

Osnove biokemije  
Seminar 2

B. Mildner

Rješenje zadaće 1.(zadaća od 4. 3. 2014)

1.	D	11.	C
2.	C	12.	B
3.	B	13.	C
4.	B	14.	B
5.	C	15.	D
6.	D	16.	A
7.	A	17.	C
8.	B	18.	D
9.	D	19.	A
10.	C	20.	C

1. Za vodu se kaže da je jako kohezivna budući da se molekule vode međusobno povezuju:

- a) van der Waalsovih interakcijama;
- b) vodikovim vezama;
- c) kovalentnim vezama.

2. Biološka molekula može služiti kao donor vodika ukoliko je vodik vezan na:

- a) kisik ili dušik;
- b) bilo koji nemetal;
- c) ugljik.

3. Koji je točan navod o utjecaju hidrofobnog efekta na nabiranje proteina?

- a) Polarne grupe proteina obično su izložene otapalu kako bi mogle efikasno reagirati s vodom.
- b) Napolarni dijelovi molekule proteina mogu se nalaziti na površini koja je u kontaktu s otapalom samo onda ako napolarni dijelovi molekule proteina stvaraju vodikove veze s vodom.
- c) Napolarni dijelovi molekule međusobno se povezuju u unutrašnjosti molekule proteina.

4. Dielektrična konstanta u unutrašnjosti proteina je manja nego što je dielektrična konstanta vode. Ako je protein otopljen u vodi, kako to utječe na jačinu elektrostatskih interakcija između suprotnih naboja koji su na jednakoj udaljenosti između nabijenih skupina ukoliko se ove nabijene skupine nalaze u unutrašnjosti proteina, a ne na površini molekule?

- a) Jačina interakcije biti će jača ukoliko se ove nabijene skupine nalaze na površini molekule koja je u kontaktu s vodom.
- b) Jačina interakcije biti će jača ukoliko se nabijene skupine nalaze u unutrašnjosti proteina;
- c) Jačina interakcije nabijenih molekula ne ovisi o lokaciji unutar strukture molekule proteina.

5. Koja je od navedenih slabih kemijskih veza uključena u interakcije između molekula lipida koji tvore dvosloj stanične membrane?

- a) vodikove veze;
- b) hidrofobne interakcije;
- c) elektrostatske interakcije.

6. Koje se funkcionalne skupine nalaze u alaninu  $\text{NH}_2\text{-CH-COOH}$



- a) Postoje 2 funkcionalne skupine: amino skupina i karboksilna skupina;
- b) Postoje 3 funkcionalne skupine: alifatska skupina, amino skupina i karboksilna skupina;
- c) Postoje 3 funkcionalne skupine: hidroksilna skupina; keto skupina i amino skupina.

7. Što **nije** točno o puferima?

- a) Puferi sustav sastoji se od slabe kiseline i njezine konjugirane baze;
- b) Najbolji puferi sustav je onda ukoliko se  $[\text{H}^+]$  održava gotovo konstantnom kod  $\text{pH} = \text{pK}_a$ ;
- c) pH pufera uvijek ostaje isti.

8. Pri  $25^\circ\text{C}$ , ionski produkt čiste vode definiran je kao  $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1,0 \cdot 10^{-14}$ . Koliki je  $\text{pK}_a$  čiste vode?

- a) 7,0;
- b) 14;
- c) 15,75.

9. Koja je najvažnija slaba sila koja omogućava da se proteini nabiru (smataju) u 3D strukture?

- a) Brownovo gibanje;
- b) vodikove veze;
- c) hidrofobne interakcije.

10.  $\text{pK}_a$  amonijaka,  $\text{NH}_3$ , je 9,25. Ako se  $\text{NH}_3$  nalazi u staničnoj organeli, lizozomu, amonijak je gotovo u potpunosti protoniran, tj. u obliku  $\text{NH}_4^+$  iona. Koja od navedenih pH vrijednosti je najvjerojatniji pH u lumenu lizozoma?

- a) 14;
- b) 5;
- c) 8.

## Zadatak 1.

- a) Objasnite zašto su sve slabe nekovalentne veze u osnovi elektrostatske interakcije.
- b) Zašto su slabe veze važne za biokemijske procese?

## Zadatak 1.-rješenje

- a) Ionske veze, vodikove veze i van der Waalove veze ovise o nejednolikoj distribuciji elektrona te to dovodi do nejednolike distribucije naboja.
- b) Mnogobrojne slabe veze omogućavaju vrlo specifične ali kratkotrajne (prolazne) interakcije.

## Zadatak 2.

- a) Definirajte hidrofobni efekt.
- b) Definirajte Brownovo gibanje.

## Zadatak 2.-rješenje

- a) Hidrofobni efekt je tendencija nepolarnih molekula da se agregiraju u prisutnosti vode (polarnih molekula). Interakcija nepolarnih molekula (njihova agregacija) nastaje zbog povećanja entropije molekula vode kada se nepolarne (hidrofobne) molekule uklone iz vodenog medija.
- b) Brownovo gibanje je nasumično gibanje molekula plina ili tekućina koje nastaje zbog lokalnih promjena (šuma) termičke energije.

### Zadatak 3.

Koliki je pH otopine ako je koncentracija H<sup>+</sup> iona

- a)  $1,75 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$
- b)  $6,5 \times 10^{-10} \text{ mol dm}^{-3}$
- c)  $1,0 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$
- d)  $1,50 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ .

### Zadatak 3. - rješenje

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

- a)  $\log 10^5/1,75 = 5 - \log 1,75 = 4,76$
- b)  $\log 10^{10}/6,5 = 10 - \log 6,5 = 9,19$
- c)  $\log 10^4/1,0 = 4 - \log 1 = 4$
- d)  $\log 10^5/1,5 = 5 - \log 1,5 = 4,82$

## Zadatak 4.

Kolika je koncentracija  $H^+$  ako je pH otopine:

- a) 3,82
- b) 6,52
- c) 11,11

## Zadatak 4. - rješenje

Koristeći jednadžbu  $[H^+] = 10^{-pH}$

a)  $[H^+] = 10^{-3,82} = 1,51 \times 10^{-4}$

b)  $[H^+] = 10^{-6,52} = 3,02 \times 10^{-7}$

c)  $[H^+] = 10^{-11,11} = 10^{12-11,11} \times 10^{-12} = 10^{0,89} \times 10^{-12} = 7,76 \times 10^{-12}$ .

## Zadatak 5.

Pretpostavljamo da su koncentracije glavnih otopljenih tvari u lizosomima KCl ( $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ ) i NaCl ( $0,03 \text{ mol dm}^{-3}$ ). Tijekom izolacije lizosoma koju koncentraciju saharoze moramo koristiti kako bi spriječili lizu lizosoma pri sobnoj temperaturi ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

## Zadatak 5. rješenje

$$\Pi = RT (i_1 c_1 + i_2 c_2)$$

$$R = 8,315 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}; T = 273 + 25 = 298 \text{ K}$$

$$c_1 = c_{\text{KCl}} = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}; c_2 = c_{\text{NaCl}} = 0,03 \text{ mol dm}^{-3};$$

$$i_1 = i_{\text{KCl}} = i_2 = i_{\text{NaCl}} = 2$$

$$\Pi_{\text{lizozoma}} = RT 2(0,1 + 0,03) = RT \times (0,26 \text{ mol dm}^{-3}) \text{ što možemo zaokružiti da je } \Pi_{\text{lizozoma}} = RT (0,3 \text{ mol dm}^{-3}).$$

$$\text{Osmotski tlak saharoze je } \Pi_{\text{saharoze}} = RT (i_{\text{saharoze}} c_{\text{saharoze}})$$

$$\text{Za izotoničnu otopinu } \Pi_{\text{saharoze}} = \Pi_{\text{lizozoma}}$$

$$\text{Kako saharoza ne disocira, } i_{\text{saharoze}} = 1, \text{ pa je } \Pi_{\text{saharoze}} = RT c_{\text{saharoze}}$$

$$RT c_{\text{saharoze}} = RT (0,3 \text{ mol dm}^{-3}), \text{ odnosno koncentracija saharoze mora biti } 0,3 \text{ mol dm}^{-3}.$$



### Zadatak 6.

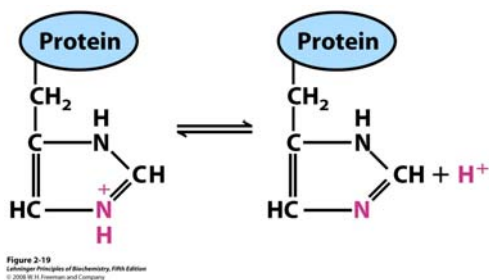
$pK_a$  za  $H_2PO_4^- \leftrightarrow HPO_4^{2-} + H^+$  je 6,86. Koliki je pH smjese 0,042 mol  $dm^{-3}$   $NaH_2PO_4$  i 0,058 mol  $dm^{-3}$   $Na_2HPO_4$ ?

### Zadatak 6. - rješenje

$$pH = pK_a + \log \frac{[\text{konjugirane baze}]}{[\text{kiseline}]} = 6,86 + \log \frac{0,058}{0,042} =$$

$$pH = 6,86 + \log 1,38 = 6,86 + 0,14 = 7,0$$

## Zadatak 7.



Izračunajte udio histidina kojemu je imidazolni prsten protoniran pri pH = 7,3.

$pK_a$  vrijednosti za histidin su:

$pK_1 = 1,82$ ;

$pK_2$  (imidazol) = 6,00;

$pK_3 = 9,17$ .

## Zadatak 7. - rješenje

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

Ako se uvrsti  $pK_2 = 6,0$  i  $pH = 7,3$ :

$$7,3 = 6,0 + \log \frac{[His]}{[HisH^+]} \quad \text{odnosno} \quad 1,3 = \log \frac{[His]}{[HisH^+]}$$

$$10^{1,3} = \frac{[His]}{[HisH^+]} = 20 \quad \text{To znači da je udio oblika } HisH^+ \text{ pri pH } 7,3$$

$\frac{1}{21}$  ( $[HisH^+] + [His] = 21$ )  
dijela histidina koji se nalazi u bilo kojem ionskom obliku, odnosno 4,76%.

### Zadatak 8.

1 litra (1 dm<sup>3</sup>) pufera sadrži 0,042 mol dm<sup>-3</sup> NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> i 0,058 mol dm<sup>-3</sup> Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>. Ako se u ovu otopinu doda 1 mL 10 mol dm<sup>-3</sup> NaOH, za koliko će se promijeniti pH ovog pufera? (pK<sub>a</sub> = 6,86)

### Rješenje zadatka 8.

Dodatkom 0,01 mol NaOH (0,001 dm<sup>3</sup> x 10 mol dm<sup>-3</sup> = 0,01 mol) titirat će se (utrošiti će se) 0,01 mol NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + NaOH → Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O), a nastati će 0,01 mol Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>. U novonastalom puferu pH će biti:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{Na}_2\text{HPO}_4]}{[\text{NaH}_2\text{PO}_4]} = \text{pK}_a + \log \frac{(0,058 + 0,01)}{(0,042 - 0,01)} =$$

$$\text{pH} = 6,86 + \log \frac{0,068}{0,032} = 7,2$$

### Zadatak 9.

Ako se 1,0 mL 10 mol dm<sup>-3</sup> NaOH doda u 1 L čiste vode kojoj je pH 7, koliki će biti konačni pH nakon dodatka lužine?

### Rješenje zadatka 9.

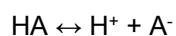
NaOH u potpunosti disocira na Na<sup>+</sup> i OH<sup>-</sup> ione, te je koncentracija OH<sup>-</sup>  
[OH<sup>-</sup>] = (0,001 dm<sup>3</sup> x 10 mol dm<sup>-3</sup>)/1 dm<sup>3</sup> = 10<sup>-2</sup> mol dm<sup>-3</sup>.  
pOH = -log [OH<sup>-</sup>] pa je pOH = 2. Kako je pH + pOH = 14, to je  
pH otopine nakon dodatka lužine pH = 12.

(usporediti dodatak lužine u fosfatni pufer!- zadatak 8.)

## Zadatak 10.

Boja, koja je slaba kiselina, a ima različita obojenja kada je protonirana odnosno deprotonirana, može se koristiti kao pH indikator. Pretpostavite da imate pH indikator koncentracije  $0,001 \text{ mol dm}^{-3}$ , kojem je  $\text{pK}_a = 7,2$ . Obzirom na obojenje, odredili ste da je koncentracija protoniranog oblika  $0,0002 \text{ mol dm}^{-3}$ . Pretpostavite da je ostatak boje u deprotoniranom obliku. Koji je pH otopine.

## Zadatak 10.-rješenje



$$[\text{HA}] = 0,0002 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$[\text{HA}] + [\text{A}^-] = 0,001 \text{ mol dm}^{-3}, \text{ te je}$$

$$[\text{A}^-] = 0,001 - [\text{HA}] = 0,001 - 0,0002 = 0,0008 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{pK}_a = 7,2$$

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log ([\text{A}^-] / [\text{HA}]) = 7,2 + \log (0,0008/0,0002) =$$

$$\text{pH} = 7,2 + 0,6 = 7,8$$

## Zadatak 11.

- a) Napišite reakciju disocijacije hidroklorne kiseline.
- b) Izračunajte pH otopine  $5,0 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$  HCl.
- c) Napišite reakciju disocijacije NaOH.
- d) Izračunajte pH otopine  $7 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$  NaOH.

## Zadatak 11.-rješenje

- a)  $\text{HCl} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$
- b) HCl je jaka kiselina te u potpunosti disocira na  $\text{H}^+$  i  $\text{Cl}^-$ , pa je  
 $[\text{H}^+] = [\text{Cl}^-] = [\text{HCl}] = 5,0 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$   
 $\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log(5 \times 10^{-4}) = 3,3$
- c)  $\text{NaOH} \leftrightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$   
 $[\text{Na}^+] = [\text{OH}^-] = [\text{NaOH}] = 7,0 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$   
 $\text{pH} + \text{pOH} = 14$   
 $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$   
 $\text{pH} = 14 + \log [\text{OH}^-] = 14 + \log(7 \times 10^{-5}) = 9,8$

## Zadatak 12.

Koliki je pH 0,1 mol dm<sup>-3</sup> otopine octene kiseline? ( $K_a = 1,76 \times 10^{-5}$  mol dm<sup>-3</sup>)

## Zadatak 12.-rješenje

$$\text{HAc} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{Ac}^-$$
$$1,76 \times 10^{-5} = \frac{[\text{H}^+][\text{Ac}^-]}{[\text{HAc}]} = \frac{x^2}{(0,1 - x)}$$

$$1,76 \times 10^{-6} - 1,76 \times 10^{-5}x = x^2 \quad (a = 1; b = 1,76 \times 10^{-5}; c = -1,76 \times 10^{-6})$$
$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-1,76 \times 10^{-5} \pm \sqrt{(1,76 \times 10^{-5})^2 - 4 \times 1 \times (-1,76 \times 10^{-6})}}{2 \times 1} = 0,00132$$

$$\text{pH} = -\log(0,00132) = -(-2,88) = 2,9$$

## Zadatak 13.

Koja od navedenih otopina ima najniži pH: 0,1 mol dm<sup>-3</sup> HCl; 0,1 mol dm<sup>-3</sup> octena kiselina (pK<sub>a</sub> = 4,86) ili 0,1 mol dm<sup>-3</sup> mravlja kiselina (pK<sub>a</sub> = 3,75)

## Zadatak 13.-rješenje

0,1 M HCl ima najniži pH jer je HCl jaka kiselina koja u potpunosti disocira na H<sup>+</sup> + Cl<sup>-</sup>, te je pH ove otopine pH = 1,0.



## Zadatak 14.

U navedenim parovima odredite koja je konjugirana baza:

- a)  $\text{RCOOH}$ ,  $\text{RCOO}^-$
- b)  $\text{RNH}_2$ ,  $\text{RNH}_3^+$
- c)  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$
- d)  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3^-$

## Zadatak 14.-rješenje

U svakom paru, kiselina je ona molekula koja može donirati (otпустiti) proton, a konjugirana baza je molekula koja je deprotonirana, tj. konjugirana baza je molekula koja ima manji broj vodikovih atoma.

- a)  $\text{RCOO}^-$
- b)  $\text{RNH}_2$
- c)  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$
- d)  $\text{HCO}_3^-$

## Zadatak 15.

$pK_a$  octene kiseline je 4,8. Koliko mililitara  $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$  octene kiseline i koliko mililitara  $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$  natrijevog acetata je potrebno da se pripremi  $1 \text{ dm}^3$  ( $1 \text{ L}$ )  $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$  pufera kojemu je  $\text{pH} = 5,8$

## Zadatak 15.-rješenje

$$\text{pH} = \text{pKa} + \log\left(\frac{[\text{Ac}^-]}{[\text{HAc}]}\right)$$

$$5,8 = 4,8 + \log\left(\frac{[\text{Ac}^-]}{[\text{HAc}]}\right)$$

$$1 = \log\left(\frac{[\text{Ac}^-]}{[\text{HAc}]}\right)$$

$$[\text{Ac}^-] = 10 [\text{HAc}]$$

Za svaki volumen octene kiseline mora se dodati 10 volumena natrijeva acetata (odnosno ukupno je potrebno 11 volumena ove dvije otopine). Množenjem omjera svake otopine sa željenim volumenom dobivamo:

$$\text{octena kiselina: } 1/11 \times 1000 \text{ mL} = 91 \text{ mL}$$

$$\text{natrijev acetat: } 10/11 \times 1000 \text{ mL} = 909 \text{ mL}$$