

OPĆE INFORMACIJE		
Naziv kolegija	Odabrana poglavlja atomske i molekulske spektroskopije	
Studijski program	Sveučilišni diplomski studij Fizika	
Status kolegija	izborni	
Semestar	3.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS bodovi	6
	Broj sati (P+V+S)	30 + 15 + 15
Nositelj kolegija	doc. dr. sc. Nenad Kralj	
Kontakt	nenad.kralj@phy.uniri.hr	
Vrijeme i mjesto konzultacija	po dogovoru, O-012	
Suradnik na kolegiju	/	
Kontakt	/	
Vrijeme i mjesto konzultacija	/	
Jezik izvođenje nastave	hrvatski	
Web stranica kolegija	/	
Vrijeme i mjesto izvođenja nastave	Prema rasporedu sati objavljenom na mrežnoj stranici Fakulteta za fiziku.	
Izravna (učionička) nastava	30P + 15V + 15S, 100%	
Virtualna nastava	0%	
Ispitni rokovi	05. 02. 2025.	
	19. 02. 2025.	
	04. 09. 2025.	
	18. 09. 2025.	

OPIS KOLEGIJA
1.1. Ciljevi kolegija
Upoznati studente s najnovijim tehnikama i primjenama laserske spektroskopije. Postaviti kvalitetne teorijske temelje za kasniji rad studenata u spektroskopskim laboratorijima.
1.2. Uvjeti za upis kolegija
Nema formalnih preduvjeta za upis ovog predmeta, ali se pretpostavlja poznavanje svih općih i teorijskih fizika, matematičkih metoda fizike te da su studenti odslušali kolegij Atomska i molekulska fizika, bilo u sklopu prijediplomskog studija fizike ili na prvoj godini diplomskog studija.
1.3. Očekivani ishodi učenja za kolegij
<p>Studenti će nakon položenog ispita biti u stanju:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- opisati apsorpciju i emisiju svjetlosti;</li> <li>- nabrojati i opisati utjecaje na širinu i profile spektralnih linija;</li> <li>- opisati spektrografe i monokromatore;</li> <li>- opisati razne vrste interferometara;</li> <li>- usporediti spektrometre i interferometre;</li> <li>- izraditi spektrometar za precizna mjerenja valnih duljina;</li> </ul>

- nabrojati i opisati vrste detektora svjetlosti;
- opisati osnove lasera;
- opisati razlike između tzv. single-mode lasera i ugodljivih lasera;
- nabrojati i razlikovati vrste apsorpcijske i emisijske spektroskopije;
- opisati i razlikovati vrste nelinearne spektroskopije;
- opisati Ramanovu spektroskopiju te razlikovati tehnike linearne i nelinearne Ramanove spektroskopije;
- opisati stvaranje i mjerenje kratkih laserskih pulseva;
- nabrojati i analizirati primjene spektroskopije u raznim područjima znanosti.

#### 1.4. Sadržaj kolegija

Apsorpcija i emisija svjetlosti. Modovi EM zračenja u šupljini. Apsorpcija, stimulirana i spontana emisija. Apsorpcijski i emisijski spektri. Vjerojatnosti prijelaza. Vremenska i prostorna koherencija. Širine i profili spektralnih linija: prirodna širina, Dopplerovo, sudarno, homogeno i nehomogeno širenje. Spektroskopski instrumenti: spektrografi, monokromatori, Fabry-Perotov rezonator, interferometri. Finoća rezonatora. Vrste interferometara. Metode detekcije svjetlosti. Svojstva i vrste detektora. Princip rada lasera. Vrste lasera. Spektralne karakteristike. Laserski rezonatori. Osnove single-mode lasera. Odabir linije. Ugodljivi laseri. Osnovni koncepti i izvedbe. Apsorpcijska i emisijska spektroskopija, primjeri i razlike. Nelinearna spektroskopija. Primjeri: polarizacijska i multifotonska spektroskopija. Vremenski razlučena spektroskopija. Generiranje i mjerenje kratkih pulseva. Linearna i nelinearna Ramanova spektroskopija. Suvremena laserska spektroskopija. Primjene spektroskopije u različitim područjima znanosti, npr. kemiji, tehnici, medicini, biologiji i dr.

#### 1.5. Obvezna literatura

1. W. Demtröder, Laser spectroscopy, Volume 1, Basic principles, Springer, 2008.
2. W. Demtröder, Laser spectroscopy, Volume 2, Experimental techniques, Springer, 2008.
3. G. R. Fowles, Introduction to modern optics, corrected 2nd edition, Dover Publications, 1989.

#### 1.6. Dopunska literatura

1. W.T. Silfvast, Laser Fundamentals, Cambridge University Press, 2004.
2. A.P. Thorne, U. Litzen, S. Johansson, Spectrophysics, Springer, 1999.

#### 1.7. Obveze studenata, ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu

##### Sustav ocjenjivanja

Aktivnost koja se ocjenjuje	Udio aktivnosti u ECTS bodovima	Maksimalan broj bodova
Pohađanje nastave	2,0	/
Seminarski rad	0,5	10
Kontinuirana provjera znanja (kolokviji)	1,5	50
Završni ispit	2,0	40
UKUPNO	6,0	100

##### Opisi aktivnosti koje se ocjenjuju

##### Kontinuirana provjera znanja (maksimalno 50 bodova)

Tijekom nastave kolegija, bit će održana dva kolokvija sa zadacima s vježbi (2 x 25 bodova).

##### Seminarski rad (maksimalno 10 bodova)

Tijekom semestra, svaki student je dužan razraditi jednu od ponuđenih tema vezanih uz gradivo kolegija, te istu prezentirati u vidu pisanog rada i usmenog izlaganja. Pritom dva studenta ne mogu odabrati istu temu. Za ovaj seminarski rad, student može zaraditi maksimalno 10 bodova.

Završni ispit (maksimalno 40 bodova)

Uvjet za izlazak na završni ispit je minimalno 25 ostvarenih bodova (od mogućih 50) na kolokvijima te minimalno 5 ostvarenih bodova ostvarenih na seminarskom radu (od mogućih 10).

Završni ispit je usmeni te student na njemu može ostvariti maksimalno 40 bodova. Na završnom ispitu student može dobiti bodove prema sljedećim kriterijima:

- 1 – 10 bodova - zadovoljava minimalne kriterije,
- 11 – 25 bodova - dobar, ali s primjetnim nedostacima,
- 26 – 36 bodova - prosječan, s ponekom greškom,
- 37 – 40 bodova - iznadprosječan, izuzetan odgovor.

Studenti koji ne ostvare pravo izlaska na završni ispit, nisu zadovoljili, ocjenjuju se ocjenom F i moraju ponovo upisati kolegij.

Ukoliko je završni ispit pozitivan, konačna ocjena određuje se zbrajanjem bodova prikupljenih na svim elementima koji su se procjenjivali i donosi se prema sljedećim kriterijima:

- 90 – 100 bodova A Izvrstan (5)
- 75 – 89,9 bodova B Vrlo dobar (4)
- 60 – 74,9 bodova C Dobar (3)
- 50 – 59,9 bodova D Dovoljan (2)

1.8. Dodatne informacije

/

#### POPIS TEMA PO TJEDNIMA NASTAVE

Tjedan	Oblik nastave*	Sati	Tema
1.	P1	2	Apsorpcija i emisija svjetlosti. Modovi EM zračenja u šupljini. Toplinsko zračenje. Planckov zakon. Apsorpcija, stimulirana i spontana emisija.
1.	V1	1	Apsorpcija i emisija svjetlosti. Modovi EM zračenja u šupljini. Toplinsko zračenje. Planckov zakon. Apsorpcija, stimulirana i spontana emisija.
1.	S1	1	Apsorpcija i emisija svjetlosti. Modovi EM zračenja u šupljini. Toplinsko zračenje. Planckov zakon. Apsorpcija, stimulirana i spontana emisija.
2.	P2	2	Apsorpcijski i emisijski spektri. Vjerojatnosti prijelaza. Vrijeme života. Poluklasični opis.
2.	V2	1	Apsorpcijski i emisijski spektri. Vjerojatnosti prijelaza. Vrijeme života. Poluklasični opis.
2.	S2	1	Apsorpcijski i emisijski spektri. Vjerojatnosti prijelaza. Vrijeme života. Poluklasični opis.
3.	P3	2	Koherencija radijacijskih polja. Vremenska i prostorna koherencija. Koherencija atomskih sustava.
3.	V3	1	Koherencija radijacijskih polja. Vremenska i prostorna koherencija. Koherencija atomskih sustava.
3.	S3	1	Koherencija radijacijskih polja. Vremenska i prostorna koherencija. Koherencija atomskih sustava.
4.	P4	2	Širina i profili spektralnih linija. Prirodna širina. Dopplerova širina. Širenje linija.
4.	V4	1	Širina i profili spektralnih linija. Prirodna širina. Dopplerova širina. Širenje linija.

4.	S4	1	Širina i profili spektralnih linija. Prirodna širina. Dopplerova širina. Širenje linija.
5.	P5	2	Spektrografi. Osnovna svojstva, spektralna razlučivost. Optička prizma. Optička rešetka.
5.	V5	1	Spektrografi. Osnovna svojstva, spektralna razlučivost. Optička prizma. Optička rešetka. Monokromatori.
5.	S5	1	Spektrografi. Osnovna svojstva, spektralna razlučivost. Optička prizma. Optička rešetka. Monokromatori.
6.	P6	2	Metode detekcije svjetlosti. Osnovna svojstva i vrste detektora.
6.	V6	1	Metode detekcije svjetlosti. Osnovna svojstva i vrste detektora.
6.	S6	1	Metode detekcije svjetlosti. Osnovna svojstva i vrste detektora.
7.	P7	2	Interferometri. Osnovni koncepti. Vrste interferometara.
7.	V7	1	Interferometri. Osnovni koncepti. Vrste interferometara.
7.	S7	1	Interferometri. Osnovni koncepti. Vrste interferometara.
8.	P8	2	Fabry-Perotov rezonator. Upadna i izlazna snaga. Slobodni spektralni raspon i finoća.
8.	V8	1	Fabry-Perotov rezonator. Upadna i izlazna snaga. Slobodni spektralni raspon i finoća.
8.	S8	1	Fabry-Perotov rezonator. Upadna i izlazna snaga. Slobodni spektralni raspon i finoća.
9.	P9	2	Lasери. Osnovni koncepti i komponente. Uvjet praga. Jednadžbe stopa. Spektralne karakteristike. Laserski rezonatori. Vrste lasera.
9.	V9	1	Lasери. Osnovni koncepti i komponente. Uvjet praga. Jednadžbe stopa. Spektralne karakteristike. Laserski rezonatori. Vrste lasera.
9.	S9	1	Lasери. Osnovni koncepti i komponente. Uvjet praga. Jednadžbe stopa. Spektralne karakteristike. Laserski rezonatori. Vrste lasera.
10.	P10	2	Osnove tzv. single-mode lasera. Odabir linije. Supresija transverzalnih modova. Izvedbe.
10.	V10	1	Osnove tzv. single-mode lasera. Odabir linije. Supresija transverzalnih modova. Izvedbe.
10.	S10	1	Osnove tzv. single-mode lasera. Odabir linije. Supresija transverzalnih modova. Izvedbe.
11.	P11	2	Ugodljivi laseri. Osnovni koncepti. Izvedbe.
11.	V11	1	Ugodljivi laseri. Osnovni koncepti. Izvedbe.
11.	S11	1	Ugodljivi laseri. Osnovni koncepti. Izvedbe.
12.	P12	2	Emisijska i apsorpcijska spektroskopija. Doppler-ograničena apsorpcijska spektroskopija.
12.	V12	1	Emisijska i apsorpcijska spektroskopija. Doppler-ograničena apsorpcijska spektroskopija.
12.	S12	1	Emisijska i apsorpcijska spektroskopija. Doppler-ograničena apsorpcijska spektroskopija.
13.	P13	2	Nelinearna spektroskopija. Linearna i nelinearna apsorpcija. Primjeri: polarizacijska spektroskopija, multifotonska spektroskopija. Vremenski razlučena spektroskopija. Generiranje i mjerenje kratkih pulseva.
13.	V13	1	Nelinearna spektroskopija. Linearna i nelinearna apsorpcija. Primjeri: polarizacijska spektroskopija, multifotonska spektroskopija. Vremenski razlučena spektroskopija. Generiranje i mjerenje kratkih pulseva.
13.	S13	1	Nelinearna spektroskopija. Linearna i nelinearna apsorpcija. Primjeri: polarizacijska spektroskopija, multifotonska spektroskopija. Vremenski razlučena spektroskopija. Generiranje i mjerenje kratkih pulseva.
14.	P14	2	Ramanova spektroskopija. Osnovna razmatranja. Linearna i nelinearna Ramanova spektroskopija.
14.	V14	1	Ramanova spektroskopija. Osnovna razmatranja. Linearna i nelinearna Ramanova spektroskopija.

14.	S14	1	Ramanova spektroskopija. Osnovna razmatranja. Linearna i nelinearna Ramanova spektroskopija.
15.	P15	2	Novija dostignuća u laserskoj spektroskopiji. Primjene spektroskopije u kemiji, biologiji i medicini.
15.	V15	1	Novija dostignuća u laserskoj spektroskopiji. Primjene spektroskopije u kemiji, biologiji i medicini.
15.	S15	1	Novija dostignuća u laserskoj spektroskopiji. Primjene spektroskopije u kemiji, biologiji i medicini.

\*Napomena: navesti ukoliko se određeni sat/tema izvodi online

KONSTRUKTIVNO POVEZIVANJE			
ISHODI UČENJA	SADRŽAJ	AKTIVNOSTI ZA NASTAVNIKE I STUDENTE (metode poučavanja i učenja)	METODE VREDNOVANJA
1. opisati apsorpciju i emisiju svjetlosti	Apsorpcija i emisija svjetlosti. Modovi EM zračenja u šupljini. Apsorpcija, stimulirana i spontana emisija. Apsorpcijski i emisijski spektri. Vjerojatnosti prijelaza.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
2. nabrojati i opisati utjecaje na širinu i profile spektralnih linija;	Vremenska i prostorna koherencija. Širine i profili spektralnih linija: prirodna širina, Dopplerovo, sudarno, homogeno i nehomogeno širenje.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
3. opisati spektrografe i monokromatore.	Spektroskopski instrumenti: spektrografi, monokromatori, Fabry-Perotov rezonator. Finoća rezonatora.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
4. opisati razne vrste interferometara	Spektroskopski instrumenti: interferometri. Vrste interferometara.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
5. usporediti spektrometre i interferometre	Spektroskopski instrumenti: spektrografi, monokromatori, Fabry-Perotov rezonator, interferometri. Finoća	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit)

	rezonatora. Vrste interferometara.	Samostalni rad (seminar)	Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
6. izraditi spektrometar za precizna mjerenja valnih duljina	Spektroskopski instrumenti: spektrografi, Fabry-Perotov rezonator. Finoća rezonatora.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
7. nabrojati i opisati vrste detektora svjetlosti	Metode detekcije svjetlosti. Svojstva i vrste detektora.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
8. opisati osnove lasera	Princip rada lasera. Vrste lasera. Spektralne karakteristike. Laserski rezonatori.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
9. opisati razlike između tzv. single-mode lasera i ugodljivih lasera;	Osnove single-mode lasera. Odabir linije. Ugodljivi laseri. Osnovni koncepti i izvedbe.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
10. nabrojati i razlikovati vrste apsorpcijske i emisijske spektroskopije	Apsorpcijska i emisijska spektroskopija, primjeri i razlike.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
11. opisati i razlikovati vrste nelinearne spektroskopije	Nelinearna spektroskopija. Primjeri: polarizacijska i multifotonska spektroskopija, specijalne tehnike.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
12. opisati Ramanovu spektroskopiju te razlikovati tehnike linearne i nelinearne Ramanove spektroskopije	Linearna i nelinearna Ramanova spektroskopija.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
13. opisati stvaranje i mjerenje kratkih laserskih pulseva	Vremenski razlučena spektroskopija. Generiranje i mjerenje kratkih pulseva.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit)

		Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar)	Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
14. nabrojati i analizirati primjene spektroskopije u raznim područjima znanosti	Suvremena laserska spektroskopija. Primjene spektroskopije u različitim područjima znanosti, npr. kemiji, tehnici, medicini, biologiji i dr.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)