**Program doktorskih studija Biofotonika**

Predlagači: Institut za fiziku, Medicinski fakultet, Biološki fakultet, Fakultet za fizičku hemiju, IHTM, Fizički fakultet, Farmaceutski fakultet, Institut za biološka istraživanja Siniša Stanković, Institut za nuklearne nauke - Vinča, Elektrotehnički fakultet, Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju, Karolinska Institut (Švedska), Fakultet tehničkih nauka Univerzitet Novi Sad.

Predlog predmeta na studijskom programu doktorskih studija na Beogradskom univerzitetu

**Biofotonika**

Biofotonika je interdisciplinarna naučna oblast koja se bavi izučavanjem interakcija između elektromagnetnog zračenja i materije i razvijanjem optičkih metoda za proučavanje osobina živih sistema. Biofotonika objedinjuje tehnologije za stvaranje, manipulaciju i detekciju fotona, koje se tradicionalno razvijaju u okviru fizike, elektrotehnike i optoelektronike, i koristi prirodne procese kao što su apsorpcija, emisija i rasejanje svetlosti, koje se tradicionalno izučavaju u okviru fizičke hemije, kako bi se okaraketrisale fizičko-hemijske osobine živih sistema i utvrdile molekularne osnove bioloških procesa. Biofotonika se pre svega primenjuje u bio-medicinskim istraživanjima, medicinskoj dijagnostici, farmaciji i poljoprivredi, ali i u proizvodnji novih materijala koji imitiraju poželjne karakteristike živih bića.

Cilj programa doktorskih studija **Biofotonika** je da obrazuje novu generaciju stručnjaka koji svojim znanjem mogu da prevaziđu tradicionalno postojeće granice između fizike, hemije, biologije, farmacije, medicine i inženjerstva u cilju boljeg razumevanju fundamentalnih bioloških mehanizama koji su direktno značajni za zdravlje ljudi. Konkretno, cilj nam je da obrazujemo stručnjake koji primenjuju tehnike optičke mikroskopije i spektroskopije u biomediciniskim istraživanjima, medicinskoj dijagnostici i farmaciji, razvijaju nove tehnike optičke mikroskopije i spektroskopije i uređaje za ranu dijagnostiku bolesti i minimalno invazivnu terapiju.

Zbog interdisciplinarne prirode **Biofotonike** obrazovanje mladih stručnjaka ne može da se odvija u okviru pojedinačnih fakulteta i postojećih programa doktorskih studija, već zahteva tesnu saradnju između fakulteta i naučno-istraživačkih ustanova koja se efikasno može ostvariti u okviru Beogradskog Univerziteta.

Predmeti:

1. **Svetlost, laseri i interakcije svetlosti i materije** (Brana Jelenković)

**Priroda svetlosti i osnove interakcije svetlosti sa materijom**. Geometrijska optika, matrična optika, talasna optika, sa apsorpcijom i disperzijom. Polarizacija i prelamanje, anizotropna sredina, tečni kristali i optički elementi za polarizaciju svetlosti. Koherencija svetlosti. Konverzija frekvencije lasera. **Kvantna priroda materije.** Kvantna stanja atoma i molekula. Laser. Elektronska stanja molekula. Vibraciona stanja molekula. Apsorpcija, emisija i rasejanje elektromagnetnog zračenja. Elektronska apsorpciona i emisiona spektroskopija. Vibraciona spektroskopija. Spektroskopija hiralnih molekula. Kružni dihroizam. Luminescentna spektroskopija. Nelinearni optički procesi. Generisanje drugog i trećeg harmonika. Interakcija svetlosti sa ćelijama i tkivima**. Fotoelektrični efekat i detekcija fotona.** Fotomultiplikatorska cev, lavinska fotodioda, CCD kamera. Analiza signala.

Laboratorijske vežbe

1. **Optika u oftalmologiji** (Dragomir Stamenković)

Anatomija oka. Razvoj i psihologija vida. Oko kao optički sistem i formiranje lika. Fotometrija vida. Vizuelna percepcija. Akomodacija oka. Binokularni vid. Kolorni vid. Refrakcione anomalije oka. Optika za korekciju vida. Naočari i sočiva za naočare. Kontaktna sočiva. Oftalmohirurgija - refraktivna hirurgija. Katarakta i intraokularna sočiva. Slabovidost. Strabizam. Pomoć slabovidim osobama - LVA (Low Vision Aids). Optički i optoelektronski uređaji i sistemi u oftalmologiji.

1. **Optometrija** (Ivan Belča)

Osnovi geometrijske i fizičke optike- prosti optički sistemi. Anatomija i optika ljudskog oka. Binokularni vid. Refrakcione anomalije oka. Slabovidost. Optički merni uredjaji i sistemi u oftalmologiji. Optometrijske tehnike-merenje optičkih parametara ljudskog oka. Optika za korekciju vida, oftalmološka sočiva. Fotonika i oftalmohirurgija.

1. **Moleklarne osnove i strukturna organizacija živih organizama** (Ana Popović-Bijelić, Đorđe Fira, Aleksandra Korać, Pavle Andjus)

Biopolimeri: nukleotidi i polinukleotidi (DNK i RNK), aminokiseline i polipeptidni niz (peptidi i proteini), monosaharidi i polisaharidi (šećeri). Lipidi, micele i vezikule. Struktura ćelija. Ćelijski metabolizam i osnove bioenergetike. Molekularne osnove nasleđivanja. Struktura i funkcija proteina. Enzimi i kinetika bioloških reakcija. Lateralna organizacija proteina i lipida u biološkim membranama. Transport materije i prenos signala iz spoljašnje sredine. Komunikacija između ćelija. Vrste ćelija. Organizovanje ćelija u tkiva. Vrste tkiva i funkcije. Specifičnosti strukturne organizacije mikroorganizama.

1. **Projektovanje savreminih optičkih sistema u biomedicini** (Darko Vasiljević)

Osnovni pojmovi iz geometrijske optike. Talasne aberacije. Proračun aberacija. Hromatske aberacije. Spot dijagram. Funkcija rasipanja u tački (Point spread function). Difrakcija na kružnoj aperturi i uticaj aberacija na difrakciju. Rezolucija optičkih sistema. Optička prenosna funkcija. Aberacione tolerancije. Uvod u radiometriju i fotometriju. Atmosfera i prostiranje zračenja kroz atmosferu. Načini formiranja funkcije za ocenu. Klasične metode optimizacije optičkih sistema. Savremene metode optimizacije optičkih sistema. Projektovanje objektiva sa sočivima. Projektovanje objektiva sa ogledalima. Projektovanje okulara. Projektovanje sistema za prenos i/ili obrtanje lika. Projektovanje projekcionih sistema. Projektovanje sistema za skeniranje. Projektovanje različitih tipova endoskopa. Specifičnosti projektovanja infracrvenih optičkih sistema. Termovizijski sistemi.

1. **Савремене технике оптичке микроскoпије у биологији и медицини** (Aleksandar Krmpot, Pavle Andjus, Mihailo Rabasović, Aleksandra Korać)

Optički mikrosop. Difrakcija svetlosti i granica prostorne rezolucije optičke mikroskopije. Fazno kontrasni mikroskop. Fluorescentna mikroskopija. Rezolucija fluorescentne mikroskopije. Mikroskopske metode za dobijanje dvo i trodiemnzionalnih slika mikroobjekata. Konfokalna mikroskopija. Laseri u mikroskopiji. Nelinearna mikroskopija sa dvo-fotonski pobudjenom fluorescencijom i na drugom i trećem harmoniku. Zaobilaženje difrakcionog ograničenja. Stimulated Emission Depletion – STED mikroskopija. Stochastic Optical Reconstruction Microscopy – STORM i Photo Activated Localization Microscopy – PALM mikroskopija. Total Internal Reflection – TIRF mikroskopija. Coherent anti-Stokes Raman Spectroscopy – CARS mikroskopija. Holografska mikroskopija. Kvantitativne mikroskopske tehnike. Korelaciona mikroskopija. Fluorescence Lifetime Measurements – FLIM mikroskopija. Osnove fotopolimerizacije i mikromodelovanja tehnikom direktnog laserskog upisivanja. Oптичка кохерентна томографија (OCT). **Super-rezolucione mikroskopske tehnike:** Prostorna rezolucija optičke mikroskopije. Difrakcija svetlosti i granica prostorne rezolucije. Rezolucija fluorescentne mikroskopije. Zaobilaženje difrakcionog ograničenja. Super-rezoluciona fluorescentna mikroskopija: STED (Stimulated Emission Depletion), STORM (Stochastic Optical Reconstruction Microscopy), PALM (Photoactivated Localization Microscopy) i SIM (Structured Illumination Microscopy). Elektronska mikroskopija. Sprezanje fluorescentne mikroskopije s elektronskom transmisionom mikroskopijom (F-TEM). Atomska mikroskopija sila (AFM, Atomic Force Microscopy)Sprezanje fluorescentne mikroskopije s atomskom mikroskopijom sila (F-AFM).

1. **Funkcionalna fluorescentna mikroskopija** (Vladana Vukojević, Pavle Andjus)

Optičke osobine ćelija i tkiva. Interakcija svetlosti i biopolimera. Ograničenja klasične svetlosne mikroskopije. Primena fluorescencije, fluorescentne mikroskopije i fluorescentne spektroskopije u biologiji. **Fluorescentno obeležavanje i vizualizacija bioplimera u živim ćelijama:** Optičke probe – organske fluorofore, fluorescentni proteini i kvantne tačke. Fotoindukovane i fotokonvertivne fluorofore i fotoprekidački parovi. **Funkcionalna fluorescentna mikroskopija (fFMI, Functional Fluorescence Microscopy Imaging):** fluorescentno oslikavanje i kvantitativno određivanje koncentracije, transportnih svojstava, kinetike molekulskih reakcija i ravnotežnih konstanti vezivanja molekula u živim ćelijama tehnikama fluorescentne mikroskopije i spektroskopije. Fluorescentna laser skanirajuća mikroskopija (CLSM, Confocal Laser Scanning Microscopy). Specijalizovane tehnike fluorescentnog oslikavanja: Firsterov rezonantni prenos energije (Förster Resonance Energy Transfer, FRET); uspostavljanje fluorescencije nakon fotoizbeljivanja (Fluorescence Recovery After Photobleaching, FRAP); totalna unutrašnja refleksija (Total Internal Reflection Fluorescence, TIRF); oslikavanje poluvremena života fluorescencije (Fluorescence Lifetime Microscopy, FLIM). Fluorescentna korelaciona i kroskorelaciona spektroskopija (Fluorescence Correlation Spectroscopy, FCS i Fluorescence Cross-Correlation Spectroscopy, FCCS). **Prostorna rezolucija optičke mikroskopije.** Difrakcija svetlosti i granica prostorne rezolucije. Rezolucija fluorescentne mikroskopije. Zaobilaženje difrakcionog ograničenja. Super-rezoluciona fluorescentna mikroskopija: STED (Stimulated Emission Depletion), STORM (Stochastic Optical Reconstruction Microscopy), PALM (Photoactivated Localization Microscopy) i SIM (Structured Illumination Microscopy). **Vremenska rezolucija fluorescentnih mikroskopskih tehnika.**

Laboratorijske vežbe

1. **Primena biofotonike u biodijagnostičkim metodama** (Vlada Trajković, Ivanka Marković, Nevena Zogović)

Osnovi ćelijske biologije: organizacija ćelije; struktura i uloge ćelijskih organela; osnovi strukture,funkcije i transporta proteina u ćeliji; molekularni mehanizmi regulacije ćelijskih funkcija; ćelijski ciklus i njegova regulacija; molekularni medijatori smrti ćelije). Primena fluorescentnih tehnologija (fluorescentna mikroskopija, FACS, PCR i dr.) u analizi ćelijskih funkcija (ekspresija gena, nivo i funkcija proteina, redoks, bioelektrični i biohemijski status, ćelijska smrt).

Primena biofotonike u biologiji i medicini**:** Primena fluorofora (endogene i egzogene, organometalni kompleksi, IR fluorofore, neorganske nanočestice), fluroscentnih proteina i intravitalnih boja u biomedicini. Protočni citofluorimetar – FACS. Neinvanzivne slike organa i tumora.Endoskopija. Monitoring metabolizma u realnom vremenu (glukoza, protok 02). Fotodinamična terapija. (Osnovni principi. Fotosenzitizeri. Primena fotodinamične terapije. Mechanism photodinamics action. Light Irradiation for fotodinamičnu terapiju. Dvo-fotonska fotodinamična terapija.)

Primena biofotonike u medicinskoj dijagnostici: neinvanzivna dijagnostika, endoskopija.

Primena biofotonike u terapiji: fotodinamična i fototermalna terapija. (osnovni principi i primena.)

1. **Neinvаzivna biomedicinska dijagnostika** (Djordje Fira, Aleksandra Korać)

Пропагација светлости, фуријеова оптика, кохеренција. Фотометрија, дифракција, оптичка трансфер функција. Еластично и нееластично расејање светлости. Флуоресценција. Слике у турбидној средини. 3D слике. Томографке технике и медицински имагинг: нуклеарна магнетна резонанца (NMR), позитрон емисиона томографија (PET), томографија са x-зрацима (CT).

Laboratorijske vežbe

1. **Signali i sistemi u biomedicini** (Zoran Nikolić)

[za one sa fizike i tehnike] Визуелна перцепција. Операције са пикселима. Хистограми. Интервенције на контрасту. Конволуције и изводи. Детекција рубова у црно-белом и колор режиму. Филтеровања. Геометријско процесирање. Интерполације. Сабирање, одузимање, усредњавање и логичке операције. Патерновање, дитеровање, дифузија. Основе обраде сигнала. Фреквентни домен. Брза Фуријеова трансформација. Филтеровање у фреквентном домену. Сегментовање дигиталних **слика**. Операције са објектима. Компресија дигиталних **слика**. Приступ видео меморији. Фрејм бафер. Основе анализе кретања. Секвенце **слика** и рачун тока. Анализа кретања компактних тела и модифицибилних објеката.

Технике детекције и обраде сигнала. Лапласова трансформација, Фуријеова серија, конволуција и одговор линеарног система, фреквенти одговор (Боде дијаграм). Увод у комуникационе системе, мултиплексовање, амплитудна модулација и теорема узорака. Класификација система. Класификација сигнала. Репрезентације сигнала. Процес аквизиције синала. Теорија семпловања и аналогно-дигитална конверзија. Корелације. Конволуције. Филтеровања. Тригонометријски редови и брза Фуријеова трансформација. Спектрална анализа. Аутокорелација и кохеренција. Биомедицински системи. Анализе биомедицинских сигнала.

1. **Slike, analiza signala i slika** (Dragana Bajić)

[za biologe] Kurs je prilagođen predznanju polaznika. Strogi matematički dokazi su svedeni na rezonska tumačenja koja, uz niz primera i analogija, objašnjavaju fizičku suštinu posmatrane osobine signala ili operacije nad signalom.

Signal i digitalizacija: teorema o odmeravanju (uzorkovanju, semplovanju) i efekat preklapanja kao posledica neadekvatnog odmeravanja. Vremenski domen/prostorni domen. Histogrami i gustina raspodele. Transformacioni domeni: Furijeova transformacija, teorijska ograničenja, spektralna gustina snage i metode procene. Kratak prikaz vejvlet transformacije i empirijske modalne dekompozicije, prednosti i mane u odnosu na klasičnu spektralnu analizu.

Šumovi – uzroci i raspodele. Karakteristični šumovi (artefakti) u medicinskim slikama. Količina informacija i Šenonov kapacitet. Osnove eliminacije šumova filtriranjem – u osnovnom i u transformacionom domenu. Filtriranje u prostornom domenu: transformacije nivoa sivog, ekvalizacija histograma, NF maske, medijan filtriranje, usrednjavanje. Filtriranje u transformacionom domenu: NF (Butervortov i Gausov) i VF filtri. Minimizacija srednje kvadratne greške.

Detekcija tačaka, linija i ivica. Segmentacija prema određenoj karakteristici. Prepoznavanje oblika zasnovano na uparivanju – metoda minimalnih kvadrata i metoda korelacije i na statistilkim metodima - Bajesovog klasifikator.

Entropija i metode komprimovanja podataka, sa i bez oštećenja informacionog sadržaja (MP, JPEG, MPEG). Medicinski standardi (DICOM, PACS).

1. **Laserska mikromanipulacija u medicini i biologiji** (Dejan Raković)

Sile laserske svetlosti na neutralne čestice. Sila pritiska. Gradijentne sile lasera na atome. Princip pinceta pomoću lasera. Optičko trapovanje Gausovim i ne-Gausovim snopovima. Holografske optičke pincete. Primene: manipulacije sa DNK molekulima, molekularni motor, protein-protein interakcije. Laserke manipulacije u biologiji biljaka. Manipulacije u reproduktivnoj medicine. Interakcija ultrakratkih laserskih impulsa sa ćelijskom membranom. Hirurgija na nivou ćelije – nano(cell)surgery

Laboratorijske vežbe.

1. **Optičke strukture u prirodi i biomimetika** (Dejan Pantelić)

Mikro i nanostrukture u bioloskim sistemima. Mikro i nanostrukture insekata; Superhidrofobnost nanostrukturnih povrsina (na primeru bioloskih povrsina biljaka i insekata). Antirefleksione osobine nanostrukturnih povrsina (na primeru slozenog oka insekata). Opticke osobine slozenog oka insekata i mimetika slozenog oka. Fotonske strukture na krilima i oklopu insekata. Litografske tehnike generisanja mikro i nanostrukturnih slojeva i povrsina (direct laser writing, holografska litografija, e-beam litografija, kontaktno kopiranje, imprinting I embossing,...). Refleksiono oko

1. **Nanobiofotonika** (Zoran Jakšić)

Osnove elektromagnetske podtalasne optike. Gradivni blokovi za nanofotoniku: nanočestice, kvantno konfinirani materijali, nanokompoziti. 1D, 2D i 3D fotonski kristali. Površinski plazmoni polaritoni (SPP) i nanoplazmonika, lokalizovani i propagirajući SPP. Podtalasni plazmonski kristali i metamaterijali. Rezonantne nanoantene. Matrice nanoapertura sa prekomernom optičkom transmisijom (EOT). Transformaciona optika, superkoncentratori, superapsorberi, hipersočiva. Adijabatsko nanofokusiranje optičke energije. Nanofotonski i nanoplazmonski biosenzori; konvencionalni SPR senzori, EOT, metamaterijalni senzori, SERS spektroskopija, senzori sa nanoantenama; detekcija pojedinačnih molekula, fluorofori, selektivnost senzora i ligandi, mikro/nanofluidika za nanobiofotoniku. Karakterizacija metodama bliskog optičkog polja. Fotobiologija – interakcija sa tkivom, fotokataliza, fotosinteza, nanofotonika za ciljanu fototermalnu terapiju tumora, Optička pinceta i manipulacija biološkim česticama. Formiranje mikrolikova u biološkom materijalu. Nanofotonika za mikronizove u genomici i proteomici.

1. **Integrisani i fiber optički biosenzori** (Ljupčo Hadzievski, Jovana Petrović)

Zaokret ka biosenzorima na bazi integrisane i fiber optike, kontekst, motivacija, tehnologija, aktuelne primene, perspektive; Vrste mernih sistema: merenja snage, faze, spektroskopija, merenja u realnom vremenu (pumpa-proba). **Komponente optičkih mernih sistema:** Pregled mernih šema; Izvori: monohromatski laseri, impulsni laseri, laseri u optičkim vlaknima, izvori bele svetlosti. Detektori: merači snage i faze, spektrometeri; Biosenzori: princip rada (evanescentni, plazmonični, sa mikrokanalima, sa rešetkama…), konfiguracije (lab-on-chip i fiber-optički), funkcionalizacija senzora. **Biosenzori i njihove primene:** Fiber-optički senzori sa rešetkama; Senzori na bazi evanescentnih polja i plazmona; Senzori sa mikrokanalima; Interferometri. **Teraherzna spektroskopija:** Generacija i detekcija THz zračenja; THz spektroskopija bioloških uzoraka u vremenskom domenu; Daljinski senzori (remote sensing). **Merenja brzih biohemijskih procesa u realnom vremenu:** Laseri sa ultra-kratkim impulsima; Merenja biohemijskih reakcija metodom pumpa-proba. **Trendovi i budući razvoj optičkih biosenzora.**

1. **Samoorganizacija i matematičko modeliranje nelinearnih dinamičkih procesa** (Ljiljana Kolar-Anić i Željko Čupić)

Nelinearni sistemi sa povratnom spregom u stanjima daleko od termodinamičke ravnoteže. Samoorganizacija. Dinamička stanja i strukture u zatvorenim i otvorenim sistemima. Periodična evolucija i nastajanje determinističkog haosa. Metode za analizu dinamičkih stanja. Bifurkacije. Fazni dijagram. Poenkarov presek. Povratne mape. Ljapunovljevi eksponenti. Spektar snage. Primeri samoorganizacije u fizici, hemiji, fizičkoj hemiji, biološkim i ekološkim sistemima, kao i materijalima. Optičke metode za karaketrizaciju dinamičkih stanja složenih hemijskih i biohemijskih sistema. Modeliranje i predviđanje dinamičkih stanja složenih reakcionih sistema. Analiza stehiometrijskih mreža. Numerička simulacija dinamičkih stanja posmatranih procesa.

1. **Biofotonka u farmaciji** (Vesna Kuntić)

Pojam leka i proleka. Receptorski/ćelijski/molekulski nivo mehanizama dejstva lekova. Ciljna mesta delovanja lekova. Receptori. Afinitet. Efikasnost. Agonisti, inverzni agonisti, antagonisti. Kompetitivni, nekompetitivni i ireverzibilni antagonizam. Analiza strukture i dejstva leka, SAR (Structure-Activity Relationship) i QSAR (Quantitative Structure-Activity Relationship) studije. Farmakokinetički procesi, ADME (Absorption, Distribution, Metabolism, Elimination) procesi. Spektroskopske i mikroskopske tehnike u identifikaciji lekova, praćenju njihove bioraspoloživosti i kvantitativnoj analizi. Fotodinamička terapija, fotosenzitivni lekovi, fotosenzibilizatori. Primena u kozmetologiji, terapiji kožnih bolesti, bolesti oka i onkologiji. Farmaceutski oblici lekova. Savremeni farmaceutski oblici/terapijski sistemi sa ciljnim oslobađanjem lekovite supstance. Koloidni nosači lekovitih supstanci: liposomi, nanočestice, nanoemulzije i mikroemulzije – karakteristike i primena. Optičke metode u karakterizaciji nosača lekovitih substanci: fluorescentna korelaciona spektroskopija, FT-infracrvena spektroskopija, polarizaciona mikroskopija.

1. **Biofotonika u medicinskoj mikrobiologiji i laboratorijskoj dijagnostici infektivnih bolesti** (Maja Stanojević)

Medicinska mikrobiologija – osnove, vrste mikroorganizama i patogena (virusi, bakterije, protozoe, paraziti, gljivice); Specifičnosti strukturne organizacije mikroorganizama; Bioluminiscencija, fotogeni i hromogeni mikroorganizmi; Patogenost i virulencija; Načini detekcije i karakterizacije mikroorganizama i patogena; Reakcija lančane polimerizacije u laboratorijskoj dijagnostici infektivnih bolesti (PCR, RT-PCR, RTQ-PCR); Tehnike DNK sekvenciranja prve, druge i treće generacije u laboratorijskoj dijagnostici i praćenju infektivnih bolesti; Infracrvena i Ramanska spektroskopija u detekciji i karakterizaciji mikroorganizama; sanitarna mikrobiologija (detekcija patogena u namirnicama i okolini).

1. **Fotohemija biomakromolekula** (Jasmina Dimitrić Marković)

Uvod u fotohemiju. Fotohemijska aktivacija. Fotofizički neradijacioni prelazi, klasično i talasno-mehaničko tumačenje. Tipovi neradijacionih prelaza, korelacija brzine i efikasnosti neradijacionih prelaza sa strukturom molekula. Fotofizički radijacioni prelazi, tipovi fluorescentne emisije, fosforescencija, faktori uticaja, kvantni prinosi. Intermolekulski i intramolekulski fotofizički prenos elektronske energije, mehanizmi, tipovi prenosa energije. Fotohemija važnih biomolekula. Hlorofil, struktura i osnovne spektralne karakteristike, fluorescentni i ne-fluorescentni strukturni oblici Chl u uslovima in vivo. Zakasnela fluorescencija hlorofila. Fluorescencija proteina, opšte karakteristike i veza sa strukturom molekula. Depolarizacija fluorescencije proteina, metode depolarizacije fluorescencije, strukturna ispitivanja proteina korišćenjem metode depolarizacije fluorescencije. Tirozin i triptofan, struktura, osnovne karakteristike fluorescencije, korišćenje fluorescencije tirozina i triptofana u strukturnoj analizi proteina. Prenos energije u proteinima. Fluorescentni proteini. Fotoindukovane i fotokonvertivne fluorofore, fotoprekidački parovi. Fluorescentno obelezavanje DNK.