

Detaljni izvedbeni nastavni plan za kolegij:

## **PRINCIPI I PRIMJENE ORGANSKE FOTOKEMIJE**

**Akadska godina:** 2024./2025.

**Studij:** Diplomski sveučilišni studij „Istraživanje i razvoj lijekova“ i „Medicinska kemija“

**Kod kolegija:** MK104

**ECTS bodovi:** 3

**Jezik na kojem se izvodi kolegij:** hrvatski

**Nastavno opterećenje kolegija:** 15 P (predavanja) + 15 S (seminari)

**Preduvjeti za upis kolegija:** položen završni ispit iz kolegija *Organska kemija* i *Fizikalna kemija*

### **Nositelj kolegija i kontakt podaci:**

Titula i ime: prof. dr. sc. Nela Malatesti

Adresa: Sveučilište u Rijeci Fakultet biotehnologije i razvoja lijekova, ured O-208

tel: 051/584-585

e-mail: [nela.malatesti@biotech.uniri.hr](mailto:nela.malatesti@biotech.uniri.hr)

**Vrijeme konzultacija:** Za vrijeme trajanja turnusne nastave konzultacije će se održavati svakodnevno prije i/li poslije nastave. Studentima se preporučuje svakako doći na konzultacije na dogovor o izradi seminarskog rada. Nakon završetka turnusne nastave konzultacije prema dogovoru. Konzultacije u uredu nastavnika (soba 208), dogovor putem e-pošte i telefonski.

### **Izvođači i nastavna opterećenja (suradnici, asistenti, tehničar/laborant):**

Prof. dr. sc. Nela Malatesti – 15 P i 14 S

Martina Mušković, mag.med.chem., asistentica – 1 S

**Obavezna literatura:**

1. I. Odak, I. Škorić, Organska fotokemija - Principi i primjena, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2017.
2. B. Wardle, Principles and Applications of Photochemistry, John Wiley and Sons Ltd., Chichester, 2009.
3. S. H. Pine, Organska kemija, Školska knjiga, Zagreb, 1994.
4. Ed. H. H. Tøonnesen, Photostability of drugs and drug formulation, CRC Press, Boca Raton, 2004.

**Preporučena dodatna literatura (izborna):**

1. M. B. Smith, J. March, March's advanced organic chemistry: reactions, mechanisms, and structure, John Wiley and Sons, INC, New York, 2001.
2. J. R. Lakowicz, Principles of fluorescence spectroscopy, Springer, Baltimore, 2006.
3. B. Valeur, Molecular fluorescence: principles and applications, Wiley-VCH, Weinheim, 2001.
4. M. J. Warren, A. G. Smith, Tetrapyrroles Birth, Life and Death, Landes Bioscience and Springer Science+Business Media, New York, 2009.
5. L. R. Milgrom, The Colours of Life, An Introduction to the Chemistry of Porphyrins and Related Compounds, Oxford University Press, Oxford, 1997.
6. Znanstvene publikacije dostupne preko Sveučilišnog pristupa Internetu.

**Opis predmeta (sažetak i ciljevi kolegija):**

*Ciljevi:* Stjecanje osnovnog znanja iz organske fotokemije i fotofizike, te iz područja primjene fotokemije u medicinskoj kemiji.

*Sažetak:* Na kolegiju se obrađuju osnove fotofizike i načela fotokemije. Izučavat će se slijedeći pojmovi i područja: Fizikalne osnove apsorpcije svjetla. Beer-Lambertov zakon. Dijagram Jablonskog. Fosforescencija. Fluorescencija i njene primjene u medicinskoj kemiji. Intramolekulski prijelazi pobuđenih stanja bez zračenja. Intermolekulski fizikalni procesi pobuđenih stanja (gašenje, ekscimeri, ekscipleksi, prijenosi energije i prijenos elektrona, FRET, PET). Fotokemija alkena, poliena i karbonilnih spojeva. Fotopericikličke reakcije, fotoadicijske reakcije, fotooksidacija. Fotostabilnost lijekova. Primjeri fototerapije u medicini. Fotodinamička terapija (porfirini, klorini) kao protutumorska i protumikrobna terapija.

*Opće kompetencije:* osnovno poznavanje principa fotokemije, komunikacijske vještine (oralne i pisane komunikacije), učenje novih vještina i procedura, rješavanje problema, otvorenost prema novim idejama i mogućnostima, korištenje informatičkih tehnologija, propitivanje vlastitog znanja, shvaćanje etičkih i socijalno-kulturoloških implikacija donesenih odluka, organizacija, planiranje i upravljanje vlastitim vremenom i mogućnostima, logičko razmišljanje i zaključivanje, kreativno razmišljanje, sposobnost analize.

*Specifične kompetencije:* Temeljno opće znanje u području fotokemije, sposobnost za primjenu znanja u praksi i za praćenje drugih (srodnih) kolegija, rješavanje problema, razumijevanje principa (principi fotofizike i fotokemije, prikazivanje mehanizama organskih reakcija u fotokemiji) i zaključivanje. Samostalni rad prilikom proučavanja literature i izrade seminarskog rada. Kritičko razmišljanje o sadržajima kolegija, komunikacijske vještine u postavljanju pitanja o sadržajima, predlaganje rješenja.

**Ishodi učenja:**

- Analizirati fotofizičke procese apsorpcije i prijelaza između osnovnih i pobuđenih stanja organskih molekula i njihove fotokemijske transformacije.
  - Povezati strukturna obilježja organskih molekula s njihovom apsorpcijom, luminiscencijom i fotokemijskim reakcijama te (mogućoj) primjeni.
  - Kritički prosuđivati o primjeni fotofizikalnih i fotokemijskih procesa u medicinskoj kemiji, prednostima i nedostacima pojedinih fototerapija, i korištenju fotokemijskih reakcija u organskoj sintezi.
1. Skicirati dijagram Jablonskog i objasniti fotofizičke procese apsorpcije i prijelaza između osnovnih i pobuđenih stanja.
  2. Opisati glavne karakteristike fluorescentnog spektra nekog organskog spoja i povezati ga s njegovim apsorpcijskim spektrom.
  3. Povezati određena strukturna obilježja s razlikama u kvantnom prinosu fluorescencije.
  4. Navesti i objasniti načine deaktivacije pobuđenih stanja pomoću druge molekule.
  5. Navesti primjere fotokemijskih reakcija alkena, poliena i karbonilnih spojeva te objasniti mehanizme ovih reakcija.
  6. Navesti najznačajnije fotokemijske transformacije spojeva i njihovih funkcionalnih skupina koje uvjetuju fotostabilnost lijekova.
  7. Nabrojati i opisati vrste fototerapija.
  8. Navesti glavne značajke fotodinamičke terapije (PDT) i objasniti ih pomoću dijagrama Jablonskog.
  9. Navesti najznačajnije fotosenzibilizatore i povezati njihovu PDT aktivnost sa strukturnim obilježjima.
  10. Navesti, opisati i usporediti izvore svjetla koji se koriste za fotokemijske reakcije u organskoj sintezi te one za izvođenje različitih vrsta fototerapija.

**Detaljni sadržaj kolegija (teme/naslovi predavanja, seminara i vježbi):****A. Predavanja**

**P1** (3 sata) Uvod u kolegij, kriteriji kolegija. Svjetlost - fizikalni principi; kvantna mehanika i građa molekula (molekulske orbitale). Izvori svjetlosti u fotokemiji. Kvantni prinos. Apsorpcija svjetlosti i elektronski-pobuđena stanja.

**P2** (3 sata) Fizikalni procesi deaktivacije pobuđenih stanja. Proces deaktivacije pobuđenih stanja uz zračenje. Intramolekulski prijelazi pobuđenih stanja bez zračenja. Intermolekulski fizikalni procesi pobuđenih stanja.

**P3** (3 sata) Međumolekulski prijenos energije bez zračenja. Fotoinducirani prijenos elektrona (PET). Kemijska svojstva pobuđenih stanja.

**P4** (3 sata) Fotokemija alkena i poliena. Fotopericikličke reakcije. Fotoadicija i fotooksidacija. Fotokemija karbonilnih spojeva (Norrish tip reakcije, apstrakcija vodika).

**P5** (3 sata) Fotostabilnost lijekova. Primjeri fototerapije u medicini. Fotodinamička terapija.

#### B. Seminari

**S1, S2 i S3** (po 1 sat) Ponavljanje gradiva prethodnog dana predavanja i kratke provjere znanja (kolokviji 1-3)

**S4, S5, S6 i S7** Vježbe iz fotokemijskih reakcija (pisanje mehanizama) i studenti obrađuju seminarske teme:

**S4** (1 sat) Primjene tehnika pojedinačnog brojenja fotona (eng. single photon counting) i laserske pulsne fotolize (LFP)

**S5** (3 sata) Bioluminiscencija i biofluorescencija; Fluorescentna mikroskopija i FLIM; Fluorescencija proteina (GFP); Djelovanje UV zračenja na DNK i mehanizmi popravka. Fluorescentno obilježavanje DNK; Aktivacija fluorescencije pomoću fotokromnih auktokroma; Primjene fotoizomerizacije azobenzena (molekularni prekidači).

**S6** (4 sata) Fotouklonjive zaštitne skupine; Fotoafinitetne skupine; Sintaza borovih kompleksa dipirometena i njihova primjena u medicinskoj kemiji; Korištenje solarne energije za sintezu u zelenoj kemiji; Supramolekulski fotokemija; Fotostabilnost lijekova; Kemijska aktinometrija; Fotokemijska internalizacija lijekova; Fotokemija ketoprofena.

**S7** (4 sata) Fotokemija antimalarika; Fotokemijsko nastajanje vitamina D; Fototoksičnost i fotoalergijske reakcije; Sredstva za zaštitu od sunca i štetnog djelovanja UV zračenja; Fotokemoterapija (PUVA) u liječenju psorijaze i vitiliga; Fotodinamička protutumorska i protumikrobna terapija (PDT, PACT). Upoznavanje s primjenom fluorescentnog spektrofotometra (u Laboratoriju organske kemije i kemije čvrstog stanja).

### Obaveze, način praćenja i vrednovanje studenata:

Obavezno je pohađanje nastave, prisustvovanje predavanjima i seminarima na kojima se očekuje i aktivno sudjelovanje studenata (vidjeti „Pohađanje nastave“ i koji su uvjeti za potpis). Na predavanjima, studenti/ce trebaju usvojiti osnovne principe fotokemije i fotofizike, te primjenu ovih principa u medicinskoj kemiji (u sintezi novih lijekova i izučavanju njihovih fotokemijskih transformacija), medicini (terapije koje uključuju primjenu svjetla) i pojedinim istraživanjima u biokemiji i molekularnoj biologiji. Nakon blokova predavanja, provest će se ponavljanje gradiva koje uključuje i kratke provjere znanja u obliku kolokvija (ukupno 3, studenti/ce se međusobno ocjenjuju). Nakon toga slijede seminarske prezentacije studenata. Prvi od kolokvija nosi 16 ocjenskih bodova, a drugi i treći po 12, te je ukupno moguće skupiti 40 bodova putem kolokvija (40% ukupne završne ocjene kolegija). Minimalno se treba skupiti 20 bodova putem kolokvija za prolaz. Ukoliko student/ica skupi manje od 20 bodova iz sva 3 kolokvija, može ponavljati polaganje samo jednog (onaj s lošijim rezultatom), i to samo do ostvarenja minimalnog broja bodova (ukupno 20 za kolokvije).

#### *Seminarski rad i prezentacija*

Svaki student treba napisati esej na jednu od ponuđenih seminarskih tema. Za pisanje rada treba koristiti pismo Verdana, veličine 11 i s proredom 1,5. Rad treba sadržavati približno 1500 riječi. Usmeno izlaganje treba trajati približno 15 minuta. Uz svaku temu, studenti će dobiti popis

obaveznih pojmova koje trebaju svojom prezentacijom obuhvatiti, a literaturu sami pretražuju prema uputama nastavnika.

Ocjena iz predmeta obuhvaća rezultate postignute iz kratkih provjera znanja nakon svakog bloka predavanja (ukupno 3 kratkih provjera znanja = kolokviji 1,2,3), izrade i prezentacije seminarskog rada te završnog ispita (prema tablici dolje).

Ukupan postotak uspješnosti studenta tijekom nastave čini 70%, a završni ispit 30% ocjene.

Za sve aktivnosti tijekom nastave (kolokviji, seminarski rad, završni ispit), student treba ostvariti minimalno 50% bodova:

Aktivnost	Ocjenski bodovi	
	Min.	Max.
<b>Kolokviji ukupno (3)</b>	<b>20</b>	<b>40</b>
<b>Seminarski rad ukupno</b>	<b>15</b>	<b>30</b>
- pisani dio	7,5	15
- usmena prezentacija	7,5	15
<b>Završni ispit (pismeni)</b>	<b>15</b>	<b>30</b>
<b>Sveukupno ocjenskih bodova</b>	<b>50</b>	<b>100</b>

### Ispitni rokovi:

1. ispitni rok (pismeni ispit) održat će se **14. veljače 2025. (O-268) od 8 – 10 sati**;
2. ispitni rok (pismeni ispit) održat će se **28. veljače 2025.** u prostoriji i vremenu prema dogovoru;
3. ispitni rok održat će se krajem srpnja prema dogovoru sa studentima;
4. ispitni rok održat će se u rujnu prema dogovoru sa studentima.

### Formiranje ocjene (prema Pravilniku o studijima Sveučilišta u Rijeci):

Studenti tijekom kontinuirane nastave mogu steći maksimalno 70% ocjenskih bodova, a na završnom ispitu 30%.  
Studenti koji su tijekom kontinuiranog dijela nastave ostvarili:

- od 0 do 34,9% ocjenskih bodova ne mogu pristupiti završnom ispitu, ocjenjuju se ocjenom F (neuspješan), ne mogu steći ECTS bodove i moraju ponovo upisati predmet
- više od 35% ocjenskih bodova mogu pristupiti završnom ispitu.
- Ispitni prag na završnom ispitu ne može biti manji od 50% uspješno riješenog ispita.

Prema postignutom ukupnom broju ocjenskih bodova dodjeljuju se sljedeće konačne ocjene:

Postotak usvojenog znanja i vještina	ECTS ocjena	Brojčana ocjena
90% do 100%	A	Izvrstan (5)
75% do 89,9%	B	Vrlo dobar (4)

60% do 74,9%	C	Dobar (3)
50% do 59,9%	D	Dovoljan (2)
0% do 49,9%	F	Nedovoljan (1)

Konačna ocjena je zbroj bodova ostvarenih tijekom nastave i bodova ostvarenih na završnom ispitu, a prolazne ocjene su izvrstan (5), vrlo dobar (4), dobar (3) i dovoljan (2).

### Raspored nastave (podložan izmjenama!):

Datum	Grupa	Vrijeme /h	Mjesto (oznaka učionice ili online*)	Broj sati nastave	Oblik nastave	Izvođač
03.02.2025.	svi	9:15-12	O-268	3	P1	Nela Malatesti
04.02.2025.	svi	9:15-12	O-268	3	P2	Nela Malatesti
05.02.2025.	svi	8:15-9	O-268	1	S1	Nela Malatesti
05.02.2025.	svi	9:15-12	O-268	3	P3	Nela Malatesti
06.02.2025.	svi	8:15-9	O-268	1	S2	Nela Malatesti
06.02.2025.	svi	9:15-12	O-268	3	P4	Nela Malatesti
07.02.2025.	svi	8:15-9	O-268	1	S3	Nela Malatesti
07.02.2025.	svi	9:15-12	O-268	3	P5	Nela Malatesti
10.02.2025.	svi	8:15-9	O-268	1	S4	Martina Mušković
10.02.2025.	svi	9:15-12	O-268	3	S5	Nela Malatesti
11.02.2025.	svi	8:30-12	O-268	4	S6	Nela Malatesti
12.02.2025.	svi	8:30-12	O-268	4	S7	Nela Malatesti
13.02.2025.		8:15-9:00	O-268		Popravlak kolokvija	Nela Malatesti
14.02.2025.	svi	8:00-10:00	O-268		Završni ispit	Nela Malatesti

\*za online način izvođenja nastave navesti platformu preko koje se odvija – platforme koje podržava Sveučilišta u Rijeci i CARNET su MS Teams, BigBlueButton i Merlin

## **Dodatne informacije:**

### **Akadska čestitost**

Studenti/ce su dužni poštovati načela akademske čestitosti te se upućuju na dokumente Sveučilišta u Rijeci: *Etički kodeks Sveučilišta u Rijeci* te *Etički kodeks za studente*.

Studenti/ce se također upućuju na samostalan rad prilikom izrade seminarskog rada i izvršavanja ostalih obaveza. Preporučuje se kolegijalnost i suradnja s ostalim studentima, primjerice u smislu zajedničkog učenja, diskusije i sl., ali korištenje tuđih rezultata kao vlastitih, u bilo kojem obliku, neće se tolerirati, kao ni „prepisivanje“ odgovora na kolokvijima i ispitima. Svakom studentu koji bude uhvaćen u prepisivanju ili korištenju nedozvoljenih sredstava (npr. mobitel tijekom ispita, „šalabahter“ i sl.) oduzet će se i poništiti pismeni rad, odnosno isti ocijeniti negativno (odnosi se na sve kolokvije i završni ispit!). Također, studenti/ce trebaju voditi računa da se svaki seminarski rad provjerava Turnitin antiplagijatskim softverom.

### **Pohadanje nastave**

Predavanja i seminari su **OBAVEZNI**, te studentu koji izostane sa više od 50% sati redovne nastave (predavanja i seminara), bit će uskraćen potpis, odnosno mora ponovo upisati kolegij. Isto tako, ako student/ica ne izradi seminar i/li ne prezentira usmeno svoj seminarski rad, mora ponovo upisati kolegij.

Evidencija prisustvovanja nastavi se vodi vlastoručnim potpisivanjem studenta tijekom nastave.

U slučaju opravdanog duljeg izostanka (potrebno je predočiti odgovarajući dokaz!), student/ica se može (i treba!) informirati kod nastavnika o mogućnosti i oblicima nadoknade.

### **Pismeni radovi**

Svi pismeni ispiti pišu se isključivo kemijskom olovkom. U slučaju pogreške, pogreška se zacrni i napiše se odgovor koji se smatra točnim. Treba pisati što urednije i čitkije. U slučaju da nastavnik ne može pročitati odgovor zbog neurednosti, odgovor se neće bodovati.

### **Upute za pisanje seminarskih radova**

- Seminarski rad treba napisati i predati u digitalnom obliku. Dovoljno je rad poslati elektronski na adresu nastavnika, a papirni oblik nije potreban.
- Seminarski rad je potrebno prezentirati usmeno i pri tom se može koristiti multimedijalna oprema (npr. PowerPoint), ali nije obavezno.
- Primjer pravilnog citiranja rada iz časopisa:  
R.G. de Noronha, A.C. Fernandes and C.C. Romão: MoO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> as a novel catalyst for Friedel–Crafts acylation and sulfonylation. *Tetrahedron Lett.* 2009, 50, 1407-1410.
- Za crtanje kemijskih strukturnih formula, postoje besplatne verzije programa (za nekomercijalnu, odnosno uporabu kod kuće u edukacijske svrhe) kao što su primjerice

ACD/ChemSketch Freeware koji se može „skinuti“ s web stranice:

<http://www.acdlabs.com/download/>

BIOVIA DRAW

<http://accelrys.com/products/collaborative-science/biovia-draw/draw-no-fee.php>

MarvinSketch

<https://www.chemaxon.com/products/marvin/marvinsketch/>

Izrada i prezentacija seminarskog rada je obavezna, te student/ica gubi pravo na potpis ukoliko ne preda završen seminarski rad, kao i ukoliko ga ne prezentira pred nastavnikom i ostalim studentima. Bez obzira na termin usmene prezentacije, svi studenti moraju predati svoj seminarski rad u pisanom obliku (elektronski) najkasnije do zadnjeg dana nastave jer tako ostvaruju pravo izlaska na završni ispit.

## **STUDENTSKA ANKETA**

Mole se svi studenti/ice da se odazovu vrednovanju kvalitete nastavnog rada nastavnika i suradnika kako bi se na temelju procjena i sugestija mogla unaprijediti nastava na ovom kolegiju. Vrednovanje nastave putem ISVU sustava provodi se aplikacijom „studomat“ na obrascu definiranom na razini Sveučilišta u Rijeci, a rezultati su anonimni. Više informacija o svim aspektima ovog procesa možete pronaći u Priručniku za kvalitetu studiranja Sveučilišta u Rijeci.