

# MEDICINSKA KEMIJA

ISHODI UČENJA po pojedinim nastavnim temama (predavanja, P; seminari, S; vježbe V)

## Fizikalna kemija (K1)

### PREDAVANJA

#### P1 Uvod u kemijske temelje života: Atomi i elementi

1. Identificirati i definirati kemijska svojstva i karakteristike atoma, molekule i iona.
2. Opisati pojmove apsolutne i relativne atomske mase, elektrona, protona i neutrona, izotopa i množine tvari.
3. Objasniti elektronsku konfiguraciju atoma i definirati pojam orbitale.
4. Navesti vrste orbitala i objasniti povezanost energije orbitala i rasporeda elektrona u atomu.
5. Nabrojati periodična svojstva elemenata, opisati energiju ionizacije, elektronski afinitet i polumjer atoma.
6. Objasniti značaj tih svojstva u definiranju osobitosti i kemijske reaktivnosti pojedinog kemijskog elementa.

#### P2 Kemijske veze

1. Opisati energetske promjene u stvaranju ionskog spoja.
2. Prepoznati utjecaj polumjera atoma i naboja iona na energiju kristalne rešetke.
3. Navesti razlike ionskih i molekulskih kristala.
4. Prepoznati i objasniti nastanak sigma i pi kovalentne veze.
5. Objasniti  $sp^3$ ,  $sp^2$ ,  $sp$ -hibridizaciju, razjasniti princip hibridizacije te oblik molekula koji pritom nastaje.
6. Identificirati principe stvaranja jednostruke, dvostruke i trostruke kovalentne veze s posebnim osvrtom na nastanak sigma i pi kovalentne veze.
7. Objasniti pojam polarnosti kovalentne veze i definirati elektronegativnost.
8. Prepoznati intra i intermolekulske veze i sile, opisati vodikovu vezu u vodi i biološkim sustavima s posebnim osvrtom na makromolekule i žive organizme.
9. Navesti karakteristike nekovalentnih interakcija (dipol-dipol, dipol-inducirani dipol) i njihovu biološku ulogu.

#### P3 Slobodne čestice: priroda plinova

1. Primijeniti zakon idealnog plina u računanju vrijednosti tlaka, volumena, temperature i količine plina.
2. Primijeniti Daltonov zakon parcijalnih tlakova za izračunavanje tlaka plinske smjese i parcijalnih tlakova plinova u smjesi.
3. Usporediti molarne mase i brzine molekula koristeći Grahamov zakon.
4. Koristiti kinetičku teoriju za objašnjavanje ponašanja idealnog plina ( $p$ ,  $V$ ,  $n$  i  $T$ ) te prosječne kinetičke energije i prosječne brzine.

#### P4 Tvari u smjesama

1. Navesti koligativna svojstva vodenih otopina.
2. Objasniti pojam povišenja temperature vrelišta i sniženje temperature ledišta.
3. Opisati proces osmoze i navesti Van't Hoffovu jednadžbu za izračunavanje osmotskog tlaka otopine.
4. Prepoznati svojstva različitih otopina s posebnim osvrtom na otopine elektrolita.
5. Definirati stupanj disocijacije elektrolita.
6. Razlikovati molarnu provodnost jakih i slabih elektrolita te objasniti pojam molarne provodnosti pri beskonačnom razrjeđenju.
7. Objasniti kako veličina iona utječe na molarnu provodnost elektrolita s naglaskom na ion vodika.

#### P5 Otopine elektrolita

1. Identificirati pojam kiseline i baze u okviru Brönsted – Lowryeve teorije i odnos konjugirana baza – konjugirana kiselina.
2. Objasniti proces ionizacije vode te izvod izraza ionskog produkta vode.
3. Objasniti pojam "pK" i načine iskazivanja kiselosti otopina.
4. Objasniti pojam amfolita i njihovo acido – bazično ponašanje te navesti karakteristične predstavnike bioloških amfolitskih molekula s posebnim osvrtom na molekulu vode.
5. Razjasniti proces hidrolize soli i načina djelovanja soli u vodenoj otopini u odnosu na promjenu pH.
6. Opisati mehanizme uključene u regulaciju acidobazne ravnoteže u organizmu i navesti pH vrijednost tjelesnih tekućina.
7. Poznavati sastav i ulogu puferskih otopina te navesti mehanizam djelovanja puferskih otopina u biološkim sustavima.
8. Objasniti Henderson-Hasselbachovu jednadžbu.

#### P6 Koloidno disperzni sustavi

1. Objasniti koloidno stanje tvari.
2. Navesti svojstva koloidnih otopina te razlikovati liofilne i liofobne koloide.
3. Opisati razliku svojstava sol i gel stanja.
4. Nabrojati karakteristike disperznih, asocijacijskih i makromolekulskih koloida.
5. Opisati značaj koloidnih otopina za živi organizam te primjenu koloidnih otopina i njihovih svojstava u medicini.
6. Objasniti pojam emulzije te razlikovati vrste emulgatora.
7. Prepoznati razlike fizičke i kemijske adsorpcije te navesti primjere polarnog i nepolarnog adsorbensa.
8. Razjasniti uzrok posebnih svojstava koloidnih otopina. Objasniti utjecaj Donnanove ravnoteže na vrijednost pH u stanici, osmotski tlak te stvaranje membranskih potencijala.

#### P7 Energija u prijelazu: prvi zakon termodinamike

1. Definirati razliku između promjene entalpije  $\Delta H$ , i promjene unutarnje energije  $\Delta U$  tijekom kemijske reakcije.
2. Objasniti razliku u standardnoj entalpiji oksidacije stearinske i oleinske kiseline.
3. Objasniti zašto nutricionistički izračuni koriste niži iznos energije oksidacije jedinične mase proteina u odnosu na iznos dobiven u kalorimetrijskoj bombi.
4. Primijeniti prvi zakon termodinamike na prijelaz energije oksidacije hranjivih tvari u ljudskim stanicama.

#### P8 Ravnoteža u homogenim i heterogenim sustavima

1. Definirati konstantu ravnoteže kemijske reakcije.
2. Definirati dinamičku ravnotežu.
3. Objasniti smjer kemijske reakcije nakon što se reakcije u ravnoteži podvrgne promjeni uvjeta (koncentracije, tlaka ili temperature).
4. Objasniti distribucijsku ravnotežu i princip plinsko-tekućinske kromatografije.

#### P9 Brzina kemijske promjene

1. Definirati brzinu kemijske reakcije i njene jedinice mjere.
2. Navesti koordinatne osi grafova koji daju linearnu ovisnost brzina kemijskih reakcija prvog i drugog reda.
3. Usporedite ovisnosti vremena poluživota reakcija prvog i drugog reda
4. Definirati temeljna načela kinetike kemijskih reakcija i regulaciju brzine reakcije.
5. Predložiti termodinamičko objašnjenje zašto katalizator ne može promijeniti položaj ravnoteže kemijske reakcije.

6. Definirati pojam prijelaznog stanja i predložiti ulogu prijelaznog stanja u snižavanju energije aktivacije.

#### P10 Prirodni smjer promjene: drugi zakon termodinamike

1. Definirati i objasniti ulogu entropije u biokemijskim reakcijama.
2. Definirati i objasniti povezanost između Gibbsove slobodne energije ( $\Delta G'$ ) i standardne slobodne energije ( $\Delta G^\ominus$ ).
3. Primijeniti jednadžbu za Gibbsovu slobodnu energiju kod izračunavanja slobodne energije i ravnoteže spregnutih reakcija.
4. Objasniti mogućnost sinteze 2 ATP tijekom glikolize.

#### P11 Elektrokemija i reakcije u usnoj šupljini

1. Objasniti ovisnost potencijala elektrode (polučlanka) o koncentraciji iona.
2. Objasniti kako se mjerenje elektromotorne sile ( $E$ ) članka koristi za dobivanje termodinamičkih podataka, kao što je vrijednosti  $\Delta G$  reakcije.
3. Odrediti ovisnost između konstante ravnoteže  $K_c$  i standardnog  $E^\ominus$  reakcije.
4. Navesti jednadžbu za izračun  $E^\ominus$  članka iz poznatih potencijala redukcije dvaju polučlanaka.
5. Navesti biološki značajne oksidacijsko – redukcijske sustave.
6. Objasniti snabdijevanje bioloških sustava energijom.
7. Objasniti zašto pacijent s amalgamskom plombom u kontaktu sa zlatnom zubnom navlakom osjeća metalni okus u usnoj šupljini.
8. Objasniti neugodan osjet trešnje strujom u usnoj šupljini kod ugriza aluminijske folije zubom s amalgamskom plombom

#### P12 Kemijske reakcije u usnoj šupljini i zubna caklina

1. Na temelju konstante produkta topljivosti ( $K_{pt}$ ) hidroksiapatita objasniti kako koncentracije pojedinih iona utječu na procese mineralizacije i demineralizacije zubne cakline.
2. Objasniti zašto se kod povećanja kiselosti teže postiže vrijednost  $K_{pt}$  hidroksiapatita i zašto u kiselom sadržaju usne šupljine fluoridni ioni mogu štiti caklinu od demineralizacije.
3. Objasniti kako karbonatni ioni i enzim karboanhidraza utječu na stabilnost cakline.
4. Usporediti stehiometriju kristala koji izgrađuju caklinu i kamenac te objasniti u kojim uvjetima caklina može nestajati na račun nastajanja kamenca.

### SEMINARI UZ VJEŽBE (SV) I VJEŽBE (V)

#### SV1+V1 Osnove kemijskog računanja. Priprema otopina

1. Navesti osnovna pravila i načela rada u kemijskom laboratoriju.
2. Definirati pojmove relativne atomske, relativne molekulske i molarne mase te množine.
3. Prikazati različite načine izražavanja sastava otopina (različite vrste udjela, koncentracija, gustoća) i preračunavati jedan način izražavanja sastava otopine u drugi.
4. Izračunati potrebne podatke za pripremu razrijeđene otopine iz koncentrirane otopine.
5. Uravnotežiti kemijske jednadžbe temeljem zadanih reaktanata.
6. Opisati osnovno laboratorijsko posuđe.
7. Pripremiti otopine zadanog sastava.

#### SV2+V2 Kvalitativna analiza biološki važnih kationa i aniona

1. Opisati načela kvalitativne kemijske analize.
2. Argumentirati sličnost dokazivanja  $Fe^{2+}$  i  $Fe^{3+}$ .
3. Nabrojiti neke reakcije za dokazivanje  $Ca^{2+}$ .
4. Usporediti rezultate reakcija dokazivanja  $Cl^-$  i  $CO_3^{2-}$  taloženjem srebrovim ionom.
5. Usporediti rezultate reakcija dokazivanja  $K^+$  i  $Na^+$  bojenjem plamenom.
6. Analizirati katione ( $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ) u nepoznatim uzorcima.
7. Analizirati anione ( $Cl^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NO_3^-$ ) u nepoznatim uzorcima.
8. Prikazati dobivene rezultate soli u pojedinim uzorcima.

#### SV3+V3 Optičke metode u medicinskoj kemiji

1. Usporediti kvalitativnu i kvantitativnu analizu.

2. Opisati metode spektrofotometrije i polarimetrije.
3. Dati primjer optički aktivnih spojeva.
4. Objasniti baždarni pravac.
5. Pripremiti standardne otopine  $\text{Fe}^{3+}$  iona.
6. Odrediti apsorbancije otopina prema slijepoj probi.
7. Konstruirati baždarni pravac ovisnosti apsorbancije o masi željeza.
8. Doznati masu željeza u nepoznatoj otopini korištenjem baždarnog pravca.
9. Samostalno rješavati računске zadatke iz spektrofotometrije i polarimetrije.

#### SV4+V4 Plinski zakoni. Ioni u otopinama. Osmotski tlak

1. Definirati idealne i realne plinova te nabrojati varijable stanja plina.
2. Objasniti plinske zakone.
3. Objasniti osmozu, osmotski tlak, povišenje vrelišta, sniženje ledišta, usporediti elektrolite s neelektrolitima.
4. Prosuditi odnos osmotskog tlaka jedne otopine u odnosu na drugu (hipertonična, hipotonična ili izotonična).
5. Izvesti mjerne jedinice i zaključiti koje se mjerne jedinice koriste u formulama.
6. Razlikovati elektrolite od neelektrolita.
7. Predvidjeti na koliko će čestica disocirati formulska jedinka.
8. Samostalno rješavati zadatke iz plinskih zakona i koligativnih svojstava otopina.
9. Kritički i argumentirano objasniti rezultate izračuna.

#### SV5+V5 Volumetrija: metode neutralizacije

1. Opisati osnovni princip kvantitativne analitičke kemijske analize.
2. Opisati različite kvantitativne metode kemijske analize.
3. Definirati pojam standardne otopine, kiseline i baze.
4. Uravnotežiti kemijske jednadžbe u reakcijama korištenim pri metodi neutralizacije.
5. Razrijediti uzorak i odmjeriti alikvot za analizu.
6. Izvesti acidimetrijsku i alkalimetrijsku titraciju te izračunati mase baze odnosno kiseline u uzorcima.

#### SV6+V6 Volumetrija: metode oksidoredukcije

1. Definirati reakcije oksidacije i redukcije te pojmove reducens i oksidans.
2. Definirati standardnu otopinu i indikator za pojedine redoks reakcije.
3. Uravnotežiti kemijske jednadžbe u reakcijama korištenim pri redoks titraciji.
4. Izvesti oksidoredukcijску titraciju.
5. Računati nepoznatu masu tvari u početnom uzorku na osnovu analize alikvota i poznavanja stehiometrije redoks reakcije.

#### SV7+V7 Kiseline, baze, pH i puferi

1. Objasniti razliku između titracijske i aktualne kiselosti.
2. Izračunati pH jakih i slabih kiselina i baza.
3. Izračunati pH puferskih otopina koristeći Henderson-Hasselbachovu jednadžbu.
4. Opisati učinak dodavanja elektrolita sa zajedničkim ionom slaboj kiselini/lužini.
5. Pripremiti fosfatne puferne određenih pH vrijednosti.
6. Provesti pokus određivanja kapaciteta pripremljenog pufera prema jakoj kiselini ili bazi.
7. Ispitati pH zadane otopine i kemijskom jednadžbom objasnite dobiveni rezultat.
8. Demonstrirati pokus suzbijanja disocijacije octene kiseline na osnovu učinka zajedničkog aniona uz indikator metiloranž.
9. Demonstrirati pokus otapanja magnezijeva hidroksida na osnovu učinka zajedničkog kationa na suzbijanje disocijacije slabe baze.

#### SV8+V8 Energetika i kinetika kemijskih reakcija

1. Opisati termokemijske jednadžbe.
2. Definirati i opisati jednadžbama entropiju i Gibbsovu energiju.
3. Definirati pojam kemijske kinetike.
4. Nabrojiti i opisati faktore koji utječu na brzinu reakcije.
5. Definirati red reakcije.

- Izračunati nepoznate termokemijske podatke na osnovu poznatih termokemijskih jednažbi.
- Računski odrediti smjer kemijske reakcije.
- Izračunati konstantu brzine reakcije.
- Izračunati sastav reakcijske smjese nakon određenog vremena od početka reakcije.
- Izračunati energiju redoks reakcije koju je moguće iskoristiti za obavljanje rada.

#### SV9+V9 Potenciometrijska titracija aminokiselina

- Nabrojiti ionizirajuće skupine aminokiselina i razlikovati njihove  $pK_a$  vrijednosti.
- Izračunati pH nepuferirane vodene otopine aminokiseline i promjene u pH vrijednosti nakon dodatka određene količine jake kiseline ili lužine.
- Objasniti pojam  $pI$  i razjasniti povezanost s ukupnim nabojem poliprotorskog elektrolita.
- Objasniti kako se pH,  $pK_a$  i  $pI$  mogu koristiti za predviđanje pokretljivosti poli-elektrolita poput aminokiseline pod djelovanjem istosmjernе struje.
- Koristiti pH-metar za mjerenje promjene pH vrijednosti nakon dodatka određenih količina jake kiseline ili jake lužine u uzorak nepoznate aminokiseline.
- Crtati titracijsku krivulju nepoznate aminokiseline na osnovu podataka dobivenih u prethodnom ishodu.
- Iz oblika krivulje predvidjeti broj ionizirajućih skupina aminokiseline.
- Iz krivulje očitati  $pK_a$  vrijednosti aminokiseline.
- Izračunati molarnu masu nepoznate aminokiseline te iz tablice s molarnim masama i  $pK_a$  vrijednostima zaključiti o kojoj se aminokiselini radi.

## Organska kemija (K2)

### PREDAVANJA

#### P13 Uvod u organsku kemiju. Zasićeni i nezasićeni ugljikovodici; fizikalna i kemijska svojstva. zomeri

- Objasniti osnovna kemijska svojstva ugljika u organskim spojevima.
- Opisati nomenklaturu ugljikovodika (prema IUPAC-u).
- Objasniti kemijska i fizikalna svojstva alkana (oksidacija i halogeniranje), alkena i alkina (elektrofilna adicija i hidrogenacija).
- Objasniti pojam konstitucijskih i strukturnih izomera te prikazati određivanje navedenih izomera na primjeru zadanog spoja.
- Razlučiti homolitičko i heterolitičko cijepanje molekula i nastalih produkata.
- Razlikovati strukturne, geometrijske izomere i konformere.

#### P14 Alkeni. Stereokemija

- Opisati strukture najvažnijih alkena i izvesti njihov pripadajući naziv prema IUPAC nomenklaturi.
- Objasniti razliku između  $\sigma$ -veze i  $\pi$ -veze.
- Opisati razliku između geometrijskih stereoizomera.
- Objasniti kemijsku reakciju elektrofilne adicije.
- Prepoznati asimetrični C-atom i razlikovati vrste stereoizomera (enantiomere, diastereoizomere i mezo-spojeve).
- Predvidjeti D i L konfiguraciju zadanog spoja u usporedbi sa standardom.

#### P15 Ciklički i aromatski ugljikovodici

- Usporediti stabilnost ciklopropana i cikloheksana te objasniti konformaciju cikloheksana.
- Usporediti fizikalna i kemijska svojstva konjugiranih i nekonjugiranih diena.
- Objasniti stabilnost benzena s obzirom na rezonanciju.
- Prikazati reakciju elektrofilne aromatske supstitucije.
- Razlikovati orto, meta, para disupstituirane derivate benzena.

#### P16 Spojevi s kisikom. Aldehidi. Ketoni

1. Opisati strukture najvažnijih alkohola, kao i njihova fizikalna i kemijska svojstva.
2. Opisati strukture najvažnijih aldehida i ketona i izvesti njihov pripadajući naziv prema IUPAC nomenklaturi.
3. Poznavati fizikalna i kemijska svojstva karbonilnih spojeva, najvažnije predstavnike aldehida i ketona.
4. Opisati nukleofilnu adiciju na karbonilnu skupinu.
5. Opisati reakcije oksidacije i redukcije karbonilnih spojeva te njihov značaj u organizmu.
6. Opisati strukture nižih i viših karboksilnih kiselina i navesti njihova fizikalna i kemijska svojstva.
7. Objasniti zašto karboksilne kiseline imaju visoko vrelište.
8. Opisati strukture oksokiselina i hidroksikarbonskih kiselina.
9. Opisati ulogu i značaj derivata karboksilnih kiselina u organizmu (masti i ulja).

#### P17 Esteri i spojevi s dušikom

1. Opisati strukture estera i objasniti fizikalna svojstva estera.
2. Opisati strukture anhidrida.
3. Opisati strukture amina i amida, te opisati njihova svojstva.
4. Prikazati reakcije neutralizacije, esterifikacije i hidrolize derivata karboksilnih kiselina (estera, amida i anhidrida).
5. Prepoznati najvažnije heterocikličke spojeve (NAD<sup>+</sup>, FAD, dušične baze).
6. Prepoznati razlike purinskih i pirimidinskih baza.

#### P18 Biomolekule

1. Opisati opću strukturu aminokiseline, zwitter iona i objasniti izoelektričnu točku.
2. Razmotriti stvaranje i svojstva peptidne veze.
3. Klasificirati aminokiseline po prirodi pobočnog ogranka.
4. Klasificirati ugljikohidrate prema broju ugljikohidratnih podjedinica (mono-, di-, polisaharidi).
5. Klasificirati monosaharide prema funkcionalnoj skupini i broju atoma ugljika.
6. Prikazati glukozu i fruktozu Fisherovom projekcijom i Haworthovom projekcijskom formulom.
7. Objasniti ciklizaciju glukoze i fruktoze u šesteročlani, odnosno peteročlani prsten i prirodu nastale veze (poluacetal, poluketal).
8. Razlikovati alfa i beta glukozu.
9. Razmotriti stvaranje i svojstva glikozidne veze, kao i razlikovati 1,2-, 1,4- i 1,6- glikozidne veze.
10. Navesti najvažnije polisaharide i razlikovati njihova strukturalna svojstva (škrob, glikogen i celuloza).

### SEMINARI (SAMOSTALNI)

#### SO1 Ugljikovodici. Stereokemija.

1. Definirati različite vrste izomerije.
2. Opisati strukture alkana, alkena, alkina te njihova kemijska i fizikalna svojstva.
3. Imenovati kemijske spojeve.
4. Definirati pojam stereoizomerije i stereoizomera; crtati različite stereoizomere.

#### SO2 Alkoholi. Halogenalkani. Aldehidi. Ketoni. Karboksilne kiseline i derivati. Amini

1. Opisati strukture alkohola, njihovu podjelu te fizikalna i kemijska svojstva.
2. Opisati postupke i kemijske reakcije dobivanja alkohola.
3. Objasniti važnost primjene alkohola u medicini i stomatologiji
4. Opisati strukture etera, njihovu podjelu, fizikalna i kemijska svojstva. Imenovati (po IUPAC nazivlju i trivijalno) spojeve.
5. Navesti kemijska i fizikalna svojstva aldehida, ketona i karboksilnih kiselina te njihovih derivata.
6. Objasniti princip reakcije aldolne kondenzacije i nastanka aldola.
7. Opisati i upotpuniti karakteristične kemijske reakcije.
8. Navesti kemijska i fizikalna svojstva amina.

### SO3 Ugljikohidrati. Aminokiseline. Peptidi.

1. Opisati pojam relativne konfiguracije i odrediti pripadnost D i L steričkom redu pojedinih biološki važnih prirodnih molekula (ugljikohidrata i aminokiselina).
2. Samostalno crtati različite ugljikohidrate i aminokiselina.
3. Opisati fizikalna i kemijska svojstva ugljikohidrata i aminokiselina.
4. Nacrtati monosaharide (glukozu, fruktozu) u Howarthovoj projekcijskoj formuli.
5. Usporediti  $\alpha$  i  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4) s  $\alpha$  i  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 6) glikozidnom vezom.
6. Povezati aminokiseline peptidnom vezom.
7. Definirati pojam izoelektrične točke.

### SEMINAR UZ VJEŽBU (SV) I VJEŽBA (V)

#### SV10+V10 Kvalitativna analiza nekih organskih spojeva

1. Opisati pojedine funkcionalne skupine organskih spojeva te njihove opće karakteristike.
2. Usporediti kvalitativnu kemijsku analizu organskih spojeva i anorganskih spojeva.
3. Usporediti rezultate određivanja alkohola i formaldehida dikromatnim ionom
4. Prikazati kemijsku strukturu šećera (glukoze i saharoze).
5. Usporediti rezultate određivanja formaldehida, glukoze i saharoze Fehlingovim reagensom..
6. Usporediti najvažnije taložne i obojene kemijske reakcije za dokazivanja proteina.
7. Usporediti rezultate određivanja glicina i proteina ninhidrinskom reakcijom.
8. Analizirati različite organske spojeve u uzorku.

#### V11 Integracija praktičnog izvođenja vježbi

1. Izvesti samostalno zadani pokus.
2. Prikazati pokus kemijskom reakcijom te izračun rezultata.
3. Interpretirati rezultat pokusa.