

| OPĆE INFORMACIJE                             |   |              |
|--|---|--------------|
| Naziv kolegija                               | <b>Moderna fizika I</b>   |              |
| Studijski program                            | Sveučilišni prijediplomski studij Fizika                                  |              |
| Status kolegija                              | obvezni   |              |
| Semestar                                     | 3.  |              |
| Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave | ECTS bodovi   | 6            |
|  | Broj sati (P+V+S)   | 60 + 15 + 15 |
| Nositelj kolegija                            | <b>Izv. prof. dr. sc. Robert Peter</b>                                    |              |
| Kontakt                                      | e-mail: rpeter@uniri.hr, tel: 584 621                                     |              |
| Vrijeme i mjesto konzultacija                | Po dogovoru, ured O-113   |              |
| Suradnik na kolegiju                         | Dr. sc. Marija Čargonja   |              |
| Kontakt                                      | e-mail: mcargonja@uniri.hr, tel: 584 620                                  |              |
| 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+15V+15S, 100 %  |              |
| Virtualna nastava                            | 0 %   |              |
| Ispitni rokovi                               | 6. 2. 2025. u 10h   |              |
|  | 20. 2. 2025. u 10h  |              |
|  | 8. 7. 2025. u 10h   |              |
|  | 2. 9. 2025. u 10h   |              |

| OPIS KOLEGIJA   |
|---|
| 1.1. Ciljevi kolegija   |
| Upoznati studente s osnovnim principima moderne fizike; fenomenološkim pristupom, polazeći od spektroskopskih opažanja rastumačiti strukturu atoma oslanjanjem na poluklasične i kvantnomehaničke modele. opisati procese u kojima dolazi do promjene energije atoma u vezanim i nevezanim stanjima; upoznati studente s osnovama fizike čvrstog stanja s posebnim osvrtom na metale i poluvodiče.  |
| 1.2. Uvjeti za upis kolegija  |
| Odslušani kolegiji: Fizika I, Fizika II.  |
| 1.3. Očekivani ishodi učenja za kolegij   |
| Studenti će nakon položenog ispita biti u stanju: <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Objasniti atomsku građu tvari i opisati Rutherfordov eksperiment.</li> <li>2) Definirati Bohrove postulate i primjeniti ih na atom vodika i ione slične vodiku</li> <li>3) Objasniti razliku između valne i fotonske prirode EM zračenja te primjeniti fotonski model na odgovarajuće pojave (fotoelektrični efekt, Comptonov efekt).</li> <li>4) Objasniti nastanak kontinuiranog i linijskog spektra u rendgenskoj cijevi.</li> </ul> |

| <p>15) Definirati de Broglieove postulate i načela neodređenosti te opisati eksperimente koji su potvrdili valnu prirodu materije.</p> <p>16) Primjeniti Schrodingerovu jednadžbu na jednostavne fizikalne sisteme: čestica u potencijalnoj jami, tuneliranje, kvantni harmonički oscilator.</p> <p>17) Analizirati kvantno-mehanički model vodikovog atoma i primjeniti rješenja Schrodingerove jednadžbe vodikovog atoma na višeelektronske atome.</p> <p>18) Objasniti nastanak elektronskih vrpca u čvrstim tijelima te opisati razlike između međuatomskih veza u ionskim, metalnim i kovalentnim kristalima.</p> <p>19) Primjeniti model elektronskog plina za opis slobodnih elektrona u metalu.</p> <p>10) Objasniti razliku između intrinzičnih i ekstrinzičnih poluvodiča te opisati princip rada poluvodičke diode.</p>  |                                 |                                 |                        |                   |     |   |                     |     |    |                |     |    |  |     |    |               |     |    |        |   |     |
|---|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------|-----|---|---------------------|-----|----|----------------|-----|----|--|-----|----|---------------|-----|----|--------|---|-----|
| <p>1.4. Sadržaj kolegija</p> <p>Atomska struktura i periodni sustav elemenata. Bohrova teorija. Rentgenski spektri.<br/>         Atomski procesi. Višeelektronski sustavi i njihovi spektri<br/>         Atomi u električnom i magnetskom polju<br/>         Dualizam val – čestica za svjetlost i materiju<br/>         Valnomehanička teorija. Princip neodređenosti. Schrödingerova jednadžba.<br/>         Kondenzirana materija. Metali. Poluvodiči. Poluvodički uređaji.</p>  |                                 |                                 |                        |                   |     |   |                     |     |    |                |     |    |  |     |    |               |     |    |        |   |     |
| <p>1.5. Obvezna literatura</p> <p>1. Young H.D., Freedman R.A., UNIVERSITY PHYSICS, 9th ed., Addison-Wesley Publishing Company, Inc, 1996.<br/>         2. Krane K.S., MODERN PHYSICS, John Wiley &amp; Sons, Inc., New York , 1996.<br/>         3. Haken H., Wolf H.C., ATOMIC AND QUANTUM PHYSICS, 2nd ed., Springer-Verlag, 1984.</p>   |                                 |                                 |                        |                   |     |   |                     |     |    |                |     |    |  |     |    |               |     |    |        |   |     |
| <p>1.6. Dopunska literatura</p> <p>1. Halliday D., Resnick R., Walker J., FUNDAMENTALS OF PHYSICS , 6th ed., J.Wiley and Sons Inc., New York , 2003.<br/>         2. Cutnell J.D., Johnson K.W: PHYSICS, 7th ed, J.Wiley and Sons Inc., New York, 2007.<br/>         3. Seeger K., SEMICONDUCTOR PHYSICS, Springer 1991.<br/>         4. Beiser A., THEORY AND PROBLEMS OF PHYSICAL SCIENCE, Schaum's Outline Series, McGraw-Hill, 1974.</p>  |                                 |                                 |                        |                   |     |   |                     |     |    |                |     |    |  |     |    |               |     |    |        |   |     |
| <p>1.7. Obveze studenata, ocjenjivanje i vrednovanje rada studenata tijekom nastave i na završnom ispitu</p> <p>Sustav ocjenjivanja</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Aktivnost koja se ocjenjuje</th> <th>Udio aktivnosti u ECTS bodovima</th> <th>Maksimalan broj bodova</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pohađanje nastave</td> <td>3,0</td> <td>/</td> </tr> <tr> <td>Aktivnost u nastavi</td> <td>0,3</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Seminarski rad</td> <td>0,3</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Kontinuirana provjera znanja (kolokviji)</td> <td>1,2</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Završni ispit</td> <td>1,2</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>UKUPNO</td> <td>6</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table> <p>Opisi aktivnosti koje se ocjenjuju</p> <p>Aktivnost u nastavi (maksimalno 10 bodova, vježbe)<br/>         Ove bodove student može ostvariti tijekom nastave na temelju procjene asistentice, ako se ističe u radu te ako uspješno riješi zadatke za domaću zadaću.</p> | Aktivnost koja se ocjenjuje     | Udio aktivnosti u ECTS bodovima | Maksimalan broj bodova | Pohađanje nastave | 3,0 | / | Aktivnost u nastavi | 0,3 | 10 | Seminarski rad | 0,3 | 10 | Kontinuirana provjera znanja (kolokviji) | 1,2 | 40 | Završni ispit | 1,2 | 40 | UKUPNO | 6 | 100 |
| Aktivnost koja se ocjenjuje   | Udio aktivnosti u ECTS bodovima | Maksimalan broj bodova          |                        |                   |     |   |                     |     |    |                |     |    |  |     |    |               |     |    |        |   |     |
| Pohađanje nastave   | 3,0                             | /                               |                        |                   |     |   |                     |     |    |                |     |    |  |     |    |               |     |    |        |   |     |
| Aktivnost u nastavi   | 0,3                             | 10                              |                        |                   |     |   |                     |     |    |                |     |    |  |     |    |               |     |    |        |   |     |
| Seminarski rad  | 0,3                             | 10                              |                        |                   |     |   |                     |     |    |                |     |    |  |     |    |               |     |    |        |   |     |
| Kontinuirana provjera znanja (kolokviji)  | 1,2                             | 40                              |                        |                   |     |   |                     |     |    |                |     |    |  |     |    |               |     |    |        |   |     |
| Završni ispit   | 1,2                             | 40                              |                        |                   |     |   |                     |     |    |                |     |    |  |     |    |               |     |    |        |   |     |
| UKUPNO  | 6                               | 100                             |                        |                   |     |   |                     |     |    |                |     |    |  |     |    |               |     |    |        |   |     |

Kontinuirana provjera znanja (maksimalno 40 bodova)

Provjera znanja se vrši tijekom nastave putem dvaju kolokvija s numeričkim zadacima. Svaki kolokvij može biti ocijenjen s maksimalno 20 bodova. Za uspješno polaganje kolokvija, odnosno za izlazak na završni ispit, potrebno je riješiti minimalno 50% zadataka (10 bodova).

Seminarski rad (maksimalno 10 bodova)

Tijekom semestra studenti trebaju pripremiti i izložiti seminarski rad (tema seminarskog rada se dogovara s nositeljem kolegija) za kojeg mogu dobiti maksimalno 10 bodova.

Završni ispit (maksimalno 40 bodova)

Student može ostvariti maksimalno 40 bodova. Na završnom (usmenom) ispitu student može dobiti bodove prema sljedećim kriterijima:

- 1 – 18 bodova - zadovoljava minimalne kriterije,
- 19 – 28 bodova - dobar, ali s primjetnim nedostacima,
- 28 – 35 bodova - prosječan, s ponekom greškom,
- 36 – 40 bodova - iznadprosječan, izuzetan odgovor.

Studenti koji skupe 30 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    | Atomska struktura materije. Masa i naboj elektrona. Struktura atoma. Rutherfordov eksperiment. |
| 1.                             | V1             | 2    | Atomska struktura materije. Masa i naboj elektrona.  |
| 2.                             | P2             | 4    | Spektroskopija. Spektar vodikovog atoma. Bohrov model vodikovog atoma. Ioni slični vodik.      |
| 2.                             | V2             | 2    | Spektar vodikovog atoma. Bohrov model vodikovog atoma.   |
| 3.                             | P3             | 4    | Franck-Hertzov eksperiment. Fotoelektrični efekt. Comptonov efekt.                             |
| 3.                             | V3             | 2    | Fotoelektrični efekt. Comptonov efekt.   |
| 4.                             | P4             | 4    | Rendgensko zračenje. Valno-čestični dualizam. De Broglieva hipoteza.                           |

|     |     |   |   |
|-----|-----|---|---|
| 4.  | V4  | 2 | Rendgensko zračenje. Valno-čestični dualizam. De Broglieva hipoteza.  |
| 5.  | P5  | 4 | Laser. Relacije neodređenosti. Valni paket.   |
| 5.  | V5  | 2 | 1. kolokvij   |
| 6.  | P6  | 4 | Scrödingerova jednadžba. Svojstva valne funkcije. Čestica u potencijalnoj jami.                                   |
| 6.  | V6  | 2 | Scrödingerova jednadžba. Svojstva valne funkcije. Čestica u potencijalnoj jami.                                   |
| 7.  | P7  | 4 | Tuneliranje. Harmonički oscilator. 3D Schrodingerova jednadžba.   |
| 7.  | S1  | 2 | 1. seminar  |
| 8.  | P8  | 4 | Kvantno-mehanički model vodikovog atoma. Zeemanov efekt.  |
| 8.  | V7  | 2 | Kvantno-mehanički model vodikovog atoma. Zeemanov efekt.  |
| 9.  | P9  | 4 | Spin elektrona. Višeelektronski sistemi. Periodni sustav elemenata.   |
| 9.  | S2  | 2 | 2. seminar  |
| 10. | P10 | 4 | Uvod u fiziku kondenzirane materije. Međuatomske veze u kristalima. Ionski kristali. Kristali plemenitih plinova. |
| 10. | S3  | 2 | 3. seminar  |
| 11. | P11 | 4 | Plin slobodnih elektrona u metalu. Električna i toplinska vodljivost metala.                                      |
| 11. | V8  | 2 | Plin slobodnih elektrona u metalu. Električna i toplinska vodljivost metala.                                      |
| 12. | P12 | 4 | Kovalentno vezanje. Energetske vrpce u čvrstim tijelima.  |
| 12. | S4  | 2 | 4. seminar  |
| 13. | P13 | 4 | Poluvodiči  |
| 13. | V9  | 2 | Poluvodiči  |
| 14. | P14 | 4 | Magnetska svojstva materije - paramagnetizam, dijamagnetizam, feromagnetizam.                                     |
| 14. | V10 | 2 | 2. kolokvij   |
| 15. | P15 | 4 | Hallov efekt. Supravodljivost.  |
| 15. | S5  | 2 | 5. seminar  |

\*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) Objasniti atomsku građu tvari i opisati Rutherfordov eksperiment. | Atomska struktura i periodni sustav elemenata. | Izlaganje<br>Rasprava<br>Demonstriranje pokusa<br>Rješavanje numeričkih zadataka<br>Rješavanje problemskih zadataka<br>Seminarski rad | Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit)<br>Usmene provjere znanja i vještina (završni ispit)<br>Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (seminarski rad)<br>Analiza studentskih prezentacija (seminarski rad) |

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| 12) Definirati Bohrove postulate i primjeniti ih na atom vodika i ione slične vodik  | Atomska struktura i periodni sustav elemenata. Bohrova teorija.   | Izlaganje<br>Rasprava<br>Demonstriranje pokusa<br>Rješavanje numeričkih zadataka<br>Rješavanje problemskih zadataka<br>Seminarski rad | Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit)<br>Usmene provjere znanja I vještina (završni ispit)<br>Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (seminarski rad)<br>Analiza studentskih prezentacija (seminarski rad) |
| 13) Objasniti razliku između valne i fotonske prirode EM zračenja te primjeniti fotonski model na odgovarajuće pojave (fotoelektrični efekt, Comptonov efekt). | Atomska struktura i periodni sustav elemenata.<br>Atomski procesi. Atomi u električnom i magnetskom polju<br>Dualizam val – čestica za svjetlost i materiju | Izlaganje<br>Rasprava<br>Demonstriranje pokusa<br>Rješavanje numeričkih zadataka<br>Rješavanje problemskih zadataka<br>Seminarski rad | Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit)<br>Usmene provjere znanja I vještina (završni ispit)<br>Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (seminarski rad)<br>Analiza studentskih prezentacija (seminarski rad) |
| 14) Objasniti nastanak kontinuiranog i linijskog spektra u rendgenskoj cijevi.   | Atomska struktura i periodni sustav elemenata. Atomi u električnom i magnetskom polju<br>Rentgenski spektri.<br>Atomski procesi.                            | Izlaganje<br>Rasprava<br>Demonstriranje pokusa<br>Rješavanje numeričkih zadataka<br>Rješavanje problemskih zadataka<br>Seminarski rad | Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit)<br>Usmene provjere znanja I vještina (završni ispit)<br>Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (seminarski rad)<br>Analiza studentskih prezentacija (seminarski rad) |
| 15) Definirati de Broglieove postulate i načela neodređenosti te opisati eksperimente koji su potvrdili valnu prirodu materije.                                | Dualizam val – čestica za svjetlost i materiju.<br>Princip neodređenosti.<br>Valnomehanička teorija.  | Izlaganje<br>Rasprava<br>Demonstriranje pokusa<br>Rješavanje numeričkih zadataka<br>Rješavanje problemskih zadataka<br>Seminarski rad | Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit)<br>Usmene provjere znanja I vještina (završni ispit)<br>Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (seminarski rad)<br>Analiza studentskih prezentacija (seminarski rad) |
| 16) Primjeniti Schrodingerovu jednadžbu na jednostavne fizikalne sisteme: čestica u potencijalnoj jami, tuneliranje, kvantni harmonički oscilator.             | Dualizam val – čestica za svjetlost i materiju.<br>Valnomehanička teorija.<br>Princip neodređenosti.<br>Schrödingerova jednadžba.                           | Izlaganje<br>Rasprava<br>Demonstriranje pokusa<br>Rješavanje numeričkih zadataka<br>Rješavanje problemskih zadataka<br>Seminarski rad | Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit)<br>Usmene provjere znanja I vještina (završni ispit)<br>Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (seminarski rad)<br>Analiza studentskih prezentacija (seminarski rad) |
| 17) Analizirati kvantno-mehanički model vodikovog atoma i primjeniti rješenja Schrodingerove jednadžbe   | Atomska struktura i periodni sustav elemenata.<br>Valnomehanička teorija.   | Izlaganje<br>Rasprava<br>Demonstriranje pokusa<br>Rješavanje numeričkih zadataka  | Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit)<br>Usmene provjere znanja I vještina (završni ispit)   |

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| vodikovog atoma na višeelektronske atome.  | Schrödingerova jednačba.  | Rješavanje problemskih zadataka<br>Seminarski rad   | Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (seminarski rad)<br>Analiza studentskih prezentacija (seminarski rad)   |
| (8) Objasniti nastanak elektronskih vrpca u čvrstim tijelima te opisati razlike između međuatomskih veza u ionskim, metalnim i kovalentnim kristalima. | Atomska struktura i periodni sustav elemenata.<br>Kondenzirana materija.<br>Metali. Poluvodiči. | Izlaganje<br>Rasprava<br>Demonstriranje pokusa<br>Rješavanje numeričkih zadataka<br>Rješavanje problemskih zadataka<br>Seminarski rad | Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit)<br>Usmene provjere znanja I vještina (završni ispit)<br>Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (seminarski rad)<br>Analiza studentskih prezentacija (seminarski rad) |
| (9) Primjeniti model elektronskog plina za opis slobodnih elektrona u metalu.  | Kondenzirana materija.<br>Metali.   | Izlaganje<br>Rasprava<br>Demonstriranje pokusa<br>Rješavanje numeričkih zadataka<br>Rješavanje problemskih zadataka<br>Seminarski rad | Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit)<br>Usmene provjere znanja I vještina (završni ispit)<br>Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (seminarski rad)<br>Analiza studentskih prezentacija (seminarski rad) |
| (10) Objasniti razliku između intrinzičnih i ekstrinzičnih poluvodiča te opisati princip rada poluvodičke diode.                                       | Kondenzirana materija.<br>Poluvodiči. Poluvodički uređaji.                                      | Izlaganje<br>Rasprava<br>Demonstriranje pokusa<br>Rješavanje numeričkih zadataka<br>Rješavanje problemskih zadataka<br>Seminarski rad | Analiza pisanih provjera znanja i vještina (domaća zadaća, kolokvij, ispit)<br>Usmene provjere znanja I vještina (završni ispit)<br>Opažanje izvedbe studenta u nekoj aktivnosti (seminarski rad)<br>Analiza studentskih prezentacija (seminarski rad) |