

Tartalomjegyzék

1. pályázatos hét: Diák kutatási pályázat elkészítése, bemutatása és értékelése	2
2. pályázatos hét	2
3. pályázatos hét	2
1. számolós hét: Kurzusinformációk, bevezetés a <i>hp Prime</i> használatába	2
1.1. Bevezetés a kémiai számolási példák megoldásához	3
2. számolós hét: folytatás	4
3. számolós hét: Koncentrációval és sztöchiometriával kapcsolatos feladatok	4
3.1. Koncentrációs számolási feladatok	4
3.2. Sztöchiometriai feladatok	5
3.3. Kevert koncentrációs számolási és sztöchiometriai feladatok	5
3.4. Eddigiek + standard állapot probléma	7
4. számolós hét: folytatás	8
5. számolós hét: 1. ZH, példamegoldás	8
6. számolós hét: 1. ZH, egyedi bemutatók	8
7. számolós hét: További feladattípusok	8
7.1. Egyensúlyi feladatok	8
7.2. Értelmező ábrák készítése	9
7.3. Az eredmény túl érzékeny a kiindulási adatok pontosságára	10
7.4. Az eredmény túl érzékeny a köztes számítások pontosságára	11
7.5. Kerekítési probléma	11
7.6. „Életszagú” példák megoldásának többértelműsége	11
7.7. Differenciál és integrálszámítás elkerülhetősége	12
8. számolós hét: folytatás	12
9. számolós hét: folytatás	12
10. számolós hét: 2. ZH, példamegoldás	12
11. számolós hét: 2. ZH, egyedi bemutatók	12
FÜGGELÉK	13
F.1. Standard relatív atomtömegek	13
F.2. A számításokhoz gyakrabban előforduló állandók értékei	13
F.3. A Brønsted-egyenlet levezetése és egyszerűsített formái	14
Korrektciók	16

1. pályázatos hét: Diák kutatási pályázat elkészítése, bemutatása és értékelése

2. pályázatos hét

3. pályázatos hét

1. számolós hét: Kurzusinformációk, bevezetés a *hp Prime* használatába

Ez az összeállítás a *hp Prime* használatát feltételezi, de a kurzus végrehajtható más, grafikus képességekkel bíró zsebszámológépek segítségével is, vagy akár számítógépes programok (pl. Maple, Mathematica, MATLAB, Maxima, Octave, Scilab, stb.) használatával.

Ajánlott irodalom a számolási példákhoz:

- K1. Villányi Attila, *Ötösöm lesz kémiából, Példatár*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, ISBN 963 16 2027 1
- K2. Michalovszky Csabáné (felelős szerkesztő), *Összefoglaló feladatgyűjtemény kémiából*, Tankönyvkiadó, Budapest, ISBN 963 17 9417 2
- K3. Peintler Gábor (szerkesztő), *VegyÉSZtorna, Középiskolai Kémiai Feladatmegoldó Verseny*, Mozaik Kiadó, Szeged, ISBN 978 963 697 574 6
- K4. **Kémia érettségi feladatsorok 1995–2022**
- K5. **Periódusos rendszer, tömeggel és hígítással kapcsolatos számolások**

Bevezető információk:

- 1. **A Hewlett-Packard zsebszámológépek története.**
- 2. **A legjobb internetes forrás a *hp Prime*(és a többi Hewlett-Packard zsebszámológép) használatához.**

A *hp Prime* elérhetőségei:

- 1. **A zsebszámológép megvásárolható az Alza-n vagy az Amazon-on keresztül.**
- 2. **Link a 64-bites ingyenes szimulátor (HP Prime Virtual Calculator Emulator) telepítőjéhez Windows-ra.**
- 3. **Link a 32-bites ingyenes szimulátor (HP Prime Virtual Calculator Emulator) telepítőjéhez Windows-ra.**
- 4. **Link az ingyenes szimulátor (HP Prime Virtual Calculator Emulator) telepítőjéhez MacOS-re.**
- 5. **Link az ingyenes szimulátorhoz (HP Prime Lite) Android-ra.**
- 6. **Link a fizetős szimulátorhoz (HP Prime Pro) Android-ra.**
- 7. **Link a fizetős szimulátorhoz (HP Prime Pro) iPhone-hoz és iPad-hez.**
- 8. **Link a 64-bites ingyenes kommunikációs program (HP Connectivity Kit) telepítőjéhez Windows-ra.**
- 9. **Link a 32-bites ingyenes kommunikációs program (HP Connectivity Kit) telepítőjéhez Windows-ra.**
- 10. **Link az ingyenes kommunikációs program (HP Connectivity Kit) telepítőjéhez MacOS-re.**

Felhasználható irodalom a *hp Prime* használatának elsajátításához (a legtöbb németül és franciául is elérhető):

- 1. **Kezdő lépések (HP Prime Quick Start Guide).**
- 2. **Felhasználói kézikönyv (HP Prime User Guide).**

- 3. Tanulás példákon keresztül (HP Prime Exercises).
- 4. Az összes hivatalos dokumentum több nyelven a Hewlett-Packard vállalattól.
- 5. A **Wolfram Alpha kémiai oldala** gyakorlatilag a Mathematica online kémiai alkalmazása. Ez nem kapcsolódik szorosan a *hp Prime* zsebszámológéphez, csak egy mindenki számára elérhető alternatívát nyújt ugyanazon feladatok megoldásához.

- F1. Próbáljátok ki az **ezen az oldalon** található videókat, amelyek a *hp Prime* számos alkalmazását mutatják be. Főleg a 2.9 fejezet példái egyszerűek és hasznosak.
- F2. A további munkához nagyon hasznos az **itt található** dokumentum tanulmányozása, és a benne lévő példák kipróbálása.

A következő két internet oldal tanulmányozása főleg azoknak ajánlott, akik a *hp Prime* programozása iránt érdeklődnek, a kémiai feladatok megoldásához ez lehet hasznos, de nélkülözhető.

- F3. **Ez az internet oldal** egy hasznos gyűjtemény a *hp Prime* gyakorlott használatához.
- F4. **Ez az oldal** összegyűjti a *hp Prime* összes elérhető parancsát és függvényét, valamint ezek rövid leírását.

A modern számológépek további lehetőségei a felhasználás kísérletezéshez, valamint lokális hálózati oktatás:

- 1. A *hp Prime* kiegészítő berendezése adatgyűjtéshez (HP StreamSmart 410 datalogger).
- 2. Szenzorok a HP StreamSmart 410 datalogger-hez.
- 3. Hálózat kialakításához a **HP Prime Wireless Kit** szükséges.

1.1. Bevezetés a kémiai számolási példák megoldásához

- F5. Hány gramm ammónium-nitrátot kell 100,0 gramm ammónium-szulfáttal összekeverni, hogy a kapott keverék 24,0 tömegszázalékos legyen nitrogénre nézve? (25,46 g ammónium-nitrát)
- F6. 1,5 kg 90 %-os alkoholt mennyi vízzel hígíthatunk 50 %-osra? (1,2 kg víz)
- F7. Van 2,5 kg 5 %-os oldatunk. Mennyi 20 %-os oldatot kell hozzáadni, hogy 12 %-osat kapjunk? (2,1875 kg oldat)
- F8. Mennyi 10 %-os és 25 %-os oldatot kell összekeverni, hogy 2 kg 20 %-os oldatot kapjunk? (2/3 kg 10 %-os és 4/3 kg 25 %-os oldat)
- F9. Egy karbonsav 11,0 mólszázalékos vizes oldata 24,0 tömegszázalékos. Melyik ez a karbonsav?
- F10. Hány gramm As_2S_3 -ot tartalmaz 100,00 g $\text{As}_2\text{S}_3/\text{As}_2\text{S}_5$ keverék, ha a 100,00 g anyag mind arzénre, mind kénre nézve 50,00–50,00 tömeg%-os? $A_r(\text{As})=74,92$ és $A_r(\text{S})=32,07$. (13,45 g As_2S_3)
- F11. Egy berillium(II)-oxidból (BeO) és magnézium(II)-oxidból (MgO) álló porkeverék pontosan 50,00 tömegszázalék oxigént tartalmaz. Mekkora a keverék mól-, valamint tömegszázalékos összetétele az alkotó fémoxidokra nézve? A relatív atomtömegeket négy tizedesjegy pontossággal használják!
- F12. Egy magnézium(II)-oxidból (MgO) és kalcium(II)-oxidból (CaO) álló porkeverék pontosan 50,00 tömegszázalék oxigént tartalmaz. Mekkora a keverék mól-, valamint tömegszázalékos összetétele az alkotó fémoxidokra nézve? A relatív atomtömegeket kettő tizedesjegy pontossággal használják! (turpisság?!)
- F13. A *hp Prime* Solve alkalmazásának segítségével számoljátok ki az $e^x = x+2$ egyenlet megoldásait! (–1,841 és 1,146)
- F14. 20,00 ml 0,03 M CaCl_2 -oldatot titrálunk 0,03 M Na_2SO_4 -oldattal. Mekkora fogyásnál válik ki a csapadék, és mekkora fogyásnál oldódik teljesen vissza (vagy milyen fogyásoknál lesz fázis-számváltás)? A CaSO_4 oldhatósági szorzata: $K_s=[\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]=6,1 \times 10^{-5} \text{ M}^2$. (1,58 és 253,5 ml-nél)

- F15. Számítsuk ki a SrSO_4 -ra és CaSO_4 -ra nézve egyidejűleg telített oldatban a Sr^{2+} , a Ca^{2+} és a SO_4^{2-} ionok egyensúlyi koncentrációját! $L(\text{SrSO}_4)=1,18 \times 10^{-6} \text{ M}^2$ és $L(\text{CaSO}_4)=6,10 \times 10^{-6} \text{ M}^2$
 ([Sr^{2+}]= $4,373 \times 10^{-4}$, [Ca^{2+}]= $0,002261$ és [SO_4^{2-}]= $0,002698 \text{ M}$)
- F16. Egy folyékony vagy szilárd anyag gőznyomása a következő módon adható meg a Clausius-Clapeyron- és a Kirchoff-egyenlet alapján:

$$p = \exp \left(-\frac{\Delta H_0}{R} \cdot \frac{1}{T} + \frac{\Delta c_p}{R} \cdot \ln T + C \right), \text{ ahol}$$

- p a nyomás,
 ΔH_0 a moláris párolgási vagy szublimációs hő,
 R az egyetemes gázállandó ($8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$),
 T az abszolút hőmérséklet,
 Δc_p az állandó nyomáson vett moláris hőkapacitás változása a folyamatban (értéke nem függ a hőmérséklettől) és
 C egy állandó, amelynek értéke úgy van meghatározva, hogy a nyomást Pa-ban kapjuk eredményül.

Határozzátok meg a következő táblázatban megadott anyagok hármaspontját a felsorolt adatok alapján!

anyag	$\Delta H_0^{\text{pár}}$	ΔH_0^{szub}	$\Delta c_p^{\text{pár}}$	Δc_p^{szub}	$C^{\text{pár}}$	C^{szub}
	kJ mol^{-1}		J mol^{-1}			
H_2O	55,857	52,680	-39,53	-6,3320	57,684	33,884
H_2	0,5755	1,282	23,07	-15,28	6,478	24,75
N_2	6,201	4,734	-3,532	44,07	23,01	-3,417
NO	20,32	65,39	-49,23	-462,6	60,07	343,2
NO_2	25,15	29,36	-38,78	-34,16	52,25	52,12
N_2O_4	18,65	42,76	48,81	41,70	-14,25	1,537
CO	4,857	8,543	13,47	-7,512	11,45	28,54
CO_2	16,55	27,69	0,1891	-8,983	22,23	34,35
Br_2	30,10	49,36	7,117	-18,51	17,48	43,39
I_2	61,69	67,25	-42,34	-16,74	58,93	42,33
SiF_4	29,35	21,82	-58,27	24,70	67,65	10,84

(A megoldások ($T/\text{K}; p/\text{Pa}$) alakban: H_2O : ($273,16; 6,109 \times 10^2$); H_2 : ($13,73; 6,051 \times 10^3$); N_2 : ($60,95; 8,317 \times 10^3$); NO : ($117,76; 6,473 \times 10^4$); NO_2 : ($183,12; 9,191 \times 10^4$); N_2O_4 : ($263,12; 2,075 \times 10^4$); CO : ($69,37; 1,988 \times 10^4$); CO_2 : ($216,57; 5,195 \times 10^5$); Br_2 : ($266,45; 5,845 \times 10^3$); I_2 : ($385,49; 1,159 \times 10^4$); SiF_4 : ($178,36; 1,013 \times 10^5$))

2. számolás hét: folytatás

3. számolás hét: Koncentrációval és sztöchiometriával kapcsolatos feladatok

3.1. Koncentrációsámolási feladatok

- F17. [K1.](#): 63B feladat. F19. [K1.](#): 62B feladat. F21. [K1.](#): 67B feladat.
 F18. [K1.](#): 64B feladat. F20. [K1.](#): 66B feladat. F22. [K1.](#): 61C feladat.

- F23. **K1.**: 69B feladat.
 F24. **K1.**: 70B feladat.
 F25. **K1.**: 71B feladat.
 F26. **K1.**: 72B feladat.
 F27. **K1.**: 73B feladat.
 F28. **K1.**: 75B feladat.
 (A térfogatkontrakció hiányát sajnos feltételezni kell.)
 F29. **K1.**: 87B feladat.
 F30. **K1.**: 90B feladat.
 F31. **K1.**: 92B feladat.
 F32. **K1.**: 93B feladat.
 F33. **K1.**: 95B feladat.
- F34. **K1.**: 96B feladat.
 (Elegáns megoldás az, ha a *hp* Prime relációs függvényeit is használjuk.)
 F35. **K1.**: 97B feladat.
 F36. **K1.**: 98B feladat.
 F37. **K1.**: 99B feladat.
 F38. **K1.**: 102B feladat.
 F39. **K1.**: 102C feladat.
 F40. **K1.**: 105B feladat.
 (Nyilvánvaló lenne a differenciálszámítás használata, de középiskolában ezt kerülnék el).
 F41. **K1.**: 108B feladat.
 F42. **K1.**: 108C feladat.
 F43. **K1.**: 108D feladat.
 F44. **K1.**: 110B feladat.
 F45. **K1.**: 111B feladat.
 F46. **K1.**: 112B feladat.
 F47. **K1.**: 113B feladat.
 F48. **K1.**: 114B feladat.
 F49. **K1.**: 115B feladat.
 F50. **K1.**: 116B feladat.
 F51. **K1.**: 117B feladat.
 F52. **K1.**: 120B feladat.
 F53. **K1.**: 124B feladat.
- F54. **K4.**: középszint, 2009. május 5B. A megadott megoldás hol követ el olyan kerekítési hibát, amely a harmadik értékes jegyet is érinti? (15,088 tömegszázalék a pontosan számolt összetétel)
 F55. **K4.**: emelt szint, 2009. május 8b és 8c. Próbáljátok meg egy egyenletrendszer és nemcsak egy egyenlet felírásával és megoldásával megkapni a végeredményt. (59,7 mólsszázalék etén a pontosan számolt összetétel)

3.2. Sztöchiometriai feladatok

- F56. **K1.**: 129B feladat.
 F57. **K1.**: 130B feladat.
 (Elegáns megoldás az, ha a *hp* Prime relációs függvényeit is használjuk.)
 F58. **K1.**: 134B feladat.
 (Mi a bizonytalanság az ilyen típusú feladatokban?)
- F59. **K1.**: 135B feladat.
 (A könyvben el van írva a sorszám, legalábbis a 4. kiadásban.)
 F60. **K1.**: 139. feladat.
 F61. **K1.**: 141. feladat.
 F62. **K1.**: 142. feladat.
 F63. **K1.**: 144. feladat.
 F64. **K1.**: 145. feladat.
- F65. **K1.**: 147B feladat.
 F66. **K1.**: 150. feladat.
 F67. **K1.**: 151. feladat.
 F68. **K1.**: 154B feladat.
 F69. **K1.**: 155B feladat.
 F70. **K1.**: 155C feladat.
 F71. **K1.**: 156C feladat.
 F72. **K1.**: 157B feladat.
 F73. **K1.**: 157C feladat.

3.3. Kevert koncentrációs számolási és sztöchiometriai feladatok

- F74. (**K3.**: I-3.2 feladat) Kalcium-karbonátot használunk egy sósavoldat, valamint egy lúgoldat pontos koncentrációinak meghatározásához. 1,000 g CaCO_3 -ot 49,85 cm³ HCl-oldatban oldunk. A sav feleslegének visszatitrálásához 6,32 cm³ NaOH-oldat fogy. Külön kísérletben titrálunk 50,00 cm³ HCl-oldatot, erre 48,95 cm³ NaOH-oldat fogy. Számítsuk ki a HCl- és a NaOH-oldatok pontos koncentrációját! ($c_{\text{sav}}=0,4605 \text{ M}$ és $c_{\text{bázis}}=0,4704 \text{ M}$)
- F75. (**K3.**: I-4.3 feladat) 0,5000 g kloridot, bromidot és inert anyagot tartalmazó mintából 0,9000 g, AgCl-ot és AgBr-ot tartalmazó csapadékkeveréket választottunk le. Ha ezt a csapadékot klór-áramban hevítjük, a csapadék súlyvesztése 0,1000 g. Számítsuk ki, hogy hány tömegszázalék kloridot, illetve bromidot tartalmazott a minta! (23,63 tömegszázalék klorid és 35,95 tömegszázalék bromid)
- F76. (**K3.**: I-5.1 feladat) Hány tömegszázalék szenet tartalmaz az a Mg_2C és MgC_2 -ből álló karbidkeverék, melynek 0,8500 g-ját elhidrolizáltatva, majd a képződött gázt elégetve 0,4779 g víz képződik. A karbidok hidrolízise során 1 mol Mg_2C -ből 1 mol CH_4 , illetve 1 mol MgC_2 -ből 1 mol C_2H_2 képződik. (24,15 tömegszázalék szén)

- F77. (K3.: II-1.3 feladat) Adott nyomású, szobahőmérsékletű, metánt és acetilént tartalmazó gáz-elegy $63,0\text{ cm}^3$ -ének tökéletes elégetése után a kapott gáz térfogata a kiindulási nyomáson és hőmérsékleten $96,0\text{ cm}^3$. Mi volt a gáz-elegy mól- és térfogatszázalékos összetétele?
(47,6 % metán és 52,4 % acetilén mindkét koncentráció-mértékegységben)
- F78. (K3.: II-2.2 feladat) Fémcinket oldottunk kénsavoldatban. A reakció után kivált kristályvíztartalmú vegyület kéntartalma 11,15 tömegszázalék. Hány mol vizet tartalmaz a kristályvíztartalmú vegyület egy molja? Elvileg hány tömegszázalékos kénsavoldatban kell a cinket feloldanunk ahhoz, hogy ha a H_2SO_4 -tartalommal sztöchiometrikus mennyiségű cinket oldunk, akkor a hidrogéngáz eltávoztása után az oldat egésze kikristályosodjék?
(7 kristályvíz és 43,75 tömegszázalékos oldat kell)
- F79. (K3.: II-2.3 feladat) $60,0\text{ g}$, 16,0 tömegszázalékos sóoldatból $20,0\text{ g}$ tömegű részletet átöntünk 180 g tömegű, x tömegszázalékos, azonos sóból készült sóoldatba. Alapos összekeverés után most ebből veszünk ki $20,0\text{ g}$ tömegű részletet, és visszaöntjük a maradék 16,0 tömegszázalékos oldatba. Az öntögetések és a keverés eredményeként az eredetileg 16,0 tömegszázalékos oldat töménysége 13,0 tömegszázalékra csökkent. Hány tömegszázalékos volt a kiindulási 180 g tömegű oldat az összeöntés előtt?
(6,00 tömegszázalékos oldat kell)
- F80. (K3.: I-1.4 feladat) Egy porkeverék alumíniumot, rezet és inert szennyeződést tartalmaz. Ha a porkeverék $0,1000\text{ g}$ -ját $300,0\text{ cm}^3$ $0,0100\text{ M}$ sósavoldathoz adjuk, akkor az oldatban a pH értéke 2,678 lesz a gázfejlődés befejeződése után. Ezután a rendszerhez $200,0\text{ cm}^3$ $0,03\text{ M}$ salétromsav-oldatot adva, a nitrogén-dioxid fejlődés után az oldat pH-értéke 2,347-re változik. Adjuk meg a porkeverék tömegszázalékos összetételét!
(21,32 tömegszázalék Al, 69,60 tömegszázalék Cu és 9,08 tömegszázalék inert anyag)
- F81. (K3.: III-1.3 feladat) Egy szilárd minta két vízmentes ezüst-halogenid keverékéből áll. A minta $0,3236\text{ g}$ -nyi mennyiségét $50,00\text{ cm}^3$ $0,1810\text{ M}$ kálium-cianid-oldatban oldottuk. A feleslegben maradt cianidot $28,14\text{ cm}^3$ $0,1010\text{ M}$ ezüst-nitrát mérőoldattal mértük vissza. Számítsuk ki a keverék tömegszázalékos ezüsttartalmát! Feltételezve, hogy a két halogenid a klorid és a jodid volt, számítsuk ki a mintában a klorid és a jodid tömegét is.
(56,10 tömegszázalék ezüst, $0,0277\text{ g}$ klorid és $0,1144\text{ g}$ jodid)
- F82. (K3.: II-5.3 feladat) A kalcium atomsúlyának (értsd abban az időben: hidrogénhez viszonyított relatív atomtömegének) meghatározásához Berzelius 1843-ban kalcium-oxidot alakított át kalcium-szulfáttá kénsavas kezeléssel úgy, hogy a kénsav feleslegét hevítéssel eltávolította. Egyik kísérlete során a kiindulási anyag $25,04\text{ g}$ -jából $60,36\text{ g}$ termék képződött. Mennyinek találta Berzelius a Ca atomsúlyát ezen mérés alapján, ha a tudós akkori ismerete szerint a kén atomsúlya 32,40 volt, míg az oxigéné 16,03?
(41,03 a kalcium atomsúlya Berzelius szerint)
- F83. (K3.: II-5.4 feladat) Az egyik legismertebb magyar ételízesítő nátrium-klorid-tartalmát a következőképpen határoztuk meg:
A sűrítmény $20,00\text{ g}$ -ját desztillált vízzel főztük, lehűlés után aktív szén hozzáadásával elszíntelenítettük, majd leszűrtük, és a szűrlet térfogatát desztillált vízzel $100,0\text{ cm}^3$ -re állítottuk be. A szűrletből $10,00\text{ cm}^3$ mintát vettünk, ezt desztillált vízzel $100,0\text{ cm}^3$ -re hígítottuk, majd ebből az oldatból vettünk $10,00\text{ cm}^3$ -es mintákat, melyekhez $8,45\text{ cm}^3$ $0,06000\text{ M}$ koncentrációjú ezüst(I)-nitrát-oldatot, valamint salétromsavat és kálium-nitrátot adtunk. Forraltuk, hogy az ezüst-klorid-csapadék tömörödjön, majd vas(III)-nitrát indikátort adtunk az oldathoz. Az ezüst(I)-ion feleslegét $0,01000\text{ M}$ kálium-tiocianát-oldattal (KSCN) titráltuk, melyből átlagosan $26,65\text{ cm}^3$ fogyott. Hány tömegszázalékos a népszerű ételízesítő nátrium-kloridra nézve?
(7,03 tömegszázalékos volt a nátrium-klorid a sűrítményben)
- F84. (K3.: I-1.8 feladat) Egy nátriumot és káliumot is tartalmazó amalgám $1,0000\text{ g}$ -ját $150,0\text{ cm}^3$ desztillált vízbe tesszük és rázatjuk. Az alkálifémek kioldódása után a maradék higany tömege $0,9187\text{ g}$. Az oldat $20,00\text{ cm}^3$ -ét $0,0500\text{ M}$ sósavoldattal megtitrálva $8,22\text{ cm}^3$ sav fogy. Mennyi volt az eredeti amalgám mólszázalékos összetétele?
(31,78 mólszázalék Na, 8,45 mólszázalék K és 59,77 mólszázalék Hg)

- F85. (K3.: I-3.7 feladat) 5,000 g, kalcium-karbonátból és fémkalciumból álló porkeveréket oldunk feleslegben lévő 1,0 M sósavoldatban. Az oldás eredményeként 1,783 dm³ 37,30 °C-os, 1,000 bar nyomású gáz keletkezik. Mennyi volt a porkeverék tömegszázalékos és a fejlődött gázelegy térfogatszázalékos összetétele?

(74,43 tömegszázalék CaCO₃, 25,57 tömegszázalék Ca; 53,82 térfogatszázalék az egyik összetevőre)

3.4. Eddigiek + standard állapot probléma

- F86. (K3.: I-3.7 feladat) 5,000 g, kalcium-karbonátból és fémkalciumból álló porkeveréket oldunk feleslegben lévő 1,0 M sósavoldatban. Az oldás eredményeként 1,783 dm³ 37,30 °C-os, 1,000 bar nyomású gáz keletkezik. Mennyi volt a porkeverék tömegszázalékos és a fejlődött gázelegy térfogatszázalékos összetétele?

(74,43 tömeg% CaCO₃, 25,57 tömeg% Ca; 53,82 térfogat% ? gáz és 46,18 térfogat% ? gáz)

- F87. (K3.: I-4.7 feladat) Egy ötvözet a periódusos rendszer két egymást követő alkáliföldféméből áll. Az ötvözet 4,500 g-ját sósavban feloldva 3,332 dm³ standardállapotú H₂ fejlődik. (a) Mi az ötvözetet alkotó két fém? (b) Mi az ötvözet tömeg-, illetve mólszázalékos összetétele?

(32,85 tömeg% és 44,64 mól% a kisebb moláris tömegű fémre)

- F88. (K3.: II-1.6 feladat) Egy fémötvözet alumíniumot, vasat és ezüstöt tartalmaz. Az ötvözet 0,4938 g-ját 0,1 M HCl-ban oldva 268,90 cm³, 23,50 °C-os, 1,053 bar nyomású gáz fejlődik. Ha az ötvözet 0,4743 g-ját 0,1 M NaOH-oldatban oldjuk, akkor 108,58 cm³, 23,50 °C-os, 1,032 bar nyomású gáz keletkezik. Mi volt a keverék tömegszázalékos és mólszázalékos összetétele?

(17,23 tömeg% Al, 76,35 tömeg% Fe és 6,42 tömeg% Ag, illetve 30,92 mól% Al, 66,20 mól% Fe és 2,88 mól% Ag)

- F89. (K3.: III-2.5 feladat) Egy porkeverék öt vegyületből áll: kalcium-karbonát, vas, alumínium, réz és cink. A keverék 15,00 g-jához feleslegben sósavat adva a szilárd maradék tömege szűrés és szárítás után 3,85 g. A reakció során fejlődött gáz térfogata 0,1 MPa nyomáson és 293,0 K-en 3,96 dm³. A gázt KOH-oldaton átbuborékolatva nyomása (azonos térfogat és hőmérséklet mellett) a felére csökken. A porkeverék újabb 5,00 g-jához feleslegben NaOH-oldatot adunk. Ekkor 0,560 dm³ 0,1 MPa nyomású gázt kapunk 293,0 K-en. Mi a porkeverék tömegszázalékos összetétele?

(54,2, 4,6, 5,5, 25,7 és 10,0 tömeg% CaCO₃, Fe, Al, Cu és Zn)

- F90. (K3.: V-1.6 feladat) Vas(II)-karbonátból és fémvasból álló keverék 6,223 g-ját oldjuk feleslegben lévő sósavoldatban, miközben 1,873 dm³ normálállapotú gáz keletkezik. Mennyi volt a keverék tömegszázalékos összetétele? Mi a keletkezett gázelegy térfogatszázalékos összetétele?

(48,27 tömeg% FeCO₃, 51,73 tömeg% Fe és 68,98, valamint 31,02 térfogat%-ok a fejlődő gázokra)

- F91. (K3.: V-1.8 feladat) Egy ismeretlen vegyület bórt, nitrogént és hidrogént tartalmaz, amelynek gőze 2,51-szer nehezebb az oxigéngáz azonos térfogatánál ugyanazon körülmények között. A vegyület 0,5000 g-ját oxigénfeleslegben elégetve az égéstermék bór(III)-oxidot, vizet és 0,208 dm³ normálállapotú nitrogéngázt tartalmaz. Ha az égésterméket 150 °C-ra melegítjük, akkor a gázállapotú égéstermékek össztérfogata 0,967 dm³ lesz. Mi a vegyület molekulaképlete és az égés egyenlete?

(B₃N₃H₆ a molekulaképlet)

4. számolós hét: folytatás

5. számolós hét: 1. ZH, példamegoldás

6. számolós hét: 1. ZH, egyedi bemutatók

7. számolós hét: További feladattípusok

7.1. Egyensúlyi feladatok

- F92. 25 °C-on a vízionszorzat értéke $K_v=1,74\times 10^{-14} \text{ M}^2$, míg a benzoesav savi disszociációs állandója $K_d=6,3\times 10^{-5} \text{ M}$. Készítsetek a *hp Prime* segítségével egy ábrát, amely a benzoesav koncentrációjának függvényében felrajzolja az oldat (a) pontos pH-ját a (3) vagy (4) egyenlettel számolva, (b) egy közelítő pH-át az (5) egyenlettel számolva, (c) valamint egy másik közelítő pH-át a (6) egyenlettel számolva. A sav analitikai koncentrációjának érdemes logaritmikus beosztást használni a $1,0\times 10^{-10}$ – $0,3 \text{ M}$ tartományban. Elemezzétek az ábrát abból a szempontból, hogy milyen koncentrációtartományokban lehet használni a gyakorlatban a közelítő képleteket!
- F93. Az F92. feladatban megadott adatok felhasználásával keressétek meg a benzoesav legnagyobb (analitikai) koncentrációértékét három értékes jegy pontossággal, amelynél a függelékben levezetett (3) vagy (4) egyenlete alapján számolható pontos pH legfeljebb 0,002; 0,01; 0,1 és 0,3 pH-egységgel különbözik az (5) és (6) egyenletekből számolható közelítő értékektől.
- F94. Készítsetek a *hp Prime* segítségével egy ábrát, amely megadja egy egyértékű erős sav c koncentrációjú oldatának pH-értékét közelítő, illetve pontos formulával! A közelítő pH a $\text{pH} \cong -\lg c$ összefüggés alapján számolandó; a pontos pH a $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$ definíció alapján, ahol $[\text{H}^+]$ a megoldása a $c = [\text{H}^+] - [\text{OH}^-] = [\text{H}^+] - K_v/[\text{H}^+]$ anyagmérleg-egyenletnek. A vízionszorzat pontos értéke $K_v=1,74\times 10^{-14} \text{ M}^2$. A sav analitikai koncentrációjának érdemes logaritmikus beosztást használni a $c=1\times 10^{-5}$ – $1\times 10^{-9} \text{ M}$ tartományban. Elemezzétek az ábrát abból a szempontból, hogy milyen koncentrációtartományokban lehet használni a gyakorlatban a közelítő képletet! A fenti anyagmérleg-egyenlet átrendezve egy $[\text{H}^+]$ -ra nézve másodfokú egyenlethez vezet, ennek csak az egyik megoldása lehet kémiailag értelmes. Az egyik lehetséges megoldás, hogy végrehajtjuk ezt az átrendezést, kiválasztjuk a kémiailag értelmes megoldást, majd ezt a kifejezést használjuk a *hp Prime*-ban. Azonban a *hp Prime* implicit módon megadott függvényeket is képes közvetlenül ábrázolni. Mindkét megoldási mód jó, de ez utóbbi nem követeli meg az anyagmérleg-egyenlet átalakítását.
- F95. Az F94. feladatban megadott adatok felhasználásával válaszoljátok meg a következő kérdéseket, egymondatos indoklást is adva:
- Melyik pH-tartományban kisebb a közelítő formula hibája 0,01 pH-egységnél?
 - Melyik pH-tartományban nagyobb a közelítő formula hibája 0,1 pH-egységnél?
 - Melyik az a pH-tartomány, amelyben a közelítő formula hibája egy pH-egységnél is nagyobb?
- F96. Az F94. feladatban megadott adatok felhasználásával válaszoljátok meg a következő kérdéseket, egymondatos indoklást is adva:
- Melyik analitikai koncentrációtartományban kisebb a közelítő formula hibája 0,01 pH-egységnél?
 - Melyik analitikai koncentrációtartományban nagyobb a közelítő formula hibája 0,1 pH-egységnél?
 - Melyik az az analitikai koncentrációtartomány, amelyben a közelítő formula hibája egy pH-egységnél is nagyobb?

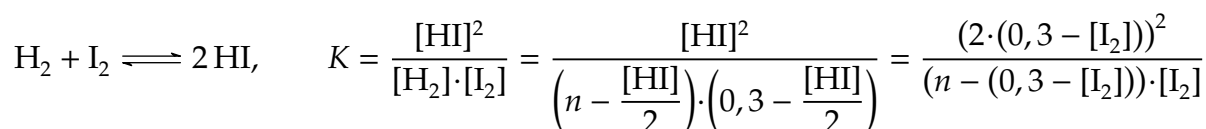
- F97. Az F92.–F96. feladatokhoz hasonlóan, válasszatok egy tetszőleges puffert (pl. ecetsav/acetát vagy hidrogénkarbonát/karbonát, stb.), és vagy a savi forma, vagy a bázikus forma koncentrációjának függvényében készíttetek ábrákat és/vagy végezzenek számolásokat, amelyek megmutatják, hogy a (3) vagy (4) egyenlettel számolható pontos pH-t mennyire jól közelítik a (7–9) egyenletekből számolható közelítő értékek.

7.2. Értelmező ábrák készítése

- F98. Hány gramm kristályos réz(II)-szulfátot ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) kell 58 g vízben feloldani ahhoz, hogy az oldat tömegszázalékos összetétele m legyen? Készíttetek egy olyan ábrát, amely a szükséges kristályos réz(II)-szulfát tömegét ábrázolja a tömegszázalékos összetétel függvényében a 0–100 tartományban! Ha tapasztaltok szokatlan változást az ábrázolt görbén, próbáljátok megadni annak (kémiai) okát!

Próbáljátok meg az ábrát elkészíteni explicit és implicit módon is, logaritmikus y -skálával, és értelmezzétek az esetleges eltéréseket!

- F99. Egy $1,000 \text{ dm}^3$ -es zárt edény kezdetben n mol hidrogéngázt és $0,300$ mol jódgőzt tartalmaz. Az edényben a két anyag között a



egyensúlyi reakció játszódik le, ahol az egyensúlyi állandó értéke $0,871$ a reakció hőmérsékletén; és értéke kifejezhető akár a HI, akár a I_2 egyensúlyi koncentrációjával a sztöchiometriai kapcsolatok figyelembevételével, ahogy azt a fenti kifejezések mutatják. Készíttetek két ábrát, amelyek mindegyike a jódgőz és a hidrogénjodid egyensúlyi koncentrációját mutatja a hozzáadott hidrogéngáz anyagmennyiségének függvényében. Az ábráknál a következőket vegyétek figyelembe:

- Az első ábrához fejezzétek ki a fenti egyenletekből a HI és a I_2 koncentrációját, készíttetek *hp Prime* függvénydefiníciókat a kémiailag értelmes megoldásból (ld. define függvény) és ezeket ábrázoljátok.
 - A második esetben használjátok a *hp Prime* implicit függvényábrázolási lehetőségeit. Próbáljátok meg értelmezni, miért nem 100 %-osan sikeres ez a módszer?
 - A megadott $0,871$ -es érték az egyensúlyi állandóra valós adat. Miért nem célszerű ezt egyszerűsíteni?
- F100. A hidrogéngáz 1 mol -ját összekeverjük n anyagmennyiségű oxigéngázzal edényben, majd elreagáltatjuk azokat. Feltételezve, hogy a reakció teljesen végbement, vezessük le azokat a matematikai képleteket, amelyekkel kiszámolható az egyes anyagok anyagmennyisége a reakció végbemenetele után. Ábrázoljuk ezeket az adatokat az n függvényében!
- F101. Rajzoljátok meg 1 mol anyagmennyiségű tökéletes gáz izotermáját (a $p(V)$ függvény állandó hőmérsékleten) 0 , 50 és 100°C -on, a három görbét egy diagramon feltüntetve! A térfogat tengelyén a tartomány $0,002$ – $0,05 \text{ m}^3$ legyen, a nyomás tengelyén az adatokat Pa-ban kell feltüntetni.
- F102. Vezessétek le azokat a képleteket, amely(ek) a különböző hőmérsékleti skálákat automatikusan átszámolják egymásba. A múltban vagy jelenben fontos skálák definíciót keressétek meg az InterNeten (csak felsorolásképpen a skálák nevei: Celsius $^\circ\text{C}$ /, Fahrenheit $^\circ\text{F}$ /, Delisle $^\circ\text{D}$ /, Kelvin K /, Newton $^\circ\text{N}$ /, Rankine $^\circ\text{Ra}$ /, Réaumur $^\circ\text{Ré}$ / és Rømer $^\circ\text{Rø}$ /). A levezetett képletek alapján ábrázoljátok egy diagramon a Celsius fokok függvényében a többi skála számértékeit!

F103. A következő feladat megoldására talán egy táblázatkezelő program használata a legcélszerűbb, de a grafikus számológépek is rendelkeznek ilyen lehetőségekkel, és a definíciók általánossá tételével olyan egyenleteket kapunk, amelyek számológépekkel is ábrázolhatók.

$V_{A,0}=10\text{ cm}^3$ A-oldatot titrálunk B-oldattal, minden titrálási pontban egy-egy cm^3 B-oldatot adva a titrált oldatba addig, amíg az összefogyás el nem éri a 100 cm^3 -t ($V_B=0; 1; 2; \dots; 100\text{ cm}^3$).

- Számoljátok ki a B-oldat térfogattörtjeit ($\phi_{B,1}$) a titrálási pontokban! Érdemes az első oszlopba a V_B értékeit írni, a másodikba pedig a $\phi_{B,1}$ értékeket. $V_{A,0}$ értéke legyen a G1 cellában, és használjátok ezt abszolút hivatkozásként a második oszlop definíciójában.
- Tegyük fel, hogy az előzőekben részletezett titrálást úgy hajtjuk végre, hogy minden 5 cm^3 B-oldat hozzáadása – és természetesen homogenizálása – után kiveszünk a titrált oldatból $\Delta V=5\text{ cm}^3$ -t, és így folytatjuk a titrálást. Számoljátok ki a B-oldat térfogattörtjeit ($\phi_{B,2}$) ebben az esetben is! Legyen a C-oszlopban a titrált oldat térfogatának azon része, ami az A-oldatból megmaradt, és tartalmazza a D-oszlop a titrált oldatban lévő B-oldat térfogatát. Ezen oszlopok segítségével számoljátok ki $\phi_{B,1}$ értékeket az E-oszlopban! Legyen ΔV értéke adott a G2 cellában, és használják ezt abszolút hivatkozásként a definíciók.
- Készítsetek az adott munkalapon műszaki-tudományos ábrát is, amely a mindkét módon számolt térfogattörteket mutatja a hozzáadott B-oldat térfogatának függvényében.
- Egy kis kémia. Változtassátok a $V_{A,0}$ értékét az $1\text{--}10\text{ cm}^3$ és/vagy a ΔV értékét $5\text{--}20\text{ cm}^3$ értékek között (az egyszerűség kedvéért csak egész számértékeket választva), és értelmezzétek a görbék változását!

Megjegyzés: A feladat **b)** része kifejezetten nehéz. Sokféleképpen meg lehet oldani, de talán a legegyszerűbb elegáns megoldás az EXCEL INT függvényének használatával érhető el.

Az eredmény részletei a megoldás ellenőrzéshez: Néhány ($V_B; \phi_{B,1}; \phi_{B,2}$) adathármas: ($5\text{ cm}^3; 0,33333; 0,33333$), ($10\text{ cm}^3; 0,50000; 0,55556$), ($20\text{ cm}^3; 0,66667; 0,80247$) és ($100\text{ cm}^3; 0,90909; 0,99970$).

7.3. Az eredmény túl érzékeny a kiindulási adatok pontosságára

F104. (K3.: III-5.1 feladat) $2,604\text{ g}$ óleum közömbösítéséhez $65,1\text{ cm}^3$ $0,900\text{ M}$ NaOH-oldat szükséges. Számítsátok ki a szabad $\text{SO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ tömegarányt az eredeti óleum mintában! A számításokat három módon végezzétek el: (1) pontosan a függelékben megadott relatív atomtömegeket használjátok, (2) a relatív atomtömegek számértékét $0,01$ pontosságra kerekítve használjátok, valamint (3) a relatív atomtömegek számértékét egész számra kerekítsétek a számolásokhoz. Az arányt három tizedes jegy pontossággal adjátok meg!

$$(m_{\text{SO}_3}/m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = (1) 0,850; (2) 0,852 \text{ és } (3) 0,837)$$

F105. (K3.: IV-1.3 feladat) Réz(II)- és nikkel(II)-ionokat együttesen tartalmazó oldatból a fémek elektrolízissel történő teljes kiválasztásához $345,0\text{ C}$ töltésmennyiség szükséges. A kivált fémek együttes tömege $0,1110\text{ g}$. A kivált fém hány tömegszázaléka nikkel, illetve réz? A számításokat három módon végezzétek el: (1) pontosan a függelékben megadott relatív atomtömegeket használjátok, (2) a relatív atomtömegek számértékét $0,1$ pontosságra kerekítve használjátok, valamint (3) a relatív atomtömegek számértékét egész számra kerekítsétek a számolásokhoz. A tömegszázalékos értékeket egy tizedes jegy pontossággal adjátok meg!

$$((1) 71,6/28,4\text{ m/m\% Cu/Ni}; (2) 70,8/29,2\text{ m/m\% Cu/Ni és } (3) 63,6/36,4\text{ m/m\% Cu/Ni})$$

F106. (K3.: II-2.8 feladat) Egy olyan elegy összetételét kell meghatároznunk, amely három komponensből áll: egy nyílt szénláncú, telített szénhidrogénből (A); annak monoklór származékából (B); valamint egy azonos szénatomszámú, egyértékű, nyílt szénláncú, telített alkoholból (C). Az elemzés során többféle műveletet végeztünk az eleggyel, és mindegyik kísérlethez ugyanannyi, $10,815\text{ g}$ elegyet használtunk. Ennek a mennyiségnek a roncsolásakor $2,296\text{ g}$ AgCl-csapadékot tudtunk leválasztani. Az elegy egy másik mintájából fémnátriummal való reakció során $723,5\text{ cm}^3$, $20,0\text{ }^\circ\text{C}$ -os, $0,1010\text{ MPa}$ nyomású hidrogéngáz fejlődött. Egy harmadik minta

tökéletes égetése $15,629 \text{ dm}^3$, $20,0^\circ\text{C}$ -os, $0,1010 \text{ MPa}$ nyomású szén-dioxid képződéséhez vezetett. Számítsuk ki a szénatomok számát (k) a vegyületekben, valamint az elegy mólszázalékos összetételét század százalékos pontossággal!

7.4. Az eredmény túl érzékeny a köztes számítások pontosságára

- F107. (K3.: VIII-3.5 feladat) Összeöntünk két térfogatrész telített ezüst(I)-szulfát oldattal egy térfogatrész telített ólom(II)-klorid oldatot, majd az így kapott elegyet felforraljuk. Szobahőmérsékletre történő lehűlést követően mekkorák lesznek az egyensúlyi oldatban az ionok egyensúlyi koncentrációi? Az összeöntés során bekövetkező térfogat kontrakciótól eltekintünk, valamint a forralás során fellépő oldószer veszteséget pótoljuk. A számolásokat végezzétek el különböző pontosságokkal is (16, 10, 9, 7, 6, 5, 4 és 3 értékes jeggyel)! A végeredményeket három értékes jegy pontossággal adjátok meg. Az oldhatósági szorzatok: $L_{\text{Ag}_2\text{SO}_4}=7,70\times 10^{-5} \text{ M}^3$, $L_{\text{PbCl}_2}=1,00\times 10^{-4} \text{ M}^3$, $L_{\text{AgCl}}=1,56\times 10^{-10} \text{ M}^2$ és $L_{\text{PbSO}_4}=1,83\times 10^{-8} \text{ M}^2$.

$n^\dagger$	c_{Ag^+}	$c_{\text{Pb}^{2+}}$	$c_{\text{SO}_4^{2-}}$	c_{Cl^-}
10, 11, ...	$1,62\times 10^{-2}$	$2,25\times 10^{-6}$	$8,12\times 10^{-3}$	$9,61\times 10^{-9}$
9	$1,62\times 10^{-2}$	$2,25\times 10^{-6}$	$8,12\times 10^{-3}$	$9,60\times 10^{-9}$
7	$1,62\times 10^{-2}$	$2,25\times 10^{-6}$	$8,12\times 10^{-3}$	$9,31\times 10^{-9}$
6	$1,62\times 10^{-2}$	$2,25\times 10^{-6}$	$8,12\times 10^{-3}$	$1,49\times 10^{-8}$
5	$1,62\times 10^{-2}$	$2,29\times 10^{-6}$	$8,12\times 10^{-3}$	$0,00\times 10^0$
4	$1,62\times 10^{-2}$	$2,38\times 10^{-6}$	$8,12\times 10^{-3}$	$-4,77\times 10^{-7}$
3	$1,62\times 10^{-2}$	$3,81\times 10^{-6}$	$8,12\times 10^{-3}$	$0,00\times 10^0$

$^\dagger n$ a számolásokban az értékes jegyek száma

- F108. (K3.: II-3.8 feladat) Ezüst-klorid $10,00 \text{ cm}^3$ -es telített oldatához $10,00 \text{ cm}^3$ $1,000 \text{ M}$ kálium-klorid-oldatot öntünk, és az elegybe ezüstelektrodot helyezünk. Egy másik edényben összeöntünk $10,00 \text{ cm}^3$ telített ezüst-kromát oldatot $20,00 \text{ cm}^3$ $0,00100 \text{ M}$ nátriumkromát-oldattal, majd egy másik ezüstelektrodot mártunk az elegybe. Mekkora elektromotoros erőt mérhetünk (mV pontossággal) a két elektród között $25,00^\circ\text{C}$ -on, ha a két oldatot sóhíddal összekötjük? $\varepsilon_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^\ominus=0,799 \text{ V}$, $L_{\text{AgCl}}=1,56\times 10^{-10}$, $L_{\text{Ag}_2\text{CrO}_4}=9,03\times 10^{-12}$
- F109. Az F106. feladat a köztes számítások pontosságának fontosságára is jó példa.

7.5. Kerekítési probléma

- F110. (K3.: II-5.7 feladat) Egy szén-monoxidot, metánt és etánt tartalmazó szobahőmérsékletű gáz-elegy $27,0 \text{ cm}^3$ -ét oxigénfelesleggel összekeverjük, és elégetjük. A gázkeverék térfogata – szobahőmérsékletre visszahűtve – $33,0 \text{ cm}^3$ -rel kevesebb, mint kiinduláskor. Az égéstermékeket kálium-hidroxid oldaton átvezetve a térfogat további $30,0 \text{ cm}^3$ -rel csökken. Mi volt az eredeti gáz-elegy térfogat- és tömegszázalékos összetétele, az eredményeket egy tizedes jegy pontossággal megadva?

7.6. „Életszagú” példák megoldásának többértelműsége

- F111. (K3.: IV-2.8 feladat) Tésztát sütünk egy csomag 13 g -os klasszikus sütőpor felhasználásával, amely $3,0 \text{ g}$ nátrium-hidrogén-karbonátot, $9,0 \text{ g}$ dinátrium-dihidrogén-pirofoszfátot és töltőanyagként búzalisztet tartalmaz. A használt tepszi szélessége $20,0 \text{ cm}$, hosszúsága $25,0 \text{ cm}$ és mélysége $3,5 \text{ cm}$. Hányszoros térfogatú gáz képződhet a tepszi térfogatához képest 101325 Pa nyomáson, ha a sütést 180°C -on végezzük? Hányszoros térfogatú gáz fejlődhetne ugyanilyen körülmények között, ha a sütőpor helyett 1 csomag 20 g -os szalalkáliit használnánk? Az arányszámot egy tizedes jegy pontossággal adjátok meg! Írjátok fel a reakcióegyenleteket is! A fejlődő gázokat tekintsétek ideálisnak a számítások során! Aki nem tudja, hogy mi az a szalalkáli, az megnézheti bármelyik élelmiszerboltban!

7.7. Differenciál és integrálszámítás elkerülhetősége

F112. (K3.: V-2.8 feladat) Egy A gáz az oxigénnel a $v=k \cdot [A] \cdot [O_2]$ sebességi egyenlet alapján reagál, ahol v a reakciósebesség és k a sebességi együttható. Egy gázminta c koncentrációban tartalmaz A gázt, a minta többi összetevője inert gáznak tekinthető. A gázminta $1,000 \text{ dm}^3$ -ét hány dm^3 levegővel kell összekevernünk állandó nyomáson és hőmérsékleten ahhoz, hogy a reakció kezdeti sebessége maximális legyen? A gázokat tekintsük ideálisnak.

8. számolós hét: folytatás

9. számolós hét: folytatás

10. számolós hét: 2. ZH, példamegoldás

11. számolós hét: 2. ZH, egyedi bemutatók

FÜGGELÉK

F.1. Standard relatív atomtömegek

Az elemek periódusos rendszere																	
1 1 H 1,0079 hidrogén	2 2 He 4,0026 hélium															18 18 VIII A	
3 3 Li 6,941 lítium	4 4 Be 9,0122 berillium															13 5 B 10,811 bór	14 6 C 12,011 szén
11 3 Na 22,990 nátrium	12 4 Mg 24,305 magnézium															15 7 N 14,007 nitrogén	16 8 O 15,999 oxigén
19 4 K 39,098 kálium	20 4 Ca 40,078 kalcium	21 3 Sc 44,956 szkandium	22 4 Ti 47,867 titán	23 5 V 50,942 vanádium	24 6 Cr 51,996 króm	25 7 Mn 54,938 mangán	26 8 Fe 55,845 vas	27 9 Co 58,933 kobalt	28 10 Ni 58,693 nikkel	29 11 Cu 63,546 réz	30 12 Zn 65,38 cink	31 13 Ga 69,723 gallium	32 14 Ge 72,61 germánium	33 15 As 74,922 arzén	34 16 Se 78,96 szelén	35 17 Br 79,904 bróm	36 18 Kr 83,80 kripton
37 5 Rb 85,468 rubídium	38 5 Sr 87,62 stroncium	39 5 Y 88,906 ittrium	40 6 Zr 91,224 cirkónium	41 6 Nb 92,906 nióbium	42 7 Mo 95,96 molibdén	43 7 Tc (98) technécium	44 8 Ru 101,07 ruténium	45 9 Rh 102,91 ródiium	46 10 Pd 106,42 palládium	47 11 Ag 107,87 ezüst	48 12 Cd 112,41 kadmium	49 13 In 114,82 indium	50 14 Sn 118,71 ón	51 15 Sb 121,76 antimon	52 16 Te 127,60 tellúr	53 17 I 126,90 jód	54 18 Xe 131,29 xenon
55 6 Cs 132,91 cézium	56 6 Ba 137,33 bárium	57 6 La [†] 138,91 lantán	72 6 Hf 178,49 hafnium	73 7 Ta 180,95 tantál	74 7 W 183,84 volfrám	75 8 Re 186,21 rénium	76 8 Os 190,23 ozmium	77 9 Ir 192,22 irídium	78 10 Pt 195,08 platina	79 11 Au 196,97 arany	80 12 Hg 200,59 higany	81 13 Tl 204,38 tallium	82 14 Pb 207,2 ólom	83 15 Bi 208,98 bizmut	84 16 Po (209) polónium	85 17 At (210) asztácium	86 18 Rn (222) radon
87 7 Fr (223) francium	88 7 Ra (226) rádiium	89 7 Ac [‡] (227) aktínium	104 7 Rf (267) rutherfordium	105 7 Db (268) dubnium	106 8 Sg (271) seaborgium	107 8 Bh (272) bohrium	108 9 Hs (270) hassium	109 10 Mt (276) meitnerium	110 10 Ds (281) darmstadtium	111 11 Rg (280) röntgenium							
† lantanoidák			58 Ce 140,12 cérium	59 Pr 140,91 praeodí-mium	60 Nd 144,24 neodími-um	61 Pm (145) prométi-um	62 Sm 150,36 szamári-um	63 Eu 151,96 európium	64 Gd 157,25 gadolinium	65 Tb 158,93 terbium	66 Dy 162,50 diszprózi-um	67 Ho 164,93 holmium	68 Er 167,26 erbiium	69 Tm 168,93 túlium	70 Yb 173,04 itterbium	71 Lu 174,97 lutécium	
‡ aktinoidák			90 Th* 232,04 tórium	91 Pa* 231,04 protaktí-nium	92 U* 238,03 urán	93 Np (237) neptuni-um	94 Pu (244) plutónium	95 Am (243) ameríci-um	96 Cm (247) kúrium	97 Bk (247) berkélium	98 Cf (251) kaliforni-um	99 Es (252) einsteinium	100 Fm (257) fermium	101 Md (258) mendelévium	102 No (259) nobélium	103 Lr (262) laurencium	

* Azoknak az elemeknek, amelyeknek nincs stabilis izotópjuk, a relatív atomtömegük nem adható meg. Ezen elemek esetében a leghosszabb élettartamú izotópjuk tömegszáma van megadva zárójelben. Ez alól három elem kivétel (a Th, Pa és U), mert ezeknek jellemző összetétele van a földkéregben, ezért a relatív atomtömegük megadható.

F.2. A számításokhoz gyakrabban előforduló állandók értékei

Jel	Érték	Név vagy leírás
$c^\ominus$	1 M	standard koncentráció
F	96485 C/mol	Faraday-állandó
p_0	101325 Pa	1 atm nyomás SI-mértékegységben kifejezve
$p^\ominus$		(egyben a standard nyomás is [†])
R	$8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$	egyetemes gázállandó
T_0	-273,15 °C	abszolút nulla fok

[†]Ez azonban egyáltalán nem egyértelmű. Ez az érték érvényes a NIST és az EPA szervezetek, valamint 1982-ig a IUPAC szerint is. Ezután a IUPAC megváltoztatta a definícióját 100000 Pa-ra. A példák megoldásában a régi értéket használtuk.

F.3. A Brønsted-egyenlet levezetése és egyszerűsített formái

Jelölések:

- S egy egyértékű gyenge sav (az esetleges töltések nincsenek jelölve),
- B a gyenge sav konjugált bázisa (deprotonált formája, az esetleges töltések is sincsenek feltüntetve),
- [S] a sav egyensúlyi koncentrációja,
- [B] a bázis egyensúlyi koncentrációja,
- c_S a sav bemérési (más néven analitikai) koncentrációja,
- c_B a bázis bemérési (vagy analitikai) koncentrációja,
- $[H^+]$ a hidrogénion (vagy pontosabban hidroxóniumion) egyensúlyi koncentrációja,
- $[OH^-]$ a hidroxidion egyensúlyi koncentrációja,
- K_v a vízionszorzat,
- K_d a gyenge sav disszociációs egyensúlyi állandója, valamint
- $pH = -\lg[H^+]$.

A Brønsted-egyenlet segítségével kiszámolhatjuk olyan oldatok hidrogénion koncentrációját, – vagy ami ezzel egyenértékű, a pH-ját, – amelyekben az oldott anyag egy egyértékű gyenge sav és/vagy annak konjugált bázisa. Az ilyen oldatokban a következő két egyensúly játszik szerepet: $S \rightleftharpoons B + H^+$ (vagy más formában $S + OH^- \rightleftharpoons B + H_2O$), valamint $H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$.

Az egyenlet levezetése

Az oldatban érvényes anyagmérleg egyenletek:

$$c_S = [S] + [H^+] - [OH^-] \quad \text{és} \quad c_B = [B] + [OH^-] - [H^+], \quad (1)$$

valamint az egyensúlyokat leíró tömeghatás egyenletek:

$$K_d = \frac{[H^+] \cdot [B]}{[S]} \quad \text{és} \quad K_v = [H^+] \cdot [OH^-]. \quad (2)$$

A (2) első egyenletéből a hidrogénion koncentrációját kifejezve, majd az (1) egyenletekből a sav és a bázis egyensúlyi koncentrációit behelyettesítve, és végül a hidroxidion koncentrációját a vízionszorzatot megadó egyenletből kifejezve:

$$[H^+] = K_d \cdot \frac{[S]}{[B]} = K_d \cdot \frac{c_S - [H^+] + [OH^-]}{c_B + [H^+] - [OH^-]} = [H^+] = K_d \cdot \frac{c_S - [H^+] + \frac{K_v}{[H^+]}}{c_B + [H^+] - \frac{K_v}{[H^+]}} \quad (3)$$

ahol a bekeretezett rész a Brønsted-egyenlet. Megfelelő átalakításokkal ennek polinomiális formáját is megkaphatjuk (szintén bekeretezve az alábbi egyenletek között). Ha ennek az egyenletnek a bal oldalát függvényként fogjuk fel, akkor annak deriváltjai segítségével a Brønsted-egyenlet tulajdonságai könnyen elemezhetők.

$$\begin{aligned} f([H^+]) &= [H^+]^3 + (c_B + K_d) \cdot [H^+]^2 - (K_v + K_d \cdot c_S) \cdot [H^+] - K_d \cdot K_v = 0 \\ f'([H^+]) &= 3 \cdot [H^+]^2 + 2 \cdot (c_B + K_d) \cdot [H^+] - (K_v + K_d \cdot c_S) \\ f''([H^+]) &= 6 \cdot [H^+] + 2 \cdot (c_B + K_d) \end{aligned} \quad (4)$$

Az egyszerűsített pH-számoló formulák gyenge sav esetén

Gyenge sav oldatában nincs oldott bázis és a hidrogénion koncentrációja mellett a hidroxidioné elhanyagolható:

$$[H^+] = K_d \cdot \frac{c_s - [H^+]}{[H^+]} \longrightarrow \boxed{[H^+]^2 + K_d \cdot [H^+] - K_d \cdot c_s = 0} \quad (5)$$

Ha még a disszociáció mértéke is kicsi (nem több 1–2 %-nál), akkor a röviden gyökös képletnek nevezett összefüggés lesz érvényes:

$$[H^+] = K_d \cdot \frac{c_s}{[H^+]} \longrightarrow \boxed{[H^+] = \sqrt{K_d \cdot c_s}} \quad (6)$$

A konjugált bázisok oldataiban hasonló módon lehet az egyszerűsített formulákat megkapni.

Az egyszerűsített pH-számoló formulák pufferek esetén

A hozzáadott bázis visszaszorítja a gyenge sav disszociációjának mértékét, ezért a $0,1 < c_s/c_B < 10$ tartományban a bemérési koncentrációkhoz képest mind a hidrogén, mind a hidroxid egyensúlyi koncentrációja elhanyagolható (egyszerű pufferképlet):

$$[H^+] = K_d \cdot \frac{c_s}{c_B} \longrightarrow \boxed{[H^+] = K_d \cdot \frac{c_s}{c_B}} \quad (7)$$

Egyéb arányoknál az így számolt hidrogénion koncentráció csak közelítő. Ha ez az érték savas oldatra utal, akkor csak a hidroxidion koncentrációja hanyagolható el, és a pontosabb, ún. másodfokú pufferképletet kell használni:

$$[H^+] = K_d \cdot \frac{c_s - [H^+]}{c_B + [H^+]} \longrightarrow \boxed{[H^+]^2 + (K_d + c_B) \cdot [H^+] - K_d \cdot c_s = 0} \quad (8)$$

Ha az egyszerű pufferképletből számolt hidrogénion lúgos kémhatást jelez, de kívül vagyunk a fent jelzett koncentrációtartományon, akkor csak a hidrogénion koncentrációja hanyagolható el, és egy pontosabb, szintén másodfokú egyenletet kell megoldani:

$$[H^+] = K_d \cdot \frac{c_s + \frac{K_v}{[H^+]}}{c_B - \frac{K_v}{[H^+]}} \longrightarrow \boxed{c_B \cdot [H^+]^2 - (K_v + K_d \cdot c_s) \cdot [H^+] - K_d \cdot K_v = 0} \quad (9)$$

Korrekciók

2023. szeptember 11-e óta a következő változtatások történtek:

2023.09.22. A bevezető óra hivatkozott internet oldalai közvetlenül ebből a file is elérhetők.