

UČNI NAČRT PREDMETA / COURSE SYLLABUS

Predmet: Analizne metode s hitrimi ioni
Course title: Ion Beam Analysis

Študijski program in stopnja Study programme and level	Študijska smer Study field	Letnik Academic year	Semester Semester
Senzorske tehnologije, 3. stopnja	/	1	1
Sensor technologies, 3 rd cycle	/	1	1

Vrsta predmeta / Course type

Izbirni / Elective

Univerzitetna koda predmeta / University course code:

ST3-537

Predavanja Lectures	Seminar Seminar	Vaje Tutorial	Klinične vaje work	Druge oblike študija	Samost. delo Individ. work	ECTS
15	15			15	105	5

**Navedena porazdelitev ur velja, če je vpisanih vsaj 15 študentov. Drugače se obseg izvedbe kontaktnih ur sorazmerno zmanjša in prenese v samostojno delo. / This distribution of hours is valid if at least 15 students are enrolled. Otherwise the contact hours are linearly reduced and transferred to individual work.*

Nosilec predmeta / Lecturer:

Prof. dr. Primož Pelicon

Jeziki /

Predavanja / Lectures: Slovenski ali angleški / Slovene or English

Languages:

Vaje / Tutorial: Slovenski ali angleški / Slovene or English

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:

Zaključen študij druge stopnje ustrezne (naravoslovne ali tehniške) smeri ali zaključen študij drugih smeri z dokazanim poznavanjem osnov področja predmeta (pisna dokazila, pogovor).

Prerequisites:

Completed second cycle studies in natural sciences or engineering or completed second cycle studies in other fields with proven knowledge of fundamentals in the field of this course (certificates, interview).

Vsebina:

Interakcija hitrih ionov s snovjo:

- Ustavljanje
- Sipanje
- Ionizacija
- Vzburitev jeder

Spektroskopije s sipanjem hitrih ionov:

- Spektroskopija z Rutherfordovim povratnim sipanjem (RBS)
- Spektroskopija z elastičnim povratnim sipanjem ionov (EBS)
- Spektroskopija elastično odrinjenih jeder (ERDA)

Spektroskopije z vzbuditvijo fotonske emisije

- Spektroskopija ionsko vzbujenih rentgenskih žarkov (PIXE)

Content (Syllabus outline):

Interaction of fast ions with matter:

- Stopping
- Scattering
- Ionisation
- Nuclear excitation

Spektroscopic methods with ion scattering:

- Rutherford Backscattering Spectroscopy (RBS)
- Elastic Backscattering Spectroscopy (EBS)
- Elastic Recoil Detection Spectroscopy (ERDA)

Spektroscopic methods with photon emission

- Particle-Induced X-ray Spectroscopy (PIXE)
- Particle-Induced Gamma-Spectroscopy (PIGE)

Nuclear Reaction Analysis (NRA)

- Spectroscopy based on (³He,p) reaction

<ul style="list-style-type: none"> • Spektroskopija ionsko vzbujenih žarkov gama (PIGE) <p>Spektroskopije z vzbuditvijo jedrskih reakcij</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spektroskopija z reakcijami (3He,p) • Detekcija vodika z ionskim žarkom ^{15}N • Spektroskopija z reakcijami (p, α) <p>Uporaba fokusiranih visokoenergijskih ionskih žarkov</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oblikovanje visokoenergijskih fokusiranih žarkov • Sistemi zajema za oblikovanje elementnega zemljevida • Metoda presevalne ionske mikroskopije (STIM) • Mikroobdelava s fokusiranim ionskim žarkom (PBW) <p>Napredne metode IBA</p> <ul style="list-style-type: none"> • MeV SIMS • Tomografija PIXE/STIM • Konfokalna metoda PIXE • Obsevanje s posameznimi ioni • Analiza v zraku • Izvedba metod IBA s pozicijsko občutljivimi detektorji • Izvedba metod IBA z meritvijo časa preleta 	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrogen detection with ^{15}N beam • Spectroscopy based on (p, α) reaction <p>Application of focused high-energy ion beams</p> <ul style="list-style-type: none"> • Shaping of focused high-energy ion beams • Acquisition principles of elemental mapping • Scanning Transmission Ion Microscopy • Proton Beam Writing (PBW) <p>Advanced methods of Ion Beam Analysis (IBA)</p> <ul style="list-style-type: none"> • MeV SIMS • PIXE/STIM tomography • Confocal PIXE • Single ion irradiation • In-air analysis • IBA methods with position-sensitive detectors • IBA methods based on Time-Of-Flight principle
--	---

Temeljna literatura in viri / Readings:

Izbrani članki iz znanstvene periodike / Selected scientific journal publications:

- Nuclear Instruments and Methods in Phys. Res. B,
- Journal of Analytical Atomic Spectroscopy,
- Journal of applied Physics/Applied Physics Letters.

Knjiga / Book:

- Handbook of Modern Ion Beam Materials Analysis, Y. Wang, M. Nastasi, Cambridge University Press, 2010.

Cilji in kompetence:

Cilji:

- slušatelj pozna zmogljivosti in specifičnosti naprednih analiznih metod z visokoenergijskimi ionskimi žarki,
- slušatelj razume strukturo rentgenskega emisijskega spektra PIXE,
- slušatelj razume fizikalne procese in iz njih sklepa na obliko spektra povratno sipanih ionov,
- slušatelj poišče optimalno energijo in vrsto žarka za rešitev izbranega analitskega problema.

Kompetence:

- slušatelj zna po opravljenem predmetu poiskati analizno metodo s hitrimi ioni za rešitev

Objectives and competences:

Objectives:

- student learns the capabilities and specifics of modern Ion Beam Analytical methods,
- student understands the structure of X-ray emission spectrum PIXE,
- student understands the physical processes and the corresponding shape of Rutherford backscattering spectrum,
- student determines the optimal ion beam type and energy for selected analytical problem.

Competences:

- student is capable to identify optimal IBA method for problem solving at his field of research,

raziskovalnega problema na njemu bližnjem raziskovalnem področju,

- slušatelj obvlada osnovno orodje za analizo rentgenskega emisijskega spektra PIXE za določitev koncentracije elementov v sledih v vzorcu,
- slušatelj obvlada osnovno orodje za simulacijo in analizo spektra povratno sipanih ionov in je iz oblike spektra sposoben določiti stehiometrijo in elementni globinski koncentracijski profil tanke plasti.

- student able to use basic analytical software for the analysis of PIXE spectra and determination of trace element concentrations,
- student is able to use software for simulation and analysis of the backscattering spectra and is able to determine thin film stoichiometry and elemental depth concentration profiles.

Predvideni študijski rezultati:

Znanje in razumevanje:

- poznavanje sodobnih analiznih metod s hitrimi ioni in njihova uporaba,
- sposobnost uporabe analiznih metod s hitrimi ioni na različnih raziskovalnih področjih, s poudarkom na slušateljevem raziskovalnem področju,
- praktično razumevanje izmerjenih spektrov in obvladovanje osnovnih orodij za njihovo analizo,
- vključevanje novo pridobljenega znanja v izvedbo slušateljevega doktorskega dela.

Intended learning outcomes:

Knowledge and understanding:

- knowledge and understanding of IBA methods and their applications,
- capability to apply IBA methods application in various research fields, with emphasis on the research field familiar to the student,
- practical understanding of acquired spectra and gaining capabilities to use the basic software for spectra analysis,
- inclusion of the acquired knowledge and skills into the dissertation research.

Metode poučevanja in učenja:

Interaktivno delo s študentom.
Učenje prepoznavanja vzorcev znanja (knowledge pattern recognition) in reševanje realnih problemov (case-study).

Learning and teaching methods:

Interactive work with a student.
Pattern recognition and case studies.

Delež (v %) /
Weight (in %)

Načini ocenjevanja:

Assessment:

Seminar z opisom izbrane analizne metode in njenih aplikacij, po možnosti iz problematike, ki je najbližje kandidatovemu raziskovalnemu področju.	30 %	Seminar describing particular application of Ion Beam Analytical method in a research field close to the candidate.
Projekt kvantitativne analize spektra.	20 %	Project of quantitative analysis of IBA spectrum.
Ustno izpraševanje.	50 %	Oral examination.

Reference nosilca / Lecturer's references:

- PONGRAC, Paula, KREFT, Ivan, VOGEL-MIKUŠ, Katarina, REGVAR, Marjana, GERM, Mateja, VAVPETIČ, Primož, GRLJ, Nataša, JEROMEL, Luka, EICHERT, Diane, BUDIČ, Bojan, PELICON, Primož. Relevance for food sciences of quantitative spatially resolved element profile investigations in wheat (*Triticum aestivum*) grain. *Journal of the Royal Society interface*, 2013, vol. 10, no. 84, str. 1742-5662.
- NOVAK, Sara, DROBNE, Damjana, GOLOBIČ, Miha, ZUPANC, Jernej, ROMIH, Tea, GIANONCELLI, Alessandra, KISKINOVA, Maya Petrova, KAULICH, Burkhard, PELICON, Primož, VAUPETIČ, Primož, JEROMEL, Luka, OGRINC, Nina, MAKOVEC, Darko. Cellular internalisation of dissolved cobalt ions from

ingested CoFe₂O₄ nanoparticles : in vivo experimental evidence. *Environ. sci. technol.*, 2013, vol. 47, no. 10, str. 5400-5408.

- SINGH, Sudhir P., VOGEL-MIKUŠ, Katarina, ARČON, Iztok, VAVPETIČ, Primož, JEROMEL, Luka, PELICON, Primož, KUMAR, Jitendra, TULI, R. Pattern of iron distribution in maternal and filial tissues in wheat grains with contrasting levels of iron. *J. Exp. Bot.*, 2013, vol. 64, no. 11, str. 3249-3260.
- GHOLAMI HATAM, Ebrahim, PELICON, Primož, LAMEHI-RACHTI, Mohammad, VAVPETIČ, Primož, KAKUEE, Omidreza, GRLJ, Nataša, ČEKADA, Miha, FATHOLLAHI, Vahid. Surface topography reconstruction by stereo-PIXE. *J. anal. at. spectrom.*, 2012, vol. 27, issue 5, str. 834-840.
- PELICON, Primož, VAVPETIČ, Primož, GRLJ, Nataša, ČADEŽ, Iztok, MARKELJ, Sabina, BREZINŠEK, Sebastijan. Fuel retention study in fusion reactor walls by micro-NRA deuterium mapping. *Nucl. instrum. methods phys. res., B Beam interact. mater. atoms.*, 2011, vol. 269, no. 20, str. 2317-2321.