

OPĆE INFORMACIJE		
Naziv kolegija	Elektrodinamika	
Studijski program	Sveučilišni prijediplomski studij Fizika	
Status kolegija	obvezni	
Semestar	5.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS bodovi	12
	Broj sati (P+V+S)	45+45+15
Nositelj kolegija	doc. dr. sc. Saša Mićanović	
Kontakt	sasa.micanovic@phy.uniri.hr	
Vrijeme i mjesto konzultacija	Po dogovoru	
Suradnik na kolegiju	Velimir Labinac, v. pred.	
Kontakt	vlabinac@phy.uniri.hr	
Vrijeme i mjesto konzultacija	Po dogovoru	
Jezik izvođenje nastave	Hrvatski	
Web stranica kolegija	https://moodle.srce.hr/2024-2025/course/view.php?id=221403	
Vrijeme i mjesto izvođenja nastave	Prema rasporedu sati objavljenom na mrežnoj stranici Fakulteta za fiziku.	
Izravna (učionička) nastava	45+45+15, 100%	
Virtualna nastava	0%	
Ispitni rokovi	7. veljače 2025. u 10:00 h	
	21. veljače 2025. u 10:00 h	
	27. lipnja 2025. u 10:00 h	
	5. rujna 2025. u 10:00 h	

OPIS KOLEGIJA	
1.1. Ciljevi kolegija	
<ul style="list-style-type: none"> - upoznavanje studenata s osnovama klasične elektrodinamike i specijalne teorije relativnosti - povezivanje egzaktnih rezultata teorije s pojmovima koje je o elektricitetu i magnetizmu student stekao ranije - razvijanje i vježbanje naprednih matematičkih alata i vještina za rješavanje problema zasnovanih na parcijalnim diferencijalnim jednadžbama 	
1.2. Uvjeti za upis kolegija	
Položeni ispiti iz kolegija: Fizika I, Fizika II, Fizika III, Matematičke metode fizike I i II. Odslušani kolegij Klasična mehanika I/ Klasična mehanika.	
1.3. Očekivani ishodi učenja za kolegij	
<ul style="list-style-type: none"> - razumijevanje kako iz jednostavnih fundamentalnih jednadžbi za elektromagnetsko polje, primjenom matematičkih metoda, proizlaze objašnjenja za složene fizikalne pojave 	

- prepoznavanje značenja precizne definicije pojedinih fizikalnih veličina, njihovo računanje i povezivanje s mjerenjima
- sposobnost samostalnog postavljanja i rješavanja problema iz osnova elektrodinamike, te općenito problema zasnovanih na diferencijalnim jednadžbama

1.4. Sadržaj kolegija

1. Elektrostatika Coulombov zakon. Električno polje. Skalarni potencijal. Osnovne jednadžbe elektrostatike. Vodiči i kapacitori. Metode rješavanja elektrostatskih jednadžbi. Energija elektrostatskog polja. Multipolni razvoj. Jednadžbe elektrostatike u sredstvu. Dielektrici i feroelektrici. Rubni uvjeti.
2. Magnetostatika Električna struja. Jednadžba kontinuiteta. Magnetsko polje i sila. Vektorski potencijal. Osnovne jednadžbe magnetostatike. Metode rješavanja jednadžbi magnetostatike. Jednadžbe magnetostatike u sredstvu. Dijamagnetizam, paramagnetizam i feromagnetizam. Rubni uvjeti.
3. Maxwellove jednadžbe Faradayev zakon indukcije. Maxwellove jednadžbe. Skalarni i vektorski potencijal. Baždarne transformacije, Poyntingov teorem. Zakoni očuvanja, Jednadžbe elektrodinamike za sredstvo. Retardirani i avansirani potencijali. Polje točkastog naboja u gibanju.
4. Elektromagnetni valovi Valna jednadžba. Ravni valovi u vakumu i dielektriku. Polarizacija vala. Energija i impuls elektromagnetskih valova Zakoni loma. Valovi u vodičima. Valni paketi i grupna brzina.
5. Zračenje Zračenje u dipolnom približenju. Zračenje točkastog naboja. Ciklotronsko i zakočno zračenje. Sila reakcije zračenjem. Abraham-Lorentzova sila.
6. Specijalna teorija relativnosti Osnovni postulati. Lorentzove transformacije. Geometrija specijalne relativnosti: pojam istodobnosti i uređenosti događaja, kontrakcija duljine, dilatacija vremena, transformacija brzine. Lorentzovi tenzori. Kovarijantna formulacija elektrodinamike. Transformacija elektromagnetskog polja.

1.5. Obvezna literatura

1. Griffiths D. J., Introduction to Electrodynamics, 3. izdanje, Prentice-Hall, New Jersey, 1999.
2. Labinac V., Riješeni zadaci iz elektrostatike i magnetostatike

1.6. Dopunska literatura

1. Jackson J. D., Classical Electrodynamics, 3. izdanje ili novije, John Wiley, New York, 1999.
2. Nayfeh M. H., Brussel M. K., Electricity and Magnetism, John Wiley and Sons, 1985.
3. Zangwill A., Modern Electrodynamics.
4. Wegner F., <http://www.tphys.uni-heidelberg.de/~wegner/e.dyn>

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

Sustav ocjenjivanja

Aktivnost koja se ocjenjuje	Maksimalan broj bodova
Pohađanje nastave	/
Seminarski rad	20
Domaće zadatke	10
Kolokviji	40
Završni ispit	30
UKUPNO	100

Opisi aktivnosti koje se ocjenjuju

Kolokviji (maksimalno 40 bodova)

Tijekom nastave kolegija, bit će održana tri kolokvija s numeričkim zadacima s vježbi.

Domaće zadaće (maksimalno 10 bodova)

Tijekom semestra, studenti pišu domaće zadaće vezane uz numeričke zadatke s vježbi, koje su dužni predati asistentu do roka utvrđenog pri zadavanju pojedine zadaće.

Seminarski rad (maksimalno 20 bodova)

Tijekom semestra, svaki student ima mogućnost razraditi nekoliko tema vezanih uz gradivo kolegija, te rezultate prezentirati u vidu pisanog rada.

Završni ispit (maksimalno 50, odnosno 30 bodova)

Uvjet za izlazak na završni ispit je minimalno 25 ostvarenih bodova (od mogućih 50) s vježbi, tj. na kolokvijima s numeričkim zadacima i domaćim zadaćama zajedno. Pomoću neobaveznih seminarskih radova studenti mogu ostvariti maksimalno 20 bodova, čime onda na završnom ispitu ostvaraju maksimalno 30 bodova.

Završni ispit je usmeni te student na njemu može ostvariti maksimalno 30, odnosno 50 bodova, ovisno o bodovima ostvarenim pod Seminarski rad. 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.	P		Uvodno predavanje: informacije o kolegiju. Uvod u elektrodinamiku.
	V		Elektrostatika. Coulombov zakon. Princip superpozicije. Pojam polja.

2.	P		Kontinuirane raspodjele naboja. Integralna formulacija elektrostatike.
	V		Gaussov zakon. Diferencijalna formulacija elektrostatike.
3.	P		Skalarni potencijal. Poissonova i Laplaceova jednažba. Tehnike rješavanja. Geometrijsko značenje - silnice. Elektrostatski rubni uvjeti.
	V		Rad i energija u elektrostatici. Energija raspodjele naboja. Polje kao "čuvar" energije. Problem vlastite energije točkastog naboja.
4.	P		Vodiči. Faradayev kavez. Gromobran. Kapacitori.
	V		Rubni uvjeti za rješavanje Poissonove i Laplaceove jednažbe.
5.	P		Multipolni razvoj za elektrostatiku. Dipolni i kvadrupolni momenti.
	V		Sredstva. Makroskopske jednažbe elektrostatike. Polarizacija. Dielektrici. Feroelektrici.
6.	P		Rubni uvjeti. Metode rješavanja problema u elektrostatici.
	V		Magnetsko polje. Lorentzova sila. Električna struja. Sačuvanje naboja i jednažba kontinuiteta.
7.	P		Magnetostatika. Biot-Savartov zakon. Diferencijalni oblik jednažbi magnetostatike. Ampereov zakon. Geometrijski prikaz magnetskog polja.
	V		Multipolni razvoj za magnetostatiku. Magnetni moment. Sila i moment sile na lokalizirane struje. Energija magnetnog dipola.
8.	P		Makroskopske jednažbe magnetostatike. Paramagnetizam, dijamagnetizam i feromagnetizam.
	V		Rubni uvjeti. Metode rješavanja problema u magnetostatici.
9.	P		Vremenski promjenljiva polja - elektrodinamika. Faradayev zakon indukcije. Maxwelllove jednažbe.
	V		Potencijali. Baždarna invarijantnost. Jednažbe u Lorentzovom i Coulombovom baždarenju.
10.	P		Zakon očuvanja energije. Poyntingov teorem.
	V		Zakon očuvanja impulsa i angularnog momenta.
11.	P		Elektromagnetski valovi. Monokromatski ravni valovi. Impuls i energija EM valova.
	V		Lom i refleksija EM valova.
12.	P		EM valovi u vodičima. Disperzijske relacije.
	V		Valni paketi. Grupna brzina. Disperzija.
13.	P		Integralne jednažbe elektrodinamike. Retardirani i avansirani potencijali. Polje točkastog naboja koji se proizvoljno giba (Lienard-Wichertovi potencijali).
	V		Zračenje. Dugovalna aproksimacija. Dipolno zračenje. Larmoreova formula. Zakon plavog neba.
14.	P		Zračenje točkastog naboja. Zakočno zračenje. Sinhrotronsko zračenje.
	V		Specijalna relativnost: Lorentzove transformacije. Prostor-vrijeme i kauzalnost. Skalari, vektori i tenzori. Kinematika. Mehanika.
15.	P		Kinematika i mehanika u SR. Specijalna relativnost i elektrodinamika.
	V		Jednažbe elektrodinamike u kovarijantnom obliku.

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

ISHODI UČENJA	SADRŽAJ	AKTIVNOSTI ZA NASTAVNIKE I STUDENTE (metode poučavanja i učenja)	METODE VREDNOVANJA
razumijevanje kako iz jednostavnih fundamentalnih jednadžbi za elektromagnetsko polje, primjenom matematičkih metoda, proizlaze objašnjenja za složene fizikalne pojave	Cjelokupni sadržaj kolegija	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar, domaća zadaća)	Analiza riješenih zadataka (domaća zadaća, pismeni ispit, pismeni kolokvij) Pitanja (završni ispit)
prepoznavanje značenja precizne definicije pojedinih fizikalnih veličina, njihovo računanje i povezivanje s mjerenjima	Cjelokupni sadržaj kolegija	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar, domaća zadaća)	Analiza riješenih zadataka (domaća zadaća, pismeni ispit, pismeni kolokvij) Pitanja (završni ispit)
sposobnost samostalnog postavljanja i rješavanja problema iz osnova elektrodinamike, te općenito problema zasnovanih na diferencijalnim jednadžbama	Cjelokupni sadržaj kolegija	Izlaganje Rasprava Rješavanje numeričkih zadataka Rješavanje problemskih zadataka Samostalni rad (seminar, domaća zadaća)	Analiza riješenih zadataka (domaća zadaća, pismeni ispit, pismeni kolokvij) Pitanja (završni ispit)