

OPĆE INFORMACIJE		
Naziv kolegija	Fizika IV: toplina i osnove statističke fizike	
Studijski program	Sveučilišni prijediplomski studij Fizika	
Status kolegija	obvezni	
Semestar	4.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS bodovi	8
	Broj sati (P+V+S)	60+30+0
Nositelj kolegija	Izv. prof. dr. sc. Ivana Jelovica Badovinac	
Kontakt	ijelov@phy.uniri.hr	
Vrijeme i mjesto konzultacija	Po dogovoru, ured O-115	
Suradnik na kolegiju	Klaudija Lončarić, v. pred.	
Kontakt	klaudija.loncaric@phy.uniri.hr	
Vrijeme i mjesto konzultacija	Po dogovoru, ured O-S13	
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	60P+30V, 100 %	
Virtualna nastava	0 %	
Ispitni rokovi	8. 7. 2027. u 10 h	
	22. 7. 2027. u 10 h	
	26. 8. 2027. u 10 h	
	9. 9. 2027. u 10 h	

OPIS KOLEGIJA	
1.1. Ciljevi kolegija	
Upoznavanje s pojmovima i metodama u fizikalnim istraživanjima. Stjecanje temeljnih znanja iz područja topline te uvod u statističku mehaniku potreban za nastavak studija fizike.	
1.2. Uvjeti za upis kolegija	
Položeni ispiti iz kolegija: Fizika I, Obrada eksperimentalnih podataka u fizici. Pretpostavlja se poznavanje osnova elementarne matematike, matematičke analize, matematičkih metoda fizike, te Fizike II i III. Predstavlja temelj za izvođenje fizičkih praktikuma i svih narednih, kako obveznih, tako i izbornih predmeta iz područja fizike	
1.3. Očekivani ishodi učenja za kolegij	
Studenti će nakon položenog ispita biti u stanju: 1) definirati osnovne pojmove znanosti o toplini 2) primijeniti plinske zakone i jednadžbu plinskog stanja 3) analizirati i primijeniti oblike prenošenja topline 4) upotrijebiti termodinamičke dijagrame stanja realnih tvari te proračunati njihove osnovne veličine stanja	

- 15) izvesti osnovnu jednadžbu termodinamike i jednadžbu energije te ih primijeniti na određivanje drugih korisnih veza među termodinamičkim veličinama
- 16) opisati fazne prijelaze i izvesti Clausius-Clapeyronovu jednadžbu
- 17) usporediti toplinske kapacitete, te izvesti relaciju među njima
- 18) opisati fazni prostor i razlikovati osnovne pretpostavke klasične statističke fizike
- 19) izvesti Maxwellov zakon raspodjele molekula prema translacijskim brzinama i analizirati karakteristične brzine iz te raspodjele
- 110) izvesti Boltzmannovu raspodjelu
- 111) opisati kvantizaciju energijskog spektra
- 112) razlikovati Bose-Einsteinovu i Fermi-Diracovu raspodjelu.

1.4. Sadržaj kolegija

Osnovni pojmovi znanosti o toplini (fenomenološki). Plinski zakoni. Oblici prenošenja topline. Koncepti molekulske kinetičke teorije topline. Termodinamički zakoni. Koncept entropije. Osnovna i opća termodinamička relacija. Toplinski kapacitet. Termodinamički potencijali. Fazni prijelazi. Osnove računa vjerojatnosti. Osnovna pretpostavka statističke mehanike. Razlikovanje i nerazlikovanje čestica. Maxwell Boltzmannova raspodjela. Particijska funkcija. Kvantizacija energijskog spektra. Bose-Einsteinova i Fermi-Diracova statistika.

1.5. Obvezna literatura

Pać, M., Toplina i termodinamika, Školska knjiga, Zagreb, 1994.
Šips, V., Uvod u statističku fiziku, Školska knjiga, Zagreb, 1990.
Lenac, Z., Šips, V. Zadaci iz statističke fizike I, Liber, Zagreb, 1980.
Lenac, Z., Šips, V. Zadaci iz statističke fizike II, Liber, Zagreb, 1981.

1.6. Dopunska literatura

Kulišić, P., Mehanika i toplina, Školska knjiga, Zagreb, 2005.
The Feynman Lectures on Physics, 1, Basic Books, 2011.
Roy, B.N., Fundamentals of Classical and Statistical Thermodynamics, John Wiley & Sons, 2002.
Schroeder D.V., An introduction to thermal physics, Oxford University Press, 2021.
Halliday, D., Resnick, R., Walker, J., Fundamentals of Physics, 6th ed, J. Wiley and Sons Inc., New York, 2013.
Salasnich, L., Lorenzi, F., Modern Physics, An Invitation to Statistical and Quantum Mechanics, UNITEXT for Physics, 2024.
<http://www.physics.harvard.edu/problems.htm>, <http://scienceworld.wolfram.com/physics/>,
<http://physics.weber.edu/thermal/>

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	3,0	/
Aktivnost u nastavi	0,5	10
Samostalni rad	0,5	5
Kontinuirana provjera znanja (kolokviji)	2,0	55
Završni ispit	2,0	30
UKUPNO	8	100

Opisi aktivnosti koje se ocjenjuju

Aktivnost u nastavi (maksimalno 10 bodova, vježbe)

Ove bodove student može ostvariti tijekom nastave na temelju procjene asistentice, ako se ističe u radu te ako uspješno riješi zadane zadatke.

Kontinuirana provjera znanja (maksimalno 55 bodova)

Tijekom nastave kolegija na vježbama će biti održana dva kolokvija s numeričkim zadacima (2 x 20 bodova), a na predavanjima 1 kolokvij iz teorije (15 bodova). Uvjet za izlazak na završni ispit je minimalno 15 ostvarenih bodova (od mogućih 40) na kolokvijima s numeričkim zadacima i minimalno 35 ostvarenih bodova (od mogućih 70) tijekom nastave.

Samostalni rad (maksimalno 5 bodova)

Tijekom semestra studenti pišu jednu domaću zadaću, zadanu na predavanjima, za koju mogu dobiti maksimalno 5 bodova.

Završni ispit (maksimalno 30 bodova)

Student može ostvariti maksimalno 30 bodova. Na završnom (usmenom) 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 skupe 34,9 ili manje ocjenskih bodova tijekom nastave, 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	4	Uvod, plan i obaveze na kolegiju. Osnovni pojmovi znanosti o toplini.
1.	V1	2	Toplinsko širenje čvrstih tijela i tekućina.
2.	P2	4	Oblici prenošenja topline. Vođenje i konvekcija.
2.	V2	2	Toplinski kapacitet. Specifična toplina.
3.	P3	4	Širenje topline zračenjem.

3.	V3	2	Prijenos topline.
4.	P4	4	Koncepti molekulsko-kinetičke teorije topline.
4.	V4	2	Molekulsko-kinetička teorija topline.
5.	P5	4	Termodinamički zakoni.
5.	V5	2	Termodinamički zakoni.
6.	P6	4	Entropija. Osnovna i opća termodinamička relacija.
6.	V6	2	Kružni procesi. Entropija.
7.	P7	4	Toplinski kapaciteti. Termodinamički potencijali. Fazni prijelazi.
7.	V7	2	Termodinamički potencijali.
8.	P8	4	Osnove računa vjerojatnosti i matematičke statistike.
8.	V8	2	Osnove računa vjerojatnosti i matematičke statistike.
9.	P9	4	Osnovne pretpostavke statističke mehanike. Razlikovanje i nerazlikovanje čestica.
9.	V9	2	Prvi kolokvij.
10.	P10	4	Maxwellova raspodjela molekula prema translacijskim brzinama.
10.	V10	2	Maxwellova raspodjela molekula prema translacijskim brzinama.
11.	P11	4	Kolokvij iz teorije (toplina i termodinamika). Boltzmannova raspodjela.
11.	V11	2	Boltzmannova raspodjela.
12.	P12	4	Kvantizacija energijskog spektra.
12.	V12	2	Particijska funkcija.
13.	P13	4	Bose-Einsteinova raspodjela.
13.	V13	2	Kvantizacija energijskog spektra.
14.	P14	4	Fermi-Diracova raspodjela.
14.	V14	2	Fermioni i bozoni.
15.	P15	4	Titranje atoma u kristalu.
15.	V15	2	Drugi kolokvij.

*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
I1) definirati osnovne pojmove znanosti o toplini	Osnovni pojmovi znanosti o toplini. Koncepti molekulsko kinetičke teorije topline.	Izlaganje Rasprava Demonstriranje pokusa Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, ispit, aktivnost u nastavi) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj

			aktivnosti (aktivnost u nastavi) Analiza studentskih izvješća (zadatak za samostalni rad)
12) primijeniti plinske zakone i jednadžbu plinskog stanja	Plinski zakoni. Koncepti molekulske kinetičke teorije topline.	Izlaganje Rasprava Demonstriranje pokusa Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, ispit, aktivnost u nastavi) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi) Analiza studentskih izvješća (zadatak za samostalni rad)
13) analizirati i primijeniti oblike prenošenja topline	Oblici prenošenja topline.	Izlaganje Rasprava Demonstriranje pokusa Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, ispit, aktivnost u nastavi) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi) Analiza studentskih izvješća (zadatak za samostalni rad)
14) upotrijebiti termodinamičke dijagrame stanja realnih tvari te proračunati njihove osnovne veličine stanja	Termodinamički zakoni. Koncept entropije. Osnovna i opća termodinamička relacija. Toplinski kapacitet. Termodinamički potencijali.	Izlaganje Rasprava Demonstriranje pokusa Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, ispit, aktivnost u nastavi) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi) Analiza studentskih izvješća (zadatak za samostalni rad)
15) izvesti osnovnu jednadžbu termodinamike i jednadžbu energije te ih primijeniti na određivanje drugih korisnih veza među termodinamičkim veličinama	Termodinamički zakoni. Koncept entropije. Osnovna i opća termodinamička relacija. Toplinski kapacitet. Termodinamički potencijali.	Izlaganje Rasprava Demonstriranje pokusa Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, ispit, aktivnost u nastavi) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi)

			Analiza studentskih izvješća (zadatak za samostalni rad)
16) opisati fazne prijelaze i izvesti Clausius-Clapeyronovu jednadžbu	Fazni prijelazi.	Izlaganje Rasprava Demonstriranje pokusa Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, ispit, aktivnost u nastavi) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi) Analiza studentskih izvješća (zadatak za samostalni rad)
17) usporediti toplinske kapacitete te izvesti relaciju među njima	Toplinski kapacitet. Titranje atoma u kristalu.	Izlaganje Rasprava Demonstriranje pokusa Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, ispit, aktivnost u nastavi) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi) Analiza studentskih izvješća (zadatak za samostalni rad)
18) opisati fazni prostor i razlikovati osnovne pretpostavke klasične statističke fizike	Osnove računa vjerojatnosti. Osnovna pretpostavka statističke mehanike. Razlikovanje i nerazlikovanje čestica. Particijska funkcija.	Izlaganje Rasprava Demonstriranje pokusa Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, ispit, aktivnost u nastavi) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi)
19) izvesti Maxwellov zakon raspodjele molekula prema translacijskim brzinama i analizirati karakteristične brzine iz te raspodjele	Maxwell Boltzmannova raspodjela. Particijska funkcija.	Izlaganje Rasprava Demonstriranje pokusa Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, ispit, aktivnost u nastavi) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi)
110) izvesti Boltzmannovu raspodjelu	Boltzmannova raspodjela. Particijska funkcija.	Izlaganje Rasprava Demonstriranje pokusa Rješavanje numeričkih zadataka	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, ispit, aktivnost u nastavi) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit)

		Rješavanje problemskih zadataka	Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi)
I11) opisati kvantizaciju energijskog spektra	Kvantizacija energijskog spektra.	Izlaganje Rasprava Demonstriranje pokusa Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, ispit, aktivnost u nastavi) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi)
I12) razlikovati Bose-Einsteinovu i Fermi-Diracovu raspodjelu	Bose-Einsteinova i Fermi-Diracova statistika.	Izlaganje Rasprava Demonstriranje pokusa Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka	Analiza pisanih provjera znanja i vještina (kolokvij, ispit, aktivnost u nastavi) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi)