

**FMF, Oddelek za fiziko**

Ljubljana, oktober 2006

**Peter Križan**  
**PRAKTIKUM IV - podatki o vajah**  
**Šolsko leto 2006/07**

# Določanje velikosti in oblike submikronskih delcev s fotonsko korelacijsko spektroskopijo

## Kratek opis:

Lokalne nehomogenosti lomnega količnika v snovi povzročajo, da se svetloba pri prehodu skozi snov siplje, to je odklanja od prvotne smeri. Pri fotonski korelacijski spektroskopiji (PCS) analiziramo sipanje svetlobe zaradi dinamičnih sprememb lomnega količnika. V suspenzijah submikronskih delcev se lomni količnik spreminja predvsem kot posledica termičnega gibanja sipalcev (Brownovo gibanje). Z analizo avtokorelacijske funkcije sipane svetlobe lahko v tem primeru določimo dimenzije in obliko suspendiranih delcev.

## Naloga:

Umeri napravo s pomočjo referenčnega vzorca. Analiziraj vpliv statičnega sipanja na rezultate meritev. Izmeri efektivni hidrodinamski radij in analiziraj porazdelitev velikosti sipalcev v suspenziji sferičnih delcev. Določi dimenzije sipalcev v suspenziji cilindričnih delcev. Po želji lahko analiziraš tudi kak zanimiv praškasti vzorec, ki ga prineseš s sabo (denimo cvetni prah, različne polirne paste, emulzije barvil, itd.)

## Aparatura:

He-Ne laserski izvor z valovno dolžino 632.8 nm in močjo 22 mW. Optične komponente za filtriranje in usmerjanje laserskega snopa (zrcala, leče, polarizatorji...). Goniometer za nastavitev sipalnega kota. Nosilec za kapilaro z vzorcem. Detektor sipane svetlobe: fotopomnoževalka s predojačevalnikom in diskriminatorjem. Digitalni avtokorelator. Računalnik z ustreznim programom za zajemanje avtokorelacijskih funkcij in analizo rezultatov.

(Aparatura se nahaja v laboratoriju C114 na Inštitutu Jožef Stefan)

## Literatura:

1) K. Schätzel, *Correlation Techniques in Dynamic Light Scattering*, Appl. Phys. B **42**, 193-213 (1987).

2) B. J. Berne and R. Pecora, *Dynamic Light Scattering with Applications to Chemistry, Biology, and Physics*, Dover Publications, New York, 2000.

3) K. S. Schmitz, *Dynamic Light Scattering by Macromolecules*, Academic Press, Boston 1990.

(vsa navedena literatura je na voljo pri vodji vaje)

## Število študentov pri vaji:

1-2

## Za vajo skrbi:

izr.prof. dr. Irena Drevenšek Olenik, Institut Jožef Stefan - soba C215,  
tel.: 01 477 3647, e-mail: irena.drevensek@ijs.si

## Izvedba vaje

- trajanje vaje: meritev 5 ur, obdelava 10 ur
- število prostih terminov na semester: 5, priporočeno je, da se nekaj dni vnaprej najavite vodji vaje.
- začetek vaj: 1. februar 2005

## Dodatna vprašanja

Kako je efektivni hidrodinamski radij odvisen od velikostne porazdelitve sipalcev? Kako interakcija med sipalci vpliva na izmerjeni hidrodinamski radij? Kakšen je vpliv večkratnega sipanja na rezultate meritev?

# Meritev kompleksne dielektrične konstante v ferroelektrikih

## Kratek opis:

Z LCR mostičkom visoke ločljivosti izmeri frekvenčno odvisnost realnega in imaginarnega dela kompleksne dielektrične konstante relaksacijske frekvence vzorca, stativno vrednost dielektrične konstante ( $\epsilon_0$ ), ter oceni jakost dielektrične relaksacije.

## Naloga:

- Umeri mostiček (kratko sklenjen vhod (Short), odprt vhod (Open))
- Razdeli frekvenčni interval med 20 Hz in 1 MHz na 30 do 50 logaritemsko ekvidistantnih frekvenc
- Izmeri pri zgoraj izbranih frekvencah C (kapacitivnost) in G (inverzna upornost,  $G=1/R$ ) vzorcev.

Vzorci: Tekoči kristal v ferroelektrini fazi  $\text{SmC}^*$ , ferroelektrična PLZT keramika

## Aparatura:

Mostiček HP4282 Precision LCR Meter

## Literatura:

- Vetogen, de Jeu: Introduction to Liquid Crystals
- N. E. Hill et al., Dielectric Properties and Molecular Behaviour, Van Nostrand, 1969, posebej poglavje na str. 44
- članki o PLZT keramiki kot npr.: Z. Kutnjak et al., Phys. Rev. B 59, 294 (1999).
- HP LCR meter, navodila za uporabo

**Število študentov pri vaji: 1**

**Za vajo skrbi:**

dr. Zdravko Kutnjak (IJS, soba C74, tel. 477-3420)

**Izvedba vaje**

- trajanje vaje: meritev 4 ure, obdelava 8 ur
- število prostih terminov na semester: 5
- začetek vaj 1.11.

**Dodatna vprašanja**

- Kako deluje LCR meter?
- Navedi simetrijske razloge, ki privedejo do feroelektričnosti v tekočerkristalni fazi  $\text{SmC}^*$ .
- Zakaj je polidisperznost v PLZT keramiki tako velika?

# Večžična proporcionalna komora

## Kratek opis:

Večžična proporcionalna komora je eden izmed najpogosteje uporabljenih detektorjev v fiziki osnovnih delcev, ter v jedrski in atomski fiziki. Prednosti detektorja so dobra prostorska ločljivost in enostavna izdelava.

## Naloga:

Izmeri odvisnost ojačanja od napetosti, korelacije med signali na katodah in anodi in prostorsko ločljivost detektorja.

## Aparatura:

Večžična proporcionalna komora z VN napajanjem, ojačevalec, časovno–amplitudni konverter, PC z ADC kartico kot večkanalni analizator.

## Literatura:

W.R. Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, Springer, 1987.

F. Sauli, Multiwire proportional chamber, v T. Ferber, Experimental techniques in particle physics, World Scientific, Singapore.

## Število študentov pri vaji: 1

## Za vajo skrbi:

dr. Peter Križan

## Izvedba vaje

- trajanje vaje: meritev 8 ur, obdelava 15 ur
- število prostih terminov na semester: 8
- začetek vaj 1.11.

## Dodatna vprašanja

- Pojasni, zakaj je velikost sunkov, ki ustrezajo popolni absorpciji X žarkov, približno eksponentno odvisna od visoke napetosti!
- Iz katerega procesa izvirajo X žarki Fe59?
- Kolikšna je absorpcijska dolžina v argonu za žarke X energije 3keV in 6keV? Kako je odvisna od vrstnega števila elementa?
- Ali bi enako meritev lahko izvedel tudi, če bi bil v komori metan namesto argona?
- Kako visoki so tipično pulzi, ki jih dobimo na izhodu iz predojačevalca

# Sledilni sistem iz večžičnih komor

## Kratek opis:

Več zaporedno postavljenih večžičnih proporcionalnih komor je najpogostejši sistem za sledenje delcev. Nabiti delec ionizira plin v komori, na mestu, kjer je komora preletel. Več takih zaporednih točk določa sled delca. S sistemom komor lahko izmerimo kotno porazdelitev vpadnih delcev.

## Naloga:

Usposobi sistem dveh zaporedno postavljenih večžičnih komor s čitalno elektroniko. Izmeri kotno porazdelitev kozmičnih delcev.

## Aparatura:

Teleskop iz večžičnih proporcionalnih komor z visokonapetostnim napajanjem in plinskim sistemom; 2 ojačevalca; 2 diskriminatorja; zakasnitev; CAMAC časovno-digitalni konverter; PC z GPIB kartico za povezavo med PC in sistemom CAMAC.

## Literatura:

- W.R. Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, Springer, 1987.
- F. Sauli, Multiwire proportional chamber, v T. Ferber, Experimental techniques in particle physics, World Scientific, Singapore.

## Število študentov pri vaji: 2

## Za vajo skrbi:

doc. dr. Samo Korpar, Andrej Gorisšek, IJS C73, C78, C81.

## Izvedba vaje

- trajanje vaje: meritev 8 ur, obdelava 15 ur



- število prostih terminov na semester: 8
- začetek vaj 1. 11. 1999

### **Dodatna vprašanja**

- Katere radioaktivne izvore lahko uporabiš pri usposabljanju sistema?
- Kako vpliva končna ločljivost komor na izmerjeno kotno porazdelitev?
- Kakšen vpliv ima velikost komor na porazdelitev?

# Večkanodne fotopomnoževalke in uklonski poskus s posameznimi fotoni

## Kratek opis:

Fotopomnoževalka je naprava, ki spreminja svetlobo v merljiv elektronski sonek. Nekatere fotopomnoževalke so sposobne meriti posamezne fotone. Tehnična novost so fotopomnoževalke, katerih občutljiva površina je razdeljena na dele, iz katerih dobimo signale posamezno. Tako dobimo tudi podatek o mestu zadetka fotona. Izbrana večkanodna fotopomnoževalka omogoča izvedbo uklonskega poskusa, pri katerem štejemo posamezne fotone.

## Naloga:

V svetlobno zatesnjenem zaboju izmeri površinsko občutljivost večkanodne fotopomnoževalke. Postavi sistem za merjenje uklonske slike s svetilom, rezo in potopomnoževalko. Izmeri uklonsko sliko.

## Aparatura:

Svetlobno zatesnjen zaboj s optično klopjo; večkanodni fotopomnoževalki Hamamatsu R5900 M16 in L16, obe s 16 kanali; čitalna elektronika: ojačevalec, diskriminator, števec, GPIB povezava med PC in sistemom CAMAC;

## Literatura:

- W.R. Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, Springer, 1987.
- BURLE: Electro-Optics Handbook, Burle Technologies, Inc., 1975.
- <http://icfa99.ijs.si/icfa99.ps>

**Število študentov pri vaji: 2**

**Za vajo skrbi:**

doc. dr. Samo Korpar, Andrej Gorisšek

## **Izvedba vaje**

- trajanje vaje: meritev 8 ur, obdelava 15 ur
- število prostih terminov na semester: 8
- začetek vaj 1. 11. 1999

## **Dodatna vprašanja**

- Kako se pri tej vaji vidi dvojna narava svetlobe?
- Kako na meritev vpliva presluh med posameznimi kanali?

# Kotna porazdelitev kozmičnih žarkov z meritvijo časovne razlike

## Kratek opis:

Natančno meritev časovne razlike dveh signalov, ki jih v scintilatorju pusti nabiti delec, izkoristimo za določanja mesta preleta nabitega delca. Metodo uporabimo pri meritvi gostote toka kozmičnih delcev.

## Naloga:

Izmeri kotno odvisnost gostote toka kozmičnih delcev, in jo primerjaj z napovedjo enostavnega modela.

## Aparatura:

2m dolg scintilator z dvema hitrima fotopomnoževalkama XP2020, scintilator za proženje, diskriminator na konstantno razmerje, logična enota, napajalni časovno-amplitudni pretvornik, izvor  $^{90}\text{Sr}$ , PC z ADC kartico kot večkanalni analizator.

## Literatura:

- B. Pliberšek, Diplomsko delo, Ljubljana 1997.
- W.R. Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, Springer, 1987.

## Število študentov pri vaji: 1

## Za vajo skrbi:

dr. Peter Križan

## Izvedba vaje

- trajanje vaje: meritev 8 ur, obdelava 15 ur

- število prostih terminov na semester: 8
- začetek vaj 15.10.

### **Dodatna vprašanja**

- Zakaj si uporabil za diskriminacijo diskriminator na konstantno razmerje?  
Kaj bi se zgodilo, če bi uporabil navaden diskriminator?
- Kakšna je odvisnost ločljivosti od mesta preleta?
- Kako bi pri meritvi izločil nizkoenergijski del spektra kozmičnih delcev?
- Za boljšo oceno: izmeri porazdelitev po velikosti energijskih izgub v scintilatorju!

# Življenski čas mionov

## Kratek opis:

Meritev sklopitvene konstante šibke interakcije izvedemo preko meritve življenskega časa mionov. Izvor mionov so kozmični delci, med katerimi mioni prevladujejo. Nekateri med njimi so dovolj počasni, da se vstavijo v posodi s tekočim scintilatorjem. Za vsak ustavljeni mion izmerimo dolžino časovnega intervala med prihodom v detektor in njegovim razpadom. Začetek meritve časa dobimo s signalom, ki nastane v fotopomnoževalki kot posledica scintilacij pri preletu miona. Konec meritve časa določijo nato scintilacije pri preletu elektrona iz razpada  $\mu^- \rightarrow e^- \nu_\mu \bar{\nu}_e$ .

## Naloga:

Izmeri porazdelitev časovni intervalov med prihodom miona v detektor in njegovim razpadom, in iz njega določi razpadni čas miona.

## Aparatura:

Sod s tekočim scintilatorjem, fotopomnoževalka s svetlnim vodnikom, diskriminator na konstantno razmerje, logična enota, visoko-napetostni napajalnik, časovno-amplitudni pretvornik, izvor  $^{90}\text{Sr}$ , PC z ADC kartico kot večkanalni analizator.

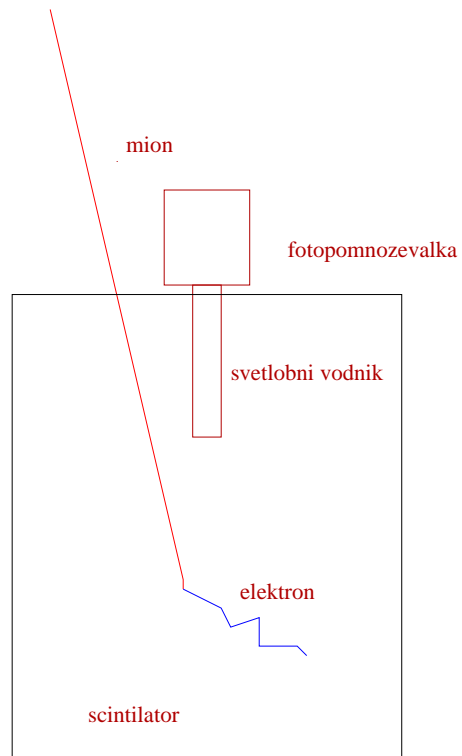
## Literatura:

- Perkins
- W.R. Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments, Springer, 1987.

**Število študentov pri vaji: 1**

**Za vajo skrbi:**

dr. Peter Križan



## Izvedba vaje

- trajanje vaje: meritev 8 ur, obdelava 15 ur
- število prostih terminov na semester: 8
- začetek vaj 15.12.

## Dodatna vprašanja

- Oceni napako, ki jo povzroči predpostavka, da mion ob začetnem pulzu že skoraj miruje?

# Meritev razpadnega časa mezona $K_S^0$

## Kratek opis:

Pod vplivom šibke sile mezon  $K^0$  lahko prehaja v svoj antidelec  $\bar{K}^0$ . Eno izmed lastnih stanj je tako kratkoživi mezon  $K_S^0$ , linearna kombinacija  $K^0$  in  $\bar{K}^0$ , ki v dovolj dobrem približku vedno razpade v par pionov.

## Metoda:

Na podlagi položaja točke razpada  $K_S^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$  in velikosti gibalnih količin pionov – oboje določimo z analizo sledi v plinski potovalni komori (*drift chamber*) – izmerimo lastni čas, po katerem je nevtralni kaon razpadel. Upošteva je dovolj velik vzorec izmerjenih razpadov  $K_S^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ , določimo razpadni čas mezona  $K_S^0$ .

## Aparatura:

Pri vaji analiziramo eksperimentalne podatke, ki so bili posneti s spektrometrom ARGUS ob trkalniku DORIS v laboratoriju DESY v Hamburgu.

## Literatura:

Pri skrbniku vaje

- J. Strnad: *Fizika, 4. del*, DMFA Slovenije, 1986.
- H. Albrecht *et al.* (ARGUS Collaboration), Nucl. Instr. and Meth. **A 275** (1989) 1.

**Število študentov pri vaji: 1**

**Za vajo skrbi:**

Marko Bračko, Peter Križan



## Izvedba vaje

- trajanje vaje: obdelava meritev 20 ur
- število prostih terminov na semester: 4
- začetek vaj: 1. 11.

## Dodatna vprašanja

- Ali obstaja sistematska razlika med dobljenim rezultatom za nevtralne kaone z majhnimi in velikimi gibalnimi količinami?
- Ali s podatki, ki so ti na voljo, lahko potrdiš relativistično dilatacijo časa?
- Ali bi življenjski čas lahko določil tudi z meritvijo razpada nevtralnega kaona v dva nevtralna piona?
- Ali bi lahko z detektorjem ARGUS izmeril tudi razpadni čas dolgoživega nevtralnega kaona,  $K_L^0$ ? Koliko rekonstruiranih razpadov  $K_L^0 \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$  bi pričakoval v vzorcu, v katerem razpolagamo z okoli 200.000 rekonstruiranimi razpadi  $K_S^0$ ? (Pri oceni upoštevaj razliko razpadnih časov in dejstvo, da je izkoristek za detekcijo dodatnega  $\pi^0$  enak 0,2.)

## Meritev masne razlike $m_{D^*} - m_D$

### Kratek opis:

Sila med gradniki mezonov, *kvarki*, je odvisna od relativne orientacije njihovih spinov. Tako je masa vektorskega čarobnega mezona  $D^*$ , v katerem sta spina kvarka in antikvarka sklopljena v tripletno stanje s celotnim spinom  $J = 1$ , večja od mase singletnega stanja  $D$  z  $J = 0$ , razlika mas pa je povezana z velikostjo spinsko-spinske sklopitve.

### Metoda:

Meritev masne razlike obeh mezonov je precej natančnejša od meritve posamezne izmed mas, če razliko določamo v kaskadnem razpadu, kot npr.  $D^* \rightarrow \pi D$ ,  $D \rightarrow K\pi$ . V takšnem primeru je namreč večji del napake koreliran, tako da se v razliki mas pokrajša.

### Aparatura:

Pri vaji analiziramo eksperimentalne podatke, ki so bili posneti s spektrometrom ARGUS ob trkalniku DORIS v laboratoriju DESY v Hamburgu.

### Literatura:

Pri skrbniku vaje

- B. Povh, K. Rith, C. Scholz, F. Zetsche, *Particles and Nuclei*, Springer, 1995.
- D. H. Perkins, *Introduction to High Energy Physics*, Addison-Wesley, 1987.
- B.P. Roe, *Probability and statistics in experimental physics*, Springer 1992.
- H. Albrecht *et al.* (ARGUS Collaboration), Nucl. Instr. and Meth. **A** **275** (1989) 1.

**Število študentov pri vaji: 1**

**Za vajo skrbi:**

Marko Bračko, Peter Križan

**Izvedba vaje**

- trajanje vaje: obdelava meritev 20 ur
- število prostih terminov na semester: 4
- začetek vaj: 1.11.

**Dodatna vprašanja**

- Pojasni, kako se v primeru izračuna razlike dveh merjenih količin spremeni običajni izraz za napako, pri katerem napake seštevamo kvadratih!
- Kako je natančnost meritve gibalne količine nabitega delca v magnetnem polju odvisna od velikosti polja in velikosti gibalne količine?
- Sestavi preglednico širine porazdelitve razlike mas za posamezne razpadne kanale mezona  $D$ . Kvalitativno pojasni razlike med kanali!

# Kontrast pri slikanju z magnetno resonanco

## Kratek opis:

Kontrast pri slikanju je odvisen od relaksacijskih časov  $T_1$  in  $T_2$ . Pri vaji se seznanimo z odvisnostjo in optimizacijo kontrasta v sliki.

## Naloga:

Modelni vzorec posnemi z različnimi nastavitvami parametrov slikanja.

## Metoda:

Slikanje z NMR

## Aparatura:

Magnetno–resonančni tomograf

## Literatura:

pri skrbniku vaje

- Dwight G. Nishimura, Introduction to Magnetic Resonance Imaging, Stanford University, 1994
- Paul T. Callaghan, Principles of Nuclear Magnetic Resonance Microscopy, Oxford University Press, London, England, 1991

## Število študentov pri vaji: 3

## Za vajo skrbi:

dr. Igor Serša

## **Izvedba vaje**

- trajanje vaje: meritev 8 ur, obdelava 15 ur
- število prostih terminov na semester: 3
- začetek vaj 1.11.

## **Dodatna vprašanja**

- Kako je kontrast v magneto-rezonančni sliki odvisen od relaksacijskih časov  $T_1$ ,  $T_2$  in gostote jeder vzorca?
- Kako je potrebno izbrati parametre slikanja, da je slika obtežena z relaksacijskim časom  $T_1$ , kako, da je obtežena z relaksacijskim časom  $T_2$  in pri katerih parametrih je slika odvisna predvsem od gostote jeder v vzorcu?
- Zakaj z magnetno resonanco praktično nikoli ne slikamo drugih jeder kot vodikovih?
- Kaj vse omejuje ločljivost magnetno resonančne slike? Kaj vse moramo storiti, da jo izboljšamo?

# Presevna elektronska mikroskopija nanocevk

## Kratek opis:

1. Delovanje presevnega elektronskega mikroskopa:

- Bragov uklon in dvo-dimenzionalna slika recipročnega prostora (1. Fourierova transformacija)

- Nastanek slike (2. Fourierova transformacija), povečave do 400.000 krat

- Uklonski kontrast in slika v svetlem oziroma temnem polju prostorska kemijska oz. orientacijska analiza vzorca

2. Uporabnost transmisijske elektronske mikroskopije:

- V znanosti: Mikroskopija novih materialov, tankih plasti, mejnih površin med kristalnimi zrnji ali večplastnimi nanosi, vzorci nanometrskih razsežnosti, kot so nanoprahovi in nanocevke

- V industriji in kontroli okolja : Mikroanaliza reakcijskih produktov v posameznih stopnjah industrijskih procesov

3. Primer: Mikroskopija nanocevk

Nanocevke so bile prvič sintetizirane v tem desetletju. Kmalu po odkritju ogljikovih nanocevk so znanstveniki na Weizmannovem inštitutu v Izraelu in na Inštitutu J. Stefan v Ljubljani uspeli sintetizirati nanocevke in mikrocevke MoS<sub>2</sub> in WS<sub>2</sub>. Ti votli kristali s cilindrično geometrijo so izjemno nenavadna oblika anorganskih spojin. Najmanjše cevke imajo premer nekaj deset nanometrov in le nekaj nanometrov debele stene. Recipročni prostor ima heksagonalno simetrijo. Cevke rastejo spiralno, zato je recipročni prostor sestavljen iz dveh med seboj zasukanih vzorcev.

## Naloga:

Mikroskopija nanocevk pri velikih povečavah in uklonskem kontrastu, opazovanje recipročnega prostora ter določitev kota kiralnosti cevk iz medsebojnega zasuka delnih spektrov recipročnega prostora.

## Metoda:

Presevna elektronska mikroskopija v svetlem in temnem polju, visokoločljivostna elektronska mikroskopija in elektronska difrakcija.

## **Aparatura**

Visokoločljivostni presewni elektronski mikroskop na poljsko emisijo TEM Jeol 2010 F.

## **Literatura:**

D.B. Williams: Transmission electron microscopy, 1996 Plenum Press, New York (na voljo pri M. Remškar).

## **Število študentov pri vaji: 2-3**

## **Za vajo skrbi:**

doc. dr. M. Remškar, IJS, soba 120, tel. 4773728

## **Izvedba vaje**

- trajanje vaje: meritev 4 ure, obdelava 10 ur
- število prostih terminov na semester: 3 do 5 ( po dogovoru)
- začetek vaj: 1.11.

## **Dodatna vprašanja**

- Kakšen vakuum je potreben pri meritvi? Kakšno vakuumsko črpalko si uporabljal?

# Atomska zgradba kristalnih površin s tunelsko mikroskopijo (STM) in nizkoenergijskim elektronskim uklonom (LEED)

## Kratek opis:

Tunelska mikroskopija omogoča upodabljanje kristalnih površin z atomsko ločljivostjo, z uklonom nizkoenergijskih elektronov (do 1 keV) pa je mogoče določiti osnovne strukturne podatke same površine.

## Naloga

S STM-om bo demonstrirana upodobitev površine polprevodniških ali kovinskih kristalov in valov gostote naboja (npr. grafit, plastni dihalogenidi prehodnih kovin), z LEED-om pa spreminjanje uklonske slike z energijo elektronov.

## Metoda:

Tunelska mikroskopija pri konstantnem toku in pri konstantni razdalji, in uklon nizkoenergijskih elektronov v ultravisokem vakuumu, racunalniška obdelava rezultatov.

## Aparatura:

Omikron (STM in LEED)

## Literatura:

- P.K.Hansma, J.Tersoff, Scanning Tunneling Microscopy, J.Appl.Phys. vol.61, R1-R9 (1987)
- V.Marinkovic, Tunelska mikroskopija, Vakuumist, vol 26, 3-7 (1992)
- L.C.Feldman, J.W.Mayer, Fundamentals of Surface and Thin Film Analysis, North-Holland, N.Y. (1986)



- R. Wiesendanger, Scanning Probe Microscopy and Spectroscopy, Cambridge Univ. Press, (1994)

## **Število študentov pri vaji: 2-3**

### **Za vajo skrbi**

dr. A. Prodan

### **Izvedba vaje**

- trajanje vaje: meritev 4 ure, obdelava 10 ur
- število prostih terminov na semester: 2
- začetek vaj po dogovoru

### **Dodatna vprašanja**

- Kakšen vakuum je potreben pri meritvi in zakaj, kakšne so črpalke?
- Prednosti meritev pri konstantnem toku in pri konstatni razdalji.
- Kaj se spreminja z energijo elektronov pri uklonu?

# Strukturna analiza snovi z rentgensko absorpcijsko metodo EXAFS

## Kratek opis:

Rentgenska absorpcijska metoda EXAFS (Extended X-ray Absorption Fine Structure) je široko uporabljeno orodje pri strukturi analizi novih materialov. Z njo je mogoče neposredno določati lokalno okolico posamezne vrste atomov (razdalje do sosedov izbrane vrste atoma v vzorcu, njihovo število, vrsto ter njihovo prostorsko oziroma termično razmetanost okoli povprečne lege) ne le v snoveh z urejeno, kristalno strukturo, temveč predvsem v neurejenih, amorfni in nanostrukturnih materialih, ter v tekočinah in molekulah v plinih, pri katerih rentgenske difrakcijske metode odpovejo.

## Naloga

Izmeri absorpcijski spekter kovinskega kobalta v okolici absorpcijskega roba K. Naredi energijsko kalibracijo spektra s pomočjo karakterističnih rentgenskih črt. Iz absorpcijskega spektra izlušči strukturi signal EXAFS in s Fourierovo analizo določi razvrstitev sosednjih atomov po lupinah okoli posameznega atoma kobalta v kristalni mreži.

## Aparatura

Izvor rentgenske svetlobe: rentgenski generator z molibdenovo anodo; računalniško krmiljeni enokristalni braggov monokromator LiF(400); proporcionalni detektor; predojačevalec, ojačevalec, analogno - digitalni konverter z dvema diskriminatorjema, vgrajen v osebni računalnik za zajemanje podatkov.

## Literatura:

Iztok Arčon, Alojz Kodre, Material characterisation by X-ray absorption spectroscopy, Invited talk, International Conference MIDEM, Postojna, October 28-20, 2000, Proceedings, p. 191-196 (reprint dostopen na: <http://www.p-ng.si/arcon/bibliography.htm>)

Grant Bunker, CMT tutorials, xafsoverview.pdf, dostopno na: <http://gbxafs.iit.edu/training>

D. C. Kroningsberger, R. Prins, X-Ray Absorption: Principles, Applications, Techniques of EXAFS, SEXAFS and XANES, John Wiley & Sons, New York, 1988, ISBN: 0-471-87547-3 (dostopno pri vodji vaje)

B. K. Teo, EXAFS: Basic Principles and Data Analysis, Springer Verlag, New York, 1986, ISBN 0-387-15833-2 (dostopno pri vodji vaje) J.J. Rher, R. C. Albers, Theoretical approaches to x-ray absorption fine structure, Reviews of Modern Physics, Vol. 72, No. 3, July 2000, p. 621

Gradivo za rentgensko absorpcijsko spektrometrijo na spletu: <http://www.p-ng.si/arcon/xas-si/naslovnica.html>

Priročnik s podrobnimi navodili za izvedbo vaje je dostopen na spletni strani: <http://www.p-ng.si/arcon/exafs/>

## **Število študentov pri vaji: 1-2**

### **Za vajo skrbi:**

prof. dr. Iztok Arčon, IJS, odsek F2, tel: 05 3315227, e-pošta: [iztok.arconp-ng.si](mailto:iztok.arconp-ng.si), spletna stran: [www.p-ng.si/arcon](http://www.p-ng.si/arcon).

### **Izvedba vaje**

- trajanje vaje: meritev 8 ur, obdelava 12 ur
- število prostih terminov na semester: 4
- začetek vaj 15.11.

### **Dodatna vprašanja**

- Kolišna je bila energijska ločljivost rentgenskega monokromatorja med meritvijo? Kako jo je mogoče izboljšati?
- Koliko razmaknjene lupine sosedov lahko še razločiš v fourierovi transformiranki izmerjenega spektra EXAFS? Kako bi lahko izboljšal prostorsko ločljivost? Komentiraj vpliv fotonske statistike in potrebnega merilnega časa!

- Primerjaj izmerjeno razvrstitev atomov okoli posameznega atoma Co z izračunano porazdelitvijo, dobljeno iz podatkov za dve možni kristalni mreži kovinskega kobalta: fcc in hcp. Ali lahko iz meritev prepoznaš kristalno strukturo vzorca brez kvantitativne analize meritev?

# **PIXE**

## **Kratek opis:**

Metodo PIXE (Proton Induced X-ray Emission) uporabljamo za merjenje koncentracij posameznih elementov v vzorcu. Koncentracije določimo z merjenjem karakterističnih spektralnih črt v rentgenskem spektru vzorca, ki so rezultat obstreljevanja tarče s protoni z energijami nekaj MeV. Protone, ki jih pospešimo s tandemskim pospeševalnikom, vodimo po žarkovni liniji v vakuumsko merilno celico, v kateri se nahajajo vzorci, ki jih analiziramo. Izsevane rentgenske žarke detektiramo s polvodniškim detektorjem.

## **Naloga**

Meritev koncentracij elementov v zlitinah.

## **Metoda**

Protonsko vzbujeni rentgenski žarki (PIXE).

## **Aparatura**

Van de Graaffov pospeševalnik kot vir protonov z energijami do 1.7 MeV, spektrometer rentgenskih žarkov s Si(Li) polvodniškim detektorjem, procesni računalnik.

## **Literatura:**

S.A.E.Johanšon, J.L.Campbell : PIXE - A novel technique for elemental analysis, John Wiley & Sons, Chichester 1988.

**Število študentov pri vaji: 2**

**Za vajo skrbi:**

dr. Matjaž Kavčič

## **Izvedba vaje**

- trajanje vaje: meritev 15 ur, obdelava 15 ur
- število prostih terminov na semester: 2
- začetek vaj 15.11.

## **Dodatna vprašanja**

- Kako detektiraš žarke X?
- V kakšnem vakuumu je nameščen vzorec? Kakšne vakuumske črpalke si uporabil?
- Pojasni izvor posameznih črt v spektru vzorca.
- Kateri so možni načini razpada stanja atoma z vrzeljo v notranji lupini? Kaj nam pove fluorescenčni pridelek in kakšna je njegova odvisnost od vrstnega števila atoma?
- Kako detektiraš žarke X (princip delovanja povodniškega detektorja)?
- Osnovne lastnosti tandemskega pospeševalnika (delovanje ionskega izvora, optični elementi, ki jih uporabljamo pri transportu nabitih delcev skozi pospeševalnik, vakuumski sistem, ...)

# Diagnostika plazme z električnimi sondami

## Naloga:

Z Langmuirjevo in emisijsko sondo izmeri elektronsko temperaturo, gostoto plazme in plazemski potencial razelektritvene plazme v odvisnosti od tlaka plina in razelektritvene napetosti ter gostote magnetnega polja.

## Aparatura

Razelektritvena plazemska naprava

## Literatura:

- F. F. Chen, *Introduction to Plasma Physics*, Plenum Press, New York, (1974)
- F. F. Chen, 4. poglavje: Electric probes, v knjigi *Plasma Diagnostic Techniques*, (R. H. Huddlestone and S. L. Leonard, editors), Academic Press, (1965)
- J. D. Swift and M. J. Schwarr, *Electrical Probes for Plasma Diagnostics*, Illife Books LTD, London (1970)
- A. Y. Wong, *Introduction to Experimental Plasma Physics* UCLA, Los Angeles, (1977)
- N. Hershkowitz v knjigi: *Plasma Diagnostics, Volume 1, Discharge Parameters and Chemistry*, (O. Auciello, D. L. Flamm, editors), Academic Press, London (1989)
- P. C. Stangeby v knjigi: *Plasma Diagnostics, Volume 2, Surface Analysis and Interactions*, (O. Auciello, D. L. Flamm, editors), Academic Press, London (1989)
- M. Čerček, T. Gyergyek, Navodila za izvedbo vaje

Vsa naštetá literatura je na razpolago pri vodji vaje

## **Število študentov pri vaji:**

od 1 do največ 3 hkrati; najbolje je, če sta 2

## **Za vajo skrbi:**

doc. dr. Milan Čerček in dr. Tomaž Gyergyek

## **Izvedba vaje**

- trajanje vaje: 30-45 minut teorijski uvod, meritev 2-3 ure, obdelava 2 uri
- število prostih terminov na semester: 4, zaželen dogovor 2 dni vnaprej
- začetek vaj 1. 12.

## **Dodatna vprašanja**

- Zakaj se elektronska temperatura poveča, ko znižaš tlak plina?
- Kako povečanje gostote magnetnega polja vpliva na plazemski potencial v osi plazemskega stolpca in zakaj?



# Hertzsprung-Russelov diagram

## Kratek opis:

Na CCD posnetku razvite zvezdne jate, ki je trenutno vidna, izmerimo sij čim večjega števila zvezd v več barvah.

## Naloga

Določiti Hertzsprung-Russelov diagram za eno od razsutih zvezdnih kopic, ki jo ob danem času najbolj vidna. Določite glavno vejo in izračunajte starost in oddaljenost kopice.

## Metoda

(U)BV(IR) fotometrija s CCD kamero in numerično obdelavo podatkov.

## Aparatura

25cm ali 36cm teleskop, UBVIR filtri, CCD kamera, fotometrijski računalniški paket DAOPHOT

## Literatura:

- Navodila in razna dokumentacija, za izvedbo opazovanja in obdelavo podatkov je dostopna na observatorijskem spletnem portalu: <http://astro.ago.uni-lj.si/vega>
- F. Shu, The Physical Universe, poglavji 8 in 9,
- A. Lang, Astrophys. Formulae,
- priročnik za DAOPHOT,
- diplomski deli M. Galičič in S. Jajčič.

**Število študentov pri vaji: od 2 do največ 6**

**Za vajo skrbita:**

dr. Tomaž Zwitter in Bojan Dintinjana (tel. 01-5401353, bojan.dintinjanafmf.uni-lj.si).

**Izvedba vaje**

- trajanje vaje: meritev 4 ure, obdelava 15 ur
- število prostih terminov na semester: 3.
- začetek vaj 1.2.

**Dodatna vprašanja**

- Kako deluje CCD kamera? Koliko časa potrebuješ za citanje slike? Kako ta čas omejuje uporabo CCD detektorjev?
- Izpelji in grafično prikaži zvezo med temperaturo in intenziteto sevanja črnega telesa pri dveh valovnih dolžinah!
- Zveza med intenziteto pri dveh valovnih dolžinah in temperaturo je močno nelinearna. Za katere temperature postane ta metoda določanja temperature nenatančna?
-

# LIDAR

## Kratek opis:

LIDAR je akronim za angleško besedo Light Detection and Ranging. Naprava je v splošnem sestavljena iz oddajnika, sprejemnika ter sistema za zajem podatkov. Vlogo oddajnika v lidar sistemih ponavadi prevzamejo pulzni laserji. Posamezni fotoni se pri potovanju skozi atmosfero sipljejo na molekulah zraka in aerosolih. Povratno sipano svetlobo zberemo z optičnim teleskopom ter jo s fotonskim detektorjem pretvorimo v električni signal, ki ga digitaliziramo. Z analizo zaznanega signala lahko rekonstruiramo lastnosti atmosfere.

## Naloga:

- Spoznavanje s sestavnimi deli aparature.
- Samostojna konstrukcija naprave LIDAR.
- Meritve lastnosti atmosfere ter razdalje do posameznih objektov v okolici.
- Analiza podatkov.

## Aparatura:

Parabolično ogledalo, laser, fotopomnoževalka, optične komponente, digitalni osciloskop.

## Literatura:

- <http://en.wikipedia.org/wiki/LIDAR>

## Število študentov pri vaji:

2-4

## Za vajo skrbi:

Doc. Dr. Marko Zavrtanik, IJS, C080, tel.: 041 771 395

## **Izvedba vaje**

- trajanje vaje: meritev 5 ur, obdelava 5 ur
- število prostih terminov na semester: 5
- začetek vaj: 01.09.2006

# Pulzni eksperiment

## Kratek opis:

Reaktor TRIGA je zgrajen tako, da lahko zelo hitro izvlečemo eno od kontrolnih palic (imenujemo jo pulzna). Reaktor postane močno nadkritičen in moč začne eksponencialno naraščati z zelo kratko časovno konstanto (nekaj ms). Moč naraste za nekaj dekad. Skupaj z močjo pa začne naraščati tudi temperatura, ki povzroči povečanje absorpcije nevtronov predvsem zaradi Dopplerjevega efekta. Ko se temperatura dovolj poveča, se zato verižna reakcija prekine, reaktor postane podkritičen in moč se zmanjša na začetni nivo. Tako dobimo kratek a zelo močan pulz moči reaktorja. Celotna sproščena energija je majhna in ne povzroči poškodb goriva pri TRIGA reaktorjih, zato se tak eksperiment rutinsko izvaja. Za študenta je eksperiment zanimiv, ker z meritvijo preveri teoretične modele za popis kinetike reaktorja.

## Naloga

Pri vaji izvedemo serijo pulzov z naraščajočo velikostjo. Začne se s pulzno reaktivnostjo 1 beta (1\$), konča pa s 3 beta (3\$). Merimo parametre pulza: višina, celotna energija, potek moči med pulzom, temperatura goriva, in jih primerjamo z računsko napovedanimi. Uporablja se standardna instrumentacija reaktorja.

## Metoda

Eksperiment se izvaja po standardnem postopku za pulziranje, ki je del obratovalnih navodil za reaktor TRIGA.

## Aparatura

Reaktor TRIGA s standardno instrumentacijo, dodatna instrumentacija ni potrebna.

## **Literatura:**

Duderstadt-Hamilton, Nuclear Reactor Analysis, John Wiley & Sons, New York, 1976

Pregl in sod., Varnostno poročilo za reaktor TRIGA Mark II v Podgorici, IJS DP-5823, junij 1992

Bell-Gladstone, Nuclear Reactor Theory, Van Nostrand Reinbold Co., New York, 1970

## **Število študentov pri vaji: 3-5**

### **Za vajo skrbi:**

dr. Matjaž Ravnik

### **Izvedba vaje**

- trajanje vaje: teoretični uvod 1 ura, meritev 2 uri, obdelava 1 ura, skupaj 4 ure
- število prostih terminov na semester: 1-2
- začetek vaj 1.11.  
tako, po možnosti rezervirati reaktor en mesec vnaprej

### **Dodatna vprašanja**

- Preveri, ali veljajo zveze, kot jih napoveduje model, tudi, ko merjene točke ekstrapoliraš do reaktivnosti nič!

# Kritični eksperiment

## Kratek opis:

Kritični eksperiment je eden osnovnih eksperimentov v reaktorski fiziki. Njegov namen je določitev kritične mase goriva v jedrskem reaktorju. Poleg tega, da je eksperiment poučen, saj študent praktično spozna in meri količine kot so presežna reaktivnost, pomnoževalni faktor, podkritično pomnoževanje, ki jih sicer sreča samo v teoriji, ima kritični eksperiment tudi uporaben pomen. Redno se namreč izvaja tako na eksperimentalnih kot energijskih reaktorjih po vsakič menjavi goriva ali drugi večji spremembi sredice, ko je treba na novo izmeriti osnovne parametre reaktorja.

## Naloga

V sprva prazno (ali delno napolnjeno) sredico reaktorja se posamično dodajajo gorivni elementi. Po vsakem dodajanju se izmeri porast gostote nevtronov v reaktorju. Kot detektorja uporabimo startni kanal, ki je del trajne instrumentacije reaktorja, in po možnosti vsaj še en neodvisni detektor. Izračunamo faktor podkritičnega pomnoževanja in ga narišemo kot funkcijo števila elementov. Iz diagrama se oceni število gorivnih elementov in masa urana, pri kateri bo nastopila kritičnost. Postopek se ponavlja, dokler se kritično število ne doseže. Takrat se preveri kritičnost tako, da se izvleče nevtronski izvir. Izmeri se presežna reaktivnost.

## Metoda

Uporabi se metoda približevanja kritični masi z dodajanjem gorivnih elementov in meritvijo podkritičnega pomnoževanja ( $1/M$  diagram).

## Aparatura

Reaktor TRIGA Merilnik reaktivnosti Dodatni nevtronski detektor (BF3)

## **Literatura:**

Duderstadt-Hamilton, Nuclear Reactor Analysis, John Wiley & Sons, New York, 1976

Pregl in sod., Varnostno poročilo za reaktor TRIGA Mark II v Podgorici, IJS DP-5823, junij 1992

## **Število študentov pri vaji:**

Vaja se izvaja za majhno skupino študentov (3-5). Manipulacijo z gorivnimi elementi in upravljanje z reaktorjem opravljajo operaterji reaktorja pod vodstvom vodje eksperimenta. Študenti merijo nevtronski signal, reaktivnost in vodijo  $1/M$  diagram.

## **Za vajo skrbi:**

dr. Matjaž Ravnik

## **Izvedba vaje**

- trajanje vaje: teoretični uvod 1 ura, meritev 2 uri, obdelava 1 ura, skupaj 4 ure
- število prostih terminov na semester: 1-2
- začetek vaj 1.11.  
tako, po možnosti rezervirati reaktor en mesec vnaprej

## **Dodatna vprašanja**

- Kako delujejo detektorji nevtronov, ki si jih uporabil pri vaji?
- V katerem diagramu je ekstrapolacija k kritičnemu pomnoževanju najbolj natančna?



# Odziv reaktorja na spremembo reaktivnosti

## Kratek opis:

Reaktivnost je količina, ki meri odstopanje reaktorja od kritičnosti. Najlažje se jo meri posredno tako, da se izmeri časovna konstanta (perioda) naraščanja ali zmanjševanja moči, nato pa se reaktivnost izračuna iz kinetične enačbe, ki določa zvezo med periodo in reaktivnostjo. Če merimo asimptotsko periodo in če kinetično enačbo uporabimo v točkovnem približku, potem lahko reaktivnost merimo ročno: s štoparico izmerimo periodo, reaktivnost pa izračunamo po "in-hour" enačbi. To pa je izvedljivo le, če je reaktivnost majhna, pozitivna in konstantna. V vseh ostalih primerih za meritve uporabljamo merilnik reaktivnosti, ki avtomatično "on-line" meri trenutno periodo in po kinetični enačbi numerično izračuna reaktivnost.

## Naloga

Namen vaje je ročno in z merilnikom reaktivnosti izmeriti reaktivnost za različne primere: - majhna konstantna pozitivna reaktivnost - časovna odvisnost reaktivnosti po stopničasti spremembi s temperaturnim povratnim učinkom in brez njega. Poleg tega je namen vaje preveriti zvezo med reaktivnostjo in gostoto nevtronov v podkritičnem reaktorju ter opazovati časovno spreminjanje moči pri nadkritičnem reaktorju.

## Metoda

Za ročne meritve reaktivnosti se uporabi metoda podvojitve moči (doubling time method). Za avtomatične meritve se uporabi merilnik reaktivnosti, ki temelji na kinetični enačbi v točkovnem približku brez povratnih učinkov.

## Aparatura

Reaktor TRIGA s standardno instrumentacijo Merilnik reaktivnosti

## **Literatura:**

Duderstadt-Hamilton, Nuclear Reactor Analysis, John Wiley & Sons, New York, 1976

Pregl in sod., Varnostno poročilo za reaktor TRIGA Mark II v Podgorici, IJS DP-5823, junij 1992

## **Število študentov pri vaji: 3-5**

### **Za vajo skrbi:**

dr. Matjaž Ravnik

### **Izvedba vaje**

- trajanje vaje: teoretični uvod 1 ura, meritev 2 uri, obdelava 1 ura, skupaj 4 ure
- število prostih terminov na semester: 1-2
- začetek vaj 1.11.

### **Dodatna vprašanja**