

# **Makropasaulis: *medžiagos***

■

“Paslėpta” pažangos priežastis

# Tikslas:

- aptarti - “**makropasaulio ir mezopasaulio**”, pagal šio dalyko žargoną, dėsningumus, leidžiančius jais **pasinaudoti įvairiems tikslams pasiekti**.
- **Konkrečiau tariant, sieksime aptarti medžiagas, jų rūšis, pasakant ir apie reiškinius, kurie yra aktualūs konkrečių medžiagų savybių panaudojimui.**
- **Pakeliui: truputį apie medžiagų mokslo istorijos pagrindinius bruožus ir šio mokslo varomąsių jėgas ir “nematomas” pažangos priežastis.**
- Tekstas aptarti ir **kai kuriuos šių dienų medžiagų inžinerijos ir technologijos pasiekimus.**

# Pastebėjimai:

“Keli éjimai žirgu”:

- Neužtenka atrasti ar sukurti naujas medžiagas, reikia atrasti ir efektus, kurių realizavimui tos medžiagos reikalingos;
- Ir, atvirkščiai: atradus efektus, reikia:
  - ieškoti tinkamų medžiagų jų realizavimui
  - Bei suprasti, kad tie efektais yra naudingi (Herono ratas “lauké” pritaikymo per 2000 metų).
  - o sukūrus prietaisą vienam tikslui, kartais jis panaudojamas visiškai kitkam

Paskutinę tezę pagrindžia Rubiko kubiukas: daugeliui tai žaislas, tačiau jis sukurtas būsimujų architektų lavinimui: erdvio mąstymo ugdymui.

# Koks medžiagos dėstymo planas:

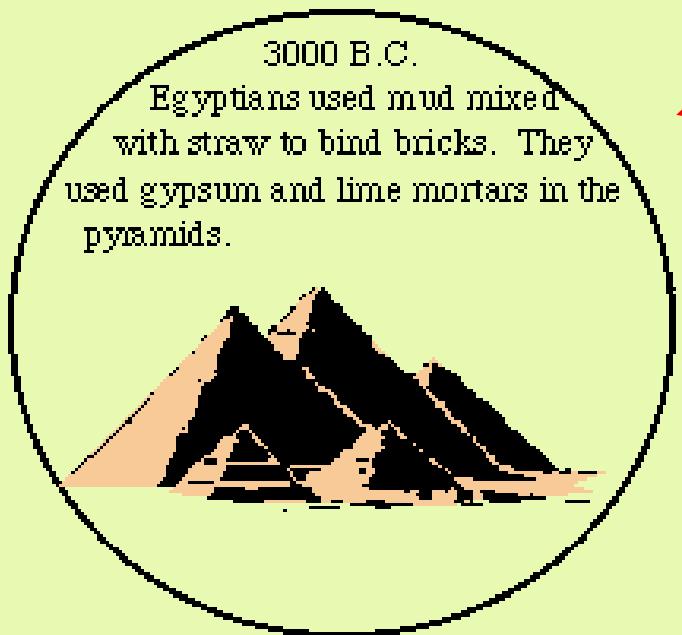
- Šiek tiek apie medžiagų skverbties į žmonijos istoriją (atkreipti dėmesį į bent kelias medžiagas įtakojušias civilizacijų raidai **bei turinčias tam potenciją**)
- Naujos medžiagos pro Nobelio premijų prizmę (**ar plačioji visuomenė jaučia jų naudą?!**)
- Šiandieniniai prioritetai: **mezoskopiniai dariniai ir nanotechnologijos**
- Truputis apie svajonių medžiagą



# Civilizacijos skirsniai: amžiai

- Akmens amžius tėsési nuo ar tik ne nuo 2 mln.metų atgal ir baigési maždaug prieš 5-6 tūkstančius metų. **Ir baigési ne todėl, kad pritrūko akmenų ...**
- Po to: geležies, bronzos amžiai;
- Neseniai - gal popieriaus ???
- Kas toliau ???

# Lėta technologijų pažangą gali iliustruoti cemento virsmas gelžbetoniu (bei pamirštos technologijos):

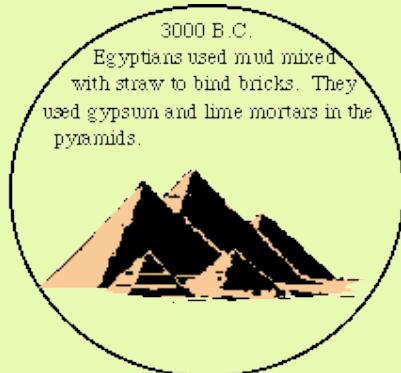


Jei vadovautumės versija, kad egiptiečiai kalnuose iškirsavo akmens luitus, juos gabendavo ir iš jų statė piramides.

Ką duoda "aritmetinė" versija:  
**Pavyzdžiui**, yra žinoma, kad Kufu (Cheopso) piramidę statė 20-30 metų. Jos tūris –  $2,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

Tai reiškia, kad per dieną (10 val.) turėjo būti sukloti 300-400 blokų, kurių vidutinis tūris  $\sim 1 \text{ m}^3$ . t.y., kiekvienas blokas turėjo būti įstatytas į vietą per 2 minutes, arba  $1 \text{ m}^3$  (2-3 tonos) turėjo būti pakeliamas į 1 m aukštį kas 3 sekundės.

# Lėta technologijų pažangą gali iliustruoti cemento virsmas gelžbetoniu (bei pamirštos technologijos): 2.

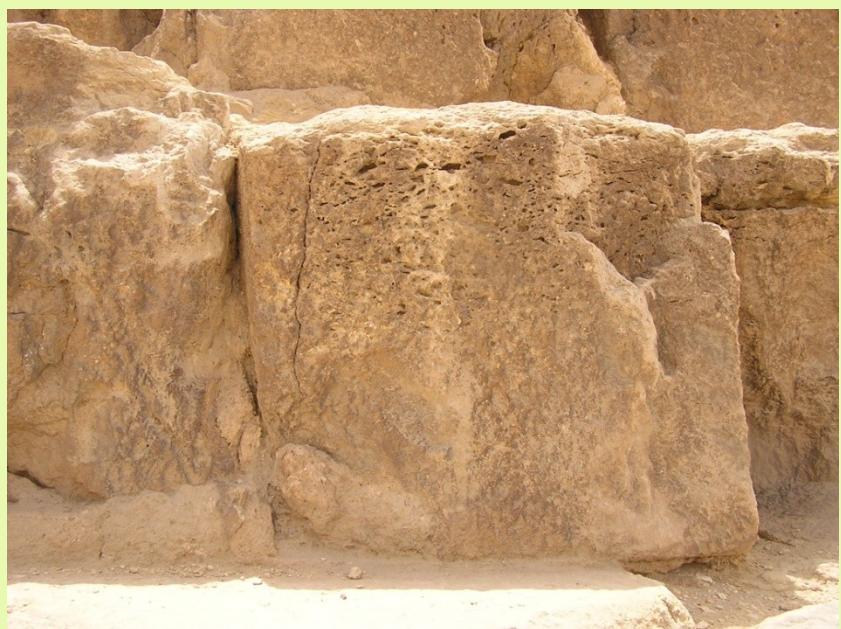


Kufu (Cheopso) piramidę statė 20-30 metų. Jos tūris – 2,7 106 m<sup>3</sup>.

1978 m. prancūzų chemikas Joseph Davidovits atmetė piramidės statymo iš akmens luitų technologiją.

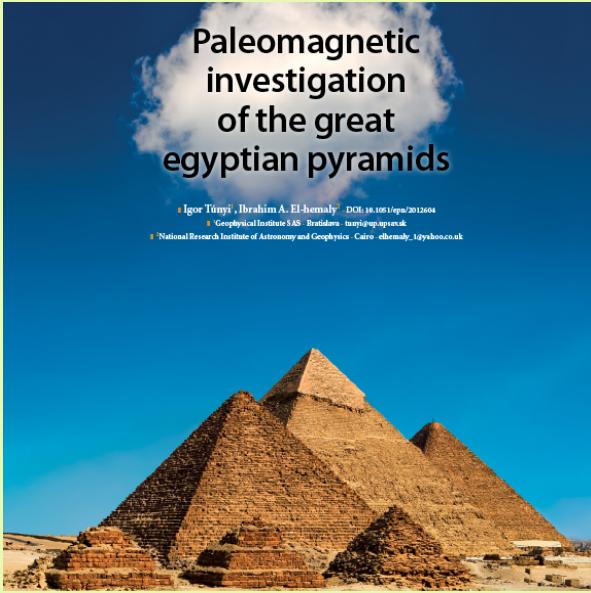
Jis įrodo, kad:

- buvo naudojamas natrio karbonato cementas, kasamas netoli Gizos, kuris kartu su soda, moliu suformavo geopolimerą, panašų į akmenį.
- Šiai technologijai reikėjo, kad statytojai turėjo nešioti maišus sveriančius ne daugiau kaip 25 kg, o per minutę 1 statybininkas turėjo pakelti 40 kg statybinių medžiagų į 1 m. aukštį.
- Visam darbui turėjo užtekti 2300 darbininkų



~Yra panašiai kaip betono  
luitai

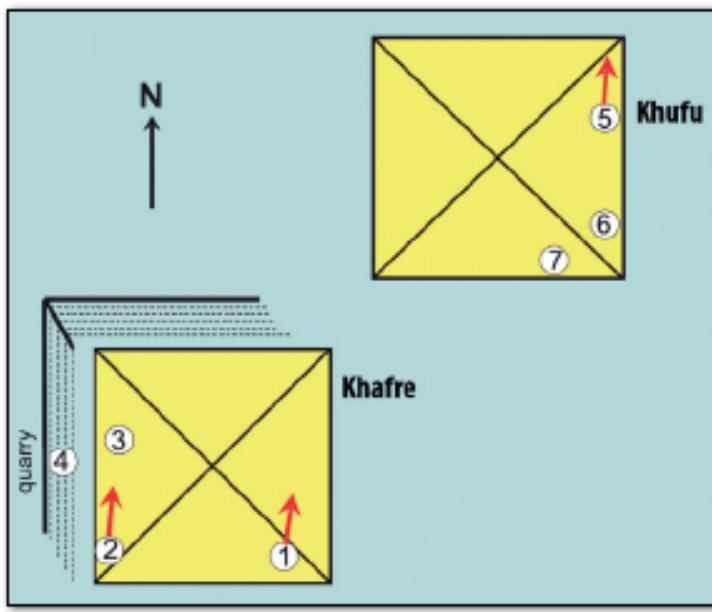




## Paleomagnetic investigation of the great egyptian pyramids

Igor Tunyi<sup>1</sup>, Ibrahim A. El-hemaly<sup>2</sup> DOI: 10.1081/OPA-2012604  
<sup>1</sup>Geophysical Institute SAS Bratislava tunyi@upjs.sk  
<sup>2</sup>National Research Institute of Astronomy and Geophysics Cairo elhemaly\_i@yahoo.co.uk

**Fig. 1:** Sampling locations on the Khufu and Khafre pyramids and in the adjacent quarry. N = geographic North. Red arrows indicate the directions of magnetic polarization vectors (paleodirections) in the samples taken from locations 1, 2 and 5.



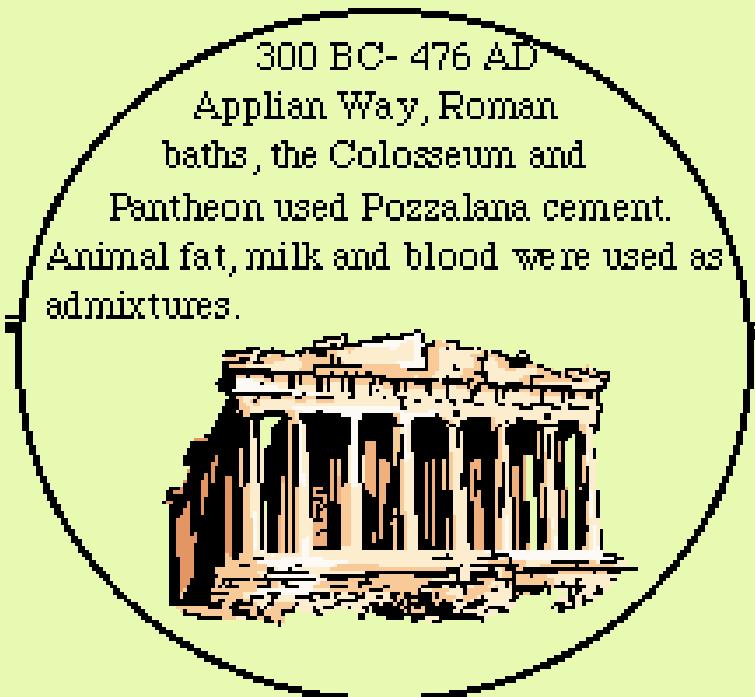
- The aim of paleomagnetic investigation of the rock material of the great Egyptian pyramids, Khufu and Khafre, was to find out the directions of the magnetic polarization vectors of their building blocks.
- This is one of the possible ways to verify the hypothesis according to which the blocks were produced *in situ* by a concrete technique.
- The analysis of a limited set of paleomagnetic samples provided the following results:

–The paleodirections of three sampling locations (2 from Khafre and 1 from Khufu pyramid) exhibit the common north-south orientation, suggesting that they may have been produced *in situ* by a concrete technique.

–The block from one sampling location of the Khafre pyramid is of natural limestone and evidently comes from the adjacent quarry. It is likely that the block from one sampling position of the Khufu pyramid comes also from the same quarry. Finally, we conclude that even if the

Finally, we conclude that even if the concrete technique was used, the pyramids were constructed from a mixture of natural and artificial limestone blocks.

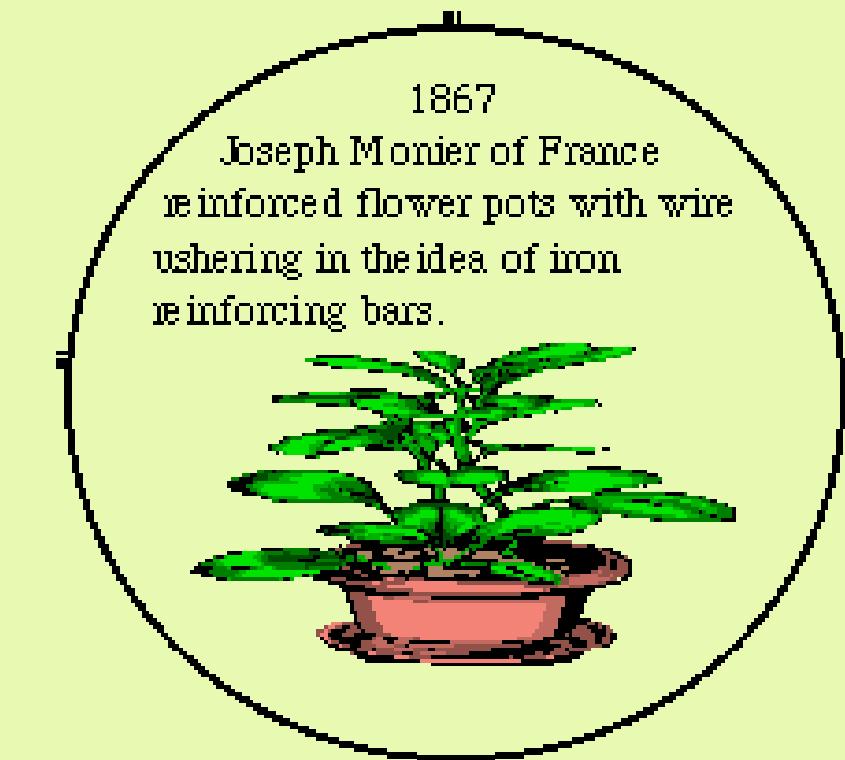
# Lėtų technologijų pažangą gali iliustruoti cemento virsmas gelžbetoniu (bei pamirštos technologijos):



Bėgo tūkstantmečiai ir egiptietiška technologija tapo pamiršta.

Romėnų laikais sukuriama sudėtinga cemento receptūra. Joje vulkaniniai pelenai vaidino nemenką rolę.

**Bėgo šimtmečiai (iki 1824),  
kol buvo sugalvota išdeginti  
**molio** ir **kalkakmenio** mišinį,  
kas buvo pavadinta  
**Portlando cementu**  
(perkamu iki šiol)**

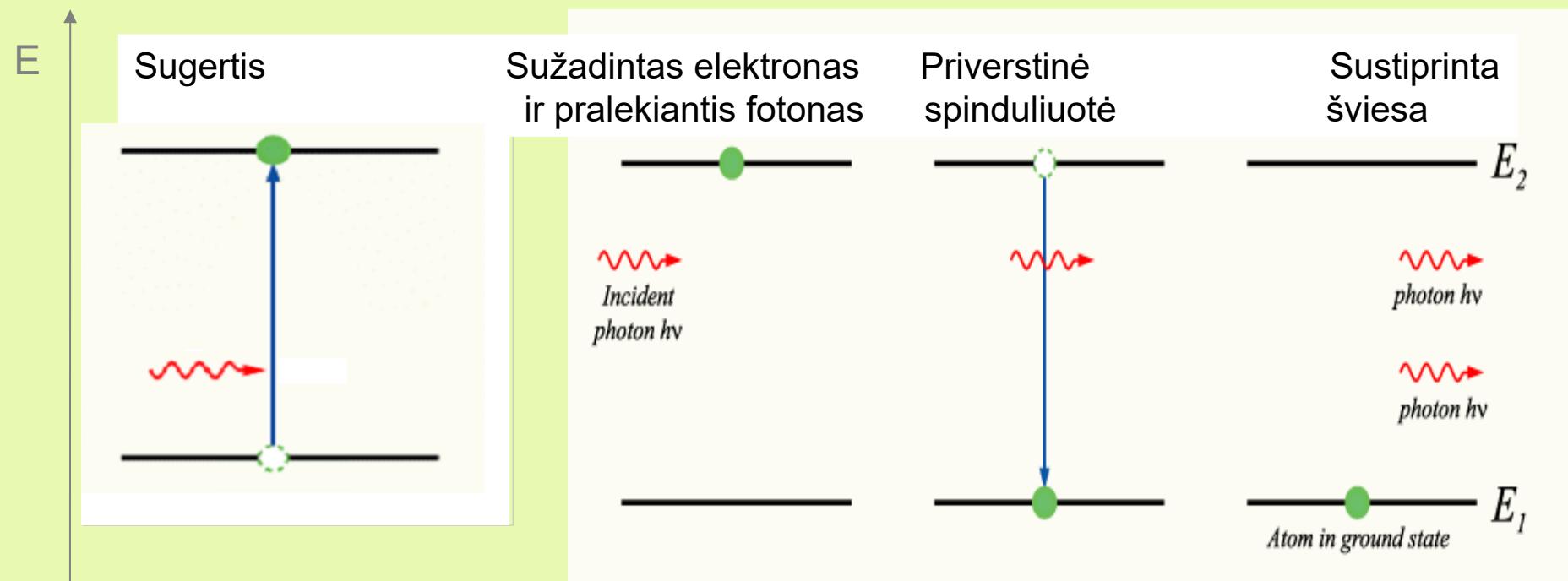
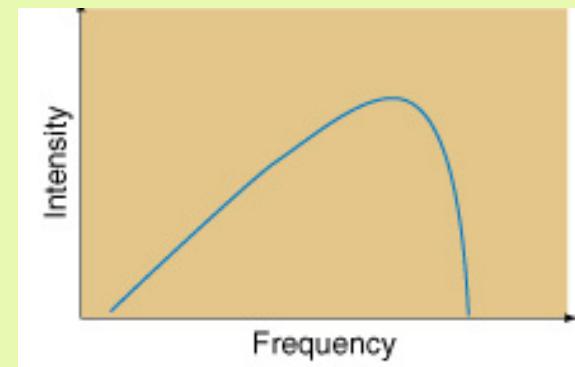


Dabar jau sunku įsivaizduoti, kaip tektų  
statyti namus, jei nebūtų gelžbetonio

# Kitas pavyzdys: rubino kristalas

- Kietas gražus akmuo, tinka karūnoms ir kitiems papuošalam;
- Tačiau dar net senovės arabai atrado, kad per jį apšviečiant Saulės šviesa odos auglius, jie yra išgydomi.
- Šiems kristalams visiškai naują taikymų sritį atvėrė Albertas Einšteinas  
*(pats net nesuvokdamas padaryto atradimo reikšmės)*

**A.Einšteinas, 1917 m. ,  
nagrinėdamas įkaitintų kūnų skleidžiamą  
šviesą, įrodė, kad jei galioja detalios pusiausvyros  
principas (leidžiantis įvesti temperatūros savybę)  
šviesa elektronams gali ne tik suteikti  
energiją, bet ir priversti ją atiduoti**



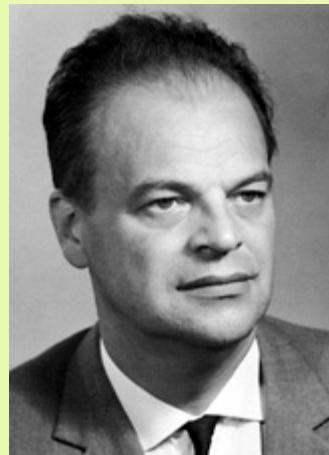
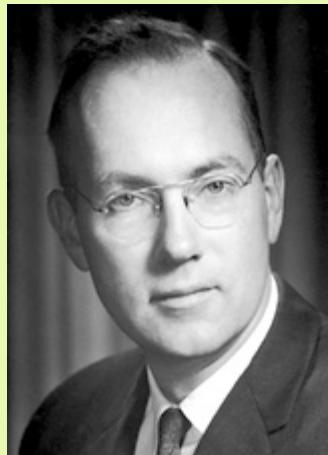
Einšteinas nesuprato, kad tai atveria galimybę  
stiprinti šviesą, ir savo idėjos toliau neplėtojo.

Šviesos stiprinimo galimybė buvo suvokta po  $\sim 20$  m.

Dar po 20 metų tai buvo realizuota: mazeriai ir lazeriai.

### **The Nobel Prize in Physics 1964**

"for fundamental work in the field of quantum electronics, which has led to the construction of oscillators and amplifiers based on the maser-laser principle"



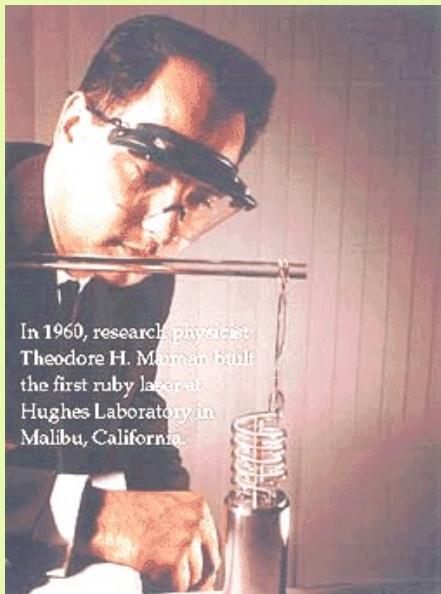
**Ch. H. Townes**

**N.G.Basov**

**A.M. Prokhorov**

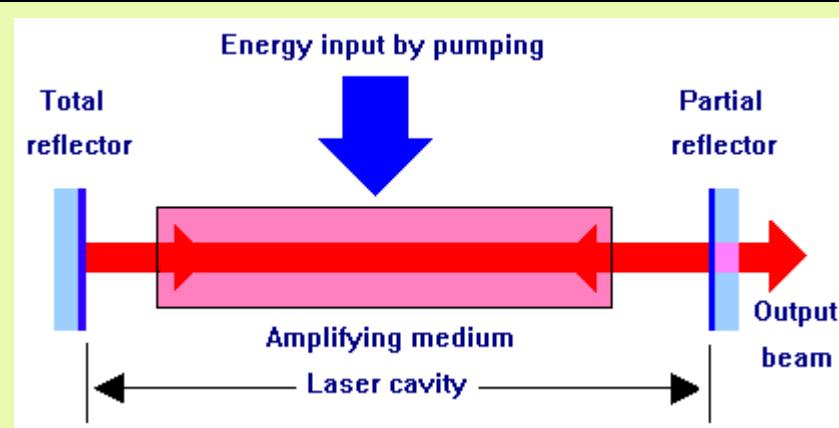
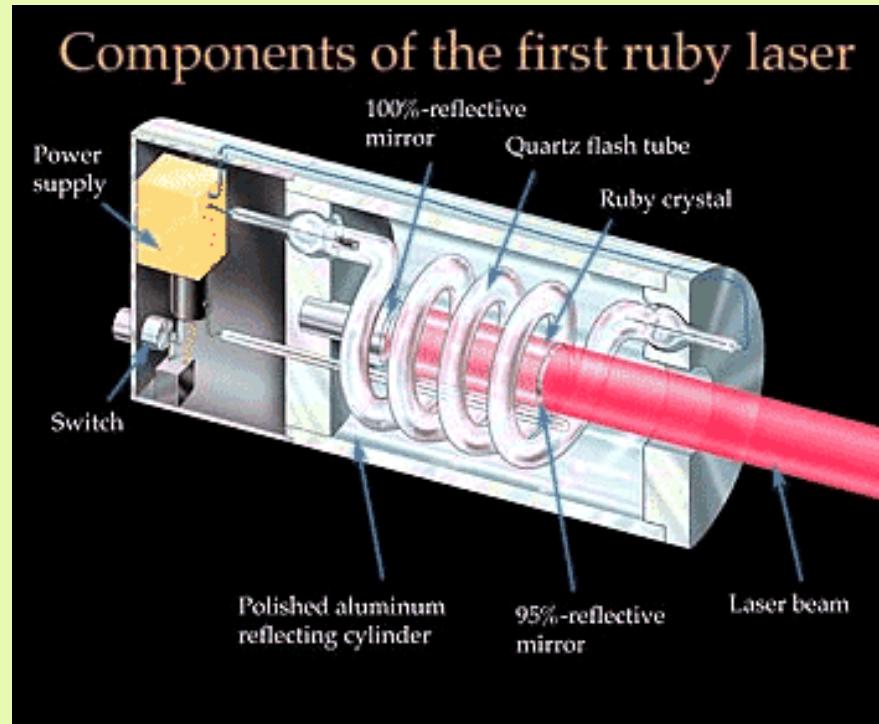
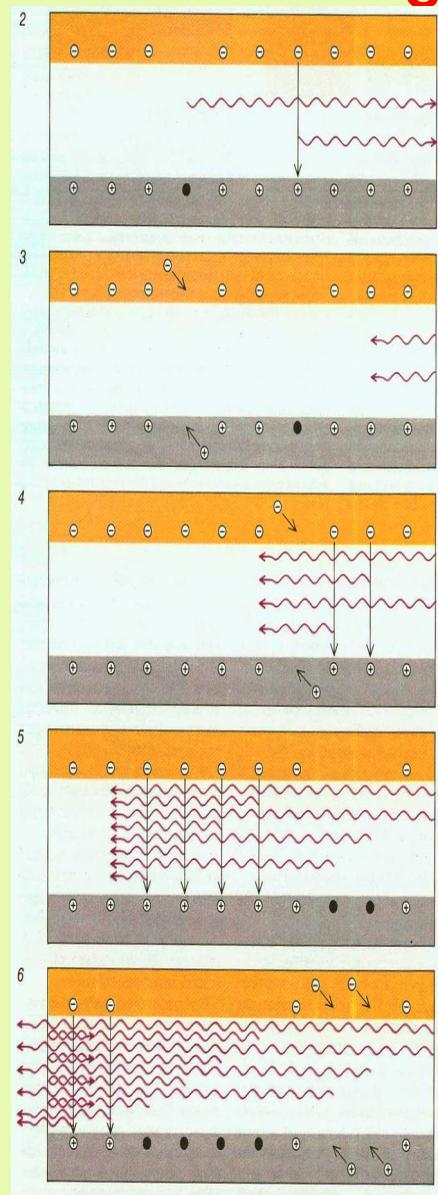
# Rubino lazeris:

1960 T.H. Maiman'as jį  
sukonstravo

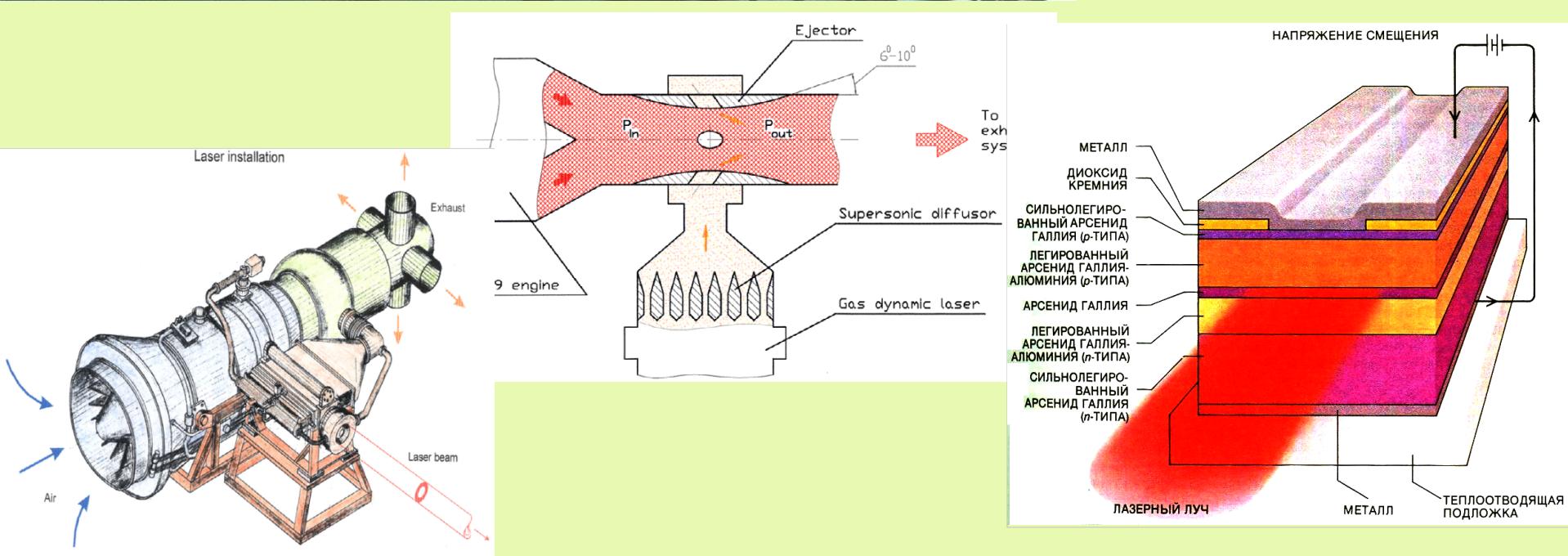
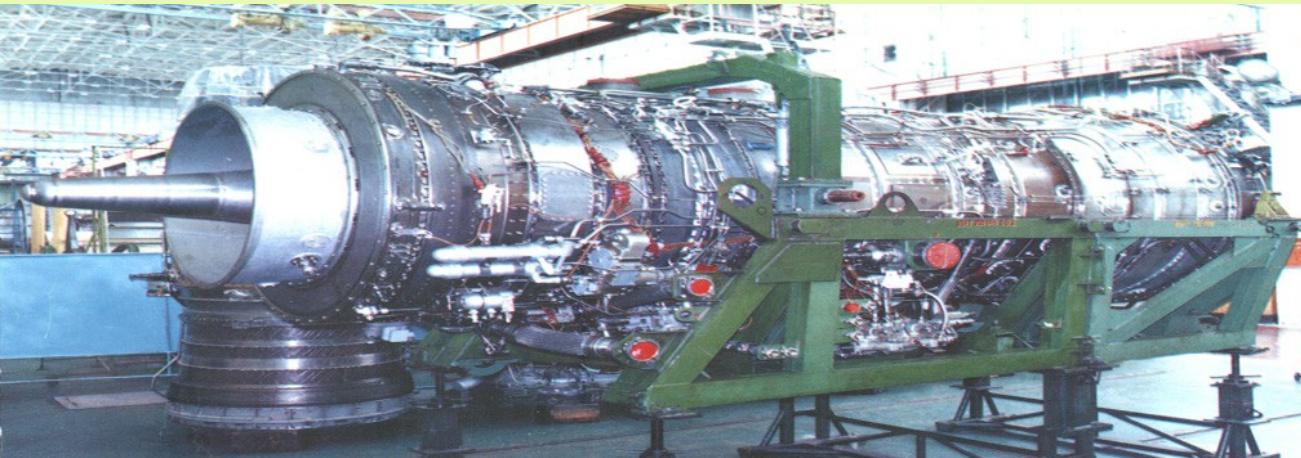


Theodore Maiman  
(1927-2007)

Honorary  
president of  
International  
Academy of  
Laser Medicine  
and Surgery



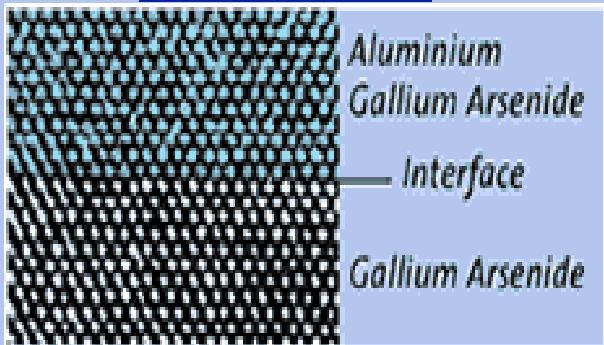
# Dujų dinaminis lazeris GDL100 - 250 kW ir Puslaidininkinis lazeris



# Puslaidininkinis lazeris (heterolazeris)

Dabar dėka Ž.Alfiorovo atradimo jūs visi jais naudojatės (kompaktinių diskų grotuvai, lazeriniai printeriai, ...)

“for developing semiconductor heterostructures used in high-speed- and opto-electronics”.

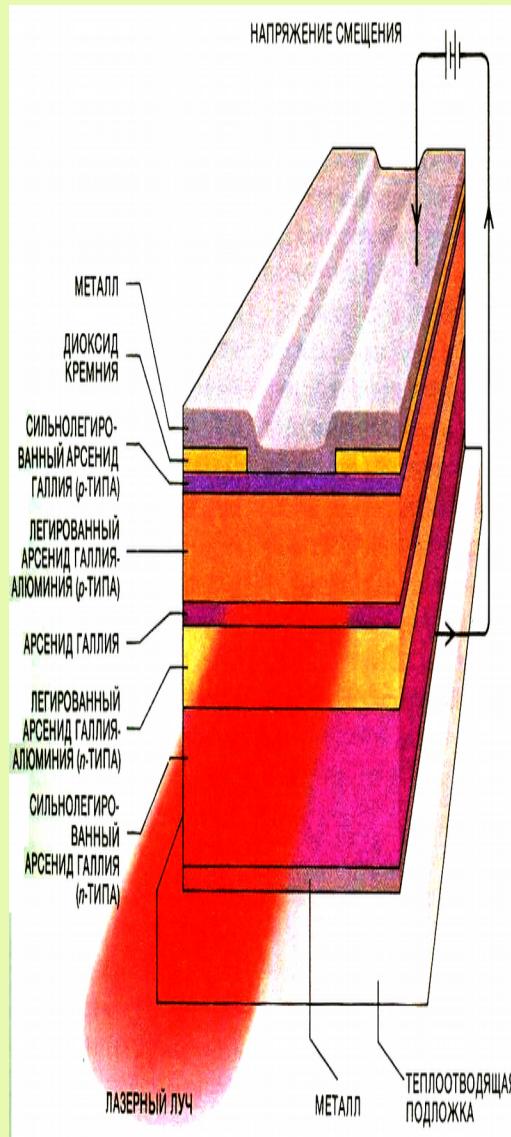


Atoms photographed at the interface of an AlGaAs/GaAs heterostructure.

Photo: Pierre M. Petroff, UIC SB



Zhores I. Alferov



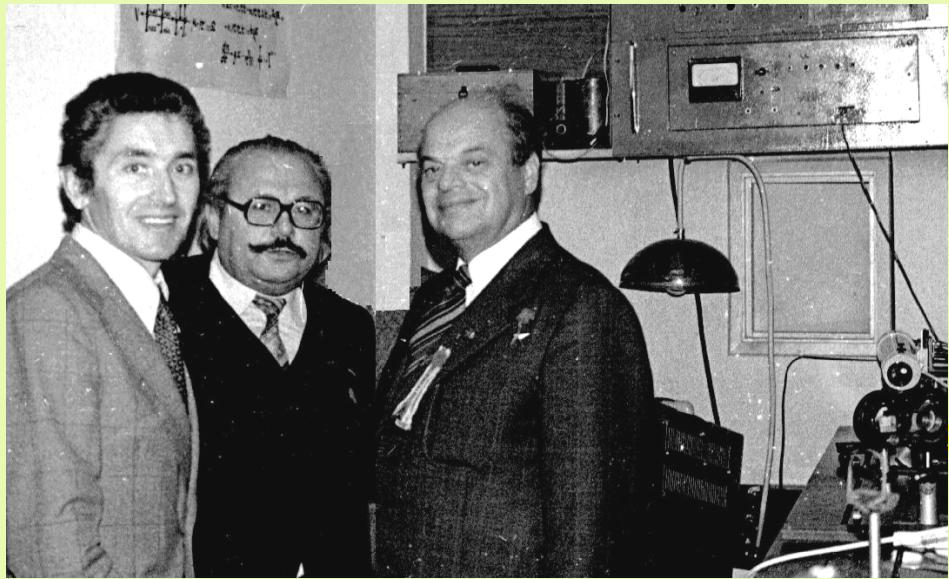
# *Lietuva nebuvo nuošalyje*

1964 m. sutartis su N.Basovo laboratorija (iki jam gaunant Nobelio premiją).

1965 m. dirbtą joje

1966 m. jau Lietuvoje sukonstruojamas lazeris ir jo įvairios modifikacijos dirba iki šiol.

Jo konstravimo „juodą darbą“ atliko trečiakursis studentas R.Baltramiejūnas, vėliau prof, FI direktorius  
Lazeris Lietuvoje jau 50 metų



O šis prietaisas buvo pagamintas Ž.Alfiorovo technologijai kontroliuoti

# Lazeriai medicinoje: Lietuva ne nuošalyje:



**Prof. Jurgis Bredikis**, širdies chirurgas Kauno Medicinos institute 1983 pirmasis pasaulyje panaudojo lazerį širdies operacijai (techninę pusę užtikrino VU (dr. M.Petrauskas) ir Maskvos lazeristai (N.Basovo komanda)

Skobelkin OK, Bredikis Iulu et al Myocardial revascularization using a laser beam (experimental study) Khirurgiia (Mosk). 1984 Oct;(10):99-102.

Obelienius V, Knepa A, et al. Transvenous ablation of the atrioventricular conduction system by laser irradiation under endoscopic control. Lasers Surg Med. 1985;5(5):469-74.

**1989 m. sukonstruojamas pirmasis lietuviškas medicininis lazeris – prof.A.Piskarsko vadovaujamame Lazerių tyrimo centre (VU) (serijinę gamyba vyko Panevėžyje). Dabar kuriami nauji medicininės diagnostikos metodai.**

A.Vaitkuviene, J.Ališauskas, B. Bareika, J.Juodišius, V.Poškienė, A.Usonienė. **Lithuanian Nd:YAG laser “MEDULA” in gynecological practice.** XIII World Congress of FIGO ,1991 Singapore, p.505.

# The Nobel Prize in Physics 1956

"for their researches on semiconductors and their discovery of the transistor effect"



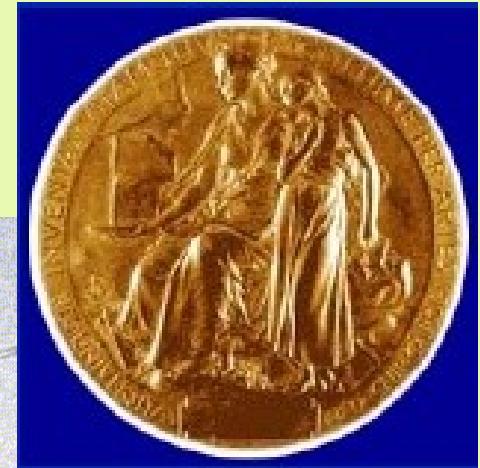
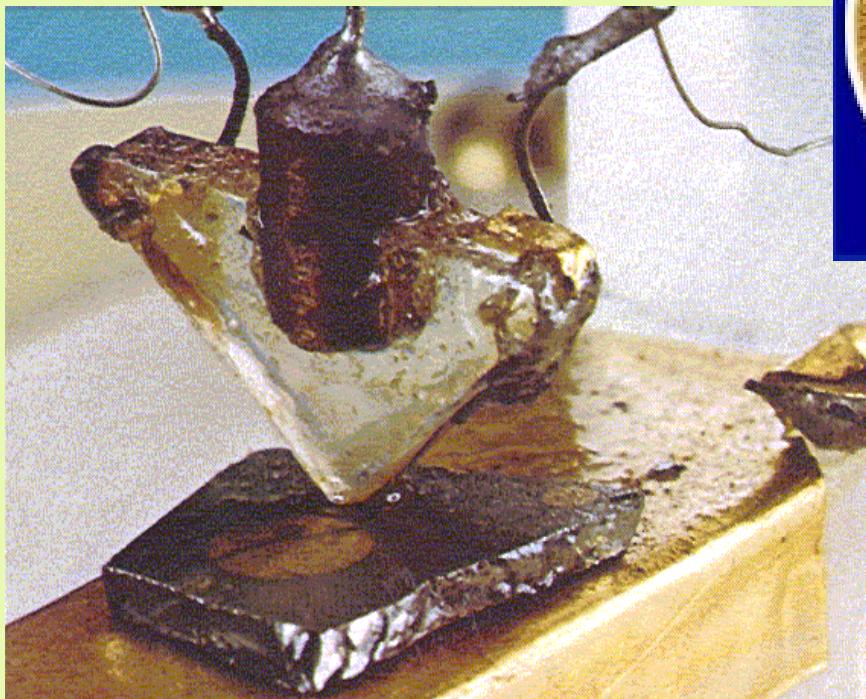
**William B. Shockley**  
Semiconductor  
Laboratory of Beckman  
Instruments Inc. , USA



**John Bardeen**  
U of Illinois  
Urbana, IL, USA



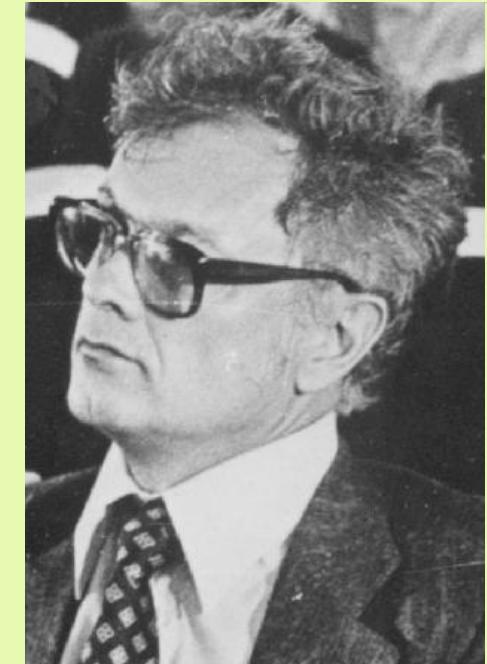
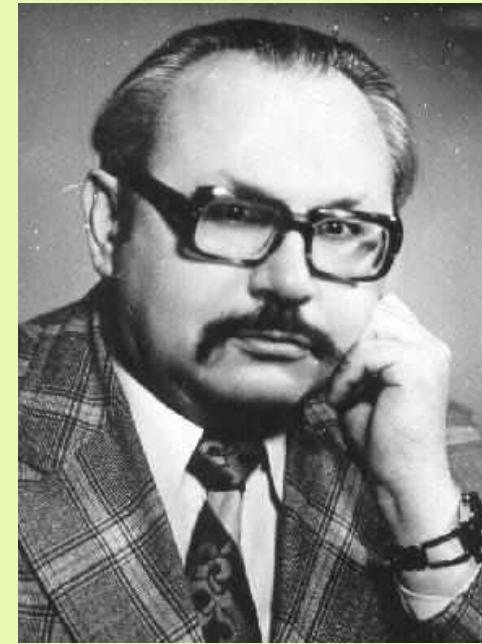
**Walter H. Brattain**  
Bell Telephone  
Laboratories Murray  
Hill, NJ, USA



Pirmasis tranzistorius

# Lietuvos fizikos pradininkai

Puslaidininkiai



**P.Brazdžiūnas   J.Viščakas   J.Požela** (A.Joffe m-la)

# Puslaidininkiai Lietuvoje

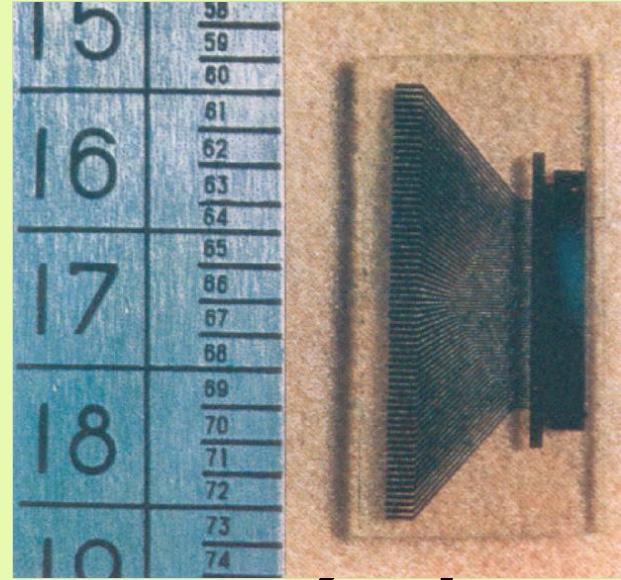
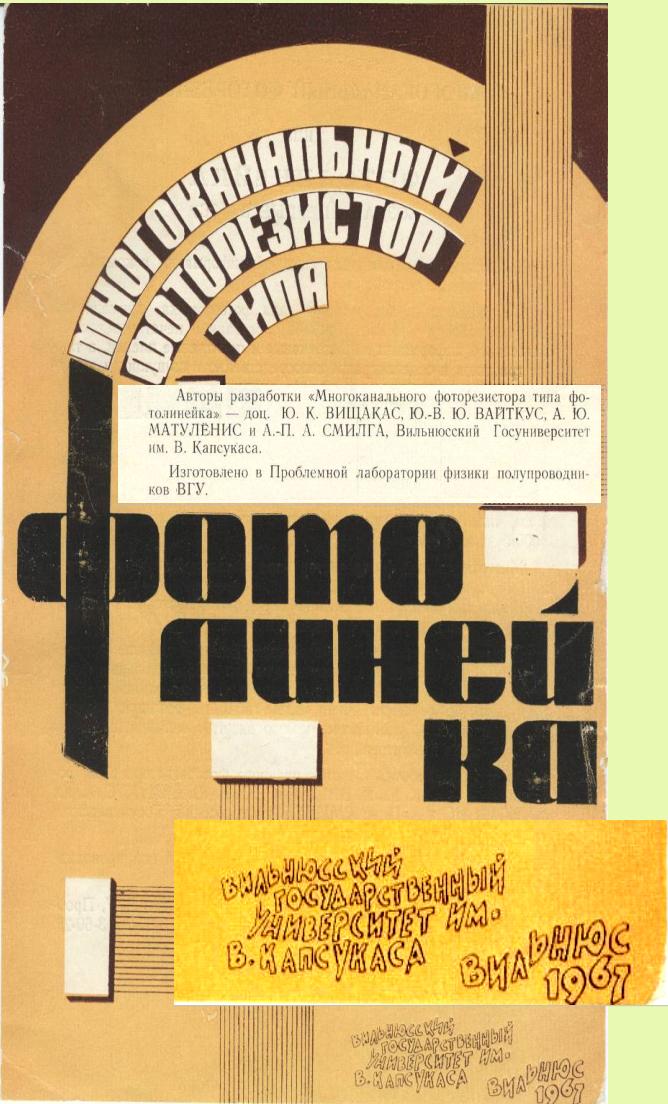
Karšti elektronai ir  
plazma puslaidininkiuose  
Mikrobangos, terahercai

Elektrofotografija ir  
netvarkūs puslaidininkiai,  
organika

Fotolaidumas ir defektai  
puslaidininkiuose,  
nanodariniai ir  
mikroelektronika

Galingu lazeriu sužadinti  
puslaidininkiai,  
fotoniniai kristalai ir  
optoelektronika

# Taikymas – “Foto...



Daugiakanalnis fotoelektrinis keitiklis - **pranešimas** visasajunginiame pasitarime II-VI puslaidininkinių junginių ir jų taikymo klausiniais Kijeve (1966) **bei eksponatas** SSRS LŪAP Maskvoje 1967 m. (2000 ž/s) – **diplomas** ir 1968 m. (2000 ž/s. – **AUKSO medalis (J.V.)**.

**AUTORIAI:** **J. Viščakas** (jo idėja, kad sukurtas sparčias fotovaržas galima pritaikyt kompiuterio "akims", paremta ir pradžioje finansuota Vilniaus SM KB vadovo **L. Telksnio**), **A. Matulionis (elektrodai)**, **A. Smilga (kontaktai)**, **J. Vaitkus (fotojautrus sluoksnis)**. "Fotoliniuotė" įdiegta Rūta-702 įrenginyje (Vilniaus SM KB).

# *The Nobel Prize in Physics 2000*

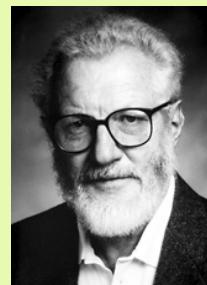
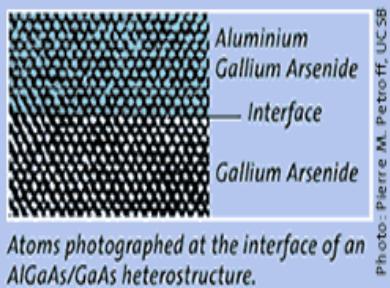
"for basic work on information and communication technology"

"for his part in the invention of the integrated circuit"

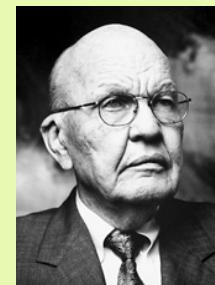
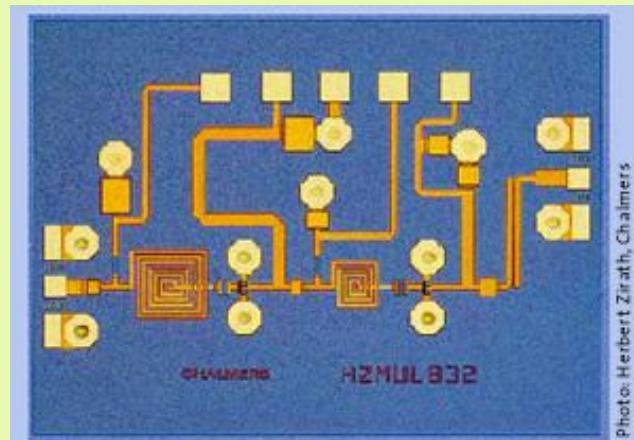
"for developing semiconductor heterostructures used in high-speed- and optoelectronics"



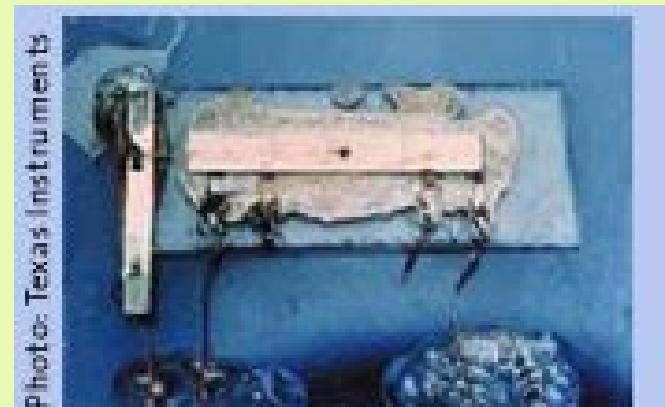
**Zhores I. Alferov**  
b.1930 Russia A.F. Ioffe  
Physico-Technical  
Institute , St.  
Petersburg, Russia



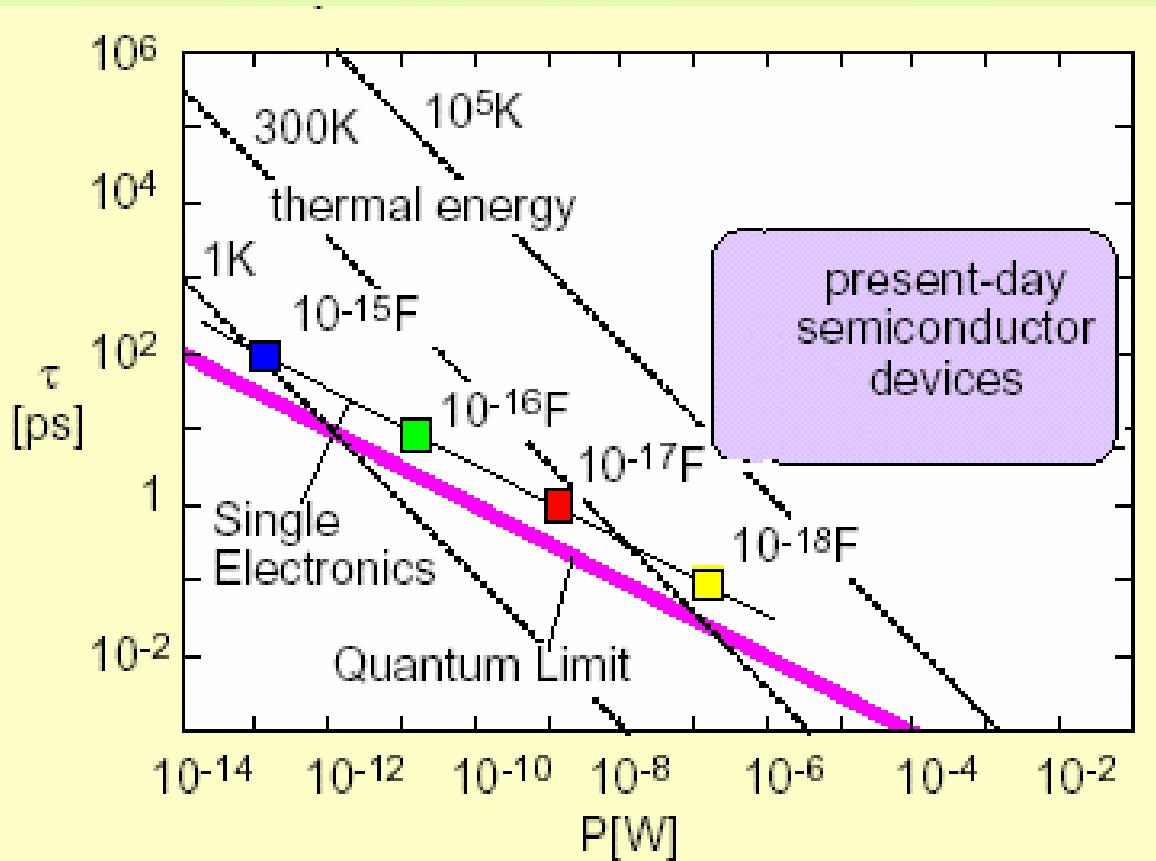
**Herbert Kroemer** b.1928  
Germany University of  
California, USA



**Jack S. Kilby** b.1923  
USA Texas Instruments  
Dallas, TX, USA

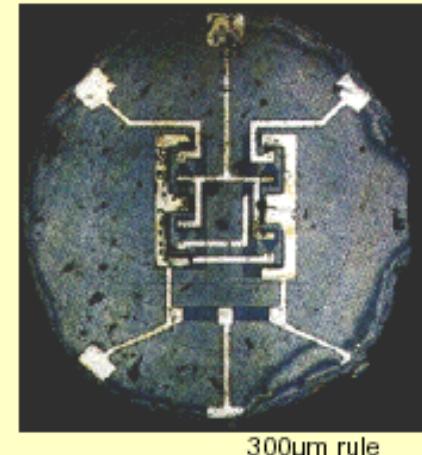


# Modernioji medžiagų inžinerija elektronikos problemos



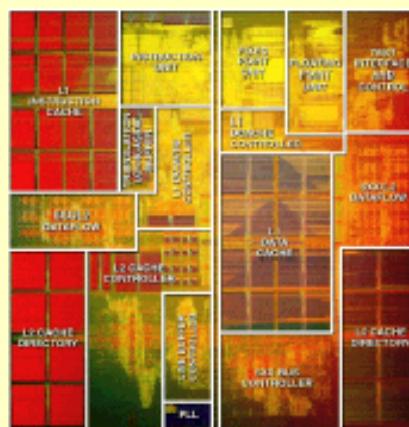
## Semi-classical devices

First Monolithic Integrated Circuit in the World (Noyce, 1959)



300μm rule

Current Microprocessor (2001)



IBM PowerPC  
64-bit  
0.18μm rule  
700MHz  
1.4mm x 1.4mm  
SOI technology

# Didelis kompiuteris



## T2K Tsukuba System

(T2K: Tsukuba, Tokyo and Kyoto Open Supercomputer Alliance)

648 nodes  
Peak performance : 95.4TF  
(95.4 trillion  $10^{12}$  operations/sec)  
Memory 20TB  
Disk 800TB  
Linpack Result:  
Rpeak = 92.0TF (625 nodes)  
Rmax = 76.5TF (83.15 %)  
20<sup>th</sup> position in 2008 Jun Top500

Center for Computational Sciences University of Tsukuba

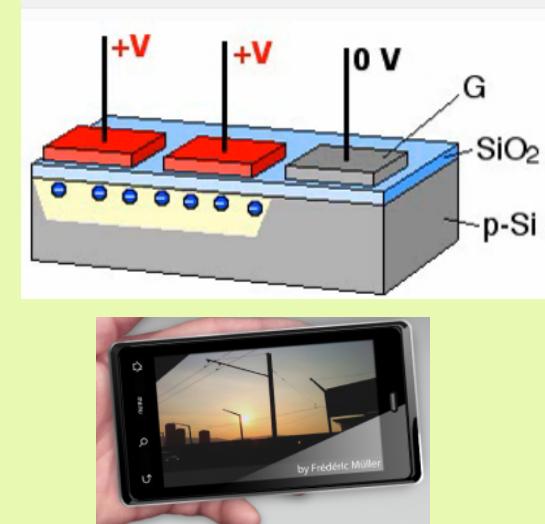
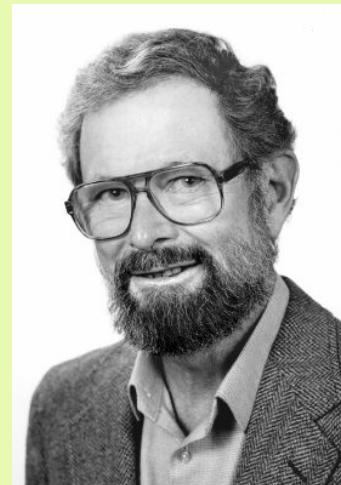
Full bi-sectional FAT-tree Network

Detail View for one network unit

Item	#
Node	696
Level 3 switch	144
Level 2 switch	240
Level 1 switch	232
Total switch	616

※ノード総数696台にはオンラインのスペアノード4台を含みます。

# CCD - Krūvio pernašos prietaisai



“In 1969 Willard S. Boyle and George E. Smith invented the first successful imaging technology using a digital sensor, a CCD”.

“CCD” technologija panaudoja fotoelektrinį efektą, kurį galima sieti su A.Einšteino 1921 metų Nobelio premija, tik jis aiškino elektronų sužadinimo iš metalo į vakuumą dėsningumus, o čia elektronai sužadinami puslaidininkio tūryje.

Šio išradimo iššūkis: registruoti objekto atvaizdą daugelio taškų principu per trumpą laiką ir juos įvesti į atminties įrenginį.

1970 susipažinau su Willard S. Boyle Budapešte ir detaliai aptarėme jų veikimo principus.

1971 m. įtikinėjau Šiaulių Televizijos konstravimo biurą imtis konstruoti tokio tipo kameras, bet jie nesiryžo.



# MĖLYNOJI REVOLIUCIJA



Shuji Nakamura



Tai, ką man pavyko pasiekti, rodo, kad bet kas, turintis palyginti nedidelę patirtį savo veiklos srityje, neturintis didelio finansavimo ir nebendradarbiaudamas su universitetais ir kitomis firmomis, gali vienas pats pasiekti reikšmingų rezultatų, jei pasuka į naują tyrimų sritį neprisirišęs prie visuotinai priimtų idėjų ir žinių.

Mėlyno šviestuko ir mėlyno puslaidininkinio lazerio išradėjas,  
Tūkstantmečio technologijų premijos laureatas *S. Nakamura*



+

1 mln. EUR

Jsteigta Suomijos vyriausybės ir  
verslininkų

Mėlynas šviestukas



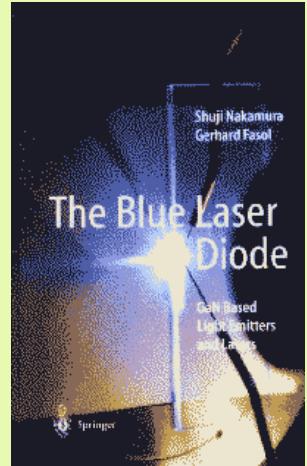
1993

Žalias šviestukas



1995

Mėlynas InGaN lazeris



# Galingu lazeriu sužadinti puslaidininkiai, fotoniniai kristalai ir optoelektronika

Prof. A.Žukauskas, Prof. S.Juršėnas,  
Prof. E.Kuokštis, Prof. G.Tamulaitis  
& Co (plati):

- Puslaidininkiniai šviestukai ir lazeriai;
- Šviestukų panaudojimas žemės ūkyje  
ir apšvietimo sistemoje, biomedicinoje
- Organiniai šviestukai

Kartu su PFI - ES  
ekscelencijos centras

SELITEC

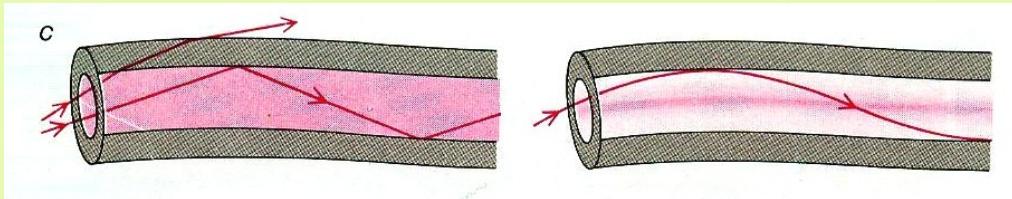


# Vėl truputį apie kitką:

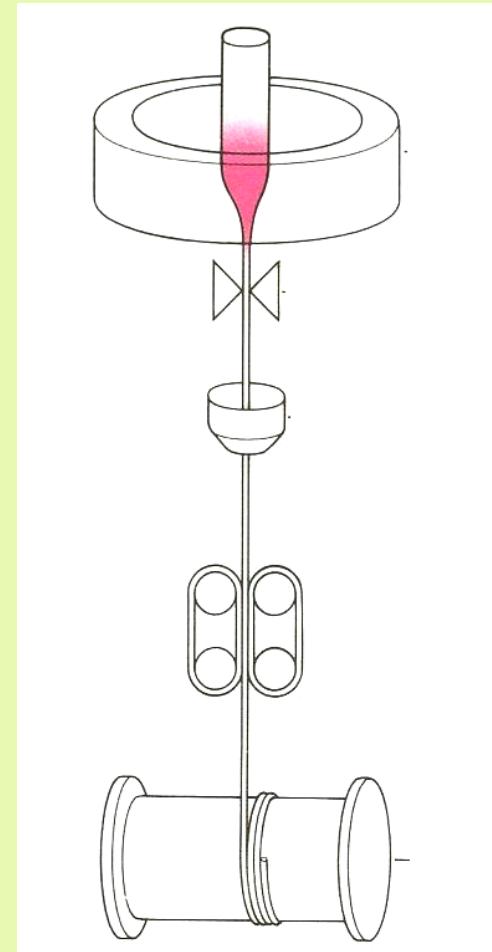
- Stiklą jau žinojo egiptiečiai: labai tiko papuošalams
- Vėliau rado pritaikymą indams,
- Dar vėliau – langams,
- Didžni stiklo lakštai buvo gaminami išpučiant didelius cilindrus, kurie prapjaunami, išskleidžiami ir supjaustomi į plokštės.
- Vėliau sukurtas cilindro traukimo metodas (9 amžiaus pradžioje). Cilindrai buvo 1.8-2.4 m ilgio, 250-36 cm skersmens. 1848 m. Henry Bessemer, anglu inžinierius patentuoja plokščiojo stiklo juostelės formavimo tarps volų metodą.
- Lietuvos (Vytauto Didžiojo) universiteto profesoriaus K.Šliupo pasiūlyta technologija kvarco siūlams gaminti (atspausdinta "Nature" žurnale) atvėrė kelius šviesolaidžiams.



dis



Ištempiant stiklo luitą į siūlą gaunamas ~40 km šviesoolaidis



Kęstutis Šliūpas, **Spiral Springs of Quartz**  
*Nature*, **115**(2903), pp. 943-944 (1925). The following is the method of manufacture. A small hole is drilled into the body of a carbon cylinder near one end, a splinter of fused quartz being driven into this hole.

The Master of Light

The Nobel Prize in Physics 2009:

one half awarded to Charles Kuen Kao "*for groundbreaking achievements concerning the transmission of light in fibers for optical communication*",

Sujungus **puslaidininkų** elektronikos, **lazerių** pasiekimus su **šviesolaidžiais** gautas efektyvios plačiajuostės **telefono, TV ryšių sistemas.**

Jas sujungus su **didelių energijų fizikos** naudojamomis technologijomis CERN’ė gavosi **internetas.**

Sujungus su **radioastronomu** sukurta IT turime **bevielį internetą**



**Bet kurios grandies išjungimas yra viską žlugdantis**

# Reziume – medžiagos pakeitusios civilizaciją

- Keramika, betonas - statybinės medžiagos, net ir indai;
- Stiklas – papuošalai, langai, optinio ryšio linijos, šviesolaidžiai
- Puslaidininkiai - elektronikos medžiagos (kompiuteriai, TV, IT įtaisai, fotoaparatai, ...)
- Polimerai – automobilių padangos, apranga, konstrukcinės medžiagos. (Sintetinė guma – 1930, neilonas – 1935, Nobelio premija – 1953 m.)

# **Makropasaulis: medžiagos, jų rūšys**

## ***II dalis***

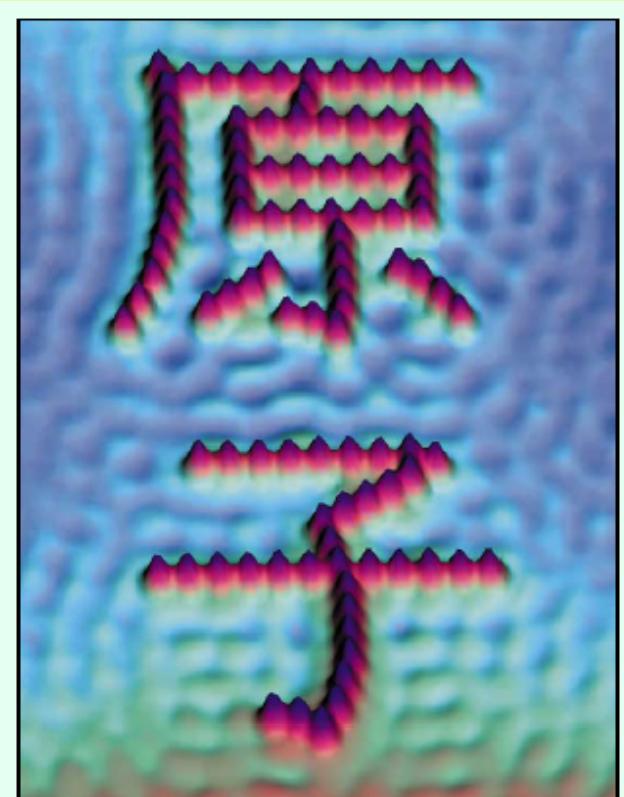
- Nanodariniai
- Svajonių ir, gal kiek, egzotinės medžiagos



# Pirmasis pastebėjimas:

- Ričardas Feinmanas, Nobelio premijos laureatas (1965), viešoje paskaitoje paklausė: ***“Ar Jūs nenorėtumėte Didžiają Britanijos enciklopediją užrašyti ant segtuko galvutės?”***,  
ir pats atsakė, kad dar **neišnaudotos galimybės glūdi technologijose, kurios valdytu atskirus atomus.**

# Sekant pateiku pasiūlymu: atomas - rašymo priemonė



**Writing With Atoms.** Written literally with atoms, the Japanese Kanji above—each just a few nanometers across—means “atom.”

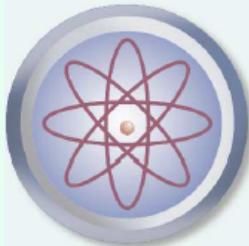
Lieka tik “smulkmenėlės”:

- išmokti stumdyti atomus;
- juos įtvirtinti, kad jie neišjudėtų.

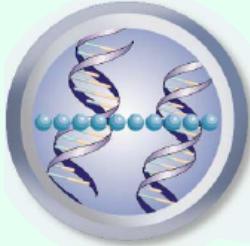
Taip užrašius standartinio A4 puslapio eilutėje tilptą bent 20 milijonų raidžių arba, kitaip pavaizduojant, tai maždaug ekvivalentiška 10 000 A4 puslapių standartinio teksto

# Nano-pasaulis

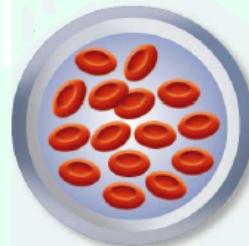
- Formaliai nano-pasaulis yra ten, kur dalelių-veikėjų matmenys yra mažiau už 100 nanometrų (milijardinių metro, milijoninių milimetro dalių):
  - Tai formalus, kiekybinių sąryšių mylėtojams, apibrėžimas, tačiau labai naudingas, norint pastebėti tuos, kurie stengiasi prisiliesti prie nanotechnologijų plėtrai skirtų lėšų, nors patys dirba kitose mokslų kryptyse.



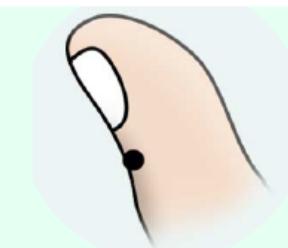
**Less than a nanometer**  
Individual atoms are up to a few angstroms, or up to a few tenths of a nanometer, in diameter.



**Nanometer**  
Ten shoulder-to-shoulder hydrogen atoms (blue balls) span 1 nanometer. DNA molecules are about 2.5 nanometers wide.



**Thousands of nanometers**  
Biological cells, like these red blood cells, have diameters in the range of thousands of nanometers.



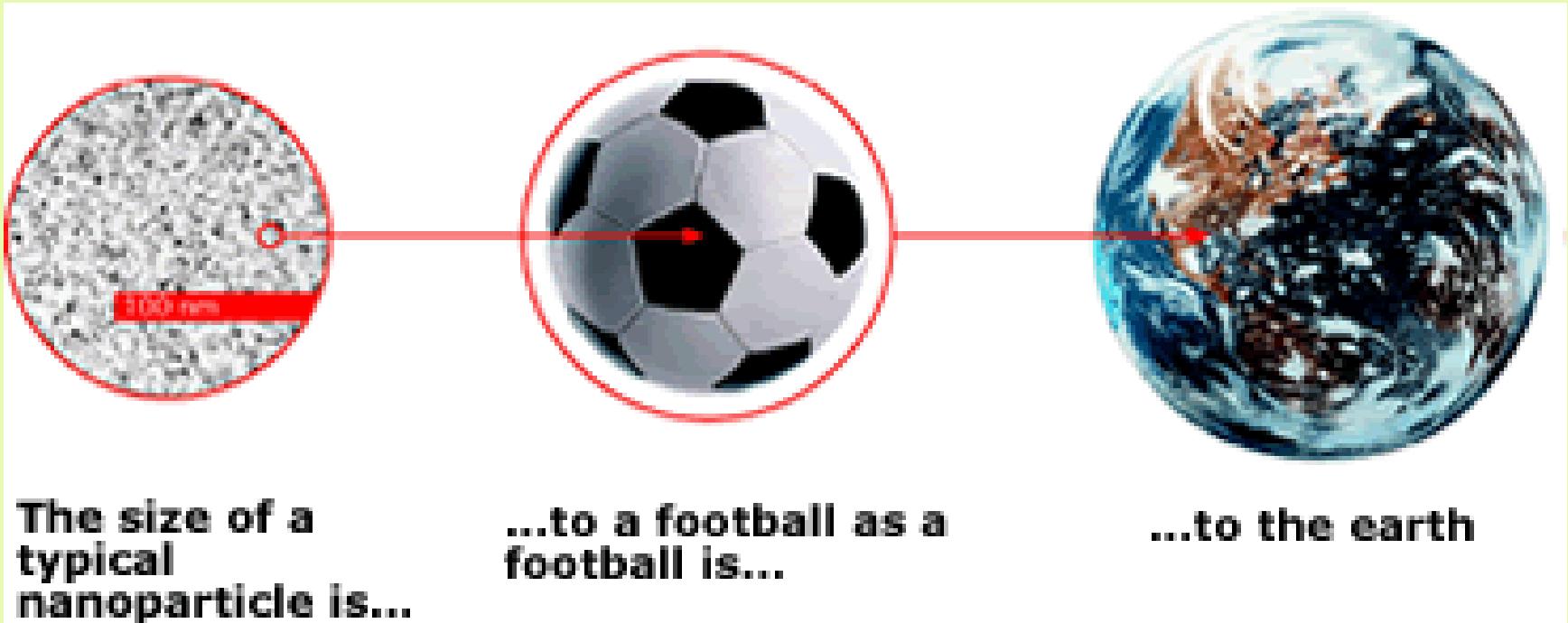
**A million nanometers**  
The pinhead sized patch of this thumb (circled in black) is a million nanometers across.



**Billions of nanometers**  
A two meter tall male is two billion nanometers tall.

# Nanotechnologijos terminas tinka tik tada, jei galioja šie visi reikalavimai:

- Research and technology development at the atomic, molecular or macromolecular levels, in the length scale of approximately 1 - 100 nanometer range.
- Creating and using structures, devices and systems that have novel properties and functions because of their small and/or intermediate size.
- Ability to control or manipulate on the atomic scale.



# Nanopasaulyje:

Nanodarinių savybės priklauso nuo jų dydžio keičiasi ju:

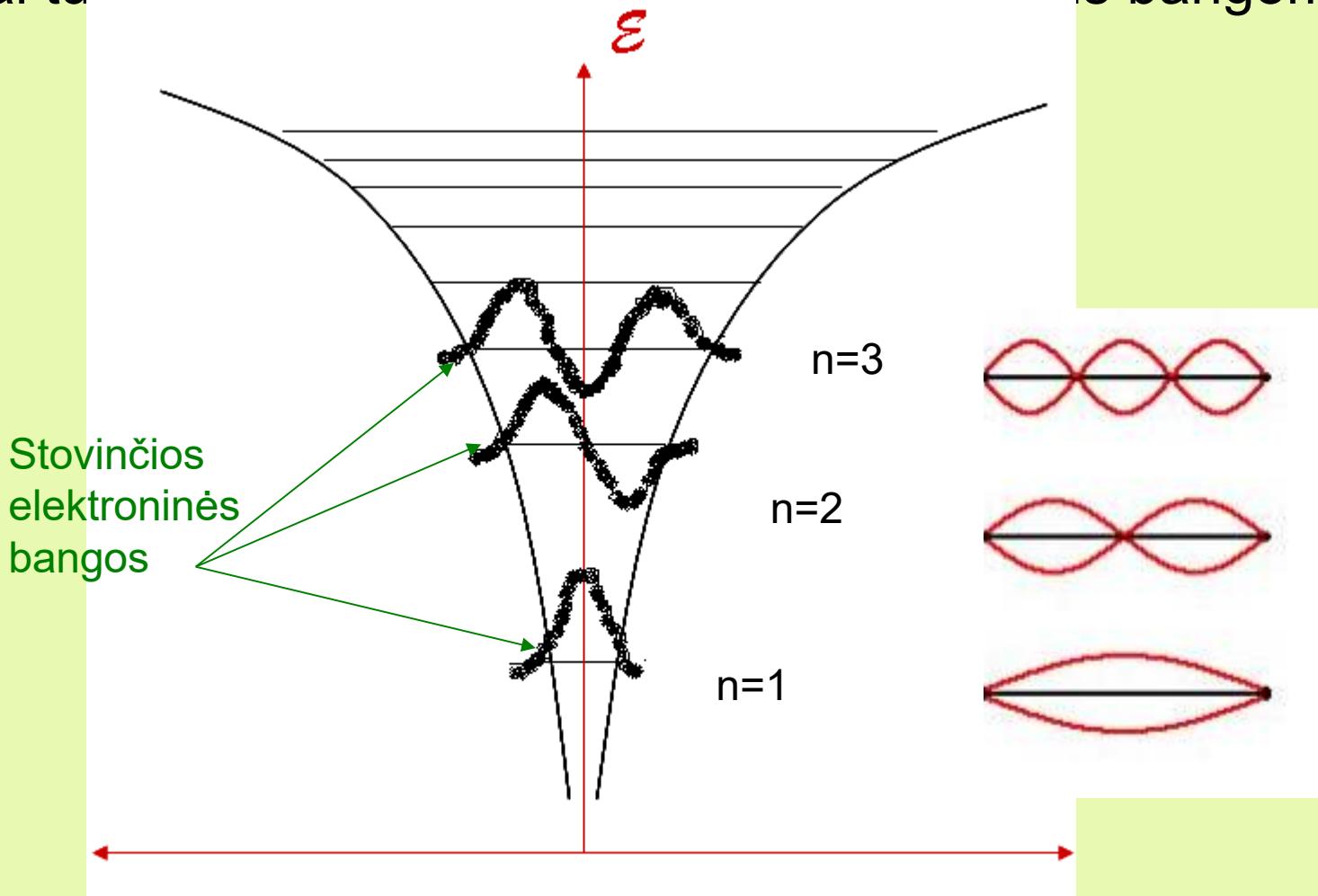
lydymosi temperatūra,  
elektrinės ir magnetinės savybės,  
atspindžio ir švytėjimo spalva,  
cheminės savybės.

*Aukso nanodalelės nebéra geltonos, jos gali būti raudonos ar purpurinės*

Esmė glūdi tame, kad tose dalelėse – nanodariniuose – turi akivaizdžiai veikti elektronų banginės savybės.

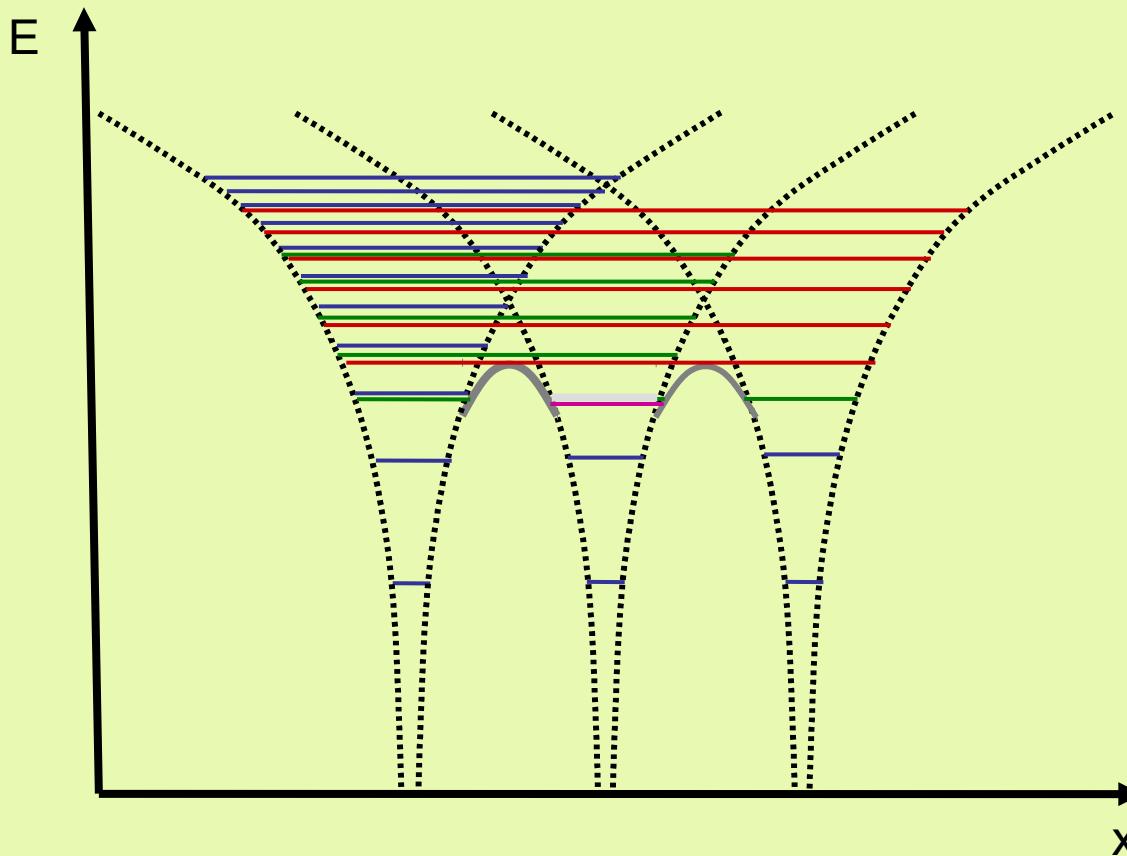
*– elektronai turi būti išsprausti, jie turi virsti stovinčiomis bangomis.*

Stovinčios elektronų bangos atome:  
elektronai turi būti isprauisti iie turi virsti stovinčiomis bangomis.



O nuo čia jau galime kalbėti apie nanomokslą !

# Nanodarinys – tai keli atomai. Kuo ypatingi nanodariniai?



Keli teoriniai teiginiai:

# Ką salygoja elektronų įspraudimas nanodarinyje?

- Keičiama būsenų energija! Dėl to keičiasi cheminės savybės.
- Keičiasi būsenų energijų skirtumas! Dėl to keičiasi darinio optinės savybės.

# Ką sąlygoja elektronų įspraudimas nanodarinyje?

- Įsprausti viena kryptimi elektronai judėdami kitomis kryptimis mažiau sklaidomi, **todėl jie juda greičiau.**
  - Todėl kompiuteris dirbs sparčiau, jei jo tranzistoriai bus su įspraustais į plokštumą elektronais
- Kuo didesniu mastu (keliomis kryptimis) **jie įsprausti, tuo mažiau skaldo energiją.**

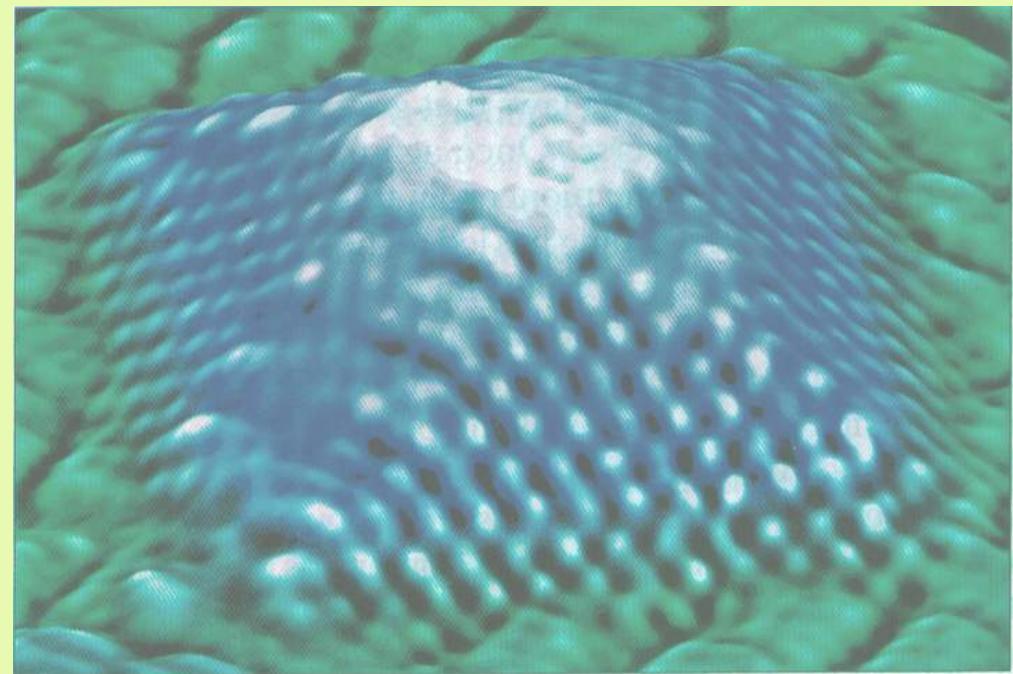
# Kas būdinga nedideliame atomų ansambllyje?

- Atomai išsidėsto taip, kad būtų minimali betvarkė.

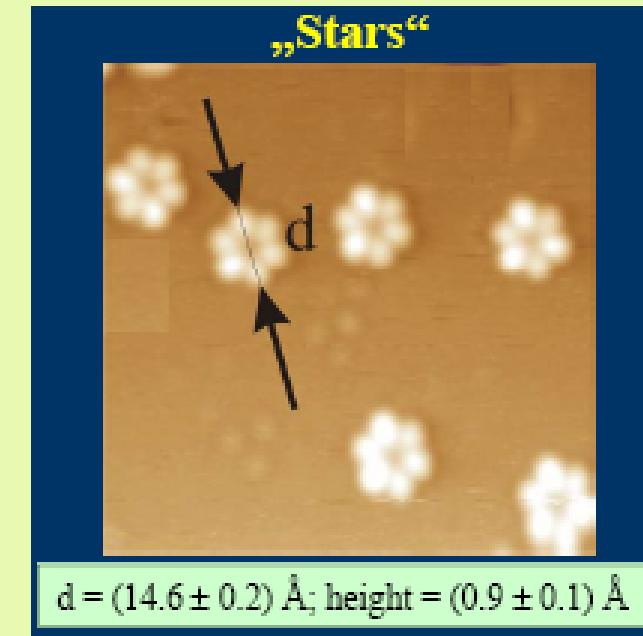
Tai reiškia, kad visi atomų klasteriai (dariniai), jei vienodas jų dydis, yra vienodi !!!

Užtenka teorijų,  
toliau pavyzdžiai, kas realizuota  
ar kuria kryptimi einama.

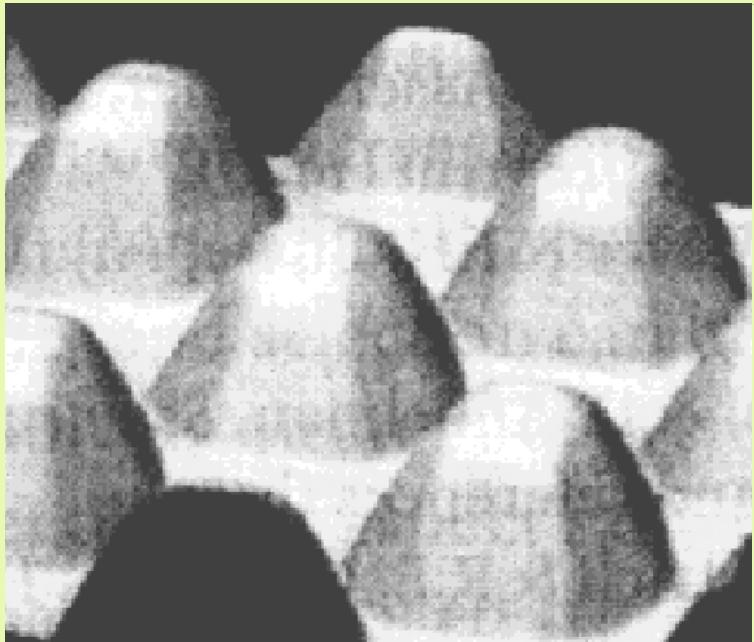
# Vienodi klasteriai



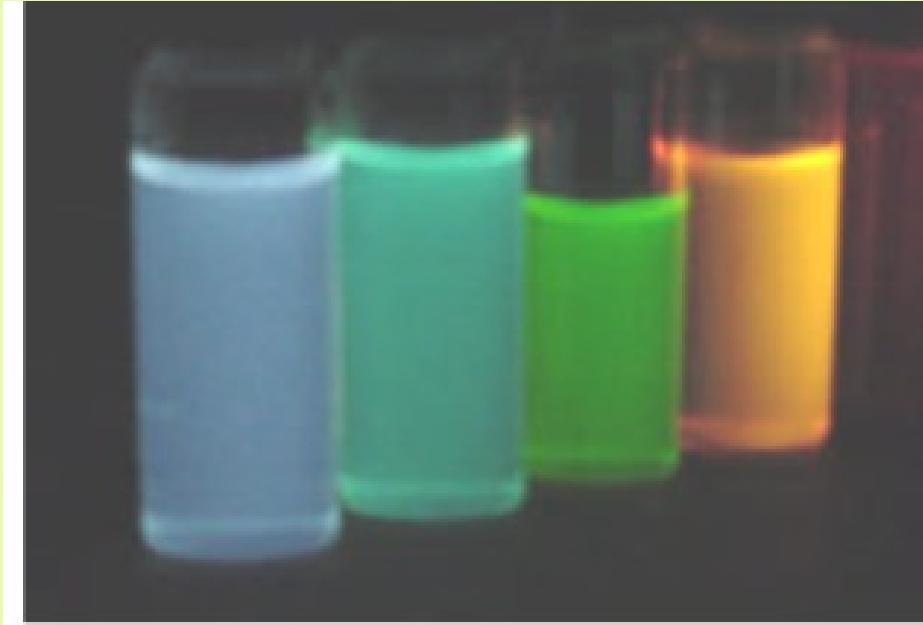
A pyramid of germanium atoms that formed spontaneously when germanium was deposited onto a silicon surface. Each round feature in the image is an individual atom. The pyramid is one of a billion others that formed on a sample  $0.1 \text{ cm}^2$ . Its base is  $10 \text{ nm}$  wide



$d = (14.6 \pm 0.2) \text{ \AA}$ ; height =  $(0.9 \pm 0.1) \text{ \AA}$



# Spalvos priklausomybė nuo klasterio dydžio



Nudažytos CdSe nanodariniais  
polistirolio mikrosferos

Švyti skirtingo dydžio CdSe  
nanoklasteriai (Sužadintas  
CdSe kristalas švyti labai  
tamsia raudona spalva)



Cheminės savybės priklauso nuo  
nanodalelių dydžio.

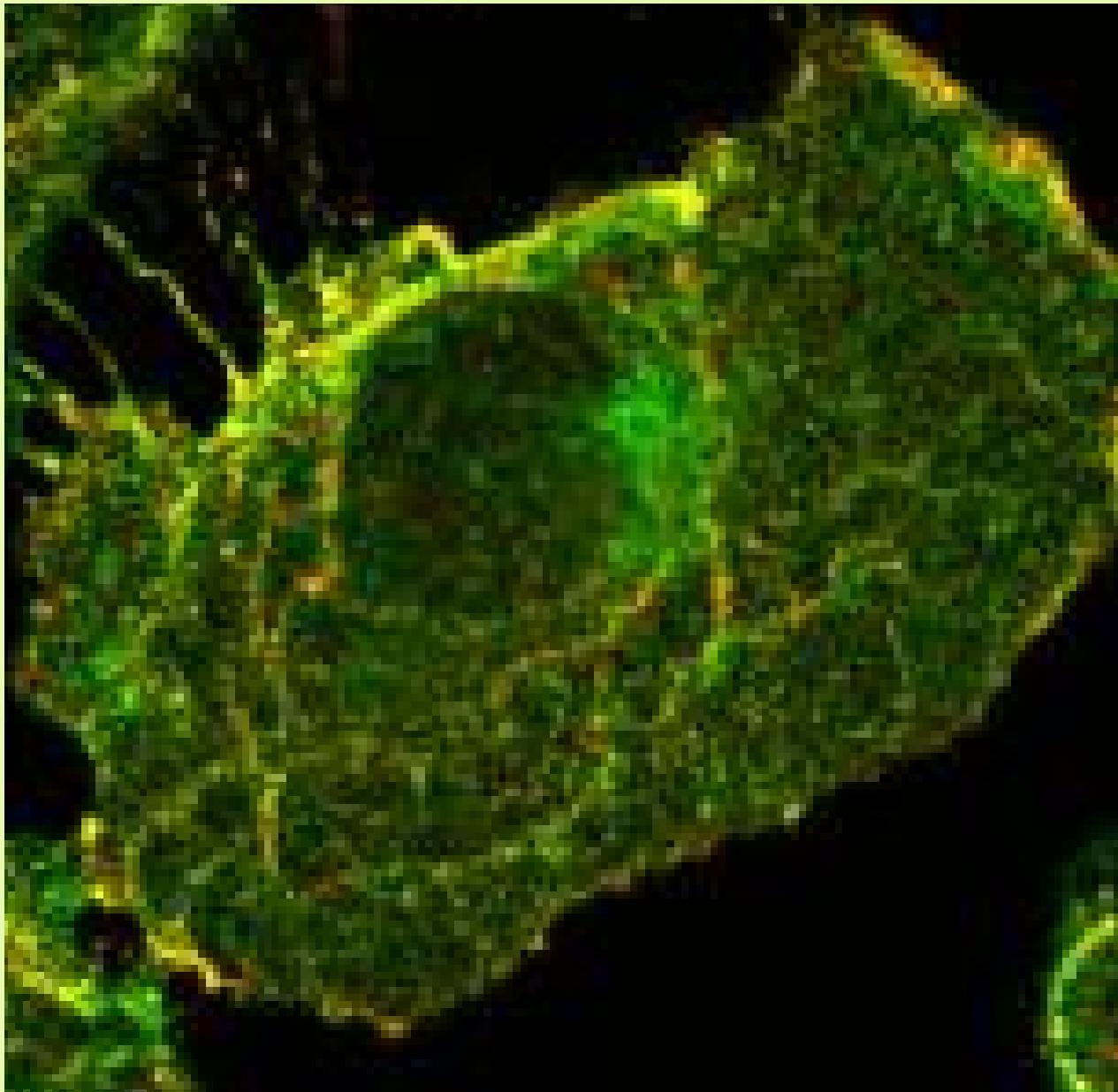
*Tai efektinga katalizeje.*

- Jei panaudojami nanoklasteriai, tai valdomas katalizatoriaus aktyvumas,
  - o iš nanodarinių pagamintas katalizatorius savo ruožtu yra ypatingai didelio paviršiaus ploto,
  - dėl to dar išauga jo veikimo efektingumas. (Fordo kompanija skelbia, kad tai naudoja automobiliuose nuo 1970)

# Kas iš to seka biomedicinai?

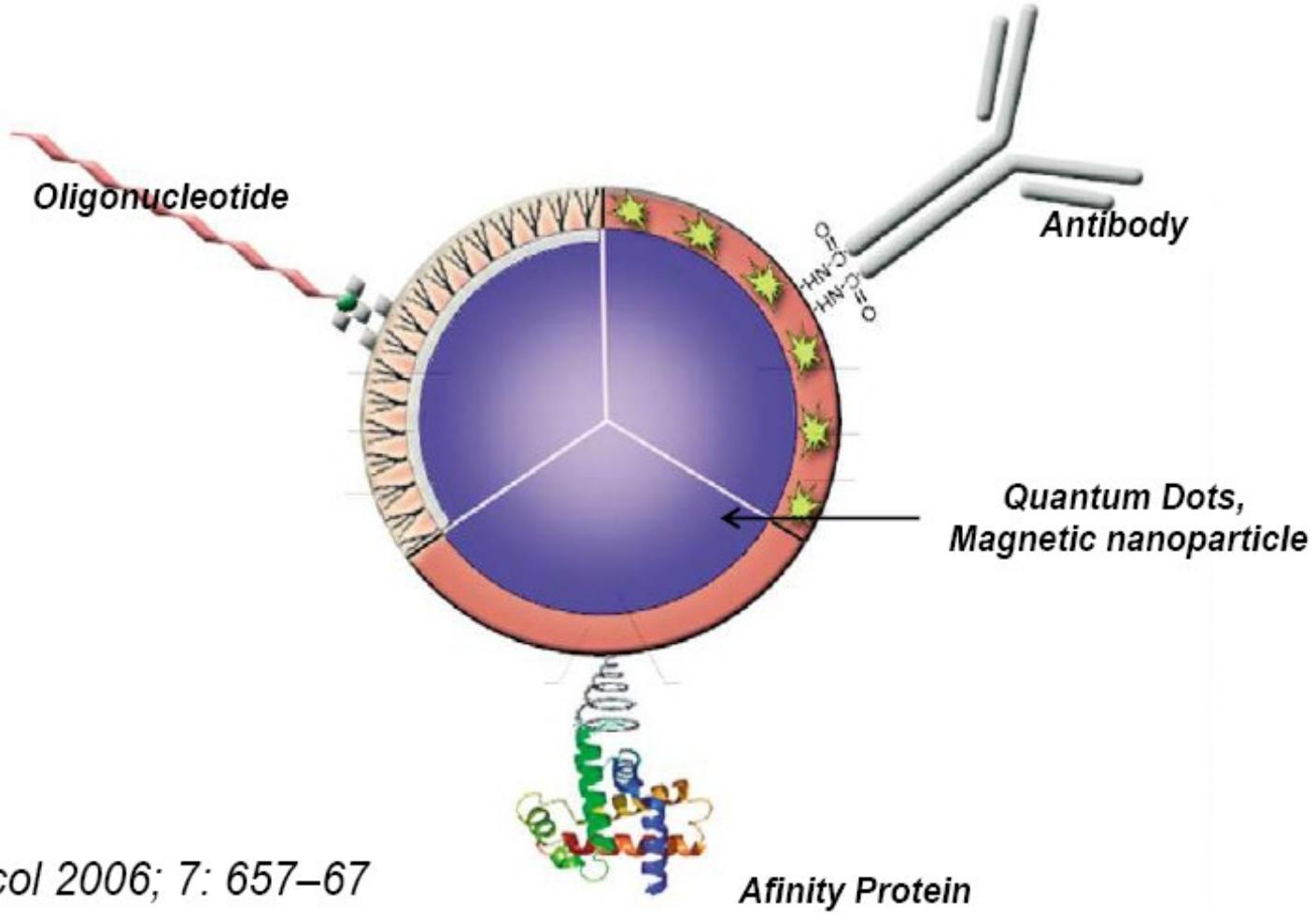
- Kai nanoklasteriai panaudojami medicininėje analizėje, jie prikabinami prie DNR atpažįstančio darinio:
  - ir jei šis darinys surado ląstelėje tai prie ko jis gali prikibti, pvz., prie viruso ar vėžio darinio, tada jis lieka ląstelėje ir sužadintas gali būti pastebėtas.
  - Jei nebuvo kur prikibti, tai yra pašalinamas.
- Skirtingiems DNR fragmentams panaudojus skirtingų spalvų nano-priekabas, gaunama paprasta medicininė diagnostika, tam tikslui kuriamei specialūs nano-lustai.

# Nanodariniai balytmų atpažinimui



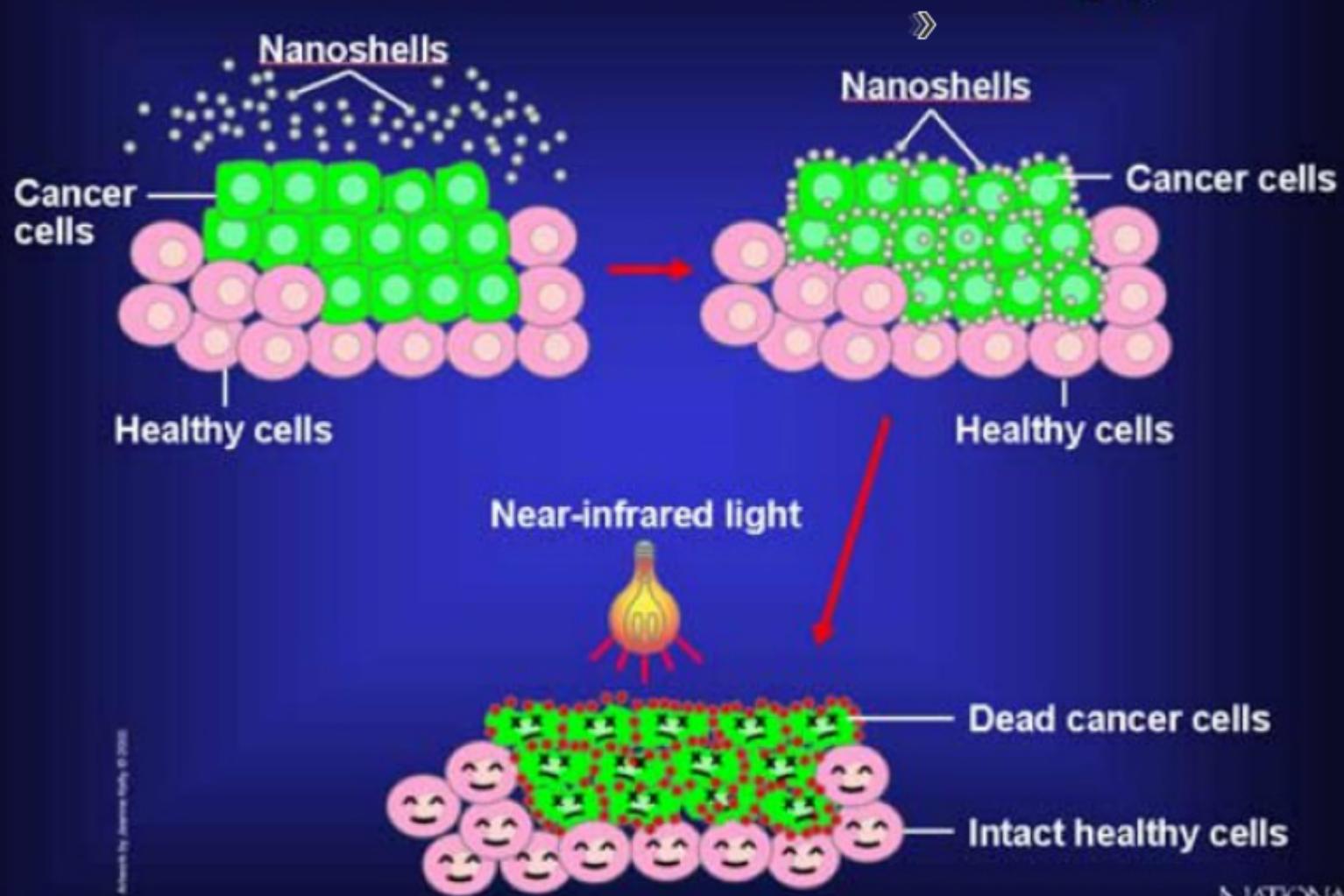
Kvantiniai taškai (raudoni) , t.y.,nanodalelės, rodo, kur yra augimą skatinantys hormonai (source: MPI Göttingen)

# Disease Detection - Nanoparticles



*Lancet Oncol 2006; 7: 657–67*

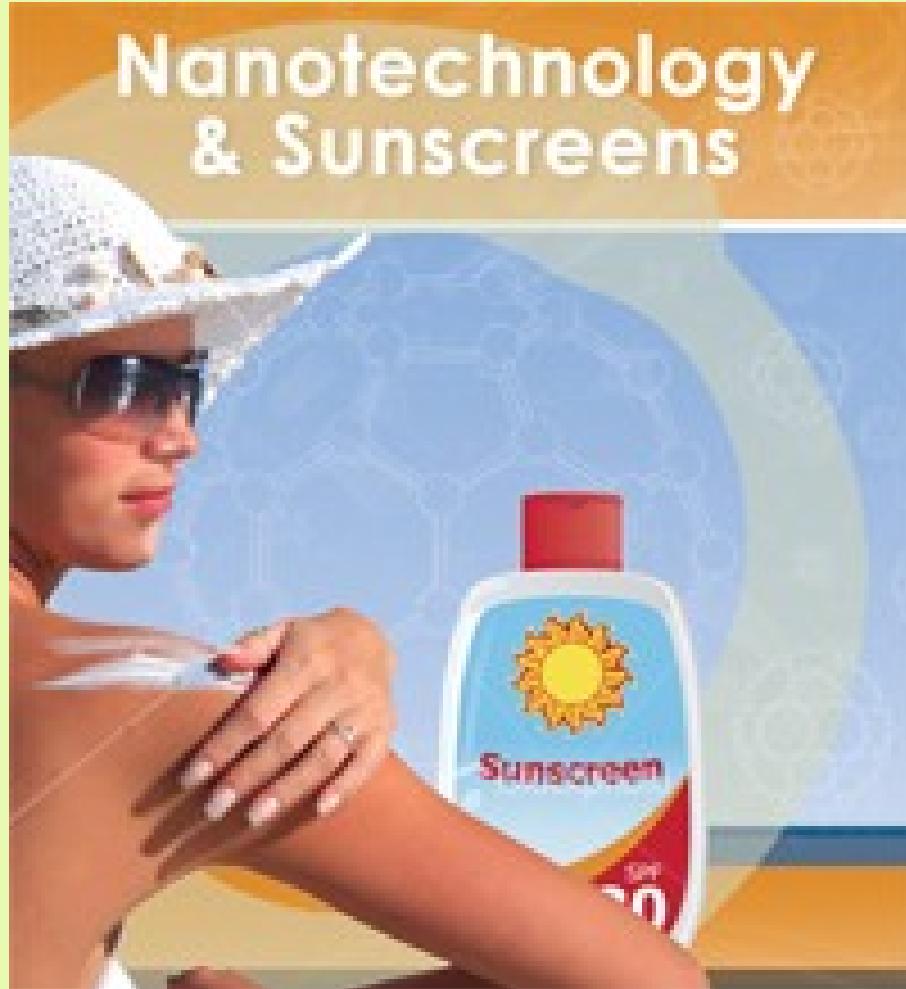
# Nanoshells as Cancer Therapy



# Nanodalelės metalų technologijai

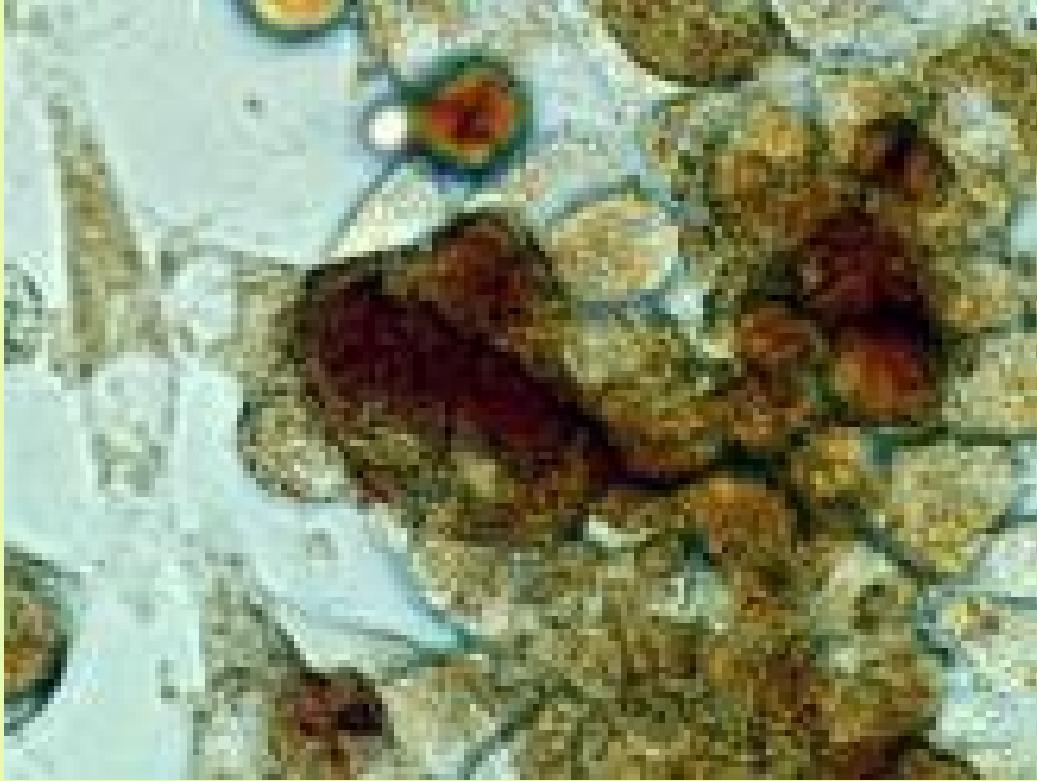
- Metalų kietumas kinta atvirkščiai proporcingai šakniai iš jų sudarančių kristalitų skersmens. Kuo smulkesni kristalitai, tuo jis tvirtesnis.
- Nanotechnologija kuria:
  - Stipresnius metalus;
  - Lengvesnius kompozitus (metalas ir plastikas), kodėka mažėja įrengimų svoris ir jie tamps stipresnais.

# Nanokosmetika



Nanomedžiagos naudojamos jau daugiau negu 116 apsaugos nuo Saulės kremuose, kosmetikos ir asmeninės higienos produktuose, jau esančiuose prekyboje ...

# Nano dalelės fizioterapijai



## Nanodalelės žmogaus smegenų auglyje

- Geležies oksido nanodalelės ištirpusios vandenyje įvestos į auglio audinį.
- Dėka mažo dydžio jos lengvai patenka į tarpelius tarp laštelii;
- Dėka magnetinių savybių jos išoriniu lauku yra virpinamos, todėl įkaitina audinį iki  $> 45^{\circ}\text{C}$  temperatūros, kas ardo augli.

# Nanodalelės metalų technologijai

- Metalų kietumas kinta atvirkščiai proporcingai šakniai iš jų sudarančių kristalitų skersmens.  
*Kuo smulkesni kristalitai, tuo metalas tvirtesnis.*
- Nanotechnologija kuria:
  - Stipresnius metalus;
  - Lengvesnius kompozitus (metalas ir plastikas), kodėka mažėja įrengimų svoris ir jie tamps stipresnais.
  - Medžiagas nematomas radiolokatoriais

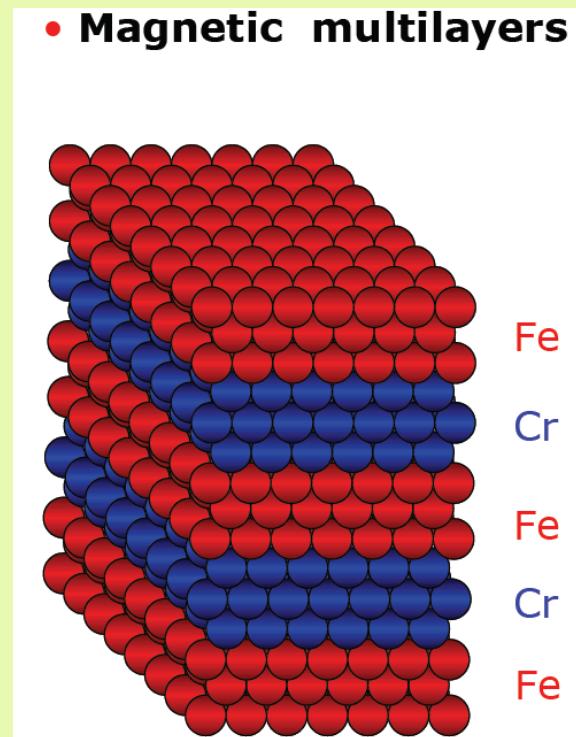
# The Nobel Prize in Physics 2007

"for the discovery of Giant Magnetoresistance"

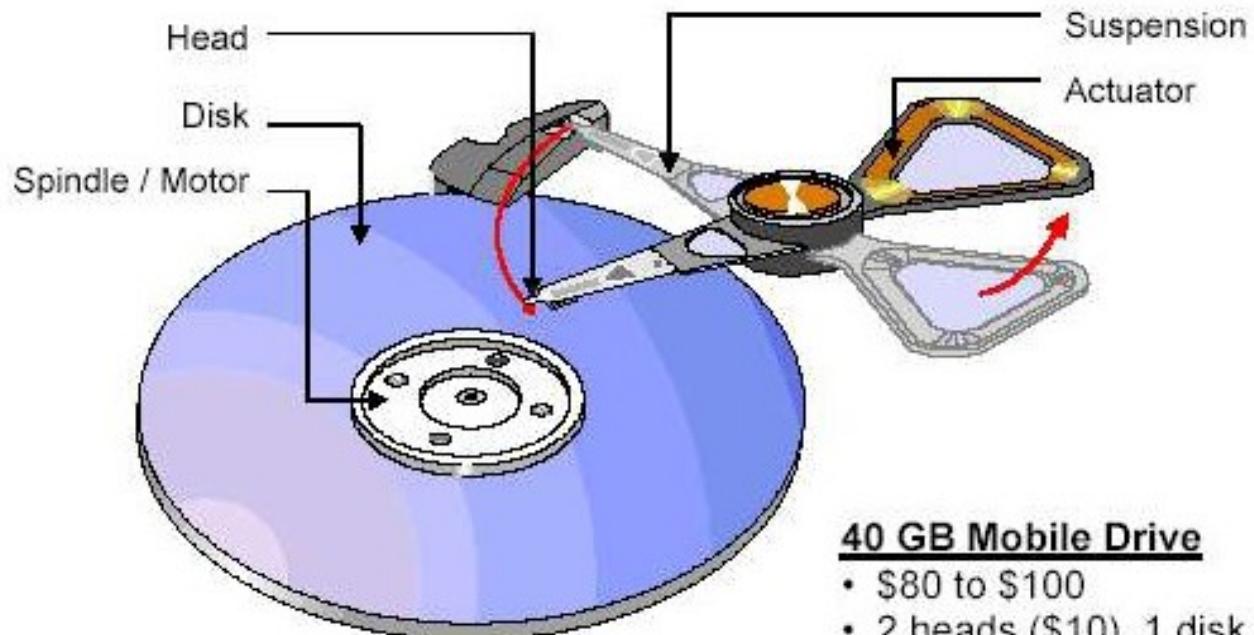


Albert Fert

Peter Grünberg



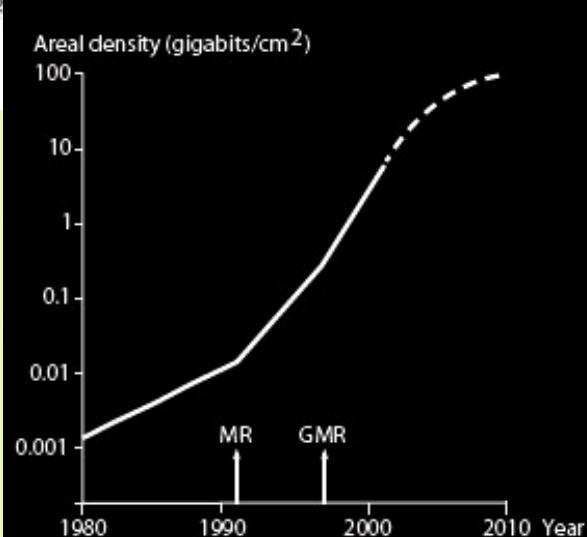
## The Magnetic Recording System



### 40 GB Mobile Drive

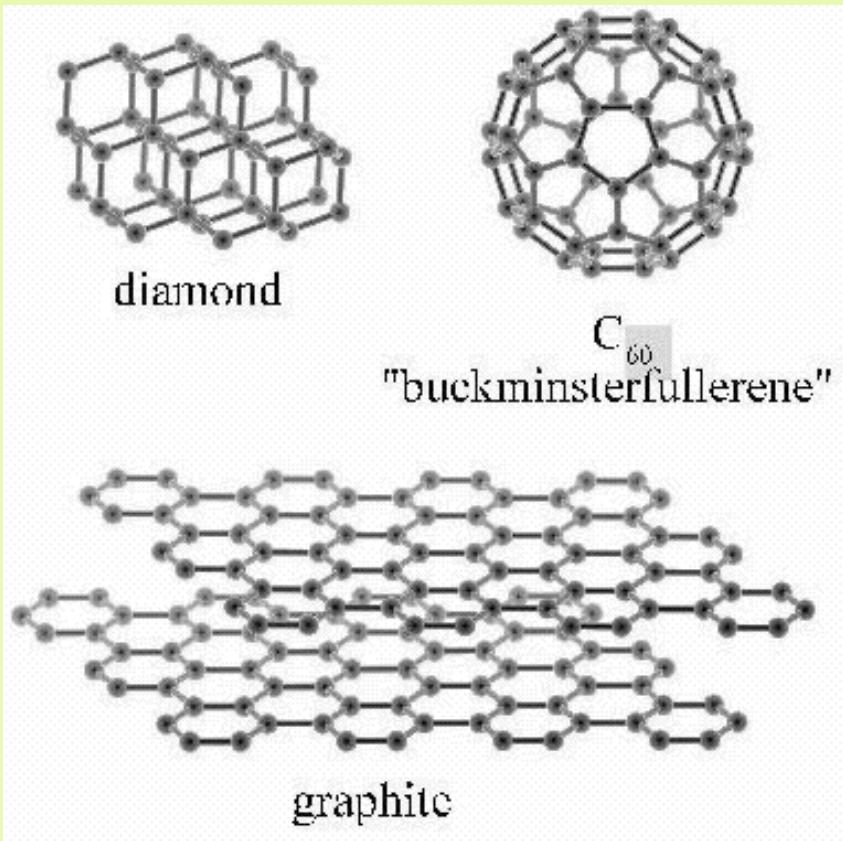
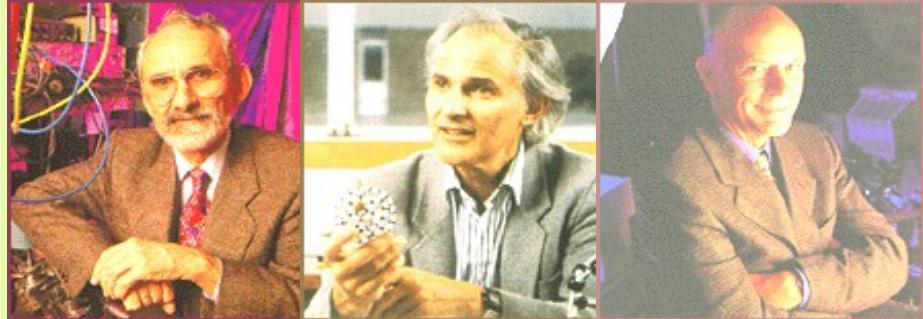
- \$80 to \$100
- 2 heads (\$10), 1 disk (\$5)
- 40 Gbit/in<sup>2</sup> to 80 Gbit/in<sup>2</sup>

1997 (before GMR) : 1 Gbit/in<sup>2</sup>,  
2007 : GMR heads ~ 300 Gbit/in<sup>2</sup>



# Chemijos naujovė nanotechnologijai

**The Nobel Prize in Chemistry 1996**  
**Robert F. Curl, Harold W. Kroto and**  
**Richard E. Smalley**  
for their discovery of fullerenes.



**Robert F. Curl Jr**  
Rice University,  
Houston, USA

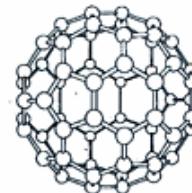
**Sir Harold W. Kroto**  
University of Sussex  
Brighton, England

**Richard E. Smalley**  
Rice University,  
Houston, USA

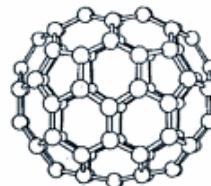


## Fullerenes

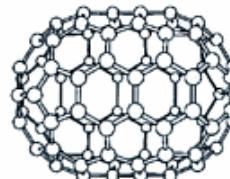
C60



C70

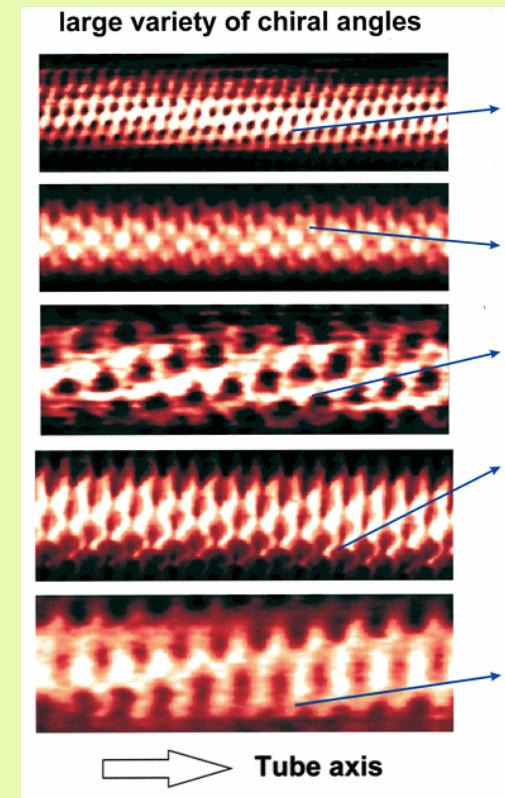
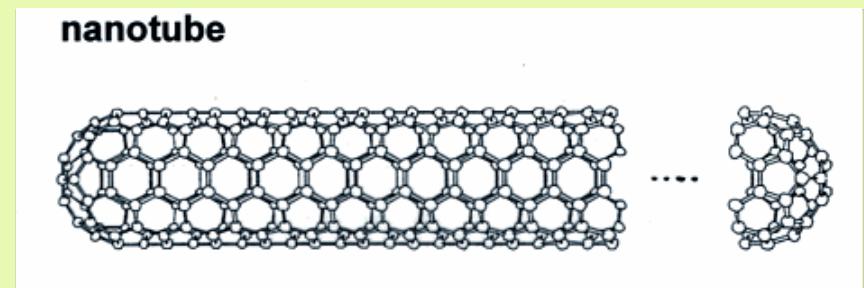
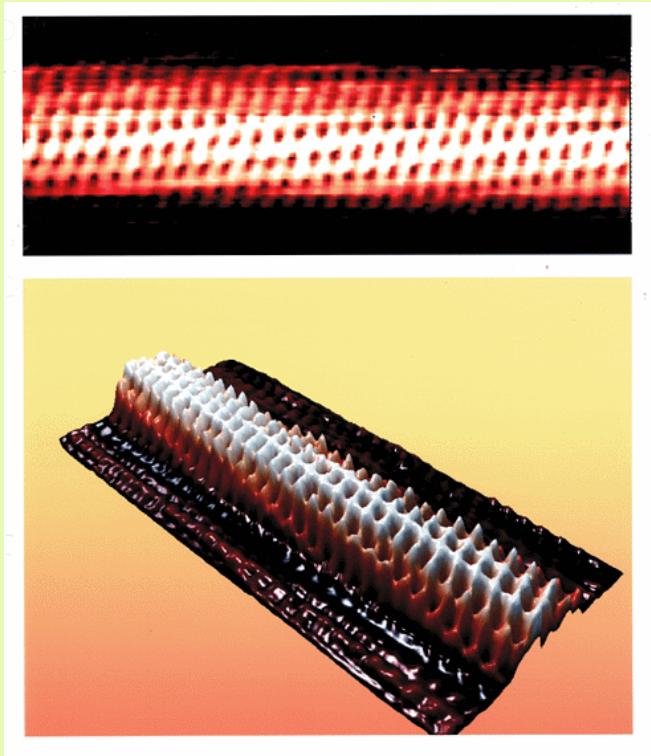


C80 isomer



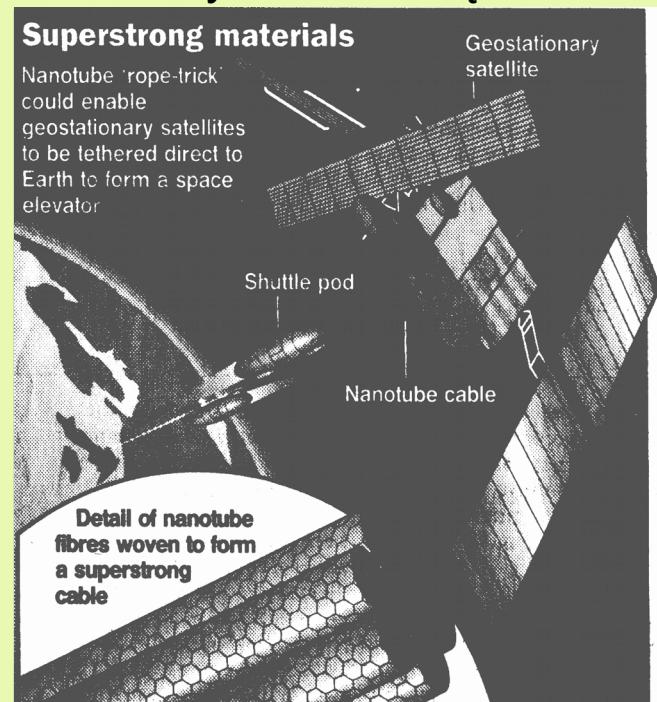
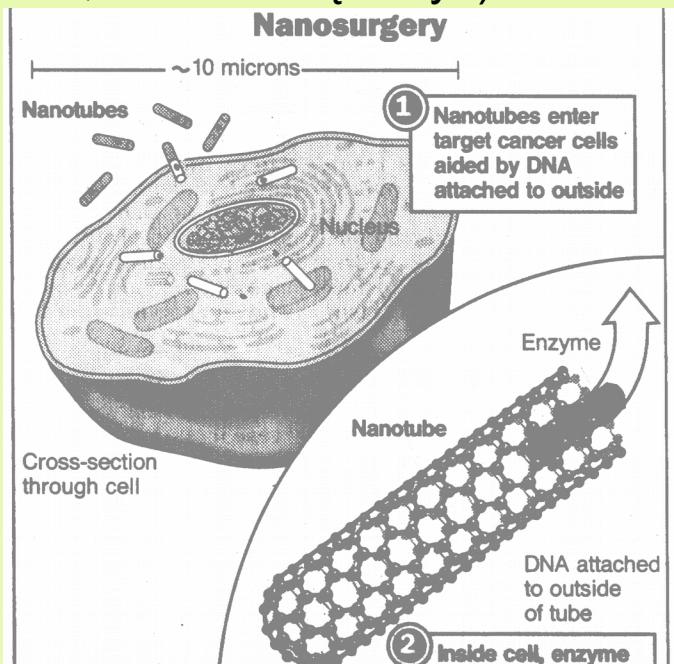
# Anglies vamzdeliai

Kiek vėliau (1991 m.) buvo sugalvota, kaip galima pagaminti anglies vamzdelius, kuriuose atomai išsidėstę panašiai kaip fulereno sferos paviršiuje.



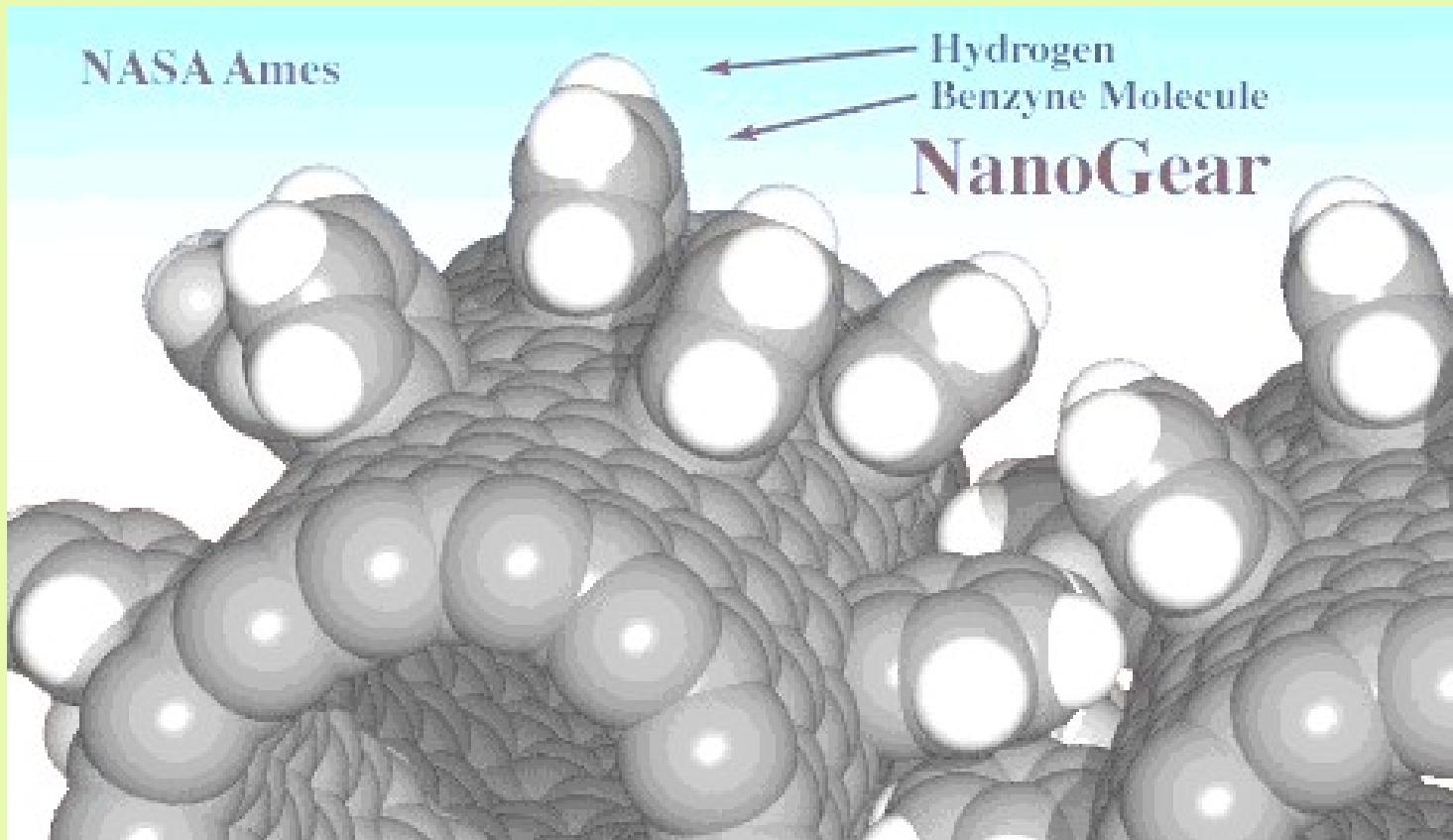
# Fulerenai, anglies vamzdeliai

Anglies vamzdeliai yra labai tvirti, todėl gali būti panaudojami mechaninėse sistemose: kurti **superstiprius mechaninius darinius** (JAV kosminė agentūra NASA tyrė perspektyvą sujungti stacionarų palydovą su Žeme. Kitokie lynai nutrūktų savo svorio veikiami, o šis turėtų laikyti).



Anglies vamzdelius galima užpildyti kita medžiaga, tuo keičiant vamzdelio bei šios medžiagos savybes, o reikalui esant **šiuose vamzdeliuose galima patalpinti biologiškai aktyvias medžiagas**, t.y., iš jų padaromos kapsulės, į kurias gali būti patalpinami vaistai ar fermentai.

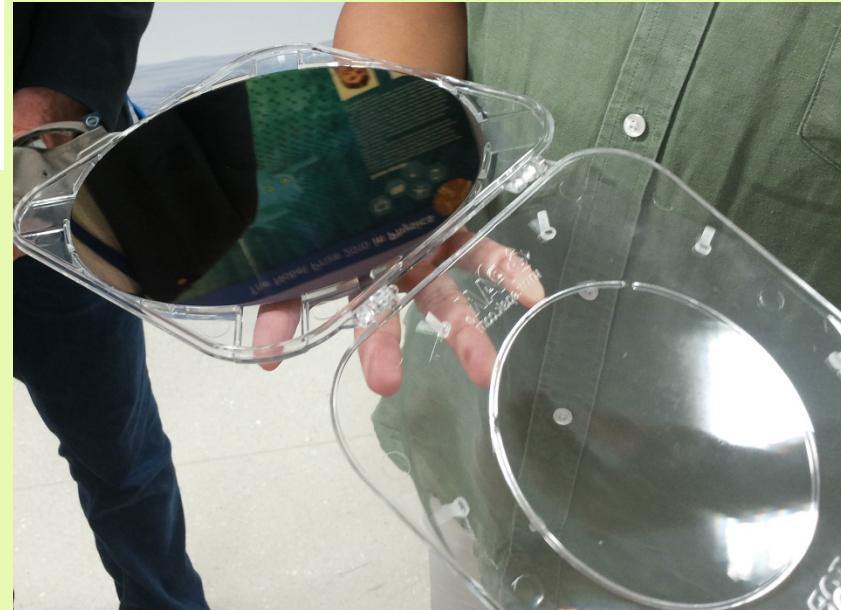
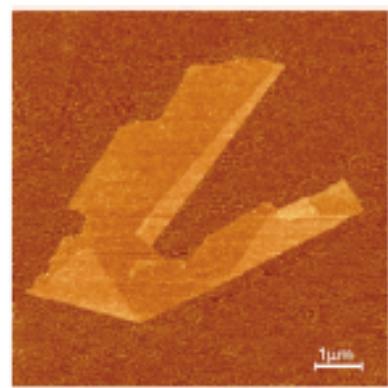
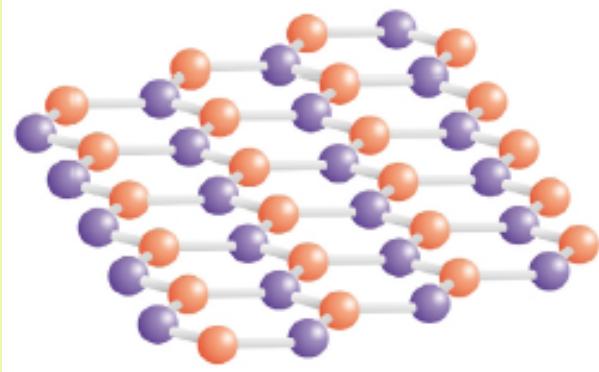
# Modernioji medžiagų inžinerija – ateitis elektronikai, mikro-robotikai!?



Krumpliaratis robotų konstravimui?

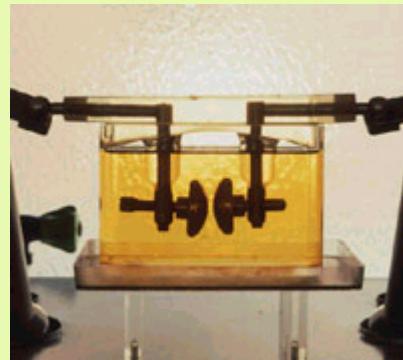
# Ką pateiks Grafenas?

Anglis – tri-dimensinė (deimantas, grafitas), vien-dimensinė (anglies vamzdeliai), nul-dimensiniai – fulerenai. Trūko 2D formos. Atrastas 2004 m., 2007 pradedamos reklamuoti unikalios savybes



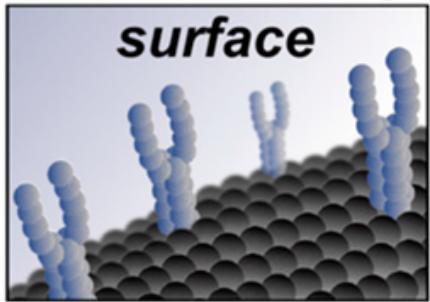
2010 m.

# Nanotepalai, nanodangos



- Mažėja trintis tarp mechanizmo dalių, oro ir vandens pasipriešinimas. Taikoma kosminėje, karinėje technikoje, plečiasi taikymai ir civiliniams tikslams (grafito priedas į tepalus seniai taikomas, nors nebuvo suvokta, kad ši tepalo pagerėjimą salygoja grafito nanodariniai).
- Applied Nanomaterials kuria nanotepalų reaktorius. Kol kas gamina 750 gramų miltelių per dieną, konstruojamas gigantiškas reaktorius Rehovoto gamykloje.

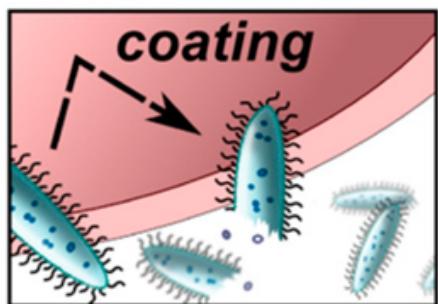
**Contact killing surface**



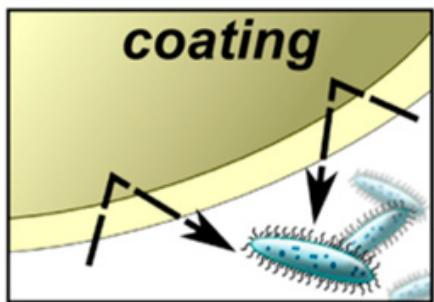
**Biocompatibility**



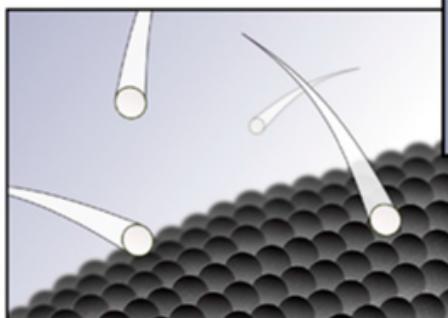
**Bactericidal coating**



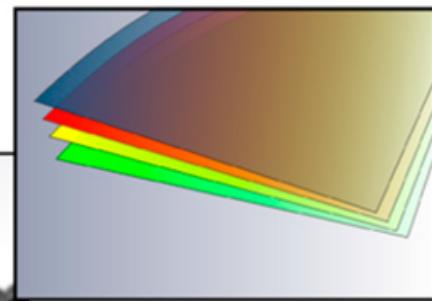
**Anti-adhesive coating**



**Anti-oxidative properties**

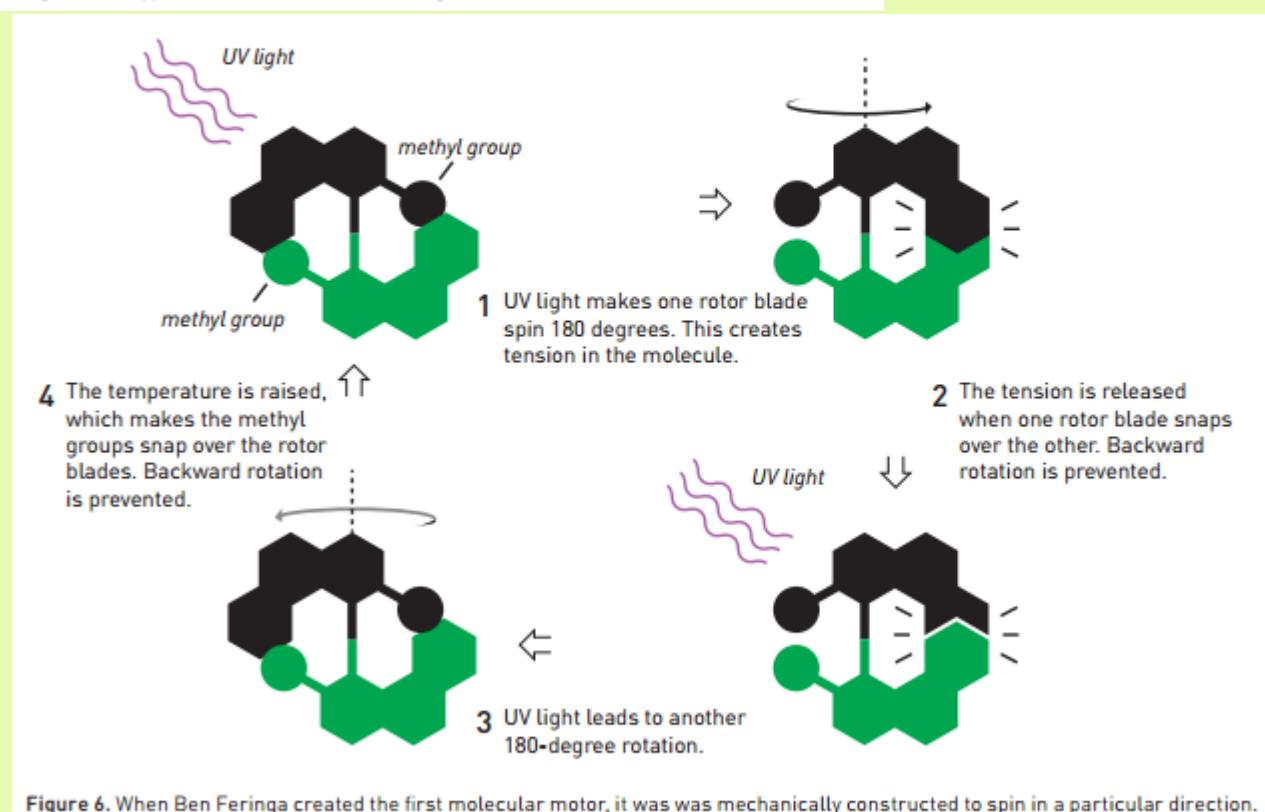
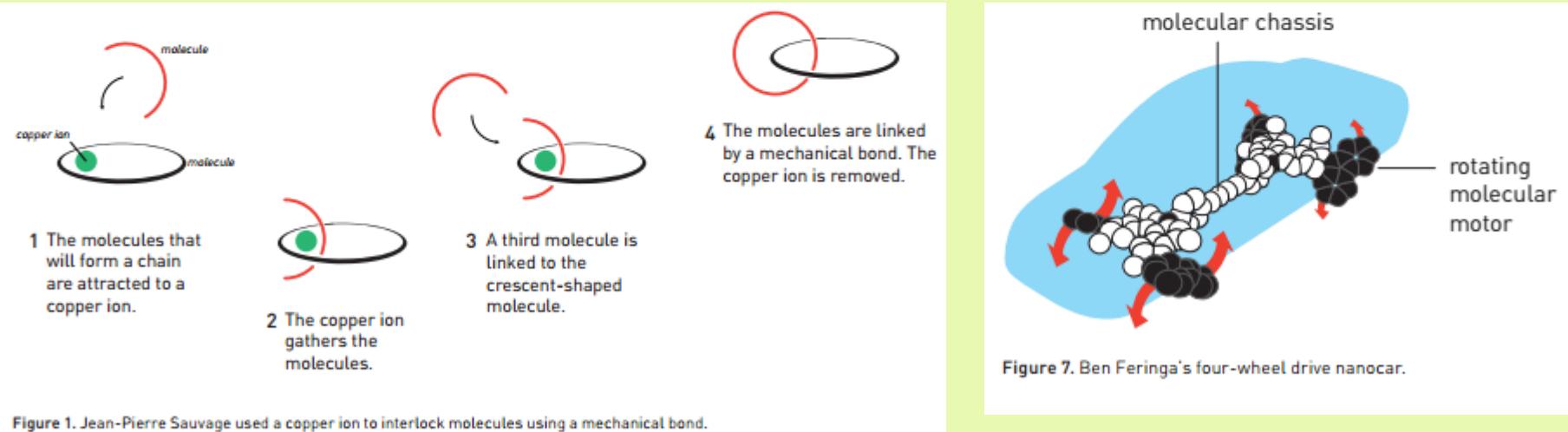


**Stimulation of tissue integration**



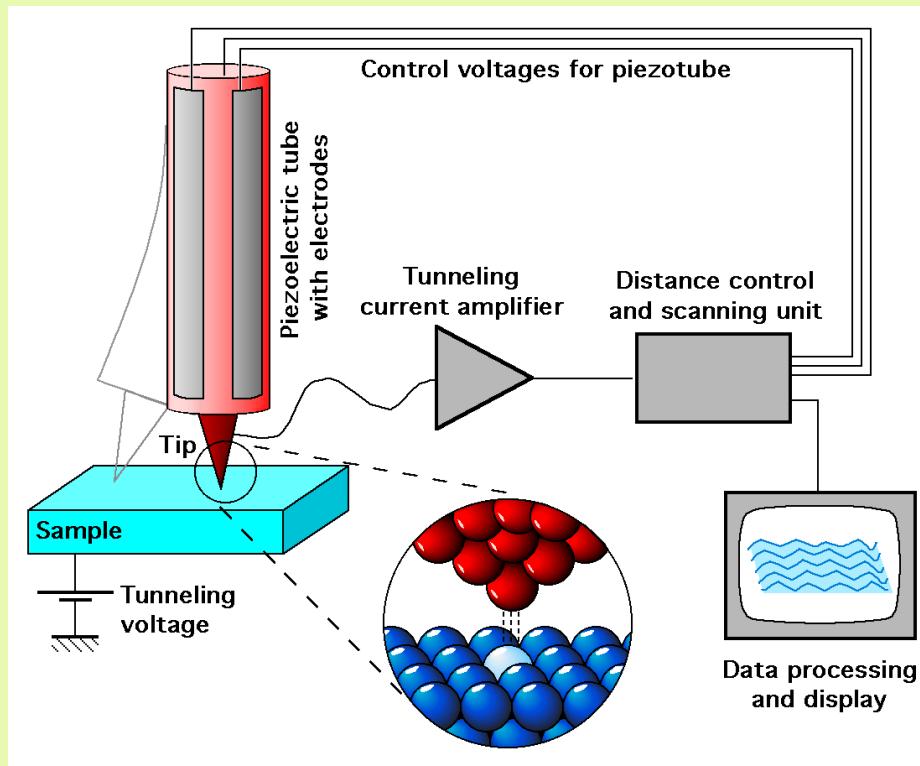
**Wear resistance**

# 2016 m. chemijos Nobelio premija: už nanomašinų gamybos principų sukūrimą



# Kaip pamatyti nanodaleles?

Didelės skyros peršviečiančiu elektroniniu mikroskopu, o taip pat ir:  
naujo tipo mikroskopais:



Skenuojantis tunelinis mikroskopas

Atominės jėgos mikroskopas

Riber LAS3000 tame pačiame plote atlieka AES, ESCA ir SIMS analize, o lazeriniam garinimui sukonstruota speciali kamera.



# Nano įtaką pajaus ar jau jaučia:

**IR TAIP TOLIAU**

Elektronika, kompiuteriai

Konstruktinės medžiagos

Transportas

Apšvietimo sistemos

Ryšių technika

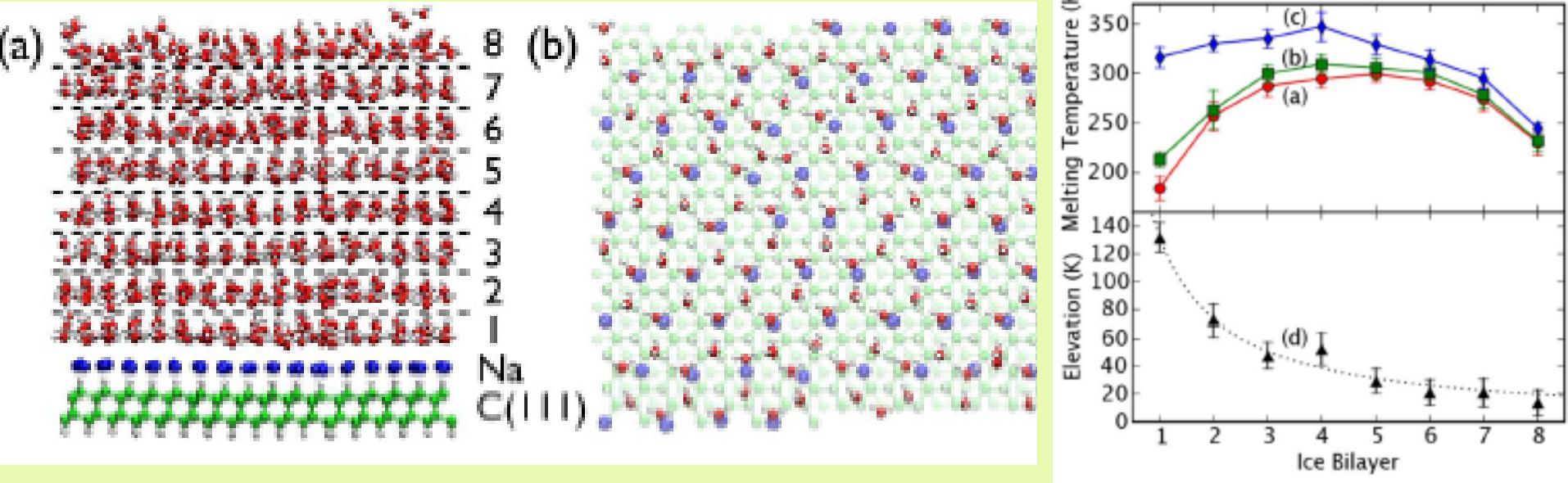
Duomenų bazės

Higienos priemonės, kosmetika

Medicina

Gręsiantis perversmas  
medicinoje:

# Nano-ledas (2007) medicinai



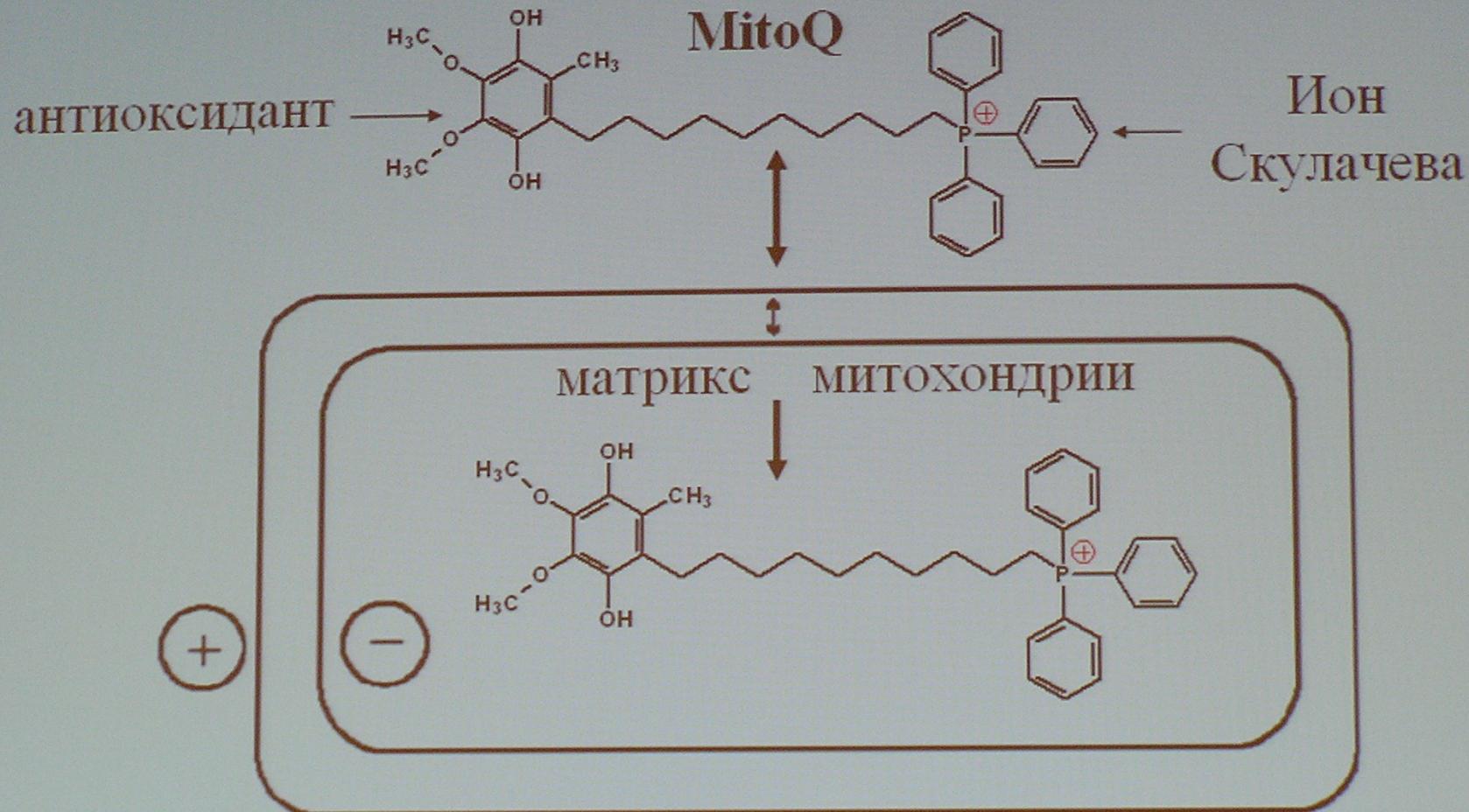
Apskaičiuota ledo tirpimo temperatūra ledo dvisluoksnėje sandaroje: a – grynas ledas, b – ledas ant deimanto padengto H atomais, c – ledas ant deimanto (C111) padengto Na atomais. PHYSICAL REVIEW E 76, 2007; **RAPID COMMUNICATIONS**

Tai reikalinga norint apsigoti žmogaus organus nuo medicininių prietaisų ir implantų poveikio audiniams ir sumažinti baltymų reakciją.

# Bionanotechnologijos kryptyje:

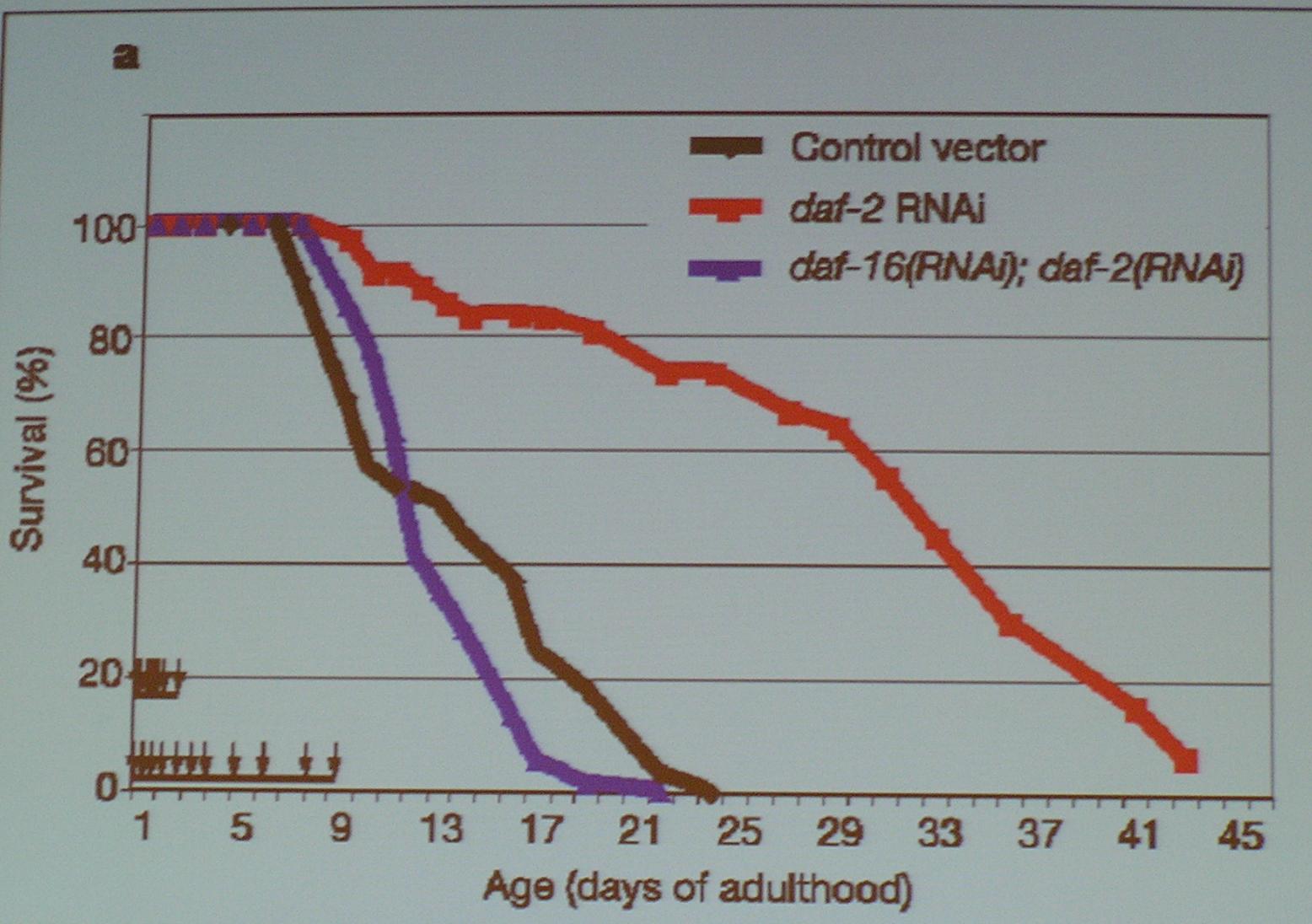
G.F. Kelso, C.M. Porteous, G. Hughes, E.C. Ledgerwood, A.M. Gane,  
R.A.J. Smith and M.P. Murphy    *Am. N.Y. Acad. Sci.* 959, 263-274, 2002

## MitoQ: проникающий антиоксидант, адресованный в митохондрии



Coleen T. Murphy, Steven A. McCarroll, Cornelia I. Bargmann, Andrew Fraser, Ravi S. Kamath, Julie Ahringer, Hao Li & Cynthia Kenyon

Nature 424: 277-284 (17 July 2003)



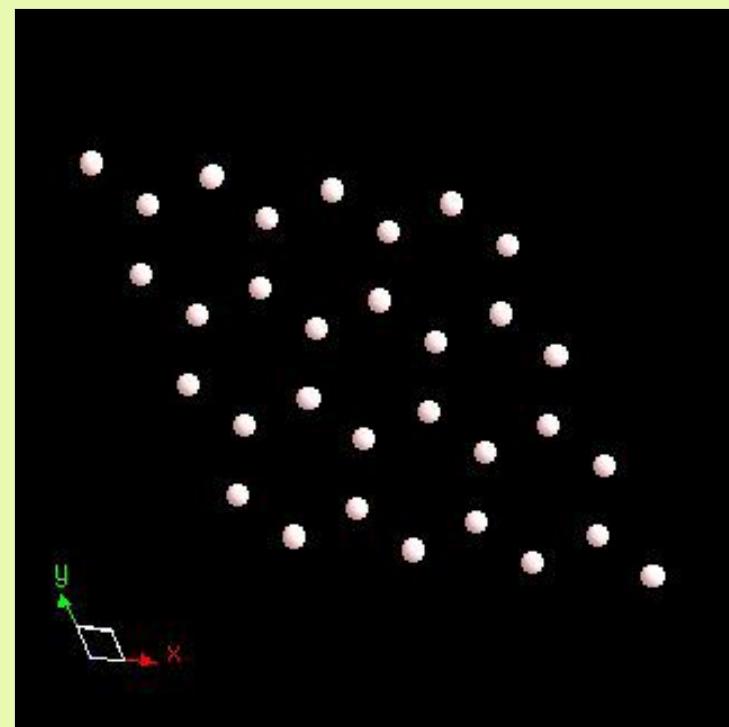
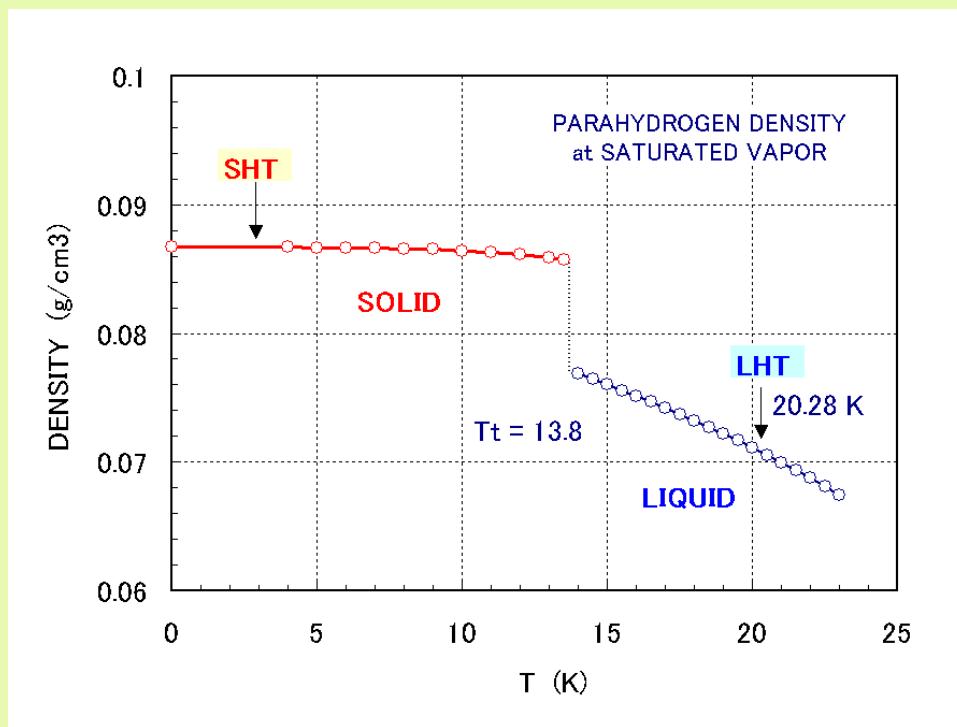
Svajonų medžiaga:

kietas vandenilis;

# Kietas vandenilis

Vandenilis dėl stipraus kovalentinio ryšio sudaro molekulę  $H_2$ .

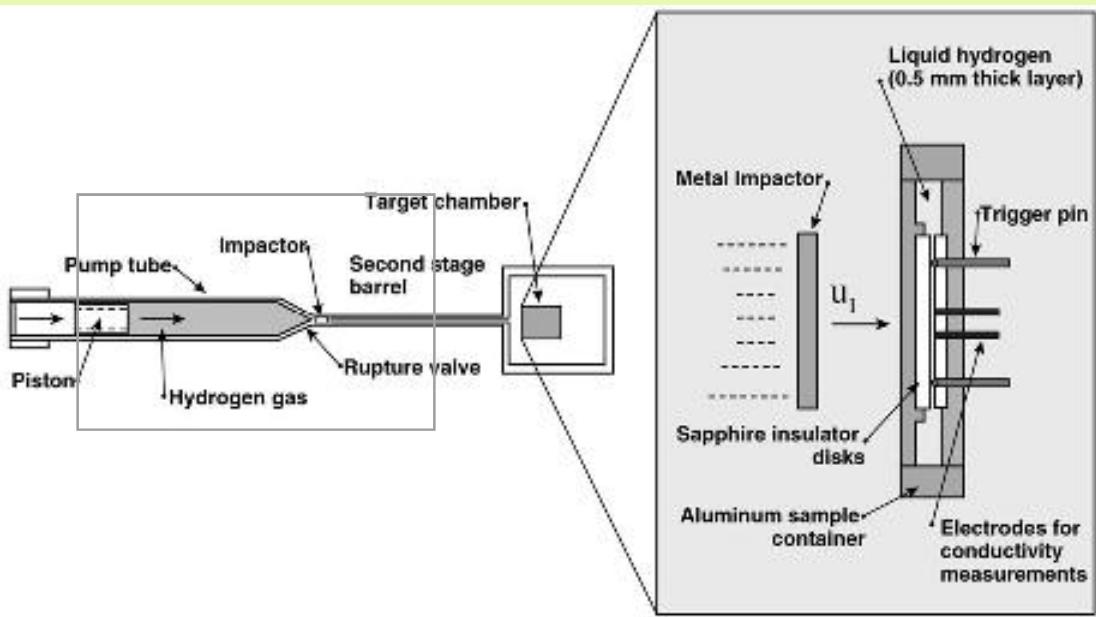
Šaldant  $H_2$  suskystėja bei sukietėja virsdamas heksagoniniu kristalu



Ilgametė viltis – tiek suslėgti vandenilį, kad jis “pamirštų” kovalentinio ryšį ir sudarytų metalinio tipo sandarą kaip kiti I grupes elementai (Li, K, Na ... [kubinė gardelė]). Tikimasi, kad toks metalas turėtų būti superlaidus kambario temperatūroje.

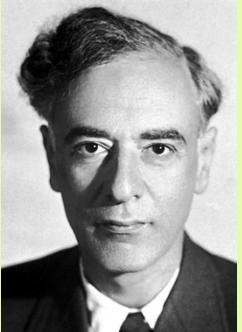
# Kietas vandenilis

Eksperimentiniai kieto H<sub>2</sub> tyrimai esant 320 Gpa slėgiui numatė, kad jis turėtų virsti metaliniu pasiekus 450 Gpa slėgi, t.y., virš 4 mln. kgcm<sup>2</sup>. CEA (Prancūzija) mokslininkai jau pastebėjo, kad H<sub>2</sub> slegiamas jau tampa “tamsus”, t.y., prasideda fazinis virsmas.

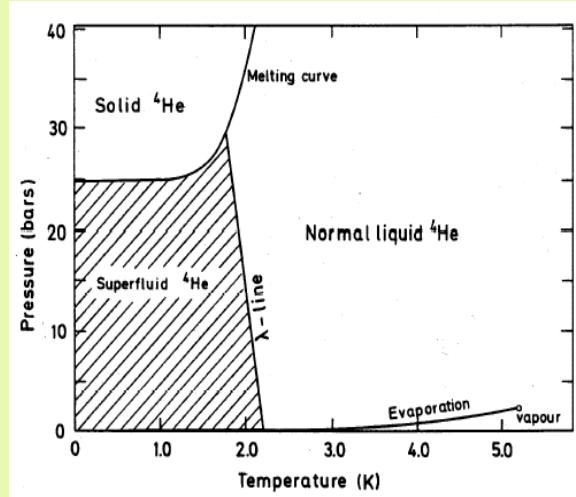


Livermoro Nacionalinės laboratorijos (USA) mokslininkai pavertė H<sub>2</sub> metalu, slégdami smūgio bangą. Iš elektrinio laidumo matavimų nustatyta, kad esant 1,4 mln. kgcm<sup>2</sup> vyksta metalizacijos procesas, o H tankis 9 kartus viršija normalų, temperatūra tuo metu 3000 K. Tokioje temperatūroje H buvo skystas. Suslėgtą fazę egzistavo mažiau už mikrosekundę.

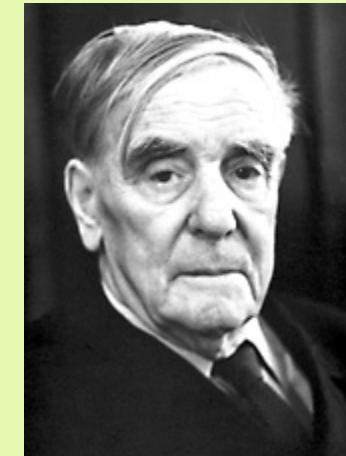
# Supertakumas



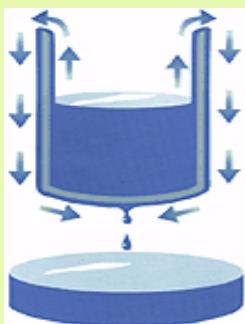
Lev Landau  
1962 m.



Slėgio priklausomybės nuo  
T fazinė diagrama  ${}^4\text{He}$ ;



${}^4\text{He}$  tampa supertakus –  
atrasta 1930 m. atrado  
P.Kapica. Jam Nobelio  
premija suteikta 1978 m.



(LHC magnetų šaldymas)



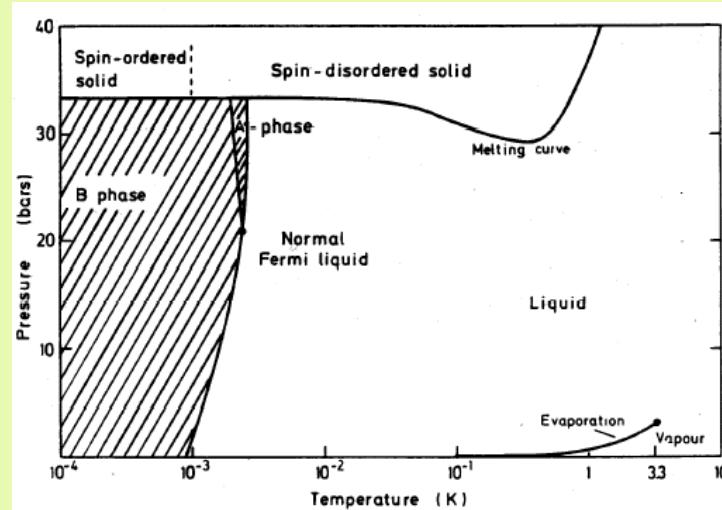
# Supertakumas (Helio molekulė)



D.Lee, D.Osheroff, R.Richardson  
1996 m.

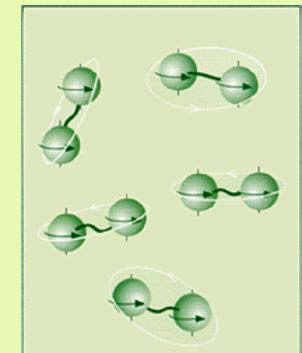
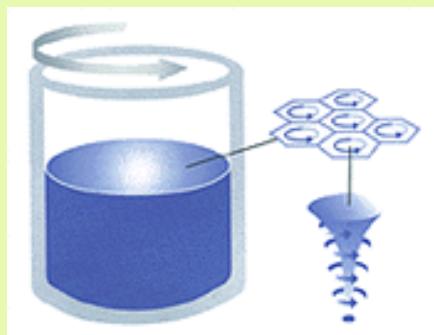


Anthony J. Leggett  
2003 m.

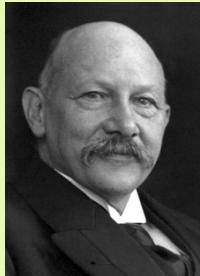


Slėgio priklausomybės nuo T fazinė diagrama  ${}^3\text{He}$ ;

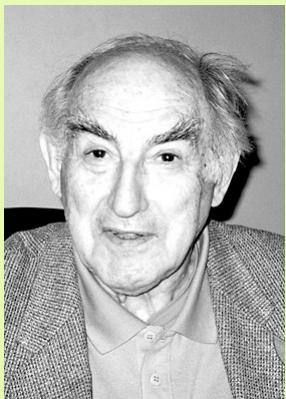
logaritminė temperatūros skale



# Superlaidumas

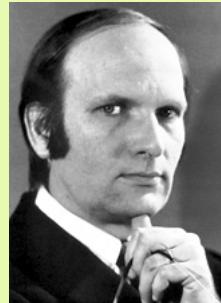


1911 m. olandas H.Kamerlingh Onnes atrado efektą, Nobelio premija 1913 m.



## Vitaly L. Ginzburg

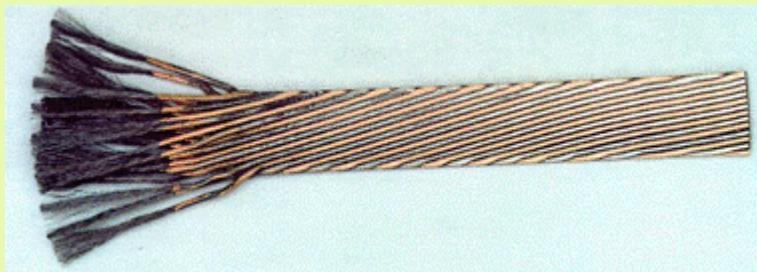
1950 m. įrodė (sukūrė teoriją), kad gali būti ir nebijantys magnetinio lauko superlaidininkai



J.Bardeen, L.Cooper R.Schrieffer  
(Nobelio premija 1972) Skūrė teoriją paaiškinančia efektą

Sukurti ir plačiai naudojami superlaidūs magnetai

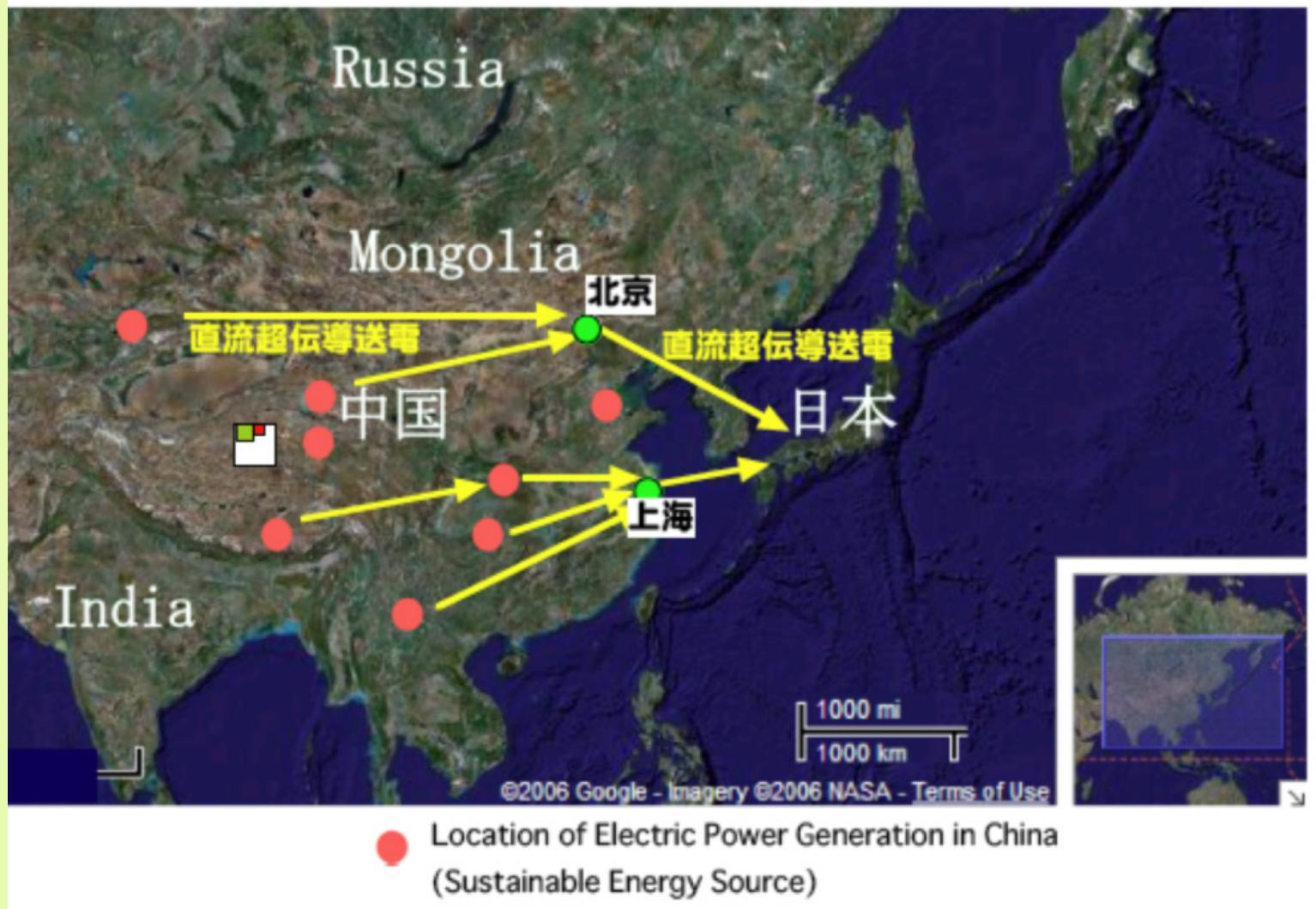
# Superlaidumas – egzotika realybėje ir svajonėse



- BMR tomografija
- CERN LHC
- Energijos perdavimui

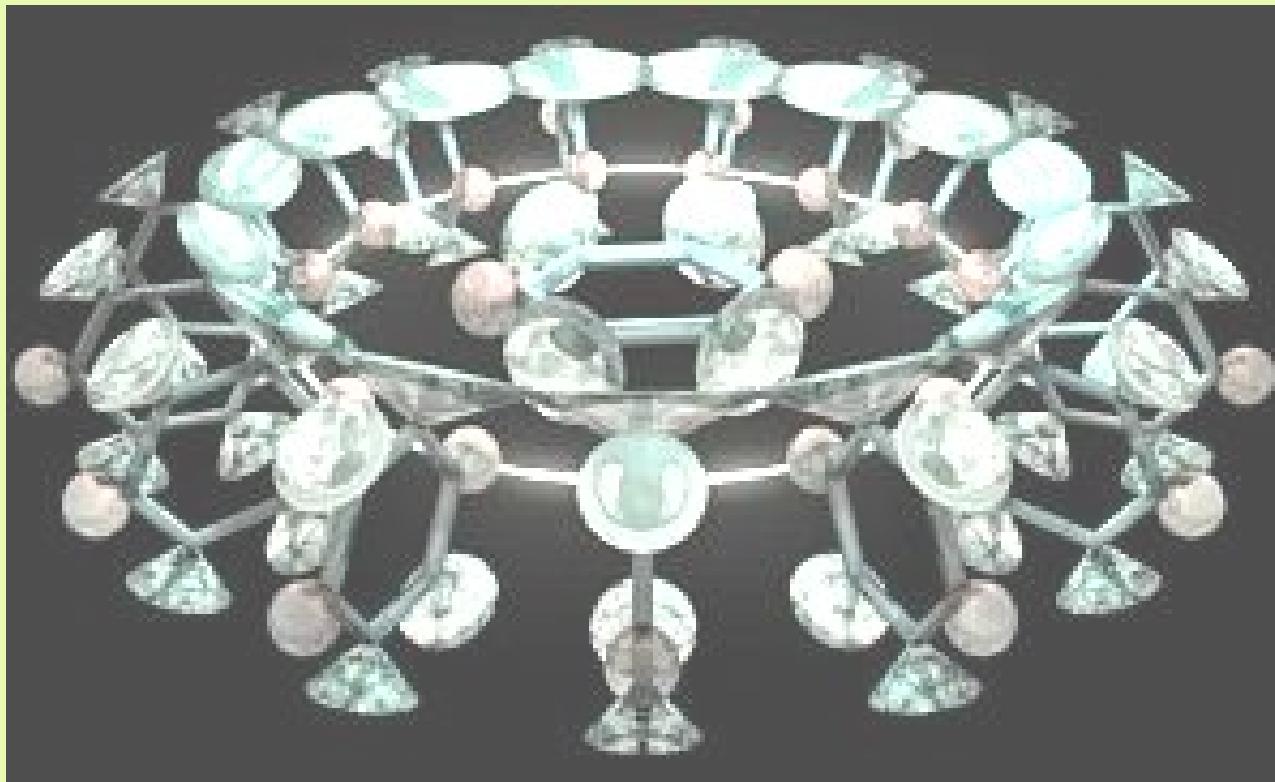
# Superlaidumas energetikai – svajonė - projektas:

<http://www.electricity.com/english/about/research/longdistance/transmissions/>



# Molecules ring for information

**Nature**, Published online 13 May 2008

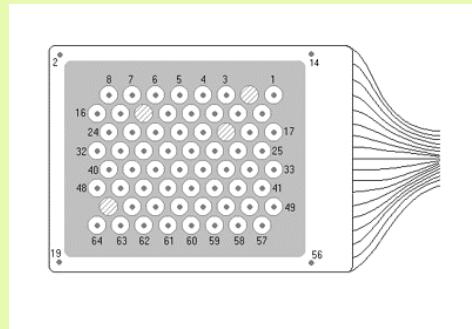
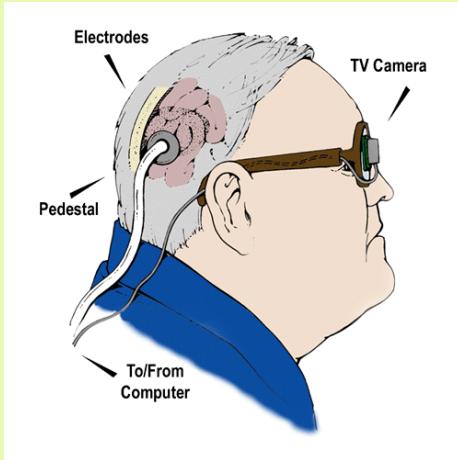


- “When DRQ flips between 0, 1, 2 and 3 it rotates in a particular direction and by a certain angle, making it perfect for processor applications,” says Bandyopadhyay. “Our work was the first demonstration of multilevel logic in a single molecule.”
- Now the researchers have managed to arrange a ring of sixteen DRQ molecules connected by hydrogen bonds to a central ‘control unit’ DRQ molecule (Fig. 1).

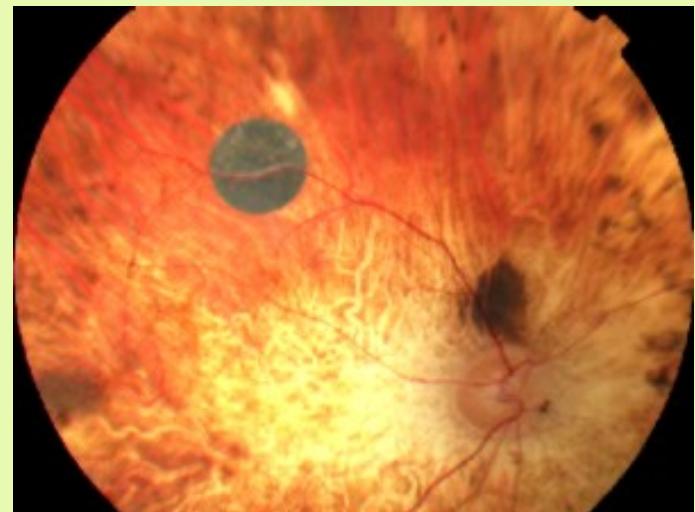
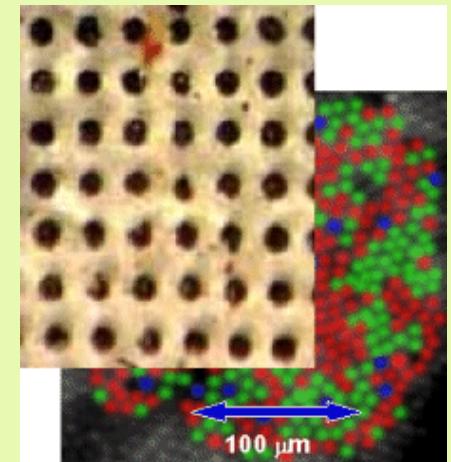
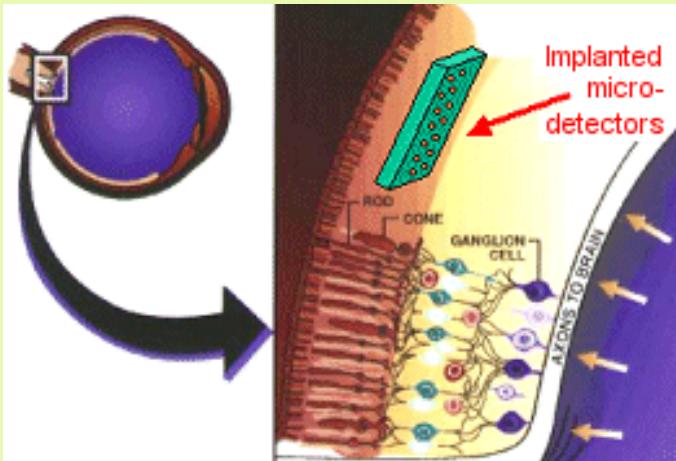
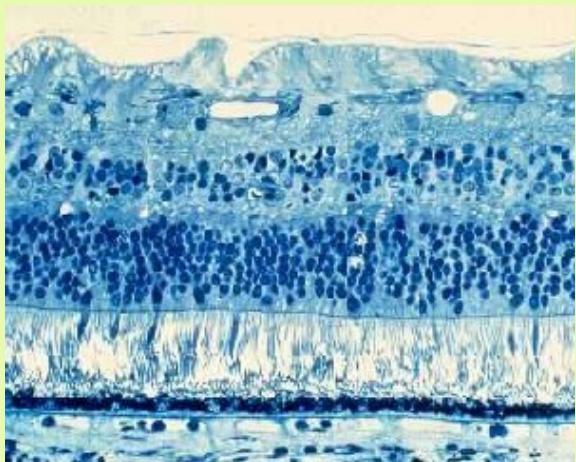
# Regos organų remontas

Fizikai & medikai & inžineriai

# Informacijos tiekimas smegenims



# Akies remontas



# Mintimis (nervų impulsais) valdomi robotai

- Kojų, rankų protezai jungiami per procesorius prie nervų galiukų likusių amputavus galūnes (JAV visa eilė neįgaliųjų sportininkų tuo naudojasi)
- Manipulatoriai, kurie valdomi operatoriaus nervų impulsais.
- Lietuvoje rengiamas pirmas pacientas, kuriam bus amputuota neįgali ranka ir prijungta robotinė ranka.

# Reziume:

- Naujos medžiagos skatina proveržius įvairiose srityse.

# Išvada:

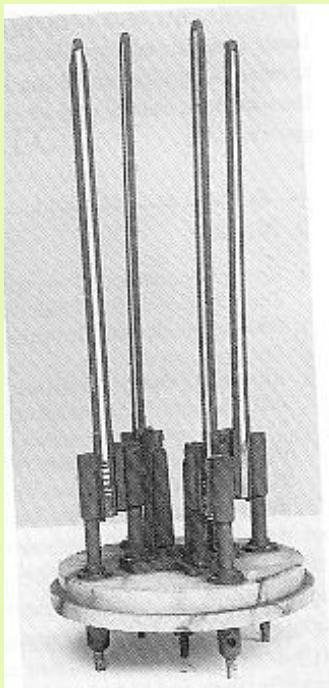
- Norint ką nors sužinoti, reikia savęs paklausti ir ieškoti, atrasti;
- Norint ką nors sukurti, reikia pajusti to poreikį arba sužinoti, ko kam reikia
- **Labai svarbu, kad tiek paklausimas, tiek ir užsakymas būtų pateikti tiems, kurie turi reikiama potencialą**

# Prasiblaškymui: kiek į “šoną”

- Prieš 500,000 pirmas deglas
- Prieš 70,000 pirmoji lempa - dagtis
- 1,000 BC – pirmoji žvakė
- 1772 – dujinis žibintas
- 1826 – Kalcio oksido lempa – pirmas kietakūnis šviestuvas



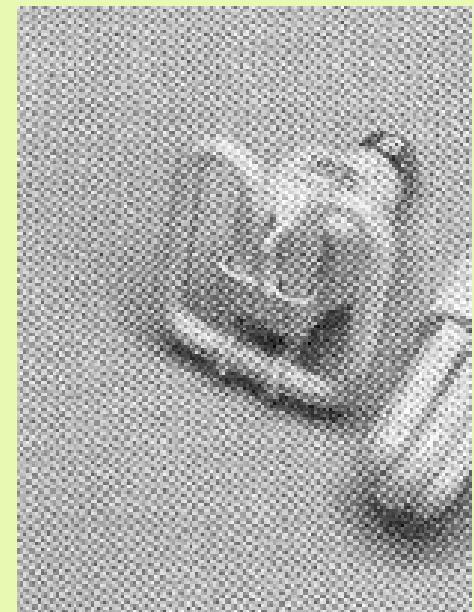
# Istorija



Yablochkov' o žvakė (1876)



Edisono lemputė (1879)

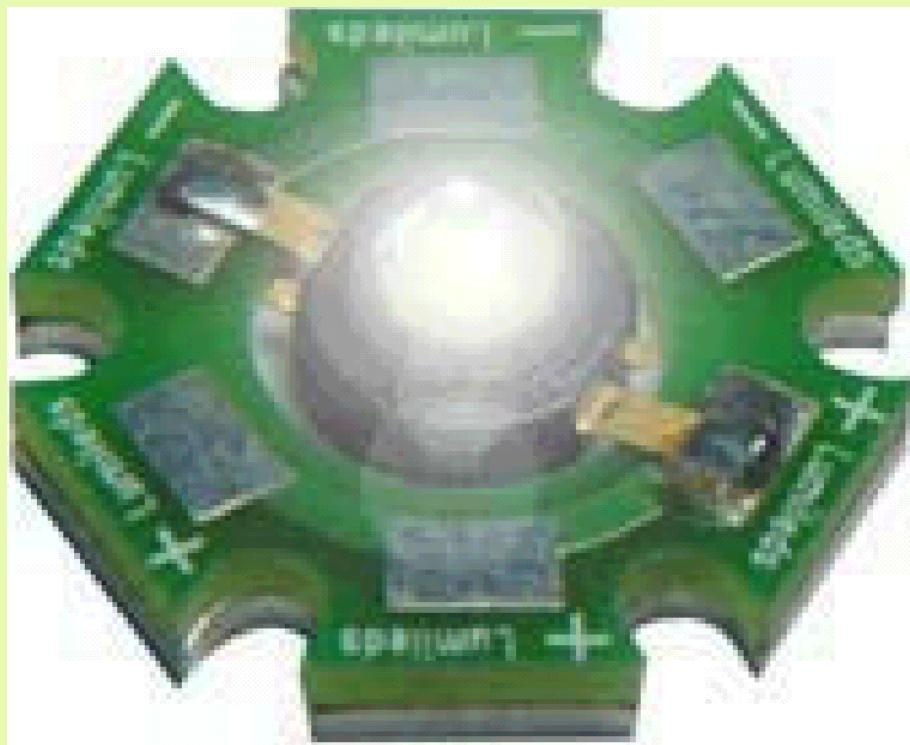
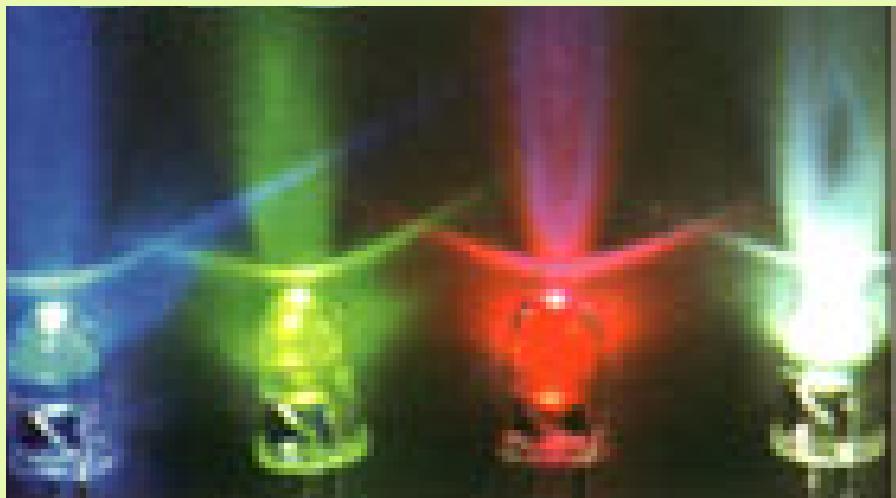


Fluorescentinė lempa (1938)

# Kas iš nanomokslo elektros lempoms?

- Jei nanoklasteriai panaudojami šviesos šaltiniuose, tai ta pačia technologija (iš tos pačios medžiagos) galima pagaminti skirtingu spalvų šaltinius (šviestukus):
  - jie yra stabilūs ir ilgaamžiai, nes elektronai spinduliuodami savo energijos neatiduoda aplinkai, medžiaga nekaista, todėl ir nedegraduoja.
- Toks šviesos šaltinis gali tarnauti šimtus tūkstančių valandų.

# Šviestukai

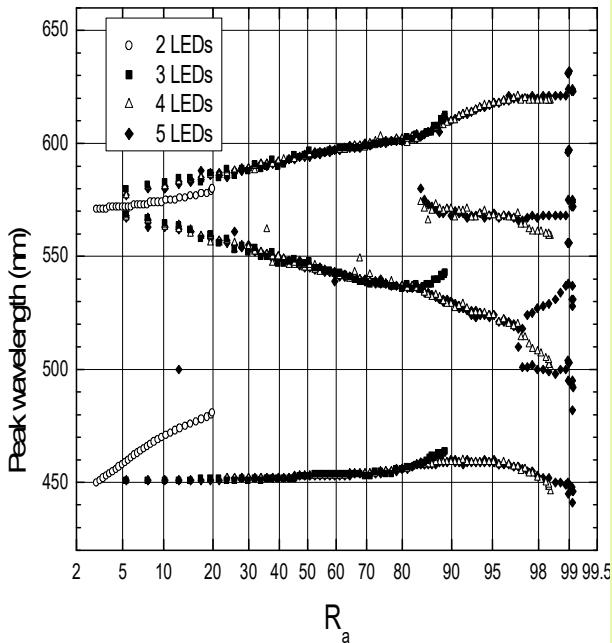


# Puslaidininkinis žibintas

- Tokiame šaltinyje beveik visa elektros energija gali virsti šviesa. (Dabar jau sugebama maždaug pusę tos šviesos “ištraukti” iš šviestuko. Palyginimui: kaitinimo lemputė tik apie 4 % elektros šviesos paverčia šviesa ir sudega po maždaug 1000 valandų.) Ateitis puslaidininkinėms lempoms su nanodariniais.
- Šiandien jau automobilių prožektoriuose šviečia puslaidininkiniai žibintai

# Puslaidininkinės lempos

VU TMI  
ir  
VU MIF

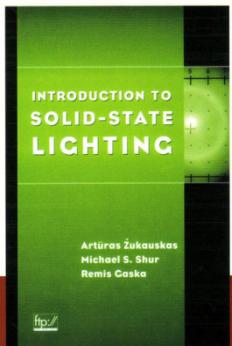


国外优秀科技著作出版专项基金资助

# INTRODUCTION TO SOLID-STATE LIGHTING

## 固体照明导论

[立陶宛] A. 茹考斯卡斯 (Artūras Žukauskas)  
[美] 迈克尔 S. 舒尔 (Michael S. Shur) 著  
[美] 勒米·加斯卡 (Remis Gaska)  
黄世华 译 滕枫 校



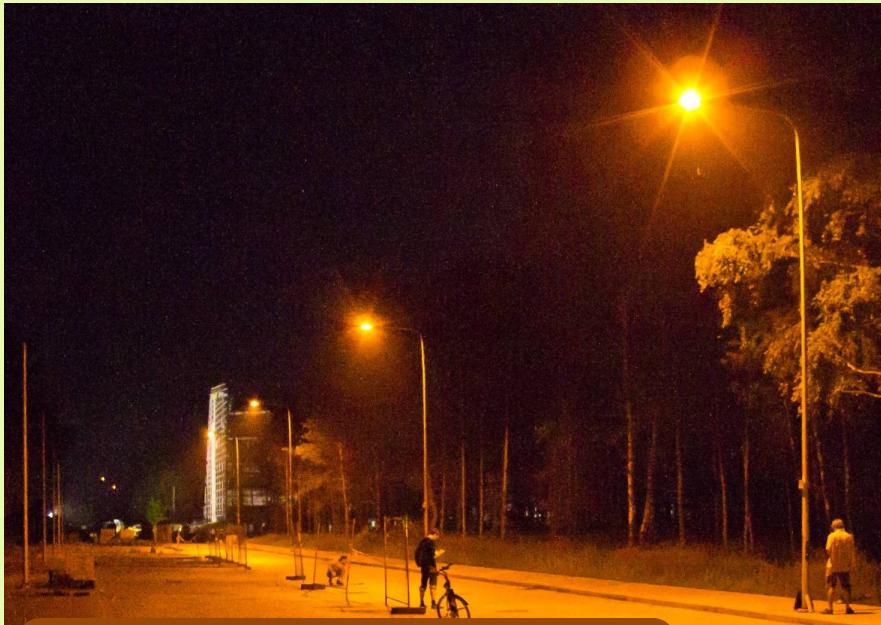
Chemical Industry Press



化学工业出版社  
材料科学与工程出版中心

A.Žukausko ir bendraautoriu  
monografija kinų kalba.

# “Standartinis” ir LEDais gatvės apšvietimas



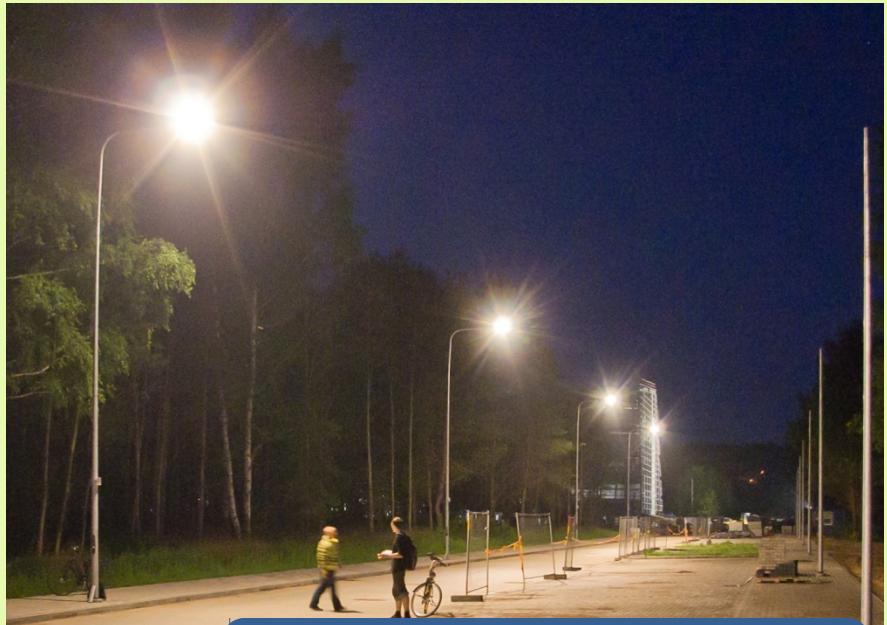
Apšvietimas 4 ÷ 100 klm

Efektingumas 60 ÷ 130 lm/W

Spalvinė temperatūra 1800 ÷ 2000 K

Spalvinė kokybė (CIE CRI) -40 ÷ 20

Atspindinti optika, sudėtingas galios valdymas



Apšvietimas 0.1 ÷ 30 klm

Efektingumas 70÷130 lm/W

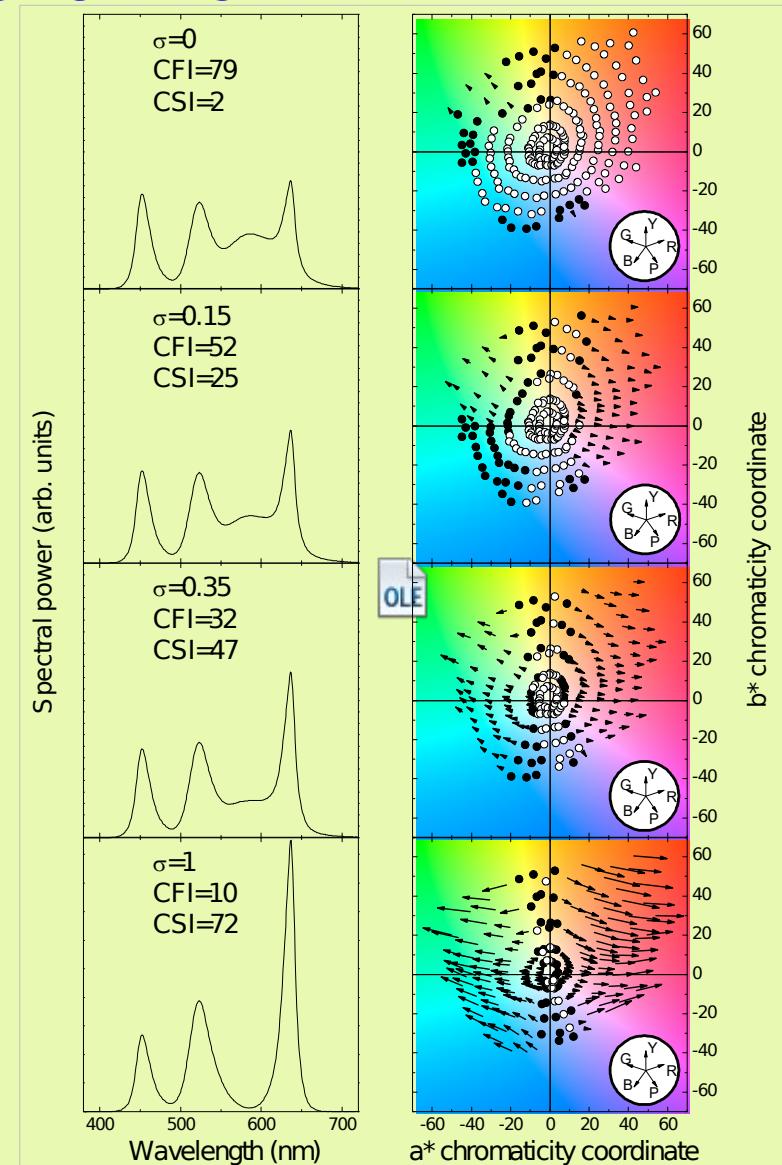
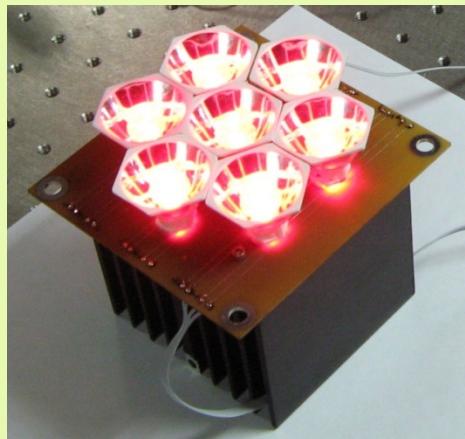
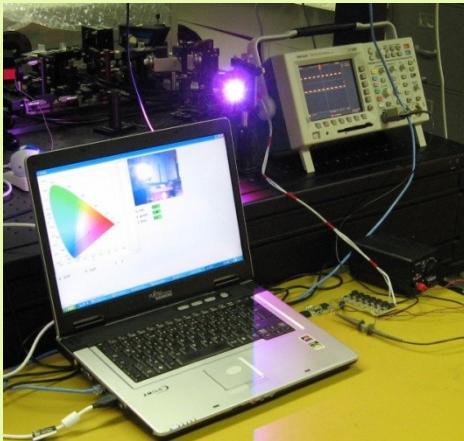
Spalvinė temperatūra 1800 ÷ 7000 K

Spalvinė kokybė (CIE CRI) 60 ÷ 90

Lėšinė optika, sudėtingas temperatūros valdymas

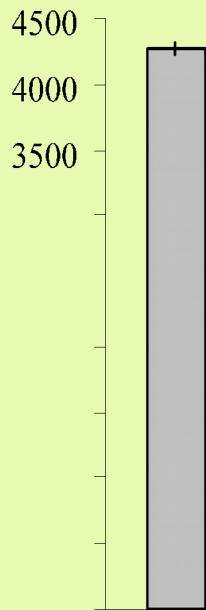
# Daugiaspalviai kietakūniai šviesos šaltiniai

**VU TMI** bendri darbai su **VU matematikais ir psichofizikais**



# VU TMI

## Bendri darbai su LSDI (dabar LAMMC SDI)



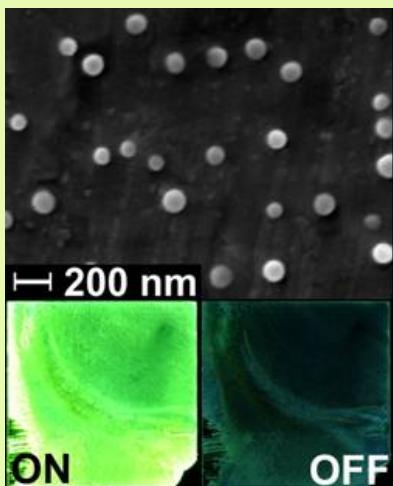
Šviesos diodai žemdirbystės tarnyboje.

# chemikais

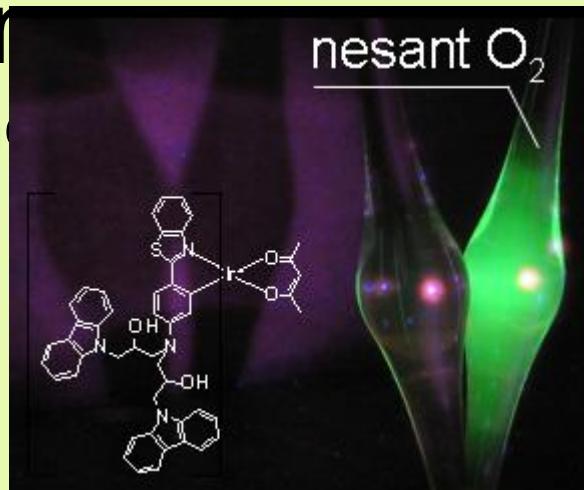
## Cheminių ir biologinių objektų liuminescencinis atpažinimas

Saviorganizacijos būdu dviejų skysčių sandūroje suformuotos organinės nanodalelės.

(Prof. S. Juršėnko)  
Šios nanodalelės gali būti pritaikomos fluorescenciame jutiklyje įvairių organinių tirpiklių garų aptikimui.



Nesant garams jutiklis fluorescuoja ryškia žalia šviesa - "ON" būsena, o atsiradus garams fluorescencija užgesta – "OFF" būsena.



**Tripletinių spinduolių**, sudarytų iš našių iridžio spindulinių centrų ir papildomų krūvio pernašos grupių, **fosforescencija**.

Nuotraukoje matyti, kad tirpalas su tuo pačiu spinduoliu užsandarintoje ampulėje iš kurios pašalintas deguonis fosforescuoja dešimtis kartų stipriau nei tirpalas prisotintas deguonies.

**Šių spinduolių pagrindu yra kuriami fosforescenciniai organiniai šviesos diodai.**