

FIZIKI NA INSTITUTU J.STEFAN

Igor Muševič

Institut J.Stefan

Univerza v Ljubljani

Fizikalni raziskovalni odseki na IJS

www.ijs.si

raziskovalcev

- Odsek za teoretično fiziko (F-1) 22
- Odsek za fiziko srednjih in nizkih energij (F-2) 20
- Odsek za tanke plasti in površine (F-3) 2
- Odsek za tehnologijo površin in optoel. (F-4) 4
- Odsek za fiziko trdne snovi (F-5) 28
- Odsek za kompleksne snovi (F-7) 11
- Odsek za reaktorsko fiziko (F-8) 11
- Odsek za fiziko osnovnih delcev (F-9) 15

Skupaj: 113

Eksperimentalne raziskovalne metode in ekspertna znanja

- Električne, magnetne meritve, kalorimetrija visoke ločljivosti
- Resonančna spektroskopija in slikanje
- Metode jedrske fizike
- Optika in optična spektroskopija
- Metode analize površin: mikroskopija in spektroskopija površin

Električne, magnetne meritve in visokoločljiva kalorimetrija

adrijan.levstik@ijs.si

janez.dolinsek@ijs.si

zvonko.trontelj@fiz.uni-lj.si

zdravko.kutnjak@ijs.si

Laboratorij za dielektrično spektroskopijo



Merjenje dielektričnega odziva (kompleksne impedance $Z = U/I$):

- dielektrična konstanta
- električna prevodnost
- polarizacija.

Frekvenčni interval: 1 mHz-10 GHz

Linearni dielektrični odziv:

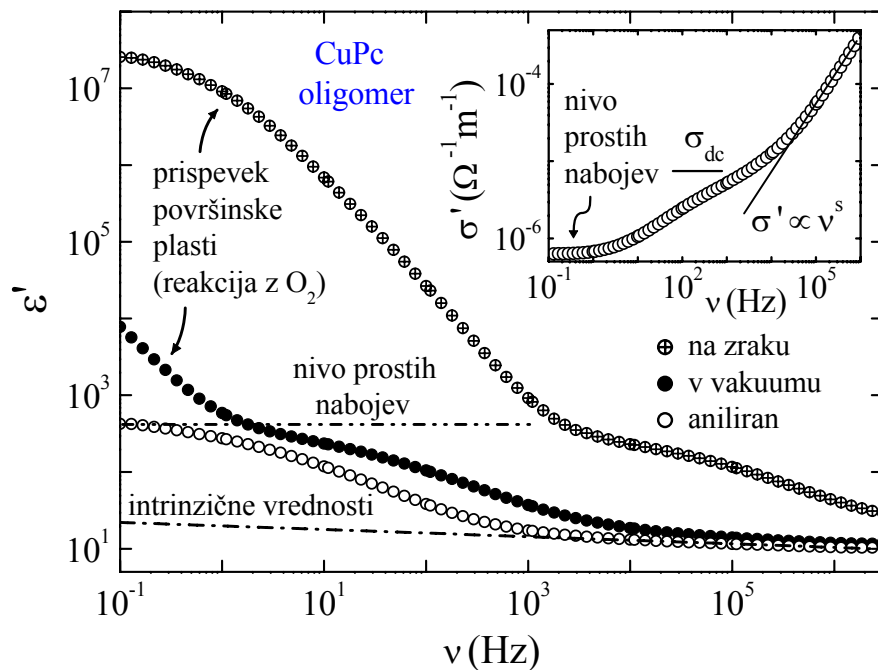
- HP4284A Precision LCR Meter, 20 Hz – 1 MHz
- Novocontrol Alpha Dielectric Analyzer, 1 mHz – 3 MHz
- HP 4191 RF Impedance Analyzer, 1 MHz – 1 GHz
- HP 8720C Network Analyzer, 50 MHz – 10 GHz
- Keithley 617 Electrometer, statični odziv

Nelinearni dielektrični odziv:

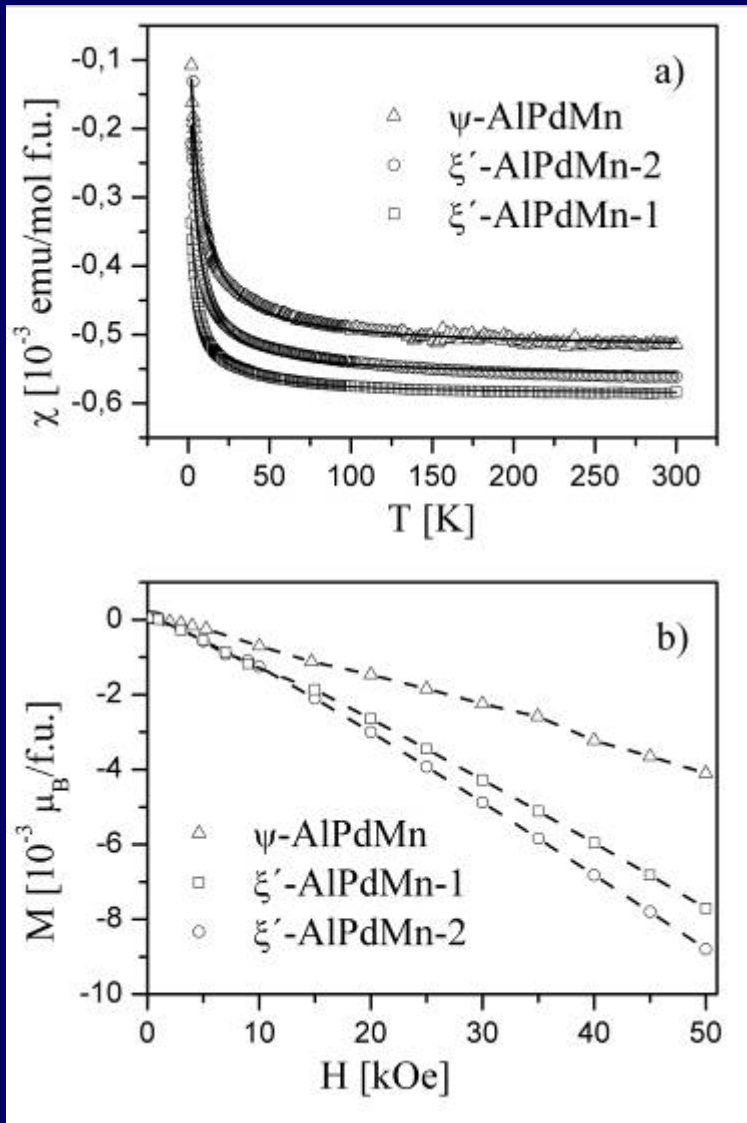
- HP35665A Dynamic Signal Analyzer, 1 Hz – 10 kHz

Temperaturni interval: 4.2 K-450 K

Oxford Instruments helijev kriostat (4.2 K-300 K), dušikova stabilizacija s faznim detektorjem ter uporom Pt100 kot termometrom (77 K-450 K), stabilizacija znotraj ± 0.01 K.



Magnetne meritve s SQUID magnetometrom



Sodelovanje s Fakulteto za matematiko in fiziko (Z.Trontelj, Z.Jagličič)

Primer: diamagnetizem v kompleksnih kovinskih zlitinah AlPdMn

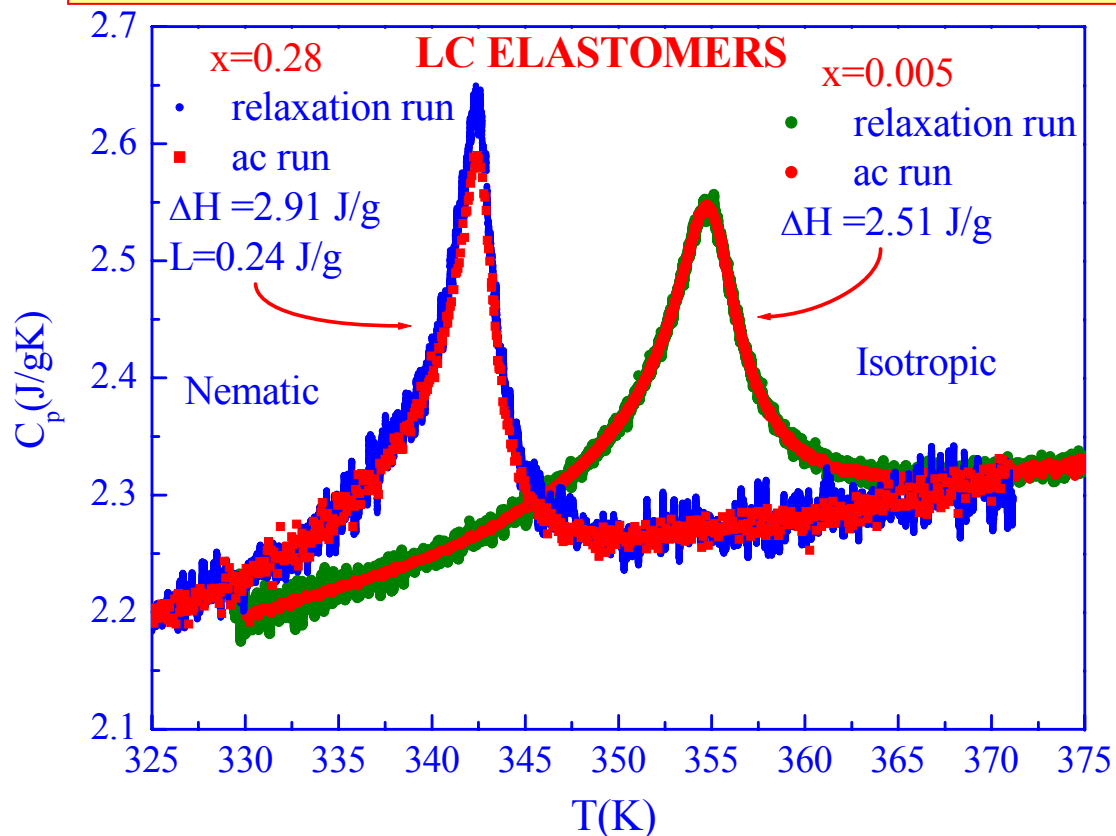
dia, para in feromagnetizem

ločljivost reda 10⁻⁸ emu/mol m³

Visokoločljiva kalorimetrija



Temperaturni obseg: $\sim 80\text{K}-460\text{K}$
Temperaturna stabilnost $< 0.1\text{ mK}$
Signal/šum (ac način delovanja): $\sim 0.01\%$
Meritev specif. toplote C_p ločljivosti reda mK
vzorci od 10 mg - $\sim 1\text{g}$



Ločimo lahko fazne prehode v plasteh debeline reda 1 molekule.

Resonančna spektroskopija in slikanje (NMR, MRI, EPR)

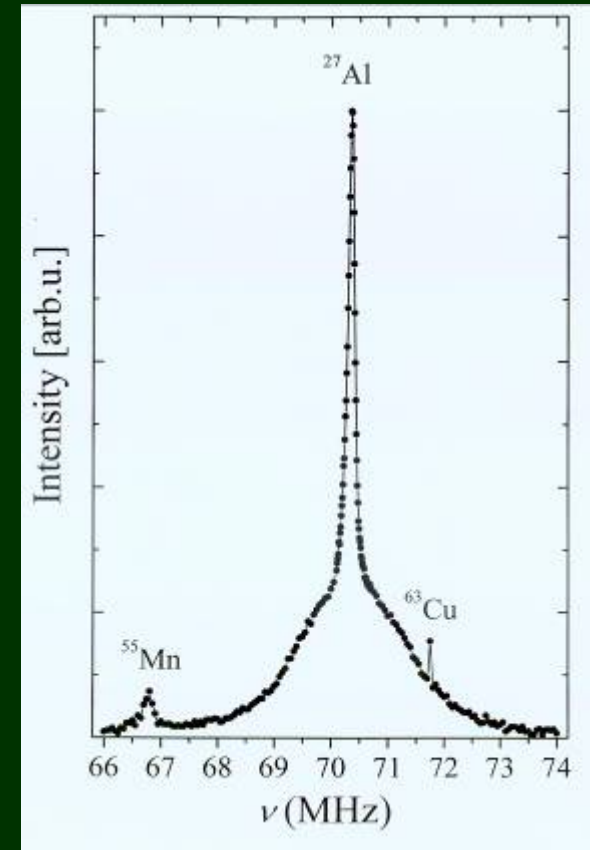
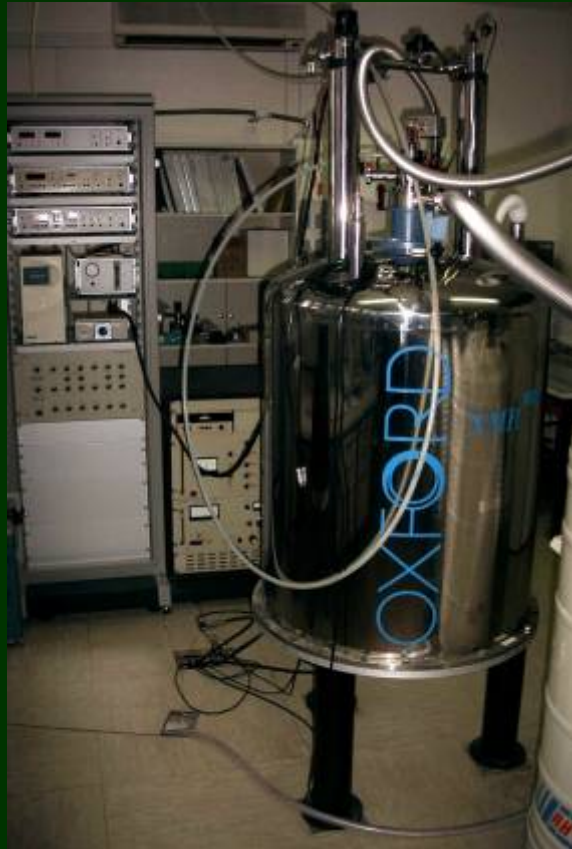
janez.dolinsek@ijs.si

igor.sersa@ijs.si

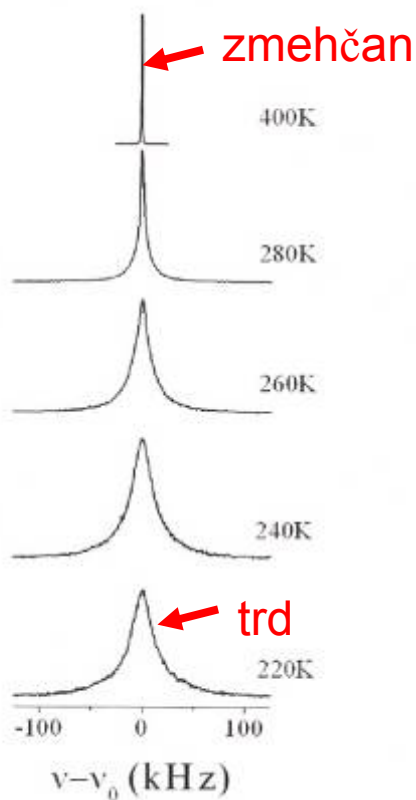
janez.strancar@ijs.si

denis.arcon@ijs.si

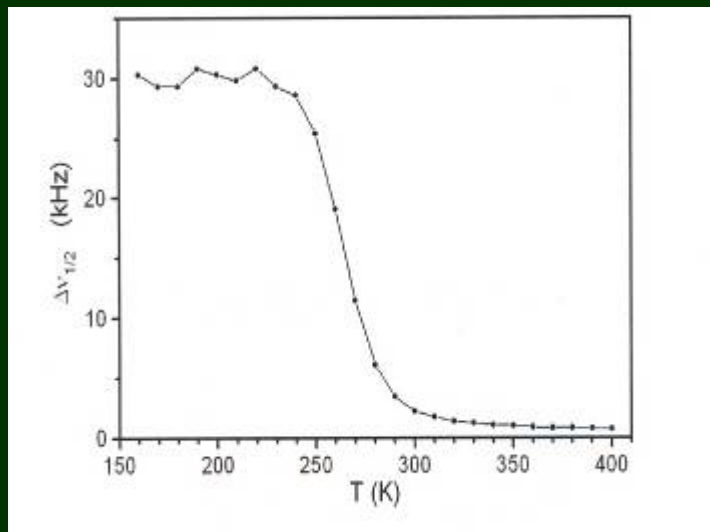
NMR – Jedrska magnetna resonanca



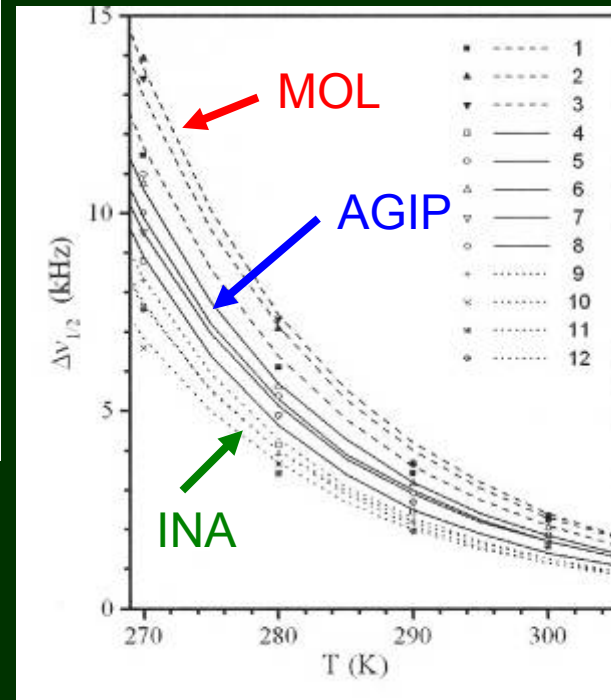
Primer: študij mehčanja bitumnov z NMR



NMR spekter vodika v bitumnu



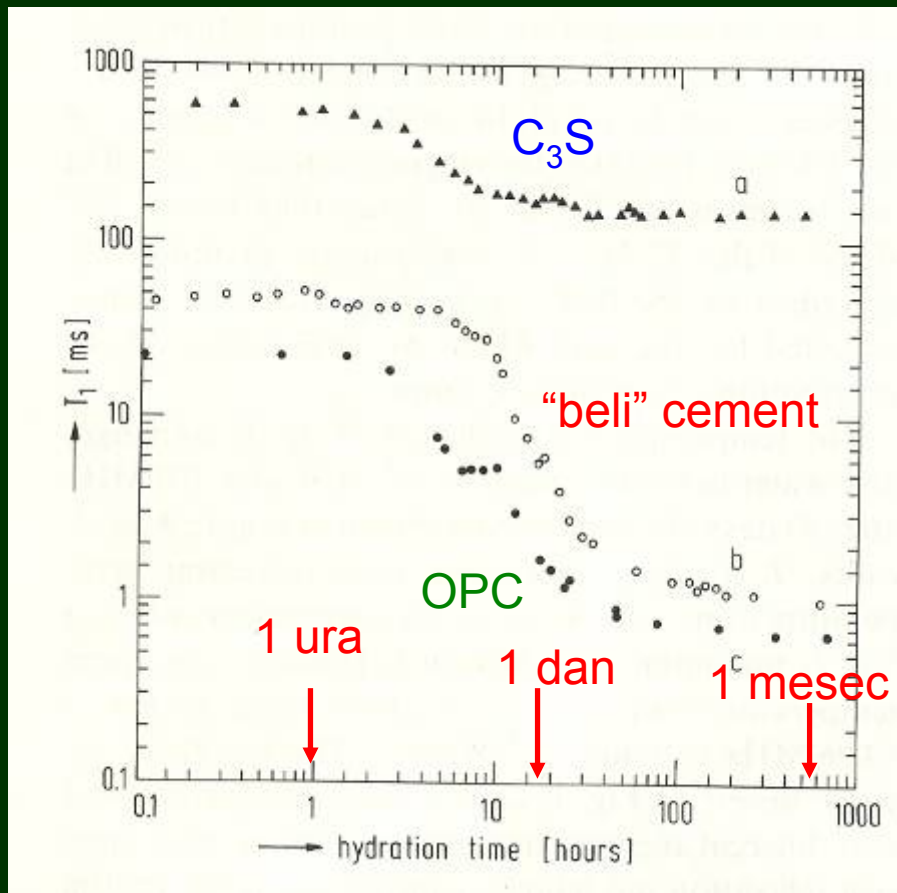
NMR mehčalna krivulja bitumna: širina NMR spektra v odvisnosti od temperature



NMR mehčalne krivulje bitumnov različnih proizvajalcev

Študij strjevanja cementov z NMR

Spin-mrežni relaksacijski čas T_1 po zmešanju cementa z vodo



Hidratacijski čas (ure)

Oprema laboratorija za MR slikanje

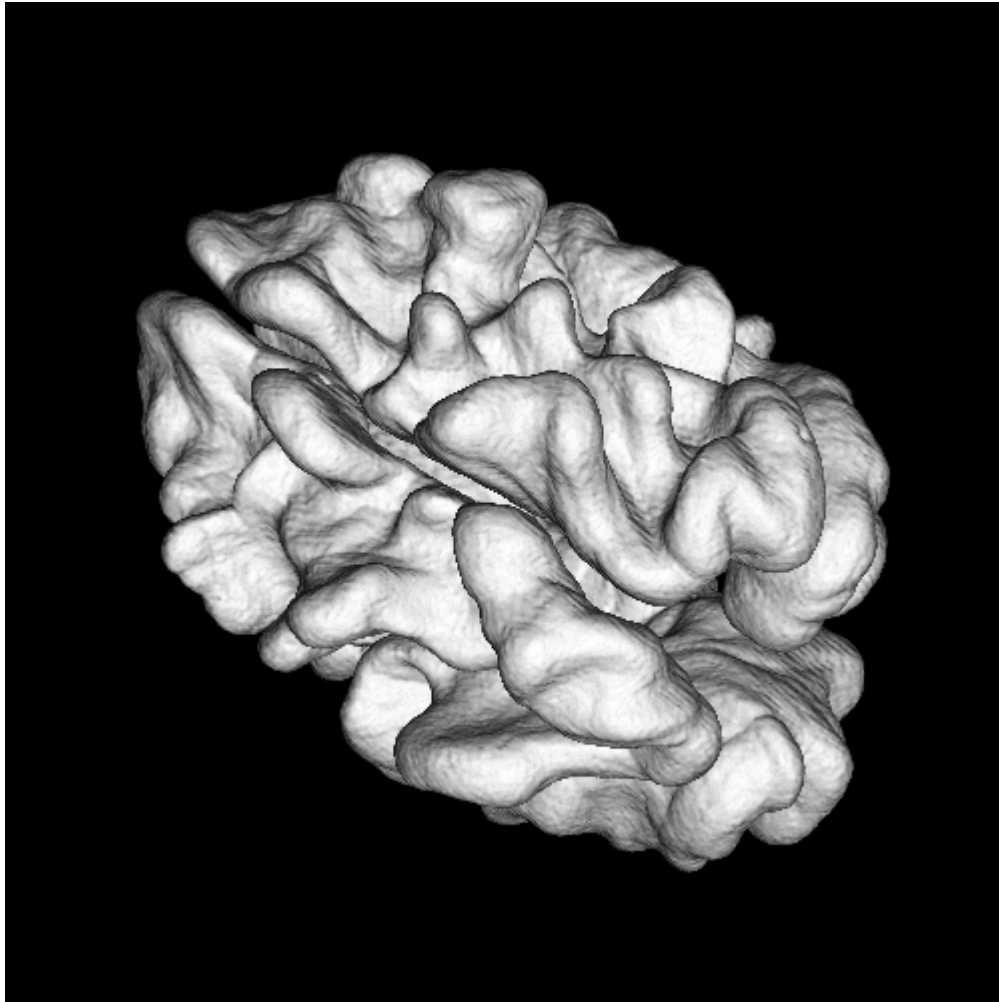


RF tuljave in gradientna tuljava

Superprevoden magnet 2.35 T

Piksel $100 \times 100 \times 100 \mu\text{m}^3$, 1cm^3 , slika H_2O , $256 \times 256 \times 256$ točk

Primer visokoločljive 3D slike: oreh



Rekonstrukcija površin



Zaporedje slik po rezinah

(parametri slikanja: matrika 256^3 , vidno polje 30 mm, ločljivost $120\ \mu\text{m}$, čas slikanja 19h)

Laboratorij za biofiziko – EPR center

Elektronska paramagnetna resonanca:

opazovanje stanj prostih elektronov (obstojećih in induciranih radikalov) in vplivov neposredne okolice na molekularni skali



Kemična industrija ter industrija materialov

Farmacevtska ter prehrabena industrija

- **stabilnost polimerov** in drugih snovi pred škodljivimi učinki radikalov (UV & ionizirajoča sevanja)
- **EPR dozimetrija** (intenziteta ionizirajočega sevanja preko nastalih radikalov)
- Nedestruktivno določevanje **koncentracij kisika** v tkivih živali in hrani.

Metode jedrske fizike

matej.lipoglavsek@ijs.si

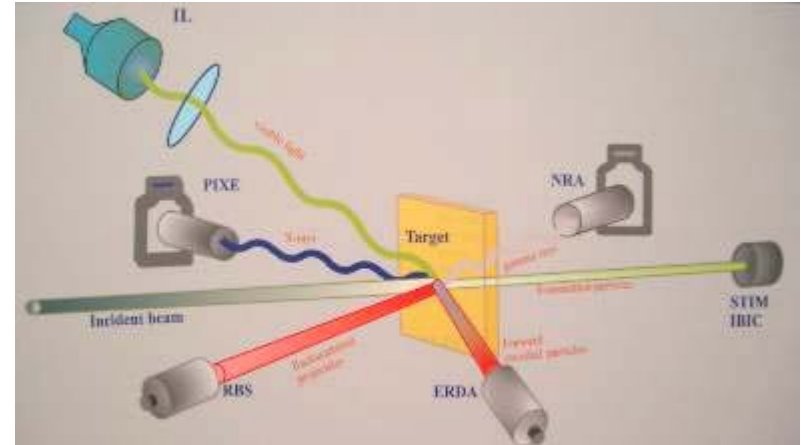
primoz.pelicon@ijs.si



Mikroanalitski center

Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij IJS

Raziskave materialov in modifikacija snovi s pospešenimi ionskimi žarki

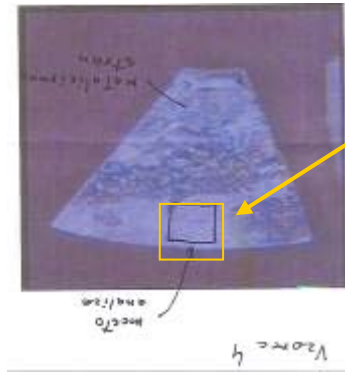


Metode za preučevanje lastnosti snovi, ki temeljijo na obsevanju z ionskimi žarki.

Tandemski pospeševalnik z žarkovnimi linijami (zunanji žarek, mikrožarek, PIXE)

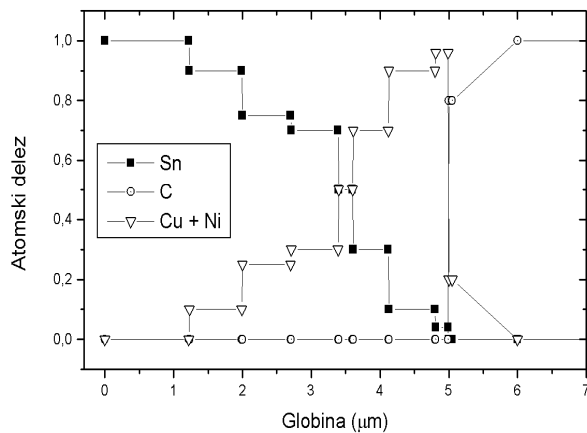
Analiza tankih prevlek in kovinskih industrijskih izdelkov

Stranka pošlje objekt

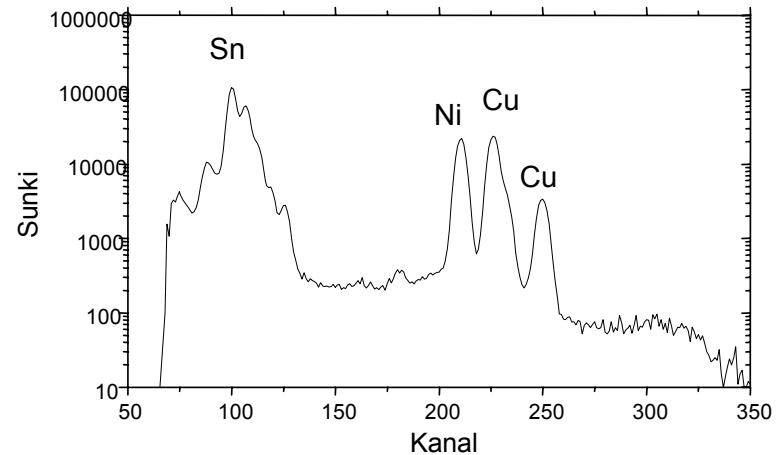


Označeno in dejansko področje analize

Nedestruktivna, hitra in točna določitev elementnih globinskih profilov



Identifikacija elementov v prevleki z metodo PIXE, ki omogoča natančno metalurško analizo



Dimenzije vzorcev:

10 mikrometrov do ~10 cm:

Analize na ionskem mikrožarku

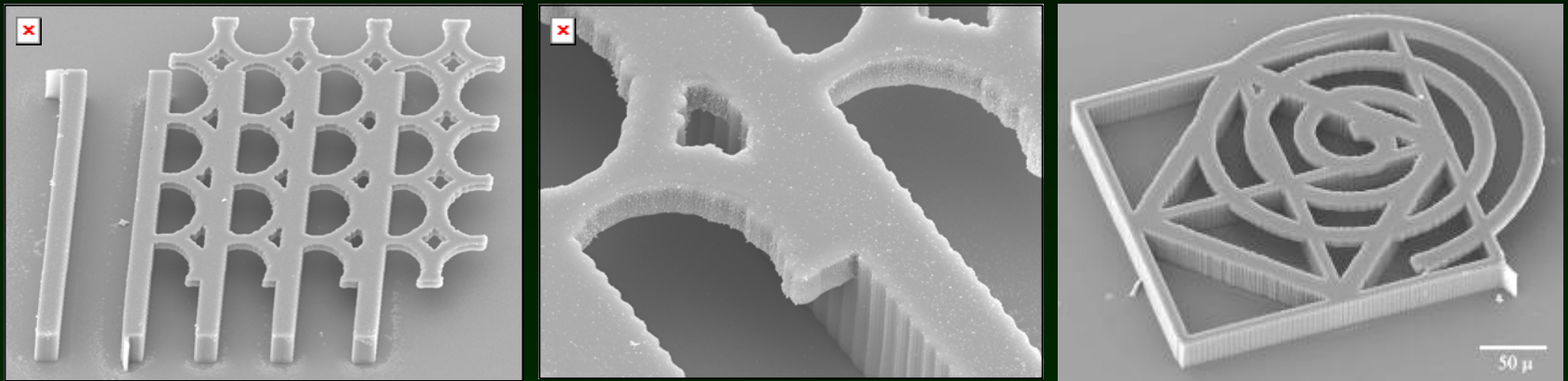
• večji vzorci (do ~2 m): zunanji ionski žarek
Vodikovi ioni:

Globinski doseg do 100 mikrometrov

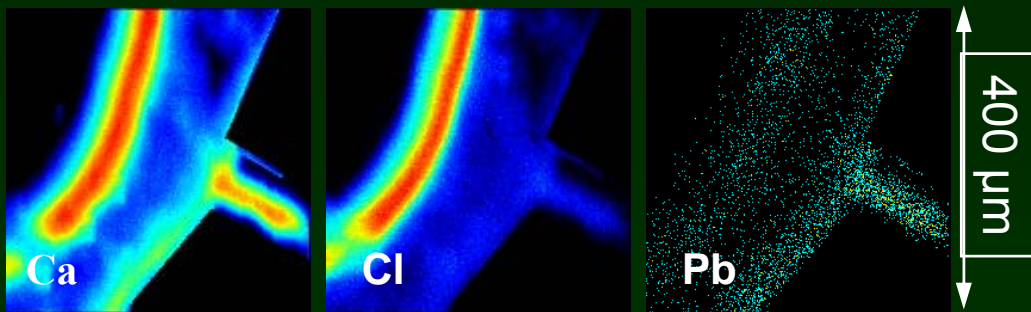
Ultratanke prevleke: uporaba Li ionov

Globinska ločljivost do 10 nanometrov

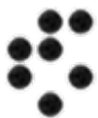
Tridimenzionalna mikroobdelava: Direktno pisanje v polimer z ionskim mikrožarkom na osnovi načrta: digitalne črno bele fotografije.



Tridimenzionalna tomografija bioloških tkiv, mikrodelcev in mikroobjektov:



Sodelovanje Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij IJS z industrijo:
Gorenje, Kolektor, Luka Koper, Cinkarna, NEK



VARSTVO PRED SEVANJEM IN MERITVE RADIOAKTIVNOSTI

Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (F-2)

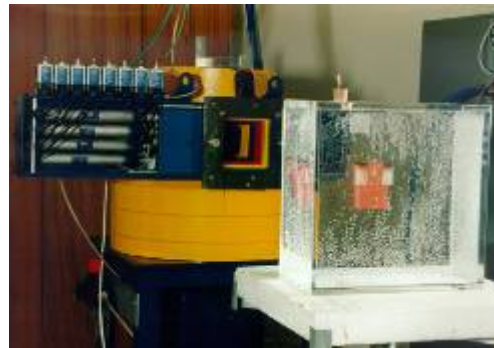
<http://ol.ijs.si/>

Če imate vprašanja o karkšnemkoli vidiku radioaktivnosti – naj gre za meritve, varstvo zaposlenih pred sevanjem, izvozna dovoljenja ali pravne predpise – nas pokličite (01 4773 493)!

- **Laboratorij za radiološke merilne sisteme in meritve radioaktivnosti**



- **Laboratorij za dozimetrične standarde**



- **Ekološki laboratorij z mobilno enoto (ELME)**



- **Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo**



Optika in optična spektroskopija

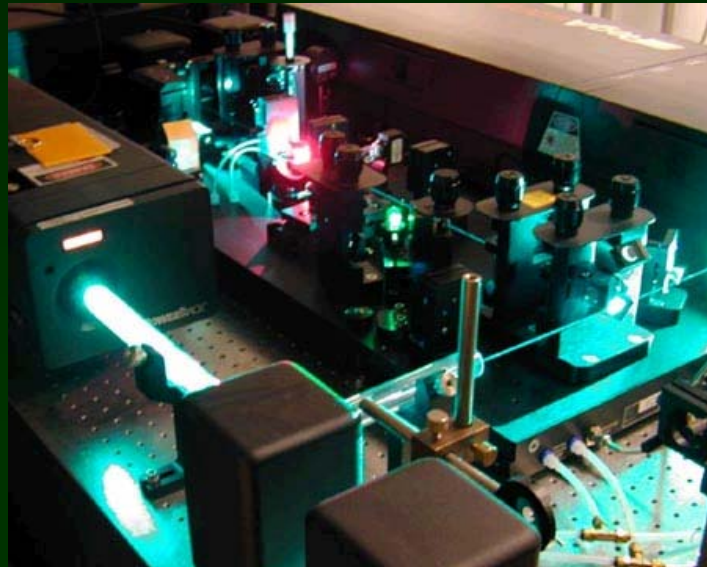
dragan.mihailovic@ijs.si

martin.copic@ijs.si

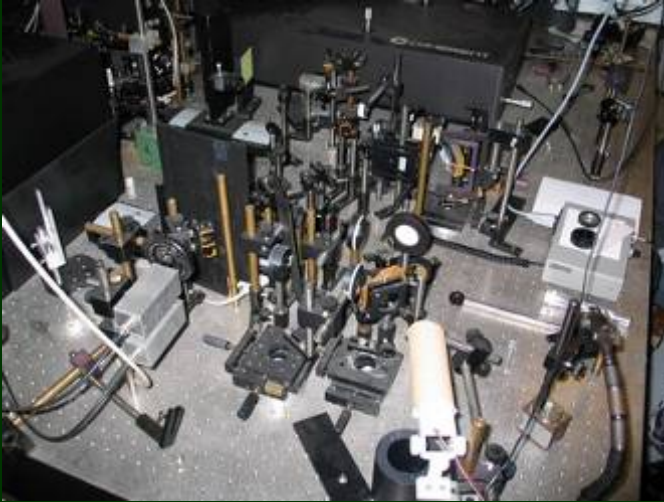
marko.zgonik@ijs.si

irena.drevensek@ijs.si

igor.poberaj@fiz.uni-lj.si



Ramanska spektroskopija:



fotonska avtokorelacijska spektroskopija
(fluktuacije lomnega kvocienta na skali od 1s do 1 μ s)

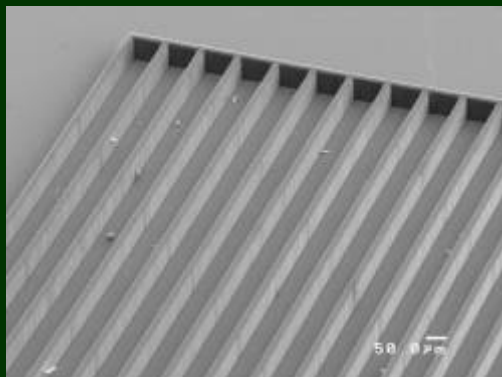
- spektralna analiza 200nm - 3 μ m (Perkin Elmer Lambda 900)
- statične meritve intenzitete prepuščene svetlobe v območju več kot 5 redov velikosti (ustreza EN 379)
- laserska interferometrija (Zeemanski laser HP)
- meritve pomikov
- standardni laser He-Ne stabiliziran z ^{127}I resonanco. Stabilnost boljša od 10^{-9}
- optična elipsometrija: določanje profila lomnega kvocienta na površinah

Optična pinceta, laboratorij FMF: močan fokusiran žarek “ujame” delce v gorišču

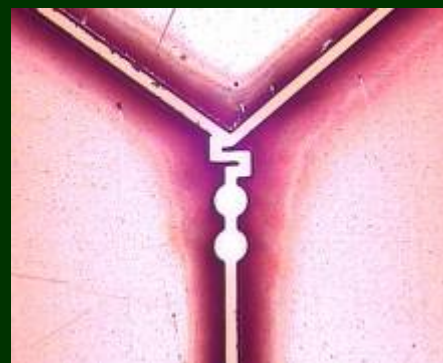
Uporaba: merjenje sil med delci
(koloidni sistemi, disperzije)



Lasersko oblikovanje
mikrostruktur:



Tankostenski kanali -
fotolitografsko strukturiranje.



Mikrokomore - direktno
strukturiranje.

-> poster

Površine in mikroskopija

igor.musevic@ijs.si

albert.prodan@ijs.si

miran.ceh@ijs.si

anton.zalar@ijs.si

peter.panjan@ijs.si

Profilometrija

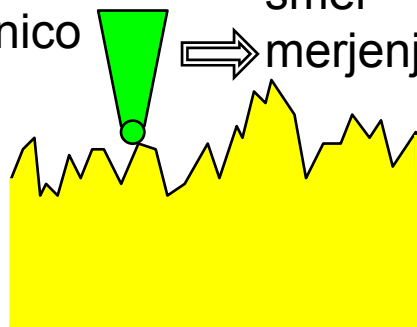


Taylor-Hobson
Form Talysurf
Series 2

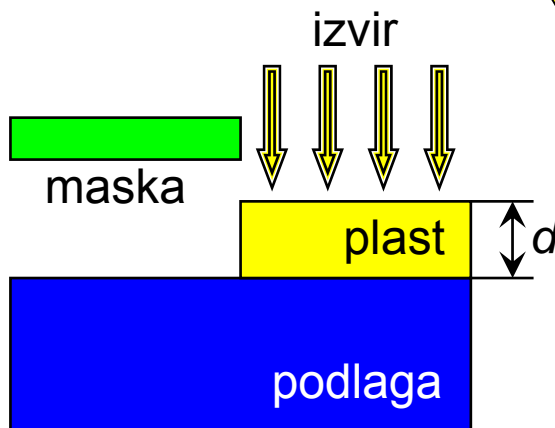
Resolucija
vertikalna: 1 nm
lateralna: 0,3 μm

Hrapavost

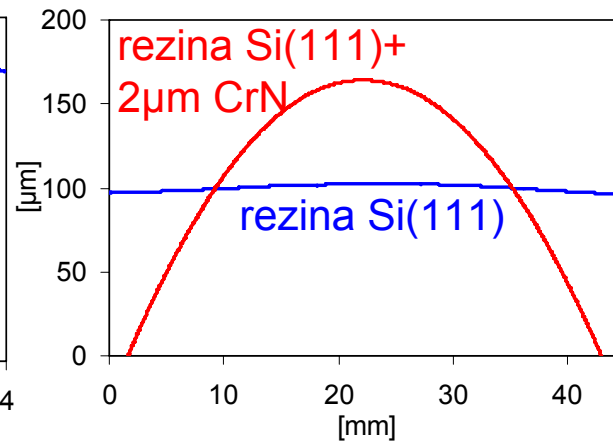
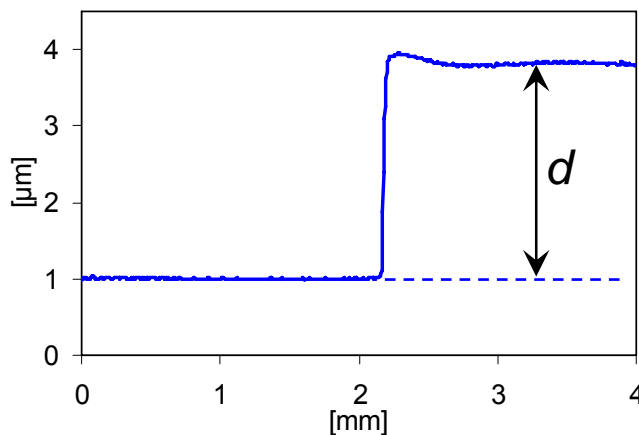
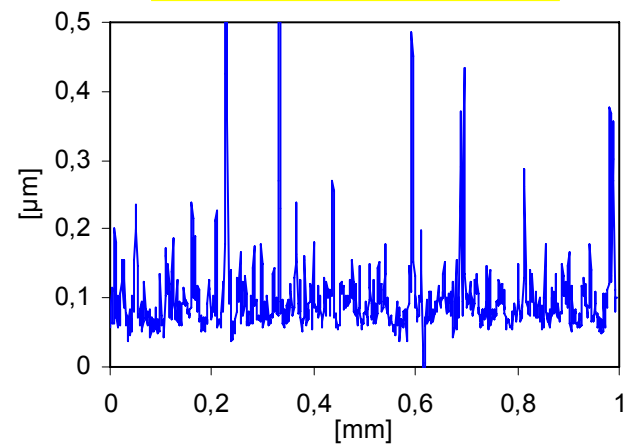
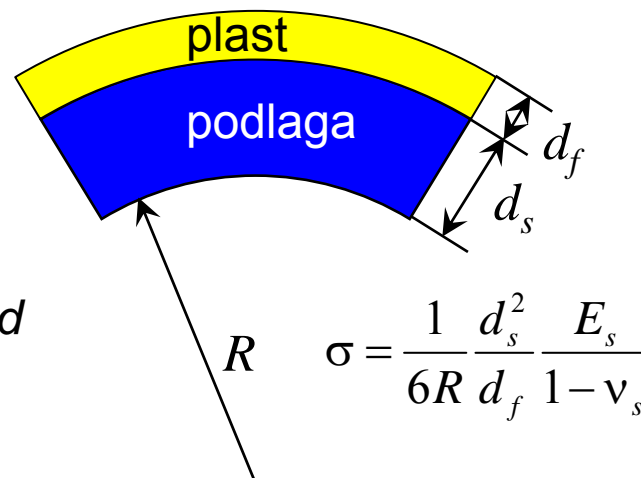
igla z
diamantno
konico smer
merjenja



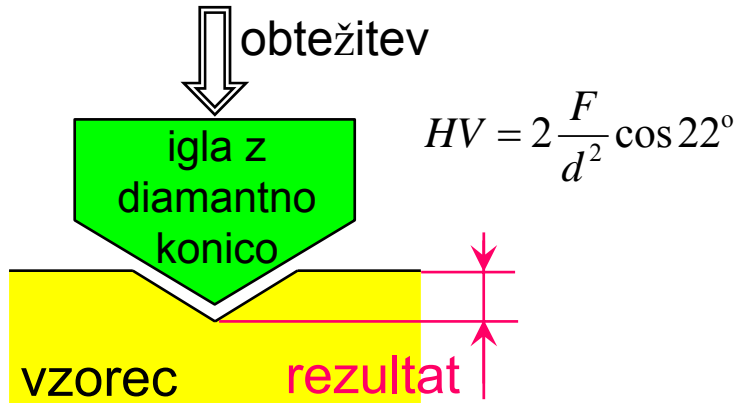
Debelina plasti



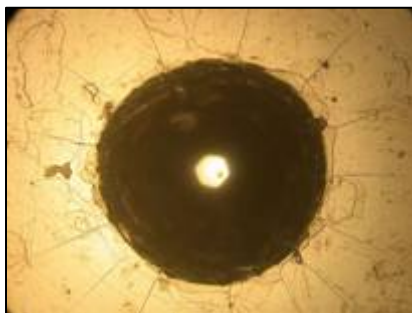
Notranje napetosti



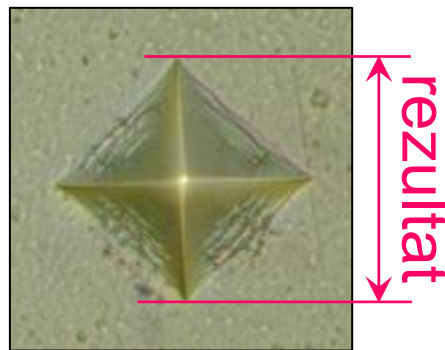
Trdota



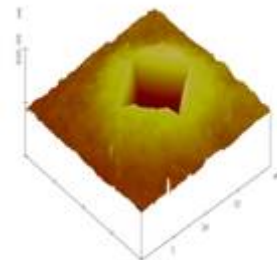
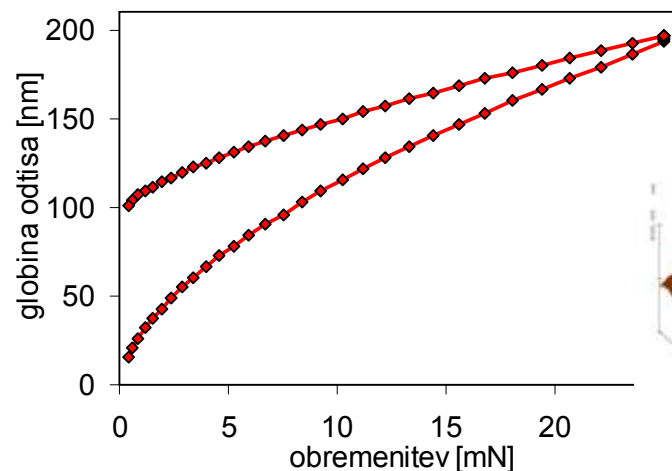
Makro



Mikro

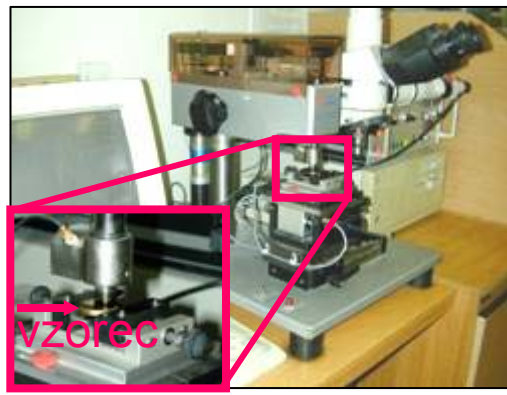


Nano

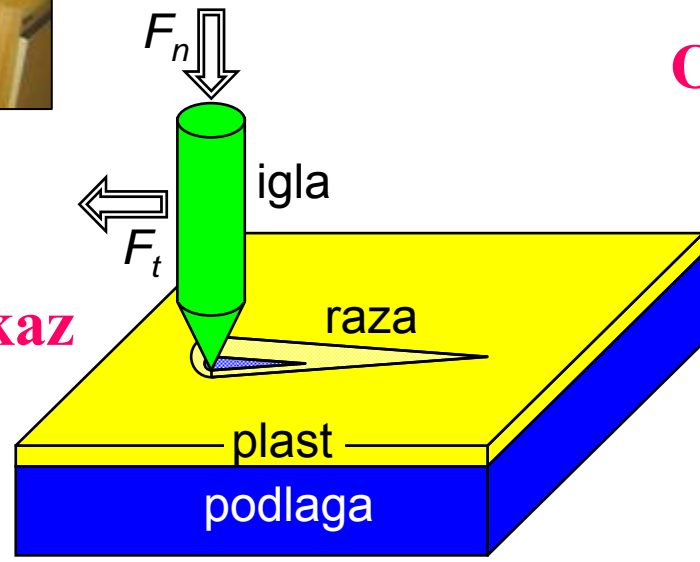


Adhezija

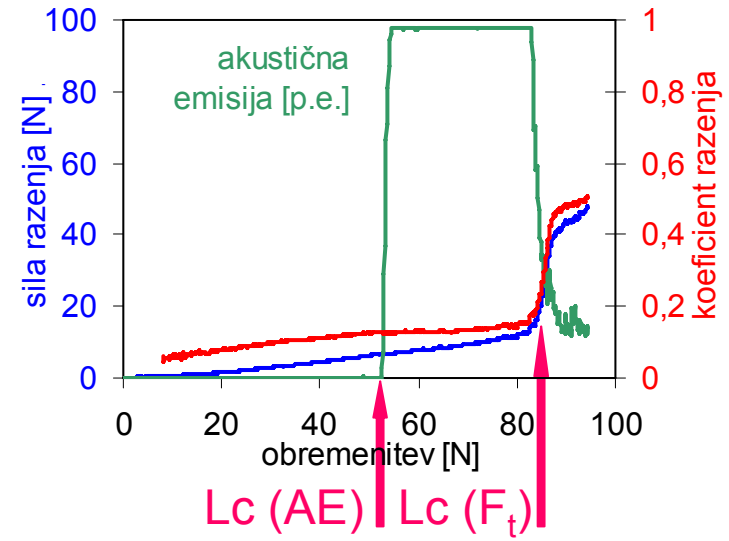
CSEM
Revetest
Scratch-tester



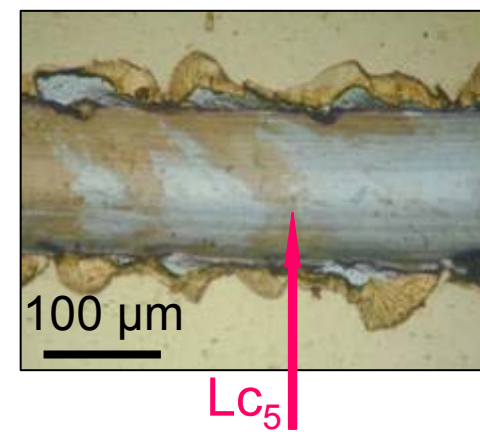
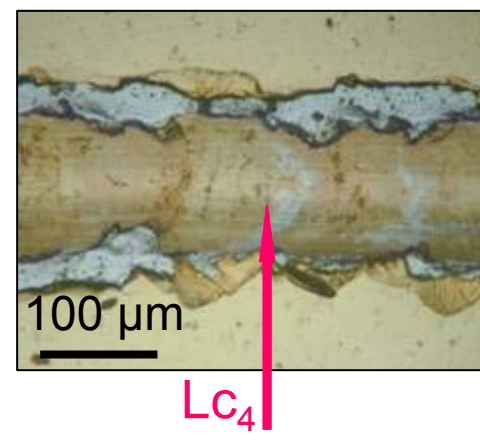
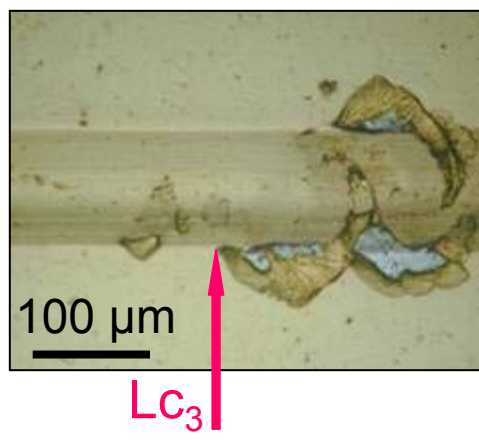
Shematski prikaz



Odvisnost od obremenitve



Značilne poškodbe raze



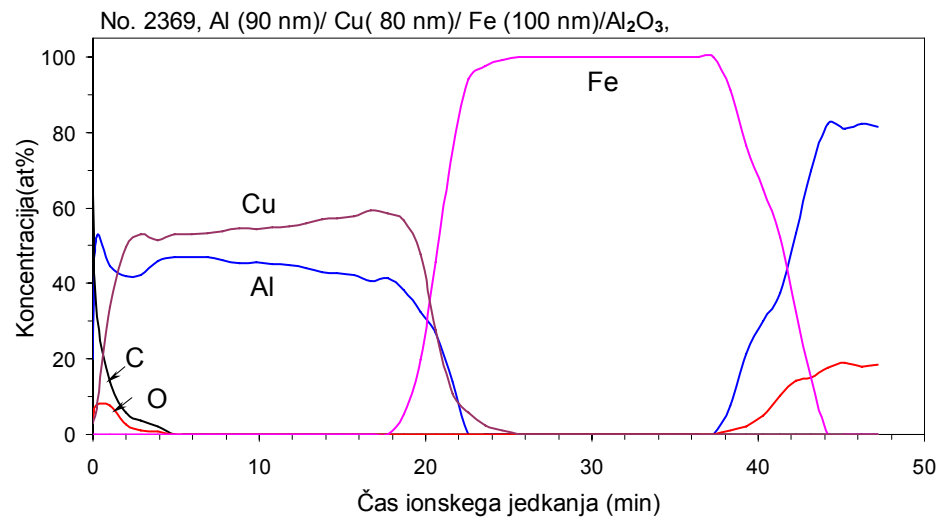
PREISKAVA POVRŠIN IN TANKIH PLASTI S SPEKTROSKOPIJO AUGERJEVIH ELEKTRONOV (AES)

Način preiskave: - kvantitativna in semikvantitativna analiza 3-5 atomskih plasti površine materiala
- v kombinaciji z metodo AES in ionskim jedkanjem vzorca je omogočena profilna analiza tankih plasti do globine nekaj μm .

Uporabnost: Preiskava kontaminacije površin, spremljanje učinkovitosti čistilnih postopkov, preiskava oksidacije in korozijskih produktov, faznih mej, študij procesov difuzije v tankih plasteh, itd.
Preiskave tankoplastnih struktur za elektroniko, mikroelektroniko in razne vrste metalurških prevlek.



Spektrometer Augerjevih elektronov na odseku F4



AES profilni diagram večplastne strukture Al/Cu/Fe/Al₂O₃ po toplotni obdelavi na 300 °C

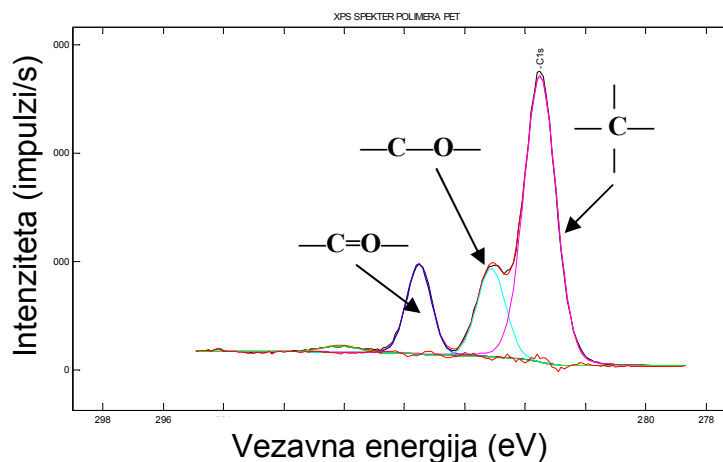
PREISKAVA POVRŠIN IN TANKIH PLASTI Z RENTGENSKO FOTOELEKTRONSKO SPEKTROSKOPIJO (XPS=ESCA)

Način preiskav: - točkovna in linijska analiza ter XPS slike površin, v kombinaciji z XPS metodo in ionskim jedkanjem vzorca je mogoča profilna analiza tankih plasti po njihovi globini (do 0,5 μm)
- možnost hlajenja in ogrevanja vzorcev v področju od $-140\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$
- XPS analiza izolatorjev kot so steklo, keramika, polimera in kompozitni materiali

Uporabnost: Enako kot metoda AES, s tem, da razen elementne sestave dobimo še podatke o kemijskem stanju elementov. Z metodo XPS lahko analiziramo tudi izolatorje.



Spektrometer XPS na odseku F4

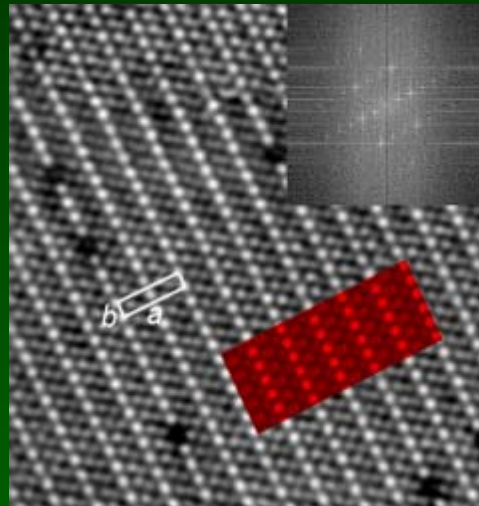


Tri različna kemijska stanja C v polimeru PET prepoznamo iz treh vrhov C 1s v spektru XPS (PET=Polyethylene terephthalate)

Nanotehnologija: kontrolirana manipulacija snovi na atomski skali

Nanotehnološka “orodja” s katerimi vidimo atome

STM mikroskop



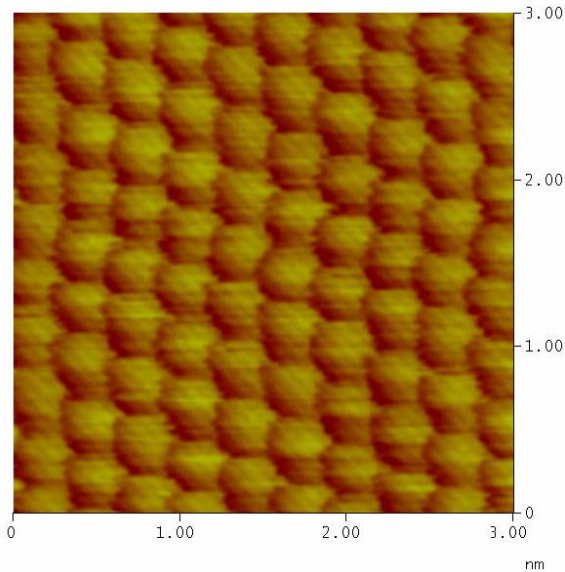
AFM mikroskop



Elektronski mikroskop

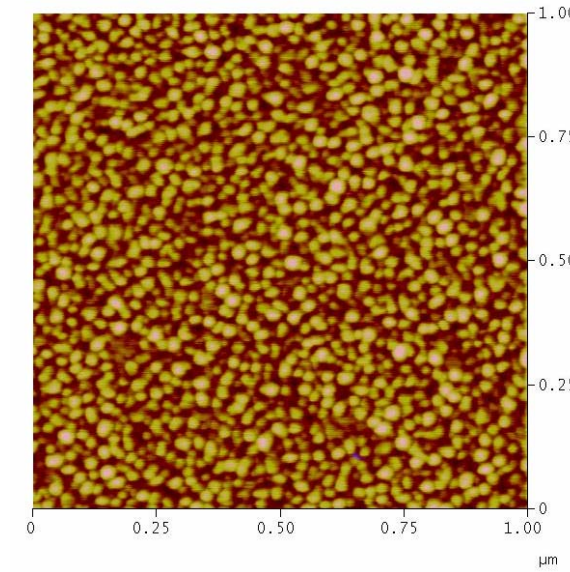
MIKROSKOP NA ATOMSKO SILO (AFM)

1. Slikanje površine vzorcev velikosti do 10 mm z nanometrsko natančnostjo



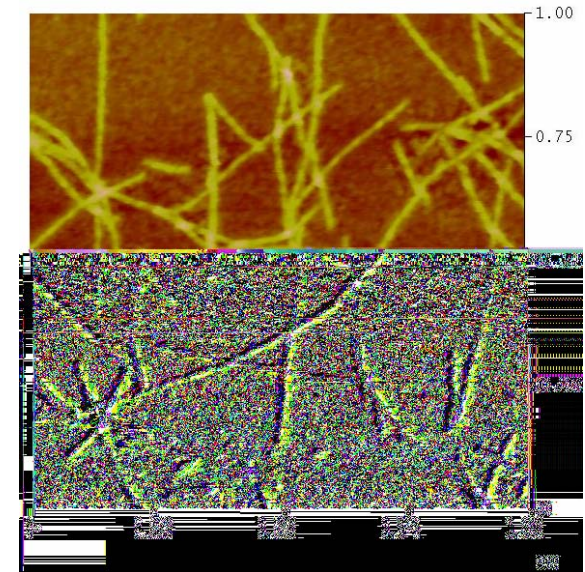
KRISTALOGRAFIJA

Kristal z atomsko ločljivostjo



MATERIALI

Površina naparjenega srebra

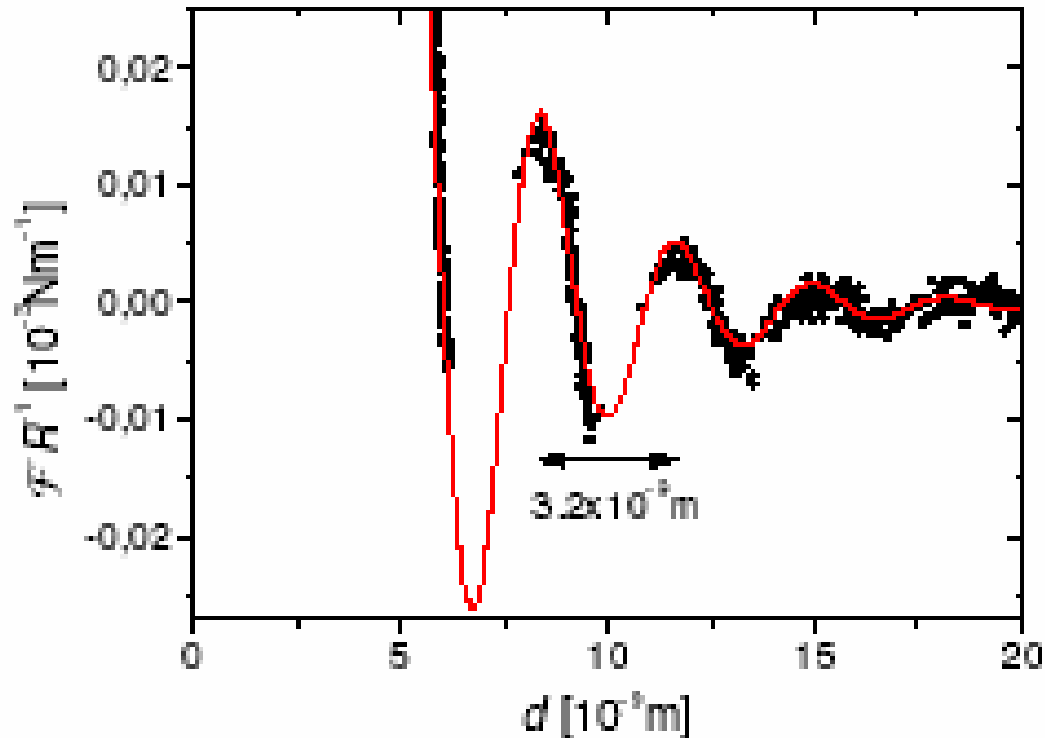


BIOKEMIJA

fibrilizacija proteinov

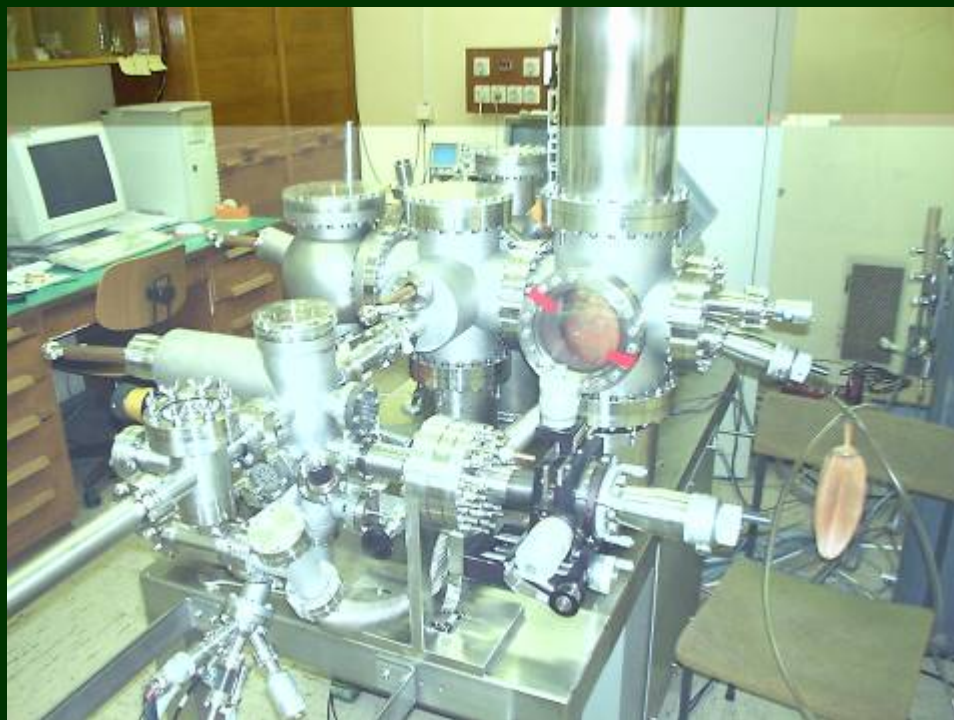
2. Slikanje ostalih površinskih lastnosti – porazdelitev magnetnih domen, električnega naboja, trenja...

Z AFM mikroskopom lahko merimo sile med delci: od 1pN do 1μN



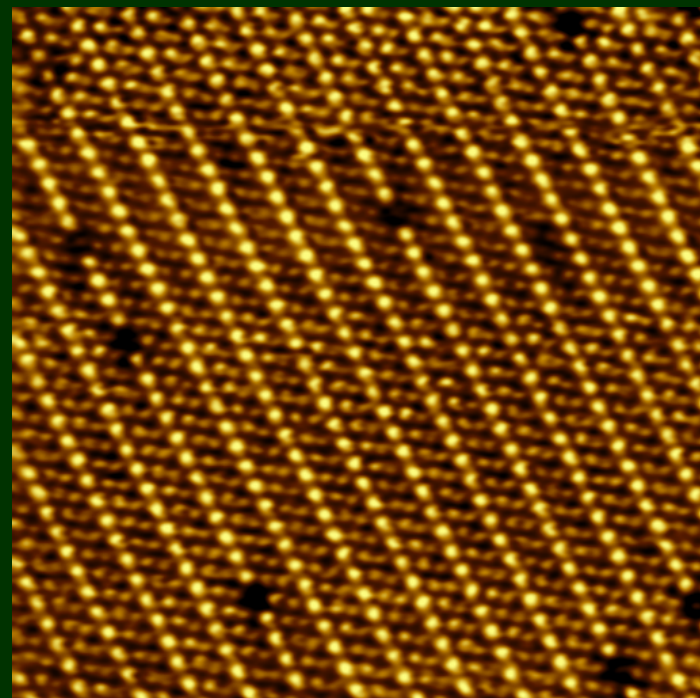
Uporaba v kemiji,elektroniki...

- adhezijske sile
- koloidne sile v disperzijah
- sile v tekočinah
- elastične sile
- magnetne in električne sile



STM mikroskop

Slike posameznih atomov na površinah



Litografija z elektronskim žarkom:
žarek elektronskega mikroskopa uporabljamo za
“osvetljevanje” polimera



Primer: v tanko plast PMMA so izjedkani “piksli” $1 \times 1 \mu\text{m}^2$

