

Kolegij: Biokemija

Voditelj: doc. dr. sc. Marinić Jelena

Katedra: Zavod za medicinsku kemiju, biokemiju i kliničku kemiju

Studij: Prijediplomski sveučilišni studij Sanitarno inženjerstvo

Godina studija: 2. godina

Akadska godina: 2023./2024.

IZVEDBENI NASTAVNI PLAN

Podaci o kolegiju (kratak opis kolegija, opće upute, gdje se i u kojem obliku organizira nastava, potreban pribor, upute o pohađanju i pripremi za nastavu, obveze studenata i sl.):

Kolegij *Biokemija* je obvezni predmet na drugoj godini redovnog Prijediplomskog sveučilišnog studija Sanitarno inženjerstvo koji se održava u četvrtom semestru, a sastoji se od 30 sati predavanja, 30 sati seminara i 15 sati vježbi, odnosno ukupno 75 nastavnih sati (**7 ECTS**). Nastava kolegija izvodi se u predavaonicama Medicinskog fakulteta te u praktikumu Zavoda za medicinsku kemiju, kliničku kemiju i biokemiju Medicinskog fakulteta.

Cilj nastave iz predmeta *Biokemija* je usvajanje znanja o staničnim sastojcima i s njima povezanim kemijskim reakcijama, zajedničkim biološkim procesima u svim organizmima. Studenti se upoznaju s građom bioloških molekula, mehanizmima kojim obavljaju svoju fiziološku ulogu u stanicama, njihovim kemijskim pretvorbama pri procesima pridobivanja energije i korištenja te energije u sintezi makromolekula vlastitog organizma kao i s usklađivanjem tih metaboličkih tokova kako bi se na najpovoljniji način zadovoljile potrebe organizma. Temeljito shvaćanje ovih načela podupire razumijevanje fizioloških sustava i uloge čimbenika okoliša, prvenstveno hranjivih sastojaka i toksičnih tvari, u kemiji živih organizama što bi trebalo omogućiti studentima korištenje primjerenih postupaka u segmentima očuvanja i unaprijeđenja zdravlja pojedinca i šire zajednice kao i u mnogim aspektima održivosti.

Sadržaj predmeta je sljedeći:

- 01. Struktura i uloga proteina i enzima.**
- 02. Prijenos i pohranjivanje energije.** Bioenergetika. Metabolizam ugljikohidrata i lipida.
- 03. Metabolizam dušika.** Metabolizam aminokiselina. Metabolizam nukleotida.
- 04. Struktura, funkcija i replikacija informacijskih makromolekula.**
- 05. Biokemija izvanstanične i unutarstanične komunikacije.**
- 06. Integracija i regulacija metabolizma.** U potpoglavljima Metabolizam ugljikohidrata i Metabolizam lipida razrađuju se aspekti regulacije pojedinih metaboličkih putova.
- 07. Odabrana poglavlja.** Metabolizam ksenobiotika.

ISHODI UČENJA ZA PREDMET:

I. KOGNITIVNA DOMENA – ZNANJE

1. Klasificirati biološki važne molekule te povezati njihovu građu s kemijskim reakcijama i promjenama u procesu metabolizma.
2. Opisati pojedinosti reakcija biosinteze biološki važnih makromolekula te njihovu ulogu u izgradnji složenih molekulskih struktura organizma.
3. Opisati pojedinosti reakcija u kojima se stvara i troši energija i usporediti energijsku bilancu anaboličkih i kataboličkih reakcija proteina, ugljikohidrata i masti.
4. Integrirati metaboličku sudbinu određenog sastojka hrane od njegove probave i apsorpcije do potpune razgradnje ili pretvorbe u neki međuprodukt metabolizma.
5. Objasniti mehanizme regulacije metaboličkih procesa te ulogu hormona u integraciji metabolizma proteina, ugljikohidrata i masti.
6. Interpretirati biokemijsku pozadinu poremećaja uzrokovanih pogreškama u strukturi molekula, biokemijskim reakcijama ili biokemijskim procesima.

II. PSIHOMOTORIČKA DOMENA – VJEŠTINE

1. Samostalno izvesti kvalitativne metode kemijske analize za dokazivanje patološki ili normalno prisutnih sastojaka u biološkim tekućinama ili jednostavnim otopinama.
2. Samostalno izvesti kvantitativne metode kemijske analize za određivanje pokazatelja lipidnog statusa, glikemijskog statusa, aktivnosti enzima te neproteinskih dušikovih spojeva u biološkim tekućinama ili jednostavnim otopinama.
3. Uz nadzor voditelja izvesti laboratorijske tehnike (spektrofotometrija, centrifugiranje).
4. Uočiti određenu kemijsku promjenu te je povezati s odgovarajućim fiziološkim ili patofiziološkim procesom.
5. Izračunati i prikazati rezultate kvantitativne analize te primijeniti teoretsko znanje u interpretaciji rezultata.
6. Pripremiti i sigurno baratati s uzorcima za analizu.

Izvođenje nastave:

Razvijanje općih i specifičnih kompetencija

Nastava se izvodi u obliku predavanja, seminara i vježbi. Na predavanjima razvijaju se spoznaje o odnosu građe, fizikalnih i kemijskih svojstava, interakcijama među molekulama i kemijskim promjenama što se onda primjenjuje na biomolekule i metaboličke pretvorbe u organizmu. Student/studentica (dalje u tekstu: student) na seminarima organizira informacije i znanja stečena na predavanjima, stvara, analizira i povezuje nova znanja s prethodnim znanjima, razvija komunikacijske, logičke i kvantitativne vještine rasuđivanja, pristup u rješavanju računskih/problemskih zadataka. Na vježbama student stječe vještine eksperimentalnog rada, usvaja i primjenjuje teorijske osnove, osnovne laboratorijske tehnike i vještine rada. Razvija se sposobnost kreativnog i kritičkog razmišljanja pri izvođenju zaključaka na temelju podataka dobivenih analizom, vještine komunikacije, osjećaj za etičnost i odgovornost prilikom interpretacije rezultata analize, radne navike i odnos prema radu.

Pristup učenju i poučavanju

Predavanja i seminari izvode se uz aktivno sudjelovanje studenta u raspravi na zadanu temu i rješavanju zadataka temeljem pročitane literature i sadržaja iznesenih na prethodnim satima. Neke od računskih i problemskih zadataka student će rješavati izvan nastave, a na seminarima će se zadaci zajednički raspraviti. Praktična nastava namijenjena je pružanju iskustva u planiranju i dizajniranju pokusa i tumačenju podataka. Vježbe se izvode praktično i samostalno u laboratoriju uz nadzor nastavnika, a rezultati se zajednički raspravljaju.

Nastavnik ocjenjuje sudjelovanje studenta u seminarskoj i vježbovnoj nastavi (iskazano znanje, razumijevanje, sposobnost postavljanja problema, zaključivanje, točnost rezultata, formalan, jezičan i sadržajan smisao pisanih radova). Prije formativnog vrednovanja, na satovima ponavljanja gradiva raspravlja se o stečenom znanju s drugim studentima i nastavnikom, a kroz zadane uratke student samostalno utvrđuje obrađeno gradivo i rješava eventualne nejasnoće. Kontinuiranom provjerom zaokruženih cjelina gradiva procjenjuje se redovitost u praćenju i savladavanju prethodno obrađenog gradiva i priprema se za završnu provjeru znanja.

Pisanjem dnevnika učenja studenti se potiču na samostalno učenje kojim preuzimaju osobnu odgovornost za učenje.

Popis obvezne ispitne literature:

1. R. K. Murray sur: HARPEROVA ILUSTRIRANA BIOKEMIJA. Prijevod 28. izdanja. Stručne urednice prijevoda J. Lovrić i J. Sertić. Medicinska naklada, 2011, Zagreb.
2. Č. Milin i sur: PRIRUČNIK ZA SEMINARE I VJEŽBE IZ BIOKEMIJE ZA STUDENTE PREDDIPLOMSKOG STUDIJA SANITARNOG INŽENJERSTVA. Medicinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Zavod za kemiju i biokemiju, 2011, Rijeka.
3. Nastavni materijali dostupni u sustavu za e-učenje Merlin

Popis dopunske literature:

1. Stryer, L. BIOKEMIJA, Školska knjiga, Zagreb, 2012.
2. Stryer, L. BIOKEMIJA, Školska knjiga, Zagreb, 1991.

Nastavni plan:

Popis predavanja (s naslovima i pojašnjenjem):

Predavanje 1 Uvod u kolegij.

Sadržaj predavanja:

Nastavni plan kolegija.

Ishodi učenja:

Prepoznati sadržaj i cilj kolegija te obveze na kolegiju. Osvijestiti pristup učenju. Prepoznati povezanost biokemije sa temeljnim prirodnim i medicinskim znanosti integriranih u područje sanitarne djelatnosti.

Predavanje 2 Proteinogene aminokiseline.

Sadržaj predavanja:

Opća svojstva i reakcije aminokiselina. Podjela aminokiselina.

Ishodi učenja:

Klasificirati proteinogene aminokiseline te izložiti njihovu kemijsku građu, optičku aktivnost, disocijaciju i reaktivnost. Razlikovati esencijalne i neesencijalne aminokiseline. Definirati i koristiti pojmove pH, pKa i izolektrični pH za predviđanje stanja ionizacije aminokiselina ili peptida i fizičkih svojstava molekule.

Predavanje 3 Trodimenzijska struktura proteina.

Sadržaj predavanja:

Vlaknasti proteini. Globularni proteini.

Ishodi učenja:

Razlikovati strukturu globularnih i fibrilarnih proteina i povezati ih s njihovom funkcijom. Na primjeru kolagena opisati elemente izgradnje strukture vlaknastih proteina. Objasniti biokemijsku osnovu skorbuta. Koristeći mioglobin i porine kao primjere, izložiti i razlikovati značajke tercijarne strukture globularnih proteina topljivih u vodi i transmembranskih proteina.

Predavanje 4 Odnos strukture i funkcije: mioglobin i hemoglobin.

Sadržaj predavanja:

Struktura mioglobina i hemoglobina. Mehanizam vezanja kisika. Alosterički efekt. Anemija srpastih stanica.

Ishodi učenja:

Rastumačiti funkciju hema u mioglobinu i hemoglobinu. Objasniti građu i funkcionalne razlike između hemoglobina i mioglobina s osvrtom na kooperativnost, Bohrov-činak i učinak 2,3-bisfosfoglicerata. Objasniti biokemijsku osnovu anemije srpastih stanica.

Predavanje 5 Mehanizam djelovanja enzima.

Sadržaj predavanja:

Mehanizam enzimске katalize.

Ishodi učenja:

Definirati prijelazno stanje i slobodnu energiju aktivacije te opisati učinak enzima na energiju aktivacije. Opisati nastanak kompleksa enzim-supstrat (ES) i raspraviti njegova svojstva. Sažeti ključne značajke aktivnih mjesta enzima i povezati ih sa specifičnošću prema supstratu. Sažeti osnovne načine katalize.

Predavanje 6 Kinetika enzimske reakcije.

Sadržaj predavanja:

Kinetika enzimske reakcije. Alosterički enzimi. Ireverzibilna i reverzibilna inhibicija.

Ishodi učenja:

Objasni i primjerom i grafičkim prikazom potkrijepiti faktore enzimske aktivnosti. Skicirati Michaelis-Menteničin dijagram i rastumačiti utjecaj koncentracije supstrata na brzinu reakcije. Definirati v_{max} i K_M i objasniti kako se ovi parametri mogu dobiti iz Lineweaver-Burkova dijagrama. Pojasniti značenje afiniteta prema supstratu i prometnog broja enzima. Usporediti kinetiku alosteričkih enzima s onima koji slijede Michaelis-Menteničinu kinetiku. Opisati molekulsku osnovu alosterije.

Usporediti ireverzibilne i reverzibilne inhibitore i navesti primjere svake inhibicije. Opisati učinke kompetitivnih i nekompetitivnih inhibitora na kinetiku enzimske reakcije. Primijeniti kinetička mjerenja i analizu za određivanje prirode inhibitora.

Predavanje 7 Probava i apsorpcija ugljikohidrata. Metabolički putevi ugljikohidrata.

Sadržaj predavanja:

Probava i apsorpcija ugljikohidrata.

Ishodi učenja:

Objasniti hidrolitičku razgradnju ugljikohidrata s osvrtom na specifične enzime, mjesto njihova djelovanja u probavnom sustavu te specifičnost djelovanja. Objasniti biokemijsku osnovu intolerancije laktoze. Objasniti ulazak glukoze u stanicu te navesti metaboličke puteve glukoze.

Predavanje 8 Glikoliza.

Sadržaj predavanja:

Glikoliza: pojedine reakcije i stehiometrija. Sudbina piruvata u anaerobnim uvjetima.

Ishodi učenja:

Opisati fiziološki značaj glikolize, staničnu i tkivnu lokalizaciju. Prikazati i izložiti tijek glikolize s osvrtom na vrstu reakcije, supstrate, kosupstrate, produkte i enzime. Protumačiti kinetička obilježja glukokinaze i heksokinaze i njihov značaj u regulaciji koncentracije glukoze u krvi. Izložiti koncept fosforilacije na razini supstrata. Izračunati energetske bilancu i izložiti stehiometriju glikolize. Izračunati energetske bilancu stvaranja ATP pri anaerobnoj glikolizi.

Predavanje 9 Glukoneogeneza.

Sadržaj predavanja:

Glukoneogeneza: pojedine reakcije i stehiometrija. Ulazak supstrata u glukoneogenezu. Corijev ciklus.

Ishodi učenja:

Opisati fiziološki značaj glukoneogeneze, staničnu i tkivnu lokalizaciju. Identificirati enzimske razlike glikolize i glukoneogeneze. Izračunati i energetske bilancu i izložiti stehiometriju glukoneogeneze. Objasniti biološku ulogu biotina. Imenovati preteče glukoneogeneze, raspraviti fiziološke uvjete njihovog korištenja te opisati i reakcijama prikazati njihov ulazak u glukoneogenezu. Opisati Corijev ciklus i njegovu vezu s glukoneogenezom.

Predavanje 10 Regulacija glukoneogeneze.

Sadržaj predavanja:

Regulacija glukoneogeneze

Ishodi učenja:

Navesti kontrolna mjesta glukoneogeneze te opisati mehanizme za regulaciju brzine tog puta. Usporediti i protumačiti regulaciju glukoneogeneze i glikolize i identificirati uvjete u kojima je pojedini metabolički put aktivan. Protumačiti usklađenost glikolize i glukoneogeneze između mišića i jetre.

Predavanje 11 Oksidacijska dekarboksilacija piruvata.

Sadržaj predavanja:

Multienzimski kompleks piruvat-dehidrogenaza.

Ishodi učenja:

Prikazati i pojasniti sumarnu jednadžbu reakcije oksidacijske dekarboksilacije piruvata, s osvrtom na supstrate, kosupstrate, produkte reakcije te multienzimski kompleks koji katalizira reakciju i staničnu organelu u kojoj je lociran. Izložiti (ne) mogućnost nastanka piruvat iz acetyl-CoA. Objasniti biološku ulogu tiamina, pantotenske kiseline, riboflavina i niacina.

Predavanje 12 Ciklus limunske kiseline.

Sadržaj predavanja:

Ciklus limunske kiseline: pojedine reakcije, stehiometrija i regulacija. Ciklus limunske kiseline kao okretište metabolizma.

Ishodi učenja:

Objasniti metabolički put nastanka acetyl-CoA iz proteina, ugljikohidrata i triacilglicerola. Navesti osnovnu ulogu, staničnu lokalizaciju i uvjete u kojima je ciklus aktivan. Opisati slijed reakcija oksidacije acetylne jedinice u ciklusu limunske kiseline. Izložiti stehiometriju i bilancu stvaranja ATP pri oksidaciji jednog mola acetyl-CoA. Navesti međuprodukte preko kojih je ciklus povezan s metabolizmom proteina i lipida. Protumačiti amfibioličku prirodu ciklusa. Demonstrirati na primjeru i protumačiti značaj anaplerotskih reakcija.

Predavanje 13 Redoks sustavi i biološke oksidacije.

Sadržaj predavanja:

Oksidacijsko-redukcijske reakcije i standardni redukcijski potencijali. Organizacija respiracijskog lanca.

Ishodi učenja:

Komentirati značaj i navesti osnovne tipove oksidacijsko-redukcijskih reakcija u biološkim sustavima. Protumačiti pojam standardnog redukcijskog potencijala i navesti biološki značajne redoks sustave. Protumačiti pojam oksidacijske fosforilacije. Opisati lokalizaciju respiracijskog lanca, nabrojiti enzimske komplekse respiracijskog lanca i izložiti njihovu građu.

Predavanje 14 Respiracijski lanac.

Sadržaj predavanja:

Energetika i princip respiratornog lanca. Reaktivni oblici kisika.

Ishodi učenja:

Opisati tijek elektrona kroz pojedine komplekse respiracijskog lanca, prijenos protona između unutrašnjeg i vanjskog prostora mitohondrija i mehanizam sinteze ATP. Objasniti energetski učinak respiracijskog lanca i njegovu regulaciju. Izložiti i primjerima ilustrirati posljedice inhibicije oksidacijske fosforilacije. Objasniti posljedice nepotpune redukcije kisika.

Predavanje 15 Probava i mobilizacija neutralnih masti.

Sadržaj predavanja:

Podjela i uloga lipida. Probava i apsorpcija triacilglicerola. Prijenos egzogenih lipida. Lipoliza.

Ishodi učenja:

Klasificirati lipide. Prikazati i izložiti strukturu te opisati izvore i fiziološku ulogu triacilglicerola. Opisati proces hidrolitičke razgradnje triacilglicerola u probavnom sustavu i njihovu apsorpciju. Opisati prijenos egzogenih lipida u krvotoku. Izložiti hidrolizu triacilglicerola u adipoznom tkivu.

Predavanje 16 β -oksidacija masnih kiselina.

Sadržaj predavanja:

Razgradnja zasićenih masnih kiselina.

Ishodi učenja:

Navesti izvore i ulogu masnih kiselina u organizmu i njihovu metaboličku sudbinu. Objasniti pojedine korake razgradnje zasićenih masnih kiselina. Protumačiti ulogu karnitina u razgradnji. Izračunati energetsku bilancu i izložiti stehiometriju razgradnje zasićenih masnih kiselina.

Predavanje 17 Ketogeneza i ketoliza.

Sadržaj predavanja:

Sinteza i iskorištavanje ketonskih tijela.

Ishodi učenja:

Izložiti biosintezu ketonskih tijela i iskorištavanje u ekstrahepatičkim tkivima, fiziološke uvjete njihova stvaranja te posljedice nastanka.

Predavanje 18 Biosinteza zasićenih masnih kiselina *de novo*.

Sadržaj predavanja:

Biosinteza zasićenih masnih kiselina. Regulacija biosinteze i razgradnje zasićenih masnih kiselina.

Ishodi učenja:

Navesti preteče i njihove izvore u biosintezi masnih kiselina. Izložiti pojedine korake u biosintezi masnih kiselina. Izračunati energetsku bilancu i izložiti stehiometriju sinteze zasićenih masnih kiselina. Usporediti biosintezu i razgradnju masnih kiselina, navesti kontrolna mjesta i suprotstaviti mehanizme za regulaciju tih procesa.

Predavanje 19 Biosinteza i prijenos neutralnih masti.

Sadržaj predavanja:

Biosinteza triacilglicerola. Prijenos endogenih triacilglicerola. Gliceroneogeneza.

Ishodi učenja:

Izložiti biosintezu triacilglicerola i osobitosti te sinteze u jetri i masnom tkivu. Opisati prijenos endogenih triacilglicerola u krvotoku. Definirati i objasniti metaboličku ulogu gliceroneogeneze.

Predavanje 20 Metabolizam kolesterola.

Sadržaj predavanja:

Izoprenoidni lipidi. Sinteza, prijenos i izlučivanje kolesterola.

Ishodi učenja:

Klasificirati izoprenoidne lipide i navesti biološki važne predstavnike. Opisati građu kolesterola i njegovu biološku ulogu. Izložiti biosintezu kolesterola *de novo* i objasniti regulaciju. Opisati prijenos kolesterola u ekstrahepatička tkiva i objasniti načine kojima se regulira njegova koncentracija na staničnoj razini. Sažeti proces razgradnje i izlučivanja kolesterola. Protumačiti biokemijsku podlogu farmakološke primjene statina.

Predavanje 21 Razgradnja proteina. Metabolizam aminokiselina.

Sadržaj predavanja:

Razgradnja proteina iz hrane i staničnih proteina. Pregled metabolizma aminokiselina. Dekarboksilacija aminokiselina.

Ishodi učenja:

Klasificirati proteolitičke enzime. Navesti proteaze u procesu probave, svrstati ih prema specifičnosti djelovanja te protumačiti način njihove aktivacije. Opisati proces probave proteina i apsorpciju

aminokiselina. Opisati proces izmjene proteina i ulogu ubikvitina u razgradnji proteina. Navesti osnovne putove enzimske razgradnje aminokiselina i objasniti ulogu vitamina B6 u tim procesima. Objasniti ulogu reakcija dekarboksilacije u metabolizmu aminokiselina. Izložiti biosintezu i fiziološku ulogu histamina, adrenalina i noradrenalina, serotonina i melatonina. Objasniti sintezu, ulogu i razgradnju kreatina. Opisati biosintezu i izlučivanje hormona štitnjače (T3 i T4).

Predavanje 22 Katabolizam dušika amino-skupine aminokiselina.

Sadržaj predavanja:

Transaminacija. Deaminacija. Deamidiranje. Prijenos amonijaka iz ekstrahepatičkih tkiva.

Ishodi učenja:

Izložiti metaboličku sudbinu amino-skupine i ugljikova kostura aminokiselina. Definirati i protumačiti metaboličku sudbinu glukogenih i ketogenih aminokiselina. Opisati reakcije transaminacije, oksidativne i neoksidativne deaminacije te deamidiranja. Protumačiti značaj transaminacije u metabolizmu ugljikohidrata. Opisati glukoza-alaninski ciklus i njegovu vezu s glukoneogenezom. Objasniti dijagnostički značaj ALT i AST, GLDH. Ilustrirati ulogu aminotransferaza, glutamat-dehidrogenaze i glutaminaze u metabolizmu dušika. Ilustrirati središnju ulogu glutamata, glutamina i alanina u prijenosu dušika iz ekstrahepatičkih tkiva u jetru.

Predavanje 23 Ciklus uree.

Sadržaj predavanja:

Pojedine reakcije ciklusa uree. Regulacija ciklusa uree.

Ishodi učenja:

Objasniti ulazak amonijaka u ciklus uree. Protumačiti slijed reakcija u ciklusu uree i navesti subcelularnu lokalizaciju pojedinih enzima. Izložiti utrošak ATP pri biosintezi uree i ukazati na anaplerotsku ulogu fumarata. Objasniti kratkoročnu i dugoročnu regulaciju ciklusa uree. Protumačiti metaboličke posljedice nedostatka enzima ciklusa uree.

Predavanje 24 Struktura i funkcija nukleinskih kiselina. Replikacija.

Sadržaj predavanja:

Nukleinske kiseline. Replikacija i popravak DNA

Ishodi učenja:

Povezati strukturu i funkciju nukleinskih kiselina i razjasniti tijek genetičke informacije; objasniti semikonzervativno udvostručavanje DNA. Razlikovati različite vrste mehanizma popravka DNA i dati opis molekularnih događaja koji se javljaju tijekom svakog tipa popravka. Navesti vezu između pogreški popravka DNA i bolesti.

Predavanje 25 Transkripcija. Biosinteza proteina.

Sadržaj predavanja:

Sinteza, obrada i modifikacija RNA. Translacija.

Ishodi učenja:

Usporediti i suprotstaviti različite vrste RNA. Opisati univerzalne značajke genetskog koda i njegovu biološku relevantnost. Temeljem genetske šifre predvidjeti aminokiselinske sekvence proteina za određenu sekvencu nukleinske kiseline i pokazati kako nukleotidne mutacije mogu dovesti do promjena u primarnoj strukturi proteina. Opisati posttranskripcijsku obradu eukariotske mRNA i objasniti kako bolesti mogu proizaći iz promjena u fazama obrade i navesti primjere. Sažeti inicijaciju, produljenje i prestanak transkripcije, uspoređujući i suprotstavljajući te procese u eukariotskim i prokariotskim stanicama. Usporediti i kontrastirati prokariotsku i eukariotsku gensku strukturu.

Predavanje 26 Post-translacijske modifikacije. Unutarstanična razgradnja proteina.

Sadržaj predavanja:

Proteolitičko cijepanje. Kovalentna modifikacija.

Ishodi učenja:

Navesti primjere post-translacijskih modifikacija. Objasniti utjecaj na stabilnost proteina, biokemijsku aktivnost, usmjeravanje proteina i staničnu signalizaciju. Opisati razloge i način na koji se proteini označavaju za razgradnju.

Predavanje 27 Načela stanične komunikacije: receptori.

Sadržaj predavanja:

Princip stanične signalizacije. Vrste stanične signalizacije. Receptori signalnih molekula.

Ishodi učenja:

Objasniti princip detekcije i pretvaranja izvanstaničnog signala u funkcionalnu promjenu unutar stanice. Opisati četiri vrste signalizacije koje nalazimo u višestaničnim organizmima. Usporediti unutarstanične receptore s receptorima na površini stanice. Opisati značajke te princip signalizacije preko površinskih (receptori spregnuti s G-proteinom, receptorske tirozin-kinaze, receptori povezani s ionskim kanalima) i unutarstaničnih receptora.

Predavanje 28 Načela stanične komunikacije: signalne molekule.

Sadržaj predavanja:

Hormoni, neurotransmiteri, molekule srodne steroidima, lipidima srodne molekule, citokini, faktori rasta, plinovi.

Ishodi učenja:

Prepoznati odnos između kemije liganda i njegovog mehanizma djelovanja. Navesti vrste signalnih molekula obzirom na topljivost. Objasniti značajke hormona (steroidnih, peptidnih i derivata aminokiselina), neurotransmitera, steroidima srodnih molekula (retinoidi, vitamin D), lipidima srodnih molekula (eikozanodi) i plinova (NO i CO).

Predavanje 29 Putovi provođenja signala.

Sadržaj predavanja:

Provođenja signala preko unutarstaničnih i površinskih receptora.

Ishodi učenja:

Objasniti kako vezanje liganda za unutarstanične i površinske receptore pokreće prijenos signala kroz stanicu. Navesti komponente unutarstaničnih biokemijskih reakcija, tzv. signalne kaskade (enzimi koji modificiraju proteine, lipide i nukleotide te drugi glasnici) i obrazložiti njihovu ulogu u provođenju signala. Na primjeru objasniti princip djelovanja signalnih molekula promjenom ekspresije gena i promjenom staničnog metabolizma i rasta stanice.

Predavanje 30 Metabolizam ksenobiotika.

Sadržaj predavanja:

Reakcije faze I i faze II u biotransformaciji ksenobiotika.

Ishodi učenja:

Objasniti značajke faze I i II u biotransformaciji i metabolizmu ksenobiotika. Protumačiti građu enzima iz obitelji citokroma P450 i njihov značaj u metabolizmu endogenih i egzogenih spojeva.

Popis seminara s pojašnjenjem:

Seminar 1 Arhitektura proteina.

Sadržaj seminara:

Podjela i uloga proteina. Struktura proteina. Konformacijska stabilnost proteina. Posttranslacijske modifikacije.

Ishodi učenja:

Klasificirati proteine prema njihovoj funkciji i obliku i navesti najznačajnije predstavnike iz svake klase proteina. Navesti fiziološki aktivne peptide, pojasniti strukturne značajke i ukazati na njihovu funkciju. Navesti i definirati razine organizacije strukture proteina i ilustrirati značenje intra- i intermolekulskih veza i sila u izgradnji proteina. Objasniti podrijetlo i značenje jedinstvenih aminokiselinskih sekvencija proteina. Prikazati te opisati nastajanje peptidne veze i izložiti njene strukturne značajke. Izložiti trodimenzijsku strukturu peptidne okosnice. Razlikovati i opisati periodičke i neperiodičke elemente sekundarne strukture. Razlikovati primarnu strukturu od konformacije peptidnog lanca. Definirati denaturaciju i obrazložiti njen značaj u biološkim sustavima. Povezati pogreške u smatanju proteina s konformacijskim bolestima. Navesti primjere modifikacija i cijepanja proteina koji proširuju njihovu funkcionalnu ulogu.

Seminar 2 Enzimi: osnovni pojmovi svojstva

Sadržaj seminara:

Biokemijske reakcije. Osobine i podjela enzima i kofaktora.

Ishodi učenja:

Izložiti značajke šest osnovnih tipova reakcija u biološkim sustavima. Navesti i pojasniti osobine enzima. Podijeliti enzime i kofaktore prema tipu katalizirane reakcije. Rastumačiti molekulsku funkciju svakog kofaktora u metaboličkim reakcijama. Objasniti ulogu vitamina u djelovanju enzima i posljedice njihova manjka.

Seminar 3 Metabolizam: osnovni pojmovi i svojstva.

Sadržaj seminara:

Metabolički putovi. Energijom bogati spojevi. Aktivirani prenositelji. Stanično disanje. Načela regulacije metabolizma (alosterička kontrola, izoenzimi, kovaletna modifikacija, proteoliza).

Ishodi učenja:

Izložiti osnovne funkcije metabolizma te rastumačiti anaboličke i kataboličke putove. Prepoznati spojeve s visokim potencijalom prijenosa fosforilne skupine i elektrona. Opisati i primjerima ilustrirati ulogu ATP, NAD⁺, FAD, NADPH u biološkoj pretvorbi energiji. Opisati stupnjeve energijskog metabolizma i rastumačiti ulogu acetil-CoA u tom procesu. Objasniti biološku ulogu pantotenske kiseline, riboflavina i niacina. Izložiti osnovnu strategiju metabolizma i obrasce koji se susreću u njegovoj regulaciji.

Seminar 4 Regulacija glikolize. Test 1.**Sadržaj seminara:**

Regulacija glikolize.

Ishodi učenja:

Navesti kontrolna mjesta glikolize te opisati mehanizme za regulaciju brzine tog puta. Identificirati uvjete u kojima je metabolički put aktivan. Kratka provjera usvojenosti gradiva iz nastavne cjeline: Struktura i uloga proteina i enzima.

Seminar 5 Put pentoza-fosfata. Metabolizam ostalih heksoza.**Sadržaj seminara:**

Oksidativni i neoksidativni ogranak puta pentoza-fosfata. Metabolizam fruktoze i galaktoze.

Ishodi učenja:

Usporediti ulogu oksidativnog i neoksidativnog ogranka puta pentoza-fosfata i navesti tkivnu i staničnu lokalizaciju puta. Obrazložiti razlike reakcija transketolaze i transaldolaze. Protumačiti međudjelovanje glikolize, glukoneogeneze i puta pentoza-fosfata obzirom na potrebe za NADPH, riboza-5-fosfatom i ATP. Izložiti ulogu NADPH u biološkim procesima. Protumačiti biokemijsku podlogu favizma i posljedice manjka tiamina. Objasniti ulazak fruktoze i galaktoze u glikolizu i glukoneogenezu. Objasniti biokemijsku osnovu galaktozemije i katarakte. Komentirati doprinos fruktoze pretilosti i rizika za bolesti srca.

Seminar 6 Metabolizam glikogena i njegova regulacija.**Sadržaj seminara:**

Glikogenoliza i glikogeneza: pojedine reakcije i regulacija.

Ishodi učenja:

Usporediti i protumačiti svrhu razgradnje glikogena u jetri i mišićima. Izložiti nastanak glukoze iz glikogena i stvaranje glikogena iz glukoze s osvrtom na enzime, supstrate, kofaktore, staničnu lokalizaciju i hormonsku regulaciju tih procesa. Usporediti i protumačiti regulaciju glikogenolize i glukoneogeneze i identificirati uvjete u kojima je pojedini metabolički put aktivan. Sažeti ulogu glikogenolize, glikogeneze i glukoneogeneze u regulaciji koncentracije glukoze u krvi.

Seminar 7 Ponavljanje. Test 2.**Sadržaj seminara:**

Metabolička raskrižja: glukoza-6-fosfat, piruvat i acetil-CoA.

Ishodi učenja:

Izložiti izvore i metaboličke tokove glukoza-6-fosfata, piruvata i acetil-CoA. Izložiti metaboličku sudbinu piruvata nastalog glikolizom u aerobnim i anaerobnim uvjetima. Objasniti prijenos NADH i ATP kroz mitohondrijsku membranu. Opisati ulogu i sudbinu citosolnog NADH nastalog u glikolizi. Usporediti aerobnu i anaerobnu glikolizu te izračunati energetske bilance stvaranja ATP pri aerobnoj i anaerobnoj glikolizi.

Kratka provjera usvojenosti gradiva iz nastavne cjeline: Prijenos i pohranjivanje energije-Metabolizam ugljikohidrata.

Seminar 8 Posebni slučajevi razgradnje i sinteze masnih kiselina.**Sadržaj seminara:**

Razgradnja masnih kiselina s neparnim brojem ugljikovih atoma. Razgradnja nezasićenih masnih kiselina. Razgradnja masnih kiselina izrazito dugoga lanca. Biosinteza jednostruko i višestruko nezasićenih masnih kiselina. Eikozanodi.

Ishodi učenja:

Izložiti princip razgradnje nezasićenih masnih kiselina, masnih kiselina s neparnim brojem ugljikovih atoma

i masnih kiselina izrazito dugoga lanca. Objasniti metaboličku ulogu vitamina B12 i posljedice njegove malapsorpcije. Izložiti i primjerom ilustrirati princip elongacije i desaturacije lanca masnih kiselina. Razlikovati esencijalne i neesencijalne masne kiseline i ulogu ω -3 i ω -6 masnih kiselina. Klasificirati te ocrtati fiziološku ulogu i sintezu eikozanoida.

Seminar 9 Derivati kolesterola. Metabolizam lipoproteina:integracija/ponavljanje.

Sadržaj seminara:

Žučne soli. Sterodni hormoni. Vitamin D3. Egzogeni i endogeni put prijenosa lipida: integracija.

Ishodi učenja:

Objasniti fizikalno-kemijska svojstva i ulogu žučnih kiselina te biogenezu primarnih i sekundarnih žučnih kiselina. Navesti fizikalno-kemijske karakteristike i izložiti princip biosinteze C17, C19 i C21 steroidnih hormona. Opisati strukturne značajke, izvore, vitamere vitamina D te izložiti fiziološku ulogu i posljedice nedostatka.

Klasificirati lipoproteine, navesti njihov kemijski sastav i opisati ulogu u prijenosu egzogenih i endogenih lipida. Objasniti biokemijsku prirodu poremećaja u metabolizmu lipoproteina.

Seminar 10 Metabolizam složenih lipida.

Sadržaj seminara:

Biosinteza i biorazgradnja fosfolipida i glikolipida.

Ishodi učenja:

Klasificirati složene lipide. Prikazati i izložiti strukturu te opisati izvore i fiziološku ulogu fosfoglicerida. Izložiti sintezu i razgradnju fosfoglicerida. Izložiti nastanak i biološki značaj DAG i IP3.

Prikazati i izložiti strukturu te opisati izvore i fiziološku ulogu sfingolipida i glikolipida. Izložiti biosintezu sfingomijelina i glikosfingolipida.

Seminar 11 Metabolizam ugljikova kostura aminokiselina.

Sadržaj seminara:

Razgradnja pojedinih skupina aminokiselina.

Ishodi učenja:

Navesti osnovne međuprodukte nastale razgradnjom ugljikovog kostura pojedinih skupina aminokiselina i objasniti njihovu metaboličku sudbinu. Imenovati ketogene i glukogene aminokiseline. Povezati metabolizam aminokiselina s metabolizmom glukoze masnih kiselina/ketonskih tijela. Objasniti pojam „folatna zamka“ i kliničke implikacije takvog metaboličkog stanja. Objasniti biokemijsku podlogu nasljednih poremećaja u metabolizmu Phe, Tyr, Cys i Met, i razgranatih aminokiselina. Sažeti katabolizam dušika amino-skupine aminokiselina.

Seminar 12 Specifični produkti nastali iz aminokiselina. Test 3.

Sadržaj seminara:

Dušikov(II) oksid. Glutation. Biogeni amini. Aminokiseline kao prekursori hema, purinskih i pirimidinskih baza.

Ishodi učenja:

Pojasniti sintezu i ulogu glutaciona, dušikovog(II) oksida i kateholamina. Ukazati na ulogu aminokiselina u biosintezi porfirina i nukleotida. Navesti preteče, glavne međuprodukte i ključne regulacijske reakcije u biosintezi purina i pirimidina (*de novo* te reakcijama iz metaboličkog otpada). Protumačiti značaj hipoksantin-fosforibozil-transferaze u metabolizmu purina u fiziološkim i patofiziološkim uvjetima. Sažeti biosintezu deoksiribonukleotida, s osvrtom na biosintezu deoksitimidilata i obrazložiti posljedice inhibicije njegove biosinteze.

Kratka provjera usvojenosti gradiva iz nastavne cjeline: Metabolizam lipida i metabolizam aminokiselina.

Seminar 13 Integracija metabolizma

Sadržaj seminara:

Metabolički ustroj organa. Metabolički tok molekula. Integracija metabolizma ugljikohidrata i lipida.

Ishodi učenja:

Izložiti osobitosti metaboličkog profila u mišiću, masnom tkivu i jetri. Izložiti metaboličke interakcije praćenjem toka molekula kroz tri temeljna raskrižja metaboličkih putova. Integrirati metaboličku sudbinu određenog sastojka hrane od njegove probave i apsorpcije do potpune razgradnje ili pretvorbe u neki međuprodukt metabolizma.

Popis vježbi s pojašnjenjem:

Vježba 1 Kvalitativna i kvantitativna analiza proteina.

Sadržaj vježbi:

Kvalitativne reakcije na proteine. Kvantitativno određivanje ukupnih proteina u serumu metodom po Lowryju. Izoelektrični pH. Virtualni laboratorij: određivanje koncentracije proteina Folin-Lowryevom metodom temeljem baždarnog dijagrama.

Ishodi učenja:

Praktično primijeniti usvojeno znanje o kemijskim svojstvima aminokiselina i proteina. Primijeniti kvalitativne kemijske metode u dokazivanju sastava smjese proteina i aminokiselina. Protumačiti metodologiju određivanja proteina i primjenu u dijagnostici i laboratorijskoj praksi te praktično odrediti koncentraciju proteina u serumu. Izraditi baždarni dijagram prema podacima iz simuliranog eksperimenta i temeljem baždarnog dijagrama odrediti koncentraciju proteina u nepoznatom uzorku. Primijeniti stečeno znanje o fizikalnim svojstvima proteina za određivanje izoelektričnog pH otopine proteina.

Vježba 2 Čimbenici enzimske aktivnosti.

Sadržaj vježbi:

Utjecaj pH i temperature na aktivnost α -amilaze. Određivanje aktivnosti α -amilaze u serumu. Upoznati se s enzimima koji sudjeluju u procesu kemijske probave ugljikohidrata.

Ishodi učenja:

Primijeniti stečeno znanje o ulozi enzima iz skupine hidrolaza. Praćenjem tijeka razgradnje škroba djelovanjem α -amilaze ustanoviti utjecaj pH i temperature na aktivnost enzima. Protumačiti metode određivanja aktivnosti enzima i primjenu u dijagnostici i laboratorijskoj praksi te primijeniti metodu jedne točke u određivanju aktivnosti enzima. Imenovati enzime potrebne za hidrolizu škroba u probavnom sustavu, njihovo mjesto djelovanja u probavnom sustavu, supstrate i nastale produkte, optimalne uvjete sredine te dodatne čimbenike (ako postoje) potrebne za optimalnu aktivnost tih enzima.

Vježba 3 Kvalitativna i kvantitativna analiza ugljikohidrata.

Sadržaj vježbi:

Kvalitativne reakcije na šećere. Kvantitativno određivanje glukoze u krvi (GOD-PAP metoda).

Ishodi učenja:

Praktično primijeniti usvojeno znanje o kemijskim svojstvima ugljikohidrata za dokazivanje sastava smjese ugljikohidrata i prisutnosti šećera u urinu. Primijenti metodu za određivanje koncentraciju glukoze u serumu i interpretirati rezultat temeljem usvojenog znanja o značaju održavanja koncentracije glukoze u krvi stalnom.

Vježba 4 Kvalitativna i kvantitativna analiza lipida.

Sadržaj vježbi:

Kvantitativno određivanje triglicerida u serumu. Kvantitativno određivanje ukupnog kolesterola, HDL-kolesterol i LDL-kolesterola u serumu. Dokazivanje keto-tijela u urinu. Elektroforeza lipoproteina (demonstracijska vježba).

Ishodi učenja:

Primijeniti metode za određivanje parametara lipidnog statusa u serumu i dokazati prisutnost patoloških sastojaka u urinu te primijeniti stečeno znanje o svojstvima i ulozi lipida u organizmu u interpretaciji dobivenih rezultata. Protumačiti ulogu serumskih lipoproteina i princip njihovog elektroforetskog razdvajanja te interpretirati dobiveni elferogram temeljem usvojenog znanja o metabolizmu lipoproteina.

Vježba 5 Kvalitativna i kvantitativna analiza neproteinskih dušikovih spojeva.

Sadržaj vježbi:

Određivanje uree u urinu. Određivanje kreatinina u serumu. Određivanje mokraćne kiseline u urinu. Test na nitrite prema Griessu i Iloswayu.

Ishodi učenja:

Protumačiti i primijeniti kvalitativne i kvantitativne metode dokazivanja i određivanja neproteinskih dušikovih spojeva u urinu i serumu. Navesti patološke sastojke urina i protumačiti usvojene pojmove vezane uz procjenu bubrežne funkcije, metabolizam aminokiselina te promet purina.

Obveze studenata:

Svaku obvezu student bi trebao obaviti savjesno i u zadanim rokovima kako bi mogao slijediti nastavu kolegija i biti ocijenjen pozitivnom konačnom ocjenom.

Da bi položili kolegij, studenti moraju redovito pohađati sve oblike nastave te pristupiti provjerama znanja

na međuispitima i završnom ispitu.

Za svaki nastavni sat vodi se evidencija prisutnosti. Student može opravdano izostati 30% od svakog oblika nastave, što potvrđuje odgovarajućim dokazom. Student koji izostane s više od 30% nastave gubi pravo pristupiti završnom ispitu, ocjenjuje se ocjenom neuspješan (1) F i mora ponovno upisati kolegij.

Studentu se preporučuje ponoviti prethodna znanja iz organske kemije. Očekuje se aktivno sudjelovanje studenta u nastavi samostalnim rješavanjem zadanih uradaka, samostalnim uključivanjem pitanjima i prijedlozima i/ili na poticaj nastavnika. Stoga se student upućuje na samostalno pripremanje za temu predviđenu nastavnim planom i programom prema zadanoj literaturi te na utvrđivanje i ponavljanje gradiva iznijetog na predavanjima/seminarima/vježbama prethodnog tjedna. Za nastavu student mora imati metaboličku kartu i/ili odgovarajuće sheme metaboličkih putova koje će biti dostupne na sustavu za e-učenje Merlin.

Laboratorijske vježbe izvode se u dvije vježbovne grupe, prema rasporedu koji će se objaviti prvom tjednu održavanja nastave iz kolegija na sustavu za e-učenje Merlin. U tom tjednu student može, u dogovoru s nastavnikom, odabrati drugi termin/grupu u kojoj želi izvesti praktični nastavu. Nakon što završi termin za zamjenu grupa više neće biti moguće promijeniti grupu. Grupu se može zamijeniti samo ako u grupi u koju se želi prijeći ima dovoljno mjesta, odnosno ako se netko želi zamijeniti. Zamjena termina je isključivo na dobrovoljnoj osnovi i nije obveza studenta.

Prije svake laboratorijske vježbe student polaže ulazni kolokvij prema zadanoj literaturi (Priručnik za seminare i vježbe iz biokemije). Položen ulazni kolokvij preduvjet je za izradu vježbe. Tijekom izrade vježbi provjeravaju se praktične vještine, samostalnost u radu, primjena usvojenog znanja te primjena sigurnosnih mjera prema sebi, drugima i okolišu. Student samostalno izvodi vježbu predviđenu planom i programom prema odgovarajućem propisu. Uz studenta je prisutan nastavnik i/ili asistent, tehničar i demonstrator. Za rad u laboratoriju student mora imati propisanu radnu odjeću (bijelu kutu dugih rukava) i potreban pribor (kalkulator, crtači pribor, krp), propis za izradu vježbi (Priručnik za seminare i vježbe iz biokemije) te bilježnicu formata A4 za laboratorijski dnevnik kojeg student bilježi sve rezultati pojedine vježbe. Na kraju svake vježbe predaje se čisti stol s potpunim i opranim priborom. Posuđe se pere vodom i deterdžentom (po potrebi i tehničkom solnom kiselinom) i ispire destiliranom vodom, osim ako nije drukčije napomenuto, a otpadne kemikalije odlažu se u za to predviđene spremnike. Nakon izrade svake pojedine vježbe u Priručnik za seminare i vježbe iz biokemije student treba napisati izvješće o praktičnom radu koje se predaje nakon odrađene vježbe prema datumima definiranim od strane voditelja vježbi.

Studentima se preporučuje voditi dnevnik učenja u kojem bilježe sve što su spoznali, usvojili i primjenili u praktičnom radu, svoje nedostatke i sve ono što još treba naučiti. Dnevnik učenja ima teorijsku osnovu i, gdje je moguće, usmjeren je na praktični rad, a piše se individualnim stilom, koji je studentu zanimljiv i potiče ga da iz njega nešto nauči.

Ispit (način polaganja ispita, opis pisanog/usmenog/praktičnog dijela ispita, način bodovanja, kriterij ocjenjivanja):

ECTS bodovni sustav ocjenjivanja:

Ocjenjivanje studenata provodi se prema važećem **Pravilniku o studijima Sveučilišta u Rijeci**, te prema **Pravilniku o ocjenjivanju studenata na Medicinskom fakultetu u Rijeci** (usvojenom na Fakultetskom vijeću Medicinskog fakulteta u Rijeci).

Rad studenata vrednovat će se i ocjenjivati tijekom izvođenja nastave, te na završnom ispitu. Od ukupno **100 bodova**, tijekom nastave student može ostvariti **70 bodova**, a na završnom ispitu **30 bodova**.

Pojedine nastavne aktivnosti studenata za kolegij Biokemija u akademskoj godini 2022./2023. vrednuju se raspodjelom ocjenskih bodova na način prikazan u tablici 1.

Tablica 1. Vrednovanje nastavnih aktivnosti studenata

NASTAVNA AKTIVNOST	VREDNOVANJE	MAKSIMALAN BROJ OCJENSKIH BODOVA
Međuispiti	Međuispit I	25
	Međuispit II	25
	Ukupno	50
Vježbe	Ulazni kolokvij (5×1 ocjenska boda)	5
	Praktični dio i pismeno izvješće (5×1 ocjenska boda)	5
	Ukupno	10

Seminari	Kratka pisana provjera znanja (3×2)	6
	Aktivnosti u nastavi (4×1)	4
		10
UKUPNO	Ukupno	70
Završni ispit	Pisani dio	15
	Usmeni dio	15
	Ukupno	30
UKUPNO		100

I. Tijekom nastave vrednuje se (maksimalno do 70 ocjenskih bodova):

Međuspiti (maksimalno do 50 ocjenskih bodova)

Tijekom semestra planirane su dvije pisane provjere znanja (međuspiti I-II) na kojima se provjerava usvojenost gradiva s predavanja, seminara i vježbi obuhvaćenog sadržajem kolegija.

Na **međuspitu I** provjerava se gradivo predavanja P1-P14, seminara S1-S7 te vježbi V1-V3.

Na **međuspitu II** provjerava se gradivo predavanja P15-P30, seminara S8-S13 te vježbi V4-V5.

Na svakom međuspitu student može postići najviše 25 ocjenskih bodova. Svaka takva provjera znanja sastoji se iz 40 zadataka višestrukog izbora i vrednuje se prema bodovnoj skali ocjenjivanja navedenoj u tablici 2. Na svakom međuspitu student od ukupnog broja zadataka mora ostvariti minimalno 50% točnih odgovora kako bi zadovoljio kriterije za dobivanje ocjenskih bodova.

Pristupanje međuspitima je obvezno. Položeni međuspiti vrijede tijekom tekuće akademske godine.

Ispravak međuspita

Ponovno pristupanje međuspitu I i međuspitu II omogućiti će se onom studentu koji tijekom nastave ostvari manje od 35 ocjenskih bodova, studentu koji nije pristupio nekom međuspitu iz opravdanih razloga, te studentu koji želi ostvariti veći broj bodova na međuspitima.

Student koji želi ostvariti veći broj bodova na međuspitima dobiva one ocjenske bodove koje je ostvario ispravkom međuspita. Ocjenski bodovi za ispravak međuspita dodjeljuju se prema kriterijima navedenim u tablici 2.

Student može jedanput pristupiti ispravku međuspita I i međuspita II u dva termina predviđena Satnicom. U svakom terminu moguće je ispravljati samo jedan međuspit.

Tablica 2. Vrednovanje međuspita I-II.

Broj točno riješenih zadataka	Postotak točno riješenih zadataka (%)	Ocjenski bodovi
20	50,0	13,0
21	52,5	13,5
22	55,0	14,0
23	57,5	14,5
24	60,0	15,0
25	62,5	16,0
26	65,0	16,5
27	67,5	17,0
28	70,0	18,0
29	72,5	18,5
30	75,0	19,0
31	77,5	19,5
32	80,0	20,0
33	82,5	21,0
34	85,0	21,5
35	87,5	22,0
36	90,0	22,5
37	92,5	23,5
38	95,0	24,0
39	97,5	24,5

Laboratorijske vježbe (maksimalno do 10 ocjenskih bodova)

U semestru je planirano pet laboratorijskih vježbi tijekom kojih student može ostvariti maksimalno 10 ocjenskih bodova. Vrednuje se ulazni kolokvij, izrada vježbi i pismeno izvješće.

Prije početka rada vježbi potrebno je položiti ulazni kolokvij. Na ulaznom kolokviju provjerava se pripremljenost studenta za izvođenje vježbe za kojeg student treba prethodno naučiti teorijsku osnovu, zadatak i princip vježbe, postupak, aparaturu te načiniti nužne izračune prema opisu vježbe i uputama danima u Priručniku za seminare i vježbe iz biokemije. Provjera znanja na ulaznom kolokviju je pismena i temelji se na pitanjima koja zahtijevaju kratak odgovor. Student mora ostvariti najmanje 0,5 ocjenski bod kako bi mogao pristupiti praktičnom dijelu vježbi, a student može biti pitan i tijekom izrade vježbi.

Ulazni kolokvij vrednuje se na sljedeći način:

- 0 ocjenskih bodova: <50% točnih odgovora
- 0,5 ocjenski bod: 50% – 79,9% točnih odgovora
- 1,0 ocjenski bod: 80%– 100% točnih odgovora

Tijekom izrade vježbi vrednuje se točnost dobivenog rezultata vježbe u odnosu na očekivani rezultat te pisano izvješće na sljedeći način:

- 0 ocjenskih bodova: - vježba nije odrađena, ili je odrađena nepotpuno i netočno, i
 - izvješće nije napisano ili ne sadrži tražene elemente

- 0,5 ocjenski bod: - uspješno izrađena vježba, ali je konačni rezultat netočan, i/ili
 - izvješće sadrži 50% traženih elemenata u formalnom, jezičnom i sadržajnom smislu

- 1,0 ocjenski bod: - uspješno izrađena vježba i točan konačni rezultat, i
 - izvješće sadrži 100% traženih elemenata u formalnom, jezičnom i sadržajnom smislu

Student nema mogućnost nadoknaditi izostanak s vježbi.

Seminari (maksimalno do 10 ocjenskih bodova)

U semestru je planirano 13 seminara tijekom kojih student može ostvariti najviše 10 ocjenskih bodova, i to tijekom kratkih pisanih provjera znanja (najviše 6 ocjenskih bodova) te aktivnostima u nastavi (najviše 4 ocjenski boda).

Na pismenim provjerama znanja provjerava se usvojenost gradiva predavanja obrađenog tijekom pojedine nastavne cjeline. Pismena provjera znanja u pravilu se sastoji iz zadataka višestrukog izbora, zadataka dopunjavanja i zadataka esejskog tipa, a vrednuje se ovisno o stupnju točnosti i potpunosti. Student od ukupnog broja zadataka mora ostvariti minimalno 50% točnih odgovora kako bi zadovoljio kriterije za dobivanje ocjenskih bodova.

Test se vrednuje s najviše 2 OB na sljedeći način:

- 0 ocjenskih bodova: 0-49,9%
- 0,5 ocjenski bod: 50,0-59,9%
- 1,0 ocjenski bod: 60,00-79,9%
- 1,5 ocjenski bod: 80,00-89,90%
- 2,0 ocjenski bod: 90-100%

Izostanak s provjere znanja nije moguće nadoknaditi.

Aktivnost u nastavi odnosi se na samostalno uključivanje pitanjima i prijedlozima i/ili na poticaj nastavnika, sudjelovanje uz korištenje ploče/informacijske tehnologije te na samostalne uradke. Samostalni uradci podrazumijevaju samostalno rješavanje problemskih zadataka vezanih uz nastavno gradivo predviđeno nastavnim planom i sadržajem kolegija koje zadaje nastavnik, a vrednuju se ovisno o stupnju točnosti i potpunosti prema kriterijima koje će studenti dobiti tijekom nastave.

Propušteno nastavno gradivo seminara mora se usmeno kolokvirati u dogovoru s nastavnikom.

II. Završni ispit (maksimalno do 30 ocjenskih bodova)

Završni ispit je obavezan, a sastoji se od *pisanog* i *usmenog dijela* i donosi maksimalno 30 ocjenskih bodova, a od toga 15 ocjenskih bodova na pisanom dijelu te 15 ocjenskih bodova na usmenom dijelu završnog ispita.

Na pisanom i usmenom dijelu završnog ispita provjera se usvojenost cjelokupnog gradiva predviđenog nastavnim planom i sadržajem kolegija.

Pisani dio završnog ispita sastoji se od 30 pitanja. Student koji riješi 50% pisanog dijela ispita zadovoljava

minimalne kriterije za dodjeljivanje ocjenskih bodova te pristupa usmenom dijelu ispita. Ocjenski bodovi dodjeljuju se prema skali ocjenjivanja navedenoj u tablici 3.

Student koji na pisanom dijelu završnog ispita ne zadovolji minimalne kriterije pristupa ponovno završnom ispitu u narednim terminima ispitnih rokova.

Student može polagati ispit najviše tri puta u jednoj akademskoj godini.

Tablica 3. Vrednovanje pisanog dijela završnog ispita.

Broj točno riješenih zadataka	Postotak točno riješenih zadataka (%)	Ocjenski bodovi
15	50,00	7,5
16	53,33	8,0
17	56,67	8,5
18	60,00	9,0
19	63,33	9,5
20	66,67	10,0
20	66,67	10,0
21	70,00	10,5
22	73,33	11,0
23	76,67	11,5
24	80,00	12,0
25	83,33	12,5
26	86,67	13,0
27	90,00	13,5
28	93,33	14,0
29	96,67	14,5
30	100,00	15,0

Vrednovanje *usmenog dijela* završnog ispita je sljedeće:

7,5 – 8,5 ocjenskih bodova: odgovor zadovoljava minimalne kriterije

9,0 – 11,0 ocjenskih bodova: prosječan odgovor s primjetnim pogreškama

11,5 – 13,0 ocjenskih bodova: vrlo dobar odgovor s neznatnim pogreškama

13,5 – 15,0 ocjenskih bodova: izniman odgovor

Tko može pristupiti završnom ispitu:

Student koji je uredno obavio sve oblike nastave i ostvario ukupno najmanje 35 ocjenskih bodova tijekom nastave i/ili nakon ispravka međuispita stekao je pravo pristupiti završnom ispitu.

Tko ne može pristupiti završnom ispitu:

Student koji tijekom nastave i/ili nakon ispravka međuispita ostvari od 0 do 34,99 ocjenskih bodova i/ili je izostao s 30% ili više svih oblika nastave ocjenjuje se ocjenom neuspješan (1) F i ne može izaći na završni ispit, tj. mora predmet ponovno upisati naredne akademske godine.

III. Konačna ocjena je zbroj ECTS ocjene ostvarene tijekom nastave i na završnom ispitu:

Konačna ocjena	
A (90-100%)	izvrstan (5)
B (75-89,9%)	vrlo dobar (4)
C (60-74,9%)	dobar (3)
D (50-59,9%)	dovoljan (2)
F (studenti koji su tijekom nastave ostvarili manje od 35 bodova ili nisu položili završni ispit)	nedovoljan (1)

Termini održavanja testova tijekom nastave:

Seminarski testovi

Test 1. – 28. 3. 2024.

Test 2. – 18. 4. 2024.

Test 3. – 29. 5. 2024.

Međuispiti

Međuispit I – 25. 4. 2024.

Međuispit II. – 13. 6. 2024.

Mogućnost izvođenja nastave na stranom jeziku:

Ostale napomene (vezane uz kolegij) važne za studente:

Kašnjenje i/ili neizvršavanje obveza

Nastava se održava u propisano vrijeme i nije moguće ulaziti nakon ulaska nastavnika. Na nastavu nije dozvoljeno unositi jela i pića te nepotrebno ulaziti/izlaziti s nastave. Za vrijeme nastave te tijekom vrijeme provjera znanja zabranjena je uporaba mobitela i drugih komunikacijski uređaji te ostalih pomagala koje nisu eksplicitno dozvoljene u nastavnom procesu/provjeri znanja. Ukoliko student ne bude poštivao odluku, biti će udaljen s nastave/ispita, a ispit studenta ocijenit će se ocjenom nedovoljan.

Akademski čestitost

Dužnost je nastavnika promicati akademsku čestitost i zahtijevati od studenata poštivanje akademskih normi ponašanja sukladno odredbama *Etičkog kodeksa nastavnika, suradnika i znanstvenika Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci* i *Etičkog kodeksa studenata Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci*.

Kontaktiranje s nastavnicima

Kontaktiranje s nastavnicima može se obaviti izravno tijekom nastave, u naznačeno vrijeme konzultacija u uredu nastavnika te putem elektronske pošte nastavnika i *Merlin* sustav za e-učenje (*forum, chat*). Mole se studenti da upite elektroničkim putem šalju isključivo radnim danima jer na taj način poštuju vrijeme tjednog odmora nastavnika.

doc. dr. sc. Jelena Marinić, dipl. ing. preh. teh.

Zavod za medicinsku kemiju, biokemiju i kliničku kemiju, Medicinski fakultet

Vrijeme konzultacija: četvrtak; 14,00-15,00 sati (i prema dogovoru sa studentima)

Tel. 051 651 271

e-mail: jelena.marinic@uniri.hr

red. prof. dr. sc. Robert Domitrović, dipl.ing.med.biokem.

Zavod za medicinsku kemiju, biokemiju i kliničku kemiju, Medicinski fakultet

Vrijeme konzultacija: utorak; 9,00-10,00 sati (i prema dogovoru sa studentima)

Tel. 051 651 211

e-mail: robert.domitrovic@uniri.hr

Informiranje o predmetu

Studenti će na uvodnom predavanju biti upućeni na korištenje aktivnosti i resursa iz sustava za e-učenje *Merlin* na kojem će se objavljivati službene informacije vezane uz nastavu. Sustavu *Merlin* pristupa se preko poveznice Sveučilišnog računskog centra Sveučilišta u Zagrebu. Za prijavu je potreban elektronički identitet iz sustava AAI@EduHr. Osobna je odgovornost svakog studenta da bude redovito informiran.

Očekivane opće kompetencije studenata/studentica

Biokemija je interdisciplinarna znanost koja se nadovezuje na dvogodišnju nastavu iz biologije, kemije i srodnih znanosti. Ovakava priprema omogućuje studentima integrirati znanja na molekularnoj i staničnoj razini te razmišljati i rješavati pitanja koja su u podlozi biokemijske/biomedicinske znanosti. Stoga su potrebna temeljna znanja iz organske kemije (kemijska svojstva organskih molekula relevantnih za biološke sustave; mehanizmi kemijskih reakcija u kojima te molekule sudjeluju) i opće i anorganske kemije (kemijska termodinamika; kemijska ravnoteža i slobodna energija).

Od studenta se očekuje sudjelovati u radu korištenjem informacijsko-komunikacijske tehnologije.

SATNICA IZVOĐENJA NASTAVE (za akademsku 2023./2024. godinu)

Datum	Predavanja (vrijeme i mjesto)	Seminari (vrijeme i mjesto)	Vježbe (vrijeme i mjesto)	Nastavnik
5. 3. 2024. (1. tjedan)	P 1,2 10,00-12,00 Predavaonica 15			Doc.dr.sc. J. Marinić
7. 3. 2024.		S1 (grupa I i II) 11,00-14,00 Predavaonica 15		Doc.dr.sc. J. Marinić
12. 3. 2024. (2. tjedan)	P 3,4 10,00-12,00 Predavaonica 15			Doc.dr.sc. J. Marinić
13. 3. 2024.			V1 (grupa I) 08,00-11,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
13. 3. 2024.			V1 (grupa II) 12,00-15,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
14. 3. 2024.		S2 (grupa I i II) 11,00-14,00 Predavaonica 2		Doc.dr.sc. J. Marinić
19. 3. 2024. (3. tjedan)	P 5,6 10,00-12,00 Predavaonica			Doc.dr.sc. J. Marinić
20. 3. 2024.			V2 (grupa I) 08,00-11,00 PraktikumZavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
20. 3. 2024.			V2 (grupa II) 12,00-15,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
21. 3. 2024.		S3 (grupa I i II) 11,00-14,00 Predavaonica 3		Doc.dr.sc. J. Marinić
26. 3. 2024. (4. tjedan)	P 7,8 10,00-12,00 Predavaonica 4			Doc.dr.sc. J. Marinić
28. 3. 2024.		S4 (grupa I i II) 11,00-13,00 Predavaonica 4		Doc.dr.sc. J. Marinić
2. 4. 2024. (5. tjedan)	P 9,10 10,00-12,00 Predavaonica 5			Doc.dr.sc. J. Marinić
4. 4. 2024.		S5 (grupa I i II) 11,00-13,00 Predavaonica 15		Doc.dr.sc. J. Marinić
9. 4. 2024. (6. tjedan)	P 11,12 10,00-12,00 Predavaonica 15			Prof.dr.sc.R.Domitrović

10. 4. 2024.			V3 (grupa I) 08,00-11,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
10. 4. 2024.			V3 (grupa II) 12,00-15,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
11. 4. 2024.		S6 (grupa I i II) 11,00-13,00 Predavaonica 5		Doc.dr.sc. J. Marinić
16. 4. 2024. (7. tjedan)	P 13,14 10,00-12,00 Predavaonica 1			Prof.dr.sc.R.Domitrović
18. 4. 2024.		S7 (grupa I i II) 11,00-13,00 Predavaonica 5		Doc.dr.sc. J. Marinić
23. 4. 2024. (8. tjedan)	P 15,16 10,00-12,00 Predavaonica 15			Doc.dr.sc. J. Marinić
25. 4. 2024.	Međuispit I 11,00-13,00 Predavaonica 2			Doc.dr.sc. J. Marinić
30. 4. 2024. (9. tjedan)	P 17,18 10,00-12,00 Predavaonica 15			Doc.dr.sc. J. Marinić
2. 5. 2024.		S8 (grupa I i II) 11,00-13,00 Predavaonica 4		
7. 5. 2024. (10. tjedan)	P 19, 20 10,00-12,00 Predavaonica 4			Doc.dr.sc. J. Marinić
9. 5. 2024.		S9 (grupa I i II) 11,00-13,00 Predavaonica 7		Doc.dr.sc. J. Marinić
14. 5. 2024. (11. tjedan)	P 21, 22 10,00-12,00 Predavaonica 15			Prof.dr.sc.R.Domitrović
15. 5. 2024.			V4 (grupa I) 08,00-11,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
15. 5. 2024.			V4 (grupa II) 12,00-15,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
16. 5. 2024.		S10 (grupa I i II) 10,00-12,00 Predavaonica 4		Doc.dr.sc. J. Marinić
21. 5. 2024. (12. tjedan)	P 23, 24 10,00-12,00 Predavaonica 15			Prof.dr.sc.R.Domitrović
23. 5. 2024.		S11 (grupa I i II) 11,00-14,00 Predavaonica 4		Doc.dr.sc. J. Marinić
28. 5. 2024.	P 25, 26			Prof.dr.sc.R.Domitrović

(13. tjedan)	10,00-12,00 Predavaonica 1			
29. 5. 2024.	S 12 11,00-13,00 (nadoknada - Dan državnosti, Tjelovo) Predavaonica 4			Doc.dr.sc. J. Marinić
30. 5. 2024.		S12 (grupa I i II) 11,00-13,00 Dan državnosti, Tjelovo		Doc.dr.sc. J. Marinić
4. 6. 2024. (14. tjedan)	P 27, 28 10,00-12,00 Predavaonica 15			Prof.dr.sc.R.Domitrović
5. 6. 2024.			V5 (grupa I) 08,00-11,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
5. 6. 2024.			V5 (grupa II) 12,00-15,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
6. 6. 2024.		S13 (grupa I i II) 9,00-11,00 Predavaonica 4		Doc.dr.sc. J. Marinić
11. 6. 2024. (15. tjedan)	P 29,30 10,00-12,00 Predavaonica 5			Prof.dr.sc.R.Domitrović Doc.dr.sc. J. Marinić
13. 6. 2024.	Međuispit II 11,00-13,00 Predavaonica 1			Doc.dr.sc. J. Marinić
17. 6. 2024.	Ispravak međuispita I-II			Doc.dr.sc. J. Marinić
1. 7. 2024.	Ispravak međuispita I-II			Doc.dr.sc. J. Marinić

Popis predavanja, seminara i vježbi:

	PREDAVANJA (tema predavanja)	Broj sati nastave	Mjesto održavanja
P1	Uvod u kolegij.	1	Predavaonica 15
P2	Proteinogene aminokiseline.	1	Predavaonica 15
P3	Trodimenzijska struktura proteina.	1	Predavaonica 15
P4	Odnos strukture i funkcije: mioglobin i hemoglobin.	1	Predavaonica 15
P5	Mehanizam djelovanja enzima.	1	Predavaonica
P6	Kinetika enzimskih reakcija.	1	Predavaonica
P7	Probava i apsorpcija ugljikohidrata. Metabolički putovi ugljikohidrata.	1	Predavaonica 4
P8	Glikoliza.	1	Predavaonica 4
P9	Glukoneogeneza.	1	Predavaonica 5
P10	Regulacija glukoneogeneze.	1	Predavaonica 5
P11	Oksidacijska dekarboksilacija piruvata.	1	Predavaonica 15
P12	Ciklus limunske kiseline.	1	Predavaonica 15
P13	Redoks sustavi i biološke oksidacije.	1	Predavaonica 1
P14	Respiracijski lanac.	1	Predavaonica 1
P15	Probava i mobilizacija neutralnih masti.	1	Predavaonica 15
P16	β -oksidacija masnih kiselina.	1	Predavaonica 15
P17	Ketogeneza i ketoliza.	1	Predavaonica 15
P18	Biosinteza masnih kiselina <i>de novo</i> .	1	Predavaonica 15
P19	Biosinteza i prijenos neutralnih masti.	1	Predavaonica 4
P20	Metabolizam kolesterola.	1	Predavaonica 4
P21	Razgradnja proteina. Katabolizam aminokiselina.	1	Predavaonica 15
P22	Katabolizam dušika amino-skupine aminokiselina.	1	Predavaonica 15
P23	Ciklus uree.	1	Predavaonica 15
P24	Struktura i funkcija nukleinskih kiselina.Replikacija.	1	Predavaonica 15
P25	Transkripcija. Biosinteza proteina.	1	Predavaonica 1
P26	Post-translacijske modifikacije.	1	Predavaonica 15
P27	Načela stanične komunikacije: receptori.	1	Predavaonica 15
P28	Načela stanične komunikacije: signalne molekule.	1	Predavaonica 15
P29	Putovi provođenja signala.	1	Predavaonica 5
P30	Metabolizam ksenobiotika.	1	Predavaonica 5
	Ukupan broj sati predavanja	30	

	SEMINARI (tema seminara)	Broj sati nastave	Mjesto održavanja
S1	Arhitektura proteina.	3	Predavaonica 15
S2	Enzimi:osnovni pojmovi i svojstva..	3	Predavaonica 2
S3	Metabolizam: osnovni pojmovi i svojstva.	3	Predavaonica 3
S4	Regulacija glikolize. Test 1.	2	Predavaonica 4
S5	Put pentoza-fosfata. Metabolizam ostalih heksoza.	2	Predavaonica 15
S6	Metabolizam glikogena i njegova regulacija.	2	Predavaonica 5
S7	Metabolička raskrižja. Ponavljanje. Test 2.	2	Predavaonica 5
S8	Posebni slučajevi razgradnje i sinteze masnih kiselina.	2	Predavaonica 4
S9	Derivati kolesterola. Metabolizam lipoproteina; integracija/ponavljanje.	2	Predavaonica 7
S10	Metabolizam složenih lipida.	2	Predavaonica 4
S11	Metabolizam ugljikova kostura aminokiselina.	3	Predavaonica 4

S12	Specifični produkti nastali iz aminokiselina. Test 3.	2	Predavaonica 4
S13	Integracija metabolizma.	2	Predavaonica 4
	Ukupan broj sati seminara	30	

	VJEŽBE (tema vježbe)	Broj sati nastave	Mjesto održavanja
V1	Kvalitativna i kvantitativna analiza proteina.	3	Praktikum Zavoda
V2	Čimbenici enzimske aktivnosti.	3	Praktikum Zavoda
V3	Kvalitativna i kvantitativna analiza ugljikohidrata.	3	Praktikum Zavoda
V4	Kvalitativna i kvantitativna analiza lipida.	3	Praktikum Zavoda
V5	Kvalitativna i kvantitativna analiza neproteinskih dušikovih spojeva.	3	Praktikum Zavoda
	Ukupan broj sati vježbi	15	

	ISPITNI TERMINI (završni ispit)
1.	17. 6. 2024.
2.	1. 7. 2024.
3.	16. 7. 2024.
4.	3. 9. 2024.
5.	17. 9. 2024.