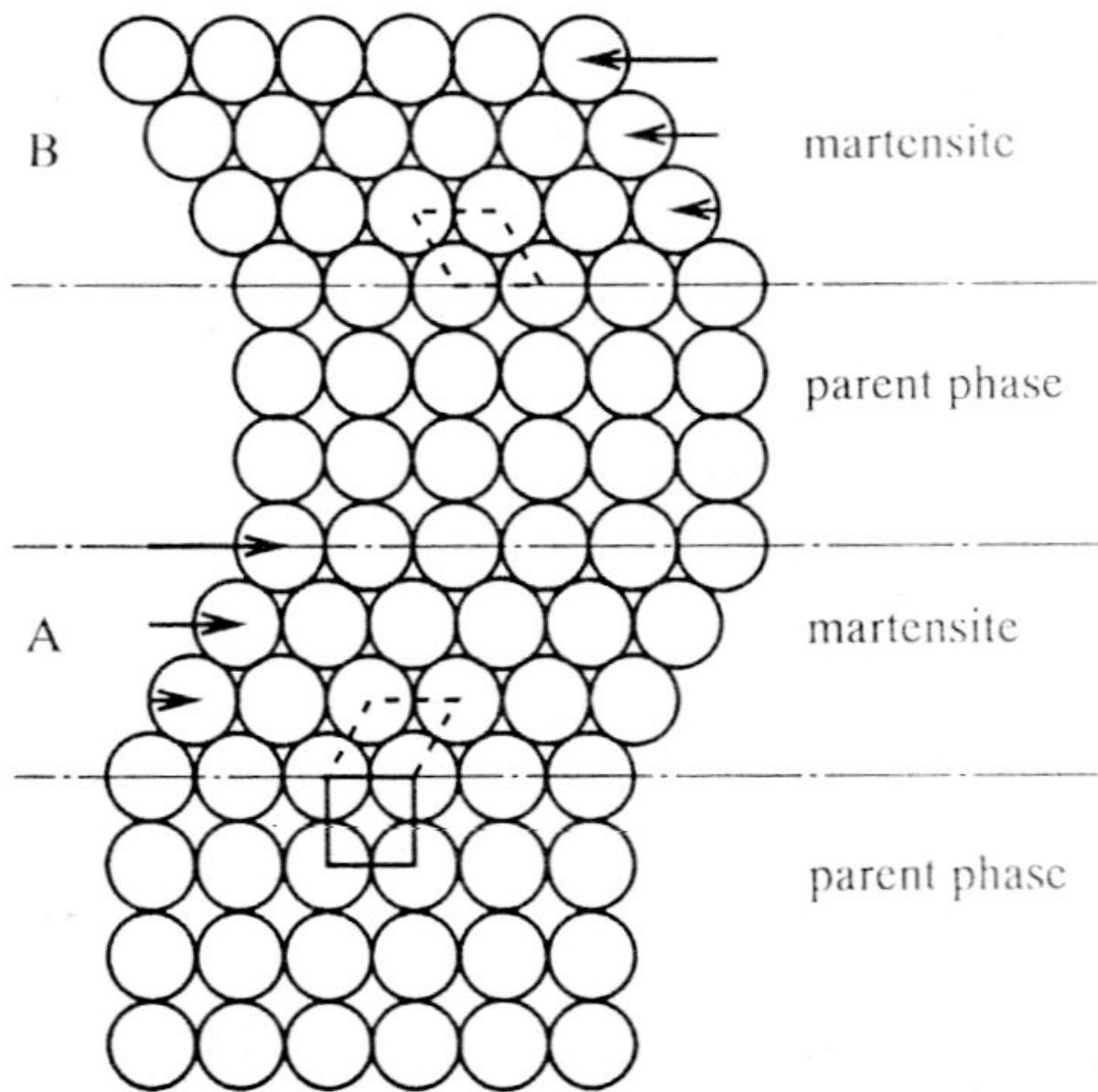
Néhány technikai anyagtípus

- Fémek, és fémközi vegyületek
- Kerámiák, Üvegek
- Félvezetők
- Polimerek
- Kompozitok
- Biokompatibilis anyagok
- Alakmemória ötvözetek
- Mágneses anyagok
- Szupravezetők
- Vékonyréteg struktúrák
- Nanostrukturált anyagok
- Piezoelektromos anyagok
- Szerkezeti anyagok

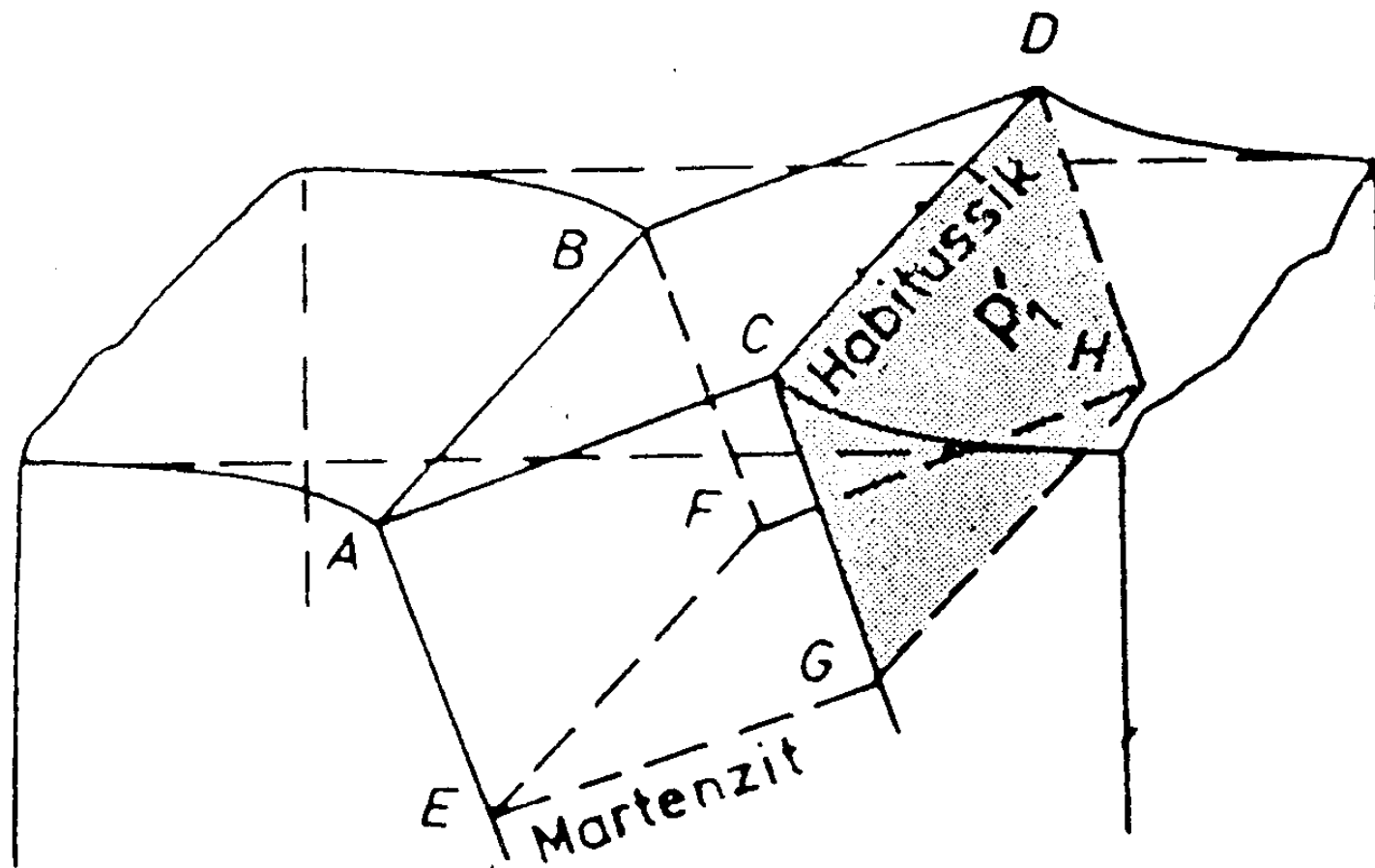


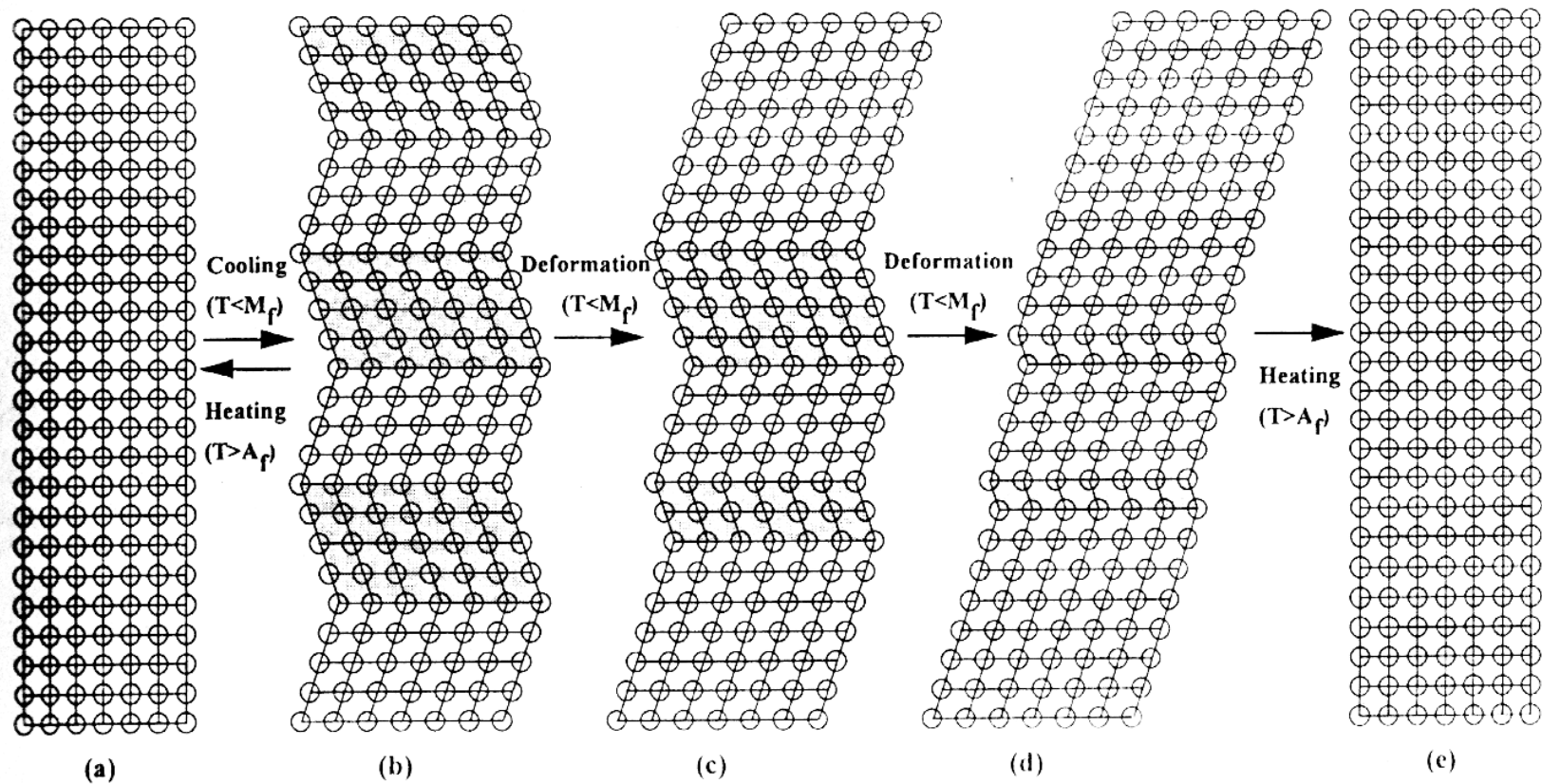
Martenzit az emlékező fém











Aerogélek jellemző tulajdonságai (főként a szilika aerogélekre vonatkozólag):

nagyon nagy fajlagos felület (kb. 300 – 3200 m²/g)

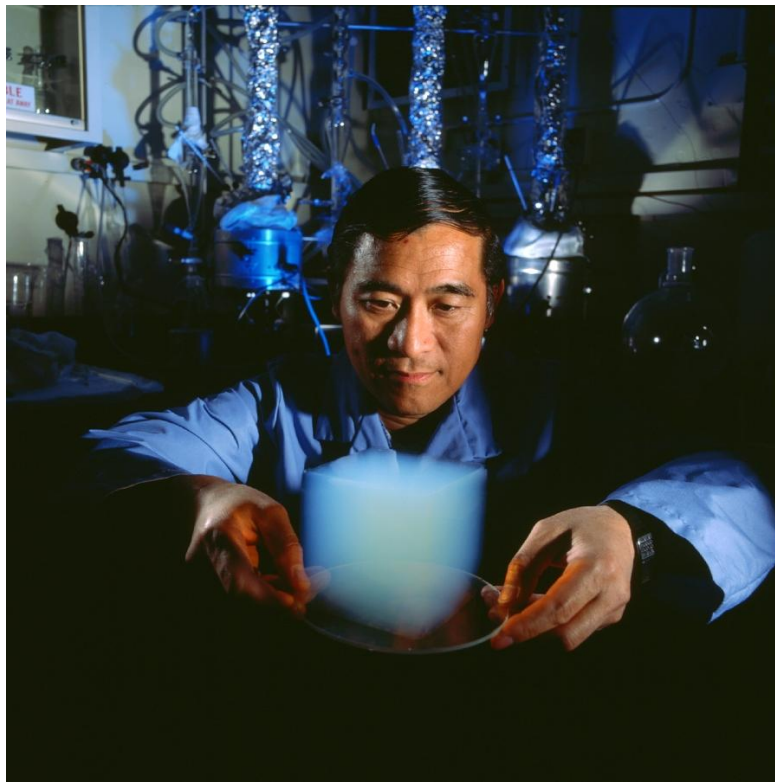
szilárd anyagok között a legkisebb elérhető sűrűség: 0,002 g/cm³

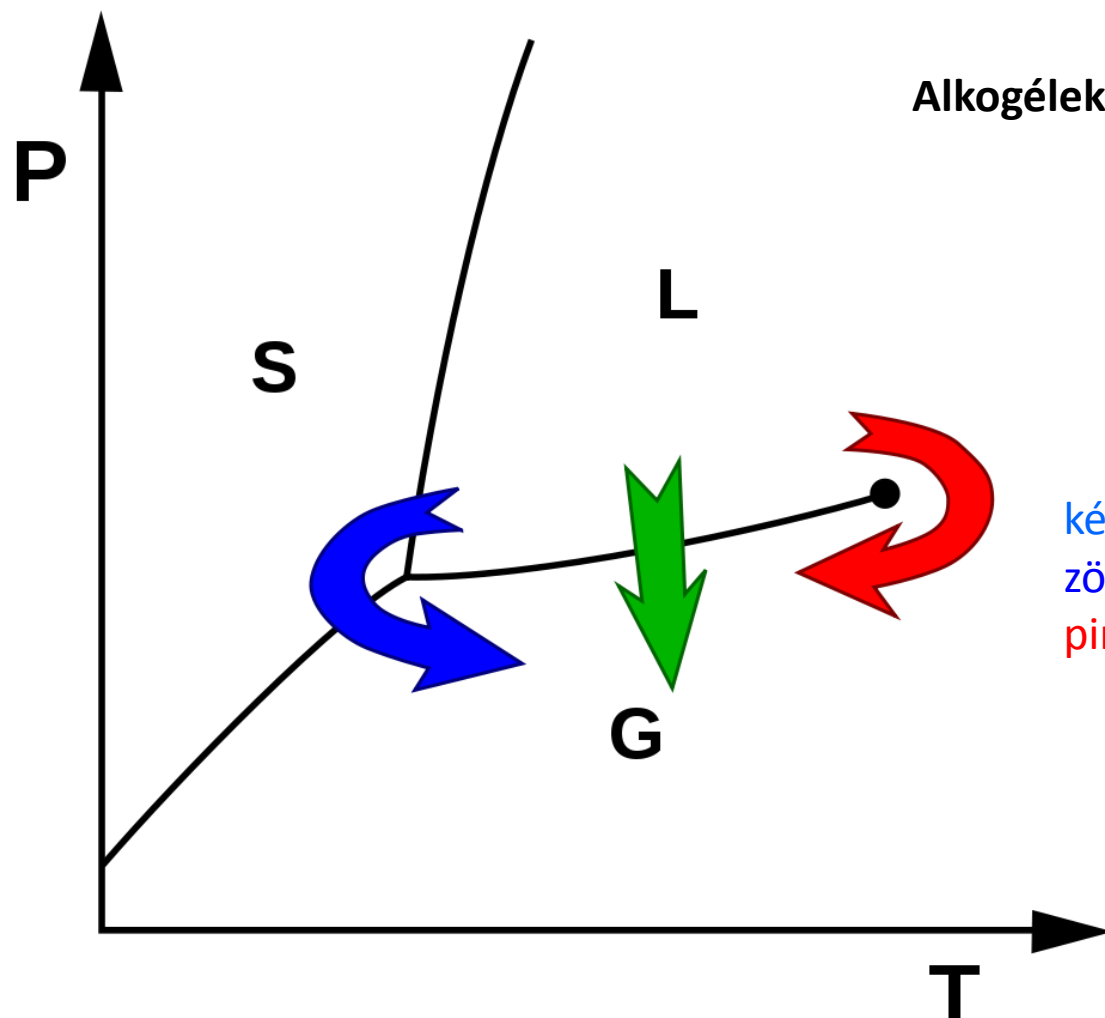
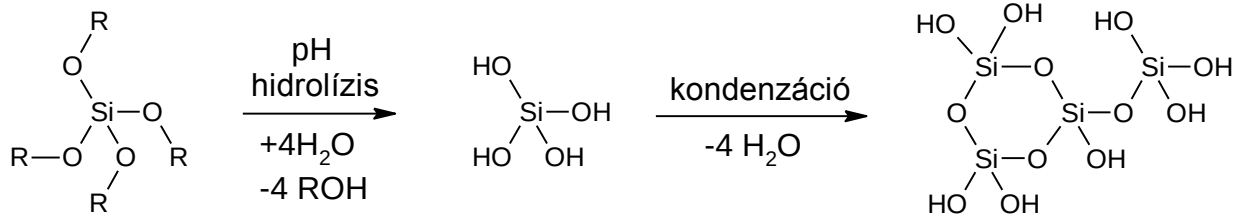
legnagyobb akusztikus csillapítás (hang terjedési sebessége csak 100 m/s)

a vákuum után a legjobb hőszigetelő

közel tökéletes elektromos szigetelő

a legkisebb törésmutatójú, kondenzált fázisú anyag

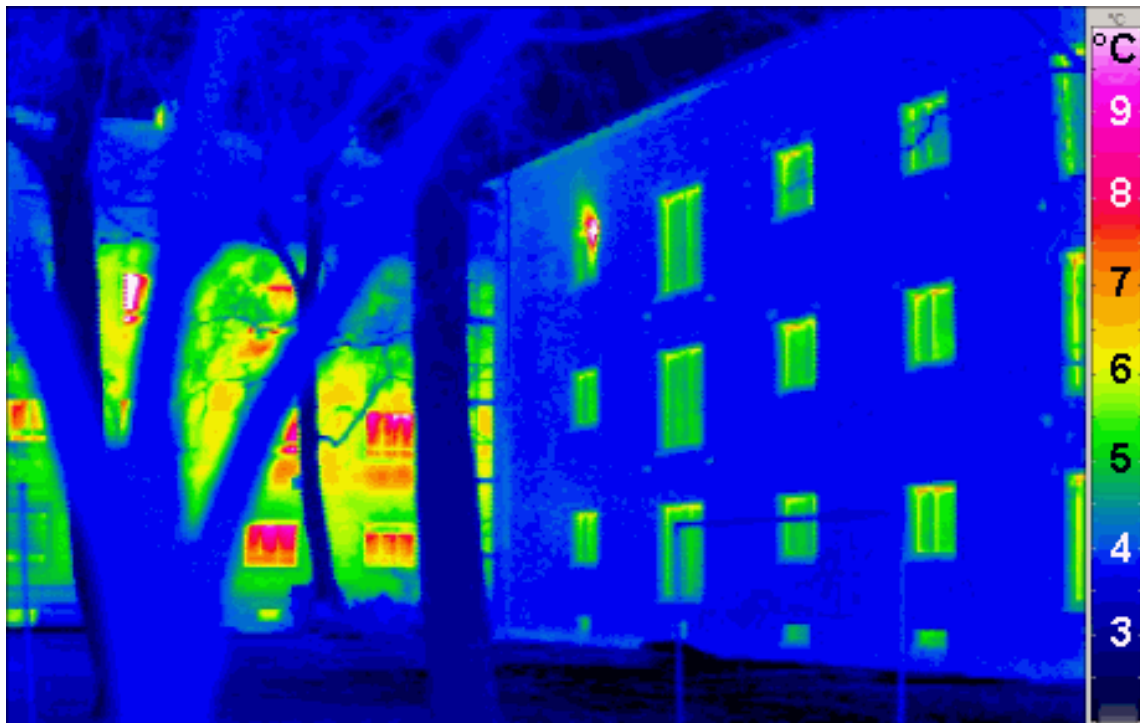




Alkogélek lehetséges szárítási stratégiái

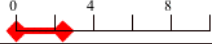
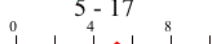
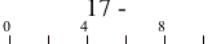
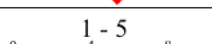
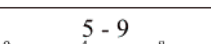
kék: fagyasztva szárítás (freeze drying)
 zöld: normál, atmoszférikus szárítás
 piros: szuperkritikus szárítás

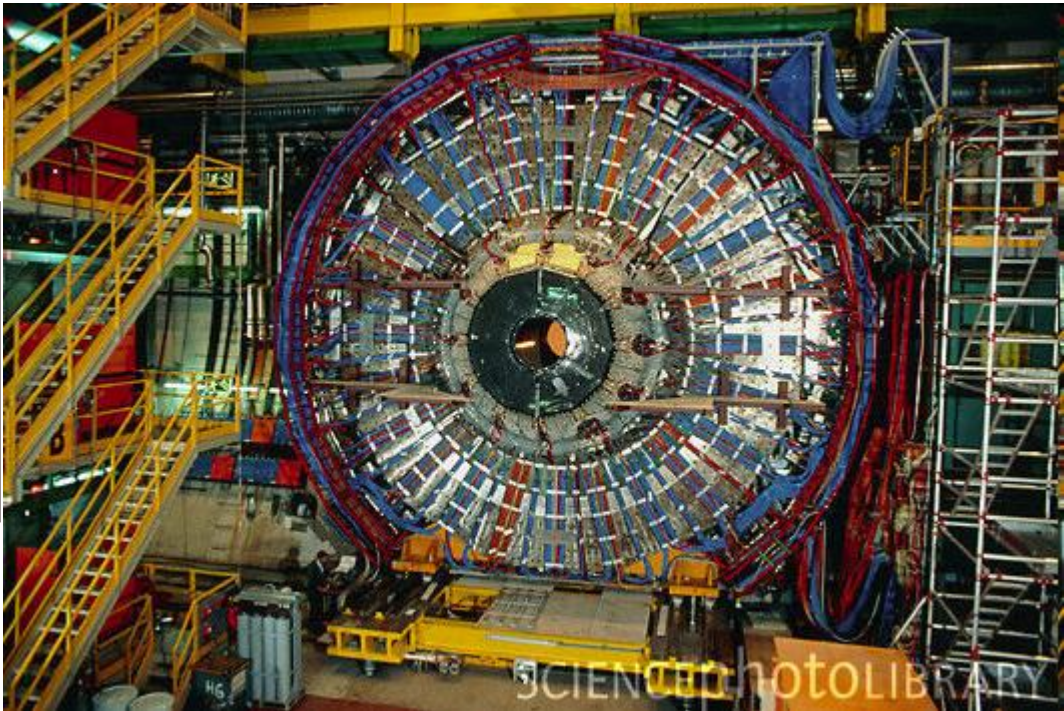
**Aerogél alapú vákuumos hőszigetelő panelek (VIP):
10x nagyobb hőszigetelés, mint a polisztirol hab**



Részecskefizika

Cherenkov-számlálók

		Pion-Kaon separation	Kaon-Proton separation
TOF	$\sigma \sim 100$ ps	0 - 2.5 	- 5 
RICH	$n=1.00044$ $\gamma_{th} \sim 34$	5 - 17 	17 - 
Aerogel	$n=1.011$ $\gamma_{th} \sim 6.8$	1 - 5 	5 - 9 



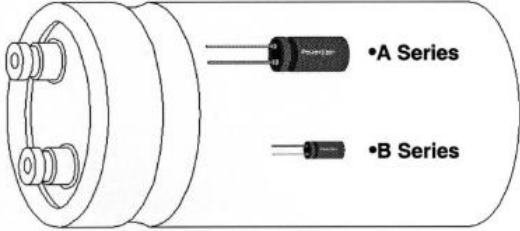
Elektronika

Szuperkondenzátorok

Aerogel vs. Electrolytic Capacitors

1 F Aluminum Electrolytic Capacitor vs. 1 F **PowerStor** Aerogel Capacitors

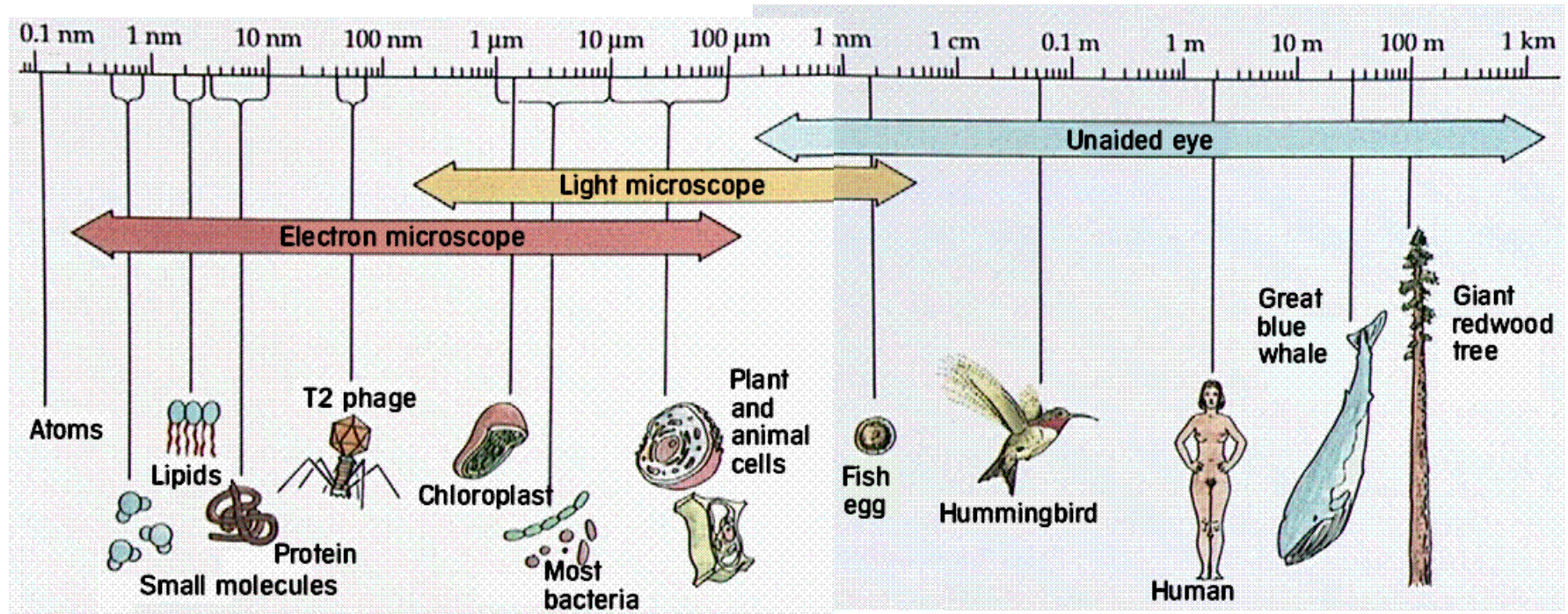
A Series to B Series → 1 F/cc to 4 F/cc



Over 2000-5000x reduction in volume!

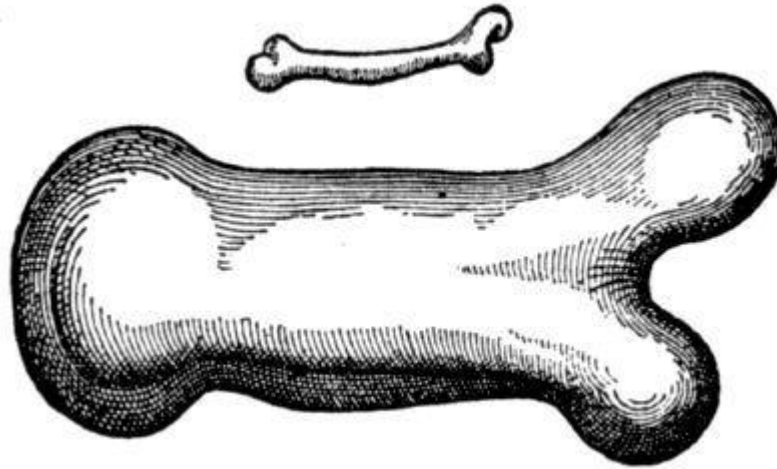
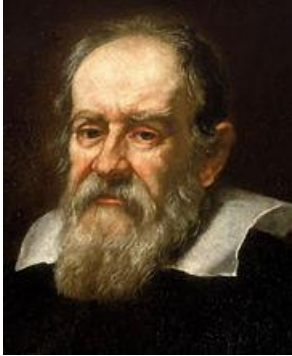


Orvos-biológiai anyagok



Biológiai méretskálák

Csontok és a skálatörvények (allometry)

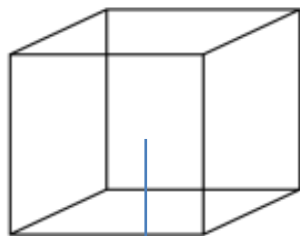


Gallileo Gallilei az állatok méretéről (Csont hossza és keresztmetszete)

Mi történik, ha megváltoztatjuk a dolgok méretét
a méretváltozáson kívül?
Miért nincsenek óriások?

Testméret függés

Tömeg: $M = \rho L^3$



Terhelés: Mg

Szilárdság: $\sim (D/2)^2$

$$L^3 \sim D^2$$



$$D \sim L^{3/2} = L^{1.5}$$

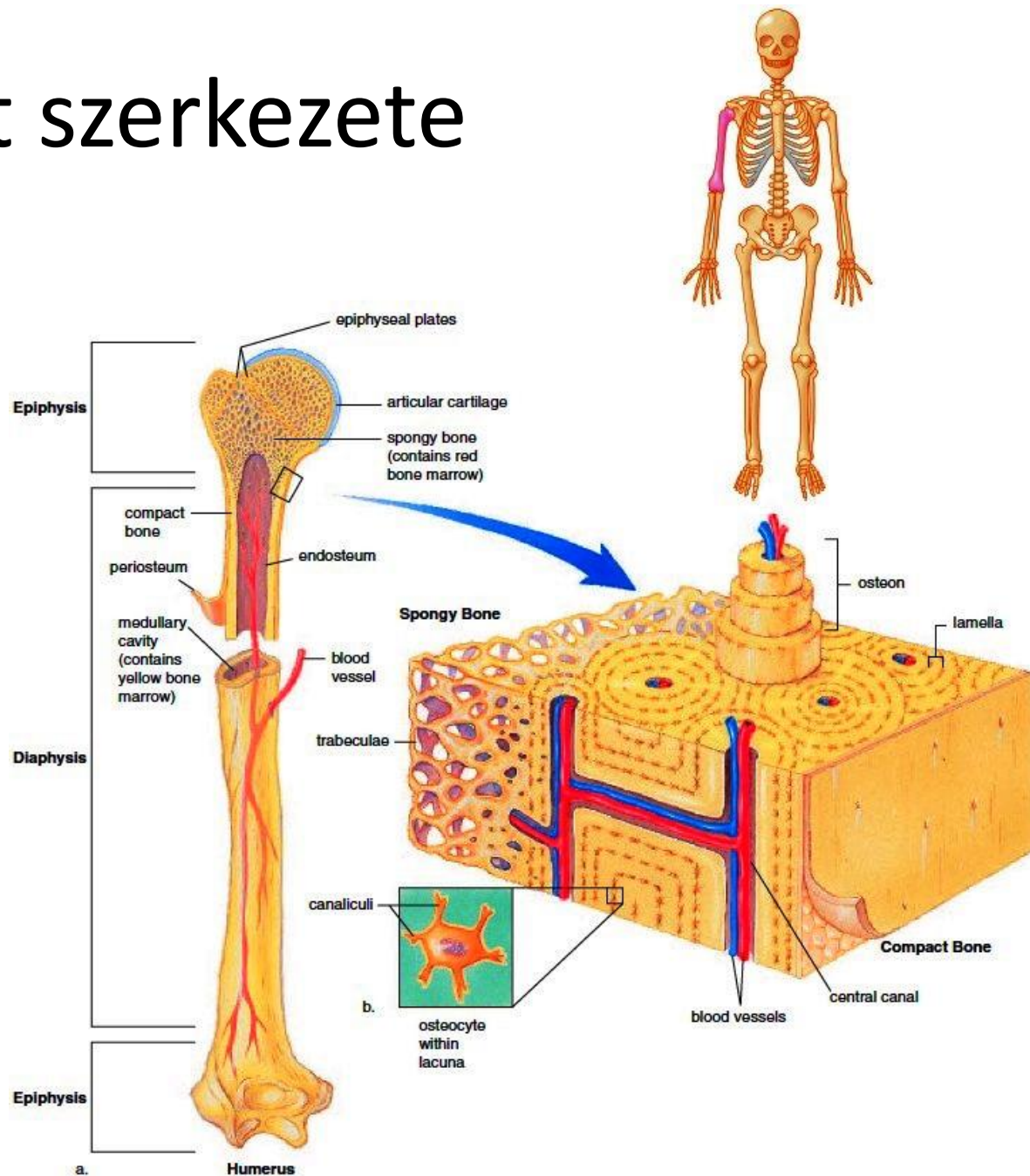


24M generáció



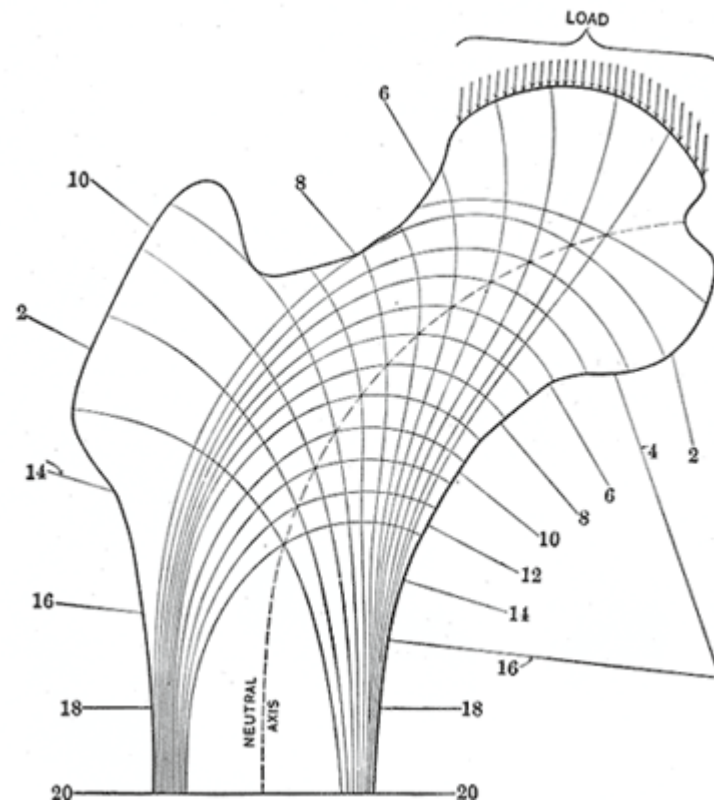
A szerkezet
Nem
skálázódik!

A csont szerkezete

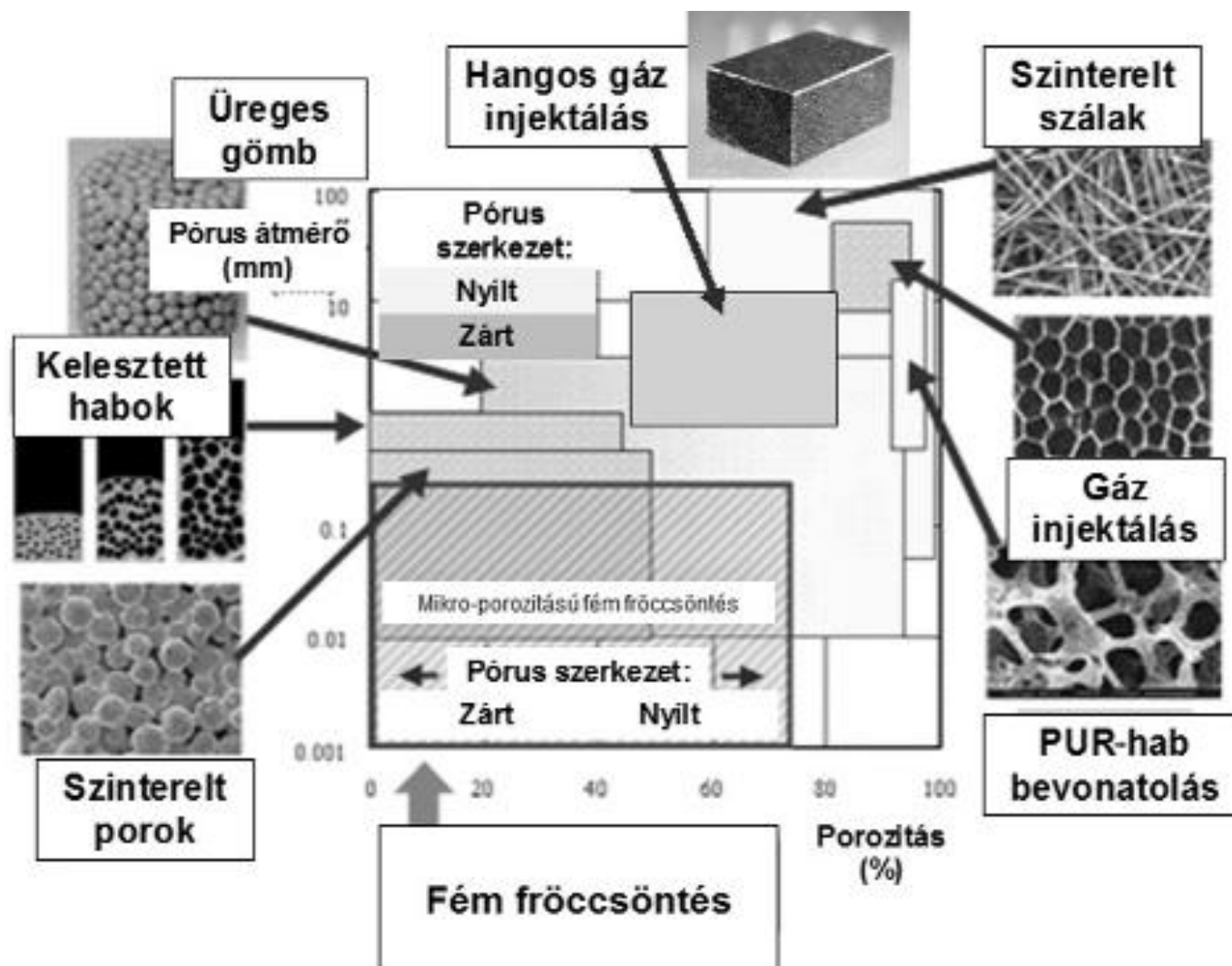




Feszültség eloszlás és szerkezet



Fémhabok





Titánból készült biokompatibilis eszközök

45-60% porozitás
40 MPa nyomószil.
100 mikron pórus

Co-acél fej
Ti szár



elektropolírozott Ti

Mivel (is) foglalkozunk Debrecenben ?

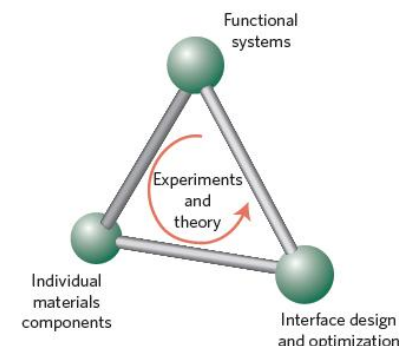
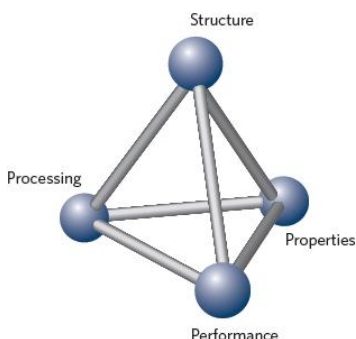
TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0036

Orvos-biológiai anyagtudományi csoport

Dr. Szabó István

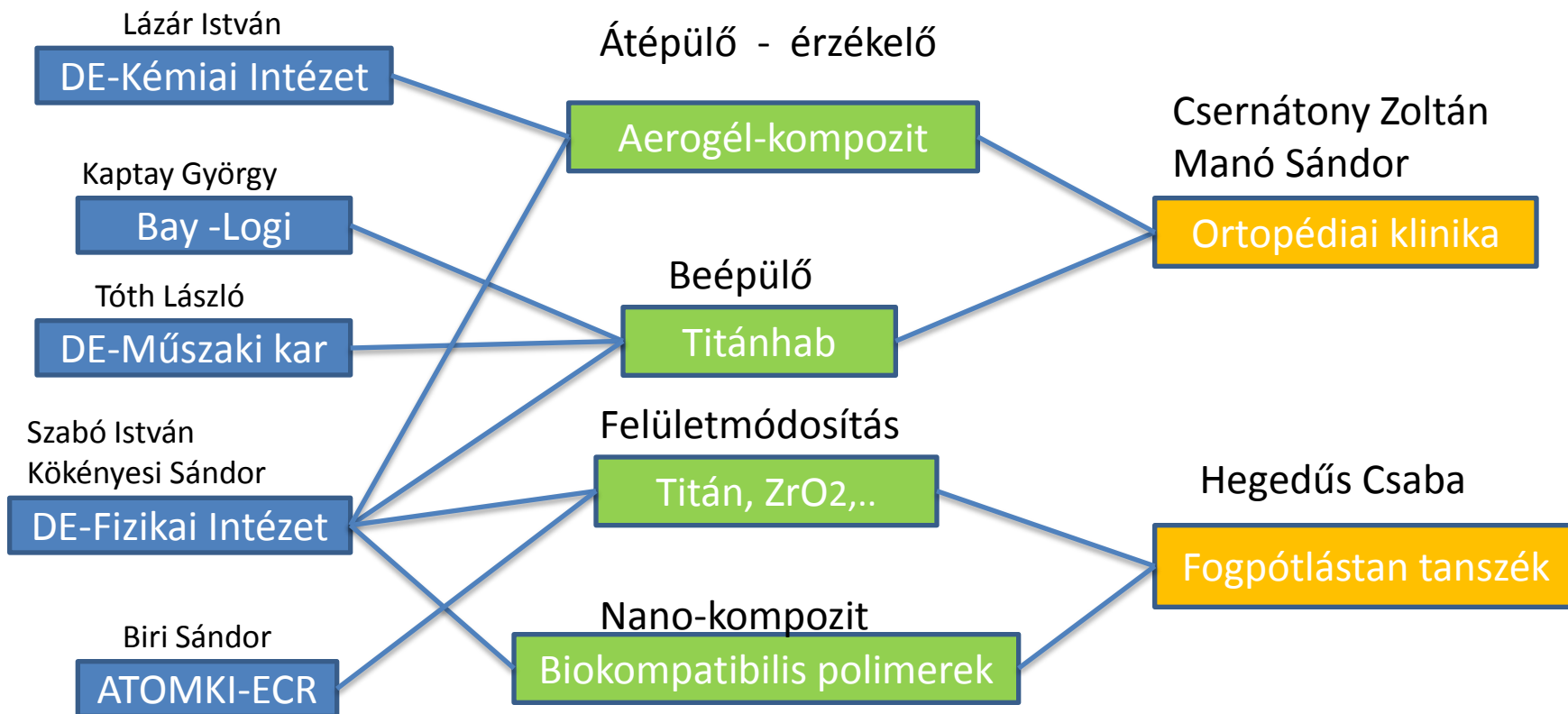
*Biokompatibilis anyagok fejlesztése
multidiszciplináris,
alkalmazás orientált megközelítésben*

orvosbiológia, kémia, fizika,
anyagtudomány, nanotechnológia, biomechanika,



Intelligens funkcionális anyagok: Mechanikai, termikus,
elektromágneses, optikai tulajdonságaik és alkalmazásaik

Kutatócsoportok és anyagok

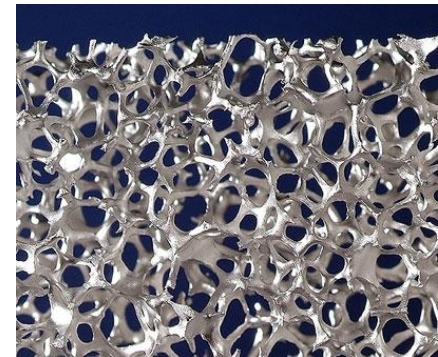
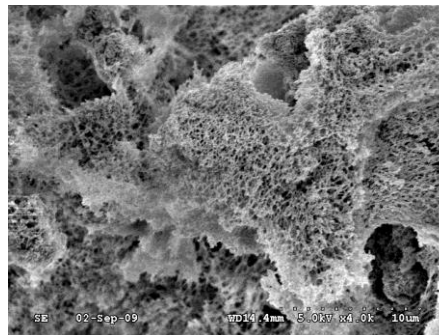
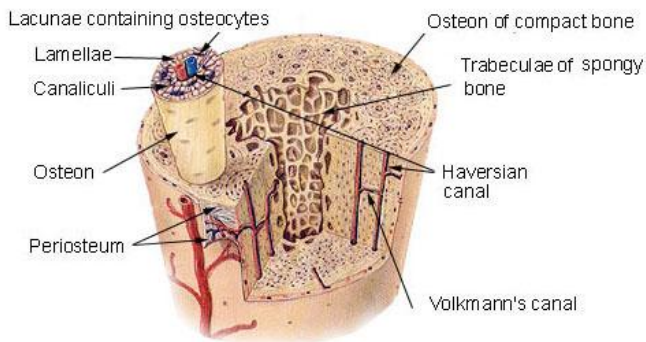


Orvos-biológiai anyagtudományi csoport

Kutatási célok

1. **Aerogél** kompozit szerkezetek előállítása csontpótlásra, szenzorikai, optikai és elektromágneses alkalmazásokra
2. Nyitott pórusú **Titánhab** implantátum anyag fejlesztés és modellezés, új gyártástechnológia kidolgozása
3. Implantátum anyagok **felületmódosítása** ionbombázással, bevonatokkal és nano-részecskékkel
4. **Polimer-nanokompozit** biokompatibilis anyagok fejlesztése

Compact Bone & Spongy (Cancellous Bone)



Kutatási
Eszközpark

és

Kutatási
tapasztalat

PEALD



Sputtering



TEM



SNMS/SIMS – XPS/LEIS



SEM



micrOTOF



Synchrotron / Neutron



TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0036
Smart functional materials:
Mechanical, thermal, electromagnetic,
optical properties and their applications



National Development Agency
www.ujszachenyi.gov.hu
06 40 638 638



HUNGARY'S RENEWAL



The project is supported by the European Union
and co-financed by the European Regional
Development Fund.

Miként tehető érdekessé a fizika?

A természettudományok tanításával a jövőnkért



Fizikus BSc, MSc
Fizika Tanár
Anyagtudományi MSc,
Villamosmérnök BSc,
Mérnökinformatikus BSC



DÖFI Debreceni Összefogás a Fizikáért hallgatói egyesület

Bemutatkozik az anyagtudomány



Seescience
Fesztivál

MODEM
DEBRECEN

→ Agóra Debrecen : Multidiszciplináris – (Kémia, biológia, Fizika, Elektronika, ...

2014 március (?)

Internet / Tankönyv / Oktatási reform?

- A klasszikus tudományos elméletek szerinti felépítés / absztrakt elméleti megközelítés ? Fizika B
- Hétköznapi példákból kiinduló, érdekes, integrált megközelítés ? Fizika A
- A gyerekek maguktól rengeteg dolgot meg tudnak tanulni, ha motiváltak
- Nagymama módszer: állj mögöttük, és dicsért őket folyamatosan!
- Közös munka, megbeszélés, csoportok közti információ csere, „lopás”. Csak a feladatot kell kiadni.
- Ha van érdeklődés, van tanulás!

Szabadabb, kísérletező oktatás

- A gyerekek maguktól rengeteg dolgot meg tudnak tanulni.
- Nagymama módszer: állj mögöttük, és dicsért őket folyamatosan!
- Közös munka, megbeszélés, csoportok közti információ csere.
- Önszervező tanulási környezet.
- **Legfontosabb a kíváncsiság megőrzése:
Úgy kutass, mint egy nyolcéves!**

Kérdések ?

1. Miért érdekes (nem érdekes) a fizika?
2. Milyen tudomány az anyagtudomány ?
3. Milyenek az intelligens funkcionális anyagok?
4. Mivel (is) foglalkozunk Debrecenben?
5. Miként tehető újra érdekessé a fizika?

[Email: istvan.szabo@science.unideb.hu](mailto:istvan.szabo@science.unideb.hu)

Subject:**Eger**

Köszönöm a figyelmet !