

OPĆE INFORMACIJE		
Naziv kolegija	Teorijska fizika i primjene II	
Studijski program	Sveučilišni diplomski studij Inženjerstvo i fizika materijala	
Status kolegija	obvezni	
Semestar	2.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS bodovi	6
	Broj sati (P+V+S)	30 + 30 + 0
Nositelj kolegija	doc. dr. sc. Nenad Kralj	
Kontakt	nenad.kralj@phy.uniri.hr	
Vrijeme i mjesto konzultacija	po dogovoru, O-012	
Suradnik na kolegiju	Velimir Labinac, v. pred.	
Kontakt	vlabinac@phy.uniri.hr	
Vrijeme i mjesto konzultacija	po dogovoru, O-S05	
Jezik izvođenje nastave	hrvatski	
Web stranica kolegija	portal sustava Merlin (srce.hr)	
Vrijeme i mjesto izvođenja nastave	Prema rasporedu sati objavljenom na mrežnoj stranici Fakulteta za fiziku.	
Izravna (učionička) nastava	30P, 30V, 0S, 100%	
Virtualna nastava	0%	
Ispitni rokovi	24. 06. 2027.	
	08. 07. 2027.	
	02. 09. 2027.	
	16. 09. 2027.	

OPIS KOLEGIJA
1.1. Ciljevi kolegija
Upoznavanje s osnovama kvantne fizike, njenim temeljnim principima i suštinskim razlikama prema klasičnoj fizici. Razumijevanje uloge eksperimenta u fizici i načina na koji kvantna fizika objašnjava rezultate mjerenja. Analiza jednostavnih kvantno-mehaničkih sustava, čijim poopćenjem se mogu objasniti mnogi prirodni fenomeni, posebice periodni sustav elemenata.
1.2. Uvjeti za upis kolegija
Položeni predmeti iz opće fizike.
1.3. Očekivani ishodi učenja za kolegij
ISHODIŠTA KVANTNE FIZIKE
1. Opisati nastanak kvantne mehanike
POSTULATI KVANTE TEORIJE
2. Izreći i objasniti postulate kvantne teorije

MATEMATIČKI UVOD

3. Znati koristiti bra—ket notaciju
4. Napraviti korespondenciju između nove notacije i matričnih veličina
5. Primijeniti kontinuiranu bazu; definirati reprezentacije i veze među njima
6. Računati s operatorima, svojstvenim vrijednostima; izvesti i objasniti relacije neodređenosti SCHROEDINGEROVA JEDNADŽBA
7. Izvesti SJ; Izvesti vremenski neovisnu SJ. Objasniti osobine rješenja SJ
8. Definirati i riješiti jednodimenzionalne probleme u kvantnoj mehanici
9. Napraviti separaciju varijabli za sferno simetričnu SJ; Riješiti i objasniti vodikov atom

IDENTIČNE ČESTICE

10. Objasniti razliku između bozona i fermiona; Objasniti periodični sustav elemenata
11. Riješiti helijev atom

APROKSIMATIVNI RAČUNI

12. Izvesti račun smetnje za nedegenerirane i degenerirane nivoe
13. Izvesti i koristiti varijacijski račun

KVANTNA TEORIJA RASPRŠENJA

14. Izvesti formulu za udarni presjek

1.4. Sadržaj kolegija

Poteškoće klasične mehanike, relacije neodređenosti, princip korespondencije. Hilbertov prostor stanja. Bra-ket notacija. Matrična notacija. Koordinatna i impulsna reprezentacija. Schrödingerova jednadžba. Operatori i vlastite vrijednosti. Mjerenje. Potencijalni bedem i potencijalna jama. Harmonički oscilator. Operatori energije, impulsa, angularnog momenta. Sferno-simetrični potencijal. Vodikov atom. Pojam spina. Paulijev princip isključenja. Atom He. Periodni sustav elemenata. Račun smetnje. Zeemanov efekt. Starkov efekt. Varijacijski princip. Teorija raspršenja. Diferencijalni udarni presjek. Druga kvantizacija. Kvazičestice. Fotoni. Primjene. Foto-efekt. Laser. STM. NMR.

1.5. Obvezna literatura

1. I. Supek, Teorijska fizika i struktura materije, 1. i 2. dio, Školska knjiga, Zagreb, 1977.
2. D. J. Griffiths, Introduction to Quantum Mechanics, Prentice-Hall, New Jersey, 1994.
3. J. J. Sakurai, Modern Quantum Mechanics, 2. izdanje, Addison-Wesley, Reading, 1994.

1.6. Dopunska literatura

1. L. I. Schiff, Quantum Mechanics, 3. izdanje, McGraw-Hill, New York, 1968.
2. A. F. J. Levi, Applied Quantum Mechanics, 2. izdanje, Cambridge University Press, Cambridge, 2006.
3. W. A. Harrison, Applied quantum mechanics, World Scientific, Singapore, 2001.

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	/
Aktivnost na nastavi	0,1	5
Domaće zadaće	0,4	10
Kolokviji	2,0	55
Završni ispit	1,5	30
UKUPNO	6,0	100

Opisi aktivnosti koje se ocjenjuju

Aktivnost na nastavi (maksimalno 5 bodova)

Kontinuirano se procjenjuje na predavanjima i vježbama.

Kontinuirana provjera znanja – domaće zadaće (maksimalno 10 bodova)

Tijekom semestra, studenti pišu pet domaćih zadaća vezanih uz numeričke zadatke s vježbi, koje su dužni predati asistentu do roka utvrđenog pri zadavanju pojedine zadaće. Za domaće zadaće, studenti ukupno mogu zaraditi maksimalno 5 bodova.

Kontinuirana provjera znanja – kolokviji (maksimalno 55 bodova)

Tijekom nastave kolegija, bit će održana tri kolokvija s numeričkim zadacima s vježbi (3 x 20 bodova).

Završni ispit (maksimalno 30 bodova)

Uvjet za izlazak na završni ispit je minimalno 35 ostvarenih bodova tijekom semestra, od mogućih 70, od čega najmanje 30 mora biti prikupljeno na kolokvijima.

Završni ispit je usmeni te student na njemu može ostvariti maksimalno 30 bodova. Na završnom ispitu student može dobiti bodove prema sljedećim kriterijima:

- 1 – 7 bodova - zadovoljava minimalne kriterije,
- 8 – 18 bodova - dobar, ali s primjetnim nedostacima,
- 19 – 27 bodova - prosječan, s ponekom greškom,
- 28 – 30 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	Uvodno predavanje, upoznavanje s kolegijem i obvezama. Od klasične prema kvantnoj mehanici. Kvant svjetlosti, fotoelektrični efekt, Comptonov efekt, Planckov zakon, stabilnost atoma.
1.	V1	2	Fotoelektrični efekt, Comptonov efekt, Planckov zakon, stabilnost atoma.
2.	P2	2	Kvantne opservable i stanja. Hilbertov prostor. Diracova notacija, matrična notacija.
2.	V2	2	Kvantne opservable i stanja. Hilbertov prostor. Diracova notacija, matrična notacija.
3.	P3	2	Osnovne opservable. Relacije neodređenosti.
3.	V3	2	Osnovne opservable. Relacije neodređenosti.
4.	P4	2	Koordinatna i impulsna reprezentacija. Schrödingerova jednadžba. Separacija varijabli. Svojstva valne funkcije. Primjer: slobodna čestica u kutiji.
4.	V4	2	Koordinatna i impulsna reprezentacija. Schrödingerova jednadžba. Separacija varijabli. Svojstva valne funkcije. Primjer: slobodna čestica u kutiji.
5.	P5	2	Vremenski neovisna Schrödingerova jednadžba u jednoj dimenziji. Pravokutna stepenica i pravokutna jama.
5.	V5	2	Vremenski neovisna Schrödingerova jednadžba u jednoj dimenziji. Pravokutna stepenica i pravokutna jama.
6.	P6	2	Schrödingerova jednadžba za jednodimenzionalni harmonički oscilator.
6.	V6	2	Schrödingerova jednadžba za jednodimenzionalni harmonički oscilator.
7.	P7	2	Vremenski neovisna Schrödingerova jednadžba u tri dimenzije. Schrödingerova jednadžba u sfernim koordinatama. Vodikov atom.
7.	V7	2	Vremenski neovisna Schrödingerova jednadžba u tri dimenzije. Schrödingerova jednadžba u sfernim koordinatama. Vodikov atom.
8.	P8	2	Angularni moment i spin. Opća svojstva orbitalnog angularnog momenta. Svojstvene vrijednosti i svojstvene funkcije angularnog momenta.
8.	V8	2	Angularni moment i spin. Opća svojstva orbitalnog angularnog momenta. Svojstvene vrijednosti i svojstvene funkcije angularnog momenta.
9.	P9	2	Identične čestice. Bozoni i fermioni. Paulijev princip isključenja. Atom helija. Periodni sustav elemenata.
9.	V9	2	Identične čestice. Bozoni i fermioni. Paulijev princip isključenja. Atom helija. Periodni sustav elemenata.
10.	P10	2	Aproksimativne metode. Vremenski neovisan račun smetnje. Nedegenerirani nivoi.
10.	V10	2	Aproksimativne metode. Vremenski neovisan račun smetnje. Nedegenerirani nivoi.
11.	P11	2	Vremenski neovisan račun smetnje. Degenerirani nivoi. Starkov i Zeemanov efekt.

11.	V11	2	Vremenski neovisan račun smetnje. Degenerirani nivoi. Starkov i Zeemanov efekt.
12.	P12	2	Aproksimativne metode. Varijacijski princip. Osnovno stanje helija.
12.	V12	2	Aproksimativne metode. Varijacijski princip. Osnovno stanje helija.
13.	P13	2	Raspršenje na centralnim potencijalima. Amplituda raspršenja i udarni presjek. Metoda parcijalnih valova. Bornova aproksimacija.
13.	V13	2	Raspršenje na centralnim potencijalima. Amplituda raspršenja i udarni presjek. Metoda parcijalnih valova. Bornova aproksimacija.
14.	P14	2	Druga kvantizacija. Operatori stvaranja i poništenja. Operator broja. Harmonički oscilator u drugoj kvantizaciji.
14.	V14	2	Druga kvantizacija. Operatori stvaranja i poništenja. Operator broja. Harmonički oscilator u drugoj kvantizaciji.
15.	P15	2	Primjene. Laser. STM. NMR.
15.	V15	2	Primjene. Laser. STM. NMR.

*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 nastanak kvantne mehanike	Poteškoće klasične mehanike, relacije neodređenosti, princip korespondencije. Fotoni. Foto-efekt. Primjene. Laser. STM. NMR.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar, domaća zadaća)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, domaća zadaća) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
2. Izreći i objasniti postulate kvantne teorije	Poteškoće klasične mehanike, relacije neodređenosti, princip korespondencije. Fotoni.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar, domaća zadaća)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, domaća zadaća) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
3. Znati koristiti bra—ket notaciju	Hilbertov prostor stanja. Bra-ket notacija. Matrična notacija.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar, domaća zadaća)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, domaća zadaća) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)

4. Napraviti korespondenciju između nove notacije i matričnih veličina	Hilbertov prostor stanja. Bra-ket notacija. Matrična notacija.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar, domaća zadaća)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, domaća zadaća) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
5. Primijeniti kontinuiranu bazu; definirati reprezentacije i veze među njima	Koordinatna i impulsna reprezentacija.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar, domaća zadaća)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, domaća zadaća) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
6. Računati s operatorima, svojstvenim vrijednostima; izvesti i objasniti relacije neodređenosti	Operatori i vlastite vrijednosti. Relacije neodređenosti. Mjerenje. Operatori energije, impulsa, angularnog momenta. . Druga kvantizacija.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar, domaća zadaća)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, domaća zadaća) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
7. Izvesti SJ; Izvesti vremenski neovisnu SJ. Objasniti osobine rješenja SJ	Schrödingerova jednadžba.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar, domaća zadaća)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, domaća zadaća) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
8. Definirati i riješiti jednodimenzionalne probleme u kvantnoj mehanici	Schrödingerova jednadžba. Potencijalni bedem i potencijalna jama. Harmonički oscilator.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar, domaća zadaća)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, domaća zadaća) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
9. Napraviti separaciju varijabli za sferno simetričnu SJ; Riješiti i objasniti vodikov atom	Sferno-simetrični potencijal. Vodikov atom.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar, domaća zadaća)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, domaća zadaća) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
10. Objasniti razliku između bozona i fermiona; Objasniti periodični sustav elemenata	Pojam spina. Paulijev princip isključenja. Periodni sustav elemenata.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, domaća zadaća) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit)

		Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar, domaća zadaća)	Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
11. Riješiti helijev atom	Atom He. Periodni sustav elemenata. Teorija raspršenja. Diferencijalni udarni presjek. Druga kvantizacija. Kvazičestice.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar, domaća zadaća)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, domaća zadaća) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
12. Izvesti račun smetnje za nedegenerirane i degenerirane nivoe	Račun smetnje. Starkov efekt. Zeemanov efekt.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar, domaća zadaća)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, domaća zadaća) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
13. Izvesti i koristiti varijacijski račun	Varijacijski princip. Atom He.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar, domaća zadaća)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, domaća zadaća) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)
14. Izvesti formulu za udarni presjek	Teorija raspršenja. Diferencijalni udarni presjek.	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar, domaća zadaća)	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, domaća zadaća) Usmena provjera znanja i vještina (završni ispit) Analiza studentskih izvješća (seminarski rad i usmena prezentacija istog)