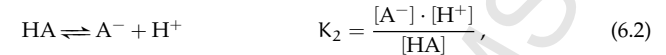
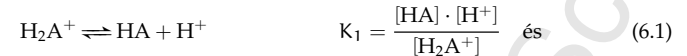


két funkciós csoport egyike karboxil-, a másik pedig amincsoport:



ahol  $K_1$  az amfolit protonált formájának, valamint  $K_2$  magának az amfolitnak a savi disszociációs állandója.

Az izoelektromos pont bevezetésben tárgyalt definíciójából következik, hogy ebben a pontban  $[\text{H}_2\text{A}^+] = [\text{A}^-]$ . Ezt az összefüggést behelyettesítve  $K_1$  és  $K_2$  szorzatába, az izoelektromos pontban érvényes hidrogénion koncentráció ( $[\text{H}^+]_i$ ) és  $p\text{H}_i$  értéke kifejezhető:

$$K_1 \cdot K_2 = \frac{[\text{HA}] \cdot [\text{A}^-] \cdot [\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{A}^+] \cdot [\text{HA}]} = [\text{H}^+]_i^2 \rightarrow [\text{H}^+]_i = \sqrt{K_1 \cdot K_2}, \quad p\text{H}_i = \frac{pK_1 + pK_2}{2}. \quad (6.3)$$

Ezzel  $p\text{H}_i$  meghatározását visszavezettük a savi disszociációs állandók értékeinek meghatározására. Amennyiben a két állandó legalább három nagyságrenddel eltér egymástól,<sup>2</sup> akkor a (de)protonálódási folyamatok elkülönülve játszódnak le, az állandók értékei egymástól függetlenül is meghatározhatók az alábbi megfontolások alapján:

1. Ha egy amfoter elektrolit oldata erős savat is tartalmaz, akkor az  $\text{A}^-$  forma koncentrációja elhanyagolható, így csak a  $K_1$ -gyel jellemezhető protonálódási folyamat határozza meg az oldat  $p\text{H}$ -ját. Legyen a vizsgálandó oldatban  $c_{\text{HA}}$  az amfoter elektrolit,  $c_s$  pedig a hozzáadott erős sav analitikai koncentrációja. Ezekre érvényesek az alábbi (az  $\text{A}^-$  forma elhagyása miatt közelítő) összefüggések:

$$c_{\text{HA}} = [\text{H}_2\text{A}^+] + [\text{HA}] \quad \text{és} \quad c_s = [\text{H}^+] + [\text{H}_2\text{A}^+],$$

amelyekből  $[\text{HA}]$ -t és  $[\text{H}_2\text{A}^+]$ -t kifejezve, majd a (6.1) egyenletbe helyettesítve  $K_1$  értéke a  $[\text{H}^+]$  ismeretében kiszámítható:

$$K_1 = \frac{[\text{H}^+] \cdot (c_{\text{HA}} - c_s + [\text{H}^+])}{c_s - [\text{H}^+]}. \quad (6.4)$$

2.  $K_2$  értéke hasonló megfontolások alapján határozható meg. Ha az amfoter elektrolit oldata erős bázist is tartalmaz, akkor a  $\text{H}_2\text{A}^+$  forma koncentrációja elhanyagolható el. Jelölje a lúgos oldatban  $c_{\text{HA}}$  továbbra is az amfoter elektrolit, míg  $c_b$  a hozzáadott erős bázis analitikai koncentrációját! Ekkor a megadható közelítő anyagmérleg-egyenletek:

$$c_{\text{HA}} = [\text{HA}] + [\text{A}^-] \quad \text{és} \quad c_b = [\text{OH}^-] + [\text{A}^-].$$

Ezekből az összefüggésekből  $[\text{A}^-]$ -t és  $[\text{HA}]$ -t kifejezve majd a (6.2) egyenletbe helyettesítve, valamint felhasználva az  $[\text{OH}^-] = K_v / [\text{H}^+]$  összefüggést (ahol  $K_v$  a

<sup>2</sup>Ez a feltétel a karboxil- és amincsoportok esetén nagyon ritka kivétellektől eltekintve teljesül.

## 6. gyakorlat (∞)

### AMFOTER ELEKTROLIT IZOELEKTROMOS PONTJÁNAK MEGHATÁROZÁSA

A gyakorlat célja megismertetni azokat a  $p\text{H}$ -metriás módszereket, amelyekkel aminosavak és fehérjék izoelektromos pontja meghatározható.

#### 6.1. Bevezetés

Amfoter elektrolitok (röviden amfolitok) azok az anyagok, amelyek vizes oldatukban hidrogénionok leadására és felvételére is képesek az oldat  $p\text{H}$ -jának értékétől függően. Az amfolitok közös tulajdonsága, hogy legalább kettő (de általában több) hidrogénion-megkötő hellyel rendelkeznek, amelyek közül egy általában karboxilcsoport, egy másik pedig amincsoport. Az amfolitok közé tartoznak az aminosavak, valamint az ezekből felépülő oligopeptidok és fehérjék.

Az amfolit vegyületek egyik gyakorlati szempontból fontos jellemzője az izoelektromos pontjuk  $p\text{H}$  értéke (továbbiakban  $p\text{H}_i$ ). Egy amfolit vizes oldata definíció szerint akkor van az izoelektromos pontban, amikor az oldott amfolitról ugyanannyi hidrogénion disszociál le (általában a karboxilcsoportokról), mint amennyi hidrogénion megkötődik más (általában amin-) csoportokon. Ebben az állapotban az oldott amfolit elektromosan semleges, átlagban nincs se pozitív se negatív töltése.<sup>1</sup> Ha az amfolit oldatának  $p\text{H}$  értékét savval, lúggal vagy pufferral változtatjuk, akkor változtatjuk az amfolit átlagos protonáltsági fokát, így az átlagos töltését is.

Az oligopeptidok és fehérjék eltérő izoelektromos pontjait használják keverékek szétválasztására. Amfolitok keverékét  $p\text{H}$ -gradienst biztosító gélelemekre helyezik, amelyen elektromos erőter hatására vándorolni kezdenek a töltött részecskék. Ha az amfolit a gélnek olyan  $p\text{H}$ -értékű helyére ér, amely megegyezik az izoelektromos pontjának  $p\text{H}$  értékével, akkor az amfolit elektromosan semlegesítődik és nem vándorol tovább. Az elektroforézisnek ezt a módszerét izoelektromos fókuszálásnak nevezik.

A gyakorlat során a legegyszerűbb amfolitok, a két funkciós csoporttal rendelkező aminosavak egyikének  $p\text{H}_i$  értékét határozzuk meg kétféle módszerrel.

#### 6.2. $p\text{H}_i$ számítása disszociációs állandókból

A két protonálódási hellyel rendelkező amfolitok (továbbiakban HA) egyensúlyi viszonyait a következő két disszociációs folyamattal jellemezhetjük, amennyiben a

<sup>1</sup>Természetesen az oldat tartalmazza bizonyos koncentrációban az amfolit protonált és deprotonált formáit is, de ezek töltéseinek összege nullát eredményez.

víz ionszorzata), a  $K_2$  értéke a következő módon számítható:

$$K_2 = \frac{K_v \cdot (c_b - [\text{OH}^-])}{[\text{OH}^-] \cdot (c_{\text{HA}} - c_b + [\text{OH}^-])} = \frac{[\text{H}^+] \cdot ([\text{H}^+] \cdot c_b - K_v)}{[\text{H}^+] \cdot (c_{\text{HA}} - c_b) + K_v} \quad (6.5)$$

A (6.4) és (6.5) egyenletekben a bemérésekből hígítással számolható mennyiségek ( $c_{\text{HA}}$ ,  $c_s$ ,  $c_b$ ), valamint a  $-$  mért  $pH$  értékből közvetlenül megadható  $[\text{H}^+]$  szerepel, így ezen összefüggések alapján kiszámítható a  $K_1$  és  $K_2$  disszociációs állandók értéke.

A most ismertett módszernek azonban van két gyakorlati hátránya:

- A biológiai rendszerekben előforduló amfolitok nagy része több protonálódási hellyel rendelkezik.  $pH_i$  értéke ezekben az esetekben is számolható a disszociációs állandók ismeretében, azonban bonyolultabb matematika használatára van szükség.<sup>3</sup>
- Rengeteg pontos mérési adat kell a disszociációs állandók meghatározásához. Az amfolitok többsége azonban kísérletileg nehezen kezelhető anyag (körülményesen tisztíthatóak, higroszkóposak, stb.), ezért a disszociációs állandók meghatározásához szükséges kísérleti pontosságot nem lehet elérni.

Ezen korlátok miatt más módszereket is kidolgoztak, amelyek nem igénylik a disszociációs állandók pontos ismeretét. Ezek közül az egyik legfontosabb Michaelis módszere.

### 6.3. $pH_i$ meghatározása Michaelis módszerével

Az eljárás megértéséhez gondoljuk meg, mi történik, ha egy amfolitot tiszta vízben oldunk. Az egyensúly beálltakor az amfolit karboxilcsoportjainak bizonyos hányada deprotonálódik, és a szabadrá vál hidrogénionok egy részét megkötik az amincsoportok, a maradék pedig szabadon marad az oldatban, meghatározva annak  $pH$  értékét. Ha az amfolit koncentrációja elegendően nagy, akkor a karboxilcsoportokról leszakadt hidrogénionok döntő hányadát kötik meg az amincsoportok, szabadon csak nagyon kevés hidrogénion marad. Ez azt jelenti, hogy az oldott amfolit részecskéi töltéseinek átlaga nagyon közel áll az elektromos semlegességhez, vagyis az izoelektromos pont  $pH$  értéke gyakorlatilag megegyezik a  $pH$  értékkel, amely az amfolit elegendően nagy koncentrációjú, tiszta vízes oldatában alakul ki.

Ha az amfolitot nem tiszta vízben, hanem pufferben oldjuk fel, akkor a puffer  $pH$ -jának értéke megváltozik. Ez alól csak az az eset kivétel, amikor a puffer  $pH$  értéke megegyezik az amfolit izoelektromos pontjának  $pH$  értékével, hiszen ekkor az oldás nem változtatja meg a pufferoldat egyensúlyi hidrogénion koncentrációját. Ezek alapján a Michaelis módszer lényege a következő:

1. Különböző  $pH$ -jú puffereket állítunk elő, és megmérjük a  $pH$  értékét ezekben az oldatokban.

<sup>3</sup>Pl., három protonálódási hellyel rendelkező,  $H_2A$  összetételű amfolitoknál már a (6.3) egyenletben megadott négyzetgyökszámolás helyett a  $[\text{H}^+]_i^3 = K_1 K_2 ([\text{H}^+]_i + 2K_3)$  harmadfokú polinom megoldására van szükség.

2. Ugyanezen pufferoldatok  $pH$ -it úgy is megmérjük, hogy ezek azonos koncentrációban amfolitot is tartalmaznak. Ekkor a mért  $pH$  megváltozását tapasztaljuk, kivéve azt az esetet, amikor a puffer  $pH$  értéke megegyezik az oldott amfolit izoelektromos pontjának megfelelő  $pH_i$  értékkel.

### 6.4. A gyakorlat kivitelezése

A gyakorlat során négy  $pH$ -metriás titrálást kell végrehajtani. Az első kettő titrálás célja, hogy meghatározzuk a savi disszociációs állandók értékét amelyekből az izoelektromos pont  $pH$ -ja a (6.3) egyenlet alapján számolható:

1. Először az amfolit oldatát titráljuk sósav oldattal, hogy a (6.4) egyenlet alapján minden pontban számíthassuk  $K_1$  értékét.
2. Másodsor az amfolit oldatát  $\text{NaOH}$ -oldattal titráljuk, hogy a (6.5) egyenlet alapján minden pontban számíthassuk  $K_2$  értékét.  
Az utolsó két titrálás célja, hogy Michaelis módszerének alkalmazásával határozzuk meg  $pH_i$  értékét:
3. A harmadik titrálásban citromsavat titrálunk egy, a gyakorlatvezető által kijelölt, lúgos kémhatású só oldatával. Ezzel különböző összetételű puffereket állítunk elő és mérjük azok  $pH$  értékét.
4. A negyedik titrálás során pontosan ugyanannyi citromsav oldatot titrálunk, mint a harmadikban, és minden lépésben pontosan ugyanannyi sóoldatot adunk a titrált oldathoz a  $pH$  mérés előtt, azzal az eltéréssel, hogy mind a titrált, mind a titráló oldatban azonos koncentrációjú amfolit is van.

A mérések megkezdése előtt a gyakorlatvezető megadja (1) a vizsgálandó amfolitot, (2) az amfolit koncentrációját a titrálandó és titráló oldatokban ( $T_{\text{amf}}$ ) 0,01–0,03 M között, (3) a Michaelis módszerhez a citromsav koncentrációját a titrálandó oldatokban ( $T_{\text{cit}}$ ) 0,001–0,003 M között, (4) a lúgos kémhatású só anyagi minőségét (ez lehet a  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_4\text{EDTA}$  és  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  valamelyike), valamint (5) a Michaelis módszerhez tartozó titrálásoknál az adagolandó térfogatokat 0,3–1,0  $\text{cm}^3$  között. Amennyiben a gyakorlatvezető mást nem mond, akkor (1) az amfolit a glicin, (2)  $T_{\text{amf}}=0,02$  M, (3)  $T_{\text{cit}}=0,002$  M, (4) a lúgos kémhatású só a  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  és (5) 0,8  $\text{cm}^3$ -enként kell adagolni a harmadik és negyedik titrálás során.

Legelőször három törzsoldatot kell készíteni szilárd anyag bemérésével:<sup>4</sup>

- 100  $\text{cm}^3$  0,1 M amfolit törzsoldatot,
- 50  $\text{cm}^3$  0,01 M citromsav törzsoldatot és
- 50  $\text{cm}^3$  törzsoldatot a lúgos kémhatású sóból, amely a következők valamelyike lehet: 0,03 M  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , 0,035 M  $\text{Na}_4\text{EDTA}$  vagy 0,018 M  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ .

Ezek után el kell készíteni a titrálások során használandó oldatokat (a jelük **A**, **B**, ..., **F** és **G**), amelyek térfogatait és összetételeit a 6.1 táblázat tartalmazza. A táblázatban feltüntetett oldatok összeállításához az előzőleg elkészített törzsoldatokat, valamint a rendelkezésre álló 0,1 M  $\text{HCl}$ - és 0,1 M  $\text{NaOH}$ -törzsoldatokat használjuk.

<sup>4</sup>A szükséges számításokban a szilárd anyagokban található kristályvizet is figyelembe kell venni!

**6.1. táblázat.** A titrálásokhoz elkészítendő oldatok szükséges térfogatai és koncentrációi. Az oldatokat a megfelelő törzsoldatok hígításával kell elkészíteni.

	titrálendő oldat	titráló oldat
1. titrálás	100 cm <sup>3</sup> <b>A</b> -oldat: c(amfolit)=T <sub>amf</sub>	50 cm <sup>3</sup> <b>B</b> -oldat: c(HCl)=T <sub>amf</sub> /2
2. titrálás		50 cm <sup>3</sup> <b>C</b> -oldat c(NaOH)=T <sub>amf</sub>
3. titrálás	50 cm <sup>3</sup> <b>D</b> -oldat: c(citromsav)=T <sub>cit</sub>	50 cm <sup>3</sup> <b>E</b> -oldat: c(Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )=3,0 · T <sub>cit</sub> vagy c(Na <sub>4</sub> EDTA)=3,5 · T <sub>cit</sub> vagy c(Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> )=1,8 · T <sub>cit</sub>
4. titrálás	50 cm <sup>3</sup> <b>F</b> -oldat: c(amfolit)=T <sub>amf</sub> , valamint c(citromsav)=T <sub>cit</sub>	50 cm <sup>3</sup> <b>G</b> -oldat: c(amfolit)=T <sub>amf</sub> , valamint c(Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )=3,0 · T <sub>cit</sub> vagy c(Na <sub>4</sub> EDTA)=3,5 · T <sub>cit</sub> vagy c(Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> )=1,8 · T <sub>cit</sub>

A kísérleti munka előtt el kell végezni a szükséges hígítási számításokat a jegyzőkönyvben és ellenőriztetni kell a gyakorlatvezetővel. A titrálások megkezdése előtt nem szükséges az összes oldatot elkészíteni, elegendő csak a első titrálásnál használandókat összeállítani. Ezután a gyakorlatot végző hallgatók egyike végzi a titrálást, a másik hallgató pedig elkészíti a többi oldatot.

A titrálás megkezdése előtt a pH-mérő készüléket kalibrálni kell két puffer segítségével. Ha több puffer áll rendelkezésre, akkor pH~4-es és pH~9-es puffereket érdemes választani, vagy az ezekhez ez értékekhez legközelebb állókat.

Az első titrálás során 20,0 cm<sup>3</sup> **A**-oldatot kell titrálni a **B**-oldattal, a titráló oldatot 1 cm<sup>3</sup>-enként adagolva, 15 cm<sup>3</sup> végfogyásig, és le kell jegyezni a (fogyás – pH<sub>mért</sub>) adatpárokat. A második megegyezik az első titrálással, azzal a különbséggel, hogy titrálni a **C**-oldattal kell. Az adagolás térfogatkülönbségeit a gyakorlatvezető megváltoztathatja.

A harmadik titrálásnál 20,0 cm<sup>3</sup> **D**-oldatot kell titrálni az **E**-oldattal, 20 cm<sup>3</sup>-es végfogyásig. A titráló oldatot a gyakorlatvezető által megadott cm<sup>3</sup>-enként adagolva kell a végfogyásig eljutni. A negyedik titrálás ugyanaz, mint a harmadik, de az **F**-oldatot kell titrálni a **G**-oldattal. Az utolsó titrálási görbe felvételekor *ügyelni kell arra, hogy a fogyások pontosan ugyanazoknál a térfogatoknál legyenek, mint a harmadik titrálás esetén!* Az adagolás térfogatkülönbségeit a gyakorlatvezető megváltoztathatja, nátrium-foszfát és nátrium-EDTA sók esetén a titrálási görbe utolsó 15%-át (17–20 cm<sup>3</sup> fogyás) célszerű sűrűbben mérni.

A gyakorlat végrehajtása során sok oldatot kell készíteni, ezért a törzsoldatok, valamint a titráló és titrálendő oldatok könnyen összekeverhetők. Emiatt fontos megjegyezni, hogy a 6.1 táblázatban szereplő oldatok elkészítéséhez a gyakorlat elején pontos tervet kell készíteni a jegyzőkönyvbe, mert ennek hiányában sokkal nagyobb lesz az esély rosszul összeállított oldat(ok)ra. A titrálásokat érdemes a le-

hető legvékonyabb és legmagasabb 50–100 cm<sup>3</sup>-es főzőpohárban végrehajtani, hogy a kombinált tüvelektrodát a titrált oldat már kezdetben is ellelje.

## 6.5. A mérési adatok értékelése

1. A beméréseket, a laboratórium hőmérsékletét, valamint az elkészített oldatok koncentrációit összefoglalóan meg kell adni (ld. a törzsoldatokat és a 6.1 táblázatot).
2. Az első titrálás mérési adataiból a K<sub>1</sub> disszociációs állandó értékét kell kiszámolni. Ehhez a mért és a számolt adatokat a következő táblázatban foglaljuk össze:

$$V_0 = \dots \text{ cm}^3, M_r(\text{amfolit}) = \dots$$

V <sub>B</sub> (cm <sup>3</sup> )	pH <sub>mért</sub>	[H <sup>+</sup> ] (M)	c <sub>HA</sub> (M)	c <sub>s</sub> (M)	K <sub>1</sub>

A táblázatban V<sub>B</sub> a **B**-oldat fogyása. K<sub>1</sub> értékének számításához a (6.4) egyenletet kell használni úgy, hogy az egyenletben szereplő [H<sup>+</sup>], c<sub>HA</sub> és c<sub>s</sub> adatokat a

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}_{\text{mért}}}, \quad c_{\text{HA}} = \frac{V_0 \cdot T_{\text{amf}}}{V_0 + V_B} \quad \text{és} \quad c_s = \frac{V_B \cdot T_{\text{amf}}/2}{V_0 + V_B},$$

képletekkel számítjuk ki, amelyek a pH definícióján és a hígulás figyelembevételén alapulnak. A táblázat elkészítése után K<sub>1</sub> számolt értékeinek átlagát és szórását (az (F.5) egyenlet figyelembevételével) kell megadni. Az átlagolás előtt a kiugróan rossz adatokat el kell hagyni.

3. A második titrálás mért adataiból a K<sub>2</sub> disszociációs állandó értékét kell kiszámolni. Ehhez a mért és a számolt adatokat a következő táblázatban foglaljuk össze:

$$V_0 = \dots \text{ cm}^3, K_v = \dots$$

V <sub>C</sub> (cm <sup>3</sup> )	pH <sub>mért</sub>	[H <sup>+</sup> ] (M)	c <sub>HA</sub> (M)	c <sub>b</sub> (M)	K <sub>2</sub>

A táblázatban K<sub>v</sub> a mérés hőmérsékletén és ionerősségénél érvényes vízionszorozat, valamint V<sub>C</sub> a **C**-oldat fogyása. K<sub>v</sub> számításához az F.4. oldalon található (F.4) egyenletet kell használni, az ionerősség értékét az amfolit koncentrációval egyenlőnek véve (I=T<sub>amf</sub>). K<sub>2</sub> számításához a (6.5) egyenletet kell használni úgy, hogy az egyenletben szereplő c<sub>HA</sub> és c<sub>b</sub> adatokat a

$$c_{\text{HA}} = \frac{V_0 \cdot T_{\text{amf}}}{V_0 + V_C} \quad \text{és} \quad c_b = \frac{V_C \cdot T_{\text{amf}}}{V_0 + V_C},$$

képletekkel számítjuk ki ([H<sup>+</sup>] itt is a definíciója alapján számolandó). K<sub>2</sub> számolt értékeinek átlagát és szórását is az előző pontban meghatározott módon kell megadni.

4. A (6.3) egyenlet alapján, valamint K<sub>1</sub> és K<sub>2</sub> ismeretében meg kell határozni az amfolit izoelektromos pontjának [H]<sub>i</sub> és pH<sub>i</sub> értékét, valamint ezek szórását az F.1 táblázatban (F.5. oldal) megadott képletek segítségével.

5. A harmadik és negyedik titrálás adatait a következő táblázatban foglaljuk össze:

$$M_r(\text{citromsav}) = \dots, M_r(\text{bázikus só}) = \dots$$

$V_E, V_G$ (cm <sup>3</sup> )	$pH_{\text{mért}}$ (csak puffer)	$pH_{\text{mért}}$ (puffer+amfolit)	$\Delta pH$

A táblázatban  $\Delta pH = pH_{\text{amfolit+puffer}} - pH_{\text{puffer}}$ . A kitöltött táblázat adatai alapján a  $\Delta pH$ -t ábrázolni kell a tiszta pufferben mért  $pH$  értékek függvényében, és meg kell adni az izoelektromos pont  $pH$ -jaként a kapott görbe, valamint a vízszintes tengely metszéspontját.

6. Össze kell hasonlítani a kétféle módszerrel kapott  $pH_i$  értékeket egymással, valamint irodalmi adattal, főleg a pontosság szempontjából.

#### Ellenőrző kérdések

- Milyen vegyületeket nevezünk amfolitoknak?
- Írja le röviden, mit értünk egy amfolit izoelektromos pontján!
- Ismertesse az izoelektromos fókuszálás lényegét!
- Vezesse le, hogyan adható meg  $pH_i$  értéke a savi disszociációs állandókkal egy HA összetételű, két funkciós csoporttal rendelkező amfolit esetén!
- Vezesse le az első savi disszociációs állandó kifejezését a 4. kérdésben részletezett amfolitra!
- Vezesse le a második savi disszociációs állandó kifejezését a 4. kérdésben részletezett amfolitra!
- Milyen korlátai vannak a  $pH_i$  disszociációs állandókból történő számításának?
- Írja le Michaelis módszerének lényegét!
- Milyen kémiai megfontolásokat teszünk Michaelis módszerének használhatóságához?
- 20,0 cm<sup>3</sup> 0,0300 M glicin oldatot titrálunk 0,01 M HCl-oldattal. Mennyi lesz a titrált oldatban a glicin, valamint a hozzáadott erős sav teljes koncentrációja 7,00 cm<sup>3</sup>-es fogyás esetén?
- 20,0 cm<sup>3</sup> 0,0300 M alanin oldatot titrálunk 0,02 M NaOH-oldattal. Mennyi lesz a titrált oldatban az alanin, valamint a hozzáadott erős bázis teljes koncentrációja 17,00 cm<sup>3</sup>-es fogyás esetén?
- Egy titrálási pontban a valin analitikai koncentrációja 0,0175 M, a hozzáadott erős savé pedig 0,00637 M. Mekkora a valin első savi disszociációs állandónak értéke, ha a mért  $pH=2,542$ ?
- Egy titrálási pontban a szerin analitikai koncentrációja 0,0148 M, a hozzáadott erős lúgé pedig 0,00891 M. Mekkora a szerin második savi disszociációs állandójának értéke, ha a mért  $pH=9,229$  és  $pK_v=13,78$ ?
- Egy amfolit első és második savi disszociációs állandója  $1,4 \times 10^{-3}$ , valamint  $5,7 \times 10^{-10}$ . Mekkora az amfolit  $[H^+]_i$  és  $pH_i$  értéke?