

| OPĆE INFORMACIJE | | |
|--|--|---------|
| Naziv kolegija | Fizika čvrstog stanja | |
| Studijski program | Sveučilišni diplomski studij Inženjerstvo i fizika materijala | |
| Status kolegija | izborni | |
| Semestar | 2. | |
| Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave | ECTS bodovi | 6 |
| | Broj sati (P+V+S) | 45+30+0 |
| Nositelj kolegija | Izv. prof. dr. sc. Aleš Omerzu | |
| Kontakt | aomerzu@phy.uniri.hr | |
| Vrijeme i mjesto konzultacija | Po dogovoru, ured O-112 | |
| Suradnik na kolegiju | Daria Jardas Babić, asistentica | |
| Kontakt | daria.jardas@phy.uniri.hr | |
| Vrijeme i mjesto konzultacija | Po dogovoru, ured O-S15 | |
| 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 | 45P+30V, 100 % | |
| Virtualna nastava | 0 % | |
| Ispitni rokovi | 8. 7. 2025. u 10 h | |
| | 22. 7. 2025. u 10 h | |
| | 15. 9. 2025. u 10 h | |
| | | |

| OPIS KOLEGIJA |
|---|
| 1.1. Ciljevi kolegija |
| Ciljevi predmeta je stjecanje osnovnih teorijskih i eksperimentalnih znanja o fizici kondenzirane materije I odnosi se na: kristalnu strukturu (direktna i recipročna rešetka), ogib na kristalu, veze u kristalima, dinamiku kristalne rešetke (fononi), model plina slobodnih elektrona, fermijevu plohu, periodični potencijal, energetska vrpce, dielektrična svojstva kristala (električna i toplinska vodljivost; vodiči, poluvodiči, izolatori), magnetska svojstva kristala (dijamagnetizam, paramagnetizam, feromagnetizam). |
| 1.2. Uvjeti za upis kolegija |
| / |
| 1.3. Očekivani ishodi učenja za kolegij |
| 1. poznavanje tipova kristalne rešetke, njihovih simetrijskih svojstava i indeksacije kristalnih smjerova i ravnina |
| 2. poznavanje recipročne rešetke i difrakcije na kristalnoj rešetci |
| 3. poznavanje vrsta i prirode vezanja atoma u kristalnim strukturama |
| 4. poznavanje pojma fonon i računanje vibracijskih stanja u jednostavnom modelu dinamike kristalne |

| | | |
|---|---------------------------------|------------------------|
| <p>rešetke</p> <p>5. razumijevanje termalnih svojstava kristala na osnovi fononskog modela</p> <p>6. poznavanje temeljnih postavki modela plina slobodnih elektrona, računanje gustoće stanja</p> <p>7. kvalitativno određivanje termalnih i električnih svojstva metala na osnovi modela plina slobodnih elektrona</p> <p>8. poznavanje energetske elektronske stanja u periodičnom potencijalu: Blochove funkcije, energijske vrpce u kristalu te posljedičnih metalnih, poluvodičkih ili izolatorskih stanja kristala</p> <p>9. poznavanje termoelektričnog efekta i njegovih manifestacija i uporaba u praksi</p> | | |
| 1.4. Sadržaj kolegija | | |
| <p>Kristalna struktura tvari. Tipovi kristalnih rešetki. Rentgenska difrakcija. Recipročna rešetka. Međuatomske sile u kristalima. Kohezivna energija. Vibracije kristalne rešetke. Fononi. Toplinski kapacitet i toplinska vodljivost. Model plina slobodnih elektrona. Fermijeva površina. Gustoća elektronskih stanja. Toplinski kapacitet elektronskog plina. Električna i toplinska vodljivost. Elektronska stanja u periodičnom potencijalu. Blochove funkcije. Elektronska struktura kristala – energijske vrpce. Metali, poluvodiči i semimetali. Dielektrici. Diamagnetizam, paramagnetizam i feromagnetizam.</p> | | |
| 1.5. Obvezna literatura | | |
| C. Kittel, Introduction to Solid State Physics, 8. izdanje, Wiley, New York, 2005. | | |
| 1.6. Dopunska literatura | | |
| / | | |
| 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 | 2,5 | / |
| Aktivnost u nastavi | 0,5 | 10 |
| Samostalni rad | 0,5 | 10 |
| Kontinuirana provjera znanja (kolokviji) | 1,0 | 40 |
| Završni ispit | 1,5 | 40 |
| UKUPNO | 6 | 100 |
| <p>Rad studenta na predmetu se vrednuje tijekom nastave i na završnom ispitu. Ukupan broj postotaka koje student može ostvariti tijekom nastave je 60%, dok na završnom (usmenom) ispitu može ostvariti 40%. Na završnom (usmenom) ispitu student može dobiti bodove prema sljedećim kriterijima:</p> <p>1 – 10 bodova - zadovoljava minimalne kriterije,</p> <p>11 – 20 bodova - dobar, ali s primjetnim nedostacima,</p> <p>21 – 30 bodova – vrlo dobar, s ponekom greškom,</p> <p>31 – 40 bodova - iznadprosječan, izuzetan odgovor.</p> <p>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:</p> <p>90 – 100 bodova A Izvrstan (5)</p> <p>75 – 89,9 bodova B Vrlo dobar (4)</p> <p>60 – 74,9 bodova C Dobar (3)</p> <p>50 – 59,9 bodova D Dovoljan (2)</p> | | |
| 1.8. Dodatne informacije | | |
| / | | |

| POPIS TEMA PO TJEDNIMA NASTAVE | | | |
|--------------------------------|----------------|------|--|
| Tjedan | Oblik nastave* | Sati | Tema |
| 1. | P1 | 2 | Kristalna struktura. |
| 1. | V1 | 2 | Kristalna rešetka. |
| 2. | P2 | 2 | Recipročna rešetka. Brillouinove zone. |
| 2. | V2 | 2 | Recipročna rešetka. |
| 3. | P3 | 2 | Difrakcija rendgenskog zračenja na kristalima. |
| 3. | V3 | 2 | Difrakcija rendgenskog zračenja na kristalima. |
| 4. | P4 | 2 | Veze u kristalima. |
| 4. | V4 | 2 | Međuatomske veze u kristalima. Kohezivna energija. |
| 5. | P5 | 2 | Dinamika kristalne rešetke. Fononi |
| 5. | V5 | 2 | Prvi kolokvij. |
| 6. | P6 | 2 | Termalna svojstva kristala. Toplinski kapacitet. |
| 6. | V6 | 2 | Kvantna teorija titranja kristalne rešetke. Fononi. |
| 7. | P7 | 2 | Termalna svojstva kristala. Toplinska vodljivost. |
| 7. | V7 | 2 | Anharmonički efekti u kristalu. |
| 8. | P8 | 2 | Model plina slobodnih elektrona. |
| 8. | V8 | 2 | Drugi kolokvij. |
| 9. | P9 | 2 | Toplinski kapacitet plina slobodnih elektrona. Električna vodljivost metala. |
| 9. | V9 | 2 | Drudeova teorija metala. |
| 10. | P10 | 2 | Elektroni u periodičnom potencijalu. Blochove funkcije. |
| 10. | V10 | 2 | Elektron u periodičnom potencijalu. Blochov teorem / Aproksimacija gotovo slobodnih elektrona. |
| 11. | P11 | 2 | Elektronska struktura kristala: metali, semimetali, poluvodiči i izolatori. |
| 11. | V11 | 2 | Prikaz elektronskih vrpca u k-prostoru. |
| 12. | P12 | 2 | Dielektrici |
| 12. | V12 | 2 | Dielektrici |
| 13. | P13 | 2 | Diamagnetizam i paramagnetizam |
| 13. | V13 | 2 | Diamagnetizam i paramagnetizam |
| 14. | P14 | 2 | Feromagnetizam |
| 14. | V14 | 2 | Feromagnetizam |
| 15. | P15 | 2 | Seminar |
| 15. | V15 | 2 | Treći 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 |
| 11) Poznavanje tipova kristalne rešetke, njihovih simetrijskih svojstava i indeksacije kristalnih smjerova i ravnina | Kristalna struktura.. | Izlaganje Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Rasprava Samostalni rad | Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi) Analiza studentskih izvješća (zadatak za samostalni rad) |
| 12) Poznavanje recipročne rešetke i difrakcije na kristalnoj rešetci | Recipročna rešetka. Brillouinove zone. Difrakcija rendgenskog zračenja na kristalima. | Izlaganje Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Rasprava Samostalni rad | Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi) Analiza studentskih izvješća (zadatak za samostalni rad) |
| 13) Poznavanje vrsta i prirode vezanja atoma u kristalnim strukturama | Međuatomske veze u kristalima. Kohezivna energija. | Izlaganje Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Rasprava Samostalni rad | Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi) Analiza studentskih izvješća (zadatak za samostalni rad) |
| 14) Poznavanje pojma fononi i računanje vibracijskih stanja u jednostavnom modelu dinamike kristalne rešetke | Dinamika kristalne rešetke. Fononi | Izlaganje Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Rasprava Samostalni rad | Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi) Analiza studentskih izvješća (zadatak za samostalni rad) |
| 15) Razumijevanje termalnih svojstava kristala na osnovi fononskog modela | Termalna svojstva kristala. Toplinski kapacitet. Termalna svojstva kristala. Toplinska vodljivost. | Izlaganje Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Rasprava Samostalni rad | Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi) Analiza studentskih izvješća (zadatak za samostalni rad) |

| | | | |
|--|--|---|--|
| <p>16) Poznavanje temeljnih postavki modela plina slobodnih elektrona, računanje gustoće stanja</p> | <p>Model plina slobodnih elektrona.</p> | <p>Izlaganje Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Rasprava Samostalni rad</p> | <p>Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi) Analiza studentskih izvješća (zadatak za samostalni rad)</p> |
| <p>17) Kvalitativno određivanje termalnih i električnih svojstva metala na osnovi modela plina slobodnih elektrona</p> | <p>Drudeova teorija metala. Toplinski kapacitet plina slobodnih elektrona. Električna vodljivost metala.</p> | <p>Izlaganje Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Rasprava Samostalni rad</p> | <p>Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi) Analiza studentskih izvješća (zadatak za samostalni rad)</p> |
| <p>18) Poznavanje dielektričkih svojstava materijala. Izolatori, para, piezo i fero elektrici.</p> | <p>Dielektrici</p> | <p>Izlaganje Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Rasprava Samostalni rad</p> | <p>Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit) Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit) Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (aktivnost u nastavi)</p> |
| <p>19) Poznavanje magnetskih svojstava materijala. Diamagnetizam, paramagnetizam i feromagnetizam.</p> | <p>Diamagnetizam i paramagnetizam. Feromagnetizam.</p> | | |