

Kolegij: Biokemija

Voditelj: doc.dr.sc. Jelena Marinić

Suradnici: red.prof.dr.sc. Robert Domitrović., izv. prof. dr. sc. Marin Tota

Katedra: Zavod za medicinsku kemiju, biokemiju i kliničku kemiju

Studij: Preddiplomski sveučilišni studij Sanitarno inženjerstvo

Godina studija: 2. godina

Akadska godina: 2021./2022.

IZVEDBENI NASTAVNI PLAN

Podaci o kolegiju:

Kolegij **Biokemija** je obvezni kolegij na redovnom Preddiplomskom sveučilišnom studiju sanitarnog inženjerstva. Nastava se odvija u četvrtom semestru druge godine studija, 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 predavaonama Medicinskog fakulteta te u Praktikumu Zavoda za medicinsku kemiju, kliničku kemiju i biokemiju Medicinskog fakulteta.

Cilj kolegija

Cilj nastave iz kolegija *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 kolegija

Kolegij sadržava područja koja su obuhvaćena sljedećim poglavljima:

- 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.**
- 07. Odabrana poglavlja.** Metabolizam ksenobiotika.

Razvijanje općih i specifičnih kompetencija

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. Dio praktične nastave izvodi se uz računalnu simulaciju pojedinih eksperimenata. Takva nastava osmišljena je kao potpora savladavanju nastavnog gradiva, povećanja znanstvene znatilje i poticanja eksperimentalnog rada, a nikako njegove zamjene. Simulirani eksperimenti se mogu mijenjati i ponavljati, a rezultati nisu raspršeni i mogu se korisno interpretirati (protumačiti). Također se mogu koristiti za planiranje pokusa prije praktičnog rada, čime se učinkovitije koristi laboratorijske vrijeme te uključuju kratka pitanja kojima je cilj poboljšati razumijevanje razumijevanje obuhvaćenih tema.

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.

Studenti će od upisa kolegija biti upućeni na korištenje sustava za e-učenje *Merlin*.

Popis obvezne ispitne literature:

R. K. Murray sur: HARPEROVA ILUSTRIRANA BIOKEMIJA. Prijevod 28. izdanja. Stručne urednice prijevoda J. Lovrić i J. Sertić. Medicinska naklada, 2011, Zagreb.

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.

Nastavni materijali dostupni u sustavu za e-učenje *Merlin*.

Popis dopunske literature:

Stryer, L. BIOKEMIJA, Školska knjiga, Zagreb, 2012.

Nastavni plan:

Popis predavanja s pojašnjenjem:

P1 Uvod u kolegij. Proteinogene aminokiseline.

Sadržaj predavanja:

Sadržaj i cilj kolegija. Značenje biokemije na području sanitarnog inženjerstva. Podjela aminokiselina. Opća svojstva i reakcije aminokiselina.

Ishodi učenja:

Osvijestiti pristup učenju. Prepoznati povezanost biokemije sa strukovnim područjem. Klasificirati proteinogene aminokiseline te prikazati i izložiti njihovu kemijsku građu, optičku aktivnost, disocijaciju i reaktivnost. Razlikovati esencijalne i neesencijalne aminokiseline. Navesti derivate proteinogenih aminokiselina i ukazati na njihovu ulogu u funkciji proteina. Objasniti pojam izoelektričnog pH i njegovu primjenu. Izračunati izoelektrični pH neke aminokiseline.

P2 Peptidi i proteini: primarna struktura i funkcija.

Sadržaj predavanja:

Peptidna veza. Fiziološki aktivni peptidi.

Ishodi učenja:

Prikazati te opisati nastajanje peptidne veze i izložiti njene strukturne značajke. Navesti fiziološki aktivne peptide, pojasniti strukturne značajke i ukazati na njihovu funkciju.

P3 Vlakanasti proteini

Sadržaj predavanja:

Kolagen.

Ishodi učenja:

Opisati elemente izgradnje strukture kolagena i povezati strukturu tog vlaknastog proteina s njihovom funkcijom. Objasniti biokemijsku osnovu skorbuta.

P4 Globularni proteini: mioglobin i hemoglobin.

Sadržaj predavanja:

Struktura mioglobina i hemoglobina. Mehanizam vezanja kisika. Alosterički efekt. Anemija srpastih stanica. Pretraživanje proteinske baze podataka GenBank/Swiss-Prot.

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-bisifosfoglicerata. Objasniti biokemijsku osnovu anemije srpastih stanica. Prikupiti podatke u hemoglobinu pretraživanjem GenBank/Swiss-Prot baze podataka.

P5 Kinetika enzimskih reakcija.

Sadržaj predavanja:

Michaelis-Menteničin model. Utjecaj pH i temperature na aktivnost enzima. Inhibicija enzimske aktivnosti.

Ishodi učenja:

Skicirati Michaelis-Menteničin dijagram i rastumačiti kinetička svojstva enzima. Obrazložiti i primjerom te grafičkim prikazom potkrijepiti faktore enzimske aktivnosti.

P6 Enzimi: regulacijske strategije.

Sadržaj predavanja:

Alosterička kontrola. Izoenzimi. Kovaletna modifikacija. Proteoliza.

Ishodi učenja:

Objasniti načine regulacije enzimske aktivnosti i njihov značaj u koordinaciji biokemijskih procesa u organizmu.

P7 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.

P8 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.

P9 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.

P10 Put pentoza-fosfata.

Sadržaj predavanja:

Oksidativni i neoksidativni ogranak puta pentoza fosfata.

Ishodi učenja:

Usporediti ulogu oksidativnog i neoksidativnog ogranka puta pentoza-fosfata i navesti tkivnu i staničnu lokalizaciju puta. Obrazložiti razlike te prikazati reakcije transketolaze i transaldolaze. Protumačiti međudjelovanje glikolize i puta pentoza-fosfata obzirom na potrebe za NADPH, riboza-5-fosfatom i ATP. Izložiti ulogu NADPH u biološkim procesima. Protumačiti biokemijsku podlogu hemolitičke anemije inducirane lijekovima, favizma i posljedice manjka tiamina.

P11 Oksidacijska dekarboksilacija piruvata.

Sadržaj predavanja:

Multienzimski kompleks piruvat-dehidrogenaza.

Ishodi učenja:

Prikazati sumarnom jednadžbom reakciju 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 acetil-CoA. Objasniti biološku ulogu tiamina, pantotenske kiseline, riboflavina i niacina.

P12 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 acetil-CoA iz proteina, ugljikohidrata i triacilglicerola. Navesti osnovnu ulogu, staničnu lokalizaciju i uvjete u kojima je ciklus aktivan. Opisati i reakcijama prikazati slijed reakcija oksidacije acetilne jedinice u ciklusu limunske kiseline. Izložiti stehiometriju i bilancu stvaranja ATP pri oksidaciji jednog mola acetil-CoA. Navesti međuprodukte preko kojih je ciklus povezan s metabolizmom proteina i lipida. Protumačiti amfiboličku prirodu ciklusa. Demonstrirati na primjeru i protumačiti značaj anaplerotskih reakcija.

P13 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.

P14 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 energetske učinak respiracijskog lanca i njegovu regulaciju. Izložiti i primjerima ilustrirati posljedice inhibicije oksidacijske fosforilacije. Objasniti posljedice nepotpune redukcije kisika.

P15 Probava i mobilizacija neutralnih masti.

Sadržaj predavanja:

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

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. Definirati i objasniti metaboličku ulogu i gliceroneogeneze.

P16 β -oksidacija masnih kiselina.

Sadržaj predavanja:

Biološki važne masne kiseline. Razgradnja zasićenih masnih kiselina.

Ishodi učenja:

Klasificirati masne kiseline i prikazati njihovu strukturu. Navesti izvore i ulogu masnih kiselina u organizmu i njihovu metaboličku sudbinu. Objasniti i reakcijama prikazati pojedine korake razgradnje zasićenih masnih kiselina. Protumačiti ulogu karnitina u razgradnji. Izračunati energetske bilancu i izložiti stehiometriju razgradnje zasićenih masnih kiselina

P17 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 i reakcijama prikazati pojedine korake u biosintezi masnih kiselina. Izračunati energetske bilancu i izložiti stehiometriju sinteze zasićenih masnih kiselina. Usporediti biosintezu i razgradnju masnih kiselina, navesti kontrolna mjesta i suprotstaviti mehanizme za regulaciju tih procesa.

P18 Metabolizam ksenobiotika.

Sadržaj predavanja:

Reakcije faze I i faze II u biotransformaciji ksenobiotika.

Ishodi učenja:

Protumačiti građu enzima iz obitelji citokroma P450 i njihov značaj u metabolizmu endogenih i egzogenih spojeva. Objasniti značajke faze I i II u biotransformaciji i metabolizmu ksenobiotika. Izložiti put metaboličke pretvorbe i biotransformacije etanola i nekog okolišnog zagađivala.

P19 Biosinteza i prijenos neutralnih masti.

Sadržaj predavanja:

Biosinteza triacilglicerola.

Ishodi učenja:

Izložiti biosintezu triacilglicerola i osobitosti te sinteze u jetri i masnom tkivu. Opisati prijenos endogenih triacilglicerola u krvotoku.

P20 Metabolizam kolesterola.

Sadržaj predavanja:

Izoprenoidni lipidi. Sintaza, 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.

P21 Razgradnja proteina.

Sadržaj predavanja:

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

Ishodi učenja:

Klasificirati proteolitike 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 enzimске razgradnje aminokiselina i objasniti ulogu vitamina B6 u tim procesima.

P22 Nепroteinski dušikovi spojevi.

Sadržaj predavanja:

Biogeni amini. Kateholamini. Kreatin i kreatin-fosfat. Hormoni štitnjače.

Ishodi učenja:

Prikazati i 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). Komentirati posljedice nedostatka joda.

P23 Katabolizam dušika amino-skupine aminokiselina.

Sadržaj predavanja:

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

Ishodi učenja:

Opisati i prikazati 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.

P24 Ciklus uree.

Sadržaj predavanja:

Pojedine reakcije ciklusa uree. Regulacija ciklusa uree.

Ishodi učenja:

Objasniti i prikazati ulazak amonijaka u ciklus uree. Shematski prikazati i 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.

P25 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.

P26 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.

P27 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.

P28 Signalne molekule.

Sadržaj predavanja:

Vrste i uloga signalnih molekula u regulaciji metabolizma. Signalne molekule i njihovi receptori.

Ishodi učenja:

Objasniti principe stanične signalizacije. Navesti vrste signalnih molekula obzirom na topljivost. Objasniti ulogu receptora u prijenosu signala.

P29 Načela stanične signalizacije.

Sadržaj predavanja:

Putovi provođenja signala

Ishodi učenja:

Definirati hormone i hormonima slične tvari. Navesti principe hormonske regulacije. Objasniti načine djelovanja peptidnih hormona: hormonski receptori, G proteini, drugi glasnici. Objasniti aktivaciju cAMP i fosfolipaze C. Objasniti mehanizme djelovanja steroidnih hormona aktivacijom gena. Objasniti mehanizme djelovanja eikozanoida.

P30 Integracija metabolizma.

Sadržaj predavanja:

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

Ishodi učenja:

Izložiti osobitosti metaboličkog profila u mozgu, 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 seminara s pojašnjenjem:

S1 Arhitektura proteina.

Sadržaj predavanja:

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

Ishodi učenja:

Klasificirati proteine prema njihovoj funkciji i obliku i navesti najznačajnije predstavnike iz svake klase proteina. Razlikovati strukturu globularnih i fibrilarnih proteina i povezati ih s njihovom funkcijom. Navesti i definirati razine organizacije strukture proteina i ilustrirati značenje intra- i intermolekulskih veza i sila u izgradnji proteina. Izložiti trodimenzijsku strukturu peptidne okosnice. Razlikovati i opisati periodičke i neperiodičke elemente sekundarne strukture. Razlikovati i izložiti značajke tercijske strukture globularnih proteina topljivih u vodi i transmembranskih proteina, motive i domene. Razlikovati primarnu strukturu od konformacije peptidnog lanca. Definirati denaturaciju i obrazložiti njen značaj u biološkim sustavima. Povezati pogreške u smatanju proteina s konformacijskim bolestima.

S2 Enzimi: svojstva i mehanizam djelovanja.

Sadržaj seminara:

Podjela enzima i kofaktora. Mehanizam enzimске katalize. Pretraživanje enzimске baze podataka BRENDA.

Ishodi učenja:

Navesti i pojasniti osobine enzima. Podijeliti enzime i kofaktore prema tipu katalizirane reakcije. Objasniti ulogu vitamina u djelovanju enzima i posljedice njihova manjka. Razjasniti princip enzimске katalize. Prikupiti podatke o ezimimu α -amilazi (*Homo sapiens*) pretraživanjem baze podataka BRENDA.

S3 Metabolizam: osnovni pojmovi i svojstva.

Sadržaj predavanja:

Metabolički putovi. Načela regulacije metabolizma. Energijom bogati spojevi. Aktivirani prenositelji. Stanično disanje.

Ishodi učenja:

Izložiti osnovne funkcije metabolizma te rastumačiti anaboličke i kataboličke putove. Izložiti osnovnu strategiju metabolizma i obrasce koji se susreću u njegovoj regulaciji. 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.

S4 Metabolizam ostalih heksoza. Test 1.

Sadržaj seminara:

Metabolizam fruktoze i galaktoze.

Ishodi učenja:

Objasniti ulazak fruktoze i galaktoze u glikolizu i glukoneogenezu. Objasniti biokemijsku osnovu galaktozemije i katarakte. Komentirati doprinos fruktoze pretilosti i rizika za bolesti srca. Kratka provjera usvojenosti gradiva iz nastavne cjeline: Struktura i uloga proteina i enzima.

S5 Regulacija glikolize i glukoneogeneze.

Sadržaj seminara:

Regulacija glikolize i glukoneogeneze.

Ishodi učenja:

Navesti kontrolna mjesta glikolize i glukoneogeneze te mehanizme za regulaciju brzine tih puteva. 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.

S6 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.

S7 Metabolička raskrižja. Ponavljanje.

Sadržaj seminara:

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

Ishodi učenja:

Izložiti izvore i metaboličke tokove glukoza-6-fosfata, piruvata i acetyl-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 energetska bilancu stvaranja ATP pri aerobnoj i anaerobnoj glikolizi.

S8 Posebni slučajevi razgradnje masnih kiselina. Ketogeneza i ketoliza. Test 2.

Sadržaj seminara:

Razgradnja masnih kiselina s neparnim brojem ugljikovih atoma. Razgradnja nezasićenih masnih kiselina.

Razgradnja masnih kiselina izrazito dugoga lanca. Sinteza i iskorištavanje ketonskih tijela.

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. Protumačiti biokemijsku podlogu terapijske primjene Lorenzovog ulja. Izložiti biosintezu ketonskih tijela i iskorištavanje u ekstrahepatičkim tkivima, fiziološke uvjete njihova stvaranja te posljedice nastanka. Kratka provjera usvojenosti gradiva iz nastavne cjeline: Prijenos i pohranjivanje energije-Metabolizam ugljikohidrata.

S9 Biosinteza nezasićenih masnih kiselina i njihovih derivata.

Sadržaj seminara:

Biosinteza jednostruko i višestruko nezasićenih masnih kiselina. Eikozanodi.

Ishodi učenja:

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, opisati građu te objasniti fiziološku ulogu i sintezu eikozanoda.

S10 Metabolizam složenih lipida

Sadržaj seminara:

Biosinteza i biorazgradnja fosfolipida i glikolipida.

Ishodi učenja:

Kalsificirati 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.

S11 Derivati kolesterola. Metabolizam lipoproteina: integracija/ponavljanje.

Sadržaj seminara:

Žučne soli. Sterodni hormoni. Vitamin D3.

Ishodi učenja:

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

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

S12 Metabolizam ugljikova kostura aminokiselina: C3, C4 i C5 obitelj aminokiselina.

Sadržaj seminara:

Aminokiseline koje se razgrađuju do piruvata, oksaloacetata i α -ketoglutarata.

Ishodi učenja:

Navesti osnovne međuprodukte nastale razgradnjom ugljikovog kostura pojedinih skupina aminokiselina i objasniti njihovu metaboličku sudbinu. Imenovati ketogene i glukogene aminokiseline. Reakcijama prikazati i izložiti metaboličku sudbinu aminokiselina koje se razgrađuju do piruvata, oksaloacetata i α -ketoglutarata te navesti i opisati sintezu i ulogu specifičnih produkata nastalih iz tih aminokiselina (dušikov(I) oksid, glutatton). Sažeti i reakcijama prikazati katabolizam dušika amino-skupine aminokiselina.

S13 Metabolizam ugljikova kostura aminokiselina: aminokiseline sa sumporom, razgranate i aromatske aminokiseline.

Sadržaj seminara:

Razgradnja aminokiselina sa sumporom, razgranatih i aromatskih aminokiselina.

Ishodi učenja:

Primjeniti osnovne reakcije u metabolizmu aminokiselina u razgradnji aminokiselina sa sumporom, razgranatih i aromatskih aminokiselina. Protumačiti ciklus aktivirane metilne skupine. Objasniti pojam „folatna zamka“ i kliničke implikacije takvog metaboličkog stanja. Izložiti metaboličku sudbinu aromatskih i razgranatih aminokiselina. Ukazati na specifične produkte koji nastaju metabolizmom aromatskih aminokiselina i pojasniti njihovu ulogu i sintezu (serotonin, kateholamini, niacin, melanin). Objasniti biokemijsku podlogu nasljednih poremećaja u metabolizmu Phe, Tyr, Cys i Met, i razgranatih aminokiselina.

S14 Specifični produkti nastali iz aminokiselina. Test III.

Sadržaj seminara:

Metabolizam hema. Metabolizam purinskih i pirimidinskih baza.

Ishodi učenja:

Navesti preteče i međuprodukte u biosintezi porfirinskog sustava i povezati smetnje u toj biosintezi s porfirijama. Izložiti proces razgradnje hemoglobina i njegove (patofiziološke) posljedice. Opisati strukturne značajke i imenovati različite klase nukleotidnih metabolita. Navesti preteče, glavne međuprodukte i ključne regulacijske reakcije u biosintezi purina i pirimidina (*de novo* te reakcijama iz metaboličkog otpada). Pojasniti središnju ulogu 5-fosforibozil-1-pirofosfata u metabolizmu nukleotida te povezati njegovu sintezu s putem pentoza-fosfata. Protumačiti značaj hipoksantin-fosforibozil-transferaze u metabolizmu purina u fiziološkim i patofiziološkim uvjetima. Sažeti biosintezu deoksiribonukleotida, s osvrtom na biosintezu deoksitimidilata. Obrazložiti ulogu folne kiseline u biosintezi timidilata i posljedice njena manjka. Objasniti učinke fluor-uracila i metotreksata u biosintezi timidilata. Izložiti biokemijsku podlogu gihta i farmakološkog pristupa u terapiji toga stanja.

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

Popis vježbi s pojašnjenjem:

V1 Kvalitativna i kvantitativna analiza proteina.

Sadržaj vježbi:

Kvalitativne reakcije na proteine. Kvantitativno određivanje ukupnih proteina u serumu metodom po Lowryju. Izoelektrični pH. Proteini seruma (teorijski). 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 temeljem baždarnog dijagrama odrediti koncentraciju proteina u nepoznatom uzorku. Primijeniti stečeno znanje o fizikalnim svojstvima proteina za određivanje izoelektričnog pH otopine proteina. Objasniti princip elektroforeze. Navesti frakcije i glavne predstavnike pojedinih klasa proteina seruma te ukazati na njihovu ulogu.

V2 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.

V3 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. Primijeniti metodu za određivanje koncentraciju glukoze u serumu i interpretirati rezultat temeljem usvojenog znanja o značaju održavanja koncentracije glukoze u krvi stalnom.

V4 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). Virtualni laboratorij: simulacija probava masti pomoću lipaze gušterače

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. Objasniti princip određivanja enzimske aktivnosti lipaze gušterače mjerenjem pH vrijednosti. Imenovati produkte hidrolize masti i objasniti ulogu žuči u tom procesu. Objasniti učinak uvjeta sredine na aktivnost lipaze te ih raspraviti u kontekstu fiziološkog procesa probave.

V5 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. Virtualni laboratorij: simulacija probave proteina pomoću pepsina.

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. Objasnite princip određivanja enzimske

aktivnosti pepsina pomoću BAPNA testa. Objasniti specifičnost pepsina prema supstratu i o učincima temperature i pH na aktivnost pepsina te ih raspraviti u kontekstu fiziološkog procesa probave.

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, student mora 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 na potpis i ne može pristupiti završnom ispitu. Time je prikupio 0 ECTS bodova, ocjenjuje se ocjenom 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. 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, krpu), 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. 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.

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:

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.

U vrednovanju rada studenata uzima se u obzir uspješnost studenata tijekom nastave te na završnom ispitu. Tijekom nastave studenti mogu ostvariti do najviše **70 ocjenskih bodova** te do najviše **30 ocjenskih bodova** na završnom ispitu, odnosno ukupno maksimalno **100 ocjenskih bodova**.

Pojedine nastavne aktivnosti studenata za kolegij Biokemija u akademskoj godini 2021./2022. 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	1. cjelina	20
		2. cjelina	5
	Međuispit II	1. cjelina	20
		2. cjelina	5
	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
	Ukupno	10
UKUPNO	Ukupno	70
Završni ispit	Pisani dio	15
	Usmeni dio	15
	Ukupno	30
UKUPNO	Ukupno	100

Međuispiti

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

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

Na **međuispitu II** provjerava se gradivo predavanja P15-P30, seminara S8-S14 te vježbi V4-V5.

Na međuispitima I-II student može ostvariti ukupno 50 ocjenskih bodova. Na svakoj takvoj provjeri znanja student od ukupnog broja zadataka mora ostvariti minimalno 50% točnih odgovora kako bi zadovoljio kriterije za dobivanje ocjenskih bodova.

Međuispit I i II sastoji se od dvije cjeline.

Prva cjelina obuhvaća 40 zadataka višestrukog izbora. Rješavanjem prve ispitne cjeline svakog međuispita student može ostvariti najviše 20 ocjenskih bodova.

Ocjenski bodovi za prvu cjelinu međuispita I-II dodjeljuju se prema bodovnoj skali ocjenjivanja navedenoj u tablici 2.

Druga cjelina odnosi se na poznavanje strukture biološki važnih molekula i reakcija metabolizma, a sastoji se od 5 pitanja. Rješavanjem druge ispitne cjeline svakog međuispita student može ostvariti najviše 5 ocjenskih bodova.

Ocjenski bodovi za drugu cjelinu međuispita I-II dodjeljuju se prema bodovnoj skali ocjenjivanja navedenoj u tablici 3.

Pristupanje međuispitima je obvezno. Položeni međuispiti vrijede tijekom tekuće akademske godine.

Tablica 2. Vrednovanje prve cjeline međuispita I-II.

Broj točno riješenih zadataka	Postotak točno riješenih zadataka (%)	Ocjenski bodovi
20	50,00	10,0
21	52,50	10,5
22	55,00	11,0
23	57,50	11,5
24	60,00	12,0
25	62,50	12,5
26	65,00	13,0
27	67,50	13,5
28	70,00	14,0
29	72,50	14,5
30	75,00	15,0
31	77,50	15,5
32	80,00	16,0
33	82,50	16,5
34	85,00	17,0

35	87,50	17,5
36	90,00	18,0
37	92,50	18,5
38	95,00	19,0
39	97,50	19,5
40	100	20,0

Tablica 3. Vrednovanje druge cjeline međuispita I-II.

Broj točno riješenih zadataka	Ocjenski bodovi
2,5	2,5
3,0	3,0
3,5	3,5
4,0	4,0
4,5	4,5
5,0	5,0

Laboratorijske vježbe

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.

Na ulaznom kolokviju provjerava se pripremljenost studenta za izvođenje vježbe. Provjera znanja na ulaznom kolokviju je pismena i temelji se na pitanjima koja zahtijevaju kratak odgovor. Student mora ostvariti najmanje 0,5 ocjenska boda 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 ocjenska boda: 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 ocjenska boda: - 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

U semestru je planirano 14 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 ocjenska 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 prema kriterijima s kojima će studenti biti upoznati tijekom nastave. 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 ocjenska boda: 50,0-59,9%
- 1,0 ocjenski bod: 60,00-79,9%
- 1,5 ocjenska boda: 80,00-89,90%

2,0 ocjenska boda: 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.

Ispravak međuispita

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

Student koji želi ostvariti veći broj bodova na međuispitima dobiva one ocjenske bodove koje je ostvario ispravkom međuispita. Ocjenski bodovi za ispravak međuispita dodjeljuju se prema kriterijima navedenim u tablici 2 i tablici 3.

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

Završni ispit

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.

Student koji tijekom nastave i/ili nakon ispravka međuispita ostvari od 0 do 34,99 ocjenskih bodova i/ili je izostao s više od 30% svih oblika nastave ocjenjuje se ocjenom F (neuspješan), ne može steći ECTS bodove i mora ponovo upisati kolegij Biokemija.

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 4.

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 4. 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

Oblikovanje konačne ocjene

Konačna ocjena je zbroj ocjenskih bodova ostvarenih tijekom nastave i ocjenskih bodova ostvarenih na završnom ispitu.

Ocjenjivanje u ECTS sustavu provodi se apsolutnom raspodjelom, odnosno temeljem konačnog postignuća na sljedeći način:

- A – 90-100 ocjenskih bodova
 B – 75-89,9 ocjenskih bodova
 C – 60-74,9 ocjenskih bodova
 D – 50-59,9 ocjenskih bodova
 F – 0-49,9 ocjenskih bodova

Brojčani sustav ocjenjivanja uspoređuje se s ECTS sustavom na sljedeći način:

- A - izvrstan (5)
 B – vrlo dobar (4)
 C – dobar (3)
 D – dovoljan (2)
 F – nedovoljan (1)

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.

Akadska 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: utorak 9,00-10,00 (i prema dogovoru sa studentima)

Tel. 051 651 159

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 (i prema dogovoru sa studentima)

Tel. 051 651 211

e-mail: robert.domitrovic@uniri.hr

izv. prof. dr.sc. Marin Tota, mr. ph.

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

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

Tel. 051 651 133

e-mail: marin.tota@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 riješavati 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 2021./2022. godinu)

Datum	Predavanja (vrijeme i mjesto)	Seminari (vrijeme i mjesto)	Vježbe (vrijeme i mjesto)	Nastavnik
1. 3. 2022. (1. tjedan)	P 1,2 10,00-12,00 Predavaona 15			Doc.dr.sc. J. Marinić
3. 3. 2022.		S1 (grupa I i II) 11,00-14,00 Predavaona 4		Doc.dr.sc. J. Marinić
8. 3. 2022. (2. tjedan)	P 3,4 10,00-12,00 Predavaona 6			Doc.dr.sc. J. Marinić izv. prof. M. Tota
9. 3. 2022.			V1 (grupa I) 08,00-11,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
9. 3. 2022.			V1 (grupa II) 12,00-15,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
10. 3. 2022.		S2 (grupa I i II) 11,00-14,00 Predavaona 4		Doc.dr.sc. J. Marinić
15. 3. 2022. (3. tjedan)	P 5,6 10,00-12,00 Predavaona 6			Doc.dr.sc. J. Marinić
16. 3. 2022.			V2 (grupa I) 08,00-11,00 PraktikumZavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
16. 3. 2022.			V2 (grupa II) 12,00-15,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
17. 3. 2022.		S3 (grupa I i II) 11,00-13,00 Predavaona Z5, Fakultet zdravstvenih studija		Doc.dr.sc. J. Marinić
22. 3. 2022. (4. tjedan)	P 7,8 10,00-12,00 Predavaona 15			Doc.dr.sc. J. Marinić
24. 3. 2022.		S4 (grupa I i II) 11,00-13,00 Predavaona Z5, Fakultet zdravstvenih studija		Doc.dr.sc. J. Marinić
29. 3. 2022. (5. tjedan)	P 9,10 10,00-12,00 Predavaona 4			Doc.dr.sc. J. Marinić
31. 3. 2022.		S5 (grupa I i II) 11,00-13,00 Predavaona 1		Doc.dr.sc. J. Marinić

5. 4. 2022. (6. tjedan)	P 11,12 10,00-12,00 Predavaona 8			Prof.dr.sc.R.Domitrović
6. 4. 2022.			V3 (grupa I) 08,00-11,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
6. 4. 2022.			V3 (grupa II) 12,00-15,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
7. 4. 2022.		S6 (grupa I i II) 11,00-13,00 Predavaona 15		Doc.dr.sc. J. Marinić
12. 4. 2022. (7. tjedan)	P 13,14 10,00-12,00 Predavaona 15			Prof.dr.sc.R.Domitrović
14. 4. 2022.		S7 (grupa I i II) 11,00-13,00 Predavaona 4		Doc.dr.sc. J. Marinić
19. 4. 2022. (8. tjedan)	P 15,16 10,00-12,00 Predavaona 15			Doc.dr.sc. J. Marinić
21. 4. 2022.		S8 (grupa I i II) 11,00-13,00 Predavaona 2		Doc.dr.sc. J. Marinić
26. 4. 2022. (9. tjedan)	P 17,18 10,00-12,00 Predavaona 15			Doc.dr.sc. J. Marinić
28. 4. 2022.	Meduispit I 11,00-13,00 Predavaona 2			Doc.dr.sc. J. Marinić
3. 5. 2022. (10. tjedan)	P 19, 20 10,00-12,00 Predavaona 15			Doc.dr.sc. J. Marinić
5. 5. 2022.		S9 (grupa I i II) 11,00-13,00 Predavaona 2		Doc.dr.sc. J. Marinić
10 .5. 2022. (11. tjedan)	P 21, 22 10,00-12,00 Predavaona 15			Prof.dr.sc.R.Domitrović
11. 5. 2022.			V4 (grupa I) 08,00-11,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
11. 5. 2022.			V4 (grupa II) 12,00-15,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
12. 5. 2022.		S10 (grupa I i II) 10,00-12,00 Predavaona 8		Doc.dr.sc. J. Marinić

17. 5. 2022. (12. tjedan)	P 23, 24 10,00-12,00 Predavaona 15			Prof.dr.sc.R.Domitrović
19. 5. 2022.		S11 (grupa I i II) 11,00-13,00 Predavaona 2		Doc.dr.sc. J. Marinić
24. 5. 2022. (13. tjedan)	P 25, 26 10,00-12,00 Predavaona 15			Prof.dr.sc.R.Domitrović
26. 5. 2022.		S12 (grupa I i II) 11,00-13,00 Predavaona 2		Doc.dr.sc. J. Marinić
31. 5. 2022. (14. tjedan)	P 27, 28 10,00-12,00 Predavaona 9			Prof.dr.sc.R.Domitrović
1. 6. 2022.			V5 (grupa I) 08,00-11,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
1. 6. 2022.			V5 (grupa II) 12,00-15,00 Praktikum Zavoda	Doc.dr.sc. J. Marinić
2. 6. 2022.		S13 (grupa I i II) 11,00-13,00 Predavaona 2		Doc.dr.sc. J. Marinić
7. 6. 2022. (15. tjedan)	P 29,30 10,00-12,00 Predavaona 15			Prof.dr.sc.R.Domitrović Doc.dr.sc. J. Marinić
9. 6. 2022.		S14 (grupa I i II) 11,00-13,00 Predavaona 8		Doc.dr.sc. J. Marinić
10. 6. 2022.	Međuispit II 9,00-11,00 Predavaona 15			Doc.dr.sc. J. Marinić
15. 6. 2022.	Ispravak međuispita I-II			Doc.dr.sc. J. Marinić
30. 6. 2022.	Ispravak međuispita I-II			Doc.dr.sc. J. Marinić

	ISPITNI TERMINI (završni ispit)
1.	15. 6. 2022.
2.	30. 6. 2022.
3.	14. 7. 2022.
4.	5. 9. 2022.
5.	22. 9. 2022.

Popis predavanja, seminara i vježbi:

	PREDAVANJA (tema predavanja)	Broj sati nastave	Mjesto održavanja
P1	Uvod u kolegij. Proteinogene aminokiseline.	1	Predavaona 15
P2	Peptidi i proteini: primarna struktura i funkcija.	1	Predavaona 15
P3	Vlaknasti proteini.	1	Predavaona 6
P4	Globularni proteini: mioglobin i hemoglobin.	1	Predavaona 6
P5	Kinetika enzimskih reakcija.	1	Predavaona 6
P6	Enzimi: regulacijske strategije	1	Predavaona 6
P7	Probava i apsorpcija ugljikohidrata. Metabolički putovi ugljikohidrata.	1	Predavaona 15
P8	Glikoliza.	1	Predavaona 15
P9	Glukoneogeneza.	1	Predavaona 4
P10	Put pentozna-fosfata	1	Predavaona 4
P11	Oksidacijska dekarboksilacija piruvata.	1	Predavaona 8
P12	Ciklus limunske kiseline.	1	Predavaona 8
P13	Redoks sustavi i biološke oksidacije.	1	Predavaona 15
P14	Respiracijski lanac.	1	Predavaona 15
P15	Probava i mobilizacija neutralnih masti.	1	Predavaona 15
P16	β -oksidacija masnih kiselina.	1	Predavaona 15
P17	Biosinteza masnih kiselina <i>de novo</i> .	1	Predavaona 15
P18	Metabolizam ksenobiotika.	1	Predavaona 15
P19	Biosinteza i prijenos neutralnih masti.	1	Predavaona 15
P20	Metabolizam kolesterola.	1	Predavaona 15
P21	Razgradnja proteina.	1	Predavaona 15
P22	Neproteinski dušikovi spojevi.	1	Predavaona 15
P23	Katabolizam dušika amino-skupine aminokiselina.	1	Predavaona 15
P24	Ciklus uree.	1	Predavaona 15
P25	Struktura i funkcija nukleinskih kiselina.Replikacija.	1	Predavaona 15
P26	Transkripcija. Biosinteza proteina.	1	Predavaona 15
P27	Post-translacijske modifikacije.	1	Predavaona 9
P28	Signalne molekule.	1	Predavaona 9
P29	Načela stanične signalizacije.	1	Predavaona 15
P30	Integracija metabolizma..	1	Predavaona 15

	SEMINARI (tema seminara)	Broj sati nastave	Mjesto održavanja
S1	Arhitektura proteina.	3	Predavaona 4
S2	Enzimi: svojstva i mehanizam djelovanja.	3	Predavaona 4
S3	Metabolizam: osnovni pojmovi i svojstva.	2	Predavaona Z5, Fakultet zdravstvenih studija
S4	Metabolizam ostalih heksoza. Test 1.	2	Predavaona Z5, Fakultet zdravstvenih studija
S5	Regulacija glikolize i glukoneogeneze.	2	Predavaona 1
S6	Metabolizam glikogena i njegova regulacija.	2	Predavaona 15
S7	Metabolička raskrižja. Ponavljanje.	2	Predavaona 4
S8	Posebni slučajevi razgradnje masnih kiselina. Ketogeneza i ketoliza. Test 2.	2	Predavaona 2
S9	Biosinteza nezasićenih masnih kiselina i njihovih derivata.	2	Predavaona 2
S10	Metabolizam složenih lipida.	2	Predavaona 8
S11	Derivati kolesterola. Metabolizam lipoproteina: integracija/ponavljanje.	2	Predavaona 2
S12	Metabolizam ugljikova kostura aminokiselina: C3, C4 i C5 obitelj aminokiselina.	2	Predavaona 2
S13	Metabolizam ugljikova kostura aminokiselina: aminokiseline sa sumporom, razgranate i aromatske aminokiseline.	2	Predavaona 2
S14	Specifični produkti nastali iz aminokiselina. Test 3.	2	Predavaona 8
		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	