

OPĆE INFORMACIJE		
Naziv kolegija	Astronomija i astrofizika I	
Studijski program	Sveučilišni diplomski studij Fizika	
Status kolegija	izborni	
Semestar	2.	
Bodovna vrijednost i način izvođenja nastave	ECTS bodovi	8
	Broj sati (P+V+S)	45+30+15
Nositelj kolegija	Prof. dr. sc. Dijana Dominis Prester	
Kontakt	dijana@phy.uniri.hr	
Vrijeme i mjesto konzultacija	Po dogovoru, ured O-110	
Suradnik na kolegiju	Doc. dr. sc. Tomislav Jurkić	
Kontakt	tjurkic@phy.uniri.hr	
Vrijeme i mjesto konzultacija	Po dogovoru, ured O-S05	
Jezik izvođenje nastave	hrvatski	
Web stranica kolegija	<u>Portal sustava Merlin (srce.hr)</u>	
Vrijeme i mjesto izvođenja nastave	Prema rasporedu sati objavljenom na mrežnoj stranici Fakulteta za fiziku.	
Izravna (učionička) nastava	60P+30V+15S, 90%	
Virtualna nastava	10%	
Ispitni rokovi	6.7.2027.	
	20.7.2027.	
	7.9.2027.	

OPIS KOLEGIJA
1.1. Ciljevi kolegija Upoznati studente s osnovama astrofizike uz detaljniji uvid u izabrana područja, te ih primjenom stečenih temeljnih spoznaja fizike osposobiti za prihvata i razumijevanje novih saznanja i rezultata istraživanja iz tog područja. Ovaj kolegij osigurat će studentima temeljna znanja potrebna za savladavanje naprednijih astrofizičkih kolegija u sklopu studija.
1.2. Uvjeti za upis kolegija Nema formalnih uvjeta za upis kolegija Astronomija i astrofizika 1. Očekuje se predznanje iz opće fizike. Preporuča se odslušati kolegij iz osnova astronomije i astrofizike ili ekvivalentan.
1.3. Očekivani ishodi učenja za kolegij Od studenta se očekuje ovladavanje osnovama astrofizike, prije svega upoznavanje i razumijevanje dinamičkih i fizičkih svojstava različitih komponenata svemira, te unaprjeđenje znanja iz onih područja fizike potrebnih za njihovo razumijevanje. Kolegij će poticati interes studenata za najnovija znanstvena i tehnička dostignuća moderne astrofizike. Oni bi trebali moći: • analizirati osnovne opažačke metode i principe rada astronomskih uređaja i detektora (teleskop, interferometar) u različitim spektralnim područjima. • opisati fizikalna svojstva zvijezda na osnovu opažanja te klasificirati zvjezdane spektre.

- analizirati nastanak spektralnih linija u atmosferama zvijezda i primijeniti na opis HR dijagrama.
- definirati i izvesti fizikalne veličine i relacije koje opisuju polje zračenja i međudjelovanje zračenja s plinom (koeficijent apsorpcije, optička dubina).
- opisati izvore atmosferskog opaciteta i analizirati procese koji uzrokuju širenje spektralnih linija.
- opisati i analizirati jednadžbu prijenosa zračenja kroz zvjezdanu atmosferu, izvore energije i njezin prijenos u zvijezdama.
- analizirati zvjezdane spektre i praktično odrediti svojstva zvjezdanih atmosfera primjenom računalnih metoda astrofizike (prilagodba opaženih i sintetskih spektara).
- analizirati dvojne sustave i primijeniti opažanja takvih sustava na određivanje masa zvijezda i ekstrasolarnih planeta.
- opisati i analizirati fazu glavnog niza i završne faze razvoja zvijezde te objasniti i klasificirati supernove.
- opisati osnovna svojstva kompaktnih astrofizičkih objekata (bijeli patuljci i neutronske zvijezde) na osnovu analize svojstava degeneriranog plina.
- opisati svojstva (kemijski sastav, metalicitet), građu i veličinu Mliječnog puta i njegovih komponenata.
- analizirati opažanja rotacijskih krivulja galaksije te pokazati postojanje tamne materije i supermasivnih crnih rupa u galaktičkim središtima.
- morfološki klasificirati galaksije i odrediti svojstva spiralnih i eliptičnih galaksija te primijeniti opažanja svojstva galaksija (Faber-Jacksonova i Tully-Fisherova relacija) i opažanja supernova na određivanje udaljenosti u svemiru.
- opisati teoriju Velikog praska i nastanak struktura u svemiru te ih potkrijepiti opažanjima širenja svemira (Hubbleov zakon), mjerenjima kozmičkih udaljenosti i opažanjima pozadinskog mikrovalnog zračenja.
- objasniti pozadinsko mikrovalno zračenje, njegov nastanak i opaženu anizotropiju,
- opisati rani razvoj svemira i primordijalnu nukleosintezu te ulogu tamne energije na osnovu analize osnovnih kozmoloških modela
- opisati aktivne galaksije, prirodu i strukturu središnjeg izvora zračenja AGN-a.

1.4. Sadržaj kolegija

Fotometrijski sustavi – Teleskopi i detektori – Klasifikacija zvjezdanih spektara – Formiranje spektralnih linija – Hertzsprung-Russelov dijagram – Atmosfere zvijezda – Opis polja zračenja - Zvjezdani opacitet – Jednadžba prijenosa zračenja – Funkcija izvora – Profili spektralnih linija – Izvori zvjezdane energije – Mehanizmi prijenosa energije u unutrašnjosti zvijezda – Degenerirani plin - Bijeli patuljci - Supernove i nukleosinteza - Neutronske zvijezde i pulsari, crne rupe - Klasifikacija galaksija - Tully-Fisherova relacija i Faber-Jacksonova relacija - Skupovi galaksija - Veliki prasak i širenje svemira - Pozadinsko mikrovalno zračenje i primordijalna nukleosinteza - Rani razvoj svemira - Struktura svemira - Skala udaljenosti u svemiru - Aktivne galaksije

1.5. Obvezna literatura

B.W.Carroll, D.A.Ostlie: An introduction to modern astrophysics, Pearson Addison-Wesley, 2007. S. G. Ryan, A. J. Norton: Stellar evolution and nucleosynthesis, Cambridge University Press, 2010. V. Vujnović: Astronomija I, Školska knjiga, Zagreb, 1989.
V. Vujnović: Astronomija II, Školska knjiga, Zagreb, 1990.

1.6. Dopunska literatura

Hoyle F.: Astronomija, Marjan tisak, Split, 2005.

D. Prialnik: An introduction to the theory of stellar structure and evolution, Cambridge University Press, 2009.

A. Unsold, B. Baschek: The new cosmos, Springer, 1991.

M. Harwit: Astrophysical concepts, Springer, 1988.

E. Boehm-Vitense: Introduction to stellar astrophysics, Cambridge University Press, 1989.

H. Scheffler, H. Elsasser: Physics of the galaxy and interstellar matter, Springer, 1987.

P. Lena: Observational astrophysics, Springer, 1988.

H. Karttunen, P. Kroger, M. Pontanen, K.J. Donner: Fundamental astronomy, Springer, 1994.

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

Rad studenta na predmetu će se vrednovati i ocjenjivati tijekom nastave i na završnom ispitu. Ukupan broj bodova koje student može ostvariti tijekom nastave (ocjenjuju se kolokviji, projektni zadaci i seminari) iznosi 64 bodova:

1. kontinuirana provjera znanja (kolokvij) – 24 bodova,

2. projektni zadaci – 25 bodova,

3. seminarski rad – 15 bodova,

Student samostalno rješava projektne zadatke. Tijekom nastave predviđena su 4-5 projektnih zadataka. Nakon što je riješio projektni zadatak, student piše izvještaj (referat). Izvještaj (referat) sadrži zadatke, rješenja do kojih je student samostalno stigao, opis postupka kojim su zadaci riješeni, odgovore na pitanje, grafičke prikaze rješenja, te interpretaciju i tumačenje dobivenih rezultata

Seminarski rad sa temom po izboru iz područja kolegija student izlaže u trajanju od oko 20-30 minuta. Kontinuirana provjera znanja provodi se u obliku kolokvija na kojem student rješava 4-5 numerička zadatka. Student mora ostvariti najmanje 40% bodova na kolokviju.

Završni ispit:

Student može pristupiti završnom ispitu nakon što je održao pozitivno ocjenjen seminar, savladao kolokvij (minimalno 40%), završio sve projektne zadatke, te predao izvještaje sa svih projektnih zadataka koji su pozitivno ocjenjeni. Na svim aktivnostima tijekom predavanja i vježbi studenti trebaju skupiti minimalno 50% ocjenskih bodova da bi pristupili završnom ispitu. Studenti koji skupe 31,9 ili manje ocjenskih bodova tijekom nastave, nisu zadovoljili, ocjenjuju se ocjenom F i moraju ponovno upisati kolegij.

Završni ispit je usmeni ispit na kojem student može ostvariti maksimalno 36 bodova na osnovu 3 postavljena pitanja (svaki odgovor nosi po 12 bodova). Ako student ne odgovori pozitivno na završnom ispitu, nije položio ispit, bez obzira na ranije skupljene bodove.

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)

0 - 49,9 bodova F Nedovoljan (1)

Aktivnost koja se ocjenjuje	Udio aktivnosti u ECTS bodovima	Maximalan broj bodova
Seminarski rad	0,7	15
Projektni zadaci	1,2	25
Kolokvij	1,2	24
Završni ispit	1,9	36
Pohađanje nastave	3,0	0
UKUPNO	8,0	100

Pohađanje nastave:

Student je obavezan sudjelovati na seminarima kada se izvode projektni zadaci te na izlaganju seminarskih radova studenata, što je unaprijed najavljeno.

Pridržavanje dogovorenih rokova:

Student je dužan pridržavati se rokova za pripremu i izlaganje seminarskog rada te za dovršetak projektnih zadataka. U slučaju prekoračenja rokova do 15 dana, student može ostvariti najviše 50% mogućih bodova, a za prekoračenje veće od 15 dana ne ostvaruje bodove za taj projektni zadatak.

1.8. Dodatne informacije

Sve nastavne materijale, obavijesti, detaljne informacije, teme i rokove seminara, studenti mogu naći na Merlin e-stranici kolegija.

POPIS TEMA PO TJEDNIMA NASTAVE			
Tjedan	Oblik nastave*	Sati	Tema
1.	P	3	Teleskopi i detektori. Uvod. (P – predavanja)
1.	V	3	Opće karakteristike zvijezda, luminozitet, zvjezdane veličine, teleskopi i detektori. (V - vježbe) (online)
2.	P	3	Zračenje zvijezda: temeljne veličine (intenzitet, tok zračenja, luminozitet, gustoća energije, tlak zračenja, prividna i apsolutna magnituda). (P)
2.	V	3	Dvojni sustavi, određivanje masa zvijezda i planeta, detekcija planeta. (V)
3.	P	3	Dvojni sustavi i određivanje masa zvijezda. Detekcija ekstrasolarnih planeta i određivanje osnovnih svojstava. (P)
3.	S	3	Dvojni sustavi – projektni zadatak. (S - seminari)
4.	P	3	Spektroskopska dijagnostika zvjezdanih atmosfera. Temperature u atmosferi. Uvjeti termodinamičke ravnoteže. Sahina i Boltzmannova jednačba, nastanak linija u zvjezdanim atmosferama. Spektralna klasifikacija. (P)
4.	V	3	Intenzitet i tok zračenja, gustoća energije, crno tijelo, Stefann-Boltz. zakon, Sahina i Boltzmannova jednačba, spektralna klasifikacija. (V)
5.	P	3	Opacitet zvjezdanog materijala, optička dubina. Prijenos zračenja u zvjezdanim atmosferama (uvod). (P)
5.	S	2	Astronomske baze podataka – projektni zadatak. (S)
5.	V	1	Prijenos zračenja u zvjezdanim atmosferama. (V)

6.	P	3	Prijenos zračenja u zvjezdanim atmosferama (nastavak). Profili spektralnih linija. (P)
6.	V	3	Prijenos zračenja u zvjezdanim atmosferama (nastavak). Profili spektralnih linija. (V)
7.	P	3	Struktura zvijezda. Izvori zvjezdane energije. Nukleosinteza u zvjezdama. (P)
7.	S	3	Sahina i Boltzmannova jednadžba – projektni zadatak. (S)
8.	P	3	Evolucija zvijezda na glavnom nizu. Razvoj zvijezda nakon glavnog niza, degenerirani plin. Crveni divovi. Bijeli patuljci. (P)
8.	S	3	Atmosfere zvijezda i profili linija – projektni zadatak. (S)
9.	P	3	Masivne zvijezde i supernove. (P)
9.	V, S	2, 1	Struktura zvijezda (V+S)
10.	P	3	Neutronske zvijezde i pulsari. (P)
10.	V	3	Izvori energije. Prijenos energije u unutrašnjosti zvijezda. (V)
11.	P	3	Galaksije, Hubbleova vilica, rotacija galaksija, tamna tvar, spiralne galaksije. (P)
11.	V	3	Razvoj zvijezda, degenerirani plin. (V)
12.	P	3	Tully-Fisher relacija. Eliptične galaksije, Faber-Jacksonova relacija, razvoj galaksija. (P)
12.	V	3	Supernove (V)
13.	P	3	Veliki prasak i širenje svemira. Skupovi galaksija. Struktura svemira. Skala udaljenosti i njihovo određivanje. (P)
13.	V, S	2, 1	Pulsari i neutronske zvijezde (V+S)
14.	P	3	Rani razvoj svemira, pozadinco mikrovalno kozmičko zračenje, primordijalna nukleosinteza, tamna materija i tamna energija, kozmološki modeli (P)
14.	V, S	1, 2	Galaksije, Eliptične i spiralne galaksije, Tully-Fisher i Faber-Jacksonova relacija (V+S)
15.	P	3	Aktivne galaksije. Svojstva aktivnih galaksija, radio zračenje, struktura aktivnih galaksija. Kvazari i relativistički Dopplerov pomak. (P)
15.	V	3	Širenje svemira i Hubbleov zakon, struktura svemira (V)

KONSTRUKTIVNO POVEZIVANJE			
ISHODI UČENJA	SADRŽAJ	AKTIVNOSTI ZA NASTAVNIKE I STUDENTE (metode poučavanja i učenja)	METODE VREDNOVANJA
Analizirati osnovne opažачke metode i principe rada astronomskih uređaja i detektora (teleskop, interferometar) u različitim spektralnim područjima	Vrste teleskopa i detektora. Fotometrijski sustavi. Teleskopi i detektori u različitim spektralnim područjima. Zemaljski i svemirski teleskopi. Interferometri.	Predavanja. Diskusija.	Usmeni ispit. Numerički zadaci. Seminarska izlaganja.
Opisati fizikalna svojstva zvijezda na osnovu opažanja te klasificirati zvjezdane spektre.	Fizikalna svojstva zvijezda: prividni i apsolutni sjaj, masa,	Predavanja. Diskusija. Analiza i rješavanje numeričkih problema.	Usmeni ispit. Pismeni ispit (numerički zadaci).

	polumjer, temperatura, luminozitet Harvardska i Morgan-Keenanova klasifikacija spektara.		
Analizirati nastanak spektralnih linija u atmosferama zvijezda i primijeniti na opis HR dijagrama.	Formiranje spektralnih linija. Sahina I Boltmannova jednadžba. Hertzprung-Russelov dijagram	Predavanja. Diskusija. Analiza i rješavanje numeričkih problema. Projektni zadatak.	Usmeni ispit. Pismeni ispit (numerički zadaci). Projektni zadatak (analiza i tumačenje rezultata).
Definirati i izvesti fizikalne veličine i relacije koje opisuju polje zračenja i međudjelovanje zračenja s plinom (koeficijent apsorpcije, optička dubina).	Atmosfere zvijezda. Opis polja zračenja: tok, intenzitet, gustoća energije Integral tlaka plina. Optička dubina I koeficijent apsorpcije, de Beerov zakon apsorpcija.	Predavanja. Diskusija. Analiza i rješavanje numeričkih problema.	Usmeni ispit. Pismeni ispit (numerički zadaci).
Opisati izvore atmosferskog opaciteta i analizirati procese koji uzrokuju širenje spektralnih linija	Zvjezdani opacitet. Izvori zvjezdanog opaciteta. Rosselandov srednji opacitet. Mehanizmi širenja i profili spektralnih linija (prirodno, Dopplerovo, sudarno/tlakom)	Predavanja. Diskusija. Analiza i rješavanje numeričkih problema. Projektni zadatak.	Usmeni ispit. Pismeni ispit (numerički zadaci). Projektni zadatak (analiza i tumačenje rezultata).
Opisati i analizirati jednadžbu prijenosa zračenja kroz zvjezdanu atmosferu, izvore energije i njezin prijenos u zvijezdama.	Jednadžba prijenosa zračenja. Apsorpcija I emisija. Funkcija izvora. Gravitacijski i nuklearni izvor energije. Mehanizmi prijenosa energije u nutrašnjosti zvijezde: zračenjem i konvekcijom.	Predavanja. Diskusija. Analiza i rješavanje numeričkih problema.	Usmeni ispit. Pismeni ispit (numerički zadaci). Projektni zadatak (analiza i tumačenje rezultata).
Analizirati zvjezdane spektre i praktično odrediti svojstva zvjezdanih atmosfera primjenom računalnih metoda astrofizike (prilagodba opaženih i sintetskih spektara).	Praktično određivanje svojstva zvjezdanih atmosfera prilagodbom opaženog i teorijskog/sintetskog spektra. Utjecaj temperature, polumjera zvijezde (ubrzanja sile teže),	Projektni zadatak.	Projektni zadatak (analiza i tumačenje rezultata).

	makroturbulencije i rotacije zvijezde na profil spektralne linije.		
Analizirati dvojne sustave i primijeniti opažanja takvih sustava na određivanje masa zvijezda i ekstrasolarnih planeta	Dvojni zvjezdani sustavi i određivanje mase. Ekstrasolarni planeti i detekcija. Praktično određivanje svojstva dvojnog sustava (masa, orbita) prilagodbom opaženih svjetlosnih krivulja i rotacijskih brzina teorijskim vrijednostima.	Predavanja. Diskusija. Analiza i rješavanje numeričkih problema. Projektni zadatak.	Usmeni ispit. Pismeni ispit (numerički zadaci). Projektni zadatak (analiza i tumačenje rezultata).
Opisati i analizirati fazu glavnog niza i završne faze razvoja zvijezde te objasniti i klasificirati supernove	Zvijezde na glavnom nizu i gorenje vodika. Ovisnost luminoziteta o masi. Razvoj zvijezda na glavnom nizu i izvan glavnog niza: poddivovi, grana crvenih divova, grana asimptotskih divova. Svojstva masivnih zvijezda i nastanak supernova. Klasifikacija supernova. Supernove kao standardne svijeće.	Predavanja. Diskusija. Analiza i rješavanje numeričkih problema.	Usmeni ispit. Pismeni ispit (numerički zadaci).
Opisati osnovna svojstva kompaktnih astrofizičkih objekata (bijeli patuljci i neutronske zvijezde) na osnovu analize svojstva degeneriranog plina	Degenerirani elektronski i neutronske plin. Bijeli patuljci. Neutronske zvijezde i pulsari.	Predavanja. Diskusija. Analiza i rješavanje numeričkih problema.	Usmeni ispit. Pismeni ispit (numerički zadaci).
Opisati svojstva (kemijski sastav, metalicitet), građu i veličinu Mliječnog puta i njegovih komponenata	Mliječni put: struktura, veličina i građa. Kemijski sastav i metalicitet Mliječnog puta. Kuglasti skupovi, zvjezdani halo, disk i središte Mliječnog puta.	Predavanja. Diskusija. Analiza i rješavanje numeričkih problema.	Usmeni ispit. Pismeni ispit (numerički zadaci).
Analizirati opažanja rotacijskih krivulja galaksije te pokazati postojanje tamne materije i supermasivnih crnih rupa u galaktičkim središtima.	Rotacijske krivulje galaksija. Tamna materija i supermasivne crne rupe.	Predavanja. Diskusija. Analiza i rješavanje numeričkih problema.	Usmeni ispit. Pismeni ispit (numerički zadaci).

Morfološki klasificirati galaksije i odrediti svojstva spiralnih i eliptičnih galaksija te primijeniti opažajka svojstva galaksija (Faber-Jacksonova i Tully-Fisherova relacija) i opažanja supernova na određivanje udaljenosti u svemiru.	Hubbleova klasifikacija galaksija. Spiralne, eliptične i nepravilne galaksije. Tully-Fisherova i Faber-Jacksonova relacija. Određivanje udaljenosti supernovama. Skupovi galaksija.	Predavanja. Diskusija. Analiza i rješavanje numeričkih problema.	Usmeni ispit. Pismeni ispit (numerički zadaci).
Opisati teoriju Velikog praska i nastanak struktura u svemiru te ih potkrijepiti opažanjima širenja svemira (Hubbleov zakon), mjerenjima kozmičkih udaljenosti i opažanjima pozadinskog mikrovalnog zračenja	Teorija velikog praska i širenje svemira. Hubbleov zakon. Mjerenje kozmičkih udaljenosti. Nastanak i svojstva struktura svemira.	Predavanja. Diskusija. Analiza i rješavanje numeričkih problema.	Usmeni ispit. Pismeni ispit (numerički zadaci).
Objasniti pozadinsko mikrovalno zračenje, njegov nastanak i opaženu anizotropiju	Pozadinsko mikrovalno zračenje. Anizotropija u CMB-u. Barionske akustičke oscilacije. Mjerenja Planckovog i WMAP satelita.	Predavanja. Diskusija. Analiza i rješavanje numeričkih problema.	Usmeni ispit. Pismeni ispit (numerički zadaci).
Opisati rani razvoj svemira i primordijalnu nukleosintezu te ulogu tamne energije na osnovu analize osnovnih kozmoloških modela	Rani razvoj svemira. Primordijalna nukleosinteza. Epoha reionizacije. Epoha zračenja, materije i tamne energije. Tamna materija i tamna energija. Osnovni kozmološki modeli i kozmološka konstanta.	Predavanja. Diskusija. Analiza i rješavanje numeričkih problema.	Usmeni ispit. Pismeni ispit (numerički zadaci).
Opisati aktivne galaksije, prirodu i strukturu središnjeg izvora zračenja AGN-a	Svojstva aktivnih galaksija i aktivnih galaktičkih središta. Svojstva kvazara, Seyfertovih i radio galaksija. Struktura središnjeg izvora zračenja u AGN-u.	Predavanja. Diskusija. Analiza i rješavanje numeričkih problema.	Usmeni ispit. Pismeni ispit (numerički zadaci).

