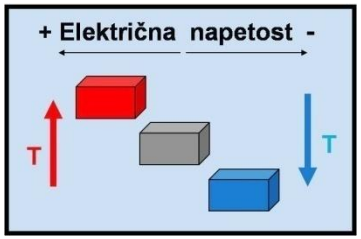
NANO-ELEKTROKALORIKI: nanomateriali za aplikacijo v hladilnih in grelnih napravah nove generacije



Brigita Rožič
Odsek za fiziko trdne snovi (F5)
Inštitut Jožef Stefan, Ljubljana
brigita.rozic@ijs.si

Sodelavci:

Z. Kutnjak
Odsek za fiziko trdne snovi (F5)

M. Kosec, B. Malič, H. Uršič, J. Holc
Odsek za elektronsko keramiko (K5)
Inštitut Jožef Stefan, Ljubljana

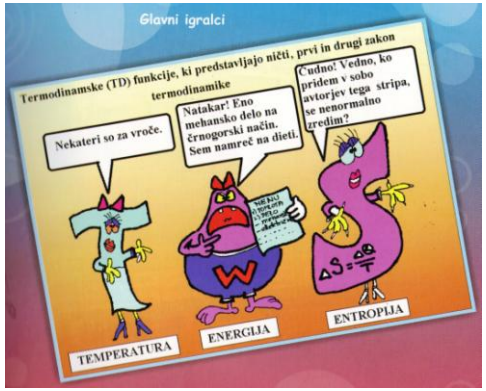
B. Neese, S.-G. Lu, Q. M. Zhang
Pennsylvania State University, ZDA

7. Nanotehnološki dan, Grand hotel Primus,
Ptuj, 18. marec 2011

Kazalo

❖ nano-elektrokaloriki (elektrokalorični pojav):

- uvod (definicija, uporaba)
- fizikalno ozadje
- naše neposredne meritve elektrokaloričnega pojava
- zaključek



❖ ostale raziskave, zanimive za aplikacijo:

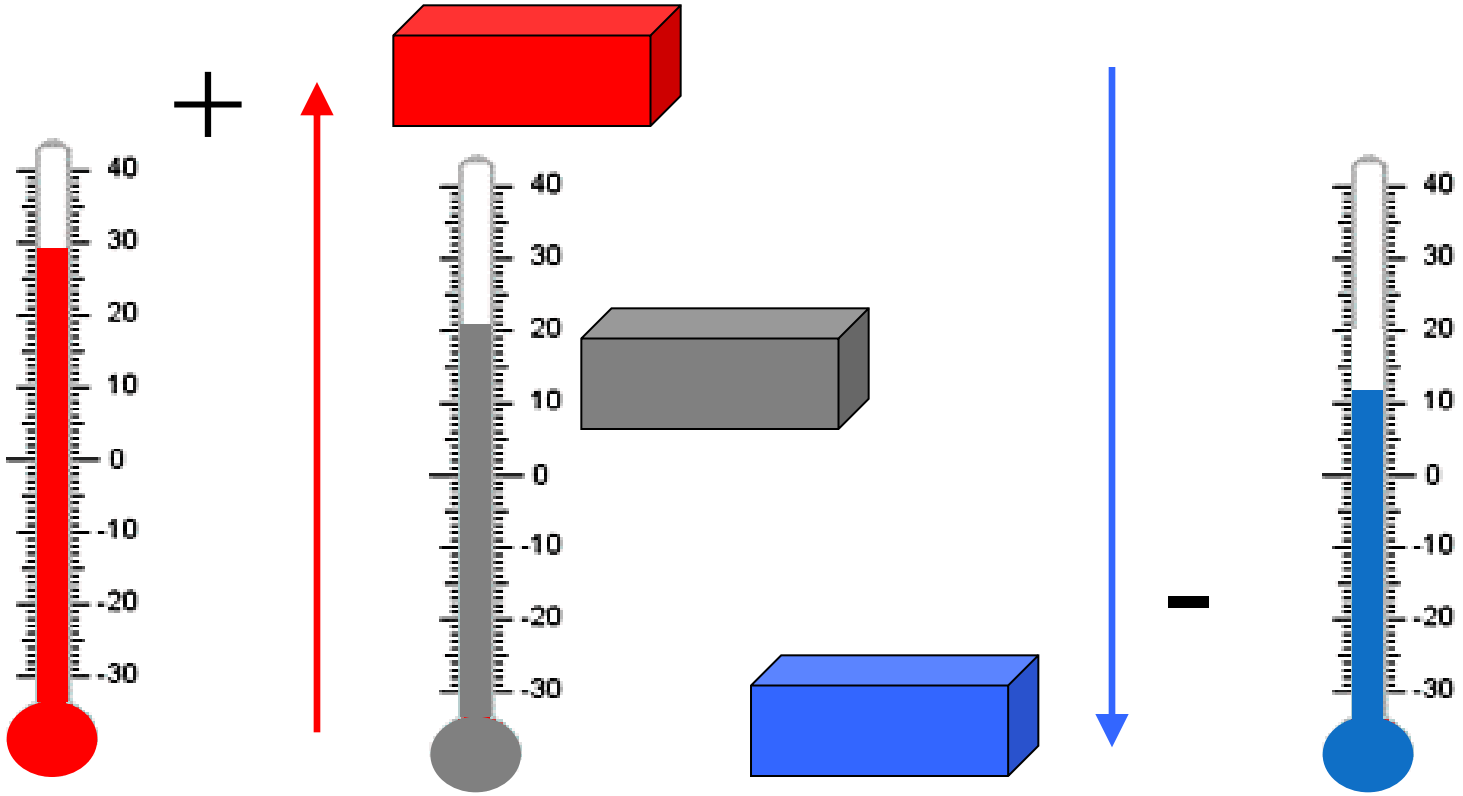
- tekočekristalni elastomeri
- magnetoelektriki
- elektromehanski (EM) odziv relaksorskih feroelektrikov

❖ zaključek

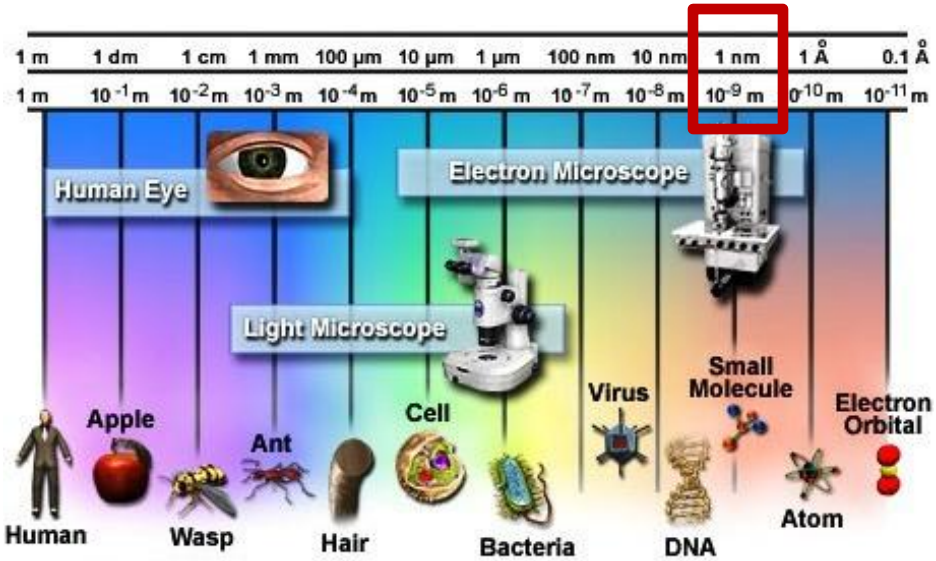
Elektrokalorik?

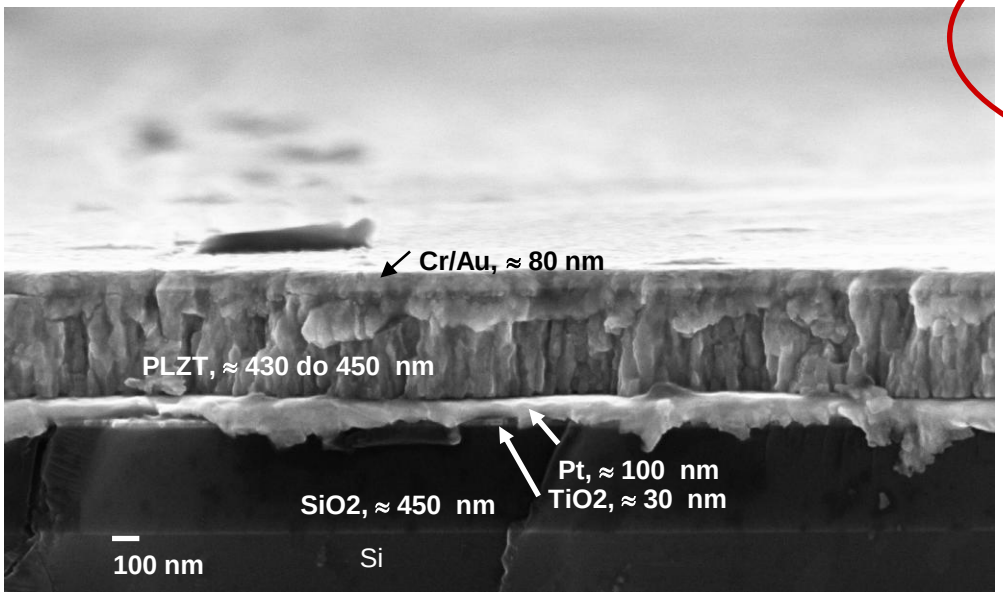
Material, katerega temperaturo lahko spreminjamo z uporabo električne napetosti

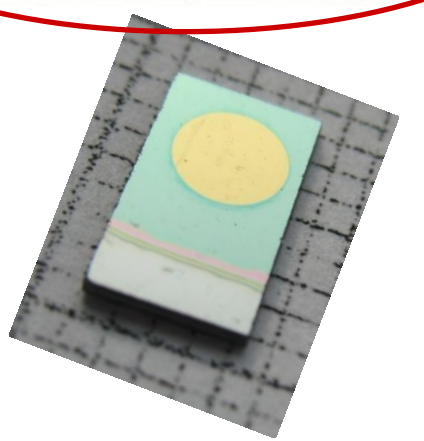
Električna napetost (U)



Nano?



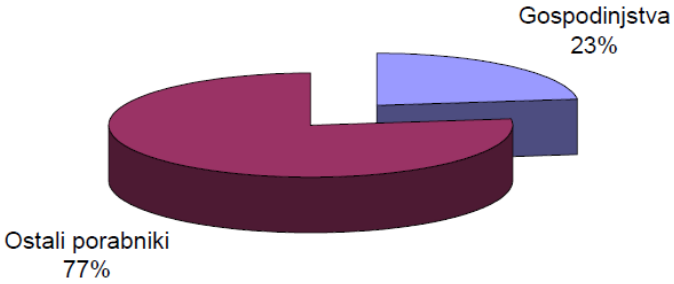


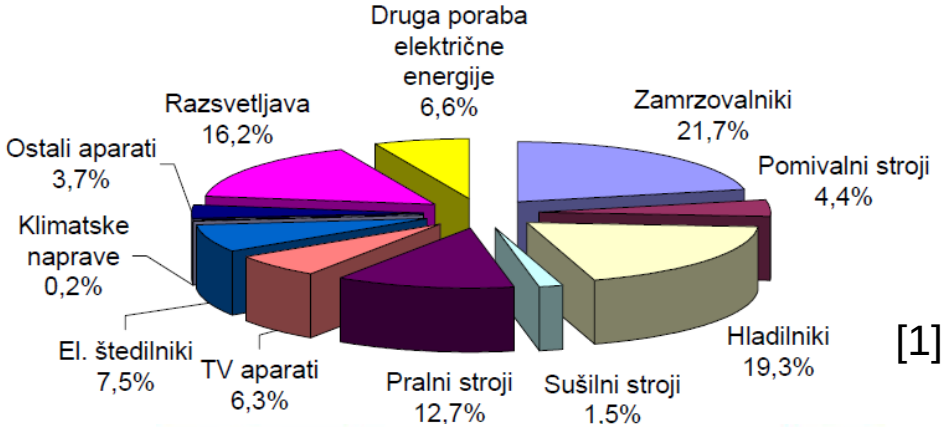


Motivacija??

Problem

Prevelike potrebe po energetskih proizvodnih kapacitetah in obremenitve okolja.

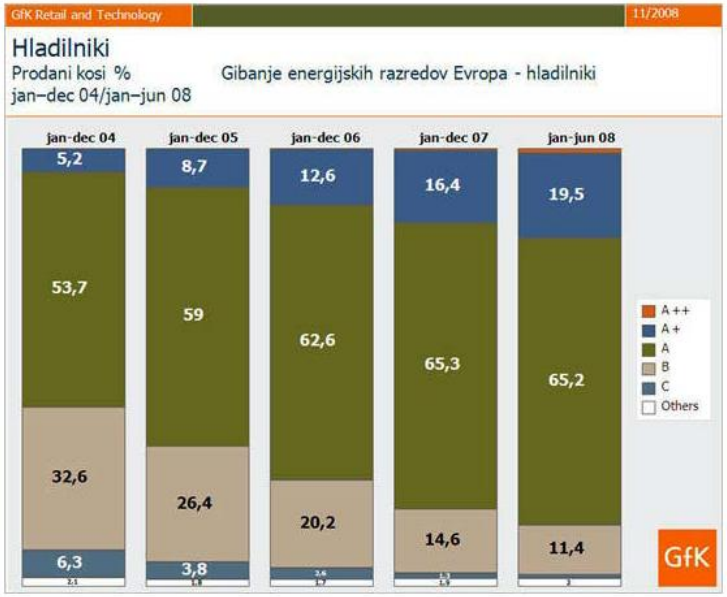




[1]

Ukrepi

- Energijske nalepke in označevanja učinkovitosti gospodinjskih aparatov
- Uporaba energijsko učinkovitejših in ekološko sprejemljivejših tehnologij (npr. hlajenje s pomočjo trdnega delavnega elementa)



[2]

[1] http://www.aure.gov.si/eknjiznica/B_E_nalepke.pdf [2] http://www.gfkorange.si/?option=com_gfkorange&Itemid=57&id=95

Hlajenje s pomočjo trdnega delavnega elementa

- **Termoelektriki**

temperaturna sprema kot posledica enosmernega toka skozi material **(Peltierjev element)**

Slaba energijska učinkovitost
Enosmeren tok v materialu lahko povzroči segrevanje

- **Magnetokaloriki**

temperaturna sprememba pod spreminjajočim se zunanjim **magnetnim poljem**

Uporaba pri zelo nizkih temperaturah

Drago ustvarjanje magnetnega polja

- **Elektrokaloriki**

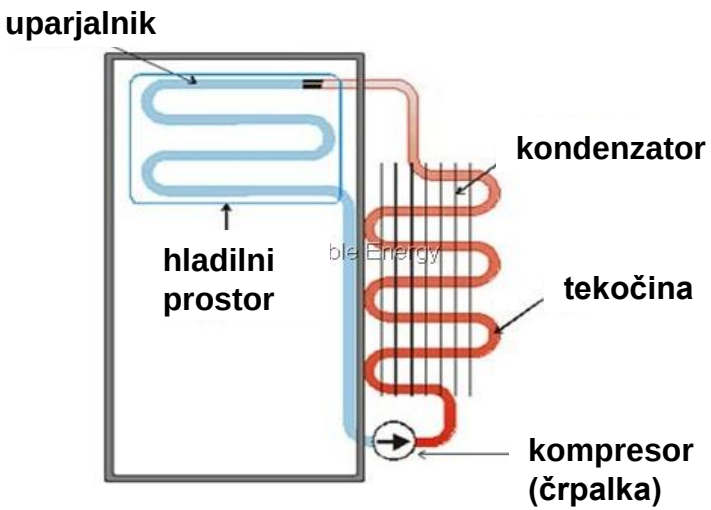
temperaturna sprememba pod spreminjajočim se zunanjim **električnim poljem**

/

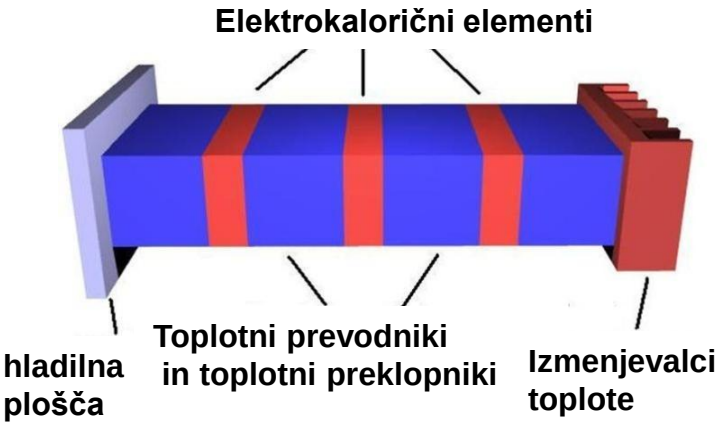
Komercialno zaželjene temperaturne spremembe so težko dosegljive

Primer uporabe elektrokalorikov: hladilnik

danes



jutri



Slabosti:

- gibljivi deli
- okolju škodljiv plin
- neprijeten zvok (kompresor)
- občutljivost pri transportu

Prednosti:

- preprosto delovanje
- ni gibljivih delov
- večja energijska učinkovitost
- ljudem in okolju prijaznejše
- nižja cena proizvodnje
- dodaten zaslužek podjetij in prestiž na trgu

Možna uporaba elektrokalorikov:

* stabilizacija temperature (gretje/hlajenje)
* grelni elementi/hladilni elementi
* hlajenje v mikroelektroniki (hlajenje procesorjev, čipov)
* senzorji in aktuatorji

Potencialna podjetja:

Gorenje

ITW Metalflex

SAMSUNG

Elektrolux

BOSCH

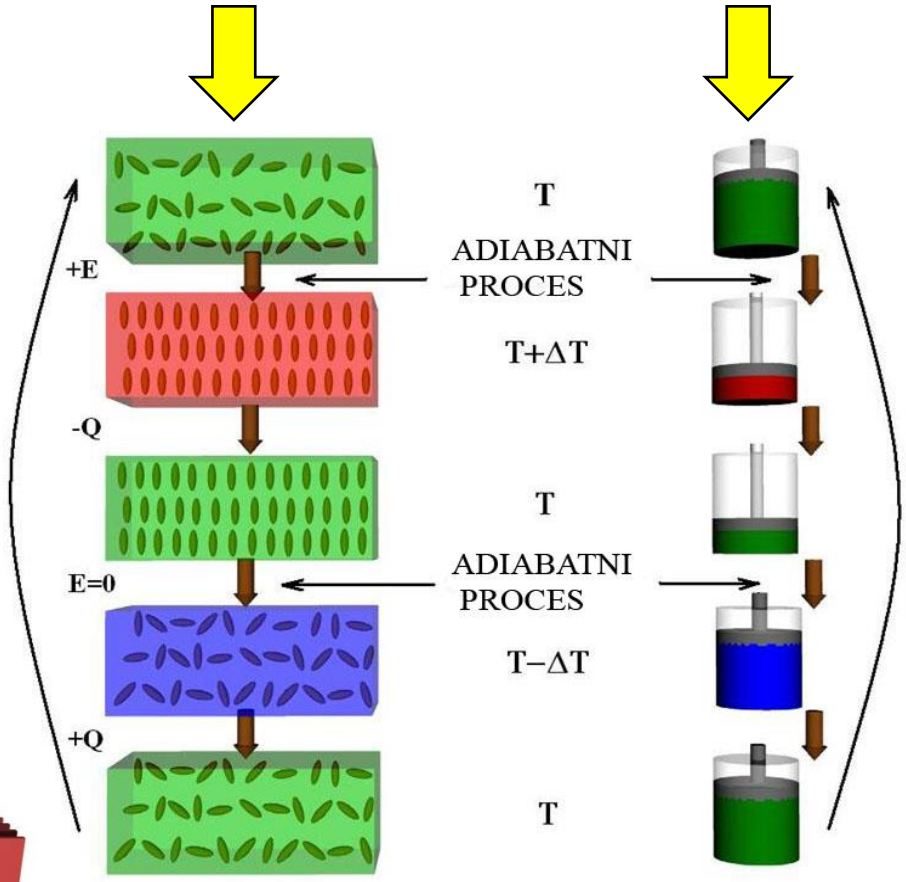
PHILIPS

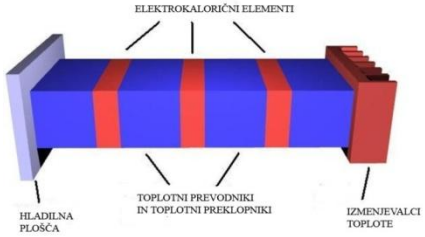
SONY

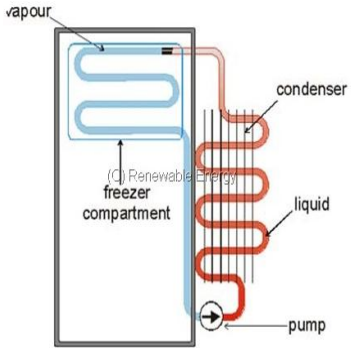
Fizikalno ozadje

Elektrokalorični hladilni cikel

"kompresorski" hladilni cikel







State of the art oz. trenutna raven znanja

Zgodnje raziskave

↓

$\Delta T \sim 1\text{-}2°C$

↓

To ni dovolj za praktično uporabo!

Vprašanje:

Ali takšen pojav obstaja v naravi, oz. ali je mogoče narediti takšne materiale, ki bi kazali ogromen EK pojav?

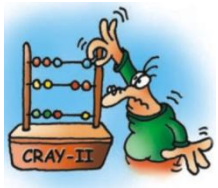
ODKRITJE OGROMNEGA ELEKTROKALORIČNEGA POJAVA!

$\Delta T > 12°C$

* Mischenko et al., Science, 2006
* Neese et al., Science, 2008

* Izvedene so bile posredne meritve

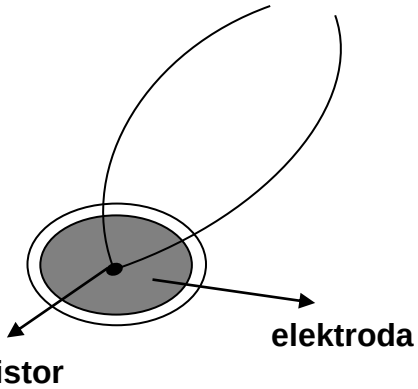
*komercialna uporaba $\Delta T \sim 30\text{-}50°C$



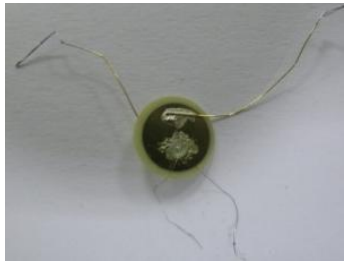
$$\Delta T = -\frac{1}{C\rho}\int_{E_1}^{E_2} T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_E dE,$$

Naše neposredne meritve EK pojava na IJS

(Kalorimeter visoke ločljivosti)

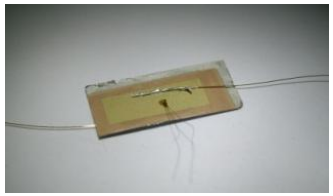


Naši vzorci:

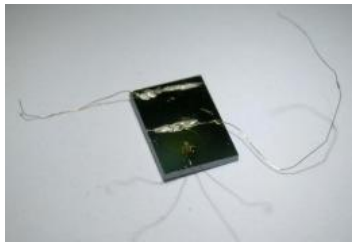


PMN65-35PT
volumenska keramika

polimer

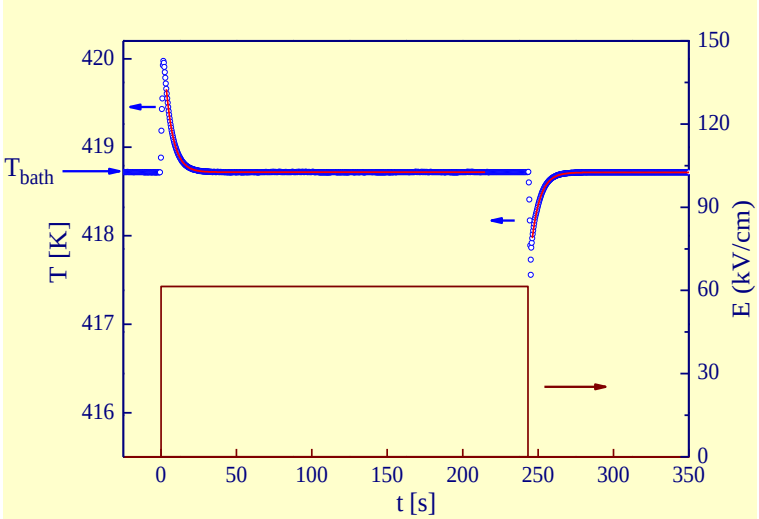


debela plast
PMN65-35PT



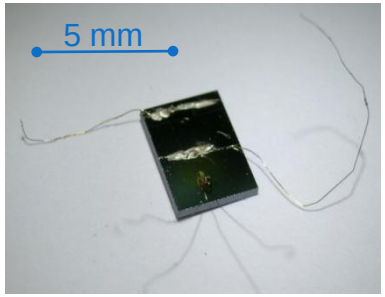
tanka plast PLZT

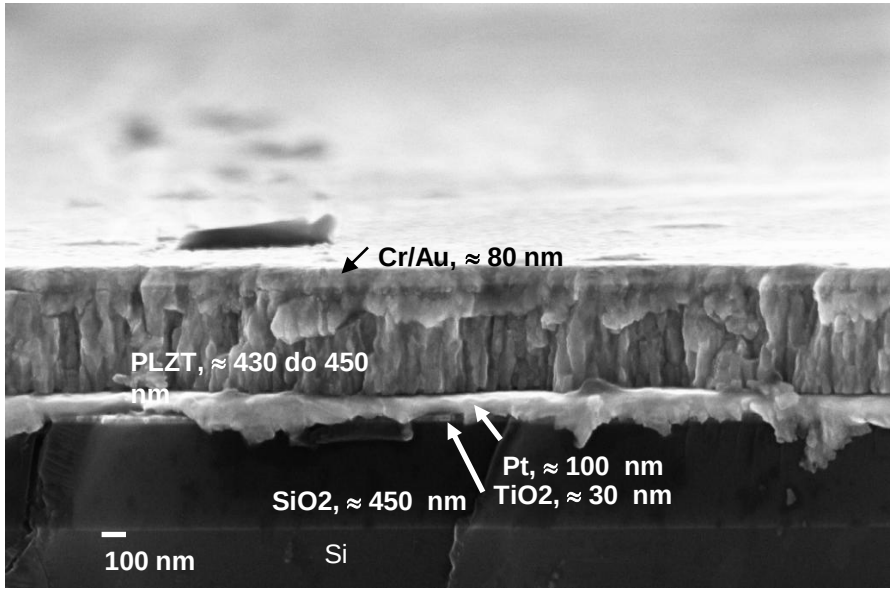
Meritev:



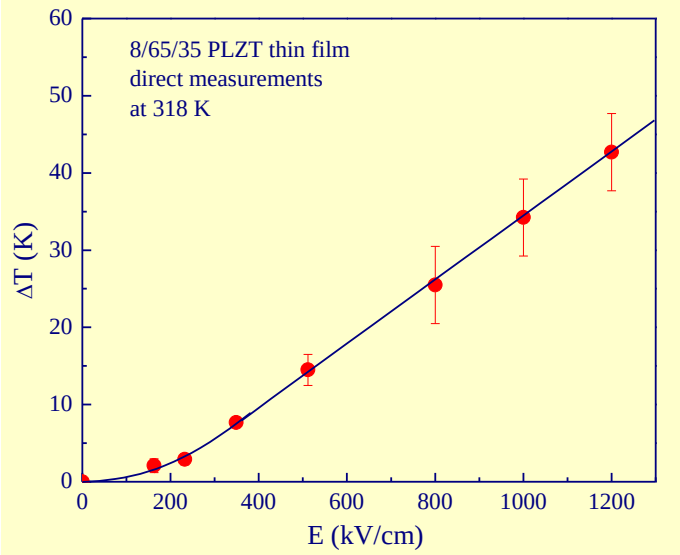
*** stopničast električni signal**

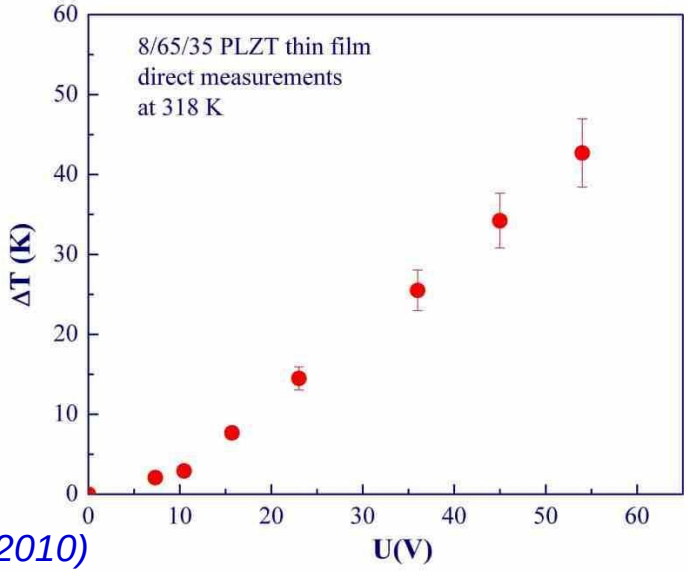
Neposredne meritve EK pojava v tankih plasteh 8/65/35 PLZT blizu sobne temperature





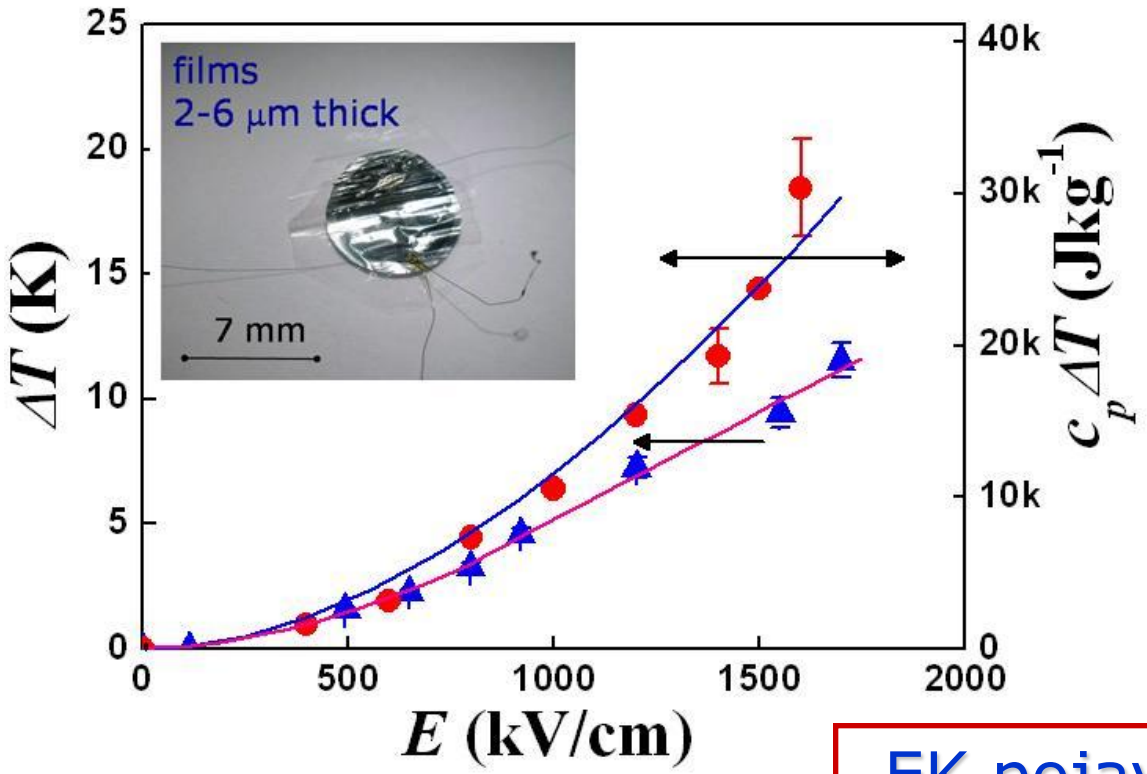
Debele vzorce PLZT je študiral že Birks et al. Ferroelectrics (1986)





Lu et al., Appl. Phys. Lett. 97, 162904 (2010)

Neposredne meritev EK pojava v:
Obsevan P(VDF-TrFE) kopolimer in mešanica terpolimer-kopolimer



EK pojav ~ 12°C

EK pojav ~ 20°C

Lu et al., Appl. Phys. Lett. 97, 202901 (2010)

B.Rožič et al., poslano v PRB (2010)

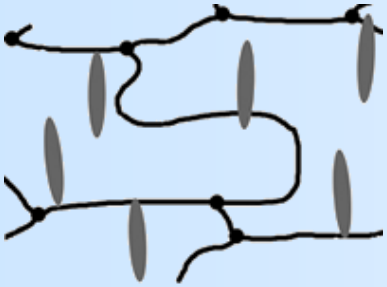
ZAKLJUČEK

- Velikost elektrokaloričnega pojava je največja v nanomaterialih
- Večslojni keramični ali polimerni nanofilmi so najboljši kandidat za nove hladilne elemente na osnovi EK pojava
- Prihod naprav na principu EK pojava le še vprašanje časa
- Več udobja z nižjimi materialnimi stroški in dodaten zaslužek podjetij (visokotehnološki proizvod)
- Nov produkt za boljši jutri in povečanje konkurenčnosti

UMETNE MIŠICE ?

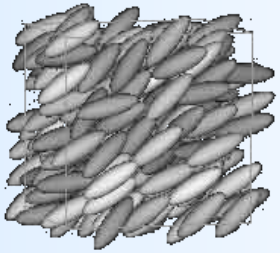
Tekočekristalni elastomeri (TKE)

- so snovi, ki združujejo lastnosti **tekočih kristalov in elastomerov**



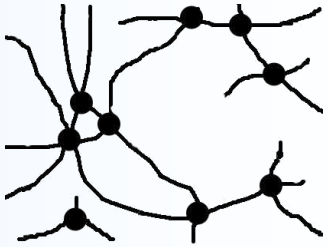
tekočekristalni elastomer

=



tekoči kristal

+



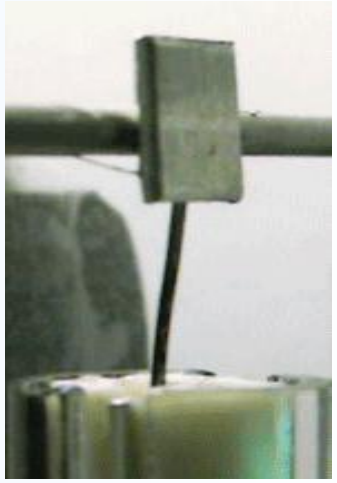
elastomer

Sodelavci:

Z. Kutnjak, G. Cordoyiannis, B. Zalar, A. Lebar, S. Žumer
Odsek za fiziko trdne snovi (F5), Inštitut J. Stefan, Ljubljana

H. Finkelmann in njegova skupina
Albert-Ludwigs-UniVersitat Freiburg, Nemčija

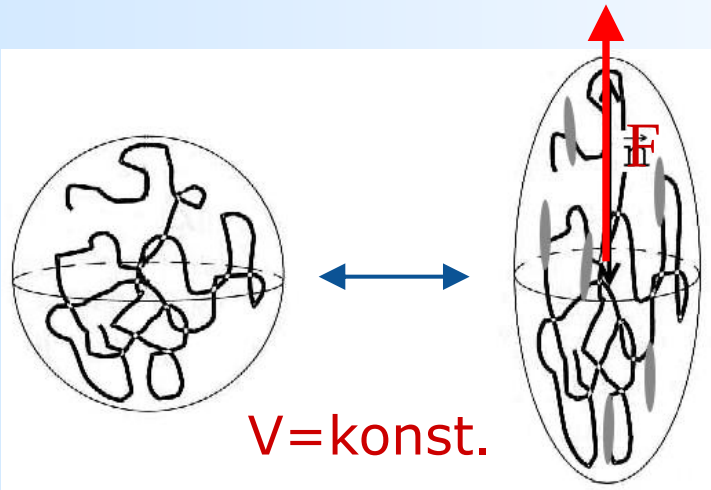
&

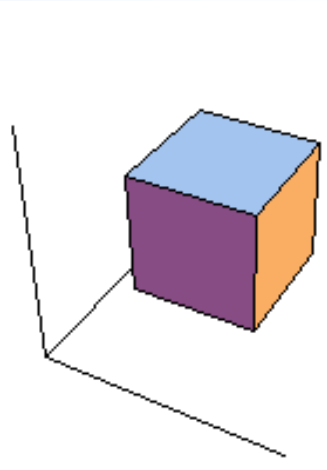


Elastomeri

• po prenehanju delovanja zunanje sile se razmeroma hitro vrne v približno začetno dimenzijo in obliko

DEFORMACIJA

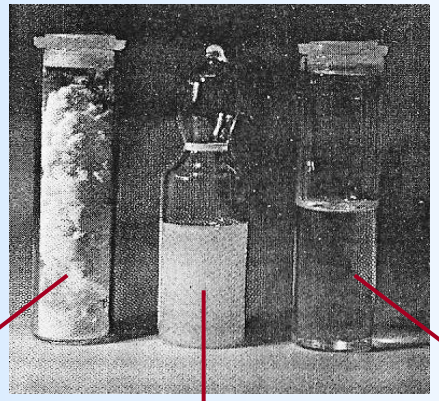




Tekoči kristali

LED ⟷ VODA

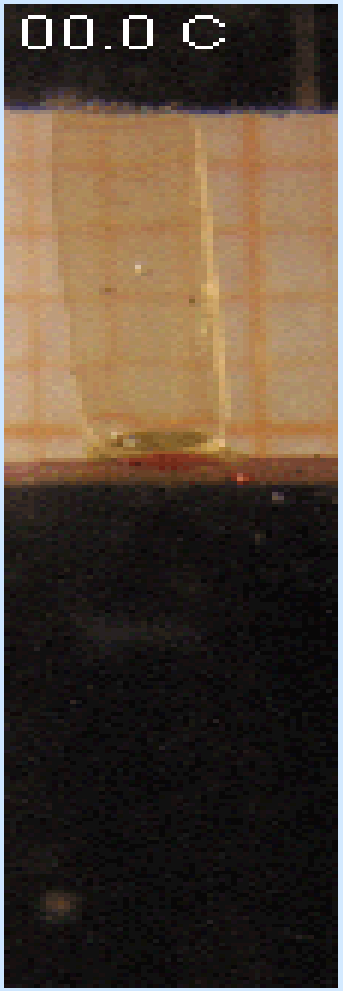
FAZNI PREHOD



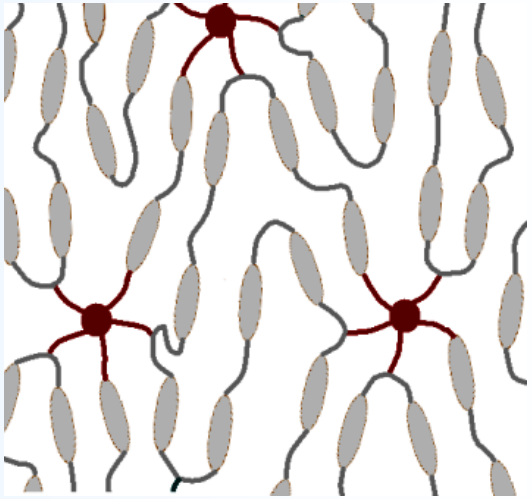
KRISTAL ⟷ TEKOČI KRISTAL ⟷ TEKOČINA

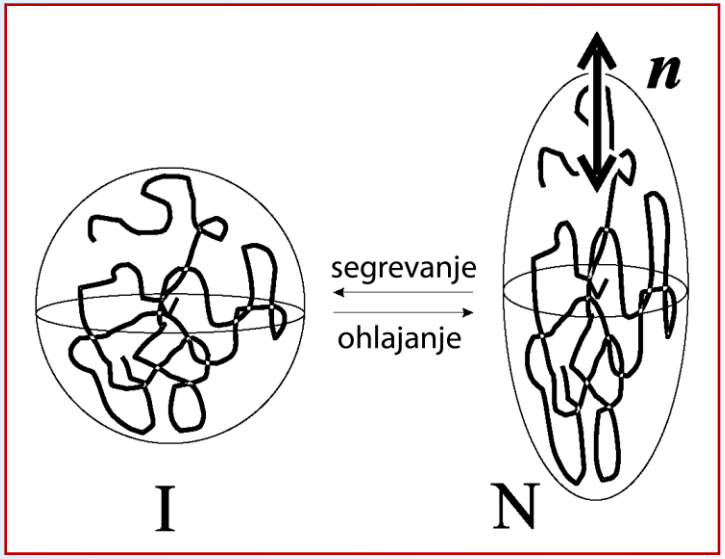
Tekočekristalni elastomeri

Osnovna lastnost:

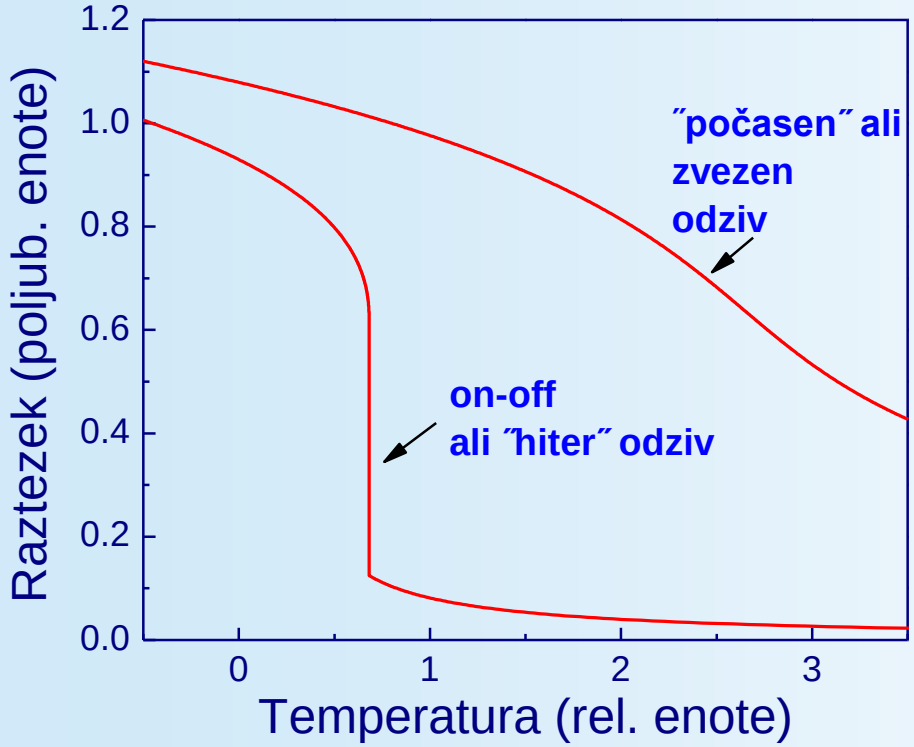


TERMOMEHANSKI ODZIV

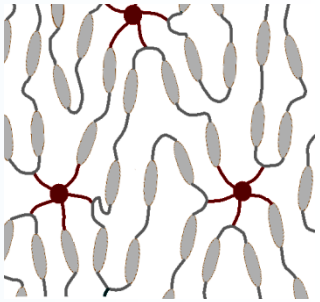




Prehod iz N v I fazo



Glede na aplikacijo je lahko zaželjen ″hiter″ (**on-off**) odziv ali ″počasen″ (**zvezen**) odziv *



Naša ugotovitev:

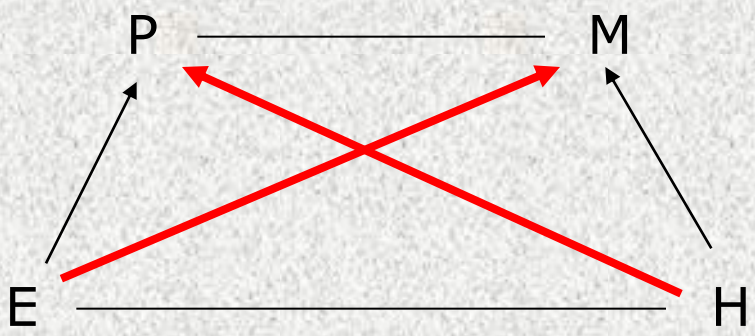
* na odziv lahko vplivamo preko treh parametrov:

- gostota zamreževalcev
- zunanje mehansko polje
- temperatura zamreževanja

Cordoyiannis et. al, Phys. Rev. Lett. (2007).
Lebar et. al, Phys. Rev. Lett. (2005).
Cordoyiannis et. al, Macromolecules (2009).
Rožič et. al, Appl. Phys. Lett (2010).

MAGNETOELEKTRIKI

(kažejo hkrati feromagnetne in feroelektrične lastnosti-pomembna vloga pri razvoju spominskih elementov, kjer lahko informacijo zapišemo električno, beremo pa magnetno)



Sodelavci:

Z. Kutnjak, S. Gyergyek, M. Drofenik, G. Lahajnar
Inštitut Jožef Stefan, Ljubljana

M. Jagodič, Z. Jagličić
Inštitut za matematiko, fiziko in mehaniko, Ljubljana

S. Kralj
Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za fiziko, Maribor

Računalnik:

- magnetno polje (H): pisanje
- električno polje (E): računanje

Magnetoelektriki: ena komponenta za obe operaciji

❖ Nov magnetoelektrični material

(S. Kralj)

NANODELCI

TEKOČI KRISTAL

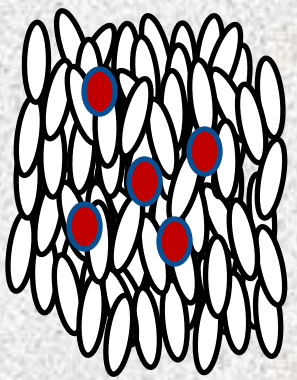
& ?? material ➡ posebne lastnosti

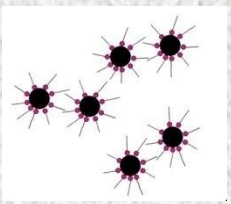
A. C. Balazs et al., *Science* **314**, 1107 (2006)

➡ ogromen odziv na različne motnje (zunanje električno ali magnetno polje)

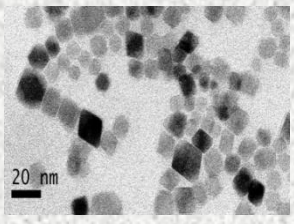
Naš material:

- maghemit $\gamma - Fe_2O_3$ in tekoči kristal SCE9





(S. Gyergyek)



TEM image

MEHKI magnetoelektriki

(obstoj magnetoelektričnosti v mehkih kompozitih)

Elektromehanski (EM) odziv relaksorskih feroelektrikov

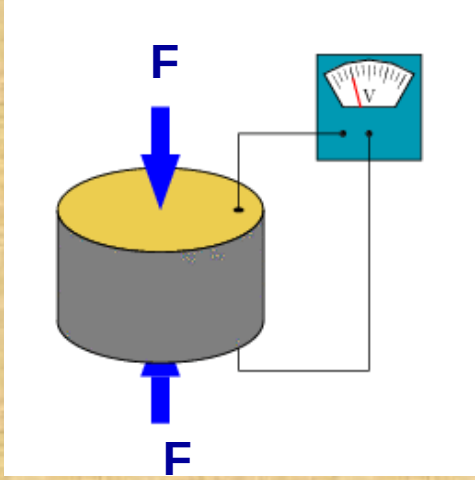
Sodelavci:

Z. Kutnjak, N. Novak, R. Blinc
Odsek za fiziko trdne snovi (F5)

M. Kosec, B. Malič, J. Holc
Odsek za elektronsko keramiko (K5)
Inštitut J. Stefan, Ljubljana

J. Petzelt, Academie of Sciences, Češka

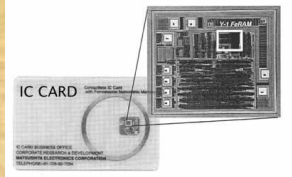
WIKIPEDIA



EM = neposredna pretvorba mehanske energije v električno in obratno

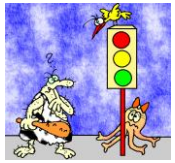
MOTIVACIJA

EM je velikega pomena za številne aplikacije od robotike do razvoja umetnih mišic in ultrazvočnih naprav v medicini.



- kondenzatorji
- ultrazvočne naprave v medicini
- aktuatorji
- senzorji
- spominski elementi

➢ **vpliv na velikost EM efekta (Z. Kutnjak et al., Nature 2006)**



(S. Kralj)

Zaključek

- elektrokaloriki (nano-)
- elastomeri
- magneroelektriki

1. korak

Kemiki

Fiziki

Naslednji koraki:

Inženirji

Menedžerji

Podjetja

… prispevati košček v mozaik uspešnosti slovenskega gospodarstva…

IPSSC

3. študentska konferenca Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana

25. maj 2011, v avli Inštituta Jožef Stefan

Z znanjem do inovativnih rešitev.

- **predstavitve raziskovalnega dela študentov**
- **nagrade in priznanja za najboljše predstavitve z vidika znanstvene kakovosti in uporabe**
- **predstavitve podjetij**
- **brez kotizacije**
- **mreženje ob hrani in pijači**

http://ipssc.mps.si

kontakt: tadeja.samec@mps.si

dsgn • erc vider

Hvala za pozornost!