

Alapozó számítási feladatok kémiából Példatár

Musza Katalin

SZEGED

2019

Lektorálta:

Prof. Dr. Sipos Pál egyetemi tanár

A tantárggyal kialakítandó konkrét tanulási eredmények:

Tudás	Képesség	Attitűd	Autonómia-felelősség
Ismeri a tömegszázalékkal, tömegtörttel, térfogatszázalékkal, illetve térfogattörttel valamint az anyagmennyiség-százalékkal, illetve -törttel kapcsolatos összefüggéseket a folyadékelegyek, keverékek és gázelegyek összetételével kapcsolatban.	Tudja, hogyan kell adott összetételű oldatot készíteni vízmentes, ill. kristályvizet tartalmazó vegyületből és oldószerből.	Elkötelezett a pontos munkavégzés mellett a kémiai gyakorlatok során. Nyitott a körülöttünk lévő világ megismerésére. Törekszik a naprakész, szakszerű és pontos kémiai problémamegoldásra.	Munkája során önállóan képes megoldani a felmerülő kémiai problémákhoz kapcsolódó számítási feladatokat. A tevékenysége megkezdése előtt számítással ellenőrizni képes a kísérletek, gyakorlatok, berendezések biztonságos működését.
Ismeri a kémiában használatos legfontosabb jelöléseket, leíró mennyiségeket és mértékegységeiket; az atomok és rendszámuk, tömegszámuk, a vegyületek és ionok jelölésének szabályait Ismeri az összegképlet, szerkezeti képlet fogalmát, jelentését.	Tudja alkalmazni a kémiai számításokban az átlagos moláris tömeg és a gázelegyek összetétele közötti kapcsolatot, valamint az összegképlet és a tömegszázalékos összetétel kapcsolatát a kémiai számításokban. Képes meghatározni a molekulaképletet a tömegszázalékos összetétel és a moláris tömeg ismeretében	Törekszik a társaival történő együttműködésre a kísérletek megtervezésében és az ahhoz kapcsolódó számítási feladatok megoldásában.	
Érti a kémiai egyenlet jelentéseit. Ismeri a kémiai egyenletek rendezésének alapelveit.	Alkalmazni tudja a megismert alapelveket és ezek birtokában tudjon kémiai egyenleteket rendezni, továbbá alkalmazni tudja a reakcióegyenleteket a sztöchiometriai számításokban		
Érti és tudja kiszámítani az egyensúlyi állandót az egyensúlyi koncentrációkból.	Alkalmazni tudja az egyensúlyi koncentráció és a kiindulási koncentráció, valamint		

	az átalakulási százalék közti kapcsolatot.		
Érti a pH-val kapcsolatos alapfogalmakat és összefüggéseket erős és gyenge savak, illetve bázisok esetén;	Képes a közömbösítési reakciók alapján történő sztöchiometriai számítások valamint a sav-bázis titrálással kapcsolatos feladatok megoldására.		
Érti az elektromotoros erő fogalmát Érti és tudja az elektrokémiai ismereteket (redoxi folyamatok irányának becslése), fel tudja írni az elektródfolyamatokat. Ismeri és érti a Faraday-törvényeket.	Tudja kiszámítani az elektromotoros erőt standardpotenciálokból. Tudja alkalmazni az elektrokémiai ismereteket (redoxi folyamatok irányának becslése) a sztöchiometriai számításokban, alkalmazni tudja számításaiban a Faraday-törvényeket.		

Tartalom

Bevezetés, célkitűzés.....	6.
Értékes jegyek, pontosság.....	8.
1. OLDATOK ÖSSZETÉTELE.....	9.
1.1. Elméleti ismeretek.....	9.
1.2. Kidolgozott feladatok.....	13.
1.3. Gyakorló feladatok.....	17.
2. GÁZOK, GÁZELEGYEK.....	24.
2.1. Elméleti ismeretek.....	24.
2.2. Kidolgozott feladatok.....	26.
2.3. Gyakorló feladatok.....	29.
3. SZTÖCHIOMETRIA.....	31.
3.1. Elméleti ismeretek.....	31.
3.2. Kidolgozott feladatok.....	33.
3.3. Gyakorló feladatok.....	37.
4. TERMOKÉMIA.....	40.
4.1. Elméleti ismeretek.....	40.
4.2. Kidolgozott feladatok.....	41.
4.3. Gyakorló feladatok.....	43.
5. KÉMIAI EGYENSÚLYOK.....	45.
5.1. Elméleti ismeretek.....	45.
5.2. Kidolgozott feladatok.....	47.
5.3. Gyakorló feladatok.....	51.
6. ELEKTROKÉMIA.....	54.
6.1. Elméleti ismeretek.....	54.
6.2. Kidolgozott feladatok.....	56.
6.3. Gyakorló feladatok.....	60.
7. MEGOLDÁSOK.....	62.
8. IRODALOM.....	68.

Bevezetés, célkitűzés

A példatárban az alapvető általános kémiai feladatokkal ismerkedhet meg az olvasó. Elsősorban azoknak a hallgatóknak készült, akiknek valamilyen oknál fogva (nem tanulta középiskolában, nem érti, hiányoznak hozzá az alapismeretei) gondot okoz a kémiai számítási feladatok megoldása vagy szeretnék feleleveníteni az egyes témakörökhöz tartozó leggyakrabban előforduló ún. típusfeladatok megoldását illetve ellenőrizni szeretnék tudásukat. Minden témakör három részből áll. Egy nagyon rövid elméleti bevezetőt követően, amelyben a feladatok megoldásához szükséges legfontosabb alapösszefüggések találhatók, a kidolgozott, típusfeladatok következnek. A kidolgozott példák után találhatók a gyakorló feladatok. A gyakorló feladatok számszerű megoldásai a jegyzet végén találhatók. (Ezt a fejezetet akkor érdemes fellapozni, ha az egyes feladatokat már megoldotta és ellenőrizni szeretné megoldásait.)

A kémiai számítási feladatok megoldásának célja egyrészt a feladatok konkrét témájához (oldatok, gázok, sztöchiometria, termokémia, egyensúlyok, elektrokémia) tartozó tudásterületek fejlesztése és elmélyítése, másrészt a hallgatók problémamegoldással kapcsolatos tudásának fejlesztése.

A példatárban található feladatok megoldásához szükséges a középiskolai kémiai tananyag valamint az alapvető matematikai műveletek ismerete és azok kémiai folyamatokhoz való hozzákapcsolása.

A feladatgyűjtemény használatával elvárt tanulásieredmény, hogy a hallgató ismerje és tudja alkalmazni a tömegszázalékkal, tömegtörttel, térfogatszázalékkal, illetve térfogattörttel valamint az anyagmennyiség-százalékkal, illetve -törttel kapcsolatos összefüggéseket a folyadékelegyek, keverékek és gázelegyek összetételével kapcsolatban. A feladatok megoldásával szerezze meg azokat az ismereteket, alapvető készségeket, amelyek birtokában tudja, hogyan kell oldatot készíteni vízmentes, ill. kristályvizet tartalmazó anyagból és oldószerből. Tudja alkalmazni a kémiai számításokban az átlagos moláris tömeg és a gázelegyek összetétele közötti kapcsolatot, valamint az összegképlet és a tömegszázalékos összetétel kapcsolatát a kémiai számításokban. Ezen összefüggések ismeretében képes legyen meghatározni a molekulaképletet a tömegszázalékos összetétel és a moláris tömeg ismeretében. Értse a kémiai egyenlet jelentéseit. Ismerje a kémiai egyenletek rendezésének alapelveit, ezen ismeretek birtokában tudjon kémiai egyenleteket rendezni, továbbá használni a reakcióegyenleteket a sztöchiometriai számításokban. Értse és tudja kiszámítani az egyensúlyi állandót az egyensúlyi koncentrációkból, alkalmazni az

egyensúlyi koncentráció és a kiindulási koncentráció, valamint az átalakulási százalék közti kapcsolatot. Értse és képes legyen a pH-val kapcsolatos számítások erős és gyenge savak, illetve bázisok esetén; a közömbösítési reakciók alapján történő sztöchiometriai számítások valamint a sav–bázis titrálással kapcsolatos feladatok megoldására. Értse meg, tudja alkalmazni és kiszámítani az elektromotoros erőt standardpotenciálokból. Értse és tudja alkalmazni az elektrokémiai ismereteket (redoxi folyamatok irányának becslése) a sztöchiometriai számításokban, fel tudja írni az elektródfolyamatokat és alkalmazni tudja számításaiban a Faraday-törvényeket.

Tekintettel arra, hogy a példatárban ún. típusfeladatok, tipikus megoldási metódusok kerülnek bemutatásra, elkerülhetetlen, hogy csak olyan típusfeladatok szerepeljenek, amelyek más példatárakban eddig semmilyen formában nem szerepeltek. Természetesen a feladatok összeállítása úgy történt, hogy más példatárban szereplő feladatok ne szó szerint, egy az egyben jelenjenek meg ebben a feladatgyűjteményben.

Értékes jegyek, pontosság

A hallgatók gyakran zavarba jönnek a feladatok megoldása során attól, hogy milyen pontossággal, hány értékes jegyre, milyen kerekítési szabályok alkalmazásával adják meg a végeredményt.

Az adatok pontosságát matematikai szempontból az értékes jegyek száma határozza meg. Értékes jegy alatt a leírt szám számjegyeinek darabszámát értjük, balról az első nem nulla számjegytől kezdve az utolsó leírt számjegyig (a szám végén értékes jegynek számítanak a leírt nullák is).

Különböző pontosságú adatokkal való számolás során mindig a legkevesbé pontos (legkevesebb értékes jegyre megadott) adathoz igazodunk. Szorzásnál és osztásnál annyi értékes jegyre adjuk meg az eredményt, mint amennyi a legkevesebb értékes jegyet tartalmazó adatban szerepelt. Összeadás és kivonás eredményét annyi tizedes jegyre adjuk meg, mint a kevesebb tizedes jegyet tartalmazó (kevesbé pontos) adatban volt. Nézzük meg ezt a gyakorlatban!

Hány értékes jegyet tartalmaz a 47521,9?

A leírt számjegyeket számoljuk meg balról az első nem nullától kezdve, így a szám 6 értékes jegyet tartalmaz.

Hány értékes jegyet tartalmaz a 0,001230?

Ebben az esetben az első három nullát nem számítjuk az értékes jegyekhez, az utolsó nullát viszont igen, azaz 4 értékes jegyet tartalmaz.

Összeadás és kivonás

$23,05 + 11,1 + 0,2278 = 34,3778$ elvégezzük a műveletet és megkeressük azt az utolsó értékes jegyet, amely mindegyikben szerepel és erre az értékre kerekítve adjuk meg a végeredményt. A legkevesebb értékes jegyet ebben a példában a 11,1 tartalmazza, tehát az eredményt is erre az értékre kerekítve adjuk meg, azaz 34,4 (mivel a század helyén 7 áll, a tizedet felfelé kerekítjük).

Szorzás és osztás

$22,15 \cdot 12,125 = 268,56875$ a legkevesebb értékes jegyet tartalmazó szám 4 értékes, ezért az eredményt is négy értékes pontossággal kell megadni, mivel a század helyén 6-os áll, felfelé kerekítünk, vagyis az eredmény 268,6.

1. Oldatok összetétele

1.1. Elméleti ismeretek

Az oldatok összetételét igen sokféleképpen adhatjuk meg, rendszerint egy komponens (oldott anyag) mennyiségét viszonyítjuk az oldat összmennyiségéhez. Ezeket a mennyiségeket megadhatjuk: tömeggel, térfogattal, anyagmennyiséggel.

- a) Tömegszázalék (jele: $w/w\%$)

$w/w\% = m_2/(m_1+m_2) \cdot 100\%$, ahol m_1 az oldószer, m_2 az oldott anyag tömege.

- b) Tömegtört (jele: w_2)

$w_2 = m_2/(m_1+m_2)$, ahol m_1 az oldószer, m_2 az oldott anyag tömege.

- c) Móltört (jele: x_2)

$x_2 = n_2/(n_1+n_2)$, ahol n_1 az oldószer, n_2 az oldott anyag kémiai anyagmennyisége.

- d) Mólszázalék v. anyagmennyiség-százalék (jele: $n/n\%$)

$n/n\% = n_2/(n_1+n_2) \cdot 100\%$, ahol n_1 az oldószer, n_2 az oldott anyag kémiai anyagmennyisége.

- e) Koncentráció vagy molaritás (jele: c_2)

$c_2 = n_2/V$ [mol/dm³], ahol n_2 az oldott anyag kémiai anyagmennyisége, és V az oldat térfogata.

- f) Molalitás vagy Raoult-koncentráció (jele: $\bar{m}_2$)

$\bar{m}_2 = n_2/m_1$ [mol/kg], ahol m_1 az oldószer tömege, n_2 az oldott anyag kémiai anyagmennyisége.

- g) Térfogattört (jele: φ_2)

$\varphi_2 = V_2/V$, ahol φ_2 az oldott anyag bemérési térfogata, és V az oldat térfogata.

- h) Tömegkoncentráció (jele: ρ_2)

$\rho_2 = m_2/V$ [g/dm³], ahol m_2 az oldott anyag tömege, és V az oldat térfogata.

- i) Hígítás (jele: V_i)

$V_i = 1/c_i$ [dm³/mol] ahol c_i az i -edik oldott komponens moláris koncentrációja.

- j) Térfogatszázalék (jele: $V/V\%$)

$V/V\% = V_2/V \cdot 100$, ahol V_2 az oldott anyag bemérési térfogata, és V az oldat térfogata.

- k) Vegyszázalék: (jele: $w/V\%$) 100 cm³ oldatban oldott anyag tömege grammal kifejezve

$w/V\% = m_2/V \cdot 100\%$, ahol m_2 az oldott anyag tömege, és V az oldat térfogata.

(Ma már inkább a tömegkoncentrációt használjuk.)

Oldhatóság az a maximális mennyiségű anyag, amely adott hőmérsékleten képes maradéktalanul feloldódni adott mennyiségű oldószerben. Az így nyert oldatot telített oldatnak nevezzük. Az oldhatóságot vagy a telített oldat tömegszázalékos összetételével, vagy a 100 g oldószerben oldódó anyag tömegével, vagy moláris koncentrációjával szokás megadni.

Az oldat hígítása vagy töményítése közben az oldott anyag kémiai anyagmennyisége/tömege változatlan marad. Az ilyen jellegű feladatoknál ezt kihasználva a megoldást anyagmegmaradási egyenletekre kell visszavezetni.

A megmaradási egyenlet az oldott anyag kémiai anyagmennyiségére: $c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2 = c_3 \cdot V_3$
Ez az egyenlet alkalmazható oldatok keverése esetén is. Az oldat, oldószerrel történő, hígításának számolásakor $c_2 = 0$, mert a vízben (ez a 2-es rendszerünk) nincs oldott anyag, az egyenlet: $c_1 \cdot V_1 = c_3 \cdot V_3$. Ezt szokás hígítási szabálynak is nevezni.

Nagyon fontos és nem szabad, hogy elkerülje a figyelmünket: hígításkor a térfogatok nem adódnak össze ($V_1 + V_2 \neq V_3$!!!), ezért adott esetben a térfogatot a hígítással nyert oldatok sűrűségéből kell kiszámolni! ($(m_1 + m_2)/\rho_3 = V_3$!!!).

A keverési egyenletet tömegmegmaradásra is felírhatjuk, a tömeg ugyanis (szemben a térfogattal) szigorúan megmaradó mennyiség. Legyenek w_1 , w_2 és w_3 a kiindulási oldatok és a keletkező oldat koncentrációi tömegtörtben (vagy tömegszázalékban), m_1 , m_2 és m_3 pedig az egyes oldatok tömege. Ekkor hasonló módon felírjuk a megmaradási egyenletet az oldott anyag tömegére: $w_1 \cdot m_1 + w_2 \cdot m_2 = w_3 \cdot m_3$

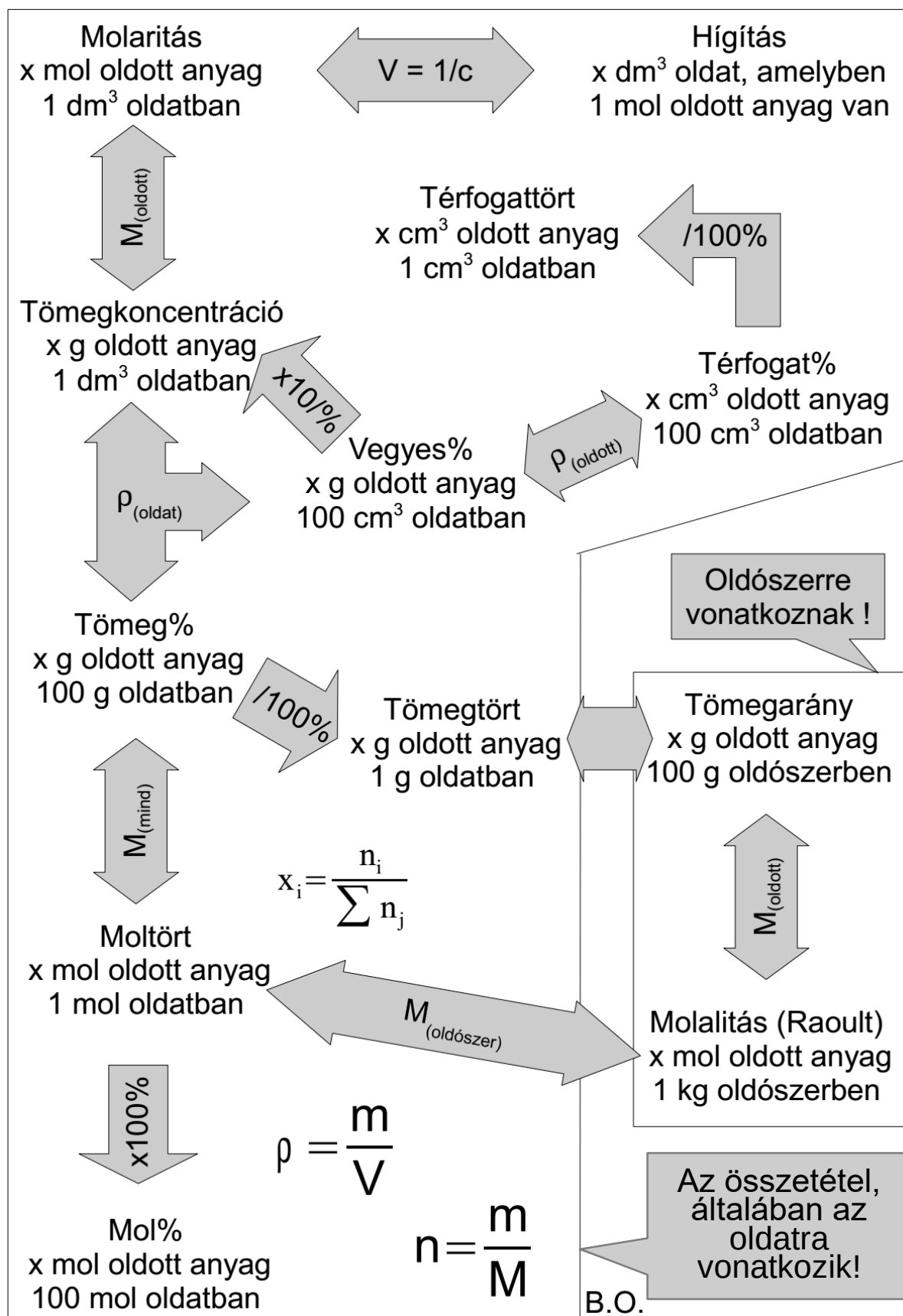
Oldat hígításának számolásakor legyen itt is a 2-es rendszer a hozzáadott víz. Ekkor $w_2 = 0$, mert a vízben nincs oldott anyag, így az egyenlet: $w_1 \cdot m_1 = w_3 \cdot m_3$.

A tömegek pedig minden esetben összeadódnak: $m_3 = m_1 + m_2$. Az oldatok oldószer eltávolításával történő töményítésekor is használható az egyenlet, csak ebben az esetben nem hozzáadjuk, hanem kivonjuk oldószer tömegét. (Megjegyzendő, hogy elképzelhetők olyan speciális esetek, amikor az oldat töményítésekor az oldott anyag mennyisége is megváltozik, mert pl. utóbbi is illékony.)

Gyakran feladatunk az oldatok összetételének átszámítása más összetétel megadási módba. Például ismerjük az oldat tömegszázalékos összetételét és meg kell határoznunk a

moláris koncentrációját. A legegyszerűbb megoldási módszer, hogy a számítást egy konkrét rendszerrel, jelen esetben 100 g oldattal végezzük. Minden összetétel megadási mód esetében választhatunk ilyen, nyilvánvalóan a számítások szempontjából kényelmes oldatmennyiséget, attól függően, hogy mely módon megadott összetételt ismerjük. Az adott összetétel megadási mód definíciójának nevezője ad segítséget ennek a mennyiségnek a kiválasztásában. A moláris koncentrációból, vagy a tömegkoncentrációból kiindulva pl. az 1 dm³ oldat a megfelelő választás, míg a térfogat- és a vegyesszázalék esetén 100 cm³ oldat választásával tudunk a legegyszerűbben számolni. (Ennek magyarázata, hogy az összetétel, a megadás módjától függetlenül, ún. intenzív paraméter, értéke nem függ a vizsgált rendszer méretétől, tetszőleges nagyságú rendszerrel dolgozhatunk.) Az átszámításokhoz nyújt segítséget az 1. ábra¹, amely az egyes megadási módok definícióján túl, tartalmazza azokat az oldatokra, az oldott anyagra, az oldószerre vonatkozó paramétereket is, amelyek szükségesek a számításokhoz. Többlépéses átszámolásnál nem kell feltétlenül a közbeeső megadási módokon is kiszámolni az összetételt, csak a hozzá szükséges részadatokat!

¹ Dr. Berkesi Ottó készítette



1.ábra: Segédlet az összetétel megadási módok közötti átszámításhoz

1.2. Kidolgozott feladatok

A feladatok kiszámolásakor a részeredményeket kerekítve adtuk meg, de valójában csak a végeredménynél végeztük el a megfelelő értékes jegyekre való kerekítést, a számolást végig a részeredmények gépi pontosságú értékével végeztük el!

- 1.2.1. 30,60 g nátrium-hidroxidból 500 g oldatot készítünk. Mennyi az oldat összetétele tömegtörtben, móltörtben kifejezve? Adja meg az oldat mólszázalékos és tömegszázalékos összetételét, valamint molalitását! $M_r(\text{NaOH}) = 40,00$, $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$

Megoldás:

$$w(\text{NaOH}) = m(\text{NaOH})/m_{\text{oldat}} = 30,60 \text{ g}/500 \text{ g} = 0,0612$$

Az oldott anyag tömegtörtje az oldatban tehát 0,0612.

$$w/w\% = m(\text{NaOH})/m_{\text{oldat}} \cdot 100\%; \text{ azaz } w/w\% = 30,60 \text{ g}/500 \text{ g} \cdot 100\% = 6,120\%$$

Az oldat 6,120 tömegszázalékos.

$$x(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH})/n_{\text{oldat}}$$

Az oldat kémiai anyagmennyisége valamennyi komponens kémiai anyagmennyiségének összege.

$$n(\text{NaOH}) = 30,60 \text{ g}/40,00 \text{ g/mol} = 0,765 \text{ mol}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 500 \text{ g} - 30,60 \text{ g} = 469,40 \text{ g}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 469,40 \text{ g}/18,02 \text{ g/mol} = 26,0488 \text{ mol}$$

$$n_{\text{oldat}} = n(\text{H}_2\text{O}) + n(\text{NaOH}) = 0,765 \text{ mol} + 26,0488 \text{ mol} = 26,8138 \text{ mol}$$

$$x = 0,765 \text{ mol}/26,8138 \text{ mol} = 0,02853$$

Az oldatban a NaOH móltörtje 0,0285.

$$n/n\% = (n(\text{NaOH})/n_{\text{oldat}}) \cdot 100\%$$

$$n/n\% = (0,765 \text{ mol}/26,8138 \text{ mol}) \cdot 100\% = 2,853\%$$

Az oldatban 2,853 mólszázaléknyi NaOH van.

$$\bar{m}(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH})/m_{\text{oldószer}} = 0,765 \text{ mol}/0,4694 \text{ kg} = 1,6297 \text{ mol/kg}$$

Az oldat molalitása 1,630 mol/kg

- 1.2.2. 100 mol vízből és 100 g nátrium-szulfátból oldatot készítünk. Adja meg az oldat tömegszázalékos összetételét! $M_r(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142,04$, $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$

Megoldás:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 100 \text{ g} \cdot 18,02 \text{ g/mol} = 1802 \text{ g}$$

$$m_{\text{oldat}} = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1802 \text{ g} + 100 \text{ g} = 1902 \text{ g}$$

$$w/w\% = m_2/(m_1+m_2) \cdot 100\% = (100\text{g}/1902\text{g}) \cdot 100\% = 5,257\%$$

- 1.2.3. Határozza meg, a 10,0 mólszázalékos nátrium-hidroxid-oldat tömegtörtjét!

$$M_r(\text{NaOH}) = 40,0, M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$$

Megoldás:

Induljunk ki 100 mol oldatból, ennek 10%-a nátrium-hidroxid és 90%-a víz:

$$n(\text{NaOH}) = 0,100 \cdot 100 \text{ mol} = 10,0 \text{ mol},$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 0,900 \cdot 100 \text{ mol} = 90,0 \text{ mol}.$$

A tömegtört kiszámításához szükség van a komponensek tömegére:

$$m(\text{NaOH}) = 40 \text{ g/mol} \cdot 10,0 \text{ mol} = 400,0 \text{ g},$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 18,02 \text{ g/mol} \cdot 90,0 \text{ mol} = 1621,8 \text{ g}.$$

A 100 mólnyi oldat tömege:

$$m_{\text{oldat}} = m(\text{NaOH}) + m(\text{H}_2\text{O}) = 400,0 \text{ g} + 1621,8 \text{ g} = 2021,8 \text{ g}.$$

A NaOH tömegtörtje:

$$w_2 = m_2 / (m_1 + m_2)$$

$$w(\text{NaOH}) = 400 \text{ g} / 2020 \text{ g} = 0,1978.$$

- 1.2.4. A 20,0 tömegszázalékos kénsav-oldat sűrűsége 1,140 g/cm³. Mekkora az oldat moláris koncentrációja (mol/dm³)? $M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98,08$, $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$.

Megoldás:

Induljunk ki 100 g oldatból! Ebben a definíció szerint, 20 g kénsav van. A koncentráció számításához szükségünk van a kénsav (oldott anyag) kémiai anyagmennyiségére és az oldat térfogatára.

$$c_2 = n_2 / V [\text{mol/dm}^3]$$

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4) / M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20 \text{ g} / 98,08 \text{ g/mol} = 0,2039 \text{ mol}$$

$$V_{\text{oldat}} = m_{\text{oldat}} / \rho_{\text{oldat}} = 100 \text{ g} / 1,140 \text{ g/cm}^3 = 87,72 \text{ cm}^3 = 0,08772 \text{ dm}^3.$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) / V_{\text{oldat}} = 0,2039 \text{ mol} / 0,08772 \text{ dm}^3 = 2,325 \text{ mol/dm}^3.$$

- 1.2.5. Hány vegyes%-os az az oldat, amelyet úgy készítettünk, hogy 3,567 gramm kálium-hidroxidot (KOH) bemértünk egy 250 cm³ térfogatú mérőlombikba, majd abba vizet mérve a KOH feloldódása után szobahőmérsékletre visszahűtve, a mérőlombikot jelleg feltöltöttük? $M_r(\text{KOH}) = 56,11$; $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$; és $\rho_{\text{oldat}} = 1,0081 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 0,9971 \text{ g/cm}^3$

Megoldás:

$w/V\% = m_2 / V \cdot 100\%$, ahol m_2 az oldott anyag, ebben a példában a KOH tömege, és V az oldat térfogata.

$$m_2 = 3,567 \text{ g}$$

$$V = 250 \text{ cm}^3$$

$$w/V\% = 3,567 \text{ g} / 250 \text{ cm}^3 \cdot 100 \% = 1,427 \%$$

- 1.2.6. Mekkora tömegű kristályos réz-szulfátot ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) kell bemérni 100 cm^3 $0,35 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú réz-szulfát-oldat készítéséhez? Az eredményt 4 értékes pontossággal adja meg! $M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 249,68$; $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$.

Megoldás:

A készítendő oldatban a réz-szulfát anyagmennyisége:

$$V_{\text{oldat}} = 100 \text{ cm}^3 = 0,1 \text{ dm}^3$$

$$n(\text{CuSO}_4) = c(\text{CuSO}_4) \cdot V_{\text{oldat}} = 0,35 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,1 \text{ dm}^3 = 0,035 \text{ mol}$$

1 mol kristályos réz-szulfát ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 1 mol réz-szulfátot tartalmaz:

$$n(\text{CuSO}_4) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0,035 \text{ mol.}$$

$$\begin{aligned} \text{A kristályos réz-szulfát tömege: } m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) &= n(\text{CuSO}_4) \cdot M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \\ &= 0,035 \text{ mol} \cdot 249,68 \text{ g/mol} = 8,7388 \text{ g.} \end{aligned}$$

A kívánt oldat elkészítéséhez 8,739 g tömegű kristályos réz-szulfátot kell bemérni.

- 1.2.7. 500 g 80°C -on telített ammónium-klorid oldatot 20°C -ra hűtünk le. Hány g só kristályosodik ki? Az ammónium-klorid oldhatósága 80°C -on 65,6g só/100 g víz, 20°C -on 37,2 g só/100 g víz.

Megoldás:

$$80^\circ\text{C-on telített oldat } (65,6\text{g}/165,6\text{g}) \cdot 100\% = 39,61 \text{ tömegszázalékos}$$

$$20^\circ\text{C-on telített oldat } (37,2 \text{ g}/137,2\text{g}) \cdot 100\% = 27,11 \text{ tömegszázalékos}$$

Keverési egyenletet alkalmazva, a kivált só tömege legyen $x\text{g}$ és mivel tiszta anyag, 100 tömegszázalékos:

$$500\text{g} \cdot 39,61\% = x\text{g} \cdot 100\% + (500-x)\text{g} \cdot 27,11\%$$

A zárójelet felbontva, az egyenletet x -re átrendezve kapjuk az $x = 85,75\text{g}$ -ot, a kikristályosodott ammónium-klorid tömegét.

Alternatív megoldás:

A megoldás alapja, hogy a két oldatban azonos tömegű víz van!

$100\text{g} + 65,6\text{g} = 165,6\text{g}$ 80°C -on telített oldatban 65,6g oldott anyag van, míg 500g ugyanilyen oldatban $65,6\text{g}/165,6\text{g} \cdot 500\text{g} = 198,07\text{g}$ anyag van oldva.

A víz tömege tehát $500\text{g} - 198,07\text{g} = 301,93\text{g}$

Ez a vízmennyiség 20°C-on, ahol 100g vízben 37,2g só tud oldódni, ugyanennyi víz $37,2\text{g}/100\text{g} \cdot 301,93\text{g} = 112,32\text{g}$ anyagot old.

A két hőmérsékleten számolt oldott anyag tömegeinek a különbsége válik ki az oldatból, azaz $198,07\text{g} - 112,32\text{g} = 85,75\text{g}$

- 1.2.8. 2 dm^3 $0,5\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú sósavoldatot szeretnénk készíteni. Mekkora térfogatú 37 tömegszázalékos oldatból induljunk ki?

$M_r(\text{HCl}) = 36,46$; $\rho(37\text{ tömeg\%-os oldat}) = 1,180\text{ g/cm}^3$.

Megoldás:

$n(\text{HCl}) = c \cdot V = 2\text{ dm}^3 \cdot 0,5\text{ mol/dm}^3 = 1\text{ mol}$ az oldott anyag (HCl) kémiai anyagmennyisége.

$m(\text{HCl}) = n \cdot M = 1\text{ mol} \cdot 36,46\text{ g/mol} = 36,46\text{ g}$ az oldott hidrogén-klorid gáz tömege, aminek a 37 tömegszázalékos oldatban kell oldva lennie, azaz $36,46\text{g}/0,37 = 98,54\text{ g}$ oldat, aminek a térfogata $V_{\text{oldat}} = m_{\text{oldat}}/\rho_{\text{oldat}} = 98,54\text{ g}/1,180\text{ g/cm}^3 = 83,51\text{ cm}^3$

Tehát $83,51\text{ cm}^3$ 37 tömegszázalékos oldatból kell kiindulnunk. (Ne felejtse, a tömény savak hígításakor mindig a vízbe öntjük a savat és nem fordítva!)

1.3. Gyakorló feladatok

Az eredményeket minden esetben négy értékes jegy pontossággal adja meg!

- 1.3.1. Hány w/w%-os az oldat kálium-permanganátra (KMnO_4) nézve, ha 1,752 g KMnO_4 -ot 45,35 g vízben oldottunk fel? $M_r(\text{KMnO}_4) = 158,03$; $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$
- 1.3.2. Hány w/w%-os az oldat ammónium-kloridra (NH_4Cl) nézve, ha 2,392 g NH_4Cl -ot 72,69 g vízben oldottunk fel? $M_r(\text{NH}_4\text{Cl}) = 53,50$; $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$
- 1.3.3. Hány vegyeszázalékos az az oldat, amelyet úgy készítettünk, hogy 2,715 gramm etilalkoholt ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) bemértünk egy 250 cm^3 térfogatú mérőlombikba, majd abba vizet mérve az $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ feloldódása után szobahőmérsékletre visszaállítva, a mérőlombikot jelig feltöltöttük? $M_r(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = 46,08$; $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$;
 $\rho_{\text{oldat}} = 0,9963 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 0,9971 \text{ g/cm}^3$
- 1.3.4. Hány vegyeszázalékos az az oldat, amelyet úgy készítettünk, hogy 4,091 gramm D-glükózt ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) bemértünk egy 250 cm^3 térfogatú mérőlombikba, majd abba vizet mérve a $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ feloldódása után szobahőmérsékletre visszaállítva, a mérőlombikot jelig feltöltöttük? $M_r(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180,18$; $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$; $\rho_{\text{oldat}} = 1,0044 \text{ g/cm}^3$;
 $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 0,9971 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.5. Mekkora a tömegkoncentrációja annak az oldatnak, amelyet úgy készítettünk, hogy egy 100 cm^3 térfogatú mérőlombikba 3,679 gramm kálium-nitrátot (KNO_3) mérünk be, majd vizet mérve feloldjuk, és az oldatot szobahőmérsékletre visszamelegítve, a mérőlombikot jelig feltöltjük? $M_r(\text{KNO}_3) = 101,10$; $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$; és
 $\rho_{\text{oldat}} = 1,0205 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 0,9971 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.6. Mekkora a tömegkoncentrációja annak az oldatnak, amelyet úgy készítettünk, hogy egy 50 cm^3 térfogatú mérőlombikba 1,464 gramm kálium-karbonátot (K_2CO_3) mérünk be, majd vizet mérve feloldjuk, és az oldatot szobahőmérsékletre visszaállítva, a mérőlombikot jelig feltöltjük? $M_r(\text{K}_2\text{CO}_3) = 138,21$; $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$; és
 $\rho_{\text{oldat}} = 1,0254 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 0,9971 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.7. Mekkora annak az oldatnak a V/V%-os összetétele, amelyet úgy készítettünk, hogy egy 500 cm^3 térfogatú mérőlombikba $32,97 \text{ cm}^3$ izo-propanolt ($(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$) bemérünk, majd vízzel elegyítettük, és a termikus egyensúly beállta után, azt vízzel jelre töltöttük? $M_r((\text{CH}_3)_2\text{CHOH}) = 60,10$; $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$; és $\rho_{\text{oldat}} = 0,9871 \text{ g/cm}^3$;
 $\rho((\text{CH}_3)_2\text{CHOH}) = 0,8035 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 0,9971 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.8. Mekkora annak az oldatnak a V/V%-os összetétele, amelyet úgy készítettünk, hogy egy

50 cm³ térfogatú mérőlombikba 11,47 cm³ etilén-glikolt ((CH₂OH)₂) bemérünk, majd vízzel elegyítettük, és a termikus egyensúly beállta után, azt vízzel jelre töltöttük?

$M_r((\text{CH}_2\text{OH})_2) = 62,08$; $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,02$; és $\rho_{\text{oldat}} = 1,0283 \text{ g/cm}^3$;

$\rho((\text{CH}_2\text{OH})_2) = 1,1132 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 0,9971 \text{ g/cm}^3$;

- 1.3.9. Mekkora a moláris koncentrációja annak az oldatnak, amelyet úgy készítettünk, hogy 1,056 mol ecetsavat (CH₃COOH) bemértünk egy 250 cm³ térfogatú mérőlombikba, majd ahhoz vizet adva, a hőmérséklet kiegyenlítődése után, jelig feltöltöttük?

$M_r(\text{CH}_3\text{COOH})=60,05$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; és $\rho_{\text{oldat}}=1,0235 \text{ g/cm}^3$;

$\rho(\text{CH}_3\text{COOH})=1,0492 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9971 \text{ g/cm}^3$;

- 1.3.10. Mekkora a moláris koncentrációja annak az oldatnak, amelyet úgy készítettünk, hogy 0,5423 mol hangyasavat (HCOOH) bemértünk egy 100 cm³ térfogatú mérőlombikba, majd ahhoz vizet adva, a hőmérséklet kiegyenlítődése után, jelig feltöltöttük?

$M_r(\text{HCOOH})=46,03$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; és $\rho_{\text{oldat}}=1,0532 \text{ g/cm}^3$;

$\rho(\text{HCOOH})=1,2201 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9971 \text{ g/cm}^3$;

- 1.3.11. Mekkora a dietil-amin ((C₂H₅)₂NH) móltörtje abban az oldatban, amelyet úgy készítettünk, hogy 0,4253 mol dietil-amint és 7,359 mol vizet összemértünk?

$M_r((\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH})=73,16$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;

- 1.3.12. Mekkora a maltóz (C₁₂H₂₂O₁₁) móltörtje abban az oldatban, amelyet úgy készítettünk, hogy 0,2781 mol maltózt és 8,325 mol vizet összemértünk? $M_r(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11})=342,34$;

$M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;

- 1.3.13. Mekkora a molalitása annak a formaldehid (HCHO) oldatnak, amelyet úgy készítettünk, hogy 0,1379 mol formaldehidet feloldottunk 349,6 gramm vízben?

$M_r(\text{HCHO})=30,03$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; és $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9971 \text{ g/cm}^3$;

- 1.3.14. Mekkora a molalitása annak a dietil-amin ((C₂H₅)₂NH) oldatnak, amelyet úgy készítettünk, hogy 0,3651 mol dietil-amint feloldottunk 502,6 gramm vízben?

$M_r((\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH})=73,16$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; és $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9971 \text{ g/cm}^3$;

- 1.3.15. 20,0 gramm konyhasót oldunk 200,0 gramm vízben. A keletkező oldat sűrűsége 1,070 g/cm³. Határozza meg az oldat moláris koncentrációját, tömegszázalékos összetételét, molalitását és a konyhasó móltörtjét! $M_r(\text{NaCl})=58,44$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$

- 1.3.16. Hány gramm kősót (NaCl) kell bemérni 235,0 gramm 12,54 tömegszázalékos oldat elkészítéséhez? $M_r(\text{NaCl})=58,44$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;

- 1.3.17. Hány gramm ammónium-szulfátot ((NH₄)₂SO₄) kell bemérni, 278,1 cm³

- 1,0790 vegyszázalékos oldat elkészítéséhez? $M_r((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)=74,55$;
 $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho_{\text{oldat}}=1,0042 \text{ g/cm}^3$
- 1.3.18. Hány gramm bárium-kloridot (BaCl_2) kell bemérni, ha $520,0 \text{ cm}^3$, $5,123 \text{ g/dm}^3$ tömegkoncentrációjú oldatot kell elkészíteni? $M_r(\text{BaCl}_2)=208,24$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;
 $\rho_{\text{oldat}}=1,0026 \text{ g/cm}^3$
- 1.3.19. Hány gramm kálium-hidrogén-foszfátot (K_2HPO_4) kell bemérni, ha $853,0 \text{ cm}^3$, $40,18 \text{ g/dm}^3$ tömegkoncentrációjú oldatot kell elkészíteni? $M_r(\text{K}_2\text{HPO}_4)=174,18$;
 $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho_{\text{oldat}}=1,0324 \text{ g/cm}^3$
- 1.3.20. Hány köbcentiméter dietil-étert ($(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$) kell bemérni $172,5 \text{ cm}^3$, $41,23 \text{ V/V\%-os}$ oldat elkészítésekor? $M_r((\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O})=74,14$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; és
 $\rho((\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O})=0,7425 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9971 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.21. Hány köbcentiméter etilalkoholt ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) kell bemérni $582,0 \text{ cm}^3$, $5,424 \text{ V/V\%-os}$ oldat elkészítésekor? $M_r(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})=46,08$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; és
 $\rho(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})=0,7893 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9971 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.22. Hány mol hangyasavat (HCOOH) kell bemérni ahhoz, hogy el tudjunk készíteni $965,4 \text{ cm}^3$, $5,423 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldatot készíthessünk belőle?
 $M_r(\text{HCOOH})=46,03$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho_{\text{oldat}}=1,0532 \text{ g/cm}^3$
- 1.3.23. Hány gramm kobalt(II)szulfát (CoSO_4) oldódik fel $156,0 \text{ gramm}$ vízben, ha a telített oldat tömegaránya $38,31 \text{ g/100 g}$. $M_r(\text{CoSO}_4)=154,99$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;
- 1.3.24. Hány mol karbamidot ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) kell oldanunk $793,0 \text{ gramm}$ vízben, ha az elkészítendő oldat molalitása (Raoult-koncentrációja) $0,3257 \text{ mol/kg}$.
 $M_r((\text{NH}_2)_2\text{CO})=60,13$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;
- 1.3.25. Hány gramm $11,42$ tömegszázalékos kalcium-klorid-oldat (CaCl_2) készíthető, $15,86 \text{ g}$ kalcium-kloridból? $M_r(\text{CaCl}_2)=110,98$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;
- 1.3.26. Hány köbdeciméter $5,632 \text{ g/dm}^3$ tömegkoncentrációjú oldatot kapunk $2,993 \text{ g}$ kálium-nitrát (KNO_3) vízben való oldásával? $M_r(\text{KNO}_3)=101,10$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;
- 1.3.27. Hány köbcentiméter $12,58 \text{ V/V\%-os}$ aceton-oldat ($(\text{CH}_3)_2\text{CO}$) készíthető $45,00 \text{ cm}^3$ tiszta acetonból? $M_r((\text{CH}_3)_2\text{CO})=58,09$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; és
 $\rho((\text{CH}_3)_2\text{CO})=0,7899 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9971 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.28. Hány köbdeciméter $0,6932 \text{ mol/dm}^3$, molaritású oldatot készíthetünk $3,687 \text{ mol}$ ecetsavból (CH_3COOH)? $M_r(\text{CH}_3\text{COOH})=60,05$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;
- 1.3.29. Hány mólnyi az az etanol-oldat ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), amelyben $1,362 \text{ mol}$ etanolt feloldva annak móltörtje $0,3699$? $M_r(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})=46,08$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;

- 1.3.30. Hány gramm vízben tudunk feloldani 12,69 g kobalt(II)szulfátot (CoSO_4), ha a telített oldat tömegaránya 38,31 g/100 g? $M_r(\text{CoSO}_4)=154,99$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;
- 1.3.31. Hány gramm vízben kell oldanunk 0,6972 mol etil-acetátot ($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$), ahhoz, hogy a kapott oldat molalitása (Raoult-koncentrációja) 0,3698 mol/kg legyen? $M_r(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2)=76,11$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;
- 1.3.32. Hány tömegszázalékos az az oldat, amelybe 52,36 cm^3 acetont ($(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O}$) mértünk be, majd vízzel 258,6 gramm össztömegre egészítettük ki az oldatot? $M_r((\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O})=58,09$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; és $\rho((\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O})=0,7899 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.33. Hány vegyszázalékos az az oldat, amelyet 20,35 g ecetsavból (CH_3COOH), és 88,36 g vízből készült? $M_r(\text{CH}_3\text{COOH})=60,05$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho_{\text{oldat}}=1,0238 \text{ g/cm}^3$; és $\rho(\text{CH}_3\text{COOH})=1,0477 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.34. Adja meg annak az oldatnak az összetételét tömegkoncentráció egységben, amelyet úgy készítünk, hogy egy 250,0 cm^3 térfogatú mérőlombikba 45,73 cm^3 ecetsavat (CH_3COOH) mérünk be, majd vízzel jelre töltjük? $M_r(\text{CH}_3\text{COOH})=60,05$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho_{\text{oldat}}=1,0238 \text{ g/cm}^3$; és $\rho(\text{CH}_3\text{COOH})=1,0477 \text{ g/cm}^3$
- 1.3.35. Mekkora a moláris koncentrációja annak az oldatnak, amelyet úgy készítettünk, hogy 1,853 gramm kristályos vas(III)kloridot ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) bemértünk egy 100,0 cm^3 térfogatú mérőlombikba, majd vizet hozzáadva feloldottuk, végül jelre töltöttük? $M_r(\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})=270,30$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;
- 1.3.36. Hány térfogatszázalékos az az oldat, amelyet úgy készítettek, hogy 32,58 cm^3 tiszta ecetsavat (CH_3COOH) vízzel elegyítünk és az így kapott oldat tömege 128,35 g. $M_r(\text{CH}_3\text{COOH})=60,06$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho_{\text{oldat}}=1,0394 \text{ g/cm}^3$; és $\rho(\text{CH}_3\text{COOH})=1,0477 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.37. Mekkora a móltörtje az 1-propanolnak abban az oldatban, amit 42,88 g 1-propanolból ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$), és 1,596 mol vízből állítottak össze? $M_r(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})=60,10$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; és $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9973 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.38. Mekkora a tömegarányban kifejezett oldhatósága a dietiléternek ($(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{O}$) vízben, ha 205,9 g vízben 18,62 cm^3 dietilétert lehet feloldani? $M_r((\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{O})=74,12$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9975 \text{ g/cm}^3$; és $\rho((\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{O})=0,7108 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.39. Mekkora a molalitása (Raoult-koncentrációja) a dipropil-éternek ($(\text{C}_3\text{H}_7)_2\text{O}$) abban az oldatban, amelyet 954,6 g vízből, és 1,935 g dipropil-éterből állítottak össze? $M_r((\text{C}_3\text{H}_7)_2\text{O})=102,18$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9974 \text{ g/cm}^3$; és $\rho((\text{C}_3\text{H}_7)_2\text{O})=0,7513 \text{ g/cm}^3$;

- 1.3.40. Hány gramm kristályos nikkelszulfátot ($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) kell bemérni, 125,0 g 12,34 tömegszázalékos vizes oldat elkészítéséhez. $M_r(\text{NiSO}_4)=154,77$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;
- 1.3.41. Hány gramm kristályos vas(III)kloridot ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) kell bemérni, 253,4 g 9,658 tömegszázalékos vizes oldat elkészítéséhez. $M_r(\text{FeCl}_3)=162,18$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;
- 1.3.42. Hány gramm kristályos nikkelszulfátot ($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) kell bemérnünk, ha 249,6 cm³ 23,90 g/dm³ tömegkoncentrációjú oldatot kívánunk készíteni? $M_r(\text{NiSO}_4)=154,74$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;
- 1.3.43. Hány köbcentiméter 96,41 térfogatszázalékos etilalkoholt ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) kell bemérni 2,500 dm³ 45,00 térfogatszázalékos likőr előállításához? $M_r(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})=46,08$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; és $\rho_{\text{oldat}}=0,9392 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})=0,7893 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.44. Hány gramm kristályos rézsulfátot ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) kell bemérni, 250,0 cm³, 0,2371 mol/dm³ moláris koncentrációjú oldat elkészítéséhez? $M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})=249,70$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;
- 1.3.45. Hány gramm kristályos nikkelszulfátot ($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) kell bemérni, 249,6 cm³, 0,2433 mol/dm³ moláris koncentrációjú oldat elkészítéséhez? $M_r(\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})=280,88$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;
- 1.3.46. Hány gramm metil-acetátot ($\text{CH}_3\text{COOCH}_3$) kell feloldani 11,10 mol vízben, hogy annak móltörtje 0,1276 legyen? $M_r(\text{CH}_3\text{COOCH}_3)=74,09$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9976 \text{ g/cm}^3$; és $\rho(\text{CH}_3\text{COOCH}_3)=0,9321 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.47. Hány köbcentiméter butil-acetátot ($\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$) kell 151,6 gramm vízhez hozzáadni, hogy az éppen telített 0,6816 g/100g víz, tömegarányú oldatot kapjunk? $M_r(\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9)=116,16$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9975 \text{ g/cm}^3$; és $\rho(\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9)=0,8820 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.48. Hány tömegszázalékos az az oldat, amelybe 52,36 cm³ acetont ($(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O}$) mértünk be, majd vízzel 258,6 gramm össztömegre egészítettük ki az oldatot? $M_r((\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O})=58,09$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; és $\rho((\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O})=0,7899 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.49. Hány tömegszázalékos az az oldat, amelybe 45,79 cm³ dietil-éter ($(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$) mértünk be, majd vízzel 326,1 gramm össztömegre egészítettük ki az oldatot? $M_r((\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O})=74,14$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; és $\rho((\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O})=0,7425 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.50. Adja meg annak az oldatnak az összetételét tömegkoncentráció egységben, amelyet úgy készítünk, hogy egy 100,0 cm³ térfogatú mérőlombikba 18,80 cm³ etanolt ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) mérünk be, majd vízzel jelre töltjük? $M_r(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})=46,08$;

$M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho_{\text{oldat}}=0,9752 \text{ g/cm}^3$; és $\rho(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})=0,7893 \text{ g/cm}^3$;

- 1.3.51. Mekkora a moláris koncentrációja annak az oldatnak amelyet úgy készítettünk, hogy 45,69 gramm kristályos bárium-oxalátot ($\text{BaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) bemértünk egy $500,0 \text{ cm}^3$ térfogatú mérőlombikba, majd vizet hozzáadva feloldottuk, végül jelre töltöttük?
 $M_r(\text{BaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O})=243,37$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;
- 1.3.52. Mekkora a móltörtje az 1-propanolnak abban az oldatban, amit 42,88 g 1-propanolból ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$), és 1,596 mol vízből állítottak össze? $M_r(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})=60,10$;
 $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; és $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9973 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.53. Hány tömegszázalékos acetonnal ($(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O}$) nézve az az oldat, amely $15,36 \text{ cm}^3$ acetonnal és $162,5 \text{ cm}^3$ víz összeöntésével jött létre? $M_r((\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O})=58,09$;
 $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho_{\text{oldat}}=0,9986 \text{ g/cm}^3$; $\rho((\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O})=0,7903 \text{ g/cm}^3$; és
 $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9975 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.54. Hány vegyszázalékos etilalkoholra ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) nézve az az oldat, amely $13,56 \text{ cm}^3$ etilalkohol és $236,9 \text{ cm}^3$ víz összeöntésével jött létre? $M_r(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})=46,08$;
 $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho_{\text{oldat}}=0,9881 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH})=0,7893 \text{ g/cm}^3$; és
 $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9975 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.55. Hány térfogatszázalékos acetonnal ($(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O}$) nézve az az oldat, amely $15,36 \text{ cm}^3$ acetonnal és $162,5 \text{ cm}^3$ víz összeöntésével jött létre? $M_r((\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O})=58,09$;
 $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho_{\text{oldat}}=0,9986 \text{ g/cm}^3$; $\rho((\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O})=0,7903 \text{ g/cm}^3$; és
 $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9975 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.56. Mekkora a moláris koncentrációja az acetonnak ($(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O}$) abban az oldatban, amelyet $15,36 \text{ cm}^3$ acetonnal és $162,5 \text{ cm}^3$ víz összeöntésével hoztunk létre?
 $M_r((\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O})=58,09$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho_{\text{oldat}}=0,9986 \text{ g/cm}^3$;
 $\rho((\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O})=0,7903 \text{ g/cm}^3$; és $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9975 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.57. Hány gramm kristályos réz-szulfátot ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) kell bemérni, hogy $500,0 \text{ cm}^3$ réz-szulfátra 12,00 tömegszázalékos oldatot kapjunk? $M_r(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})=249,70$;
 $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho_{\text{oldat}}=1,1304 \text{ g/cm}^3$; és $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9972 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.58. Hány gramm kristályos oxálsavat ($(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) kell bemérni, hogy $500,0 \text{ g}$ $18,11 \text{ g/dm}^3$ koncentrációjú vizes oldatot kapjunk belőle? $M_r((\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})=126,08$;
 $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; és $\rho_{\text{oldat}}=1,0065 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9972 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.59. Hány köbcentiméter ecetsavat (CH_3COOH) kell bemérni $236,9 \text{ cm}^3$ vízbe, hogy 26,38 térfogatszázalékos oldatot kapjunk? $M_r(\text{CH}_3\text{COOH})=60,06$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$;
 $\rho_{\text{oldat}}=1,0394 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{CH}_3\text{COOH})=1,2213 \text{ g/cm}^3$; és $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9975 \text{ g/cm}^3$;

- 1.3.60. Hány gramm kristályos cink-szulfátot ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) kell bemérni, 157,3 g, $0,7576 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú vizes oldat elkészítéséhez? $M_r(\text{ZnSO}_4)=161,43$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; és $\rho_{\text{oldat}}=1,1310 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9972 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.61. Hány köbcentiméter, 38,00 tömegszázalékos ecetsav (CH_3COOH) oldatot kell bemérnie a megfelelő térfogatú mérőlombikba, ahhoz, hogy $100,0 \text{ cm}^3$ $1,175 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldatok kapjunk? $M_r(\text{CH}_3\text{COOH})=60,06$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho(38\text{-os } \text{CH}_3\text{COOH})=1,0454 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9972 \text{ g/cm}^3$; $\rho(1,175 \text{ mol/dm}^3\text{-es } \text{CH}_3\text{COOH})=1,0080 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.62. Hány gramm vizet kell hozzáadnunk a számított mennyiségű kristályos magnézium-kloridhoz ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), hogy $50,00 \text{ cm}^3$, magnézium-kloridra 11,00 tömegszázalékos oldatot kapjunk? $M_r(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})=203,31$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho_{\text{oldat}}=1,0916 \text{ g/cm}^3$; és $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9972 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.63. Hány köbcentiméter vízben kell feloldani a számított mennyiségű kristályos oxálsavat ($(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), hogy 500 gramm, $18,11 \text{ g/dm}^3$ koncentrációjú vizes oldatot kapjunk? $M_r((\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})=126,08$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; és $\rho_{\text{oldat}}=1,0065 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9972 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.64. Hány köbcentiméter vízhez kell adni a számított mennyiségű acetont ($(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O}$), ha $250,0 \text{ cm}^3$ olyan vizes oldatot akarunk készíteni, amelyben az aceton móltörtje 0,02456? $M_r((\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O})=58,09$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho_{\text{oldat}}=0,9851 \text{ g/cm}^3$; $\rho((\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{O})=0,7903 \text{ g/cm}^3$; és $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9972 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.65. Mekkora, a 31,78 tömegszázalékos hangyasav (HCOOH) oldat vegyesszázalékban kifejezett összetétele? $M_r(\text{HCOOH})=46,03$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho_{\text{oldat}}=1,0735 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{HCOOH})=1,2203 \text{ g/cm}^3$; és $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9972 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.66. Adja meg az ecetsav (CH_3COOH) molális (Raoult) koncentrációját abban az oldatban, amelyben az ecetsav móltörtje 0,1188! $M_r(\text{CH}_3\text{COOH})=60,06$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho_{\text{oldat}}=1,0394 \text{ g/cm}^3$; $\rho(\text{CH}_3\text{COOH})=1,2213 \text{ g/cm}^3$; és $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9972 \text{ g/cm}^3$;
- 1.3.67. Mennyi annak az etilén-glikol ($(\text{CH}_2\text{OH})_2$) vizes oldatnak a vegyesszázalékos összetétele, amelynek a molális (Raoult) koncentrációja $1,593 \text{ mol/kg}$? $M_r((\text{CH}_2\text{OH})_2)=62,08$; $M_r(\text{H}_2\text{O})=18,02$; $\rho_{\text{oldat}}=1,0095 \text{ g/cm}^3$; $\rho((\text{CH}_2\text{OH})_2)=1,1132 \text{ g/cm}^3$; és $\rho(\text{H}_2\text{O})=0,9972 \text{ g/cm}^3$;

2. Gázok, gázelegyek

2.1. Elméleti ismeretek

Ideális gázok állapotegyenlete

Ideális viselkedésű az a gáz, amely követi az ideális gázokra elméleti úton kapott állapotegyenletet, amely $pV=nRT$ ahol, p a gáz nyomása [Pa], V a gáz térfogata [m^3], T a gáz hőmérséklete [K], n a gáz anyagmennyisége [mol], R egyetemes gázállandó [8,314 J/molK].

A gázok többsége, nem túl szélsőséges körülmények között, jól követi ezt az összefüggést!

A gázok állapotjelzői közötti összefüggések

n = állandó, T = állandó, akkor pV = állandó (Boyle-Mariotte törvénye)

n = állandó, V = állandó, akkor p/T = állandó (Gay-Lussac törvénye)

n = állandó, p = állandó, akkor V/T = állandó (Gay-Lussac törvénye)

Gázok anyagmennyisége

$n=m/M$	$n=V/V_m$
n : a gáz anyagmennyisége [mol]	n : a gáz anyagmennyisége [mol]
m : a gáz tömege [g]	V : a gáz térfogata [dm^3]
M : a gáz moláris tömege [g/mol]	V_m : a gáz moláris térfogata [dm^3/mol]

Avogadro törvénye kimondja, hogy egymással egyező nyomáson, hőmérsékleten azonos térfogatú gázok azonos számú atomot vagy molekulát tartalmaznak.

Avogadro törvénye miatt gázok esetén a térfogat-százalékos ($V/V\%$) és az anyagmennyiség-százalékos ($n/n\%$), illetve a móltört (x_i) és a térfogattört (φ_i) összetétel is megegyezik.

Az ideális gázok komponenseinek a parciális nyomása/térfogata: p_i/V_i

Egy gázelegy összetételét, az Avogadro törvénye alapján, meg lehet adni az ún. parciális nyomások, vagy parciális térfogatok segítségével. A gázelegy egy komponensének a parciális nyomása az a nyomás, amit akkor mérnénk az edényben, az elegy hőmérsékletén, ha a komponens azt egyedül töltené ki! A gázelegy teljes

nyomása tehát egyenlő, az összes komponens parciális nyomásának az összegével

$$p_{\text{ö}} = \sum_{i=1}^k p_i$$

Egy komponens molörtje és a parciális nyomása közt az összefüggés $p_i = x_i p_{\text{ö}}$.

A gázelegy egy komponensének a parciális térfogata az a térfogat, amit a gáz akkor töltene be az elegy hőmérsékletén, ha a komponens nyomása az elegy teljes nyomása lenne. A gázelegy teljes térfogata tehát egyenlő, az összes komponens parciális térfogatának az összegével $V_{\text{ö}} = \sum_{i=1}^k V_i$

Egy komponens térfogattörtje és a parciális térfogata közt az összefüggés $V_i = \varphi_i V_{\text{ö}}$.

Ideális gázok moláris térfogata: V_m

Az állapotegyenletből: $n = 1 \text{ mol} \rightarrow V_m = RT/p$

Ideális gázok sűrűsége

$$\rho = m/V = pM/RT$$

Gázok relatív sűrűsége

$\rho_{\text{rel}} = \rho_1/\rho_2 = M_1/M_2$, ρ_{rel} az 1-es gáz 2-re vonatkoztatott sűrűsége, ρ_1 az 1-es gáz, ρ_2 a 2-es gáz sűrűsége, M_1 az 1-es gáz moláris tömege, M_2 a 2-es gáz moláris tömege

2.2. Kidolgozott feladatok

2.2.1. Zárt tartályban lévő szén-dioxid-gáz nyomása 25 °C-on 101,3 kPa. Hány fokon lesz a gáz nyomása 0,1065 MPa?

Megoldás:

$$p_1 = 101,3 \text{ kPa} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$T_1 = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$p_2 = 0,1065 \text{ MPa} = 1,065 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$T_2 = ?$$

Mivel V = állandó, ezért Gay-Lussac törvénye alapján p/T = állandó, azaz

$$p_1/T_1 = p_2/T_2; \quad 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} / 298,15 \text{ K} = 1,065 \cdot 10^5 \text{ Pa} / T_2$$

$$T_2 = 313,453 \text{ K} = 40,3^\circ\text{C}$$

2.2.2. 15°C-on a nitrogéngáz térfogata 1,048 dm³. Mekkora lesz a térfogata, ha állandó nyomáson 50°C-ra melegítjük?

Megoldás:

$$V_1 = 1,048 \text{ dm}^3 = 1,048 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T_1 = 15^\circ\text{C} = 288,15 \text{ K}$$

$$T_2 = 50^\circ\text{C} = 323,15 \text{ K}$$

$$V_2 = ?$$

Mivel p = állandó, ezért Gay-Lussac törvénye alapján V/T = állandó, azaz

$$V_1/T_1 = V_2/T_2; \quad \text{Ebből az összefüggésből } V_2\text{-t kifejezve: } V_2 = (V_1/T_1) \cdot T_2 = (1,048 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / 288,15 \text{ K}) \cdot 323,15 \text{ K}$$

$$V_2 = 1,175 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

2.2.3. Hányszorosára változik a $p_1 = 2,085 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ nyomású és $T_1 = -76,00^\circ\text{C}$ hőmérsékletű gáz térfogata, ha nyomását $p_2 = 3,680 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ -ra, hőmérsékletét $T_2 = 74,82^\circ\text{C}$ -ra változtatjuk?

Megoldás:

$$T_1 = -76,00^\circ\text{C} = 197,15 \text{ K}$$

$$T_2 = 74,82^\circ\text{C} = 347,97 \text{ K}$$

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$\text{egyenletet } V_2/V_1\text{-re rendezve: } \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot p_2} = \frac{347,97 \text{ K} \cdot 2,085 \cdot 10^4 \text{ Pa}}{197,15 \text{ K} \cdot 3,680 \cdot 10^4 \text{ Pa}} = 1$$

Nem változik a gáz térfogata.

- 2.2.4. 2,00 dm³-es zárt tartályban 28,02 g nitrogéngáz van. A gáz nyomása 0,5065 MPa, hőmérséklete 20 °C. Mekkora lesz a gáz nyomása, ha 16,00 g oxigéngázt töltünk a tartályba állandó hőmérsékleten? $A_r(\text{N}) = 14,01$; $A_r(\text{O}) = 16,00$

Megoldás:

$$p_1 = 0,5065 \text{ MPa} = 5,065 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$T = 20^\circ\text{C} = 293,15 \text{ K} = \text{állandó}$$

$$m(\text{N}_2) = 28,02 \text{ g}, n(\text{N}_2) = m/M = 28,02\text{g}/28,02\text{g/mol} = 1 \text{ mol}$$

$$m(\text{O}_2) = 16,00 \text{ g}, n(\text{O}_2) = m/M = 16,00\text{g}/32,00\text{g/mol} = 0,5 \text{ mol}$$

$$\text{A tartályban lévő gázok anyagmennyisége összesen: } n = n(\text{N}_2) + n(\text{O}_2) = 1,5 \text{ mol}$$

$$\text{A tartály térfogata } V = 2,00 \text{ dm}^3 = 2,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ (zárt tartály, nem változik a térfogata)}$$

$$p_2 = ?$$

$$pV = nRT, \text{ ebből } p = nRT/V;$$

$$\text{Behelyettesítve } p_2 = (1,5 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J/molK} \cdot 293,15 \text{ K}) / (2,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3)$$

$$p_2 = 1,828 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

- 2.2.5. 2,00 dm³ elemi gáz tömege 15°C-on és 127,2 kPa nyomáson 2,976 g. Melyik ez az elemi gáz?

Megoldás:

$$p = 127,2 \text{ kPa} = 1,272 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$T = 15^\circ\text{C} = 288,15 \text{ K}$$

$$m = 2,976 \text{ g} = 2,976 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$V = 2,00 \text{ dm}^3 = 2,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$M = ?$$

$$pV = nRT, n = m/M, pV = (m/M)RT \rightarrow M = mRT/pV = 0,02802 \text{ kg/mol}$$

$$M = 28,02 \text{ g/mol}, \text{N}_2 \text{ (nitrogéngáz)}$$

- 2.2.6. Metánból és hidrogénből álló gázelegy levegőre vonatkoztatott sűrűsége 0,3586. Határozza meg a gázelegy V/V%-os és n/n%-os összetételét! $M_r(\text{H}_2) = 2,01$; $M_r(\text{CH}_4) = 16,02$; $M(\text{levegő}) = 29,00 \text{ g/mol}$

Megoldás:

$$\rho_{\text{rel}} = \rho_1/p_2 = M_1/M_2 \text{ alapján } M(\text{elegy}) = \rho_{\text{rel}} \cdot M(\text{levegő}) = 10,4 \text{ g/mol}$$

$$1 \text{ mol elegyben legyen } x \text{ mol metán és } 1-x \text{ mol hidrogén}$$

$$16,02x + 2,01(1-x) = 10,4, \text{ ebből } x = 0,5988 \text{ mol CH}_4 \text{ és } 0,4012 \text{ mol H}_2$$

Az anyagmennyiség%-os összetétel: 59,88% CH₄ és 40,12% H₂

Avogadro törvénye alapján gázok esetén a V/V%-os és az n/n%-os összetétel megegyezik.

2.2.7. Határozza meg a 0,1013 MPa nyomású 25°C-os levegőben a komponensek parciális nyomását! A levegő V/V%-os összetétele: 21,00% O₂, 78,03% N₂; 0,04% CO₂ és 0,93% Ar.

Megoldás:

$$p = 101,3 \text{ kPa} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}; T = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

A komponensek térfogattörtjei (φ_2) megegyeznek a móltörttekkel (x_2) (Avogadro törvénye)

$$x_2 = \varphi_2$$

$$[V/V\% = V_2/V \cdot 100; \varphi_2 = V_2/V; x_2 = n_2/(n_1 + n_2); n/n\% = n_2/(n_1 + n_2) \cdot 100]$$

$$x(\text{O}_2) = 0,2100; x(\text{N}_2) = 0,7803; x(\text{CO}_2) = 0,0004; x(\text{Ar}) = 0,0093$$

$$p(\text{O}_2) = p \cdot x(\text{O}_2) = 2,127 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$p(\text{N}_2) = p \cdot x(\text{N}_2) = 7,904 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$p(\text{CO}_2) = p \cdot x(\text{CO}_2) = 40,52 \text{ Pa}$$

$$p(\text{Ar}) = p \cdot x(\text{Ar}) = 942,09 \text{ Pa}$$

2.3. Gyakorló feladatok

- 2.3.1. Zárt tartályban lévő metángáz hőmérséklete 0,1013 MPa nyomáson 25°C. Mekkora lesz a hőmérséklete 98 kPa nyomáson?
- 2.3.2. Mekkora lesz az oxigéngáz térfogata, ha 1,00 dm³-ét állandó nyomáson 15°C-ról 75°C-ra melegítjük?
- 2.3.3. Egy 10,00 dm³ térfogatú tartályban lévő gáz nyomása – 6°C-on 280 kPa. Mekkora lesz a gáz nyomása 33°C-on?
- 2.3.4. Hányszorosára változik a $p_1 = 2,000 \cdot 10^4$ Pa nyomású és $t_1 = -75,00^\circ\text{C}$ hőmérsékletű gáz térfogata, ha nyomását $p_2 = 3,500 \cdot 10^4$ Pa-ra, hőmérsékletét $t_2 = 73,61^\circ\text{C}$ -ra változtatjuk.
- 2.3.5. Hányszorosára változik a $p_1 = 2,017 \cdot 10^4$ Pa nyomású és $t_1 = -75,20^\circ\text{C}$ hőmérsékletű gáz térfogata, ha nyomását $p_2 = 3,536 \cdot 10^4$ Pa-ra, hőmérsékletét $t_2 = 73,88^\circ\text{C}$ -ra változtatjuk.
- 2.3.6. Melyik tartályban, és mennyivel van több kémiai anyagmennyiségű gáz, ha nyomásuk, térfogatuk, és hőmérsékletük: $p_1 = 5,200 \cdot 10^4$ Pa, $V_1 = 5,120$ dm³, $t_1 = 21,50^\circ\text{C}$, míg $p_2 = 8,700$ Pa, $V_2 = 3,120$ dm³, $t_2 = -50,85^\circ\text{C}$.
- 2.3.7. Melyik tartályban, és mennyivel van több kémiai anyagmennyiségű gáz, ha nyomásuk, térfogatuk, és hőmérsékletük: $p_1 = 5,415 \cdot 10^4$ Pa, $V_1 = 5,010$ dm³, $t_1 = 21,63^\circ\text{C}$, míg $p_2 = 8,543 \cdot 10^4$ Pa, $V_2 = 3,260$ dm³, $t_2 = -41,47^\circ\text{C}$.
- 2.3.8. Határozza meg a kén-dioxid-gáz sűrűségét légköri nyomáson (0,1013 MPa) és 10°C-on! $M_r(\text{SO}_2) = 64,06$.
- 2.3.9. Határozza meg az oxigéngáz sűrűségét 0°C-on és 0,1013 MPa nyomáson!
- 2.3.10. Ismeretlen gáz sűrűsége 15°C-on és 98 kPa nyomáson 1,801 g/dm³. Határozza meg a gáz moláris tömegét!
- 2.3.11. A levegő 21,00 térfogatszázaléka oxigén, 78,00 térfogatszázaléka nitrogén 1,00 térfogatszázaléka argon. Számítsa ki a levegő átlagos moláris tömegét! $A_r(\text{Ar}) = 39,95$; $A_r(\text{N}) = 14,01$; $A_r(\text{O}) = 16,00$
- 2.3.12. Számítsa ki az 50 V/V% N₂-t, 35 V/V% O₂-t, és 15 V/V% H₂-t tartalmazó gázelegy összetételét tömegszázalékban! Számítsa ki az átlagos moláris tömegét is! $A_r(\text{H}) = 1,01$; $A_r(\text{N}) = 14,01$; $A_r(\text{O}) = 16,00$
- 2.3.13. 12,00 g szén-monoxid elégetésével hány dm³ 0°C hőmérsékletű és 0,1013 MPa nyomású szén-dioxid gáz keletkezik? $M_r(\text{CO}) = 28,01$
- 2.3.14. 14 m³ 25°C hőmérsékletű és 0,1013 MPa nyomású oxigéngáz mekkora tömegű szén tökéletes elégetéséhez elegendő?
- 2.3.15. Zárt tartály hidrogénből és oxigénből álló gázelegyet tartalmaz. A tartályban lévő

nyomás megegyezik a légköri nyomással (0,1013 MPa). Az elegyet meggyújtottuk, a víz eltávolítása után a tartályban a nyomás 0,07091 MPa-ra csökkent. Határozza meg a kiindulási gázelegy V/V%-os összetételét!

- 2.3.16. Hány gramm víz van a $V = 158,30 \text{ dm}^3$ térfogatú $t = -20,00^\circ\text{C}$ hőmérsékletű, $1,02 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ nyomású levegőben, amit ugyanilyen hőmérsékletű víz fölül szívtak el. A víz gőznyomása ezen a hőmérsékleten $p(\text{víz}) = 0,776 \text{ torr}$, $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,01$
- 2.3.17. Hány gramm víz van a $V = 155,10 \text{ dm}^3$ térfogatú $t = -15,00^\circ\text{C}$ hőmérsékletű, $1,02 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ nyomású levegőben, amit ugyanilyen hőmérsékletű víz fölül szívtak el? A víz gőznyomása ezen a hőmérsékleten $p(\text{víz}) = 1,241 \text{ torr}$, $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 18,01$
- 2.3.18. Egy $V = 5,00 \text{ m}^3$ térfogatú acélpalackba belefagyasztunk $0,2648 \text{ g N}_2$ -t, $0,2366 \text{ g O}_2$ -t és $0,3358 \text{ g CO}_2$ -ot. A palackot felmelegítjük $298,26 \text{ K}$ -re. Mekkora a nyomás a palackban, és adja meg az egyes komponensek parciális nyomását és határozza meg az elegy V/V%-os összetételét is! $A_r(\text{C}) = 12,01$; $A_r(\text{N}) = 14,01$; $A_r(\text{O}) = 16,00$;
- 2.3.19. Egy $V = 5,00 \text{ m}^3$ térfogatú acélpalackba belefagyasztunk $0,2620 \text{ g N}_2$ -t, $0,2398 \text{ g O}_2$ -t és $0,3339 \text{ g CO}_2$ -ot. A palackot felmelegítjük $298,79 \text{ K}$ -re. Mekkora a nyomás a palackban, és adja meg az egyes komponensek parciális nyomását és határozza meg az elegy V/V%-os összetételét is! $A_r(\text{C}) = 12,01$; $A_r(\text{N}) = 14,01$; $A_r(\text{O}) = 16,00$;
- 2.3.20. Szén-monoxidból és szén-dioxidból álló gázelegy sűrűsége, 0°C hőmérsékleten és $0,1013 \text{ MPa}$ nyomáson, $1,821 \text{ g/dm}^3$. Határozza meg a gázelegy V/V%-os és n/n%-os összetételét! $M_r(\text{CO}) = 28,01$; $M_r(\text{CO}_2) = 44,01$.
- 2.3.21. Ammóniából és hidrogénből álló gázelegy levegőre vonatkoztatott sűrűsége $0,1655$. Határozza meg a gázelegy V/V%-os és n/n%-os összetételét! $M_r(\text{NH}_3) = 17,03$; $M_r(\text{H}_2) = 2,02$; $M(\text{levegő}) = 29,00 \text{ g/mol}$.
- 2.3.22. Egy gázelegy szén-monoxidot, oxigént és szén-dioxidot tartalmaz. A gázelegy nitrogéngázra vonatkoztatott sűrűsége $1,3848$. Ha a gázelegyet meggyújtjuk, az égést követően a gázelegy sűrűsége 20°C -on és légköri nyomáson ($0,1013 \text{ MPa}$) $1,7017 \text{ g/dm}^3$. Határozza meg a kiindulási gázelegy V/V%-os összetételét! $A_r(\text{C}) = 12,01$; $A_r(\text{N}) = 14,01$; $A_r(\text{O}) = 16,00$;
- 2.3.23. Egy eténből és hidrogéngázból álló gázelegyet platinakatalizátorral hoztunk érintkezésbe. A gázelegy térfogata azonos körülmények között mérve a negyedével csökkent. Határozza meg a kiindulási gázelegy V/V%-os összetételét, feltételezve, hogy az etén és a hidrogéngáz reakciója teljesen lejátsszódik!

3. Sztöchiometria

3.1. Elméleti ismeretek

A vegyületek jelölése képlettel történik.

A tapasztalati képlet a vegyület összetételét fejezi ki, az összetevők egész számmal kifejezhető arányát adja meg. pl.: CH

A molekulaképlet a molekulát felépítő atomok tényleges számát tünteti fel. pl.: C₆H₆

Szerkezeti képlet az atomok közötti kötések is ábrázolja.

A képlet jelenti az adott vegyület nevét a vegyületet alkotó atomok, ionok minőségét, a vegyületet alkotó atomok, ionok arányát, a vegyület egy móljának tömegét (moláris tömegét), a vegyület 1 molekuláját, illetve a vegyület $6,022 \cdot 10^{23}$ molekuláját (azaz 1 mólját) is.

A kémiai egyenletet a kémiai változás leírására használják. A reakcióegyenletben a kémiai folyamatokat kémiai képletek segítségével írjuk le és feltüntetjük a reagáló és a keletkezett anyagok anyagmennyiség-arányait is. A reakcióegyenlet a reaktánsok (kiindulási anyagok) és a keletkező termékek közötti anyagmérleg. Az atomok száma az egyenlet bal oldalán megegyezik a jobb oldalán szereplő atomok számával. Az egyenletek rendezése során a komponensek együtthatóit úgy kell megállapítani, hogy az egyenlet bal és jobb oldalán minden atomból azonos mennyiség szerepeljen.

Olyan egyenletek rendezésekor, amelyekben töltéssel rendelkező részecskék is vannak (anionok, kationok, elektronok) az anyagmérleg mellett figyelembe kell venni a töltésmegmaradás elvét leíró töltésmérleget is.

Az egyenletek rendezése szempontjából a redoxi-egyenletek okozhatnak nehézséget, ezért az ilyen típusú reakciókat leíró egyenletek rendezésével az alábbiakban részletesebben foglalkozunk.

A redoxi-egyenletek az elektronátmenettel járó reakciókat írják le (redukció elektronfelvétellel, az oxidáció elektronleadással járó folyamat). Gyakran előfordul, hogy ezekben az egyenletekben a komponensek együtthatói nem adhatók meg egyszerűen. Ezeknél az egyenleteknél még azt is figyelembe vesszük, hogy a reakció során a felvett és leadott elektronok száma egyenlő.

A redoxi egyenletek oxidációs szám-változás alapján történő rendezésének lépései (ld.: 3.2.5. kidolgozott feladat):

- ✓ meghatározzuk az egyenletben szereplő valamennyi atom oxidációs számát;
Az oxidációs szám megadja, hogy egy vegyületben a semleges atomhoz képest mekkora az elektrontöbblet vagy hiány az adott atomon. A kötésben lévő elektronoknak a nagyobb elektronegativitású elemhez rendelése után kialakuló (virtuális) töltés. (Az atomok között ionos kötést feltételezve, a vegyértékelektronokat a magasabb EN-ú atomhoz rendelve!)
- ✓ megállapítjuk, mely atomoknak változott az oxidációs száma;
- ✓ meghatározzuk azoknak a vegyületeknek, amelyeknek változott az oxidációs száma, a lehető legkisebb egész számú sztöchiometriai együtthatóját, úgy, hogy a leadott és a felvett elektronok száma egyenlő legyen;
- ✓ az egyenlet további rendezése a tömeg-, töltés- és anyagmegmaradás törvényének figyelembe vételével.

Az atomok oxidációs számának tetszőleges vegyületben történő meghatározását segítő szabályok:

- ✓ az elemi állapotú atomok oxidációs száma mindig nulla;
- ✓ az alkálifémeké mindig +1, az alkáli földfémeké mindig +2;
- ✓ a fluoré mindig -1, a többi halogén általában -1, kivéve oxigénnel és egymással alkotott vegyületeik;
- ✓ a hidrogéné általában +1, kivéve a hidrideket, ahol -1;
- ✓ az oxigéné általában -2, kivéve a peroxidokat, ahol -1, és a szuperoxidokat, ahol -1/2;
- ✓ molekulákban az atomok oxidációs számainak összege 0;
- ✓ összetett ionokban az atomok oxidációs számainak összege az ion töltésével egyenlő.

3.2. Kidolgozott feladatok

- 3.2.1. Egy vegyület 40,54 w/w% cinket, 19,86 w/w% ként és 39,64 w/w% oxigént tartalmaz. Határozza meg a vegyület képletét! $A_r(\text{Zn}) = 65,37$; $A_r(\text{S}) = 32,06$; $A_r(\text{O}) = 16$.

Megoldás:

Vegyünk 100 g vegyületet, ebben van 40,54 g Zn, 19,86 g S és 39,64 g O. Ezek anyagmennyiségei:

$$n(\text{Zn}) = m/M = 40,54 \text{ g} / 65,37 \text{ g/mol} = 0,6195, \text{ hasonló módon számolva } n(\text{S}) = 0,6195, n(\text{O}) = 2,4775$$

A vegyületet alkotó elemek anyagmennyiségének aránya:

$$n(\text{Zn}) : n(\text{S}) : n(\text{O}) = 0,6195 : 0,6195 : 2,4775$$

A legkisebb egész számot megkeressük úgy, hogy a legkisebb anyagmennyiséget vesszük egynek és megnézzük, hogy az hányszor van meg a többiben:

$$n(\text{Zn}) : n(\text{S}) : n(\text{O}) = 0,6195/0,6195 : 0,6195/0,6195 : 2,4775/0,6195$$

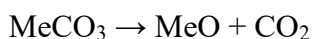
$$n(\text{Zn}) : n(\text{S}) : n(\text{O}) = 1 : 1 : 4$$

a vegyület képlete: ZnSO_4

- 3.2.2. Egy kétvegyértékű fém karbonátjának tömege hevítés hatására 44 %-kal csökken. Határozza meg a vegyület képletét, ha visszamaradó szilárd anyag fém-oxid! $A_r(\text{Zn}) = 65,37$; $A_r(\text{S}) = 32,06$; $A_r(\text{O}) = 16$.

Megoldás:

Legyen a fém: Me

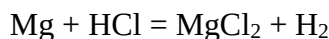


100 g karbonátból 44 %, azaz 44 g CO_2 keletkezik, ami éppen 1 mol. A fém-oxid tömege $100 - 44 = 56$ g, mivel 1 mol oxid képződik ebben 16 g oxigén van, a fém lehetséges moláris tömege 40 g/mol. Ilyen kétvegyértékű fém van, ez a kalcium. A karbonát képlete: CaCO_3

- 3.2.3. Hány tömegszázalék salakanyagot tartalmaz az a magnézium amelynek 1,147 g-ját sósavban oldva $V = 1,136 \text{ dm}^3$ térfogatú, $p = 100889 \text{ Pa}$ nyomású és $t = 20^\circ\text{C}$ hőmérsékletű hidrogén gáz fejlődik? $A_r(\text{Mg}) = 24,31$; $R = 8,314 \text{ J/molK}$

Megoldás:

A sósavval a salakanyag nem lép reakcióba, tehát a fejlődő gázból visszaszámolható a magnézium tömege.



$$n(\text{H}_2) = pV/RT = 100889 \text{ Pa} \cdot 1,136 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / 8,314 \text{ J/molK} \cdot 293,15 \text{ K} = 0,04705 \text{ mol}$$

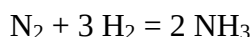
$$n(\text{H}_2) = n(\text{Mg}) = 0,04705 \text{ mol}; m(\text{Mg}) = nM = 0,04705 \text{ mol} \cdot 24,31 \text{ g/mol} = 1,144 \text{ g}$$

$$m(\text{salakanyag}) = 1,147 \text{ g} - 1,144 \text{ g} = 0,003 \text{ g}$$

$$w/w\%(\text{salakanyag}) = m(\text{salakanyag})/m(\text{összes}) \cdot 100 = 0,003 \text{ g} / 1,147 \text{ g} \cdot 100 = 0,26 \%$$

- 3.2.4. Hány g ammónia állítható elő 112,08 gramm nitrogéngáz és 18,18 gramm hidrogéngáz reakciójával, ha a reakció során 10 %-os veszteség lép fel?

Megoldás:



$$n(\text{N}_2) = m(\text{N}_2)/M(\text{N}_2) = 112,08 \text{ g} / 28,02 \text{ g/mol} = 4 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2) = m(\text{H}_2)/M(\text{H}_2) = 18,18 \text{ g} / 2,02 \text{ g/mol} = 9 \text{ mol}$$

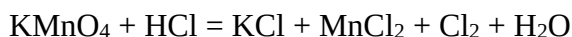
Az egyenletből látszik, hogy a hidrogéngáz fogy el, ehhez elfogy 3 mol nitrogéngáz és keletkezik 6 mol ammónia.

Tekintettel arra, hogy 10 %-os veszteséggel kell számolnunk, $n(\text{NH}_3) = 0,9 \cdot 6 \text{ mol}$

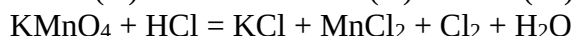
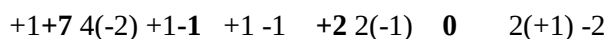
$n(\text{NH}_3) = 5,4 \text{ mol}$ ammónia keletkezett.

$$m(\text{NH}_3) = n(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3) = 5,4 \text{ mol} \cdot 17,04 \text{ g/mol} = 92,02 \text{ g}$$

- 3.2.5. Rendezze a következő egyenletet oxidációs szám-változás alapján:



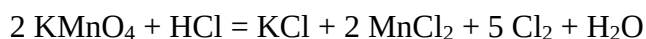
Megoldás:



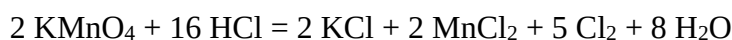
Mn: $+7 \rightarrow +2$; 5 elektront felvett, redukálódott

Cl: $-1 \rightarrow 0$; 1 elektront leadott, oxidálódott

1 Mn-hoz 5 Cl kell, hogy a leadott és felvett elektronok száma egyenlő legyen. Az egyenlet bal oldalán (ahol a 0 oxidációs számú klór található) Cl_2 szerepel, ezért, hogy ne kelljen törtszámot beírunk az egyenletbe, megszorozzuk az együtthatókat 2-vel, így 2 Mn és 10 Cl. Abból a klórból kell 10-et venni, amelyeknek változott az oxidációs száma!

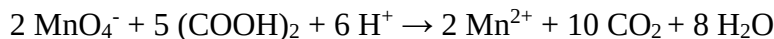


Az egyenlet további rendezése:



- 3.2.6. Hány cm^3 $0,05 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú KMnO_4 -oldat reagál el maradéktalanul $62,50 \text{ cm}^3$ $0,1 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oxálsav-oldattal, a következő kiegészítendő egyenlet szerint: $\text{MnO}_4^- + (\text{COOH})_2 \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{CO}_2$

Megoldás:

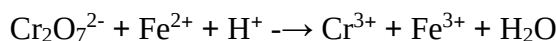


$$n((\text{COOH})_2) = cV = 0,1 \text{ mol/dm}^3 \cdot 62,50 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 0,00625 \text{ mol}$$

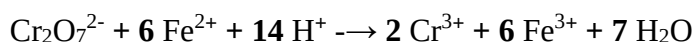
$$5 \text{ mol sav reagál } 2 \text{ mol } \text{MnO}_4^- \text{-tal, ebből } n(\text{MnO}_4^-) = 2/5 n((\text{COOH})_2) = 0,0025 \text{ mol}$$

$$V(\text{MnO}_4^-) = n/c = 0,0025 \text{ mol} / 0,05 \text{ mol/dm}^3 = 0,05 \text{ dm}^3 = 50 \text{ cm}^3$$

- 3.2.7. Mekkora a koncentrációja annak a Fe^{2+} -t tartalmazó oldatnak, amelynek $10,0 \text{ cm}^3$ -e $19,3 \text{ cm}^3$ $0,122 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -oldattal reagál az alábbi, rendezendő egyenlet szerint:



Megoldás:



$$V(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 19,3 \text{ cm}^3 = 0,0193 \text{ dm}^3$$

$$n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = cV = 0,0193 \text{ dm}^3 \cdot 0,122 \text{ mol/dm}^3 = 0,00235 \text{ mol}$$

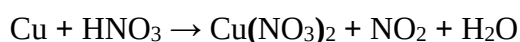
$$\text{Az egyenlet szerint } 1 \text{ mol } \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \text{ reagál } 6 \text{ mol } \text{Fe}^{2+} \text{-vel} \rightarrow n(\text{Fe}^{2+}) = n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) \cdot 6$$

$$n(\text{Fe}^{2+}) = 0,00235 \text{ mol} \cdot 6 = 0,0141 \text{ mol}$$

$$V(\text{Fe}^{2+}) = 10,0 \text{ cm}^3 = 0,010 \text{ dm}^3$$

$$c(\text{Fe}^{2+}) = n/V = 0,0141 \text{ mol} / 0,010 \text{ dm}^3 = 1,41 \text{ mol/dm}^3$$

- 3.2.8. 4. Hány dm^3 $0,1013 \text{ MPa}$ nyomású és 289 K hőmérsékletű NO_2 gáz fejlődik $12,7 \text{ g}$ réz tömény salétromsavban történő oldásakor, ha a reakció az alábbi, rendezendő egyenlet szerint játszódik le? $A_r(\text{Cu})=63,54$, $R=8,314 \text{ J/(mol K)}$



Megoldás:



$$n(\text{Cu}) = m/M = 12,7 \text{ g} / 63,54 \text{ g/mol} = 0,2 \text{ mol}$$

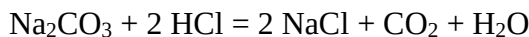
$$1 \text{ mol rézből fejlődik } 2 \text{ mol } \text{NO}_2, n(\text{NO}_2) = 2 \cdot 0,2 \text{ mol} = 0,4 \text{ mol}$$

$$p = 0,1013 \text{ MPa} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$pV = nRT \text{ összefüggésből} \rightarrow V = nRT/p = 0,4 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J/molK} \cdot 289 \text{ K} / 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$V = 0,00948 \text{ m}^3 = 9,48 \text{ dm}^3$$

- 3.2.9. 100 cm³ 15 w/w%-os sósavoldatot 22 g nátrium-karbonáttal reagáltatunk. Mekkora térfogatú 0,1013 MPa nyomású és 0°C hőmérsékletű gáz fejlődik? Határozza meg az oldat sav- és sótartalmát tömegszázalékban! $A_r(\text{Cl}) = 35,45$; $A_r(\text{H}) = 1,01$; $A_r(\text{Na}) = 22,99$; $A_r(\text{C}) = 12,01$; $A_r(\text{O}) = 16$; $\rho(\text{sósavoldat}) = 1,10 \text{ g/cm}^3$.

Megoldás:

$$m(\text{sósavoldat}) = \rho V = 100 \text{ cm}^3 \cdot 1,10 \text{ g/cm}^3 = 110 \text{ g};$$

$$m(\text{HCl}) = 16,5 \text{ g}; n(\text{HCl}) = m/M = 16,5 \text{ g}/36,46 \text{ g/mol} = 0,45 \text{ mol}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n/M = 22 \text{ g}/105,99 \text{ g/mol} = 0,207 \text{ mol}$$

1 mol Na₂CO₃ 2 mol HCl-dal lép reakcióba $2 \cdot 0,207 = 0,414 \text{ mol}$ HCl szükséges,

A sósav feleslegben van (0,45 mol), így az összes karbonát elreagál.

1 mol Na₂CO₃ 1 mol CO₂ gázt fejleszt, $n(\text{CO}_2) = 0,207 \text{ mol}$,

$$pV=nRT, \text{ ebből } V=nRT/p= 0,207\text{mol}\cdot 8,314\text{J/molK}\cdot 273,15\text{K}/1,013\cdot 10^5\text{Pa}$$

$$V(\text{CO}_2)= 0,00464 \text{ m}^3=4,64 \text{ dm}^3$$

A maradék HCl anyagmennyisége $n(\text{HCl}) = 0,45 - 0,414 = 0,036 \text{ mol}$,

$$\text{tömege } m(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl}) = 0,036 \text{ mol} \cdot 36,46 \text{ g/mol} = 1,312 \text{ g}$$

Az egyenletből látható, hogy a keletkező só (NaCl) 0,414 mol,

$$m(\text{NaCl}) = n(\text{NaCl}) \cdot M(\text{NaCl}) = 0,414 \text{ mol} \cdot 58,44 \text{ g/mol} = 24,19 \text{ g}.$$

A reakció lejátékozása után az oldat tömege:

$$m(\text{oldat}) = m(\text{sósavoldat}) + m(\text{Na}_2\text{CO}_3) - m(\text{CO}_2)$$

$$m(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) = 0,207 \text{ mol} \cdot 44,01 \text{ g/mol} = 9,11 \text{ g}$$

$$m(\text{oldat}) = 110 + 22 - 9,11 = 122,89 \text{ g}$$

$$w/w\%(\text{NaCl}) = (24,19 \text{ g}/122,89 \text{ g}) \cdot 100 = 19,68\%$$

$$w/w\%(\text{HCl}) = (1,312 \text{ g}/122,89 \text{ g}) \cdot 100 = 1,067\%$$

3.3. Gyakorló feladatok

- 3.3.1. Számítsa ki a víz anyagmennyiség-százalékos és tömegszázalékos összetételét! $A_r(\text{H})=1,01$; $A_r(\text{O})=16,00$
- 3.3.2. Számítsa ki a magnézium-szulfát tömegszázalékos összetételét! $A_r(\text{Mg})=24,31$; $A_r(\text{S})=32,07$; $A_r(\text{O})=16,00$
- 3.3.3. Egy ismeretlen szénhidrogén, mely 85,6 w/w% szenet és 14,4 w/w% hidrogént tartalmaz. Mi a tapasztalati képlete? Határozza meg az összegképletét, ha a moláris tömege 84,18 g/mol? $A_r(\text{H})=1,01$; $A_r(\text{C})=12,01$
- 3.3.4. Egy szerves vegyület moláris tömege 60,06 g/mol. 40,0 w/w%-ban szenet, 53,28 w/w%-ban oxigént és 6,72 w/w%-ban hidrogént tartalmaz. Mi a vegyület összegképlete? $A_r(\text{H})=1,01$; $A_r(\text{C})=12,01$; $A_r(\text{O})=16,00$
- 3.3.5. Hány tömegszázalék vizet tartalmaz a timsó ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)? $A_r(\text{Al})=26,98$; $A_r(\text{K})=39,10$; $A_r(\text{O})=16,00$ $A_r(\text{H})=1,01$; $A_r(\text{S})=32,07$;
- 3.3.6. Határozza meg annak a vegyületnek a képletét, amelyben 43,38 tömegszázalék nátrium, 11,33 tömegszázalék szén és 45,29 tömegszázalék oxigén van! $A_r(\text{Na})=22,99$; $A_r(\text{C})=12,01$; $A_r(\text{O})=16,00$
- 3.3.7. A kristályos Na_2CO_3 62,94 tömegszázalék vizet tartalmaz. Mi a kristályos só képlete? $A_r(\text{Na})=22,99$; $A_r(\text{C})=12,01$; $A_r(\text{O})=16,00$; $A_r(\text{H})=1,01$
- 3.3.8. Két vegyértékű fém oxidja 39,7 tömegszázalék oxigént tartalmaz. Melyik ez az elem? $A_r(\text{O})=16,00$
- 3.3.9. Hány dm^3 10048 Pa nyomású és 299 K hőmérsékletű NO gáz fejlődik 42 g réz 30 tömegszázalékos salétromsavban történő oldásakor, ha a reakció az alábbi, rendezendő egyenlet szerint játszódik le? $A_r(\text{Cu})=63,54$, $R=8,314 \text{ J}/(\text{mol K})$
- $$\text{Cu} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$$
- 3.3.10. Adja meg a H_2S , a kénhidrogén, minden egyes atomjának az oxidációs számát!
- 3.3.11. Adja meg a NaNO_3 , a nátrium-nitrát, minden egyes atomjának az oxidációs számát!
- 3.3.12. Adja meg a $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, a kálium-bikromát, minden egyes atomjának az oxidációs számát!
- 3.3.13. Adja meg az ammóniumion (NH_4^+) és a manganát-ion (MnO_4^{2-}) minden egyes atomjának az oxidációs számát!
- 3.3.14. Adja meg a H_2O_2 , a hidrogén-peroxid és a CaH_2 , a kalcium-hidrid minden egyes atomjának az oxidációs számát!
- 3.3.15. Rendezze az egyenleteket oxidációs szám-változás alapján:

- a) $\text{KMnO}_4 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 b) $\text{FeCl}_3 + \text{SnCl}_2 = \text{FeCl}_2 + \text{SnCl}_4$
 c) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{KNO}_3 + \text{KOH} = \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 d) $\text{KOCl} = \text{KClO}_3 + \text{KCl}$
 e) $\text{KNO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MnSO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 f) $\text{FeCl}_3 + \text{KI} = \text{I}_2 + \text{FeCl}_2 + \text{KCl}$
 g) $\text{KMnO}_4 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$
 h) $\text{Cu} + \text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
 i) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{S}^{2-} + \text{H}^+ = \text{Cr}^{3+} + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
 j) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{I}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 k) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaNO}_3 = \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaNO}_2 + \text{CO}_2$
 l) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{I}_2 = \text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$
 m) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$
 n) $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} = \text{KCl} + \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 o) $\text{CuS} + \text{HNO}_3 = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{S} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$

3.3.16. 150 cm^3 $0,1 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú nátrium-klorid-oldathoz mekkora térfogatú 5 tömegszázalékos ezüst-nitrát-oldatot adjunk, hogy a reakció teljesen végbemenjen?
 $\rho(\text{AgNO}_3\text{-oldat}) = 1,04 \text{ g/cm}^3$

3.3.17. $1,00 \text{ dm}^3$ 25°C hőmérsékletű és $0,1013 \text{ MPa}$ nyomású klórgázt szeretnénk előállítani KMnO_4 és sósav reakciójával, az alábbi rendezendő egyenlet szerint. Mekkora térfogatú $0,5 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú sósavoldat és $0,02 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú KMnO_4 -oldatra van szükségünk? $R=8,314 \text{ J/molK}$
 $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} = \text{KCl} + \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

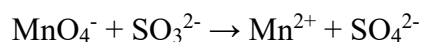
3.3.18. 15 g cink teljes feloldásához mekkora térfogatú 10 tömegszázalékos sósavoldat szükséges? Mekkora térfogatú 25°C hőmérsékletű és $0,1013 \text{ MPa}$ nyomású gáz fejlődik a reakció során? $\text{Ar}(\text{Zn})= 65,37$; $\rho(\text{HCl-oldat}) = 1,048 \text{ g/cm}^3$;
 $M_r(\text{HCl}) = 36,46$; $R=8,314 \text{ J/molK}$

3.3.19. Mekkora a $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ -oldat koncentrációja, ha $25,5 \text{ cm}^3$ -e $20,3 \text{ cm}^3$ $0,106 \text{ mol/dm}^3$ KI-oldattal reagál az alábbi egyenlet szerint:
 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6 \text{I}^- + 14 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 3 \text{I}_2 + 7 \text{H}_2\text{O}$

3.3.20. Hány cm^3 $0,03 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú KMnO_4 -oldat reagál el maradéktalanul $35,00 \text{ cm}^3$ $0,15 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú hidrogén-peroxid-oldattal, a következő kiegészítendő egyenlet szerint:
 $\text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{O}_2$

Mekkora térfogatú 0 °C hőmérsékletű és 0,1013 MPa nyomású oxigéngáz képződik?

- 3.3.21. Hány cm^3 0,03 mol/dm³ koncentrációjú KMnO_4 -oldat reagál el maradéktalanul 30,00 cm^3 0,15 mol/dm³ koncentrációjú nátrium-szulfid-oldattal, a következő kiegészítendő egyenlet szerint:

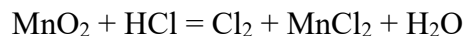


- 3.3.22. 10 g réz-cink ötvözetet feleslegben lévő sósavval reagáltatva 2,25 dm³ 25 °C hőmérsékletű és 0,1013 MPa nyomású gáz fejlődött. Határozza meg az ötvözet tömegszázalékos és n/n%-os összetételét! $A_r(\text{Cu}) = 63,54$; $A_r(\text{Zn}) = 65,37$; $R = 8,314$ J/molK

- 3.3.23. 1,00 gramm etánból és eténből álló elegy 3,995 g brómot addicionál. Határozza meg az elegy tömegszázalékos és anyagmennyiség-százalékos összetételét! $M_r(\text{Br}_2) = 159,80$; $A_r(\text{C}) = 12,01$; $A_r(\text{H}) = 1,01$

- 3.3.24. Klórgázt állítunk elő mangán-dioxidból 37,27 w/w%-os sósavoldat segítségével. Mekkora térfogatú sósavoldat szükséges 7,47 dm³ 0 °C hőmérsékletű és 0,1013 MPa nyomású klórgáz előállításához? $\rho(\text{HCl-oldat}) = 1,185 \text{ g/cm}^3$; $M_r(\text{HCl}) = 36,46$; $R = 8,314 \text{ J/molK}$

A reakció az alábbi kiegészítendő egyenlet szerint játszódik le:



- 3.3.25. 18,5 cm^3 ismeretlen koncentrációjú salétromsav-oldatot titrálunk 0,175 mol/dm³ koncentrációjú KOH-oldattal. A savoldat semlegesítéséhez 20,0 cm^3 KOH-oldat fogyott. Határozza meg a savoldat moláris koncentrációját!
- 3.3.26. 2,00 g nátrium-karbonátból (Na_2CO_3) és nátrium-hidrogén-karbonátból (NaHCO_3) álló keveréket 75 cm^3 2,0 mol/dm³ koncentrációjú sósavban feloldunk. A reakció lejátszódása után az oldatot 100 cm^3 -re hígítjuk, majd az így kapott törzsoldat 10 cm^3 -ét 1,12 mol/dm³ koncentrációjú NaOH-oldattal megcitrálva 10,77 cm^3 átlagos fogyást kaptunk. Határozza meg a keverék tömegszázalékos összetételét! $M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106$; $M_r(\text{NaHCO}_3) = 84,007$

4. Termokémia

4.1. Elméleti ismeretek

A termokémia a kémia reakciók energetikájával foglalkozó tudomány.

A kémiai reakció során fellépő hőváltozás a reakcióhő (állandó nyomáson: reakcióentalpia).

Jele: $\Delta_r H$; Mértékegysége: kJ/mol

A termokémiai egyenletnél meg kell adni a reaktánsok és a termékek halmazállapotát és az egyenlet szerinti reakciót kísérő hőváltozást is.

Pl.: $\text{C}_3\text{H}_{8(g)} + 5 \text{O}_{2(g)} = 3 \text{CO}_{2(g)} + 4 \text{H}_2\text{O}_{(f)}$ $\Delta_r H = -2221 \text{ kJ/mol}$

Képződési entalpia (képződéshő): egy mol anyag adott hőmérsékleten stabilis elemeiből való képződésekor fellépő entalpiaváltozás.

Jele: $\Delta_f H$; Mértékegysége: kJ/mol

Definíció szerint az elemek képződéshője (képződési entalpiája) nulla.

Hess-tétele: az eredő reakcióentalpia (reakcióhő) azon egyedi reakciók entalpiáinak összege, melyre a bruttó reakció felbontható. A reakcióhőt a kiindulási és a végtermékek energiatartalma határozza meg, független a részfolyamatok minőségétől, sorrendjétől, időbeli lefolyásától. A fentiek alapján a reakcióhőt (reakcióentalpiát) kiszámíthatjuk úgy, hogy a keletkezett anyagok képződéshőinek (képződési entalpiáinak) összegéből kivonjuk a kiindulási anyagok képződéshőinek (képződési entalpiáinak) összegét.

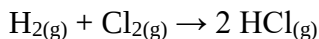
Pl.: $\text{C}_3\text{H}_{8(g)} + 5 \text{O}_{2(g)} = 3 \text{CO}_{2(g)} + 4 \text{H}_2\text{O}_{(f)}$ reakció esetén, ha ismerjük a képződéshőket (képződési entalpiákat), akkor a reakcióhő (reakcióentalpia) Hess tétele alapján számítható:

$$\Delta_r H(\text{C}_3\text{H}_8) = 3 \cdot \Delta_f H(\text{CO}_{2,g}) + 4 \cdot \Delta_f H(\text{H}_2\text{O},f) - \Delta_f H(\text{C}_3\text{H}_{8,g}) - 5 \cdot \Delta_f H(\text{O}_{2,g}) = 3(-394 \text{ kJ/mol}) + 4(-286 \text{ kJ/mol}) - (-105 \text{ kJ/mol}) - 5 \cdot 0 \text{ kJ/mol} = -2221 \text{ kJ/mol}$$

4.2. Kidolgozott feladatok

- 4.2.1. Határozza meg a HCl képződését kísérő energiaváltozást a kötési energiák felhasználásával! $E(\text{H-H}) = 436 \text{ kJ/mol}$, $E(\text{Cl-Cl}) = 243 \text{ kJ/mol}$, $E(\text{H-Cl}) = -432 \text{ kJ/mol}$

Megoldás:



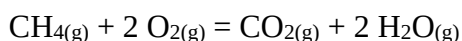
A reakció során felszakadó kötések: H-H, Cl-Cl

Keletkező kötések: 2 db H-Cl

$$\Delta H = \Delta H(\text{H-H}) + \Delta H(\text{Cl-Cl}) + 2 \cdot \Delta H(\text{H-Cl}) = 436 + 243 + 2(-432) = -185 \text{ kJ}$$

- 4.2.2. Metánt égetünk levegőfeleslegben. Írja fel a reakcióegyenletet, és számítsa ki a reakcióhőt! $\Delta_k H(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = -242 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{CH}_4, \text{g}) = -74,9 \text{ kJ/mol}$

Megoldás:

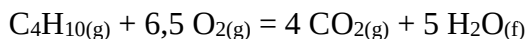


A reakcióhő Hess tétele alapján (a keletkezett anyagok képződéshőinek összegéből kivonjuk a kiindulási anyagok képződéshőinek összegét):

$$\Delta_r H = \Delta_k H(\text{CO}_2, \text{g}) + 2 \cdot \Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) - \Delta_k H(\text{CH}_4, \text{g}) - 2 \cdot \Delta_k H(\text{O}_2, \text{g}) = (-394 \text{ kJ/mol}) + 2 \cdot (-242 \text{ kJ/mol}) - (-74,9 \text{ kJ/mol}) - 2 \cdot 0 \text{ kJ/mol} = -803,1 \text{ kJ/mol}$$

- 4.2.3. Mennyi hő szabadul fel $5,00 \text{ dm}^3$ 25°C hőmérsékletű és $0,1013 \text{ MPa}$ nyomású bután elégetésekor? $R = 8,314 \text{ J/molK}$, $\Delta_k H(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{f}) = -286 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{C}_4\text{H}_{10}, \text{g}) = -144 \text{ kJ/mol}$

Megoldás:



$$\Delta_r H = 4 \cdot \Delta_k H(\text{CO}_2, \text{g}) + 5 \cdot \Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{f}) - \Delta_k H(\text{C}_4\text{H}_{10}, \text{g}) - 6,5 \cdot \Delta_k H(\text{O}_2, \text{g}) = 4(-394 \text{ kJ/mol}) + 5(-286 \text{ kJ/mol}) - (-144 \text{ kJ/mol}) - 6,5 \cdot 0 \text{ kJ/mol} = -2862 \text{ kJ/mol}$$

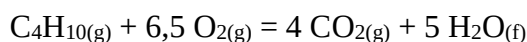
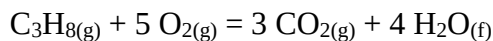
$pV = nRT$ összefüggésből a bután anyagmennyisége meghatározható $n = pV/RT$

$$n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / 8,314 \text{ J/molK} \cdot 298,15 \text{ K} = 0,2043 \text{ mol}$$

$$Q = n(\text{C}_4\text{H}_{10}) \Delta_r H = 0,2043 \text{ mol} \cdot (-2862 \text{ kJ/mol}) = -584,71 \text{ kJ}$$

584,71 kJ hő szabadul fel.

- 4.2.4. 1,000 m³ 25 °C hőmérsékletű és 101175 Pa nyomású propán-bután gázelegy elégetésekor 97200 kJ hő szabadul fel. Határozza meg a gázelegy V/V%-os összetételét és átlagos moláris tömegét! $\Delta_k H(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{f}) = -286 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{C}_3\text{H}_8, \text{g}) = -105 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{C}_4\text{H}_{10}, \text{g}) = -144 \text{ kJ/mol}$, $R = 8,314 \text{ J/molK}$

Megoldás:

$$\Delta_r H (\text{C}_3\text{H}_8) = 3 \Delta_k H(\text{CO}_2, \text{g}) + 4 \Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{f}) - \Delta_k H(\text{C}_3\text{H}_8, \text{g}) - 5 \cdot \Delta_k H(\text{O}_2, \text{g}) = 3 (-394 \text{ kJ/mol}) + 4 \cdot (-286 \text{ kJ/mol}) - (-105 \text{ kJ/mol}) - 5 \cdot 0 \text{ kJ/mol} = -2221 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_r H (\text{C}_4\text{H}_{10}) = 4 \Delta_k H(\text{CO}_2, \text{g}) + 5 \Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{f}) - \Delta_k H(\text{C}_4\text{H}_{10}, \text{g}) - 6,5 \cdot \Delta_k H(\text{O}_2, \text{g}) = 4 (-394 \text{ kJ/mol}) + 5 \cdot (-286 \text{ kJ/mol}) - (-144 \text{ kJ/mol}) - 6,5 \cdot 0 \text{ kJ/mol} = -2862 \text{ kJ/mol}$$

$pV = nRT$ összefüggésből az elegy anyagmennyisége meghatározható $n = pV/RT$

$$n(\text{elegy}) = 101175 \text{ Pa} \cdot 1,000 \text{ m}^3 / 8,314 \text{ J/molK} \cdot 298,15 \text{ K} = 40,816 \text{ mol}$$

$$n(\text{elegy}) = V/V_m = 1000/24,5 = 40,816 \text{ mol}$$

Legyen az elegyben $x \text{ mol C}_3\text{H}_8$ és $40,816 - x \text{ mol C}_4\text{H}_{10}$.

$$-97200 = -2221x + [-2862(40,816 - x)], \text{ ebből } x = 30,601 \text{ mol}$$

$$n/n\% (\text{C}_3\text{H}_8) = (30,601/40,816) \cdot 100 = 75 \%$$

$$n/n\% (\text{C}_4\text{H}_{10}) = (40,816 - x)/40,816 \cdot 100 = 25 \%$$

Avogadro törvénye szerint azonos állapotban lévő gázok $n/n\%$ -os és $V/V\%$ -os összetétele megegyezik.

4.3. Gyakorló feladatok

- 4.3.1. Mennyi hő szabadul fel 0,2 kg metán tökéletes elégetése során? $M_r(\text{CH}_4) = 16,04$, $\Delta_k H(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{f}) = -286 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{CH}_4, \text{g}) = -74,9 \text{ kJ/mol}$
- 4.3.2. A kötési energiák felhasználásával határozza meg az $\text{N}_{2(\text{g})} + 3 \text{H}_{2(\text{g})} = 2 \text{NH}_{3(\text{g})}$ folyamat reakcióhőjét! $E(\text{H-H}) = 436 \text{ kJ/mol}$, $E(\text{N-N}) = 950 \text{ kJ/mol}$, $E(\text{N-H}) = -391 \text{ kJ/mol}$
- 4.3.3. A kötési energiák felhasználásával határozza meg, mennyi hő keletkezik 5 dm^3 25°C hőmérsékletű és 101175 Pa nyomású hidrogéngáz elégetése során! A keletkező víz gőzállapotú. $E(\text{H-H}) = 436 \text{ kJ/mol}$, $E(\text{O-O}) = 500 \text{ kJ/mol}$, $E(\text{O-H}) = -463 \text{ kJ/mol}$, $R = 8,314 \text{ J/molK}$
- 4.3.4. Határozza meg a következő folyamatok reakcióhőjét (reakcióentalpiáját)!
 $\Delta_k H(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{f}) = -286 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = -242 \text{ kJ/mol}$,
 $\Delta_k H(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6, \text{sz}) = -1164 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2, \text{sz}) = -394,3 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{CuO}, \text{sz}) = -155,1 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{NO}_2, \text{g}) = +33,8 \text{ kJ/mol}$
 a) $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{sz}) + 6 \text{O}_{2(\text{g})} = 6 \text{CO}_{2(\text{g})} + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{f})$
 b) $2 \text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{sz}) = 2 \text{CuO}(\text{sz}) + 4 \text{NO}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})}$
 c) $\text{H}_{2(\text{g})} + 0,5 \text{O}_{2(\text{g})} = \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- 4.3.5. Mekkora hő szabadul fel 200 cm^3 $789,3 \text{ kg/m}^3$ sűrűségű etanol elégetése során? $\Delta_k H(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{f}) = -286 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}, \text{f}) = -277,8 \text{ kJ/mol}$, $M_r(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46,07$
- 4.3.6. Mennyi hő szabadul fel 1 kg szén elégetésekor? $\Delta_k H(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ/mol}$, $A_r(\text{C}) = 12,01$
- 4.3.7. Számítsa ki mekkora hő szabadul fel $30 \text{ V/V\%}$ metánból és $70 \text{ V/V\%}$ etánból álló 25°C hőmérsékletű és 101325 Pa nyomású gázelegy $1,000 \text{ dm}^3$ -ét elégetve! $\Delta_k H(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{f}) = -286 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{CH}_4, \text{g}) = -74,9 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{C}_2\text{H}_6, \text{g}) = -84,6 \text{ kJ/mol}$; $R = 8,314 \text{ J/molK}$
- 4.3.8. Nátriumot reagáltatunk nagy mennyiségű vízzel. Határozza meg a folyamat reakcióhőjét! $\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{f}) = -286 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{Na}^+_{(\text{aq})}) = -240 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{OH}^-_{(\text{aq})}) = -230 \text{ kJ/mol}$
- 4.3.9. Mennyi hő szabadul fel 9 dm^3 25°C hőmérsékletű és 101325 Pa nyomású durrangógáz felrobbanásakor, ha a keletkező vízgőz lecsapódik? $\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{f}) = -286 \text{ kJ/mol}$; $R = 8,314 \text{ J/molK}$
- 4.3.10. $1,00 \text{ tonna}$ égetett mész előállításához mekkora hőre van szükség? Mekkora térfogatú 25°C hőmérsékletű és 101325 Pa nyomású metán elégetésével tudunk ennyi hőt

nyerni? $\Delta_k H(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{f}) = -286 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{CH}_4, \text{g}) = -74,9 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{CaCO}_3, \text{sz}) = -1207 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{CaO}, \text{sz}) = -635 \text{ kJ/mol}$, $M_r(\text{CaO}) = 56,08$;
4.3.11. 6 gramm benzol (C_6H_6) tökéletes elégetése során 251 kJ hő szabadul fel. Határozza meg a benzol képződéshőjét (képződési entalpiáját)! $\Delta_k H(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}, \text{f}) = -286 \text{ kJ/mol}$, $M_r(\text{C}_6\text{H}_6) = 78,11$

5. Kémiai egyensúlyok

5.1. Elméleti ismeretek

Megfordítható (reverzibilis) folyamatoknak nevezzük azokat a kémiai reakciókat, amelyek mindkét irányban lejátszódnak. Ezeknél a reakcióknál dinamikus egyensúly áll be egy idő után. Dinamikus egyensúlyban a reagensek (vagy kiindulási anyagok) és a termékek koncentrációja nem változik, azaz időegység alatt ugyanannyi termék képződik a kiindulási anyagokból, mint amennyi visszaalakul kiindulási anyaggá.

Egyensúlyi állandó (K_c)

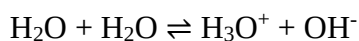
$$K_c = \prod_{i=1}^n \left(\frac{c_i}{c^0} \right)^{v_i}$$

ahol v a sztöchiometriai együttható, c_i a komponensek egyensúlyi koncentrációja (mol/dm^3), $c^0 = 1 \text{ mol/dm}^3$

Tömeghatás törvénye: egyensúlyi állapotban a termékek megfelelő hatványra emelt egyensúlyi koncentrációi szorzatának és a reaktánsok megfelelő hatványra emelt egyensúlyi koncentrációi szorzatának hányadosa állandó hőmérsékleten és állandó nyomáson állandó (Guldberg-Waage törvény).

LeChatelier-Braun elv: ha az egyensúlyban levő rendszer külső körülmények hatására változik, akkor olyan folyamatok mennek végbe, amelyek ezen külső változások hatását csökkenteni igyekeznek.

A kémiailag tiszta vízben a H_2O molekulák egy része (igen kis része) ionokra disszociált alakban található meg. Mivel a víz amfoter, saját magával is reagál:



Ez az egyensúly fennáll a tiszta vízben és minden híg vizes oldatban, a folyamat egyensúlyi állandója

$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]^2}$$

Mivel a víz disszociációfoka (α) nagyon kicsi (25°C -on $\alpha = 1,8 \cdot 10^{-9}$), a disszociáció folytán a nem disszociált vízmolekulák koncentrációja nem változik meg számottevően, így a víz koncentrációja, állandónak tekinthető.

Ebből felírhatjuk, hogy $[\text{H}_2\text{O}]^2 K = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = K_v$ (ez a víz ionszorzata)

25 °C-on $K_v = 1,0 \cdot 10^{-14}$.

A disszociációfok megadja, hogy egyensúlyi állapotban az elektrolitok hányadrésze található disszociált állapotban.

$$\alpha = \frac{\text{disszociált molekulák száma}}{\text{eredeti molekulák száma}}$$

Ostwald-féle hígítási törvény

$$K_d = \frac{c\alpha^2}{(1-\alpha)c^0}$$

ahol a kezdeti koncentráció c és a disszociációfok α , az egyensúlyi állandó pedig K_d .

$$\text{pH} = -\lg([H^+]/c^0).$$

Puffer az olyan oldat, amelyben egy gyenge sav és annak erős bázissal alkotott sója vagy egy gyenge bázis és annak erős savval alkotott sója együtt található.

A pufferoldatban jelenlévő ionok koncentrációját gyenge sav és annak erős bázissal alkotott sójából álló puffer esetén a

$$[H_3O^+] = K_s \frac{c_{sav}}{c_{s\acute{o}}}$$

összefüggésből számíthatjuk, ahol K_s a savi disszociációs állandó, c_{sav} a bemért sav koncentrációja, $c_{s\acute{o}}$ a bemért só koncentrációja.

Gyenge bázis és annak erős savval alkotott sója esetén a

$$[OH^-] = K_b \frac{c_{b\acute{a}z\acute{i}s}}{c_{s\acute{o}}}$$

összefüggést használhatjuk, ahol K_b a bázisállandó, $c_{b\acute{a}z\acute{i}s}$ a bemért sav koncentrációja, $c_{s\acute{o}}$ a bemért só koncentrációja.

A titrálás olyan analitikai eljárás, ahol egy anyag (titrálandó oldat) anyagmennyiségét egy ismert koncentrációjú reagens (titráló oldat) térfogatának adagolásával határozzuk meg.

5.2. Kidolgozott feladatok

- 5.2.1. Számítsa ki az egyensúlyi állandót a következő egyensúlyra vezető folyamatra! Az egyensúlyi koncentrációk: $[\text{SO}_2] = 0,3 \text{ mol/dm}^3$, $[\text{SO}_3] = 2,7 \text{ mol/dm}^3$, $[\text{O}_2] = 0,9 \text{ mol/dm}^3$, $c^0 = 1 \text{ mol/dm}^3$; $2 \text{ SO}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 2 \text{ SO}_{3(\text{g})}$

Megoldás:

$$K_c = \frac{[\text{SO}_3]^2 c^0}{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]} = \frac{2,7^2 \cdot 1}{0,3^2 \cdot 0,9} = 90$$

- 5.2.2. 1 mol etanolt és 3 mol ecetsavat elegyítünk. Hány %-os lesz az átalakulás, ha a folyamat egyensúlyi állandója 25 °C-on $K = 4$?

Megoldás:

etanol	+	ecetsav	$\rightleftharpoons$	etil- acetát	+	víz
1 mol		3 mol		—		—
x		x		x		x
1-x		3-x		x		x

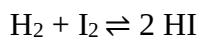
$$K_c = \frac{[\text{etil-acetát}] [\text{víz}]}{[\text{etanol}] [\text{ecetsav}]} = \frac{x^2}{(1-x)(3-x)} = 4$$

az egyenlet rendezve x-re másodfokú egyenletet kapunk, amelynek megoldásai $x_1 = 0,9$, $x_2 = 4,33$. Mivel 3 mol ecetsavból indultunk ki, x_2 nem lehet megoldás.

Az etanol $0,9/1 \cdot 100 = 90\%$ -a, az ecetsav $0,9/3 \cdot 100 = 30\%$ -a alakult át.

- 5.2.3. 5,00 dm³-es tartályban 1 mol H₂-t és 1 mol I₂-t reagáltatunk egymással. Mekkora a HI koncentrációja az egyensúlyi elegyben, ha az egyensúlyi állandó $K = 50,2$.

Megoldás:



A kiindulási koncentrációk: $c(\text{H}_2) = c(\text{I}_2) = n/V = 1 \text{ mol}/5,00 \text{ dm}^3 = 0,2 \text{ mol/dm}^3$

H ₂	+	I ₂	$\rightleftharpoons$	2 HI
0,2		0,2		—
x		x		2x
0,2-x		0,2-x		2x

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{(2x)^2}{(0,2-x)(0,2-x)} = 50,2$$

az egyenlet rendezve x-re másodfokú egyenletet kapunk, amelynek megoldásai $x_1 = 0,156$, $x_2 = 0,278$.

Mivel $0,2 \text{ mol/dm}^3$ volt a kiindulási koncentráció, x_2 nem lehet megoldás.

$$[\text{HI}]_e = 2x = 0,312 \text{ mol/dm}^3.$$

- 5.2.4. Számítsa ki annak az oldatnak a pH-ját, amelyben a sósav (HCl) koncentrációja $2,298 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$? $K_v = 1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt két tizedes jegyre adja meg!)

Megoldás:

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

Mivel a HCl egyértékű erős sav, teljes mértékben disszociál ezért $[\text{H}^+] = c_{\text{sav}}$

Behelyettesítve a pH-t meghatározó összefüggésbe a sósav koncentrációját $\text{pH} = 2,64$.

- 5.2.5. Mekkora a pH-ja az $1,36 \text{ w/w\%-os}$ $1,005 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű sósavoldatnak? $M_r(\text{HCl}) = 36,46$, $K_v = 1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt két tizedes jegyre adja meg!)

Megoldás:

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

Mivel a HCl egyértékű erős sav, ezért $[\text{H}^+] = c_{\text{sav}}$

$$c = n/V$$

A definíció szerint, ha $1,36 \text{ w/w\%-os}$ az oldat, akkor 100 g oldatban van $1,36 \text{ g}$ HCl

$$n(\text{HCl}) = m/M = 1,36/36,46 = 0,0373 \text{ mol}$$

$$V(\text{oldat}) = m/\rho = 100/1,005 = 0,0995 \text{ dm}^3$$

$$c = 0,37 \text{ mol/dm}^3, \text{ pH} = 0,43$$

- 5.2.6. Számítsa ki annak az oldatnak a pH-ját, amelyben a kénsav (H_2SO_4) koncentrációja $0,04326 \text{ mol/dm}^3$ és feltételezzük, hogy a kénsav teljes mértékben disszociál! $K_v = 1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt két tizedes jegyre adja meg!)

Megoldás:

Mivel a H_2SO_4 kétértékű erős sav és teljes mértékben disszociál, 1 mol kénsavból 2 mol H^+ kerül az oldatba, ezért $[\text{H}^+] = 2c_{\text{sav}}$

$$[\text{H}^+] = 2c_{\text{sav}} = 2 \cdot 0,04326 \text{ mol/dm}^3 = 0,08652 \text{ mol/dm}^3$$

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+] = 1,06$$

- 5.2.7. Számítsa ki annak az oldatnak a pH-ját, amelyben a nátrium-hidroxid (NaOH) koncentrációja $0,08125 \text{ mol/dm}^3$! $K_v=1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt két tizedes jegyre adja meg!)

Megoldás:

A NaOH egyértékű erős bázis, ezért $[\text{OH}^-] = c(\text{NaOH})$

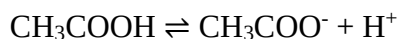
$$K_v = [\text{H}^+][\text{OH}^-], [\text{H}^+] = K_v/[\text{OH}^-] = 1,00 \cdot 10^{-14}/0,08125 \text{ mol/dm}^3 = 1,23 \cdot 10^{-13} \text{ mol/dm}^3$$

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+] = 12,91$$

- 5.2.8. A $0,169 \text{ mol/dm}^3$ bemérési koncentrációjú ecetsav oldatának pH-ja 2,77. Számítsa ki K_s értékét és a disszociáció fokát!

Megoldás:

$$\text{pH} = 2,77 \text{ ebből } [\text{H}^+] = 1,69 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3.$$



CH_3COOH	$\rightleftharpoons$	CH_3COO^-	+	H^+
0,169		—		—
$1,69 \cdot 10^{-3}$		$1,69 \cdot 10^{-3}$		$1,69 \cdot 10^{-3}$
0,16731		$1,69 \cdot 10^{-3}$		$1,69 \cdot 10^{-3}$

$$\alpha = 1,69 \cdot 10^{-3}/0,169 = 0,01$$

$$K_s = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]c^0} = \frac{(1,69 \cdot 10^{-3})^2}{(0,169) \cdot 1} = 1,69 \cdot 10^{-3}$$

- 5.2.9. Mennyi abban az oldatban a kálium-hidroxid (NaOH) koncentrációja, a melynek pH-ja 13,55? $K_v=1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt három értékes jegyre adja meg!)

Megoldás:

$$\text{pH} = 13,55, \text{ ebből } [\text{H}^+] = 2,818 \cdot 10^{-14} \text{ mol/dm}^3.$$

$$K_v = [\text{H}^+][\text{OH}^-], [\text{OH}^-] = K_v/[\text{H}^+] = 0,355 \text{ mol/dm}^3$$

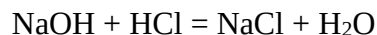
$$[\text{OH}^-] = c(\text{NaOH}) = 0,355 \text{ mol/dm}^3$$

- 5.2.10. Mekkora az oldat pH-ja, ha egy $250,0 \text{ cm}^3$ térfogatú lombikba összemérünk $15,15 \text{ cm}^3$ térfogatú, $0,3255 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú sósav (HCl), és $13,99 \text{ cm}^3$ térfogatú, $0,3265 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú nátrium-hidroxid (NaOH) oldatot, majd a hőmérséklet visszaállása után a lombikot feltöltjük? $K_v=1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt két tizedes jegyre adja meg!)

Megoldás:

$$n(\text{HCl}) = cV = 0,3255 \text{ mol/dm}^3 \cdot 15,15 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 0,00493 \text{ mol}$$

$$n(\text{NaOH}) = cV = 0,3265 \text{ mol/dm}^3 \cdot 13,99 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 0,00456 \text{ mol}$$



az egyenletből látjuk, hogy 1:1 arányban reagálnak, a sav van feleslegben

$$\text{marad } 0,00493 - 0,00456 = 0,0003623 \text{ mol HCl } 250 \text{ cm}^3\text{-ben (} 0,250 \text{ dm}^3\text{)}$$

$$c(\text{HCl}) = n/V = 0,0003623 \text{ mol} / 0,250 \text{ dm}^3 = 1,45 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

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

Mivel a HCl egyértékű erős sav, ezért $[\text{H}^+] = c_{\text{sav}}$

$$\text{pH} = 2,84$$

- 5.2.11. Számítsa ki annak a pufferoldatnak a pH-ját, amelyben az ecetsav (CH_3COOH) koncentrációja $0,1152 \text{ mol/dm}^3$, míg a nátrium-acetát (CH_3COONa) koncentrációja $0,07785 \text{ mol/dm}^3$! $K_s = 1,753 \cdot 10^{-5}$; $K_v = 1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt két tizedes jegyre adja meg!)

Megoldás:

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

$$[\text{H}^+] = K_s \frac{c_{\text{sav}}}{c_{\text{só}}} = 2,594 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3,$$

$$\text{pH} = 4,59$$

5.3. Gyakorló feladatok

- 5.3.1. Ammóniaszintézis során 600 °C-on beálló egyensúlyi állapotban az egyensúlyi koncentrációk a következők voltak: $[H_2] = 1,1 \text{ mol/dm}^3$, $[NH_3] = 0,6 \text{ mol/dm}^3$, $[N_2] = 0,7 \text{ mol/dm}^3$. Határozza meg az egyensúlyi állandót valamint a nitrogén és a hidrogén kiindulási koncentrációját és átalakulási százalékát!
- 5.3.2. A $CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$ folyamat egyensúlyi állandója 800 °C-on $K = 1$. Számítsa ki a kiindulási anyagok átalakulási %-át valamint az egyensúlyi elegy anyagmennyiség-százalékos összetételét, 1 mol/dm³ H₂ és 2 mol/dm³ CO₂ kiindulási koncentráció esetén!
- 5.3.3. Ha nitrogén és oxigén elegyét 3000 K hőmérsékletre hevítünk, akkor beáll a következő egyensúly: $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$. Mekkora a folyamat K_p egyensúlyi állandója, ha nitrogén és oxigén 1:5 térfogatarányú elegyből kiindulva, a keletkező NO 0,906 térfogat% lesz az egyensúlyi elegyben?
- 5.3.4. Hány gramm az egyes komponensek mennyisége az egyensúlyi elegyben, ha 12 g ecetsavat, 12 g etilalkoholt, 2 g etil-acetátot, és 20 g víz mértünk össze: $CH_3COOH + CH_3CH_2OH \rightleftharpoons CH_3COOCH_2CH_3 + H_2O$ és az egyensúlyi állandó $K_c = 4,25$? $A_r(C) = 12,01$; $A_r(H) = 1,01$; $A_r(O) = 16,00$;
- 5.3.5. Egy 38,00 V/V% CO₂-t 44,00 V/V% H₂-t és 18,00 V/V% H₂O gőzt tartalmazó elegyet magas hőmérsékletre melegítve beáll a $CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_{2(g)}$ egyensúly. Az egyensúlyi állandó $K_p = 1,30$. Számítsa ki a gázelegy egyensúlyi összetételét (térfogat%-ban)!
- 5.3.6. Kloroformban 8,2818 g N₂O₄-et oldunk. Az oldat térfogata 500 cm³. A beálló $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ egyensúly, egyensúlyi állandója $K_c = 1,23 \cdot 10^{-5}$. Számítsa ki az egyensúlyi oldatban az egyes nitrogén-oxidok koncentrációját és a N₂O₄ disszociációs fokát! $A_r(N) = 14,01$; $A_r(O) = 16,00$
- 5.3.7. Számítsa ki annak az oldatnak a pH-ját, amelyben a sósav (HCl) koncentrációja 0,09255 mol/dm³? $K_v = 1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt két tizedes jegyre adja meg!)
- 5.3.8. Számítsa ki annak az oldatnak a pH-ját, amelyben a kénsav (H₂SO₄) koncentrációja 0,04326 mol/dm³? $K_v = 1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt két tizedes jegyre adja meg!)
- 5.3.9. Számítsa ki annak az oldatnak a pH-ját, amelyben a bárium-hidroxid (Ba(OH)₂) koncentrációja 0,03462 mol/dm³? $K_v = 1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt két tizedes jegyre adja meg!)
- 5.3.10. Mennyi abban az oldatban a salétromsav (HNO₃) koncentrációja, amelynek pH-ja

- 2,15? $K_v=1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt három értékes jegyre adja meg!)
- 5.3.11. Mennyi abban az oldatban a kénsav (H_2SO_4) koncentrációja, amelynek pH-ja 1,51? $K_v=1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt három értékes jegyre adja meg!)
- 5.3.12. Mennyi abban az oldatban a kalcium-hidroxid ($Ca(OH)_2$) koncentrációja, amelynek pH-ja 13,87? $K_v=1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt három értékes jegyre adja meg!)
- 5.3.13. Mekkora az oldat pH-ja, ha egy 250,0 cm³ térfogatú lombikba összemérünk 15,15 cm³ térfogatú, 0,3255 mol/dm³ koncentrációjú sósav (HCl), és 13,99 cm³ térfogatú, 0,3265 mol/dm³ koncentrációjú nátrium-hidroxid (NaOH) oldatot, majd a hőmérséklet visszaállása után a lombikot feltöltjük? $K_v=1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt két tizedes jegyre adja meg!)
- 5.3.14. Mekkora az oldat pH-ja, ha egy 100,0 cm³ térfogatú lombikba összemérünk 22,12 cm³ térfogatú, 0,7424 mol/dm³ koncentrációjú kénsav (H_2SO_4), és 31,02 cm³ térfogatú, 0,9985 mol/dm³ koncentrációjú kálium-hidroxid (KOH) oldatot, majd a hőmérséklet visszaállása után a lombikot jelre töltjük desztillált vízzel? $K_v=1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt két tizedes jegyre adja meg!)
- 5.3.15. Mekkora annak az oldatnak a pH-ja, amelyet úgy kapunk, hogy 50,0 g 2,00 tömeg%-os nátrium-hidroxid oldatot 500 cm³ 0,250 mol/dm³ koncentrációjú salétomsav-oldattal elegyítünk és a kapott oldatot 3,00 dm³ térfogatra egészítjük ki desztillált vízzel? $M_r(NaOH) = 40,00$
- 5.3.16. Hány dm³ 20 °C-os és $1,096 \cdot 10^5$ Pa nyomású HCl gázt kell feloldanunk 500 g vízben, ha 0,35-ös pH-jú oldatot szeretnénk előállítani? $\rho(pH=0,35 \text{ oldat}) = 1,01 \text{ g/cm}^3$, $M_r(HCl) = 36,46$, $R = 8,314 \text{ J/molK}$
- 5.3.17. Számítsa ki annak az oldatnak a pH-ját, amelyben az ecetsav (CH_3COOH) bemérési koncentrációja $1,395 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$? $K_s=1,753 \cdot 10^{-5}$; $K_v=1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt két tizedes jegyre adja meg!)
- 5.3.18. A $0,241 \text{ mol/dm}^3$ bemérési koncentrációjú ecetsav oldatának pH-ja 2,69. Számítsa ki K_s értékét és a disszociáció fokát!
- 5.3.19. Mekkora lesz az előbbi oldat pH-ja, ha az ecetsav 63%-ának megfelelő kémiai anyagmennyiségű szilárd NaOH-ot adunk hozzá?
- 5.3.20. Mekkora a pH-ja a $0,100 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ecetsavoldatnak? $K_s = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$, $K_v=1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt két tizedes jegyre adja meg!)
- 5.3.21. Számítsa ki annak az ecetsav (CH_3COOH) oldatnak a bemérési koncentrációját mol/m³ egységekben, amelynek a pH-ja 3,42! $K_s=1,753 \cdot 10^{-5}$; $K_v=1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt három értékes jegyre adja meg!)

- 5.3.22. Számítsa ki annak az ammónia (NH_3) oldatnak a bemérési koncentrációját mol/m^3 egységekben, amelynek a pH-ja 10,32! $K_b=1,789 \cdot 10^{-5}$; $K_v=1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt két tizedes jegyre adja meg!)
- 5.3.23. Mekkora a $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONa}$ koncentráció-arány abban a pufferoldatban, amelyben a pH = 4,95? $K_s = 1,753 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$; $K_v=1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt négy értékes jegyre adja meg!)
- 5.3.24. Számítsa ki annak a pufferoldatnak a pH-ját, amelyben az ecetsav (CH_3COOH) koncentrációja $0,1152 \text{ mol/dm}^3$, míg a nátrium-acetát (CH_3COONa) koncentrációja $0,07785 \text{ mol/dm}^3$! $K_s=1,753 \cdot 10^{-5}$; $K_v=1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt két tizedes jegyre adja meg!)
- 5.3.25. Számítsa ki annak a pufferoldatnak a pH-ját, amelyet 15,23 gramm ecetsav (CH_3COOH), és 23,42 gramm kristályos nátrium-acetát ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) vízben való oldásából állítottak elő! $K_s=1,753 \cdot 10^{-5}$; $K_v=1,00 \cdot 10^{-14}$; $M_r(\text{CH}_3\text{COOH})=60,06$; $M_r(\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O})=136,10$; (Az eredményt két tizedes jegyre adja meg!)
- 5.3.26. Milyen molarányban kell bemérni ammóniát (NH_3) és ammónium-kloridot (NH_4Cl) ($c_{\text{bázis}}/c_{\text{só}}$) ahhoz, hogy a keletkező puffer pH=9,12-es legyen? $K_b=1,789 \cdot 10^{-5}$; $K_v=1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt négy értékes jegyre adja meg!)
- 5.3.27. Számítsa ki annak a pufferoldatnak a pH-ját, amelyben az ammónia (NH_3) koncentrációja $0,1512 \text{ mol/dm}^3$, míg az ammónium-klorid (NH_4Cl) koncentrációja $0,08765 \text{ mol/dm}^3$! $K_b=1,789 \cdot 10^{-5}$; $K_v=1,00 \cdot 10^{-14}$; (Az eredményt két tizedes jegyre adja meg!)

6. Elektrokémia

6.1 Elméleti ismeretek

A galvánelem által létrehozott potenciált, ami a két elektród potenciáljának a különbsége, elektromotoros erőnek nevezzük. Az elektromotoros erő kiszámítása:

$$E_{MF} = \varepsilon_k - \varepsilon_a$$

ahol:

E_{MF} : a galvánelem elektromotoros ereje [V]

ε_k : a katód elektródpotenciálja (másik jelölése: E_k) mértékegysége:V

ε_a : az anód elektródpotenciálja (másik jelölése: E_a) mértékegysége:V

Az elektromotoros erő mindig pozitív.

Az elektródpotenciál az a potenciál, amely akkor lép fel, amikor egy fém (legyen M) saját ionjait (M^{z+}) tartalmazó oldatba merül és az elemi fém és a fémion között kialakul egy egyensúlyi elektroncsere:



Ez a potenciál függ a fém anyagi minőségétől, az oldat koncentrációjától és a hőmérséklettől. Értékét a Nernst-egyenlet segítségével meghatározhatjuk, 25°C-on az alábbiak szerint:

$$\varepsilon_{M/M^{z+}} = \varepsilon_{M/M^{z+}}^0 + \frac{0,0592}{z} \lg[M^{z+}]$$

ahol $\varepsilon_{M/M^{z+}}^0$ az M/M^{z+} rendszer standardpotenciálja (25°C-on 1 mol/dm³ koncentrációjú oldatban mért elektródpotenciál), $[M^{z+}]$ az M^{z+} -ion mol/dm³-ben kifejezett koncentrációja

Elektrolízisnek nevezzük, amikor elektromos áram hatására egy nem spontán kémiai reakció játszódik le.

Elektrolízis során az elektródokon átalakuló anyag tömege arányos az elektrolizáló áramerősséggel és az elektrolízis idejével (Faraday I. törvénye):

$$m = k \cdot Q = k \cdot I \cdot t;$$

m: elektrolízis során az elektródon leváló anyag tömege [g]

k: elektrokémiai egyenérték (1 C töltés hatására leválasztott anyag tömege) [g/C]

Q: a rendszeren áthaladt elektromos töltés [C]

I: áramerősség [$A = C/s$]

t: az elektrolízis időtartama [s]

Faraday II. törvénye: 1 mol egységnyi töltésű ion semlegesítéséhez 96493 C (1 mol elektron töltése) töltés szükséges.

F: Faraday-állandó (1 Faraday 1 mol elektron töltése)

$$F = 96493 \text{ C/mol}$$

$$m = k \cdot Q = k \cdot I \cdot t \rightarrow k = m/It = m/Q$$

1 mol (M tömegű) z töltésű ion leválasztásához zF töltés szükséges, így $k = \frac{M}{zF}$

$$m = \frac{M}{zF} \cdot I \cdot t$$

6.2 Kidolgozott feladatok

- 6.2.1. Hány gramm Cu válik le CuCl_2 -oldatból, ha 30 percig elektrolizáljuk 700mA áramerősséggel? $A_r(\text{Cu}) = 63,54$ és $F = 96493 \text{ C}$

Megoldás:



$$z = 2,$$

$$m = \frac{M}{zF} \cdot I \cdot t$$

$$I = 700 \text{ mA} = 0,7 \text{ A}$$

$$t = 30 \text{ perc} = 1800 \text{ sec}$$

$$\text{Behelyettesítve a megadott adatokat, } m = 0,4148 \text{ g}$$

- 6.2.2. Hány gramm Ni válik le abból NiSO_4 -oldatból, ha 31 percig elektrolizáljuk, miközben az átfolyó áram erőssége 695 mA-ról egyenletesen 295 mA-re csökkent. $A_r(\text{Ni}) = 58,69$ és $F = 96493 \text{ C}$

Megoldás:

$$I_1 = 695 \text{ mA} = 0,695 \text{ A}$$

$$I_2 = 295 \text{ mA} = 0,295 \text{ A}$$

$$t = 31 \text{ perc} = 1860 \text{ s}$$

Mivel egyenletesen változik az áram erőssége, az áramerősség átlaga $I_{\text{átlag}} = \frac{I_1 + I_2}{2} =$

$$\frac{0,695 \text{ A} + 0,295 \text{ A}}{2} = 0,495 \text{ A}$$

$$Q = I \cdot t = 0,495 \text{ A} \cdot 1860 \text{ s} = 920,7 \text{ C}$$

$$z = 2$$

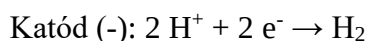
Faraday törvénye alapján a leváló fém tömege számítható:

$$m = \frac{M}{zF} \cdot I \cdot t = \frac{58,69 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}}{2 \cdot 96493 \text{ C/mol}} \cdot 0,495 \text{ A} \cdot 1860 \text{ s} = 2,799 \cdot 10^{-4} \text{ kg} = 0,2799 \text{ g}$$

- 6.2.3. Sósavat elektrolizálunk grafit-elektrodok között. Mekkora térfogatú gáz fejlődik a katódon, miközben az anódon $2,45 \text{ dm}^3$ gáz képződik?

Megoldás:

Elektrodfolyamatok:

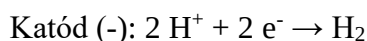
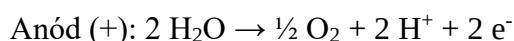


Az elektródfolyamatokból látszik, hogy a két gáz 1:1 térfogatarányban keletkezik, vagyis a katódon is $2,45 \text{ dm}^3$ azonos állapotú gáz fejlődik.

- 6.2.4. 150 g 5,00 w/w%-os kénsavoldatot elektrolizálunk grafitelektródok között. Határozza meg az oldat w/w%-os összetételét miután az anódon $4,9 \text{ dm}^3$ standardállapotú gáz fejlődik!

Megoldás:

Elektródfolyamatok:



Az anódon keletkezik $n(\text{O}_2) = V(\text{O}_2)/V_m = 4,9 \text{ dm}^3/24,5 \text{ dm}^3/\text{mol} = 0,20 \text{ mol}$ oxigéngáz. Ennek tömege $m(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) = 6,4 \text{ g}$.

A katódon ezzel egyidejűleg $n(\text{H}_2) = 2 n(\text{O}_2) = 0,40 \text{ mol}$ hidrogéngáz fejlődik, melynek tömege: $m(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = 0,808 \text{ g}$.

Az elektródfolyamatokból látjuk, hogy vízbontás történik. Az oldatból távozó víz tömege: $m(\text{víz}) = m(\text{O}_2) + m(\text{H}_2) = 7,208 \text{ g}$.

Az oldatban lévő kénsav tömege nem változik. 150 g 5 w/w%-os oldatban $150 \cdot 0,05 = 7,5 \text{ g}$ kénsav van.

Az oldat tömege az elektrolízis során elbomló víz tömegével csökken, azaz $m(\text{oldat}) = 150 - 7,208 = 142,792 \text{ g}$ lett.

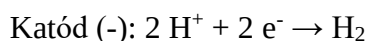
Elektrolízis után az oldat összetétele:

$$w/w\% = (7,5/142,792) \cdot 100 = 5,25 \%$$

- 6.2.5. Mekkora térfogatú 25°C hőmérsékletű és $0,1013 \text{ MPa}$ nyomású gáz fejlődik, ha sósavoldatot elektrolizálunk 2 A áramerősségű árammal 1 órán keresztül?

Megoldás:

Elektródfolyamatok:



Az elektródfolyamatokból látszik, hogy az elektródokon $1-1 \text{ mol}$ gáz fejlődik, miközben a cellán 2 mol elektron, azaz $Q = 2 \cdot F = 2 \text{ mol} \cdot 96485 \text{ C/mol} = 192970 \text{ C}$ töltés halad át.

Az áramerősség és az elektrolízis ideje segítségével az áthaladt töltés meghatározható, $Q = I \cdot t = 2 \text{ A} \cdot 3600 \text{ s} = 7200 \text{ C}$.

19297C töltés hatására 2 mol gáz fejlődik (1 mol H_2 és 1 mol Cl_2), akkor 7200C töltés hatására $n=7200C \cdot 2 \text{ mol} / 19297C = 0,7462 \text{ mol}$.

$pV=nRT$ összefüggésből $V=nRT/p$

$T=25\text{ }^\circ\text{C}=298,15\text{K}$

$p=0,1013 \text{ MPa}=1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$V=0,7462 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J/molK} \cdot 298,15 \text{ K} / 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 0,01826 \text{ m}^3 = 18,26 \text{ dm}^3$

6.2.6. Mekkora az $0,1 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú réz-szulfát-oldatba merülő rézelektrod potenciálja? $\varepsilon^0(\text{Cu/Cu}^{2+}) = +0,34\text{V}$

Megoldás:

Az elektrod potenciálját a Nernst-egyenletből számíthatjuk ki.

A Nernst-egyenletbe behelyettesítve: $\varepsilon(\text{Cu/Cu}^{2+}) = 0,34 + \frac{0,059}{2} \lg 0,1 = 0,31\text{V}$

6.2.7. Mekkora annak galvánelemnek az elektromotoros ereje $25\text{ }^\circ\text{C}$ -on, amelynek egyik elektrodjának fémje cink és $0,2 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú cink-szulfát-oldatba merül, a másik elektrodja réz és $0,35 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú réz-szulfát-oldatba merül? $\varepsilon^0(\text{Cu/Cu}^{2+}) = +0,34\text{V}$; $\varepsilon^0(\text{Zn/Zn}^{2+}) = -0,76\text{V}$

Megoldás:

A galvánelem celladiagramja az alábbiak szerint adható meg:

$\text{Zn}_{(sz)} | \text{Zn}^{2+} (0,2 \text{ mol/dm}^3) || \text{Cu}^{2+} (0,35 \text{ mol/dm}^3) | \text{Cu}_{(sz)}$

$z=2$

Az elektromotorosert az elektrodpotenciálokból számíthatjuk.

$E_{MF} = \varepsilon_{\text{katód}} - \varepsilon_{\text{anód}}$

Az elektrodpotenciálokat a Nernst-egyenletből határozhatjuk meg,

$$\varepsilon_{M/M^{z+}} = \varepsilon_{M/M^{z+}}^0 + \frac{0,0592}{z} \lg [M^{z+}]$$

Az egyenletbe behelyettesítve a megfelelő standardpotenciál értékeket és ionkoncentrációkat:

$\varepsilon(\text{Zn/Zn}^{2+}) = -0,781\text{V}$

$\varepsilon(\text{Cu/Cu}^{2+}) = +0,326\text{V}$

$E_{MF} = \varepsilon_k - \varepsilon_a = +0,326\text{V} - (-0,781\text{V}) = 1,107\text{V}$

- 6.2.8. Mekkora annak a 298,15 K hőmérsékletű ezüst elektródnak a potenciálja, amely az ezüst lemez mellett 0,1502 mol/dm³ koncentrációjú KCl-oldatból és a beleszórt szilárd AgCl-ból áll. $K(\text{AgCl}) = 1,6 \cdot 10^{-10}$; $E_0(\text{Ag}/\text{Ag}^+) = 0,80 \text{ V}$

Megoldás:

Az elektródpotenciált a Nernst-egyenletből határozhatjuk meg,

$$\varepsilon_{\text{Ag}/\text{Ag}^+} = \varepsilon_{\text{Ag}/\text{Ag}^+}^0 + 0,0592 \lg[\text{Ag}^+]$$

Az ezüst-ionok koncentrációját az oldhatósági szorzatból meghatározhatjuk, ismerve a KCl-oldat koncentrációját. A klorid-ionok koncentrációja megegyezik a KCl-oldat koncentrációjával: $[\text{Cl}^-] = c(\text{KCl-oldat}) = 0,1502 \text{ mol/dm}^3$

$$K[\text{AgCl}] = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] \text{ ebből } [\text{Ag}^+] = \frac{K[\text{AgCl}]}{[\text{Cl}^-]} = \frac{1,6 \cdot 10^{-10}}{0,1502} = 1,065 \cdot 10^{-9} \text{ mol/dm}^3$$

A Nernst-egyenletbe behelyettesítve a standardpotenciál értéket és az Ag-ionkoncentrációját:

$$\varepsilon_{\text{Ag}/\text{Ag}^+} = 0,8 \text{ V} + 0,0592 \lg[1,065 \cdot 10^{-9}] = 0,27 \text{ V}$$

6.3 Gyakorló feladatok

- 6.3.1. 10,0 g réz réz(II)-klorid-oldatból elektrolízissal történő leválasztásához mekkora töltésmennyiség szükséges? $A_r(\text{Cu}) = 63,54$; $F = 96493 \text{ C}$
- 6.3.2. Hány gramm Co válik le a CoCl_2 -oldatból, ha 30 percig elektrolizáljuk, miközben az átfolyó áram erőssége 700 mA? $A_r(\text{Co}) = 58,93$ és $F = 96493 \text{ C}$
- 6.3.3. Hány gramm Ni válik le a NiSO_4 -oldatból, ha 31 percig elektrolizáljuk, miközben az átfolyó áram erőssége 2 A? $A_r(\text{Ni}) = 58,69$ és $F = 96493 \text{ C}$
- 6.3.4. Hány gramm Cu válik le abból CuSO_4 -oldatból, ha 33 percig elektrolizáljuk, miközben az átfolyó áram erőssége 685 mA-ról egyenletesen 285 mA-re csökkent. $A_r(\text{Cu}) = 63,55$ és $F = 96493 \text{ C}$
- 6.3.5. Hány gramm Co válik le abból CoCl_2 -oldatból, ha 30 percig elektrolizáljuk, miközben az átfolyó áram erőssége 700 mA-ról egyenletesen 300 mA-re csökkent. $A_r(\text{Co}) = 58,93$ és $F = 96493 \text{ C}$
- 6.3.6. 5,0 gramm ezüstöt szeretnénk ezüst-nitrát-oldat elektrolízisével leválasztani. Mennyi ideig tart az elektrolízis, ha az áramerősség 2 A? $A_r(\text{Ag}) = 107,87$; $F = 96493 \text{ C}$
- 6.3.7. Sósavoldat elektrolízisével 100 cm^3 (25°C hőmérsékletű és $0,1013 \text{ MPa}$ nyomású) hidrogéngázt 30 perc alatt állítottunk elő. Mekkora áramerősséggel történt az elektrolízis? $F = 96493 \text{ C}$; $R = 8,314 \text{ J/molK}$
- 6.3.8. Mennyi ideig kell 200 cm^3 $1,5 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú sósavoldatot elektrolizálnunk 2 A áramerősséggel, ha 490 cm^3 25°C hőmérsékletű és $0,1013 \text{ MPa}$ nyomású hidrogéngázt szeretnénk előállítani? $F = 96493 \text{ C}$; $R = 8,314 \text{ J/molK}$
- 6.3.9. KNO_3 -oldatot elektrolizálunk $0,20 \text{ A}$ áramerősséggel 20 percig. Mekkora térfogatú 25°C -os, $0,1013 \text{ MPa}$ nyomású durranógáz keletkezik? $F = 96493 \text{ C}$; $R = 8,314 \text{ J/molK}$
- 6.3.10. 150 g 10 tömegszázalékos CuCl_2 -oldatot elektrolizálunk 30 percig 1 A áramerősséggel. Hány tömegszázalékos lesz az elektrolízis után visszamaradó oldat? $F = 96493 \text{ C}$; $A_r(\text{Cu}) = 63,55$, $A_r(\text{Cl}) = 35,45$
- 6.3.11. Réz(II)-szulfát(CuSO_4)-oldatot elektrolizáltunk $1,000 \text{ A}$ áramerősséggel $1,00$ órán keresztül. Hány gramm réz vált ki a katódon, és mekkora térfogatú $0,1013 \text{ MPa}$ nyomású, 25°C -os gáz fejlődött az anódon? $F = 96493 \text{ C}$; $A_r(\text{Cu}) = 63,55$, $R = 8,314 \text{ J/molK}$
- 6.3.12. 150 g 10 tömegszázalékos CuSO_4 -oldatot elektrolizálunk 30 percig 1 A áramerősséggel. Hány tömegszázalékos lesz az elektrolízis után visszamaradó oldat? $F = 96493 \text{ C}$; $A_r(\text{Cu}) = 63,55$, $A_r(\text{S}) = 32,07$, $A_r(\text{O}) = 16,00$

- 6.3.13. 200 g 15 tömegszázalékos nátrium-szulfát-oldatot (Na_2SO_4) elektrolizálunk 120 percig 5 A áramerősséggel. Hány tömegszázalékos a visszamaradó kénsavoldat? $F=96493 \text{ C}$; $A_r(\text{Na})=22,99$, $A_r(\text{S})=32,07$, $A_r(\text{O})=16,00$
- 6.3.14. Mekkora a $0,15 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ezüst-nitrát-oldatba merülő ezüstelektrod potenciálja? $\varepsilon^\circ(\text{Ag}/\text{Ag}^+)=0,80 \text{ V}$
- 6.3.15. Számítsa ki a következő galvánelem elektromotoros erejét!
 $\text{Zn}_{(\text{sz})}|\text{Zn}^{2+}(1 \text{ mol/dm}^3)||\text{Ag}^+(1 \text{ mol/dm}^3)|\text{Ag}_{(\text{sz})}$
 $\varepsilon^\circ(\text{Ag}/\text{Ag}^+)=+0,80 \text{ V}$; $\varepsilon^\circ(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+})=-0,76 \text{ V}$;
- 6.3.16. Számítsa ki az alábbi galvánelem elektromotoros erejét!
 $\text{Zn}_{(\text{sz})}|\text{Zn}^{2+}(0,1 \text{ mol/dm}^3)||\text{Cu}^{2+}(1 \text{ mol/dm}^3)|\text{Cu}_{(\text{sz})}$
 $\varepsilon^\circ(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+})=+0,34 \text{ V}$; $\varepsilon^\circ(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+})=-0,76 \text{ V}$;
- 6.3.17. Számítsa ki az alábbi galvánelem elektromotoros erejét!
 $\text{Fe}_{(\text{sz})}|\text{Fe}^{2+}(0,125 \text{ mol/dm}^3)||\text{Cu}^{2+}(0,035 \text{ mol/dm}^3)|\text{Cu}_{(\text{sz})}$
 $\varepsilon^\circ(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+})=+0,34 \text{ V}$; $\varepsilon^\circ(\text{Fe}/\text{Fe}^{2+})=-0,44 \text{ V}$;
- 6.3.18. Mekkora annak a $298,15 \text{ K}$ hőmérsékletű ezüst elektródnak a potenciálja, amely az ezüst lemez mellett $0,2289 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú KCl -oldatból és a beleszórt szilárd AgCl -ből áll. $K(\text{AgCl})=1,6 \cdot 10^{-10}$; $E^\circ(\text{Ag}/\text{Ag}^+)=0,80 \text{ V}$
- 6.3.19. Mekkora annak a $298,15 \text{ K}$ hőmérsékletű ezüst elektródnak a potenciálja, amely az ezüst lemez mellett $0,1698 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú KCl -oldatból és a beleszórt szilárd AgCl -ből áll. $K(\text{AgCl})=1,6 \cdot 10^{-10}$; $E^\circ(\text{Ag}/\text{Ag}^+)=0,80 \text{ V}$
- 6.3.20. Mekkora annak az elemnek az elektromotoros ereje, amely mindkét elektródjának fémje ólom és az egyik 160 cm^3 térfogatú $0,0586 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú, míg a másik, 430 cm^3 , $0,0196 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ -oldatba merül? Mekkora lesz az egyes oldatokban az ólom(II)ionok koncentrációja, amikor az így kapott elem kimerül.

7. Megoldások

1. Oldatok összetétele

1.3.1. 3,720 %	1.3.31. 1885g
1.3.2. 3,186 %	1.3.32. 15,99 %
1.3.3. 1,086 %	1.3.33. 19,17 %
1.3.4. 1,636 %	1.3.34. 191,6 g/dm ³
1.3.5. 36,79 g/dm ³	1.3.35. 0,06855 mol/dm ³
1.3.6. 29,28 g/dm ³	1.3.36. 26,38 %
1.3.7. 6,594 %	1.3.37. 0,3089
1.3.8. 22,94 %	1.3.38. 6,428
1.3.9. 4,224 mol/dm ³	1.3.39. 0,01984 mol/kg
1.3.10. 5,423 mol/dm ³	1.3.40. 28,00g
1.3.11. 0,05464	1.3.41. 40,79g
1.3.12. 0,03233	1.3.42. 10,83g
1.3.13. 0,3945 mol/kg	1.3.43. 1167 cm ³
1.3.14. 0,7264 mol/kg	1.3.44. 14,80g
1.3.15. $c=1,665 \text{ mol/dm}^3$, 9,09 w/w%, $\bar{m} = 1,711 \text{ mol/kg}$, $x=0,0299$	1.3.45. 17,06g
1.3.16. 29,47g	1.3.46. 120,3g
1.3.17. 3,001g	1.3.47. 1,172 cm ³
1.3.18. 2,664g	1.3.48. 15,99 %
1.3.19. 34,27g	1.3.49. 10,43
1.3.20. 71,12 cm ³	1.3.50. 148,4
1.3.21. 31,57 cm ³	1.3.51. 0,3755
1.3.22. 5,235 mol	1.3.52. . 0,3089
1.3.23. 59,76g	1.3.53. 6,967
1.3.24. 0,2583 mol	1.3.54. 4,281
1.3.25. 138,9 g	1.3.55. 8,803
1.3.26. 0,5314 dm ³	1.3.56. 1,198
1.3.27. 357,7 cm ³	1.3.57. 106,1
1.3.28. 5,319 dm ³	1.3.58. 12,60
1.3.29. 3,682 mol	1.3.59. 86,92
1.3.30. 33,12g	1.3.60. 30,30

- 1.3.61. 17,76
- 1.3.62. 41,76
- 1.3.63. 488,8
- 1.3.64. 228,4
- 1.3.65. 34,12
- 1.3.66. 7,481
- 1.3.67. 10,12

2. Gázok, gázelegyek

- 2.3.1. 288,3 K
- 2.3.2. 1,208 dm³
- 2.3.3. 320,8 kPa
- 2.3.4. nem változik
- 2.3.5. nem változik
- 2.3.6. az 1-ben, 0,1019 móllal több
- 2.3.7. a 2-ben, 0,03826 móllal több
- 2.3.8. 2,758 g/dm³
- 2.3.9. 1,428 g/dm³
- 2.3.10. 44 g/mol
- 2.3.11. 28,97 g/mol
- 2.3.12. 54,91% N₂; 43,90% O₂; 1,19% H₂;
- 2.3.13. 9,601 dm³
- 2.3.14. 6862,85 g $\approx$ 6,86 kg
- 2.3.15. I. 20 V/V% H₂ és 80 V/V% O₂; II. 90 V/V% H₂ és 10 V/V% O₂
- 2.3.16. 138,14 g
- 2.3.17. 132,69 g
- 2.3.18. $p = 12,136$ Pa; $p(\text{O}_2) = 3,665$ Pa; $p(\text{N}_2) = 4,867$ Pa; $p(\text{CO}_2) = 3,784$ Pa; 38,62 V/V% N₂; 30,20 V/V% O₂; 31,18 V/V% CO₂
- 2.3.19. $p = 12,132$ Pa; $p(\text{O}_2) = 3,721$ Pa; $p(\text{N}_2) = 4,645$ Pa; $p(\text{CO}_2) = 3,766$ Pa; 38,29 V/V% N₂; 30,67 V/V% O₂; 31,04 V/V% CO₂
- 2.3.20. 20,0 V/V% CO; 80,0 V/V% CO₂; 20,0 n/n% CO; 80,0 n/n% CO₂;
- 2.3.21. 18,52 V/V% NH₃; 81,48 V/V% H₂; 18,52 n/n% NH₃; 81,48 n/n% H₂;
- 2.3.22. 21,3 V/V% CO; 63,7 V/V% CO₂; 15,0 V/V% O₂
- 2.3.23. I. 25 V/V% H₂ és 75 V/V% C₂H₄; II. 75 V/V% H₂ és 25 V/V% C₂H₄

3. Sztoichiometria

3.3.1. 66,67 n/n% H és 33,33 n/n% O; 11,21 w/w% H és 88,79 w/w% O

3.3.2. 20,2 w/w% Mg, 26,63 w/w% S, 53,17 w/w% O

3.3.3. CH₂, C₆H₁₂

3.3.4. C₂H₄O₂; CH₃COOH

3.3.5. 45,58 %

3.3.6. Na₂CO₃

3.3.7. Na₂CO₃ · 10 H₂O

3.3.8. Mg

3.3.9. 109,2 dm³

3.3.10. H:+1; S:-2

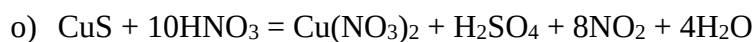
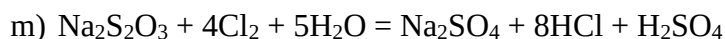
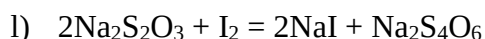
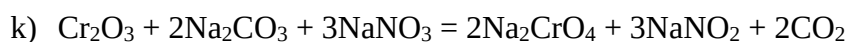
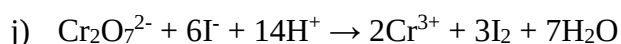
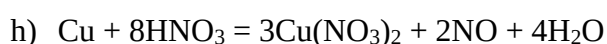
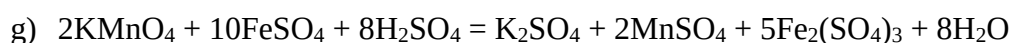
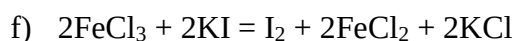
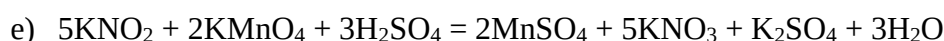
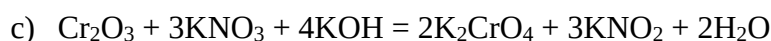
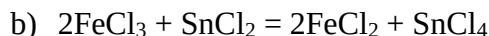
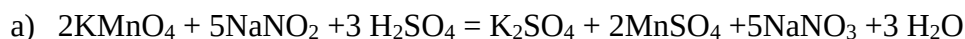
3.3.11. Na:+1; N:+5; O:-2

3.3.12. K:+1; O:-2; Cr:+6

3.3.13. N:-3; H:+1; Mn:+6; O:-2

3.3.14. H:+1; O:-1; Ca:+2; H:-1

3.3.15.



3.3.16. 49,98 cm³

3.3.17. 261,22 cm³ sósavoldat, 204 cm³ KMnO₄-oldat

3.3.18. 159,68 cm³ sósavoldat, 109,2 dm³ gáz fejlődött

3.3.19. $0,014 \text{ mol/dm}^3$

3.3.20. $70 \text{ cm}^3 \text{ KMnO}_4$ -oldat, $117,65 \text{ } 109,2 \text{ dm}^3$ gáz fejlődött

3.3.21. $100 \text{ cm}^3 \text{ KMnO}_4$ -oldat

3.3.22. $60,11 \text{ w/w\% Zn}$; $39,89 \text{ w/w\% Cu}$; $59,42 \text{ n/n\% Zn}$; $40,58 \text{ n/n\% Cu}$;

3.3.23. $70,15 \text{ w/w\% C}_2\text{H}_4$; $29,85 \text{ w/w\% C}_2\text{H}_6$; $71,58 \text{ n/n\% C}_2\text{H}_4$; $28,42 \text{ n/n\% C}_2\text{H}_6$

3.3.24. $110,03 \text{ cm}^3$ sósavoldat

3.3.25. $0,189 \text{ mol/dm}^3$

3.3.26. $40 \text{ w/w\% Na}_2\text{CO}_3$ $60 \text{ w/w\% NaHCO}_3$; $34,58 \text{ n/n\% Na}_2\text{CO}_3$; $65,42 \text{ n/n\% NaHCO}_3$

4. Termokémia

4.3.1. $11110,97 \text{ kJ}$ hő szabadul fel

4.3.2. $\Delta_r H = -88 \text{ kJ}$

4.3.3. $48,98 \text{ kJ}$ hő szabadul fel

4.3.4. a) $\Delta_r H = -2916 \text{ kJ/mol}$; b) $\Delta_r H = +613,6 \text{ kJ}$; $\Delta_r H = -242 \text{ kJ/mol}$

4.3.5. $4688,2 \text{ kJ}$ hő szabadul fel

4.3.6. 32806 kJ hő szabadul fel

4.3.7. $55,5 \text{ kJ}$ hő szabadul fel

4.3.8. $\Delta_r H = -184 \text{ kJ/mol}$

4.3.9. $70,2 \text{ kJ}$ hő szabadul fel

4.3.10. 3174 MJ hő szükséges; $87,14 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$

4.3.11. $\Delta_k H = 46,2 \text{ kJ/mol}$

5. Egyensúlyok

5.3.1. $K = 0,38$; kiindulási koncentrációk: $c(\text{N}_2) = 1 \text{ mol/dm}^3$; $c(\text{H}_2) = 2 \text{ mol/dm}^3$; N_2 30 %-a alakult át, a H_2 45 %-a alakult át

5.3.2. A CO_2 66,67 %-a, a H_2 33,33 %-a alakult át; egyensúlyi elegy összetétele: 11,11 n/n% CO_2 , 44,45 n/n% H_2 , 22,22 n/n% CO , 22,22 n/n% H_2O ,

5.3.3. $K_p = 6,875 \cdot 10^{-4}$

5.3.4. 8,851 g ecetsav, 7,896 g etil-alkohol, 8,02 g etil-acetát, 21,23 g víz

5.3.5. 19,75 V/V% CO_2 , 25,75 V/V% H_2 , 18,25 V/V% CO , 36,25 V/V% H_2O ,

5.3.6. 1,03

5.3.7. 1,06

5.3.8. 12,84

5.3.9. $0,00708 \text{ mol/dm}^3$

5.3.10. 0,0155 mol/dm³

5.3.11. 0,371 mol/dm³

5.3.12. 2,84

5.3.13. 1,73

5.3.14. 1,48

5.3.15. 5 dm³

5.3.16. 3,38

5.3.17. $1,741 \cdot 10^{-5}$; $\alpha=0,0085$

5.3.18. 2,9

5.3.19. 2,87

5.3.20. 6,626 mol/dm³

5.3.21. 2,649 mol/dm³

5.3.22. 0,6401

5.3.23. 4,59

5.3.24. 4,59

5.3.25. 0,7369

5.3.26. 9,49

6. Elektrokémia

6.3.1. 30372 C

6.3.2. 0,3847 g

6.3.3. 1,131 g

6.3.4. 0,3162 g

6.3.5. 0,2748 g

6.3.6. 2236,48 s

6.3.7. 438 mA

6.3.8. 1930 s

6.3.9. 45,65 cm³

6.3.10. 9,24 w/w%

6.3.11. 1,185 g Cu; 228,23 cm³ oxigéngáz az anódon

6.3.12. 9,05 w/w%

6.3.13. 15,26 w/w%

6.3.14. 0,75 V

6.3.15. 1,56 V

6.3.16. 1,13 V

6.3.17. 0,76 V

6.3.18. 0,258 V

6.3.19. 0,266 V

6.3.20. 0,014 V; $c_1 = 0,0556 \text{ mol/dm}^3$; $c_2 = 0,0207 \text{ mol/dm}^3$

8. Irodalom

Dr. Rózsahegyi Márta, Dr. Siposné Dr. Kedves Éva, Horváth Balázs: Kémia feladatgyűjtemény Közép- és emelt szintű érettségire készülőknek, Mozaik Kiadó, Szeged, 2014.

Villányi Attila: Ötösöm lesz kémiából, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2002.

Villányi Attila: Kémia a kétszintű érettségire, Kemavill Bt., Budapest, 2005.

Dr. Rózsahegyi Márta, Dr. Wajand Judit: Rendszerező kémia mintapéldákkal, feladatokkal, Mozaik Kiadó, Szeged, 1992

Maleczkiné Dr. Szeness Márta: Kémiai számítások – kémiai gondolatok, Veszprémi Egyetem, Veszprém, 1995

Z. Orbán Erzsébet: Összefoglaló feladatgyűjtemény kémiából, Tankönyvkiadó, Budapest, 1988

Jelen tananyag a Szegedi Tudományegyetemen készült az Európai Unió támogatásával.
Projekt azonosító: EFOP-3.4.3-16-2016-00014