

KÉMIAI SZÁMÍTÁSI FELADATOK NEM KÉMIA SZAKOS EGYETEMISTÁK KRITÉRIUM- ÉS ALAPOZÓ TÁRGYAIHOZ

Dénesné Rácz Krisztina, Zsély István Gyula

Lektorálta: Láng Emma



2020. 09. 14.

A 2017-ben megjelent kiadás javított változata.

TARTALOMJEGYZÉK

Tartalomjegyzék	2
Előszó	5
Feladatok	6
1. Értékes jegyek, nagyságrend, kerekítés	6
1.1. Mintafeladatok.....	6
1.2. Megoldandó feladatok.....	7
2. Mértékegység-átváltás.....	9
2.1. Mintafeladatok.....	9
2.2. Megoldandó feladatok.....	10
3. Vegyjelek és kapcsolódó jelölések	12
3.1. Mintafeladatok.....	12
3.2. Megoldandó feladatok.....	12
4. Tömeg, moláris tömeg, anyagmennyiség, részecskeszám, elem, vegyület, keverék.....	14
4.1. Mintafeladatok.....	14
4.2. Megoldandó feladatok.....	15
5. Átlagos moláris tömeg használata	16
5.1. Mintafeladatok.....	16
5.2. Megoldandó feladatok.....	16
6. Izotópok.....	18
6.1. Mintafeladat.....	18
6.2. Megoldandó feladatok.....	18
7. Elektronkonfiguráció	19
7.1. Mintafeladatok.....	19
7.2. Megoldandó feladatok.....	20
8. Molekulák képlete, térszerkezet, polaritás	21
8.1. Mintafeladatok.....	22
8.2. Megoldandó feladatok.....	23
9. Ionos vegyületek képlete	24
9.1. Mintafeladatok.....	24
9.2. Megoldandó feladatok.....	25
10. Vegyületek tömegszázalékos elemösszetételének kiszámítása	28
10.1. Mintafeladatok.....	28
10.2. Megoldandó feladatok.....	28
11. Kötés- és rács típusok	29
11.1. Mintafeladat.....	30
11.2. Megoldandó feladatok	31
12. Reakcióegyenletek írása, rendezése	32
12.1. Sav-bázis és csapadékképződési reakciók egyenlete	32
12.1.1. Mintafeladat	32
12.1.2. Megoldandó feladatok.....	33
12.2. Redoxireakciók egyenletének rendezése	35
12.2.1. Mintafeladatok	35
12.2.2. Megoldandó feladatok.....	38
12.3. Reakcióegyenletek vegyesen, reakciótípusok (szervetlen).....	41
12.3.1. Mintafeladatok	41
12.3.2. Megoldandó feladatok.....	42
13. Oldatok koncentrációjával kapcsolatos számolások.....	43
13.1. Oldatok koncentrációjának kiszámítása	43
13.1.1. Mintafeladatok	43
13.1.2. Megoldandó feladatok.....	44
13.2. Oldatok koncentrációjának átszámítása másik összetételi változóba	45

13.2.1. Mintafeladat	45
13.2.2. Megoldandó feladatok.....	45
13.3. Oldatok készítése.....	47
13.3.1. Mintafeladatok	47
13.3.2. Megoldandó feladatok.....	48
13.4. Oldatok hígítása, töményítése, keverése	49
13.4.1. Mintafeladatok	50
13.4.2. Megoldandó feladatok.....	52
14. Oldhatóság.....	54
14.1. Mintafeladatok	54
14.2. Megoldandó feladatok	55
15. Gázok.....	57
15.1. Mintafeladatok	57
15.2. Megoldandó feladatok	58
16. Sztöchiometriai feladatok	59
16.1. Mintafeladatok.....	59
16.2. Megoldandó feladatok	61
17. Termokémia.....	63
17.1. Mintafeladatok	63
17.2. Megoldandó feladatok	64
18. Gyakorló feladatok elektrokémiából	66
18.1. Galvánelemek, elektródpotenciál	66
18.1.1. Mintafeladatok	66
18.1.2. Megoldandó feladatok.....	68
18.2. Elektrolízis	70
18.2.1. Mintafeladatok	70
18.2.2. Megoldandó feladatok.....	71
19. Gyakorló feladatok a pH-számítás témájából.....	73
19.1. Kémhatás, hidrolízis.....	73
19.1.1. Mintafeladat	73
19.1.2. Megoldandó feladatok.....	74
19.2. Erős savak és lúgok pH-ja	76
19.2.1. Mintafeladatok	76
19.2.2. Megoldandó feladatok.....	77
19.3. Gyenge sav, gyenge bázis oldatának pH-ja.....	79
19.3.1. Mintafeladatok	80
19.3.2. Megoldandó feladatok.....	81
19.4. Hidrolizáló sók oldatának pH-ja.....	82
19.4.1. Mintafeladatok	82
19.4.2. Megoldandó feladatok.....	82
19.5. Pufferoldatok	84
19.5.1. Mintafeladatok	84
19.5.2. Megoldandó feladatok.....	85
19.6. Vegyes pH-s feladatok	87
19.6.1. Mintafeladatok	87
19.6.2. Megoldandó feladatok.....	89
20. Izoméria.....	90
20.1. Mintafeladatok	90
20.2. Megoldandó feladatok	91
21. Szerves vegyületek reakciói	92
21.1. Mintafeladatok.....	92
21.2. Megoldandó feladatok	93
MEGOLDÁSOK.....	95
1. Értékes jegyek, nagyságrend, kerekítés	95
2. Mértékegység-átváltás.....	95

3. Vegyjelek és kapcsolódó jelölések	97
4. Tömeg, moláris tömeg, anyagmennyiség, részecskeszám, elem, vegyület, keverék.....	97
5. Átlagos moláris tömeg használata	98
6. Izotópok.....	98
7. Elektronkonfiguráció	99
8. Molekulák képlete, térszerkezet, polaritás	100
9. Ionos vegyületek képlete	100
10. Vegyületek tömegszázalékos elemösszetételének kiszámítása.....	102
11. Kötés- és rácstípusok.....	103
12. 1. Sav-bázis és csapadékképződési reakciók egyenlete	103
12. 2. Redoxireakciók egyenletének rendezése	105
12. 3. Reakcióegyenletek vegyesen, reakciótípusok (szervetlen).....	107
13. Oldatok koncentrációjával kapcsolatos számolások	108
13. 1. Oldatok koncentrációjának kiszámítása.....	108
13. 2. Oldatok koncentrációjának átszámítása másik összetételi változóba	109
13. 3. Oldatok készítése.....	109
13. 4. Oldatok hígítása, töményítése, keverése	109
14. Oldhatóság	110
15. Gázok.....	110
16. Sztöchiometriai feladatok.....	111
17. Termokémia	112
18. 1. Galvánelemek, elektródpotenciál	112
18. 2. Elektrolízis	113
19. 1. Kémhatás, hidrolízis.....	114
19. 2. Erős savak és lúgok pH-ja	115
19. 3. Gyenge sav, gyenge bázis oldatának pH-ja.....	115
19. 4. Hidrolizáló sók oldatának pH-ja.....	116
19. 5. Pufferoldatok	116
19. 6. Vegyes pH-s feladatok	116
20. Izoméria	117
21. Szerves vegyületek reakciói.....	120
Irodalomjegyzék	125

ELŐSZÓ

Sok éves, évtizedes oktatási tapasztalatunk az, hogy a kémiát tanuló, de nem kémia szakos egyetemi hallgatók számára az egyetem első évében a kémiai számítási feladatok jelentik a legnagyobb nehézséget. A kritérium- és alapozó tárgyak tanulása során az órákon való aktív részvétel csak kevés hallgató számára elegendő. Emellett jelentős energiát kell fektetni a tanórákon kívüli felkészülésbe, az otthoni gyakorlásba is. Ehhez kíván ez az elektronikus jegyzet segítséget nyújtani. A számítási feladatok mellett a jegyzet a reakcióegyenletek írása illetve szerves vegyületek izomerjeivel kapcsolatos feladatok területén is szeretne támpontot nyújtani a hallgatók számára. A feladatok szintjét úgy választottuk, hogy az – a hallgatói igényekhez igazodva – közelebb álljon a középiskolai, mint a későbbi egyetemi tanulmányok szintjéhez. A témakörök az ELTE TTK nem kémia szakos hallgatóinak tartott alapozó órákon tárgyalt legfontosabb témákkal foglalkoznak.

A jegyzet két nagy részből áll. Az első részben rövid áttekintést adunk az egyes tématerületekről, és mintafeladatok segítségével mutatunk be tipikus megoldási sémákat. Az egyes témákhoz írt áttekintések részletessége nem éri el egy tankönyv szintjét, de alkalmasak arra, hogy a feladatok megoldásához szükséges legfontosabb ismereteket felelevenítsék. A mintapéldák után található a megoldandó feladatok. A feladatok megoldásai elkülönülten, a jegyzet második részében található. Javasoljuk, hogy ide csak akkor lapozzon az Olvasó, ha az egyes feladatokat már megoldotta és ellenőrizni szeretné megoldásait.

Oktatói munkánk során sok különböző példatár fordult meg a kezünk között. Az ezekben található feladatokkal való esetleges hasonlatosság nem a véletlen műve. A kémiai számítások tanítása során típusfeladatokat mutatunk be, tipikus megoldási sémákat tanítunk. Emiatt nem tudunk (és nem is akarunk) kizárólag olyan típusú feladatokat tárgyalni, amelyek még sehol sem jelentek meg. Ugyanakkor ügyeltünk rá, hogy más példatárakban szereplő feladatok egy az egyben ne jelenjenek meg ebben a gyűjteményben.

Egy ilyen jellegű munkában óhatatlanul maradnak hibák. Ha az Olvasó ilyent vesz észre, kérjük, írja ezt meg nekünk a zsigy@chem.elte.hu címre! A jegyzet javításában való közreműködést ezúton előre megköszönjük.

A Szerzők

FELADATOK

1. ÉRTÉKES JEGYEK, NAGYSÁGREND, KERÉKÍTÉS

A fizikai mennyiségek megadásakor és az azokkal való számolások során mindig ügyelni kell arra, hogy az adatokat megfelelő pontossággal írjuk le. Minden mérés során követünk el kisebb-nagyobb hibát, és a mérés eredményeként kapott adatokkal is érzékelteni kell, hogy méréseink mennyire pontosak, megbízhatóak. Ha a mérési adatainkkal tovább számolunk, összeadáskor és kivonáskor a tizedes jegyek számát kell figyelnünk, osztáskor és szorzáskor pedig az értékes jegyeket. Értékes jegy alatt a leírt szám számjegyeinek darabszámát értjük, balról az első nem nulla számjegytől kezdve az utolsó leírt számjegyig (azaz a szám végén értékes jegynek számítanak a leírt nullák is!). Különböző pontosságú adatokkal való számolás során pedig mindig a legkevésbé pontos adathoz igazodunk, tehát összeadás és kivonás eredményét csak annyi tizedes jegyre adhatjuk meg, mint a kevésbé pontos (kevesebb tizedes jegyet tartalmazó) adatban volt, szorzás, osztás vagy összetett műveletsor végén pedig annyi értékes jegyre, mint amennyi a legkevesebb értékes jegyet tartalmazó adatban szerepelt.

1.1. MINTAFELADATOK

A/ Hány értékes jegyet tartalmaznak az alábbi számok?

87603,5 0,003690

Megoldás: Számoljuk meg a leírt számjegyeket balról az első nem nullától kezdve. Az első szám 6 értékes jegyet tartalmaz, a második szám 4 értékes jegyet. A második szám esetében az első három nullát még nem számítjuk az értékes jegyekhez, az utolsó nullát viszont igen.

B/ Az alábbi számokról döntse el, hogy azonos nagyságrendűek-e, illetve hány nagyságrend különbség van közöttük!

326 és 510,02 7036,2 és 0,0627

Megoldás:

Az első két számon ránézésre is látszik, hogy azonos nagyságrendűek, hiszen nincs nagy különbség köztük. Ilyenkor nem az értékes jegyek számát figyeljük, csupán az első értékes jegy helyi értékét, és az mindkét szám esetén azonos, így ezek azonos (száz) nagyságrendűek. A második számpáros két tagja között nyilván nagy különbség van, ezek nem azonos nagyságrendűek. Ahhoz, hogy meghatározzuk, hány nagyságrend különbség van köztük, azt kell megnézni, hogy az első értékes jegyek között hány helyi érték különbség van. Az első számnál az első értékes jegy az ezres helyi értéken szerepel, a másodiknál a századok helyén, így közöttük 5 nagyságrend különbség van. Biztonságosabb és elegánsabb megoldás, ha mindkét számot felírjuk normálalakban:

$7,0362 \cdot 10^3$ és $6,27 \cdot 10^{-2}$. A normálalakban szereplő tízes kitevőinek különbsége adja a két szám közti nagyságrend-különbséget: $3 - (-2) = 5$.

C/ Kerekítsük az alábbi számokat a megadott módon:

23,864-et 3 értékes jegyre, 0,003833-at 2 értékes jegyre, 46506,25-öt 4 értékes jegyre!

Megoldás:

23,864 – ez a szám öt értékes jegyet tartalmaz. Ha 3 értékes jegyre kerekítjük, a tizedek helyén álló számot még leírhatjuk, de többet nem. Mivel a századok helyén 6 áll, így az előtte lévő számot természetesen felfelé kerekítjük, tehát 23,9 lesz.

0,003833 – ez 4 értékes jegyet tartalmaz, de most a kerekítésnél ebből csak kettőt írhatunk le. Mivel a harmadik szám hármassal, ezt lefelé kerekítjük, vagyis egyszerűen elhagyjuk, így a kerekített szám 0,0038 lesz. Természetesen normálalakban is írhatjuk, a $3,8 \cdot 10^{-3}$ is jó megoldás.

46506,25 – Most a hét értékes jegyből négyet írhatunk le, de nehogy 4651-nek írjuk, hiszen az az eredeti szám tizedrésze! De hogy írjuk le úgy a számot, hogy csak négy számjegyet írjunk le, ugyanakkor a szám nagyságrendje megmaradjon? A normálalak a megoldás: $4,651 \cdot 10^4$. Úgy is eljárhatunk, hogy az eredeti számot írjuk fel normálalakban, aztán kerekítjük: $4,650625 \cdot 10^4$, ami négy értékes jegyre kerekítve $4,651 \cdot 10^4$. Most csak négy számjegyet írtunk le, és figyeltünk arra is, hogy az ötödik számjegy 6 volt, vagyis az előtte álló nullát felfelé kerekítjük, tehát 1 lesz belőle.

D/ Végezze el az alábbi műveleteket, és határozza meg, hogy milyen pontossággal adható meg a végeredmény!

$$39,1 + 3,784 \qquad 516,296 \cdot 2,67$$

Megoldás:

$39,1 + 3,784 = 42,884$ lenne, de összeadásnál és kivonásnál az eredmény nem tartalmazhat több tizedes jegyet, mint a kiindulási értékek közül a pontatlanabb. A kevésbé pontos adatunk a 39,1, ezért az eredményben is csak a tizedek adhatók még meg, vagyis 42,9 a helyesen megadott eredmény.

$516,296 \cdot 2,67 = 1378,51032$ lenne. Szorzásnál és osztásnál viszont az eredményt is csak annyi értékes jegyre adhatjuk meg, mint ahányat a kevésbé pontos kiindulási adat tartalmaz. A kevésbé pontos (kevesebb értékes jegyre megadott) adatunk a 2,67, ez három értékes jegyet tartalmaz, tehát a végeredmény is csak három értékes jegyre adható meg. Ezért a kapott szorzatot három értékes jegyre kell kerekítenünk: $1,38 \cdot 10^3$.

1.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Hány értékes jegyet tartalmaznak az alábbi számok?

a, 36578	b, 36600	c, 37000	d, $3,6578 \cdot 10^4$	e, $3,66 \cdot 10^4$
f, $3,6600 \cdot 10^4$	g, 0,03660	h, 0,0366	i, $3,66 \cdot 10^{-2}$	j, 0,1895
k, 0,05700	l, 43,28	m, 40,0060	n, $4,00 \cdot 10^1$	o, 40,0

2. Az alábbi számokról döntse el, hogy azonos nagyságrendűek-e, illetve hány nagyságrend különbség van közöttük!

a, 68500 és 576223	b, 0,01658 és 0,00186
c, 5960 és $3,48 \cdot 10^3$	d, 50 és 63,248
e, 534705 és $6 \cdot 10^6$	f, 0,0001655 és $2,36 \cdot 10^{-4}$
g, 65000 és 0,000697	h, $3,5 \cdot 10^{-8}$ és 26320
i, 5409 és 7230086	j, $6,386 \cdot 10^7$ és 343,65

3. Kerekítsük az alábbi számokat a megadott számú értékes jegyre!

- a, 32,6487-et három értékes jegyre
- b, 65,8992-et két értékes jegyre
- c, 0,015964-et három értékes jegyre
- d, 0,00058964-et két értékes jegyre
- e, 865266-ot négy értékes jegyre
- f, 0,15600-t három értékes jegyre
- g, 223,46-ot két értékes jegyre
- h, 77,6893-et egy értékes jegyre
- i, 336,998-et öt értékes jegyre
- j, 6399588-at 4 értékes jegyre
- k, 25,5738-at 5, 4, 3, 2 illetve 1 értékes jegyre
- l, 495700-t 5, 4, 3 illetve 2 értékes jegyre

4. Milyen pontossággal adható meg az alábbi műveletek végeredménye?

a, $43,27 + 0,0226$

b, $5,26 \cdot 10^4 + 3,81 \cdot 10^2$

c, $0,005732 + 0,1146$

d, $82600 + 342$

e, $8,26 \cdot 10^4 + 342$

f, $246 \cdot 28,3$

g, $0,004874 \cdot 3,28$

h, $83,46 : 246,1$

i, $0,007211 : 0,001326$

j, $36420 \cdot 0,00165$

5. Végezze el az alábbi műveleteket! Ügyeljen a műveletek sorrendjére és a végeredmény pontosságára!

a, $(300 + 1,346 \cdot 10^5)^2 - 23,6/2488$

b, $(\lg 100,0 - 1,233) / (318,1 - 3,2^3)$

c, $0,0017365^3 + 1,736 \cdot 10^{-5} / 334$

2. MÉRTÉKEGYSÉG-ÁTVÁLTÁS

A mértékegység egy fizikai mennyiség megállapodásszerűen rögzített értéke. Egy fizikai mennyiség nagyságát a mérőszám és a mértékegység szorzataként adhatjuk meg. Gyakran ismert egy mennyiség egy adott mértékegységgel megadva, de szükség van egy másik mértékegységhez tartozó mérőszámra. Az ilyen típusú feladatok a mértékegység-átváltások.

Matematikailag ez a feladat egy egyszerű egyenlet megoldását jelenti: $a \cdot B = c \cdot D$

Az egyenlet bal és jobb oldalán ugyanaz a fizikai mennyiség áll két különböző mértékegységgel kifejezve (az egyenletben a és c jelöli a mérőszámokat, B és D a mértékegységeket). Ha ismert a mennyiség D mértékegységgel megadva (azaz ismert az egyenlet jobb oldala) és szeretnénk kiszámolni a B mértékegységhez tartozó mérőszámot, akkor csak át kell rendeznünk az egyenletet: $a = \frac{c \cdot D}{B}$

2.1. MINTAFELADATOK

A, Hány km 42417 mm?

Megoldás: Írjuk fel az átváltás egyenletét:

$$a = \frac{42417 \cdot \text{mm}}{\text{km}}$$

Írjuk be a milli és a kilo előtagok által jelzett szorzótényezőket és egyszerűsítsünk a méter mértékegységgel:

$$a = \frac{42417 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}}{10^3 \cdot \text{m}} = 42417 \frac{10^{-3}}{10^3}$$

A kijelölt művelet elvégzésével meg is kapjuk az eredményt:

$$a = 42417 \cdot 10^{-6} = 0,042417$$

Azaz 42417 mm 0,042417 km.

B, Mennyi 756 kg/m³ sűrűség g/dm³-ben?

Megoldás: Írjuk fel az átváltás egyenletét:

$$a = \frac{756 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{\frac{\text{g}}{\text{dm}^3}}$$

Alakítsuk át az emeletes törtet és írjuk be a kilo és a deci előtagok által jelzett szorzótényezőket:

$$a = \frac{756 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{\frac{\text{g}}{\text{dm}^3}} = 756 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{dm}^3}{\text{g}} = 756 \cdot \frac{10^3 \text{g}}{\text{m}^3} \cdot \frac{(10^{-1} \text{m})^3}{\text{g}} = 756 \cdot \frac{10^3 \text{g}}{\text{m}^3} \cdot \frac{10^{-3} \text{m}^3}{\text{g}}$$

A méter és gramm mértékegységekkel történő egyszerűsítés után látható, hogy a mértékegységváltásból származó két szorzótényező egymás reciproka, így az új mérőszám 756.

Azaz 756 kg/m³ 756 g/dm³.

C, Hány kelvinnek felel meg 5,2 °C hőmérséklet, illetve 5,2 °C hőmérséklet különbség?

Megoldás: A Kelvin-skála és a Celsius-skála azonos léptékű (1 kelvin hőmérséklet különbség 1 °C hőmérséklet különbségnek felel meg), de egymáshoz képest 273,15 fokkal el vannak tolva (a Kelvin-skála 0 pontja -273,15 °C-nek felel meg).

$$\text{Így } T = 5,2 \text{ °C} = (5,2 + 273,15) \text{ K} \approx 278,4 \text{ K.}$$

$$\text{Ugyanakkor } \Delta T = 5,2 \text{ °C} = 5,2 \text{ K.}$$

D, Egészítse ki az alábbi egyenletet a hiányzó mérőszámmal: $0,400 \text{ l} + ? \text{ cm}^3 = 622 \text{ ml}$!

Megoldás: Hozzuk azonos mértékegységre az egyenletben szereplő összes mennyiséget, a hiányzó mérőszámot jelöljük a-val!

$$400 \text{ cm}^3 + a \text{ cm}^3 = 622 \text{ cm}^3$$

$$a = 622 - 400 = 222$$

$$0,400 \text{ l} + 222 \text{ cm}^3 = 622 \text{ ml}$$

2.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. $36,2 \text{ m} = ? \text{ km} = ? \text{ cm} = ? \text{ mm} = ? \text{ nm}$?
2. $0,589 \mu\text{m} = ? \text{ mm} = ? \text{ m} = ? \text{ km}$
3. $165 \text{ Å} = ? \text{ mm} = ? \text{ km}$
4. $28,6 \text{ mm} = ? \text{ km}$
5. $45 \text{ km} = ? \mu\text{m}$
6. $650 \text{ mmol} = ? \text{ kmol}$
7. $3,1 \cdot 10^{-6} \text{ mol} = ? \text{ mmol}$
8. $13,7 \text{ mmol} = ? \mu\text{mol}$
9. $0,025 \text{ mg} = ? \mu\text{g} = ? \text{ g} = ? \text{ kg}$
10. $53 \text{ mg} = ? \text{ kg}$
11. $0,0826 \mu\text{g} = ? \text{ mg}$
12. $585 \text{ MJ} = ? \text{ kJ} = ? \text{ mJ}$
13. $0,052 \text{ kJ} = ? \text{ MJ}$
14. $0,056 \text{ s} = ? \text{ ms}$
15. $0,273 \text{ h} = ? \text{ s}$
16. $96552 \text{ s} = ? \text{ h} = ? \text{ min}$
17. $t = 850 \text{ °C} = ? \text{ K}$
18. $T = 303 \text{ K} = ? \text{ °C}$
19. $\Delta t = 26 \text{ °C} \quad \Delta T = ? \text{ K}$
20. $\Delta T = 596 \text{ K} \quad \Delta t = ? \text{ °C}$
21. $p = 2,00 \cdot 10^5 \text{ Pa} = ? \text{ bar} = ? \text{ atm} = ? \text{ Hgmm}$
22. $865 \text{ Hgmm} = ? \text{ Pa} = ? \text{ atm}$
23. $3,45 \text{ bar} = ? \text{ atm}$
24. $1,25 \text{ atm} = ? \text{ Pa} = ? \text{ kPa} = ? \text{ MPa}$
25. $630 \text{ kg} = ? \text{ mg} = ? \text{ t}$
26. $0,032 \text{ g} = ? \text{ mg} = ? \text{ kg}$
27. $0,145 \text{ m}^2 = ? \text{ dm}^2$
28. $78 \text{ km}^2 = ? \text{ dm}^2$
29. $68 \text{ m}^2 = ? \text{ cm}^2 = ? \text{ km}^2$
30. $0,00255 \text{ km}^2 = ? \text{ mm}^2$
31. $2,43 \cdot 10^6 \text{ mm}^2 = ? \text{ cm}^2 = ? \text{ dm}^2 = ? \text{ m}^2$
32. $35,4 \text{ cm}^3 = ? \text{ ml} = ? \text{ dm}^3 = ? \text{ m}^3 = ? \text{ km}^3$
33. $0,0125 \text{ m}^3 = ? \text{ cm}^3 = ? \text{ nm}^3$
34. $1,75 \text{ dm}^3 = ? \text{ l}$
35. $46 \text{ ml} = ? \text{ dm}^3$
36. $85 \text{ cm}^3 = ? \text{ ml}$
37. $0,0683 \text{ l} = ? \text{ cm}^3 = ? \text{ m}^3$
38. $11,6 \text{ kg/dm}^3 = ? \text{ g/dm}^3$
39. $7,6 \text{ g/cm}^3 = ? \text{ g/dm}^3$

40. $8,2 \text{ g/cm}^3 = ? \text{ kg/dm}^3$
41. $13,6 \text{ g/cm}^3 = ? \text{ kg/m}^3 = ? \text{ kg/dm}^3 = ? \text{ t/m}^3$
42. $1,20 \text{ g/cm}^3 = ? \text{ kg/dm}^3 = ? \text{ g/m}^3$
43. $870 \text{ kg/m}^3 = ? \text{ g/cm}^3 = ? \text{ kg/dm}^3$
44. $125 \text{ km/óra} = ? \text{ m/s}$
45. $45 \text{ m/s} = ? \text{ km/h}$
46. $132 \text{ kWh} = ? \text{ Ws}$
47. $49 \text{ mA/cm}^2 = ? \text{ A/dm}^2$
48. Egészítse ki a hiányzó mérőszámokkal illetve mértékegységekkel az alábbi egyenleteket:
a, $1,50 \text{ m} + ? \text{ dm} = 250 \text{ cm}$ b, $0,750 \text{ kg} + 10 \text{ g} = ? \text{ mg}$
c, $15 \text{ dm}^2 + 0,30 ? = 0,45 \text{ m}^2$ d/ $0,200 \text{ l} + ? \text{ cm}^3 = 300 \text{ ml}$
49. Egy átlagos kémcső 20 cm^3 -es. Mekkora ez a térfogat a, ml-ben, b, dm^3 -ben, c, m^3 -ben, d, mm^3 -ben, e, inch^3 -ben kifejezve? (Egy inch $2,54 \text{ cm}$)
50. Ausztrália területe $2,9675 \cdot 10^6$ négyzetmérföld. Számítsa át ezt az adatot négyzetkilométerre!
 $1 \text{ mérföld} = 1609 \text{ m}$
51. Hány m^2 területű az a négyzet alakú kert, amelynek oldalai $34,0 \text{ yard}$ hosszúságúak? $1 \text{ yard} = 91,32 \text{ cm}$
52. Mekkora a sebessége m/s -ban kifejezve annak a hajónak, amelyik fél óra alatt $3,5$ tengeri mérföldet tesz meg? ($1 \text{ tengeri mérföld} = 1852 \text{ m}$)
53. $3,0$ piaci font súlyú konyhasóból $1,0$ cseber térfogatú oldatot készítünk. Hány mol/dm^3 koncentrációjú lesz az oldat? Az alábbi összefüggéseket tudjuk:
 $1 \text{ icce} = 0,848 \text{ liter}$ $1 \text{ uncia} = 24 \text{ skrupulus}$ $1 \text{ piaci font} = 16 \text{ uncia}$
 $1 \text{ cseber} = 100 \text{ icce}$ $1 \text{ skrupulus} = 1,458 \text{ gramm}$
A NaCl moláris tömege $58,5 \text{ g/mol}$
54. A fény terjedési sebessége légüres térben $3,00 \cdot 10^5 \text{ km/s}$. Mennyi ez a sebesség m/s -ban és km/h -ban kifejezve?

3. VEGYJELEK ÉS KAPCSOLÓDÓ JELÖLÉSEK

Az atomok protonokból, elektronokból és általában neutronokból állnak. (A hidrogén legelterjedtebb nuklidjában, a próciumban nincs neutron!) Az elemek minőségét az atomjaiban lévő protonok száma határozza meg, ezt nevezzük rendszámnak. A neutronok száma bizonyos határokon belül változhat az atomokban. Az azonos számú protont, de eltérő számú neutront tartalmazó atomokat izotópoknak nevezzük. A tömegszám az atomban lévő protonok és neutronok együttes száma. (Mivel az elektronok tömege jóval kisebb, mint a protonoké és a neutronoké, az atom tömege közelítőleg a protonok és a neutronok tömegével azonos.) A rendszámot a vegyjel bal alsó sarkába szoktuk írni, a tömegszámot a bal felső sarokba. A ${}_{11}^{23}\text{Na}$ jelölés tehát a 11-es rendszámú, 23-as tömegszámú nátriumatomot jelenti. Mivel a rendszám pontosan ugyanannyi információt jelent, mint a vegyjel, ezért a rendszámot nem szükséges a bal alsó sarokban feltüntetni (ha nem 11 lenne a rendszáma, nem a nátrium lenne ez az elem).

Az elektronok száma a semleges atomokban megegyezik a protonok számával (éppen emiatt semlegesek, hiszen a protonok pozitív és az elektronok negatív töltésének abszolút értéke megegyezik). A semleges atomokból elektronleadással pozitív ionok (kationok), elektronfelvétellel negatív ionok (anionok) képződhetnek (megjegyzés: ionok nem csak elektronleadással illetve -felvétellel képződhetnek!). Mivel ekkor a protonok száma nem változik, a képződő ionok annyi pozitív illetve negatív töltéssel rendelkeznek, ahány elektront az atom leadott illetve felvett. Az ionok töltését a vegyjel jobb felső sarkába írjuk (bár ekkor már nem vegyjel, hanem képlet lesz a neve).

3.1. MINTAFELADATOK

A/ Hány protont és hány elektront tartalmaznak a kalciumatomok?

Megoldás: A kalcium rendszáma 20 (ezt a periódusos rendszerben megtaláljuk). Ezek szerint minden kalciumatom 20 protont tartalmaz, és mivel semlegesek, elektronból is 20 van mindegyikben.

B/ Hány proton, elektron és neutron van az alábbi részecskékben: ${}_{19}^{41}\text{K}$ ${}^{79}\text{Br}^{-}$ ${}^{27}\text{Al}^{3+}$

Megoldás:

${}_{19}^{41}\text{K}$: A rendszáma 19, tehát 19 protont tartalmaz. A neutronok számát megkapjuk, ha a tömegszámból kivonjuk a rendszámot: $41 - 19 = 22$ neutront tartalmaz. Mivel semleges atomról van szó, az elektronok száma is 19.

${}^{79}\text{Br}^{-}$: A bróm rendszáma a periódusos rendszer szerint 35, tehát protonból 35 van benne. Neutronja $79 - 35 = 44$ van. Mivel egyszeresen negatív töltésű ionról van szó, elektronja eggyel több van, mint protonja, tehát 36.

${}^{27}\text{Al}^{3+}$: A rendszáma 13, tehát 13 protonja van. A neutronok száma $27 - 13 = 14$. Az elektronok száma a protonokénál hárommal kevesebb, vagyis 10 elektronja van.

3.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Mi a vegyjele annak az elemnek, amelynek atomjai 8 protont tartalmaznak?
2. Mi a vegyjele annak az elemnek, amelynek atomjai 33 protont tartalmaznak?
3. Hány protont tartalmaznak a szilíciumatomok?
4. Hány protont tartalmaznak az ólomatomok?
5. Hány protont és hány elektront tartalmaz
a, a nátriumatom?
b, a kénatom?
c, a kobaltatom?
6. Hány protont és hány elektront tartalmaz

- a, a nátriumion (Na^+)
 - b, a jodidion (I^-)
 - c, a szulfidion (S^{2-}) ?
7. Hány proton, elektron és neutron található az alábbi részecskékben?
- a, $^{24}_{12}\text{Mg}$
 - b, $^{19}_9\text{F}^-$
 - c, $^{40}_{20}\text{Ca}^{2+}$
8. Melyik részecskében van több proton, elektron illetve neutron?
- a, $^{27}_{13}\text{Al}$ vagy $^{24}_{12}\text{Mg}^{2+}$
 - b, $^{31}_{15}\text{P}$ vagy $^{32}_{16}\text{S}$
 - c, $^{40}_{18}\text{Ar}$ vagy $^{37}_{17}\text{Cl}^-$
9. Melyik az a részecske, amelyben 3 proton, 3 elektron és 4 neutron található?
10. Melyik az a részecske, amelyben 3 proton, 2 elektron és 4 neutron található?
11. Melyik az a részecske, amelyben 3 proton, 3 elektron és 3 neutron található?
12. Melyik az a részecske, amelyben 19 proton, 18 elektron és 22 neutron található?
13. Melyik az a részecske, amelyben 36 proton, 36 elektron és 50 neutron található?
14. Melyik az a részecske, amelyben 53 proton, 54 elektron és 74 neutron található?
15. Melyik az az elem, amelynek kétszeresen pozitív töltésű ionjában 36 elektron található?
16. Melyik az az elem, amelynek kétszeresen pozitív ionja nem tartalmaz egyetlen elektront sem?
17. Melyik az az elem, amelynek egyszeresen negatív ionjában két elektron található?
18. Melyik az az elem, amelynek kétszeresen negatív ionja ugyanannyi elektront tartalmaz, mint az argonatom?
19. Írja fel öt olyan ion képletét, amelyek ugyanannyi elektront tartalmaznak, mint a neonatomok!

4. TÖMEG, MOLÁRIS TÖMEG, ANYAGMENNYISÉG, RÉSZECSKESZÁM, ELEM, VEGYÜLET, KEVERÉK

Az anyagmennyiség (n) az SI mértékegységrendszer alapmennyiségeinek egyike, mértékegysége a mól. 1 mol annak a rendszernek az anyagmennyisége, amelyik annyi elemi egységet (részecskét) tartalmaz, mint ahány atom van a ^{12}C -izotóp 12,0000 g-jában.

A moláris tömeg definíció szerint a tömeg és az anyagmennyiség hányadosa: $M = \frac{m}{n}$, mértékegysége: g/mol.

Az n anyagmennyiségű anyagban lévő részecskék (atomok, ionok, molekulák) száma: $N = n \cdot N_A$, ahol N_A az Avogadro-állandó, amelynek az értéke $6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Az elemek atomtömege megmutatja, hogy az illető elem atomjai hányszor nagyobb tömegűek a ^{12}C -izotóp tömegének 1/12 részénél. Mivel a természetben található elemek nagy része izotópok keveréke, a periódusos rendszerben található elemek relatív atomtömege az illető elem természetes izotópjainak súlyozott átlagára vonatkozik. A relatív atomtömeg mértékegység nélküli viszonszám, a moláris tömegnek viszont van mértékegysége. A relatív atomtömeg és a moláris tömeg számértéke akkor azonos, ha a moláris tömeget g/mol mértékegységben adjuk meg. A szén esetében pl. a relatív atomtömeg 12,011 (kb. 12), a szén moláris tömege 12,011 g/mol. Molekulák esetében a relatív molekulatömeget használjuk, természetesen ez is a ^{12}C -izotóp tömegének 1/12 részéhez viszonyított tömeg, szintén mértékegység nélküli szám.

4.1. MINTAFELADATOK

A/ Határozzuk meg az alábbi anyagok moláris tömegét: szén (C), nitrogén (N_2), kén-dioxid (SO_2), magnézium-nitrát ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$)!

$M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$ - a periódusos rendszer szerint.

$M(\text{N}_2) = 2 \cdot 14 \text{ g/mol} = 28 \text{ g/mol}$ - mivel kétatomos molekulából áll, ezért kell 2-vel szorozni.

$M(\text{SO}_2) = 32 \text{ g/mol} + 2 \cdot 16 \text{ g/mol} = 64 \text{ g/mol}$ - a vegyület képlete alapján: összeadjuk a vegyületet alkotó elemek moláris tömegét. Amiből a képletben kétfő szerepel, annak a moláris tömegét is kétszer kell venni.

$M[\text{Mg}(\text{NO}_3)_2] = 24,3 \text{ g/mol} + 2 \cdot (14 \text{ g/mol} + 3 \cdot 16 \text{ g/mol}) = 148,3 \text{ g/mol}$

B/ Mekkora a tömege 36 mmol nátrium-hidroxidnak (NaOH)?

Megoldás: A NaOH anyagmennyisége $n = 0,036 \text{ mol}$. A moláris tömege: $M = 23 \text{ g/mol} + 16 \text{ g/mol} + 1 \text{ g/mol} = 40 \text{ g/mol}$. A tömege tehát: $m = n \cdot M = 0,036 \text{ mol} \cdot 40 \text{ g/mol} = 1,4 \text{ g}$.

C/ Hány molekula van 0,45 kg kén-hidrogénben?

Megoldás: a H_2S tömege: $m = 450 \text{ g}$, a moláris tömege: $M = 2 \cdot 1 \text{ g/mol} + 32 \text{ g/mol} = 34 \text{ g/mol}$.

A kén-hidrogén anyagmennyisége: $n = m/M = 450 \text{ g} / 34 \text{ g/mol} = 13,2 \text{ mol}$. Ebben a molekulák száma:

$N = n \cdot N_A = 13,2 \text{ mol} \cdot 6,0 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 7,9 \cdot 10^{24}$.

D/ Hány darab elektron van 22,0 g lítiumionban?

Megoldás: A lítiumion egyszeres pozitív töltésű ion. Mivel az elektron tömege elhanyagolható az atom teljes tömegéhez képest, a Li^+ tömegét azonosnak vehetjük a lítiumatom tömegével, így $M(\text{Li}^+) = 6,94 \text{ g/mol}$. A 22 g tömegű lítiumion anyagmennyisége: $n = 22,0 \text{ g} / 6,94 \text{ g/mol} = 3,17 \text{ mol}$. Ebben $3,17 \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 1,91 \cdot 10^{24}$ ion van. A lítium rendszáma 3, egy lítiumion tehát 2 elektront tartalmaz, $1,91 \cdot 10^{24} \text{ ion} \cdot 2 = 3,82 \cdot 10^{24}$ elektront tartalmaz.

Elem – vegyület – keverék:

Az elemek csak azonos protonszámú atomokat tartalmaznak. A neutronok száma különbözhet, a különböző izotópok ugyanazt az elemet jelentik, hiszen az elem minőségét a protonok száma szabja meg.

A vegyületek és a keverékek különböző protonszámú atomokat tartalmaznak. A különbségek közöttük:

-amíg a vegyületekben a különböző atomok között kémiai kötés van, a keverékekben nincsen. Ebből következik, hogy míg a keverékeket fizikai művelettel előállíthatjuk az alkotórészeikből, illetve fizikai változással

szétválaszthatók alkotóelemeikre, addig a vegyületeket kémiai reakcióval állíthatjuk elő, és alkotóelemeikre bontani is csak kémiai reakcióval tudjuk.

- a keverékekben az alkotórészek aránya változhat, a vegyületekben viszont szigorúan megszabott és állandó.

- a keverékekben az alkotórészek eredeti tulajdonságait megőrzik, míg a vegyületekben nem.

Pl: hidrogént és oxigént keverünk össze: keveréket kapunk, a két gáz aránya változhat, és eredeti tulajdonságaik felismerhetők (színük, halmazállapotuk, a hidrogén éghető stb.). Ha ezt a gázkeveréket meggyújtjuk, kémiai reakció játszódik le, amelyben víz keletkezik. Ebben a hidrogén- és oxigénatomok között kémiai kötés (kovalens kötés) van, fizikai művelettel nem választhatók szét, a hidrogén és az oxigén aránya csak 2:1 lehet, és a két gáz eredeti tulajdonságai nem maradtak meg, pl. megváltozott a halmazállapotuk, a benne lévő hidrogén már nem éghető stb.

4.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Mennyi a nitrogén relatív atomtömege? Válassza ki a helyes választ az alábbi öt közül!
A, 14 g/mol B/ 28 g/mol C/ 14 g D/ 28 E/ 14
2. Mennyi a hidrogén moláris molekulatömege? Válassza ki a helyes választ az alábbi öt közül!
A/ 1 B/ 2 C/ 1 g/mol D/ 2 g/mol E/ 2g
3. Mekkora az alábbi anyagok moláris tömege:
a, magnézium b, oxigén (O₂) c, ózon (O₃)
d, víz (H₂O) e, klór (Cl₂) f, vas
g, kalcium-klorid (CaCl₂) h, salétomsav (HNO₃) i, alumínium-bromid (AlBr₃)
4. Mennyi a kloridion moláris tömege?
5. Mekkora a tömege 0,25 mol vízmolekulának?
6. Mekkora anyagmennyiségű atomot tartalmaz 200 g alumínium?
7. Mekkora a tömege 5,0 mmol kénsavmolekulának (H₂SO₄)?
8. Mekkora anyagmennyiségű iont jelent 1,15 g nátriumion?
9. Hány darab atom van 5,0 g szénben?
10. Hány darab molekula van 6,0 kmol szén-dioxidban (CO₂)?
11. Mekkora a tömege 5,0·10²¹ db vízmolekulának?
12. Milyen anyagmennyiségű NH₃-molekula ugyanakkora tömegű, mint 1,2 mol kén-dioxid (SO₂)?
13. Melyik a nagyobb tömegű: 4 mol ammóniamolekula (NH₃) vagy 4·10²⁴ db vízmolekula?
14. Hány darab proton, elektron, illetve neutron van egy darab ³⁵Cl-atomban?
15. Hány darab proton van 2,00 mol magnéziumban?
16. Hány elektront tartalmaz 5,0 g nátriumion (Na⁺)?
17. Mekkora tömegű oxidion (O²⁻) tartalmaz 6,0·10²³ elektront?
18. Hány db molekula van 35,6 mg brómban (Br₂)?
19. Hány g kén-dioxidban (SO₂) van ugyanannyi molekula, mint 1,00 g jódban (I₂)?
20. Mekkora tömegű ¹²C-atom tartalmaz 5,0·10²¹ db neutron?
21. Hány darab proton van 0,50 mmol vízben?
22. Hány darab elektron van 9,6 g szulfátionban (SO₄²⁻)?
23. Hány darab proton, elektron és neutron van 0,10 mol ¹⁶O-atomban?
24. Melyik az elem, a vegyület és a keverék az alábbi anyagok közül?
vas, acél, desztillált víz, tengervíz, oxigén, ózon, réz, forrasztóórnál, salátalé, kristálycukor, szódavíz, levegő, hidrogén, kén, ammónia, kénsav, salétomsavoldat, etil-alkohol, húisleves, gyémánt, szén-monoxid, tej, mosópor, szőlőcukor, Negro cukorka, magnézium, arany, 18 karátos arany, konyhasó, grafit, jód, jódtinktúra, C-vitamin, C-vitamin tableta, C-vitamin-tartalmú pezsgőtableta, méz, kakaó, majonéz, ecetsav, háztartási (10%-os) ecet

5. ÁTLAGOS MOLÁRIS TÖMEG HASZNÁLATA

Moláris tömege csak kémiailag tiszta anyagoknak van. Gázelegyek esetén az ideális gáztörvény alkalmazható, amennyiben az elegyet alkotó komponensek anyagmennyiségének illetve tömegének összegével számolunk, de az utóbbi esetben a gázelegy úgynevezett átlagos moláris tömegére is szükségünk lesz.

Ideális gázok esetén a gázelegy térfogat%-os (tf%) és anyagmennyiség%-os (mól%) összetétele megegyezik.

Az átlagos moláris tömeg a gázelegy alkotói moláris tömegének összetétellel súlyozott átlaga.

A gázokhoz hasonlóan számítható más, többkomponensű rendszerek (például polimerek) moláris tömege is.

5.1. MINTAFELADATOK

A, Milyen határok között változhat az átlagos moláris tömege egy nitrogénből és oxigénből álló gázkeveréknek?

A nitrogén moláris tömege 28,0 g/mol, az oxigéné 32,0 g/mol. Ha a gázelegy gyakorlatilag csak nitrogénből áll (nyomnyi mennyiségű oxigént tartalmaz), akkor átlagos moláris tömege megegyezik a nitrogénével, 28,0 g/mol. Ha a gázelegy gyakorlatilag csak oxigénből áll (nyomnyi mennyiségű nitrogént tartalmaz), akkor átlagos moláris tömege megegyezik az oxigénével, 32,0 g/mol. Amennyiben mindkét gáz mérhető mennyiségben van jelen, a gázelegyben az átlagos moláris tömeg a kettő közé esik.

B, A levegő három legnagyobb mennyiségben jelen lévő alkotója a nitrogén (78,10%), az oxigén (20,94%), és az argon (0,93%). Ezen anyagok moláris tömege rendre 28,0134 g/mol, 31,9988 g/mol, és 39,9481 g/mol. Mennyi a levegő átlagos moláris tömege?

$$M_{\text{levegő}} = \frac{78,10 \cdot 28,0134 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 20,94 \cdot 31,9988 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 0,93 \cdot 39,9481 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{99,97} = 28,96 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

C, Egy metánból és etánból álló gázelegy átlagos moláris tömege 18,4 g/mol. Hány térfogat% etánt tartalmaz a gázelegy?

Az elegy átlagos moláris tömege az alábbi egyenlettel írható fel:

$$M_{\text{elegy}} = \frac{V\%_{\text{metán}} \cdot M_{\text{metán}} + V\%_{\text{etán}} \cdot M_{\text{etán}}}{100}$$

A két térfogatszázalék összege 100, így $V\%_{\text{metán}}$ kifejezhető a másik változóval:

$$V\%_{\text{metán}} = 100 - V\%_{\text{etán}}$$

A relatív atomtömegek alapján kiszámítható, illetve a feladatban adott moláris tömegek, valamint a fenti helyettesítés beírásával az alábbi egyenlethez jutunk:

$$18,4 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \frac{(100 - V\%_{\text{etán}}) \cdot 16,042 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + V\%_{\text{etán}} \cdot 30,068 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{100}$$

Az egyenletek megoldva $V\%_{\text{etán}} = 16,8$.

A gázelegy tehát 16,8 térfogat% etánt tartalmaz.

5.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Milyen határok között változhat az átlagos moláris tömege egy hidrogénből és oxigénből álló gázkeveréknek?
2. Hidrogént és oxigént 50 – 50 térfogat%-ban tartalmazó gázkeveréknek mekkora az átlagos moláris tömege?
3. Mekkora az átlagos moláris tömege annak a gázkeveréknek, amely a, 20 térfogat% hidrogént és 80 térfogat% oxigént tartalmaz?

b, 80 térfogat% hidrogént és 20 térfogat% oxigént tartalmaz?

4. Mekkora annak a propán-bután gázelegynek az átlagos moláris tömege, amely 28 térfogat% propánt tartalmaz?
5. Mekkora a 30,0 térfogat% etént és 70,0 térfogat% nitrogént tartalmazó gázelegy átlagos moláris tömege?
6. Mekkora a 35,0 térfogat% szén-monoxidot és 65,0 térfogat% szén-dioxidot tartalmazó gázelegy átlagos moláris tömege?
7. Egy metánból és etánból álló gázelegy átlagos moláris tömege 20,0 g/mol. Hány térfogat% metánt tartalmaz a gázelegy?

6. IZOTÓPOK

Az atomok atommagja protonokat és általában neutronokat tartalmaz. A protonok száma egy adott elem esetén meghatározott, de a neutronok száma eltérő lehet. Egy elem (= adott számú proton!) különböző számú neutronot tartalmazó atomjai egymás izotópjai. Az egyetlen (de elég fontos) atom, amely magjában nincsen neutron a hidrogén prócium izotópjá. Az adott számú protont ÉS neutronot tartalmazó atomokat nuklidoknak nevezzük. Az egyes elemek izotópjainak aránya a környezetünkben nagyjából állandó. Ezt ismerve meghatározható az elemek relatív atomtömege. (Lásd 4. fejezet.)

6.1. MINTAFELADAT

A klór két stabil izotópjá a ^{35}Cl és ^{37}Cl . Ezek megoszlása rendre 75,77% illetve 24,23%. Mennyi a klór relatív atomtömege?

A relatív atomtömeg az egyes nuklidok tömegének súlyozott átlagaként számítható:

$$\text{relatív atomtömeg}_{\text{Cl}} = \frac{75,77 \cdot 35 + 24,23 \cdot 37}{100} = 35,48$$

6.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

A különböző tömegszámú izotópok relatív atomtömegét közelítő számításnál egyenlőnek vehetjük a tömegszámukkal.

1. Az oxigén izotópjainak %-os megoszlása a következő: ^{16}O 99,76%, ^{17}O 0,04%, ^{18}O 0,20%. Mekkora az oxigén körülbelüli moláris tömege?
2. A lítium a természetben két izotópjá formájában fordul elő. A 6-os tömegszámú nuklid a lítiumatomok 7,30%-át, a 7-es tömegszámú pedig 92,70%-át teszi ki. Mennyi a lítium körülbelüli moláris tömege?
3. Mekkora a bróm körülbelüli relatív atomtömege, ha a 79-es tömegszámú izotóp 50,53%-os, a 81-es tömegszámú 49,47%-os valószínűséggel fordul elő?
4. Mekkora a magnézium körülbelüli moláris tömege, ha a 24-es tömegszámú izotóp 78,98%-os, a 25-ös tömegszámú 10,05%-os, a 26-os tömegszámú pedig 10,97%-os valószínűséggel fordul elő?
5. A szilícium a természetben három izotópjá formájában fordul elő. A 28-as tömegszámú teszi ki a szilíciumatomok 92,28 %-át, a 29-es tömegszámú a 4,67 %-át és a 30-as tömegszámú a 3,05 %-át. Mennyi a szilícium körülbelüli moláris tömege?
6. A króm izotópjai közül az 52-es tömegszámú 83,8 %-os, az 53-as tömegszámú 9,5 %-os, az 50-es tömegszámú 4,3 %-os, az 54-es tömegszámú pedig 2,4 %-os valószínűséggel fordul elő. Mekkora a króm körülbelüli relatív atomtömege?
7. A réz rendszáma 29, moláris atomtömege 63,55 g/mol. A természetes réz atomjainak 72,5%-a 63-as nuklid. Mekkora a tömegszáma a másik izotópnak, mely a rezet alkotja?
8. A rubídium a természetben főleg a 85-ös és a 87-es tömegszámú nuklidja formájában létezik. Körülbelül hány százalék a 85-ös tömegszámú nuklid előfordulása, ha a rubídium moláris tömege 85,5 g/mol?
9. Mekkora a lítium relatív atomtömege, ha a 2-es példában szereplő százalékos megoszlással számolunk, de figyelembe vesszük, hogy az egyes izotópatomok relatív atomtömege nem teljesen azonos a tömegszámukkal, hanem a 6-os tömegszámú nuklid esetében 6,015, a 7-es tömegszámúnál pedig 7,016?
10. Mekkora a magnézium moláris tömege, ha pontosan számolunk, vagyis nem a tömegszámmal, hanem az egyes nuklidok valódi relatív atomtömegével?

$$A_r[^{24}\text{Mg}] = 23,99, \quad A_r[^{25}\text{Mg}] = 24,99, \quad A_r[^{26}\text{Mg}] = 25,98 \quad (\text{A többi adat a 4. feladatban szerepel.})$$

7. ELEKTRONKONFIGURÁCIÓ

Az atomok (és ionok) elektronszerkezetének kialakulásában három elv érvényesül: az energiaminimumra törekvés elve, a Pauli-elv és a Hund-szabály. Ennek értelmében az elektronok úgy helyezkednek el, hogy a képződő atom vagy ion energiaszintje a lehető legalacsonyabb legyen. Egy pályán csak két ellentétes spinű elektron foglalhat helyet, és az azonos energiaszintet jelentő pályákon lehetőleg minél több elektron párosítatlanul helyezkedik el. Az első héjhoz csupán egyetlen "s" pálya tartozik, a második héjhoz egy "s" és három "p" pálya (egy „s” és egy „p” alhéj), a harmadik héjban ezeken felül van öt "d" pálya is („d” alhéj), a 4. héjtól pedig már "f" pályák is léteznek, amelyekből minden további héjhoz 7 tartozik.

A pályák feltöltődésének sorrendje a következő:

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f stb.

Az atomok elektronszerkezetének felírásához csak a rendszámot kell ismernünk. Semleges atomban ugyanannyi elektron van, mint ahány proton, vagyis amennyi a rendszáma. Ennyi elektront kell tehát felírunk a fenti sorrendet és szabályokat figyelembe véve. A lítiumatom elektronkonfigurációja tehát: a lítium rendszáma 3. A 3 elektront a lehető legalacsonyabb energiaszintű pályákra helyezve az elektronszerkezet $1s^2 2s^1$, ahol a jobb felső indexben az adott alhéjban lévő elektronok számát tüntetjük fel.

Cellákkal is szoktuk ábrázolni az elektronszerkezetet. Egy cella egy pályát jelent, az elektronokat kis nyilacskák jelölik, és ellentétes irányú nyilakkal jelezzük, hogy egy pályán a két elektron spinje ellentétes:



7.1. MINTAFELADATOK

A/ Írjuk fel a nitrogénatom elektronszerkezetét!

Megoldás:

A nitrogén rendszáma 7, tehát a nitrogénatom 7 elektronnal rendelkezik, elektronszerkezete spdf-jelöléssel:

$1s^2 2s^2 2p^3$,

cellás ábrázolással:

A cellás ábrázolásnál figyeljünk a Hund-szabályra: az azonos alhéjhoz tartozó pályákra először párosítatlanul rajzoljuk be az elektronokat!

B/ Írjuk fel a nátriumion elektronszerkezetét!

Megoldás:

Egyszerű ionok elektronszerkezetének felírásakor tekintettel kell lennünk az ionok töltésére is. A nátriumion egyszeres pozitív töltéssel rendelkező ion. A nátriumatomból egy elektron leadásával képződik, tehát nem 11, hanem csak 10 elektronja van, elektronszerkezete tehát $1s^2 2s^2 2p^6$.

Cellás ábrázolással:

Kationok esetében az elektronok száma annyival kevesebb a rendszámnál, amennyi az ion töltése, anionok esetében pedig annyival több, mint a rendszám, ahány negatív töltéssel az anion rendelkezik.

C/ Írjuk fel a klóratom vegyérték-elektronszerkezetét!

A vegyértékelektronok közé a legkülső héj elektronjait soroljuk, továbbá az alatta lévő héjakon lévő nem lezárt alhéjak elektronjait. Felírhatjuk a klór teljes elektronszerkezetét: 17 elektront kell elhelyezni, tehát $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$. Az első és a második héj teljesen lezárt héj, az ezeken lévő elektronok nem tartoznak a vegyértékelektronok közé, tehát csak a $3s^2 3p^5$ lesz a vegyérték-elektronszerkezet.

Cellás ábrázolással:

7.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Írjuk fel az alábbi részecskék teljes elektronszerkezetét spdf jelöléssel és cellás ábrázolással!

a, $^{11}_5\text{B}$ b, $^{35}_{17}\text{Cl}$ c, $^{20}_{10}\text{Ne}$ d, $^{33}_{33}\text{As}$ e, F^- f, K^+

g, Mg^{2+} h, O^{2-} i, $^4_2\text{He}^{2+}$ j, H^- k, D^+

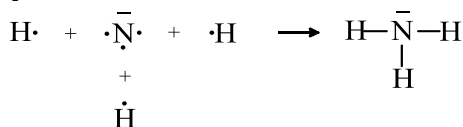
2. Írjuk fel az alábbi részecskék vegyértékhéjának elektronszerkezetét spdf jelöléssel és cellás ábrázolással is!

a, P b, Br^- c, Xe d, Rb

8. MOLEKULÁK KÉPLETE, TÉRSZERKEZET, POLARITÁS

A molekulák képlete az alkotóatomok elektronszerkezetének függvénye. Egyszerű esetben azt mondhatjuk, hogy az atomok annyi kovalens kötést tudnak kialakítani, ahány párosítatlan elektronjuk van alapállapotban, illetve ahány elektron hiányzik a vegyértékhéjuktól ahhoz, hogy a nemesgázokra jellemző nyolcelektronos szerkezetet elérjék (oktett-szabály). A nitrogén a hidrogénnel azért NH_3 összegképletű vegyületet alkot, mert a hidrogénnek egyetlen elektronja van, egy kovalens kötést tud kialakítani (és ezzel el is éri a nemesgázszerkezetet, a hélium elektronszerkezetét), a nitrogénatom három párosítatlan elektronnal rendelkezik, tehát három kovalens kötést képes kialakítani (amivel a neon elektronszerkezetét éri el), így egy nitrogénatom három hidrogénatommal alkot molekulát.

A kovalens kötések és a molekula kialakulását szemléletesen úgy ábrázolhatjuk, ha az atomok vegyjele körül jelöljük a vegyértékhéjban lévő elektronokat: a párosított elektronokat vonallal, a párosítatlan elektronokat ponttal. A nitrogénatom vegyértékhéjának elektronszerkezete $2s^2 2p^3$, és a három párosítatlan p-elektron alakítja ki a kovalens kötések a hidrogénatomok elektronjaival, az eredetileg párosított elektronok lesznek a képződő molekulában az ún. nemkötő elektronpárok:



Az így felrajzolt, a nemkötő elektronpárokat is ábrázoló képleteket nevezzük Lewis-képletnek. (A molekula valódi térbeli felépítését nem mutatja!)

Ha az atom vegyértékhéján van üres p- vagy d-pálya, az eredetileg párosított vegyértékelektronok is párosítatlanná válhatnak, így az atom több kovalens kötést is képezhet, maximálisan természetesen annyit, ahány vegyértékelektronja van. Így tud a kénatom nem csak két, hanem négy vagy hat kötést is kialakítani, mint például a kén-dioxidban vagy a kén-trioxidban. Ebben az esetben azonban már nem nyolc elektron lesz a kénatom körül. Az oktett-szabály szigorúan ugyanis csak a második periódus elemeire érvényesül.

A molekulák alakját elsősorban az szabja meg, hogy az elektronpárok egymást taszítják, így egymástól a lehető legtávolabb helyezkednek el, és ebben a kötő elektronpárokon kívül a nemkötő elektronpárokat is figyelembe kell venni. Csak a legegyszerűbb szerkezeteket vizsgálva az alábbi elrendeződéseket kapjuk, ha „A” a molekula központi atomját, „X” a hozzá kapcsolódó egyéb atomokat, „E” pedig a központi atomon lévő nemkötő elektronpárokat jelöli:

AX_2 lineáris

AX_3 síkháromszög

AX_4 tetraéder

AX_2E V-alakú

AX_3E háromszögalapú (trigonális) piramis

AX_2E_2 V-alakú

Kétatomos molekula polaritása a két kapcsolódó atom elektronegativitásától függ. Ha ezek azonosak, a kötés és a molekula is apoláris. Ha eltérőek, akkor a kötés és a molekula is poláris lesz. Több atomból álló molekulák esetében apoláris lehet a molekula akkor is, ha a kötése polárisak, amennyiben a molekula térbeli szerkezete szimmetrikus, és a polaritás vektorok kioltják egymást.

8.1. MINTAFELADATOK

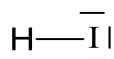
A/ Írjuk fel a hidrogén-jodid molekulájának Lewis-képletét!

Megoldás:

A hidrogénatom elektronszerkezete $1s^1$, egy párosítatlan elektronja van, egy kovalens kötést képez. A jód vegyérték-elektronszerkezete $5s^25p^5$, szintén egy párosítatlan elektronja van:



egy kovalens kötést képez, tehát egy hidrogénatom egy jódatommal alkot molekulát. A hidrogénatomnak nincs több elektronja, nem lesz nemkötő elektronpárja. A jódatom a 7 vegyértékelektronjából egyet „használt el” a kötés kialakításához, hat még maradt, tehát van három nemkötő elektronpárja, tehát a molekula Lewis-képlete:



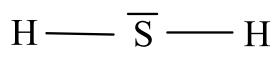
B/ Írjuk fel a kén-hidrogén molekulájának Lewis-képletét! Milyen alakú a molekula? Poláris vagy apoláris?

Megoldás:

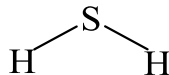
A hidrogénatom egy kovalens kötést tud kialakítani. A kénatom vegyérték-elektronszerkezete $3s^23p^4$, két párosítatlan elektronja van:



két kötést tud kialakítani, tehát egy kénatom két hidrogénatommal képez vegyületet, a képlete H_2S . A kén a hat vegyértékelektronjából kettővel képez kötést, négy marad, tehát két nemkötő elektronpárja van. A molekula Lewis-képlete:



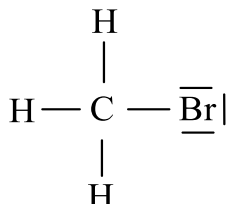
A kénatom körül két kötő és két nemkötő elektronpár van, összesen négy elektronpár, AX_2E_2 típusú molekula, vagyis V-alakú, a térszerkezetet is tükröző szerkezeti képlete:



A molekula nem teljesen szimmetrikus, a polaritás vektorok nem oltják ki egymást, tehát a molekula poláris.

C/ Írjuk fel a brómmetán molekulájának Lewis-képletét! Milyen alakú a molekula? Poláris vagy apoláris?

Megoldás: A brómmetán képlete CH_3Br . A szénatom vegyérték-elektronszerkezete $2s^22p^2$, alapállapotban csak két párosítatlan elektronja van, de van egy üres p-pályája, ahova az egyik, eredetileg s pályán lévő elektron átugorhat, így négy kovalens kötés kialakítására képes. A brómatomnak hét vegyértékelektronja van, csak eggyel képez kötést, így marad három nemkötő elektronpárja, a molekula Lewis-képlete tehát:



A négy kapcsolódó ligandum miatt a molekula tetraéder alakú és poláris, hiszen nem szimmetrikus.

8.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Írja fel az alábbi molekulák Lewis-képletét!

a, F_2	b, O_2	c, N_2	d, HBr	e, CO_2
f, CO	g, $BeCl_2$	h, H_2O	i, $HCHO$	j, SO_2
k, SO_3	l, PCl_5	m, PH_3	n, H_2O_2	

2. Milyen alakúak az alábbi molekulák illetve ionok?

a, CO_2	b, SO_2	c, NH_3	d, NH_4^+	e, H_3O^+
f, CH_4	g, $HCHO$	h, SO_3		

3. Melyik molekula poláris illetve apoláris?

a, Cl_2	b, HCl	c, O_2	d, HBr	e, CO_2	f, SO_2
g, SO_3	h, NH_3	i, H_2Se	j, PCl_3	k, CH_4	l, CH_3Cl
m, CH_2Cl_2	n, $CHCl_3$	o, CCl_4			

9. IONOS VEGYÜLETEK KÉPLETE

Az ionos kötést tartalmazó biner vegyületek képletét az elektronszerkezet ismeretében könnyen felírhatjuk. Azok az elemek, amelyeknek csak egy, kettő vagy három vegyértékelektronjuk van, ezek leadásával érhetik el a nemesgázszerkezetet. Amelyeknek pedig csak egy, kettő vagy három elektron hiányzik a nemesgázszerkezet eléréséhez, elektronfelvétellel érhetik el azt. A képződő ionok olyan arányban alkotnak vegyületet, hogy a pozitív és a negatív töltések összege megegyezzen. Az ily módon képzett ionos vegyületek képletében a kationok és anionok legkisebb egész számokkal kifejezett arányát adjuk meg.

9.1. MINTAFELADATOK

A/ Az atomok elektronszerkezetének ismeretében írjuk fel az alábbi elemekből létrejövő vegyületek képletét: bárium és oxigén, nátrium és kén, alumínium és fluor!

Megoldás:

Bárium és oxigén: A báriumatom külső elektronhéján két elektron, az oxigénatomén hat elektron van. Ha a bárium a két elektronját leadja, az oxigén pedig ezeket felveszi, mindkét atom eléri a nemesgázszerkezetet, ezért a bárium-oxidban a báriumionok és az oxidionok azonos mennyiségben vannak, a bárium-oxid képlete tehát BaO .
Nátrium és kén: A kénatom két elektron felvételével éri el a nemesgázszerkezetet, a nátriumatom pedig csak egyet ad le. Ezért egy kénatomnak két nátriumatomtól kell egy-egy elektront felvennie, tehát a nátrium-szulfid képlete Na_2S .

Alumínium és fluor: Az ionok töltésében is gondolkodhatunk: az alumíniumatom három elektron leadásával háromszoros pozitív töltésű ionná alakul, így éri el a nemesgázszerkezetet. A fluoratom egy elektront vesz fel, egyszeresen negatív töltésű ion lesz belőle. A belőlük képződő vegyületnek semlegesnek kell lennie, így egy alumíniumionhoz három fluoridion kell, hogy a töltések összege nulla legyen. Ezért az alumínium-fluorid képlete AlF_3 .

B/ Írjuk fel azoknak a vegyületeknek a képletét, amelyek az alábbi ionokból képződhetnek!

Li^+ Ca^{2+} Br^- O^{2-}

Megoldás: Mindkét kation mindkét anionnal alkothat vegyületet. Az ionok töltését kell figyelembe vennünk: a lítiumion és a bromidion töltése abszolút értékben azonos, belőlük azonos mennyiség kell ahhoz, hogy a vegyület semleges legyen. A kalciumion és az oxidion esetében szintén ez a helyzet, mindkettőnek kétszeres töltése van. A két vegyület képlete tehát LiBr és CaO . A másik két ionpáros esetében az egyik ion töltése kétszerese a másikénak, tehát az egyszeres töltésű ionból kétszer annyi kell, mint a kétszeres töltésűből. A képletek tehát CaBr_2 és Li_2O .

C/ Mi a képlete a bárium hidroxidjának, karbonátjának és foszfátjának?

Megoldás: A vegyületek képletének felírásához tudnunk kell az ionok képletét, töltését. A báriumion (Ba^{2+}) kétszeresen pozitív töltésű ion, tehát az egyszeresen negatív töltésű hidroxidionból (OH^-) kétszer annyi kell, mint a báriumionokból: Ba(OH)_2 . A szintén kétszeres töltésű karbonáttionnal (CO_3^{2-}) egy-egy arányban alkot vegyületet: BaCO_3 . A foszfátion képlete PO_4^{3-} , háromszoros negatív töltésű ion. Ahhoz, hogy a pozitív és a negatív töltések összege azonos legyen, a kétszeres töltésű ionból három kell, a háromszoros töltésűből kettő. Így a pozitív és a negatív töltésekből egyaránt hatot írunk fel. (Annyi töltésben kell gondolkodnunk, ami kettővel is és hárommal is osztható, tehát a két szám legkisebb közös többszörösét keressük.) A vegyület képlete tehát $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$.

D/ A következő ionok felhasználásával szerkesszen ionvegyületeket a meghatározásnak megfelelően!

Na⁺ Zn²⁺ Bi³⁺ Cl⁻ SO₄²⁻ PO₄³⁻

- a vegyületben a kationok és az anionok számaránya 1:2

- a vegyületben a kationok és az anionok számaránya 2:3

Megoldás:

Ha a kationok és az anionok számaránya 1:2, akkor kétszer annyi anion van a vegyületben, mint kation. Azért kell több az anionokból, mert azoknak kisebb a töltése, pont fele a kationok töltésének. Tehát a kétszeres töltésű kationt, a cinkiont és az egyszeres töltésű aniont, a kloridiont kell kiválasztanunk, a vegyület képlete pedig ZnCl₂. Ha a kation:anion arány 2:3, akkor kationból kell kevesebb, tehát annak a töltése nagyobb, még hozzá 3/2-e az anion töltésének. A háromszoros pozitív töltésű bizmutionról és a kétszeres negatív töltésű szulfátiónról van szó, a képlet pedig Bi₂(SO₄)₃.

E/ Írjuk fel azoknak a savanyúsóknak a képletét, amelyeket a foszforsavból származó anionok a nátriumionnal, a kalciumionnal és az alumíniumionnal alkotnak!

Megoldás: A foszforsavból kétféle savanyúsó is származtatható. Ha a foszforsav a három hidrogén közül egyet hidrogénion formájában lead, a visszamaradó ion egyszeres negatív töltésű lesz: H₂PO₄⁻. Ebből az ionból annyinak kell a vegyület képletében lennie, amennyi a kation töltése, tehát a vegyületek képlete: NaH₂PO₄, Ca(H₂PO₄)₂, Al(H₂PO₄)₃. Két hidrogénion leszakadásakor kétszeresen negatív ion marad vissza: HPO₄²⁻. Nátriumionból kettő, kalciumionból egy kell, hogy az anion töltését kompenzálja: Na₂HPO₄, CaHPO₄. A háromszoros töltésű alumíniumionból kettő kell, hogy a hat pozitív töltés éppen kompenzálja három hidrogén-foszfát-ion 6 negatív töltését, a képlet tehát Al₂(HPO₄)₃.

9.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Az atomok elektronszerkezetének ismeretében írjuk fel az alábbi elemekből létrejövő vegyületek képletét!

kálium és kén	magnézium és bróm
alumínium és jód	kalcium és oxigén
nátrium és jód	lítium és oxigén
alumínium és oxigén	lítium és nitrogén
kalcium és nitrogén	nátrium és bróm
stroncium és fluor	magnézium és oxigén
bárium és klór	kálium és fluor

2. Írjuk fel az alábbi ionokból képezhető vegyületek képletét!

Na⁺ Mg²⁺ Al³⁺ Cl⁻ S²⁻

3. Mi a sztöchiometriai képlete azoknak a vegyületeknek, amelyekben

a, az atomok fele cink, fele oxigén,

b, az atomok harmada oxigén, a többi hidrogén,

c, az atomok 40 %-a bór, a többi oxigén,

d, azonos számú nitrogén és klór van, és ennek négyszerese a hidrogénatomok száma?

4. Mi a képlete a lítium, a magnézium és az alumínium

a, bromidjának

b, oxidjának

c, hidroxidjának

d, szulfidjának?

5. Mi a képlete:
- a, a cink-kloridnak
 - b, a kobalt-szulfidnak
 - c, az ólom-jodidnak
 - d, a króm(III)-kloridnak
 - e, a mangán-kloridnak
 - f, az ón(II)-szulfidnak
 - g, az ón(IV)-kloridnak
 - h, a bizmut-jodidnak
 - i, az ezüst-oxidnak
 - j, a réz(II)-kloridnak
 - k, a réz(I)-kloridnak
 - l, a higany(II)-oxidnak
 - m, a nikkel-szulfidnak?
6. Mi a képlete a rubídium, a stroncium és az alumínium
- a, jodidjának
 - b, nitrátjának
 - c, hidroxidjának
 - d, szulfátjának
 - e, foszfátjának?
7. A következő ionok felhasználásával szerkesszen ionvegyületeket a meghatározásnak megfelelően! Adja meg képletüket és nevüket!
- Ionok: magnéziumion, alumíniumion, szulfátion, kloridion, ammóniumion, foszfátion
- a, A vegyületben a kationok és az anionok számaránya 1:1, az ionok töltésszáma 1
 - b, A vegyületben a kationok és az anionok számaránya 1:1, az ionok töltésszáma 2
 - c, A vegyületben a kationok és az anionok számaránya 1:2,
 - d, A vegyületben a kationok és az anionok számaránya 3:1,
 - e, A vegyületben a kationok és az anionok számaránya 2:3
8. Milyen összetételű vegyületet képezhetnek egymással az alábbi ionok:
- | | | | |
|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| a, K^+ és $S_2O_8^{2-}$ | b, Na^+ és NO_2^- | c, Mg^{2+} és ClO_4^- | d, NH_4^+ és S^{2-} |
| e, Ag^+ és AsO_4^{3-} | f, Ca^{2+} és $P_2O_7^{4-}$ | g, Ca^{2+} és HCO_3^- | h, Mg^{2+} és $H_2PO_4^-$ |
9. A vas kétféle ion formájában is előfordul: Fe^{2+} (vas(II)-ion) és Fe^{3+} (vas(III)-ion).
Mi a képlete a vas(II)-kloridnak, a vas(III)-nitrátnak, a vas(II)-oxidnak és a vas(III)-oxidnak?
10. Mi a képlete az alábbi vegyületeknek?
- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| a, bárium-hidroxid | b, nátrium-jodid |
| c, lítium-karbonát | d, magnézium-szulfát |
| e, réz(II)-szulfid | f, kálium-hidrogén-szulfát |
| g, dikálium-hidrogén-foszfát | h, kálium-dihidrogén-foszfát |
| i, magnézium-hidrogén-karbonát | j, magnézium-hidrogén-foszfát |
| k, magnézium-dihidrogén-foszfát | l, magnézium-foszfát |
| m, alumínium-dihidrogén-foszfát | n, alumínium-hidrogén-foszfát |

11. A vas(II)-ion és a vas(III)-ion egyaránt komplexet tud képezni cianidionokkal (CN^-). A képződő komplexek összetétele a következő:



Írja fel a képletét annak a négy vegyületnek, amelyeket a kétféle egyszerű vasion (kationként) és a kétféle komplex (anionként) alkot egymással!

12. Nevezze el az alábbi vegyületeket!

SO_2	CO	MgO
CaBr_2	AlF_3	CoCl_2
FeCl_3	Cu_2O	CuO
PCl_5	K_2CO_3	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	Na_3PO_4	H_2SO_4
NaNO_2	CaSO_3	$\text{Fe}(\text{OH})_2$
NaHCO_3	Na_2S	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	NaHSO_3	K_2HPO_4
NaH_2PO_4	NH_4Cl	CaHPO_4
HNO_2	Ag_2S	FeSO_4

10. VEGYÜLETEK TÖMEGSZÁZALÉKOS ELEMÖSSZETÉTELÉNEK KISZÁMÍTÁSA

A vegyületek képlete a bennük lévő, kémiai kötéssel kapcsolódó atomok számának arányát fejezi ki. (Molekulákból álló vegyületek esetében a molekulaképlet megadja a molekula összetételét is.) Ez anyagmennyiség-arányt is jelent, és a képlet alapján kiszámíthatjuk a vegyület tömegszázalékos elemösszetételét vagy az alkotóelemek tömegének arányát.

10.1. MINTAFELADATOK

A/ Mi az alkotóelemek tömegaránya az alumínium-kloridban?

Megoldás: Az alumínium-klorid képlete AlCl_3 . Vegyünk 1 mol alumínium-kloridot, így ennek tömegét a moláris tömegből ránézésre megállapíthatjuk.

$M(\text{AlCl}_3) = 27,0 + 3 \cdot 35,5 = 133,5 \text{ g/mol}$. 1 mol AlCl_3 tömege tehát 133,5 g. 1 mol AlCl_3 tartalmaz 1 mol, tehát 27,0 g alumíniumiont és 3 mol, tehát 106,5 g kloridiont. Az alumínium és a klór tömegaránya tehát a vegyületben:
 $m_{\text{Al}} : m_{\text{Cl}} = 27,0 : 106,5 = 1 : 3,94$

B/ Mi a tömegszázalékos elemösszetétele az alumínium-nitrátnak?

Megoldás:

$M[\text{Al}(\text{NO}_3)_3] = 27,0 + 3 \cdot (14,0 + 3 \cdot 16,0) = 213,0 \text{ g/mol}$

1 mol alumínium-nitrát tartalmaz 1 mol alumíniumiont, 3 mol nitrogén- és 9 mol oxigénatomot, vagyis 27,0 g alumíniumot, $3 \cdot 14,0 = 42,0 \text{ g}$ nitrogént és $9 \cdot 16,0 = 144,0 \text{ g}$ oxigént.

a tömegszázalékos összetétel: $w\% = m_x / m_{\text{összes}} \cdot 100$

Al: $w\% = 27,0 \text{ g} / 213,0 \text{ g} \cdot 100 = 12,7$

N: $w\% = 42,0 \text{ g} / 213,0 \text{ g} \cdot 100 = 19,7$

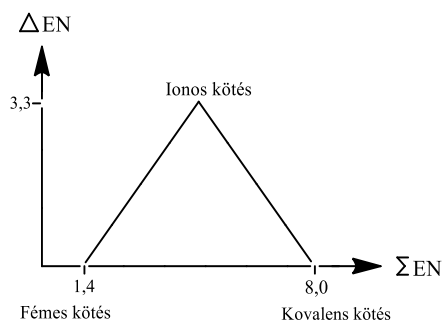
O: $w\% = 144,0 \text{ g} / 213,0 \text{ g} \cdot 100 = 67,6$

10.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Mi az alkotóelemek tömegaránya az alábbi vegyületekben:
 - a, kalcium-klorid
 - b, alumínium-oxid
 - c, vas(III)-oxid?
2. Mi a tömegszázalékos elemösszetétele az alábbi vegyületeknek:
 - a, lítium-oxid
 - b, réz(II)-oxid
 - c, nátrium-szulfid?
3. Mi a tömegszázalékos elemösszetétele az alábbi vegyületeknek:
 - a, nátrium-szulfát
 - b, kalcium-nitrát
 - c, magnézium-nitrit
 - d, kálium-karbonát
 - e, ammónium-szulfát
 - f, kalcium-hidrogén-karbonát
 - g, bárium-dihidrogén-foszfát
 - h, kalcium-foszfát?

11. KÖTÉS- ÉS RÁCSTÍPUSOK

Az elemekben és vegyületekben kialakuló kémiai kötés típusát elsősorban a kapcsolódó atomok elektronegativitása szabja meg, pontosabban az elektronegativitások összege és különbsége. Ha kis elektronegativitású atomok kapcsolódnak össze (az elektronegativitásuk összege és különbsége is kicsi), fémes kötés jön létre. Két nagy elektronegativitású atom kapcsolódásakor (az elektronegativitások összege nagy, különbsége kicsi) kovalens kötés alakul ki közöttük. Ha pedig egy kicsi és egy nagy elektronegativitású atom kapcsolódik (az összeg közepes, a különbség nagy), a kötés ionos lesz. Az ábrán látható háromszög csúcsai jelentik a három tiszta kötéstípust, a háromszög oldalain, illetve belsejében lévő pontok a különböző kötéstípusok közti átmeneteket.



A valóságban az elektronegativitások alapján általában helyes következtetésre jutunk, de néha félrevezető is lehet. Egyszerűbb a becslés, ha a kapcsolódó atomok fémes vagy nemfémes jellegét vesszük figyelembe. A fémek elektronegativitása rendszerint kis érték, a nemfémeké többnyire nagy, tehát úgy is fogalmazhatunk (persze most is csak jó közelítéssel), hogy fém a fémmel kapcsolódva fémes kötetést hoz létre, nemfém a nemfémmel kovalens kötetést, végül fém a nemfémmel ionos kötetést.

A kötéstípus pedig már meghatározza az anyag rács típusát is. Ionos kötés esetében a rács is természetesen ionrács, fémes kötés esetén fémrács. Ha viszont a kötés kovalens, akkor az anyagunk kristályosodhat molekularácsban vagy atomrácsban. Ha véges számú atom kapcsolódik össze kovalens kötéssel, az így kialakuló részecskét molekulának nevezzük, és az ilyen anyag molekularácsban kristályosodik, és a molekulákat a rácsban összetartó erő csak másodlagos kötőerő (hidrogénkötés, dipól-dipól kölcsönhatás vagy diszperziós kölcsönhatás). Ha viszont végtelen sok atom kapcsolódik össze kovalens kötéssel, akkor már nem tekintjük molekulának, hanem atomrácsos kristálynak. (Vigyázat: a nemesgázatomok nem alkotnak egymással molekulát, de molekularácsban kristályosodnak, hiszen az összetartó erő a diszperziós kölcsönhatás!)

11.1. MINTAFELADAT

Milyen rács típusban kristályosodnak az alábbi anyagok? Milyen kötés található bennük (ami a rácsot összetartja, illetve ami a részecskéken belüli összetartó erő)?

lítium-klorid, víz, szilícium, kálium-foszfát, magnézium, hidrogén-klorid, nitrogén

Megoldás:

Képlet	ΔEN , ΣEN	Kötéstípus	Rács típus	Molekularács esetén a rácsot összetartó másodrendű kötés
LiCl	$\Delta EN = 1,8$ – nagy, $\Sigma EN = 3,8$ – közepes fém + nemfém	ionos kötés	ionrács	
H ₂ O	$\Delta EN = 1,3$ – kicsi, $\Sigma EN = 5,7$ – nagy nemfém + nemfém	poláris kovalens kötés, véges számú atom	molekularács	A hidrogén oxigénhez kapcsolódik, így hidrogénkötés
Si	$\Delta EN = 0$, $\Sigma EN = 3,4$ – közepes nemfém + nemfém	apoláris kovalens kötés, végtelen számú atom	atomrács	
K ₃ PO ₄	káliumionokból és foszfátionokból álló vegyület	ionos kötés	ionrács	
Mg	$\Delta EN = 0$, $\Sigma EN = 2,4$ – kicsi fém + fém	fémes kötés	fémrács	
HCl	$\Delta EN = 0,6$ – kicsi, $\Sigma EN = 5,0$ – nagy nemfém + nemfém	poláris kovalens kötés, véges számú atommal	molekularács	dipól-dipól kölcsönhatás
N ₂	$\Delta EN = 0$, $\Sigma EN = 6,20$ – nagy nemfém + nemfém	apoláris kovalens kötés, véges számú atommal	molekularács	diszperziós kölcsönhatás

11.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Milyen rács típusban kristályosodnak az alábbi anyagok? Milyen kötés található bennük (ami a rácsot összetartja, illetve ami a részecskéken belüli összetartó erő)?

kálium-bromid
réz
kén-dioxid
szilícium-dioxid
neon
kobalt
ammónia
metán
nátrium-karbonát
gyémánt
magnézium-oxid
kalcium-fluorid
szén-dioxid
higany
hidrogén-bromid
lítium-szulfát
kénsav

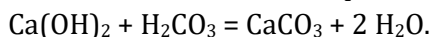
2. Milyen kémiai kötés van az alábbi anyagokban?

a, kálium-bromid	b, hidrogén-jodid	c, klór
d, szén-dioxid	e, nátrium-szulfid	f, szilícium-dioxid
g, réz	h, magnézium-klorid	i, neon

12. REAKCIOEGYENLETEK ÍRÁSA, RENDEZÉSE

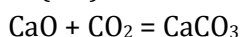
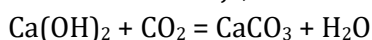
12.1. SAV-BÁZIS ÉS CSAPADÉKKÉPZŐDÉSI REAKCIÓK EGYENLETE

A közömbösítésnek nevezett reakciókban savak és bázisok reagálnak egymással, és a reakcióban valamilyen só és víz képződik. Ugyanez a só keletkezik akkor is, ha nem a sav és a bázis reagál egymással, hanem valamelyiknek (vagy mindkettőnek) az anhidridje vesz részt a reakcióban. Például a kalcium-hidroxid és a szénsav reakciójában kalcium-karbonát és víz képződik:



Ha a Ca(OH)_2 helyett a CaO -ból indulunk ki:

$\text{CaO} + \text{H}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, ebben az esetben is kalcium-karbonát keletkezik, csak a vízből kevesebb. Tehát a fém-oxid a savakkal ugyanúgy reagál, mint a fém-hidroxid, ezért régebben bázisanhidridnek is nevezték (ha a fém-oxid oldódik vízben, akkor oldódás közben bázissá, a fém-hidroxiddá alakul). Szintén CaCO_3 keletkezik, ha a szénsav anhidridje, a szén-dioxid reagál a kalcium-hidroxiddal, sőt akkor is, ha a CaO a CO_2 -dal:



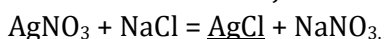
Savak vagy bázisok és sók között is végbemehet sav-bázis reakció, ha a sav vagy a bázis erősebb, mint az, amelyiknek a sójával reagál. A CaCO_3 savakban történő oldódásakor első lépésben szénsav keletkezik, mert a szénsav gyenge sav, ezért a karbonátion könnyen vesz fel protonokat a szénsavnál erősebb savtól, majd a keletkező szénsav bomlik szén-dioxidra és vízre:

$\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3 = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Az erősebb sav tehát a gyengébbet sójából fel tudja szabadítani. Ugyanakkor a CaSO_4 nem reagál sósavval, mert a szulfátion nem vesz fel protonokat, hiszen a kénsav is erős sav. Bázisokra is igaz, hogy az erősebb a gyengébbet sójából felszabadítja: $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KOH} = \text{NH}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$.

(A fontosabb erős savak: HCl , H_2SO_4 , HNO_3 , HBr , HI , HClO_4 .)

A bázisok közül az alkálifémek és az alkáliföldfémek hidroxidjait tekintjük erős bázisnak.)

A csapadékképződéssel járó reakciók sem a sav-bázis reakciók, sem a redoxireakciók közé nem sorolhatók be. Ezeknek a lényege az ionok összekapcsolódása rosszul oldódó vegyületté. Az ezüst-nitrát-oldat és nátrium-klorid-oldat között lejátsszódó reakció:



A reakció lényegét jobban tükrözi az egyenlet ionos alakja, amely a következő: $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \underline{\text{AgCl}}$

12.1.1. MINTAFELADAT

Írja fel és rendezze az alábbi reakciók egyenletét!

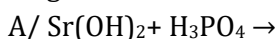
A/ stroncium-hidroxid + foszforsav

B/ magnézium-oxid + salétromsav

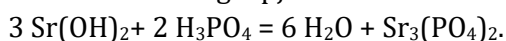
C/ kalcium-foszfát + sósav

D/ bárium-nitrát-oldat + kálium-foszfát-oldat → bárium-foszfát (csapadék) + ...

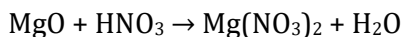
Megoldás:



A reakció lényege a sav hidrogénionjainak és a bázis hidroxidionjainak egyesülése vízmolekulákká. Mivel a stroncium-hidroxidból két hidroxidion származik, a foszforsavból pedig három hidrogénion, mindkettőből legalább hat kell, hogy maradéktalanul vízmolekulákká egyesüljenek. A stroncium-hidroxidból tehát háromra van szükség, foszforsavból kettőre. Így hat vízmolekula keletkezik, a „megmaradt” három stronciumionból és két foszfátionból megkapjuk a stroncium-foszfát képletét:

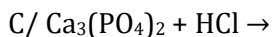


B/ Ha a magnézium-oxid savakkal reagál, ugyanaz a só keletkezik, mint ami a magnézium-hidroxid és a sav reakciójában, salétromsavval tehát magnézium-nitrát és persze víz is:

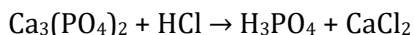


A magnézium-nitrátban viszont két nitrácion van, tehát salétromsavból is kettő kell:

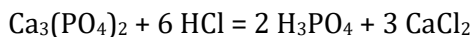
$\text{MgO} + 2 \text{HNO}_3 = \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$ és most már minden atomból ugyanannyi szerepel az egyenlet két oldalán, tehát egyenlőségjelet is írhatunk a nyíl helyett.



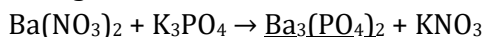
A foszforsav gyenge sav, a foszfácion tehát képes protonokat felvenni a sósavtól. Foszforsav keletkezik, melléktermékként pedig kalcium-klorid:



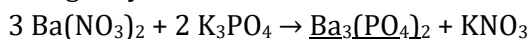
Egyeztessük az egyes atomok számát az egyenlet két oldalán, és ehhez a legbonyolultabb képletű anyagból, a kalcium-foszfátból célszerű kiindulni. Ha abban három kalciumion van, kalcium-kloridból is annyi kell a másik oldalra. A két foszfácionból két foszforsav lesz, amiben hat hidrogén van, tehát sósavból is annyi kell:



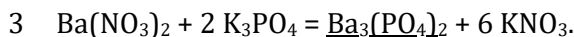
A megmaradt nitrácionokat és káliumionokat kálium-nitrátként írhatjuk fel.



A „legbonyolultabb” bárium-foszfátból kiindulva három bárium-nitrát és két kálium-foszfát kell:



és a hat nitrácion és hat káliumion 6 KNO_3 -ként írható:



12.1.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

I. Írja fel és rendezze az alábbi reakciók egyenletét (ha nincs egyéb jelölés, vizes oldatokról van szó):

1. kénsav + kálium-hidroxid
2. foszforsav + nátrium-hidroxid
3. salétromsav + lítium-hidroxid
4. perklórsav (HClO_4) + kalcium-hidroxid
5. sósav + szilárd magnézium-hidroxid
6. kénsav + bárium-hidroxid
7. foszforsav + bárium-hidroxid
8. kalcium-hidroxid + sósav
9. szilárd alumínium-hidroxid + salétromsav
10. nátrium-hidroxid + kénessav
11. kálium-hidroxid + szénsav
12. kalcium-hidroxid + szénsav
13. ammónia + sósav
14. szilárd magnézium-hidroxid + kénsav
15. szilárd bárium-oxid + salétromsav

II. Írja fel és rendezze az alábbi reakciók egyenletét (ha nincs egyéb jelölés, vizes oldatokról van szó, és a szabályos só képződésére kell felírni az egyenletet):

1. kalcium-oxid + salétromsav
2. nátrium-hidroxid + kén-dioxid
3. kálium-hidroxid + kén-trioxid
4. bárium-oxid + sósav
5. magnézium-oxid + kénsav
6. vas(III)-oxid + sósav
7. stroncium-hidroxid + kén-dioxid
8. stroncium-oxid + kén-dioxid
9. kalcium-oxid + kén-trioxid
10. nátrium-hidroxid + szén-dioxid
11. cink-oxid + sósav
12. lítium-oxid + foszforsav
13. bárium-hidroxid + szén-dioxid

III. Történik-e kémiai reakció az alábbi vegyületek között? Ahol van reakció, írja fel és rendezze a reakcióegyenletet! (Ha nincs egyéb jelölés, vizes oldatokról van szó)

1. szilárd kalcium-karbonát + sósav
2. kálium-klorid + salétromsav
3. nátrium-karbonát + kénsav
4. szilárd magnézium-karbonát + salétromsav
5. ammónium-nitrát + kálium-hidroxid
6. nátrium-szulfid + kénsav
7. szilárd lítium-karbonát + sósav
8. ammónium-klorid + nátrium-hidroxid
9. nátrium-nitrát + sósav
10. ammónium-szulfát + kalcium-hidroxid
11. kálium-foszfát + salétromsav
12. szilárd ezüst-jodid + salétromsav
13. szilárd kalcium-karbonát + szén-dioxid + víz
14. szilárd magnézium-szulfid + kénsav

IV. Írja fel az alábbi csapadékképződéssel járó reakciók egyenletét (ionos egyenletként is!):

1. kalcium-klorid + kénsav $\rightarrow$ kalcium-szulfát (csapadék) + ...
2. kalcium-klorid + ezüst-nitrát $\rightarrow$ ezüst-klorid (csapadék) + ...
3. kalcium-klorid + nátrium-foszfát $\rightarrow$ kalcium-foszfát (csapadék) + ...
4. bárium-klorid + nátrium-karbonát $\rightarrow$ bárium-karbonát (csapadék) + ...
5. magnézium-klorid + nátrium-hidroxid $\rightarrow$ magnézium-hidroxid (csapadék) + ...
6. vas(III)-klorid + nátrium-hidroxid $\rightarrow$ vas(III)-hidroxid (csapadék) + ...
7. bárium-klorid + kénsav $\rightarrow$ bárium-szulfát (csapadék) + ...
8. ólom-nitrát + sósav $\rightarrow$ ólom-klorid (csapadék) + ...
9. bizmut-nitrát + nátrium-hidroxid $\rightarrow$ bizmut-hidroxid (csapadék) + ...

12. 2. REDOXIREAKCIÓK EGYENLETÉNEK RENDEZÉSE

Redoxireakciók során elektronátadás történik, amelyik reaktáns elektront ad le, oxidálódik, a reakciópartnerét redukálja. A másik reaktáns elektront vesz fel, redukálódik, miközben oxidálószerként viselkedik, hiszen a partnert oxidálja. A redoxireakciók sztöchiometriája azon alapul, hogy a leadott és a felvett elektronok számának meg kell egyeznie. Az oxidációs számok változása tükrözi a felvett, illetve a leadott elektronok számát.

Egyszerű redoxireakciók egyenletét általában az oxidációs számok használata nélkül is tudjuk rendezni, csupán az alapján, hogy az egyenlet két oldalán minden atomból azonos mennyiségű kell szerepeljen, és a töltések összege is azonos kell legyen a két oldalon.

Bonyolultabb egyenleteket az oxidációsszám-változások alapján rendezhetünk. Mivel ez az átadott elektronok számát tükrözi, az egyik reaktáns oxidációsszám-növekedése azonos kell legyen a másik oxidációsszám-csökkenésével.

12.2.1. MINTAFELADATOK

A/ Írjuk fel és rendezzük az alábbi reakció egyenletét: alumínium + klór $\rightarrow$

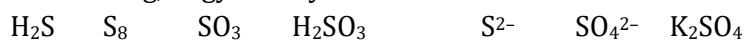
Megoldás:

Írjuk fel a kiindulási anyagok és a termék képletét: $\text{Al} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{AlCl}_3$

A rendezést célszerű a klórral kezdeni. Az egyik oldalon kettesével szerepelnek a klóratomok, a másik oldalon hármasával. Legalább hatot kell felírunk, hogy kettővel és hárommal is osztható legyen, vagyis Cl_2 -ből három kell, AlCl_3 -ből kettő: $\text{Al} + 3 \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{AlCl}_3$

Végül rendezzük az alumíniumatomok számát is: $2 \text{Al} + 3 \text{Cl}_2 = 2 \text{AlCl}_3$

B/ Határozzuk meg, hogy mennyi a kén oxidációs száma az alábbi vegyületekben, illetve ionokban:



Megoldás:

Az oxidációs számok meghatározásához a következő szabályokat használjuk fel:

- elemek esetében az oxidációs szám mindig 0
- egyszerű ionok esetében az oxidációs szám megegyezik az ion töltésével
- molekulában, semleges anyagban, vegyületben az alkotóatomok oxidációs számának összege 0
- összetett ionban az alkotóatomok oxidációs számának összege egyenlő az ion töltésével.

Segítségünkre lehet az is, hogy néhány elem esetében tudjuk, hogy vegyületben milyen oxidációs számmal fordulhatnak elő:

- a fluor oxidációs száma vegyületben -1
- az alkálifémeké $+1$
- az alkáliföldfémeké $+2$
- a hidrogéné rendszerint $+1$, kivéve a fém-hidrideket (pl. CaH_2), ahol -1
- az oxigéné rendszerint -2 , kivéve a peroxidokat (pl. H_2O_2), ahol -1 , illetve a fluorral alkotott vegyületét, amelyben $+2$

E szabályok segítségével meghatározhatjuk a kén oxidációs számát a fenti anyagokban:

H₂S: a hidrogének oxidációs száma +1, és a két H és a S oxidációs számának összege 0, tehát a kéné -2

S₈: ez az elemi állapotú kén, tehát az oxidációs szám 0

SO₃: az oxigének oxidációs száma -2, három van belőlük, az -6, tehát a kéné +6

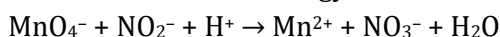
H₂SO₃: a két hidrogén 2·(+1), a három oxigén 3·(-2), ezek összege -4, tehát a kéné +4, hogy az összeg 0 legyen

S²⁻: egyszerű ion, az oxidációs szám azonos a töltéssel, vagyis -2

SO₄²⁻: az oxigének oxidációs száma -2, a négy oxigén 4·(-2) = -8. Ahhoz, hogy az oxidációs számok összege egyenlő legyen az ion töltésével (-2) a kéné +6 kell legyen

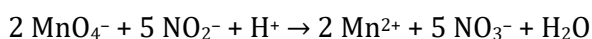
K₂SO₄: a két kálium oxidációs száma 2·(+1), a négy oxigénatomé 4·(-2), ez eddig -6, tehát a kéné +6.

C/ Rendezzük az alábbi reakcióegyenletet az oxidációsszám-változások alapján!

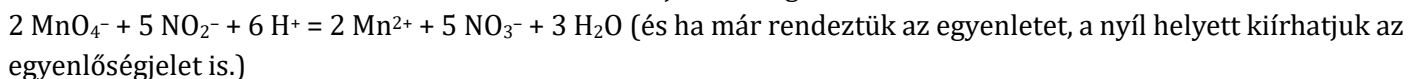
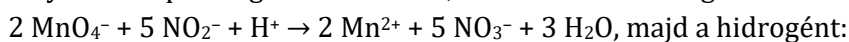


Megoldás:

Határozzuk meg, melyik atomnak változik az oxidációs száma és mennyit: a hidrogének mindenhol +1-es, az oxigének -2-es oxidációs számmal szerepelnek, tehát csak a mangán és a nitrogén változik. A mangán oxidációs száma 5-öt csökken (a permanganát-ionban +7, a mangán(II)-ionban +2), a nitrogéné 2-t nő (a nitritben +3, a nitrátban +5). A 2 és az 5 legkisebb közös többszöröse 10, tehát mangánból 2-t kell felírunk, nitrogénből ötöt:

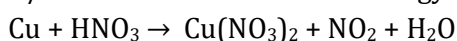


Ezután az atomok száma szerint folytatjuk a rendezést, és mindig azt az atomot rendezzük, amelyik csak egy helyen szerepel még nem rendezve, tehát először az oxigént:

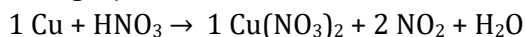


Ellenőrzésképpen nézzük meg a töltéseket: mindkét oldalon -1 a töltések összege. (Ionegyenletek esetén a reakcióegyenlet két oldalán a töltések összegének meg kell egyeznie.)

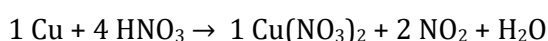
D/ Rendezzük az alábbi reakcióegyenletet az oxidációsszám-változások alapján!



Megoldás: A réz és a nitrogén oxidációs száma változik. A rézé 0-ról +2-re nő, a nitrogéné +5-ről +4-re csökken, de csak a NO₂-ban, a Cu(NO₃)₂-ban lévő nitrogének oxidációs száma nem változik! Mivel a réz oxidációs száma kétszer annyit változik, mint a nitrogéné, nitrogénből kell kétszer annyi, de vigyázzunk, hogy ez csak a NO₂ nitrogénjére vonatkozik!



A salétomsavból tehát kétféle kell magához a redoxireakcióhoz, de kell még kétféle a sóképzéshez is, összesen tehát 4:

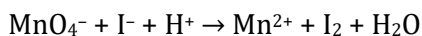


Végül rendezzük a hidrogének alapján a vizet:

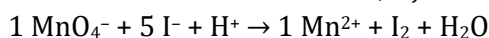


Az oxigénatomokkal eddig nem foglalkoztunk, ez maradt ellenőrzésre, tehát nézzük meg, hogy ugyanannyi szerepel-e az egyenlet két oldalán!

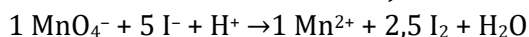
E/ Rendezzük az alábbi reakcióegyenletet az oxidációsszám-változások alapján!



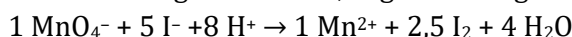
Megoldás: Ennél a reakciónál arra kell figyelni, hogy a jodidionok a bal oldalon egyesével szerepelnek, míg a jobb oldalon a jódmolekulában kettesével vannak a jódatomok. Ha egy jódatomban gondolkodunk: a mangán oxidációsszáma 5-tel csökken, a jódé csak eggyel nő, tehát öt jodidion kell:



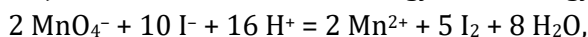
de a másik oldalon ez csak 2,5 jódmolekula:



Ezután az oxigénatomokat, végül a hidrogénatomokat rendezzük:

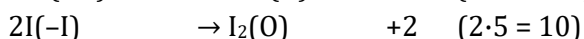
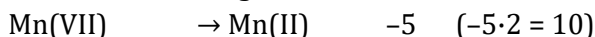


Majd szorozzuk be kettővel az egyenletet, hogy ne legyen benne törtszám:

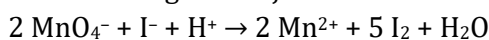


Végül ellenőrizzük a töltéseket: mindkét oldalon +4 a töltések összege.

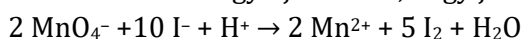
Mivel a jódatomokat a jódmolekulák miatt úgyis csak kettesével tudjuk felírni, mindjárt gondolkodhatunk kettőben is: a mangán oxidációs száma ötöt csökken, a két jódé viszont $2 \cdot 1 = 2$ -t nő, vagyis:



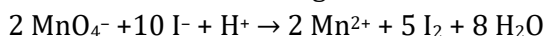
Tehát 2 mangán és 5 jódmolekula kell:



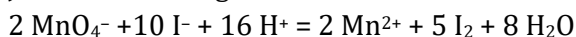
A másik oldalon figyeljünk arra, hogy jodidionból 10 kell:



Ezután rendezzük az oxigéneket. A baloldalon 8 van, tehát 8 H₂O-t kell írunk a jobb oldalra:

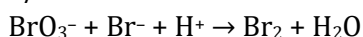


Jöhetnek a hidrogének:



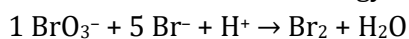
Ellenőrzésként számoljuk össze a töltéseket: mindkét oldalon +4 az összegük, tehát ebből a szempontból is jó az egyenlet.

F/ Rendezzük az alábbi reakcióegyenletet az oxidációsszám-változások alapján!

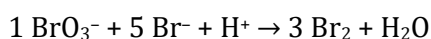


Megoldás: Ebben a reakcióban csak a bróm oxidációs száma változik. A BrO₃⁻-ionban +5 volt, a Br⁻-ionban -1, és mindkettőből 0 oxidációs számú elemi bróm keletkezik (szinproporció). Amikor csak egyetlen atomnak változik az oxidációs száma (szinproporció vagy diszproporció), mindig azt az oldalt rendezzük először, ahol a különböző oxidációs számú formák vannak.

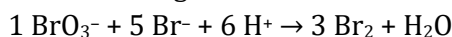
Most tehát a bal oldallal kezdünk: a bromátionban lévő brómatomnak ötöt csökken az oxidációs száma, a bromidionban lévő brómé egyet nő, tehát ebből ötször annyi kell, mint a bromátionból:



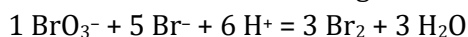
Ez összesen hat brómatom a bal oldalon, tehát a másik oldalra is hatot, vagyis 3 brómmolekulát kell írunk:



Folytathatnánk a rendezést az oxigénekkal, de lehet rendezni a töltéseket is. A jobb oldalon biztosan nulla lesz a töltések összege, tehát a bal oldalon is annyi kell. Eddig felírtunk 6 negatív töltést, tehát kell még 6 pozitív töltés, ami a 6 hidrogéniontól származik:



A bal oldalon található 3 oxigénből és 6 hidrogénből pont kijön 3 vízmolekula:



12.2.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

I. Írja fel és rendezze, illetve egészítse ki az alábbi redoxireakciók egyenletét!

1. nátrium + klór
2. kalcium + oxigén
3. alumínium + jód
4. nátrium + kén
5. szén + oxigén
6. alumínium + oxigén
7. kálium + bróm
8. kén + oxigén
9. foszfor + oxigén $\rightarrow \text{P}_2\text{O}_5$ (helyesebben P_4O_{10})
10. lítium + oxigén
11. kén-hidrogén + oxigén $\rightarrow$ kén-dioxid + víz
12. metán + oxigén
13. $\text{Cl}_2 + \text{KI} \rightarrow \text{I}_2 + \text{KCl}$
14. $\text{NaBr} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaCl} + \text{Br}_2$
15. $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \rightarrow$
16. $\text{MgCl}_2 + \text{Fe} \rightarrow$
17. $\text{AgNO}_3 + \text{Mg} \rightarrow$
18. $\text{CuSO}_4 + \text{Ag} \rightarrow$
19. $\text{Al} + \text{HCl} \rightarrow$
20. $\text{Fe} + \text{HCl} \rightarrow$
21. $\text{Zn} + \text{híg } \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
22. $\text{Cu} + \text{HCl} \rightarrow$
23. $\text{Mg} + \text{híg } \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
24. $\text{Ag} + \text{HCl} \rightarrow$
25. $\text{K} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{KOH} + \text{H}_2$
26. $\text{Ba} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ba(OH)}_2 + \text{H}_2$

II. Határozzuk meg az alábbi anyagokban a nitrogén oxidációs számát!

- | | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1. NH_3 | 2. NO | 3. N_2 | 4. NO_2 | 5. NH_4^+ |
| 6. N_2O_3 | 7. N_2O_4 | 8. HNO_3 | 9. HNO_2 | 10. N_2O |
| 11. NO_2^- | 12. NO_3^- | 13. KNO_3 | 14. NH_4Br | 15. $\text{Mg(NO}_3)_2$ |
| 16. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ | 17. Ca_3N_2 | | | |

III. Mennyi a mangán oxidációs száma az alábbi anyagokban?

- | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|
| 1. Mn^{2+} | 2. MnCl_2 | 3. MnO_2 | 4. Mn | 5. KMnO_4 | 6. Mn^{3+} |
| 7. Mn_2O_7 | 8. MnO(OH)_2 | 9. MnO_4^- | 10. K_2MnO_4 | 11. MnSO_4 | |

IV. Rendezzük az alábbi reakcióegyenleteket az oxidációs számok segítségével!

1. $\text{Fe}^{2+} + \text{Ce}^{4+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{Ce}^{3+}$
2. $\text{Ag}^+ + \text{Cu} \rightarrow \text{Ag} + \text{Cu}^{2+}$
3. $\text{Zn} + \text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Sn}$
4. $\text{Al} + \text{Hg}^{2+} \rightarrow \text{Al}^{3+} + \text{Hg}$

V. Rendezzük az alábbi reakcióegyenleteket az oxidációs számok segítségével! Olyan atomfajták is vannak, amelyeknek nem változik az oxidációs száma.

1. $\text{Zn} + \text{TiO}^{2+} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Ti}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$
2. $\text{AgI} + \text{Cu} \rightarrow \text{CuI} + \text{Ag}$
3. $\text{MnO}_4^- + \text{Fe}^{2+} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$
4. $\text{Sn}^{4+} + \text{Ti}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Sn}^{2+} + \text{H}^+ + \text{TiO}^{2+}$
5. $\text{KMnO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

VI. Rendezzük az alábbi reakcióegyenleteket az oxidációs számok segítségével! A redukálódó vagy oxidálódó atom a két oldalon lévő képletben nem azonos indexszel szerepel.

1. $\text{MnO}_2 + \text{Al} \rightarrow \text{Mn} + \text{Al}_2\text{O}_3$
2. $\text{V} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{V}_2\text{O}_5 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
3. $\text{KMnO}_4 + \text{KBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Br}_2 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
4. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{I}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$
5. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$
6. $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{I}_2 \rightarrow \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + \text{I}^-$
7. $\text{BrO}_3^- + \text{I}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{Br}^- + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$

VII. Rendezzük az alábbi reakcióegyenleteket az oxidációs számok segítségével! A redukálódó vagy oxidálódó atomfajtából olyan is szerepel az egyenletben, amelyiknek nem változik az oxidációs száma.

1. $\text{Ag} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{AgNO}_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
2. $\text{Cu} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
3. $\text{Cu}^{2+} + \text{I}^- \rightarrow \text{CuI} + \text{I}_2$
4. $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
5. $\text{MnO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
6. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{CrCl}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
7. $\text{BrO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{BrCl} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

VIII. Rendezzük az alábbi reakcióegyenleteket az oxidációs számok segítségével! Csak egyetlen atomfajtának változik az oxidációs száma (diszproporció, színproporció).

1. $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
2. $\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$
3. $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
4. $\text{S} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$
5. $\text{KMnO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{ZnO} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{ZnSO}_4$
6. $\text{KI} + \text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

IX. Rendezzük az alábbi reakcióegyenleteket az oxidációs számok segítségével! A töltésmérleg segíthet a rendezésben.

1. $\text{Zn} + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + \text{H}_2$
2. $\text{Al} + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{H}_2$
3. $\text{S} + \text{OH}^- \rightarrow \text{S}^{2-} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
4. $\text{ClO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{ClO}_4^- + \text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
5. $\text{HCOOH} + \text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{CO}_2 + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$

X. Rendezzük az alábbi reakcióegyenleteket az oxidációs számok segítségével! Vegyesen mindenféle egyenletek, amelyeket az oxidációs számok segítségével kell rendezni.

1. $\text{I}_2\text{O}_5 + \text{CO} \rightarrow \text{I}_2 + \text{CO}_2$
2. $\text{MnO}_4^- + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
3. $\text{BrO}_3^- + \text{Br}^- + \text{Cl}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{BrCl} + \text{H}_2\text{O}$
4. $\text{I}_2 + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{I}^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}^+$
5. $\text{NO}_2^- + \text{I}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
6. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$
7. $\text{Cl}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{Cl}^- + \text{OCl}^- + \text{H}_2\text{O}$
8. $\text{ClO}_4^- + \text{Ti}^{3+} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Cl}^- + \text{Ti}^{4+} + \text{H}_2\text{O}$
9. $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{KMnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{KOH}$
10. $\text{Zn} + \text{NO}_3^- + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + \text{NH}_3$
11. $\text{Hg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
12. $\text{MnO}_4^- + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$
13. $\text{HgO} \rightarrow \text{Hg}_2\text{O} + \text{Hg} + \text{O}_2$
14. $\text{IO}_3^- + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{I}_2 + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}^+$
15. $\text{Hg} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
16. $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{Br}^- + \text{H}^+$
17. $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
18. $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{NaNO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaNO}_2 + \text{CO}_2$
19. $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{S} + \text{H}_2\text{O}$
20. $\text{CuS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{S} + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
21. $\text{AsCl}_3 + \text{Sn}^{2+} + \text{Cl}^- \rightarrow \text{As} + \text{SnCl}_6^{2-}$
22. $\text{MnO}_4^- + (\text{COO})_2^{2-} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
23. $\text{I}^- + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$
24. $\text{MnO}_2 + \text{KNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

12. 3. REAKCIOEGYENLETEK VEGYESEN, REAKCIÓTÍPUSOK (SZERVETLEN)

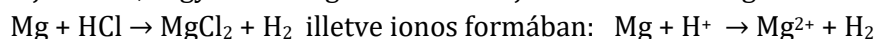
Reakcióegyenletek felírásakor először az adott reakcióban keletkező termékeket kell kitalálnunk. Ebben segítségünkre lehet, ha megvizsgáljuk, hogy a kiindulási anyagok milyen tulajdonságokkal rendelkeznek, milyen reakcióban vesznek részt általában. Nézzük meg, hogy van-e közöttük olyan, amelyik savként viselkedhet, tehát proton leadására képes, és van-e olyan, amelyik ezt a protont fel tudja venni, vagyis van-e lehetőség sav-bázis reakció lejátszódására. Vizsgáljuk meg, hogy van-e a reaktánsok között oxidálószer vagy redukálószer és van-e olyan partner, amit lehet oxidálni illetve redukálni, tehát a redoxireakció lejátszódását valószínűsíthetjük-e. Lehet, hogy csapadékképződéssel járó reakcióval van dolgunk. Ennek eldöntéséhez ellenőrizzük, hogy a kiindulási anyagokban szereplő ionok/molekulák között vannak-e olyanok, amelyek rosszul oldódó vegyületet képezhetnek egymással. (A hagyományos értelemben cserebomlásnak nevezett reakciók akkor játszódnak le, ha a „csere” következtében rosszul disszociáló vegyület keletkezik.)

12.3.1. MINTAFELADATOK

A/ Milyen reakció játszódhat le a sósav és a magnézium között?

Megoldás:

A sósav a hidrogén-klorid vizes oldata. Bár a hidrogén-klorid viselkedhet savként, a magnézium nem tud protonokat felvenni, így nem sav-bázis reakcióval állunk szemben. Redoxireakció viszont játszódhat, hiszen a magnézium meglehetősen reakcióképes fém, a standardpotenciálja negatív érték, így savakból képes hidrogént fejleszteni, vagyis a hidrogénionokat tudja redukálni. Ő maga eközben oxidálódik Mg^{2+} -ionná:



Az egyenletet rendezve: $Mg + 2 HCl = MgCl_2 + H_2$ illetve $Mg + 2 H^+ = Mg^{2+} + H_2$.

B/ Milyen reakció játszódhat le, ha nátrium-karbonát-oldathoz kalcium-klorid-oldatot öntünk?

Megoldás:

A kiindulási anyagok között nincsen olyan, amelyik protont tudna leadni, így nem sav-bázis reakcióról van szó. A reaktánsok stabilis ionokból álló vegyületek, könnyen oxidálható vagy redukálható nem szerepel közöttük, így redoxireakció sem lehet. Nézzük meg a lehetséges termékeket, ha a cserebomlásra gondolunk:

$Na_2CO_3 + CaCl_2 \rightarrow NaCl + CaCO_3$. A $CaCO_3$ nem oldódik vízben, vagyis csapadékképződéssel járó reakcióról van szó.

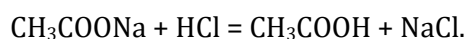
Az egyenletet rendezve: $Na_2CO_3 + CaCl_2 = 2NaCl + CaCO_3$.

A reakció lényege az ionegyenletből látszik jobban: $Ca^{2+} + CO_3^{2-} = CaCO_3$.

C/ Milyen reakció játszódhat le, ha nátrium-acetát-oldathoz sósavat öntünk?

Megoldás:

A sósavban lévő hidrogén-klorid erős sav, tehát protonleadásra képes, az acetát-ionok ezeket a protonokat fel tudják venni, hiszen ekkor ecetsav, egy gyenge sav keletkezik. Az erősebb sav tehát a gyengébbet sójából fel tudja szabadítani:



12.3.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

Fejezze be és rendezze az alábbi reakciók egyenletét! Milyen reakciótípus(ok)ba sorolhatóak be ezek a reakciók?

1. $\text{Na} + \text{H}_2\text{O}$
2. $\text{Ca} + \text{O}_2$
3. $\text{Al} + \text{HCl}$
4. $\text{Fe} + \text{Cl}_2$
5. $\text{P} + \text{O}_2$
6. $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl}$
7. $\text{Fe} + \text{CuSO}_4$
8. $\text{Ca(OH)}_2 + \text{HNO}_3$
9. $\text{S} + \text{O}_2$
10. $\text{Ba} + \text{H}_2\text{O}$
11. $\text{Cu} + \text{HCl}$
12. $\text{Al} + \text{I}_2$
13. $\text{Fe} + \text{híg } \text{H}_2\text{SO}_4$
14. $\text{Zn} + \text{HCl}$
15. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{O}_2$
16. $\text{LiOH} + \text{H}_3\text{PO}_4$
17. $\text{Al} + \text{híg } \text{H}_2\text{SO}_4$
18. $\text{Ba(OH)}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3$
19. $\text{Ag}_3\text{PO}_4 + \text{HNO}_3$
20. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
21. $\text{AlCl}_3 + \text{KOH}$
22. $\text{Ba(OH)}_2 + \text{CO}_2$
23. $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$
24. $\text{FeS} + \text{HCl}$
25. $\text{HClO}_4 + \text{Sr(OH)}_2$
26. $\text{AlPO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$
27. $\text{Zn} + \text{CuSO}_4$
28. $\text{K} + \text{H}_2\text{O}$
29. $\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$
30. $\text{Na} + \text{Cl}_2$
31. $\text{Fe} + \text{S}$
32. $\text{CaO} + \text{SO}_3$
33. $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH}$
34. $\text{ZnO} + \text{HNO}_3$

13. OLDATOK KONCENTRÁCIÓJÁVAL KAPCSOLATOS SZÁMOLÁSOK

13.1. OLDATOK KONCENTRÁCIÓJÁNAK KISZÁMÍTÁSA

A legegyszerűbb esetben ismerjük az oldat elkészítése során felhasznált anyagok tömegét, térfogatát, így ezekből az adatokból annak koncentrációját ki tudjuk számítani. Adott esetben a pontos számításokhoz szükség lehet az oldat sűrűségének ismeretére is, de híg oldatok (néhány tömegszázalék, század mol/dm^3 vagy hígabb oldatok) esetén az oldat sűrűségét egyenlőnek vehetjük a tiszta oldószer (víz) sűrűségével ($1,00 \text{ g/cm}^3$).

13.1.1. MINTAFELADATOK

A, 29,22 g konyhasóból 500 g oldatot készítünk. Mennyi ennek az oldatnak a koncentrációja tömegtörtben, tömegszázalékban, móltörtben, mólszázalékban és molalításban?

$$M_{\text{NaCl}} = 58,44 \text{ g/mol}, M_{\text{H}_2\text{O}} = 18,02 \text{ g/mol}$$

Megoldás:

$$w_{\text{NaCl}} = m_{\text{NaCl}} / m_{\text{oldat}} = 29,22 \text{ g} / 500 \text{ g} = 0,0584$$

Az oldott anyag tömegtörtje az oldatban tehát 0,0584.

Figyeljünk a feladat szövegére! Esetenként a feladat nem az oldat tömegét, hanem az oldószerét tartalmazza. Ekkor az oldat tömege az oldószer és az oldott anyag tömegének összegeként számítható.

$$w\% = m_{\text{NaCl}} / m_{\text{oldat}} \cdot 100 \text{ vagy } w\% = 100 \cdot w$$

$$w\% = 29,22 \text{ g} / 500 \text{ g} \cdot 100 = 5,84 \text{ vagy } w\% = 100 \cdot 0,0584 = 5,84$$

Tehát az oldat 5,84 tömegszázalékos.

$$x_{\text{NaCl}} = n_{\text{NaCl}} / n_{\text{oldat}}$$

Számoljuk ki az oldott anyag és az oldószer anyagmennyiségét. Az oldat anyagmennyisége valamennyi komponens anyagmennyiségének összege.

$$n_{\text{NaCl}} = 29,22 \text{ g} / 58,44 \text{ g/mol} = 0,5000 \text{ mol}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 500 \text{ g} - 29,22 \text{ g} = 470,78 \text{ g}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 470,78 \text{ g} / 18,02 \text{ g/mol} = 26,1254 \text{ mol}$$

$$n_{\text{oldat}} = n_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{NaCl}} = 0,5000 \text{ mol} + 26,1254 \text{ mol} = 26,6254 \text{ mol}$$

$$x = 0,5000 \text{ mol} / 26,6254 \text{ mol} = 0,01878 \approx 0,0188$$

Tehát az oldatban a só móltörtje 0,0188.

$$x\% = n_{\text{NaCl}} / n_{\text{oldat}} \cdot 100 \text{ vagy } x\% = 100 \cdot x$$

$$x\% = 0,5000 \text{ mol} / 26,6254 \text{ mol} \cdot 100 = 1,878 \approx 1,88 \text{ vagy } x\% = 100 \cdot 0,01878 = 1,878 \approx 1,88$$

Tehát az oldatban 1,88 mól% só van.

$$c_{\text{R}} = n_{\text{NaCl}} / m_{\text{oldat}} = 0,5000 \text{ mol} / 0,47078 \text{ kg} = 1,062 \text{ mol/kg} \approx 1,06 \text{ mol/kg}$$

Tehát az oldat molalítása 1,06 mol/kg

B, 0,1317 kg szilárd kálium-jodidot feloldunk 600 cm^3 desztillált vízben. A keletkezett sóoldat sűrűsége 20°C -on 1147 kg/m^3 . Adjuk meg az így kapott oldat anyagmennyiség-koncentrációját mol/dm^3 mértékegységben kifejezve! $M_{\text{KI}} = 166,01 \text{ g/mol}$

Megoldás:

$$c = n_{\text{KI}} / V_{\text{oldat}}$$

$$n_{\text{KI}} = m_{\text{KI}} / M_{\text{KI}} = 131,7 \text{ g} / 166,01 \text{ g/mol} = 0,7933257 \text{ mol}$$

(Az egyszerűbb számolás miatt a kg-ban megadott tömeget grammba váltottuk.)

600 cm³ desztillált víz tömege jó közelítéssel 600 g, így az oldat tömege 600 g + 131,7 g = 731,7 g lesz.

Térfogata: $V_{\text{oldat}} = m / \rho = 731,7 \text{ g} / 1,147 \text{ g/cm}^3 = 637,925 \text{ cm}^3$

$c = n_{\text{KI}} / V_{\text{oldat}} = 0,7933257 \text{ mol} / 0,637925 \text{ dm}^3 = 1,24 \text{ mol/dm}^3$

Tehát az oldat koncentrációja 1,24 mol/dm³.

13.1.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. 15,0 g kálium-kloridból 250 g oldatot készítünk. Hány tömeg%-os lesz a keletkező oldat?
2. 18,0 g kálium-hidroxidot feloldunk 160 g vízben. Hány tömeg%-os lesz a keletkező oldat?
3. Feloldunk 80 g vízben 6,5 g nátrium-hidroxidot. Mekkora ennek az oldatnak az anyagmennyiség-százalékos NaOH-tartalma?
4. Hány mol/dm³ koncentrációjú az az oldat, amelynek 75,0 cm³-e 1,50 g nátrium-hidroxidot tartalmaz?
5. Hány gramm kálium-bromidot és hány gramm vizet tartalmaz 350,0 cm³ 10,0 m/m%-os, 1,08 g/cm³ sűrűségű kálium-bromid-oldat?
6. 70,0 cm³ etanolt 300 cm³-re hígítunk. Hány térfogatszázalék etanolt tartalmaz a keletkezett oldat?
7. 350 cm³ térfogatú abszolút alkoholt vízzel 500 cm³-re hígítunk. Hány térfogatszázalékos oldatot kapunk? Hány tömegszázalékos az oldat, ha a sűrűsége 0,880 g/cm³, az abszolút alkoholé pedig 0,789 g/cm³?
8. 22,0 g NaOH-ból 250 cm³ térfogatú oldatot készítünk, amelynek a sűrűsége 1,086 g/cm³. Mekkora az oldat Raoult-koncentrációja (molalitása)?

13.2. OLDATOK KONCENTRÁCIÓJÁNAK ÁTSZÁMÍTÁSA MÁSIK ÖSSZETÉTELI VÁLTOZÓBA

Ha ismerjük egy oldat összetételét valamilyen összetételi változóban, akkor azt át lehet számítani másik összetételi változóra. Adott esetben szükség lehet például az oldat sűrűségére vagy az oldott anyag, illetve az oldószer moláris tömegére is a számításhoz. Az átszámítást két elvileg különböző módon lehet elvégezni. Egyik lehetőség, hogy a számítást egy konkrét (a példában megadott vagy általunk tetszőlegesen megválasztott nagyságú) rendszerrel végezzük. Mivel az összetételi változók intenzív paraméterek, értékük nem függ a vizsgált rendszer méretétől, tetszőleges nagyságú rendszerrel dolgozhatunk. Másik lehetőség a paraméteres átszámítás. Ebben az esetben nem választjuk meg a rendszer méretét, hanem többszörös egymásba helyettesítéssel addig alakítjuk képletünket, amíg már csak az ismert mennyiségek szerepelnek benne.

13.2.1. MINTAFELADAT

Hány mol/dm³ a koncentrációja egy 11,3 m/m%-os oldatnak, ha sűrűsége 1,132 g/cm³ és az oldott anyag moláris tömege 57,0 g/mol?

Első megoldás: Válasszunk egy adott méretű rendszert!

Az anyagmennyiség koncentráció kiszámításához szükségünk van az oldott anyag anyagmennyiségére és az oldat térfogatára ($c = n_{\text{o.a.}} / V_{\text{oldat}}$).

Vegyünk 1000 g oldatot! Ebben az oldott anyag tömege $m_{\text{o.a.}} = m_{\text{oldat}} \cdot w\% / 100 = 1000 \text{ g} \cdot 11,3 / 100 = 113 \text{ g}$.
Anyagmennyisége: $n_{\text{o.a.}} = m_{\text{o.a.}} / M_{\text{o.a.}} = 113 \text{ g} / 57,0 \text{ g/mol} = 1,98246 \text{ mol}$

Az oldat térfogata $V_{\text{oldat}} = m_{\text{oldat}} / \rho_{\text{oldat}} = 1000 \text{ g} / 1,132 \text{ g/cm}^3 = 883,392 \text{ cm}^3 = 0,883392 \text{ dm}^3$

Az anyagmennyiség-koncentráció

$$c = n_{\text{o.a.}} / V_{\text{oldat}} = 1,98246 \text{ mol} / 0,883392 \text{ dm}^3 = 2,24415 \text{ mol/dm}^3 \approx 2,24 \text{ mol/dm}^3$$

Második megoldás: Paraméteres átszámítás.

Az anyagmennyiség-koncentráció kiszámításához szükségünk van az oldott anyag anyagmennyiségére és az oldat térfogatára ($c = n_{\text{o.a.}} / V_{\text{oldat}}$). Fejezzük ki ezeket az ismert mennyiségekkel!

$$n_{\text{o.a.}} = m_{\text{o.a.}} / M_{\text{o.a.}}$$

$$V_{\text{oldat}} = m_{\text{oldat}} / \rho_{\text{oldat}}$$

$$\text{Így } c = n_{\text{o.a.}} / V_{\text{oldat}} = (m_{\text{o.a.}} / M_{\text{o.a.}}) / (m_{\text{oldat}} / \rho_{\text{oldat}}) = (m_{\text{o.a.}} / m_{\text{oldat}}) \cdot (\rho_{\text{oldat}} / M_{\text{o.a.}})$$

A két tömeg hányadosát a tömegszázalék számításának alapképletéből tudjuk kifejezni:

$$m_{\text{o.a.}} / m_{\text{oldat}} = w\% / 100$$

$$\text{Tehát } c = (w\% / 100) \cdot (\rho_{\text{oldat}} / M_{\text{o.a.}}) = (11,3 / 100) \cdot (1,132 \text{ g/cm}^3 / 57,0 \text{ g/mol}) = 0,00224414 \text{ mol/cm}^3 = 2,24414 \text{ mol/dm}^3 \approx 2,24 \text{ mol/dm}^3$$

13.2.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Hány tömegszázalékos a 2,75 n/n%-os NaOH-oldat?
2. Mennyi az anyagmennyiség-százalékos ammónium-klorid-tartalma a 6,50 m/m%-os oldatnak?
3. Hány tömeg%-os és hány anyagmennyiség%-os a reagens (2,00 mol/dm³ koncentrációjú) salétromsavoldat, ha a sűrűsége 1,065 g/cm³?

4. Egy vizes KBr-oldatban a kálium-bromid móltörtje 0,085. Hány g KBr-ot tartalmaz az oldat 150 g-ja? Hány $m/m\%$ -os az oldat a KBr-ra nézve?
5. Egy foszforsavoldat 85,0 $n/n\%$ vizet tartalmaz. Mekkora az oldatban az foszforsav Raoult-koncentrációja?

13. 3. OLDATOK KÉSZÍTÉSE

Az oldatok koncentrációjának kiszámításához képest itt annyiban nehezebb a feladatunk, hogy a 13. 2. 1. fejezetben ismertetettel ellentétben nem ismert mennyiségű és összetételű kiindulási anyagból számoljuk az oldat koncentrációját, hanem a készítendő oldat összetétele (és mennyisége) ismert, de az elkészítéshez szükséges kiindulási anyag(ok) mennyisége nem. Az ilyen feladatok megoldásához tulajdonképpen visszafelé kell gondolkoznunk. Célszerű az ismert koncentrációt definiáló egyenletet felírni és azt megoldva kiszámolni a kívánt mennyiségeket.

13.3.1. MINTAFELADATOK

A, Hány gramm 41,7 m/m%-os oldatot készíthetünk 94,18 g kálium-jodidból?

Megoldás:

$$w\% = m_{\text{KI}} / m_{\text{oldat}} \cdot 100$$

Az egyenletbe behelyettesítve látjuk, hogy csak az oldat tömege ismeretlen:

$$41,7 = 94,18 \text{ g} / m_{\text{oldat}} \cdot 100$$

$$\text{Ebből } m_{\text{oldat}} = 94,18 \text{ g} / 41,7 \cdot 100 = 225,851 \text{ g} \approx 226 \text{ g}$$

B, Mekkora tömegű 5,00 mólszázalékos oldat előállításához elegendő 42 g NaBr? $M_{\text{NaBr}} = 102,89 \text{ g/mol}$

Megoldás:

$$n_{\text{NaBr}} = 42 \text{ g} / 102,89 \text{ g/mol} = 0,4082 \text{ mol}$$

Behelyettesítünk az $x\% = 100 \cdot n_{\text{NaBr}} / (n_{\text{NaBr}} + n_{\text{H}_2\text{O}})$ egyenletbe:

$$5,00 = 100 \cdot 0,4082 \text{ mol} / (0,4082 \text{ mol} + n_{\text{H}_2\text{O}})$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 7,7558 \text{ mol}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}} = 7,7558 \text{ mol} \cdot 18,02 \text{ g/mol} = 139,76 \text{ g}$$

$$m_{\text{oldat}} = m_{\text{NaBr}} + m_{\text{H}_2\text{O}} = 42 \text{ g} + 139,76 \text{ g} = 181,76 \text{ g} \approx 182 \text{ g}$$

Tehát 182 g oldatot tudunk készíteni.

C, Készítenünk kell 2,50 dm³ térfogatú, 1,25 mol/dm³ koncentrációjú sósavat. Hány cm³-t kell felhígítanunk ehhez a rendelkezésre álló tömény sósavból, ha az 36,0 m/m%-os, sűrűsége pedig 1,180 g/cm³?

Megoldás:

A készítendő oldatban $2,50 \text{ dm}^3 \cdot 1,25 \text{ mol/dm}^3 = 3,125 \text{ mol}$ HCl van.

$$\text{Ennek tömege } m_{\text{HCl}} = n_{\text{HCl}} \cdot M_{\text{HCl}} = 3,125 \text{ mol} \cdot 36,46 \text{ g/mol} = 113,9375 \text{ g}$$

$$\text{Ebből a tömény sósavoldat tömege: } m_{36\% \text{ oldat}} = m_{\text{HCl}} / w\% \cdot 100 = 113,9375 \text{ g} / 36,0 \cdot 100 = 316,493 \text{ g}$$

$$\text{A tömény oldat térfogata: } V_{36\% \text{ oldat}} = m_{36\% \text{ oldat}} / \rho_{36\% \text{ oldat}} = 316,493 \text{ g} / 1,180 \text{ g/cm}^3 = 268,214 \text{ cm}^3 \approx 268 \text{ cm}^3$$

Tehát 268 cm³ tömény sósavat kell hígítanunk.

13.3.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Hány gramm kálium-nitrátra és hány gramm vízre van szükség 0,1200 kg 7,000 $m/m\%$ -os oldat készítéséhez?
2. Hány gramm 12,0 $m/m\%$ -os oldatot készíthetünk 45,0 g kálium-szulfátból?
3. Hány g nátrium-karbonátot adjunk 150 cm^3 vízhez, hogy 5,50 $m/m\%$ -os oldatot nyerjünk?
4. 40,0 g NaCl-ből mekkora tömegű 6,50 $n/n\%$ -os oldat készíthető?
5. Hány cm^3 abszolút alkoholra van szükség 250 cm^3 térfogatú, 70,0 $V/V\%$ etanolt tartalmazó etanololdat készítéséhez?
6. Mekkora térfogatú 1,20 mol/dm^3 koncentrációjú nátrium-hidroxid-oldat készíthető 25,0 g nátrium-hidroxidból?
7. Hány g kálium-hidroxidból és hány cm^3 desztillált vízből készült az a 400,0 cm^3 térfogatú 0,500 mol/dm^3 koncentrációjú kálium-hidroxid-oldat, amelynek a sűrűsége 1,025 g/cm^3 ?
8. 2,50 dm^3 térfogatú, 2,00 mol/dm^3 koncentrációjú sósav készítéséhez hány cm^3 tömény sósavat hígítsunk fel, ha a tömény sósav 36,0 $m/m\%$ -os, sűrűsége pedig 1,180 g/cm^3 ?

13. 4. OLDATOK HÍGÍTÁSA, TÖMÉNYÍTÉSE, KEVERÉSE

Szilárd anyag feloldása, oldat hígítása, töményítése közben az oldott anyag anyagmennyisége/tömege változatlan marad. Az ilyen jellegű feladatoknál ezt ki lehet használni és a megoldást egy egyszerű anyagmegmaradási egyenletre visszavezetni. A megmaradási egyenlet különféle összetételi változókkal felírható.

Legyen két rendszerünk (1) és (2), amelyeket egyesítünk, így létrejön egy új rendszer (3). Rendszer lehet valamilyen tiszta anyag (víz, só) vagy oldat.

1. A keverési egyenlet anyagmennyiség koncentrációval felírva.

Az oldott anyag anyagmennyiségét felírhatjuk az oldat anyagmennyiség-koncentrációjának és térfogatának szorzataként: $n_{\text{oldott anyag}} = c \cdot V$

Jelöljük 1,2 és 3 indexekkel az egyes rendszerekhez tartozó mennyiségeket és írjuk fel a megmaradási egyenletet az oldott anyag anyagmennyiségére:

$$c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2 = c_3 \cdot V_3$$

Ez az egyenlet közvetlenül alkalmazható oldatok keverése esetén. Egy oldat hígításának számolásakor további egyszerűsítésre nyílik lehetőség. Legyen az (1) rendszer a kiindulási oldatunk, a (2) rendszer a hozzáadott víz. Ekkor $c_2 = 0$, mert a vízben nincs oldott anyag, így az egyenlet egyszerűsödik: $c_1 \cdot V_1 = c_3 \cdot V_3$. Ezt szokás hígítási szabálynak nevezni. Az egyenletet átalakítva könnyen kiszámolható akár az új, akár a kiindulási oldat koncentrációja ($c_3 = c_1 \cdot V_1 / V_3$, illetve $c_1 = c_3 \cdot V_3 / V_1$), akár valamelyik oldat térfogata ($V_3 = V_1 \cdot c_1 / c_3$ vagy $V_1 = V_3 \cdot c_3 / c_1$).

Figyelem! A térfogatok nem adódnak össze, tehát $V_1 + V_2 \approx V_3$ legfeljebb közelítőleg (vagy töményebb oldatok esetén még úgy sem) teljesül, ezért adott esetben az oldatok sűrűségével számolni kell.

2. A keverési egyenlet tömegmegmaradásra felírva.

Legyenek w_1 , w_2 és w_3 rendre a kiindulási oldataink és a keletkező oldat koncentrációi tömeghányadban, m_1 , m_2 és m_3 pedig az egyes oldatok tömege. Ekkor az előző pontban leírthoz teljesen hasonló módon írjuk fel 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 itt is további egyszerűsítésre nyílik lehetőség. Legyen az (1) rendszer a kiindulási oldatunk, a (2) rendszer a hozzáadott víz. Ekkor $w_2 = 0$, mert a vízben nincs oldott anyag, így az egyenlet egyszerűsödik: $w_1 \cdot m_1 = w_3 \cdot m_3$. Ez az oldott anyag tömegére kifejezett hígítási szabály. Az anyagmennyiségekre felírt egyenlethez hasonlóan ebből is kifejezhető bármelyik oldat tömege, illetve tömeghányada.

A tömegek minden esetben összeadódnak: $m_3 = m_1 + m_2$.

Oldatok oldószer eltávolításával történő töményítésekor is használható az egyenlet, csak ebben az esetben nem hozzáadjuk, hanem eltávolítunk oldószert, így annak „hozzáadott” mennyisége negatív lesz.

13.4.1. MINTAFELADATOK

A, 35 cm³ térfogatú 0,42 mol/dm³ koncentrációjú oldatot 250 cm³-re hígítunk. Hány mol/dm³ koncentrációjú oldatot kapunk?

Megoldás:

Használjuk a hígítási szabályt a feladat megoldására!

$$c_{\text{új}} = c_{\text{régi}} \cdot V_{\text{régi}} / V_{\text{új}} = 35 \text{ cm}^3 \cdot 0,42 \text{ mol/dm}^3 / 250 \text{ cm}^3 = 0,0588 \text{ mol/dm}^3 \approx 0,059 \text{ mol/dm}^3$$

B, Mekkora térfogatú 1,87 mol/dm³ koncentrációjú salétromsavoldatot hígítsuk, ha 250 cm³ 0,100 mol/dm³ koncentrációjú oldatra van szükségünk?

Megoldás:

A hígítási szabályt ebben az esetben az alábbi képlettel használhatjuk:

$$V_{\text{régi}} = V_{\text{új}} \cdot c_{\text{új}} / c_{\text{régi}} = 250 \text{ cm}^3 \cdot 0,100 \text{ mol/dm}^3 / 1,87 \text{ mol/dm}^3 = 13,369 \text{ cm}^3 \approx 13,4 \text{ cm}^3$$

C, Összeöntünk 10,0 g 25 m/m%-os és 50,0 g 10 m/m%-os NaOH-oldatot. Hány tömeg%-os lesz a keletkező oldat?

Megoldás:

Alkalmazzuk a keverési egyenletet! Azonosítsuk a rendszereket és gyűjtsük össze a rendelkezésre álló adatokat.

(1) 25%-os oldat	(2) 10%-os oldat	(3) új oldat
$m_1 = 10 \text{ g}$	$m_2 = 50 \text{ g}$	$m_3 = m_1 + m_2 = 60 \text{ g}$
$w_1 = 0,25$	$w_2 = 0,10$	$w_3 = ?$

$$w_1 \cdot m_1 + w_2 \cdot m_2 = w_3 \cdot m_3$$

$$0,25 \cdot 10 \text{ g} + 0,10 \cdot 50 \text{ g} = w_3 \cdot 60 \text{ g}$$

$$w_3 = 0,125$$

Az új oldat 12,5 tömegszázalékos.

D, 40 g 8,20 m/m%-os CuSO₄-oldatban még 6,327 g CuSO₄·5H₂O-t adunk. Hány %-os lesz a keletkező oldat?

Megoldás:

Alkalmazzuk a keverési egyenletet!

(1) 8,20%-os oldat	(2) CuSO ₄ ·5H ₂ O	(3) új oldat
$m_1 = 40,0 \text{ g}$	$m_2 = 6,327 \text{ g}$	$m_3 = m_1 + m_2 = 46,327 \text{ g}$
$w_1 = 0,0820$	$w_2 = ?$	$w_3 = ?$

Első pillantásra két ismeretlent látunk, de egy rövid számítással a réz-szulfát tömegtörtje a kristályvizes sóban kiszámolható.

$$\text{Tetszőleges anyagmennyiségű sóban igaz a következő: } w = m(\text{CuSO}_4) / m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$$

$$\text{Vegyünk 1 mol sót! Ekkor a moláris tömegekből adódóan } w_2 = 159,61 \text{ g} / 249,71 \text{ g} = 0,639181$$

Behelyettesítve:

$$0,0820 \cdot 40 \text{ g} + 0,639181 \cdot 6,327 \text{ g} = w_3 \cdot 46,327 \text{ g}$$

$$w_3 = 0,158096 \approx 0,158$$

Az új oldat 15,8 tömegszázalékos.

E, Készítenünk kell 0,75 liter 15,0 m/m%-os, 1,13 g/cm³ sűrűségű kénsavoldatot. Hány cm³ tömény kénsavra és mennyi vízre van szükség? A rendelkezésre álló tömény kénsav 96,0 m/m%-os, sűrűsége 1,84 g/cm³.

Megoldás:

Alkalmazzuk a keverési egyenletet!

(1) 96,0%-os oldat	(2) víz	(3) 15,0 %-os oldat
$m_1 = ?$	$m_2 = ?$	$m_3 = V_3 \cdot \rho_3 = 750 \text{ cm}^3 \cdot 1,13 \text{ g/cm}^3 = 847,5 \text{ g}$
$w_1 = 0,960$	$w_2 = 0$	$w_3 = 0,150$

Első pillantásra két ismeretlent látunk, de a víz tömege a behelyettesítéskor eltűnik a nullás tömeg tört miatt:

$$w_1 \cdot m_1 = w_3 \cdot m_3 !$$

$$0,960 \cdot m_1 = 0,150 \cdot 847,5 \text{ g}$$

$$m_1 = 132,42 \text{ g}$$

$$\text{Ebből a tömény kénsav térfogata: } V_1 = m_1 / \rho_1 = 132,42 \text{ g} / 1,84 \text{ g/cm}^3 = 71,9674 \text{ cm}^3 \approx 72 \text{ cm}^3$$

A víz mennyiségét az oldat és a tömény kénsav tömegének különbségeként számolhatjuk ki:

$$m_2 = 847,5 \text{ g} - 132,42 \text{ g} = 715,08 \text{ g}$$

A tiszta víz sűrűségét felhasználva ez 715,08 cm³, kerekítve 715 cm³.

Figyelem! A hígításhoz szükséges víz térfogata nem az oldat és a tömény kénsav *térfogatának* különbsége!

F, 200 g 60 °C-on telített kálium-nitrát-oldatot lehűtünk 20 °C-ra. Mekkora térfogatú 20 °C-os 15,0 w%-os kálium-nitrát oldatot kell ehhez adni, hogy éppen telített oldatot kapjunk?

A KNO₃ oldhatósága: 20 °C-on: 31,6 g só / 100 g víz, 32 °C-on 42 g só / 100 g víz,
60 °C-on 110,0 g só / 100 g víz. $\rho_{20 \text{ °C-os, } 15 \text{ w\%-os oldat}} = 1,1623 \text{ g/cm}^3$

Megoldás:

Alkalmazzuk a keverési egyenletet!

(1) 60 °C-on telített oldat	(2) 15,0 %-os oldat	(3) 20 °C-on telített oldat
$m_1 = 200 \text{ g}$	$m_2 = ?$	$m_3 = m_1 + m_2 = 200 \text{ g} + m_2$
$w_1 = ?$	$w_2 = 0,15$	$w_3 = ?$

Első pillantásra három ismeretlent látunk, de a két telített oldat tömeg törtjét ki tudjuk számítani.

$$w_1 = 110,0 \text{ g} / (110,0 \text{ g} + 100 \text{ g}) = 0,52381$$

$$w_3 = 31,6 \text{ g} / (31,6 \text{ g} + 100 \text{ g}) = 0,24012$$

Behelyettesítve:

$$0,52381 \cdot 200 \text{ g} + 0,15 \cdot m_2 = 0,24012 \cdot (200 \text{ g} + m_2)$$

$$m_2 = 629,57 \text{ g}$$

$$V_2 = 629,57 \text{ g} / 1,1623 \text{ g/cm}^3 = 541,66 \text{ cm}^3 \approx 542 \text{ cm}^3$$

542 cm³ oldatot kell hozzáadni.

Figyelem! Egyes, a feladatban megadott adatok nem szükségesek a megoldáshoz!

13.4.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. 20 cm^3 térfogatú $0,65 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldatot 250 cm^3 -re hígítunk. Hány mol/dm^3 koncentrációjú oldatot kapunk?
2. Mekkora térfogatra hígítsuk fel a 200 ml térfogatú, $2,55 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú salétromsavoldatot, ha $0,100 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldatra van szükségünk?
3. Egy oldat 150 cm^3 -ét $2,00 \text{ dm}^3$ -re hígítva $0,550 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldatot kaptunk. Milyen volt a kiindulási oldat koncentrációja?
4. $3,50 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldat hígításával akarunk 500 cm^3 $0,200 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldatot készíteni. Hány cm^3 -ét kell ehhez a kiindulási töményebb oldatnak felhígítani?
5. Összeöntünk 20 g $30 \text{ m/m}\%$ -os és 50 g $10 \text{ m/m}\%$ -os NaOH-oldatot. Hány tömeg%-os lesz a keletkező oldat?
6. Összeöntünk 20 g $30 \text{ m/m}\%$ -os és NaOH-oldatot és 40 g vizet. Hány tömeg%-os lesz a keletkező oldat?
7. Összeöntünk $10,0 \text{ g}$ $30,0 \text{ m/m}\%$ -os NaOH-oldatot és $70,0 \text{ cm}^3$ vizet. Hány tömeg%-os lesz a keletkező oldat?
8. Összeöntünk $15,0 \text{ cm}^3$ $30,0 \text{ m/m}\%$ -os, $1,20 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű NaOH-oldatot és $45,0 \text{ cm}^3$ vizet. Hány tömeg%-os lesz a keletkező oldat?
9. Összeöntünk $25,0 \text{ cm}^3$ $30,0 \text{ m/m}\%$ -os, $1,20 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű NaOH-oldatot és $4,00 \text{ cm}^3$ $10,0 \text{ m/m}\%$ -os, $1,08 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű NaOH-oldatot. Hány tömeg%-os lesz a keletkező oldat?
10. Hány cm^3 vizet adjunk 10 g $20 \text{ m/m}\%$ -os oldathoz, hogy a keletkező oldat $5 \text{ m/m}\%$ -os legyen?
11. Hány g $10,0 \text{ m/m}\%$ -os oldatot adjunk $40,0 \text{ g}$ $20,0 \text{ m/m}\%$ -os oldathoz, hogy $17,0 \text{ m/m}\%$ -os oldatot kapjunk?
12. Milyen arányban keverjük össze $10 \text{ m/m}\%$ -os és $25 \text{ m/m}\%$ -os oldatot, hogy $13 \text{ m/m}\%$ -os oldathoz jussunk?
13. 150 g $10,0 \text{ m/m}\%$ -os NaCl-oldatban még $5,00 \text{ g}$ szilárd NaCl-ot oldunk. Hány tömegszázalékos oldat keletkezik?
14. 100 g $5,00 \text{ m/m}\%$ -os CuSO_4 -oldatban még $10,0 \text{ g}$ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -ot oldunk. Hány $\text{m/m}\%$ -os lesz a keletkező oldat?
15. Hány g kristályos réz-szulfátot ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) adjunk 250 g $7,00 \text{ m/m}\%$ -os CuSO_4 -oldathoz, hogy $10,0 \text{ m/m}\%$ -os oldatot nyerjünk?
16. Hány $\text{m/m}\%$ -os volt az a CuSO_4 -oldat, amelynek 100 g -jához $5,0 \text{ g}$ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -ot adva $8,0 \text{ m/m}\%$ -os oldat keletkezett?
17. 200 g $5,0 \text{ m/m}\%$ -os oldatból elpárologtatunk 50 g vizet. Hány $\text{m/m}\%$ -os oldat marad vissza?
18. Hány g vizet párologtassunk el 120 g $10 \text{ m/m}\%$ -os oldatból, hogy $12 \text{ m/m}\%$ -os oldatot nyerjünk?
19. Összeöntünk 100 cm^3 $1,10 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű, $12,0 \text{ m/m}\%$ -os NaOH-oldatot és 200 cm^3 $2,00 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú, $1,08 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű NaOH-oldatot. Hány tömegszázalékos oldat keletkezik?
20. Készítenünk kell $2,00 \text{ liter}$ $15,0 \text{ m/m}\%$ -os, $1,13 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű kénsavoldatot. Hány cm^3 tömény kénsavra és mennyi vízre van szükség? A tömény kénsav $96,0 \text{ m/m}\%$ -os, sűrűsége $1,84 \text{ g/cm}^3$.
21. $15,0 \text{ cm}^3$ $37 \text{ m/m}\%$ -os, $1,185 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű sósavat $1,0 \text{ dm}^3$ -re hígítunk. Hány mol/dm^3 koncentrációjú lesz az oldat?
22. Milyen térfogatú $1,50 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldat készíthető $20,0 \text{ cm}^3$ $65,0 \text{ m/m}\%$ -os, $1,47 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű foszforsavból?
23. $67 \text{ m/m}\%$ -os, $1,400 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű salétromsavból kell készítenünk 300 g $10 \text{ m/m}\%$ -os oldatot. Hány cm^3 tömény salétromsavra és hány cm^3 vízre van szükség ehhez?
24. Legfeljebb mennyi sót lehet feloldani 240 g 20°C -on telített kálium-klorát-oldatban, hogy 80°C -on még ne legyen telített?
A KClO_3 oldhatósága: 20°C -on: $6,50 \text{ g só} / 100 \text{ g víz}$, 80°C -on $40,0 \text{ g só} / 100 \text{ g víz}$.

25. 140 g 60 °C-on telített kálium-nitrát-oldatot lehűtünk 20 °C-ra. Mekkora térfogatú 20 °C-os 12,0 $m/m\%$ -os kálium-nitrát oldatot kell ehhez adni, hogy éppen telített oldatot kapjunk? A KNO_3 oldhatósága: 20 °C-on: 31,6 g só / 100 g víz, 32 °C-on 42 g só / 100 g víz, 60 °C-on 110,0 g só / 100 g víz.
 $\rho_{20\text{ °C-os, } 12\text{ w\%-os oldat}} = 1,1623\text{ g/cm}^3$
26. 50,0 cm^3 96,0 $m/m\%$ -os, 1,835 g/cm^3 sűrűségű tömény kénsavoldatot vízzel 3,00 dm^3 -re hígítunk. Hány mol/dm^3 koncentrációjú oldatot kapunk?
27. 200 cm^3 térfogatú, 0,600 mol/dm^3 koncentrációjú, 1,04 g/cm^3 sűrűségű salétromsavoldathoz 150 cm^3 vizet öntünk. Hány tömeg%-os lesz a keletkező oldat?
28. 200 cm^3 térfogatú, 0,60 mol/dm^3 koncentrációjú, 1,04 g/cm^3 sűrűségű salétromsavoldatot vízzel 500 cm^3 térfogatra hígítunk. Hány mol/dm^3 lesz az oldat koncentrációja?
29. 120 g 15,0 $m/m\%$ -os nátrium-klorid-oldatban még 5,00 g NaCl-ot oldunk. Hány tömeg%-os oldatot kapunk?
30. 120 g 15 $m/m\%$ -os nátrium-klorid-oldatból elpárologtatunk 30 g vizet. Hány tömeg%-os lesz a visszamaradó oldat?

14. OLDHATÓSÁG

A vízben jól oldódó anyagok esetében az oldhatóságot vagy a telített oldat tömegszázalékos összetételével, vagy a 100 g vízben oldódó anyag tömegével szokás megadni. A vízben rosszul oldódó anyagok (csapadékok) oldhatóságát azonban a leggyakrabban az ún. oldhatósági szorzattal jellemzik. A csapadék oldhatósága alatt pedig legtöbbször az oldott csapadék anyagmennyiségének és az oldat térfogatának hányadosát értjük, amit jelöljünk S -sel.

Ha az ezüst-kloridot vízbe tesszük, belőle nagyon kevés oldódik csak fel, a nagyobb része szilárd fázisként marad:

$\text{AgCl}_{(s)} \rightleftharpoons \text{Ag}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$. Mivel ez egyensúlyi reakció, felírhatjuk az egyensúlyi állandóját: $K = \frac{[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]}{[\text{AgCl}]}$. Az

egyensúly heterogén, ezért a szilárd fázis mennyiségétől, koncentrációjától független, azaz az AgCl koncentrációját állandónak tekinthetjük, így ezzel beszorozva az egyenletet, két állandó szorzatát kapjuk, ami szintén állandó. Ezt nevezzük a csapadék oldhatósági szorzatának: $K[\text{AgCl}] = \text{konstans} = L = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$.

Ha az oldatban csak az AgCl oldódásából származó ezüst- és kloridionok vannak jelen, akkor ezek nyilván azonos koncentrációban vannak. Ha 1 dm³-ben S mol AgCl oldódik, akkor az ezüstionok és a kloridionok koncentrációja is S mol/dm³ lesz, vagyis $L = S^2$.

Ha viszont valamelyik ion koncentrációját megnöveljük, a másikénak csökkenni kell, hogy a szorzatuk állandó maradjon. Ha az AgCl -ot nem tiszta vízben, hanem pl. 0,01 mol/dm³ koncentrációjú ezüst-nitrát-oldatban próbáljuk oldani, akkor a megnövelt ezüstion-koncentráció hatására az egyensúly eltolódik abba az irányba, ami ezt csökkenti, vagyis kevesebb AgCl fog oldódni. Legyen most S' az AgCl oldhatósága. A kloridionok koncentrációja is S' , hiszen csak a csapadék oldódásával jutnak az oldatba, az ezüstionok koncentrációja viszont összeadódik abból, ami a csapadék oldódásából származik és abból, amit AgNO_3 -formájában vittünk be az oldatba (sajátion-felesleg): $L = (S' + 0,01)S'$. Ha a csapadék elég rosszul oldódik, akkor a 0,01 mol/dm³ mellett elhanyagolható az oldódásból származó S' , tehát $L \approx 0,01 \cdot S'$, vagyis az ezüstion-koncentráció helyébe egyszerűen a felesleg koncentrációját helyettesíthetjük be.

Bonyolultabb a helyzet, ha a csapadék ionjainak nem azonos a töltése. Pl. az ezüst-karbonát oldódásakor kétszer annyi ezüstion keletkezik, mint karbonátió ($\text{Ag}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 2\text{Ag}^+ + \text{CO}_3^{2-}$), az egyensúlyi állandóban az ezüstion-koncentráció négyzete szerepel, így az oldhatósági szorzata a következő alakú: $L = [\text{Ag}^+]^2[\text{CO}_3^{2-}]$. Ha nincs sajátion-felesleg, tehát csak vízben oldjuk az ezüst-karbonátot, és literenként S mol oldódik belőle, akkor karbonátióból literenként S mol keletkezik, ezüstionból viszont $2S$, így $L = (2S)^2S = 4S^3$. Ha valamelyik iont feleslegben alkalmazzuk, természetesen most is azonosnak vehetjük a teljes koncentrációját a felesleg koncentrációjával.

Az ezüst-foszfát oldhatósági szorzata pedig: $L = [\text{Ag}^+]^3[\text{PO}_4^{3-}]$. S mol csapadék oldódásakor ezüstionból $3S$ kerül az oldatba, foszfátióból S mol, így $L = (3S)^3S = 27S^4$.

14.1. MINTAFELADATOK

A/ Hány gramm kalcium-szulfát oldható fel 200 cm³ vízben, ha a kalcium-szulfát oldhatósági szorzata $6,1 \cdot 10^{-5}$ (mol/dm³)²?

Megoldás: Nincs sajátion-felesleg, a két ion koncentrációja azonos: S mol/dm³.

$$L = [\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = S^2. \text{ Innen a csapadék oldhatósága: } S = \sqrt{6,1 \cdot 10^{-5} \left(\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}\right)^2} = 7,81 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3.$$

1 dm³-ben tehát $7,81 \cdot 10^{-3}$ mol/dm³ CaSO_4 oldódik, 200 cm³-ben ennek az ötödrésze: $1,56 \cdot 10^{-3}$ mol, aminek a tömege 0,21 g.

B/ Mennyi az ólom-jodid oldhatósága vízben, 0,050 mol/dm³ koncentrációjú ólom-nitrát-oldatban illetve 0,050 mol/dm³ koncentrációjú kálium-jodid-oldatban?

$$L(\text{PbI}_2) = 8,70 \cdot 10^{-9} \text{ (mol/dm}^3\text{)}^3$$

Megoldás: $L = [\text{Pb}^{2+}][\text{I}^-]^2$.

Tiszta vízben: $L = 4S^3$, innen $S = \sqrt[3]{\frac{L}{4}} = \sqrt[3]{\frac{8,70 \cdot 10^{-9} \left(\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}\right)^3}{4}} = 1,296 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \approx 1,30 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$.

0,050 mol/dm³ koncentrációjú Pb(NO₃)₂-oldatban: ha S az oldhatóság, $[\text{Pb}^{2+}] = S + 0,050 \text{ mol/dm}^3 \approx 0,050 \text{ mol/dm}^3$. $[\text{I}^-] = 2S$, így $L = 0,050 \text{ mol/dm}^3 \cdot 4S^2$. Innen $S = \sqrt{\frac{L}{4 \cdot 0,050 \text{ mol/dm}^3}} = 2,1 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$.

0,050 mol/dm³ koncentrációjú kálium-jodid-oldatban: $[\text{Pb}^{2+}] = S$, $[\text{I}^-] = 2S + 0,050 \text{ mol/dm}^3 \approx 0,050 \text{ mol/dm}^3$.

$L = S \cdot (0,050 \text{ mol/dm}^3)^2$, innen $S = \frac{L}{(0,050 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3})^2} = \frac{8,70 \cdot 10^{-9} \left(\frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}\right)^3}{(0,050 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3})^2} = 3,5 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$.

C/ Leválik-e csapadék, ha összeöntünk 100 cm³ 0,0500 mol/dm³ koncentrációjú ólom-nitrát-oldatot és 200 cm³ 0,100 mol/dm³ koncentrációjú sósavat? $L(\text{PbCl}_2) = 3,00 \cdot 10^{-5} (\text{mol/dm}^3)^3$

Megoldás: $L = [\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2$.

Az összeöntéskor mindkét oldat felhígul. Az új koncentrációkat a hígítási képlettel számolhatjuk ki:

$[\text{Pb}^{2+}] = 0,0500 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot \frac{100 \text{ cm}^3}{300 \text{ cm}^3} = 0,01667 \text{ mol/dm}^3$, $[\text{Cl}^-] = 0,100 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot \frac{200 \text{ cm}^3}{300 \text{ cm}^3} = 0,06667 \text{ mol/dm}^3$.

$[\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2 = 0,01667 \text{ mol/dm}^3 \cdot (0,06667 \text{ mol/dm}^3)^2 = 7,4 \cdot 10^{-5} (\text{mol/dm}^3)^3 > 3,00 \cdot 10^{-5} (\text{mol/dm}^3)^3$.

Ha az összeöntés utáni koncentrációkból képezett szorzat nagyobb lenne, mint az oldhatósági szorzat, akkor leválik a csapadék, méghozzá addig válik le, amíg a koncentrációk éppen annyira csökkennek le ezáltal, hogy a $[\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2$ szorzat az oldhatósági szorzattal legyen azonos.

14.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Mennyi a stroncium-szulfát oldhatósága tiszta vízben, ha oldhatósági szorzata $L = 2,8 \cdot 10^{-7} (\text{mol/dm}^3)^2$?
2. Mennyi a stroncium-szulfát oldhatósága 0,020 mol/dm³ koncentrációjú nátrium-szulfát-oldatban?
 $L = 2,8 \cdot 10^{-7} (\text{mol/dm}^3)^2$
3. Mennyi az ólom-klorid oldhatósága tiszta vízben? $L = 1,0 \cdot 10^{-4} (\text{mol/dm}^3)^3$
4. Mennyi az ezüst-karbonát oldhatósága tiszta vízben? $L = 6,46 \cdot 10^{-12} (\text{mol/dm}^3)^3$
5. Mennyi az ezüst-arzenát (Ag₃AsO₄) oldhatósága tiszta vízben? $L = 1,0 \cdot 10^{-22} (\text{mol/dm}^3)^4$
6. Mennyi a cérium(IV)-jodát - Ce(IO₃)₄ - oldhatósága tiszta vízben? $L = 3,5 \cdot 10^{-10} (\text{mol/dm}^3)^5$
7. Hány mg Ag₂CO₃ van 800 cm³ telített oldatban? $L = 6,46 \cdot 10^{-12} (\text{mol/dm}^3)^3$
8. Mennyi a BaSO₄ oldhatósági szorzata, ha 1,00 dm³ 0,00500 mol/dm³ koncentrációjú Na₂SO₄-oldatban 5,04 · 10⁻⁶ g BaSO₄ oldódik fel?
9. Számítsuk ki a telített Mn(OH)₂-oldat mangán(II)-ion-koncentrációját
a/ 0,0250 mol/dm³,
b/ 0,25 mol/dm³ NaOH-koncentráció mellett!
 $L = 4,0 \cdot 10^{-14} (\text{mol/dm}^3)^3$
10. Hány gramm ólom-klorid oldható fel 250 cm³ tiszta vízben? $L = 1,0 \cdot 10^{-4} (\text{mol/dm}^3)^3$
11. Mennyi az ezüst-kromát oldhatósági szorzata, ha oldhatósága tiszta vízben 1,34 · 10⁻⁴ mol/dm³?
12. 0,100 g bárium-szulfát hány százaléka oldódik fel 500 cm³ tiszta vízben? $L = 1,08 \cdot 10^{-10} (\text{mol/dm}^3)^2$
13. 1,0 dm³ vízben 6,7 mg ezüst-foszfát oldódik fel. Mennyi az ezüst-foszfát oldhatósági szorzata?
14. Mekkora térfogatú vízben oldható fel 2,00 g tömegű ólom-jodid? $L = 8,7 \cdot 10^{-9} (\text{mol/dm}^3)^3$
15. 5,0 g CaSO₄ hány százaléka oldódik fel 400 cm³ szobahőmérsékletű vízben? $L = 6,1 \cdot 10^{-5} (\text{mol/dm}^3)^2$
16. Hány gramm ólom-jodid oldható fel
a/ 2,00 dm³ térfogatú tiszta vízben,

b/ $2,00 \text{ dm}^3$ térfogatú $0,025 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ólom-nitrát-oldatban,

c/ $2,00 \text{ dm}^3$ térfogatú $0,025 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú kálium-jodid-oldatban?

$$L = 8,7 \cdot 10^{-9} (\text{mol/dm}^3)^3$$

17. Mekkora a legnagyobb szulfátion-koncentráció, amelynél $0,050 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ezüst-nitrát-oldatból még nem válik ki csapadék? $L = 1,2 \cdot 10^{-5} (\text{mol/dm}^3)^3$

18. Válik-e le csapadék, ha összeöntünk 50 cm^3 $0,035 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ezüst-nitrát-oldatot és 150 cm^3

a/ $0,0010 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú kénsavat?

b/ reagens ($1,0 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú) kénsavat,

c/ $0,209 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú kénsavat? $L(\text{Ag}_2\text{SO}_4) = 1,2 \cdot 10^{-5} (\text{mol/dm}^3)^3$

19. Melyik ion kezd csapadékként először leválni, ha $0,0100 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú kálium-jodid és $0,010 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú kálium-szulfát közös oldatához ólom-nitrát-oldatot csepegtetünk? A térfogatváltozást tekintsük elhanyagolhatónak!

$$L(\text{PbI}_2) = 8,7 \cdot 10^{-9} (\text{mol/dm}^3)^3 \quad L(\text{PbSO}_4) = 1,06 \cdot 10^{-8} (\text{mol/dm}^3)^2$$

20. Milyen pH értéknél kezd leválni egy $0,010 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú MnSO_4 -oldatból a mangán-hidroxid?

$$L = 4,0 \cdot 10^{-14} (\text{mol/dm}^3)^3$$

21. Mekkora a telített meszes víz pH-ja? $L(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 5,6 \cdot 10^{-6} (\text{mol/dm}^3)^3$

15. GÁZOK

A kémiai reakciók egy részében gázok reagálnak, illetve gázok keletkeznek. Az ezzel kapcsolatos számításokban szükség lehet ezek állapotjelzőivel kapcsolatos számításokra. A feladatok megoldására az ideális gáztörvényt használjuk: $pV = nRT$, ahol p a gáz nyomása, V a térfogata, n az anyagmennyisége, T a hőmérséklete, R pedig az egyetemes gázállandó ($R=8,314 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/(\text{mol}\cdot\text{K})$). Az egyenlet használata során célszerű minden mennyiséget SI egységben megadni, így a számolt, ismeretlen mennyiségeket is SI egységben fogjuk megkapni. (Megjegyzés: könnyen belátható, hogy a $\text{Pa}\cdot\text{m}^3$ mértékegység megegyezik a J-lal.)

A moláris tömeg az ideális gáztörvénybe beírható: $n = m / M$, amiből $pV = \frac{mRT}{M}$.

15.1. MINTAFELADATOK

A. Mekkora a térfogata 20,0 g tömegű, standard nyomású, 46 °C-os etánnak?

Megoldás:

Az ideális gáztörvény szerint $pV = nRT$.

A standard nyomás 1 bar, azaz 10^5 Pa .

A hőmérséklet $(46 + 273,15) \text{ K} = 319,15 \text{ K}$ (ne kerekítsük, mert köztes adat!)

A gáz anyagmennyiségét tömegéből a moláris tömeg segítségével számoljuk:

$$n_{\text{etán}} = m_{\text{etán}} / M_{\text{etán}} = 20,0 \text{ g} / 30,068 \text{ g/mol} = 0,66516 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{A gáz térfogata tehát } V &= nRT/p = 0,66516 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/(\text{mol}\cdot\text{K}) \cdot 319,15 \text{ K} / 10^5 \text{ Pa} = 0,017649 \text{ m}^3 \approx \\ &\approx 0,0176 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

B. Egy gázalmazállapotú elem kétatomos molekulákból áll. A gáz 353 cm^3 -ének tömege standard nyomáson és 25°C -on 0,541 g. Melyik elemről van szó?

Megoldás:

Az ideális gáztörvény szerint $pV = nRT$.

A standard nyomás 1 bar, azaz 10^5 Pa .

A hőmérséklet $(25 + 273,15) \text{ K} = 298,15 \text{ K}$ (ne kerekítsük, mert köztes adat!)

A gáz térfogata SI egységben: $V = 0,000353 \text{ m}^3$

A gáz anyagmennyisége: $n = pV/(R \cdot T) = 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,000353 \text{ m}^3 / (8,314 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/(\text{mol}\cdot\text{K}) \cdot 298,15 \text{ K}) = 0,014241 \text{ mol}$

Ez alapján moláris tömege: $M = m / n = 0,541 \text{ g} / 0,014241 \text{ mol} = 38,0 \text{ g/mol}$

A gáz tehát a fluor.

Megjegyzés: az ideális gáztörvényt megfelelően átalakítva is számolhatjuk a moláris tömeget:

$$M = \frac{mRT}{pV} = \frac{0,541 \text{ g} \cdot 8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot 298,15 \text{ K}}{10^5 \text{ Pa} \cdot 0,000353 \text{ m}^3} = 38,0 \text{ g/mol}$$

C. $1,5 \text{ dm}^3$ 20°C hőmérsékletű, $1,16 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ nyomású szén-dioxid-gáz előállításához mekkora tömegű 85 $m/m\%$ tisztaságú mészkőre van szükség?

Megoldás:

A mészkő fő anyaga a kalcium-karbonát.

CO_2 gáz például a következő reakció során keletkezik: $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

A gáz térfogata: $V = 0,0015 \text{ m}^3$, hőmérséklete $T = (20 + 273,15) \text{ K} = 293,15 \text{ K}$, így a gáz anyagmennyisége:

$$n_{\text{szén-dioxid}} = pV/(R \cdot T) = 1,16 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,0015 \text{ m}^3 / (8,314 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/(\text{mol}\cdot\text{K}) \cdot 293,15 \text{ K}) = 0,07139 \text{ mol}$$

Az egyenlet sztöchiometriája szerint az elreagált kalcium-karbonáttal azonos anyagmennyiségű szén-dioxid keletkezik, így $n_{\text{kalcium-karbonát}} = 0,07139 \text{ mol}$

Ennek tömege $m = n \cdot M = 0,07139 \text{ mol} \cdot 100,09 \text{ g/mol} = 7,145 \text{ g}$.

Mivel ez csak a mészkő 85%-a, annak teljes tömege $7,145 \text{ g} / 0,85 = 8,406 \text{ g} \approx 8,4 \text{ g}$

15.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Mekkora a térfogata 0,050 mol standard nyomású, 25 °C-os oxigéngáznak?
2. Mennyi az anyagmennyisége 0,32 dm³ térfogatú, standard nyomású, 25,0 °C-os nitrogéngáznak?
3. Mekkora térfogatot tölt be 0,200 mol standard nyomású, 0,0 °C-os ammóniagáz?
4. Mekkora a térfogata 10,0 g tömegű, standard nyomású, 0,0 °C-os metánnak?
5. Mekkora a tömege 5,0 dm³ standard nyomású, 25,0 °C-os metánnak?
6. Mekkora a hidrogéngáz sűrűsége standard nyomáson és 0,0 °C-on?
7. Mekkora a térfogata 15,0 g standard állapotú hidrogéngáznak?
8. Mekkora a térfogata 18,0 g szén-dioxidnak 32 °C-on és 96 kPa nyomáson?
9. Egy zárt tartályban lévő gáz nyomása 35,0 °C-on 125,0 kPa. Hány fokon lesz a nyomása 0,11 MPa?
10. Mekkora a nyomása egy 2,500 dm³-es tartályban lévő, 5,00 g tömegű, 40,0 °C-os nitrogéngáznak?
11. Egy 3,00 dm³-es tartály 6,00 MPa nyomásig tekinthető biztonságosnak. Milyen hőmérsékletre lehet felmelegíteni a tartályt, ha 265 g szén-dioxidot tartalmaz?
12. Egy 1,00 dm³-es tartályban 25 °C-os, 2,50 MPa nyomású nitrogéngáz volt. Kiengedtünk a tartályból 8,0 g gázt. Mekkora a tartályban maradt gáz nyomása, ha a hőmérséklet nem változott?
13. Mennyi a moláris tömege annak a gáznak, amelynek 18 °C-on és 104 kPa nyomáson a térfogata 1500 ml, tömege pedig 2,84 g?
14. Melyik az a nemesgáz, amelynek 20 °C-on és 0,100 MPa nyomáson a sűrűsége 1,64 g/dm³?
15. Egy gázhalmazállapotú elem 2,50 dm³-ének tömege standard nyomáson és 25 °C-on 203 mg. Melyik elemről van szó?
16. Egy 3,50 dm³ térfogatú tartályban 5,0 g tömegű nitrogéngáz van. Hogyan változik tartályban a nyomás, ha változatlan hőmérsékleten
 - a/ még 10,0 g nitrogéngázt vezetünk bele?
 - b/ kiengedünk belőle 2,5 g nitrogént?
 - c/ még 5,0 g szén-dioxidot töltünk a tartályba?
17. Egy szén-dioxidból és nitrogénből álló gázelegy 1,00 dm³-ének tömege 105 kPa nyomáson és 26 °C-on 1,69 g. Hány térfogat% nitrogént tartalmaz a gázelegy?
18. Hány dm³ 28 °C-os, 0,98 bar nyomású hidrogén-klorid-gáz nyelődött el vízben, ha 55,0 g 20,0 m/m%-os sósav keletkezett? Hány cm³ volt a kiindulási desztillált víz térfogata?

16. SZTÖCHIOMETRIAI FELADATOK

Sztöchiometriai feladatoknak nevezzük azokat a feladatokat, amelyek megoldása során a kémiai reakcióegyenletek mennyiségi jelentését kihasználjuk. A reakcióegyenlet mindig az egymással maradék nélkül reagálni képes anyagok (és az így keletkező termékek) anyagmennyiség arányát mutatja meg.

Amikor a reaktánsok olyan arányban vannak jelen, hogy a reakcióegyenlet szerint teljesen elfogynak a reakció során, akkor **szstöchiometrikus összetételről** beszélünk. Gyakran nem ez a helyzet, ekkor valamelyik reaktáns **feleslegben** van. Ebben az esetben a reakció teljes lejátszódása után az egyik reaktánsból marad valamennyi (ez a reaktáns volt feleslegben). Fontos megjegyezni, hogy a felesleg megállapításához a reakciót elég gondolatban lejátszatni.

Egyes feladatok a „feleslegben” szó használatával utalnak arra, hogy valamelyik reaktánsból biztosan nagyobb mennyiség áll rendelkezésre, mint amennyi a reakcióban elfogyhat.

A sztöchiometriai feladatok megoldását mindig a reakcióegyenlet felírásával, rendezésével kezdjük. Jó stratégia, ha megpróbáljuk az egyenletben szereplő lehető legtöbb anyag anyagmennyiségét kiszámolni.

16.1. MINTAFELADATOK

A, 2,0 mol metán elégetésekor hány mol szén-dioxid és hány mol víz keletkezik?

Megoldás: A reakció egyenlete: $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

A reakcióegyenlet anyagmennyiség arányokat mutat, így az egyenlet szerint szén-dioxidból éppen annyi, vízből kétszer annyi keletkezik, mint amennyi metánból fogy (1:1 illetve 1:2 arányok). Eszerint 2,0 mol metán elégetésekor 2,0 mol szén-dioxid és 4,0 mol víz keletkezik.

B, 10,0 gramm hidrogént reagáltatunk 10,0 gramm oxigénnel. Hány gramm víz keletkezik? Ha valamelyik anyag feleslegben van, mennyi marad belőle a reakció után?

Megoldás: A reakció egyenlete: $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O}$

Az egyenlet anyagmennyiség arányokat mutat meg, ezért minden ismert mennyiséget számítsunk át anyagmennyiségre:

$$n_{\text{H}_2} = 10,0 \text{ g} / (2,0 \text{ g/mol}) = 5,0 \text{ mol}$$

$$n_{\text{O}_2} = 10,0 \text{ g} / (32,0 \text{ g/mol}) = 0,3125 \text{ mol}$$

Az egyenlet szerint a 2:1 anyagmennyiség arány lenne sztöchiometrikus. Mivel hidrogénből több van, mint kellene ($5,0:0,3125 > 2:1$) a megadott elegy NEM SZTÖCHIOMETRIKUS.

A nem sztöchiometrikus elegyből elfogyó, keletkező anyagok anyagmennyiségét a relatíve kisebb mennyiségben (az egyenletben szereplő arányokat figyelembe véve!) jelenlévő anyagfajta szabja meg.

Esetünkben az arányból láthatóan a hidrogén van feleslegben, így az oxigén anyagmennyiségét kell a számítás során figyelembe vennünk. $0,3125 \text{ mol oxigén} \cdot 2 = 0,625 \text{ mol hidrogénnel reagál}$ ($0,625 \text{ mol}$).

Tehát $5,00 \text{ mol} - 0,625 \text{ mol} = 4,375 \text{ mol}$, azaz $8,75 \text{ g}$ a hidrogén feleslege.

A keletkező víz anyagmennyisége megegyezik az elfogyó hidrogénével, tehát $0,625 \text{ mol}$, ami $11,25 \text{ g}$.

C, 8,41 g vas-szulfidhoz $30,0 \text{ cm}^3$ $1,098 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű, $20,0 \text{ m/m}\%$ -os sósavat öntünk. Melyik reagens marad feleslegben? Hány százalék felesleget alkalmazzunk?

Megoldás: A reakció egyenlete: $\text{FeS} + 2 \text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$

Számítsuk ki a reaktánsok anyagmennyiségét!

$$M_{\text{FeS}} = 87,91 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{FeS}} = m_{\text{FeS}} / M_{\text{FeS}} = 8,41 \text{ g} / 87,91 \text{ g/mol} = 0,095666 \text{ mol}$$

$$m_{\text{sósav}} = V_{\text{sósav}} \cdot \rho_{\text{sósav}} = 30,0 \text{ cm}^3 \cdot 1,098 \text{ g/cm}^3 = 32,94 \text{ g}$$

$$m_{\text{HCl}} = w\% \cdot m_{\text{sósav}} / 100 = 20 \cdot 32,94 \text{ g} / 100 = 6,588 \text{ g}$$

$$M_{\text{HCl}} = 36,46 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{sósav}} = m_{\text{sósav}} / M_{\text{HCl}} = 6,588 \text{ g} / 36,46 \text{ g/mol} = 0,18069 \text{ mol}$$

A reakcióegyenlet szerint a vas-szulfid kétszeres anyagmennyiségű hidrogén-kloriddal reagál. Ebben az esetben ez $2 \cdot 0,095666 \text{ mol} = 0,191332 \text{ mol}$ lenne. A sósav nem tartalmaz ennyi hidrogén-kloridot ($0,18069 \text{ mol} < 0,191332 \text{ mol}$), így a vas-szulfid van feleslegben.

A felesleg mértékének megállapításához számoljuk ki, hogy mennyi vas-szulfid maradna a reakció lejátszódása után!

$$\text{Elfogy: } 0,18069 \text{ mol} / 2 = 0,090345 \text{ mol}$$

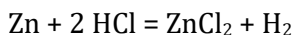
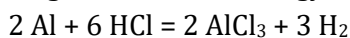
$$\text{Marad: } 0,095666 \text{ mol} - 0,090345 \text{ mol} = 0,005321 \text{ mol}$$

$$\text{E két szám aránya a felesleg mértéke: } 0,005321 \text{ mol} / 0,090345 \text{ mol} = 0,058896 \approx 0,0589$$

Százalékban kifejezve a vas-szulfid 5,89% feleslegben van.

D, Egy alumíniumot és cinket tartalmazó keverék 4,717 g-ját sósavba téve 3,44 dm³ 994 hPa nyomású, 27 °C-os gáz fejlődik. Hány w% alumíniumot tartalmazott a keverék?

Megoldás: A reakciók egyenletei:



Számítsuk ki a keletkezett hidrogéngáz anyagmennyiségét!

$$pV = nRT, n = pV / (RT)$$

$$p = 994 \text{ hPa} = 99400 \text{ Pa}, V = 3,44 \text{ dm}^3 = 0,00344 \text{ m}^3, T = 27 \text{ °C} = 300,15 \text{ K}, R = 8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / (\text{mol} \cdot \text{K})$$

$$n(\text{H}_2) = 99400 \text{ Pa} \cdot 0,00344 \text{ m}^3 / (8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / (\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 300,15 \text{ K}) = 0,13702 \text{ mol}$$

A reakcióegyenletek szerint alumíniumból 1,5-szeres, cinkből azonos anyagmennyiségű hidrogéngáz keletkezik:

$$n(\text{H}_2) = 1,5 \cdot n(\text{Al}) + n(\text{Zn})$$

Alakítsuk át ezt az egyenletet úgy, hogy a fémek anyagmennyisége helyett tömege szerepeljen benne!

$$n(\text{H}_2) = 1,5 \cdot m(\text{Al}) / M(\text{Al}) + m(\text{Zn}) / M(\text{Zn}) \quad (M(\text{Al}) = 26,98 \text{ g/mol}, M(\text{Zn}) = 65,38 \text{ g/mol})$$

Tudjuk, hogy a keverék tömege 4,717 g volt, így a két fém tömege nem független egymástól (a kettő összege kiadja a keverék teljes tömegét), egyik kifejezhető a másik segítségével:

$$m(\text{Zn}) = 4,717 \text{ g} - m(\text{Al})$$

Az összes ismert mennyiséget és a fenti helyettesítést beírva az egyenletbe:

$$0,13702 \text{ mol} = 1,5 \cdot m(\text{Al}) / 26,98 \text{ g/mol} + (4,717 \text{ g} - m(\text{Al})) / 65,38 \text{ g/mol}$$

$$\text{Ebből } m(\text{Al}) = 1,6097 \text{ g} \approx 1,610 \text{ g}$$

$$\text{Ez w\%-ban kifejezve: } 100 \cdot 1,610 \text{ g} / 4,717 \text{ g} = 34,13186 \approx 34,1.$$

A keverék 34,1 w% alumíniumot tartalmazott.

16.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

I.

1. 3,0 mol metán elégetésekor hány mol szén-dioxid és hány mol víz keletkezik?
2. 5,00 mol alumínium égésekor hány mol oxigénnel reagál és hány mol alumínium-oxid keletkezik?
3. Magnéziumot égetünk oxigénben. Hány g magnézium-oxid keletkezik 1,35 g magnézium elégetésekor?
4. Vaporr és kénpor keverékét hevítve vas(II)-szulfid keletkezik. Elvileg hány g kénpor reagál 5,20 gramm vassal?
5. 1,00 g alumínium-jodidot akarunk előállítani. Hány g alumíniumra és hány g jódra van szükség elvileg?
6. 3,00 g lítiumot égetünk el oxigénben. Hány dm³ standard nyomású, 25 °C-os oxigén fogy a reakcióban?
7. 2,80 g alumíniumot reagáltatunk 10,0 cm³ térfogatú, 3,12 g/cm³ sűrűségű brómmal. Sztöchiometrikus ez az összetétel? Melyik reagens van fölöslegben? Hány g alumínium-bromid keletkezik?
8. 100,0 cm³ 0,2500 mol/dm³ koncentrációjú salétomsavba 2,000 g nátrium-hidroxidot teszünk.
 - a/ Savas, lúgos vagy semleges lesz a keletkező oldat kémhatása?
 - b/ Hány g NaOH-ot kellene az eredeti salétomsav-oldathoz adni, hogy pont semleges kémhatású oldatot kapjunk?
 - c/ Hány g oldott nátrium-nitrátot tartalmaz az utóbbi oldat?
9. 200 cm³ 0,500 mol/dm³ koncentrációjú bárium-hidroxid-oldathoz 400 cm³ 1,00 mol/dm³ koncentrációjú sósavat öntünk. Milyen vegyületeket és milyen koncentrációban tartalmaz a keletkező oldat?
10. 5,0 g cinket fölös mennyiségű sósavval reagáltatunk. Hány g hidrogén keletkezik a reakcióban?
11. 500 cm³ térfogatú, standard nyomású, 25 °C-os hidrogéngáz sósavból történő előállításához hány g alumíniumra van szükség?
12. 10,0 dm³ standard nyomású, 25 °C-os etán elégetéséhez hány dm³ azonos állapotú oxigénre van szükség?
13. 0,50 dm³ térfogatú, 95 kPa nyomású, 27 °C-os szén-dioxidot állítottunk elő. Hány g kalcium-karbonátra és hány cm³ térfogatú, 2,0 mol/dm³ koncentrációjú sósavra volt szükség?

II. Vas(II)-szulfid és sósav reakciójával kén-hidrogént állítunk elő az alábbi (kiegészítendő) reakcióegyenlet alapján: $\text{FeS} + \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$

1. Hány mol HCl kell 4 mol kén-hidrogén előállításához?
2. 14,0 g vas-szulfidból hány mol kén-hidrogén fejlődik?
3. Hány gramm vas-szulfidra van szükség, ha 8,50 g kén-hidrogént akarunk előállítani?
4. 5,00 g vas-szulfid hány gramm hidrogén-kloriddal reagál el maradéktalanul?
5. 5,00 g vas-szulfid hány gramm 20,0 m/m%-os sósavval reagál?
6. 5,00 g vas-szulfidhoz hány cm³ 1,098 g/cm³ sűrűségű, 20,0 m/m%-os sósavat adjunk, hogy az összes vas-szulfid feloldódjon?
7. 5,00 g vas-szulfidhoz fölöslegben sósavat öntünk. Hány cm³ standard nyomású, 25 °C-os gáz fejlődik?
8. 5,00 g vas-szulfidhoz 25,0 cm³ 1,098 g/cm³ sűrűségű, 20,0 m/m%-os sósavat öntünk. Melyik reagens marad feleslegben? Hány százalék felesleget alkalmaztunk?

III. Kálium-permanganáttal tömény sósavból klórgázt fejlesztünk az alábbi (rendezendő!) reakcióegyenlet alapján: $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{KCl} + \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

1. 1,0 mol KMnO₄ hatására sósavfeleslegből hány mol klórgáz fejlődik?
2. 25 g KMnO₄ hatására sósavfeleslegből hány gramm klórgáz fejlődik?
3. 3,00 mol klór előállításához hány gramm KMnO₄-ra van szükség?
4. 10,0 g KMnO₄ hány gramm hidrogén-kloriddal reagál?
5. 10,0 g KMnO₄ hány gramm 37 m/m%-os sósavval reagál?

6. 10,0 g KMnO_4 hatására hány dm^3 standard nyomású, 25 °C-os klórgáz fejlődik?
7. 10,0 g KMnO_4 milyen térfogatú 37,0 $m/m\%$ -os, 1,18 g/cm^3 sűrűségű sósavval reagál?
8. 5,00 dm^3 standard nyomású, 25 °C-os klórgáz fejlesztéséhez hány gramm KMnO_4 -ra és hány cm^3 37,0 $m/m\%$ -os, 1,18 g/cm^3 sűrűségű sósavra van szükség, ha a sósavat 20,0% feleslegben alkalmazzuk?

(A rendezett egyenlet: $2 \text{KMnO}_4 + 16 \text{HCl} = 5 \text{Cl}_2 + 2 \text{KCl} + 2 \text{MnCl}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$)

IV.

1. 25 g alumíniumot sósavban feloldunk. Hány dm^3 standard nyomású, 25 °C-os hidrogéngáz keletkezik eközben?
2. Hány gramm alumíniumot reagáltassunk sósavval, hogy 35,0 dm^3 standard nyomású, 0°C-os hidrogén fejlődjön?
3. Egy alumíniumot és rezet tartalmazó keverék 5,00 g-ja sósavból 3,20 dm^3 standard nyomású, 25 °C-os gázt fejleszt. Hány $m/m\%$ alumíniumot tartalmazott a keverék?
4. Egy fémkeverék 20,0 tömegszázalék alumíniumot és 80,0 tömegszázalék magnéziumot tartalmaz. Hány dm^3 standard nyomású, 25 °C-os gázt fejleszt a keverék 10,0 g-ja, ha sósavval reagáltatjuk?
5. Egy alumíniumot és cinket tartalmazó keverék 2,00 g-ját sósavba téve 1,50 dm^3 standard nyomású, 25 °C-os gáz fejlődik. Hány $m/m\%$ cinket tartalmazott a keverék?
6. 1,5 dm^3 20 °C hőmérsékletű, $1,16 \cdot 10^5$ Pa nyomású szén-dioxid-gáz előállításához mekkora tömegű 85 $m/m\%$ tisztaságú mészkőre van szükség?

17. TERMOKÉMIA

A fizikai és kémiai folyamatokat hőváltozás kíséri. Ennek mértéke csak a kezdeti és végállapottól függ, független a részfolyamatok minőségétől, sorrendjétől, időbeli lefolyásától (Hess-tétel). A kezdeti és végállapot pontos meghatározása ezért nagyon fontos, ami miatt kémiai reakció esetén az egyenletben a reaktánsok és termékek halmazállapotát fel kell tüntetni.

A hőváltozások előjelét mindig rendszerközpontú szemlélettel állapítjuk meg. Ha egy folyamat energiát fogyaszt, akkor annak végbemeneteléhez energiát kell adnunk a rendszernek, a hőváltozás előjele pozitív (endoterm folyamat). Az energiatermelő (exoterm) folyamatokhoz viszont negatív hőváltozás tartozik. Állandó nyomáson a hőváltozásokat entalpiaváltozásnak nevezzük. Jele: ΔH .

A hőváltozások extenzív mennyiségek, azaz függenek a vizsgált folyamatban részt vevő anyagok mennyiségétől. Célszerű egy olyan mennyiséget származtatni, amely intenzív (a vizsgált rendszer méretétől független) és az adott folyamatra jellemző. Kémiai reakciók esetén ilyen a reakcióhő ($\Delta_r H$), mely egy adott reakcióegyenlethez tartozik. Számítása: a reakciót kísérő hőváltozást elosztjuk a reakció teljes lejátszódását kísérő normált anyagmennyiség változással (a reakciókoordináta változásával). Dimenziója: energia/anyagmennyiség.

Célszerű bevezetni az egyes anyagok energiatartalmát jellemző mennyiségeket (a képződéshőket), mert a Hess-tétel értelmében ezek felhasználásával felírható a reakcióhő. Az anyagok energiatartalmát nem tudjuk abszolút skálán kifejezni, mert csak a változások jól meghatározottak. A képződéshő olyan folyamat reakcióhője, amely során egy vegyület 1 mólja képződik standard állapotú, stabilis elemekből.

17.1. MINTAFELADATOK

A, Pentánt égetünk levegőfeleslegben.

a/ Írjuk fel a reakcióegyenletet, és számítsuk ki a reakcióhőt!

A képződéshők: $\Delta_f H(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_f H(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = -242 \text{ kJ/mol}$,

$\Delta_f H(\text{C}_5\text{H}_{12}, \text{l}) = -180 \text{ kJ/mol}$

b/ Hány g szén-dioxid keletkezik, miközben 3000 kJ hő fejlődik?

Megoldás:

a, A reakció egyenlete: $\text{C}_5\text{H}_{12}(\text{l}) + 8 \text{ O}_2(\text{g}) = 5 \text{ CO}_2(\text{g}) + 6 \text{ H}_2\text{O}(\text{g})$

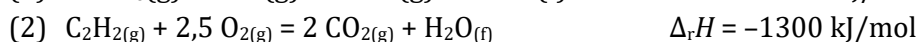
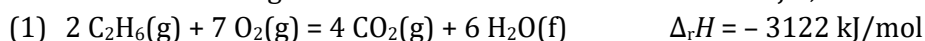
A reakcióhő a képződéshők előjeles összege:

$$\Delta_r H = 5 \cdot \Delta_f H(\text{CO}_2, \text{g}) + 6 \cdot \Delta_f H(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) - \Delta_f H(\text{C}_5\text{H}_{12}, \text{l}) - 8 \cdot \Delta_f H(\text{O}_2, \text{g}) = 5 \cdot (-394 \text{ kJ/mol}) + 6 \cdot (-242 \text{ kJ/mol}) - (-180 \text{ kJ/mol}) - 8 \cdot 0 \text{ kJ/mol} = -3242 \text{ kJ/mol}$$

b, Az egyenlet szerint 5 mol szén-dioxid égése során 3242 kJ hő fejlődik. 3000 kJ hő így $5 \text{ mol} \cdot 3000 \text{ kJ} / 3242 \text{ kJ} = 4,6267736 \text{ mol}$ szén-dioxid keletkezése közben fejlődik.

$M(\text{CO}_2) = 44,01 \text{ g/mol}$, ezt felhasználva $m(\text{CO}_2) = 203,624306 \text{ g} \approx 204 \text{ g}$

B, Számítsuk ki az etin hidrogénnel etánná való telítésének reakcióhőjét, ha ismerjük az alábbi reakcióhőket:

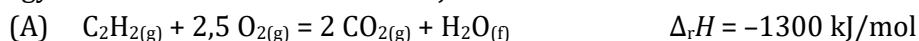


Megoldás:

A kérdéses átalakulás reakcióegyenlete: $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) + 2 \text{ H}_2(\text{g}) = \text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$

A Hess-tétel értelmében a reakcióhőt csak a kiindulási és a végállapot határozza meg, ezért a kiindulási anyagokat bármilyen úton (bármely részlépéseken keresztül) alakíthatjuk át termékekké, azaz csak arra kell figyelniük, hogy a nettó reakcióegyenlet (a részlépések reakcióegyenleteinek összege) a kívánt reakciót írja le.

Mivel 1 mol etin a kiindulási anyag az etin hidrogénnel való telítésének reakcióegyenletében a (2) reakcióegyenletet változatlan formában írjuk fel.



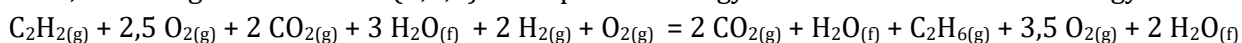
Az (1) reakcióegyenletben az etán kiindulási anyag, a hidrogénnel való telítésben pedig termék, ezért a reakcióegyenletet fordított irányban (ekkor a reakcióhő előjelet vált) és fele anyagmennyiségre írjuk fel, mert ekkor kapunk 1 mol etánt, mint terméket.



1 mol etin 2 mol hidrogénmolekulával telítődik etánná, ezért a (3) reakcióegyenletet kétszeres anyagmennyiségre írjuk fel.



Ezután, ha összegezzük a három (A,B,C) részlépés reakcióegyenleteit a következő reakcióegyenletet kapjuk:



Egyszerűsítve a reakcióegyenletet a mindkét oldalán szereplő anyagokkal az etin hidrogénnel való telítésének reakcióegyenletét kapjuk: $C_2H_{2(g)} + 2 H_{2(g)} = C_2H_{6(g)}$

Így a hidrogénezés reakcióhője a három (A, B, C) részlépés reakcióhőjének összege:

$$-1300 \text{ kJ/mol} + 1561 \text{ kJ/mol} + (-572 \text{ kJ/mol}) = -311 \text{ kJ/mol}$$

17.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Metánt égetünk az alábbi reakcióegyenlet szerint: $CH_{4(g)} + 2 O_{2(g)} = CO_{2(g)} + 2 H_2O_{(g)} \quad \Delta_r H = -803 \text{ kJ/mol}$

a/ Mennyi hő fejlődik 5,00 mol metán elégetésekor?

b/ Hány mol metánt kell elégetni ahhoz, hogy 320 kJ hőt nyerjünk?

c/ Hány gramm víz keletkezik, miközben 2409 kJ hő fejlődik?

d/ Mennyi hő fejlődik, mialatt 10,0 g szén-dioxid keletkezik?

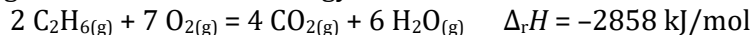
e/ 3,50 dm³ standard nyomású, 25 °C-os metán égésekor mennyi hő termelődik?

f/ Hány dm³ normálállapotú metánt égessünk el, hogy 3500 kJ hőt nyerjünk?

g/ Mennyi a metán képződéshője, ha az alábbi képződéshőket ismerjük:

$$\Delta_k H(CO_{2,g}) = -394 \text{ kJ/mol}, \Delta_k H(H_2O,g) = -242 \text{ kJ/mol}$$

2. Etánt égetünk az alábbi reakcióegyenlet szerint:



a/ Mennyi az etán égéshője?

b/ Mennyi hő szabadul fel 10,0 g etán elégetésekor?

c/ Hány dm³ standard nyomású, 25 °C-os etánt kell elégetni, hogy 500 kJ hő fejlődjön?

3. Butángázt égetünk levegőfeleslegben.

a/ Írjuk fel a reakcióegyenletet, és számítsuk ki a reakcióhőt!

A képződéshők: $\Delta_k H(CO_{2,g}) = -394 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(H_2O,g) = -242 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(C_4H_{10,g}) = -144 \text{ kJ/mol}$

b/ Mennyi hő fejlődik 5,00 dm³ standard nyomású, 25 °C-os bután elégetésekor?

c/ Hány g szén-dioxid keletkezik, miközben 2000 kJ hő fejlődik?

4. A 2. feladatban szereplő egyenlet alapján számítsuk ki az etán képződéshőjét, ha a szén-dioxid és a víz képződéshője ismert! $\Delta_k H(CO_{2,g}) = -394 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(H_2O,g) = -242 \text{ kJ/mol}$

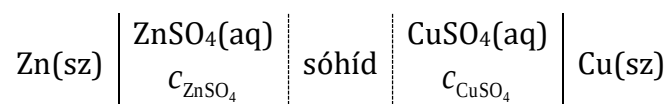
5. 3,00 dm³ standard nyomású, 25 °C-os propángáz elégetésekor 247,5 kJ hő szabadul fel.
 a/ Számítsuk ki a propán képződéshőjét! $\Delta_f H(\text{CO}_2, \text{g}) = -394 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_f H(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) = -242 \text{ kJ/mol}$
 b/ Milyen tömegű jeget lehet a fenti hőmennyiséggel (247,5 kJ) megolvasztani, ha a jég olvadáshője 6,03 kJ/mol?
6. A metán képződéshője -75 kJ/mol. Ennek, valamint a szén-dioxid és a víz képződéshőjének ismeretében (lásd fenti feladatok) számítsuk ki, mennyi hő fejlődik, ha elégetjük azt az 1,00 dm³ térfogatú standard nyomású, 25 °C-os gázelegyet, amely 60 térfogat% metánt és 40 térfogat% hidrogént tartalmaz!
7. Számítsuk ki a szén $\text{C}_{(\text{sz})} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(\text{g})} = \text{CO}_{(\text{g})}$ egyenlet szerinti, szén-monoxiddá történő alakulásának reakcióhőjét az alábbi reakciók reakcióhőjének ismeretében!
- | | |
|---|------------------------------------|
| $\text{C}_{(\text{sz})} + \text{O}_{2(\text{g})} = \text{CO}_{2(\text{g})}$ | $\Delta_r H = -394 \text{ kJ/mol}$ |
| $\text{CO}_{(\text{g})} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(\text{g})} = \text{CO}_{2(\text{g})}$ | $\Delta_r H = -283 \text{ kJ/mol}$ |
8. Számítsuk ki a $3 \text{C}_2\text{H}_{2(\text{g})} = \text{C}_6\text{H}_{6(\text{f})}$ reakció hőjét az alábbi reakcióhőkből:
- | | |
|---|-------------------------------------|
| $\text{C}_2\text{H}_{2(\text{g})} + 2,5 \text{O}_{2(\text{g})} = 2 \text{CO}_{2(\text{g})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{f})}$ | $\Delta_r H = -1300 \text{ kJ/mol}$ |
| $\text{C}_6\text{H}_{6(\text{f})} + 7,5 \text{O}_{2(\text{g})} = 6 \text{CO}_{2(\text{g})} + 3 \text{H}_2\text{O}_{(\text{f})}$ | $\Delta_r H = -3270 \text{ kJ/mol}$ |
9. Számítsuk ki a ciklohexán benzollá alakításának ($\text{C}_6\text{H}_{12(\text{f})} = \text{C}_6\text{H}_6(\text{f}) + 3 \text{H}_{2(\text{g})}$) reakcióhőjét, ha ismerjük az alábbi reakcióhőket:
- | | |
|--|-------------------------------------|
| $\text{C}_6\text{H}_{12(\text{f})} + 9 \text{O}_{2(\text{g})} = 6 \text{CO}_{2(\text{g})} + 6 \text{H}_2\text{O}_{(\text{f})}$ | $\Delta_r H = -3923 \text{ kJ/mol}$ |
| $\text{C}_6\text{H}_6(\text{f}) + 7,5 \text{O}_{2(\text{g})} = 6 \text{CO}_{2(\text{g})} + 3 \text{H}_2\text{O}_{(\text{f})}$ | $\Delta_r H = -3270 \text{ kJ/mol}$ |
| $\text{H}_{2(\text{g})} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(\text{g})} = \text{H}_2\text{O}_{(\text{f})}$ | $\Delta_r H = -286 \text{ kJ/mol!}$ |
10. Számítsuk ki az etén $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) = \text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ egyenlet szerinti hidrogénezésének reakcióhőjét az alábbi égéshők segítségével:
- | | |
|--|-------------------------------------|
| $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + 3 \text{O}_2(\text{g}) = 2 \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{f})$ | $\Delta_r H = -1412 \text{ kJ/mol}$ |
| $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + 3,5 \text{O}_2(\text{g}) = 2 \text{CO}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{f})$ | $\Delta_r H = -1561 \text{ kJ/mol}$ |
| $\text{H}_{2(\text{g})} + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{f})$ | $\Delta_r H = -286 \text{ kJ/mol!}$ |

18. GYAKORLÓ FELADATOK ELEKTROKÉMIÁBÓL

18.1. GALVÁNELEMEK, ELEKTRODPOTENCIÁL

Galvánelemek tömör leírására szolgál a celladiagram, amelynek minden információt tartalmaznia kell, ami az elektrokémiai cella elkészítéséhez szükséges. Az egymással érintkező fázisokat függőleges vonallal választjuk el, amely szaggatott, ha a két fázis elegyedni képes. A fázisokat alkotó anyagok mellett azok állapotát, koncentrációját is feltüntetjük.

A jól ismert Daniell-elem celladiagramja:



Az egyes elektródok potenciáljának egymáshoz való viszonya megmutatja, hogy bennük oxidáció vagy redukció játszódik le. A nagyobb elektródpotenciálú elektród oxidálja a kisebb elektródpotenciálú elektródot. Az egyes elektródokon lejátszódó reakciókat elektródreakcióknak, a teljes kémiai folyamatot leíró reakciót bruttó reakciónak nevezzük.

A celladiagramot szokás úgy felírni, hogy balról jobbra haladva az egyes fázisokon át oxidáció történjen.

Az elektromotoros erőt mérési utasítással definiáljuk, de értéke jó közelítéssel a két elektród potenciáljának különbsége (az ettől való eltérés oka az úgynevezett diffúziós potenciál):

$$E_{\text{MF}} = \varepsilon(\text{Cu}) - \varepsilon(\text{Zn})$$

Egy elektród potenciálját a Nernst-egyenlet segítségével tudjuk kiszámolni:

$$\varepsilon = \varepsilon^\circ + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{[\text{oxidált forma}]/c^\circ}{[\text{redukált forma}]/c^\circ}$$

ahol ε° az elektród formális standard potenciálja (gyakran standard elektródpotenciálnak is nevezik), R az egyetemes gázállandó ($8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/(\text{mol} \cdot \text{K})$), T a hőmérséklet kelvinben, z az elektródreakció töltésszámváltozása, F a Faraday-állandó (96485 C/mol), c° a standard koncentráció (1 mol/dm^3).

Amennyiben egy elektródban lévő oldatban ugyanannak az anyagfajtának az oxidált és redukált formája is előfordul, az elektród potenciálját redoxipotenciálnak (vagy redoxpotenciálnak) nevezzük.

Az anód az az elektród, ahol oxidáció történik. A katód az az elektród, ahol redukció történik, tehát esetünkben ez a rézelektród. Az elem negatív pólusa az, ahol az elektródreakció elektronokat termel, pozitív pólusa pedig, ahol fogyaszt.

Standard elektródok esetén a potenciált meghatározó koncentrációk egységnyiek (1 mol/dm^3), a nyomás 1 bar , a hőmérséklet 25°C .

18.1.1. MINTAFELADATOK

A, Réz-szulfátot tartalmazó standard rézelektródból és cink-szulfátot tartalmazó cinkelektródból galvánelemet készítettünk. Írja fel a celladiagramot! Írja fel az elektródokon lejátszódó reakciók egyenletét! Mi a bruttó reakció egyenlete? Hogyan változik az oldatok koncentrációja az elem működése közben? Merre vándorolnak az anionok az áramkulcsban/sóhídban? Mekkora az elektromotoros erő? Az elem működése közben melyik elektród lesz az anód illetve a katód? Melyik az elem pozitív illetve negatív pólusa?

$$\varepsilon^\circ(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) = +0,34 \text{ V}, \varepsilon^\circ(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) = -0,76 \text{ V}$$

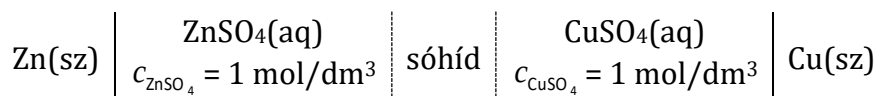
Megoldás:

A standardpotenciálokból látszik, hogy a rézionok képesek oxidálni a cinket ($\varepsilon^\circ(\text{Cu}) > \varepsilon^\circ(\text{Zn})$), így a lejátszódó reakció bruttó egyenlete: $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn} = \text{Cu} + \text{Zn}^{2+}$

A cink oxidálódik: $\text{Zn} = \text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^-$

A réz redukálódik: $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- = \text{Cu}$

A celladiagram:



Az anód az az elektród, ahol oxidáció történik, tehát esetünkben ez a cinkelektrod.

A katód az az elektród, ahol redukció történik, tehát esetünkben ez a rézelektrod.

Az elem negatív pólusa az, ahol az elektródreakció elektronokat termel: itt a cink, pozitív pólusa pedig, ahol fogyaszt: itt a réz.

Az elektródreakciók egyenletei alapján a cinkionok koncentrációja nő, a rézionok koncentrációja pedig csökken az egyes oldatokban.

A reakció során a rézelektrodában csökken, a cinkelektrodában nő a kationok száma, ezért az anionok a rézelektrod teréből a cinkelektrod terébe vándorolnak.

Az elektromotoros erő jó közelítéssel a két elektród potenciáljának különbsége:

$$E_{\text{MF}} = \varepsilon(\text{Cu}) - \varepsilon(\text{Zn})$$

Standard elektródok esetén az elektródpotenciálok a standard elektródpotenciál értékeket jelentik:

$$E_{\text{MF}} = \varepsilon^\circ(\text{Cu/Cu}^{2+}) - \varepsilon^\circ(\text{Zn/Zn}^{2+}) = 0,34 \text{ V} - (-0,76 \text{ V}) = 1,10 \text{ V}$$

B, Mennyi az elektródpotenciál értéke, ha ezüstlemez merítünk 0,04 mol/dm³ koncentrációjú ezüst-nitrát-oldatba? $T = 20^\circ\text{C}$, $\varepsilon^\circ(\text{Ag/Ag}^+) = 0,80 \text{ V}$

Megoldás:

$$\begin{aligned} \text{A Nernst-egyenlet szerint } \varepsilon(\text{Ag}) &= \varepsilon^\circ(\text{Ag/Ag}^+) + \frac{R \cdot T}{F} \cdot \ln([\text{Ag}^+]/(1 \text{ mol/dm}^3)) = \\ &= 0,80 \text{ V} + \frac{8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/(\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 293,15 \text{ K}}{96486 \text{ C/mol}} \cdot \ln(0,04) = 0,80 \text{ V} - 0,0813 \text{ V} \approx 0,72 \text{ V} \end{aligned}$$

C, Egy 18 °C-os oldatban az ón(II)-ionok koncentrációja 0,04 mol/dm³, az ón(IV)-ionok koncentrációja pedig 0,21 mol/dm³. Mekkora az oldatban a redoxipotenciál? $\varepsilon^\circ(\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}) = 0,15 \text{ V}$

Megoldás:

$$\text{A Nernst-egyenlet szerint } \varepsilon = \varepsilon^\circ + \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{[\text{oxidált forma}]/c^\circ}{[\text{redukált forma}]/c^\circ}$$

Az elektródreakció: $\text{Sn}^{4+} + 2 \text{e}^- = \text{Sn}^{2+}$, így az elektronszám-változás 2.

$$\text{Behelyettesítve } \varepsilon = 0,15 \text{ V} + \frac{8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/(\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 291,15 \text{ K}}{2 \cdot 96486 \text{ C/mol}} \cdot \ln \frac{0,21}{0,04} = 0,17 \text{ V}$$

Megjegyzés: Ügyeljünk arra, hogy az oxidált és redukált forma koncentrációját ne cseréljük össze.

D, Mennyit változik a standard Daniell-elem elektromotoros ereje, ha a cink-szulfát-oldatot és a réz-szulfát-oldatot egyaránt háromszoros térfogatra hígítjuk fel?

$$\varepsilon^\circ(\text{Cu/Cu}^{2+}) = +0,35 \text{ V}, \varepsilon^\circ(\text{Zn/Zn}^{2+}) = -0,76 \text{ V}$$

Megoldás:

Az elektromotoros erő a diffúziós potenciáltól eltekintve az alábbi egyenlettel írható fel:

$$E_{\text{MF}} = \varepsilon(\text{Cu}) - \varepsilon(\text{Zn}) = \varepsilon^\circ(\text{Cu/Cu}^{2+}) + \frac{R \cdot T}{2F} \cdot \ln \left(\frac{[\text{Cu}^{2+}]}{1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}} \right) - \varepsilon^\circ(\text{Zn/Zn}^{2+}) - \frac{R \cdot T}{2F} \cdot \ln \left(\frac{[\text{Zn}^{2+}]}{1 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}} \right)$$

Az oldatok hígítása esetén a standardpotenciálok nem, csak a koncentrációfüggő tagok változnak.

Amennyiben az elektronszám-változás a két elektródreakcióban megegyezik, akkor a koncentrációfüggő tagok összevonhatók:

$$E_{MF} = \varepsilon^{\circ}(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) - \varepsilon^{\circ}(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) + \frac{R \cdot T}{2F} \cdot \ln \left(\frac{[\text{Cu}^{2+}]}{[\text{Zn}^{2+}]}\right)$$

Az egyenlethől látható, hogy csak a két ion koncentrációjának hányadosa számít, ezért ha mindkét elektród oldatát háromszorosára hígítjuk, akkor nem változik az elektromotoros erő (a két elektród potenciálja egyforma mértékben változik meg). Megjegyzés: ha az elektronszám változás nem azonos, akkor a logaritmikus tagok összege még azonos hígítás esetén sem 0, ez fogja adni az elektromotoros erő változását.

18.1.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

- Standard kadmiumelektródból és ezüstelektródból galvánelemet készítünk. Írja fel a celladiagramot! Írja fel az elektródokon lejátszódó reakciók egyenletét! Mi a bruttó folyamat egyenlete? Hogyan változik az oldatok koncentrációja az elem működése közben? Merre vándorolnak az anionok az áramkulcsban/sóhídiban? Mekkora az elektromotoros erő? Az elem működése közben melyik elektród lesz az anód illetve a katód? Melyik az elem pozitív illetve negatív pólusa?
 $\varepsilon^{\circ}(\text{Cd}/\text{Cd}^{2+}) = -0,40 \text{ V}$, $\varepsilon^{\circ}(\text{Ag}/\text{Ag}^{+}) = +0,80 \text{ V}$
- Standard nikkel- és ólomelektródból készítünk galvánelemet. Írja fel a celladiagramot! Melyik elektród lesz az anód illetve a katód? Melyik az elem pozitív illetve negatív pólusa? Írja fel az elektródokon lejátszódó reakciók egyenletét! Mi a bruttó folyamat egyenlete? Hogyan változik az oldatok koncentrációja az elem működése közben? Merre vándorolnak az anionok a sóhídiban? Mekkora az elektromotoros erő?
 $\varepsilon^{\circ}(\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}) = -0,13 \text{ V}$, $\varepsilon^{\circ}(\text{Ni}/\text{Ni}^{2+}) = -0,23 \text{ V}$
- Milyen elektród lehet a párja egy standard ólomelektródnak abban a galvánelemben, amelynek az elektromotoros ereje 0,47 V? (A másik elektród is standard, vagyis 1,0 mol/dm³ koncentrációjú oldatba merül az ismeretlen fém.) $\varepsilon^{\circ}(\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}) = -0,13 \text{ V}$
- Melyik esetben történik kémiai reakció?
 a/ ólomlemez réz-szulfát-oldatba merítünk vagy rézlemez ólom-nitrát-oldatba merítünk
 b/ kadmiumdrótot cink-szulfát-oldatba teszünk vagy cinkrudat kadmium-szulfát-oldatba teszünk
 c/ kálium-jodid-oldathoz brómosvizet adunk vagy kálium-bromid-oldathoz jódotsoldatot adunk
- Mennyi az elektródpotenciál értéke, ha ezüstlemez merítünk 0,010 mol/dm³ koncentrációjú ezüst-nitrát-oldatba 22 °C-on? $\varepsilon^{\circ}(\text{Ag}/\text{Ag}^{+}) = 0,80 \text{ V}$
- Mekkora az elektródpotenciálja a cinkelektródnak 0,0050 mol/dm³ koncentrációjú cink-szulfát-oldatban 28 °C-on? $\varepsilon^{\circ}(\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}) = -0,76 \text{ V}$
- Mennyi a hidrogénelektród elektródpotenciálja egy 4,50-ös pH-jú oldatban 25 °C-on?
- Egy alumíniumlemez 0,020 mol/dm³ koncentrációjú, 25 °C hőmérsékletű alumínium-szulfát-oldatba merül. Mekkora az elektródpotenciál? $\varepsilon^{\circ}(\text{Al}/\text{Al}^{3+}) = -1,66 \text{ V}$
- Hány mol/dm³ koncentrációjú az a nikkel-klorid-oldat, amelyben a nikkelektród elektródpotenciálja -0,27 V? A hőmérséklet 20 °C. $\varepsilon^{\circ}(\text{Ni}/\text{Ni}^{2+}) = -0,23 \text{ V}$
- Egy ezüstelektródot telített ezüst-klorid-oldatba merítve az elektródpotenciál értéke 0,513 V. Mekkora az oldatban az ezüstionok koncentrációja, ha a hőmérséklet 23 °C? $\varepsilon^{\circ}(\text{Ag}/\text{Ag}^{+}) = 0,80 \text{ V}$
- Mekkora a redoxipotenciálja annak az elektródnak, amely oldata vas(II)-kloridra nézve 0,10 mol/dm³, vas(III)-kloridra nézve 0,0050 mol/dm³ koncentrációjú? $T = 25 \text{ °C}$, $\varepsilon^{\circ}(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ V}$
- Egy 22 °C-os oldatban az ón(II)-ionok koncentrációja 0,010 mol/dm³, az ón(IV)-ionok koncentrációja pedig 0,25 mol/dm³. Mekkora az oldatban a redoxipotenciál? $\varepsilon^{\circ}(\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}) = 0,15 \text{ V}$
- Mekkora a redoxipotenciál értéke egy olyan oldatban, amely azonos koncentrációban tartalmaz cérium(IV)- és cérium(III)-ionokat? $T = 25 \text{ °C}$, $\varepsilon^{\circ}(\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}) = 1,44 \text{ V}$
- Mekkora a redoxipotenciál abban a 21 °C-os oldatban, amelyben a vas(II)-ionok koncentrációja pontosan tízszerese a vas(III)-ionok koncentrációjának? $\varepsilon^{\circ}(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ V}$
- Egy oldat ón(II)- és ón(IV)-ionokat is tartalmaz, bele inert fémként platinát lógatunk. Az ón(II)-ionok koncentrációja 0,050 mol/dm³, az oldatba merített az elektród potenciálja 0,11 V. Mennyi az oldatban az ón(IV)-ionok koncentrációja? $\varepsilon^{\circ}(\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}) = 0,15 \text{ V}$, $T = 25 \text{ °C}$

16. Mekkora az elektromotoros ereje annak a cink- és rézelektrodokból álló galvánelemnek, amelyben a cinkelektrod $0,50 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú cink-szulfát-oldatba merül, a rézelektrod pedig $0,10 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú réz-szulfát-oldatba? $\varepsilon^\circ(\text{Cu/Cu}^{2+}) = + 0,35 \text{ V}$, $\varepsilon^\circ(\text{Zn/Zn}^{2+}) = - 0,76 \text{ V}$, $T = 25^\circ\text{C}$
17. Mennyit változik a standard Daniell-elem elektromotoros ereje, ha a cink-szulfát-oldatot és a réz-szulfát-oldatot egyaránt kétszeres térfogatra hígítjuk fel?
 $\varepsilon^\circ(\text{Cu/Cu}^{2+}) = + 0,35 \text{ V}$, $\varepsilon^\circ(\text{Zn/Zn}^{2+}) = - 0,76 \text{ V}$
18. Mennyit változik a standard réz- és ezüstlektrodokból álló galvánelem elektromotoros ereje, ha mindkét (eredetileg $1,0 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú) oldatot kétszeres térfogatra hígítjuk?
 $\varepsilon^\circ(\text{Cu/Cu}^{2+}) = + 0,35 \text{ V}$, $\varepsilon^\circ(\text{Ag/Ag}^+) = 0,80 \text{ V}$, $T = 25^\circ\text{C}$

18. 2. ELEKTROLÍZIS

Ha egy oldatba vagy olvadékba két elektródot helyezünk, majd ezekre megfelelő nagyságú feszültséget kapcsolunk, a cellán átfolyó áram hatására az elektródok felületén kémiai reakció játszódik le. Ezt nevezzük elektrolízisnek. Azt az elektródot, amelyiket az áramforrás negatív pólusához csatlakoztattunk, katódnak nevezzük, a pozitív pólushoz csatlakozó elektródot pedig anódnak. A katódon redukció, az anódon oxidáció játszódik le. Ha az oldatban vagy olvadékban több olyan részecske is található, amelyik egy adott elektródon elektródreakcióba léphet, az a részecske fog oxidálódni vagy redukálódni, amelyiknek ehhez kevesebb energiára van szüksége.

Egyetlen vegyület olvadékát elektrolizálva mindkét elektródon csak egy-egy ion léphet elektródreakcióba, tehát ilyen esetben egyértelmű, hogy milyen reakció játszódik le. Például NaCl olvadékát elektrolizálva a katódon csak a nátriumionok redukálódhatnak, az anódon pedig csak a kloridionok oxidálódhatnak, hiszen más nincs is az olvadékban. Az elektródreakciók:

A katódon: $\text{Na}^+ + \text{e}^- = \text{Na}$

Az anódon: $\text{Cl}^- = \text{Cl} + \text{e}^-$, majd egy következő lépésben két klóratom klórmolekulává alakul, a bruttó folyamatot tehát így is írhatjuk: $2 \text{Cl}^- = \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$

Ha egy só vizes oldatát elektrolizáljuk, a só kationjai vándorolnak a katód felé, az anionjai az anód felé. Az viszont, hogy valóban ezek az ionok lépnek-e elektródreakcióba vagy az oldatban lévő vízmolekulák, függ az egyes részecskék leválásához szükséges potenciáltól, esetleg a koncentrációjuktól vagy az oldat pH-jától, továbbá az elektród anyagi minőségétől. Ha a koncentráció- és pH-függéstől valamint az elektród minőségének hatásától eltekintünk, jó közelítéssel mondhatjuk, hogy a katódon az alkálifémek, alkáliföldfémek és az alumínium ionjai nem redukálódnak, hanem inkább a vízmolekulák lépnek elektródreakcióba, a többi fém viszont általában leválik. Az anódon pedig az egyszerű anionok oxidálódnak (klorid-, bromid- vagy jodidionok), míg az összetett ionok helyett a vízmolekulák.

Ha a NaCl vizes oldatát elektrolizáljuk, az anódon klórgáz fejlődik. A katódreakció terméke viszont függ a katód anyagi minőségétől. Ha platinakatódot használunk, nem a nátriumionok redukálódnak, hiszen ehhez nagy energiára volna szükség, hanem hidrogén fejlődik. Higanykatódot használva viszont nátrium válik le a katódon (a higanyon a hidrogén nehezebben redukálódik, ún. túlfeszültsége van, a nátrium viszont könnyebben, mert amalgámot képez a higanyal).

Az elektródreakciók egyenletében szereplő elektronok száma alapján meghatározható az adott töltésmennyiség áthaladásakor keletkező termékek mennyisége is. Ahány mól elektron az egyenletben szerepel, annyszor 96486 C töltés kell ahhoz, hogy az egyenletben feltüntetett mennyiségű termék képződjön. Réz(II)-ionok redukációjakor például a katódfolyamat egyenlete:

$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- = \text{Cu}$. Az egyenlet szerint 1 mol réz leválásához 2 mol elektron, vagyis 2·96486 C töltés áthaladására van szükség.

18.2.1. MINTAFELADATOK

A/ AgNO_3 -oldatot elektrolizálunk annyi ideig, amíg 0,100 g ezüst válik ki a katódon. Mekkora térfogatú, 25 °C-os, standard nyomású gáz fejlődik ezalatt az anódon?

Megoldás: A katódfolyamat: $\text{Ag}^+ + \text{e}^- = \text{Ag}$. (Az ezüst nemesfém, könnyen redukálható – pozitív standardpotenciálú.) Az anódfolyamat: $2 \text{H}_2\text{O} = \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$ (a nitrátion összetett ion, ilyen körülmények között nem oxidálódik). A két egyenletet összehasonlítva: 1 mol oxigén keletkezéséhez 4 mol elektron kell, de 4 mol elektron hatására 4 mol ezüst válik le. Nekünk 0,100 g ezüst vált ki, aminek az anyagmennyisége:

$$n(\text{Ag}) = \frac{0,100 \text{ g}}{107,9 \text{ g/mol}} = 9,27 \cdot 10^{-4} \text{ mol}, \text{ így } n(\text{e}^-) = 9,27 \cdot 10^{-4} \text{ mol},$$

$$n(\text{O}_2) = 9,27 \cdot 10^{-4} \text{ mol} / 4 = 2,32 \cdot 10^{-4} \text{ mol}.$$

Ennek térfogata pedig a gáztörvény alapján: $V = 5,74 \text{ cm}^3$.

B/ KNO_3 -oldatot elektrolizálunk 0,20 A áramerősséggel 15 percig. Mekkora térfogatú 25 °C-os, standard nyomású durranógáz keletkezik?

Megoldás: A kálium alkálifém, nem redukálódik, a nitrátion összetett ion, nem oxidálódik, tehát mindkét elektródon a víz lép elektródreakcióba, vagyis vízbontás történik:

Katódfolyamat: $2 \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$

Anódfolyamat: $2 \text{H}_2\text{O} = \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$.

(Mennyiségi szempontból akkor tudjuk közvetlenül összehasonlítani az anód- és katódfolyamat termékeit, ha azonos töltésmennyiség áthaladására írjuk fel a reakciókat, vagyis ha például a fenti katódfolyamat egyenletét 2-vel megszorozzuk: $4 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- = 2 \text{H}_2 + 4 \text{OH}^-$.)

$$Q = I \cdot t = 0,20 \text{ A} \cdot 15 \cdot 60 \text{ s} = 0,20 \text{ A} \cdot 900 \text{ s} = 180 \text{ C}.$$

$$n(\text{e}^-) = \frac{180 \text{ C}}{96486 \text{ C/mol}} = 1,866 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2) = 1,866 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / 2 = 9,33 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \text{ és } n(\text{O}_2) = 1,866 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / 4 = 4,66 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2 + \text{O}_2) = 1,40 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$V = 0,035 \text{ dm}^3 \text{ durranógáz keletkezik (a gáztörvény alapján).}$$

C/ Mekkora áramerősséggel elektrolizáltuk a NiSO_4 -oldatot, ha 25 perc alatt 0,065 g nikkel vált ki a katódon?

Megoldás: A katódreakció: $\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Ni}$.

$$n(\text{Ni}) = \frac{0,065 \text{ g}}{58,7 \text{ g/mol}} = 1,11 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{e}^-) = 2 \cdot 1,11 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2,21 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$Q = n(\text{e}^-) \cdot F = 2,21 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 96486 \text{ C/mol} = 214 \text{ C}$$

$$t = 25 \cdot 60 \text{ s} = 1500 \text{ s}$$

$$Q = I \cdot t, \text{ amiből } I = Q/t = 214 \text{ C}/1500 \text{ s} = 0,14 \text{ A}.$$

18.2.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

- Hogyan aránylik egymáshoz a katódon és az anódon fejlődő gáz térfogata elektrolíziskor, ha
 - sósavat elektrolizálunk indifferens elektródok között
 - kálium-szulfát-oldatot elektrolizálunk indifferens elektródok között
 - kénsavoldatot elektrolizálunk indifferens elektródok között?
- Réz(II)-klorid-oldatot elektrolizálunk indifferens elektródok között. Hány gramm réz válik le a katódon, mialatt az anódon 10,0 cm³ térfogatú, standard nyomású, 25 °C-os gáz fejlődik?
- Réz(II)-szulfát-oldatot elektrolizálunk indifferens elektródok között. Hány gramm réz válik le a katódon, mialatt az anódon 10,0 cm³ térfogatú, standard nyomású, 25 °C-os gáz fejlődik?
- Ezüst-nitrát-oldatot elektrolizálunk fél órán át 0,25 A áramerősséggel. Hány g ezüst válik le ezalatt a katódon?
- Réz(II)-szulfát-oldatot elektrolizáltunk 0,500 A áramerősséggel 2,00 órán keresztül. Hány gramm réz vált ki a katódon, és mekkora térfogatú standard nyomású, 25 °C-os gáz fejlődött a másik elektródon?
- Nikkel-klorid-oldatot elektrolizálunk 0,40 A áramerősséggel 40 percig. Hány g nikkel és hány dm³ standard nyomású, 25 °C-os klórgáz keletkezik az elektródokon?
- Nátrium-klorid-oldatot elektrolizálunk indifferens elektródok között 2 órán át 0,12 A áramerősséggel. Hány gramm nátrium válik le a katódon?
- Mekkora áramerősséggel végeztük a nátrium-szulfát-oldat elektrolízisét, ha 30 perc alatt 120 cm³ térfogatú standard nyomású, 25 °C-os durranógáz keletkezett?

9. Réz(II)-klorid-oldatot elektrolizálunk 10 percig 0,5 A-es áramerősséggel. Hány gramm réz válik le az elektrolízis során az anódon?
10. Nikkel-szulfát-oldat elektrolízisével akarunk egy tárgyra 0,50 g tömegű nikkelbevonatot készíteni. Az egyenáramú áramforrás melyik pólusához csatlakoztassuk a nikkelezendő tárgyat? Mennyi ideig kell végezni az elektrolízist, ha az áramerősség 0,12 A?
11. Mennyi ideig végeztük 0,20 A áramerősséggel a sósav elektrolízisét, ha 50 cm³ standard nyomású, 25 °C-os gáz keletkezett a két elektródon összesen?
12. Réz(II)-szulfát-oldatot elektrolizáltunk először 10,0 percig 0,35 A áramerősséggel, majd még 5,0 percig 0,20 A áramerősséggel. Mekkora tömegű réz vált le az anódon? Mekkora tömegű réz vált le a katódon?

19. GYAKORLÓ FELADATOK A PH-SZÁMÍTÁS TÉMÁJÁBÓL

19.1. KÉMHAATÁS, HIDROLÍZIS

A vizes oldatok kémhatása a bennük lévő oxóniumionok (H_3O^+) és hidroxidionok (OH^-) arányától függ. Ha ezek azonos koncentrációban vannak az oldatban, a kémhatás semleges. Ha az oxóniumionok koncentrációja nagyobb, mint a hidroxidionoké, az oldat savas, ha kisebb, akkor lúgos lesz. Ha savakat oldunk vízben, természetesen savas lesz az oldat. Szintén savas oldatot kapunk, ha a vízben nemfémes elemek oxidjait oldjuk fel, ezeket régebben éppen ezért savanhidridnek is nevezték. Bázisok és bázisanhidridek (fém-oxidok) oldata lúgos kémhatású. A sók esetében az oldat kémhatása attól függ, hogy a só kationja és anionja közül melyik és milyen mértékben lép a vízzel sav-bázis reakcióba. Erős bázis és erős sav sójának a vizes oldata semleges. Ha a só erős bázisból és gyenge savból származik, a vizes oldata lúgos lesz, a gyenge bázis és erős sav sója pedig savas.

A fontosabb erős savak: HCl , H_2SO_4 , HNO_3 , HBr , HI , HClO_4 .

A bázisok közül az alkálifémek hidroxidjait és a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -ot, $\text{Sr}(\text{OH})_2$ -ot és a $\text{Ba}(\text{OH})_2$ -ot tekintjük erős bázisnak.

19.1.1. MINTAFELADAT

Milyen az alábbi vegyületek vizes oldatának kémhatása? Írja fel a kémhatás kialakulását magyarázó reakcióegyenletet!

CH_3COOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, SrO , SO_3 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, Li_2CO_3 , NH_4Cl , KNO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, NaHCO_3

Megoldás:

CH_3COOH : Az ecetsav gyenge sav, vízben oldva az ecetsav-molekulák egy része protont ad át a vízmolekuláknak: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$. A reakcióban oxóniumionok képződnek, így az oldat savas lesz.

$\text{Ba}(\text{OH})_2$: A bárium-hidroxid erős bázis, vízben oldva gyakorlatilag teljesen disszociál: $\text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}^{2+} + 2 \text{OH}^-$, így a hidroxidionok koncentrációja megnő, az oldat lúgos lesz.

SrO : A fém-oxidok közül vízben csak az alkálifémek és a kalcium, stroncium, bárium oxidjai oldódnak. Vizes oldatban az oxidionok a vízmolekulákkal reagálva azonnal hidroxidionná alakulnak, tehát a vízben oldódó fém-oxidok a megfelelő hidroxiddá alakulva oldódnak: $\text{SrO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Sr}(\text{OH})_2 = \text{Sr}^{2+} + 2 \text{OH}^-$. Az oldat természetesen lúgos.

SO_3 : A kén-trioxid vízben oldva kénsavvá alakul, ami disszociál (pontosabban protonálja a vízmolekulákat): $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 = 2 \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$, precízebben felírva: $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$. (Még ez sem egészen igaz, a valóságban a kénsav csak az első lépésben erős sav, a második protonját csak részben adja le, de most az egyszerűség kedvéért tekintjük mindkét lépésben erős savnak.)

$\text{Al}(\text{OH})_3$: Az alumínium-hidroxid nagyon rosszul oldódik vízben, nem is beszélhetünk a vizes oldatáról.

Li_2CO_3 : Vízben oldva a só disszociál lítiumionokra és karbonátionokra. A Li^+ -ion nem lép reakcióba a vízmolekulákkal ($\text{Li}^+ + \text{H}_2\text{O} \neq$). A karbonátion egy gyenge savból, a szénsavból származó anion, így részben protonokat vesz fel a vízmolekuláktól: $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$. A vízmolekulákból hidroxidionok keletkeznek, így az oldat lúgos lesz. (A karbonátion ugyan két lépésben tud protonokat felvenni, és a hidrogén-karbonát-ionok mellett szénsavmolekulák is keletkezhetnek, de az első lépés jóval nagyobb mértékben történik meg, így elég azt figyelembe venni.)

NH_4Cl : A kloridion nem lép reakcióba a vízmolekulákkal, hiszen a sósav erős sav (a kloridion a HCl konjugált bázis párja, és mivel a sósav erős sav, a konjugált párja bázisként nagyon gyenge, tehát nem vesz fel protont a vízmolekuláktól). Az ammónia viszont gyenge bázis, ezért az ammóniumion tud savként viselkedni a vízzel szemben: $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$, az oldat savas lesz.

KNO_3 : A kálium-nitrát a KOH és a HNO_3 sója. A KOH erős bázis, a HNO_3 erős sav, ezért sem a káliumion, sem a nitrátion nem lép reakcióba a vízmolekulákkal. Az oldat kémhatása semleges.

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$: Gyenge bázis és gyenge sav sója, mindkét ion hidrolizál. Ebben az esetben az oldat kémhatása attól függ, hogy melyik ion hidrolízise játszódik le nagyobb mértékben, vagyis a bázis és a sav közül melyik a gyengébb. Az ammónium-karbonát esetében az oldat lúgos lesz, mert a szénsav jóval gyengébb sav, mint amennyire gyenge bázis az ammónia.

NaHCO_3 : A „savanyúsó” kifejezés nem a vizes oldat kémhatását jelzi, csak arra utal, hogy az eredeti savnak nem az összes hidrogénjét helyettesíti fémion. A NaHCO_3 -oldat kémhatása lúgos, mert a HCO_3^- -ion bázisként erősebb, mint savként, azaz nagyobb mértékben vesz fel protont, mint amennyire lead, tehát főleg a $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$ reakció játszódik le.

19.1.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

I. Milyen lesz az alábbi vegyületek vizes oldatának kémhatása? Ionos egyenlet felírásával indokolja (ahol van reakció)!

1. ammónia + víz
2. salétromsav + víz
3. kalcium-hidroxid + víz
4. szén-dioxid + víz
5. kalcium-oxid + víz
6. kén-dioxid + víz
7. ezüst-oxid + víz
8. hangyasav + víz
9. bárium-oxid + víz
10. kén-trioxid + víz
11. lítium-oxid + víz
12. szilícium-dioxid + víz

II. Milyen az alábbi vegyületek vizes oldatának kémhatása? Reakcióegyenlettel bizonyítsa!

1. nátrium-karbonát + víz (ionos egyenletet írjon!)
2. ammónium-jodid + víz
3. kálium-foszfát + víz
4. lítium-klorid + víz
5. kálium-szulfid + víz
6. ammónium-szulfát + víz
7. nátrium-nitrát + víz
8. bárium-bromid + víz
9. magnézium-szulfát + víz
10. nátrium-nitrit + víz
11. kálium-acetát
12. ammónium-bromid
13. kálium-karbonát
14. nátrium-szulfát
15. ammónium-nitrát
16. kalcium-nitrát

17. kalcium-acetát
18. rubídium-foszfát
19. kálium-hidrogénkarbonát
20. nátrium-szulfid
21. bárium-klorid
22. dinátrium-hidrogénfoszfát

19. 2. ERŐS SAVAK ÉS LÚGOK PH-JA

Ha a savakat vízben oldjuk, protonátmenettel járó reakció történik, amelynek során a sav proton ad át a vízmolekuláknak. Így oxóniumionok keletkeznek, az oldat savas kémhatásúvá válik. Erős savaknak azokat a savakat nevezzük, amelyek ezt teljes mértékben megteszik, tehát az erős sav összes molekulája leadja a protonját a vízmolekuláknak. Pl. a HCl erős sav, vízzel történő reakciója az alábbi egyenlettel írható fel:

$\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$. (Régebben úgy fogalmaztak, hogy a HCl molekulái vízben oldva teljesen disszociálnak, vagyis hidrogénionokra és kloridionokra "szakadnak": $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$.) Erős bázisoknak is azokat a bázisokat nevezzük, amelyek vízben teljesen disszociált formában vannak jelen, pl. a nátrium-hidroxid, amely nátriumionokra és hidroxidionokra disszociál.

19.2.1. MINTAFELADATOK

A/ Mennyi a pH-ja a 0,00485 mol/dm³ koncentrációjú sósavnak?

Megoldás: A pH az oldat oxóniumion-koncentrációja mol/dm³ mértékegységhez tartozó számértékének negatív 10-es alapú logaritmus: $\text{pH} = -\lg[(\text{H}_3\text{O}^+)/(\text{mol/dm}^3)]$, tehát először az oxóniumionok koncentrációját kell meghatározni. Mivel a sósav erős sav, vízben "teljesen disszociál", pontosabban teljes mértékben lejátszódik a protonátadás, az összes HCl-molekulából oxóniumion keletkezik, vagyis az oxóniumionok koncentrációja annyi lesz, mint a kiindulási HCl-koncentráció volt. Tehát $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,00485 \text{ mol/dm}^3$, és $\text{pH} = -\lg 0,00485 = 2,31$.

B/ Mennyi a pH-ja a 0,0120 mol/dm³ koncentrációjú Ba(OH)₂-oldatnak?

Megoldás:

A bárium-hidroxid erős bázis, így vízben teljesen disszociál: $\text{Ba(OH)}_2 = \text{Ba}^{2+} + 2 \text{OH}^-$. Viszont kétértékű bázis, tehát hidroxidionból kétszer annyi keletkezik, mint amennyi bárium-hidroxidból kiindultunk:

$[\text{OH}^-] = 2 \cdot [\text{Ba(OH)}_2] = 2 \cdot 0,0120 \text{ mol/dm}^3 = 0,0240 \text{ mol/dm}^3$. Lúgos oldatok esetében először a pOH értékét számoljuk ki, és majd abból a pH-t. $\text{pOH} = -\lg [\text{OH}^-] = -\lg 0,0240 = 1,62$. Tudjuk, hogy $\text{pH} + \text{pOH} = 14$, így a pH is kiszámítható: $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 1,62 = 12,38$.

C/ Van 250 cm³ térfogatú, 0,0325 mol/dm³ koncentrációjú salétromsav-oldatunk. Mennyi a pH-ja? Mennyi lesz az oldat pH-ja, ha 1,5 l térfogatra felhígítjuk?

Megoldás: A feladat első részének megoldásához nincs szükség az oldat térfogatára. A pH intenzív mennyiség, vagyis az értéke nem függ az oldat mennyiségétől. $[\text{H}_3\text{O}^+] = c(\text{HNO}_3) = 0,0325 \text{ mol/dm}^3$, így a $\text{pH} = -\lg 0,0325 = 1,49$.

A feladat második részében már figyelembe kell vennünk a térfogatot, hiszen nem mindegy, mekkora térfogatú oldatot hígítunk fel. A felhígított oldat koncentrációját kiszámíthatjuk pl. a hígítási képlettel: $c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$, vagyis $0,0325 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,25 \text{ dm}^3 = c_2 \cdot 1,5 \text{ dm}^3$, amiből $c_2 = 5,42 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 = [\text{H}_3\text{O}^+]$.

Az oldat pH-ja tehát: $\text{pH} = -\lg 5,42 \cdot 10^{-3} = 2,27$.

D/ Egy oldat NaOH-ot és Ba(OH)₂-ot is tartalmaz. NaOH-ra nézve 0,020 mol/dm³, Ba(OH)₂-ra nézve pedig 0,0080 mol/dm³ koncentrációjú. Mennyi a pH-ja?

Megoldás: Mindkét bázis erős, teljesen disszociál, a két vegyületből származó hidroxidionok koncentrációja összeadódik: $[\text{OH}^-] = c(\text{NaOH}) + 2 \cdot c(\text{Ba(OH)}_2) = 0,020 \text{ mol/dm}^3 + 2 \cdot 0,0080 \text{ mol/dm}^3 = 0,036 \text{ mol/dm}^3$. $\text{pOH} = -\lg 0,036 = 1,44$, $\text{pH} = 14 - 1,44 = 12,56$.

E/ Összeöntünk 150 cm³ térfogatú, 0,025 mol/dm³ koncentrációjú kénsavat és 250 cm³ térfogatú, 12,50-es pH-jú nátrium-hidroxid-oldatot. Mennyi lesz a keletkező oldat pH-ja?

Megoldás: Összeöntéskor a kénsav és a NaOH reagál egymással: $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$.

Az oldat kémhatása attól függ, hogy melyik reaktáns marad feleslegben. Számoljuk ki, hogy mekkora anyagmennyiség van mindkét reaktánsból:

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,025 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,150 \text{ dm}^3 = 3,75 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

A NaOH anyagmennyiségének kiszámításához először a koncentrációjára van szükség. Az oldat pH-ja 12,50, ebből a pOH = 14 – 12,50 = 1,50. Mivel pOH = –lg[OH[–]], ebből a hidroxidion-koncentráció:

[OH[–]] = 10^{–pOH} = 10^{–1,50} = 0,03162 mol/dm³, és mivel egyértékű erős bázisról van szó, így ugyanennyi a NaOH koncentrációja is.

$$n(\text{NaOH}) = 0,03162 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,250 \text{ dm}^3 = 7,906 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

A reakcióegyenlet szerint 1 mol kénsav 2 mol nátrium-hidroxiddal reagál, tehát a 3,75·10^{–3} mol kénsav 2 · 3,75·10^{–3} mol = 7,50·10^{–3} mol nátrium-hidroxiddal.

2 · n(H₂SO₄) < n(NaOH), vagyis a NaOH feleslegben van.

A feleslegben maradt NaOH anyagmennyisége 7,906·10^{–3} – 7,50·10^{–3} = 4,06·10^{–4} mol.

Ez 150 + 250 = 400 cm³ térfogatban van, tehát a maradék NaOH koncentrációja:

$$c = n/V = 4,06 \cdot 10^{-4} \text{ mol} / 0,4 \text{ dm}^3 = 1,014 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 = [\text{OH}^-]$$

$$\text{pOH} = -\lg 1,014 \cdot 10^{-3} = 2,99$$

$$\text{pH} = 14 - 2,99 = 11,01$$

19.2.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Mennyi a pH-ja a 0,065 mol/dm³ koncentrációjú salétromsavoldatnak?
2. Mennyi a pH-ja 150 cm³ 0,0028 mol/dm³ koncentrációjú sósavnak?
3. Mennyi a pH-ja a 0,082 mol/dm³ koncentrációjú nátrium-hidroxid-oldatnak?
4. Mennyi a pH-ja a 0,035 mol/dm³ koncentrációjú bárium-hidroxid-oldatnak?
5. Hány mol/dm³ koncentrációjú az a perklórsavoldat, amelynek a pH-ja 3,25?
6. Hány mol/dm³ koncentrációjú az a kálium-hidroxid-oldat, amelynek a pH-ja 8,75?
7. Hány mol/dm³ koncentrációjú az a kénsavoldat, amelynek a pH-ja 3,30?
8. Hány mol/dm³ koncentrációjú az a stroncium-hidroxid-oldat, amelynek a pH-ja 9,80?
9. 0,125 g tömegű nátrium-hidroxidból 2,5 dm³ térfogatú oldatot készítettünk. Mekkora lesz az oldat pH-ja?
10. Hány gramm HCl-ot tartalmaz a 2,50-os pH-jú sósav 0,75 literre?
11. Mennyi a pH-ja 1,5 dm³ térfogatú, 2,50 mmol/dm³ koncentrációjú kalcium-hidroxid-oldatnak?
12. 70,0 cm³ térfogatú 0,500 mol/dm³ koncentrációjú kálium-hidroxid-oldatot felhígítunk 250 cm³-re. Mennyi lesz a hígított oldat pH-ja?
13. Hány mol/dm³ koncentrációjú az a bárium-hidroxid-oldat, amelyet 5-szörös térfogatra hígítva 12,35-es pH-jú oldatot kapunk?
14. 30 cm³ 2,00-es pH-jú sósavhoz 70 cm³ vizet öntünk. Mennyi lesz a keletkező oldat pH-ja?
15. Hány cm³ 4,5 mmol/dm³ koncentrációjú salétromsavoldatot hígítsunk fel 2,0 literre, hogy pH = 4,00-es oldatot kapjunk?
16. Hány mol/dm³ koncentrációjú az a KOH-oldat, amiből 85 cm³-t 300 cm³-re hígítva a kapott oldat pH-ja 11,85?
17. 100 cm³ vízben feloldunk 0,255 g NaOH-ot. Mennyi lesz a keletkező oldat pH-ja? Az oldódáskor bekövetkező térfogatváltozást hanyagoljuk el!
18. Egy sósavat és salétromsavat is tartalmazó oldat sósavra nézve 0,0048 mol/dm³, salétromsavra nézve 0,0075 mol/dm³ koncentrációjú. Mennyi a pH-ja?

19. Mennyi a pH-ja a $0,0135 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú kálium-hidroxidot és $0,0063 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú bárium-hidroxidot tartalmazó oldatnak?
20. 125 cm^3 térfogatú $0,0070 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú bárium-hidroxid-oldatban feloldunk $0,0315 \text{ g NaOH}$ -ot. Mennyi lesz a keletkező oldat pH-ja?
21. Összeöntünk 25 cm^3 $\text{pH} = 1,00$ -es sósavat és 75 cm^3 $\text{pH} = 2,00$ -es sósavat. Mennyi lesz a keletkező oldat pH-ja?
22. Összeöntünk 35 ml $\text{pH} = 12,00$ -es NaOH -oldatot és 45 ml $0,0065 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú bárium-hidroxid-oldatot. Mennyi lesz a keletkező oldat pH-ja?
23. 200 cm^3 $\text{pH} = 2,50$ -os salétromsavoldatban feloldunk $0,75 \text{ g NaOH}$ -ot. Mennyi lesz a keletkező oldat pH-ja?
24. $15,0 \text{ cm}^3$ $\text{pH} = 12,00$ -es bárium-hidroxid-oldathoz 30 cm^3 $0,030 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú perklórsav-oldatot öntünk. Mennyi lesz a keletkező oldat pH-ja?
25. Van 30 cm^3 $0,25 \text{ m/m\%}$ -os ($\rho \approx 1,00 \text{ g/cm}^3$) nátrium-hidroxid-oldatunk és 55 ml $70,0 \text{ mmol/dm}^3$ koncentrációjú salétromsav-oldatunk. Mennyi az egyes oldatok pH-ja, és mennyi lesz a pH, ha a két oldatot összeöntjük?

19. 3. GYENGE SAV, GYENGE BÁZIS OLDATÁNAK PH-JA

A gyenge savak illetve gyenge bázisok vizes oldatban csak kismértékben lépnek sav-bázis reakcióba a vízzel. Egy HA képletű gyenge sav esetében a reakció a $HA + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$ egyenlettel írható le. A reakció egyensúlyra vezet, vagyis a gyenge sav molekulái nem mind adják át protonjukat a vízmolekuláknak, csupán a molekulák egy része. Azonos koncentrációk esetén tehát a gyenge savból kevesebb oxóniumion keletkezik, mint az erős savakból, tehát kevésbé lesz savas az oldat.

Az egyensúlyi reakciónak felírhatjuk az egyensúlyi állandóját:

$$K = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA][H_2O]}$$

Mivel a reakció csak kis mértékben játszódik le, az amúgy is jóval nagyobb mennyiségben jelenlévő víz koncentrációját gyakorlatilag nem változtatja meg, így az állandónak tekinthető, és összevonható az egyensúlyi állandóval. Szorozzuk be ezért az egyenletet a víz koncentrációjával:

$$K \cdot [H_2O] = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$$

Az egyenlet bal oldalán lévő szorzat mindkét tagja állandó, így a szorzatuk is, és ezt nevezzük a gyenge sav savi állandójának (vagy régebbi nevén disszociációs állandójának):

$$K_s = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$$

A sav és víz közti reakcióban a sav anionja, A^- és az oxóniumionok azonos mennyiségben keletkeznek. Ha feltételezzük, hogy a víz autoprotolíziséből származó oxóniumionok mennyisége ehhez képest elhanyagolható, akkor az A^- anion és az oxóniumion koncentrációja azonosnak vehető, így a képlet egyszerűsödik:

$$K_s = \frac{[H_3O^+]^2}{[HA]}$$

A disszociálatlan HA sav koncentrációját pedig felírhatjuk úgy, hogy a sav összkoncentrációjából (teljes vagy bemérési koncentrációjából) levonjuk azt, ami belőle disszociált, ami viszont az oxóniumion-koncentrációval azonos:

$$K_s = \frac{[H_3O^+]^2}{c - [H_3O^+]}$$

Ezzel a képlettel már kiszámíthatjuk egy adott koncentrációjú gyenge sav pH-ját, ha a savi állandóját ismerjük. További egyszerűsítést tesz lehetővé, ha a sav olyan gyenge, hogy csak elhanyagolható része disszociál, vagyis a teljes koncentráció mellett az oxóniumion-koncentrációt elhanyagolva:

$$K_s = \frac{[H_3O^+]^2}{c}$$

Az oxóniumionok helyett az egyszerűség kedvéért hidrogénionokat is írhatunk, ha tudjuk, hogy a valóságban úgysem magukban léteznek, hanem vízmolekulához kapcsolódva:

$$K_s = \frac{[H^+]^2}{c}$$

Gyenge bázis reakciója vízzel: $B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$. A folyamat egyensúlyi állandója:

$$K = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B][H_2O]}$$

A fentihez teljesen hasonló megfontolásokkal $K \cdot [H_2O] = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]} = K_b$, ez a gyenge bázis bázisállandója. A további egyszerűsítések is hasonlóak ahhoz, amit a gyenge savnál tettünk:

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{[B]} \text{ illetve } K_b = \frac{[OH^-]^2}{c - [OH^-]} \text{ végül elhanyagolással kapjuk a végső képletet: } K_b = \frac{[OH^-]^2}{c}$$

Számolhatunk a disszociációfok segítségével is, ami azt mutatja meg, hogy a sav vagy bázis mekkora hányada van disszociált formában: $\alpha = \frac{c_{\text{disszociált}}}{c_{\text{összes}}}$. Gyenge sav esetén $\alpha = \frac{[H^+]}{c_{\text{összes}}}$.

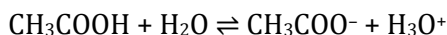
Innen $[H^+] = [A^-] = \alpha \cdot c$ és $[HA] = (1 - \alpha) \cdot c$, amit a savi állandóba helyettesítve $K_s = \frac{(\alpha c)^2}{(1 - \alpha)c} = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha} c$. Elhanyagolással pedig a képletünk $K_s = \alpha^2 c$ alakú.

Gyenge bázis esetén hasonló megfontolásokkal a $K_b = \alpha^2 c$ képlethez jutunk.

19.3.1. MINTAFELADATOK

A/ Számítsuk ki a 0,15 mol/dm³ koncentrációjú ecetsavoldat pH-ját! $K_s = 1,86 \cdot 10^{-5}$ mol/dm³

Megoldás: Az ecetsav gyenge sav, vízben oldva az ecetsav-molekuláknak csak egy kis része ad át protonokat a vízmolekuláknak:



Az ecetsav savi állandója: $K_s = 1,86 \cdot 10^{-5}$ mol/dm³ = $\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{c}$ vagy egyszerűbben, az oxóniumionok helyett

$$\text{hidrogénionokat írva } K_s = \frac{[\text{H}^+]^2}{c} = \frac{[\text{H}^+]^2}{0,15 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}}.$$

Az egyenletet megoldva: $[\text{H}^+] = 1,67 \cdot 10^{-3}$ mol/dm³

$$\text{pH} = -\lg 1,67 \cdot 10^{-3} = 2,78$$

B/ Milyen koncentrációjú az az ammóniaoldat, amelynek a pH-ja 10,90?

Megoldás:

$$K_b = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 = \frac{[\text{OH}^-]^2}{c}$$

Ha az oldat pH-ja 10,90, akkor pOH = 14–10,90 = 3,10

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-3,10} = 0,000794 \text{ mol/dm}^3$$

Ezt a fenti képletbe behelyettesítve a koncentráció kiszámítható: $c = \frac{[\text{OH}^-]^2}{K_b} = 0,036 \text{ mol/dm}^3$.

Megjegyzés: Ha nem a pH-t akarjuk kiszámolni, hanem ismert pH alapján a koncentrációt vagy a savi illetve bázisállandót, akkor nem érdemes elhanyagolni a fenti képletek nevezőjében szereplő hidrogén- vagy hidroxidion-koncentrációt, hiszen ebben az esetben csak alig lesz egyszerűbb a számolás az elhanyagolással.

A fenti feladatban elhanyagolás nélkül 0,037 mol/dm³ az ammóniaoldat koncentrációja.

C/ Az ecetsav-molekulák hány százaléka disszociál a 0,5 m/m%-os ecetsavoldatban?

$K_s = 1,86 \cdot 10^{-5}$ mol/dm³, az oldat sűrűségét tekintjük 1,00 g/cm³-nek.

Megoldás:

Az oldat koncentrációját számoljuk át molaritásra: ha a sűrűsége 1,00 g/cm³, akkor 100 g oldat térfogata 100 cm³. Ez 0,5 g ecetsavat tartalmaz, aminek az anyagmennyisége:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,5 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = 0,00833 \text{ mol}.$$

$$\text{Az oldat koncentrációja: } c = \frac{n}{V} = \frac{0,00833 \text{ mol/dm}^3}{0,1 \text{ dm}^3} = 0,0833 \text{ mol/dm}^3$$

$$K_s = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 = \frac{[\text{H}^+]^2}{c} = \frac{[\text{H}^+]^2}{0,0833 \text{ mol/dm}^3} \text{ amiből } [\text{H}^+] = 0,00124 \text{ mol/dm}^3$$

$$\text{A disszociációfok: } \alpha = \frac{[\text{H}^+]}{c_{\text{összes}}} = \frac{0,00124 \text{ mol/dm}^3}{0,0833 \text{ mol/dm}^3} = 0,0149$$

Tehát a molekulák 1,49 %-a disszociált.

Vagy:

$$\text{A } K_s = \alpha^2 \cdot c \text{ képlettel számolva } 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 = \alpha^2 \cdot 0,0833 \text{ mol/dm}^3, \text{ amiből } \alpha = 0,0149$$

19.3.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Számítsuk ki a $0,225 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ecetsavoldat pH-ját! $K_s = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
2. Mennyi a pH-ja a $0,075 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ammóniaoldatnak? $K_b = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
3. Az ecetsav-molekulák hány százaléka disszociál a $0,25 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldatban, illetve ha ezt az oldatot ötszörös térfogatra hígítjuk? $K_s = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
4. Mennyi annak a gyenge savnak a savi állandója, amelynek $0,0169 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldatában a $\text{pH} = 3,00$?
5. Hány mol/dm^3 koncentrációjú az a hangyasavoldat, amelynek a pH-ja $2,75$? $K_s = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$
6. Hány gramm ammóniát tartalmaz a $10,85$ -ös pH-jú ammóniaoldat 200 cm^3 -e? $K_b = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$,
7. $5,00 \text{ cm}^3$ jégacetet (100 tömeg%-os, $1,0497 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű ecetsav) $0,5 \text{ dm}^3$ -re hígítunk. Mennyi lesz az oldat pH-ja? $K_s = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
8. $3,00 \text{ dm}^3$ standard nyomású, 25°C -os ammónia gázt vízben elnyeletünk, majd $1,00 \text{ dm}^3$ -re hígítjuk az oldatot. Mennyi lesz a pH-ja? $K_b = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
9. Mennyi a pH-ja annak az oldatnak, amelyet $1,00 \text{ g}$ benzoésav feloldásával és 200 cm^3 -re hígításával kaptunk? $M_{\text{benzoésav}} = 122,1 \text{ g/mol}$, $K_s = 6,30 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
10. Milyen koncentrációjú az a sósav, amelynek a pH-ja megegyezik a $0,45 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ecetsav-oldatával? $K_s = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$

19. 4. HIDROLIZÁLÓ SÓK OLDATÁNAK PH-JA

Hidrolizáló sóknak azokat a sókat nevezzük, amelyeknek valamelyik ionja a vízzel sav-bázis reakcióba lép, és ezáltal a vizes oldat kémhatása savas vagy lúgos lesz. A savasan hidrolizáló sók esetében a só egyik ionja (többnyire a kation) protont ad át a vízmolekuláknak, és a felszaporodó oxóniumionok miatt savas lesz az oldat. Például az ammónium-jodid vizes oldatában a lejátszódó reakció: $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$, mivel az ammóniumion gyenge savként viselkedik. Ezért az oldat pH-jának kiszámításához használható képlet hasonló alakú, mint a gyenge sav esetén: $K_h = K_s = \frac{[\text{H}^+]^2}{c - [\text{H}^+]}$ illetve elhanyagolással: $K_h = K_s = \frac{[\text{H}^+]^2}{c}$. A konjugált sav-bázis párok esetében a savi forma savi állandójának és a bázisos forma bázisállandójának szorzata mindig egyenlő a víziionszorzattal:

$K_s \cdot K_b = K_v$, amiből a hidrolízisállandó (jelen esetben az ammóniumion savi állandója) kiszámítható: $K_s = \frac{K_v}{K_b}$.

Lúgosan hidrolizáló só esetén a só anionja (A^-) bázisként viselkedik a vízzel szemben, protont vesz fel tőle, így a vízmolekulákból hidroxidionok keletkeznek ($\text{A}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HA} + \text{OH}^-$), az oldat lúgos lesz. A pH kiszámításához használható képlet a gyenge bázis pH-jának kiszámításához hasonló módon:

$K_b = \frac{K_v}{K_s} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{c - [\text{OH}^-]}$, a szokásos elhanyagolással: $K_b = \frac{K_v}{K_s} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{c}$.

19.4.1. MINTAFELADATOK

A/ Mennyi a pH-ja a $0,25 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ammónium-jodid-oldatnak? $K_b(\text{NH}_3) = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$

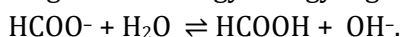
Megoldás:

$K_s = \frac{[\text{H}^+]^2}{c - [\text{H}^+]}$ $= \frac{[\text{H}^+]^2}{0,25 \text{ mol/dm}^3 - [\text{H}^+]}$ $\approx \frac{[\text{H}^+]^2}{0,25 \text{ mol/dm}^3}$ mivel a $0,25 \text{ mol/dm}^3$ koncentráció mellett elhanyagolható az a mennyiség, ami ebből hidrolizál. Innen a hidrogénionok koncentrációja:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{5,71 \cdot 10^{-10} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \cdot 0,25 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}} = 1,195 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}, \text{ amiből } \text{pH} = -\lg 1,195 \cdot 10^{-5} = 4,92.$$

B/ Milyen koncentrációjú az a kálium-formiát-oldat, amelynek a pH-ja 7,80? $K_s(\text{HCOOH}) = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$

Megoldás: A hangyasav gyenge sav, így sói, a formiátok lúgosan hidrolizálnak:



A formiátion bázisállandója: $K_b = \frac{K_v}{K_s} = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,8 \cdot 10^{-4}} = 5,56 \cdot 10^{-11} \text{ mol/dm}^3$.

Ha az oldat pH-ja 7,80, akkor $\text{pOH} = 14 - 7,80 = 6,20$, és $[\text{OH}^-] / (\text{mol/dm}^3) = 10^{-6,20} = 6,3 \cdot 10^{-7}$. A képletbe behelyettesítve az adatokat:

$$K_b = 5,56 \cdot 10^{-11} \text{ mol/dm}^3 = \frac{[\text{OH}^-]^2}{c - [\text{OH}^-]} = \frac{[6,3 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3]^2}{c - [6,3 \cdot 10^{-7} \text{ mol/dm}^3]}.$$

Az egyenletet megoldva a kálium-formiát-oldat koncentrációja: $c = 7,17 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$.

19.4.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Számítsuk ki a $0,125 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú NH_4Br -oldat pH-ját! $K_b(\text{NH}_3) = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
2. Számítsuk ki a $0,085 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú nátrium-formiát-oldat pH-ját!
 $K_s(\text{HCOOH}) = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$
3. Mennyi a $0,265 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú KCN -oldat pH-ja? $K_s(\text{HCN}) = 4,0 \cdot 10^{-10} \text{ mol/dm}^3$
4. Egy gyenge sav erős bázissal alkotott sójának $0,12 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú oldatában a $\text{pH} = 8,19$. Mennyi a gyenge sav savi állandója?

5. Mennyi annak az ammónium-nitrát-oldatnak a koncentrációja mol/dm^3 -ben, amelynek a pH-ja 5,10? $K_b(\text{NH}_3) = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
6. Egy nátrium-acetát-oldat pH-ja 9,06. Hány gramm nátrium-acetátot tartalmaz az oldat 100 cm^3 -e? $K_s(\text{ecetsav}) = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
7. Hány cm^3 -t hígítsunk fel a $0,50 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú nátrium-acetát-oldatból 100 cm^3 -re, hogy 9,00-es pH-jú oldatot kapjunk? $K_s(\text{ecetsav}) = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
8. 3,52 g NH_4Cl -ből 250 cm^3 oldatot készítünk. Mennyi lesz a pH-ja? $K_b(\text{NH}_3) = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
9. A formiátionok hány százaléka hidrolizál a $0,200 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú nátrium-formiát-oldatban? $K_s(\text{HCOOH}) = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$

19. 5. PUFFEROLDATOK

A pufferoldatok (vagy tompítóoldatok) csökkentik a belekerülő sav vagy bázis hatását, vagyis ha ilyen oldatba kevés savat vagy lúgot teszünk, az oldat pH-ja sokkal kisebb mértékben változik meg, mint ha ugyanennyi sav vagy bázis vízbe vagy más, nem puffer tulajdonságú oldatba kerül. A pufferoldatok egy olyan konjugált sav-bázis pár mindkét tagját tartalmazzák, amelynek savi formája gyenge sav és a bázisos forma gyenge bázis. Egyszerű esetekben a savas pufferek egy gyenge savat és annak a sóját, a bázisos pufferek egy gyenge bázist és annak a sóját tartalmazzák összemérhető mennyiségben. Savas puffer esetében a savi állandó képletében a sav anionjának koncentrációja helyébe a bemérési sókoncentrációt, a protonált (savi) forma koncentrációja helyébe a bemérési savkoncentrációt helyettesíthetjük: $K_s = [H^+] \frac{c_{s\acute{o}}}{c_{s\acute{a}v}}$. Bázisos puffer esetében a gyenge bázis bázisállandójának képletében a protonált forma koncentrációja helyébe írhatjuk a bemérési só, a deprotonált forma koncentrációjának helyébe a bemérési báziskoncentrációt: $K_b = [OH^-] \frac{c_{s\acute{o}}}{c_{b\acute{a}z\acute{i}s}}$.

19.5.1. MINTAFELADATOK

A/ Egy oldat ammóniát és ammónium-nitrátot tartalmaz. Az ammónia koncentrációja $1,50 \text{ mol/dm}^3$, az ammónium-nitráté $0,45 \text{ mol/dm}^3$. Mennyi az oldat pH-ja? $K_b(\text{NH}_3) = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$

Megoldás:

Az ammónia gyenge bázis, az ammóniumion kismértékben savasan hidrolizál, tehát savként szintén gyenge. Vagyis pufferoldatunk van (ammónia + a sója, tehát bázisos puffer). A só és a bázis koncentrációját kell a képletünkbe behelyettesítenünk:

$$K_b = [OH^-] \frac{c_{s\acute{o}}}{c_{b\acute{a}z\acute{i}s}} \text{ vagyis } 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 = [OH^-] \cdot \frac{0,45 \text{ mol/dm}^3}{1,50 \text{ mol/dm}^3}. \text{ Innen } [OH^-] = 5,83 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3,$$

$$pOH = -\lg 5,83 \cdot 10^{-5} = 4,23 \text{ és } pH = 14 - 4,23 = 9,77.$$

B/ Összeöntünk 100 cm^3 $1,50 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ammóniaoldatot és 50 cm^3 $0,45 \text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ammónium-nitrát-oldatot. Mennyi lesz a keletkező oldat pH-ja? $K_b(\text{NH}_3) = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$

Megoldás: Ugyanannak a pufferoldatnak a két komponensét öntjük össze, mint ami az A/ feladatban szerepelt, csak vegyük figyelembe, hogy a két oldat összeöntésekor mindkettő felhígul 150 cm^3 -re! Mindkét komponens hígítás utáni koncentrációját kiszámíthatjuk a hígítási képlettel: $c_1 V_1 = c_2 V_2$, amiből $c_2 = c_1 V_1 / V_2$.

Az új ammóniakoncentráció: $c(\text{NH}_3) = 1,50 \text{ mol/dm}^3 \cdot \frac{100 \text{ cm}^3}{150 \text{ cm}^3} = 1,0 \text{ mol/dm}^3$ és az új ammónium-nitrát-koncentráció: $c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,45 \text{ mol/dm}^3 \cdot \frac{50 \text{ cm}^3}{150 \text{ cm}^3} = 0,15 \text{ mol/dm}^3$.

$$K_b = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 = [OH^-] \cdot \frac{0,15 \text{ mol/dm}^3}{1,0 \text{ mol/dm}^3}, \text{ amiből } [OH^-] = 1,167 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3, pOH = 3,93 \text{ és } pH = 10,07.$$

Másik megoldás: A pufferoldatok pH-ja csak a két komponens koncentrációjának arányától függ, tehát független attól, hogy a puffert milyen térfogatra hígítjuk fel (bizonyos határokon belül). Ebből az is következik, hogy a koncentrációarány helyett anyagmennyiség-arányt is írhatunk, vagyis a

$$K_b = [OH^-] \frac{c_{s\acute{o}}}{c_{b\acute{a}z\acute{i}s}} \text{ képletet a } K_b = [OH^-] \frac{n_{s\acute{o}}}{n_{b\acute{a}z\acute{i}s}} \text{ alakban is használhatjuk (Vigyázat! Csak a pufferoldatoknál!)}$$

Számoljuk ki az ammónia és az ammónium-nitrát anyagmennyiségét:

$$n(\text{NH}_3) = c \cdot V = 1,50 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,1 \text{ dm}^3 = 0,15 \text{ mol},$$

$$n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 0,45 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,05 \text{ dm}^3 = 0,0225 \text{ mol}.$$

$$\text{Az anyagmennyiségeket a fenti képletbe behelyettesítve: } 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 = [OH^-] \frac{0,0225 \text{ mol}}{0,15 \text{ mol}},$$

$$\text{amiből } [OH^-] = 1,167 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3, pOH = 3,93 \text{ és } pH = 10,07.$$

C/ 250 cm³ térfogatú reagens koncentrációjú (2,0 mol/dm³) ecetsavoldatban feloldunk 8,0 g nátrium-hidroxidot. Mennyi lesz a keletkező oldat pH-ja? $K_s = 1,86 \cdot 10^{-5}$ mol/dm³

Megoldás: Az ecetsav és a NaOH reagál egymással: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$

vagyis nátrium-acetát keletkezik. Az oldat kémhatása attól függ, hogy milyen arányban volt az ecetsav és a NaOH, vagyis melyik maradt fölöslegben. Számoljuk ki tehát, hogy melyikből mekkora anyagmennyiség volt:

$n(\text{ecetsav}) = c \cdot V = 2,0 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,25 \text{ dm}^3 = 0,5 \text{ mol}$, $n(\text{NaOH}) = m/M = \frac{8,0 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0,2 \text{ mol}$. Az ecetsav van tehát feleslegben, a NaOH mind elreagál. Az ecetsavból is elreagál 0,2 mol, marad 0,3 mol, Na-acetátból pedig keletkezik 0,2 mol. Az oldatban tehát csak ecetsav és nátrium-acetát van, vagyis pufferoldat.

Mivel az anyagmennyiségeket már kiszámoltuk, célszerű ezekkel számolni tovább:

$$K_s = [\text{H}^+] \frac{n_{\text{só}}}{n_{\text{sav}}} \text{ vagyis } 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 = [\text{H}^+] \frac{0,2 \text{ mol}}{0,3 \text{ mol}}. \text{ Innen } [\text{H}^+] = 2,79 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3, \text{ tehát pH} = 4,55.$$

D/ Mennyit változik a C/ feladatban szereplő pufferoldat pH-ja, ha még 0,2 g NaOH-ot teszünk bele?

Megoldás: A NaOH ebben az esetben is elreagál az ecetsavval. A 0,2 g NaOH anyagmennyisége

$$n = \frac{0,2 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0,005 \text{ mol}. \text{ Ez elfogyaszt } 0,005 \text{ mol ecetsavat, marad } 0,3 \text{ mol} - 0,005 \text{ mol} = 0,295 \text{ mol ecetsav}.$$

Keletkezik a reakcióban 0,005 mol Na-acetát, összesen lesz $0,2 \text{ mol} + 0,005 \text{ mol} = 0,205 \text{ mol}$.

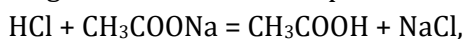
$$K_s = [\text{H}^+] \frac{n_{\text{só}} + n_{\text{NaOH}}}{n_{\text{sav}} - n_{\text{NaOH}}} \text{ vagyis } 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 = [\text{H}^+] \frac{0,205 \text{ mol}}{0,295 \text{ mol}}, \text{ amiből } [\text{H}^+] = 2,677 \cdot 10^{-5}, \text{ tehát pH} = 4,57, \text{ a pH}$$

4,55-ről nő 4,57-re. (Ha ugyanennyi NaOH-ot ugyanilyen térfogatú, vagyis 250 cm³ desztillált vízhez adtuk volna,

$$c = \frac{0,005 \text{ mol}}{0,25 \text{ dm}^3} = 0,02 \text{ mol/dm}^3 \text{ koncentrációjú NaOH-oldatot kaptunk volna, amelynek a pH-ja } 12,30 \text{ lenne!})$$

E/ Mennyit változik a C/ feladatban szereplő pufferoldat pH-ja, ha 10 cm³ 1 mol/dm³ koncentrációjú sósavat öntünk hozzá?

Megoldás: Most a sósav a pufferben lévő nátrium-acetáttal reagál (az erős sav a gyengébbet kiszorítja sójából):



tehát a reakció következtében a só anyagmennyisége csökken, a savé pedig nő annyival, amennyi a hozzáadott sósav anyagmennyisége. $n(\text{HCl}) = c \cdot V = 1,0 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,01 \text{ dm}^3 = 0,01 \text{ mol}$.

$$K_s = [\text{H}^+] \frac{n_{\text{só}} - n_{\text{HCl}}}{n_{\text{sav}} + n_{\text{HCl}}} = [\text{H}^+] \frac{0,2 \text{ mol} - 0,01 \text{ mol}}{0,3 \text{ mol} + 0,01 \text{ mol}} = [\text{H}^+] \frac{0,19 \text{ mol}}{0,31 \text{ mol}}, \text{ amiből } [\text{H}^+] = 3,035 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3,$$

az oldat pH-ja 4,52-re csökken 4,55-ről. A pH-változás -0,03.

19.5.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Egy oldat ecetsavra és nátrium-acetátra nézve egyaránt 1,00 mol/dm³ koncentrációjú. Mennyi az oldat pH-ja? $K_s(\text{ecetsav}) = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
2. Mennyi a pH-ja annak az ammóniát és ammónium-kloridot tartalmazó oldatnak, amelyben az ammóniakoncentráció 0,12 mol/dm³ ill. az ammónium-klorid-koncentráció 0,18 mol/dm³?
 $K_b(\text{NH}_3) = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
3. 150 cm³ 200 mmol/dm³ koncentrációjú ecetsavoldatban feloldunk 2,17 g nátrium-acetátot. Mennyi lesz a keletkező oldat pH-ja? (A térfogatváltozást elhanyagolhatjuk.) $K_s(\text{ecetsav}) = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
4. Mekkora a pH-ja annak a puffernek, amely 45 cm³ 0,25 mol/dm³ koncentrációjú NH₄Cl-ből és 30 cm³ 0,15 mmol/cm³ koncentrációjú NH₃-ből áll? $K_b(\text{NH}_3) = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
5. Mekkora a nátrium-acetát koncentrációja abban az oldatban, amely 0,050 mol/dm³ koncentrációban ecetsavat is tartalmaz és a pH-ja 4,25? $K_s(\text{ecetsav}) = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$

6. 100 cm^3 $0,50\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ecetsavoldatban feloldunk $1,00\text{ g}$ NaOH-ot. Mennyi lesz a keletkező oldat pH-ja? $K_s(\text{ecetsav}) = 1,86 \cdot 10^{-5}\text{ mol/dm}^3$
7. Hány g ammónium-kloridot adjunk 70 ml $0,135\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ammóniaoldathoz, hogy a keletkező oldat pH-ja $8,75$ legyen? $K_b(\text{NH}_3) = 1,75 \cdot 10^{-5}\text{ mol/dm}^3$
8. 250 cm^3 $0,50\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ecetsavhoz 100 cm^3 $0,75\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú NaOH-oldatot adunk. Mennyi lesz az oldat pH-ja? $K_s(\text{ecetsav}) = 1,86 \cdot 10^{-5}\text{ mol/dm}^3$
9. 350 cm^3 $0,30\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú nátrium-acetát-oldathoz 125 cm^3 $0,45\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú sósavat öntünk. Mennyi lesz a keletkező oldat pH-ja? $K_s(\text{ecetsav}) = 1,86 \cdot 10^{-5}\text{ mol/dm}^3$
10. Mennyi a pH-ja annak a puffernek, amely $1,00\text{ dm}^3$ $2,00\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú NH_3 és 200 cm^3 $5,00\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú HCl-oldat összeöntésével készült? $K_b(\text{NH}_3) = 1,75 \cdot 10^{-5}\text{ mol/dm}^3$
11. $1,00$ liter $0,800\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ammónium-klorid-oldathoz $50,0\text{ cm}^3$ $5,00\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú NaOH-oldatot öntünk. Mennyi lesz a keletkező oldat pH-ja? $K_b = 1,75 \cdot 10^{-5}\text{ mol/dm}^3$
12. $1,00\text{ dm}^3$ $0,20\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú ammóniaoldatba $6,30\text{ g}$ ammónium-kloridot szórunk. Mennyi lesz a keletkező pufferoldat pH-ja? $K_b(\text{NH}_3) = 1,75 \cdot 10^{-5}\text{ mol/dm}^3$
13. Mennyit változik a fenti (12.) feladatban szereplő pufferoldat pH-ja, ha még
a/ $0,200\text{ g}$ NaOH-ot teszünk bele?
b/ $5,00\text{ cm}^3$ $2,00\text{ mol/dm}^3$ koncentrációjú sósavat adunk hozzá?
14. Mennyi lenne a pH-változás, ha a fenti (13.) feladat a/ és b/ részében szereplő NaOH illetve HCl mennyiséget a fenti pufferrel azonos térfogatú ($1,00\text{ dm}^3$) desztillált vízbe tennénk?

19. 6. VEGYES PH-S FELADATOK

Az előző fejezetekben négyféle rendszer pH-jának kiszámítási módját ismertük meg: az erős savakét illetve bázisokét, a gyenge savakét illetve bázisokét, a hidrolizáló sókét és a pufferoldatokét. Természetesen ez utóbbi két rendszernek is létezik savas és bázisos változata. „Vegyes” pH-s feladatokban el kell döntenünk, hogy a négy (illetve nyolc) rendszer közül melyiket tartalmazza a vizsgált oldatunk.

Amennyiben egyetlen oldat szerepel a feladatban, csupán ki kell választanunk, hogy melyik kategóriába tartozik a fentiek közül ez az oldat, és a megfelelő számítási módszert, illetve képletet alkalmaznunk.

Amikor több anyagot keverünk össze vagy több oldatot öntünk össze, azt kell megvizsgálnunk, hogy ezek reagálnak-e egymással vagy sem. Ha nem megy végbe köztük kémiai reakció, akkor csupán az esetleges hígulást kell figyelembe venni. Abban az esetben azonban, ha lejátszódik köztük reakció, a keletkezett oldat kémhatása, pH-ja attól is függ, hogy melyik anyag maradt feleslegben a reakció után, vagy esetleg pont sztöchiometrikus arányban öntöttük-e össze őket. Ilyenkor a reakcióegyenlet alapján kiszámítjuk, hogy a reaktánsok kezdeti anyagmennyiségéből mennyi reagált, melyik fogyott el, melyikből maradt. Vagyis megnézzük, hogy a reakció lejátszódása után mit tartalmaz az oldat, és ezután döntjük el, hogy a nyolc közül melyik kategóriába tartozik a rendszerünk.

Léteznek egyéb rendszerek is a vizsgált nyolc kategórián kívül, de ezekkel ebben a feladatgyűjteményben nem foglalkozunk.

A nyolcféle rendszer pH-jának kiszámításához használható képletek:

	savas változat	bázisos változat
erős sav/bázis	$[H^+] = c_{\text{sav}} \cdot \text{értékűség}$	$[OH^-] = c_{\text{bázis}} \cdot \text{értékűség}$
gyenge sav/bázis	$K_s = \frac{[H^+]^2}{c - [H^+]}$	$K_b = \frac{[OH^-]^2}{c - [OH^-]}$
hidrolizáló só	$K_h = \frac{K_v}{K_b} = \frac{[H^+]^2}{c - [H^+]}$	$K_h = \frac{K_v}{K_s} = \frac{[OH^-]^2}{c - [OH^-]}$
puffer	$K_s = [H^+] \frac{c_{\text{só}}}{c_{\text{sav}}}$	$K_b = [OH^-] \frac{c_{\text{só}}}{c_{\text{bázis}}}$

19.6.1. MINTAFELADATOK

A/ 85,0 cm³ desztillált vízben 0,50 g Ba(OH)₂-ot oldunk fel, majd az oldatot 2,50 l-re hígítjuk. Mennyi lesz a pH-ja?

Megoldás:

A bárium-hidroxid kétértékű erős bázis, a hígítással csak a koncentrációját változtattuk meg. A hígulás után a 0,50 g Ba(OH)₂ 2,50 dm³ oldatban van.

A Ba(OH)₂ anyagmennyisége: $n = \frac{m}{M} = \frac{0,50 \text{ g}}{171,3 \text{ g/mol}} = 2,92 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$,

koncentrációja: $c = \frac{n}{V} = \frac{2,92 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{2,5 \text{ dm}^3} = 1,17 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$.

$$[\text{OH}^-] = 2,34 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3, \text{ pOH} = 2,63, \text{ pH} = 11,37.$$

B/ 150 cm³ 0,150 mol/dm³ koncentrációjú ecetsavoldathoz 100 cm³ 0,225 mol/dm³ koncentrációjú NaOH-oldatot öntünk. Mennyi lesz a keletkező oldat pH-ja?

$$K_s = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

Megoldás:

Az ecetsav és a NaOH reagál egymással!

A reakcióegyenlet: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$.

A kiindulási oldatban az ecetsav anyagmennyisége: $n_{\text{ecetsav}} = c \cdot V = 0,150 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,150 \text{ dm}^3 = 0,0225 \text{ mol}$.

A NaOH-é: $n_{\text{NaOH}} = 0,225 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,100 \text{ dm}^3 = 0,0225 \text{ mol}$.

Mivel az ecetsav és a NaOH anyagmennyisége egyenlő, sztöchiometrikus az összetétel, mindketten maradéktalanul elreagálnak. Az oldatban csak a keletkező nátrium-acetát lesz. A nátrium-acetát pedig egy erős bázis és egy gyenge sav sója, tehát lúgosan hidrolizál.

A pH kiszámításához használható képlet: $K_b = \frac{K_v}{K_s} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{c - [\text{OH}^-]}$.

A só koncentrációja: $c = \frac{n}{V} = \frac{0,0225 \text{ mol}}{0,250 \text{ dm}^3} = 0,090 \text{ mol/dm}^3$.

$$K_b = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,86 \cdot 10^{-5}} \text{ mol/dm}^3 = 5,38 \cdot 10^{-10} \text{ mol/dm}^3 = \frac{[\text{OH}^-]^2}{0,090 \text{ mol/dm}^3}.$$

Innen $[\text{OH}^-] = 6,96 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$, $\text{pOH} = 5,16$, $\text{pH} = 8,84$.

C/ Mennyi lesz a pH, ha az előző feladatban szereplő 150 cm³ 0,150 mol/dm³ koncentrációjú ecetsavoldathoz csak 75 cm³ 0,225 mol/dm³ koncentrációjú NaOH-oldatot öntünk?

Megoldás:

A lejátszódó reakció nyilván ugyanaz, mint a B/ feladatban, és az ecetsav anyagmennyisége is: $n_{\text{ecetsav}} = 0,0225 \text{ mol}$.

A NaOH anyagmennyisége viszont most kevesebb: $n_{\text{NaOH}} = 0,225 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,075 \text{ dm}^3 = 0,016875 \text{ mol}$.

Most az ecetsav feleslegben van, a NaOH teljesen elreagál, nátrium-acetát keletkezik, és az ecetsav egy része megmarad. Az oldatban tehát a maradék ecetsav és a keletkező nátrium-acetát van, egy gyenge sav és a sója, tehát pufferoldat.

A nátrium-acetát anyagmennyisége 0,016875 mol, ecetsavból feleslegben marad

$$n = 0,0225 - 0,016875 = 5,625 \cdot 10^{-3} \text{ mol}.$$

Ezeket behelyettesítjük a pufferre vonatkozó képletbe: $K_s = [\text{H}^+] \frac{n_{\text{só}}}{n_{\text{sav}}}$,

$$1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 = [\text{H}^+] \frac{0,016875 \text{ mol}}{0,005625 \text{ mol}}, \text{ amiből } [\text{H}^+] = 6,20 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3, \text{ pH} = 5,21.$$

D/ Összeöntünk 25,0 cm³ 0,0150 mol/dm³ koncentrációjú KOH-oldatot és 35,0 cm³ 11,20-es pH-jú Ba(OH)₂-oldatot. Mennyi lesz a keletkező oldat pH-ja?

Megoldás:

Mindkettő erős bázis, egymással nem reagálnak. A keletkező oldat hidroxidion-koncentrációja összeadódik a két bázisból származó hidroxidionok koncentrációjából, de az összeöntéskor mindkét oldat felhígul.

A KOH koncentrációja az összeöntés után a hígítási képletből:

$$c_2 = c_1 \cdot V_1 / V_2 = 0,0150 \text{ mol/dm}^3 \cdot 25,0 \text{ cm}^3 / 60,0 \text{ cm}^3 = 6,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

A Ba(OH)₂ koncentrációját a pH-ból számolhatjuk ki:

$pOH = 14 - 11,20 = 2,80$, $[OH^-] = 10^{-2,80} = 1,585 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$. (A $Ba(OH)_2$ koncentrációja ennek a fele, vagyis $7,92 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$, de ezt nem is kell kiszámolni, hiszen a hígulásnál számolhatunk a hidroxidion-koncentrációval is.)

Összeöntés után: $[OH^-]_2 = 1,585 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \cdot 35 \text{ cm}^3 / 60 \text{ cm}^3 = 9,245 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$. A teljes hidroxidion-koncentráció: $[OH^-] = 6,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 + 9,245 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 = 7,17 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$, $pOH = 2,14$, $pH = 11,86$.

19.6.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

- 85,0 cm³ 4,0 m/m%-os, 1,020 g/cm³ sűrűségű salétromsavoldathoz 25,0 cm³ 0,65 mol/dm³ koncentrációjú bárium-hidroxid-oldatot öntünk. Mennyi lesz a keletkezett oldat pH-ja? (A keletkezett oldat térfogatát vegyük 110 cm³-nek!)
- Összeöntünk 120 cm³ 0,025 mol/dm³ koncentrációjú perklórsavoldatot és 35,0 cm³ 0,12 mol/dm³ koncentrációjú kénsavoldatot. Mekkora lesz a keletkező oldat pH-ja?
- Hány cm³ térfogatú tömény sósavat (37,0 m/m%-os, 1,183 g/cm³ sűrűségű) hígítsunk 5,0 literre, hogy 1,25-os pH-jú oldatot kapjunk?
- 750 cm³ pH = 3,00-as sósavba 0,200 g NaOH-ot teszünk, majd az oldat térfogatát 2,00 literre egészítjük ki. Mennyi lesz a pH-ja?
- Mennyi a pH-ja a 0,135 mol/dm³ koncentrációjú nátrium-nitrit-oldatnak?
 $K_s(HNO_2) = 4,93 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$
- Hány vegyes-százalékos az az ammóniaoldat, amelynek a pH-ja 10,65 ? $K_b = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
- Hány gramm ammónium-kloridot kell feloldani 250 cm³ 0,085 mol/dm³ koncentrációjú ammóniaoldatban, hogy a pH-ja 9,20 legyen? $K_b(NH_3) = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
- Összeöntünk 100 cm³ 0,35 mol/dm³ koncentrációjú ecetsavoldatot és 50 cm³ 0,70 mol/dm³ koncentrációjú kálium-hidroxid-oldatot. Mekkora lesz a keletkező oldat pH-ja? $K_s = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
- Összeöntünk 15 cm³ 0,40 mol/dm³ koncentrációjú NaOH-oldatot és 40 cm³ 0,30 mol/dm³ koncentrációjú hangyasavoldatot. Mekkora lesz a keletkező oldat pH-ja? $K_s(HCOOH) = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$
- 200 cm³ 0,225 mol/dm³ koncentrációjú hangyasavoldatban hány gramm nátrium-formiátot kell feloldanunk, ha 4,30-as pH-jú oldatot akarunk készíteni? $K_s = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$
- 1,00 liter vízbe beledobunk egy 0,200 g tömegű nátriumdarabkát. Mennyi lesz az oldat pH-ja a reakció lejátszódása után?
- 50,0 cm³ 0,0050 mol/dm³ koncentrációjú kénsavoldathoz hány cm³ 0,020 mol/dm³ koncentrációjú kálium-hidroxid-oldatot kell önteni ahhoz, hogy pont semleges oldatot kapjunk?

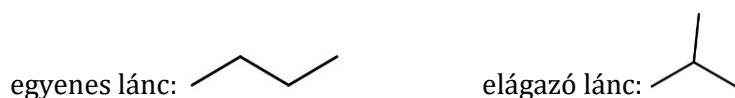
20. IZOMÉRIA

Az izomerek azonos összegképletű, de eltérő szerkezetű molekulák. A szerkezeti eltérés jelentheti a molekulát alkotó atomok eltérő kapcsolódási sorrendjét, illetve azonos kapcsolódási sorrend esetén az atomok eltérő térbeli elhelyezkedését. Ez alapján megkülönböztetünk szerkezeti, más néven konstitúciós izomériát illetve térizomériát, más néven sztereoizomériát. Geometria izoméria, a térizoméria egy fajtája alakulhat ki, ha a molekulában két atom közötti kötés mentén gátolt a forgás (kettőskötés vagy gyűrűs szerkezet esetén), és az atomokhoz eltérő ligandumok kapcsolódnak. A térizoméria másik fontos esete az optikai izoméria, amelynek neve onnan ered, hogy az optikai izomer molekulák (királis molekulák) a poláros fény síkját elforgatják. Királis egy molekula, ha a tükörképével fedésbe nem hozható. A kiralitás leggyakoribb szerkezeti oka, hogy a molekulában olyan tetraédes konfigurációjú atom (tipikusan szénatom) található, amelyhez négy különböző ligandum kapcsolódik. Ezt az atomot aszimmetriacentrumnak (kiralitáscentrumnak) nevezzük.

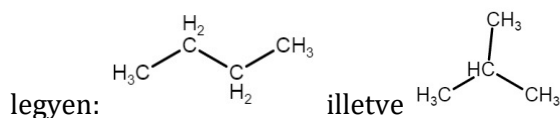
20.1. MINTAFELADATOK

A/ Írja fel a C_4H_{10} molekulaképletű vegyületek lehetséges konstitúciós izomerjeinek gyökcsoportos képletét! Nevezze is el a felírt vegyületeket!

Megoldás: Az összegképletből látható, hogy a vegyület egy nyílt láncú alkán. Első feladatunk a lehetséges szénláncok megtalálása. 4 szénatomból a következő (vonalas képlettel ábrázolt) két láncot tudjuk alkotni:



Az alapszénláncok megtalálása után minden szénhez annyi hidrogént írunk, amennyivel elérjük, hogy 4 kötése



Elnevezések: bután és 2-metil-propán

B/ Írja fel a C_3H_5F képletű vegyületek lehetséges szerkezeti izomerjeit és nevezze el őket! Van-e közöttük olyan, amelynél fellép a geometria izoméria vagy az optikai izoméria?

Megoldás: Első feladat a lehetséges alapszénláncok megtalálása. Ebben az esetben kétféle lehetőség adódik: a nyílt, telítetlen és a gyűrűs, telített lánc.

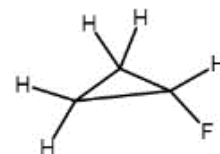
A halogénatom a gyűrűs alaplánc esetén bármely szénatomra tehető, a kapott szerkezetek egyenértékűek. Sem optikai, sem geometria izoméria nem lép fel. Nincs az optikai izomériához szükséges királis, 4 különböző ligandumot tartalmazó szénatom. A gyűrűs szerkezet gátolt forgást eredményez, de nincs két egymás melletti szénatom, amelyen külön-külön kétféle ligandum van (a két hidrogén megkülönböztethetetlen). A vegyület neve fluorciklopropán.

A nyílt, telítetlen lánc bármely szénatomjára tehető a halogénatom és mindhárom szerkezet különböző lesz.

1-fluorpropén: $CHF=CH-CH_3$

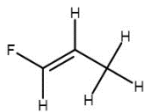
2-fluorpropén: $CH_2=CF-CH_3$

3-fluorpropén: $CH_2=CH-CH_2F$

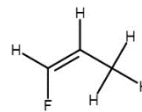


Optikai izomériára nincs lehetőség, mert nincs 4 különböző ligandumot tartalmazó szénatom.

Geometriai izomériára viszont van, mert létezik olyan szerkezet, amely esetén a gátolt forgást eredményező kettős kötés egy-egy oldalán két-két különböző ligandum található: az 1-fluorpropén. A transz és a cisz szerkezetek az alábbiak:



transz-1-fluorpropén



cisz-1-fluorpropén

20.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

1. Írja fel a C_6H_{14} molekulaképletű vegyületek lehetséges konstitúciós izomerjeinek gyökcsoportos képletét! Nevezze is el a felírt vegyületeket!
2. Írja fel a C_5H_{10} képletű vegyületek lehetséges szerkezeti izomerjeinek gyökcsoportos képletét és nevezze el őket! Melyiknél/melyeknél lép fel a geometriai izoméria?
3. Írja fel a 2,4,4,6-tetrametiloktán gyökcsoportos képletét, és jelölje meg a molekulában található primer, szekunder, terciér és kvaterner szénatomokat! Van-e királis szénatom a molekulában?
4. Melyik a legkisebb szénatomszámú alkán, amelynél fellép az optikai izoméria?
5. Írja fel a C_4H_9Br képletű vegyületek lehetséges szerkezeti izomerjeit és nevezze el őket! Van-e közöttük optikailag aktív vegyület?
6. Írja fel a C_3H_5Cl képletű vegyületek lehetséges szerkezeti izomerjeit és nevezze el őket! Van-e közöttük olyan, amelynél fellép a geometriai vagy az optikai izoméria?
7. Írja fel a szerkezeti képletét a 2,3,3-trimetiloktánnak!
8. Írja fel a szerkezeti képletét a 4-etil-3,3-dimetilheptánnak!
9. Írja fel a szerkezeti képletét a 2-metilpent-2-énnek és a 3-metilpent-2-énnek! Melyiknek léteznek geometriai izomerjei?

21. SZERVES VEGYÜLETEK REAKCIÓI

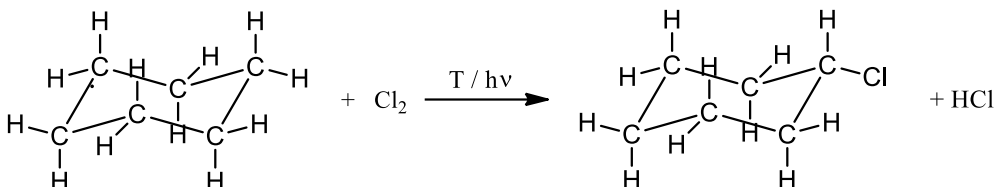
Ebben a feladatgyűjteményben csak a legegyszerűbb, az adott vegyülettípusra legjellemzőbb reakciókkal foglalkozunk. Először nézzük meg a kiindulási vegyületet/vegyületeket, döntsük el, hogy a szerves vegyületek melyik típusába tartoznak: telített vagy telítetlen, esetleg aromás vegyületről van-e szó, heteroatomot tartalmazó vegyület esetén azt, hogy milyen funkciós csoportot tartalmaz. Ennek ismeretében találhatjuk ki, hogy milyen reakciótípus jöhet szóba, és ezután tudjuk felírni a termékek képletét.

21.1. MINTAFELADATOK

A/ Írjuk fel a ciklohexán és klór között lejátszódó reakció egyenletét és nevezzük el a termékeket!

Megoldás:

A ciklohexán a cikloalkánok egyik képviselője, molekulájában csak egyszeres kötések vannak a szénatomok között. Jellemző reakciója a gyökös szubsztitúció, melynek során egy (vagy több) hidrogénatomját klóratomok helyettesítik. A leszakadó hidrogénatom a klórmolekula másik klóratomjával hidrogén-kloridot képez:



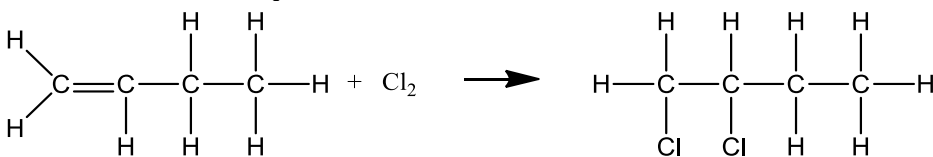
A keletkező szerves termék a klórciklohexán. (A reakció tovább is mehet, tehát a ciklohexán többi hidrogénatomja is lecserélődhet klóratomokra, természetesen minden esetben újabb HCl-molekula keletkezése közben.)

Megjegyzés: Amíg a telítetlen vegyületek addíciós reakciói halogénelemekkel és hidrogén-halogenidekkel is lejátszódhatnak, addig a fenti gyökös mechanizmusú szubsztitúciós reakciók HCl-dal (pontosabban hidrogén-halogenidekkel) nem mennek végbe!

B/ Írjuk fel a but-1-én és klór között lejátszódó reakció egyenletét és nevezzük el a terméket!

Megoldás:

A but-1-én a telítetlen szénhidrogének, ezen belül az alkének közé tartozik. Jellemző reakciója az addíció: felszakad a szénatomok közti kettőskötés, és a két szénatomhoz kapcsolódik a klórmolekula egy-egy atomja. Melléktermék nem képződik!



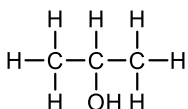
A termék neve: 1,2-diklórbután

C/ Írjuk fel a propán-2-ol égésének reakcióegyenletét!

Megoldás:

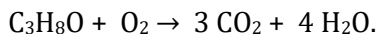
Minden szénhidrogén és oxigéntartalmú szénvegyület égésekor szén-dioxid és víz keletkezik.

A propán-2-ol szerkezeti képlete:

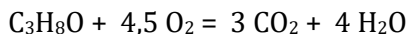


Az égés reakcióegyenletének felírásához az összegképlet is elegendő: $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$.

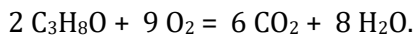
$\text{C}_3\text{H}_8\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Induljunk ki 1 $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ -ból. Ebből 3 CO_2 keletkezik, a 8 hidrogénből 4 H_2O :



A termékekben van $3 \cdot 2 + 4 = 10$ oxigén, de a kiindulási vegyületben is van egy, tehát ennyivel kevesebb kell, vagyis 9, ami 4,5 O_2 :



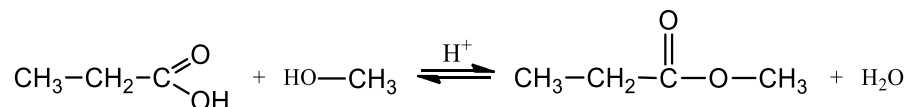
Végül szorozzuk meg kettővel az egyenletet, hogy ne legyen benne törtszám:



D/ Mi történik, ha a propánsav kénsav katalizátor mellett metanollal reagál?

Megoldás:

A karbonsavak és alkoholok reakciójában észter képződik, az ilyen típusú reakciót közvetlen észteresítésnek hívjuk. A karbonsav karboxilcsoportja és az alkohol hidroxilcsoportja víz kilépése közben összekapcsolódik:



A reakció terméke: metil-propanoát (vagy propánsav-metilészter).

21.2. MEGOLDANDÓ FELADATOK

Írja fel és rendezze az alábbi reakciók egyenletét és jelölje a reakció típusát (illetve állapítsa meg, hogy játszódik-e le egyáltalán reakció)! Nevezze el a képződő szerves vegyületeket!

A reakciók egy része csak meghatározott körülmények között, pl. adott hőmérsékleten vagy bizonyos katalizátor jelenlétében játszódik le az alábbiakban feltüntetett módon.

1. metán + klór (magas hőmérsékleten)
2. etán + klór (magas hőmérsékleten)
3. etén + bróm
4. propén + klór
5. but-2-én + bróm
6. but-2-én + hidrogén-klorid
7. etán + hidrogén-klorid !
8. etén + hidrogén (katalizátor jelenlétében)
9. propin + hidrogén (katalizátor jelenlétében)
10. benzol + klór (Fe-katalizátor jelenlétében, kissé megmelegítve)
11. benzol + hidrogén-klorid !
12. ciklopentán + klór (magas hőmérsékleten, gázfázisban)
13. ciklohexén + klór
14. etánt elégetünk oxigén jelenlétében
15. propánt elégetünk oxigén jelenlétében
16. pentánt elégetünk oxigén jelenlétében
17. benzolt elégetünk oxigén jelenlétében
18. dietil-étert elégetünk oxigén jelenlétében
19. etanolt elégetünk oxigén jelenlétében
20. etanol + réz(II)-oxid (forrón)
21. hangyasav + nátrium-hidroxid
22. ecetsav + kalcium-hidroxid
23. metil-amin + sósav
24. hangyasav + metanol (savkatalizátor jelenlétében)
25. hangyasav + etanol (savkatalizátor jelenlétében)
26. ecetsav + metanol (savkatalizátor jelenlétében)
27. ecetsav + etanol (savkatalizátor jelenlétében)
28. hangyasav + propanol (savkatalizátor jelenlétében)
29. butánsav + metanol (savkatalizátor jelenlétében)

30. metil-acetát + nátrium-hidroxid-oldat

MEGOLDÁSOK

1. ÉRTÉKES JEGYEK, NAGYSÁGREND, KERÉKÍTÉS

1.

a/ 5	b/ 5	c/ 5	d/ 5	e/ 3
f/ 5	g/ 4	h/ 3	i/ 3	j/ 4
k/ 4	l/ 4	m/ 6	n/ 3	o/ 3 értékes jegyet

2.

- a/ a második egy nagyságrenddel nagyobb
- b/ az első egy nagyságrenddel nagyobb
- c/ azonos nagyságrendűek
- d/ azonos nagyságrendűek
- e/ a második egy nagyságrenddel nagyobb
- f/ azonos nagyságrendűek
- g/ az első 8 nagyságrenddel nagyobb
- h/ a második 12 nagyságrenddel nagyobb
- i/ a második 3 nagyságrenddel nagyobb
- j/ az első 5 nagyságrenddel nagyobb

3.

a/ 32,6	b/ 66	c/ 0,0160	d/ 0,00059	e/ $8,653 \cdot 10^5$
f/ 0,156	g/ $2,2 \cdot 10^2$	h/ $8 \cdot 10^1$	i/ 337,00	j/ $6,400 \cdot 10^6$
k/ 25,574; 25,57; 25,6; 26; $3 \cdot 10^1$				
l/ $4,9570 \cdot 10^5$; $4,957 \cdot 10^5$; $4,96 \cdot 10^5$; $5,0 \cdot 10^5$				

4.

a/ 43,29	b/ $5,30 \cdot 10^4$	c/ 0,1203	d/ 82942	e/ $8,29 \cdot 10^4$
f/ $6,96 \cdot 10^3$	g/ 0,0160	h/ 0,3391	i/ 5,438	j/ 60,1

5.

a/ $1,820 \cdot 10^{10}$	b/ $2,69 \cdot 10^{-3}$	c/ $5,72 \cdot 10^{-8}$
--------------------------	-------------------------	-------------------------

2. MÉRTÉKEGYSÉG-ÁTVÁLTÁS

1. $36,2 \text{ m} = 3,62 \cdot 10^{-2} \text{ km} = 3,62 \cdot 10^3 \text{ cm} = 3,62 \cdot 10^4 \text{ mm} = 3,62 \cdot 10^{10} \text{ nm}$
2. $0,589 \text{ }\mu\text{m} = 5,89 \cdot 10^{-4} \text{ mm} = 5,89 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 5,89 \cdot 10^{-10} \text{ km}$
3. $165 \text{ }\text{\AA} = 1,65 \cdot 10^{-5} \text{ mm} = 1,65 \cdot 10^{-11} \text{ km}$
4. $28,6 \text{ mm} = 28,6 \cdot 10^{-6} \text{ km} = 2,86 \cdot 10^{-5} \text{ km}$
5. $45 \text{ km} = 45 \cdot 10^9 \text{ }\mu\text{m} = 4,5 \cdot 10^{10} \text{ }\mu\text{m}$
6. $650 \text{ mmol} = 6,50 \cdot 10^{-4} \text{ kmol}$
7. $3,1 \cdot 10^{-6} \text{ mol} = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ mmol}$
8. $13,7 \text{ mmol} = 13,7 \cdot 10^3 \text{ }\mu\text{mol} = 1,37 \cdot 10^4 \text{ }\mu\text{mol}$
9. $0,025 \text{ mg} = 25 \text{ }\mu\text{g} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ g} = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ kg}$
10. $53 \text{ mg} = 53 \cdot 10^{-6} \text{ kg} = 5,3 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$
11. $0,0826 \text{ }\mu\text{g} = 0,0826 \cdot 10^{-3} \text{ mg} = 8,26 \cdot 10^{-5} \text{ mg}$

12. $585 \text{ MJ} = 5,85 \cdot 10^5 \text{ kJ} = 5,85 \cdot 10^{11} \text{ mJ}$
13. $0,052 \text{ kJ} = 0,052 \cdot 10^{-3} \text{ MJ} = 5,2 \cdot 10^{-5} \text{ MJ}$
14. $0,056 \text{ s} = 56 \text{ ms}$
15. $0,273 \text{ h} = 0,273 \cdot 3600 \text{ s} = 983 \text{ s}$
16. $96552 \text{ s} = 26,82 \text{ h} = 1609,2 \text{ min} = 26 \text{ h } 49 \text{ min } 12 \text{ s}$
17. $t = 850 \text{ }^\circ\text{C} = 1123 \text{ K}$
18. $T = 303 \text{ K} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$
19. $\Delta t = 26 \text{ }^\circ\text{C} \quad \Delta T = 26 \text{ K}$
20. $\Delta T = 596 \text{ K} \quad \Delta t = 596 \text{ }^\circ\text{C}$
21. $p = 2,00 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 2,00 \text{ bar} = 1,97 \text{ atm} = 1,50 \cdot 10^3 \text{ Hgmm}$
22. $865 \text{ Hgmm} = 1,15 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1,14 \text{ atm}$
23. $3,45 \text{ bar} = 3,40 \text{ atm}$
24. $1,25 \text{ atm} = 1,27 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 127 \text{ kPa} = 0,127 \text{ MPa}$
25. $630 \text{ kg} = 6,30 \cdot 10^8 \text{ mg} = 0,630 \text{ t}$
26. $0,032 \text{ g} = 32 \text{ mg} = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$
27. $0,145 \text{ m}^2 = 0,145 \cdot 10^2 \text{ dm}^2 = 14,5 \text{ dm}^2$
28. $78 \text{ km}^2 = 78 \cdot (10^4)^2 \text{ dm}^2 = 78 \cdot 10^8 \text{ dm}^2 = 7,8 \cdot 10^9 \text{ dm}^2$
29. $68 \text{ m}^2 = 6,8 \cdot 10^5 \text{ cm}^2 = 6,8 \cdot 10^{-5} \text{ km}^2$
30. $0,00255 \text{ km}^2 = 2,55 \cdot 10^9 \text{ mm}^2$
31. $2,43 \cdot 10^6 \text{ mm}^2 = 2,43 \cdot 10^4 \text{ cm}^2 = 2,43 \cdot 10^2 \text{ dm}^2 = 2,43 \text{ m}^2$
32. $35,4 \text{ cm}^3 = 35,4 \text{ ml} = 0,0354 \text{ dm}^3 = 3,54 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 = 3,54 \cdot 10^{-14} \text{ km}^3$
33. $0,0125 \text{ m}^3 = 1,25 \cdot 10^4 \text{ cm}^3 = 1,25 \cdot 10^{25} \text{ nm}^3$
34. $1,75 \text{ dm}^3 = 1,75 \text{ l}$
35. $46 \text{ ml} = 46 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 0,046 \text{ dm}^3$
36. $85 \text{ cm}^3 = 85 \text{ ml}$
37. $0,0683 \text{ l} = 68,3 \text{ cm}^3 = 6,83 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
38. $11,6 \text{ kg/dm}^3 = 11,6 \cdot 10^3 \text{ g/dm}^3 = 1,16 \cdot 10^4 \text{ g/dm}^3$
39. $7,6 \text{ g/cm}^3 = 7,6 \cdot 10^3 \text{ g/dm}^3$
40. $8,2 \text{ g/cm}^3 = 8,2 \text{ kg/dm}^3$
41. $13,6 \text{ g/cm}^3 = 1,36 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3 = 13,6 \text{ kg/dm}^3 = 13,6 \text{ t/m}^3$
42. $1,20 \text{ g/cm}^3 = 1,20 \text{ kg/dm}^3 = 1,20 \cdot 10^6 \text{ g/m}^3$
43. $870 \text{ kg/m}^3 = 0,870 \text{ g/cm}^3 = 0,870 \text{ kg/dm}^3$
44. $125 \text{ km/óra} = 34,7 \text{ m/s}$
45. $45 \text{ m/s} = 1,6 \cdot 10^2 \text{ km/h}$
46. $132 \text{ kWh} = 132 \cdot 10^3 \text{ Wh} = 132 \cdot 10^3 \cdot 3600 \text{ Ws} = 4,75 \cdot 10^8 \text{ Ws}$
47. $49 \text{ mA/cm}^2 = 49 \cdot 10^{-3} \text{ A/cm}^2 = 49 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2 \text{ A/dm}^2 = 4,9 \text{ A/dm}^2$
48. a/ $10,0 \text{ (dm)}$
 b/ $7,60 \cdot 10^5 \text{ (mg)}$
 c/ $(0,30) \text{ m}^2$
 d/ $100 \text{ (cm}^3\text{)}$
49. $20 \text{ cm}^3 = 20 \text{ ml} = 0,020 \text{ dm}^3 = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 = 2,0 \cdot 10^4 \text{ mm}^3 = 1,2 \text{ inch}^3$
50. $7,6825 \cdot 10^6 \text{ km}^2$
51. 964 m^2
52. $3,6 \text{ m/s}$
53. $c = 0,34 \text{ mol/dm}^3$
54. $3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}, \quad 1,08 \cdot 10^9 \text{ km/h}$

3. VEGYJELEK ÉS KAPCSOLÓDÓ JELÖLÉSEK

1. O
2. As
3. 14
4. 82
5. a/ 11 protont és 11 elektront
b/ 16 protont és 16 elektront
c/ 27 protont és 27 elektront
6. a/ 11 protont és 10 elektront
b/ 53 protont és 54 elektront
c/ 16 protont és 18 elektront
7. a/ 12 p, 12 e és 12 n
b/ 9 p, 10 e és 10 n
c/ 20 p, 18 e és 20 n
8. a/ az Al-atomban 13 p, 13 e és 14 n van, a magnéziumionban 12 p, 10 e és 12 n, tehát az alumíniumatomban van több proton, több elektron és több neutron is.
b/ a foszforatomban van 15 p, 15 e és 16 n, a kénatomban 16 p, 16 e és 16 n, vagyis a kénatomban több a proton és az elektron, neutron pedig ugyanannyi van bennük.
c/ az argonatomban van 18 p, 18 e és 22 n, a kloridionban 17 p, 18 e és 20 n, tehát proton és neutron az argonatomban van több, elektron ugyanannyi van bennük.
9. A 7-es tömegszámú lítiumizotóp: ${}^7_3\text{Li}$
10. ${}^7_3\text{Li}^+$
11. ${}^6_3\text{Li}$
12. ${}^{41}_{19}\text{K}^+$
13. ${}^{86}_{36}\text{Kr}$
14. ${}^{127}_{53}\text{I}^-$
15. A stroncium.
16. A hélium.
17. A hidrogén.
18. A kén (szulfidion).
19. O^{2-} , F^- , Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+}

4. TÖMEG, MOLÁRIS TÖMEG, ANYAGMENNYISÉG, RÉSZECSKESZÁM, ELEM, VEGYÜLET, KEVERÉK

1. E
2. D
3. a/ 24,3 g/mol b/ 32 g/mol c/ 48 g/mol d/ 18 g/mol e/ 71 g/mol
f/ 56 g/mol g/ 111 g/mol h/ 63 g/mol i/ 267 g/mol
4. 35,5 g/mol (Mivel az elektron tömege elhanyagolható az atom teljes tömegéhez képest, így az atomok és a belőlük származtatható ionok tömegét jó közelítéssel azonosnak tekinthetjük.)
5. 4,5 g
6. 7,41 mol
7. 0,49 g
8. 0,0500 mol
9. $2,5 \cdot 10^{23}$

10. $3,6 \cdot 10^{27}$
11. 0,15 g
12. 4,5 mol
13. 4 mol NH_3 tömege 68 g, a $4 \cdot 10^{24}$ db vízmolekula tömege 120 g, tehát a víz tömege nagyobb.
14. 17 proton, 17 elektron és 18 neutron
15. $1,44 \cdot 10^{25}$
16. $1,3 \cdot 10^{24}$
17. 1,6 g
18. $1,34 \cdot 10^{20}$
19. 0,252 g
20. 0,017 g
21. $3,0 \cdot 10^{21}$
22. $3,0 \cdot 10^{24}$
23. $4,8 \cdot 10^{23}$ mindháromból
24. Elem: vas, oxigén, ózon, réz, hidrogén, kén, gyémánt, magnézium, arany, grafit, jód
Vegyület: desztillált víz, kristálycukor, ammónia, kénsav, etil-alkohol, szén-monoxid, szőlőcukor, konyhasó, C-vitamin, mészkő, ecetsav
Keverék: acél, tengervíz, forrasztóórn, salátalé, szódavíz, levegő, salétromsav-oldat, húsleves, tej, mosópor, Negro cukorka, 18 karátos arany, jódtinktúra, C-vitamin tabletta, C-vitamin tartalmú pezsgőtabletta, kakaó, majonéz, háztartási (10%-os) ecet

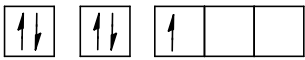
5. ÁTLAGOS MOLÁRIS TÖMEG HASZNÁLATA

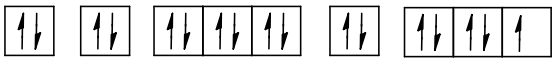
1. 2 g/mol és 32 g/mol között.
2. 17 g/mol
3. a/ 26 g/mol
b/ 8 g/mol
4. 54 g/mol
5. 28 g/mol bármilyen összetétel esetén
6. 38,4 g/mol
7. 71,4 térfogat% metánt

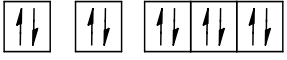
6. IZOTÓPOK

1. 16,004 g/mol $\approx$ 16,0 g/mol
2. 6,927 g/mol $\approx$ 6,9 g/mol
3. 79,99 $\approx$ 80,0
4. 24,32 g/mol $\approx$ 24,3 g/mol
5. 28,1 g/mol
6. 52,1
7. ^{65}Cu
8. kb. 75%
9. 6,943
10. 24,31 g/mol

7. ELEKTRONKONFIGURÁCIÓ

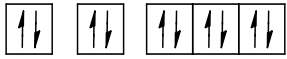
1. a/ $1s^2 2s^2 2p^1$, cellás ábrázolással: 

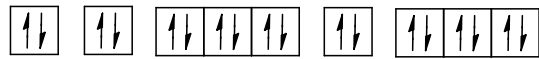
b/ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$, cellás ábrázolással: 

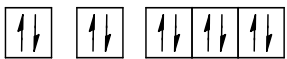
c/ $1s^2 2s^2 2p^6$, 

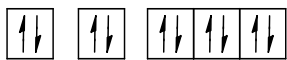
d/ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^3$,



e/ $1s^2 2s^2 2p^6$, 

f/ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$, 

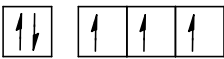
g/ $1s^2 2s^2 2p^6$, 

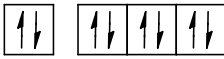
h/ $1s^2 2s^2 2p^6$, 

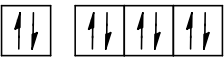
i/ $1s^0$, 

j/ $1s^2$, 

k/ $1s^0$, 

2. a/ $3s^2 3p^3$, 

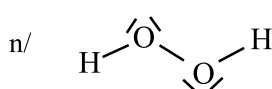
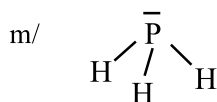
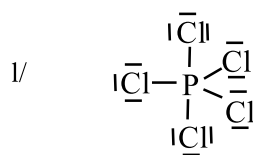
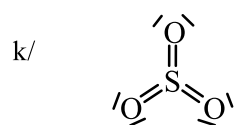
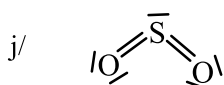
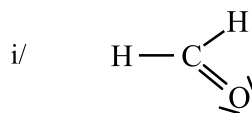
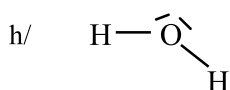
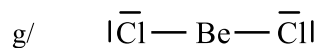
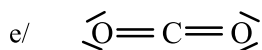
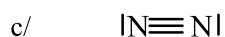
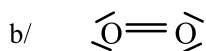
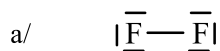
b/ $4s^2 4p^6$, 

c/ $5s^2 5p^6$, 

d/ $5s^1$, 

8. MOLEKULÁK KÉPLETE, TÉRSZERKEZET, POLARITÁS

1.



2. a/ lineáris

b/ V-alakú

c/ trigonális piramis

d/ tetraéder

e/ trigonális piramis

f/ tetraéder

g/ síkháromszög

h/ síkháromszög

3. a/ apoláris

b/ poláris

c/ apoláris

d/ poláris

e/ apoláris

f/ poláris

g/ apoláris

h/ poláris

i/ poláris

j/ poláris

k/ apoláris

l/ poláris

m/ poláris

n/ poláris

o/ apoláris

9. IONOS VEGYÜLETEK KÉPLETE

1. K_2S MgBr_2

AlI_3 CaO

NaI Li_2O

Al_2O_3 Li_3N

Ca_3N_2 NaBr

SrF_2 MgO

BaCl_2 KF

2. NaCl Na_2S

MgCl_2 MgS

AlCl_3 Al_2S_3

3. a, ZnO
b, H₂O
c, B₂O₃
d, NH₄Cl
4. a, LiBr, MgBr₂, AlBr₃
b, Li₂O, MgO, Al₂O₃
c, LiOH, Mg(OH)₂, Al(OH)₃
d, Li₂S, MgS, Al₂S₃
5. a/ ZnCl₂
b/ CoS
c/ PbI₂
d/ CrCl₃
e/ MnCl₂
f/ SnS
g/ SnCl₄
h/ BiI₃
i/ Ag₂O
j/ CuCl₂
k/ CuCl
l/ HgO
m/ NiS
6. a, RbI, SrI₂, AlI₃
b, RbNO₃, Sr(NO₃)₂, Al(NO₃)₃
c, RbOH, Sr(OH)₂, Al(OH)₃
d, Rb₂SO₄, SrSO₄, Al₂(SO₄)₃
e, Rb₃PO₄, Sr₃(PO₄)₂, AlPO₄
7. a, NH₄Cl, ammónium-klorid
b, MgSO₄, magnézium-szulfát
c, MgCl₂, magnézium-klorid
d, (NH₄)₃PO₄, ammónium-foszfát
e, Al₂(SO₄)₃, alumínium-szulfát
8. a, K₂S₂O₈
b, NaNO₂
c, Mg(ClO₄)₂
d, (NH₄)₂S
e, Ag₃AsO₄
f, Ca₂P₂O₇
g, Ca(HCO₃)₂
h, Mg(H₂PO₄)₂
9. FeCl₂, Fe(NO₃)₃, FeO, Fe₂O₃

10. a/ $\text{Ba}(\text{OH})_2$ b/ NaI c/ Li_2CO_3 d/ MgSO_4
 e/ CuS f/ KHSO_4 g/ K_2HPO_4 h/ KH_2PO_4
 i/ $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ j/ MgHPO_4 k/ $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ l/ $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$
 m/ $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ n/ $\text{Al}_2(\text{HPO}_4)_3$
11. $\text{Fe}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$, $\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2$
12. kén-dioxid szén-monoxid magnézium-oxid
 kalcium-bromid alumínium-fluorid kobalt-klorid
 vas(III)-klorid réz(I)-oxid réz(II)-oxid
 foszfor-pentaklorid kálium-karbonát kalcium-hidroxid
 magnézium-nitrát nátrium-foszfát kénsav
 nátrium-nitrit kalcium-szulfid vas(II)-hidroxid
 nátrium-hidrogén-karbonát nátrium-szulfid alumínium-szulfát
 kalcium-hidrogén-karbonát nátrium-hidrogén-szulfid dikálium-hidrogén-foszfát
 nátrium-dihidrogén-foszfát ammónium-klorid kalcium-hidrogén-foszfát
 salétromosav ezüst-szulfid vas(II)-szulfát

10. VEGYÜLETEK TÖMEGSZÁZALÉKOS ELEMÖSSZETÉTELÉNEK KISZÁMÍTÁSA

1. a/ A képlet: CaCl_2 , $m(\text{Ca}) : m(\text{Cl}) = 40 : 71 = 1:1,775$
 b/ Al_2O_3 $m(\text{Al}) : m(\text{O}) = 54 : 48 = 9:8$
 c/ Fe_2O_3 $m(\text{Fe}) : m(\text{O}) = 2 \cdot 56 / 3 \cdot 16 = 7/3$
2. a/ Li_2O 46,5 m/m% lítium és 53,5 m/m% oxigén
 b/ CuO 79,9 m/m% réz és 20,1 m/m% oxigén
 c/ Na_2S 58,9 m/m% nátrium és 41,1 m/m% kén
3. a/ Na_2SO_4 32,4 m/m% nátrium, 22,6 m/m% kén és 45,0 m/m% oxigén
 b/ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 24,4 m/m% kalcium, 17,1 m/m% nitrogén és 58,5 m/m% oxigén
 c/ $\text{Mg}(\text{NO}_2)_2$ 20,9 m/m% magnézium, 24,1 m/m% nitrogén és 55,0 m/m% oxigén
 d/ K_2CO_3 56,6 m/m% kálium, 8,7 m/m% szén és 34,7 m/m% oxigén
 e/ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 21,2 m/m% nitrogén, 6,1 m/m% hidrogén, 24,3 m/m% kén és 48,4 m/m% oxigén
 f/ $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 24,7 m/m% kalcium, 1,2 m/m% hidrogén, 14,8 m/m% szén és 59,2 m/m% oxigén
 g/ $\text{Ba}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 41,4 m/m% bárium, 1,2 m/m% hidrogén, 18,7 m/m% foszfor és 38,6 m/m% oxigén
 h/ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 38,7 m/m% kalcium, 20,0 m/m% foszfor és 41,3 m/m% oxigén

11. KÖTÉS- ÉS RÁCSTÍPUSOK

1.

név	rácstípus	a rácsot összetartó erő	a részecskéken belüli kötés
kálium-bromid	ionrács	ionos kötés	
réz	fémrács	fémes kötés	
kén-dioxid	molekularács	dipól-dipól kölsönhatás	kovalens kötés a molekulán belül
szilícium-dioxid	atomrács	kovalens kötés	
neon	molekularács	diszperziós kölsönhatás	
kobalt	fémrács	fémes kötés	
ammónia	molekularács	hidrogénkötés	kovalens kötés a molekulán belül
metán	molekularács	diszperziós kölsönhatás	kovalens kötés a molekulán belül
nátrium- karbonát	ionrács	ionos kötés	kovalens kötés a karbonát-ionban
gyémánt	atomrács	kovalens kötés	
magnézium-oxid	ionrács	ionos kötés	
kalcium-fluorid	ionrács	ionos kötés	
szén-dioxid	molekularács	diszperziós kölsönhatás	kovalens kötés a molekulán belül
higany	fémrács	fémes kötés	
hidrogén- bromid	molekularács	dipól-dipól kölsönhatás	kovalens kötés a molekulán belül
lítium-szulfát	ionrács	ionos kötés	kovalens kötés a szulfátionban
kénsav	molekularács	hidrogénkötés	kovalens kötés a molekulán belül

2. a/ ionos b/ kovalens c/ kovalens
 d/ kovalens e/ ionos f/ kovalens
 g/ fémes h/ ionos i/ semmilyen

12. 1. SAV-BÁZIS ÉS CSAPADÉKKÉPZŐDÉSI REAKCIÓK EGYENLETE

I.

- $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{KOH} = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3 \text{NaOH} = \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{HNO}_3 + \text{LiOH} = \text{LiNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- $2 \text{HClO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{ClO}_4)_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $2 \text{HCl} + \text{Mg}(\text{OH})_2 = \text{MgCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $2 \text{H}_3\text{PO}_4 + 3 \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$

8. $\text{Ca(OH)}_2 + 2 \text{HCl} = \text{CaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
9. $\text{Al(OH)}_3 + 3 \text{HNO}_3 = \text{Al(NO}_3)_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$
10. $2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_3 = \text{Na}_2\text{SO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$
11. $2 \text{KOH} + \text{H}_2\text{CO}_3 = \text{K}_2\text{CO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$
12. $\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$
13. $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$
14. $\text{Mg(OH)}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MgSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
15. $\text{BaO} + 2 \text{HNO}_3 = \text{Ba(NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$

II.

1. $\text{CaO} + 2 \text{HNO}_3 = \text{Ca(NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$
2. $2\text{NaOH} + \text{SO}_2 = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
3. $2\text{KOH} + \text{SO}_3 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
4. $\text{BaO} + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
5. $\text{MgO} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
6. $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} = 2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
7. $\text{Sr(OH)}_2 + \text{SO}_2 = \text{SrSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
8. $\text{SrO} + \text{SO}_2 = \text{SrSO}_3$
9. $\text{CaO} + \text{SO}_3 = \text{CaSO}_4$
10. $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
11. $\text{ZnO} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
12. $3\text{Li}_2\text{O} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = 2\text{Li}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
13. $\text{Ba(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

III.

1. $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
2. nincs reakció, mert a HCl is erős sav
3. $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
4. $\text{MgCO}_3 + 2 \text{HNO}_3 = \text{Mg(NO}_3)_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
5. $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KOH} = \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{KNO}_3$
6. $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
7. $\text{Li}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{LiCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
8. $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} = \text{NH}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
9. nincs reakció, mert a salétromsav is erős sav
10. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Ca(OH)}_2 = \text{CaSO}_4 + 2 \text{NH}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$
11. $\text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{HNO}_3 = \text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{KNO}_3$
12. nincs reakció, mert a HI is erős sav
13. $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(HCO}_3)_2$
14. $\text{MgSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_3 = \text{Mg(HSO}_3)_2$

IV.

- | | |
|---|--|
| 1. $\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \underline{\text{CaSO}_4} + 2 \text{HCl}$ | $\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{CaSO}_4$ |
| 2. $\text{CaCl}_2 + 2 \text{AgNO}_3 = 2 \underline{\text{AgCl}} + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ | $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl}$ |
| 3. $3\text{CaCl}_2 + 2 \text{Na}_3\text{PO}_4 = \underline{\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2} + 6 \text{NaCl}$ | $3\text{Ca}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ |
| 4. $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \underline{\text{BaCO}_3} + 2\text{NaCl}$ | $\text{Ba}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{BaCO}_3$ |
| 5. $\text{MgCl}_2 + 2\text{NaOH} = \underline{\text{Mg}(\text{OH})_2} + 2\text{NaCl}$ | $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Mg}(\text{OH})_2$ |
| 6. $\text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH} = \underline{\text{Fe}(\text{OH})_3} + 3\text{NaCl}$ | $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_3$ |
| 7. $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \underline{\text{BaSO}_4} + 2\text{HCl}$ | $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4$ |
| 8. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{HCl} = \underline{\text{PbCl}_2} + 2\text{HNO}_3$ | $\text{Pb}^{2+} + 2\text{Cl}^- = \text{PbCl}_2$ |
| 9. $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NaOH} = \underline{\text{Bi}(\text{OH})_3} + 3\text{NaNO}_3$ | $\text{Bi}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Bi}(\text{OH})_3$ |

12. 2. REDOXIREAKCIÓK EGYENLETÉNEK RENDEZÉSE

I.

- $2 \text{Na} + \text{Cl}_2 = 2 \text{NaCl}$
- $2 \text{Ca} + \text{O}_2 = 2 \text{CaO}$
- $2 \text{Al} + 3 \text{I}_2 = 2 \text{AlI}_3$
- $2 \text{Na} + \text{S} = \text{Na}_2\text{S}$
- $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$
- $4 \text{Al} + 3 \text{O}_2 = 2 \text{Al}_2\text{O}_3$
- $2 \text{K} + \text{Br}_2 = 2 \text{KBr}$
- $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$
- $4 \text{P} + 5 \text{O}_2 = 2 \text{P}_2\text{O}_5$ (helyesebben P_4O_{10})
- $4 \text{Li} + \text{O}_2 = 2 \text{Li}_2\text{O}$
- $2 \text{H}_2\text{S} + 3 \text{O}_2 = 2 \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Cl}_2 + 2 \text{KI} \rightarrow \text{I}_2 + 2 \text{KCl}$
- $2 \text{NaBr} + \text{Cl}_2 = 2 \text{NaCl} + \text{Br}_2$
- $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$
- $\text{MgCl}_2 + \text{Fe}$ nem történik semmi
- $2 \text{AgNO}_3 + \text{Mg} = \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{Ag}$
- $\text{CuSO}_4 + \text{Ag}$ nem történik semmi
- $2 \text{Al} + 6 \text{HCl} = 2 \text{AlCl}_3 + 3 \text{H}_2$
- $\text{Fe} + 2 \text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$
- $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$
- $\text{Cu} + \text{HCl}$ nem történik semmi
- $\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MgSO}_4 + \text{H}_2$
- $\text{Ag} + \text{HCl}$ nem történik semmi
- $2 \text{K} + 2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{KOH} + \text{H}_2$
- $\text{Ba} + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$

II.

- | | | | |
|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. NH_3 : -3 | 2. NO : +2 | 3. N_2 : 0 | 4. NO_2 : +4 |
| 5. NH_4^+ : -3 | 6. N_2O_3 : +3 | 7. N_2O_4 : +4 | 8. HNO_3 : +5 |
| 9. HNO_2 : +3 | 10. N_2O : +1 | 11. NO_2^- : +3 | 12. NO_3^- : +5 |
| 13. KNO_3 : +5 | 14. NH_4Br : -3 | 15. $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$: +5 | 16. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$: -3 |
| 17. Ca_3N_2 : -3 | | | |

III.

- | | | | | | |
|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
| 1. +2 | 2. +2 | 3. +4 | 4. 0 | 5. +7 | 6. +3 |
| 7. +7 | 8. +4 | 9. +7 | 10. +6 | 11. +2 | |

IV.

- $\text{Fe}^{2+} + \text{Ce}^{4+} = \text{Fe}^{3+} + \text{Ce}^{3+}$ (ox. szám változása Fe +1, Ce -1)
- $2 \text{Ag}^+ + \text{Cu} = 2 \text{Ag} + \text{Cu}^{2+}$ (ox. szám változása: Ag -1, Cu +2)
- $\text{Zn} + \text{Sn}^{2+} = \text{Zn}^{2+} + \text{Sn}$ (ox. szám változása Zn +2, Sn -2)
- $2 \text{Al} + 3 \text{Hg}^{2+} = 2 \text{Al}^{3+} + 3 \text{Hg}$ (Al: +3 az ox. szám változása, Hg: -2)

V.

- $\text{Zn} + 2 \text{TiO}^{2+} + 4 \text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + 2 \text{Ti}^{3+} + 2 \text{H}_2\text{O}$ (ox.szám változása: Zn +2, Ti -1)
- $\text{AgI} + \text{Cu} = \text{CuI} + \text{Ag}$ (ox.szám változása: Cu +1, Ag -1)
- $\text{MnO}_4^- + 5 \text{Fe}^{2+} + 8 \text{H}^+ = \text{Mn}^{2+} + 5 \text{Fe}^{3+} + 4 \text{H}_2\text{O}$ (ox.szám változása: Mn -5, Fe +1)
- $\text{Sn}^{4+} + 2 \text{Ti}^{3+} + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{Sn}^{2+} + 4 \text{H}^+ + 2 \text{TiO}^{2+}$ (ox.szám változása: Sn -2, Ti +1)
- $2 \text{KMnO}_4 + 5 \text{KNO}_2 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 = 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5 \text{KNO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$
(ox.szám változása: Mn -5, N +2, ez alapján:
 $2 \text{KMnO}_4 + 5 \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5 \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, majd a K alapján:
 $2 \text{KMnO}_4 + 5 \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{MnSO}_4 + 1 \text{K}_2\text{SO}_4 + 5 \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$,
 aztán a szulfátionok alapján: $2 \text{KMnO}_4 + 5 \text{KNO}_2 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{MnSO}_4 + 1 \text{K}_2\text{SO}_4 + 5 \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$,
 végül a H vagy az O alapján: $2 \text{KMnO}_4 + 5 \text{KNO}_2 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 = 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5 \text{KNO}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$)

VI.

- $3 \text{MnO}_2 + 4 \text{Al} = 3 \text{Mn} + 2 \text{Al}_2\text{O}_3$
(ox.szám változása: Mn: -4, Al: +3·2, az Al a jobb oldalon kettesével szerepel)
- $6 \text{V} + 10 \text{HNO}_3 = 3 \text{V}_2\text{O}_5 + 10 \text{NO} + 5 \text{H}_2\text{O}$
(Ox.szám változása: V: +5·2, N: -3, a V a jobb oldalon kettesével szerepel!)
- $2 \text{KMnO}_4 + 10 \text{KBr} + 8 \text{H}_2\text{SO}_4 = 5 \text{Br}_2 + 2 \text{MnSO}_4 + 6 \text{K}_2\text{SO}_4 + 8 \text{H}_2\text{O}$
(Ox. szám változása: Mn: -5, Br: +1·2, a Br a jobb oldalon kettesével szerepel)
- $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6 \text{I}^- + 14 \text{H}^+ = 2 \text{Cr}^{3+} + 3 \text{I}_2 + 7 \text{H}_2\text{O}$
(ox. szám változása: Cr: -3·2, I: +1·2, a króm a bal, a jód a jobb oldalon szerepel kettesével)
- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 6 \text{FeSO}_4 + 7 \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3 \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 7 \text{H}_2\text{O}$
- $2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{I}_2 = \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2 \text{I}^-$
(a kén oxidációs száma átlag +2-ről +2,5-re nő, tehát egy kénatomra nézve 0,5 a változás)
- $\text{BrO}_3^- + 6 \text{I}^- + 6 \text{H}^+ = \text{Br}^- + 3 \text{I}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$

VII.

- $\text{Ag} + 2 \text{HNO}_3 = \text{AgNO}_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $3 \text{Cu} + 8 \text{HNO}_3 = 3 \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NO} + 4 \text{H}_2\text{O}$
- $2 \text{Cu}^{2+} + 4 \text{I}^- = 2 \text{CuI} + \text{I}_2$
- $\text{Cu} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{MnO}_2 + 4 \text{HCl} = \text{Cl}_2 + \text{MnCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 14 \text{HCl} = 3 \text{Cl}_2 + 2 \text{CrCl}_3 + 2 \text{KCl} + 7 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{BrO}_3^- + 5 \text{Cl}^- + 6 \text{H}^+ = \text{BrCl} + 2 \text{Cl}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$

VIII.

- $\text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{S} = 3 \text{S} + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $2 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$
- $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 = 2 \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $4 \text{S} + 6 \text{NaOH} = 2 \text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$
- $2 \text{KMnO}_4 + 3 \text{MnSO}_4 + 2 \text{ZnO} = 5 \text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{ZnSO}_4$
- $5 \text{KI} + \text{KIO}_3 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 = 3 \text{I}_2 + 3 \text{K}_2\text{SO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O}$

IX.

- $\text{Zn} + 2 \text{OH}^- + 2 \text{H}_2\text{O} = [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + \text{H}_2$
- $2 \text{Al} + 2 \text{OH}^- + 6 \text{H}_2\text{O} = 2 [\text{Al}(\text{OH})_4]^- + 3 \text{H}_2$
- $4 \text{S} + 6 \text{OH}^- = 2 \text{S}^{2-} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 3 \text{H}_2\text{O}$
- $3 \text{ClO}_3^- + 2 \text{H}^+ = \text{ClO}_4^- + 2 \text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $3 \text{HCOOH} + 2 \text{MnO}_4^- = 2 \text{MnO}_2 + 3 \text{CO}_2 + 2 \text{OH}^- + 2 \text{H}_2\text{O}$

X.

- $\text{I}_2\text{O}_5 + 5 \text{CO} = \text{I}_2 + 5 \text{CO}_2$
- $2 \text{MnO}_4^- + 5 \text{SO}_3^{2-} + 6 \text{H}^+ = 2 \text{Mn}^{2+} + 5 \text{SO}_4^{2-} + 3 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{BrO}_3^- + 2 \text{Br}^- + 3 \text{Cl}^- + 6 \text{H}^+ = 3 \text{BrCl} + 3 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{I}_2 + \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} = 2 \text{I}^- + \text{SO}_4^{2-} + 2 \text{H}^+$
- $2 \text{NO}_2^- + 2 \text{I}^- + 4 \text{H}^+ = \text{I}_2 + 2 \text{NO} + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3 \text{H}_2\text{O}_2 + 8 \text{H}^+ = 2 \text{Cr}^{3+} + 3 \text{O}_2 + 7 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Cl}_2 + 2 \text{OH}^- = \text{Cl}^- + \text{OCl}^- + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{ClO}_4^- + 8 \text{Ti}^{3+} + 8 \text{H}^+ = \text{Cl}^- + 8 \text{Ti}^{4+} + 4 \text{H}_2\text{O}$
- $3 \text{K}_2\text{MnO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{KMnO}_4 + \text{MnO}_2 + 4 \text{KOH}$
- $4 \text{Zn} + \text{NO}_3^- + 7 \text{OH}^- + 6 \text{H}_2\text{O} = 4 [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} + \text{NH}_3$
- $\text{Hg} + 4 \text{HNO}_3 = \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $2 \text{MnO}_4^- + 5 \text{H}_2\text{O}_2 + 6 \text{H}^+ = 2 \text{Mn}^{2+} + 5 \text{O}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$
- $3 \text{HgO} = \text{Hg}_2\text{O} + \text{Hg} + \text{O}_2$
- $2 \text{IO}_3^- + 5 \text{SO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O} = \text{I}_2 + 5 \text{SO}_4^{2-} + 8 \text{H}^+$
- $3 \text{Hg} + 8 \text{HNO}_3 = 3 \text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NO} + 4 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 4 \text{Br}_2 + 5 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{SO}_4^{2-} + 8 \text{Br}^- + 10 \text{H}^+$
- $2 \text{KMnO}_4 + 16 \text{HCl} = 2 \text{KCl} + 2 \text{MnCl}_2 + 5 \text{Cl}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3 \text{NaNO}_3 + 2 \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2 \text{Na}_2\text{CrO}_4 + 3 \text{NaNO}_2 + 2 \text{CO}_2$
- $2 \text{KMnO}_4 + 5 \text{H}_2\text{S} + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 = 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 5 \text{S} + 8 \text{H}_2\text{O}$
- $3 \text{CuS} + 8 \text{HNO}_3 = 3 \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 3 \text{S} + 2 \text{NO} + 4 \text{H}_2\text{O}$
- $2 \text{AsCl}_3 + 3 \text{Sn}^{2+} + 12 \text{Cl}^- = 2 \text{As} + 3 \text{SnCl}_6^{2-}$
- $2 \text{MnO}_4^- + 5 (\text{COO})_2^{2-} + 16 \text{H}^+ = 2 \text{Mn}^{2+} + 10 \text{CO}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$
- $2 \text{I}^- + \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ = \text{I}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{MnO}_2 + \text{KNO}_3 + 2 \text{KOH} = \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{KNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

12. 3. REAKCIÓEGYENLETEK VEGYESEN, REAKCIÓTÍPUSOK (SZERVETLEN)

- | | |
|---|---|
| 1. $2 \text{Na} + 2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{NaOH} + \text{H}_2$ | redoxi, (gázfejlődés, heterogén, exoterm) |
| 2. $2 \text{Ca} + \text{O}_2 = 2 \text{CaO}$ | redoxi, (egyesülés, heterogén, exoterm) |
| 3. $2 \text{Al} + 6 \text{HCl} = 2 \text{AlCl}_3 + 3 \text{H}_2$ | redoxi, (helyettesítés, gázfejlődés) |
| 4. $2 \text{Fe} + 3 \text{Cl}_2 = 2 \text{FeCl}_3$ (mert a klór erős oxidálószer) | redoxi, (egyesülés, heterogén) |

5. $4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5$ (helyesebben P_4O_{10})	redoxi, (egyesülés, heterogén, exoterm)
6. $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} = \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$	csapadékképződés, (cserebomlás, heterogén)
7. $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$	redoxi, (helyettesítés, színváltozás)
8. $\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HNO}_3 = \text{Ca(NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	sav-bázis, (közömbösítés)
9. $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$	redoxi, (egyesülés, heterogén, exoterm)
10. $\text{Ba} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ba(OH)}_2 + \text{H}_2$	redoxi
11. $\text{Cu} + \text{HCl}$ nem történik reakció (a réz pozitív standardpotenciálú)	
12. $2\text{Al} + 3\text{I}_2 = 2\text{AlI}_3$	redoxi
13. $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2$	redoxi
14. $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$	redoxi
15. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	redoxi
16. $3\text{LiOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Li}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	sav-bázis
17. $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2$	redoxi
18. $\text{Ba(OH)}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3 = \text{BaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$	sav-bázis
19. $\text{Ag}_3\text{PO}_4 + 3\text{HNO}_3 = \text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{AgNO}_3$	sav-bázis
20. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ és $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+$	sav-bázis
21. $\text{AlCl}_3 + 3\text{KOH} = \text{Al(OH)}_3 + 3\text{KCl}$	csapadékképződés
(NaOH-fölösleg esetén tovább is megy a reakció: $\text{NaOH} + \text{Al(OH)}_3 = \text{Na[Al(OH)}_4\text{]}$)	
22. $\text{Ba(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	sav-bázis
23. $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{SO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	sav-bázis
24. $\text{FeS} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$	sav-bázis
25. $2\text{HClO}_4 + \text{Sr(OH)}_2 = \text{Sr(ClO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	sav-bázis
26. $2\text{AlPO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4$	sav-bázis
27. $\text{Zn} + \text{CuSO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{Cu}$	redoxi
28. $2\text{K} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{KOH} + \text{H}_2$	redoxi
29. $\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	sav-bázis
30. $2\text{Na} + \text{Cl}_2 = 2\text{NaCl}$	redoxi
31. $\text{Fe} + \text{S} = \text{FeS}$	redoxi
32. $\text{CaO} + \text{SO}_3 = \text{CaSO}_4$	csapadékképződés
33. $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} = \text{NH}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$	sav-bázis
34. $\text{ZnO} + 2\text{HNO}_3 = \text{Zn(NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$	sav-bázis

13. OLDATOK KONCENTRÁCIÓJÁVAL KAPCSOLATOS SZÁMOLÁSOK

13. 1. OLDATOK KONCENTRÁCIÓJÁNAK KISZÁMÍTÁSA

1. $6,00\text{ m/m}\%$
2. $10,1\text{ m/m}\%$
3. $3,5\text{ n/n}\%$
4. $0,500\text{ mol/dm}^3$
5. $37,8\text{ g KBr}, 340\text{ g víz}$
6. $23,3\text{ V/V}\%$
7. $70,0\text{ V/V}\%, 62,8\text{ m/m}\%$
8. $2,20\text{ mol/kg víz}$

13. 2. OLDATOK KONCENTRÁCIÓJÁNAK ÁTSZÁMÍTÁSA MÁSIK ÖSSZETÉTELI VÁLTOZÓBA

1. $5,91 \text{ m/m}\%$
2. $2,29 \text{ n/n}\%$
3. $11,8 \text{ m/m}\%$, $3,69 \text{ n/n}\%$
4. $57,1 \text{ g}$, $38,0 \text{ m/m}\%$
5. $9,80 \text{ mol/kg}$ víz

13. 3. OLDATOK KÉSZÍTÉSE

1. $8,400 \text{ g}$ kálium-nitrátra és $111,6 \text{ g}$ vízre.
2. 375 g
3. $8,73 \text{ g}$
4. 217 g
5. 175 cm^3
6. 521 cm^3
7. $11,2 \text{ g KOH}$, 399 cm^3 víz
8. 430 cm^3

13. 4. OLDATOK HÍGÍTÁSA, TÖMÉNYÍTÉSE, KEVERÉSE

1. $0,052 \text{ mol/dm}^3$
2. $5,10 \text{ dm}^3\text{-re}$
3. $7,33 \text{ mol/dm}^3$
4. $28,6 \text{ cm}^3$
5. $16 \text{ m/m}\%$ ($15,7 \text{ m/m}\%$)
6. $10 \text{ m/m}\%$
7. $3,75 \text{ m/m}\%$
8. $8,57 \text{ m/m}\%$
9. $27,5 \text{ m/m}\%$
10. 30 cm^3
11. $17,1 \text{ g}$
12. $4:1$ tömegarányban
13. $12,9 \text{ m/m}\%$
14. $10,36 \text{ m/m}\% \approx 10,4 \text{ m/m}\%$
15. $13,9 \text{ g}$
16. $5,2 \text{ m/m}\%$
17. $6,67 \text{ m/m}\% \approx 6,7 \text{ m/m}\%$
18. 20 g
19. $8,96 \text{ m/m}\%$
20. 192 cm^3 kénsav és $1,91 \text{ dm}^3$ víz
21. $0,18 \text{ mol/dm}^3$
22. 130 cm^3
23. 32 cm^3 salétromsav és 255 cm^3 víz
24. $75,5 \text{ g}$
25. 285 cm^3
26. $0,300 \text{ mol/dm}^3$
27. $2,11 \text{ m/m}\%$
28. $0,24 \text{ mol/dm}^3$

29. 18,4 m/m%

30. 20 m/m%

14. OLDHATÓSÁG

1. $5,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$

2. $1,4 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$

3. 0,029 mol/dm³

4. $1,17 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$

5. $1,4 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$

6. $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$

7. 25,9 mg

8. $1,08 \cdot 10^{-10} (\text{mol/dm}^3)^2$

9. a/ $6,4 \cdot 10^{-11} \text{ mol/dm}^3$, b/ $6,4 \cdot 10^{-13} \text{ mol/dm}^3$

10. 2,0 g

11. $9,62 \cdot 10^{-12} (\text{mol/dm}^3)^3$

12. 1,21 %

13. $1,8 \cdot 10^{-18} (\text{mol/dm}^3)^4$

14. $3,35 \text{ dm}^3 \approx 3,3 \text{ dm}^3$

15. 8,5 %

16. a/ 1,2 g b/ 0,27 g c/ 0,013 g

17. $4,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$

18. a/ nem, $[\text{Ag}^+]^2[\text{SO}_4^{2-}] = 5,7 \cdot 10^{-8} < L$

b/ igen, $[\text{Ag}^+]^2[\text{SO}_4^{2-}] = 5,7 \cdot 10^{-5} > L$

c/ még épp nem, $[\text{Ag}^+]^2[\text{SO}_4^{2-}] = L$, éppen a telített oldatig jutottunk.

19. Az ólom-jodid leválásához $8,7 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ ólomion-koncentráció kell, az ólom-szulfátéhoz $1,06 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$, tehát az ólom-szulfát válik le előbb.

20. pH = 8,30

21. pH = 12,35

15. GÁZOK

1. 1,2 dm³

2. 0,013 mol

3. 4,54 dm³

4. 14,2 dm³

5. 3,2 g

6. 0,089 g/dm³

7. 184 dm³

8. 10,8 dm³

9. -2,0 °C

10. 186 kPa

11. 86,4 °C-ra

12. 1,79 MPa

13. 44,0 g/mol

14. argon

15. $M = 2,0 \text{ g/mol}$, tehát hidrogén

16. a/ háromszorosára nő

b/ felére csökken

c/ 1,64-szorosára nő

17. 75,1 V/V% CO₂ és 24,9 V/V% N₂

18. 7,70 dm³ HCl, 44,0 cm³ H₂O

16. SZTÖCHIOMETRIAI FELADATOK

I.

1. 3,0 mol szén-dioxid és 6,0 mol víz.

2. 3,75 mol oxigénnel reagál és 2,50 mol alumínium-oxid keletkezik.

3. 2,24 g MgO.

4. 2,99 g kén

5. 0,0662 g alumíniumra és 0,934 g jódra.

6. 2,68 dm³ O₂

7. Nem sztöchiometrikus. 0,104 mol alumínium van, ami 1,5-szer akkora anyagmennyiségű, vagyis 0,156 mol brómmal reagálna, de nekünk 0,195 mol brómunk van. Tehát a bróm van fölöslegben. 0,104 mol, vagyis 27,7 g alumínium-bromid keletkezik.

8. a/ A NaOH van fölöslegben, tehát lúgos.

b/ 1,000 g NaOH-ot.

c/ 2,125 g NaNO₃-ot.

9. Bárium-kloridot 0,167 mol/dm³ koncentrációban és sósavat 0,333 mol/dm³ koncentrációban.

10. 0,15 g hidrogén.

11. 0,363 g Al-ra.

12. 35,0 dm³-re.

13. 0,019 mol CO₂ előállításához 1,9 g CaCO₃ és 19 cm³ sósav kell.

II. A rendezett egyenlet: $\text{FeS} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$

1. 8 mol

2. 0,159 mol

3. 21,9 g

4. 4,15 g

5. 20,7 g

6. 18,9 cm³

7. $1,41 \text{ dm}^3 = 1,41 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$

8. a HCl-ből marad, 32,4 % volt a fölösleg

III. A rendezett egyenlet: $2 \text{KMnO}_4 + 16 \text{HCl} = 5 \text{Cl}_2 + 2 \text{KCl} + 2 \text{MnCl}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$

1. 2,5 mol

2. 28 g

3. 190 g

4. 18,5 g

5. 49,9 g

6. 3,92 dm³

7. 42,3 cm³

8. 12,8 g KMnO₄, 64,7 cm³ sósav

IV.

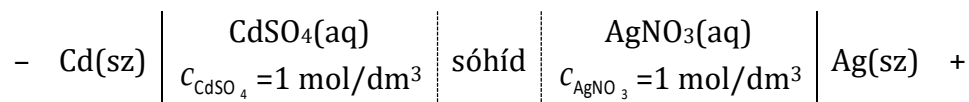
1. 34 dm³
2. 27,7 g
3. 46,4 m/m%
4. 10,9 dm³
5. 62,9%
6. 8,4 g

17. TERMOKÉMIA

1. a/ -4015 kJ
b/ 0,40 mol
c/ 108 g víz (az egyenletben 2 mol víz szerepel!)
- d/ -182 kJ
e/ -113 kJ
f/ 99,0 dm³
g/ $\Delta_k H(\text{CH}_4, \text{g}) = -75 \text{ kJ/mol}$
2. a/ -1429 kJ/mol
b/ -476 kJ
c/ 8,67 dm³
3. a/ $2 \text{ C}_4\text{H}_{10}(\text{g}) + 13 \text{ O}_2(\text{g}) = 8 \text{ CO}_2(\text{g}) + 10 \text{ H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta_r H = -5284 \text{ kJ/mol}$
b/ -533 kJ
c/ 133 g CO₂
4. -85 kJ/mol
5. a/ -105 kJ/mol
b/ 739 g
6. -23,3 kJ
7. -111 kJ/mol
8. -630 kJ/mol
9. +205 kJ/mol
10. -137 kJ/mol

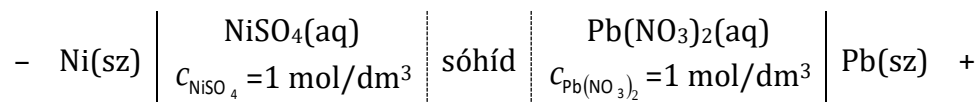
18. 1. GALVÁNELEMEK, ELEKTRÓDPOTENCIÁL

1.



- A cella pozitív pólusa az ezüst, negatív pólusa a kadmium lesz ($\varepsilon(\text{Cd})$ a negatívabb)
- A negatív póluson a kadmium oxidálódik: $\text{Cd} \rightarrow \text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^-$
- A pozitív póluson az ezüst redukálódik: $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$
- Ahol oxidáció történik, az az anód, tehát az elem anódja a kadmium, katódja az ezüst.
- A bruttó egyenlet: $\text{Cd} + 2 \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cd}^{2+} + 2 \text{Ag}$
- A kadmium-szulfát-oldat kadmiumion-koncentrációja nő, az ezüst-nitráté csökken az elem működése közben.
- Mivel a kadmium oldódik, nő a pozitív ionok mennyisége, ezt „kiegyenlítő” az anionok (nitrát) a kadmiumelektrod felé vándorolnak.
- $E_{\text{MF}} = \varepsilon_{\text{katód}} - \varepsilon_{\text{anód}} = \varepsilon(\text{Ag}) - \varepsilon(\text{Cd}) = 0,80 - (-0,40) = 1,20 \text{ V}$
-

2.



- A cella pozitív pólusa az ólom, negatív pólusa a nikkel lesz ($\varepsilon(\text{Ni})$ a negatívabb)
- A negatív póluson a nikkel oxidálódik: $\text{Ni} \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^-$
- A pozitív póluson az ólom redukálódik: $\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}$
- Ahol oxidáció történik, az az anód, tehát az elem anódja a nikkel, katódja az ólom.
- A bruttó egyenlet: $\text{Ni} + \text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{Ni}^{2+} + \text{Pb}$
- A nikkel-szulfát-oldat nikkelion-koncentrációja nő, az ólom-nitráté csökken az elem működése közben.
- Mivel a nikkel oldódik, nő a pozitív ionok mennyisége, ezt „kiegyenlítendő” az anionok (nitrát) a nikkelelektrod felé vándorolnak.
- $E_{\text{MF}} = \varepsilon_{\text{katód}} - \varepsilon_{\text{anód}} = \varepsilon(\text{Pb}) - \varepsilon(\text{Ni}) = -0,13 \text{ V} - (-0,23 \text{ V}) = 0,10 \text{ V}$

3. $E_{\text{MF}} = \varepsilon_{\text{katód}} - \varepsilon_{\text{anód}}$ Mivel nem tudjuk, hogy az ólomelektrod a katód-e vagy az anód, így két lehetőség van: ha az ólom a katód, akkor $E_{\text{MF}} = \varepsilon_{\text{Pb}} - \varepsilon_{\text{anód}}$ vagyis $0,47 \text{ V} = -0,13 \text{ V} - \varepsilon_{\text{anód}}$, amiből $\varepsilon_{\text{anód}} = -0,60 \text{ V}$. De ha az ólom az anód, akkor $E_{\text{MF}} = \varepsilon_{\text{katód}} - \varepsilon_{\text{Pb}}$, vagyis $0,47 \text{ V} = \varepsilon_{\text{katód}} - (-0,13 \text{ V})$, amiből $\varepsilon_{\text{katód}} = +0,34 \text{ V}$ – ilyen standardpotenciálú fém van, ez a réz, tehát a réz a párja az ólomelektrodnak.

4. a/ $\varepsilon(\text{Pb}) = -0,13 \text{ V} < \varepsilon(\text{Cu}) = +0,34 \text{ V}$ tehát a réz a pozitívabb, vagyis a réz oxidálja az ólmot, tehát az első esetben történik reakció: $\text{Pb} + \text{Cu}^{2+} = \text{Pb}^{2+} + \text{Cu}$
- b/ $\varepsilon(\text{Cd}) = -0,40 \text{ V} > \varepsilon(\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$ tehát a kadmium a pozitívabb, vagyis a kadmium oxidálja a cinket, tehát a második esetben történik reakció: $\text{Zn} + \text{Cd}^{2+} = \text{Zn}^{2+} + \text{Cd}$
- c/ $\varepsilon(\text{I}_2) = +0,5 \text{ V} < \varepsilon(\text{Br}_2) = +1,0 \text{ V}$ vagyis a bróm a pozitívabb, tehát a bróm oxidálja a jodidot, így az első esetben lesz reakció: $2 \text{I}^- + \text{Br}_2 = \text{I}_2 + 2 \text{Br}^-$

5. 0,68 V

6. -0,83 V

7. -0,27 V

8. -1,69 V (Vigyázat, az oldatban az alumíniumionok koncentrációja 0,04 mol/dm³!)

9. 0,042 mol/dm³

10. $1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$

11. 0,69 V

12. 0,19 V

13. 1,44 V

14. 0,71 V

15. 0,0022 mol/dm³

16. 1,09 V

17. 1,11 V volt eredetileg, és ugyanennyi lesz a hígítás után is.

18. 0,45 V-ról 0,44 V-ra, vagyis -0,01 V-ot. (Most más az elektronszám-változás (z), azért nem esik ki a logaritmikus tag!)

18. 2. ELEKTROLÍZIS

1. a/ sósavnál: a katódon: $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- = \text{H}_2$, az anódon: $2 \text{Cl}^- = \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$, vagyis 2F töltés hatására 1 mol hidrogén és 1 mol klór lesz, tehát a gázok térfogatának aránya 1:1.
- b/ kálium-szulfát-oldatnál: a katódon: $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- = \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$, az anódon: $2 \text{H}_2\text{O} = \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$
Ha mindkét elektródon 4F töltés halad át, akkor 2 mol hidrogén és 1 mol oxigén keletkezik, tehát 2:1 a gázok térfogataránya.
- c/ kénsavoldatnál: a katódon: $2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- = \text{H}_2$, az anódon: $2 \text{H}_2\text{O} = \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$

Ha mindkét elektródon 4F töltés halad át, akkor 2 mol hidrogén és 1 mol oxigén keletkezik, tehát 2:1 a gázok térfogataránya.

2. 0,0256 g réz válik le.
3. 0,0513 g réz.
4. 0,50 g ezüst.
5. 1,19 g réz és 231 cm³ oxigén.
6. 0,29 g nikkel és 0,12 dm³ klór.
7. Semennyi, nem nátrium válik le a katódon, hanem hidrogén.
8. $I = 0,35$ A. (A 120 cm³ durranógázban 80 cm³ hidrogén és 40 cm³ oxigén van.)
9. Semennyi. A réz a katódon válik le, nem az anódon! (A katódon 0,1 g.)
10. A negatív pólushoz (katód). 3,8 óráig kell végezni az elektrolízist.
11. 16,2 percig.
12. Az anódon nem válik le réz. A katódon 0,089 g réz válik le.

19. 1. KÉMHA-TÁS, HIDROLÍZIS

I.

- | | |
|--|-------|
| 1. $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ | lúgos |
| 2. $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-$ | savas |
| 3. $\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}^{2+} + 2 \text{OH}^-$ | lúgos |
| 4. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+$ | savas |
| 5. $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$ | lúgos |
| 6. $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$ $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HSO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+$ | savas |
| 7. nem oldódik vízben, nincs is „vizes oldat” | |
| 8. $\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCOO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ | savas |
| 9. $\text{BaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^-$ | lúgos |
| 10. $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$ $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ | savas |
| 11. $\text{Li}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = 2 \text{LiOH} = 2 \text{Li}^+ + 2 \text{OH}^-$ | lúgos |
| 12. nem oldódik vízben, nincs is „vizes oldat” | |

II.

- | | |
|--|----------|
| 1. erős bázis és gyenge sav sója $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ | lúgos |
| 2. gyenge bázis és erős sav sója $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$ | savas |
| 3. erős bázis és gyenge sav sója $\text{PO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} + \text{OH}^-$ | lúgos |
| 4. erős bázis és erős sav sója, nincs sav-bázis reakció | semleges |
| 5. erős bázis és gyenge sav sója $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HSO}_3^- + \text{OH}^-$ | lúgos |
| 6. gyenge bázis és erős sav sója $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$ | savas |
| 7. erős bázis és erős sav sója, nincs sav-bázis reakció | semleges |
| 8. erős bázis és erős sav sója, nincs sav-bázis reakció | semleges |
| 9. erős bázis és erős sav sója, nincs sav-bázis reakció | semleges |
| 10. erős bázis és gyenge sav sója $\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{OH}^-$ | lúgos |
| 11. erős bázis és gyenge sav sója $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$ | lúgos |
| 12. gyenge bázis és erős sav sója $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$ | savas |
| 13. erős bázis és gyenge sav sója $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ | lúgos |
| 14. erős bázis és erős sav sója, nincs sav-bázis reakció | semleges |
| 15. gyenge bázis és erős sav sója $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$ | savas |
| 16. erős bázis és erős sav sója, nincs sav-bázis reakció | semleges |
| 17. erős bázis és gyenge sav sója $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$ | lúgos |

18. erős bázis és gyenge sav sója	$\text{PO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} + \text{OH}^-$	lúgos
19. erős bázis és gyenge sav sója	$\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$	lúgos
20. erős bázis és gyenge sav sója	$\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{OH}^-$	lúgos
21. erős bázis és erős sav sója, nincs sav-bázis reakció		semleges
22. erős bázis és gyenge sav sója	$\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^-$	lúgos

19. 2. ERŐS SAVAK ÉS LÚGOK PH-JA

- 1,19
- 2,55 (a térfogat fölösleges adat, nincs rá szükség)
- 12,91
- 12,85
- $5,62 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$
- $5,62 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$
- $2,51 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$
- $3,15 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$
- 11,10 (a térfogat fölösleges adat)
- 0,0865 g
- 11,70
- 13,15
- $0,0560 \text{ mol/dm}^3$
- 2,52
- $44,4 \text{ cm}^3$
- $0,025 \text{ mol/dm}^3$
- 12,80
- 1,91
- 12,42
- 12,31
- 1,49
- 12,07
- 12,96
- 1,78
- 12,80, 1,15, 1,63

19. 3. GYENGE SAV, GYENGE BÁZIS OLDATÁNAK PH-JA

- 2,69
- 11,06
- 0,86 %, 1,9 %
- $K_s = 6,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ (elhanyagolással számolva $5,9 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$)
- $0,019 \text{ mol/dm}^3$ (elhanyagolással számolva $0,018 \text{ mol/dm}^3$)
- 0,100 g (elhanyagolással 0,098 g)
- 2,74
- 11,16
- 2,79
- $0,0029 \text{ mol/dm}^3$

19. 4. HIDROLIZÁLÓ SÓK OLDATÁNAK PH-JA

1. 5,07
2. 8,34
3. 11,41
4. $K_s = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$
5. $0,11 \text{ mol/dm}^3$
6. 2,01 g
7. $37,2 \text{ cm}^3$
8. 4,91
9. 0,0017%

19. 5. PUFFEROLDATOK

1. $\text{pH} = 4,73$
2. 9,07
3. 4,68
4. 8,85
5. $0,0165 \text{ mol/dm}^3$
6. 4,73
7. 1,57 g
8. 4,91
9. 4,67
10. 9,24
11. 8,90
12. 9,47
13. a/ 9,50-re nő, +0,03 a változás
b/ 9,42-re csökken, -0,05 a változás
14. a/ 7,00-ről 11,70-re
b/ 7,00-ről 2,00-re

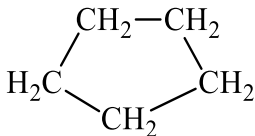
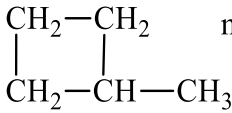
19. 6. VEGYES PH-S FELADATOK

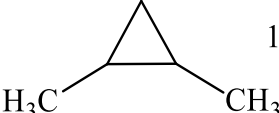
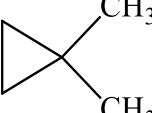
1. $\text{pH} = 0,69$
2. $\text{pH} = 1,13$
3. $23,45 \text{ cm}^3 \approx 23 \text{ cm}^3\text{-t}$
4. 11,33
5. 8,22
6. 0,020 vegyes%
7. $1,255 \text{ g} \approx 1,3 \text{ g}$
8. 9,05
9. 3,74
10. 11,0 g
11. 11,94
12. $25,0 \text{ cm}^3$

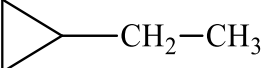
20. IZOMÉRIA

1. $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_3$ hexán
- $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{--CH--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 2-metilpentán
- $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH--CH}_2\text{--CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 3-metilpentán
- $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{--CH--CH--CH}_3 \\ | \quad | \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ 2,3-dimetilbután
- $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3\text{--C--CH}_2\text{--CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 2,2-dimetilbután

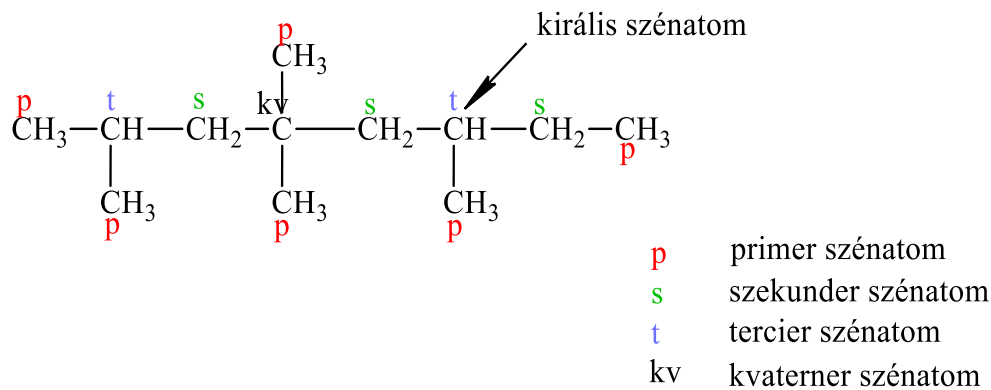
2. $\text{CH}_2\text{=CH--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_3$ pent-1-én
- $\text{CH}_3\text{--CH=CH--CH}_2\text{--CH}_3$ pent-2-én Vannak geometriai izomerek!
- $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C=C--CH}_2\text{--CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 2-metilbut-1-én
- $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{--C=CH--CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 2-metilbut-2-én
- $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{--CH--CH=CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 3-metilbut-1-én

-  ciklopentán
-  metilciklobután

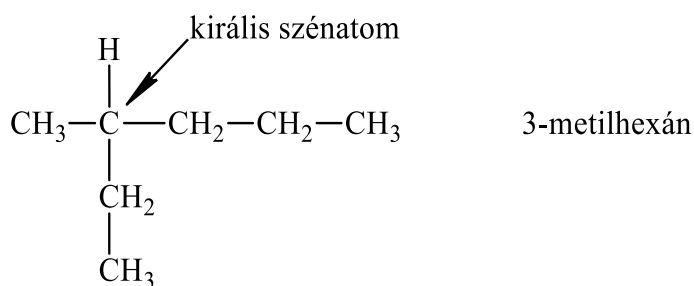
-  1,2-dimetilciklopropán
Vannak geometriai izomerek!
-  1,1-dimetilciklopropán

-  etilciklopropán

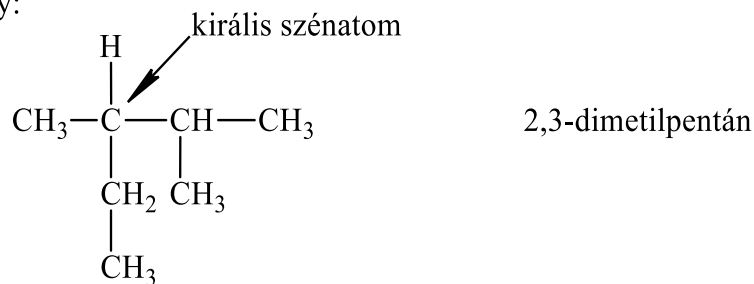
3.



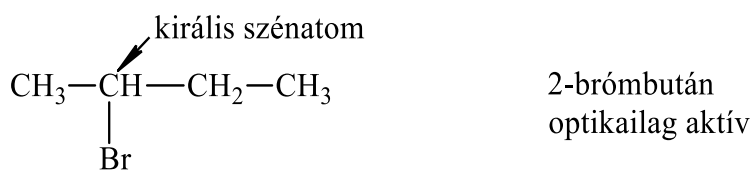
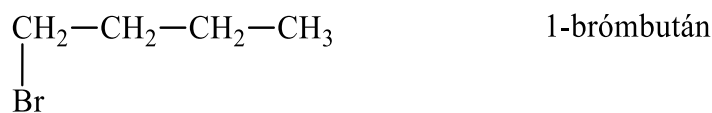
4.

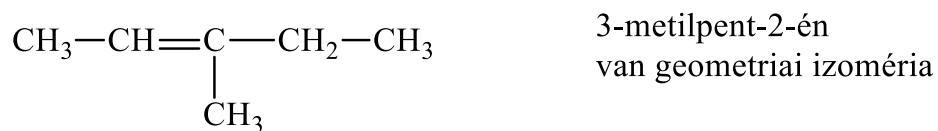
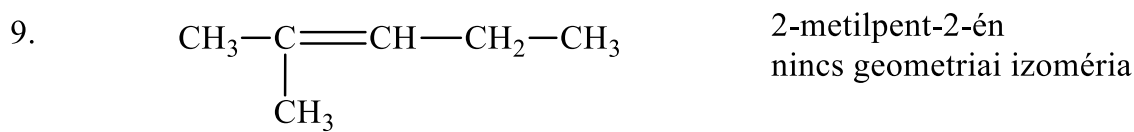
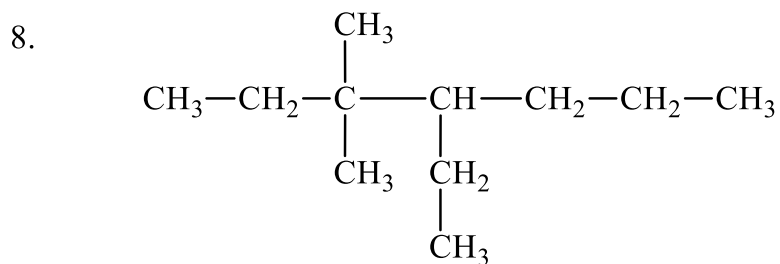
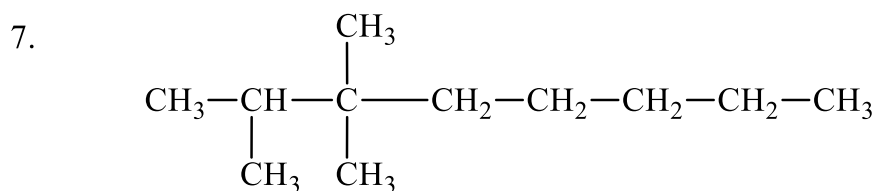
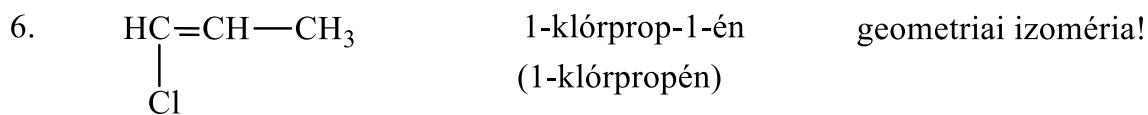


vagy:



5.

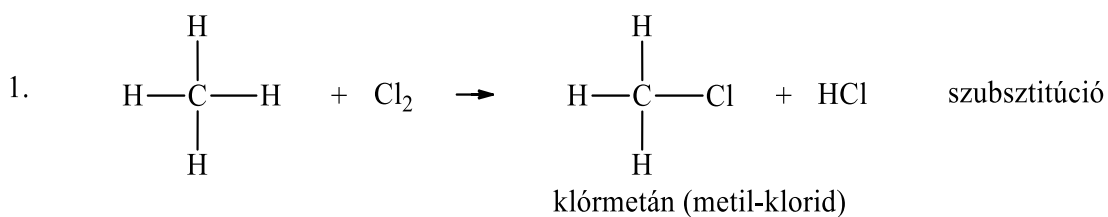




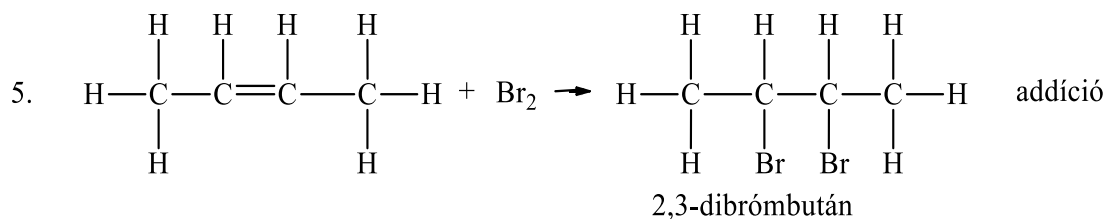
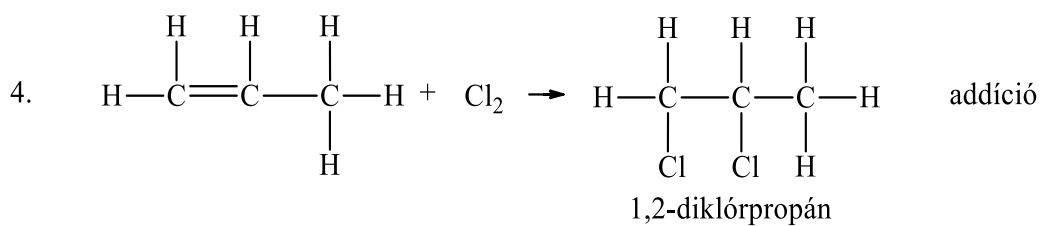
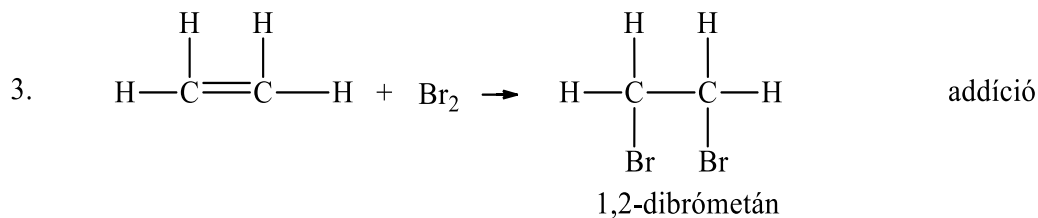
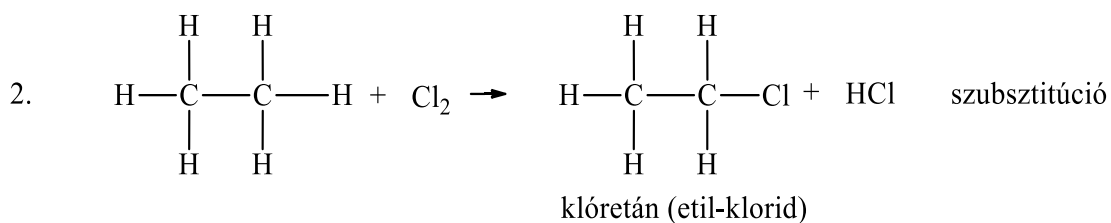
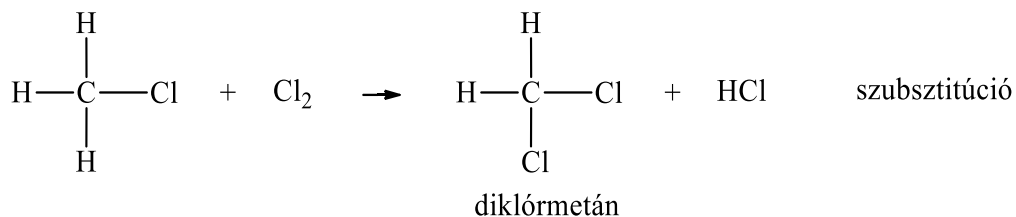
21. SZERVES VEGYÜLETEK REAKCIÓI

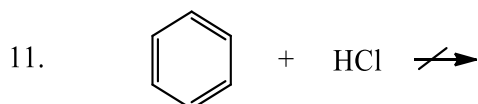
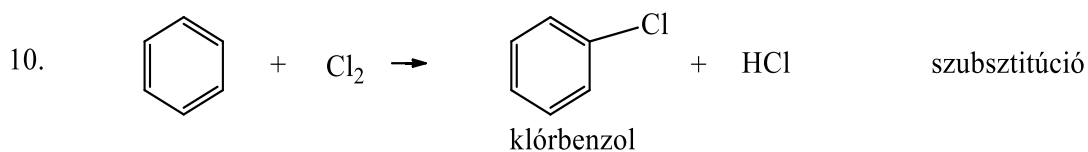
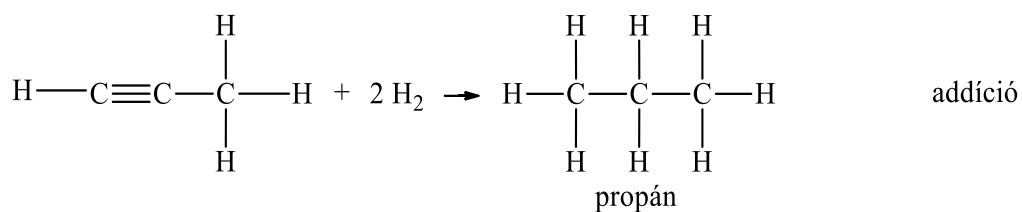
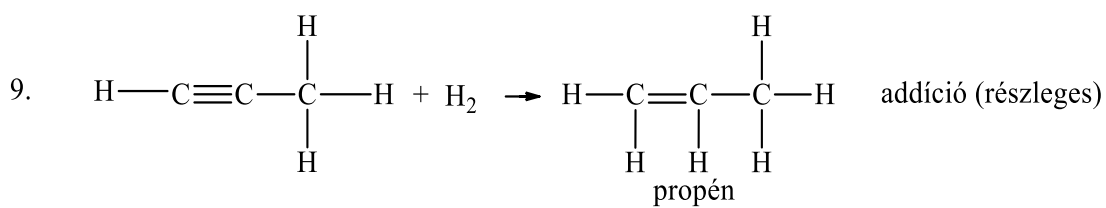
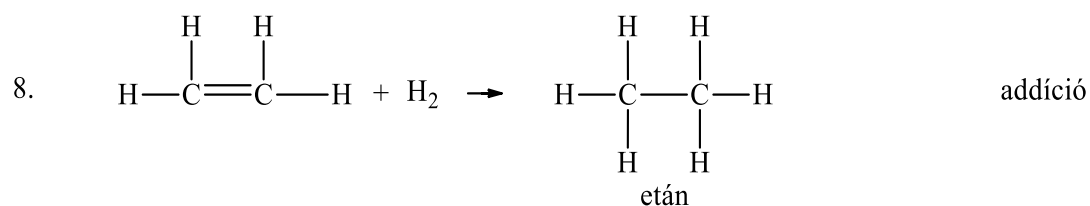
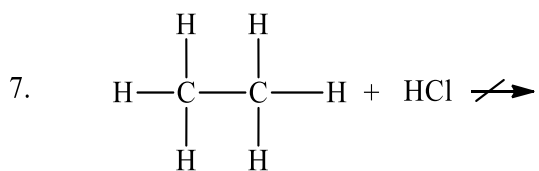
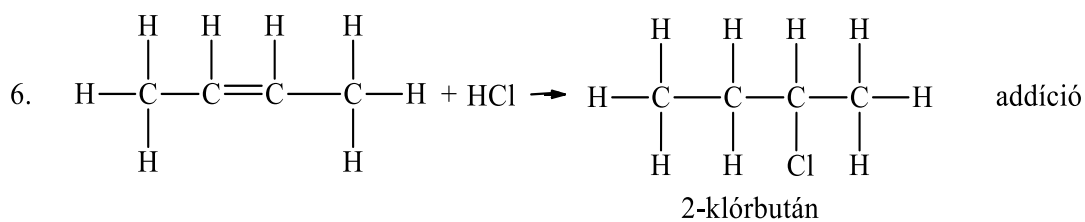
1. $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 = \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$ szubsztitúció, klórmétán (metil-klorid)
($\text{CH}_4 + 2 \text{Cl}_2 = \text{CH}_2\text{Cl}_2 + 2 \text{HCl}$ is lehet, sőt tovább is mehet a reakció)
2. $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{Cl}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$ szubsztitúció, klóretán
($\text{CH}_3\text{-CH}_3 + \text{Cl}_2 = \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Cl} + \text{HCl}$)
3. $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{Br}_2 = \text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$ addíció, 1,2-dibrómetán
($\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 = \text{CH}_2\text{Br-CH}_2\text{Br}$)
4. $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{Cl}_2 = \text{CH}_3\text{-CHCl-CH}_2\text{Cl}$ addíció, 1,2-diklórpropán
5. $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_3 + \text{Br}_2 = \text{CH}_3\text{-CHBr-CHBr-CH}_3$ addíció, 2,3-dibrómbután
6. $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_3 + \text{HCl} = \text{CH}_3\text{-CHCl-CH}_2\text{-CH}_3$ addíció, 2-klórbután
7. $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{HCl} =$ nem történik reakció
8. $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2 = \text{CH}_3\text{-CH}_3$ addíció, etán
9. $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH} + \text{H}_2 = \text{CH}_3\text{-CH=CH}_2$ addíció, propén
vagy több hidrogénnel: $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ addíció, propán
10. $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{Cl}_2 = \text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$ szubsztitúció, klórbenzol
11. $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HCl} =$ nem történik reakció
12. $\text{C}_5\text{H}_{10} + \text{Cl}_2 = \text{C}_5\text{H}_9\text{Cl} + \text{HCl}$ szubsztitúció, klórciklopentán
13. $\text{C}_6\text{H}_{10} + \text{Cl}_2 = \text{C}_6\text{H}_{10}\text{Cl}_2$ addíció, 1,2-diklórciklohexán
14. $\text{C}_2\text{H}_6 + 3,5 \text{O}_2 = 2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$
illetve $2 \text{C}_2\text{H}_6 + 7\text{O}_2 = 4 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ redoxireakció
15. $\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 = 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$ redoxireakció
16. $\text{C}_5\text{H}_{12} + 8 \text{O}_2 = 5 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ redoxireakció
17. $\text{C}_6\text{H}_6 + 7,5 \text{O}_2 = 6 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$ redoxireakció
18. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3 + 6 \text{O}_2 = 4 \text{CO}_2 + 5 \text{H}_2\text{O}$ redoxireakció
19. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 3 \text{O}_2 = 2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$ redoxireakció
20. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{CuO} = \text{CH}_3\text{CHO} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ redoxireakció, acetaldehid (etanal)
21. $\text{HCOOH} + \text{NaOH} = \text{HCOONa} + \text{H}_2\text{O}$ sav-bázis reakció, nátrium-formiát
22. $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Ca(OH)}_2 = \text{Ca(CH}_3\text{COO)}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ sav-bázis reakció, kalcium-acetát
23. $\text{CH}_3\text{-NH}_2 + \text{HCl} = \text{CH}_3\text{-NH}_3\text{Cl}$ sav-bázis reakció, metil-ammónium-klorid
24. $\text{HCOOH} + \text{CH}_3\text{OH} \rightleftharpoons \text{HCOOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ észteresítés, metil-formiát (metil-metanoát)
25. $\text{HCOOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightleftharpoons \text{HCOOCH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ észterképződés, etil-formiát (etil-metanoát)
26. $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ észteresítés, metil-acetát (metil-etanoát)
27. $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ észteresítés, etil-acetát (etil-etanoát)
28. $\text{HCOOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \rightleftharpoons \text{HCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ észteresítés, propil-formiát (propil-metanoát)
29. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ észteresítés, metil-butanoát
30. $\text{CH}_3\text{COOCH}_3 + \text{NaOH} = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{CH}_3\text{OH}$ észter lúgos hidrolízise, nátrium-acetát + metanol

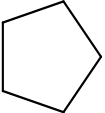
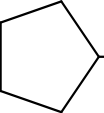
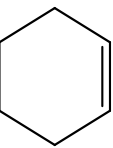
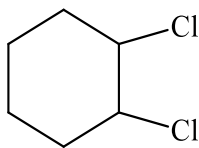
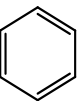
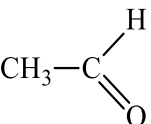
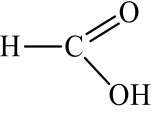
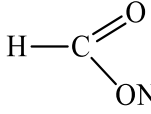
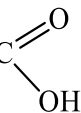
Megoldások részletesebben (szerkezeti képletekkel):

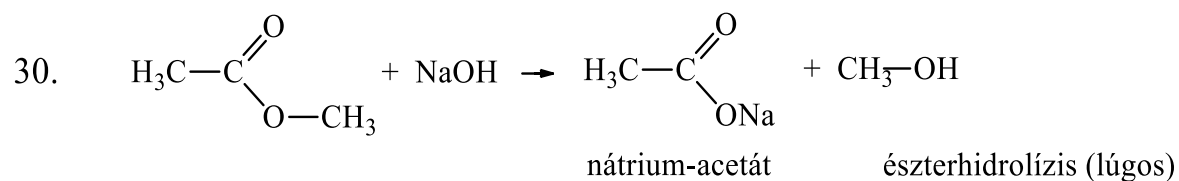
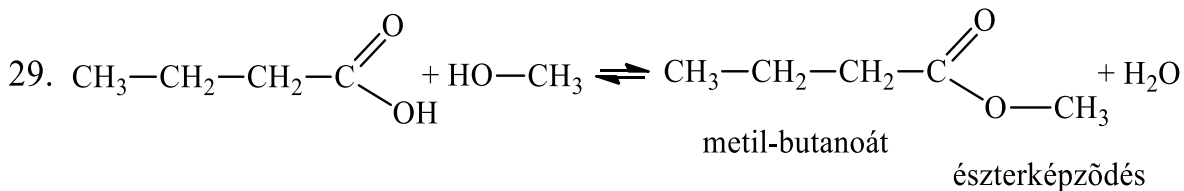
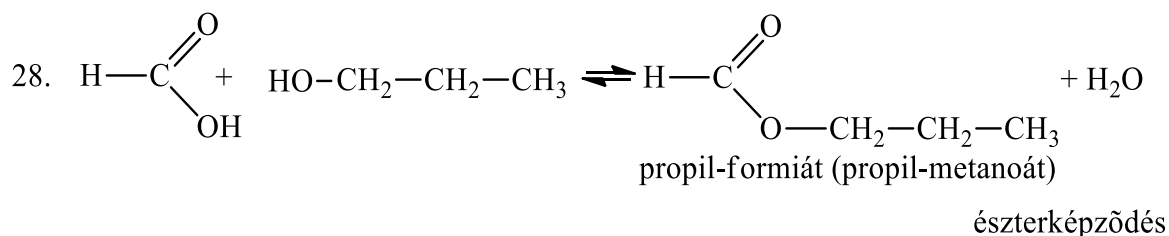
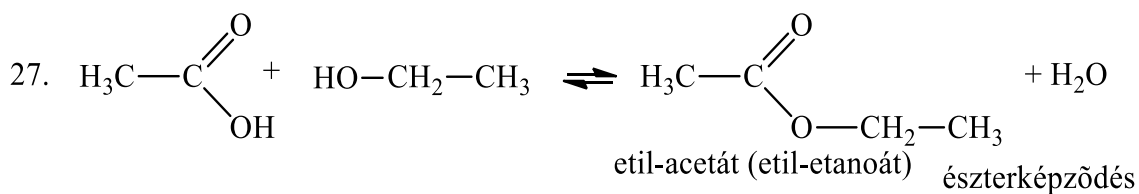
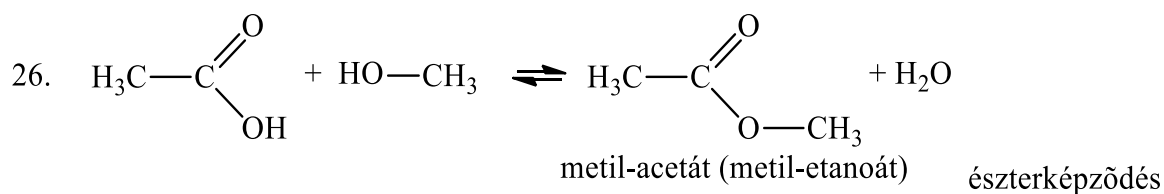
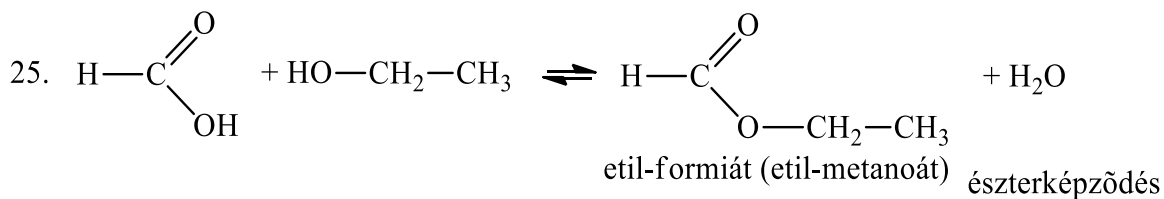
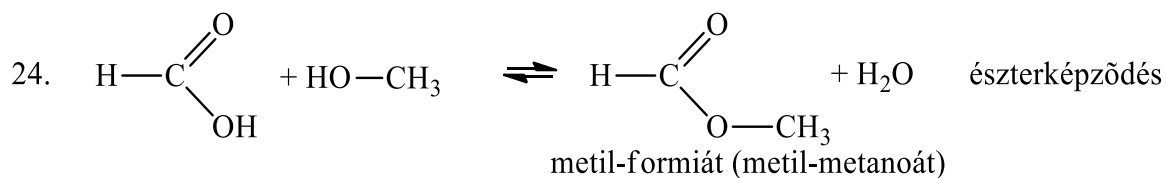


Tovább is mehet a reakció, és diklórmétán, triklórmétán és tetraklórmétán is keletkezhet:





12.  + Cl₂ →  + HCl
klórciklopentán
szubsztitúció
13.  + Cl₂ → 
1,2-diklórciklohexán
addíció
14. CH₃—CH₃ + 3,5 O₂ → 2 CO₂ + 3 H₂O redoxireakció
15. CH₃—CH₂—CH₃ + 5 O₂ → 3 CO₂ + 4 H₂O redoxireakció
16. CH₃—CH₂—CH₂—CH₂—CH₃ + 8 O₂ → 5 CO₂ + 6 H₂O redoxireakció
17.  + 7,5 O₂ → 6 CO₂ + 3 H₂O redoxireakció
18. CH₃—CH₂—O—CH₂—CH₃ + 6 O₂ → 4 CO₂ + 5 H₂O redoxireakció
19. CH₃—CH₂—OH + 3 O₂ → 2 CO₂ + 3 H₂O redoxireakció
20. CH₃—CH₂—OH + CuO →  + Cu + H₂O redoxireakció
acetaldehyd
(etanal)
21.  + NaOH →  + H₂O sav-bázis reakció
nátrium-formiát
22. 2H₃C— + Ca(OH)₂ → (CH₃COO)₂Ca + 2 H₂O sav-bázis reakció
kalcium-acetát
23. CH₃—NH₂ + HCl → CH₃—NH₃⁺ + Cl[−] sav-bázis reakció
metil-ammonium-klorid



IRODALOMJEGYZÉK

Az alábbi lista a szerzők által a jegyzet témaköreihez kapcsolódva leggyakrabban forgatott példatárakat, cikkeket, könyveket tartalmazza.

1. Barcza Lajos, Buvári Ágnes: A minőségi kémiai analízis alapjai, Medicina Könyvkiadó, Budapest, 1997.
2. Farkas Etelka, Fábián István, Kiss Tamás, Posta József, Tóth Imre, Várnagy Katalin: Általános és analitikai kémiai példatár, KLTE Debrecen, 1992.
3. Hartmann Hildegard, Knausz Dezső, Szepes László: Általános kémiai példatár, ELTE Budapest, 1994.
4. Horváth Zsuzsa, Káldy Mária, Krausz Imre, Szabó Zoltán László: Kvantitatív analitikai példatár, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.
5. Maleczkiné Szeness Márta: Kémiai számítások – kémiai gondolatok, Veszprémi Egyetem, Veszprém, 1995.
6. Szakács László, Mörtl Mária, Knausz Dezső: Általános kémiai példatár, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2002.
7. Tóth Zoltán: Reakcióegyenletek rendezése alapfokon, A kémia tanítása, II. évfolyam (1994), 4. szám, 8-11. o.
8. Tóth Zoltán: Ionegyenletek rendezése, A kémia tanítása, V. évfolyam (1997), 5. szám, 19-21. o.
9. Villányi Attila: Ötösöm lesz kémiából, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2002.
10. Villányi Attila: Kémia a kétszintű érettségire, Kemavill Bt., Budapest, 2005.