P. P. Popel, L. Sz. Kriklja

KÉMIA

Tankönyv
az általános oktatási
rendszerű magyar
tannyelvű tanintézetek
számára

8



Ajánlotta
Ukrajna Oktatási és Tudományos Minisztériuma

BukRek Kiadó
2008

ББК 24. 1я 721
П57

Перекладено з видання:

П. П. Попель Л. С. Крикля. Хімія 8 кл.: Підручник для загальноосвітн. навч. закл. – К.: ВЦ „Академія", 2008. – 232 с.: іл.

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України (Наказ Міністерства освіти і науки України від 17.03.2008 р. № 179)

Видано за державні кошти.
Продаж заборонено

Попель П. П.

П57 Хімія: Підручн. для 8 кл. загальноосвітн. навч. закл. з угорською мовою навчання / П. П. Попель, Л. С. Крикля. – К.: Пер. з укр. – Чернівці: Видавничий дім „Букрек", 2008. – 232 с.: іл.

ISBN 978-966-399-165-8

Підручник підготовлено за програмою з хімії для 7–11 класів загальноосвітніх навчальних закладів. У ньому розглянуто матеріал із розділів „Кількість речовини. Розрахунки за хімічними формулами", „Найважливіші класи неорганічних сполук", „Періодичний закон і періодична система хімічних елементів Д. І. Менделєєва. Будова атома", „Хімічний зв'язок і будова речовини". Містить практичні роботи, лабораторні досліди, запитання, вправи, задачі, завдання для домашнього експерименту, додатковий матеріал для допитливих, а також словничок хімічних термінів і предметний покажчик.

ББК 24. 1я 721

ISBN 978-966-580-263-1 (укр.)
ISBN 978-966-399-165-8 (угор.)

© Попель П. П., Крикля Л. С., 2008
© ВЦ „Академія", оригінал-макет, 2008
© Видавничий дім „Букрек", переклад угорською мовою, 2008

Kedves nyolcadikosok!

A 7. osztályban a kémiaórákon megismerkedtetek egy érdekes tudománnyal, amely az anyagokról és az anyag átalakulásáról szól. Elsajátítottátok a kémia nyelvét, megértettétek, mik azok a kémiai elemek, hogyan jelölik őket és a belőlük képződő anyagokat, hogyan írják fel a kémiai reakciókat, megtanultátok elvégezni a legegyszerűbb kémiai számításokat és a kémiai kísérleteket. Megtudtátok, hogy az anyagok száma végtelen, azonban az őket összetevő részecskék száma mindössze három fajta lehet: atom, molekula és ion. Sok érdekeset tudtatok meg az oxigénről és a vasról mint legfontosabb kémiai elemekről, s ezen elemek egyszerű anyagairól – az oxigénről és vasról.

A 8. osztályos kémia újabb titkokat rejteget számotokra. Tapasztalni fogjátok, hogy a kémiai elemek és vegyületeik között szigorú rend és szoros kapcsolatok léteznek. Ezeket a periódusos törvény foglalja össze, amelyet majdnem 140 éve fedezett fel egy kiváló tudós – Dmitrij Ivanovics Mengyelejev.

Ebben a tanévben a kémiaórákon a fő figyelmet a vegyületek legfontosabb csoportjaira és azok kémiai tulajdonságaira fordítjuk majd. Megismerkedtek az atomok, molekulák, ionok és különböző anyagok felépítésével, megtudjátok, hogyan kapcsolódnak a részecskék mindenegyes anyagban, élvezhetitek majd a kémiai kísérletek végzését.

Már meggyőződtetek arról, hogy a kémiát azért kell tanulnunk, hogy megértsük, hogyan épül fel a körülöttünk lévő világ, milyen törvények alapján fejlődik, hogy tudjuk alkalmazni a vegyipari termékeket, nem károsítva a természetet, hanem védve és megsokszorozva annak kincseit.

Hogyan használjuk a tankönyvet

Ez a tankönyv segít nektek elsajátítani a kémiát. Mindegyik fejezet elején rámutatunk, milyen jelentősége van számotokra az ismertetett tananyagnak, a végén pedig levonjuk a következtetéseket. Az a szövegrész, amely apró betűkkel (petittel) van nyomtatva, azon tanulók részére készült, akik szeretnék bővíteni és

elmélyíteni kémiai ismereteiket. Kiegészítő információkat és érdekes tényeket a lapszéleken tüntetünk fel. A fontosabb meghatározások színessel vannak kiemelve, az új szakkifejezések, a fontos tételek és a logikailag hangsúlyos szavak – dőlt betűvel (kurzívval). A laboratóriumi kísérletekhez és gyakorlati munkákhoz tartozó szövegrész színes háttérrel van nyomtatva.

Mindegyik fejezet után különböző típusú feladatok, gyakorlatok és példák találhatók, rendszerint bonyolultságuk növekedési sorrendjében. A tankönyv végén megtalálható az egyes feladatok és gyakorlatok megoldása, a fontosabb szakkifejezések jegyzéke, azonkívül a tárgymutató. Az utóbbi segít megtalálni a tankönyvnek azt az oldalát, ahol említve van az adott szakkifejezés, anyag, jelenség stb.

A tankönyvvel való munka segít megérteni az anyagok összetétele, szerkezete és tulajdonságai közötti kapcsolatokat.

Felkészülés a kémiai kísérletekhez

A gyakorlati munkákhoz gondosan kell elkészülni. A kémiai szakteremben való viselkedés és a munkavédelem azon szabályait, amelyek a hetedikes tankönyvben ismertetve vannak, természetesen a 8. osztályban is be kell tartanotok.

Amíg körülöttünk ősz van és nyílnak a virágok, érik a gyümölcs, felkészülhettek az otthoni kísérletekhez. Szedjetek és szárítsatok színes virágszirmokat, ugyanúgy néhány bogyófélét. Télen készítsetek belőlük főzeteket, ezek szükségesek lesznek a kísérletekhez. Ezek az anyagok megváltoztathatják színűket bizonyos vegyületek hatására. A kísérletekhez használjátok fel a cékla, a fekete szőlő és a vörös káposzta levét is.

Otthoni kísérleteket csak szüleitek engedélyével végezzetek.

A kémia lenyűgöző tudomány. Sok sikert kívánunk nektek e tudomány elsajátítása során.

A szerzők

1. rész

Anyagmennyiség. Számítások kémiai képletek alapján

Néhány évszázaddal ezelőtt az alkimisták, a különböző kísérletekhez készülve és azok elvégzése után, gyakran mérték az anyagokat, meghatározták térfogatukat. Miután M. V. Lomonoszov és A. L. Lavoisier felfedezték az anyag megmaradásának törvényét a reakciók során, a kémia gyors fejlődésnek indult és a pontos (egzakt) tudományok sorába került. A számítások a kémiai kísérletek és kutatások szerves részévé váltak.

1 Az anyagmennyiség

E fejezet anyaga segít nektek:

- megérteni az „anyagmennyiség" fizikai méretének lényegét, s valamint annak mértékegységét, a „mol"-t;
- kideríteni, hány és milyen részecskéket tartalmaz 1 mol anyag;
- feladatokat megoldani az anyagmennyiség meghatározására vagy felhasználására.

Az anyagmennyiség. Már tudjátok, hogy az anyagok felépítése lehet molekuláris, atomos vagy ionos. Egyes anyagok átalakulása más anyagokká az atomoknak molekulákká való összekapcsolódása, a molekulák atomokra való bomlása, valamint az atomok vagy ionok átcsoportosítása útján mehet végbe.

A szén égésének reakcióját

$$C + O_2 = CO_2$$

kommentálva azt mondjátok, hogy minden egyes szénatom reakcióba lép egy oxigénmolekulával, miközben egy szén-dioxid-molekula képződik, két szénatomnak két oxigénmolekulával való reakciója eredményeképpen két szén-dioxid-molekula keletkezik, stb.

Ahhoz, hogy előkészítsünk bármilyen kémiai kísérletet, szükségtelen megszámolni az atomokat, molekulákat. Ezt lehetetlen megvalósítani. A vegyészek egy olyan fizikai mennyiséget használnak, amely az anyag bizonyos adagjában fellelhető részecskéinek számával határozható meg. E mennyiség elnevezése az *anyagmennyiség*. E mennyiséget az „*n*" latin betűvel jelöljük; korábban görög a „v" (nű) betű volt a jele.

Az anyagmennyiség mérésének egysége a mol[1].

A tudósok meghatározták, hogy bármilyen anyag 1 moljában 602 000 000 000 000 000 000 000 alkotó részecske (atom, molekula, ion) található. E számot úgy is felírhatjuk, hogy $602 \cdot 10^{21}$ (21 – a nullák száma az előző felírásmódban), vagy $6{,}02 \cdot 10^{23}$.

1 mol – az anyag azon mennyisége, amely $6{,}02 \cdot 10^{23}$ alkotó részecskét tartalmaz.

Így, 1 mol szén (atomos felépítésű anyag) $6{,}02 \cdot 10^{23}$ szénatomot tartalmaz, 1 mol oxigén (molekuláris felépítésű anyag) – $6{,}02 \cdot 10^{23}$ O_2 molekulát, a konyhasó NaCl (ionos felépítésű anyag) 1 molja – $6{,}02 \cdot 10^{23}$ Na^+ és Cl^- ionpárt, vagyis $6{,}02 \cdot 10^{23}$ Na^+ iont és $6{,}02 \cdot 10^{23}$ Cl^- iont.

▶ Nevezzétek meg a magnézium, klór, káliumfluorid KF anyagrészecskéit és mondjátok meg, mennyit tartalmaz belőlük mindegyik anyag 2 molnyi mennyisége.

[1] E szakkifejezés a latin „moles" szóból származik, amelynek a jelentése: sokaság, töménetlen mennyiség.

Az „anyagmennyiség” fogalmát nemcsak az anyogoknál alkalmazzák, hanem az egyes részecskéknél is – atomoknál, molekuláknál, ionoknál. Például, az „1 mol Na^+ ion” „$6{,}02 \cdot 10^{23}$ Na^+ iont” jelent.

A $6{,}02 \cdot 10^{23}$ szám nem véletlen. A tudósok meghatározták, hogy ennyi atom van 12 g szénnek mint egyszerű anyagnak grammokban kifejezett tömegében, ami számbelileg megegyezik a megfelelő szén elem relatív atomtömegével. Ebből következik az anyagmennyiség mértékegységének ilyen meghatározása:

1 mol az anyagnak akkora mennyisége, amely annyi alkotó részecskét tartalmaz, amennyi atomot tartalmaz 12 g szén elem.

Az 1. ábra alapján elképzelést nyerhetünk a különböző anyagok 1 moljának mennyiségéről.

A $6{,}02 \cdot 10^{23}$ számot Avogadro-számnak nevezték el A. Avogadro (1776–1856) olasz tudós tiszteletére. E számot különböző tudósok számították ki, a XIX. sz. második felétől kezdődően. Ők az előzetesen kiszámított molekulaméreteket használták fel, később pedig – a radioaktivitás jelenségének kutatási eredményeit (24.).



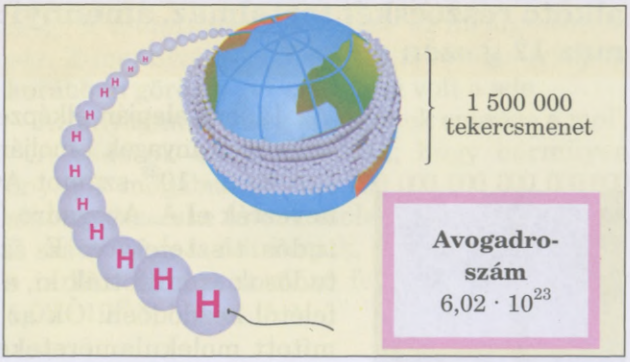
1. ábra Az 1 mol mennyiségű anyagok porciói: *a* – alumínium; *b* – víz; *c* – konyhasó

Az Avogadro-szám milliárdszor felülmúlja a Földön lakó emberek fején, bajuszában és szakállában található összes haj- és szőrszálának számát. Ha a föld felületét ilyen mennyiségű ($6{,}02 \cdot 10^{23}$) teniszlabdával vonnánk be, a „bevonat” vastagsága kb. 100 km-t tenne ki. Ha pedig $6{,}02 \cdot 10^{23}$ hidrogénatomot, a legkisebb atomokat az összes közül, egymáshoz illesztenénk, olyan hosszú vonalat kapnánk, melynek hossza kb. $6 \cdot 10^{10}$ km lenne. Az ilyen hosszúságú fonállal a Földgolyót az egyenlítő mentén 1 500 000-szer körülvehetnénk (2. ábra).

Amedeo Avogadro
(1776—1856)



Kiváló olasz fizikus és kémikus. Hipotézist állított fel az anyagok, egyebek között a gázok molekuláris szerkezetéről (1811), melyet később az ő nevéről neveztek el. Pontosította egyes elemek atomtömegét, meghatározta a víz, ammónia, szén-dioxid, szén-monoxid, metán, kénhidrogén stb. molekuláinak összetételét. Kidolgozta a gáznemű anyagok molekulatömege meghatározásának vizsgálati módszereit.



2. ábra.
A hidrogén atomjainak 1 molja

Az Avogadro-számnak megfelel az Avogadro-állandó. Jelölése N_A, dimenziója pedig az alábbi kifejezésből következik:

$$N_A = \frac{6{,}02 \cdot 10^{23}}{1\ \text{mol}} = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \text{mol}^{-1}.$$

Ha az anyag mennyisége N anyagrészecskét tartalmaz, akkor levezethetjük a megfelelő „n” anyagmennyiség kiszámításának képletét:

1 mol anyag N_A részecskét tartalmaz,
n mol anyag – N részecskét;

$$n = \frac{N}{N_A}.$$

$$\boldsymbol{n = \frac{N}{N_A}}$$

Feladatok megoldása Megoldunk néhány olyan feladatot, amelyek megoldásánál alkalmazni kell az „anyagmennyiség" fogalmát.

1. FELADAT. Az alumíniumnak milyen anyagmennyisége tartalmaz $3{,}01 \cdot 10^{24}$ atomot?

Adva van:

$N(\mathrm{Al}) = 3{,}01 \cdot 10^{24}$ atom

$n(\mathrm{Al}) - ?$

Megoldás

Felhasználjuk azt a képletet, amely tükrözi az anyagmennyiség és az anyagrészecskék (atomok) közötti összefüggést

$$n(\mathrm{Al}) = \frac{N(\mathrm{Al})}{N_A} = \frac{3{,}01 \cdot 10^{24}}{6{,}02 \cdot 10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}} =$$

$$= \frac{30{,}1 \cdot 10^{23}}{6{,}02 \cdot 10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}} = 5\ \mathrm{mol}.$$

Az eredmény: $n(\mathrm{Al}) = 5$ mol.

Bármilyen molekuláris anyag 1 moljában mindig több mint 1 mol atom van.

Például, 1 mol oxigén (O_2) 2 mol oxigénatomot (2 mol oxigénelem-atomot), 1 mol metán (CH_4) 1 mol szénatomot és 4 mol hidrogénatomot (1 mol szenet és 4 mol hidrogént).

▶ Hány anyagmennyiségnyi atomot (anyagmennyiségnyi elemet) tartalmaz 1 mol ózon (O_3), 2 mol fehér foszfor (P_4), 0,5 mol ammónia (NH_3)?

Az ionok anyagmennyiségét az ionos vegyületekben hasonló módon számítjuk ki.

2. FELADAT. Határozzuk meg 4 mol anyagmennyiségnyi vas(III)-oxidban (Fe_2O_3) az ionok anyagmennyiségét.

Adva van:

$n(\mathrm{Fe_2O_3}) = 4$ mol

$n(\mathrm{Fe^{3+}}) - ?$

$n(\mathrm{O^{2-}}) - ?$

Megoldás

A vas(III)-oxid képletegységében 2 Fe^{3+} ion és 3 O^{2-} ion található. Ezért 1 mol Fe_2O_3 2 mol Fe^{3+} ionból és 3 mol O^{2-} ionból tevődik össze.

Ezen vegyület 4 moljában az ionok anyagmennyisége négyszer több:

$$n(Fe^{3+}) = 2n(Fe_2O_3) = 2 \cdot 4 = 8 \text{ (mol)};$$
$$n(O^{2-}) = 3n(Fe_2O_3) = 3 \cdot 4 = 12 \text{ (mol)}.$$

Megoldás: $\boldsymbol{n(Fe^{3+}) = 8}$ **mol;** $\boldsymbol{n(O^{2-}) = 12}$ **mol.**

A vegyület képlete alapján meghatározhatjuk benne levő atomok (elemek), ionok anyagmennyiségeinek arányát. Például, a metánban (CH_4)

$$n(C) : n(H) = 1 : 4,$$

a vas(III)-oxidban pedig –

$$n(Fe^{3+}) : n(O^{2-}) = 2 : 3.$$

Térjünk vissza a $C + O_2 = CO_2$ kémiai reakcióhoz, melyet a fejezet elején tárgyaltunk. Ha a részecskék nagy számáról beszélünk, amelyek kölcsönhatást fejtenek ki és képződnek, akkor azt mondhatjuk, hogy minden $6{,}02 \cdot 10^{23}$ mol 10^{23} szénatom (1 mol) reagál $6{,}02 \cdot 10^{23}$ O_2 molekulával (1 mol), miközben $6{,}02 \cdot 10^{23}$ CO_2 molekula (1 mol) keletkezik. Felírva a kémiai egyenletet

$$\underset{1\text{ mol}}{C} + \underset{1\text{ mol}}{O_2} = \underset{1\text{ mol}}{CO_2},$$

látjuk, hogy az anyagmennyiségek megfelelnek az együtthatóknak. Ez igaz marad bármilyen más reakció esetében is. Még egy példát hozunk fel:

$$\underset{2\text{ mol}}{2H_2} + \underset{1\text{ mol}}{O_2} = \underset{2\text{ mol}}{2H_2O}.$$

Érdekes tudni
Az anyagmennyiséget a tudományos kutatásokban alkalmazzák az oldatok összetételének jellemzésére.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az anyagmennyiséget a kémiában az anyag részecskéinek száma alapján határozzák meg.

Az anyagmennyiség mértékegysége a mol 1 mol $6{,}02 \cdot 10^{23}$ anyagrészecskét – atomot, molekulát, ionhalmazt tartalmaz. A $6{,}02 \cdot 10^{23}$ számot Avogadro-számnak nevezzük.

?

1. Mivel hozzák összefüggésbe az anyagmennyiséget a kémiában? Nevezzétek meg az anyagmennyiség mérésének egységét.
2. Határozzátok meg az elemek anyagmennyiségét a brómban Br_2, hidrogén-kloridban (HCl), foszfinban (PH_3), kalcinált szódában (Na_2CO_3), amelyek anyagmennyisége 1 mol. (Szóbelileg.)
3. A pontok helyére pótoljuk be a megfelelő számokat:
   a) 3 mol víz (H_2O) ... mol molekulát, ... mol hidrogénatomot, ... oxigénatomot tartalmaz;
   b) 0,5 mol kénsavban (H_2SO_4) ... mol hidrogén, ... mol kén, ... mol oxigén van;
   c) 2 mol $Ca_3(PO_4)_2$ ionos vegyület ... anyagrészecskét tartalmaz, vagyis ... mol Ca^{2+} iont és ... mol PO_4^{3-} iont;
   d) 1,5 mol kvarc SiO_2 (atomos felépítésű vegyület) ... mol anyagrészecskét tartalmaz, mégpedig ... mol szilíciumatomot és ... mol oxigénatomot.
4. Milyen anyagmennyiség tartalmaz: a) $12{,}04 \cdot 10^{23}$ cinkatomot; b) $3{,}01 \cdot 10^{23}$ szén-dioxid-molekulát?
5. Végezzétek el a számításokat és töltsétek ki a táblázatot:

$N(H_3PO_4)$	$n(H_3PO_4)$, mol	$n(H)$, mol	$n(P)$, mol	$n(O)$, mol
$12{,}04 \cdot 10^{23}$				

6. Tartalmazhat-e 1 mol anyag több mint $6{,}02 \cdot 10^{23}$ atomot? Válaszotokat indokoljátok meg és hozzatok fel példákat.
7. A kalcium-klorid $CaCl_2$ milyen anyagmennyisége tartalmaz $3{,}01 \cdot 10^{24}$ Ca^{2+} iont? Hány Cl^- ion van a vegyület ilyen anyagmennyiségében? (Szóbelileg.)
8. Végezzétek el a számításokat és töltsétek ki a táblázatot:

$N(Al_2(SO_4)_3)$	$n(Al_2(SO_4)_3)$, mol	$n(Al^{3+})$, mol	$n(SO_4^{2-})$, mol	$N(Al^{3+})$	$N(SO_4^{2-})$
					$6{,}02 \cdot 10^{23}$

9. Milyen anyagmennyiségű metán (CH_4) tartalmaz annyi atomot, mint: a) 1 mol P_2O_3; b) 0,3 mol HNO_3; c) 2,5 mol CO?
10. Milyen anyagmennyiségű konyhasó (NaCl) tartalmaz annyi iont, mint: a) 0,2 mol CaO; b) 2 mol Li_2O; c) 0,4 mol Na_2S?
11. Nevezzétek meg az elemek anyagmennyiségeinek arányát az alábbi képletekkel jelölt anyagokban: CaO, MgF_2, HNO_3, $Fe(OH)_3$, $Al_2(SO_4)_3$. (Szóbelileg.)
12. Jellemezzétek a kémiai reakciókat, felhasználva a „mol" fogalmát:
    a) $S + 2Cl_2 = SCl_4$; b) $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$.

2 A móltömeg

E fejezet anyaga segít nektek:

- megérteni a „móltömeg" fizikai mennyiségének a lényegét;
- kiszámítani az egyszerű és összetett anyagok móltömegeinek értékeit;
- feladatokat megoldani a móltömeg felhasználásával.

Móltömeg. Az anyagmenniséggel kapcsolatos fontos mennyiség a móltömeg vagy moláris tömeg. Ezt a mennyiséget számos számításnál használják – a kémiai kísérlet előkészítése során, a technológiai folyamatok beindításakor a gyárakban, a kémiai reakciók vizsgálati eredményeinek feldolgozásakor.

A móltömeg 1 mol anyag tömege.

A móltömeget az M latin betűvel jelöljük. Dimenziója: *g/mol.*

A móltömeg számbelileg megegyezik a relatív atom-, molekula- vagy képlettömeggel.

Ahhoz, hogy felírjuk bármilyen anyag móltömegét (moláris tömegét), elegendő feltüntetni a relatív atom-, molekula- vagy képlettömegét és hozzáadni a dimenzióját (g/mol). Az elemek relatív atomtömegét megtaláljuk a Mengyelejev periódusos rendszerében, a relatív molekula- és képlettömegeket megtanultátok kiszámítani a 7. osztályban.

Az egyszerű és összetett anyagok móltömegei felírásának példái:

$M(\mathrm{C}) = 12$ g/mol;
$M(\mathrm{Ne}) = 20$ g/mol;

$M(O_2) = 32$ g/mol;

(a relatív molekulatömeg kiszámítása: $M_r(O_2) = 2A_r(O) = 2 \cdot 16 = 32$);

$M(NaCl) = 58{,}5$ g/mol;

(a relatív képlettömeg kiszámítása: $M_r(NaCl) = A_r(Na) + A_r(Cl) = 23 + 35{,}5 = 58{,}5$).

▶ Számítsátok ki és írjátok fel az ammónia (NH_3) és kréta ($CaCO_3$) móltömegeinek értékeit.

Mivel a „mol" fogalmát nemcsak az anyagoknál alkalmazzák, hanem a részecskéknél (atomok, molekulák, ionok) is, ezért az utóbbiaknál is léteznek móltömegek. Figyelembe véve, hogy 1 mol hidrogénatom tömege egyenlő 1 g, 1 mol SO_4^{2-} – 32 g + 4 · 16 g = 96 g, felírhatjuk ezen részecskék móltömegének értékeit:

$M(H) = 1$ g/mol; $M(SO_4^{2-}) = 96$ g/mol.

▶ Írjátok fel a héliumatomok, a klórmolekulák, a K^+ és CO_3^{2-} ionok móltömegeinek értékeit.

Levezetjük azt a képletet, amely leírja a tömeg, az anyagmennyiség és a móltömeg kölcsönös kapcsolatát. Ha például 1 mol hidrogénatom tömege 1 g, akkor n mol ilyen atom akkora tömeg lesz, amely n-szer nagyobb, vagyis n g. Felírjuk a megfelelő matematikai kifejezést:

$$m(H) = n \cdot M(H) = n \text{ mol. } 1 \text{ g/mol} = n \text{ g.}$$

Az anyagmennyiség alapján az atomok, ionok, anyagok tömege kiszámításának általános képlete:

$$m = n \cdot M.$$

Ebből következik

$$n = \frac{m}{M}; \quad M = \frac{m}{n}.$$

$$n = \frac{m}{M}$$

$$M = \frac{m}{n}$$

Tehát *a móltömeg vagy moláris tömeg nem egyéb, mint a tömeg aránya az anyagmennyiséghez.*

Feladatok megoldása. Megvizsgálunk két olyan feladatmegoldási módszert, amelyekben szükség van a móltömeg alkalmazására. Az egyik

feltételezi az aránypárok összeállítását, a másik – a fent említett képletek alkalmazását.

1. FELADAT. Számítsuk ki a metán (CH_4) anyagmennyiségét, ha a vegyület tömege 6,4 g.

Adva van:

$m(CH_4) = 6{,}4$ g

$n(CH_4) - ?$

Megoldás

1. módszer

1. Kiszámítjuk a vegyület móltömegét:
$M(CH_4) = M(C) + 4M(H) = 12$ g/mol $+$
$+ 4 \cdot 1$ g/mol $= 16$ g/mol.
2. Meghatározzuk a metán anyagmennyiségét aránypár felállítása segítségével:

1 mol CH_4-nak a tömege 16 g,
x mol CH_4-é – 6,4 g;

$$\frac{1}{x} = \frac{16}{6{,}4};$$

$$x = n(CH_4) = \frac{1 \text{ mol} \cdot 6{,}4 \text{ g}}{16 \text{ g}} = 0{,}4 \text{ mol}.$$

2. módszer

Vegyük a fejezetben ismertetett egyik képletet:

$$n(CH_4) = \frac{m(CH_4)}{M(CH_4)} = \frac{6{,}4 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} = 0{,}4 \text{ mol}$$

Az eredmény: $n(CH_4) = 0{,}4$ mol.

2. FELADAT. Milyen tömegű vas felel meg 1,5 mol anyagmennyiségnek?

Adva van:

$n(Fe) = 1{,}5$ mola

$m(Fe) - ?$

Megoldás

1. módszer

A vas mint egyszerű anyag a vasnak mint elemnek az atomjaiból áll.

$M(Fe) = 56$ g/mol.

Kiszámítjuk a vas tömegét aránypár felállítása segítségével:

1 mol Fe tömege 56 g,
1,5 mol Fe-é – x g;

$$x = m(Fe) = \frac{1{,}5 \text{ mol} \cdot 56 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 84 \text{ g}.$$

2. módszer

Vegyük a fejezetben ismertetett képletet:

$$m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}) =$$
$$= 1{,}5 \text{ mol} \cdot 56 \text{ g/mol} = 84 \text{ g}.$$

***Az eredmény: m*(Fe) = 84 g.**

3. FELADAT. Számítsuk ki 10^{24} nátriumatom tömegét.

Adva van:

$N(\text{Na}) = 10^{24}$ atom

$m(\text{Na}) - ?$

Megoldás

1. módszer

Mivel $M(\text{Na}) = 23$ g/mol, 1 mol nátriumatom tömege 23g.

Figyelembe véve, hogy 1 mol elem $6{,}02 \cdot 10^{23}$ atomot tartalmaz, felállítjuk az aránypárt és megoldjuk azt:

$6{,}02 \cdot 10^{23}$ nátriumatom tömege 23 g,
10^{24} nátriumatomé – x g;

$$x = m(\text{Na}) = \frac{10^{24} \cdot 23 \text{ g}}{6{,}02 \cdot 10^{23}} = \frac{230 \text{ g}}{6{,}02} = 38{,}2 \text{ g}.$$

2. módszer

1. Kiszámítjuk a nátrium anyagmennyiségét:

$$n(\text{Na}) = \frac{N(\text{Na})}{N_A} = \frac{10^{24}}{6{,}02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} =$$
$$= \frac{10 \text{ mol}}{6{,}02} = 1{,}66 \text{ mol}.$$

2. Kiszámítjuk a nátriumatomok tömegét:

$$m(\text{Na}) = n(\text{Na}) \cdot M(\text{Na}) =$$
$$= 1{,}66 \text{ mol} \cdot 23 \text{ g/mol} = 38{,}2 \text{ g}.$$

***Az eredmény: m*(Na) = 38,2 g.**

ÖSSZEFOGLALÁS

A móltömeg (moláris tömeg) – 1 mol anyag tömege. A móltömeg számbelileg megegyezik a relatív atom-, molekula- vagy képlettömeggel.

A móltömeg a tömeg és az anyagmennyiség aránya.

?

13. Találjuk meg a megfeleléseket:
    1) $M_r(CO_2)$; a) 44 g;
    2) $m(CO_2)$; b) 44 g/mol;
    3) $M(CO_2)$; c) 44.
14. Számítsátok ki az alábbi képletekkel felírt anyagok móltömegeit: F_2, H_2O, SO_2, Li_2O, Mg_3N_2, H_2SO_4, $CaCO_3$. (Szóbelileg.)
15. Milyen a móltömegük az alábbi képletekkel felírt atomoknak és ionoknak: Cu, Ar, Br, Mg^{2+}, S^{2-}, OH^-, NO_3^-? (Szóbelileg.)
16. Valamely vegyület tömege 12,8 g, anyagmennyisége 0,2 mol. Számítsátok ki a vegyület móltömegét. (Szóbelileg.)
17. Számítsátok ki 0,25 mol magnézium-foszfid (Mg_3P_2) tömegét.
18. A szén-dioxid (CO_2)anyagmennyisége 2 mol, a kén-dioxidé (SO_2) 1,5 mol. Melyik vegyületnek nagyobb a tömege? (Szóbelileg.)
19. Számítsátok ki a víz egy molekulájának tömegét grammokban, a víz móltömege és az Avogadro-állandó alapján.
20. Milyen anyagmenniséget tartalmaz 24 g magnézium, 80 g bróm, 200 g kréta? (Szóbelileg.)
21. Melyik anyag tartalmazza a legnagyobb anyagmennyiséget, s melyik a legkisebbet: 10 g kalcium, 16 g oxigén vagy 8 g nátrium-hidrid (NaH)? (Szóbelileg.)
22. Hány molekulát és atomot tartalmaz 3,4 g ammónia (NH_3)?
23. Melyik anyag tartalmaz több molekulát és atomot: a) 1 g szén-dioxid (CO_2) vagy 1 g kén-dioxid (SO_2); b) 1 mol víz vagy 1 mol kénsav (H_2SO_4)?
24. A „Borzsomi" ásványvíz 1 litere 80 mg Ca^{2+} iont, 55 mg Mg^{2+} iont, 60 mg SO_4^{2-} iont tartalmaz. Melyik fajta ionból van a legtöbb és melyikből a legkevesebb ebben a vízben?

3 A móltérfogat. Avogadro törvénye

E fejezet anyaga segít nektek:

- megérteni a „móltérfogat" mint fizikai mennyiség lényegét;
- megérteni, miért tartalmaznak egyenlő térfogatú gázok egyenlő számú molekulát;

➢ feladatokat megoldani a móltérfogat alapján.

Móltérfogat. Az anyag mennyiségét nemcsak a tömegével jellemezhetjük, hanem térfogatával is. Ezért nem véletlen, hogy a móltömegen kívül létezik egy másik fizikai mennyiség is: a *móltérfogat* (*moláris térfogat*).

Móltérfogatnak nevezzük az anyag 1 moljának térfogatát.

A móltérfogat jelölése: V_M, mérése egységének dimenziója: cm^3/mol, l/mol.

A 7. osztályos fizikából ismerjük azt a képletet, amely összefogja az anyag tömegét (m), sűrűségét (ρ) és térfogatát (V):

$$m = \rho \cdot V.$$

Hasonló összefüggés létezik a móltömeg és móltérfogat között:

$$M = \rho \cdot V_M.$$

$M = \rho \cdot V_M$

Ebből a képletből egy másikat kaphatunk:

$$V_M = \frac{M}{\rho}.$$

$V_M = \frac{M}{\rho}$

E szerint a képlet szerint kiszámíthatjuk bármilyen anyag móltérfogatát. E célból ki kell számítanunk az anyag móltömegét és megtalálni a kézikönyvben a sűrűségét.

Minden szilárd és cseppfolyós anyagnak megvan a sajátos móltérfogata (például, az alumínium, konyhasó, víz és alkohol móltérfogatai megfelelően – 10, 27, 18 és 58 cm^3/mol).

Ezeknek az anyagoknak a móltérfogata és a sűrűsége alig függ a hőmérséklettől és a nyomástól.

A gázok hevítésre vagy a nyomás csökkenésekor lényegesen kitágulnak, hűtésre vagy a nyomás növelésekor összenyomódnak. Ennek az az oka, hogy a gázokban a molekulák közötti távolságok nagyon nagyok (a szilárd és cseppfolyós anyagokban a részecskék érintkeznek egymással).

A körülmények változásakor változik a gáz sűrűsége és a móltérfogata. Ezért e fizikai mennyiségek értékeinek feltüntetésekor okvetlen feltüntetik a megfelelő hőmérsékletet és nyomást is.

Normál körülmények (n. k.) – 0 °C; 101,3 kPa

A gázoknál n. k. között $V_M = 22{,}4$ l/mol

A tudósok kiderítették, hogy a különböző gázok móltérfogata azonos körülmények között azonos. Egyebek között 0 °C hőmérsékleten és 101,3 kPa (vagy 760 Hgmm) nyomáson a gázok móltérfogata 22,4 l/mol. A feltüntetett körülményeket *normál körülményeknek* (rövidítve – *n. k.*) nevezik.

1 mol tetszőleges gáz térfogata normál körülmények között 22,4 l.

Az anyag fizikai tulajdonságait jellemezve, feltüntetik annak halmazállapotát a szokásos körülmények között. Ebben az esetben legtöbbször annak a helyiségnek a körülményeit veszik figyelembe, amelyben az anyagot tanulmányozzák vagy alkalmazzák. Ez hozzávetőleg +20 °C és 760 Hgmm nyomás.

A térfogat (V), az anyagmennyiség (n) és a móltérfogat (V_M) kapcsolatát a következő képlet írja le (próbáljátok levezetni önállóan):

$$V = n \cdot V_M.$$

E képletből két másikat kaphatunk:

$$n = \frac{V}{V_M}; \quad V_M = \frac{V}{n}.$$

$$n = \frac{V}{V_M}$$

$$V_M = \frac{V}{n}$$

Tehát, *a móltérfogat a térfogat és az anyagmennyiség hányadosa.*

Avogadro törvénye. Már tudjuk, hogy 1 mol hidrogén, oxigén vagy szén-dioxid térfogata normál körülmények között 22,4 l és $6{,}02 \cdot 10^{23}$ molekulát tartalmaz. Azt a hipotézist, hogy a különböző gázok azonos térfogatai azonos számú molekulát tartalmaznak és amely a gázok közötti reakciók kutatási eredményeire támaszkodott, a XIX. sz. elején A. Avogadro állította fel. Mivel e hipotézis a továbbiakban kísérleti bizonyítást és elméleti megalapozást nyert, e hipotézis törvénnyé vált.

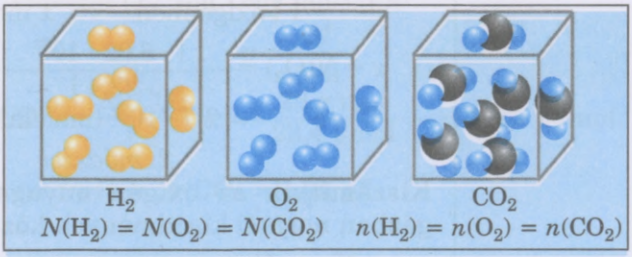
Avogadro törvényét így szövegezik meg:

a különböző gázok azonos térfogatai azonos hőmérsékleten és nyomáson azonos számú molekulát tartalmaznak[1].

Az Avogadro törvény fontos következménye pedig ez:

a különböző gázok azonos térfogatai azonos hőmérsékleten és nyomáson azonos anyagmennyiségeket tartalmaznak.

Az ismertetett anyagot összegzi a 3. ábra.



3. ábra Azonos számú molekula és anyagmennyiség a gázok azonos térfogataiban

Feladatok megoldása. Megoldunk néhány feladatot a gáz móltérfogatának segítségével.

1. FELADAT. Számítsuk ki 0,4 g hidrogén térfogatát normál körülmények között.

Adva van:

$m(H_2) = 0{,}4$ g

n. k.

$V(H_2)$ – ?

Megoldás

1. módszer

1. Kiszámítjuk a hidrogén anyagmennyiségét:

$$n(H_2) = \frac{m(H_2)}{M(H_2)} = \frac{0{,}4\text{ g}}{2\text{ g/mol}} = 0{,}2\text{ mol.}$$

2. Kiszámítjuk a hidrogén térfogatát aránypár felállítása segítségével:

1 mol H_2 (n. k.) térfogata 22,4 l,

0,2 mol H_2 — x l;

$x = V(H_2) = 0{,}2\text{ mol} \cdot 22{,}4\text{ l/mol} = 4{,}48\text{ l.}$

2. módszer

1. Kiszámítjuk a hidrogén anyagmennyiségét:

$$n(H_2) = \frac{m(H_2)}{M(H_2)} = \frac{0{,}4\text{ g}}{2\text{ g/mol}} = 0{,}2\text{ mol.}$$

[1] A nemesgázoknál – egyenlő számú atomot.

2. Kiszámítjuk a hidrogén térfogatát a megfelelő képlet szerint:

$V(H_2) = n(H_2) \cdot V_M = 0{,}2 \text{ mol} \cdot 22{,}4 \text{ l/mol} = 4{,}48 \text{ l}.$

Az eredmény: $V(H_2) = 4{,}48$ l.

2. FELADAT. Számítsátok ki a molekulák számát 1 l oxigénben normál körülmények között.

Adva van:

$V(O_2) = 1$ l

n. k.

$N(O_2)$ – ?

Megoldás

1. módszer

Kiszámítjuk az oxigénmolekulák számát 1 l gázban normál körülmények között:

22,4 l oxigénben $6{,}02 \cdot 10^{23}$ molekula van,

1 l oxigénben – x molekula;

$$x = N(O_2) = \frac{1 \text{ l} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}}{22{,}4 \text{ l}} = 0{,}27 \cdot 10^{23} =$$

$$= 2{,}7 \cdot 10^{22} \text{ (molekula)}.$$

2. módszer

Kiszámítjuk az oxigén anyagmennyiségét 1 l gázban normál körülmények között. E célból az

$n = \frac{N}{N_A} = \frac{V}{V_M}$ képletekből kifejezzük az N-t:

$$N = \frac{N_A \cdot V}{V_M}.$$

Elvégezzük a számításokat:

$$N(O_2) = \frac{6{,}02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \cdot 1 \text{ l}}{22{,}4 \text{ l/mol}} = 0{,}27 \cdot 10^{23} =$$

$$= 2{,}7 \cdot 10^{22} \text{ (molekula)}.$$

Az eredmény: $N(O_2) = 2{,}7 \cdot 10^{22}$ molekula.

Ezt a feladatot még egy más módszerrel is megoldhatjuk. A megfelelő képletek szerint először kiszámítjuk az oxigén anyagmennyiségét, majd a molekulák számát.

3. FELADAT. Számítsátok ki a szén-monoxid (CO) sűrűségét normál körülmények között.

Adva van:

CO

n. k.

$\rho(CO)$ – ?

Megoldás

1. módszer

1. Határozzuk meg a szén-monoxid móltömegét:

$M(CO) = 28$ g/mol.

2. Számítsuk ki a gáz sűrűségét normál körülmények között: 1 mol CO, vagyis 28 g térfogata n. k. között 22,4 l.

$$x \text{ g CO} - 1 \text{ l};$$

$$x = m(\text{CO}) = \frac{28 \text{ g} \cdot 1 \text{ l}}{22{,}4 \text{ l}} = 1{,}25 \text{ g}; \rho(\text{CO}) = 1{,}25 \text{ g/l}.$$

2. módszer

1. Meghatározzuk a szén-monoxid móltömegét:

$$M(\text{CO}) = 28 \text{ g/mol}.$$

2. Kiszámítjuk a szén-monoxid sűrűségét normál körülmények között, átalakítva az $M = \rho \cdot V_M$ képletet (17. old.) egy másikká:

$$\rho = \frac{M}{V_M};$$

$$\rho(\text{CO}) = \frac{M(\text{CO})}{V_M} = \frac{28 \text{ g/mol}}{22{,}4 \text{ l/mol}} = 1{,}25 \text{ g/mol}.$$

***Az eredmény:* ρ(CO) = 1,25 g/l.**

ÖSSZEFOGLALÁS

A móltérfogat 1 mol anyag térfogata. E fizikai mennyiség nem más, mint a térfogat és az anyagmennyiség hányadosa.

A szilárd és cseppfolyós anyagok móltérfogata különböző, a gázoké (egyazon a hőmérsékleten és nyomáson) azonos. Normál körülmények között (a hőmérséklet 0 °C és a nyomás 101,3 kPa, vagy 760 Hgmm) bármilyen gáz 1 moljának térfogata 22,4 l.

A különböző gázok azonos térfogatai azonos hőmérsékleten és nyomáson azonos számú molekulát tartalmaznak (Avogadro törvénye).

?

25. Mi az anyagok móltérfogata? Hogyan lehet e mennyiséget kiszámítani?
26. A nitrogén sűrűsége normál körülmények között 1,25 g/l. Számítsátok ki e gáz móltérfogatát ilyen körülmények között.
27. A gáz sűrűsége normál körülmények között 1,43 g/l. Mekkora a gáz molekulatömege?

28. Mennyi a térfogata[1]: a) 10 mol anyagmennyiségű hidrogénnek; b) 3,4 g tömegű kénhidrogénnek (H_2S); c) 0,28 g tömegű szén-monoxidnak (CO). (Szóbelileg.)
29. Az ember egy nap folyamán a levegővel együtt 500 l szén-dioxidot lélegez ki. Határozzátok meg ekkora térfogatú gáz tömegét.
30. Számítsátok ki a molekulatömegét annak a gáznak, amelynek 60 g tömege 44,8 l térfogatú. (Szóbelileg.)
31. Mi tartalmaz több molekulát: 1 l víz, 1 l oxigén vagy 1 l hidrogén? Válaszotokat indokoljátok meg.
32. Két azonos tömegű gáznak – hidrogénnek és metánnak (CH_4) milyen a térfogati aránya?

AZ ÉRDEKLŐDŐK SZÁMÁRA

A gázok térfogatának aránya a kémiai reakciókban

Avogadro törvénye szerint a gázok azonos térfogatai azonos számú molekulát tartalmaznak (azonos körülmények között). Ha az egyik gáz minden egyes molekulája reakcióba lép a másik gáz egy molekulájával, például a

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl, \quad (1)$$

reakció során, akkor az anyagok egyenlő térfogatainak kell kölcsönhatásba kerülni, mondjuk, 1 l H_2 és 1 l Cl_2. A vízképződés reakciójában

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O \quad (2)$$

egy térfogat oxigénre két térfogat hidrogénnek kell jutni, amely kölcsönhatásba lép vele. Csupán ezen körülmények között valósul meg az a feltétel, hogy a hidrogénmolekulák számának kétszer kell többnek lennie, mint az oxigénmolekulák számának, amint azt a kémiai egyenlet „megköveteli".

E következtetések összefoglalásaként jelenik meg a gázok térfogatarányainak törvénye, amelyet J. L. Gay-Lussac francia tudós fedezett fel 1808-ban:

a reakcióba lépő gázok térfogatai úgy aránylanak egymáshoz és a reakció gáznemű termékeinek térfogataihoz, mint a nem nagy egész számok.

Idővel a tudósok megállapították, hogy e számok a kémiai egyenletek megfelelő együtthatói.

Tehát, az (1) és (2) reakcióban a gázok térfogatát így jellemezhetjük:

$$V(H_2) : V(Cl_2) : V(HCl) = 1 : 1 : 2;$$
$$V(H_2) : V(O_2) = 2 : 1.$$

A Gay-Lussac törvényének alkalmazása lehetővé teszi a kémikusnak vagy vegyész-technológusnak meghatározni, milyen térfogatú gázokat kell felhasználni a reakciók megvalósításához.

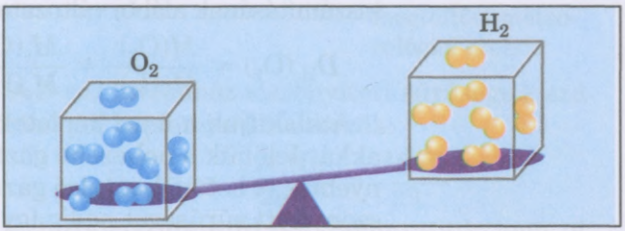
[1] Ebben és a fejezethoz tartozó következő feladatokban a gázok térfogata normál körülmények között értendő.

4 A gáz relatív sűrűsége

E fejezet anyaga segít nektek:

- tisztázni a gáz relatív sűrűségének lényegét;
- megérteni, hogyan lehet kiszámítani az egyik gáz relatív sűrűségét a másikhoz képest;
- feladatokat megoldani a gázok relatív sűrűségének felhasználásával.

A gáz relatív sűrűsége. A különböző gázok azonos térfogatai azonos számú molekulát tartalmaznak.[1] Azonban az azonos térfogatú gázok tömege, általában, különböző, mivel a különböző anyagok molekuláinak rendszerint különböző a tömegük. 1 cm^3 oxigén tömege 0,00143 g, az ugyanolyan térfogatú hidrogéné pedig – 0,0000893 g. Tehát, az oxigén nehezebb, mint a hidrogén (4. ábra). Hányszor?



4. ábra Egyenlő térfogatú gázok tömegének összehasonlítása

Elosztjuk 1 cm^3 oxigén tömegét 1 cm^3 hidrogén tömegével:

$$\frac{m(O_2)}{m(H_2)} = \frac{0{,}00143\ g}{0{,}0000893\ g} = 16.$$

A 16-os számot nevezik az oxigén hidrogénhez *viszonyított sűrűségének vagy relatív sűrűségnek*. E mennyiséget D betűvel jelöljük és így írjuk fel:

$$D_{H_2}(O_2) = 16.$$

Valamely gáz relatív sűrűsége egy másik gázhoz képest a gáz bizonyos tömegének aránya a másik gáz azonos térfogatú tömegéhez (amikor mindkettő hőmérséklete és nyomása azonos).

[1] Azonos körülmények között.

1 cm^3 anyag tömege szám szerint megegyezik a sűrűségével. Az oxigén és hidrogén sűrűsége (normál körülmények között) a következő:

$$\rho(O_2) = 0{,}00143\ g/cm^3,$$
$$\rho(H_2) = 0{,}0000893\ g/cm^3.$$

Érdekes tudni
Az összes gáz közül a legkönnyebb a hidrogén (H_2), a legnehezebb a Rn (radon)

Annak megállapításához, hogy az oxigén hányszor nehezebb a hidrogénnél, elegendő elosztani az oxigén sűrűségét a hidrogén sűrűségével:

$$D_{H_2}(O_2) = \frac{\rho(O_2)}{\rho(H_2)} = \frac{0{,}00143\ g/cm^3}{0{,}0000893\ g/cm^3} = 16.$$

Ebből a képletből érthetővé válik, miért nevezik a jelen fejezetben tárgyalt fizikai mennyiséget relatív sűrűségnek. A relatív sűsűségnek, ugyanúgy, mint a relatív atom-, molekula- vagy képlettömegnek, nincsen dimenziója.

Ha 22,4 l oxigént és hidrogént veszünk normál körülmények között, ezen anyagok tömege (grammokban) szám szerint megegyezik móltömegükkel vagy relatív molekulatömegükkel. Ebből következnek az oxigén hidrogénhez viszonyított sűrűsége kiszámításának alábbi változatai:

$$D_{H_2}(O_2) = \frac{M(O_2)}{M(H_2)} = \frac{M_r(O_2)}{M_r(H_2)} = \frac{32}{2} = 16.$$

Átalakítjuk a fenti képleteket általános alakúakká. Jelöljük a nehezebb gázt *B* betűvel, a könnyebbet *A* betűvel, az első gáznak másodikhoz viszonyított sűrűségét pedig így:

$$D_A(B) = \frac{m(B)}{m(A)} = \frac{\rho(B)}{\rho(A)} = \frac{M_r(B)}{M_r(A)} = \frac{M(B)}{M(A)}.$$

Jegyezzétek meg: a gázok tömegének arányát csak abban az esetben használhatjuk a relatív sűrűség kiszámításánál, ha $V(B) = V(A)$.

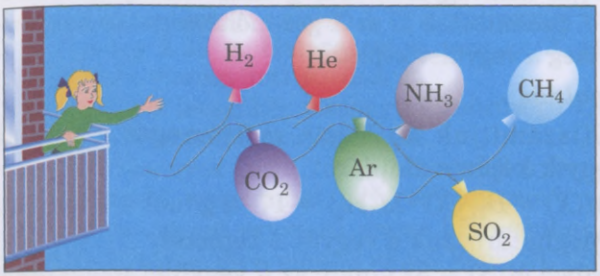
▶ Számítsuk ki a szén-dioxidnak a héliumhoz viszonyított sűrűségét.

A gázokat gyakran a levegővel hasonlítják össze. Bár a levegő bizonyos gázok elegye, feltételesen mégis olyan gáznak tekinthetjük, amelynek a relatív molekulatömege 29. E számot *a levegő átlagos relatív molekulatömegének* nevezzük. Ez a szám a 32 és 28 számok között található, amelyek

a levegő legfontosabb alkotórészei – az oxigén (O_2) és a nitrogén (N_2) relatív molekulatömegei.

▶ Bizonyítsátok be, hogy a hidrogén, a hélium és a metán könnyebb a levegőnél.

Eldönteni, hogy valamely gáz könnyebb-e vagy nehezebb a levegőnél, nagyon egyszerű. Elegendő megtölteni vele egy léggömböt és elengedni (5., 6. ábra).



5. ábra
A különböző gázokkal megtöltött léggömbök mozgása a levegőben



6. ábra
Héliummal megtöltött meteorológiai szonda

A B gáz levegőhöz viszonyított sűrűsége kiszámításának képletei a következők:

$$D_{lev.}(B) = \frac{M_r(B)}{29} = \frac{M(B)}{29}.$$

Feladatok megoldása. Bemutatjuk, hogy oldunk meg feladatokat a fejezet anyagának felhasználásával.

1. FELADAT. Számítsátok ki a szén-dioxidnak a hidrogénhez és levegőhöz viszonyított sűrűségét.

Adva van:

CO_2

$D_{H_2}(CO_2) - ?$

$D_{lev.}(CO_2) - ?$

Megoldás:

Kiszámítjuk a szén-dioxidnak a hidrogénhez és levegőhöz viszonyított sűrűségét.

$$D_{H_2}(CO_2) = \frac{M(CO_2)}{M(H_2)} = \frac{44\ g/mol}{2\ g/mol} = 22;$$

$$D_{lev.}(CO_2) = \frac{M(CO_2)}{M(lev.)} = \frac{44\ g/mol}{29\ g/mol} = 1{,}52.$$

Az eredmény: $D_{H_2}(CO_2) = 22$, $D_{lev.}(CO_2) = 1{,}52$.

A kapott eredmény alapján a szén-dioxid 1,52-szor nehezebb a levegőnél. Ez azt is jelenti, hogy a levegő ugyanannyiszor könnyebb a szén-dioxidnál.

Ha az ismeretlen *B* gáznak meg van határozva az A gázra viszonyított sűrűsége, akkor ki lehet számítani a *B* gáz móltömegét és relatív molekulatömegét a fenti képletekből származtatott összefüggések segítségével:

$$M(B) = D_A(B) \cdot M(A); \quad M_r(B) = D_A(B) \cdot M_r(A).$$

2. FELADAT. Egy *X* gáz (kénvegyület) hidrogénhez viszonyított sűrűsége 17. Számítsátok ki az *X* gáz móltömegét és határozzátok meg a vegyület képletét.

Adva van:

$D_{H_2}(X) = 17$

$M(X) - ?$

$X - ?$

Megoldás

1. Kiszámítjuk az *X* gáz móltömegét a fejezet egyik képlete alapján:

$M(X) = D_{H_2}(X) \cdot M(H_2) = 17 \cdot 2 \text{ g/mol} = 34 \text{ g/mol}.$

2. Meghatározzuk a vegyület képletét.

Mivel $M(S) = 32$ g/mol, az *X* vegyület molekulája egy kénatomot tartalmaz. (Ha két vagy több atomja volna, a vegyület móltömege meghaladná a $2 \cdot 32$ g/mol = 64 g/molt.) A másik elemre a vegyület móltömegében $34 - 32 = 2$ (g/mol) jut. Nyilvánvaló, hogy ez az elem a hidrogén ($M(H) = 1$ g/mol) és atomjainak száma a vegyületben kettő. A vegyület képlete tehát: H_2S.

Az eredmény: $M(X) = 34$ g/mol; a vegyület képlete: H_2S.

ÖSSZEFOGLALÁS

Bármilyen gáznak egy másik gázhoz viszonyított sűrűsége az első gáz bizonyos térfogata tömegének és a második gáz ugyanolyan térfogatú tömegének aránya (azonos hőmérsékleten és nyomáson). A gáz relatív sűrűsége megmutatja, hányszor nehezebb az adott gáz egy másiknál.

Az összehasonlítandó gáz szerepét gyakran a levegő tölti be, amely 29 relatív molekulatömeggel rendelkező gáznak tekintendő. A gáz relatív sűrűsége alapján ki lehet számítani a móltömegét.

?

33. Hasonlítsátok össze a „relatív sűrűség" és a „sűrűség" fizikai mennyiségeket.
34. A gáz relatív sűrűsége esetében miért nem tüntetik fel a nyomást és a hőmérsékletet?
35. Határozzátok meg a levegő sűrűségét normál körülmények között.
36. Számítsátok ki a hidrogénhez viszonyított sűrűségét az alábbi képletekkel jelölt gázoknak: He, Ne, CH_4, NH_3, N_2, CO, SiH_4, SO_2. (Szóbelileg.)
37. Nevezzetek meg két gázt, amelyek nehezebbek a levegőnél.
38. 2 l *X* gáz tömege egyenlő 3,75 g-mal, az ugyanolyan térfogatú *Y* gáz tömege 2,32 g. Határozzátok meg az *X* gáz sűrűségét és az *Y* gázhoz viszonyított sűrűségét.
39. Az *A* gáz levegőhöz viszonyított sűrűsége 1,59. Határozzátok meg e gáz relatív molekulatömegét.
40. Egy bizonyos gáz 1,7-szer könnyebb a levegőnél. Nehezebb vagy könnyebb a metánnál (CH_4) és hányszor?
41. Egy gáznemű egyszerű anyag hidrogénhez viszonyított sűrűsége 24. Határozzátok meg az anyag képletét. (Szóbelileg)
42. Egy bizonyos gáz 1 litere normál körülmények között 1,96 g tömegű. Milyen e gáznak a nitrogénhez viszonyított sűrűsége?

AZ ÉRDEKLŐDŐK SZÁMÁRA

A levegő átlagos relatív molekulatömegéről

Miért van az, hogy a levegő átlagos relatív molekulatömege 29, nem pedig 30 – ami az oxigén és a nitrogén relatív molekulatömegének (32 és 28) számtani középarányosa? Azért, mert a levegő nem azonos mennyiségét tartalmazza ezeknek a gázoknak: az oxigén térfogatszázaléka 21, a nitrogéné pedig 78.

Számítsuk ki a levegő átlagos móltömegét, amely szám szerint megegyezik az átlagos relatív molekulatömeggel.

Tételezzük fel, hogy a levegő csupán oxigénből és nitrogénből áll. Vegyük e gázok térfogatrészeinek (φ) megközelítő értékeit a levegőben: $\varphi(O_2) = 0{,}2$; $\varphi(N_2) = 0{,}8$.

A gázok anyagmennyiségei arányosak térfogatukkal vagy térfogatrészeikkel: $n(O_2) : n(N_2) = \varphi(O_2) : \varphi(N_2)$.

Kiszámítjuk a levegő azon mennyiségének tömegét, amelyben a gázok anyagmennyiségeinek összege $n(O_2) + n(N_2) = 1$ mol;

$n(O_2) = 0{,}2 \cdot 1 = 0{,}2$ (mol); $n(N_2) = 0{,}8 \cdot 1 = 0{,}8$ (mol);

$m(\text{lev.}) = n(O_2) \cdot M(O_2) + n(N_2) \cdot M(N_2) =$

$= 0{,}2 \text{ mol} \cdot 32 \text{ g/mol} + 0{,}8 \text{ mol} \cdot 28 \text{ g/mol} = 28{,}8 \text{ g} \approx 29 \text{ g}.$

Ebből következik $M(\text{lev.}) = 29$ g/mol; $M_r(\text{lev.}) = 29$.

2. rész

A szervetlen vegyületek alapvető csoportjai

A 7. osztályos kémiából tudjuk, hogy az összes anyagokat szerves (a szén vegyületei) és szervetlen anyagokra (a többi elem vegyületei, s azonkívül az egyszerû anyagok) osztjuk.

A vegytannak azt az ágazatát, mely a szervetlen anyagokat tanulmányozza, szervetlen *kémiának nevezik.*

Több százezer szervetlen anyagot ismerünk. Hogy tájékozódhassunk ezek sokféleségében, a tudósok ezeket az anyagokat *csoportokra* osztották.

Ebben a fejezetben a szervetlen vegyületeknek a következõ alapvetõ csoportjait tárgyaljuk:

- oxidok $\mathbf{E}_m\mathbf{O}_n$ (Li_2O, SO_3, ...);
- bázisok $\boldsymbol{M(OH)_n}$ (KOH, $Ba(OH)_2$, ...);
- savak $\mathbf{H}_n\boldsymbol{A}$, $\mathbf{H}_m\boldsymbol{EO}_n$ (HCl, H_2SO_4, ...);
- sók $\boldsymbol{M}_m\boldsymbol{A}_n$, $\boldsymbol{M}_m(\boldsymbol{EO}_n)_p$ (NaCl, $CaCO_3$, ...).

Emlékezzetek rá, hogy az *E* betű a vegyelem általános jelölése. Az *M* betűvel a vegyületek általános képleteiben a fémes elemet jelöjük, az *A* betűvel pedig a nemfémes elemet (mely a D. I. Mengyelejev periódusos rendszere VI. vagy VII. csoportjába tartozhat).

Mindegyik csoport anyagai összetételük tekintetében hasonlók, de a bázisok, savak és a sók azonkívül még tulajdonságaik és szerkezetük tekintetében is.

5 Az oxidok

E fejezet anyaga segít nektek:

- megérteni az oxidok összetételét és szerkezetét;
- összeállítani az oxidok képleteit és elnevezéseiket.

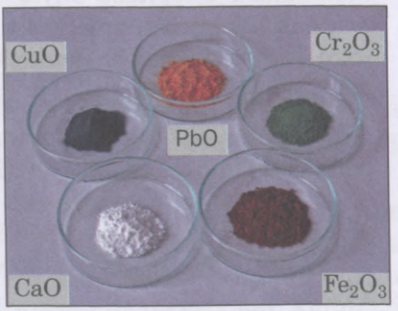
Bolygónkon van egy anyag, amelynek minden élőlény létezését köszönhetjük. Ennek az anyagnak számos dalt, verset, mesét szenteltek, vele kapcsolatos sok népi szokás. Biztosan kitaláltátok, hogy ez az anyag nem más, mint a víz. Ez az anyag oltja a szomjúságot, leveszi a fáradtságot, örömöt és energiát kölcsönöz. Sokáig nézhetjük, hogyan folyik a patak, „háborog" a tenger, gyönyörködhetünk a szivárványban[1] (7. ábra). A kémia szemszögéből a víz összetett anyag, amelynek kémiai képlete H_2O és az oxidokhoz tartozik.



7. ábra
Szivárvány a vízesés fölött

Az *oxid* két kémiai elemből álló vegyület, amelyek közül az egyik az oxigén.

Oxidokat majdnem minden elem képez (8. ábra). Az oxidok általános képlete: E_mO_n.





8. ábra
Egyes oxidok

[1] A szivárvány úgy keletkezik, hogy a vízcseppekben megtörnek a napsugarak.

Érdekes tudni
A vegyészeknek eddig nem sikerült a hélium, neon és argon oxidjait és más vegyületeit előállítani.

A fémes elemek oxidjainak zöme ionos vegyület. Így, a Na_2O, CaO, Al_2O_3 képletű oxidok megfelelően Na^+, Ca^{2+} vagy Al^{3+} ionokat tartalmaznak, s azonkívül O^{2-} ionokat. A pozitív töltésű ionokat *kationok*nak, a negatív töltésűeket pedig *anionok*nak nevezzük.

A nemfémes elemek oxidjainak leggyakrabban molekuláris szerkezetük van (például, a víz H_2O, a széndioxid CO_2), néha azonban atomos a szerkezetük (kvarc SiO_2).

Oxidok
E_mO_n

Az oxidok képletei. Az oxidok mennyiségi összetétele sokféle. Ezt az elemek vegyértéke határozza meg. Az állandó vegyértékű elemeknek egy oxidja van. Az egyvegyértékű lítium Li_2O képletű oxidot alkot, a kétvegyértékű kalcium oxidja a CaO, a háromvegyértékű bór oxidja a B_2O_3. Ha az elemnek változó a vegyértéke, akkor több oxidot alkot. Például a réznek az oxidjai Cu_2O és CuO, a krómnak CrO, Cr_2O_3 és CrO_3.

A kémiai elemet E szimbólummal jelölve, felsoroljuk az összes ismert oxid általános képletét:

$$E_2O,\ EO,\ E_2O_3,\ EO_2,\ E_2O_5,\ EO_3,\ E_2O_7,\ EO_4.$$

Érdekes tudni
A legtöbb oxidot a nitrogén alkotja:
N_2O, NO, N_2O_3, NO_2, N_2O_4, N_2O_5.

▶ Milyen vegyértékű az E elem e vegyületekben?

A 7. osztályban megtanultátok a két elemből álló vegyületek képleteit összeállítani. Emlékezzünk rá, hogyan kell ezt elvégezni. Állítsuk össze egy molekuláris felépítésű anyagnak, az olyan kénoxidnak a képletét, amelyben a kén négyvegyértékű. Először felírjuk az elemek vegyjeleit és felettük feltüntetjük vegyértéküket: $\overset{IV}{S}\ \overset{II}{O}$.

Kikeressük azt a legkisebb számot, amely maradék nélkül osztható a 4 és 2 vegyértékekkel. Ez a szám a 4. Az utóbbit osztjuk 4-gyel és 2-vel és megkapjuk a vegyület képletében a megfelelő indexeket:

$$\overset{IV}{S}_{4/4}\overset{II}{O}_{4/2} \Rightarrow SO_2.$$

Ahhoz, hogy összeállítsuk a képletét az ionos oxidnak, ismerni kell a fémes elem ionjának töltését (ennek értéke egybeesik az elem vegyértékével). Az oxigénion töltése mindig 2.

Emlékezzünk arra, hogy mindegyik vegyület elektromosan semleges, vagyis az összes ion töltésének összege nullával egyenlő.

Összeállítjuk egy ionos vegyület, a lítium-oxid képletét. A lítium – egyvegyértékű fémes elem, amely Li^+-iont alkot. Felírjuk a lítium és az oxigén ionjait: Li^+ O^{2-}. Kikeressük azt a legkisebb számot, amelyik maradék nélkül osztható az ionok töltéseinek értékeivel, 1-gyel és 2-vel. Ez a szám a 2 lesz. Elosztva e számot 1-gyel és 2-vel, megkapjuk az indexeket a vegyület képletében:

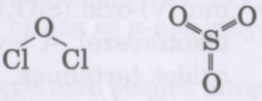
$$Li_{2/1}O_{2/2} \Rightarrow Li_2O.$$

Érdekes tudni
Az I. csoport elemei, a réz és az arany legmagasabb oxidjai – CuO és Au_2O_3.

Ismeritek a szabályt: az elem legnagyobb vegyértéke egybeesik a periódusos rendszer azon csoportszámával, amelyikben elhelyezkedik. Azt az oxidot, amelyikben az elem ilyen vegyértékű, a legmagasabb oxidnak nevezzük.

A molekuláris szerkezetű anyagoknál, többek között az oxidoknál is, a kémiai képleteken kívül, használnak még szerkezeti képleteket is.

A 7. osztályban már felírtátok néhány anyagnak a képletét. Megemlítjük, hogy a szerkezeti képletekben az atomokat vonalkákkal kötik össze:



▶ Írjátok fel a szilícium, a foszfor és a kén legmagasabb oxidjainak kémiai képletét.

A vonalkák száma minden egyes atomnál egyenlő a vegyértékével az adott vegyületben. Tudni kell, hogy az oxidok molekuláiban azonos atomok nem kapcsolódnak egymáshoz.

▶ Állítsátok össze a víz és a szén-dioxid szerkezeti képleteit.

Az oxidok elnevezése. Az oxid kémiai elnevezése az elem nevéből és az "oxid" szóból áll, amelyeket kötőjellel kapcsolunk össze:

Li_2O – lítium-oxid,
CaO – kalcium-oxid,
B_2O_3 – bór-oxid.

Ha az elem több oxidot alkot, akkor az elem elnevezése után a vegyértékét zárójelbe foglalt római számmal jelöljük:

FeO – vas(II)-oxid,
Fe_2O_3 – vas(III)-oxid,
SO_2 – kén(IV)-oxid,
SO_3 – kén(VI)-oxid.

▶ Nevezzétek meg a ZnO, CO_2, Mn_2O_3, P_2O_5 képletű oxidokat. Vegyétek figyelembe, hogy a cinknek állandó vegyértéke van, a szénnek, a mangánnak és a foszfornak változó a vegyértéke.

Érdekes tudni
A víz esetében a „hidrogén-oxid" kémiai elnevezést nem használják.

Egyes oxidoknak, a kémiai elnevezéseiken kívül, vannak még hagyományos (triviális) elnevezéseik is. Ilyenek a CaO, CO_2 és SO_2 esetében megfelelően az „oltatlan mész", „szénsavgáz" elnevezés.

Elterjedésük a természetben. Oxidokat bolygónk három burkának mindegyike tartalmaz: az atmoszféra, a hidroszféra és a litoszféra.

A legelterjedtebb oxid az atmoszférában és a hidroszférában a víz, a litoszférában pedig a szilícium(IV)-oxid (SiO_2) (a kvarc nevű ásvány, a homok alkotórésze). A levegő kevés mennyiségű szén-dioxidot tartalmaz. A legtöbb oxid a litoszférában van. Ezek az oxidok a kőzetek, talajok, ásványok összetételében fordulnak elő (9. ábra).

9. ábra
Ásványok kristályai


Kvarc SiO_2


Kasszíterit vagy ónkő
SnO_2


Kuprit Cu_2O

ÖSSZEFOGLALÁS

Az oxid két kémiai elemből álló vegyület, amelyek közül az egyik az oxigén. Az oxidok általános képlete: E_mO_n.

A fémes elemek oxidjainak zöme ionokból áll, a nemfémes elemek oxidjai – molekulákból.

Az oxidoknak kémiai elnevezésük van, némelyiküknek azonkívül még triviális elnevezésük is. Az oxid kémiai elnevezése az elem nevéből és az „oxid" szóból áll, amelyeket kötőjellel kapcsolunk össze. A természetben számos oxid található. Közülük legelterjedtebbek a víz és a szilícium(IV)-oxid.

?

43. Milyen vegyületeket nevezünk oxidoknak?
44. Állítsátok össze azon oxidok képleteit, amelyek K^+, Ba^{2+}, La^{3+} ionokat tartalmaznak.
45. Állítsátok össze az arzén oxidjainak (az elem 3 és 5 vegyértékű lehet) és a szelén oxidjainak (vegyértékei 4 és 6) képleteit.
46. Írjátok fel azon vegyületek képleteit, amelyek elnevezései a következők: nitrogén(IV)-oxid; b) titán(III)-oxid; c) berillium-oxid; vanádium(V)-oxid.
47. Állítsátok össze az SO_2 és B_2O_3 oxidok molekuláinak szerkezeti képleteit.
48. Bármilyen oxid összetétele megfelelhet az EO_m vagy E_2O_n általános képlet egyikének. Az m-nek és n-nek milyen értékei lehetségesek e képletekben?
49. Nevezzétek meg a változó vegyértékű elemek következő oxidjainak képleteit: PbO_2, Re_2O_7, MoO_3, OsO_4.
50. Számítsátok ki az elemek tömegrészét a kén(IV)-oxidban és a kén(VI)-oxidban.
51. Az osztály tanulói az óra 45 perce alatt a levegővel együtt 1,1 kg szén-dioxidot lehelnek ki. Milyen térfogatot foglal el e gázmennyiség normál körülmények között?
52. Milyen anyagmennyiségű ionokat tartalmaz 1 mol LiO_2, CaO, Al_2O_3? (Szóbelileg.)
53. Számítsátok ki a tömegét: a) 2 mol titán(IV)-oxidnak; b) 10^{23} molekulát tartalmazó nitrogén(II)-oxidnak. (Szóbelileg.)
54. Milyen tömegű alumínium-oxid tartalmaz annyi iont, mint amennyi molekulát tartalmaz 11 g szén(IV)-oxid?

6 A bázisok

E fejezet anyaga segít nektek:

- megérteni, mik azok a bázisok;
- összeállítani a bázisok képleteit és elnevezéseiket;
- meghatározni azokat az oxidokat, amelyek bizonyos bázisoknak felelnek meg.

A mész egyike azon vegyületeknek, amely az emberiség számára régen ismert. A mész és víz keverékét gyakran használják napjainkban is az építészetben. Ilyen keverékkel kenik be a fák törzsét és ágait, ezáltal védve őket a kártevőktől, télen pedig a nap okozta károsodástól. A mész (pontosabban az oltott mész) a bázisok csoportjába tartozik.

Minden bázist három elem alkot. Közülük két elem nélkülözhetetlen – az oxigén és a hidrogén, harmadikként valamely fémes elem szerepel.

A bázis fémes elemek kationjaiból M^{n+} és az OH^- hidroxid-anionokból tevődik össze.

Az OH^- ion elnevezés a hidrogén és oxigén elemek elnevezéseitől származik. Hogy miért van –1 töltése, az a következőképp magyarázható. Képzeljük el, hogy az OH^- ion a H^+ és az O^{2-} ionok összekapcsolódásának eredményeképpen jön létre, ezért összeadjuk ezen részecskék töltéseit: $+1 - 2 = -1$.

Bázisok $M(OH)_n$

A bázisok képlete. Vezessük le e csoport vegyületeinek általános kémiai képletét. Már tudjátok, hogy bármely anyag elektromosan semleges. Ezért a bázisban minden +n töltéssel rendelkező fémes ionra n mennyiségű OH^- ion jut. Tehát a bázisok általános képlete – $M(OH)_n$.

A bázisok kémiai képletének példái: $NaOH$, $Mg(OH)_2$, $Bi(OH)_3$.

▶ Írjátok fel azon bázisok képleteit, amelyek a lítium és a bárium vegyületei. Vegyétek figyelembe, hogy a fémes elem töltésének értéke megegyezik a vegyértékével.

Érdekes tudni
AgOH és $Hg(OH)_2$ bázisok nincsenek.

A bázisok ionvegyületek. Ezért szerkezeti képleteiket nem használjuk.

A bázisok elnevezése. A bázisok elnevezése két szóból áll, amelyeket kötőjellel kapcsolunk össze. Az első szó az elem elnevezése, a második szó: „hidroxid". Például a NaOH képletű vegyületet „nátrium-hidroxid"-nak, az $Mg(OH)_2$ bázist „magnézium-hidroxid"-nak nevezzük.

Ha az elem vegyértéke változó, az elnevezésben feltüntetjük értékét (zárójelbe foglalt római számmal) az elem elnevezése után: $Fe(OH)_2$ – vas(II)-hidroxid.

▶ Nevezzétek meg a KOH, $Cr(OH)_2$ képletekkel jelölt bázisokat.

Az $M(OH)n$ általános képletű vegyületek között vannak olyanok is, amelyek nem tartoznak a bázisokhoz, mivel kémiai tulajdonságaikban különböznek tőlük. Ezek elnevezése: amfoter hidroxidok. Ezeket a vegyületeket a 13. fejezetben tárgyaljuk.

Bázis ⇔ bázisképző oxid. Minden bázisnak van megfelelő oxidja:

$NaOH - Na_2O$; $Mn(OH)_2 - MnO$.

A fémes elem ionjának töltése a bázisban ugyanaz, mint az oxidban.

▶ Írjátok fel annak az oxidnak a képletét, amelyikből a $Bi(OH)_3$ bázis származik.

Az olyan oxidokat, melyek bázisoknak felelnek meg, *bázisképző oxidok*nak nevezzük. Az oxidoktól eltérően a természetben bázisok nincsenek.

ÖSSZEFOGLALÁS

A bázisok olyan vegyületek, amelyek a fémes elemek kationjait M^{n+} és az OH^- hidroxid-anionokat tartalmazzák. A bázisok általános

képlete $M(OH)_n$. A bázisok kémiai elnevezése a fémes elem elnevezéséből és a „hidroxid" szóból tevődik össze, amelyeket kötőjellel kapcsolunk egymáshoz. Minden bázisnak megfelel egy bizonyos oxid, amelyet bázisképző oxidnak nevezünk. A fémes elem ionjának töltése e vegyületekben azonos.

?

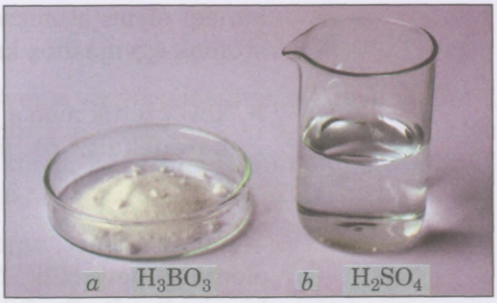
55. Milyen vegyületeket nevezünk bázisnak? Írjátok fel a kétvegyértékű fémes elemek által alkotott bázisok általános képletét.
56. Állítsátok össze a cézium-hidroxid és a titán(III)-hidroxid képletét.
57. Írjátok fel azon oxidok képleteit, amelyek megfelelnek a következő képletű bázisoknak: KOH, $V(OH)_2$, $La(OH)_3$.
58. Az 1 mol anyagmennyiségű NaOH, $Fe(OH)_2$, $Bi(OH)_3$ vegyületek milyen anyagmennyiségű ionokat tartalmaznak? (Szóbelileg.)
59. Melyik bázis tartalmaz több iont: a 3 mol anyagmennyiségű bárium-hidroxid vagy a 4 mol anyagmennyiségű kálium-hidroxid? A feleletet indokoljátok meg.
60. Számítsátok ki 0,2 mol lítium-oxid tömegét. (Szóbelileg.)

7 A savak

E fejezet anyaga segít nektek:

megérteni, mik azok a savak;
összeállítani a savak képleteit és elnevezéseit;
osztályozni a savakat bizonyos sajátosságaik alapján;
meghatározni azokat az oxidokat, amelyek bizonyos savaknak felelnek meg.

Valaki, elolvasva a fejezet címét, felidézi a citrom vagy narancs ízét. Valóban, ezeket az ízeket olyan vegyületek okozzák, melyeket savaknak nevezünk. (10. ábra).



10. ábra
Savak:
a – ortobórsav;
b – kénsav

A sav olyan vegyület, mely egy vagy több olyan hidrogénatomot tartalmaz, amelyeket a kémiai reakciók során fémes elemek atomjai helyettesíthetnek.

A savak összetétele. Minden egyes savnak molekuláris szerkezete van. Két általános képletük van: H_nE és H_mEO_n. Az első képletnek megfelelő összetételű savak száma nem nagy. E savakat a periódusos rendszer VI. és VII. csoportjaiba tartozó nemfémes elemek alkotják.

A savak kémiai képleteinek példái:

HCl, H_2S, HNO_3, H_2SO_4, H_3PO_4.

Savak
H_nE
H_mEO_n

Az említett savak molekuláiban a hidrogénatomok helyettesítése esetében, például, nátriumatomokkal a következő képletekkel jelölhető vegyületek[1] keletkeznek:

$NaCl$, Na_2S, $NaNO_3$, Na_2SO_4, Na_3PO_4.

A savmolekula azon részét, amely a hidrogénatomhoz (atomokhoz) kapcsolódik, *savmaradéknak* nevezzük. A HCl képletű sav savmaradéka a klóratom, a H_2SO_4 savnak a savmaradéka az SO_4 atomcsoport.

A hidrogénatomok száma a sav molekulájában meghatározza a savmaradék vegyértékét. Például, a Cl savmaradék egyvegyértékű (a HCl molekula egy hidrogénatomot tartalmaz), az SO_4 savmaradék kétvegyértékű (a H_2SO_4 molekulájában két hidrogénatom van). Tehát, a „vegyérték" fogalmát nemcsak az atomoknál alkalmazzuk,

[1] E vegyületek általános elnevezése sók.

hanem olyan atomcsoportoknál is, melyekben az atomok egymáshoz kapcsolódnak.

▶ Nevezzétek meg a HBr, H_2S, H_3PO_4 savak savmaradékait, és állapítsátok meg vegyértéküket.

Azt az elemet, amely a savat alkotja, savképző elemnek nevezzük. Megmutatjuk, hogyan lehet kiszámítani vegyértékét a H_mEO_n összetételű savakban. Példának a H_2SO_4 képletű vegyületet vesszük. A hidrogén és az oxigén vegyjelei fölött feltüntetjük ezen elemek vegyértékét:

$$\overset{\text{I}\quad\text{II}}{H_2SO_4}.$$

A 4 oxigénatom vegyértékegységeinek száma egyenlő $2 \cdot 4 = 8$, a 2 hidrogénatomé pedig – $1 \cdot 2 = 2$. A kénatom vegyértéke egyenlő az első és a második szám különbségével, azaz $8 - 2 = 6$:

$$\overset{\text{I}\quad\text{VI}\quad\text{II}}{H_2SO_4}.$$

▶ Határozzátok meg a foszfor vegyértékét a H_3PO_4 képletű savban.

Mivel a savak molekuláris vegyületek, számukra a szerkezeti képleteket alkalmazzák. Összeállítani ilyen képleteket a H_nE általános képletű savak molekulái esetében nagyon egyszerű. Bemutatjuk, hogyan kell ezt csinálni az olyan savmolekulák esetében, amelyek három elem atomjait tartalmazzák, s azonkívül megszerkesztjük a savmaradékok szerkezeti képleteit.

GYAKORLAT. **Állítsátok össze a H_2SO_4 sav molekulájának és savmaradékának szerkezeti képletét.**

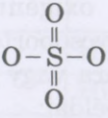
Megoldás.

1. m ó d s z e r

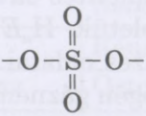
Az előbbiekben megállapítottuk, hogy a kén elem a H_2SO_4 savban hatvegyértékű. Elhelyezünk a savképző atom körül 6 vonalkát:



Minden vonalkának (amelyek a vegyérték egységei) ugyanakkor a 4 kétvegyértékű oxigénatomhoz is tartozniuk kell. Elhelyezzük az oxigénatomokat a kénatom körül. Két oxigénatomnak „kiutalunk" két-két vonalkát, a másik kettőnek csupán egy-egy jut:

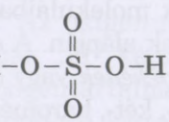


A kénatom minden egyes vegyértékét felhasználtuk, de a baloldali és jobboldali oxigénatomoknál hiányzik egy-egy vonalka (az oxigén kétvegyértékű). Felírjuk e vonalkákat és megkapjuk az SO_4 savmaradék szerkezeti képletét:



Ebből a képletből láthatjuk, hogy a savmaradék kétvegyértékű.

Balról és jobbról egy-egy hidrogénatomot írunk be, és megkapjuk a H_2SO_4 sav szerkezeti képletét:



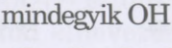
2. m ó d s z e r

Felírjuk a vegyület kémiai képletét, kijelölve benne az OH atomcsoportokat (hidroxil-csoportokat):

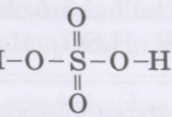
$$H_2SO_4 \Rightarrow SO_2(OH)_2.$$

A hidroxil-csoport egyvegyértékű: –O–H.

Összekapcsoljuk vonalkával mindegyik OH csoportot a kénatommal:



Mivel a kénatom hatvegyértékű, körülötte elhelyezünk még négy vonalkát, és mindkét vonalkapárhoz beírunk egy-egy oxigénatomot:



▶ Állítsátok össze a H_3PO_4 sav molekulájának és savmaradékának szerkezeti képletét.

A savak osztályozása. A savak különböznek egymástól. Több csoportra oszthatók. Mindegyik csoportba olyan savak tartoznak, amelyek bizonyos sajátságaikban hasonlóak.

Vannak oxigénmentes és oxigéntartalmú savak. E savcsoportok elnevezései utalnak az oxigén hiányára vagy jelenlétére. Mindkét csoport savjainak példái:

$\underbrace{HCl\ H_2S}$	$\underbrace{HNO_3\ H_2SO_4\ H_3PO_4}$
oxigénmentes	oxigéntartalmú

Érdekes tudni
A hidrogéncianid-sav oxigénmentes sav, amelyet három elem alkot. Ez a sav erős méreg.

Oxigénmentes sav csupán néhány van. Általános képletük: H_nE. Ezek nem tiszta anyagok, hanem vizes oldatai bizonyos nemfémes elemek és a hidrogén gáznemű vegyületeinek:

HF, HCl, HBr, HI, H_2S.

Oxigéntartalmú sav sokkal több van. Általános képletük H_mEO_n. A savak osztályozása egy másik sajátosságuk alapján is történhet, mégpedig a vegyületek molekuláiban található hidrogénatomok számának alapján. A savak megfelelő jellemzését *a savak értékének* vagy *bázisosságá*nak nevezik. Vannak egy-, két-, háromértékű (vagy bázisú) savak, sőt magasabb bázisossággal rendelkező savak is. A savak megfelelő csoportjainak példái:

$\underbrace{HCl\ \ HNO_3}$	$\underbrace{H_2S\ \ H_2SO_4}$	$\underbrace{H_3AsO_3\ \ H_3PO_4}$
egyértékű v. egybázisú	kétértékű v. kétbázisú	háromértékű v. hárombázisú

Kémiai aktivitásuk alapján a savakat erős és gyenge savakra osztjuk. Az erős savak, a gyengéktől eltérően, aktívan kölcsönhatnak számos anyaggal. Ismeretes azonban néhány közepes erősségű sav is. A különböző aktivitású savak példái:

$\underbrace{HCl\ \ HNO_3\ \ H_2SO_4}$	$\underbrace{HF\ \ H_2SO_3\ \ H_3PO_4}$	$\underbrace{H_2S\ \ H_2CO_3\ \ H_2SiO_3}$
erősek	közepes erősségűek	gyengék

Elnevezések. A savaknak kémiai és triviális (köznyelvi) elnevezéseik vannak. A legfontosabb savak képleteit és elnevezéseit az 1. táblázat foglalja össze.

A legfontosabb savak *1. táblázat*

Képlet	Elnevezés	
	kémiai	Triviális (köznyelvi)
HF	Fluoridsav	Hidrogén-fluorid-sav, folsav
HCl	Kloridsav	Hidrogén-klorid-sav, sósav[1]
H_2S	Szulfidsav	Hidrogén-szulfid-sav, kénhidrogénsav
HNO_3	Nitrátsav	Salétromsav
H_2CO_3	Karbonátsav	Szénsav
H_2SiO_3	Metaszilikátsav	Kovasav
H_2SO_3	Szulfitsav	Kénessav
H_2SO_4	Szulfátsav	Kénsav
H_3PO_4	Ortofoszfátsav	Ortofoszforsav

A savak kémiai elnevezése rendszerint egy olyan összetett szó, amelynek második része „sav". Az első szó gyökere a savképző kémiai elem latin elnevezésétől származik (kloridsav – a klór vegyülete). Az oxigénmentes savak elnevezése első szavának „id" képzője van (H_2S – szulfidsav). Az oxigéntartalmú savak esetében az első szónak különböző képzője lehet. Ha a savképző elem vegyértéke a vegyületben a legmagasabb, akkor az „át" képzőt használják ($H_2\overset{VI}{S}O_4$ – szulfátsav), ha pedig a vegyérték alacsonyabb – az „it" képzőt ($H_2\overset{IV}{S}O_3$ – szulfitsav). A H_2SiO_3 és H_3PO_4 savak kémiai elnevezéseiben megtalálhatjuk a „meta" és „orto" előképzőket is (1. táblázat).

A legtöbb sav triviális elnevezése az egyszerű anyagoktól vagy az elemek hidrogénvegyületeitől származik.

Sav ⇔ savképző oxid. Minden egyes oxigéntartalmú savnak megvan a megfelelő oxidja. Ezt

[1] A savat sósavnak nevezték el, mivel régebben a NaCl sóból állították elő.

az oxidot savképző oxidnak nevezzük. Ebben a vegyületben a savképző elemnek ugyanolyan a vegyértéke, mint a savban.

$$\overset{\text{I VI II}}{H_2SO_4} - \overset{\text{VI II}}{SO_3} \qquad \overset{\text{I III II}}{H_3AsO_3} - \overset{\text{III II}}{As_2O_3}$$

▶ Írjátok fel azt a savképző oxidot, amelyik megfelel a H_3PO_4 savnak.

Előfordulás a természetben. Bolygónkon számos sav található. Szénsav keletkezik a szén-dioxid (CO_2) gáznak a vízben való feloldódása eredményeképpen. A vulkánkitörések során az atmoszférába kénhidrogén (H_2S) és kén-dioxid (SO_2) kerül. Az első vegyület a vízben oldódva szulfidsavat (kénhidrogénsavat), a másik, vízzel reagálva, szulfitsavat (kénessavat) képez.

A növény- és állatvilág gazdag savakban, amelyek szerves vegyületek. Citromsavat, almasavat, sóskasavat egyes gyümölcsök, bogyók, zöldségek tartalmaznak (11. ábra), hangyasavat a hangyák (ezért csípésük jelentős), a méhek mérge, a csalán. Amikor megsavanyodik a tej és a bor, megfelelően tejsav és ecetsav keletkezik. Tejsavat tartalmaz azonkívül a savanyított káposzta, a siló elnevezésű állati takarmány; e sav felgyülemlik az izmokban munka közben.

A gyomorsav szervetlen savat, kloridsavat (sósavat) tartalmaz.



11. ábra
A szerves savak természetes forrásai

ÖSSZEFOGLALÁS

A sav olyan vegyület, melynek molekulája egy vagy több olyan hidrogénatomot tartalmaz, amelyeket a reakciók során fémes elem atomjai helyettesíthetnek. A savaknak kétféle általános képletük van: H_nE és H_mEO_n. A savmolekulák azon részét, amelyik hidrogénatommal (atomokkal) van összekapcsolva, savmaradéknak nevezzük. Minden sav molekuláris felépítésű.

Léteznek oxigénmentes és oxigéntartalmú savak. A molekulában található hidrogénatomok száma szerint megkülönböztetnek egyértékű (egybázisú), kétértékű (kétbázisú), háromértékű (hárombázisú) savakat, kémiai aktivitásuk alapján pedig erős és gyenge savakat. Minden egyes oxigéntartalmú savnak megfelel egy bizonyos oxid, amelyet savképző oxidnak nevezünk. Az oxidban és a megfelelő savban a savképző elem vegyértéke azonos.

A savaknak vannak kémiai és triviális elnevezésük. A savak igen elterjedtek a természetben.

?

61. Határozzátok meg, mi a sav. Mi a savmaradék?
62. Írjátok fel a H_2Te, HNO_2 és H_3AsO_4 savak savmaradékainak képletét és határozzátok meg vegyértéküket.
63. Milyen sajátságaik alapján osztályozzuk a savakat? Írjátok be a $HClO_3$, HBr, H_2TeO_3, HF, HNO_2, H_2Se, H_3AsO_4 savak képletét a táblázat megfelelő oszlopába:

Savak				
oxigéntartalmú	oxigénmentes	egyértékű	kétértékű	háromértékű

64. Határozzátok meg a savképző elemek vegyértékét a HClO, HPO_3, H_2TeO_4 savakban és írjátok fel e savaknak megfelelő oxidok képletét.
65. Találjátok meg a megfelelő kapcsolatot:

A sav képlete	A sav elnevezése
1) H_2SeO_3;	a) szelenidsav;
2) H_2Se;	b) szelenátsav;
3) H_2SeO_4;	c) szelenitsav.

66. Állítsátok össze a HI, HClO, H_2TeO_3 savak és savmaradékaik szerkezeti képleteit.
67. Milyen anyagmennyiségű elemeket tartalmaznak a következő, 0,5 mol anyagmennyiségű savak: HNO_3, H_2SO_4? (Szóbelileg.)
68. Számítsátok ki a 6,2 g tömegű bórsav H_3BO_3 anyagmennyiségét. (Szóbelileg.)

69. Számítsátok ki az elemek tömegrészét a kénsavban (szulfátsavban).

70. Van két oxigéntartalmú sav, amelyek molekulatömege azonos és egyenlő: 98 g/mol. Nevezzétek meg e savakat és írjátok fel képletüket.

8 A sók

A fejezet anyaga segít nektek:

megérteni, mik azok a sók;
megalkotni a sók képleteit és elnevezéseit.

A sók osztályába tartozik az a vegyület, amelyet mi naponta használunk az ételeinkben. Ez a konyhasó (NaCl). Már tudjátok, hogy ez a só Na^+ és Cl^- ionokból tevődik össze.

A só olyan vegyület, amelynek összetételében a fémes elemek kationjai és a savmaradék anionjai vannak.

A savmaradék ionjának negatív töltése van; e töltés értéke egybeesik a savmaradék vegyértékével.

Sav	HCl
	I
Savmaradék	Cl
A savmaradék anionja	Cl^-

Sók
M_mA_n
$M_m(EO_n)_p$

A sók képletei. A sóknak, mint a savaknak, két általános képletük van: M_mA_n és $M_m(EO_n)_p$. Az első képletnek azok a sók felelnek meg, amelyek oxigénmentes savak savmaradékainak ionjait tartalmazzák, a második képletnek pedig olyan sók, amelyek anionjai oxigéntartalmú savakból származnak. A sók képleteinek példái: LiF, CaS, $NaNO_3$, $Al_2(SO_4)_3$. Ahhoz, hogy összeállítsuk a só képletét, ismerni kell kation- és aniontöltéseit és figyelembe kell vennünk azt, hogy bármilyen vegyület elektromosan semleges. Az

ionok töltésének kiderítése céljából felhasználhatjuk a 2. borítólapon elhelyezett táblázatot (az úgynevezett oldhatósági táblázatot).

Felállítjuk annak a sónak a képletét, amely Ba^{2+} kationt és PO_4^{3-} aniont tartalmaz. A só összetételébe olyan ionok tartoznak, amelyek töltései különbözőek: 2 és 3. A legkisebb szám, amelyik maradék nélkül osztható 2-vel és 3-mal, a 6-os. Ez utóbbit osztjuk a kationtöltések értékeivel (6 : 2 = 3) és az aniontöltések értékeivel (6 : 3 = 2). Megkapjuk az említett ionok számát, illetve a megfelelő indexeket a só kémiai képletében: $Ba_{6/2}(PO_4)_{6/3} \Rightarrow Ba_3(PO_4)_2$.

A sóknál, akárcsak a többi ionvegyületeknél, a szerkezeti képleteket nem használják.

A sók elnevezése. Minden sónak megvan a kémiai elnevezése, de egyes sóknak ezenkívül van még triviális elnevezése is (2. táblázat). A só kémiai elnevezése két szóból áll, amelyeket kötőjellel kapcsolunk össze. Az első szó a fémes elem elnevezése, a második a megfelelő sav kémiai elnevezéséből származik. Ha az elemnek változó vegyértéke van, akkor a vegyértéket feltüntetjük az elem neve után (2. táblázat, 12. ábra).

2. táblázat

Egyes sók képletei és elnevezései

Képlet		A sav kémiai elnevezése	A só elnevezése	
só	megfelelő sav		kémiai	triviális
KNO_3	HNO_3	nitrátsav	kálium-nitrát	kálisalétrom
K_2CO_3	H_2CO_3	karbonátsav	kálium-karbonát	hamuzsír
CaF_2	HF	fluoridsav	kalcium-fluorid	fluorit, folypát (ásvány)
$FeCl_2$	HCl	kloridsav	vas(II)-klorid	–
$Fe_2(SO_4)_3$	H_2SO_4	szulfátsav	vas(III)-szulfát	–



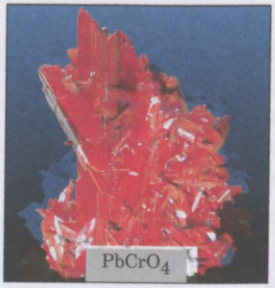
12. ábra
Sók:
a – kálium-kromát;
b – réz(II)-szulfát;
c – mangán(II)-szulfát;
d – nikkel(II)-szulfát;
e – kobalt(II)-klorid

▶ Határozzátok meg a következő képletű sók kémiai elnevezését: KF, $MgCO_3$, $Ba_3(PO_4)_2$, $CrCl_3$.

Vannak sók, amelyeket csupán nemfémes elemek alkotnak. Összetételükben megtalálható az NH_4^+ ammónium-kation. Az ilyen vegyületek képletei és elnevezéseik:
NH_4Cl – ammónium-klorid;
$(NH_4)_2SO_4$ – ammónium-szulfát;
NH_4NO_3 – ammónium-nitrát.
A két utóbbi vegyületet nitrogéntartalmú műtrágyaként alkalmazzák.
Az ammóniumsók az NH_4OH bázistól származnak (11.).

13. ábra
Egyes természetes sók kristályai

Elterjedésük a természetben. A földkéreg összetételében számos só található (13. ábra). Többségük szilikát. Közöttük drágakövek is találhatók: a világoskék topáz (alumínium-szilikát), a sárgás cirkon (cirkónium-szilikát), a









14. ábra
A kalcium-karbonát az élő természetben

színtelen fenakit (berillium-szilikát) és mások. Számos lelőhelye van a nátriumkloridnak (NaCl, konyhasó), a kálium-kloridnak (KCl), a kalcium-karbonátnak ($CaCO_3$, kréta, mészkő, márvány). Az utóbbi vegyület a teknősök, korallok, a tojáshéj felépítésének alapját képezi (14. ábra). A ZnS, Cu_2S, PbS szulfidok azok az ércek, melyekből a megfelelő fémeket előállítják.

Különböző sók vannak feloldott állapotban a hidroszférában. A tengervíz főleg nátrium-kloridot és magnézium-kloridot tartalmaz, az édesvizek főleg kalcium- és magnéziumsókat (főleg karbonátokat és szulfátokat).

ÖSSZEFOGLALÁS

A só olyan ionvegyület, amelynek összetételét valamely fémes elem kationjai és a savmaradék anionjai alkotják. A sók általános képletei: M_mA_n és $M_m(EO_n)_p$.

Minden sónak van kémiai elnevezése, egyes sóknak pedig ezenkívül még triviális elnevezésük is.

A sók nagyon elterjedtek a természetben.

?

71. Milyen vegyületeket nevezünk sóknak? Összetételük szerint miben hasonlítanak a sók a bázisokhoz és miben különböznek tőlük?
72. Állítsátok össze azon sók képleteit, amelyek a következő ionokból állnak: Na^+, Mg^{2+}, NO_3^-, CO_3^{2-}.
73. Helyezzétek a táblázat megfelelő kockájába az alábbi sókat képező ionok képleteit: $Al(NO_3)_3$, $MgBr_2$, K_3PO_4, Na_2S:

kationok		anionok			
egytöltésűek	többtöltésűek	egyszerűek		összetettek	
		egytöltésűek	többtöltésűek	egytöltésűek	többtöltésűek

74. Nevezzétek meg az alábbi képletekkel jelölt sókat: NaBr, Al_2S_3, Li_2SO_4, $CaSO_3$.
75. Állítsátok össze a képletét a cézium-jodidnak, alumínium-fluoridnak, króm(III)-szulfátnak, lítium-ortofoszfátnak.
76. Egyforma vagy különböző anyagmennyiségű anionokat tartalmaz 20 g $CaCO_3$ és 20 g $CaBr_2$? (Szóbelileg.)
77. Vegyelemzés segítségével megállapították, hogy a nátrium-szulfát egy bizonyos mennyisége 0,5 mol SO_4^{2-}-iont tartalmaz. Milyen anyagmennyiségű és milyen tömegű nátriumot tartalmaz a vegyület ekkora adagja? (Szóbelileg.)
78. Mi tartalmaz legnagyobb számú iont: 1 mol alumínium-szulfát, 2 mol vas(III)-nitrát, 3 mol bárium-klorid vagy 4 mol lítium-fluorid?
79. Kísérletek céljára azonos tömegű anyagokat vettek: vas(III)-ortofoszfátot, nátrium-kloridot és kalcium-karbonátot. Hasonlítsátok össze az ionok összmennyiségét az adott sók egyforma tömegű adagjában és válasszátok ki a helyes feleletet:

a) a legtöbb ion a vas(III)-ortofoszfát adagjában van; b) a legtöbb ion a nátrium-klorid adagjában van; c) a legtöbb ion a kalcium-karbonát adagjában van; d) a sók adagjaiban azonos mennyiségű ion van.

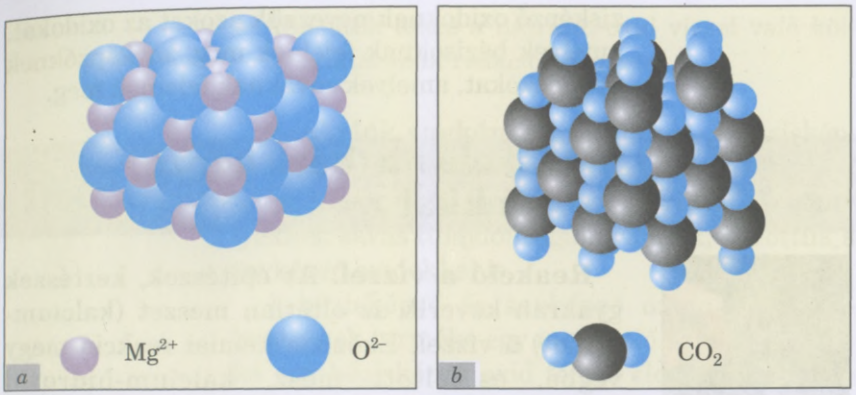
9 Az oxidok tulajdonságai és alkalmazásuk

E fejezet anyaga segít nektek:

- megérteni, hogyan függnek az oxidok tulajdonságai a szerkezetüktől;
- elsajátítani a bázisképző és savképző oxidok kémiai tulajdonságait;
- megérteni, mi is az a cserebomlási reakció;
- elképzelni az oxidok felhasználásának területeit.

Az oxidok tulajdonságai, mint más anyagokéi is, függnek belső felépítésüktől, azaz attól, milyen részecskékből állnak – atomokból, molekulákból vagy ionokból.

Az oxidok fizikai tulajdonságai. Az ionos oxidokban (15. *a* ábra) az ellentétes töltésű ionok erősen vonzzák egymást. Ezért ezek az oxidok közönséges körülmények között szilárd anyagok, amelyek magas hőmérsékleten olvadnak (3. táblázat). Az



15. ábra Szerkezeti modellek: *a* – magnézium-oxid; *b* – szén(IV)-oxid szilárd állapotban

ionos oxidok zöme nem oldódik a vizben, mások reagálnak a vízzel.

A molekuláris felépítésű oxidokban (15. *b* ábra) a részecskék (molekulák) közötti vonzóerő nagyon gyenge. Ezért olvadáspontjuk (3. táblázat) és forráspontjuk nem magas, és halmazállapotuk közönséges körülmények között különböző. Sokan ezek közül illó anyagok, oldódnak a vízben (számos oxid esetében az oldódás során vegyi reakciók mennek végbe), egyeseknek szaga van.

Az atomos szerkezetű oxidok magas olvadásponttal (3. táblázat) és forrásponttal rendelkező szilárd anyagok. Ezek nem oldódnak a vízben.

3. táblázat

Egyes oxidok szerkezete és olvadáspontja

Kémiai képlet	Az oxid szerkezete	Olvadáspont, °C
CaO	ionos	2630
Li_2O		1453
H_2O	molekuláris	0
SO_2		−75
SiO_2	atomos	1610

Az oxidok kémiai tulajdonságai. Az oxidok készsége más anyagokkal kölcsönhatásba lépni szerkezeti típusuktól függ. Megvizsgáljuk különkülön azokat a reakciókat, amelyekbe a bázisképző és a savképző oxidok lépnek. Tudjátok, hogy bá-

zisképző oxidoknak nevezzük azokat az oxidokat, amelyek bázisoknak felelnek meg, savképzőknek pedig azokat, amelyek savaknak felelnek meg.

Reakciók a bázisképző oxidokkal



16. ábra
A mész oltása

Érdekes tudni
A CaO és P_2O_5 oxidokat gázok szárítására használják.

Reakció a vízzel. Az építészek, kertészek gyakran keverik az oltatlan meszet (kalcium-oxidot) a vízzel. Eközben kémiai reakció megy végbe, és oltott mész, kalcium-hidroxid $Ca(OH)_2$ keletkezik. E folyamatot a mész oltásának (16.ábra) nevezzük:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2.$$

A bázisképző oxidok közül hasonló reakcióba csupán az alkálifémek (Li, Na, K, Rb, Cs) és az alkáliföldfémek (Mg, Ca, Sr, Ba) lépnek; eközben bázisok képződnek. Az oxidok reakciói a vízzel az egyesülési reakciók körébe tartoznak. Az oxid vízzel való reakciója termékének képletét levezetni a következő módszerrel lehet. Először fel kell sorolni a reagensek képleteiben található összes atomot, azután elhelyezni egy bizonyos sorrendben. Elsőnek a fémes elem vegyjelét írjuk fel, azután az oxigént, majd a hidrogént. Ha az összeállított képletben az indexek páros számok, 2-vel osztjuk őket. Ezt a kettest együtthatóként tüntetjük fel a kémiai egyenletben:

$$Li_2O + H_2O = [Li_2O_2H_2]^1 = 2LiOH.$$
lítium-hidroxid

Az atomok egyforma indexei esetén az indexszámot kihozzuk a zárójel mögé:

$$BaO + H_2O = [BaO_2H_2] = Ba(OH)_2.$$
bárium-hidroxid

A bázis képletét felírhatjuk még abból is kiindulva, hogy a fémes elem töltése ugyanaz benne, mint az oxidban:

$$Ba^{2+}, OH^- \Rightarrow Ba(OH)_2.$$

[1] A kisegítő bejegyzéseket szögletes zárójelbe tesszük.

▶ Állítsátok össze a nátrium-oxid vízzel való kölcsönhatásának reakcióegyenletét.

Reakciók savképző oxidokkal. A bázisképző oxidok kölcsönhatásba lépnek ellentétes vegyi jellegű vegyületekkel, azaz olyanokkal, amelyeknek savas tulajdonságaik vannak, közöttük a savképző oxidokkal is.

A bázisképző és savképző oxidok kölcsönhatásának terméke egy megfelelő só. Ez a vegyület egy bázisképző oxid fémes elemének kationjaiból és egy savképző oxidból származó savmaradék anionjaiból tevődik össze. A só képletében először a kationt írják fel, majd az aniont.

A bázisképző és savképző oxidok közötti reakciók egyenleteinek példái:

$CaO + SO_3 = CaSO_4$;
(Ca^{2+} kationokat tartalmaz) (H_2SO_4 savnak felel meg) (Ca^{2+} és SO_4^{2-} ionokat tartalmaz)

$Li_2O + N_2O_5 = 2LiNO_3$.
(Li^+ kationokat tartalmaz) (HNO_3 savnak felel meg) (Li^+ és NO_3^- ionokat tartalmaz)

▶ Állítsátok össze a kalcium-oxid és a nitrogén(V)-oxid között végbemenő reakció egyenletét.

Reakciók savakkal. A bázisképző oxidok nemcsak savképző oxidokkal, hanem savakkal is reagálnak. Az ilyen reakció terméke valamely só és a víz:

$CaO + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O$;
kalcium-szulfát

$Li_2O + 2HNO_3 = 2LiNO_3 + H_2O$.
lítium-nitrát

Ha a reakció során a vegyületek kicserélik alkotórészeiket, az *cserebomlási reakció*.

1. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

A réz(II)-oxid reakciója a sósavval

Szórjatok a kémcsőbe egy kevés réz(II)-oxid port. Milyen színű e vegyület? Öntsetek hozzá 1–2 ml sósavat. Mit tapasztalunk? (A kémcső tartalmát megmelegíthetjük, de ne forraljuk.)

Állítsuk össze a megfelelő kémiai egyenletet.

Reakciók a savképző oxidokkal

Reakció a vízzel. Majdnem minden savképző oxid reagál a vízzel (kivétel a SiO_2-oxid). Eközben oxigéntartalmú savak keletkeznek:

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4.$$

kénsav (szulfátsav)

A savak képleteit – a savképző oxidok vízzel való reakciói termékeinek képleteit – ugyanúgy állítják össze, mint a bázisok képleteit, felsorolva a reagensek képleteiben előforduló minden egyes atomot. Az első helyen a sav képletében a hidrogénatomokat írjuk fel, a második helyen a savképző elem atomjait, az utolsó helyen pedig az oxigénatomokat:

$$N_2O_5 + H_2O = [H_2N_2O_6] = 2HNO_3.$$

salétromsav (nitrátsav)



17. ábra
A foszfor(V)-oxid kölcsönhatása a vízzel

A tanárok gyakran bemutatják tanulóiknak, hogyan reagál a vízzel a foszfor(V)-oxid. E reakció során olyan mennyiségű hő fejlődik, hogy a víz egy része gyorsan elpárolog (17. ábra). Ha a víz mennyisége jóval meghaladja az oxid mennyiségét, akkor a reakció a következő egyenlet szerint zajlik le:

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4.$$

ortofoszforsav

A bázisképző és savképző oxidok vízzel való kölcsönhatása termékeit az oxidok hidrátjainak vagy röviden hidroxidoknak nevezzük. Megjegyezzük, hogy a hidroxil-csoportok (az OH

atomcsoportok) nem csupán a bázisok ($NaOH$, $Ca(OH)_2$ s mások) képleteiben vannak jelen, hanem az oxigéntartalmú savak képleteiben is. Például, a H_2SO_4 képletét így is felírhatjuk: $SO_2(OH)_2$.

▶ Írjátok fel azon hidroxidok képleteit, amelyeknek megfelelnek a K_2O és SeO_2 oxidok.

Reakciók bázisképző oxidokkal. A savképző oxidok reagálnak az ellentétes vegyi jellegű vegyületekkel – a bázisképző oxidokkal és a bázisokkal.

A savképző és bázisképző oxidok egymás közötti kölcsönhatásáról már esett szó. Még egy hasonló reakciót írunk fel a P_2O_5 savképző oxid részvételével:

$$P_2O_5 + 3CaO = \underset{\text{kalcium-ortofoszfát}}{Ca_3(Po_4)_2}.$$

Reakciók bázisokkal. A savképző oxidok reagálnak a bázisokkal, miközben só és víz keletkezik:

$$CO_2 + 2NaOH = \underset{\text{nátrium-karbonát}}{Na_2CO_3} + H_2O;$$

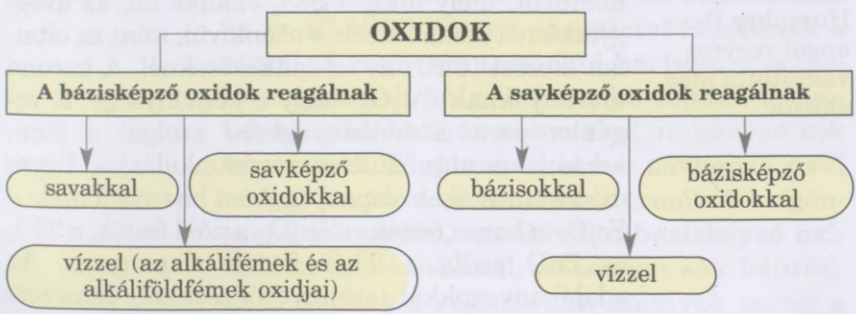
$$N_2O_5 + Ba(OH)_2 = \underset{\text{bárium-nitrát}}{Ba(NO_3)_2} + H_2O.$$

A só attól a savtól származik, amelyik megfelel az adott savképző oxidnak.

▶ Állítsátok össze a foszfor(V)-oxid és a nátrium-hidroxid reakciójának egyenletét.

Az ismertetett anyagot az 1. séma foglalja össze.

1. séma
Az oxidok legfontosabb kémiai tulajdonságai



Az oxidok bomlási reakciói. Egyes oxidok bizonyos körülmények között egyszerű anyagokra bomlanak:

$$2HgO \xrightarrow{t} 2Hg + O_2\uparrow;$$

$$2H_2O \xrightarrow{\text{el. áram}} 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$$

vagy más oxidokra és oxigénre:

$$2SO_3 \xrightarrow{t} 2SO_2 + O_2.$$

Figyeljük meg az utolsó reakciót: az elem vegyértéke a keletkezett oxidban alacsonyabb, mint a kiinduló oxidban.

Az oxidok reakciói az egyszerű anyagokkal. Számos fémes elem oxidja magas hőmérsékleten kölcsönhatásba lép a hidrogénnel, szénnel, aktív fémekkel. Az ilyen fajtájú kémiai átalakulások végtermékei legtöbb esetben a fémek s más oxidok:

$$CuO + H_2 \xrightarrow{t} Cu + H_2O;$$

$$2Fe_2O_3 + 3C \xrightarrow{t} 4Fe + 3CO_2\uparrow.$$

Ilyen reakciókat alkalmaznak a vaskohászatban és a színesfémkohászatban.

Egyes oxidok reagálnak az oxigénnel:

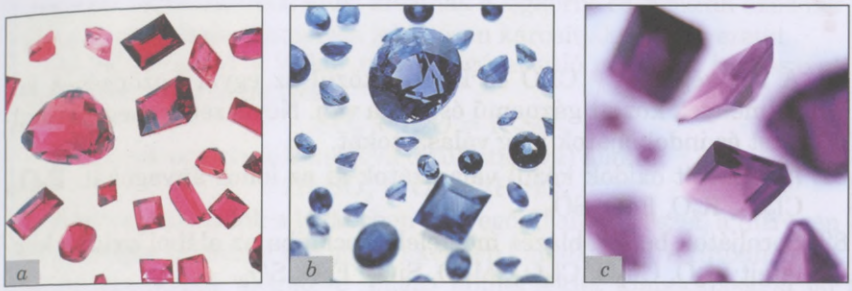
$$2NO + O_2 = 2NO_2.$$

Az oxidok alkalmazása. Mintegy háromszáz oxidot ismerünk. Jelentős számukat alkalmazzák a gyakorlatban. A vasércekből (melyek vasoxidokat tartalmaznak) állítják elő a vasat. A kvarc (SiO_2) a kvarcüveg gyártásának nyersanyaga.

Ez az üveg, a közönséges üvegtől eltérően, átengedi az ultraibolya sugarakat (a kvarcégő alatt ugyanúgy lebarnulhatunk, mint a napon). A homokot, mely főleg a SiO_2 oxidból áll, az üveggyártásnál alkalmazzák, s azonkívül, mint az oltatlan meszet (CaO) is, az építkezéseknél. A korund kristályoknak (Al_2O_3) nagy a keménysége. E vegyület pora csiszolóanyagként szolgál a fém-, kerámia- és más felületek megmunkálására. Egyes oxidokat festékek alapanyagaként hasznosítanak: a Fe_2O_3 a barna festék, a Cr_2O_3 a zöld festék, a TiO_2 és ZnO pedig a fehér festék alapanyaga. Az adalékanyagokkal (szennyeződésekkel) színezett

Érdekes tudni
A víz felbontását elektromos áram segítségével majdnem 200 évvel ezelőtt Humphry Davy angol vegyész valósította meg először.

természetes és mesterséges alumínium- és szilíciumoxidok kristályait ékszerek gyártására használják. A kristályokat először kivágják, a kellő formára csiszolják (18. ábra) és gyűrűkbe, fülbevalókba stb. foglalják.



18. ábra
Drágakövek:
a – rubin (Cr_2O_3-mal szennyezett Al_2O_3);
b – zafír (vasoxiddal és titánoxiddal szennyezett Al_2O_3);
c – ametiszt (vasoxidokkal szennyezett SiO_2)

ÖSSZEFOGLALÁS

Az ionos felépítésű oxidok szilárd anyagok. Rendszerint vízben nem oldódnak, az olvadáspontjuk magas. A molekuláris felépítésű oxidok halmazállapota különböző, nem magas az olvadáspontjuk és a forráspontjuk. E vegyületek zöme oldódik a vízben, egyesek közülük illékonyak, szaguk van.

A bázisképző oxidok közül az alkálifémek és az alkáliföldfémek vegyületei reagálnak a vízzel. E reakciók termékei bázisok. A bázisképző oxidok kölcsönhatásba lépnek a savképző oxidokkal és a savakkal, miközben sók képződnek. Majdnem minden savképző oxid reagál a vízzel (a reakciók termékei oxigéntartalmú savak), azonkívül a bázisképző oxidokkal és bázisokkal, miközben sók képződnek. Azokat a reakciókat, amelyek során a

vegyületek felcserélik alkotórészeiket, cserebomlási reakcióknak nevezik. Számos oxidot széleskörűen alkalmaznak különböző ágazatokban.

?

80. A két vegyület – Cl_2O és Li_2O – közül az egyik közönséges körülmények között gáznemű és szaga van. Nevezzétek meg e vegyületet és indokoljátok meg válaszotokat.
81. A felsorolt oxidok közül válasszátok ki az ionos anyagokat: P_2O_3, Cl_2O_7, K_2O, BaO, SO_3.
82. Soroljátok be a táblázat megfelelő kockáiba az alábbi oxidok képleteit:Li_2O, Cu_2O, Cl_2O_7, MgO, SiO_2, FeO, SO_2.

Oxidok	
bázisképző	savképző

83. Soroljatok fel minden bázisképző oxidot, melyek reagálnak a vízzel. Írjatok fel két megfelelő kémiai egyenletet általános alakban, a fémes elemet *M* betűvel jelölve a vegyületek képleteiben.
84. Töltsétek ki a reakciók sémáit és állítsátok össze a kémiai egyenleteket:

a) $SrO + H_2O \rightarrow$ b) $SeO_3 + H_2O \rightarrow$
$MgO + Cl_2O_7 \rightarrow$ $SiO_2 + BaO \rightarrow$
$CaO + HNO_3 \rightarrow$ $I_2O_5 + NaOH \rightarrow$

85. Határozzátok meg, a jobboldali oszlop mely anyagaival reagál a baloldali oszlop minden egyes anyaga, és írjátok fel a megfelelő kémiai egyenleteket:

bárium-oxid — salétromsav
foszfor(V)-oxid — kálium-hidroxid
szén(IV)-oxid — kalcium-oxid
hidrogén-bromid-sav

86. Állítsátok össze azon reakciók egyenleteit, melyek eredményeképpen magnézium-ortofoszfát képződik, ha a reagensek a következők: a) két oxid; b) oxid és sav; c) oxid és bázis.
87. Írjátok fel azon reakcióegyenleteket, amelyek segítségével megvalósíthatók a következő átalakulások:

a) $Li \rightarrow Li_2O \rightarrow LiOH$; c) $S \rightarrow SO_2 \rightarrow Na_2SO_3$;
b) $Mg \rightarrow MgO \rightarrow Mg(NO_3)_2$; d) $C \rightarrow CO_2 \rightarrow BaCO_3$.

88. Számítsátok ki az elemek tömegrészét a MgO és B_2O_3-oxidokban.
89. Derítsétek ki, melyik két oxidnak a moláris tömege 30 g/mol.

AZ ÉRDEKLŐDŐK SZÁMÁRA

Savas csapadékok

Az ipari üzemek, hőerőművek, gépkocsimotorok által kibocsátott gáznemű termékek nem nagy mennyiségű kén-oxidokat és nitrogén-oxidokat tartalmaznak. Ezek kiválnak a légkörbe és gyakran okoznak savas csapadékokat, amelyek jelentősen károsítják a környezetet.

Az SO_2-oxidnak a légkör nedvességével való reakciója kénessavat (szulfitsavat) eredményez:

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3.$$

E savnak egy része kénsavvá (szulfátsavvá) alakul:

$$2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4.$$

A nitrogén-oxidok a légkörben a levegő fő alkotórészei, a nitrogén és az oxigén reakciója eredményeképpen jönnek létre. A fűtőanyagok és üzemanyagok elégetése magas hőmérséklet kialakulásával jár együtt. E körülmények között kis mennyiségű nitrogén(II)-oxid jön létre:

$$N_2 + O_2 = 2NO.$$

Ez a vegyület gyorsan kölcsönhatásba lép az oxigénnel:

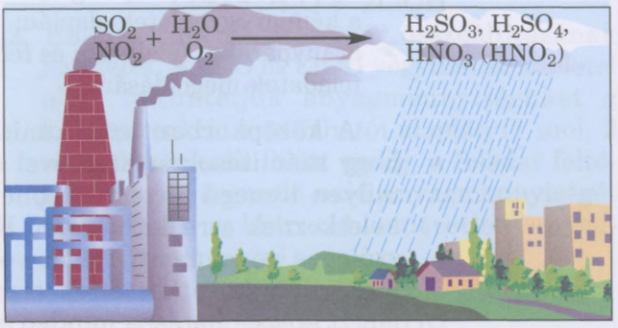
$$2NO + O_2 = 2NO_2,$$

a nitrogén(IV)-oxid pedig reagál a légköri nedvességgel:

$$2NO_2 + H_2O = HNO_2 + HNO_3.$$

Ily módon a levegőben megjelennek a savak – a szulfitsav, szulfátsav, nitritsav és nitrátsav – szennyeződései. Az esővel vagy hóval e savak a földfelületre kerülnek (19. ábra).

A savas csapadékok negatívan hatnak a növényekre, betegségeket okoznak az állatoknál, embernél, roncsolják az építőanyagokat, különösen a márványt és a mészkövet, elősegítik a fémek korrózióját. A kén-oxidok és nitrogén-oxidok részt vesznek a szmog képződésében. A szmog olyan levegő, mely számos toxikus anyaggal van szennyezve, s amely huzamosabb ideig lebeg a nagyvárosok és



19. ábra
A savas eső keletkezése

iparvidékek fölött. Az említett oxidok kiválasztásának csökkentésére irányuló törekvések egyik legfontosabb problémája a természetvédelemnek. A hőenergetikában igyekeznek minél kevesebb kén tartalmazó fűtőanyagot használni. Az ipari létesítmények, hőerőművek által kibocsátott gáznemű melléktermékeket a kén(IV)-oxidtól való megtisztításuk céljából kalcium-hidroxid vizes szuszpenzióján engedik át, kréta- vagy mészport porlasztanak el bennük. A nitrogén-oxidok keletkezését úgy igyekeznek meggátolni vagy csökkenteni, hogy csökkentik a fűtőanyag vagy üzemanyag égési hőmérsékletét. A közlekedésben a legfontosabb rendszabályok a következők: a motorok konstrukciójának megváltoztatása vagy munkarezsimük megváltoztatása, különböző adalékanyagok bevitele az üzemanyagokba, az üzemanyagok fajtájának kicserélése (például sűrített természetes gázra).

10 A kémiai egyenletek alapján végzett számítások

E fejezet anyaga segít nektek:

- kiszámítani a kiinduló reagensek és reakciótermékek anyagmennyiségét, tömegét és térfogatát a kémiai egyenletek alapján;
- aránypárokat felállítani és felhasználni azokat a feladatok megoldására.

A középkorban az alkimisták nem tudták, hogy számítások segítségével előre tudni lehet, milyen tömegű anyagok lépnek reakcióba vagy keletkeznek a reakció során. Kísérleteikhez tetszőleges anyagmennyiséget vettek és azok maradékaiból következtettek arra, milyen tömege lépett kölcsönhatásba minden egyes anyagnak.

Napjainkban nem csupán a tömegek, de a kiinduló reagensek és a reakciótermékek anyagmennyiségének, a gázok térfogatának kiszámítását is kémiai egyenlet alapján végzik. Eközben felhasználják a relatív atom-, molekula-, képlet-

tömegeket vagy a moláris tömegeket. Ilyen számításoknak köszönhetően a kémikus vagy a vegyészmérnök céltudatosan meg tudja valósítani a kémiai átalakulást, előállítani a szükséges tömegű reakcióterméket és elkerülni a kiinduló anyagok szükségtelen feleslegét.

Ebben a fejezetben bemutatunk néhány feladatot a kémiai egyenletek felhasználásával. Megjegyezzük, hogy az egyenletekben szereplő együtthatók a kiinduló reagensek és a reakciótermékek anyagmennyiségeinek arányát mutatják:

$$\underset{1\ \text{mol}}{C} + \underset{1\ \text{mol}}{O_2} = \underset{1\ \text{mol}}{CO_2};$$

$$n(C) : n(O_2) : n(CO_2) = 1 : 1 : 1;$$

$$\underset{2\ \text{mol}}{2Al} + \underset{3\ \text{mol}}{3H_2SO_4} = \underset{1\ \text{mol}}{Al_2(SO_4)_3} + \underset{3\ \text{mol}}{3H_2}\uparrow;$$

$$n(Al) : n(H_2SO_4) : n(Al_2(SO_4)_3) : n(H_2) = 2 : 3 : 1 : 3.$$

1. FELADAT. Milyen anyagmennyiségű lítium-hidroxid keletkezik, ha 4 mol lítium-oxid elegendő mennyiségű vízzel reagál?

Adva van:

$n(Li_2O) = 4\ \text{mol}$

$n(LiOH) - ?$

Megoldás

1. Összeállítjuk a kémiai egyenletet:

$$Li_2O + H_2O = 2LiOH.$$

2. Előkészítjük az aránypár összeállításának jegyzetét. A Li_2O és LiOH vegyületek képletei alatt feltüntetjük anyagmennyiségüket a kémiai reakció együtthatói alapján (1 mol, 2 mol), a képletek fölött pedig a feladat feltételei között szereplő oxid anyagmennyiségét (4 mol) és a hidroxid ismeretlen anyagmennyiségét (x mol):

$$\underset{1\ \text{mol}}{Li_2O} + H_2O = \underset{2\ \text{mol}}{2LiOH}.$$

3. Kiszámítjuk a lítium-hidroxid anyagmennyiségét. Összeállítjuk az aránypárt és megoldjuk azt: a reakcióegyenlet szerint

1 mol Li_2O-ból keletkezik 2 mol LiOH, a feladat feltétele szerint

4 mol Li_2O-ból – x mol LiOH keletkezik;

$$\frac{1}{4} = \frac{2}{x}; \quad x = n(\text{LiOH}) = \frac{4 \cdot 2}{1} = 8 \text{ (mol)}.$$

Az eredmény: n(LiOH) = 8 mol.

2. FELADAT. A szén-dioxid milyen tömege reagál 28 g kalcium-oxiddal?

Adva van:

$m(\text{CaO}) = 28$ g

$m(CO_2) - ?$

Megoldás

1. módszer

1. Összeállítjuk a kémiai egyenletet:

$$\text{CaO} + CO_2 = CaCO_3.$$

Az egyenlet szerint egyforma anyagmennyiségű oxidok lépnek reakcióba, például 1 mol CaO és 1 mol CO_2.

2. Kiszámítjuk a feladat feltételeiben említett anyagok móltömegeit:

$M(\text{CaO}) = 56$ g/mol; $M(CO_2) = 44$ g/mol.

1 mol CaO tömege 56 g, 1 mol CO_2-é pedig 44 g.

3. Elkészítjük az aránypár felállításához szükséges felírást. A kémiai egyenletben a kiinduló reagensek képletei alatt feltüntetjük mindegyik anyag 1 moljának tömegét, a képletek fölött pedig a feladat feltételéből ismert kalcium-oxid tömegét és a szén-dioxid ismeretlen tömegét:

$$\overset{28\text{ g}}{\text{CaO}} + \overset{x\text{ g}}{CO_2} = \underset{56\text{ g}}{CaCO_3}\ \underset{44\text{ g}}{}.$$

4. Kiszámítjuk a szén-dioxid tömegét. Összeállítjuk és megoldjuk az aránypárt: az egyenlet szerint

56 g CaO reagál 44 g CO_2-vel,

a feladat feltétele szerint

28 g CaO – x g CO_2-vel;

$$\frac{56}{28} = \frac{44}{x}; \quad x = m(CO_2) = \frac{28 \cdot 44}{56} = 22 \text{ (g)}.$$

Az eredmény: $m(CO_2)$= 22 g.

2. módszer

1. Összeállítjuk a kémiai egyenletet:

$$CaO + CO_2 = CaCO_3.$$

2. Kiszámítjuk a kalcium-oxid anyagmennyiségét:

$$n(CaO) = \frac{m(CaO)}{M(CaO)} = \frac{28\ g}{56\ g/mol} = 0{,}5\ mol.$$

3. A kémiai egyenletben a kiinduló reagensek képletei alatt felírjuk anyagmennyiségüket az együtthatók alapján, a képletek fölött pedig a kalcium-oxid kiszámított anyagmennyiségét és a szén-dioxid ismeretlen anyagmennyiségét:

$$\overset{0{,}5\ mol}{CaO} + \overset{x\ mol}{CO_2} = \underset{1\ mol}{CaCO_3}.$$
$$\underset{1\ mol}{} \quad \underset{1\ mol}{}$$

4. Az aránypár segítségével kiszámítjuk a szén-dioxid anyagmennyiségét:

$$x = n(CO_2) = \frac{0{,}5 \cdot 1}{1} = 0{,}5\ (mol).$$

5. Meghatározzuk a szén-dioxid tömegét:

$$m(CO_2) = n(CO_2) \cdot M(CO_2) =$$
$$= 0{,}5\ mol \cdot 44\ g/mol = 22\ g.$$

Az eredmény: $\boldsymbol{m(CO_2) = 22\ g.}$

3. FELADAT. Milyen térfogatú kén-dioxid (n. k.) reagál nátrium-hidroxiddal abban az esetben, ha a keletkezett nátrium-szulfit anyagmennyisége 0,2 mol?

Adva van:

$n(Na_2SO_3) = 0{,}2\ mol$

n. k.

$V(SO_2) - ?$

Megoldás

1. Felírjuk a kémiai egyenletet és elkészítjük feljegyzéseinket az aránypár összeállítása céljából:

$$\overset{x\ mol}{SO_2} + 2NaOH = \underset{1\ mol}{Na_2SO_3} + H_2O.$$
$$\underset{1\ mol}{} \quad \underset{1\ mol}{}$$

2. Meghatározzuk a kén-dioxid anyagmennyiségét. Összeállítjuk és megoldjuk az aránypárt:

1 mol SO_2-ből keletkezik 1 mol Na_2SO_3,

x mol SO_2-ből – 0,2 mol Na_2SO_3

$$x = n(SO_2) = \frac{1 \cdot 0{,}2}{1} = 0{,}2\ (mol).$$

3. Kiszámítjuk a kén-dioxid térfogatát normál körülmények között:

$$V(SO_2) = n(SO_2) \cdot V_m =$$
$$= 0{,}2 \text{ mol} \cdot 22{,}4 \text{ l/ mol} = 4{,}48 \text{ l}.$$

Az eredmény: $V(SO_2) = 4{,}48$ **l.**

Egyes feladatokban két reakcióról van szó, amelyek egyidejűleg mennek végbe. Megoldásuk módszere abban rejlik, hogy egyismeretlenű matematikai egyenletet állítunk fel (vagy két egyenletből álló rendszert két ismeretlennel).

4. FELADAT 11,6 g lítium-oxid és kalcium-oxid keverékéhez elegendő víz hozzáadásával 17,0 g hidroxidkeverék keletkezik. Határozzátok meg az oxidok tömegeit a keverékben.

Adva van:

$m(Li_2O, CaO) =$
$= 11{,}6$ g
$m(LiOH, Ca(OH)_2) =$
$= 17{,}0$ g

$m(Li_2O) - ?$
$m(CaO) - ?$

Megoldás

1. A lítium-oxid tömegét x-nek vesszük. Akkor a kalcium-oxid tömege (grammokban) egyenlő lesz:
$m(CaO) = m(Li_2O, CaO) - m(Li_2O) =$
$= 11{,}6 - x.$
2. Kiszámítjuk a lítium és a kalcium oxidjainak és hidroxidjainak móltömegeit:
$M(Li_2O) = 30$ g/mol;
$M(CaO) = 56$ g/mol;
$M(LiOH) = 24$ g/mol;
$M(Ca(OH)_2) = 74$ g/mol.
3. Összeállítjuk a reakcióegyenleteket a reagensek és termékek tömegeinek feltüntetésével, a LiOH és $Ca(OH)_2$ vegyületek ismeretlen tömegeit megfelelően m_1-gyel és m_2-vel jelölve:

$$\underset{x\,g}{Li_2O} + \underset{}{H_2O} = \underset{m_1 g}{2LiOH};$$
$$\underset{30\,g}{} \qquad\qquad \underset{2 \cdot 24\,g}{}$$
$$\underset{(11{,}6-x)\,g}{CaO} + \underset{}{H_2O} = \underset{m_2\,g}{Ca(OH)_2}.$$
$$\underset{56\,g}{} \qquad\qquad \underset{74\,g}{}$$

4. Felírunk két aránypárt és megkapjuk a hidroxidok számítására alkalmas matematikai kifejezéseket:

$$\frac{x}{30} = \frac{m_1}{2 \cdot 24}; \quad m_1 = m(\text{LiOH}) = \frac{2 \cdot 24x}{30} = 1{,}6x;$$

$$\frac{11{,}6 - x}{56} = \frac{m_2}{74};$$

$$m_2 = m(\text{Ca(OH)}_2) = \frac{(11{,}6 - x) \cdot 74}{56} = 15{,}3 - 1{,}32x.$$

5. A hidroxidok keresett össztömege 17,0 g. Ezt az egyenletet megoldva meghatározzuk az oxidok tömegét külön-külön:

$$m_1 + m_2 = m(\text{LiOH}) + m(\text{Ca(OH)}_2) = 17{,}0;$$

$1{,}6x + 15{,}3 - 1{,}32x = 17{,}0$; $x = m(\text{Li}_2\text{O}) = 6{,}07$ (g);

$m(\text{CaO}) = 11{,}6 - 6{,}07 = 5{,}53$ (g).

***Az eredmény:* $m(\text{Li}_2\text{O}) = 6{,}07$ g, $m(\text{CaO}) = 5{,}53$ g.**

ÖSSZEFOGLALÁS

A kiinduló reagensek és a reakciótermékek tömegét, anyagmennyiségét, a gázok térfogatát a kémiai egyenletek segítségével számítjuk ki.

A feladatok megoldását aránypárok összeállításával végezzük, s azon képletek segítségével, amelyek tükrözik a megfelelő fizikai mennyiségek összefüggését.

?

90. Találjátok meg az x értékét az alábbi képletekben (szóbelileg):

a) $\overset{x\text{ mol}}{\text{SO}_3} + \text{Li}_2\text{O} = \overset{0{,}2\text{ mol}}{\text{Li}_2\text{SO}_4}$;

b) $\overset{4\text{ mol}}{\text{MgO}} + 2\text{HCl} = \overset{x\text{ mol}}{\text{MgCl}_2} + \text{H}_2\text{O}$;

c) $\overset{x\text{ l}}{\text{CO}_2} + 2\overset{1\text{ mol}}{\text{KOH}} = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$;

d) $\overset{44{,}8\text{ l}}{\text{SO}_2} + \overset{x\text{ g}}{\text{BaO}} = \overset{153\text{ g}}{\text{BaSO}_3}$.

91. Milyen anyagmennyiségű foszfor(V)-oxid képződik 0,1 mol foszfornak elegendő oxigénnel való kölcsönhatása során?

92. A reakció az $A + 3B = 2C + 3D$ egyenlet szerint megy végbe. Milyen anyagmennyiségű C és D anyag keletkezik, ha reakcióba lép: a) 0,1 mol A; b) 6 mol B? (Szóbelileg.)

93. Milyen tömegű magnézium-oxid keletkezik 12 g magnézium elégetése során? (Szóbelileg.)
94. Számítsátok ki azt a kalcium-nitrát tömeget, amely 25,2 g salétromsav kalcium-oxiddal való reakciója során keletkezik.
95. Milyen térfogatú kén-dioxid SO_2 (n. k.) képződik 16 g kén elégetése során? (Szóbelileg.)
96. Számítsátok ki a szén-dioxid azon térfogatát (n. k.), amely 37 g kalcium-hidroxid kalcium-karbonáttá alakításához szükséges.
97. Foszfor(V)-oxid és szilícium(IV)-oxid keverékéhez fölös vizet öntöttünk, minek következtében 98 g ortofoszforsav keletkezett és 20 g szilárd anyag maradt meg. Számítsátok ki a foszfor(V)-oxid tömegét és tömegrészarányát a keverékben.
98. A kén-dioxid és szén-dioxid gázok 1,52 g tömegű elegyének a bárium-oxiddal való kölcsönhatása során 6,07 g báriumsó keverék képződött. Határozzátok meg a kiinduló gázok tömegeit az elegyben.

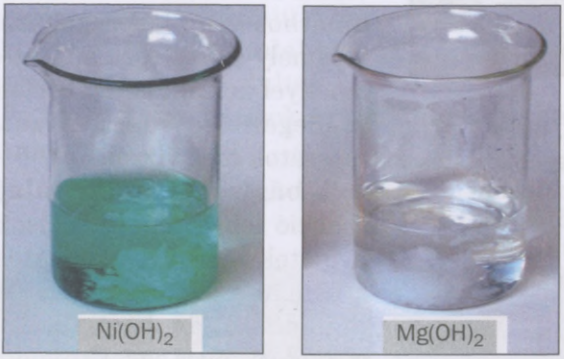
11 A bázisok tulajdonságai és alkalmazása

E fejezet anyaga segít nektek:

- megérteni a bázisok fizikai tulajdonságait;
- megkülönböztetni az oldhatatlan bázisokat és a lúgokat;
- megérteni, mik azok az indikátorok;
- elsajátítani a bázisok kémiai tulajdonságait;
- megérteni a bázisok alkalmazásának területeit.

A bázisok fizikai tulajdonságai. Már tudjátok, hogy minden egyes bázis egy fémes elem pozitív töltésű ionjából és hidroxid-ionokból áll. A bázisok, akár az ionos oxidok, szokásos körülmények között szilárd anyagok. Magas olvadásponttal kellene rendelkezniük, azonban enyhe hevítés során majdnem mindegyik bázis felbomlik (megfelelő oxidra és vízre). Megolvasztani csupán a nátrium-hidroxidot és kálium-hidroxidot lehet (e vegyületek olvadáspontjai megfelelően 322 és 405 °C).

A bázisok többsége nem oldódik a vízben (20. ábra). Kis mértékben oldódnak a $Mg(OH)_2$, $Ca(OH)_2$ és $Sr(OH)_2$ hidroxidok, jól oldódnak az alkálifémek (Li, Na, K, Rb, Cs) hidroxidjai és a $Ba(OH)_2$ vegyület.



20. ábra
Az oldatokban végbemenő kémiai reaciók során keletkezett bázisok csapadékai

A vízben oldódó bázisokat lúgoknak[1] nevezzük.

A bázisok vízben való oldhatóságáról a tankönyv 2. előzékén elhelyezett táblázat tájékoztat. E táblázatot *oldhatósági táblázat*nak nevezik. Alább egy részletet közlünk e táblázatból:

Egyes bázisok oldhatósága a vízben (20–25°C-os hőmérsékleten)

Kationok / Anionok	Na^+	K^+	Ag^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Ba^{2+}	Fe^{2+}	Ni^{2+}
OH^-	O	O	—	K	K	O	N	N

Az oldható bázisokat (lúgokat) „O" betűvel jelöljük, a kevéssé oldódókat „K" betűvel, az oldhatatlanokat (nem oldhatókat) „N" betűvel. A „–" vonal azt jelenti, hogy ilyen bázis nincs.

A lúgok és oldataik érintésre szappanszerűek, számos anyagot roncsolnak, a bőrön, a nyálkahártyán égést okoznak, erősen károsítják a szemet (21. ábra). Ezért a múltban a nátrium-

[1] Gyakran lúgnak tekintik a $Ca(OH)_2$ és $Sr(OH)_2$ vegyületeket is.



21. ábra
Figyelmeztetés a nátrium-hidroxidot tartalmazó edény címkéjén

hidroxidot „marónátron"-nak nevezték, a kálium-hidroxidot pedig „marókáli"-nak. A lúgokkal és oldataikkal való munka közben legyetek különösen óvatosak.

Ha a lúgoldat a kezetekre került, azonnal bő vízzel mossátok le és forduljatok segítségért a tanárhoz vagy laboránshoz. Tőlük megkapjátok valamely anyag (például, az ecetsav) híg oldatát, amellyel kezelni kell a bőrfelületet a lúgmaradék semlegesítése végett. Ezután a kezeteket jól mossátok meg vízzel.

A bázisok kémiai tulajdonságai. Számos reakció lehetősége a bázisok részvételével e vegyületek vízben való oldhatóságától függ. A lúgok a kémiai átalakulásokban jelentősen aktívabbak az oldhatatlan bázisoktól, amelyek például a sókkal és egyes savakkal nem reagálnak.

Hatásuk az indikátorokra. A lúgoldatok képesek megváltoztatni a színét egyes különleges anyagoknak – az *indikátorok*nak[1]. Ezeket az anyagokat először egyes gyümölcsökben és virágokban észlelték. Napjainkban olyan indikátorokat használnak, amelyeket vegyigyárakban állítanak elő. Ezek sokkal hatásosabbak és tartósabbak.

A legfontosabb indikátorok közé tartozik a *lakmusz, a fenolftalein, a metilnarancs*, valamint az *univerzális (egyetemes) indikátor*. Az utóbbi több anyag keveréke. Ez a keverék különböző indikátor-anyagoktól eltérően nem csupán a lúg jelenlétében változtatja színét, hanem annak az oldatban levő mennyiségétől függően is.

A vegyi laboratóriumokban felhasználják a metilnarancs és lakmusz vizes oldatait, s a fenolftalein vizes-alkoholos oldatát. Nagyon előnyös a gyakorlatban az úgynevezett indikátorpapír. Ez egy különleges papír, amelyet átitatnak indikátor-oldattal, megszárítanak és keskeny csíkokra

[1] A szakkifejezés a latin „indico" szóból származik, amelynek jelentése: megmutatom, meghatározom.

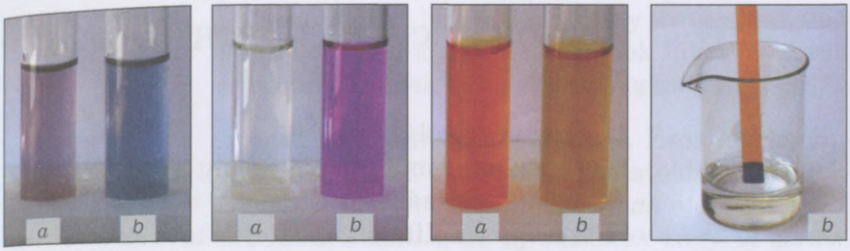


22. ábra
Univerzális indikátorpapírok

vagdalnak. A leggyakrabban az univerzális indikátorpapírokat használják (22. ábra). Vannak lakmuszpapírok és fenolftalein-oldattal átitatott papírok is.

Az indikátor színének elváltozása (23. ábra) a lúggal való reakciójának eredménye. E reakciók egyenleteit nem közöljük, mivel az indikátoroknak és kémiai átalakulásuk termékeinek képletei eléggé bonyolultak.

Az oldhatatlan bázisok az indikátorokra nem hatnak.



lakmusz *fenolftalein* *metilnarancs* *univerzális indikátor*

23. ábra
Az indikárorok színe *a*) a vízben és *b*) a lúgoldatban

2. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET
A lúgoldat hatása az indikátorokra

A kémcsőbe, mely nátrium-hidroxid-darabkát tartalmaz, öntsetek vizet (a kémcső térfogatának feléig) és az oldatot üvegpálcikával keverve, oldjátok fel a vegyületet. Az előállított oldattal megnedvesített pálcikával érintsétek meg az univerzális indikátorpapírt. Mit észleltek?

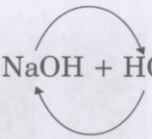
A lúgoldatot osszátok el három kémcsőbe. Az egyik kémcső tartalmába cseppentsetek 1–2 csepp lakmuszoldatot, a másikba ugyanannyi fenolftalein-oldatot, a harmadikba pedig metilnarancsoldatot. Hogyan változik meg mindegyik indikátor színe?

A kémcsövet, melyben a lúgoldat a fenolftaleinnel vegyült, hagyjátok meg a következő kísérletekhez.

Reakciók savképző oxidokkal. Az oldódó és nem oldódó bázisok kölcsönhatásba lépnek az ellentétes jellegű vegyületekkel, azaz olyanokkal, amelyeknek savas tulajdonságaik vannak. Ezek között a vegyületek között találhatók a savképző oxidok. A megfelelő reakciókat az előző fejezetben tárgyaltuk. Íme néhány további példa:

$$2KOH + SO_3 = K_2SO_4 + H_2O;$$
$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O.$$

Reakciók savakkal. A bázisnak a savval való kölcsönhatása közben a vegyületek felcserélik alkotórészeiket:



$$NaOH + HCl = NaCl + HOH \text{ (vagy } H_2O).$$

Ez cserebomlási reakció.

Kideríteni, maradt-e még lúg a sav bizonyos adagjának hozzáadása után, úgy lehetséges, hogy 1–2 csepp fenolftalein-oldatot adunk az oldathoz. Ha málnavörös szín nem jelent meg, akkor a lúg teljesen reagált a savval.

Az oldhatatlan bázis savval való reakciójának példája:

$$Mn(OH)_2 + 2HNO_3 = Mn(NO_3)_2 + 2H_2O.$$

A bázisok és savak között végbemenő reakciót semlegesítési (neutralizációs) reakciónak nevezzük.

3. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET
A lúg kölcsönhatása a savval az oldatban

A nátrium-hidroxidot és fenolftaleint tartalmazó kémcsőbe (a második kísérletből) cseppenként adagoljunk pipetta segítségével kénsavoldatot addig, míg el nem tűnik az indikátor színe. A kémcső tartalmát fokozatosan keverjük össze üvegpálcikával vagy összerázással.

Miért színtelenedett el az oldat?

Írjuk fel a megfelelõ kémiai egyenletet.

4. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET
Az oldhatatlan bázis kölcsönhatása a savoldattal

A réz(II)-hidroxid csapadékát tartalmazó kémcsőbe[1] lassan adagoljunk kénsavoldatot a vegyület teljes feloldódásáig. Milyen színűvé változik a folyadék?

Állítsátok össze a megfelelő kémiai egyenletet.

> A semlegesítési reakciókat gyakran alkalmazzák az ipari létesítmények szennyvizeinek megtisztítására lúgoktól és savaktól. Az ilyen reakciók termékei – a sók – veszélytelenebbek a környezetre. Nagyon hatékony és gazdaságilag kifizetődő a különböző üzemek lúgos és savas szennyvizeinek kölcsönös semlegesítése.

A lúgok reakciói a sókkal. Ezek cserebomlási reakciók. E reakciók az oldatokban mennek végbe, méghozzá *a kiinduló sónak oldódó vegyületnek kell lennie, az új bázisnak vagy új sónak pedig oldhatatlannak.*

Derítsük ki a reakció lehetőségét a nátrium-hidroxid és a mangán(II)-nitrát között. Használjuk az oldhatósági táblázatot (feltüntetjük egy részét):

Kationok / Anionok	Li^+	Na^+	K^+	...	Zn^{2+}	Mn^{2+}	Pb^{2+}	...
OH^-	O	O	O		N	N	N	
NO_3^-	O	O	O		O	O	O	

Amint látjuk, a $Mn(NO_3)_2$ só oldódik a vízben. Ahhoz, hogy a reakció végbemenjen, a kiindulási anyagoknak – a NaOH lúgnak és az $Mn(NO_3)_2$ sónak – fel kell cserélniük ionjaikat egy oldhatatlan vegyület keletkezésével. A táblázatból kitűnik, hogy ilyen vegyület az $Mn(OH)_2$ új bázis, az új $NaNO_3$ só pedig oldódik a vízben. Tehát, a

[1] A kémcsövet a vegyülettel a tanártól kapjátok meg.

nátrium-hidroxid és mangán(II)-nitrát közötti reakció lehetséges:

$$2NaOH + Mn(NO_3)_2 = Mn(OH)_2\downarrow + 2NaNO_3.$$

▶ Reagálhat-e egymással a bárium-hidroxid és a kálium-karbonát az oldatban? Pozitív felelet esetén írjátok fel a megfelelő kémiai egyenletet.

Hőbomlás. Majdnem mindegyik bázis (a nátrium-hidroxid és kálium-hidroxid kivételével) hevítéskor megfelelő oxidra és vízre (vízgőzre) bomlik:

$$Fe(OH)_2 \overset{t}{=} FeO + H_2O\uparrow.$$

5. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET
Az oldhatatlan bázis bomlása hevítéskor

A réz(II)-hidroxid csapadékát tartalmazó kémcsövet[1] rögzítsük a fémállvány kémcsőfogójában. A kémcső tartalmát óvatosan hevítsük a szeszégő lángján, de ne forraljuk fel. Hogyan változik a szilárd anyag színe? Adjátok meg a szükséges magyarázatokat.

Írjátok fel a réz(II)-hidroxid hőbontásának reakcióegyenletét.

A felnőtteknek ismerős egy „szalmiákszesz" nevű folyadék. Ez nem más, mint az ammónia (NH_3) gáz vizes oldata; ezt a folyadékot gyógyszerként használják. A szalmiákszesz összetételét illetve szokatlan bázist tartalmaz. Ennek képlete NH_4OH, a kémiai elnevezése pedig ammónium-hidroxid. A vegyület a következő reakció során képződik: $NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4OH$.

A feloldott ammónia nem nagy része lép reakcióba, ugyanakkor a keletkezett ammónium-hidroxid a kiindulási anyagokra bomlik. Erre utal a $\rightleftarrows$ jel a kémiai reakcióban.

[1] A vegyületet tartalmazó kémcsövet a tanártól kapjátok.

Az ammónium-hidroxid a lúgokhoz (NaOH, KOH stb.) hasonlóan megváltoztatja az indikátorok színét, kölcsönhatásba lép a savképző oxidokkal, savakkal, sókkal:

$$2NH_4OH + CO_2 = (NH_4)_2CO_3 + H_2O;$$

ammónium-karbonát

$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O;$$

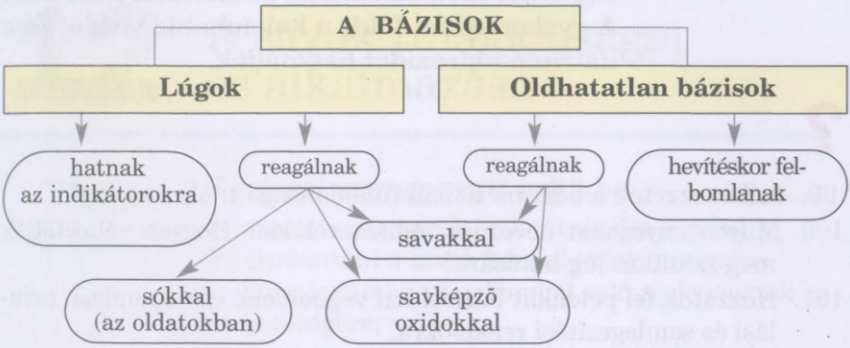
ammónium-klorid

$$2NH_4OH + Pb(NO_3)_2 = Pb(OH)_2\downarrow + 2NH_4NO_3.$$

ammónium-nitrát

2. séma
A bázisok kémiai tulajdonságai

Az ismertetett anyagot a 2. séma foglalja össze.



A bázisok alkalmazása. Széleskörű alkalmazást a bázisok közül csupán a lúgok nyertek, elsősorban a kalcium-hidroxid és a nátrium-hidroxid. Már tudjátok, hogy az „oltott mész" néven szereplő anyag nem más, mint a kalcium-hidroxid $Ca(OH)_2$. Az oltott meszet mint kötőanyagot használják az építkezéseknél: homokkal és vízzel keverik. Az így elkészített keveréket ráviszik a téglára, e keverékkel vakolják a falakat. A bázisnak a szén-dioxiddal és szilícium(IV)-oxiddal való reakciója eredményeképpen a keverék megszilárdul. A kalcium-hidroxidot azonkívül felhasználja a cukoripar, a mezőgazdaság, a fogkrémgyártás. Ezenkívül még számos más fontos anyag előállításánál alkalmazzák.

A nátrium-hidroxidot felhasználják a szappangyártásban (létrehozzák a lúg reakcióját a zsírokkal), a gyógyszergyártásban, a bőriparban, a kőolajtisztításnál stb.

ÖSSZEFOGLALÁS

A bázisok ionos szerkezetű szilárd anyagok. A bázisok többsége nem oldódik a vízben. Az oldható bázisokat lúgoknak nevezzük. A lúgok megváltoztatják a különleges anyagok, az indikátorok színét. A bázisok kölcsönhatásba lépnek a savképző oxidokkal és savakkal, miközben sók és víz keletkeznek. A lúgok azonkívül reagálnak a sókkal is; minden egyes reakció terméke valamely más bázis és só. Az oldhatatlan bázisok hevítéskor a megfelelő oxidra és vízre bomlanak. A bázis és sav közötti reakciót semlegesítési (neutralizációs) reakciónak nevezzük. A gyakorlatban főleg a kalcium-hidroxidot és a nátrium-hidroxidot használják.

?

99. Jellemezzétek a bázisok fizikai tulajdonságait. Mi az a lúg?
100. Milyen anyagokat neveznek indikátoroknak? Hogyan változtatják meg színüket lúg hatására?
101. Hozzatok fel példákat bázisokkal végbemenő cserebomlási, bomlási és semlegesítési reakciókra.
102. Egészítsétek ki a reakciók sémáit és állítsátok össze a kémiai egyenleteket:

a) $KOH + N_2O_5 \rightarrow$
$NaOH + H_2S \rightarrow$
$Ba(OH)_2 + K_2SO_4 \rightarrow$
$LiOH + NiCl_2 \rightarrow$

b) $Mg(OH)_2 + SO_3 \rightarrow$
$Ca(OH)_2 + H_3PO_4 \rightarrow$
$Ni(OH)_2 + HNO_3 \rightarrow$
$Bi(OH)_3 \xrightarrow{t}$

103. Írjátok fel a bázisok (baloldali oszlop) és sók (jobboldali oszlop) közötti reakciók (ha azok lehetségesek) egyenleteit:

kálium-hidroxid	kalcium-karbonát
mangán(II)-hidroxid	vas(II)-nitrát
bárium-hidroxid	nátrium-szulfát

104. Mely reakciók segítségével lehet megvalósítani a nyilakkal jelölt átalakulásokat: a) $Li_2O \rightarrow LiOH \rightarrow Li_2SO_4$;
b) $Ca(OH)_2 \rightarrow CaO \rightarrow CaBr_2$?
Írjátok fel a megfelelő reakciók egyenleteit.
105. Milyen anyagmennyiségű magnézium-hidroxid lép reakcióba 12,6 g salétromsavval?

106. Számítsátok ki a vas(II)-hidroxid azon tömegét, mely 0,05 mol nátrium-hidroxid és feleslegben vett vas(II)-szulfát kölcsönhatása eredményeképpen képződik.

107. Milyen térfogatú kén-dioxid (n. k.) szükséges a báriumionok (oldhatatlan só összetételében) teljes kicsapásához az olyan oldatból, amely 34,2 g bárium-hidroxidot tartalmaz?

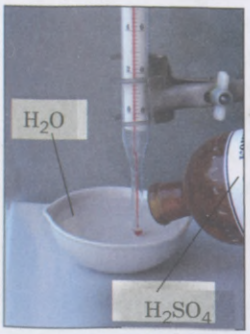
108. Milyen tömegű csapadék keletkezik 22,4 g kálium-hidroxid és feleslegben vett mangán(II)-klorid kölcsönhatásakor?

109. 25,1 g nátrium-hidroxid és bárium-hidroxid keverékének a semlegesítésére 25,2 g salétromsavat használtak. Határozzátok meg a nátrium-hidroxid tömegrészarányát a kiinduló keverékben.

12 A savak tulajdonságai és alkalmazása

E fejezet anyaga segít nektek:

- megérteni a savak fizikai tulajdonságait;
- elsajátítani a savak kémiai tulajdonságait;
- következtetni a sav fémmel való reakciójának lehetőségére;
- megismerni a savak alkalmazásának területeit.



24. ábra
A kénsav oldása a vízben

A savak fizikai tulajdonságai. A savak molekuláris felépítése meghatározza fizikai tulajdonságaikat. A savakban a molekulák gyengén vonzódnak egymáshoz (eltérően a bázisképző oxidokban és bázisokban található ellentétes töltésű ionoktól). Ezért a savaknak alacsony az olvadáspontjuk, a megszabott körülmények között majdnem mindegyikük folyadék. A savak oldódnak a vízben (a H_2SiO_3 sav kivételével), számos esetben oldhatóságuk végtelen, azaz a vízzel bármilyen arányban keveredve oldatot képeznek. Egyes savak oldódása közben jelentős hőmennyiség keletkezik (24. ábra).

Tudjuk, hogy az oxigénmentes savak a gázok vizes oldatai. E gázok egyes nemfémes elemek

vegyületei a hidrogénnel (például HCl, H_2S). Ezek a gázok oldataikból még a megszokott körülmények között is kiválanak.

Illó sav, azaz olyan, mely gyenge hevítéskor gázneművé válik, a salétromsav (HNO_3), s azonkívül néhány más sav. Az illó savaknak szaga van.

Az ortofoszforsav (ortofoszfátsav) (H_3PO_4), ortobórsav vagy ortoborátsav (H_3BO_3), kovasav vagy metaszilikátsav (H_2SiO_3) szilárd anyag. Ezek a vegyületek, akárcsak a kénsav (H_2SO_4), nem illékonyak.

A szénsav (karbonátsav) és a kénessav (szulfitsav) csupán vizes oldatban fordulnak elő. A megfelelő oxidok nem lépnek teljesen kölcsönhatásba a vízzel, a keletkező savak pedig részben oxidokra és vízre bomlanak:

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3;$$

$$SO_2 + H_2O \rightleftarrows H_2SO_3.$$

A savak többsége mérgező anyag: komoly mérgezéseket és égési sebeket okozhatnak a bőrön. Ezért a savakkal nagyon óvatosan kell dolgozni, betartva a biztonsági szabályokat. Ha a savoldat a kezünkre kerül, azonnal bő folyó víz alatt kell lemosnunk, majd a bőrt híg szódaoldattal kezeljük (a maradék sav semlegesítése céljából). A legvégén kezünket mossuk meg jól vízzel.

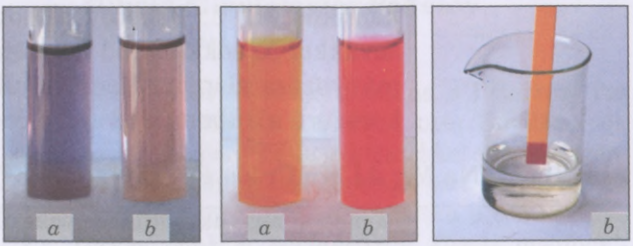
A savak kémiai tulajdonságai. A savak más anyagokkal való reagáló képessége nagymértékben függ stabilitásuktól, illóságuktól, vízben való oldhatóságuktól. Ezt figyelembe kell vennünk a savak kémiai tulajdonságainak jellemzésekor.

Hatásuk az indikátorokra. A savak a vizes oldatokban megváltoztatják az indikátorok színét (25. ábra), de nem az összes indikátorét, mint a lúgok esetében.

6. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

A savoldat hatása az indikátorokra

Három kémcsőbe öntsetek 1–2 ml kénsavoldatot. Az egyik kémcsőben nedvesítsük meg az üvegpálcikát savoldattal és érintsük



25. ábra
Az indikátorok színe vízben (*a*) és a savoldatban (*b*)

lakmusz *metilnarancs* *univerzális indikátor*

meg vele az univerzális indikátor papírcsíkját. Hogyan változik meg az indikátor színe?

A savoldatot tartalmazó egyik kémcsőbe cseppentsetek 1–2 csepp lakmuszoldatot, a másikba ugyanannyi fenolftaleinoldatot, a harmadikba pedig metilnarancsoldatot.

Mit észleltek? Melyik indikátor segítségével nem lehet kimutatni a savat?



26. ábra
Az alumínium pénzérme (1992. évi kibocsátású kopijkás) reakciója a sósavval

Reakciók fémekkel. Az ismert savak zöme a fémekkel hidrogénkiválással és sóképzéssel reagál (26. ábra). Ilyen az oxigénmentes savak mindegyike, és a kénsav (hígított oldatban):

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2\uparrow;$$

$$Zn + H_2SO_4\,(old.) = ZnSO_4 + H_2\uparrow.$$

Az ilyen reakciók során a fémes elem atomjai, amelyeket az egyszerű anyag tartalmaz, helyettesítik a másik elem (hidrogén) atomjait az összetett anyagban.

Az olyan egyszerű és összetett anyagok közötti reakciót, melynek eredményeképpen új egyszerű és összetett anyagok képződnek, helyettesítési (szubsztitúciós) reakciónak nevezzük.

Az előbb említett savakkal nem minden fém reagál. A fém és a sav közötti reakció lehetőségére a *fémek aktivitási sora* segítségével következtetünk. Ezt a sort először 1865-ben egy hazai

kémikus M. M. Beketov állította össze a fémek savakkal és sókkal való kölcsönhatásának tanulmányozása alapján. Bemutatjuk e sor egy részét korszerű alakban (lásd a 2. előzéket):

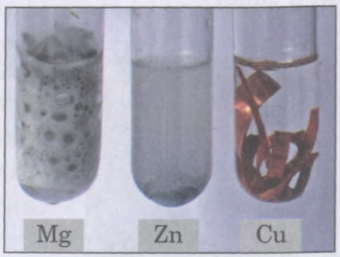
Li K Ba Ca Na Mg Al Mn Cr Zn Fe Cd Ni Sn Pb (H_2) Cu Ag Pt Au

a fémek kémiai aktivitása növekszik

A nemfém hidrogén képlete két részre osztja e sort. Azok a fémek, melyek a sor bal oldali részén helyezkednek el, kölcsönhatásba lépnek a fent említett savakkal (eközben hidrogén válik ki), a jobb oldalán elhelyezkedő fémek nem reagálnak velük (27. ábra).

$$Ag + HCl \not\rightarrow \qquad Cu + H_2SO_4\,(old.) \not\rightarrow$$

27. ábra
Fémek viselkedése a hígított kénsavoldatban



7. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET
A réz, a vas és a magnézium viselkedése a sósavban

Vegyetek három kémcsövet. Az első kémcsőbe helyezzetek 2–3 rézdrót-darabkát, a másikba tiszta vasszeget, a harmadikba pedig kis mennyiségű magnéziumport vagy magnézium-forgácsot. Vizsgáljátok meg mindegyik fém viselkedését a hígított sósavban. Ha nem tapasztaltok kölcsönhatást (gázkiválást), a kémcső tartalmát hevítsétek fel, de ne forraljátok.

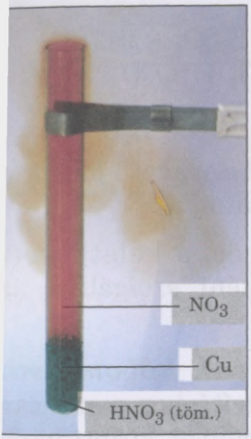
Melyik fém reagál a savval a legaktívabban? Melyik kémcsőben nem megy végbe reakció még hevítéskor sem? Egyeznek-e a kísérlet eredményei a réz, a vas és a magnézium a fémek aktivitási sorában elfoglalt helyével?

Állítsátok össze a reakciók egyenleteit. Vegyétek figyelembe, hogy a vas a keletkező vegyületben kétvegyértékű.

Mikola Mikolajovics Beketov
(1827—1911)



Kíváló orosz és ukrán kémikus, a Pétervári Tudományos Akadémia akadémikusa. Kutatta a sók vizes oldatainak reakcióit fémekkel és a hidrogénnel. Összeállította a kiszorítási sort, azaz a fémek aktivitási sorát (1865). Megadta a tömeghatás törvényének a korszerűhöz közeli megfogalmazását. Feltalálta és leírta a metalotermiát – a fémek előállításának egyik módszerét. Termokémiai kutatásokat végzett. Hozzájárult az egyik legfontosabb kémiai tudomány – a fizikai kémia megalapításához. A Harkovi Egyetem professzora (1855–1887), elsőként tanította a fizikai kémiát mint önálló tudományos tantárgyat. Az Orosz Fizikai-kémiai Társaság elnöke volt.



28. ábra
A réz reakciója a salétromsavval

A salétromsav és a tömény kénsavoldat[1] fémekkel végbemenő reakciói szorán a hidrogén helyett más anyagok keletkeznek (28. ábra). Az ilyen reakciókat a 9. osztályban fogjuk ismertetni.

Reakciók a bázisképző oxidokkal és bázisokkal. Minden sav jellemző tulajdonsága az ellentétes típusú vegyületekkel – a bázisképző oxidokkal és bázisokkal való kölcsönhatásának képessége.

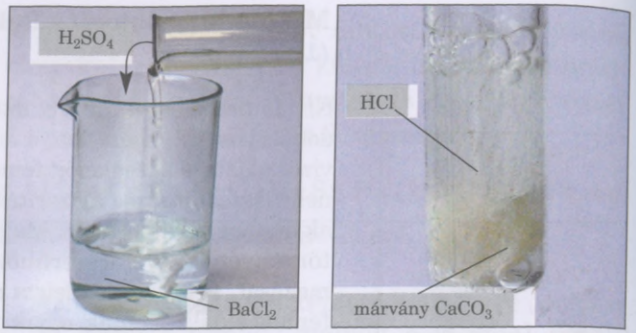
Minden egyes reakció termékei só és víz. Ezeket a kémiai átalakulásokat már ismertettük az előbbi fejezetekben. Példák a reakciókra:

$$Li_2O + 2HCl = 2LiCl + H_2O;$$
$$Ca(OH)_2 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + 2H_2O.$$

Reakciók sókkal. A savak reakciói a sókkal cserebomlási reakciók. Nem mindegyik ilyen fajtájú reakció lehetséges. Megnevezzük azokat az eseteket, amikor ezek a reakciók végbemennek (29. ábra).

- A reakció terméke, só vagy sav csapadék formájában kiválik (ezt az oldhatósági táblázat alapján derítjük ki):

[1] A tömény oldat sokkal több savat tartalmaz, mint vizet.



29. ábra
Savak reakciói a sókkal

$$BaCl_2 + H_2SO_4 = BaSO_4\downarrow + 2HCl;$$
$$Na_2SiO_3 + 2HNO_3 = 2NaNO_3 + H_2SiO_3\downarrow.$$

- A savtermék illó anyag, vagy gáznemű vegyülettől származik, vagy gázfejlődéssel bomlik:

$$2KF\,(sz.) + H_2SO_4\,(töm.) \overset{t}{=} K_2SO_4 + 2HF\uparrow;$$
$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2CO_3.$$
$$\swarrow \quad \searrow$$
$$CO_2\uparrow \quad H_2O$$

(A „sz." rövidítés „szilárd anyagot" jelent, a „töm." pedig „tömény oldatot".)

- A reakcióba lépő sav erős, a keletkezett sav pedig gyenge. Példaként szolgálhat az előbbi három reakció.

Az oxigéntartalmú savak hőbomlása. Az oxigéntartalmú savak hevítéskor, a szénsav és a kénessav rendes körülmények között megfelelő savképző oxidra és vízre bomlanak.

$$H_2SiO_3 \overset{t}{=} SiO_2 + H_2O;$$
$$H_2SO_3 \rightleftarrows SO_2\uparrow + H_2O.$$

A kénsav mérsékelt hevítésekor történő bomlásának egyik terméke a kén(VI)-oxid, erős hevítéskor azonban ez az oxid szintén felbomlik:

$$H_2SO_4 \overset{t}{=} SO_3\uparrow + H_2O\uparrow.$$
$$\swarrow \quad \searrow$$
$$SO_2 \quad O_2$$

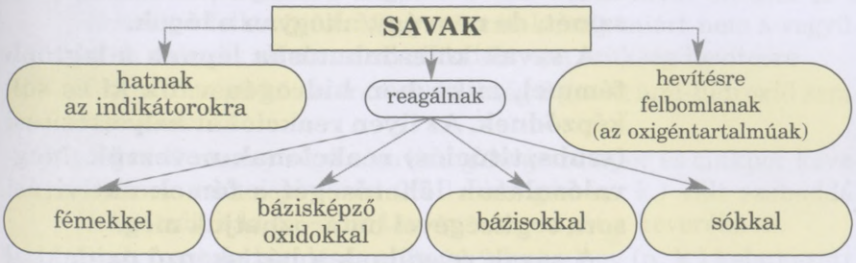
A salétromsav hőbomlása sajátos. Ez a vegyület egyszerre három anyagra bomlik: nitrogén(IV)-oxidra, oxigénre és vízre (a salétromsavnak megfelelő N_2O_5 oxid egyáltalán nem stabil):

$$HNO_3 \xrightarrow{t} (N_2O_5) + H_2O.$$
$$\swarrow \quad \searrow$$
$$NO_2\uparrow \quad O_2\uparrow$$

▶ Állítsátok össze az utóbbi reakció vázlatát, a végtermékeket tüntetve fel benne, és alakítsátok át kémiai reakcióvá.

3. séma
A savak kémiai tulajdonságai

Az ismertetett anyagot a 3. séma foglalja össze.



A savak alkalmazása. A legnagyobb mértékben a kénsavat, a sósavat, a salétromsavat és az ortofoszforsavat használják (4. táblázat). E savakat nagy mennyiségben állítják elő a vegyi üzemekben.

4. táblázat

A savak alkalmazása

Sav	Felhasználási terület
H_2SO_4	Más savak, sók, műtrágyák, színezékek, gyógyszerek gyártása, a kőolajtermékek tisztítása
HCl	Sók, festékek, gyógyszerek gyártása
HNO_3	Műtrágyák, robbanóanyagok, színezékek gyártása
H_3PO_4	Műtrágyák, mosószerek gyártása

Talán egyetlen család háztartásából sem hiányzik az ecet. Ez nem más, mint az ecetsav (CH_3COOH) hígított vizes oldata. (Mondjátok el,

mire használják az ecetet.) A háztartásban, a mindennapi életben előfordulnak más savak is. A citromsav élelmiszer, konzerváló anyag, az aszkorbinsav a C-vitamin. (Az ecetsav, citromsav és az aszkorbinsav szerves vegyület.) A bórsav oldatát fertőtlenítőszerként használják, a kénsavoldatot pedig a gépkocsik akkumulátoraiba öntik.

ÖSSZEFOGLALÁS

A savak molekuláris anyagok, a vízben oldódnak. A savak megváltoztatják az indikátorok színét, de nem úgy, ahogyan a lúgok.

A savak kölcsönhatásba lépnek a legtöbb fémmel, miközben hidrogén válik ki és sók képződnek. Az ilyen reakciókat helyettesítési (szubsztitúciós) reakciónak nevezzük. Megvalósulásuk lehetőségét a fémek aktivitási sora segítségével határozhatjuk meg.

A savak reagálnak a bázisképző oxidokkal és bázisokkal, miközben sók és víz keletkezik, s azonkívül a sókkal (a reakció termékei valamely más sav és só). Az oxigéntartalmú savak hevítéskor felbomlanak.

A savakat széleskörűen alkalmazzák különböző területeken.

?

110. Nevezzétek meg a savak jellegzetes fizikai tulajdonságait. Mi váltja ki őket?

111. Meg lehet-e különböztetni lakmusz, fenolftalein és univerzális indikátor segítségével a savoldatokat a lúgoldatoktól? Ha igen, akkor hogyan?

112. Írjátok le a reakciók vázlatait és állítsátok össze a kémiai egyenleteket:

a) $Mg + HBr \rightarrow$
$BaO + HNO_3 \rightarrow$
$NaOH + H_2S \rightarrow$

b) $Li_2O + H_2SO_4 \rightarrow$
$Fe(OH)_2 + HNO_3 \rightarrow$
$K_2SiO_3 + H_3PO_4 \rightarrow$

113. A pontok helyére írjátok be a sav-reagenseket, a reakciók termékeit és alakítsátok át a vázlatokat kémiai egyenletekké:

a) $Fe + \ldots \rightarrow FeCl_2 + \ldots$; b) $Al + \ldots \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + \ldots$;

$Li_2O + \ldots \rightarrow Li_3PO_4 + \ldots$; $Cr(OH)_2 + \ldots \rightarrow CrSO_4 + \ldots$;

$KOH + \ldots \rightarrow KNO_3 + \ldots$; $AgNO_3 + \ldots \rightarrow AgI + \ldots$.

114. Írjátok fel a hígított kénsav és a következő anyagok között végbemenő reakciók egyenleteit (ha a reakciók végbemehetnek):

a) cink; d) bárium-hidroxid;

b) ezüst; e) hidrogén-fluorid-sav;

c) szén(IV)-oxid; f) ólom(II)-nitrát.

115. Mindegyik átalakulásra írjatok fel 2-2 kémiai egyenletet:

a) $HCl \rightarrow CaCl_2$; b) $H_2S \rightarrow K_2S$; c) $H_3PO_4 \rightarrow Ba_3(PO_4)_2$.

116. Ahhoz, hogy megvalósítsuk a nátrium-klorid és a kénsav közötti reakciót, a szilárd állapotú sóhoz tiszta savat öntünk és a keveréket felhevítjük. Magyarázzátok meg, miért nem a vegyületek oldatait alkalmazzák és miért van szükség hevítésre.

117. Milyen tömegű kénsavra van szükség 8 g nátrium-hidroxid semlegesítésére?

118. Elegendő mennyiségű sósav meg 10 g ezüstpor és cinkpor keverékének reakciója során 0,7 l hidrogén (n. k.) vált szabaddá. Számítsátok ki az ezüst tömegrészarányát a keverékben.

119. A salétromsav bomlása során 11,2 l gázelegy (n. k.) keletkezett. Határozzátok meg a felbomlott sav tömegét.

KÍSÉRLETEZZÜNK OTTHON

TERMÉSZETES INDIKÁTOROK

A növényekben található színes anyagok oldatainak elkészítése

Reméljük, hogy figyelmesen elolvastátok a tankönyv első oldalait és szeptember elején kiszárítottatok egy kevés színes virágszirmot és néhány bogyófélét.

Készítsetek főzeteket ezekből a növényekből. E célból vegyetek egy hőálló üveg- vagy zománcozott edényt, tegyétek bele a kiszárított virágszirmokat vagy bogyókat, öntsetek hozzá egy kevés vizet és forraljátok a keveréket néhány percig. Lehűlés után mindegyik folyadékot szűrjétek le.

Készítsetek azonkívül kis mennyiségben céklalevet, sötét színű szőlőlevet és vöröskáposztalevet.

Egy csészébe szórjatok 1/3 teáskanálnyi fekete vagy zöld teát és forrázzátok le. Lehűlés után az oldatot szűrjétek meg vagy öntsétek le a tealevelekről.

Különböző anyagok hatásának vizsgálata az elkészített oldatokra

Három edénybe öntsetek egy keveset a növények elkészített főzetéből vagy levéből. Az első edénybe öntsetek kis mennyiségű kalcinált szódaoldatot (vagy étszódaoldatot)[1], a másodikba ecetsavoldatot (ecetet), a harmadikat pedig hagyjuk tisztán összehasonlítás céljából. A szódaoldat helyett vehettek szalmiákszeszt, az ecet helyett pedig citromsavoldatot vagy citromlevet.

Írjátok be a táblázatba a növényoldatok színét mindegyik edényben és következtetéseiteket arról, melyek viselkednek természetes indikátorként.

Az elkészített oldat elnevezése	Az elkészített oldat színe			Következtetés
	Hozzáadott anyag nélkül	Szóda (szalmiákszesz) hozzáadásával	Ecetsav (citromsav) hozzáadásával	
..... főzete				
..... leve				
..... teája				

A lúgok és savak kimutatása egyes folyadékokban

Felhasználva a természetes indikátorokat, vizsgáljátok meg a cukor, só, mosószappan, mosópor oldatait, valamint a savót, a gyengén színes gyümölcsleveket, hogy vannak-e bennük lúgok vagy a savak. A kísérletek eredményeit írjátok be a táblázatba.

A vizsgált folyadék	A természetes indikátor színe a folyadékban	Következtetés a folyadékban észlelt lúg vagy sav meglétéről

[1] A szódaoldatban kis mennyiségű lúg képződik.

13 Az amfoter oxidok és hidroxidok

E fejezet anyaga segít nektek:

- megérteni az amfoter oxidok és hidroxidok kémiai jellegét;
- összeállítani azon reakciók termékeinek képleteit, amelyek az amfoter vegyületeknek a savakkal, bázisokkal, oxidokkal való kölcsönhatása eredményeként keletkeznek.

Egyes fémes elemek oxidjai és hidroxidjai attól függően, hogy milyen anyagokkal reagálnak, bázisos vagy savas tulajdonságokkal rendelkeznek.

A kémiai vegyületeknek azt a sajátosságát, hogy egyaránt van savas és bázisos jellegük, amfoter[1] tulajdonságnak, a vegyületet pedig amfoter vegyületnek nevezzük.

Feltüntetjük a legfontosabb amfoter vegyületek képleteit:

oxidok	*hidroxidok*
ZnO	$Zn(OH)_2$
PbO	$Pb(OH)_2$
SnO	$Sn(OH)_2$
Al_2O_3	$Al(OH)_3$
Cr_2O_3	$Cr(OH)_3$
Fe_2O_3	$Fe(OH)_3$

Fizikai tulajdonságaikat tekintve az amfoter oxidok hasonlók a bázisképző oxidokhoz, az amfoter hidroxidok pedig az oldhatatlan bázisokhoz.

Az amfoter vegyületek kölcsönhatásba lépnek a savakkal és lúgokkal, a savképző és bázisképző oxidokkal. Vizsgáljuk meg e kémiai átalakulásokat bővebben.

A cink-oxid a savakkal bázisképző oxidként reagál, a cink-hidroxid pedig bázisként:

$$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O;$$

[1] A szakkifejezés a görög „amphoterosz" szótól származik, amelynek jelentése: az is, más is.

$$Zn(OH)_2 + 2HCl = ZnCl_2 + 2H_2O.$$

Annak a reakciónak a terméke (a $ZnCl_2$ só), amelynek során az amfoter vegyület bázisos tulajdonságokat mutatott, a fémes elem kationját (Zn^{2+}) tartalmazza.

Ha a sav helyett lúgot veszünk, a cink-oxid savképző oxidként fog viselkedni, a cink-hidroxid pedig savként.

A cink-hidroxid és a nátrium-hidroxid kölcsönhatásának reakcióegyenlete:

$$Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + 2H_2O.$$

Abból a célból, hogy a keletkezett só képlete érthetőbbé váljon számotokra, a cink-hidroxid képletében megváltoztatjuk az elemek felírásának sorrendjét úgy, hogy az megfeleljen a savak általánosan elfogadott képletalakjának:

$$H_2ZnO_2 + 2NaOH = \underset{\text{nátrium-cinkát}}{Na_2ZnO_2} + 2H_2O.$$

Ez a só lesz a cink-oxiddal végbemenő hasonló reakció terméke is:

$$ZnO + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2O.$$

A nátrium-cinkát, amely a cink-oxid és cink-hidroxid savas tulajdonságait érvényesítő reakciók eredményeképpen jött létre, az adott fémes elemet anionban (ZnO_2^{2-}) tartalmazza.

8. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

A cink-hidroxid reakciói a kénsavval és a nátrium-hidroxiddal

Előzetesen állítsatok elő kis mennyiségű cink-hidroxidot. E célból öntsetek a kémcsőbe egy kevés cink-szulfát-oldatot (vagy cink-klorid-oldatot) és adagoljatok hozzá néhány csepp nátrium-hidroxid-oldatot. Mit tapasztaltok? Milyen anyag vált ki csapadék formájában? Írjátok fel a reakció egyenletét.

Alaposan keverjétek össze a kémcső tartalmát és osszátok két részre az oldatot a csapadékkal. A cink-hidroxidot tartalmazó keverék egyik adagjához öntsetek kénsavoldatot, a másikhoz nátrium-hidroxid-oldatot. Mit észleltek?

Milyen tulajdonságokat mutat a cink-hidroxid a savval és a lúggal reagálva?

Ha a lúggal való reakcióban háromvegyértékű elem amfoter oxidja (vagy hidroxidja) szerepel, akkor kölcsönhatásuknak kétféle változata lehetséges.

Megvizsgáljuk az alumínium-oxid és kálium-hidroxid között végbemenő reakciót. E vegyületek közötti egyik reakció terméke az a só, mely az alumínium-hidroxidtól ($Al(OH)_3$-tól) mint savtól (H_3AlO_3) származik. E só képlete: K_3AlO_3:

$$Al_2O_3 + 6KOH = 2K_3AlO_3 + 3H_2O. \quad (1)$$

kálium-ortoaluminát

A másik reakció terméke egyszerűbb összetételű só.

Levezetjük ennek a sónak a képletét, először kiderítve, milyen is a képlete a megfelelő „savnak" (a valóságban – amfoter vegyületnek). E célból sorba állítjuk az alumínium-oxid és a víz képleteinek összes atomjait és a kapott képletben az indexeket kétszer kisebbítjük:

$$\begin{matrix} Al_2O_3 \searrow \\ \qquad [H_2Al_2O_4] \Rightarrow HAlO_2. \\ H_2O \nearrow \end{matrix}$$

Most pedig kicseréljük a sav képletében a hidrogént a kálium vegyjelével:

$$HAlO_2 \Rightarrow KAlO_2.$$

A megfelelő kémiai egyenlet:

$$Al_2O_3 + 2KOH = 2KAlO_2 + H_2O. \quad (2)$$

kálium-metaaluminát

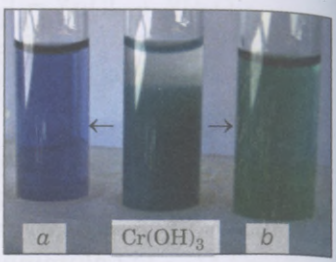
Összehasonlítva az (1) és (2) egyenletben a reagensek képletei előtt levő együtthatókat, láthatjuk, hogy ortoaluminát akkor keletkezik, ha az alumínium-oxidhoz háromszor több lúgot adagolunk.

Érdekes tudni
A kalcium-aluminátok a cement alkotórészei.

Ugyanilyen sók lesznek a termékei az alumínium-hidroxiddal végbemenő hasonló reakcióknak:

$$Al(OH)_3 + 3KOH = K_3AlO_3 + 3H_2O;$$

$$Al(OH)_3 + KOH = KAlO_2 + 2H_2O.$$



30. ábra
A króm(III)-hidroxid *a* – sósavval; *b* – nátriumhidroxid-oldattal való kölcsönhatásának eredménye

A 30. ábra bemutatja annak a kísérletnek az eredményét, mely bizonyítja a króm(III)-hidroxid $Cr(OH)_3$ amfoter jellegét.

▶ Állítsátok össze a króm(III)-hidroxid sósavval és nátrium-hidroxiddal való kölcsönhatásának reakcióegyenleteit.

Az amfoter vegyületek kölcsönhatásba lépnek (főleg hevítéskor) a bázisképző és savképző oxidokkal, miközben sók képződnek:

$$Al_2O_3 + 3Na_2O \stackrel{t}{=} 2Na_3AlO_3;$$

$$2Al(OH)_3 + Na_2O \stackrel{t}{=} 2NaAlO_2 + 3H_2O;$$

$$ZnO + SiO_2 \stackrel{t}{=} ZnSiO_3.$$

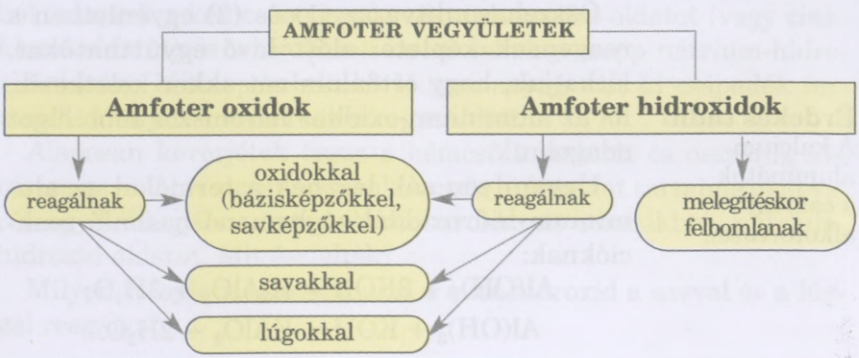
Hevítéskor az amfoter hidroxidok úgyanúgy, mint az oldhatatlan bázisok, megfelelő oxidokra és vízre bomlanak:

$$Zn(OH)_2 \stackrel{t}{=} ZnO + H_2O.$$

▶ Írjátok fel az alumínium-hidroxid hőbomlásának reakcióegyenletét.

Az ismertetett anyagot a 4. séma foglalja össze.

4. séma
Az amfoter vegyületek kémiai tulajdonságai



ÖSSZEFOGLALÁS

A fémes elemek egyes oxidjai és hidroxidjai mind bázisos, mind savas tulajdonságokkal rendelkeznek. Az ilyen anyagokat amfoter vegyületeknek nevezzük. Fizikai tulajdonságaikat illetően az amfoter oxidok hasonlók a bázisképző oxidokhoz, az amfoter hidroxidok pedig – az oldhatatlan bázisokhoz. Az amfoter vegyületek kölcsönhatásba lépnek a savakkal és lúgokkal, a savképző és bázisképző oxidokkal, miközben sók keletkeznek. Az amfoter hidroxidok hevítéskor felbomlanak.

?

120. Milyen vegyületeket nevezünk amfoter vegyületeknek? Nevezzetek meg néhány amfoter oxidot és hidroxidot.

121. Töltsétek ki a reakciók vázlatát és állítsátok össze a kémiai egyenleteket:

a) $Zn(OH)_2 + HNO_3 \rightarrow$
$SnO + NaOH \rightarrow$
$Pb(OH)_2 \xrightarrow{t}$

b) $Fe(OH)_3 + H_2SO_4 \xrightarrow{t}$
$Al_2O_3 + CaO \xrightarrow{t}$
$Cr(OH)_3 \xrightarrow{t}$

122. Hogyan lehet felismerni a por alakú magnézium-hidroxidot és a cink-hidroxidot, tekintetbe véve a kémiai tulajdonságaik különbözőségét?

123. Egy amfoter hidroxid relatív képlettömege 103. Melyik ez a vegyület?

124. Milyen tömegű vas(III)-oxid tartalmaz annyi iont, mint amennyi molekulát tartalmaz 11 g szén(IV)-oxid?

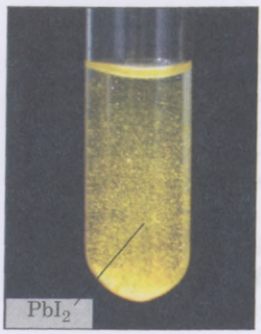
125. 39 g alumínium-hidroxid bomlása közben 20 g alumínium-oxid képződött. Teljesen felbomlott-e a kiindulási vegyület?

14 A sók tulajdonságai és alkalmazása

E fejezet anyaga segít nektek:

- kideríteni a sók fizikai tulajdonságait;
- elsajátítani a sók kémiai tulajdonságait;

➢ megjósolni a só fémmel való reakciójának lehetőségét;
➢ megismerni a sók alkalmazásának területeit.



31. ábra
Az ólom(II)-jodid csapadéka, mely a vegyület oldatának lehűlésekor keletkezett

A sók fizikai tulajdonságai. A sók ugyanúgy, mint a többi ionos vegyület, közönséges körülmények között kristályos anyagok. A sóknak többnyire magas az olvadáspontjuk:

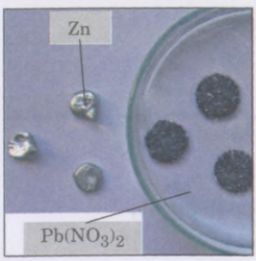
NaCl 801 °C; K_2SO_4 1069 °C; $CaSiO_3$ 1544 °C.

A sók egy része oldódik a vízben, egyesek csupán kis mértékben (31. ábra), a többi oldhatatlan. A megfelelő információt megtaláljátok az oldhatósági táblázatban (lásd a tankönyv 2. előzékét).

A sók oldatainak képződését gyakran kíséri hőhatás. Például a nátrium-karbonát oldódása közben kis mennyiségű hő válik ki, és az oldat kissé felmelegszik. A nátrium-nitrát oldatának készítésekor jelentéktelen hőmérsékletcsökkenés észlelhető.

Csupán egy sónak – a nátrium-kloridnak – sós az íze. Rengeteg más oldható só keserű, az ólom és a berillium sói édesek, de rendkívül mérgezőek. Számos só ízének kiderítésekor, bizonyára, egyes alkimisták életükkel fizettek.

A sók különféleképpen hathatnak a növényekre, állatokra és az emberre. Vannak közöttük olyan vegyületek, amelyek a növények számára szükséges elemeket tartalmaznak. Ezeket műtrágyaként alkalmazzák. A konyhasót naponta használjuk az ételeinkben, hogy kiegészítsük tartalékát a szervezetben (ez a vegyület állandóan kiválasztódik a szervezetből az izzadsággal és a vizelettel).



32. ábra
Az ólom(II)-nitrát oldata és a cink közötti reakció

A sók kémiai tulajdonságai. A sók részt vesznek az egyszerű és összetett anyagokkal végbemenő különböző reakciókban.

Reakciók fémekkel. A só a vizes oldatban fémmel reagálhat, miközben új só és más fém keletkezik (32. ábra). Gyakran

mondják, hogy az egyik fém "kitaszítja" a másikat a sóoldatból. A reakció abban az esetben megy végbe, ha a fém-reagens aktívabb a fémtermeknél, illetve az aktivitási sorban tőle balra helyezkedik el (2. előzék):

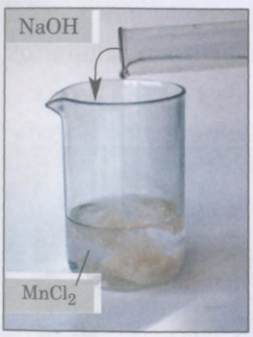
$$Pb(NO_3)_2 + Zn = Zn(NO_3)_2 + Pb.$$

9. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET
A réz(II)-szulfát oldata és a vas reakciója

A kémcsőbe óvatosan tegyetek be egy vasszeget és öntsetek rá kis mennyiségű réz(II)-szulfát-oldatot. Mi megy végbe a fém felületén? Változik-e idővel az oldat színe?

Állítsátok össze a reakció egyenletét. Vegyétek figyelembe, hogy az egyik termék a vas(II) vegyülete.

A bázisokat és savakat tanulmányozva megismerkedtetek e vegyületeknek a sókkal való kölcsönhatásával. Azonkívül a sók képesek egymással is reagálni. Az említett reakciók mindegyike cserebomlási reakció.



33. ábra
A mangán(II)-klorid és a nátrium-hidroxid közötti reakció

Reakciók lúgokkal. A só és a lúg közötti reakció csupán oldatokban megy végbe (az oldhatatlan sók a lúgokkal nem reagálnak). E reakció lehetséges, ha a termékeinek egyike – a bázis vagy a só – kicsapódik az oldatból (33. ábra):

$$MnCl_2 + 2NaOH = Mn(OH)_2\downarrow + 2NaCl;$$

$$K_2SO_4 + Ba(OH)_2 = 2KOH + BaSO_4\downarrow.$$

Az ilyen reakciók lehetőségének előrejelzésére használjátok az oldhatósági táblázatot (2. előzék).

10. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET
A réz(II)-szulfát és a nátrium-hidroxid reakciója az oldatban

Öntsetek a kémcsőbe egy kevés réz(II)-szulfát-oldatot (milyen a színe?) és adjatok hozzá keverés közben néhány csepp

nátrium-hidroxid-oldatot. Mit észleltek? Milyen vegyület csapódik ki?

Ha a réz(II)-szulfát-oldathoz annyi lúgoldatot adagoltok, amennyi a só réz(II)-hidroxiddá alakításához szükséges, akkor az ülepítés elteltével a csapadék fölötti oldat színtelenné válik. Ez az oldat csupán nátrium-szulfátot fog tartalmazni (Na^+ és SO_4^{2-} ionokat).

Állítsátok össze a reakcióegyenletet.

Reakciók savakkal. A só (mind az oldódó, mind az oldhatatlan) kölcsönhatásba léphet savakkal, miközben új só és új sav keletkezik. Az ilyen reakciókat gyakran csapadék- (34. ábra) vagy gázkiválás kíséri:

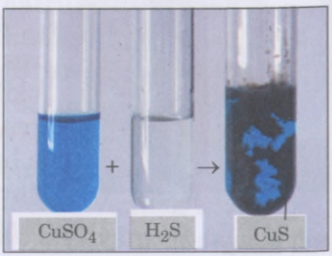
$$CuSO_4 + H_2S = CuS\downarrow + H_2SO_4;$$

$$FeS + H_2SO_4 = H_2S\uparrow + FeSO_4,$$

de gyakran észrevétlenek maradnak:

$$NaF + HNO_3 = HF + NaNO_3.$$

Azok az esetek, amelyekben a só és sav közötti reakciók lehetségesek, a 12. fejezetben találhatók (77–78. old.).



34. ábra
A réz(II)-szulfát és a kénhidrogénsav reakciója

11. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

A nátrium-karbonát reakciója a kénsavval

Öntsetek a kémcsőbe kis mennyiségű nátrium-karbonát-oldatot és adjatok hozzá ugyanolyan térfogatú hígított kénsavoldatot. Mit észleltek?

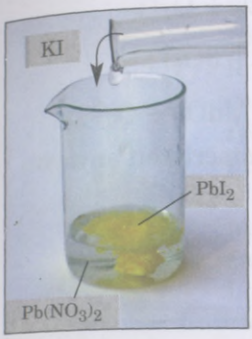
Milyen gáz szabadul fel? Miért képződik e gáz?

Állítsátok össze a megvalósított cserebomlási reakció egyenletét, figyelembe véve benne az egyik reakciótermék bomlását.

Reakciók más sókkal. Két só közötti kölcsönhatás csupán az oldatban megy végbe (a reagenseknek a vízben oldódóknak kell lenniük), miközben két új só keletkezik. A reakció abban az esetben lehetséges, ha az egyik reakciótermék csapadékként kiválik (35. ábra), illetőleg oldhatatlan vagy kevésbé oldódik. A két só közötti reakciók példái:

$$AgNO_3 + NaCl = AgCl\downarrow + NaNO_3;$$

$$3BaCl_2 + 2K_3PO_4 = Ba_3(PO_4)_2\downarrow + 6KCl.$$



35. ábra
Az ólom(II)-nitrát és a kálium-jodid reakciója

12. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

A nátrium-karbonát és kalcium-klorid reakciója az oldatban

Öntsetek a kémcsőbe egy kevés nátrium-karbonát-oldatot és adjatok hozzá néhány csepp kalcium-klorid-oldatot. Mit észleltek? Állítsátok össze a reakció egyenletét.

A sók hőbomlása. A gáznemű, illó vagy nem stabil oxidok által képzett oxigéntartalmú sók hevítéskor felbomlanak. E reakciók terméke rendszerint két megfelelő oxid:

$$CaSO_3 \xrightarrow{t} CaO + SO_2\uparrow.$$

A nitrátok, akár a salétromsav (nitrátsav), a nitrogén(V)-oxidtól N_2O_5 származnak. Azonban a nitrátok hevítésekor nitrogén(V)-oxid nem képződik, mivel nem stabil:

$$Al(NO_3)_3 \xrightarrow{t} Al_2O_3 + (N_2O_5)^1.$$
$$\swarrow \quad \searrow$$
$$NO_2\uparrow \quad O_2\uparrow$$

Az alkálifémek sói vagy nem bomlanak fel (karbonátok, szulfátok), vagy bomlásuknak bizonyos

[1] Így bomlanak fel a fémes elemek nitrátjai, ha a fém az aktivitási sorban a magnézium és a réz között helyezkedik el (bezárólag).

sajátságai vannak. E közül a reakciók némelyiket a laboratóriumban az oxigén előállítására használják:

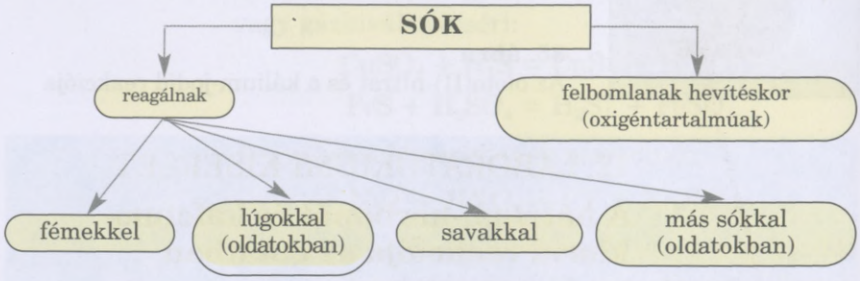
$$2NaNO_3 \overset{t}{=} 2NaNO_2 + O_2\uparrow;$$

$$2KClO_3 \overset{t,\,k}{=\!=} 2KCl + 3O_2\uparrow;$$

$$2KMnO_4 \overset{t}{=} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow.$$

Az 5. séma összefoglalja az ismertetett anyagot.

5. séma
A sók kémiai tulajdonságai



A sók alkalmazása. Számos sónak többféle alkalmazása van. A nátrium-klorid a vegyiparban a klór, a sósav, a nátrium-hidroxid, a szóda gyártásának fontos nyersanyaga. E vegyület nélkülözhetetlen az étel ízesítésénél, konzerválásnál. A kálium-klorid, kálium-szulfát, kálium-nitrát, a kalcium-foszfátok, néhány más só műtrágyák (36. ábra). A kalcium-karbonátot mészkő alakjában az építészetben használják, a gyárakban pedig belőle állítják elő a meszet. A mesterségesen előállított sóból pedig fogpasztát készítenek. Az iskolában a táblára krétával írnak, s ez szintén kalcium-karbonát. A kalcium-szulfátot (gipszet) az építészetben és a gyógyászatban alkalmazzák. Az edény és más háztarási tárgyak mosásának és tisztításának, a mosás előtti vízlágyításnak legegyszerűbb szere a kalcinált szóda, azaz a nátrium-karbonát. A kalcinált szódát krétával vagy mészkővel együtt az üveggyártásban használják.



36. ábra
A műtrágyagyár termékei

ÖSSZEFOGLALÁS

A sók ionos anyagok. A sóknak magas az olvadáspontjuk, a vízben való oldhatóságuk nem egyforma. A sók kölcsönhatásba lépnek a fémekkel, miközben más só és más fém keletkezik. Az ilyen reakciók abban az esetben mennek végbe, ha a fém-reagens aktívabb a fémterméknél (ezt a fémek aktivitási sora alapján határozhatjuk meg).

A sók cserebomlási reakciókba lépnek a lúgokkal, savakkal, más sókkal. Egyes oxigéntartalmú sók hevítéskor a megfelelő oxidokra bomlanak.

Számos sónak van gyakorlati alkalmazása.

?

126. Jellemezzétek a sók fizikai tulajdonságait. Hozzatok fel példákat a vízben jól oldódó, kis mértékben oldódó és oldhatatlan sókra.

127. Fejezzétek be a reakciók sémáit és állítsátok össze a kémiai egyenleteket:

a) $HgSO_4 + Mg \rightarrow$
$SrSO_3 + HBr \rightarrow$
$CrSO_4 + KOH \rightarrow$

b) $Pb(NO_3)_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
$K_3PO_4 + CaCl_2 \rightarrow$
$MgSO_3 \xrightarrow{t}$

128. A pontok helyett írjátok be a sók képletét és alakítsátok át a sémákat kémiai reakciókká:

a) $\ldots + Mn \rightarrow \ldots + Cu$;
$\ldots + HI \rightarrow \ldots\downarrow + HNO_3$;
$\ldots + H_2SO_4 \rightarrow \ldots + CO_2\uparrow + H_2O$;

b) $\ldots + Ba(OH)_2 \rightarrow Fe(OH)_2\downarrow + \ldots$;
$Pb(NO_3)_2 + \ldots \rightarrow PbCO_3\downarrow + \ldots$;
$\ldots \rightarrow ZnO + NO_2\uparrow + O_2\uparrow$.

129. Írjátok fel azon reakciók egyenleteit, amelyek segítségével megvalósíthatók az ilyen átalakulások:

a) $K_2SO_4 \rightarrow KCl \rightarrow KNO_3$;
b) $AlCl_3 \rightarrow AlPO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 \rightarrow Al(NO_3)_3$;
c) $ZnCl_2 \rightarrow ZnCO_3 \rightarrow ZnO \rightarrow Zn(NO_3)_2 \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow K_2ZnO_2$.

130. Írjátok fel a következő vegyületek között végbemenő reakciók egyenleteit (ha azok megvalósíthatók):

a) kálium-szilikát és salétromsav; b) nátrium-szulfát és magnézium-nitrát; c) réz(II)-klorid és bárium-szulfát; d) króm(III)-

szulfát és nátrium-hidroxid; e) kálium-szulfid és higany(II)-nitrát.

131. Milyen maximális tömegű vas(III)-fluoridot lehet előállítani 4,84 g vas(III)-nitrátból? Hogyan végeznéd el ezt a kísérletet?

132. Elegendő-e 13 g cinkpor 33,1 g ólom(II)-nitrát ólommá való teljes átalakulásához?

133. Egy vaslemeznek a réz(II)-szulfát oldatába való behelyezése után tömege 0,8 grammal megnövekedett. Számítsátok ki a lemezen kivált réz tömegét. Vegyétek figyelembe, hogy a reakció során jól oldódó só – vas(II)-szulfát képződik.

134. 28,7 g nátrium-nitrát és kálium-nitrát keverékének hevítése során 3,36 l oxigént (n. k.) állítottak elő. Milyen volt a sók tömege a kiinduló keverékben?

AZ ÉRDEKLŐDŐK SZÁMÁRA

Savanyú sók

Tudjátok, hogy a savnak lúggal való kölcsönhatása során a sav minden egyes molekulájának hidrogénatomjai a fémes elem atomjaival (pontosabban ionjaival) „helyettesítődnek":

$$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O;$$
$$H_3PO_4 + 3KOH = K_3PO_4 + 3H_2O.$$

De lehetséges-e, hogy a több-bázisos sav molekulájában csak a hidrogénatomok egy része helyettesítődjön? Igen. A megfelelő reakciók eredményeképpen keletkeznek az úgynevezett *savanyú sók*:

$$H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O;$$
$$H_3PO_4 + KOH = KH_2PO_4 + H_2O;$$
$$H_3PO_4 + 2KOH = K_2HPO_4 + 2H_2O.$$

A $Ca(HCO_3)_2$ és $Mg(HCO_3)_2$ savanyú sókat oldott állapotban tartalmazza az édesvíz. Az édesvíz forralásakor a vegyületek felbomlanak

$$Ca(HCO_3)_2 \overset{t}{=} CaCO_3\downarrow + CO_2\uparrow + H_2O;$$

$$Mg(HCO_3)_2 \overset{t}{=} MgCO_3\downarrow + CO_2\uparrow + H_2O$$

és az edény falán vízkő keletkezik – a $CaCO_3$ és $MgCO_3$ karbonátok keveréke.

A kalcium és ortofoszforsav savanyú sói $CaHPO_4$ és $Ca(H_2PO_4)_2$ a foszfortartalmú műtrágyák fő alkotórészei, amelyeket megfelelően precipitátumnak, illetőleg szuperfoszfátnak neveznek. A nátrium és szénsav savanyú sóját minden gazdasszony ismeri: ez az étkezési szóda (szódabikarbóna) (37. ábra).



37. ábra
Kétféle szóda: *a* – kalcinált szóda (Na_2CO_3); *b* – éti szóda, étkezési szóda ($NaHCO_3$)

1. GYAKORLATI MUNKA

A szervetlen vegyületek legfontosabb osztályai tulajdonságainak tanulmányozása

I. VÁLTOZAT

A sósav kémiai tulajdonságainak tanulmányozása

1. KÍSÉRLET

A sósav hatása az indikátorra

Pipetta vagy üvegpálcika segítségével vigyetek rá egy csepp hígított sósavat az univerzális indikátor-papírra. Hogyan változik az indikátor színe?

2. KÍSÉRLET

A sósav reakciója fémmel

A kémcsőbe óvatosan helyezzetek be egy cinkdarabkát és öntsetek hozzá 1 ml hígított sósavat. A kémcső tartalmát kissé meg lehet melegíteni. Mit észleltek?

3. KÍSÉRLET

A sósav reakciója a bázisképző (amfoter) oxiddal

A kémcsőbe szórjatok egy kevés kalcium-oxidot (vas(III)-oxidot) és öntsetek hozzá 1 ml hígított sósavat. (A reakció meggyorsítása céljából az amfoter oxidot és savat tartalmazó kémcsövet fel lehet melegíteni, de kerüljétek el az oldat forralását.) Milyen változások mennek végbe az anyagokkal?

4. KÍSÉRLET

A sósav reakciója lúggal[1]

Öntsetek a kémcsőbe 1 ml hígított sósavat és adjatok hozzá 1–2 csepp fenolftalein-oldatot. Adagoljatok a kémcsőbe cseppenként az oldat keverése közben nátrium-hidroxid-oldatot a málnavörös színeződés megjelenéséig. Miről tanúskodik ez?

5. KÍSÉRLET

A sósav reakciója sóval

Öntsetek a kémcsőbe 1–2 ml nátrium-karbonát-oldatot[2] és adjatok hozzá 1–2 ml hígított sósavat. Mit tapasztaltok?

II. VÁLTOZAT

A nikkel(II)-szulfát tulajdonságainak tanulmányozása

1. KÍSÉRLET

A nikkel(II)-szulfát fizikai tulajdonságainak tanulmányozása

Figyelmesen nézzétek meg a kiosztott szilárd anyagot, és írjátok le megfigyeléseiteket. Tüntessétek fel a vegyület részecskéinek jellegét (kristálykák, por, bármilyen alakú darabkák).

Derítsétek ki, oldódik-e a nikkel(II)-szulfát a vízben. E célból egy vízzel telt kisebb edénybe szórjatok kb. 1/4 teáskanálnyi vegyületet, és keverjétek össze az elegyet üvegpálcikával. Mi a kísérlet eredménye? A kapott eredmény egyezik-e az oldhatósági táblázat adataival?

A só elkészített oldatát osszátok szét négy kémcsőbe.

2. KÍSÉRLET

A nikkel(II)-szulfát reakciója fémmel

A nikkel(II)-szulfát-oldatot tartalmazó kémcsőbe helyezzetek egy cinkdarabkát. 1–2 percig hevítsétek a kémcső tartalmát, de ne forraljátok az oldatot. Változik-e a fém felülete, az oldat színe?

---

[1] A kísérlethez lúg helyett oldhatatlan bázist vagy amfoter hidroxidot is lehet használni (e vegyületek a megfelelő sónak és lúgnak reakciójával állíthatók elő). Ebben az esetben a hidroxidhoz öntjük a savat, és indikátor nem szükséges.

[2] Ezt az oldatot nátrium-szilikát-oldattal helyettesíthetjük.

3. KÍSÉRLET

A nikkel(II)-szulfát reakciója lúggal

Egy másik nikkel(II)-szulfát-oldatot tartalmazó kémcsőbe öntsetek ugyanolyan térfogatú lúgoldatot. Milyen változásokat észleltek?

4. KÍSÉRLET

A nikkel(II)-szulfát reakciója más sókkal

A megmaradt két nikkel(II)-szulfát-oldatot tartalmazó kémcső egyikébe öntsetek nátrium-karbonát-oldatot, a másikba bárium-klorid-oldatot. Mit tapasztaltok?

Mindegyik kísérlet elvégzése során írjátok be az alábbi táblázatba tevékenységeteket, megfigyeléseiteket (rögzítsétek az oldat képződését, a csapadék képződését, a gázkiválást, szag megjelenését vagy hiányát, az oldat színének változását vagy megjelenését stb.). A kísérlet befejezése után írjátok be a táblázatba következtetéseiteket és a megfelelő kémiai egyenletet.

Tevékenységetek sorrendje	Megfigyelések	Következtetés
1. kísérlet. A ... → ... reakció megvalósítása		
...	...	...
A reakció egyenlete:		

?

135. Végbemegy-e a reakció a 2. kísérlet során, ha a cink helyett a) magnéziumot; b) ezüstöt veszünk? Indokoljátok meg.

136. Végbemegy-e a reakció az 5. kísérlet (I. változat) vagy a 4. kísérlet (II. változat) során, ha a nátrium-karbonátot felcseréljük: a) kalcium-karbonáttal; b) nátrium-nitráttal? Indokoljátok meg.

137. A gyakorlati munka elvégzése során milyen típusú reakciókat valósítottatok meg?

15 Az oxidok előállításának módszerei

E fejezet anyaga segít nektek:

- kideríteni az oxidok különböző módszerekkel való előállításának lehetőségét;
- megérteni azokat a követelményeket, amelyeket az anyagok előállításának ipari módszereivel szemben támasztanak.

Az oxidok előállításának többféle módszere ismeretes. Egyesek közülük az egyszerű vagy összetett anyagok oxigénnel való kölcsönhatásán alapszanak, mások az oxigéntartalmú vegyületek hőbontásán.

Érdekes tudni
Az oxigénnel nem reagál az arany, a platina, a nemesgázok és a halogének.

Az egyszerű anyagok reakciója az oxigénnel. Ilyen reakcióba lép (rendszerint hevítéskor) majdnem minden fém és nemfém. A 7. osztályban megfigyeltétek, hogyan ég a levegőn vagy az oxigénben a kén, a szén, a magnézium, a foszfor.

▶ Írjátok fel a kén és a magnézium égésének reakcióegyenleteit.

A hasonló reakciók más példái:

$$Si + O_2 \overset{t}{=} SiO_2;$$

$$2W + 3O_2 \overset{t}{=} 2WO_3.$$

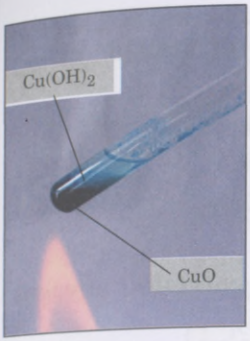
Az összetett anyagok reakciója az oxigénnel. Az elemek bináris hidrogénvegyületeinek többsége ég az oxigénben vagy a levegőn. Az ilyen reakciók termékei az oxidok és a víz:

$$CH_4 + 2O_2 \overset{t}{=} CO_2 + 2H_2O;$$

$$2H_2S + 3O_2 \overset{t}{=} 2SO_2 + 2H_2O.$$

Az oxigénnel reagálnak a fémes elemek szulfidjai is (ezeket a vegyületeket tartalmazzák a polimetallikus ércek):

$$2ZnS + 3O_2 \overset{t}{=} 2ZnO + 2SO_2.$$



38. ábra
A réz(II)-hidroxid hőbomlása

Az ilyenfajta reakciókat a színesfémkohászatban alkalmazzák a fémes elemek oxidjainak előállítására, amelyekből azután a rezet, cinket, kadmiumot és más fémeket állítják elő.

A hidroxidok hőbomlása. A bázisok, az oxigéntartalmú savak és az amfoter hidroxidok hevítéskor nem stabil vegyületek (kivételek az alkálielemek hidroxidjai). Hevítés hatására ezek megfelelő oxidokra bomlanak (38. ábra):

$$Cu(OH)_2 \xrightarrow{t} CuO + H_2O\uparrow;$$

$$H_2SO_4 \xrightarrow{t} SO_3\uparrow + H_2O\uparrow.$$

▶ Írjátok fel a vas(III)-hidroxid bomlásának reakcióegyenletét.

Az oxigéntartalmú sók hőbomlása. Az olyan sók, melyek gáznemű savképző oxidok által képződnek (SO_2, CO_2), hevítéskor oxidokra bomlanak:

$$ZnCO_3 \xrightarrow{t} ZnO + CO_2\uparrow.$$

Ha az oxid hőhatásra nem stabil, helyette bomlástermékei képződnek (39. ábra):

$$Pb(NO_3)_2 \xrightarrow{t} PbO + (N_2O_5);$$

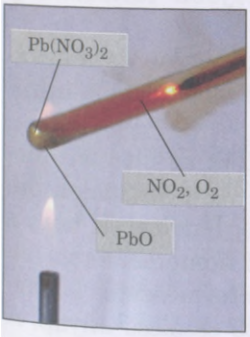
$$\swarrow \quad \searrow$$

$$NO_2\uparrow \quad O_2\uparrow$$

$$Ag_2CO_3 \xrightarrow{t} (Ag_2O) + CO_2\uparrow.$$

$$\swarrow \quad \searrow$$

$$Ag \quad O_2\uparrow$$



39. ábra
Az ólom(II)-nitrát hőbomlása

A nátrium és kálium oxigéntartalmú sói a hevítés során vagy egyáltalán nem bomlanak, vagy bomlanak, de nem oxidokra (92. old.).

Azok a sók, melyek nem illó savképző oxidok (például SiO_2, P_2O_5) vagy amfoter oxidok által képződnek, hőállóak. Ilyen sókra példa: $CaSiO_3$, $Zn_3(PO_4)_2$, $Mg(BO_2)_2$, $Cu(AlO_2)_2$, $BaZnO_2$.

Ha az elem két vagy több oxidot képez, akkor az egyik oxidot gyakran sikerül átalakítani egy másik oxiddá hevítés által

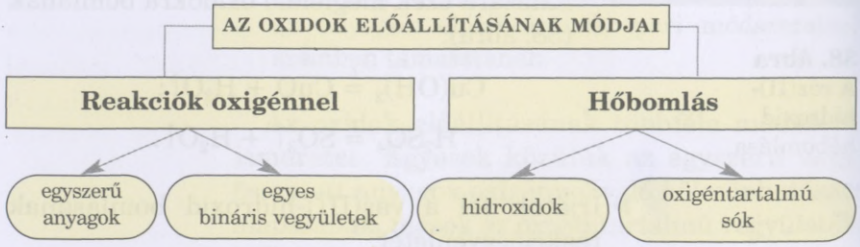
$$4CuO \xrightarrow{t} 2Cu_2O + O_2\uparrow$$

vagy az oxigénnel reagáltatva

$$2CO + O_2 \xrightarrow{t} 2CO_2.$$

6. séma
Az oxidok előállítása

A 6. séma összefoglalja az ismertetett anyagot.



Oxidok előállítása az iparban. A 9. fejezet anyagából megismerkedtetek egyes oxidok alkalmazásával. Ezeket vegyigyárakban állítják elő.

A különböző vegyületek előállításának laboratóriumi módszereitől eltérően az ipari technológia előre feltételezi a reagensek nagyméretű felhasználását, és az alábbi követelményeket támasztja:

1. A kiinduló anyagoknak hozzáférhetőnek és olcsónak kell lenniük. A legjobb természetes nyersanyagot felhasználni.

2. A kémiai reakciók előkészítése és megvalósítása során az energiaszükségletnek minimálisnak kell lennie.

Nézzük meg, hogyan gyártják az oltatlan meszet, illetve a kalcium-oxidot. Az évszázadok óta használt egyedüli ipari módszer lényege az, hogy a mészkövet ($CaCO_3$) 900 °C-os hőmérsékleten felbontják. A mészkőnek számos természetes lelőhelye van, könnyen hozzáférhető és olcsó anyag. A hőmérséklet, amelyen a mészkő bomlik, nem túlzottan magas az ipar számára (például, a kohászatban 1500 °C hőmérsékletet és ennél magassabbat is alkalmaznak). Gyengébb hevítéskor a mészkő bomlása lelassul vagy teljesen megszűnik.

Miért nem alkalmaznak más reakciókat a kalcium-oxid gyártására? Például a kalcium kölcsönhatását az oxigénnel: $2Ca + O_2 = 2CaO$? Azért, mert kalcium nem található a természetben, előállítani e fémet elég bonyolult probléma. Ismeretes azonban, hogy kalcium-oxid a gipsz[1] hőbomlása következtében is keletkezik. Azonban a gipsz, habár ez szintén természetes anyag, drágább a mészkőnél, s a bomlási hőmérséklete jelentősen meghaladja a 900 °C-ot. Felbontani a kalcium-hidroxidot (oltott meszet) oltatlan mész előállítása ($Ca(OH)_2 = CaO + H_2O\uparrow$) céljából nem célszerű, mivel épp az oltott meszet állítják elő az oltatlan mészből.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az oxidokat az egyszerű és egyes összetett anyagok oxigénnel való reakciójával, azonkívül az oxigéntartalmú sók hőbontásával állítják elő. Az oxidok előállításának, akárcsak más vegyületek előállításának ipari módszerei megkövetelik a hozzáférhető és olcsó kiinduló nyersanyagok felhasználását és a minimális energiaszükségletet.

?

138. Ajánljatok lehetőleg több módszert a következő anyagok előállítása céljából: a) szilícium(IV)-oxid; b) alumínium-oxid. Írjátok fel a megfelelő reakciók egyenleteit.

139. Tüntessétek fel a hevítés közben felbomló következő anyagok képleteit: H_2SiO_3, $CuSO_4$, $Fe(PO_3)_3$, $NaOH$, $MgCO_3$, $Pb(OH)_2$, H_3BO_3. Írjátok fel a megfelelő reakciók egyenleteit.

140. Töltsétek ki az alábbi bomlási reakciók sémáit és alakítsátok át őket kémiai egyenletekké:

a) $... \rightarrow Fe_2O_3 + H_2O$; b) $... \rightarrow N_2O_3 + H_2O$;

$... \rightarrow MnO + H_2O$; $... \rightarrow TiO_2 + H_2O$.

[1] A reakció egyenlete: $2(CaSO_4 \cdot 2H_2O) \overset{t}{=} 2CaO + 2SO_2\uparrow + O_2\uparrow + 4H_2O\uparrow$.

141. A vegyigyárakban a kénsavat úgy állítják elő, hogy a kén(IV)-oxidot reagáltatják az oxigénnel, minek következtében kén(VI)-oxid képződik, amelyet azután vízzel léptetnek kölcsönhatásba. Határozzátok meg, hogy az alább közölt módszerek közül melyik alkalmazható az iparban a kén(IV)-oxid előállítására:

1) a kén(VI)-oxid hőbomlása: $2SO_3 \overset{t}{=} 2SO_2 + O_2$;

2) a kén égése: $S + O_2 \overset{t}{=} SO_2$;

3) az ezüstsó hőbomlása:

$2Ag_2SO_3 \overset{t}{=} 4Ag + O_2\uparrow + 2SO_2\uparrow$;

4) a szulfidtartalmú ásványok (polimetallikus ércek) pörkölése (izzítása) a levegőn:

$2ZnS + 3O_2 \overset{t}{=} 2ZnO + 2SO_2\uparrow$.

A módszer megválasztását indokoljátok meg.

142. Számítsátok ki, milyen térfogatú szén(IV)-oxid és a kén(IV)-oxid (a n. k.-re átszámítva) keletkezik 19 g szén(IV)-szulfid elégetése során oxigénfeleslegben.

143. 2,32 g magnézium-hidroxid pörkölése után a szilárd maradék tömege 1,60 g lett. Felbomlott-e teljesen a vegyület?

144. Határozzátok meg azon gázelegynek a levegőhöz viszonyított sűrűségét, amely a cink-nitrát hevítésekor keletkezik.

145. 8 g kén és szén keverékének elégetésekor 26 g kén-dioxid és szén-dioxid gázok elegye képződik. Számítsátok ki az egyszerű anyagok tömegrészarányát a keverékben.

16 A bázisok és amfoter hidroxidok előállítási módszerei

E fejezet anyaga segít nektek:

- kideríteni a lúgok és az oldhatatlan bázisok különböző módszerekkel való előállításának lehetőségeit;
- kiválasztani az amfoter hidroxidok előállítására szolgáló reagenseket.

A lúgok háromféle módszerrel állíthatók elő, az oldhatatlan bázisok csupán egy módszerrel.

A lúgok előállítása. A lúgok előállításának egyik módszere a *fémek vízzel való reakcióján* alapszik (40. ábra).



40. ábra
A nátrium kölcsönhatása a vízzel (hozzáadva fenolftaleint)

A lúgon kívül hidrogén keletkezik:

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow;$$
$$Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2\uparrow.$$

A lúgok előállításának másik módszere: *a bázisképző oxid kölcsönhatása a vízzel:*

$$Na_2O + H_2O = 2NaOH.$$

Ilyen módszerrel állítják elő az oltott meszet a gyárakban és közvetlenül ezen anyag felhasználása előtt az építkezési munkák során, a fák törzsének meszelésekor:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2.$$

Lúgot előállíthatunk még *cserebomlási reakció segítségével is, mely oldódó só és más lúg* (az oldatban) kölcsönhatására megy végbe. A kiinduló vegyületeket úgy választjuk ki, hogy oldhatatlan só képződjön:

$$Na_2SO_4 + Ba(OH)_2 = BaSO_4\downarrow + 2NaOH.$$

A nátrium- és kálium-hidroxidot az iparban a kloridok vizes oldataira gyakorolt egyenáramhatással gyártják:

$$2MCl + 2H_2O \overset{\text{el. áram}}{=} 2MOH + H_2\uparrow + Cl_2\uparrow$$
(M – Na, K).

Az ilyen folyamatot nevezik elektrolízisnek.

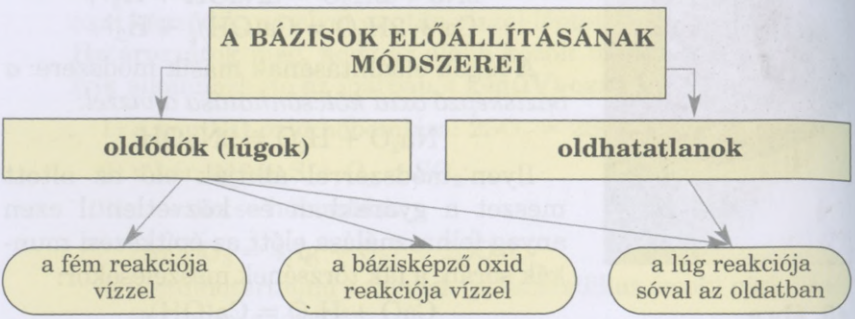
Az oldhatatlan bázisok előállítása. Az oldhatatlan bázist csupán *a só és lúg között az oldatban végbemenő cserebomlási reakcióval* lehet előállítani. Mivel a bázis csapadék formájában kiválik, ezért a keletkezett sónak vízben oldódónak kell lennie (két oldhatatlan vegyületet szétválasztani lehetetlen):

$$NiCl_2 + 2NaOH = Ni(OH)_2\downarrow + 2NaCl;$$
$$2Bi(NO_3)_3 + 3Ba(OH)_2 = 2Bi(OH)_3\downarrow + 3Ba(NO_3)_2.$$

A kevéssé oldódó magnézium-hidroxid nem csupán cserebomlási reakció terméke lehet. Ez a vegyület, akárcsak a lúgok, a fém vagy oxid vízzel való reakciójának terméke is lehet. Igaz, mindkét reakció lassan megy végbe, az első csak hevítésre:

$$Mg + 2H_2O \overset{t}{=} Mg(OH)_2 + H_2\uparrow;$$
$$MgO + H_2O = Mg(OH)_2.$$

A 7. séma összefoglalja az ismertetett anyagot.



7. séma
A bázisok előállítása

Az amfoter hidroxidok előállítása. Mivel az amfoter hidroxid a bázisok és a savak tulajdonságaival rendelkezik, előállíthatjuk cserebomlási reakció segítségével mint bázist is,

$$ZnSO_4 + 2NaOH = Zn(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4,$$

de ugyanakkor mint savat is:

$$Na_2ZnO_2 + H_2SO_4 = H_2ZnO_2\downarrow + Na_2SO_4.$$

Ezek az átalakulások azért mennek végbe, mert az amfoter hidroxidok mindegyike vízben oldhatatlan.

A lúgot vagy savat nem lehet feleslegben venni, mivel az amfoter hidroxid mindkét említett vegyülettel reagál. Például, a nátrium-cinkátnak a kénsav feleslegével történő reakciója során cink-hidroxid helyett cink-szulfát keletkezik:

$$Na_2ZnO_2 + 2H_2SO_4 \text{ (felesl.)} = \\ = ZnSO_4 + Na_2SO_4 + 2H_2O.$$

▶ Írjátok fel a cink-szulfátnak és a feleslegben vett nátrium-hidroxid reakciójának egyenletét.

Egyes amfoter hidroxidok előállíthatók két só között az oldatban végbemenő cserebomlási reakcióval, ha az egyik reakciótermék só vízzel felbomlik (ilyen ismereteket találunk az oldhatósági táblázatban):

$$2AlCl_3 + 3K_2CO_3 = \cancel{Al_2(CO_3)_3} + 6KCl;$$
$$\cancel{Al_2(CO_3)_3} + 6H_2O = 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2CO_3;$$

$$2AlCl_3 + 3K_2CO_3 + 6H_2O = 2Al(OH)_3\downarrow + 6KCl + 3H_2CO_3.$$

$3H_2O$ $3CO_2\uparrow$

ÖSSZEFOGLALÁS

A lúgokat a megfelelő fémek vagy oxidok vízzel való reakciójával állítják elő.

Az oldódó és oldhatatlan bázisok, valamint az amfoter hidroxidok előállításának általános módszere a lúg és só oldatban végbemenő cserebomlási reakcióján alapszik. Az amfoter hidroxidok azonkívül még a megfelelő sók és savak kölcsönhatásával is előállíthatók.

?

146. Ajánljatok lehetőleg minél több módszert az alábbi vegyületek előállítására: a) bárium-hidroxid; b) mangán(II)-hidroxid; c) króm (III)-hidroxid. Írjátok fel a megfelelő reakciók egyenleteit.

147. Töltsétek ki a reakciósémákat és alakítsátok át őket kémiai egyenletté:

a) $Li + ... \rightarrow LiOH + ...$; $SrO + ... \rightarrow Sr(OH)_2$;

b) $Fe_2(SO_4)_3 + ... \rightarrow Fe(OH)_3 + ...$; $BaZnO_2 + HNO_3 \rightarrow Zn(OH)_2 + ...$

148. Írjátok fel azokat a reakcióegyenleteket, amelyek segítségével megvalósíthatók az alábbi átalakulások:

a) $K_2CO_3 \rightarrow KOH$; b) $CdS \rightarrow CdO \rightarrow Cd(NO_3)_2 \rightarrow Cd(OH)_2$;

c) $Al \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow AlCl_3 \rightarrow Al(OH)_3$.

149. A kémiai szertárban van kálium- és bárium-hidroxid, azonkívül kalciumsók – karbonát és klorid. Milyen vegyületeket lehet felhasználni a kalcium-hidroxid előállítására? Hogyan kell megvalósítani a megfelelő kísérleteket?

150. Megbízatást kaptál az ón(II)-hidroxid előállítására kétféle módszerrel az ón(II)-oxid kiinduló vegyületből. Milyen vegyszerekre van szükséged ehhez? Vegyétek figyelembe, hogy az ón(II)-vegyületek oldhatóságukat illetően hasonlók a cink-vegyületekhez. Írd fel a megfelelő reakciók egyenleteit.

151. Milyen tömegű bárium-hidroxid keletkezik 15,3 g bárium-oxid vízzel való reakciója során?

152. Keletkezhet-e 10 g nátrium-hidroxid, ha a reakció elvégzésére 6,9 g nátriumot és 3,6 g vizet vettek? A választ számítások alapján adjátok meg.

17 A savak előállítási módszerei

E fejezet anyaga segít nektek:

- megválasztani a sav előállítási módszerét annak összetételétől és tulajdonságaitól függően;
- meghatározni azokat a feltételeket, amelyek betartásával megvalósítható savképzéssel a cserebomlási reakció.

Mielőtt megválasztanánk a sav előállításának módszerét, először is ki kell derítenünk, milyen savról van szó: oxigénmentes vagy oxigéntartalmú, erős vagy gyenge, illó vagy nem illó, vízben oldódó vagy oldhatatlan.

▶ Mely savakat nevezünk oxigénmentesnek és melyeket oxigéntartalmúnak? Hozzatok fel példákat az erős, gyenge, illó, nem illó savakra. (Szükség esetén forduljatok a 7. és 12. fejezethez.)

A hidrogén és nemfém közötti reakció. Ez az oxigénmentes savak előállításának módszere:

$$H_2 + Cl_2 \overset{t}{=} 2HCl.$$

Az ilyen reakció termékeit, a hidrogén-kloridot, a hidrogén-szulfidot, a VI. vagy VII. csoport nemfémes elemeinek a hidrogénnel alkotott más gáznemű vegyületeit vízben oldva savat kapunk.

A klór kölcsönhatása a hidrogénnel az ipari sósavgyártás alapja.

A savképző oxid reakciója a vízzel. Az ilyen reakciót az oxigéntartalmú savak[1] előállítására használják:

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4;$$
$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4.$$

Az első reakció a kénsavgyártás befejező szakaszában megy végbe. Hasonló reakciót megvalósítani az N_2O_5-oxid és a víz között a salétromsav ipari gyártása céljából nem célszerű, mivel ez az oxid nem stabil. Kiinduló anyagként ebben az esetben a nitrogén(IV)-oxid szolgál:

$$4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3.$$

A só és sav közötti reakció. Ezen a reakción alapszik a savak előállításának általános módszere – az oxigénmentes és az oxigéntartalmú savaké is. E reakció terméke más só és más sav.

Az ilyen cserebomlási reakciót a só és a sav oldatainak felhasználásával lehet megvalósítani, ha teljesül az alábbi két feltétel valamelyike:

- a reakciótermék – az új só vagy az új sav – nem oldódik a vízben (ezt az oldhatósági táblázatból derítjük ki):

$$BaCl_2 + H_2SO_4 = BaSO_4\downarrow + 2HCl;$$
$$Na_2SiO_3 + 2HNO_3 = 2NaNO_3 + H_2SiO_3\downarrow;$$

- az előállítandó sav gyenge, a reakcióba lépő sav pedig erős (a megfelelő információ a 7. fejezetben található):

$$K_2S + 2HCl = 2KCl + H_2S.$$

Az erős és illó sav (beleértve az oxigénmentes savat is) előállítását nem oldatban valósítják meg, hanem a szilárd só és nem illó sav reakciójával. Az anyagok kölcsönhatását elősegíti a hevítés:

$$2NaNO_3\,(sz.) + H_2SO_4\,(töm.) \overset{t}{=} Na_2SO_4 + 2HNO_3\uparrow.$$

[1] A szilícium(IV)-oxid a vízzel nem reagál.

GYAKORLAT. **Elő lehet-e állítani sósavat a kálium-klorid és a kénsav reakciójával? Ha igen, akkor milyen feltételek mellett?**

Megoldás

A reakció termékeinek új sónak és új savnak kell lennie.

$$KCl + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + HCl.$$

Az oldhatósági táblázatból megtudjuk, hogy mindegyik vegyület oldódik a vízben. A kénsav és a sósav erős sav, de különböznek fizikai tulajdonságaik: az első nem illó, a második illó (ez a hidrogén-klorid-gáz vizes oldata).

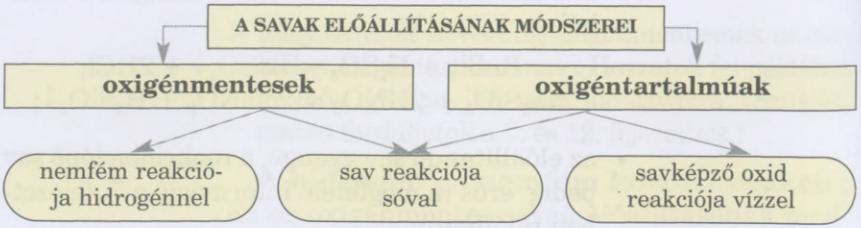
A reakciót csupán a víz kizárásával lehet megvalósítani. Akkor a hidrogén-klorid ki fog válni a reagáló keverékből.

Tehát, a hidrogén-klorid és a sósav előállításához szilárd káliumkloridot és tiszta kénsavat vagy annak tömény oldatát kell venni. A szilárd és folyékony anyagok kölcsönhatásának meggyorsítása végett hevíteni kell a rendszert. (Az oldatban a cserebomlási reakciók pillanatok alatt zajlanak le.)

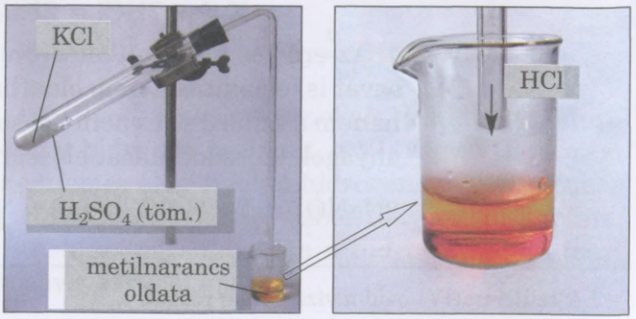
Felírjuk a megfelelő kémiai egyenletet, feltüntetve a reakció megvalósításának feltételeit (41. ábra):

$$2KCl\ (sz.) + H_2SO_4\ (töm.) \overset{t}{=} K_2SO_4 + 2HCl\uparrow.$$

A 8. séma összefoglalja az ismertetett anyagot.



8. séma
A savak előállítása



41. ábra
A hidrogén-klorid és a sósav előállítása

ÖSSZEFOGLALÁS

Az oxigénmentes savakat a hidrogénnek nemfémmel való reakciója során állítják elő, a továbbiakban pedig a gáznemű hidrogénvegyületeket vízben feloldják.

Az oxigéntartalmú savakat a savképző oxidok vízzel való reakciójával állítják elő.

A savak előállításának általános módszere a só és a sav cserebomlási reakcióján alapszik.

?

153. Ajánljatok 2–2 módszert a hidrogén-fluorid-sav és az ortofoszforsav előállítására. Írjátok fel a megfelelő reakcióegyenleteket.

154. Töltsétek be a reakciók sémáit és alakítsátok át őket kémiai egyenletekké:

a) $Cl_2O_7 + H_2O \rightarrow$ b) $NaNO_2 + H_3PO_4 \rightarrow$

$H_2SO_4 + Pb(NO_3)_2 \rightarrow$ $HBr + K_2CO_3 \rightarrow$

155. Töltsétek be vegyületek képleteivel a hiányzó helyeket és alakítsátok át a sémákat kémiai egyenletekké, feltüntetve az anyagok kölcsönhatásának körülményeit:

a) $K_2SO_3 + \ldots \rightarrow \ldots + SO_2 + H_2O$; $CaCl_2 + \ldots \rightarrow HCl + \ldots$;

b) $Ba(NO_3)_2 + \ldots \rightarrow HNO_3 + \ldots$; $Na_2SiO_3 + \ldots \rightarrow H_2SiO_3 + \ldots$

156. Melyik oxigéntartalmú savat nem lehet előállítani a megfelelő oxidból és vízből?

157. Milyen tömegű nátrium-nitrátot szükséges venni 50,4 g salétromsav előállításához?

158. Számítsátok ki az ortofoszforsav anyagmennyiségét, amely 14,2 g foszfor(V)-oxid vízfelesleggel való kölcsönhatásakor képződik.

18 A sók előállításának módszerei

E fejezet anyaga segít nektek:

- elsajátítani a sók előállításának legfontosabb módszereit;
- kiválasztani egy bizonyos só előállítási reakcióit és meghatározni a megvalósításukhoz szükséges feltételeket.

Sókat sokkal több módszerrel lehet előállítani, mint oxidokat, bázisokat és savakat.

A sók előállításának első három módszere olyan kémiai átalakulásokon alapszik, amelyekben fémek vesznek részt.

1. módszer: fém + nemfém → só.

Ezzel a módszerrel oxigénmentes sókat állíthatunk elő:

$$2Li + S \xrightarrow{t} Li_2S.$$

▶ Mely nemfémes elemek alkotnak ilyen típusú sókat? A periódusos rendszer mely csoportjaiban foglalnak helyet?

2. módszer: fém + sav (oldat) → só + hidrogén.

Az ilyen reakciókba a kénsav (hígított oldatban), a sósav, egyes más savak és olyan fémek lépnek, amelyek az aktivitási sorban a hidrogéntől balra helyezkednek el:

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow;$$
$$2Al + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2\uparrow.$$

3. módszer: fém 1 + só 1 (oldatban) → fém 2 + só 2.

Számotokra ismeretes, hogy az ilyen reakció csak akkor lehetséges, ha a fém 1 aktívabb a fém 2-nél, azaz a fém 1 az aktivitási sorban a fém 2- től balra helyezkedik el:

$$Sn + Pb(NO_3)_2 = Pb + Sn(NO_3)_2.$$

A sók előállításának néhány más módszere a bázisos és savas tulajdonságokkal rendelkező vegyületek egymás közti reakcióin alapszik (9., 11–13. fejezet).

4. módszer: bázis (amfoter hidroxid) + sav (amfoter hidroxid) → só + víz[1] (42. ábra):

$$2Cr(OH)_3 + 3H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + 6H_2O.$$

5. módszer: bázisképző (amfoter) oxid + savképző (amfoter) oxid → só[1]:

$$3FeO + P_2O_5 \xrightarrow{t} Fe_3(PO_4)_2.$$

[1] Az amfoter vegyületek egymással nem lépnek kölcsönhatásba.

6. módszer: bázis + savképző (amfoter) oxid → só + víz:

$$Ba(OH)_2 + SO_2 = BaSO_3 + H_2O.$$

7. módszer: sav + bázisképző (amfoter) oxid → só + víz:

$$2HI + Li_2O = 2LiI + H_2O.$$

Az 5. és 6. módszerek alkalmatlanok az oxigénmentes savak sóinak előállítására, mivel e savaknak nincs savképző oxidjuk.

Állítanak elő sókat a sók között végbemenő cserebomlási reakciók segítségével is (14. fejezet).

8. módszer: só 1 + sav 1 → só 2 + sav 2:

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2CO_3.$$

$$H_2CO_3 \rightarrow CO_2\uparrow + H_2O$$

9. módszer: só 1 + lúg → só 2 + bázis:

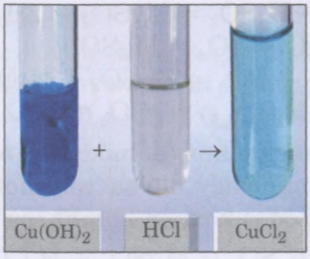
$$MnSO_4 + 2KOH = K_2SO_4 + Mn(OH)_2\downarrow.$$

10. módszer: só 1 + só 2 → só 3 + só 4 (43. ábra):

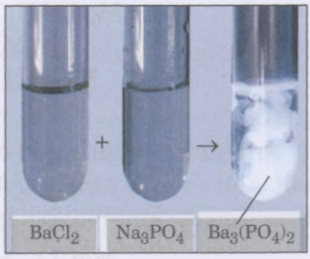
$$Na_2S + CuCl_2 = CuS\downarrow + 2NaCl.$$

A 8–10. módszereket választva figyelembe vesszük azt, hogy a cserebomlási reakció csupán csapadék- vagy gázképződés, illetve gyenge sav keletkezése esetében lehetséges (11., 12., 14. fejezet).

A 9. séma összefoglalja az ismertetett anyagot.

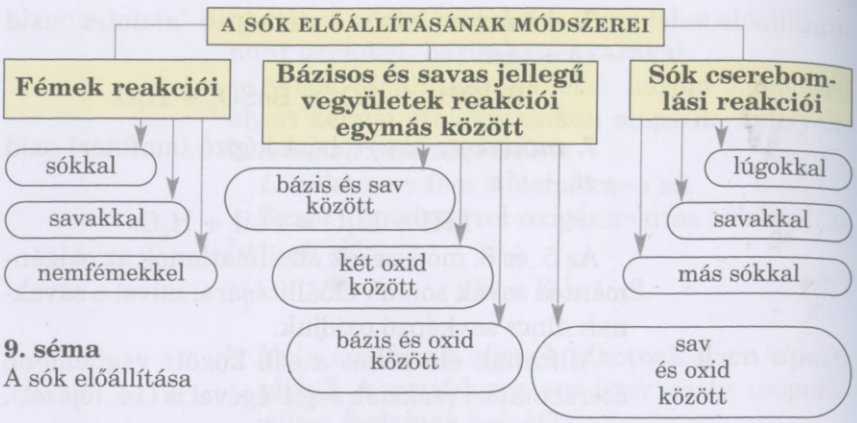


42. ábra
Bázis és sav közötti reakció



43. ábra
Két só közötti reakció oldatban

Érdekes tudni
Az $Al_2(CO_3)_3$, FeI_3 sókat és néhány másat eddig nem sikerült előállítani.



9. séma
A sók előállítása

GYAKORLAT. **Ajánljatok minél több módszert a magnézium-szulfát ($MgSO_4$) előállítására.**

Megoldás

A magnézium-szulfát oxigéntartalmú só, ezért az 1. módszer a vegyület előállítására nem alkalmas. Ezt a sót úgy lehet előállítani, hogy kiinduló anyagként fémet (2. és 3. módszer) alkalmazunk, figyelembe véve elhelyezkedését az aktivitási sorban:

$$Mg + H_2SO_4\,(old.) = MgSO_4 + H_2\uparrow;$$
$$Mg + CuSO_4 = MgSO_4 + Cu.$$

Magnézium-szulfát keletkezhet a megfelelő bázisos és savas jellegű anyagok reakcióinak eredményeképpen is (4–7. módszer):

$$Mg(OH)_2 + H_2SO_4 = MgSO_4 + 2H_2O;$$
$$MgO + SO_3 = MgSO_4;$$
$$Mg(OH)_2 + SO_3 = MgSO_4 + H_2O;$$
$$MgO + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O.$$

A sónak savval való reakciójához (8. módszer) olyan magnézium-sót kell venni, amely gyenge vagy illó savtól, illetőleg olyan savtól származik, amely gázképződés közben bomlik, és kénsavat:

$$MgCO_3 + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2CO_3.$$
$$\swarrow \quad \searrow$$
$$H_2O \qquad CO_2\uparrow$$

A só lúggal való reakciója (9. módszer) a magnézium-szulfát előállítására nem alkalmas, mivel a reagensek egyikének a $Mg(OH)_2$ hidroxidnak kellene lennie, de ez a vegyület kevéssé oldódik a vízben.

A magnézium-szulfát oldódik a vízben. Ezt figyelembe véve a két só közötti kölcsönhatás (10. módszer) reagensei a következők lehetnek:

$$\underset{\text{oldódó só}}{MgCl_2} + \underset{\text{kevéssé oldódó só}}{Ag_2SO_4} = \underset{\text{oldódó só}}{MgSO_4} + \underset{\text{oldhatatlan só}}{2AgCl\downarrow}.$$

ÖSSZEFOGLALÁS

Sók többféle módszerrel állíthatók elő. A módszerek egy része fémeknek nemfémekkel, savakkal, sókkal való reakcióján alapszik. Más módszerek feltételezik a bázisos és savas tulajdonságú anyagok közötti reakciók lehetőségét, valamint a sókkal végbemenő cserebomlási reakciókat.

?

159. Milyen típusú sót lehet előállítani az egyszerű anyagok között történő reakciók segítségével? Írjatok fel néhány megfelelő kémiai egyenletet.

160. Ajánljatok lehetőleg minél több módszert az alábbi vegyületek előállítására: a) cink-klorid; b) réz(II)-szulfát; c) bárium-karbonát. Írjátok fel a reakcióegyenleteket.

161. Hogyan lehet nátrium-szulfátból előállítani nátrium-kloridot? Hogyan lehet megvalósítani az ellenkező átalakítást? Írjátok fel a kémiai egyenleteket és tüntessétek fel a reakciók megvalósításának feltételeit.

162. Írjátok fel azokat a reakcióegyenleteket, amelyek segítségével meg lehet valósítani az alábbi átalakulásokat:
a) $P \rightarrow P_2O_5 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow Na_3PO_4 \rightarrow AlPO_4$; b) $Ca \rightarrow CaO \rightarrow Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(NO_3)_2 \rightarrow CaCO_3$; c) $Na_2O \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow NaOH \rightarrow NaAlO_2 \rightarrow NaCl$; d) $ZnO \rightarrow Zn(NO_3)_2 \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow K_2ZnO_2 \rightarrow ZnSO_4$.

163. Válasszátok ki az anyagokat az alábbi átalakulások megvalósítása céljából és írjátok fel a megfelelő kémiai reakciók egyenleteit:
a) amfoter hidroxid (mint bázis) → só;
b) amfoter hidroxid (mint sav) → só;
c) só 1 → só 2 → só 3 (mindegyik sót ugyanaz a fémes elem alkossa).

164. Hogyan lehet alumínium-kloridot előállítani lítium-oxid, alumínium-szulfát, víz és sósav felhasználásával? Állítsátok össze a megfelelő kémiai egyenleteket és tüntessétek fel a reakciók megvalósításához szükséges feltételeket.

165. Lehet-e alumínium-kloridot előállítani, ha csupán alumínium-szulfát és sósav áll rendelkezésetekre? A feleletet indokoljátok meg.

166. Milyen tömegű kálium-szulfátot állíthatunk elő olyan reakcióval, amelynek során 14 g kálium-hidroxid szükséges mennyiségű kénsavval reagál.

167. 14,6 g cink és cink-oxid keveréke elegendő mennyiségű sósavval reagál, minek következtében 2,24 l hidrogén (n. k.) válik ki. Milyen tömegű só képződik?

168. 46,8 g kalcium- és magnézium-karbonát keverékének elegendő mennyiségű szilícium(IV)-oxiddal való hevítésekor 11,2 l gáz (n. k.) fejlődik. Számítsátok ki a szilikátok tömegrészarányát a keletkezett anyagkeverékben.

19 A szervetlen vegyületek legfontosabb osztályaira vonatkozó ismeretek összefoglalása

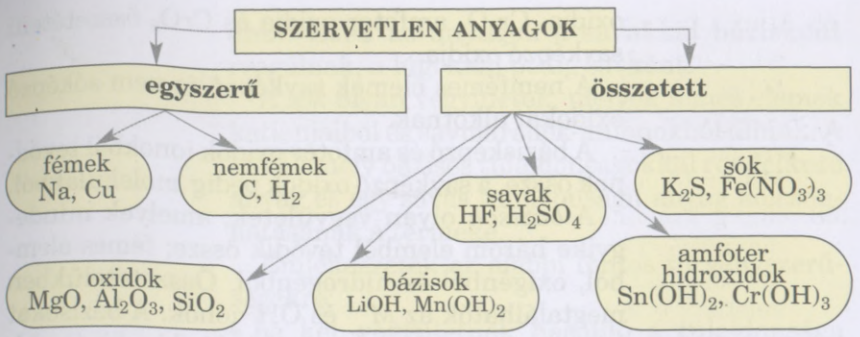
E fejezet anyaga segít nektek:

- egészében felfogni a szervetlen anyagok osztályozását;
- megérteni a kémiai elem típusa és vegyületeinek típusai közötti kapcsolatot;
- kideríteni egy elem különböző osztályokhoz tartozó vegyületei kölcsönös átalakulásainak lehetőségeit.

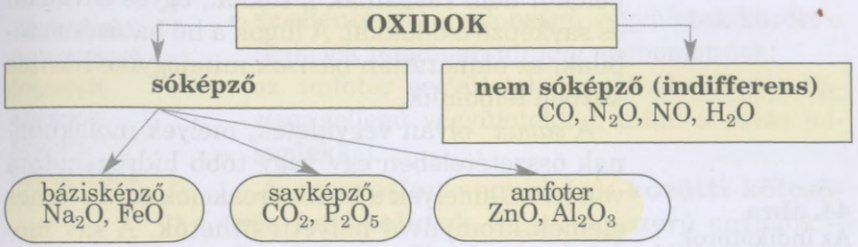
Ebben a fejezetben összegezve van mindaz, amit megismertetek, az oxidok, bázisok, savak, amfoter vegyületek, sók, azok kémiai tulajdonságai és kölcsönös átalakulásaik tanulmányozásakor. Elolvasva e tananyagot, találtok új ismereteket is az említett vegyületek osztályairól, jobban megértitek a közöttük levő összefüggéseket.

A szervetlen anyagok osztályozása. Számotokra ismeretes, hogy a szervetlen anyagokhoz számos összetett anyag tartozik (a szénvegyületeken kívül), azonkívül az összes egyszerű anyag – a fémek és nemfémek (10. séma).

Az *oxidok* az elemek vegyületei az oxigénnel. Bár az összetételük hasonló, kémiai tulajdonságaikban különböznek. Vannak bázisképző, savképző és amfoter oxidok (11. séma). Mindezeket *sóképző oxi-*



10. séma
A legfontosabb szervetlen anyagok osztályozása



11. séma
Az oxidok osztályozása kémiai tulajdonságaik alapján

doknak nevezzük, mivel ezek a vegyületek sókat képeznek a savakkal vagy bázisokkal végbemenő reakciók során (az amfoter oxidok reagálnak a savakkal és a bázisokkal is). Ismeretes azonban néhány *nem sóképző oxid* (indifferens oxid) is. Az utóbbiak nem lépnek az említett reakciókba.

Létezik bizonyos megfelelés az elem típusa és oxidjának típusa között.

A fémes elemek nem csupán bázisképző és amfoter oxidokat képesek alkotni, hanem savképző oxidokat is. Az M_2O általános képletű vegyületek között csupán bázisképző oxidok vannak. Az ilyen típusú oxidok sorába tartozik az MO összetételű vegyületek többsége. Az M_2O_3 és MO_2 oxidok általában amfoter jellegűek, az M_2O_5, MO_3 és M_2O_7 vegyületek pedig a savképző oxidokhoz tartoznak.

Egyes fémes elemekből mindhárom típusú oxid létrejöhet. Így, a krómnak van CrO bázisképző

oxidja, Cr_2O_3 amfoter oxidja és CrO_3 összetételű savképző oxidja.

A nemfémes elemek savképző és nem sóképző oxidokat alkotnak.

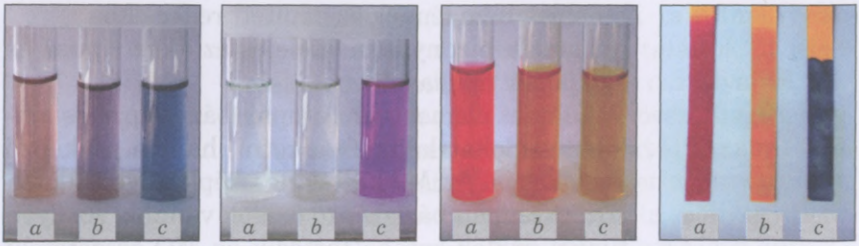
A bázisképző és amfoter oxidok ionokból tevődnek össze, a savképző oxidok pedig molekulákból.

A *bázisok* olyan vegyületek, amelyek mindegyike három elemből tevődik össze: fémes elemből, oxigénből és hidrogénből. Összetételükben megtalálhatók az M^{n+} és OH^- ionok. A bázisokat két csoportra osztjuk: az oldódó (lúgok) és oldhatatlan bázisok csoportjára. A lúgok kémiailag aktívabbak az oldhatatlan bázisoknál, amelyek például nem reagálnak a sókkal, egyes savakkal és savképző oxidokkal. A lúgok a hő hatására stabilak, az oldhatatlan bázisok mindegyike hevítés közben felbomlik.

A *savak* olyan vegyületek, melyek molekuláinak összetételében egy vagy több hidrogénatom van jelen, amelyek a kémiai reakciók során fémes elemek atomjaival helyettesíthetők. A sav molekulájának azt a részét, amely egy atomból vagy atomcsoportból áll s amely a hidrogénatommal (atomokkal) kapcsolódik, savmaradéknak nevezik. A savak összetétele különböző, kémiai aktivitásuk sem egyforma. E sajátságaik mindegyikét felhasználják a savak osztályozásakor.

A lúgokat és savakat az oldatban az indikátoranyagok segítségével különböztetjük meg (44. ábra).

44. ábra
Az indikátorok elszíneződése:
a – savas közegben;
b – semleges közegben;
c – lúgos közegben



lakmusz *fenolftalein* *metilnarancs* *univerzális indikátor*

Az *amfoter hidroxidok* kettős kémiai jelleggel rendelkező vegyületek (akárcsak az amfoter oxi-

dok). Ezek az anyagok a savakkal bázisként reagálnak, a lúgokkal pedig savként.

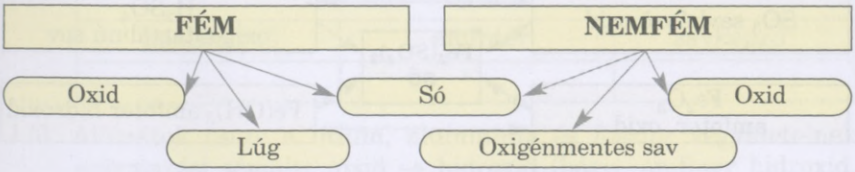
A *sók* olyan vegyületek, melyek fémes elemek kationjaiból és savmaradék-anionokból állnak. A só valamely bázisos tulajdonságokkal rendelkező anyag és egy savas tulajdonságú anyag kölcsönhatásának a terméke.

Emlékezzetek az alábbi fontos törvényszerűségekre:

- ha két vegyületnek hasonló a tulajdonsága (például, két bázisképző oxid, bázisképző oxid és bázis), akkor azok nem lépnek kölcsönhatásba egymással[1];
- az ellentétes tulajdonságú vegyületek között a reakciók majdnem mindig végbemennek;
- az amfoter vegyületek reagálnak mind a bázisos jellegű vegyületekkel, mind a savas jellegűekkel.

12. séma
Az egyszerű és összetett anyagok közötti kapcsolatok

A szervetlen vegyületek közötti kölcsönös kapcsolatok. Egyes egyszerű anyagok – fémek és nemfémek – reakcióba lépnek, miközben oxidok, lúgok, oxigénmentes savak és azok sói keletkeznek (12. séma).



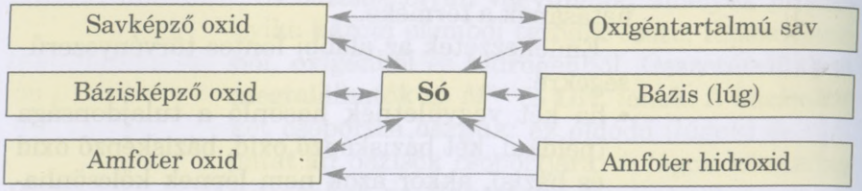
Majdnem minden savképző oxid és egyes bázisképző oxidok kölcsönhatásba lépnek a vízzel. Az első esetben a reakció terméke oxigéntartalmú sav, a másik esetben pedig lúg. Az amfoter oxidok és a víz között reakció nem megy végbe.

Minden vegyület – oxid, bázis, amfoter hidroxid, sav – bizonyos reakciók során átalakulhat megfelelő sókká. Ugyanakkor az oxigéntartalmú sav, az oldhatatlan bázis, az amfoter hidroxid, egyes oxigéntartalmú sók hevítésével megfelelő oxidot állíthatnak elő.

[1] A sók kivételt képeznek.

Az anyagok közötti kölcsönös kapcsolatok, amelyek származásukon és kémiai tulajdonságaikon alapszanak, származási vagy genetikai[1] kapcsolatok.

A 13. séma összefoglalja az ismertetett anyagot

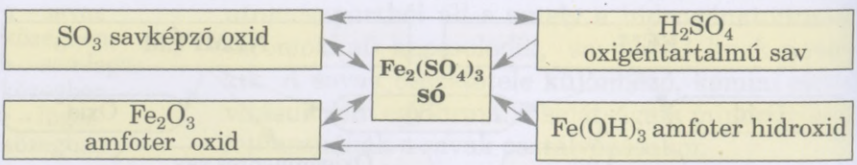


13. séma Származási kapcsolatok a szervetlen vegyületek legfontosabb osztályai között

A nyilak a sémán a vegyületek egymásnak való megfelelését és a kölcsönös átalakulások lehetőségét mutatják.

A 13. séma egyszerűsített séma. Például nem szerepelnek rajta az oxigénmentes savak, a nem sóképző oxidok.

Két elem vegyületeinek származási kapcsolatát példaként a 14. séma szemlélteti.



14. séma Származási kapcsolatok a vas(III) és a kén(VI) vegyületei között

A 13. séma alapján különböző származási „láncocskákat" állíthatunk össze. Feltüntetjük azt a jegyzetet, amely a bázis, só, sav és savképző oxid közötti kölcsönös kapcsolatokat szemlélteti:

$$Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow CO_2.$$

(Az első nyíl csak jobbra mutat, mivel az oldhatatlan sóból nem sikerül közvetlenül bázist előállítani.)

A szervetlen vegyületek osztályai közötti származási kapcsolatok ismerete és megértése segít az oxidok, bázisok, savak, amfoter hidroxidok és sók előállítási módszereinek megválasztásában.

[1] A szakkifejezés a „genos" görög szóból ered, ami azt jelenti: származás, eredet, fajta, faj, nem, születés.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szervetlen anyagokhoz tartoznak az egyszerű anyagok (fémek, nemfémek), valamint számos összetett anyag, amelyeket osztályokba sorolunk. A szervetlen vegyületek legfontosabb osztályai az oxidok, bázisok, savak, amfoter hidroxidok, sók.

Kémiai tulajdonságaik alapján az oxidokat sóképzőkre és nem sóképzőkre osztjuk, a sóképzőket pedig bázisképző, savképző és amfoter oxidokra.

Az anyagok közötti azon kölcsönös kapcsolatokat, amelyek a származásukon és kémiai tulajdonságaikon alapszanak, származási (genetikai) kapcsolatoknak nevezzük.

?

169. Töltsétek ki a táblázatot, beírva a megfelelő oszlopokba az oxidok képleteit: Li_2O, Ag_2O, Cl_2O_7, MgO, PbO, Al_2O_3, SiO_2, ZnO, SO_2, CrO_3.

Oxidok		
bázisképző	amfoter	savképző

170. Állítsátok össze a lítium, alumínium és foszfor vegyületeinek származási sémáit: „oxid → hidroxid (bázis, amfoter hidroxid, sav) → só (sók)".

171. Írjátok fel azokat a reakcióegyenleteket, amelyek megfelelnek e fejezet szövegében található utolsó származási sémának. Hogyan lehet a kalcium-karbonátot átalakítani kalcium-hidroxiddá két egymást követő reakció segítségével?

172. Írjatok fel néhány származási sémát, melyekben az első anyag a fém vagy nemfém, a második só, a harmadik bázis vagy sav.

173. Válasszatok ki két olyan sót, mely két oldhatatlan só képződésével reagál egymással. Írjátok fel a megfelelő kémiai egyenletet!

174. Hogyan lehet megvalósítani az alábbi átalakulásokat:

a) $Br_2 \rightarrow HBr \rightarrow MgBr_2 \rightarrow AgBr$;

b) $Al \rightarrow AlCl_3 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Na_3AlO_3 \rightarrow Al_2(SO_4)_3$;

c) $S \rightarrow H_2S \rightarrow SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow BaSO_4$;

d) $ZnS \rightarrow ZnCl_2 \rightarrow K_2ZnO_2 \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow Zn(NO_3)_2 \rightarrow ZnCO_3 \rightarrow ZnO$;

e) $CuSO_4 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow CuO \rightarrow CuCl_2 \rightarrow Cu(NO_3)_2 \rightarrow CuS$?

175. 1,15 g tömegű nátrium teljesen reagál a vízzel, e reakció terméke pedig a kénsavval. Számítsátok ki a sav anyagmennyiségét, amely a második reakcióba lépett.

176. Milyen tömegű alumínium-oxid keletkezik annyi alumínium-hidroxid hevítése közben, amely 21,3 g alumínium-nitrátnak a szükséges mennyiségű lúgoldattal való kölcsönhatása közben jön létre?

2. GYAKORLATI MUNKA

Kísérleti feladatok megoldása

A kémia elképzelhetetlen az anyagok tanulmányozása nélkül, kémiai reakciók elvégzése nélkül. A kísérleteknek köszönhetően a tudós új ismeretekre tesz szert, alátámasztja, pontosítja vagy elveti az ismert információt az anyagokról és átalakulásukról. A kémiai kísérlet a kémia tanulmányozásának elválaszthatatlan része. A kísérletek elvégzése közben minden tanulónak feltétlenül be kell tartania a biztonsági szabályokat. A 7. osztályban megtudtátok, hogyan vizsgálják az anyagokat, hogyan tanulmányozzák a kémiai reakciókat. Az adott gyakorlati munka során meg kell valósítanotok néhány anyagátalakulást. Derítsétek ki:

- milyen kémiai reakciókat szükséges elvégezni;
- milyen vegyszerekre van szükség;
- milyen körülményeket kell biztosítani mindegyik reakció elvégzéséhez;
- zavarni fogja-e a kísérletet az egyik kémszer feleslege, vagy szükséges lesz-e ez a felesleg;
- szükséges-e hevíteni a reagenseket.

A kísérlet során figyeljétek az anyagokat és a reakció lezajlását, a füzetben írásban rögzítsétek megfigyeléseiteket. A kísérlet befejezése után elemezzétek a kapott eredményeket és írjátok fel azokat a következtetésekkel együtt.

I. VÁLTOZAT

Reakciók megvalósítása a kémiai átalakulások sémája szerint

A következő vegyszerek állnak rendelkezésünkre: magnézium-oxid[1], sósav, nátrium-klorid-oldat, nátrium-karbonát és nátrium-ortofoszfát.

[1] Magnézium-oxid helyett magnézium-hidroxidot is vehetünk.

Feladat. Az alábbi átalakulások sémájához válasszatok kémszereket (a kiosztottak közül)

$$MgO \xrightarrow{1} MgCl_2 \xrightarrow{2} MgCO_3 \xrightarrow{3} MgCl_2 \xrightarrow{4} Mg_3(PO_4)_2$$

és valósítsátok meg a reakciókat.

II. VÁLTOZAT

A kémiai átalakulások sémájának összeállítása és a reakciók megvalósítása

A következő vegyszerek állnak rendelkezésünkre: a vas(III)-klorid, a nátrium-hidroxid és a nátrium-ortofoszfát oldatai, hígított kénsav.

Feladat. Ajánljatok átalakulási sémát (csupán a kiosztott oldatokat használhatjátok fel):

$$A \xrightarrow{1} B \xrightarrow{2} C \xrightarrow{3} D,$$

ahol ***A*** – vas(III)-klorid, ***B***, ***C*** és ***D*** – a vas más vegyületei. Végezzétek el a reakciókat.

Képletek	
az átalakulási séma anyagai	**kémszerek (felhasználásuk sorrendjében)**
... → ... → ... → ... (→ ...)	... ... (...)

A cserebomlási reakció során ne vegyetek a másik reagensből felesleget, hanem adagoljátok az oldatát cseppenként a szükséges eredmény elérése végett. Így lehet némelyik kísérletben elkerülni az alkalmazott reagens és az előbbi anyag feleslege között végbemenő mellékreakciókat (másodrendű reakciókat).

Tevékenységeteket, megfigyeléseiteket (rögzítsétek a csapadékképződést, a csapadék színét, a gázfejlődést, szag megjelenését vagy hiányát, a színeződés megjelenését vagy változását stb.), következtetéseiteket, valamint a kémiai egyenleteket írjátok be a táblázatba:

A tevékenység sorrendje	**Megfigyelések**	**Következtetés**
1. kísérlet. Az ... → ... reakció elvégzése		
...	...	...
A reakció egyenlete:		

?

Az I. változathoz:

177. Melyik kémszert nem alkalmaztátok a munka során? Miért?

178. Zavar-e az a reagensfelesleg, amelyet az első átalakulásnál használtunk, illetve a második reakció lezajlásakor? A feleletet indokoljátok meg.

179. Lehet-e a magnézium-oxidból magnézium-ortofoszfátot előállítani, a kiosztott kémszerek közül csupán egyet felhasználva? Miért?

180. Ajánljatok néhány kémszert, melyek segítségével a magnézium-oxidot közvetlenül lehet magnézium-ortofoszfáttá alakítani. Írjátok fel a megfelelő kémiai egyenleteket.

A II. változathoz:

181. Lehet-e vas(III)-kloridból közvetlenül előállítani azt a vegyületet, amely az általatok ajánlott átalakulási sémában utolsónak van beírva, ha a kiosztott reagensek közül csupán egyet használunk fel? Pozitív felelet esetén írjátok fel a reakció egyenletét.

182. Milyen folyamatos átalakulásokat lehet véghezvinni a) nátrium-ortofoszfát; b) lúg oldatai nélkül? A feleleteket a gyakorlati munka szövege első helyén előforduló táblázat szerint adjátok meg.

3. rész

D. I. Mengyelejev periódusos törvénye és periódusos rendszere. Az atom felépítése

A kémiát lehetetlen elképzelni a kémiai elemek periódusos törvénye és periódusos rendszere nélkül. A periódusos törvény segít megmagyarázni számos kémiai tényt, megjósolni és megalapozni az anyagok világában észlelt különböző törvényszerűséget. Ezt a törvényt a kémiai elemek periódusos rendszere szemlélteti. E rendszer foglalja magába a róluk szóló ismereteket, pótolhatatlan útmutató a szervetlen kémiában nem csupán a tanuló és egyetemi hallgató, de a tapasztalt vegyész számára is. Első ismerkedésetek a periódusos rendszerrel már a 7. osztályban megtörtént. Már megtanultátok előrelátni az elem kémiai jellegét, maximális vegyértékét a periódusos rendszerben való elhelyezkedése alapján. Mától kezdve e rendszer alkalmazásának területe számotokra kibővül.

Az atomszerkezet területén elért felfedezések által a periódusos törvény erőteljes elméleti támaszra tett szert. Kiderült, hogy az elem kémiai jellege, az egyszerű és összetett anyagok tulajdonságai az atomok elektronhéjának összetételétől függnek. Megtanultátok meghatározni az elektronok számát az atomokban és egyszerű ionokban, de hamarosan meg tudjátok majd adni a legfontosabb elemek atom- és ionszerkezetének teljes jellemzését.

20 A kémiai elemek osztályozásának első próbálkozásai

E fejezet anyaga segít nektek:

- kideríteni, hogyan fejlődtek a kémiai elemről alkotott elképzelések;
- megismerni a kémiai elemek osztályozásának első kísérleteit.

A kémiai elemről alkotott elképzelések fejlődése. Az ógörög filozófusok úgy vélték, hogy minden anyag négy őselemből tevődik össze: tűzből, levegőből, vízből és földből. Az ő elképzelésük szerint ezek az őselemek az anyagok bizonyos minőségeinek „a melegnek, a hidegnek, a nedvességnek és a szárazságnak" hordozói. Ilyenek voltak az alkimisták nézetei is.

Az „elem" kifejezés, amely tartalmát illetően megközelíti a korszerű fogalmat, csupán a XVII. században jelent meg a tudományban. R. Boyle angol kémikus elemnek nevezte azt, ami az anyag bomlásának határa. Ha abban az időben éltünk volna, akkor azt mondhattuk volna, hogy az elem az atom. Így értelmezte az „elem" szót M. V. Lomonoszov is. A. L. Lavoisier (e.: lavoázié) francia tudós elemnek az egyszerű anyagot tartotta, mert azt nem lehet felbontani más anyagokra. Azonban ma már tudjuk, hogy számos összetett anyag sem bontható, például a SiO_2, Al_2O_3, az ózon egyszerű anyag pedig könnyen más egyszerű anyaggá, oxigénné alakul: $2O_3 = 3O_2$. Nem különböztette meg az elemet és az egyszerű anyagot J. Dalton sem. Később D. I. Mengyelejev így vélte: „Az egyszerű test anyag..., elemen pedig az egyszerű és összetett testek összetevőit kell érteni".

A XX. sz. elején a tudósok rájöttek, hogy az atom pozitív töltésű magból és negatív töltésű elektronokból tevődik össze. Azóta kezdték az elemet

úgy határozni meg, mint bizonyos *magtöltéssel rendelkező atomfajtát*. Jelenleg, a víz minőségi összetételét jellemezve, közülünk mindenki megmondja, hogy ez az anyag két fajtájú atomból áll (+1 és +8 magtöltéssel), illetve két elemből – hidrogénből és oxigénből – tevődik össze.

A kémiai elemek osztályozásának első próbálkozásai. A kémiai tudomány kialakulásának idején a tudósok igyekeztek „rendet csinálni" az akkor ismert több tucat kémiai elem között, osztályozni azokat.

Az osztályozás (rendszerezés) az objektumok (tárgyak, élő szervezetek, jelenségek stb.) csoportokra vagy osztályokra való osztása bizonyos jellemzőik (sajátságaik) alapján.

A kémia osztályozza az elemeket, anyagokat, kémiai reakciókat.

▶A szervetlen vegyületek milyen osztályait ismeritek? Az általatok kiválasztott vegyületek egyik csoportja miben különbözik a többi osztály vegyületeitől?

Az egyszerű anyagok osztályozását, amelynek alapján később létrejött a kémiai elemek első osztályozása, a XVIII. sz. végén A. L. Lavoisier ajánlotta. Ő az egyszerű anyagokat *fémekre és nemfémekre* osztotta (napjainkban a kémiai elemeket osztják *fémes és nemfémes* elemekre). Az ilyen osztályozás nagyon általános és tökéletlen volt. Egyes egyszerű anyagok (például, a grafit, a tellúr) egyes tulajdonságaik alapján a fémekhez hasonlítanak, más tulajdonságaik alapján a nemfémekhez. Azonban az egyszerű anyagok, valamint a kémiai elemek felosztása két nagy csoportra a kémia fejlődésében jelentős szerepet játszott.

A fémek és a nemfémek között akadtak nagyon hasonló anyagok. A tudósok külön csoportokba sorolták őket. Mindegyik csoport egyszerű anyagai ilyen általános elnevezést kaptak: alkálifémek, alkáliföldfémek, halogének, nemesgázok.

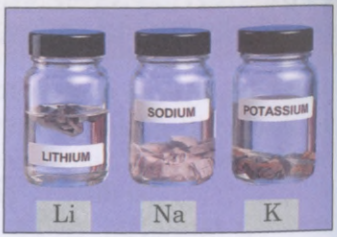
Alkálifémek. Ezek a következők: lítium, nátrium, kálium, rubídium, cézium, francium. Ezek az anyagok könnyűek, lágyak (45. ábra), könnyen olvadók. A kémiai reakciókban az alkálifémek nagyon nagy aktivitást tanúsítanak (46. ábra). Rendes körülmények között a levegőn gyorsan lépnek kölcsönhatásba az oxigénnel, vízgőzzel, más anyagokkal. Ezért petróleumban tartják légmentesen elzárt edényekben (47. ábra) vagy ampullákban, amelyekből kiszivattyúzták a levegőt. Az említett fémeket alkálifémeknek nevezték el, mivel vízzel való reakciójuk során lúgok – alkáliák – keletkeznek, vagyis az *M*OH általános képlettel rendelkező oldódó bázisok.



45. ábra
A nátriumot késsel lehet vágni



46. ábra
A cézium reakciója a vízzel



47. ábra
Így tárolják az alkálifémeket

Alkáli földfémek. Ezekhez az anyagokhoz tartozik a magnézium, a kalcium, a stroncium, a bárium, a rádium. Emlékeztetnek az alkálifémekre, számos anyaggal reagálnak, de nem olyan hevesen. Vízzel való reakcióik termékei az $M(OH)_2$ összetételű lúgok[1].

Halogének. Így nevezik a legaktívabb nemfémeket, ezek: fluor, klór, bróm, jód. Ezek az egyszerű anyagok kétatomos molekulákból tevődnek össze: F_2, Cl_2, Br_2, I_2. Rendes körülmények között a fluor és a klór gáz, a bróm folyadék, a jód szilárd anyag. A halogének és más nemfémek között a legaktívabb a fluor. A halogének reagálnak a hidrogénnel, miközben a HF, HCl, HBr, HI képletű vegyületek képződnek. Ezek a vegyületek jól ol-

[1] A magnézium-hidroxid nem tartozik a lúgokhoz.

dódnak a vízben; vizes oldataik savak. A halogének számos fémmel kölcsönhatásba lépnek. Ezért a „halogének" elnevezés a görög „halasz" szóból ered, ami sót jelent.

Érdekes tudni
A hélium nemesgázt a tudósok először a napfény színképét tanulmányozva, a Napban fedezték fel, és csupán 13 év múlva bolygónkon.

Nemesgázok. Ezeket az egyszerű anyagokat a XIX. sz. második felében fedezték fel. Azért kapták nevüket, mert nem lépnek kölcsönhatásba más anyagokkal. A nemesgázokhoz tartozik a hélium, neon, argon, kripton, xenon, radon. Ezek az anyagok nem molekulákból állnak, mint a többi gáz, hanem atomokból.

Azoknak az elemeknek, amelyektől az említett egyszerű anyagok származnak, ugyanolyan általános elnevezésük van: *alkáli elemek, alkáliföldfém elemek, halogének, nemesgázok.*

A XIX. sz. 20-as éveinek végén J. W. Döbereiner német tudós a hasonló elemek egy részét hármas csoportokra, triádokra osztotta:

Li, Na, K Ca, Sr, Ba S, Se, Te
Cl, Br, I Fe, Co, Ni

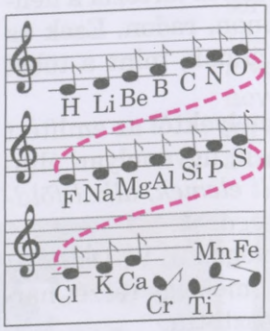
Az első triádba az alkáli elemek kerültek, a másodikba az alkáliföldfém elemek, a negyedikbe a halogének. Az elemeket a triádokban a relatív atomtömegük növekedése sorrendjében való elhelyezése során Döbereiner érdekes törvényszerűséget észlelt: a triádban a két szélső elem relatív atomtömegeinek félösszege körülbelül vagy pontosan megegyezik a „központi" elem relatív atomtömegével. Bemutatjuk ezt az első triád esetében:

$$\frac{A_r(\text{Li}) + A_r(\text{K})}{2} = \frac{7 + 39}{2} = 23 = A_r(\text{Na}).$$

Azonkívül, ezen egyszerű anyag és ezen elem vegyületeinek tulajdonságai „közbeesőknek" nyilvánultak a két szomszédos elem egyszerű anyagainak és vegyületeinek tulajdonságaival összehasonlítva. A többi elemből triádokat kialakítani Döbereinernek nem sikerült. 1865-ben J. A. R. Newlands (e.: nyúlandsz) angol tudós az akkor ismert kémiai elemeket sorba rendezte a relatív atomtömegük növekedése szerint:

H Li Be B C N O F Na Mg Al Si P S Cl K Ca Cr Ti Mn Fe ...

Azt vette észre, hogy sok esetben minden nyolcadik elem hasonló az *elsőnek kiválasztotthoz*. Hasonlók voltak a megfelelő egyszerű anyagok is. (Próbáljatok erről meggyőződni.) Ilyen sajátsággal a hangsor rendelkezik a zenében: mindegyik első és nyolcadik hangjegynek egyforma elnevezése és hasonló hangzása van.



48. ábra
A kémiai elemek „oktávjai"

A Newlands által felfedezett törvényszerűséget az oktávok szabályának nevezték el. Ez a szabály érvényes volt az elemek kezdő soraiban, de tovább bomlott (48. ábra). Például a króm nagymértékben különbözik az alumíniumtól, a mangán és a vas egyáltalán nem hasonlít a foszforhoz és a kénhez. A 8-as számnak, amint arról a kémia története tanúskodik, abban az időben mágikus jelentősége volt, de az atom felépítésének kiderítése óta már tudományos magyarázatot kapott ennek az oka.

A kémiai elemek osztályozására sikeresebb kísérletet tett 1864-ben L. J. Meyer (e.: mejer) német kémikus. Olyan táblázatot javasolt, amelyben az elemeket relatív atomtömegük növekedése szerint helyezte el, vegyértéküknek megfelelően. Azonban azokból az okokból kifolyólag, hogy az egyes elemek atomtömeg-értékei és a vegyértékeik hibásak voltak vagy teljesen hiányoztak, nem mindegyik elem került be a Meyer által javasolt táblázatba.

A tudósok említett próbálkozásai a kémiai elemek egyesítésére megvetették az alapját általános osztályozásuknak. Hamarosan D. I. Mengyelejev mutatta be a kémiai elemeknek általa megalkotott periódusos rendszerét.

ÖSSZEFOGLALÁS

A kémiai elemről alkotott elképzelések a tudomány fejlődésével változtak. Korábban a vegyészek nem különböztették meg a kémiai elemet az egyszerű anyagtól. Ismert volt a hasonló egyszerű anyagok néhány csoportja: alkálifémek, alkáliföldfémek, halogének. Ké-

sőbb felfedezték a nemesgázokat. A kémiai elemek osztályozásának első kísérletei azoknak csupán bizonyos részét érintették és nem volt komoly tudományos megalapozottságuk.

?

183. Mit tartottak korábban kémiai elemnek és hogyan határozzuk meg e fogalmat napjainkban?
184. Válasszátok ki azokat az ismertetőjeleket, amelyeket A. L. Lavoisier, J. W. Döbereiner, J. A. R. Newlands és L. J. Meyer az egyszerű anyagok és a kémiai elemek osztályozására felhasznált: az egyszerű anyagok tulajdonságai, az elemek elterjedtsége a természetben, az egyszerű anyagok felépítése, a jellemző vegyületek összetétele, a relatív atomtömegek értékei.
185. Jellemezzétek a J. W. Döbereiner triádjaiba tartozó elemek elhelyezkedését a periódusos rendszerben.
186. Hasonlítsátok össze a bróm relatív atomtömegét a klór és a jód relatív atomtömegeinek félösszegével.
187. Hasonlítsátok össze J. A. R. Newlands elemsorát a D. I. Mengyelejev-féle periódusos rendszerben található sorrenddel és találjátok meg az eltéréseket.

21 A periódusos törvény

E fejezet anyaga segít nektek:

- elképzelni, hogyan fedezte fel D. I. Mengyelejev a periódusos törvényt;
- megérteni a periódusos törvény tartalmát;
- kideríteni, hogyan alakult át az elemek természetes sora periódusos rendszerré.

A kémiai elemek periódusos rendszerének megalkotása. D. I. Mengyelejevet a XIX. sz. 60-as éveiben a kémiai elemek osztályozásának problémája foglalkoztatta. Azokat a törvényszerűségeket és összefüggéseket kutatta, amelyek az összes kémiai elemre kiterjednek, nemcsak egy részükre.

Arra az időre 63 kémiai elemet ismertek. A tudós mindegyikükre „dossziét", kartotéklapot

nyitott, amelyikre felírta az elem relatív atomtömegét, vegyértékét, ismereteket az egyszerű anyagokról és vegyületekről.

Mengyelejev az elem legfontosabb jellemzőjének atomja tömegét tartotta. Az elemeket relatív atomtömegük növekedése sorjában helyezve el (49. ábra), a tudós (akárcsak korábban Newlands) azt vette észre, hogy bizonyos közök (intervallumok) után olyan elemek fordulnak elő

H	Li	Be	B	C	N	O	F	Na	Mg	Al	...
1	7	9	11	12	14	16	19	23	24	27	

49. ábra
A Mengyelejev[1] által összeállított elemsor eleje (az elem vegyjele alatt fel van tüntetve a relatív atomtömegének értéke). A sötétebb kártyákon a fémes elemek szerepelnek

benne, amelyek hasonló egyszerű anyagokat és vegyületeket alkotnak.

A sor nemfémes elemmel, a hidrogénnel kezdődik. Utána fémes elemek helyezkednek el: a lítium és a berillium, azután nemfémes elemek a bórtól a fluorig, tovább ismét fémes elemek és így tovább. Amint látjuk, *az elemek jellege a sorban periodikusan ismétlődik*. Hasonló következtetéseket lehet levonni az elemek maximális vegyértékei, a legmagasabb oxidok összetétele és kémiai tulajdonságaik stb. tekintetében.

Mengyelejev felosztotta az összeállított sort több részletre (50. ábra), amelyek mindegyike a tipikus fémes elemmel kezdődött (alkálifémmel) és tipikus nemfémes elemmel (halogénnel) zárult. Eközben a tudós új törvényszerűséget észlelt: *minden részletben az elemek jellege, egyszerű*

50. ábra
Az elemsor két szomszédos részlete

Li	Be	B	C	N	O	F
7	9	11	12	14	16	19
Li_2O	BeO	B_2O_3	CO_2	N_2O_5	—	—
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
23	24	27	28	31	32	35,5
Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl_2O_7

[1] A nemesgázokat csak később fedezték fel.

anyagaik tulajdonságai, valamint vegyületeik összetétele és tulajdonságai fokozatosan változnak.

Vizsgáljuk meg az elemsor részletének egyikét (51. ábra). Benne az első helyen a nátrium alkálifém foglal helyet. Ez az elem egyvegyértékű, a Na_2O bázisképző oxidot és a NaOH lúgot alkotja. A nátrium után a magnézium áll, amelyiktől a MgO bázisképző oxid és a $Mg(OH)_2$ alig oldódó bázis származik. A harmadik helyet a háromvegyértékű alumínium foglalja el, melynek oxidja és hidroxidja amfoter jellegű. A következő elemek nemfémek: szilícium, foszfor, kén és klór. Ezek maximális vegyértékei növekednek 4-től 7-ig, oxidjaiknak és a megfelelő savaknak savas tulajdonságaik erősödnek.

51. ábra
Az elemsor részlete

Mindegyik részletben az elemek fémes jellege fokozódik jobbról balra, a nemfémes jellege pedig balról jobbra.

Az elemek fémes tulajdonságainak erősödése ←

Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
I	II	III	IV	V	VI	VII
Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl_2O_7
NaOH	$Mg(OH)_2$	$Al(OH)_3$	H_2SiO_3	H_3PO_4	H_2SO_4	$HClO_4$

Az elemek nemfémes tulajdonságainak erősödése →

Azután, hogy az elemsort részletekre osztotta, Mengyelejev a második részletet az első alá helyezte el, a harmadikat a második alá és így tovább. Táblázat alakult ki, melynek oszlopaiban a hasonló elemek kerültek: alkálifémek, alkáliföldfémek, halogének stb. Így, 1869-ben kialakult *a kémiai elemek periódusos rendszere*. Részletesebben e rendszert a következő fejezetben tárgyaljuk.

D. I. Mengyelejev az atomtömegek növekedése szerint összeállított elemsort *természetes sornak* nevezte, vagyis olyannak, amely az embertől függetlenül létezik a természetben.

A periódusos törvény. Megalkotva a kémiai elemek periódusos rendszerét, D. I. Mengyelejev 1871-ben megfogalmazta a *periodicitás törvényét* vagy a *periódusos törvényt*:

a kémiai elemek és az egyszerű anyagok tulajdonságai, valamint a vegyületek összetétele és tulajdonságai periódusosan függnek az atomtömegek értékétől.

A periodicitás a kémiában az elemek kémiai jellegének, *az atomszerkezet sajátosságainak, az összetételnek, az anyagok felépítésének és tulajdonságainak ismétlődése (de nem másolása) egy bizonyos mennyiségű elem után a természetes sorukban.*

Mengyelejev idejében a tudomány fejlődésének szintje nem volt nagyon magas. Ezért a tudósnak nem sikerült feltárni a periodicitás okát. Ő azonban hitt abban, hogy ez idővel okvetlenül bekövetkezik. Napjainkban már általánosan ismert az a tény, hogy *a kémiai elemek világában észlelt periodicitást az atomok elektronszerkezete okozza.*

Mengyelejev nem korlátozódott arra a tényanyagra, amelyellel a kémiai tudomány rendelkezett. Abban az esetben, amikor az elem a természetes sor általános törvényszerűségétől eltért, ő azt ajánlotta a kémikusoknak, hogy vizsgálják felül atomtömegének értékét. A tudós nemcsak az új elemek felfedezését jósolta meg előre, hanem atomtömegeik értékeit, az egyszerű anyagok tulajdonságait, vegyületeik létezését a természetben stb.

Érdemes megjegyezni, hogy néhány elem elhelyezkedése a természetes sorban nem felel meg a relatív atomtömegek növekedésének. Mengyelejev, például a tellúrt a jód előtt helyezte el annak dacára, hogy a tellúr atomjának tömege kissé nagyobb. A tudós figyelembe vette, hogy a jód egyszerű anyag aktívabb nemfém, mint a tellúr egyszerű anyag, amely szintén nemfém. Tehát, a nemfémes jelleg erősebben kifejezett a jód elem esetében, és a helyének a tellúr után kell következnie.

A periódusos rendszerében D. I. Mengyelejev üres kockákat hagyott és úgy vélte, hogy ezek a

kockák a még felfedezetlen, de a természetben létező elemek helye. Hamarosan felfedezték az első elemet, amelyet Mengyelejev előrejelzett (ezt az elemet galliumnak nevezték el), majd a másodikat (szkandium), a harmadikat (germánium). Ez a periódusos törvény diadala volt, mivel nemcsak általánosító, de előrejelző erejét is szemléltette.

Érdekes tudni
A periódusos törvényt még az elemek „nagy összefoglalásának" is nevezik.

A periódusos törvény egyike a természet alapvető törvényeinek. Ez a törvény feltárja a kémiai elemek egységét és a közöttük levő kölcsönös kapcsolatot. A kémiát tanulmányozva, gyakran szembesültök ezzel a törvénnyel, új tényeket találtok, amelyek alátámasztják e törvényt, és felhasználva azt, előrejelzitek majd az egyszerű és összetett anyagok kémiai tulajdonságait, kémiai átalakulásaik lehetőségeit.

ÖSSZEFOGLALÁS

A kémiai elemeket a relatív atomtömegeik növekedése szerint sorba helyezve el, D. I. Mengyelejev felfedezte a periódusos törvényt. A tudós így fogalmazta meg e törvényt: a kémiai elemek és egyszerű anyagok tulajdonságai, valamint vegyületeik összetétele és tulajdonságai periódusosan függnek atomtömegük értékeitől. A periódusos törvény egyike a természet alapvető törvényének, amely feltárja a kémiai elemek egységét és a közöttük levő kölcsönös kapcsolatot.

?

188. Hogyan értelmezitek a „periodicitás szót? A természetben milyen változásokat lehet jellemezni ezzel a szóval? Hasonlítsátok össze a „folytonosság", „fokozatosság" szavakkal.

189. Helyezzétek el az F, C, B, O, N elemeket nemfémes jellegük gyengülése sorrendjében.

190. Melyik elemben – a káliumban vagy a kalciumban, a berilliumban vagy a lítiumban – nyilvánul meg élénkebben a fémes jelleg? A megfelelő fémek közül melyik lesz aktívabb a kémiai reakciókban?

191. A periódusos rendszer alapján mondjátok meg, mennyivel több elem ismeretes napjainkban, mint Mengyelejev korában.

192. Találjatok a periódusos rendszerben néhány olyan elempárt, amelyek mindegyikében a nagyobb rendszámmal rendelkező elemnek kisebb a relatív atomtömege.

22 A kémiai elemek periódusos rendszere

E fejezet anyaga segít nektek:

- használni a periódusos rendszer különböző változatait;
- információt szerezni a kémiai elemekről a periódusos rendszerből;
- meghatározni az elem jellegét a periódusos rendszerben való elhelyezkedése alapján.

A periódusos rendszer a kémiai elemek ismeretének forrása. A kémiai elemek periódusos rendszere az iskolai kémiai szertárak nélkülözhetetlen kelléke. E táblázatot minden kémiatankönyvben megtalálhatjuk.

A periódusos rendszert állandóan használják a tanulók, egyetemi hallgatók, tanárok, tudományos kutatók, mivel megtalálhatók benne a kémiai elemekről szóló legfontosabb információk. Az elem rendszertani helye alapján ki lehet deríteni atomjának szerkezetét, meghatározni az egyszerű anyag és a különböző vegyületek kémiai tulajdonságait.

A periódusos rendszernek táblázatos alakja van. Ezért e rendszert *a periódusos törvény táblázatos kifejezésének* nevezik. A rendszernek vannak *rövid* (I. előzék) és *hosszú* (adalék) változatai. A rövid változatot gyakrabban használják, mivel ez alkalmasabb és tömörebb.

Minden elem a periódusos rendszer egy bizonyos kockájában helyezkedik el (kivételt képez a hidrogén). Számotokra ismeretes, hogy

Érdekes tudni
A hidrogént két kockában helyezik el a periódusos rendszer bal és jobb felső sarkában.

egy-egy kocka a következő információt tartalmazza:

- az elem vegyjele;
- rendszáma (sorszáma);
- az elem elnevezése;
- a relatív atomtömeg értéke.

▶ Milyen ismereteket szerezhetünk a 9. elemről a periódusos rendszerből?

Megjegyezzük, hogy a periódusos rendszer rövid változatának kockái adatokat közölnek az atomok elektronszerkezetéről. Ezt majd később fogjuk tárgyalni.

A rendszer hosszú változatának kockáiban csupán a rendszámok, a vegyjelek és az elemek elnevezései találhatók.

A periódusos rendszer felépítése. A periódusos rendszer összetevői a *periódusok* és a *csoportok*.

A periódus az elemek természetes sorának részlete, amely alkáli elemmel kezdődik[1] és nemesgázzal végződik.

A periódusos rendszer minden egyes változatának hét periódusa van. A hosszú változatban a periódus a rendszer egy sorát foglalja el, a rövidben pedig egy vagy két szomszédos sorát. Az utolsó periódus üres kockákat tartalmaz (a megfelelő elemeket még nem fedezték fel). Az első periódust (2 elemet tartalmaz), a másodikat és a harmadikat (8–8 elemet tartalmaznak) kis periódusnak nevezzük, a negyediket, ötödiket (18–18 elemet tartalmaznak), a hatodikat (32 elem) és a hetediket (egyelőre 29 elem van benne) *nagy periódusnak*. A periódusokat arab számokkal számozzák.

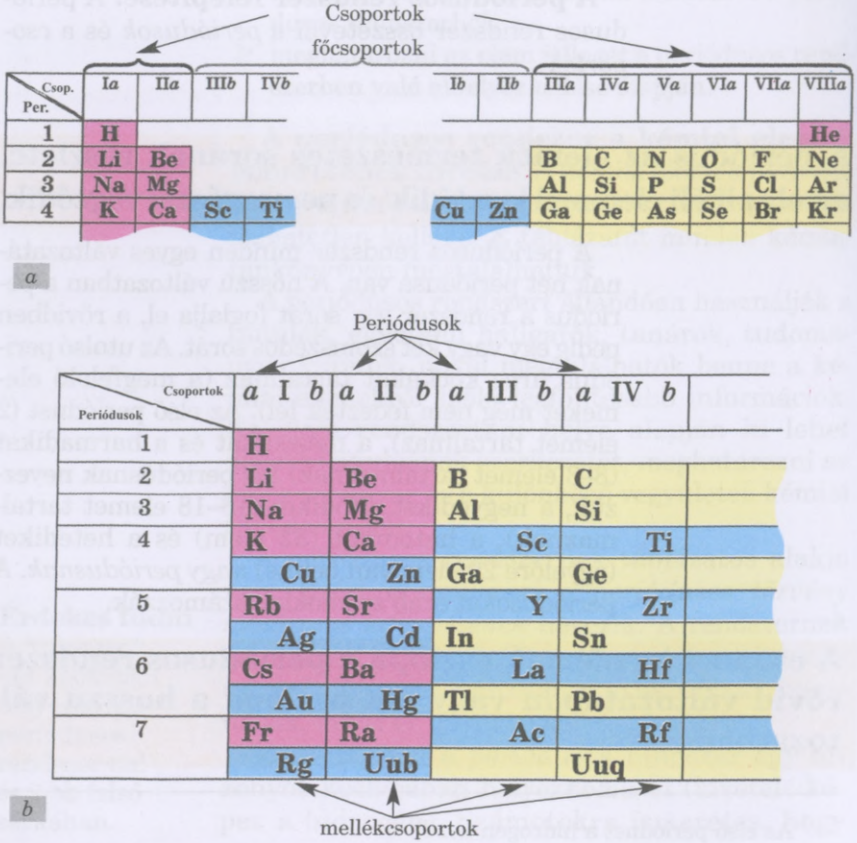
A csoport az elemek oszlopa a periódusos rendszer rövid változatában vagy két oszlopa a hosszú változatban.

[1] Az első periódust a hidrogén kezdi.

A periódusos rendszer az elemek nyolc csoportját tartalmazza. A csoportokat római számokkal szokás számozni. Mindegyik csoport két részcsoportból tevődik össze – *fő- és mellékcsoportból*. A főcsoportokat a periódusos rendszerben *a* betűvel jelölik, a mellékcsoportokat *b* betűvel. A rendszer rövid változatában a főcsoportok elemeinek vegyjelei a kocka középpontjától bal felé vannak eltolva, a mellékcsoportok elemeinek vegyjelei jobbra. A főcsoportban több elem van, mint a mellékcsoportban. Felismerni a részcsoportokat így lehet: a főcsoportok elemeinek kockái rózsaszínűek vagy sárgák, a mellékcsoportok elemeinek kockái pedig kékek vagy zöldek.

A periódusos rendszer két változatának részeit az 52. ábra szemlélteti.

52. ábra
A periódusok, csoportok és részcsoportok a periódusos rendszer hosszú (*a*) és rövid (*b*) változata részleteiben



▶ Nevezzétek meg az I. és IV. csoport elemeit, amelyek az a) főcsoporthoz; b) mellékcsoporthoz tartoznak.

A periódusos rendszer rövid és hosszú változatainak alsó részében van két különálló sor, amelyek mindegyike 14 elemet tartalmaz. A felső sorban a „lantanoidák"-nak nevezett elemek (vagyis a lantánhoz hasonlók) helyezkednek el, az alsó sorban pedig az „aktinoidák" (az aktíniumhoz hasonlók). Ezen elemek zömét a XX. században fedezték fel. Ezek az elemek természetes sorának részét képezik és a III. csoport mellékcsoportjába tartoznak. A lantanoidák a 6. periódus elemei, az aktinoidák a 7. periódus elemei. A célszerűség kedvéért (hogy ne legyen szükséges a lantán és aktínium kockáit 15 részre osztani ahhoz, hogy elhelyezzük a lantánt és a lantanoidákat, illetve az aktíniumot és az aktinoidákat) ezeket az elemeket kivitték a periódusos rendszer alapvető mezejéből.

Ismerve az elem helyét a periódusos rendszerben, különböző előrejelzéseket tehetünk. Az egyik közülük az elem kémiai jellegére vonatkozik. A 7. osztályban megtudtátok, hogy a rendszer hosszú változatában van egy szaggatott vonal, amelytől balra és lejjebb a fémes elemek helyezkednek el, jobbra és feljebb pedig a nemfémes elemek. Egyes elemek, amelyek e vonal közelében helyezkednek el (Ge, Sb, Po), olyan egyszerű anyagokat alkotnak, amelyek bizonyos tulajdonságaikban a fémekre emlékeztetnek, más tulajdonságaikban pedig a nemfémekre. A főcsoportokban mind fémes, mind nemfémes elemek vannak, a mellékcsoportokban pedig csupán fémes elemek[1].

▶ Milyen típusú elemek vannak az I*a*, I*b*, IV*a*, IV*b* részcsoportokban?

A legjobban hasonlók egymáshoz a részcsoport elemei, mindegyik csoport főcsoportjának és mellékcsoportjának elemei között gyakran lényeges különbségek vannak.

[1] A mellékcsoportok elemeit *átmeneti fémeknek* nevezik.

ÖSSZEFOGLALÁS

A kémiai elemek periódusos rendszere a periódusos törvény táblázatos kifejezése. A periódusos rendszernek két változata van: rövid és hosszú változat. A rendszer mindkét változata periódusokból és csoportokból áll, s mindegyik csoportban főcsoport és mellékcsoport van. A periódus az elemek természetes sorának részlete. Ezt alkálifém nyitja és nemesgáz zárja. A csoport a periódusos rendszer rövid változatában az elemek egy oszlopa vagy a hosszú változatában az elemek két oszlopa. A csoportokban (részcsoportokban) hasonló elemek helyezkednek el. A periódusos rendszer hosszú változatában a szaggatott vonal a rendszert két részre osztja. Ettől a vonaltól balra és lejjebb a fémes elemek helyezkednek el, jobbra és feljebb pedig a nemfémes elemek.

?

193. A periódusos rendszer milyen részét nevezik periódusnak? Hány periódus van? Hasonlítsátok össze őket az elemek száma szerint.
194. Mit neveznek a kémiai elemek csoportjának? Hány csoport van a periódusos rendszerben? Hány részcsoportja van mindegyik csoportnak? Hogyan nevezik és különböztetik meg őket?
195. A periódusos rendszer melyik csoportja tartalmazza a legtöbb elemet?
196. Nevezzétek meg azokat az elemeket, amelyek a) a 2. periódusban, az V. csoportban; b) az 5. periódusban, a IV. csoport főcsoportjában; c) a 4. periódusban, a VII. csoport mellékcsoportjában; d) a 6. periódusban, a VIII. csoport mellékcsoportjában helyezkednek el.
197. A felsorolt számok közül találjátok meg azokat, amelyek a fémes és nemfémes elemek rendszámainak felelnek meg: 1, 6, 16, 30, 35, 58, 92, 110.
198. A periódusos rendszerben való helyük alapján mondjátok meg, hogy fémes vagy nemfémes elem-e a bróm, a magnézium, a mangán és a szelén.
199. Nevezzetek meg 2–2 olyan elemet, amelyek leginkább hasonlók a következő elemekhez: a) a stronciumhoz; b) a nióbiumhoz; c) az ónhoz; d) a klórhoz.

23 Az atom szerkezete

E fejezet anyaga segít nektek:

- megismerni az atom szerkezetét és az atommag összetételét;
- meghatározni a különféle típusú részecskék számát az egyes elemek atomjaiban.

Az atom összetevői. Az ókori filozófusok elképzelései az atomról mint legparányibb egynemű és oszthatatlan részecskéről nem változtak évszázadokon keresztül. Azonban a XIX. sz. második felében a tudósok felfedezték, hogy az atom még parányibb részecskéket tartalmaz.



53. ábra
Az 1. számú elem, a hidrogén atomjának modellje

A 7. osztály kémiai anyagából tudjátok, hogy:

- az atom az anyag legparányibb elektromosan semleges részecskéje, amely pozitív töltésű magból és a körülötte keringő negatív töltésű elektronokból tevődik össze (53. ábra);
- a mag töltésének értéke és az atomban az elektronok száma egybeesik az elem rendszámával;
- a mag több tízezerszer kisebb az atomnál.

Az atom szerkezetének további vizsgálata a XX. század elején azt mutatta, hogy a magban kétféle részecsketípus van jelen: a *protonok*[1] és a *neutronok*[2]. Az utóbbiakat általában *nukleonoknak*[3] nevezzük.

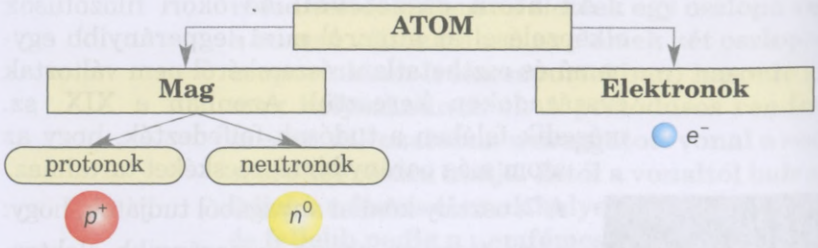
A protonnak ugyanolyan értékű töltése van, mint az elektronnak, de pozitív: +1. A protonok száma meghatározza az atommag töltését; ez a szám megegyezik az elektronok számával. A neutron töltés nélküli részecske. A proton jelölése p^+, a neutroné n^0.

[1] A szakkifejezés a „protosz" görög szóból származik, jelentése: első, legegyszerűbb.
[2] A szakkifejezés a „neutrum" latin szóból származik, jelentése: egyik sem.
[3] A szakkifejezés a „nucleus" latin szóból származik, jelentése: mag.

Az atom szerkezetét alkotó részecskék jellemzésére, mint magukra az atomokra is, nem abszolút, hanem relatív tömegeket használnak. A proton és a neutron tömegei körülbelül megegyeznek és majdnem 2000-szer nagyobbak az elektron tömegénél. A proton és neutron relatív tömegeinek értékei eggyel egyenlők.

Tehát az atomban egymás mellett három típusú részecske létezik: pozitív töltésű, negatív töltésű, valamint azok, amelyeknek nincs töltésük (15. séma)

15. séma
Az atom összetevői



Az elektronok az atommaghoz az úgynevezett elektrosztatikus erőkkel vonzódnak, de nem esnek rá, mivel nagy sebességgel mozognak. A protonok és a neutronok együtt vannak a magban a különleges „magerők" hatására. Ezeknek az erőknek a természetét még nem sikerült kideríteni.

A protonszám és nukleonszám. A protonok számát az atomban *protonszámnak (magtöltésszámnak)* nevezik. E számot az elem vegyjelétől balra alsó indexxel jelölik: $_4$Be.

▶ Milyen a protonszám értéke a fluornak és a nátriumnak?

Az atom szerkezete alapján így határozható meg a kémiai elem:

a kémiai elem bizonyos protonszámú atomfajta.

Az atomban a protonok és neutronok együttes számát *nukleonszámnak* nevezzük. E számot *A*

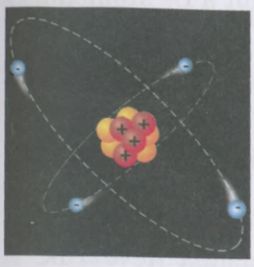
Nukleonszám

$^{9}_{4}Be$

Protonszám

betűvel jelöljük, az értékét pedig az elem vegyjelétől balra felső indexként írjuk fel: ^{9}Be.

A neutronok száma egyenlő a nukleonszám és a protonszám különbségével. Ezen részecskékből a berilliumatomban $9 - 4 = 5$ van (54. ábra).



54. ábra
A berillium atomjának modellje

Van húsz olyan elem, amelyek minden egyes atomjának egyforma nukleonszáma van (ezek majdnem egybeesnek a D. I. Mengyelejev táblázatában található relatív atomtömegekkel):

Be, F, Na, Al, P, Sc, Mn, Co, As, Y, Nb, Rh, I, Cs, Pr, Tb, Ho, Tm, Au, Bi.

▶ A fentebb ismertetett tényeket felírhatjuk képletek segítségével.

20 elem esetén

$A \approx A_r$

- Mivel az atom általában elektromosan semleges, ez azt jelenti, hogy egyforma mennyiségű protont és elektront tartalmaz; számuk egyenlő az elem rendszámával:

$$\underset{\text{protonok száma}}{N(p^+)} = \underset{\text{elektonok száma}}{N(e^-)} = \underset{\text{az elem rendszáma}}{Z}.$$

- A neutronok száma bármely atomban a nukleonszám és a protonok (elektronok) számának vagy az elem rendszámának különbségével egyenlő:

$$\underset{\text{neutronok száma}}{N(n^0)} = A - N(p^+) = A - N(e^-) = \underset{\text{nukleonszám}}{A} - \underset{\text{az elem rendszáma}}{Z}.$$

- A neutronok számát a fent említett húsz elem atomjaiban a relatív atomtömegek értékeit felhasználva lehet kiszámítani:

$$\underset{\text{neutronok száma}}{N(n^0)} = \underset{\text{relatív atomtömeg}}{A_r} - \underset{\text{az elem rendszáma}}{Z}.$$

Az elemek egyszerű ionjai ugyanannyi protont és neutront tartalmaznak, mint amennyit az atomok, de különböznek tőlük az elektronok számában. Így, a F^- anionban 1 elektronnal több van, mint a F atomban, a Be^{2+} kationban azonban 2 elektronnal kevesebb van, mint a Be atomban.

▶ Hány proton, neutron és elektron található az Al^{3+} és I^- ionokban?

A nagy mennyiségű (83-nál több) protont tartalmazó mag nem stabil. Az ilyen magok kisebb magokra, külön részecskékre bomlanak. Ezt a folyamatot *radioaktív bomlásnak* nevezzük. E folyamatot a fizikaórákon is tanulni fogjátok. A nagy magok instabilitása az oka annak, hogy a természetben nincsenek olyan elemek, amelyek rendszáma meghaladná a 92-t. Ezeknek az elemeknek az atomjait a tudósok előállították laboratóriumokban olyan unikális berendezések felhasználásával, amelyek lehetőséget adtak regisztrálni mindössze a másodperc töredékéig létező részecskéket.

Érdekes tudni
Nem stabil magokat tartalmaznak a technécium (az 5. periódus eleme) és a prométium (a 6. periódus eleme) atomjai is.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az atom magból és elektronokból áll. A magnak a töltése pozitív; benne protonok és neutronok vannak és benne összpontosul az atom tömegének majdnem az egésze. A protonok és elektronok száma az atomban azonos és megegyezik az elem rendszámával. A neutronok száma az atomban (húsz elem esetében) egyenlő a relatív atomtömeg és a protonok számának különbségével. Az egyszerű kationokban az elektronok száma kevesebb, az egyszerű anionokban pedig több, mint a megfelelő atomokban. Az olyan atomok magjai, amelyekben a protonok száma meghaladja a 83-t, nem stabilak (instabilak). Ezekre jellemző a radioaktív bomlás.

?

200. Milyen részecskékből tevődik össze az atom? Miben különböznek? Milyen az atommag összetétele?

201. Milyen részecskékből van azonos mennyiség bármilyen atomban?

202. Léteznek-e olyan elemek, amelyek atomjaiban nincsenek: a) protonok; b) neutronok?

203. Töltsétek be a táblázatot.

Elem				Mennyisége az atomban		
elnevezés	vegyjel	rendszám (protonszám)	nukleonszám	a proton	az elektron	a neutron
Cézium						
			75			
		83				

204. Hasonlítsátok össze a részecskék összes típusainak számát a Na^+ és P^{3-} ionokban.

205. Határozzátok meg azt az elemet, amelynek atomja a legtöbb elektront tartalmazza: Si, B, N, Cl.

206. Keressétek ki a felsorolt elemek közül azt, amelyiknek legkevesebb protonszámú atomja van: C, Mg, K, Ar.

207. Tüntessétek fel azt az elemet, amelyik atomjának legtöbb a neutronja: Sc, As, Mn.

208. Hány elektront tartalmaznak a következő ionok: S^{2-}, H^+, H^-, Mg^{2+}?

209. Számítsátok ki az OH^- és NH_4^+ összetett ionokban a: a) protonok; b) elektronok számát.

210. Írjátok fel a kobalt, az arany és a bizmut vegyjelét, feltüntetve a megfelelő protonszámot és nukleonszámot.

24 Az izotópok

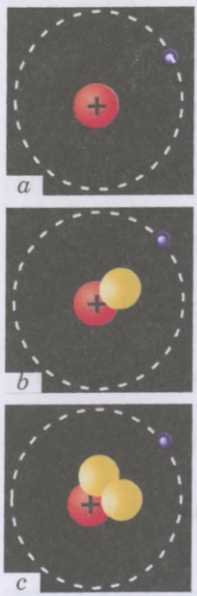
E fejezet anyaga segít nektek:

- megérteni, mik az izotópok és a nuklidok;
- kiszámítani az elem relatív atomtömegét izotóp-összetétele alapján;

- meggyőződni arról, hogy a „relatív atomtömeg (molekulatömeg, képlettömeg)" és a „mol" fogalmak pontosításra szorulnak;
- tisztázni, hogy mik a radionuklidok és milyen kárt okoznak az élő természetben.

Az izotópok. Már tudjátok, hogy az atomok három típusú részecskékből állnak: protonokból, neutronokból és elektronokból. Egy elem atomjai egyenlő számú protont és elektront tartalmaznak, de nem mindig egyenlő számú neutront.

Valamely elem atomfajait, melyekben a neutronok száma különböző, *izotópoknak*[1] nevezzük.



55. ábra
A hidrogén izotópjai:
a – a prócium H;
b – a deutérium D;
c – a trícium T

A hidrogénnek három izotópja ismeretes. Mindegyiknek megvan a saját elnevezése és jelölése (55. ábra). A természetben a legtöbb az olyan hidrogénatom, amelynek magja mindössze egy protonból áll. Néhány ezer ilyen atomra jut egy olyan, amelynek magjában a protonon kívül még egy neutron is jelen van. Ez a két atomfajta – a prócium és a deutérium – a hidrogén természetes izotópjai. A fizikusoknak sikerült laboratóriumban a hidrogén olyan atomjait előállítani, amelyek magjában két neutron van. A hidrogénnek ezt a mesterséges atomfajtáját tríciumnak nevezték el.

A hidrogénizotópok nukleonszámai (a protonok és neutronok összmennyisége) – 1, 2 és 3. Tehát az *izotópok egyazon elem különböző nukleonszámokkal rendelkező atomfajtái.*

Az elem izotópjaival létrehozott anyagok fizikai tulajdonságai kissé különböznek. A D_2O molekulákból álló „nehézvíz" sűrűsége egyenlő 1,104 g/cm^3-rel, a forráspontja (normális nyomáson) +101,43 °C. A közönséges víznek (H_2O) e fizikai jellemzőit jól ismeritek:

[1] A szakkifejezés az „iszosz" = egyforma, egyenlő, azonos, és a „toposz" = hely görög szavakból ered. Az izotópok a periódusos rendszer egy kockájába „tartoznak".

1,000 g/cm^3 és +100 °C. Ugyanakkor a két anyag kémiai tulajdonságai azonosak. A „nehézvíz", akárcsak a közönséges víz, kölcsönhatásba lép a nátriummal, a kalcium-oxiddal, a foszfor(V)-oxiddal s más vegyületekkel.

A természetben számos elem több atomfajtával, azaz izotóppal fordul elő, az előző fejezetben felsorolt húsz elemnek csupán egy fajta atomja van (ezen elemek minden egyes atomja abszolút egyforma).

Izotópok
^{1}H, ^{2}H, ^{3}H

Az izotópokat az elemek vegyjelével vagy elnevezéseivel jelöljük a nukleonszám kötelező feltüntetésével. E számot felső indexként írjuk fel az elem vegyjelétől balra (^{1}H, ^{2}H, ^{3}H) vagy az elem elnevezését követő kötőjel után (klór-35, klór-37). Használják az izotópok teljes jelölését is: $^1_1$H, $^2_1$H, $^3_1$H, $^{35}_{17}$Cl, $^{37}_{17}$Cl (az alsó index a magtöltés vagy protonszám).

Az atomok bármely fajtáját *nuklidnak* nevezzük.

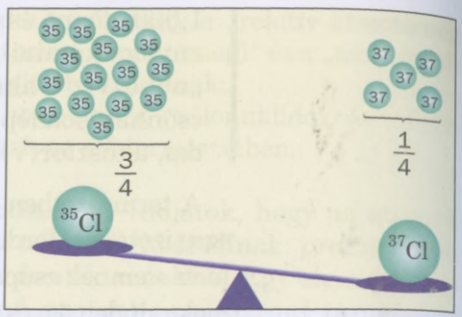
Nuklidok
^{1}H, ^{12}C, ^{40}K

A nuklidok a különböző elemek atomfajtái: ^{1}H, ^{12}C, D, ^{23}Na, ^{238}U, ^{13}C, ^{35}Cl, ^{37}Cl és mások. A napjainkban ismert összes nuklidok száma csaknem eléri a 2300.

Az izotópok egy elem nuklidjai (atomfajtái):
^{1}H, ^{2}H, ^{3}H – a hidrogén izotópjai;
^{12}C, ^{13}C – a szén izotópjai.

Az izotópokkal rendelkező elemek relatív atomtömegének kiszámítása. A természetben a klór két nuklidja létezik. Az egyik atomfajtának a nukleonszáma (relatív atomtömege) egyenlő 35, a másiknak 37. A tudósok kiderítették, hogy a „könnyű" klóratomok az elem összes atomjának háromnegyed részét alkotják, a „nehéz" atomok pedig egynegyedét (56. ábra). Ezen adatok alapján ki lehet számítani a klór relatív atomtömegét:

$$A_r(\mathrm{Cl}) = \frac{3}{4} \cdot 35 + \frac{1}{4} \cdot 37 = 35{,}5.$$



56. ábra
A klór izotópjai

A $\frac{3}{4}$ és $\frac{1}{4}$ számokat az izotópok *atomrészének (részarányának)* nevezik. Ezek a számok minden egyes nuklid atomszámának az elem összes atomszámához viszonyított arányát fejezik ki. A klórizotópok említett atomrészeit (atomrészarányait) százalékokban is kifejezhetjük: 75%, 25%. Az atomrészt (atomrészarányt) a görög χ betűvel (hinek ejtjük) jelöljük. Ismerve az elemek izotópjainak atomrészarányát (χ_1, χ_2 és így tovább) a természetes keverékben és a megfelelő nukleonszámaikat (A_1, A_2 és í. t.), ki lehet számítani az elem relatív atomtömegét:

$$A_r = \chi_1 \cdot A_1 + \chi_2 \cdot A_2 + \ldots + \chi_n \cdot A_n.$$

Érdekes tudni
A brómnak, mint a klórnak is, két természetes nuklidja van: ^{79}Br és ^{81}Br. Ezek atomrészei (atomrészarányai) csaknem egyenlők (50,5 és 49,5%).

Az elem relatív atomtömege és az egész szám közötti észrevehető különbség az izotópok meglétére utal. Így, a réznek (A_r = 63,546) két izotópja van (^{63}Cu és ^{65}Cu), a cinknek (A_r = 65,38) öt (^{64}Zn, ^{66}Zn, ^{67}Zn, ^{68}Zn és ^{70}Zn), az ónnak (A_r = = 118,71) tíz.

Fontos kémiai fogalmak pontosítása. A 7. osztályos kémiából tudjátok, hogy a relatív atom-, molekula-, képlettömeg nem más, mint az atom, molekula, képlet tömegének aránya a szénatom tömegének 1/12 részéhez. De az utóbbi elem atomjai, amelyek a természetben léteznek, nem egyformák. A szénnek két nuklidja ismeretes: ^{12}C (az ilyen atomfajták az összes szénatom mennyiségének 98,89%-át képezik) és ^{13}C. Az atomtömeg egységként a szén-12 atomtömegének 1/12 részét fogadták el. Megfogalmazzuk az említett fizikai mennyiségek pontosított értékeit:

a relatív atomtömeg, molekulatömeg, képlettömeg nem más, mint az atomtömeg, molekulatömeg, képlettömeg aránya a ^{12}C atomtömegének 1/12-ed részéhez.

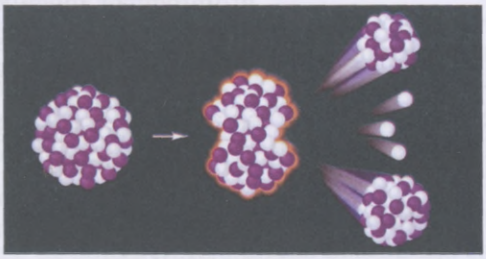
Az egyik számítási képlet így alakul:

$$A_r(E) = \frac{m_a(E)}{\frac{1}{12}\, m_a(^{12}C)}.$$

Úgyszintén pontosítjuk az anyagmennyiség mérése egységének megfogalmazását:

a mol – az anyag olyan adagja, amely annyi részecskét (vagyis atomot, molekulát, az atomok vagy ionok kombinációit) tartalmaz, amennyi atomot tartalmaz a ^{12}C nuklid 12 grammja.

Radionuklidok. Számos nuklid nem stabil; a megfelelő atomok magjai spontánul kisebb magokra, egyedülálló részecskékre bomlanak (57. ábra). Az ilyen jelenséget radioaktív bomlásnak nevezik (erről már az előbbi paragrafusban tárgyaltunk). Ezért a nuklidokat stabil és instabil (nem stabil) nuklidokra osztjuk. Az utóbbiakat nevezik radionuklidoknak.



57. ábra Az $^{236}_{92}U$ nuklid magjának bomlása

A legtöbb elemnek van mindkét típusú izotópja. Például a lítium ^{6}Li és ^{7}Li nuklidjai stabilak, a ^{9}Li pedig radioaktív. A 43, 61, valamint 84 és magasabb rendszámú elemeknek csupán radioaktív izotópjaik vannak. A periódusos rendszer kockáiban fel vannak tüntetve (szögletes zárójelben) a nukleonszámai azoknak a nuklidoknak, amelyek a leglassabban bomlanak.

Érdekes tudni
Az ásatások következtében a növény-, állat- és ősember-maradványokban talált ^{14}C radionuklidtartalom alapján meghatározhatjuk a korukat.

A radionuklidok alkalmazása. A radionuklidokat felhasználják a biológiában, kémiában, gyógyászatban, régészetben, a korszerű technikában, valamint az új elemek előállítását célzó fizikai kísérletekben. A radioaktív izotópok alkalmazásának fontos területe az atomenergetika. Az atomerőművek Ukrajnában az elektromos energia csaknem felét termelik.

Az atomok instabil magjainak bomlása során sugárzás keletkezik, amelyeknek kisebb adagjai (dózisai) komoly megbetegedéseket okoznak, nagy adagjai pedig minden élőlény pusztulását. Ezért a radioaktív anyagokkal való munka különös figyelmet, óvatosságot követel és meg kell szervezni az emberek és a környezet védelmét ettől a sugárzástól.

> Egyes radioaktív izotópok, például a szén-14, kálium-40, előfordulnak a természetben, de szerencsénkre elenyésző mennyiségben. Lassan bomlanak és nem károsítják az élő szervezetet.

Az atomkatasztrófák. Az atom nemcsak békés lehet. Az urán, a plutónium atomjai radioaktív bomlásának jelenségét felhasználták az atomfegyver megalkotására. Ilyen fegyvert használt az Amerikai Egyesült Államok (USA) 1945-ben a békés lakosság ellen. Két atombombát dobtak le Hirosima és Nagaszaki japán városokra. Egy pillanat alatt ezrek pusztultak el, jelentős területen minden építmény romba dőlt. Az emberiség megismerte a sugárbetegséget, amelytől néhány évtized alatt e városok számos lakója pusztult el.

A világban intézkedéseket hoznak létre az atomfegyver gyártásának korlátozása céljából. Nemzetközi egyezmények tiltják a kipróbálásukat. Az emberiségnek maximális erőfeszítéseket kell tennie annak érdekében, hogy ne engedjük meg az atomkonfliktus kialakulását. Ellenkező esetben az élet a bolygónkon teljesen megsemmisülhet (58. ábra).



58. ábra
Az emberiség nem felejti az atomveszélyt

1986-ban Ukrajnában katasztrófa történt a Csernobili Atomerőműben, ami az erőmű 4. blokkjának pusztulásához (59. ábra) és jelentős tömegű radioaktív anyagnak a környezetbe jutásához vezetett. Néhány nap leforgása alatt több tucat ember pusztult el, akik a keletkezett tüzet oltották, illetve az atomreaktor közelében dolgoztak. Később a szerencsétlenség következményeit felszámolni igyekvő emberek ezrei megbetegedtek vagy meghaltak.

59. ábra
A Csernobili Atomerőmű 4. blokkja a baleset után



Ukrajna területének radionuklidokkal szennyezett jelentős része természetes úton fokozatosan regenerálódik. De azért a Csernobili Atomerőmű környékén máig tilos huzamosabb ideig tartózkodni. Állandó ellenőrzés alatt áll annak a védőpajzsnak az állapota, amelyet a lerombolt reaktor fölé építettek.

Az atomenergetika fejlődésének szükséges feltétele az emberek maximális biztonsága és a berendezések megbízhatósága.

ÖSSZEFOGLALÁS

Egyazon elem atomfajtáit, amelyeknek különböző mennyiségű neutronjai vannak, izotópoknak nevezzük, bármilyen atomfajtát pedig nuklidnak. Az izotópok egy elem nuklidjai.

A relatív atom-, molekula-, képlettömegek az atom, molekula vagy képlet tömegének aránya a ^{12}C atom tömegének 1/12 részéhez.

A mol az anyag olyan adagja, amely annyi részegységet tartalmaz, amennyi atom foglaltatik 12 g ^{12}C nuklidban.

A nuklidok lehetnek stabilak vagy radioaktívak. A radionuklidokat felhasználják a tudomány, technika, energetika, gyógyászat, haditechnika különböző ágazataiban.

A radioaktív anyagok komoly veszélyt jelentenek az emberek és az egész élővilág számára.

?

211. Mik azok az izotópok, nuklidok? Hogyan jelöljük őket? A feleletet szemléltessétek példákkal.
212. Hány protont, neutront és elektront tartalmaz a következő nuklidok mindegyike: ^{20}Ne, ^{21}Ne, ^{40}K, ^{40}Ca, ^{192}Pt?
213. Tüntessétek fel az alábbi nuklidok teljes jelölését: nitrogén-15, kén-33, neon-22.
214. Figyelembe véve, hogy a természetben két hidrogénnuklid (^{1}H, ^{2}H) és három oxigénnuklid (^{16}O, ^{17}O, ^{18}O) létezik, határozzátok meg, a víz molekuláinak hányféle változata lehetséges. Írjátok fel kémiai képletüket a nuklidok jelölésével (minta: $^{1}H^{2}H^{16}O$). A vízmolekula tömegének hány értéke lehet?
215. Az egyik tanuló kijelentette, hogy az atom relatív tömege egyenlő a megfelelő elem relatív atomtömegével, amely a periódusos rendszerben található, a másik tanuló ezt cáfolta. Melyik tanulónak volt igaza? A feleletet indokoljátok meg.
216. A természetes magnézium a ^{24}Mg, ^{25}Mg és ^{26}Mg izotópokból tevődik össze. Az első nuklid atomrésze egyenlő 78,7%-kal, a másodiké – 10,1%. Határozzátok meg az elem relatív atomtömegét.
217. A bórnak két természetes nuklidja van. A ^{11}B nuklid atomrészaránya 80,43%. Felhasználva a bór relatív atomtömegének pontos értékét, amely a periódusos rendszerben található, határozzátok meg ezen elem másik nuklidját.
218. Mik azok a radionuklidok? Milyen jelenséget neveznek radioaktív bomlásnak?
219. A gyógyászatban használnak olyan radionuklidot, amelynek atomja 54 töltéssel rendelkező és 33 elektromosan semleges részecskét tartalmaz. Írjátok fel ezen radionuklid jelölését.

Magreakciók

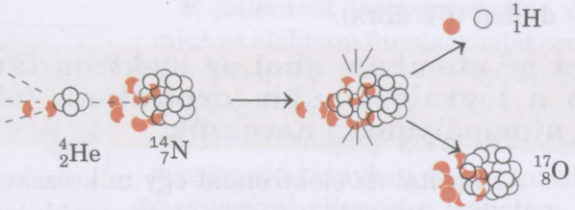
Azokat az elemeket, melyek nem találhatók a természetben (20-nál több van belőlük), mesterséges elemeknek nevezzük. Ezek az elemek a tudományos laboratóriumokban „születtek" magreakciók eredményeképpen. A magreakciók olyan átalakulások, melyek során az atomok magja változik meg.

A tudósok igyekeznek egyesíteni az atommagokat protonokkal, neutronokkal és más (könnyű) magokkal. Ezeket a részecskéket felgyorsítják nagy sebességekre speciális berendezésekben (gyorsítókban) és velük bombázzák a célmagokat.

Az ilyen kísérletek során néha új elemek atomjai keletkeznek. Megjegyezzük, hogy a kémiai reakciók lezajlásakor az elemek változatlanok maradnak.

Magreakciót először E. Rutherford (e.: radeford) angol fizikus valósított meg 1919-ben. Ő a nitrogénatomokat α-részecskékkel (ezek nem másak, mint a héliumatom magjai) „sugározta" és az oxigén egyik nuklidja magjainak, valamint protonoknak a képződését észlelte (60. ábra):

$$^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{14}_{7}\mathrm{N} \rightarrow {}^{17}_{8}\mathrm{O} + {}^{1}_{1}\mathrm{H}.$$



60. ábra
A magreakció feltételes ábrázolása

A magreakció egyenlete különbözik a kémiai reakcióegyenletétől abban, hogy minden egyes elem vegyjelétől balra indexek vannak. A felső index, amint már tudjátok, a nukleonszám, az alsó a protonszám. Az egytípusú indexek összege a magreakció egyenletének bal és jobb oldalán egyforma. Például a fent említett egyenletben ezek ilyenek:

$$4 + 14 = 17 + 1;\ 2 + 7 = 8 + 1.$$

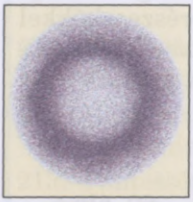
Rutherford felfedezése számos kísérlet megvalósítását indította el, amelyek célja új, a tudomány számára ismeretlen elemek előállítása volt.

A múlt század második felében és századunk elején a fizikusok magreakciók segítségével egész sor elemet állítottak elő, amelyek „elfoglalták" a periódusos rendszer üres kockáit az urán után. Ezeket az elemeket nevezték el transzurán elemeknek.

25 Az atom korszerű modellje

E fejezet anyaga segít nektek:

- megérteni, mi az orbitál (elektronpálya), az energiaszint és az alszint;
- kideríteni az elektronpályák alakját és térbeli elhelyezkedésüket;
- meghatározni az elektronok maximális mennyiségét az energiaszinten és az alszinten.

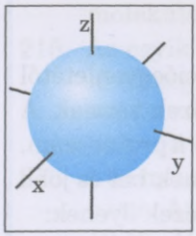


61. ábra
Az elektron „tartózkodási helyei" a hidrogénatomban

Az elektronok kutatásának eredményei azt bizonyítják, hogy ezek a részecskék különböznek a közönséges fizikai testektől. Az elektronnak részecske-tulajdonsága is, hullám-tulajdonsága is van. Méretét, mozgásának pályáját és térbeli koordinátáit pontosan meghatározni lehetetlen.

Az elektronorbitálok (elektronpályák). Az elektron az atom bármelyik pontjában előfordulhat (61. ábra).

Azt a térséget az atomban, ahol az elektron tartózkodási helye a legvalószínűbb, orbitálnak (elektronpályának, atompályának) nevezzük.



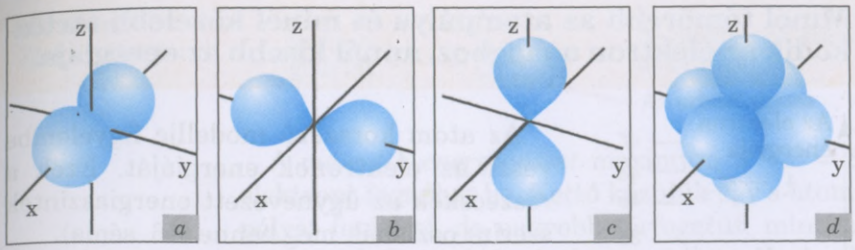
62. ábra
A gömb alakú elektronpálya (*s*-orbitál)

Az orbitál az elektronnal egy mikroszkopikus felhőhöz hasonló (van is ilyen szakkifejezés: „elektronfelhő"). Benne tömörül az elektron tömege is, töltése is.

Az elektronpályáknak többféle alakja[1] lehet. Legegyszerűbb közöttük a *szférikus* (62. ábra), vagyis a gömb alakú (középpontjában helyezkedik el az atommag). Az ilyen orbitált *s* betűvel jelöljük, s a benne levő elektront *s*-elektronnak nevezzük.

Az orbitál alakjának másik változata a *súlyzó alakú* orbitál (63. ábra). Ilyen a *p*-orbitál. Az ilyen elektronpályák a térben az *x*, *y*, *z*, tengelyek mentén helyezkednek el, ezért p_x-, p_y-, p_z-orbitáloknak

[1] Az elektronpályák alakját számítások segítségével állapították meg.

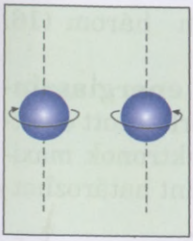


63. ábra
A súlyzó alakú elektronpályák (*p*-orbitálok): *a*, *b*, *c* – különböző térbeli elhelyezkedésű *p*-orbitálok; *d* – három *p*-orbitál egy atomban

nevezik. Bennük tartózkodnak a *p*-elektronok. Vannak még *d*- és *f*-orbitálok is, melyeknek még bonyolultabb az alakjuk.

Az orbitált egyszerűen kis négyzettel jelöljük □ benne az elektront nyíllal: ↑.

Minden elektronpályán egy vagy két elektron tartózkodhat. Ez a két elektron különbözik egymástól egy olyan jellemzővel, amelyet *spin*[1]-nek nevezünk.



64. ábra
Különböző spineken mozgó elektronok

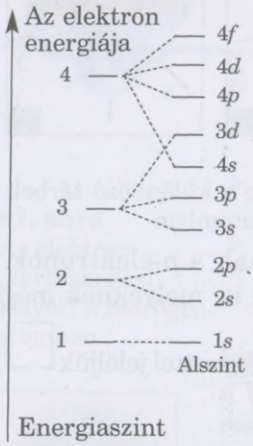
E jellemzőt leegyszerűsítve úgy értelmezik, mint az elektron forgását saját tengelye körül (így forog bolygónk, minek eredményeképpen váltakoznak a nappalok és az éjszakák). Az egyik elektron e tengely körül az óramutató járásával megegyező irányban forog, másik az óramutató mozgásával ellentétes irányban, azaz ellentétes spinje van (64. ábra). Ezeket az elektronokat az orbitálban ellentétes irányú nyilakkal jelölik: ↑↓.

Az az elektronpálya, amelyik két elektront tartalmaz, telített orbitál. Ha az atompályán egy elektron van, ezt az elektront *párosítatlan elektronnak* nevezzük, ha pedig kettő – *párosított elektronnak*.

Az energiaszintek. Az elektron legfontosabb jellemzője, amelyet elég pontosan meg lehet határozni, az energiája. Az olyan elektronoknak, melyek az atomban egy vagy azonos alakú és méretű több orbitált foglalnak el, egyforma energiájuk van.

[1] A szakkifejezés a „spin" angol szóból ered, jelentése: forogni, keringeni.

Minél tömörebb az atompálya és minél közelebb tartózkodik az elektron a maghoz, annál kisebb az energiája.



16. séma
Energiaszintek

Az atom korszerű modellje figyelembe veszi az elektronok energiáját. Ezek a részecskék az úgynevezett energiaszintek szerint oszlanak meg benne (16. séma).

Minden energiaszintet egyforma vagy nagyon közeli energiájú elektronok töltenek be. Az első szint elektronjainak van a legkisebb energiájuk; ezek vannak legközelebb az atommaghoz. A második szintet magasabb energiájú elektronok foglalják el, a harmadikat még magasabb energiájúak és így tovább.

Az „energiaszint" szakkifejezés helyett gyakran használják az „elektronhéj" vagy „elektronburok" szakszókat is.

Az energiaszintek *alszintekből* tevődnek össze, miközben a szint sorszáma az alszintek számával azonos. Így az első szinten egy alszint van, a másodikon kettő, a harmadikon három (16. séma) és így tovább.

Az elektronok eloszlása az energiaszinteken. Mindegyik energiaszint korlátozott elektronmennyiséget tartalmaz. Az elektronok maximális számát az alábbi képlet szerint határozhatjuk meg:

$$N_{max}(e^-) = 2n^2,$$

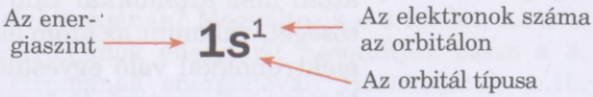
ahol az n a szint sorszáma.

Az *első energiaszinten* nem több mint $2 \cdot 1^2 = 2$ elektron tartózkodhat. Ezek egy atompályán (szférikus orbitálon) helyezkednek el, *s*-elektronok, és azonos energiával rendelkeznek, de spinjeik különbözők.

Az első energiaszint feltöltését elektronokkal az úgynevezett elektronképletekkel és azok grafikus változataival szemléltetjük (65. ábra):

$1s^1$ $\boxed{\uparrow}$ (1s) $\qquad$ $1s^2$ $\boxed{\uparrow\downarrow}$ (1s)

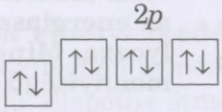
65. ábra
Elektronképlet



A *második energiaszint* maximum $2 \cdot 2^2 = 8$ elektront fogadhat be. Kettő közülük egy *s*-atompályát foglal el, de nagyobb térfogatút, mint az volt, amelyik az első szinthez tartozott. Ezeknek szintén ellentétes spinjük van. A második szint többi (hat) elektronja *p*-elektron. Mivel minden atompályán legfeljebb két elektron tartózkodhat, ezért *p*-atompályákból $6 : 2 = 3$-nak kell lennie. Ezek egy energiaszinthez tartozó orbitálok; egyforma térfogatuk van és a koordinátatengelyek mentén helyezkednek el (63. ábra).

A feltöltött második energiaszint elektronképlete: $2s^2 2p^6$.

A gömb alakú elektronpálya az elektron számára előnyösebb a súlyzó alakúnál. Ezért a második energiaszint *s*-elektronjainak valamivel kisebb energiájuk van, mint a *p*-elektronoknak:



A második energiaszint tehát két alszintből tevődik össze. Ezeket úgyanúgy jelöljük, mint a megfelelő elektronokat: *s*-alszint, *p*-alszint (16. séma).

A harmadik energiaszint nem több mint $2 \cdot 3^2 = 18$ elektront fogad be. Ezen a szinten három alszint van $3s$, $3p$ és $3d$. Ha az *s*-alszinten nem lehet 2-nél több elektron, a *p*-alszinten legfeljebb 6, akkor a *d*-alszinten az elektronok maximális mennyisége egyenlő $18 - 2 - 6 = 10$. Ezek *d*-elektronok; öt orbitált foglalnak el.

Érdekes tudni
Az elektronok a $3d$-atompályákat csupán a $4s$-atompálya feltöltése után kezdik betölteni.

▶ Írjátok fel a harmadik energiaszint elektronképletét és annak grafikus változatát az elektronokkal való teljes feltöltődése esetén.

Az atom korszerű modellje lehetőséget nyújt feltárni elektronszerkezetét, meghatározni az

atom más atomokkal való egyesülésének lehetőségét, valamint az atom elektronvesztését vagy elektronokkal való egyesülését. Mindez meghatározza az egyszerű és összetett anyagok kémiai tulajdonságait.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az atomban azt a térrészt, ahol az elektron tartózkodása a legvalószínűbb, orbitálnak (atompályának, elektronpályának) nevezzük. Az orbitálok alakja többféle lehet: gömb alak (az ilyen orbitálon tartózkodnak az *s*-elektronok), súlyzó alak (rajta tartózkodnak a *p*-elektronok) és egyéb. Az orbitálokon egy vagy két elektron tartózkodhat.

Az elektronnak azt a tulajdonságát, amely tengelye körüli forgásra emlékeztet, spinnek nevezzük.

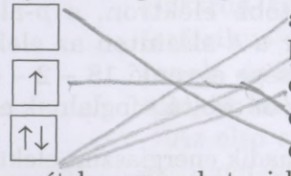
Az atom korszerű modellje az elektronokat az energiaszintek és alszintek alapján osztályozza. Mindegyik szint és alszint korlátolt mennyiségű elektront fogad be.

?

220. Mi az orbitál? Milyen alakjuk van az *s*- és *p*-orbitáloknak?

221. Hogyan helyezkednek el a térben egy atom *p*-orbitáljai? Az *s*-orbitál jelölésében miért nincsen index (például s_x)?

222. Találjátok meg a megfelelő párt:



223. Nevezzétek meg azokat a jellemzőket (ismérveket), amelyek alapján az egyik elektron különbözhet a másiktól vagy hasonlíthat a másikra.

224. Melyik részecske energiája kisebb: az 1. energiaszinten levő *s*-elektroné vagy a 2. energiaszinten levő *p*-elektroné? A feleletet indokoljátok meg.

225. Mindig nagyobb-e a 3. energiaszint elektronjának energiája, mint a 2. szint elektronjának? Megváltozik-e a felelet, ha a 4. energiaszint elektronjának energiáját hasonlítjuk össze a 3. energiaszint elektronjának energiájával? Használjátok a 16. sémát.

226. Milyen felirat nyújt több információt az elektronokról: az elektronképlet vagy annak grafikus változata? Miért?

227. Az adott alszintek közül válasszátok ki azokat, amelyek az atomban lehetetlenek: $6p$, $2d$, $1p$, $5s$.

26 Az atom elektronhéjának felépítése

E fejezet anyaga segít nektek:

- összeállítani az atomok elektronképleteit;
- prognosztizálni az elem vegyértékét az atom elektronszerkezete alapján;
- megkülönböztetni az atom alapállapotát és gerjesztett állapotát.

Az elektronok elhelyezkedése az atomban. A környező világban minden igyekszik a legkisebb energiájú állapotba átmenni. Az ilyen állapot a legstabilabb s ezért a legkedvezőbb. A legkisebb energia elve az atom elektronszerkezetét is meghatározza.

Az elektronok az atomban úgy helyezkednek el, hogy energiájuk minimális legyen.

Nézzük meg, hogyan töltik fel az elektronok a különböző elemek atomjainak energiaszintjeit és alszintjeit.

Az 1. sorszámú elem, a hidrogén atomja csupán egy elektront tartalmaz. A legkisebb energia elve szerint ennek az elektronnak a legközelebb kell kerülnie a maghoz, azaz az első energiaszinthez kell tartoznia és az $1s$-elektronpályát kell elfoglalnia.

A hidrogénatom elektronképletét[1] és annak grafikus változatát így ábrázolhatjuk:

$_1\mathbf{H}$ $1s^1$; $1s$ ↑ .

A 2. sorszámú elem, a hélium atomja két elektront tartalmaz. Tud-e a második elektron az első energiaszintre kerülni? Igen, mivel az első szint maximális „befogadóképessége" 2 elektron. E részecskéknek különböző spinjük lesz.

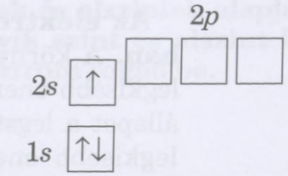
Felírjuk a héliumatom elektronképletét és annak grafikus változatát:

$_2\mathbf{He}$ $1s^2$; $1s$ ↑↓ .

A 3. számú elem, a lítium atomjában 3 elektron van. Két elektron az 1*s*-atompályát foglalja el (16. séma). Az első energiaszint ezzel be van töltve, és a harmadik elektron a második szintre kerül. A 2*s*- és 2*p*-orbitálok közül ez az elektron azt „választja", amelyiknek alacsonyabb az energiája, vagyis a 2*s*-orbitált.

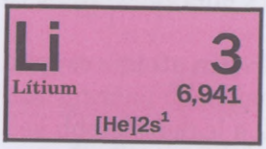
A lítiumatom elektronképlete és annak grafikus változata a következő:

$_3\mathbf{Li}$ $1s^2 2s^1$;



Az utolsó energiaszinten levő elektronokat külső elektronoknak nevezzük. A lítiumnak mint fémes elemnek az atomjában egy külső elektron található; ez a 2s-elektronpályán mozog.

66. ábra
A lítium kockája



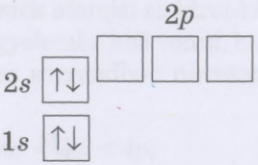
A külső elektronok kiemelése céljából az elektronképlet rövidített feliratát használják. A lítiumatomra vonatkozóan ez így alakul: $[He]2s^1$. A hélium vegyjele a szögletes zárójelben azt jelenti, hogy a lítiumatom elektronhéjának belső része ugyanolyan, mint a héliumatom elektronhéja ($1s^2$). Az atomok elektronképleteinek rövidített alakját a periódusos rendszer rövid változata

[1] Az elektronképlet ábrázolását még elektronkonfigurációnak is nevezik.

tünteti fel (I. előzék, 66. ábra). Néha az atomok elektronképletét csupán a külső elektronok feltüntetésével írják fel. A lítiumatom esetében ez így alakul: $...2s^1$.

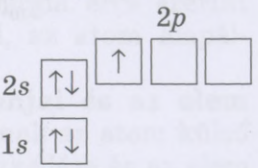
A 4. számú elem, a berillium atomjában 4 elektron van. A negyedik elektron „párt alkot" a harmadikkal és a 2*s*-elektronpályán helyezkedik el:

$_4$**Be** $1s^2 2s^2$,
vagy $[He]2s^2$;



Az 5. számú elem, a bór atomjának 5 elektronja van. Az ötödik elektron a második energiaszinten található és az egyik *p*-orbitálon helyezkedik el:

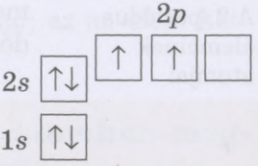
$_5$**B** $1s^2 2s^2 2p^1$,
vagy $[He]2s^2 2p^1$;



A 6. számú elem, a szén atomjában megjelenik a hatodik elektron. Ez az elektron „be tud költözni" az ötödik elektronhoz ugyanarra a *p*-atompályára, vagy elfoglalni egy üres *p*-atompályát. A második lehetőség valósul meg: az egynemű töltéssel rendelkező elektronok taszítják egymást; számukra előnyösebb különböző atompályákat elfoglalni.

A szénatom elektronképlete és annak grafikus változata:

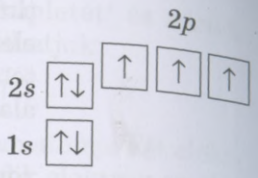
$_6$**C** $1s^2 2s^2 2p^2$,
vagy $[He]2s^2 2p^2$;



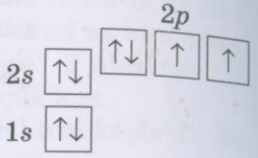
Érdekes tudni
Az utóbbi időben felfedezett elemek atomjainak elektronképletét végérvényesen még nem derítették fel.

Figyelembe véve azt, hogy mindegyik elektron igyekszik elfoglalni az utolsó alszint üres orbitálját, ha pedig ilyen nincs, akkor „hozzáköltözni" a másik elektronhoz (ellentétes spinnel), felírjuk a 2. periódus többi elemének elektronképleteit:

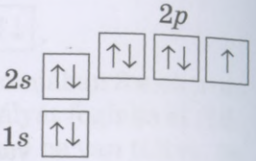
$_7\mathbf{N}$ $1s^2 2s^2 2p^3$,
vagy $[He]2s^2 2p^3$;



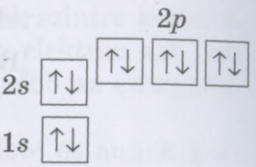
$_8\mathbf{O}$ $1s^2 2s^2 2p^4$,
vagy $[He]2s^2 2p^4$;



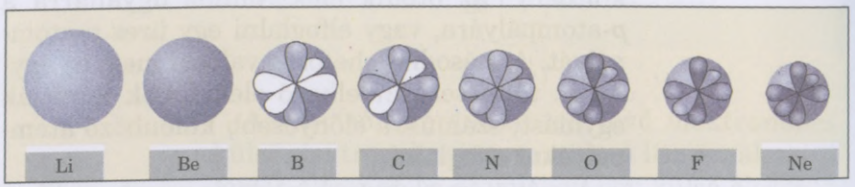
$_9\mathbf{F}$ $1s^2 2s^2 2p^5$,
vagy $[He]2s^2 2p^5$;



$_{10}\mathbf{Ne}$ $1s^2 2s^2 2p^6$,
vagy $[He]2s^2 2p^6$;

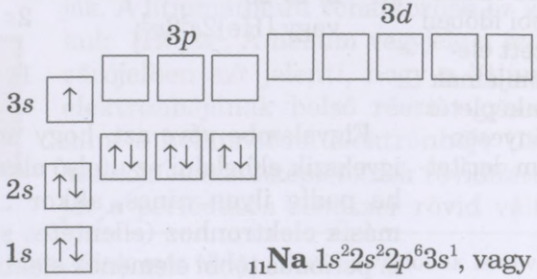


A 2. periódus elemeinek atomjaiban a külső energiaszintek elektronokkal való feltöltését a 67. ábra szemlélteti.



67. ábra
A 2. periódus elemeinek atomjai

A 11. sorszámú elem, a nátrium atomjában megkezdődik a harmadik energiaszint feltöltődése: megjelenik rajta az első elektron:



$_{11}\mathbf{Na}$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, vagy $[Ne]3s^1$

▶ Állítsátok össze a 3. periódus többi eleme atomjainak elektronképletét.

Hasznos megjegyezni: az atom elektronokat tartalmazó energiaszintjeinek száma megegyezik annak a periódusnak a sorszámával, amelyikben az elem helyet foglal.

A 4. periódusba tartozó elemek atomjai elektronképleteinek összeállításakor figyelembe kell venni, hogy az alszintek energiája ilyen sorrendben növekszik (16. séma):

$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p$,

de az atom utolsó energiaszintjén nem lehet 8-nál több elektron.

Az atomnak azt az állapotát, amelyben az atompályák a legkisebb energia elve szerint töltődnek fel elektronokkal, az atom alapállapotának nevezzük.

Az atom külső elektronjai és az elem vegyértéke. Az elektronoknak az atom külső energiaszintjén való elhelyezkedése és az elem vegyértéke között összefüggés van. Nemhiába nevezik a külső elektronokat *vegyértékelektronoknak*.

Vessünk össze néhány tényt. A hidrogénatomnak egy elektronja van; az elem vegyértéke egyenlő 1-gyel. A lítiumatom külső energiaszintjén szintén egy elektron található, a fluoratomnak hét külső elektronja van, amelyek közül egy párosítatlan. A lítium és a fluor egyvegyértékű elem. Az oxigénatomban a külső szinten két párosítatlan elektron található; ez az elem kétvegyértékű.

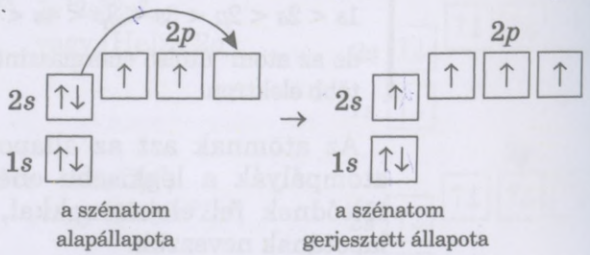
A párosítatlan elektronok száma az atomban megmutatja az elem lehetséges vegyértékét.

A szénatom két párosítatlan elektront tartalmaz (159. old.). Azonban ez az elem vegyületeiben (a szén-monoxidon (CO) kívül) 4 vegyértékű. A szénatomban tehát nem két, hanem

Érdekes tudni
A gerjesztett állapotban levő különálló atom gyorsan visszakerül az alapállapotába, miközben energiájának egy részét elveszti.

négy párosítatlan elektronnak kell lennie. Ezek a 2*s*-elektronpár szétválásának eredményeképpen jönnek létre; az egyik elektron bizonyos energiamennyiséget nyerve, az üres *p*-elektronpályára lép át. Az elektron egyik orbitálról a másikra való átmenetének folyamatát (azonos energiaszinten) az atom gerjesztésének nevezzük. Az atom gerjesztett állapotát csillaggal jelölik fent, az elem vegyjele után:

$$C \rightarrow C^*$$
$$1s^2 2s^2 2p^2 \rightarrow 1s^2 2s^1 2p^3$$



a szénatom alapállapota — a szénatom gerjesztett állapota

Az oxigén és a fluor atomjaiban nincs üres atompálya. Ezért a 2*s*- és 2*p*-elektronpárok szétválása lehetetlen. Ezért ezen elemek vegyértéke megegyezik az atomban levő párosítatlan elektronok számával: az oxigéné 2, a fluoré 1.

A hélium- és neonatomokban az összes orbitálon csupán elektronpárok tartózkodnak, szabad elektronpályák nincsenek. Ezért ezeknek az elemeknek nincs vegyértékük; atomjaik nem képesek egymással vagy más atomokkal egyesülni.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az elektronok az atomban úgy helyezkednek el, hogy energiájuk minimális legyen. Minden energiaszinten az elektronok először az *s*-atompályákat töltik fel, csak azután a *p*-atompályákat.

Az atom párosítatlan elektronjainak száma meghatározza az elem lehetséges vegyértékét.

Az atom, ha az utolsó energiaszintjén üres elektronpályái vannak, gerjesztett állapotba mehet át. Eközben az elektronpárok szétválásának eredményeképpen a párosítatlan elektronok száma az atomban megnövekszik és létrejön az előfeltétele az elem vegyérték-növekedésének.

?

228. A 2. periódus eleme atomjának az utolsó energiaszinten 6 elektronja van. Közülük hány párosított elektron van, és hány párosítatlan?

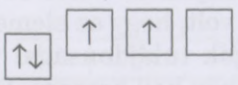
229. A 2. periódus mely elemei atomjainak alapállapotában van egy párosítatlan elektron, két párosítatlan elektron?

230. Nevezzétek meg azt az elemet, amelynek elektronképlete a következő: a) $1s^2$; b) $1s^22s^22p^63s^1$; c) $[He]2s^22p^5$; d) $[Ne]3s^1$.

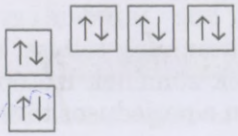
231. Nevezzetek meg két olyan elemet, amelyek atomjaiban alapállapotban az összes s- és az összes p-elektronok száma megegyezik.

232. Létezhet-e gerjesztett állapot a hidrogén-, a szilícium, a nitrogénatomok esetében? A feleletet indokoljátok meg.

233. Találjátok meg a megfelelő párt:

1) 

2) $1s^22s^22p^4$

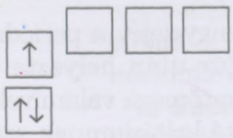
3) 

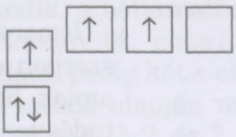
4) $1s^22s^12p^3$

a) az atom alapállapota;
b) az atom gerjesztett állapota.

234. Írjátok fel a gerjesztett bóratom elektronképletét és annak grafikus változatát.

235. Milyen a vegyértéke az alábbi elektronképlettel rendelkező atomnak:

a) 

b) 

c) $[Ne]3s^1$

d) $1s^22s^12p^3$?

27 A periódusos törvény és az atomok elektronszerkezete

E fejezet anyaga segít nektek:

- tisztázni, miben különbözik a periódusos törvény korszerű megfogalmazása attól, amelyet Mengyelejev adott;
- megérteni a periódusos törvény fizikai lényegét;
- megérteni az összefüggést a periódus sorszáma és az atom energiaszintjeinek mennyisége között, valamint a csoport sorszáma és a külső energiaszinten található elektronok mennyisége között;
- megmagyarázni az elemek atomsugarainak változását a periódusokban és a csoportokban.

A periódusos törvény korszerű megfogalmazása. Kortársaihoz hasonlóan D. I. Mengyelejev még nem tudta, milyen az atom felépítése. Abban azonban biztos volt, hogy az elemek kémiai jellege és az anyagok tulajdonságai változásainak okát az atomokban kell keresni. Jól tudta, hogy a periódusos törvény mélyebb megismerésére van szükség.

Az atom bonyolult felépítésének felfedezése segített meghatározni, hogy minden egyes elem alapvető sajátsága az atommag töltése, s nem a tömeg, mivel az elemek zömének izotópjai vannak. Ezért napjainkban a periódusos törvényt így fogalmazzuk meg:

a kémiai elemek és az egyszerű anyagok tulajdonságai, valamint a vegyületek összetétele és tulajdonságai periódusosan függnek az atommagok töltésének értékeitől.

Ismeretes, hogy Mengyelejev a periódusos rendszerben a jódot a tellúr után helyezte el, dacára annak, hogy a jód atomtömege valamivel kisebb. A tudós számára alapvető kritériumnak számított az atomtömegen kívül az elemek kémiai jellege és az

általuk keletkezett vegyületek tulajdonságai. Most már tudjuk, hogy a jód atommagjában egy protonnal több van, mint a tellúr atommagjában, s ezért a jód rendszámának eggyel nagyobbnak kell lennie.

A periódusos rendszerben van még néhány olyan elempár, amelyekben az atomtömegek értékei alapján az elemek helyét fel kellett volna cserélni. Közöttük van az argon és a kálium. A káliumatom egy protonnal többet tartalmaz. De a relatív atomtömege miért kisebb, mint az argoné? Mindkét elemnek 3–3 természetes nuklidja van. Az argon majdnem teljesen a „nehéz” ^{40}Ar nuklidból tevődik össze; az összes atommennyiség 99,6%-a ilyen atom (vannak még ^{36}Ar és ^{38}Ar nuklidok is). A káliumnál túlnyomó többségben a “könnyű” ^{39}K nuklidok vannak: az összes káliumatom 93,2%-a (vannak még ^{40}K és ^{41}K nuklidjai is).

68. ábra
A periódusos rendszer részlete

A periódusos törvény fizikai lényege. Figyeljük meg az első 18 elem atomjainak külső elektronhéjait (68. ábra).

Per. \ Csop.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	1 H $1s^1$ (I)*							2 He $1s^2$
2	3 Li $2s^1$ (I)	4 Be $2s^2$ (II)	5 B $2s^2 2p^1$ (III)	6 C $2s^2 2p^2$ (IV)	7 N $2s^2 2p^3$ (IV)	8 O $2s^2 2p^4$ (II)	9 F $2s^2 2p^5$ (I)	10 Ne $2s^2 2p^6$
3	11 Na $3s^1$ (I)	12 Mg $3s^2$ (II)	13 Al $3s^2 3p^1$ (III)	14 Si $3s^2 3p^2$ (IV)	15 P $3s^2 3p^3$ (V)	16 S $3s^2 3p^4$ (VI)	17 Cl $3s^2 3p^5$ (VII)	18 Ar $3s^2 3p^6$

* A zárójelben az elem vegyértéke van feltüntetve (az egyedüli vagy a maximális).

Amint látjuk, a kémiai elemek sorában a külső elektronok száma az atomokban és elhelyezkedésük az atompályákon periódusosan ismétlődik. Például, a hidrogénatomban (1. sorszámú elem), a lítiumatomban (3. elem), a nátriumatomban (11. elem) az utolsó energiaszinten egy *s*-elektron tartózkodik, a héliumatomban (2. elem), a berilliumatomban (4. elem), a magnéziumatomban (12. elem) pedig két *s*-elektron.

A külső elektronok száma alapján meg lehet jósolni az elem kémiai jellegét. A 2. és 3. periódus elemei – lítium, berillium, nátrium, magnézium,

alumínium atomjaiban az utolsó energiaszinten nem nagy számú elektron található: 1-től 3-ig (68. ábra). Ezek fémes elemek. A nemfémes elemek atomjaiban a külső elektronok száma nagyobb: 4-től 8-ig.

Mivel az atom külső elektronhéjának összetétele kihat az elem kémiai jellegére, ezért az elemek atomjai elektronszerkezetének periodikus változása okozza az anyagok összetételének és tulajdonságainak periódusos változását. Ebben rejlik a *periódusos törvény fizikai lényege*.

Az elemek osztályozása az atomok elektronszerkezete alapján. A kémiai elemek egyik osztályozásának alapjául az atomok elektronszerkezete szolgál. Attól az elektronpályatípustól függően, amelyiken a legnagyobb energiájú elektronok (külső elektronok) tartózkodnak, megkülönböztetnek *s-elemeket, p-elemeket, d-elemeket és f-elemeket*. Az elemek mindegyik típusának kockái a periódusos rendszerben különböző színűek – rózsaszínűek (*s*-elemek), sárgák (*p*-elemek), kékek (*d*-elemek) vagy zöldek (*f*-elemek).

Az *s*-elemek (a héliumon kívül) az I. és II. csoportok főcsoportjához, a *p*-elemek a III–VIII. csoport főcsoportjához tartoznak. Mindegyik mellékcsoport *d*-elemeket tartalmaz, az *f*-elemek a III. csoport mellékcsoportjába tartoznak. Ezek a lantanoidák és aktinoidák; kihelyezték őket a periódusos rendszer alapmezejének mezsgyéjére.

A periódusos rendszer, az atomok elektronszerkezete és az elemek vegyértéke. Az atomok elektronszerkezetével vannak összhangban a periódusok és csoportok sorszámai:

- az elemet tartalmazó periódus száma (sorszáma) megmutatja az atomjában levő energiaszintek (elektronhéjak) mennyiségét;
- az *s*- vagy *p*-elemet tartalmazó csoport száma (sorszáma) megegyezik az atom külső héján[1]

[1] A III–VII. csoport *d*-elemei esetében a csoport száma (sorszáma) megegyezik a két utolsó alszinten (*d*- és *s*-) található elektronok mennyiségének összegével.

tartózkodó elektronok számával és megmutatja az elem maximális vegyértékét (68. ábra).

Van néhány elem, amelynek maximális vegyértéke különbözik a periódusos rendszer megfelelő csoportjának számától (sorszámától). A nitrogén az V. csoport eleme, de vegyértéke nem haladja meg a 4-et. Az oxigén és fluor vegyértékei megfelelően 2 és 1, amelyek szintén nem felelnek meg a csoportszámoknak (VI. és VII.). Ennek okát már az előző fejezetben tárgyaltuk.

Az elemek atomsugarainak változása a periódusokban és a csoportokban. Az atom a mi elképzelésünk szerint egy bizonyos sugarú[1] mikroszkpikus gömb[1].

Az atom sugara az a távolság, amely a mag középpontjától az utolsó energiaszint elektronjait tartalmazó elektronpályákat érintő gömbfelületig terjed.

Az atomok sugarai függenek a magok töltésétől és azoknak az energiaszinteknek a mennyiségétől, amelyeken elektronok helyezkednek el.

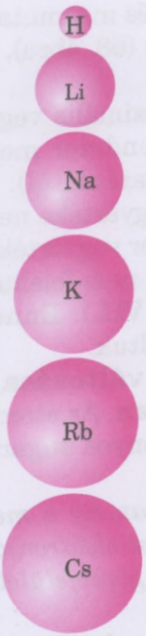
Egyazon periódus elemei atomjainak azonos számú energiaszintjük van, de különbözők a sugaraik (67., 69. ábra). Az elemek atommagjának töltései a periódusban növekednek. *Minél nagyobb az atommag töltése, annál közelebb vannak hozzá az elektronok, s annál kisebb a sugara.* Ezt az összefüggést a fizika törvénye szabja meg, amely szerint a nagyobb töltéssel rendelkező részecske erősebben vonzza (vagy taszítja) a másikat.



69. ábra
A 3. periódus elemeinek atomjai

Az elemek atomjainak sugara a periódusban balról jobbra csökken.

[1] A különálló atom és az anyagban található atom sugarai különbözők.



70. ábra
Az I. főcsoport elemeinek atomjai

▶ A 69. ábrát figyelembe véve hasonlítsátok össze a 3. periódus fémes és nemfémes elemei atomjának sugarát.

Most pedig hasonlítsuk össze egy csoport (főcsoport) elemeinek atomjait. Az elem rendszámának növekedésével megnövekszik az elektronokat tartalmazó energiaszintek száma. Ez az atomok méretének növekedését idézi elő (70. ábra).

Minél több energiaszintje van az atomnak, annál nagyobb a sugara.

Az elemek atomjainak sugara a csoportban (alcsoportban) felülről lefelé növekszik.

Figyeljétek meg a lítium-, nátrium- és káliumatomok magtöltéseit. Ezek hirtelen növekednek: +3 (Li), +11 (Na), +19 (K). Ennek erősítenie kell az elektronok vonzódását a maghoz, az atomsugarak csökkenését okozva. Azonban a magok növekedő töltéseit nagymértékben árnyékolják a belső héjak elektronjainak töltéseivel, mintegy semlegesítve azokat. Azonkívül ezeknek az elektronoknak száma a lítiumtól a káliumig majdnem úgyanúgy növekszik, mint a magtöltések. Ezért egy csoport (alcsoport) elemeinek atomsugaraira ható döntő tényező az energiaszintek mennyisége.

ÖSSZEFOGLALÁS

A periódusos törvényt napjainkban így fogalmazzák meg: a kémiai elemek és egyszerű anyagok tulajdonságai, valamint a vegyületek összetétele és tulajdonságai periódusosan függnek az atomok magtöltéseinek értékeitől.

A periódusos törvény fizikai lényege az, hogy a magtöltések növekedésével az atomok elektronszerkezete változik, ami az elemek kémiai jellegének, vegyértékének, az egyszerű anyagok és a vegyületek tulajdonságainak periodikus változását idézi elő.

Az atomok elektronszerkezete alapján megkülönböztetnek *s*-, *p*-, *d*- és *f*-elemeket.

A periódus száma (sorszáma), amelyben az elem elhelyezkedik, mutatja az atomjában levő energiaszintek számát, a csoport száma (sorszáma) pedig a külső szinten levő elektronok számát és a maximális vegyértéket.

Az elemek atomsugara a periódusban balról jobbra csökken, a csoportban (alcsoportban) pedig fentről lefelé növekszik.

?

236. Fokozatosan vagy periodikusan változik-e az elem rendszámának növekedésével:
a) az összes elektronok száma az atomban;
b) az elektronok száma a külső energiaszinten?

237. Véleményetek szerint mi az oka annak, hogy a tellúr relatív atomtömege nagyobb, mint a jódé, dacára annak, hogy a tellúratomban 1 protonnal és 1 elektronnal kevesebb van?

238. Írjátok egy oszlopba az elemek azon vegyjeleit, amelyek N betűvel kezdődnek. Minden vegyjel után tüntessétek fel a megfelelő elem elnevezését és típusát (*s*-, *p*-, *d*- vagy *f*-elem).

239. Az elektronképletek összeállítása nélkül határozzátok meg a Cl, Pb, As, Kr atomjának utolsó energiaszintjén az elektronok számát.

240. Milyen információt szerezhetünk a kémiai elemről az atom elektronképletéből?

241. Milyen típusú elemekhez tartoznak azok az atomok, melyeknek elektronképlete a következő: a) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$; b) $1s^2 2s^2 2p^1$; c) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$?

242. Mi az atom sugara? Milyen tényezőktől függ annak értéke?

243. Melyik elem atomjának van nagyobb sugara a következő elempárokban: Si – P, F – Br, H – He, Na – Be? A feleleteket indokoljátok meg.

244. Szem előtt tartva az atomsugarak változásának jellegét a Be – Mg – Al és Be – B – Al elemsorokban, válasszátok ki a helyes választ: a) a berillium atomsugara nagyobb, mint az alumínium atomsugara; b) az alumínium atomsugara nagyobb, mint a berillium atomsugara; c) a berillium atomsugara és az alumínium atomsugara körülbelül egyforma.

245. Nevezzétek meg azt az elemet, amelyik atomjának, véleményetek szerint: a) legkisebb a sugara; b) legnagyobb a sugara. Indokoljátok meg válaszotokat.

28 Az elem jellemzése a periódusos rendszerben való helye és atomjának felépítése alapján

E fejezet anyaga segít nektek:

- kideríteni, mit értünk a kémiai elem jellemzésén;
- összeállítani az elem jellemzését és meghatározni egyszerű anyagának típusát az elemnek a periódusos rendszerben való helye és atomjának felépítése alapján.

A periódusos törvény lényegét tudatosítva, ismerve, milyen információt tartalmaz a periódusos rendszer az elemekről, és az atom elektronszerkezetére támaszkodva, össze tudjátok állítani az elem jellemezését, meghatározni egyszerű anyagának típusát. Megmutatjuk, hogyan lehet ezt csinálni, és megadjuk a szükséges magyarázatot.

Az elem jellemzésének terve

1. Az elem helye a periódusos rendszerben (a periódus száma, a csoport száma, főcsoport vagy mellékcsoport).

2. A relatív atomtömeg.

3. Az atom összetétele, vagyis a protonok, neutronok (ha az elem ahhoz a húsz elemhez tartozik, amelyeknek csupán egy természetes nuklidjuk van) és az elektronok mennyisége. A természetes izotópok létezésének valószínűsége (a relatív atomtömeg értékének a legközelebbi egész számtól való eltérése alapján).

4. Az atom elektronszerkezete, azaz az elektronok elhelyezkedése az energiaszinteken és alszinteken.

5. Az elem típusa (*s*-, *p*-, *d*-, *f*-), kémiai jellege (fémes vagy nemfémes).

6. A vegyérték maximális és minimális értékei (a periódusos rendszernek az elemet tartalmazó

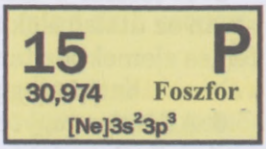
csoportszáma, és az atomban levő párosítatlan elektronok száma alapján). Az atom gerjesztett állapotának lehetősége.

7. Az elem által alkotott egyszerű anyag típusa (fém vagy nemfém).

GYAKORLAT. **Állítsuk össze a foszfor jellemzését a periódusos rendszerben elfoglalt helye és atomjának felépítése alapján.**

Megoldás.

1. A foszfor mint elem a 3. periódusban, az V. csoportban, a főcsoportban foglal helyet. A periódusos rendszer megfelelő kockájában (71. ábra) megtaláljuk az elem vegyjelét: P. Az egyszerű anyag elnevezése szintén foszfor[1].



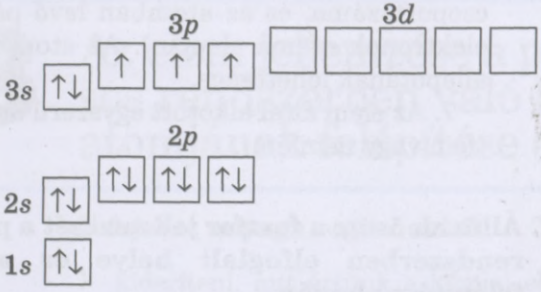
71. ábra
A foszfor kockája a periódusos rendszerben

2. Az elem relatív atomtömege 30,974.

3. Az elem rendszáma (protonszáma) 15. A foszforatom összetétele: 15 proton és 15 elektron. A foszfor annak a húsz elemnek a sorába tartozik (23. fejezet), amelyeknek csupán egy természetes nuklidja van. A foszfornuklid nukleonszámát úgy kapjuk meg, hogy a relatív atomtömeg értékét először egész számmá kerekítjük: $30{,}974 \approx 31$. A nuklid jelölése: ^{31}P. A nuklid magjában levő neutronok száma egyenlő a nukleonszám és a protonszám különbségével: $31 - 15 = 16$.

4. Mivel a foszfor a 3. periódusban foglal helyet, ezért az elektronok az atomjában a 3. energiaszinten helyezkednek el. Az első és második szint betöltött; rajtuk megfelelően 2 és 8 elektron tartózkodik (ilyen a 10. elem, a neon atomjának elektronszerkezete). A harmadik, külső szinten 5 elektron helyezkedik el (számuk a főcsoport eleme számára megegyezik a csoport sorszámával): 2 elektron a 3*s*-alszinten, 3 pedig a 3*p*-alszinten. A foszforatom elektronképlete: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$. Ennek grafikus változata az utolsó energiaszint nemcsak betöltött, de üres atompályáinak (3*d*-orbitálok) feltüntetésével így néz ki:

[1] Ennek a vegyi elemnek többféle egyszerű anyaga van. Legfontosabb közülük a vörös és a fehér foszfor.

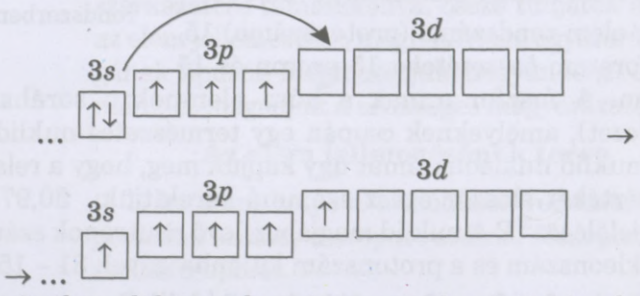


5. A foszfor *p*-elem, mivel az atom energiaszintjeinek feltöltése során az utolsó elektron a *p*-elektronpályára kerül. A foszfor a nemfémes elemekhez tartozik; ez az elem a periódusos rendszer hosszú változatában a szaggatott vonaltól jobbra és feljebb helyezkedik el.

6. A foszfor vegyértékének minimális értéke egyenlő 3-mal (ennyi a párosítatlan elektronok száma az atomban). Megvan a lehetősége annak, hogy a 3*s*-elektronpálya egyik elektronja átlép a 3*d*-elektronpályára:

$$P \rightarrow P^*$$

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3 \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^3 3d^1$$



A párosítatlan elektronok száma a gerjesztett atomban ötre emelkedik. Ezért a foszfor maximális vegyértéke egyenlő 5-tel.

7. Mivel a foszfor nemfém, ezért egyszerű anyaga is nemfém.

A hidrogén jellemzése. Az 1. rendszámú elem az egyedüli, amelyet a periódusos rendszerben két kockában helyeznek el: az I. és a VII. főcsoportban.

A hidrogén elhelyezése mindkét változatának megvannak az okai.

A hidrogén az I. főcsoport elemeihez, az alkálifémekhez hasonló. Ez az elem egyvegyértékű, atomja az utolsó (egyetlen) energiaszinten egy elektront tartalmaz.

A hidrogén hasonló a VII. főcsoport elemeihez, a halogénekhez is. Ez nemfémes elem. Állandó vegyértéke egybeesik a halogének minimális vegyértékével. A hidrogénelem egyszerű anyagának, a hidrogén (H_2) gáznak tulajdonságai tekintetében sok közös vonása van a fluorral (F_2) és a klórral (Cl_2).

A hidrogénnek a periódusos rendszerben való helyének melyik változatát kell előnyben részesíteni? Egyöntetű válasz e kérdésre nincs. Ezért ezt az elemet megtalálhatjuk mind az I. csoportban, mind a VII. csoportban.

A hidrogén jellemzésekor elhelyezkedésének mindkét változatát figyelembe kell venni a periódusos rendszerben.

ÖSSZEFOGLALÁS

A kémiai elem jellemzése során feltüntetik helyét a periódusos rendszerben, relatív atomtömegét, atomjának összetételét és elektronszerkezetét, kémiai jellegét, típusát (az elektronszerkezet szerint), vegyértékét (figyelembe véve az atom lehetséges gerjesztett állapotát is), valamint egyszerű anyagának típusát.

?

246. Jellemezzétek a lítiumot és a ként e fejezetben megadott terv szerint. Vegyétek figyelembe, hogy a kén atomja lehet két gerjesztett állapotban.
247. Nevezzetek meg néhány olyan elemet, amelyek vegyértéke 7.
248. Mely elemek maximális vegyértéke nem esik egybe az őket tartalmazó csoportok számával (sorszámával)?
249. Miben hasonló a hidrogén és a klór? Miben különbözik a hidrogén a nátriumtól?

29 A periódusos rendszer, az elemek kémiai jellege és az egyszerű anyagok tulajdonságai

E fejezet anyaga segít nektek:

- tisztázni, hogyan változik az elemek jellege a periódusokban és a csoportokban;
- prognosztizálni az egyszerű anyagok kémiai tulajdonságait és aktivitását, figyelembe véve a megfelelő elemek helyét a periódusos rendszerben.

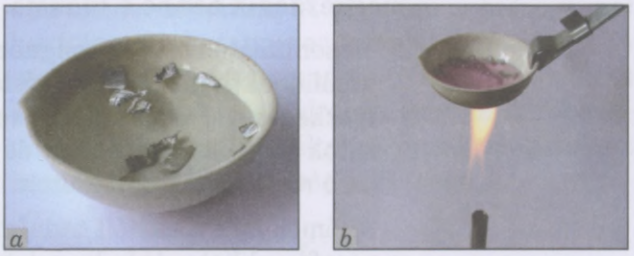
Már tudjátok, hogy vannak fémes és nemfémes elemek. Az elsők a periódusos rendszerben mindegyik periódus elején és a nagy periódusok közepén helyezkednek el. Ezek atomjainak a külső energiaszinten, rendre, egytől háromig terjedő elektronjaik vannak. A nemfémes elemek lezárják a periódusokat. Atomjaikban a külső elektronok száma nagyobb – 4-től 8-ig:

Csoportok / Periódusok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
3	Na $3s^1$	Mg $3s^2$	Al $3s^23p^1$	Si $3s^23p^2$	P $3s^23p^3$	S $3s^23p^4$	Cl $3s^23p^5$	Ar $3s^23p^6$
	Fémes elemek			**Nemfémes elemek**				

A fémes elemek fémes egyszerű anyagokat alkotnak, a nemfémesek nemfémes egyszerű anyagokat. *Az elem kémiai jellegét elsősorban egyszerű anyagának kémiai tulajdonságai határozzák meg*, azaz figyelembe veszik, hogy a fémekre vagy a nemfémekre jellemző reakciókba lép-e, és ha kölcsönhatásba lép, mennyire aktívan.

A fémeknek mint egy periódus elemei egyszerű anyagainak kémiai aktivitása. Derítsük ki, hogyan változik a 3. periódus fémes elemei egyszerű anyagainak aktivitása a vízzel és a sósavval való reakcióban.

Már tudjátok, hogy a nátrium hevesen lép kölcsönhatásba a vízzel rendes körülmények között. A magnézium hasonló reakcióba csak hevítéskor lép (72. ábra), az alumínium még forrásban levő vízben is változatlan marad[1]. Tehát, a fémek kémiai aktivitása a következő sorban növekszik: alumínium – magnézium – nátrium.



72. ábra
A magnézium viselkedése a vízzel vegyülve: *a* – hideg víz; *b* – forró víz. A magnézium-hidroxid képződését a fenolftalein jelzi

13. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLET

A magnézium és az alumínium kémiai aktivitásának összehasonlítása a savval való reakciójában

Helyezzetek el az egyik kémcsőben egy kis darabka magnézium-forgácsot, a másikban pedig alumínium-forgácsot (forgács helyett alufóliát is vehettek). Öntsetek mindkét kémcsőbe 1–2 ml hígított sósavat. Mit észleltek?

Ha a kémcsövek egyikében nem megy végbe a reakció, hevítsétek fel a tartalmát, de ne forraljátok.

A gáz (milyen gáz?) kiválásának intenzitása és a reakciók lezajlásának körülményei alapján következtessetek arra, hogy melyik fém aktívabb – a magnézium vagy az alumínium. Hasonlítsátok össze a megfelelő fémes elemek elhelyezkedését a periódusos rendszerben.

Állítsátok össze a reakcióegyenleteket.

---

[1] Az alumínium a vízzel abban az esetben lép kölcsönhatásba, ha higany kerül rá.

A főcsoport elemeit képező fémek egyszerű anyagainak kémiai aktivitása. Figyeljük meg a II. főcsoport elemei egyszerű anyagainak a vízzel való reakcióját.

Hogy a magnéziumnak és a kalciumnak nem egyforma az aktivitása, azt a következő kísérlet elvégzése bizonyíthatja. Két kémcsőbe kis mennyiségű vizet öntünk és 1–2 csepp fenolftalein-oldatot adunk hozzá. Az egyik kémcsőbe kis darabka kalciumot teszünk, a másikba pedig magnézium-forgácsot. A vízzel csupán a kalcium fog reagálni. Ha a magnéziumot és vizet tartalmazó kémcsövet felhevítjük, akkor megkezdődik benne a reakció.

▶ Hasonlítsátok össze a magnézium és a kalcium kémiai aktivitását a megfelelő elemek elhelyezkedésével a periódusos rendszerben. Állítsátok össze a magnézium és a kalcium vízzel való reakcióinak egyenleteit.

A fémek más reakcióit tanulmányozva (például a nemfémekkel, sókkal), a következő törvényszerűséget fedezhetjük fel:

az elemek fémes jellege és a fémek kémiai aktivitása fokozódik a periódusokban jobbról balra, a főcsoportokban pedig fentről lefelé.

E törvényszerűséget elemezve a következő következtetésre jutunk: *a tipikus fémes elemek helye a periódusos rendszer hosszú változatában a bal alsó sarokban van.* Ilyenek a francium, a cézium, a rádium.

A nemfémeknek – egy periódus elemei egyszerű anyagainak kémiai aktivitása. Hasonlítsuk össze a 3. periódus nemfémes elemei egyszerű anyagainak a hidrogénnel való reakcióit sajátságait.

A szilícium nem reagál a hidrogénnel, a foszfor reakcióba lép vele 300 °C-nál magasabb hőmérsékleten és magas nyomáson:

$$2P + 3H_2 \overset{t, P}{=} 2PH_3.$$

A kén a hidrogénnel 200 °C hőmérsékleten kezd reagálni:

$$S + H_2 \overset{t}{=} H_2S.$$

A klór és a hidrogén elegye megvilágításkor felrobban (sötétben a reakció nem megy végbe):

$$Cl_2 + H_2 \overset{h\nu}{=} 2HCl.$$

Ezek és más tények bizonyítják, hogy a nemfémek aktivitása a szilícium – foszfor – kén – klór sorban növekszik.

A kémiai aktivitás hasonló változását észleljük azoknál a nemfémeknél is, amelyeket a 2. periódus elemei alkotnak. A nitrogén a hidrogénnel hevítésre és katalizátor jelenlétében reagál (a reakció terméke az ammónia (NH_3). Az oxigén és hidrogén, a fluor és hidrogén elegyek felrobbannak: az első begyújtáskor, a másik megszokott körülmények között, még a sötétben is.

▶ Állítsátok össze a megfelelő reakciók egyenleteit.

A nemfémeknek – a főcsoport elemei egyszerű anyagainak kémiai aktivitása. Hasonlítsuk össze a VII. főcsoport elemei egyszerű anyagainak – a halogéneknek a hidrogénnel való reakcióit. A fluor és a klór hidrogénnel való reakcióiról a fentiekben már szóltunk; nagyobb aktivitást mutat, mint a klór. A bróm a hidrogénnel csak hevítéskor és katalizátor jelenlétében reagál

$$Br_2 + H_2 \overset{t, k}{=} 2HBr,$$

a jód és a hidrogén reakciója pedig semmilyen körülmények között nem megy végbe teljesen:

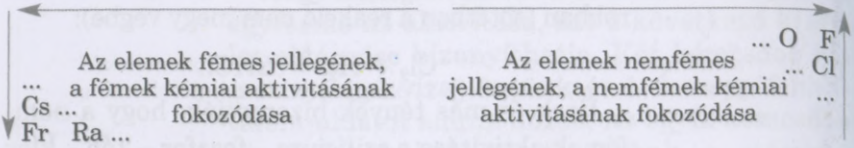
$$I_2 + H_2 \rightleftarrows 2HI.$$

Tehát, a jód–bróm–klór–fluor egyszerű anyagok sorában a kémiai aktivitás növekszik.

Az elemek nemfémes jellege és a nemfémek kémiai aktivitása fokozódik a periódusokban balról jobbra, a főcsoportokban pedig lentről felfelé.

A tipikus nemfémes elemek helye a periódusos rendszer hosszú változatának jobb felső sarkában van. Ezek: a fluor, a klór, az oxigén.

E fejezet anyagát a 17. séma foglalja össze.



17. séma
Az elemek kémiai jellegének és az egyszerű anyagok aktivitásának változása a periódusos rendszerben (hosszú változat)

ÖSSZEFOGLALÁS

Az elem kémiai jellege egyszerű anyagának kémiai tulajdonságaitól függ.

Az elemek fémes jellege és a fémek aktivitása a periódusokban jobbról balra, a főcsoportokban pedig fentről lefelé fokozódik.

Az elemek nemfémes jellege és a nemfémek aktivitása a periódusokban balról jobbra, a főcsoportokban pedig lentről felfelé fokozódik.

A tipikus fémes elemek helye a periódusos rendszer hosszú változatában a bal alsó sarokban, a tipikus nemfémek pedig a jobb felső sarokban van.

?

250. Miben nyilvánul meg a fémes elem és a nemfémes elem kémiai jellege?

251. A 3. periódus melyik eleme alkotja a legaktívabb fémet, s melyik a legaktívabb nemfémet? Nevezzétek meg ezen elemek rendszámát és azoknak a csoportoknak a sorszámát, amelyekben helyet foglalnak.

252. Melyik egyszerű anyagnak kell aktívabbnak lennie a kémiai reakciókban: a lítiumnak vagy a nátriumnak, a káliumnak vagy a kalciumnak, a kénnek vagy a szelénnek, a tellúrnak vagy a jódnak?

253. Nevezzétek meg azokat az elemeket, amelyek befejezik a periódusokat. Milyen típusú elemekhez tartoznak és milyen egyszerű anyagokat alkotnak? Mit tudtok ezen anyagok kémiai aktivitásáról?

30 A periódusos rendszer és a vegyületek kémiai tulajdonságai

E fejezet anyaga segít nektek:

- prognosztizálni a legmagasabb oxidok és hidroxidok kémiai tulajdonságait az elemnek a periódusos rendszerben elfoglalt helye alapján;
- megtudni, hogyan változik az elemek legmagasabb oxidjainak jellege a periódusokban és csoportokban;
- kideríteni az elemek hidrogénnel alkotott legfontosabb vegyületeinek kémiai tulajdonságait.

Az oxidok. Az elemek legjellegzetesebb vegyületei a *legmagasabb oxidjaik*. Az ilyen oxidban az elem a számára a lehető legmagasabb vegyértékével szerepel. Ez a vegyérték egybeesik a periódusos rendszer azon csoportjának számával, mely csoportban az adott elem helye van.

Figyeljük meg, hogyan változnak a legmagasabb oxidok tulajdonságai az elemeknek a periódusos rendszerben való elhelyezkedésétől függően.

Vizsgáljuk meg a 2. periódus elemeinek legmagasabb oxidjait (5. táblázat). E periódus első eleme a fémes lítium, amely a Li_2O bázisképző oxidot alkotja. A második a berillium, amely szintén fémes elem. Ennek a BeO oxidja amfoter. E periódus többi eleme a nemfémes elemekhez tartozik. A bór, a szén, a nitrogén savképző oxidokat alkot – B_2O_3, CO_2, N_2O_5. Az első két vegyületnek a savas tulajdonságai gyengén nyilvánulnak meg, a harmadiké azonban teljes mértékben. Érthető, hogy az oxigénnek nincs oxidja.

PERIÓDUS

Bázisos tulajdonságok ← Li_2O BeO B_2O_3 CO_2 N_2O_5 → Savas tulajdonságok

A periódusokban a legmagasabb oxidok savas tulajdonságai fokozódnak balról jobbra, a bázisos tulajdonságaik pedig ellentétes irányban.

5. táblázat

2. periódus elemeinek legmagasabb oxidjai

Elem	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Az oxid képlete	Li_2O	BeO	B_2O_3	CO_2	N_2O_5	—	—*	—
Az oxid típusa	Bázisképző	Amfoter	Savképző			—		

* Az OF_2 vegyület nem oxid; neve: oxigén-fluorid.

▶ Írjátok fel a 3. periódus elemei legmagasabb oxidjainak képletét és hasonlítsátok össze e vegyületek bázisos és savas tulajdonságait. Bebizonyosodik-e a fent említett következtetés (179. old.)?

A legmagasabb oxidok tulajdonságai mindegyik elemcsoport főcsoportjában szintén fokozatosan változnak. Példaként vizsgáljuk meg a III. csoport elemeinek oxidjait (6. táblázat).

6. táblázat

A harmadik főcsoport elemeinek legmagasabb oxidjai

Elem	Az oxid képlete	Az oxid típusa
B	B_2O_3	Savképző
Al	Al_2O_3	Amfoter
Ga	Ga_2O_3	
In	In_2O_3	
Tl	Tl_2O_3	Bázisképző

A főcsoportokban a legmagasabb oxidok bázisos tulajdonságai felülről lefelé fokozódnak, a savas tulajdonságaik pedig fordítva.

▶ Hasonlítsátok össze a II. főcsoport elemei legmagasabb oxidjainak bázisos és savas tulajdonságait. Bebizonyosodik-e a fenti következtetés?

A hidroxidok. A hidroxid vagy az oxid hidrátja nem egyéb, mint az oxid vegyülete a vízzel. Az oxidok és hidroxidok tulajdonságainak összhang-

FŐCSOPORT

Bázisos tulajdonságok

B_2O_3

Al_2O_3

Ga_2O_3

In_2O_3

Tl_2O_3

Savas tulajdonságok

járól (megfeleléséről) az előbbiekben már esett szó (35., 41–42., 83. old.). Ha a hidroxid bázisképző oxidtól származik, akkor az bázis, ha amfoter oxidtól, akkor amfoter hidroxid, ha pedig savképző oxidtól, akkor oxigéntartalmú sav:

$$\underset{\text{bázisképző oxid}}{Na_2O} \rightarrow \underset{\text{bázis}}{NaOH}$$

$$\underset{\text{amfoter oxid}}{Al_2O_3} \rightarrow \underset{\text{amfoter hidroxid}}{Al(OH)_3}$$

$$\underset{\text{savképző oxid}}{SO_3} \rightarrow \underset{\text{sav}}{H_2SO_4}$$

Ebből az alábbi következtetés ered: a hidrátok bázisos és savas tulajdonságai változásainak a periódusokban és a csoportokban (főcsoportokban) ugyanolyanoknak kell lenniük, mint az oxidoknál.

A periódusokban a hidroxidok savas tulajdonságai balról jobbra fokozódnak, a bázisos tulajdonságaik pedig ellentétes irányban.

A főcsoportokban a hidroxidok bázisos tulajdonságai fentről lefelé fokozódnak, a savas tulajdonságaik pedig ellentétes irányban.

E következtetéseket a 2. és 3. periódusok elemei legmagasabb oxidjai hidrátjainak kémiai jellegére vonatkozó adatokkal szemléltetjük (7. táblázat).

Az elemek hidrogénnel alkotott vegyületei. Számotokra csupán néhány ilyen vegyület ismert, nevezetesen a hidrogén-klorid (HCl), a hidrogén-szulfid (kénhidrogén, H_2S). Az elemek többsége azonban reagál a hidrogénnel. Felépítése és tulajdonságaik nem egyformák, változnak a periódusokban és a csoportokban, de nem olyan egyszerűen és látványosan, mint az oxidok és a hidroxidok sajátosságai.

7. táblázat

A 2. és 3. periódusok elemeinek hidroxidjai

Periódus	Csoport						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
2	$LiOH$ **lúg**	$Be(OH)_2$ **amfoter hidroxid**	H_3BO_3 **sav** *	H_2CO_3 **sav** *	HNO_3 **sav** ***	—	—
3	$NaOH$ **lúg**	$Mg(OH)_2$ **bázis**	$Al(OH)_3$ **amfoter-hidroxid**	H_2SiO_3 **sav** *	H_3PO_4 **sav** **	H_2SO_4 **sav** ***	$HClO_4$ **sav** ***

M e g j e g y z é s. Egy csillaggal a gyenge savakat, kettővel a közepes erősségű savakat, hárommal az erős savakat jelöltük.

8. táblázat

A 3. periódus elemeinek hidrogénvegyületei

Elem	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
A vegyület képlete	NaH	MgH_2	AlH_3	SiH_4	PH_3	H_2S	HCl	—
Szerkezete	**Ionos**		**Atomos**	**Molekuláris**				—
Halmazállapota rendes körülmények között	**Szilárd**			**Gáznemű**				—

Vizsgáljuk meg a 3. periódus elemeinek hidrogénvegyületeit (8. táblázat).

Ebben a periódusban az első elem a nátrium. Ez az elem NaH vegyületet alkot (nátrium-hidridet), amely Na^+ és H^- ionokból tevődik össze. Szerkezete, egyes tulajdonságai és külalakja (fehér kristályos anyag) alapján a nátrium-hidrid a sókra emlékeztet, többek között a nátrium-kloridra ($NaCl$). A következő elem, a magnézium vegyületének képlete MgH_2. Ez szintén ionos anyag, amely hasonló a sókhoz. Az alumínium hidrogénvegyületének (AlH_3) atomos szerkezete van és különbözik a sóktól.

A szilícium és a foszfor a periódus közepén foglal helyet. A szilán (SiH_4) és a foszfin (PH_3) –

gázok, amelyek gyakorlatilag alig oldódnak a vízben és nem reagálnak vele. Ezek a vegyületek molekulákból tevődnek össze.

Tovább a periódusban a kén és a klór helyezkedik el. Hidrogénvegyületeik, a kénhidrogén (H_2S) és a hidrogén-klorid (HCl), molekuláris anyagok. Ezek is gázok, amelyek oldódnak a vízben; vizes oldataik savként viselkednek.

A 2. periódus elemei hidrogénvegyületeinek zöme ugyanolyan, mint a 3. periódus elemeinek vegyületei. Felhozunk néhány példát. A lítium-hidrid (LiH) ionos kristályos anyag, amely sóra emlékeztet (mint a NaH is). A metán (CH_4) gáznemű molekuláris anyag, a vízben nem oldódik (mint a SiH_4 sem). A hidrogén-fluorid (HF) gáz, amely molekulákból áll. Vizes oldata savas tulajdonságokkal rendelkezik: ez a folysav (fluoridsav). Amint látjuk, a hidrogén-fluorid hasonló a hidrogén-kloridhoz (HCl).

Érdekes tudni
A cseppfolyós ammónia ($t_{for.} = -33$ °C) a savakhoz hasonlóan reagál az alkálifémekkel (hidrogén kiválásával).

Ellenben a 2. periódus elemeinek két vegyülete a hidrogénnel – az ammónia (NH_3) és a víz (H_2O) – megfelelően különböznek a foszfintól (PH_3) és a kénhidrogéntől (H_2S). Az ammónia bár gáznemű, de oldata nagyon híg lúgoldatra emlékeztet. A víz semleges jellegű vegyület.

ÖSSZEFOGLALÁS

A periódusos rendszerben összefüggés van a legmagasabb oxidok, a megfelelő hidroxidok kémiai tulajdonságai és az elemek elhelyezkedése között.

A legmagasabb oxidok és hidroxidok bázisos tulajdonságai fokozódnak a periódusokban jobbról balra, a főcsoportokban fentről lefelé, a savas tulajdonságaik pedig ellenkező irányban.

A tipikus fémes elemek vegyületei a hidrogénnel ionos szerkezetűek és a sókra emlékeztetnek. A tipikus nemfémes elemek vegyületei a hidrogénnel molekulákból tevődnek össze. Vizes oldataik savak.

?

254. Tartalmaz-e a periódusos rendszer információt az oxidokról? Ha igen, akkor milyet és a rendszer melyik változata – a hosszú vagy a rövid?
255. Írjátok fel azokat a reakcióegyenleteket, amelyek alátámasztják a következő anyagok amfoter tulajdonságait: a) berillium-oxid; b) króm(III)-hidroxid.
256. A vegyületek közül melyik rendelkezik kifejezettebb bázisos (savas) tulajdonságokkal: a) Li_2O vagy Na_2O; b) SiO_2 vagy P_2O_5; c) KOH vagy $Ca(OH)_2$; d) H_2TeO_4 vagy H_2SeO_4?
257. Melyik oxidnak, bázisnak és savnak van a legnagyobb oxigéntömegrésze a saját osztályukban előforduló vegyületek közül? Számítsátok ki értékeiket.
258. Milyen térfogatot foglalnak el normál körülmények között a következő oxidok: 4 g tömegű kén-dioxid, 36 g tömegű víz?
259. Magyarázzátok meg a hiányzó információt a periódusos rendszer sorában, melynek elnevezése „Illó vegyületek a hidrogénnel".
260. Írjuk fel a kalcium és az arzén hidrogénvegyületeinek képletét. Milyen szerkezetűnek kell lenniük ezeknek a vegyületeknek – molekulárisnak vagy ionosnak? Következtessétek ki e vegyületek egyes fizikai tulajdonságait.
261. A hidrogén tömegrészaránya egy bizonyos elemmel alkotott vegyületében 10%. Határozzátok meg ezt az elemet, és számítsátok ki az oxigén tömegrészarányát ennek az elemnek az oxidjában.

31 A periódusos törvény jelentősége. D. I. Mengyelejev élete és munkássága

E fejezet anyaga segít nektek:

- megérteni a periódusos törvény jelentőségét;
- megismerni a kiváló tudós, D. I. Mengyelejev életútját.

A periódusos törvény jelentősége. A korszerű kémia elképzelhetetlen a periódusos törvény és a periódusos rendszer nélkül. A periódusos törvény vagy a periodicitás törvénye összefoglalja a kémiai elemekről, az általuk alkotott egyszerű anyagokról és vegyületeikről szóló

ismereteket. Ez a törvény magyarázatot ad számos kémiai tényre, segít megérteni és megalapozni a kémiai elemek, az anyagok és átalakulásaik világában előforduló különböző törvényszerűségeket, megjósolni az ismeretlen vegyületek előállításának lehetőségeit.

A D. I. Mengyelejev felfedezte periódusos törvény ösztönözte az elemek, egyszerű anyagok és egy típusú vegyületek között feltárt periodicitások okainak kutatását. A tudósok az atomok és azok természetének vizsgálatára összpontosították erőfeszítéseiket. Az atom bonyolult szerkezetének felderítése a XIX–XX. század fordulóján, később pedig az atommag titkának megfejtése a periódusos törvény fizikai lényegének megfejtését hozta magával. Mengyelejev írta, hogy „a periódusos törvényt a jövő nem fenyegeti megsemmisítéssel, hanem csupán felemelését és fejlődését ígéri".

A periódusos törvény jelentősége a kémiai tudomány számára óriási. E törvényt eredményesen használják más tudományokban is; ez a törvény segít kialakítani az anyagi világ tudományos képét. A biológiatudósok bebizonyították, hogy a hasonló elemek és vegyületeik a szervezetben hasonló funkciókat képesek elvégezni, néha helyettesíteni is egymást. A kőzetek, ásványok, ércek kémiai analízise alapján a geológusok kiderítették, hogy hasonló elemek gyakran fordulnak elő a természetben együttesen. Hasonló összetételű vegyületeket vizsgálva, a fizikusok felfedezték szerkezetük és fizikai tulajdonságaik hasonlóságát.

Érdekes tudni
A kémiai elemek periódusos rendszerének több száz változata és módosulata van.

A periódusos törvény és a periódusos rendszer képezi a szervetlen kémia alapját. A tanulóknak és az egyetemi hallgatóknak nem érdemes megjegyezni a nagyszámú anyagok összetételét és kémiai tulajdonságait. Ez nem is lehetséges. Meg kell tanulni kiemelni, érteni és kikövetkeztetni az elemekről és az anyagokról a legfontosabbat a periódusos törvény és a periódusos rendszer alapján.

D. I. Mengyelejev élete és munkássága. Dmitrij Ivanovics Mengyelejev a szibériai Tobolszk városában született 1834-ben. Édesapja tanító volt, később a helyi gimnázium igazgatója lett. Dmitrij ebben a gimnáziumban tanult, leginkább a matematika és a fizika iránt érdeklődött.



73. ábra
Mengyelejev egyetemi hallgató korában

1850-ben D. I. Mengyelejev beiratkozik a Szentpétervári Pedagógiai Főiskola fizika-matematikai karára (73. ábra). Itt a kémia a kedvenc tantárgya. 1855-ben aranyéremmel fejezte be a főiskolát és a szimferopoli gimnáziumba kapott tanári kinevezést. A krími háború miatt Odesszába költözött át, ahol tanárként dolgozott a Richelieu gimnáziumban, majd visszatért Pétervárra, ahol megvédte magiszteri disszertációját. 1857-ben Mengyelejevnek docensi címet adományoztak; előadásokat tart Szentpéterváron az egyetemen.

1859–1861-ben Mengyelejev tanulmányúton a Heidelbergi Egyetemen (Németország) tartózkodott, ahol a gázok és folyadékok fizikai tulajdonságait tanulmányozta. Megállapította, hogy van olyan hőmérséklet, amely fölött az anyag nem létezhet folyékony állapotban még magas nyomáson sem (az úgynevezett kritikus hőmérséklet vagy kritikus forráspont). A tudós levezette az ideális gáz állapotának egyenletét, amelyet napjainkban Mengyelejev-Clapeyron egyenletnek neveznek. 1860-ban részt vett a Kémikusok I. Nemzetközi Kongresszusán, amelyet Karlsruhe városában tartottak.

Visszatérve 1861-ben Pétervárra, a tudós az egyetemen dolgozott, megírta „Szerves kémia" c. tankönyvét, kidolgozta az oldatok kémiai elméletét. 1865-ben megvédte doktori disszertációját, 1868-ban pedig a szentpétervári egyetem professzora lett. A tudós kezdeményezte az Orosz Fizika-kémiai Társaság megalakulását (a mai napig fennáll és Mengyelejev nevét viseli). Számos fiatal vegyész tanítványa volt.


ОСНОВЫ
ХИМІИ

74. ábra
D. I. Mengyelejev „A kémia alapjai" című tankönyvének fedőlapja

1869-ben 35 éves korában Mengyelejev felfedezte a periódusos törvényt. Ezt beiktatta „A kémia alapjai" c. híres tankönyvébe (74. ábra), amelyben a periódusos törvény alapján tárgyalta a legfontosabb kémiai ismereteket.

Mengyelejev a kémiai elemek összességét egy egységes rendszerbe foglalta. Attól az időtől kezdve a kémiai tudomány egységes és logikus tökéletességre tett szert. „A kémia alapjai"-t a tudós életében 8-szor adták ki Oroszországban, valamint számos más országban. A szerző állandóan kiegészítette és tökéletesítette tankönyvét.

Mengyelejev fokozottan érdeklődött a természettudomány és az ipar különböző ágazatai iránt. Kidolgozta a kőolaj keletkezésének ásványi (szervetlen) elméletét, ipari módszert ajánlott annak feldolgozására, a kőolaj csővezetékes szállítására, feltalálta a füst nélküli lőpor előállításának módszerét. A kiváló tudós azonkívül tanulmányozta a légköri nyomás változását a magasságtól függően, tökéletesítette a különböző mérési technikákat, a mérlegek konstrukcióinak megváltoztatásával fokozta a mérések pontosságát.

Megszervezte a Mérték- és Súlyegységek Főkamaráját. D. I. Mengyelejev állandóan hasznos tanácsokat adott a kőolajtermelés, a gabonafélék termesztése terén, megalkotta Oroszország ipari fejlesztésének programját, kidolgozta a gazdálkodás különböző ágazatai fejlődésének eszméit, szorgalmazta a természeti kincsek alapos tanulmányozását.

A tudós szoros kapcsolatot tartott Ukrajnával, a kijevi és harkovi egyetemek vegyészeivel, tiszteletbeli tagja volt a kijevi, harkovi és odesszai egyetemek tanácsainak. 1898-ban részt vett a Kijevi Műszaki Intézet megszervezésében. Tanulmányozta a szénbányászati ipar munkáját Donbászon, felvetette a szén föld alatti gáznemű fűtőanyaggá alakításának eszméjét. Barátai között ismert ukrán művészek voltak. Mengyelejev egy kicsit tudott ukránul.

Érdekes tudni
A. A. Blok orosz költő így írt Mengyelejevről: „...Ő régen tud mindent...
Az ő tudása a legteljesebb.
Ez a zsenialitásból ered..."

D. I. Mengyelejev korának legképzettebb, magas intelligenciával rendelkező ember volt. A különböző országok több mint 70 tudományos akadémiája és tudományos társasága választotta tiszteletbeli tagjává. A tudósnak professzori címet adományozott az oxfordi, a cambridge-i és néhány más világhírű egyetem (75. ábra). Tudományos munkáinak teljes gyűjteménye 25 nagy kötetet számlál.

Élete végén Mengyelejev ezt írta: „... a periódusos törvény, a gázok rugalmasságának kutatása, az oldatok asszociátumként való értelmezése, „A kémia alapjai". Ez az én gazdagságom. Nem vettem el senkitől, magam alkottam meg, ezek az én gyermekeim..." (76. ábra).



75. ábra
D. I. Mengyelejev az edinburgh-i egyetem (Anglia) professzori palástjában.
I. Repin festményének részlete



76. ábra
Mengyelejev életének utolsó éveiben

Mengyelejev 1907-ben halt meg.

A kiváló tudós tiszteletére világraszóló tudományos érdemei elismeréseként az amerikai tudósok által 1955-ben felfedezett 101. rendszámú elemet mendeléviumnak nevezték el.

?

262.

263.

264.

265.

ÖSSZEFOGLALÁS

A periódusos törvény a kémia alapvető törvénye. E törvény kapcsolatot teremt az összes kémiai elem között, lehetőséget nyújt következtetni jellegüket, az egyszerű anyagok és a vegyületek tulajdonságait.

A periódusos törvényt alkalmazzák fizikusok, biológusok, geológusok, más szakmák tudósai. Kémiát tanulni anélkül, hogy ne támaszkodjunk a periódusos törvényre és a periódusos rendszerre, lehetetlen.

Dmitrij Ivanovics Mengyelejev, felfedezve a periódusos törvényt és megalkotva a periódusos rendszert, a világ egyik legkiválóbb kémikusa lett. Rengeteget tett a kémiai tudomány, az ipar, az oktatás fejlesztése érdekében, szoros kapcsolatot tartott fenn Ukrajnával.

Miért segítette elő a periódusos törvény az új kémiai elemek felfedezését?

Milyen lehetséges okai vannak annak, hogy egy ásványban hasonló elemek találhatók?

A kémikus Mengyelejevnek miért sikerült sok hasznosat tenni az ipar különböző ágazatai számára, ötleteket adni a természeti kincsek ésszerű felhasználására?

Derítsétek ki az irodalomból, az internet-site-okról, milyen főiskolák, tudományos kutatóintézetek viselik Mengyelejev nevét, milyen postabélyegeket és érméket bocsátottak ki a tudós, az általa felfedezett periódusos törvény és megalkotott periódusos rendszer tiszteletére. Számoljatok be a kémiaórákon kutatásotok eredményeiről.

4. rész

A kémiai kötés és az anyag szerkezete

A legtöbb elem atomjai nem tudnak sokáig egyedül létezni: egyesülnek ugyanolyan vagy más fajta atomokkal. A fémes elem számos atomja egyesülve fémet alkot. A gyémánt, a grafit, a vörös foszfor a nemfémes elemek egymással egyesült atomjait tartalmazzák. Az oxigén két atomja O_2 molekulává kapcsolódik; ilyen molekulákból áll az oxigéngáz. A víz H_2O molekulákat tartalmaz, melyek két atom hidrogénből és egy atom oxigénből tevődnek össze. A nátrium-klorid (NaCl) nem molekulákból tevődik össze, hanem nagy mennyiségű Na^+ és Cl^- ionokból.

Bármely részecskék egyesülése energiafelszabadulással jár.

Az atomok, molekulák, ionok kölcsönhatását, melynek eredményeképpen a részecskék együtt maradnak, kémiai kötésnek nevezzük.

Miért és hogyan egyesülnek az atomok? Mi az oka az elektromosan semleges atomoknak töltéssel rendelkező részecskékké – ionokká való átalakulásának? Hogyan függnek az anyagok fizikai tulajdonságai a felépítésüktől? Ezekre és más kérdésekre feleletet találtok ebben a részben. Megtudjátok azt is, hogy a kémiai kötés keletkezése során az atomok elektronhéjai bizonyos változáson mennek keresztül.

32 Az elektronhéjak stabilitása. Az atomok átalakulása ionokká

E fejezet anyaga segít nektek:

- megérteni, hogy az atomok és ionok mely elektronhéjai a legstabilabbak;
- meghatározni az egyszerű kationok és anionok elektronszerkezetét;
- tisztázni, hogy miben különböznek az ionok az atomoktól.

A nemesgázok atomjainak elektronszerkezete. Az egyszerű anyagok közül csupán a nemesgázok – a hélium, a neon, az argon, a kripton, a xenon, a radon – tevődnek össze különálló atomokból. A tudósoknak sokáig nem sikerült kémiai reakcióra bírni a nemesgázokat: atomjaik „nem akartak" egyesülni más elemek atomjaival[1]. Kémiai passzivitásuk oka csak akkor vált érthetővé, amikor felfedezték az atomok felépítését.

Az első három nemesgáz elektronszerkezete a következő:

He — $1s^2$; $\overset{1s}{\boxed{\uparrow\downarrow}}$

Ne — $1s^2 2s^2 2p^6$; ... $\overset{2s}{\boxed{\uparrow\downarrow}}$ $\overset{2p}{\boxed{\uparrow\downarrow}}\ \boxed{\uparrow\downarrow}\ \boxed{\uparrow\downarrow}$ (külső elektronok)

Ar — $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$; ... $\overset{3s}{\boxed{\uparrow\downarrow}}$ $\overset{3p}{\boxed{\uparrow\downarrow}}\ \boxed{\uparrow\downarrow}\ \boxed{\uparrow\downarrow}$ (külső elektronok)

A héliumatom két elektronja betölti az első energiaszintet. A neonatom elektronburka két

[1] Aránylag nemrégen előállították a kriptonnak, xenonnak és radonnak a fluorral és oxigénnel való néhány vegyületét.

betöltött szintből tevődik össze: az első 2 elektront tartalmaz, a második 8-at. Az argon atomjában ezeken a szinteken kívül van egy harmadik, amely befejezetlen. 8 elektron helyezkedik el rajta, amelyek a 3*s*- és 3*p*-alszinteket töltik be.

A kripton, xenon és radon atomjaiban az utolsó (befejezetlen) energiaszinteken 8–8 elektron foglal helyet (közülük 2–2 *s*-elektron és 6–6 *p*-elektron).

Figyelembe véve a nemesgázok kémiai passzivitását és a megfelelő elemek atomszerkezetét, az alábbi következtetést vonhatjuk le: *a külső 8-elektronos elektronhéj az atom számára előnyös és stabil*[1]. Ezt *elektronoktettnek*[2] szokás nevezni.

Pozitív töltésű ionok képződése. A nátrium a (11. rendszámú elem) a periódusos rendszerben a neon nemesgáz után következik. A nátriumatom elektronképlete $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$. Az utolsó energiaszinten az atomban csupán egy elektron van, az utolsó előttin pedig elektronoktett ($2s^2 2p^6$). Nem csoda, hogy a nátriumatom könnyen elveszíti 3s-elektronját. Milyen részecske keletkezik eközben? Az atom magja változatlan marad (tehát, az elem is). 11 proton található benne (a mag töltése +11), az elektronok száma eggyel kevesebb, vagyis 10 (melyek össztöltése 10). Az elektromosan semleges atom olyan részecskévé alakul, amelynek töltése: +11 – 10 = + 1. Ez a nátriumion (Na^+). Ennek elektronszerkezete ugyanolyan, mint a neon nemesgáz atomjáé; a nátriumion stabil részecske, melynek külső elektronoktettje van.

Felírjuk a nátriumatom ionná alakulásának sémáját és e részecskék elektronképleteit:

$$Na - e^- \rightarrow Na^+;$$

Na-atom — $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, vagy [Ne]$3s^1$;

$\mathbf{Na^+}$-ion — $1s^2 2s^2 2p^6$, vagy [Ne].

[1] A héliumatom stabilitását az egyedüli, két elektronnal feltöltött, 1*s*-orbitál biztosítja.

[2] A szó a latin „octo" szóból ered, ami nyolcat jelent.

Az elektronoktett máshogyan is kialakulhatott volna – a nátriumatom egyetlen külső elektronjához még hét elektron csatlakozása folytán. Azonban ez nem történik meg. Nyilvánvaló, az atomnak könnyebb egy elektront leadni, mint hetet felvenni.

Már tudjátok, hogy a pozitív töltésű ionokat kationoknak nevezzük. Mindegyik kationban több proton van, mint elektron.

A Na^+ kationok majdnem minden nátriumvegyület összetételében előfordulnak, közöttük a Na_2O oxid, a NaOH hidroxid, a különböző sók összetételében.

▶ Írjátok fel a magnéziumatom megfelelő ionná való átalakulásának vázlatát és tüntessétek fel mindkét részecske elektronképletét.

A fémes elemek atomjainak a külső energiaszinten kis számú elektronjaik vannak (leggyakrabban egytől háromig), amelyeket képesek leadni, miáltal kationokká alakulnak.

Negatív töltésű ionok képződése. A 17. rendszámú elem, a klór atomjának a külső energiaszintjén 7 elektron helyezkedik el ($3s^23p^5$). Ez az atom képes felvenni egy elektront (amelyet átadhat neki például a nátriumatom) és Cl^--ionná alakulni. A klórion elektronszerkezete ugyanolyan, mint az argon nemesgáz atomjáé.

A klóratom ionná alakulásának sémája és e részecskék elektronképletei ilyenek:

$$Cl + e^- \rightarrow Cl^-;$$

Cl-atom — $1s^22s^22p^63s^23p^5$, vagy $[Ne]3s^23p^5$;

Cl^--ion — $1s^22s^22p^63s^23p^6$, vagy [Ar].

A negatív töltésű ionokat anionoknak nevezzük. Minden anion összetételében több elektron van, mint proton.

Klóranionokat (Cl^-) tartalmaznak a sósav sói – a nátrium-klorid (NaCl), a kalcium-klorid ($CaCl_2$) és más sók.

▶ Írjátok fel az oxigénatom megfelelő ionná való átalakulásának sémáját és tüntessétek fel mindkét részecske elektronképletét.

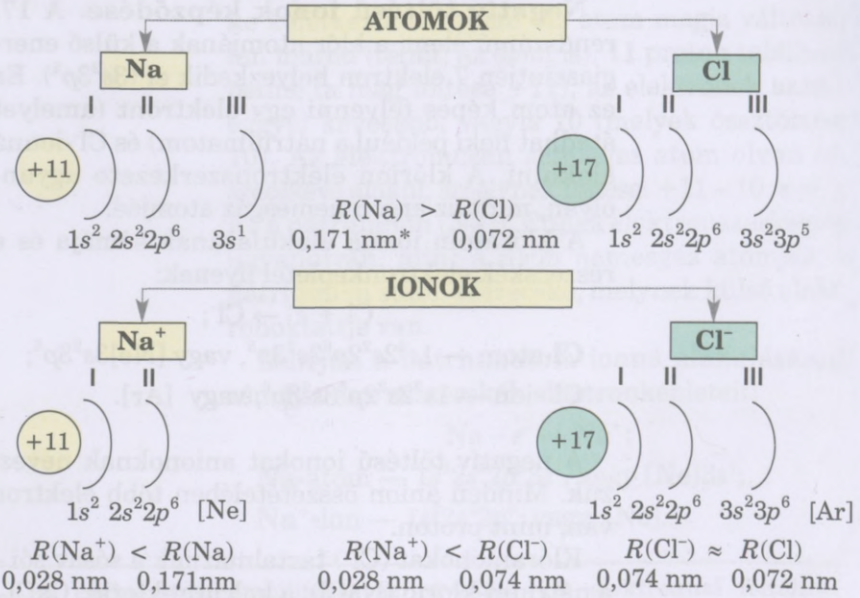
A nemfémes elemek atomjainak (a nemesgázokon kívül) a külső energiaszintjén négytől hétig terjedő elektronjuk van és képesek pótelektronokat felvenni, anionokká alakulva.

Az egyszerű (egyatomos) ionok zöme a külső energiaszinten elektronoktettet tartalmaz.

Az ionok és az atomok különbözősége. A nátriumkation és a nátriumatom magtöltse egyforma (+11), a klóranioné és a klóratomé úgyszintén (+17). Azonban mindegyik elem egyszerű ionja és atomja elektronhéjainak összetétele, méreteik (sugaraik), tulajdonságaik különböznek. Azonkívül az ionok töltéssel rendelkező részecskék, az atomok pedig elektromosan semlegesek.

A Na- és Cl-atomok, a Na^+- és Cl^--ionok elektronszerkezetét, valamint e részecskék sugarait a 18. séma szemlélteti.

18. séma
A nátrium és a klór atomjainak és ionjainak jellemzői



*1 nm (nanométer) 10^{-9} m.

Összehasonlítva az atomok és ionok, a kationok és anionok sugarait, a következő törvényszerűségeket vehetjük észri:

- a kationok sugarai kisebbek, mint a megfelelő atomoké;
- az anionok és a megfelelő atomok sugarai csaknem egyformák;
- az anionok többségének sugarai meghaladják a kationok sugarait.

Hasonlítsuk össze a hidrogénkation és a hidrogénatom egyes tulajdonságait. Hidrogénionokat (H^+) bármilyen sav vizes oldata tartalmaz és savas ízt kölcsönöz az oldatnak. A hidrogénatomoknak (H) ilyen tulajdonsága nincs. Az ionoktól eltérően az atomok könnyen egyesülnek egymással, miközben H_2 molekulákat képeznek, amelyekből a hidrogén egyszerű anyaga tevődik össze.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az atomok vagy egyszerű ionok legstabilabb elektronhéja nyolc elektront tartalmaz.

A fémes elemek atomjai képesek leadni a külső elektronhéj elektronjait és kationokká alakulni, a nemfémes elemek atomjai pedig képesek felvenni elektronokat és anionokká alakulni.

A kationoknak kisebb sugaruk van, mint a megfelelő atomoknak. Az anionok sugarukat tekintve alig különböznek az atomoktól.

?

266. Mi a közös a nemesgázok atomjainak eklektronszerkezetében?
267. Melyik részecske tartalmaz több elektront: a) az atom vagy a megfelelő kation; b) az atom vagy a megfelelő anion?
268. A felsorolt elemek közül – Rb, Mg, Ar, S, N, Al – melyek képesek kationokat alkotni, s melyek anionokat? Határozzátok meg mindegyik elem ionjának töltését és írjátok fel e részecskék képleteit.
269. Állítsátok össze a Be^{2+}, P^{3-}, F^- és K^+ ionok elektronképletét.

270. Nevezzetek meg három kationt és két aniont, amelyeknek ugyanolyan elektronhéjuk van, mint az F^--ionnak.
271. Melyik atomnak van ugyanolyan elektronszerkezete, mint az alumíniumionnak?
272. Melyik elem atomja tartalmaz 2 elektronnal kevesebbet, mint a magnéziumion?
273. Állítsátok össze az elektronképletét annak a részecskének, amelyiknek 16 protonja és 18 elektronja van. Nevezzétek meg e részecskét.
274. A hidrogén az egyedüli elem, amelynek kationja is és anionja is ismeretes. Írjátok fel ezen ionok kémiai képletét és az atomból való keletkezésük vázlatát. Melyik részecskének van a legkisebb sugara – a kationnak, az anionnak vagy a hidrogénatomnak?
275. Válasszátok ki a legnagyobb és a legkisebb sugarú részecskét: az Ar atomja, a K^+, Ca^{2+}, Cl^--ionok. A feleletet indokoljátok meg.

33 Az ionos kötés. Az ionos vegyületek

E fejezet anyaga segít nektek:

- tisztázni, hogyan egyesülnek egymással az ionok;
- megérteni az ionos anyagok felépítését;
- megmagyarázni az ionokból álló vegyületek fizikai tulajdonságait.

Az ionos kötés. Az ionos vegyületek. Számos anyag ionokból tevődik össze. A pozitív töltésű ionok az elektrosztatikus erők hatására egyesülnek a negatív töltésű ionokkal.

A különnemű töltésekkel rendelkező ionok kölcsönhatását az anyagban *ionos kötés*nek nevezzük.

A kation és az anion annál erősebben vonzza egymást, minél nagyobb mindegyik részecske töltése és minél kisebb távolság van közöttük, az érintkezésük esetében pedig annál erősebben,

minél kisebb a sugaruk. Ezt tanúsítja a fizika egyik törvénye, amelyet a 9. osztályban fogtok tanulni.

Az olyan vegyületeket, amelyek ionokból tevődnek össze, *ionos vegyületek*nek nevezzük.

Az ionos vegyületekhez tartoznak a bázisképző és amfoter oxidok, a lúgok, a sók. Mindezen anyagok fémes elemek (például, Na^+, Ca^{2+}, Al^{3+}) kationjait tartalmazzák. Az anionok szerepét az ionos oxidokban az O^{2-}-ionok töltik be, a lúgokban az OH^-, a sókban pedig a savmaradékok ionjai (Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-} és mások).

Megjegyezzük, hogy ionokból tevődnek össze más bináris vegyületek is, amelyeket tipikus fémes elemek alkotnak, például a Li_3N, Mg_3P_2, NaH. Ugyanakkor két nemfémből keletkezett vegyület egyike sem tartalmaz ionokat, például a hidrogén-klorid (HCl), szén-dioxid (CO_2).

Már ismeritek az ionos vegyületek – a fémes elemek oxidjai, a bázisok, a sók képleteinek összeállítását. Felemlítjük, hogy ehhez ismerni kell a megfelelő kationok és anionok összetételét és töltéseit. Emlékezzetek: *az ionos vegyületben a kationok és anionok töltéseinek összege nullával egyenlő.*

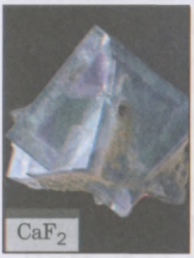
▶ Állítsátok össze a vas(III)-szulfát képletét.

Az ionos vegyület képlete megmutatja a benne levő kationok és anionok arányát.

Az ionos vegyületek szerkezete. Minden ionos vegyület rendes körülmények között rendszerint kristályos anyag. Hasonló a szerkezete számos molekuláris és atomos anyagnak, valamint a fémeknek is.

A 7. osztályos kémiából tudjátok, hogy a kristály természetes szilárd anyag, amelynek sima lapjai (felületei) és egyenes élei (a felületek érintkezési vonalai) vannak. A test ilyen alakja az atomok, molekulák és ionok elhelyezkedése szigorú sorrendjének eredménye.







77. ábra
Természetes kristályok

Minden anyag kristályának jellemző alakja van (77. ábra). Ha nagyítóüvegen keresztül vizsgáljuk a konyhasót, akkor számos színtelen átlátszó kockát látunk.

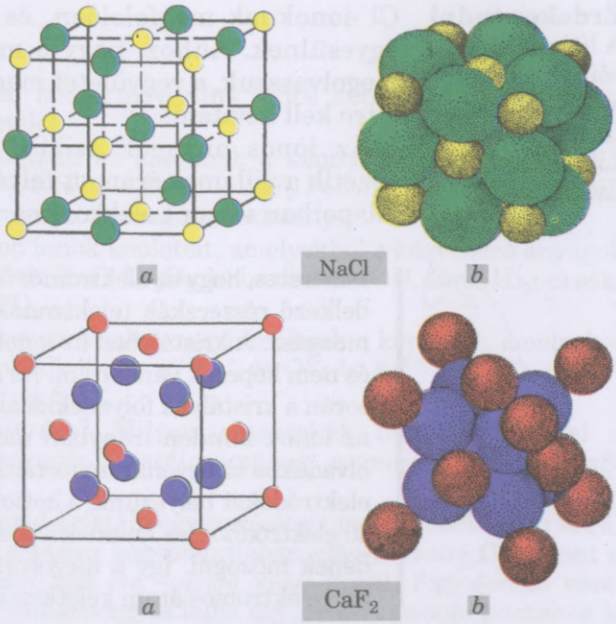
A kristályos anyagokon kívül léteznek amorf szilárd anyagok. Ezekhez tartozik, többek között, az üveg. Az utóbbi a Na^+, Ca^{2+} kationjaiból és a különböző kovasavak (szilikátsavak) anionjaiból tevődik össze. Még a kivágott üvegkockában vagy más szabályos formájú tárgyban is hiányzik az ionok elhelyezkedésének szigorú rendje. Ha az üvegből készült tárgyat széttörjük, szilánkjai elég aszimmetrikus alakúak; felületeik nem lesznek simák, sem az éleik egyenesek.

Az ionos anyag kristályában mindegyik kation érintkezik egy bizonyos számú anionnal, az anion pedig ugyanolyan számú vagy más számú kationnal. Bármilyen irányban megfigyelhető a kationok és anionok pontos váltakozása.

Az ionok elhelyezkedésének sorrendje a kristály belsejében függ az anyag összetételétől, azaz a kationok és anionok arányától, valamint e részecskék sugarainak arányától.

Kristályrácsok. A kristályok belső szerkezetét olyan modell segítségével írják le, amelynek elnevezése *kristályrácsok*. Ez a részecskék elhelyezkedésének vázlata vagy térbeli modellje a kristály egy kis részében (78. ábra). Az ilyen modell alapján fel lehet idézni az anyag szerkezetét egészben véve.

A golyócskák a kristályrácsokban az anyag részecskéit – ionjait, atomjait, molekuláit imitálják. Ezek a kristályrács úgynevezett csomópontjaiban helyezkednek el. Az egyszerűsített modellekben (78. *a* ábra) a golyócskáknak tetszőleges mérete van és nem érintkeznek egymással. Vannak azonban léptékes modellek is (78. *b* ábra). A golyócskák sugarai arányosak bennük a részecskék sugaraival és a legközelebbi golyócskák érintkeznek egymással (a részecskék rendszerint tömören vannak „becsomagolva" a kristályban).



78. ábra
Az ionos vegyületek kristályrácsai: *a* – egyszerűsített modellek; *b* – léptékes modellek. A sárga gömböcskék a Na^+kationok, a téglaszínűek a Ca^{2+}-kationok; a zöldek a Cl^--anionok, a kékek a F^--anionok

Az egyszerűsített modell szemléletesebb, mivel a kis méretű golyók nem zavarják a kristály közepébe való "betekintést". E modellt gyakrabban fogjuk használni.

Az ionos vegyületek fizikai tulajdonságai. Az ionok egymással elég szorosan egyesülnek. Ahhoz, hogy elszakítsuk az ionos kötést, jelentős energiát kell elhasználni. Ezzel magyarázzák az ionos anyagok zömének a magas olvadás- és forráspontját. Olvadás közben a kristályok szétroncsolódnak, az ionok közötti kötések meggyengülnek, forrás közben pedig az ionok szétválnak egymástól és „kirepülnek" a folyadékból. A nátrium-klorid (NaCl) +801 °C-os hőmérsékleten olvad (ezt a hőmérsékletet nem lehet elérni, ha az anyagot szeszégő vagy laboratóriumi gázégő segítségével hevítjük), és 1440 °C-on forr. A másik ionos vegyület, a magnézium-oxid (MgO) olvadáspontja és forráspontja még magasabb: 2825, illetőleg 360 °C. Ennek magyarázata a következő. A Mg^{2+}- és az O^{2-}-ionoknak nagyobb a töltése és kisebb a sugara, mint a Na^+- és a

Érdekes tudni
A lítium egyes sóinak alacsony az olvadáspontja: $LiNO_3$ 253 °C, $LiClO_3$ 129 °C, $LiClO_4$ 247 °C.

Cl^--ionoknak megfelelően, és ezért erősebben egyesülnek. Ahhoz, hogy a magnézium-oxidot megolvasszuk, a vegyületet magasabb hőmérsékletre kell hevíteni.

Az ionos anyagok szilárd állapotban nem vezetik a villamos áramot, folyékony (olvasztott) állapotban viszont elektromos vezetők.

Ismeretes, hogy az elektromos áram a töltéssel rendelkező részecskék (elektronok, ionok) irányított mozgása. A kristályban az ionok helyzete rögzített és nem képesek vándorolni. Az anyag megolvadása során a kristályok folyadékká alakulnak, amelyben az ionok minden irányban mozoghatnak. Ha az olvadékba az egyenáram forrásához (akkumulátor) elektródokat helyezünk, a kationok a negatív töltésű elektródhoz, az anionok a pozitív töltésűhöz kezdenek mozogni. Így a megolvasztott ionos anyagban elektromos áram keletkezik.

Az atom- és molekulaszerkezetű anyagok semmilyen halmazállapotukban nem vezetik az elektromos áramot, mivel elektromosan semleges atomokból, molekulákból tevődnek össze.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az ionos kötés a különnemű töltéssel rendelkező ionok közötti kölcsönhatás az anyagban. Az ionos vegyületek sorába számos fémes elem oxidja, lúgok, sók, valamint a tipikus fémes elemek más bináris vegyületei tartoznak.

Az ionos vegyületek zöme rendes körülmények között kristályos állapotú. Szerkezetüket modell írja le, a kristályrácsok. A kristályban az ionos vegyület minden egyes ionját több ellentétes töltésű ion veszi körül.

Az ionos kötés eléggé szilárd. Ezért az ionos anyagok olvadáspontja és forráspontja magas. Olvasztott állapotban ezek vezetik a villamos áramot.

?

276. Milyen kémiai kötést nevezünk ionos kötésnek? Mik azok az ionos vegyületek?
277. Írjátok fel azoknak az ionoknak a kémiai képletét, amelyek a CO_2, O_2, Al_2O_3, NH_3, Na_2S, HCl, BaF_2, Fe ionos anyagoknak felelnek meg. Indokoljátok meg az eredményt.
278. Írjátok fel azon ionok képleteit, amelyekből a következő anyagok állnak: a) oxidok: ZnO, Cr_2O_3; b) bázisok: LiOH, $Ba(OH)_2$; c) sók: $NaNO_3$, $Fe_3(PO_4)_2$.
279. Állítsátok össze azoknak a vegyületeknek a képleteit, amelyeket az alábbi ionok alkotnak: a) Ag^+ és O^{2-}; b) Sr^{2+} és OH^-; c) Fe^{3+} és NO_3^-; d) K^+ és SO_4^{2-}.
280. Mi a kristályrács? Milyen részecskék helyezkednek el a következő anyagok kristályrácsának csomópontjaiban: CaS, Mg_3N_2, NaH?
281. A nátrium-klorid-kristály egyszerűsített modelljéből (78. *a* ábra) látszik, hogy a kocka középpontjában elhelyezkedő Cl^--aniont a legközelebb levő hat Na^+-kation veszi körül. Figyelembe véve, hogy e kocka minden egyes lapja egy másik hasonló kockához is tartozik, mondjátok meg: a) hány Cl^--ion veszi körül a Na^+-iont, amelyik a kocka jobb oldali alsó csúcsában helyezkedik el; b) hány Na^+-ion érintkezik a bal oldali felső Cl^--ionnal.
282. Véleményetek szerint az alábbi anyagok közül melyiknek magasabb az olvadáspontja: a) Li_2O vagy Na_2O; b) MgO vagy MgF_2? Feleleteteket indokoljátok meg.
283. Számítsátok ki az ionok tömegrészarányát a következő vegyületekben: Mg_3N_2, K_2CO_3, $Ba(OH)_2$.

34 A kovalens kötés

E fejezet anyaga segít nektek:

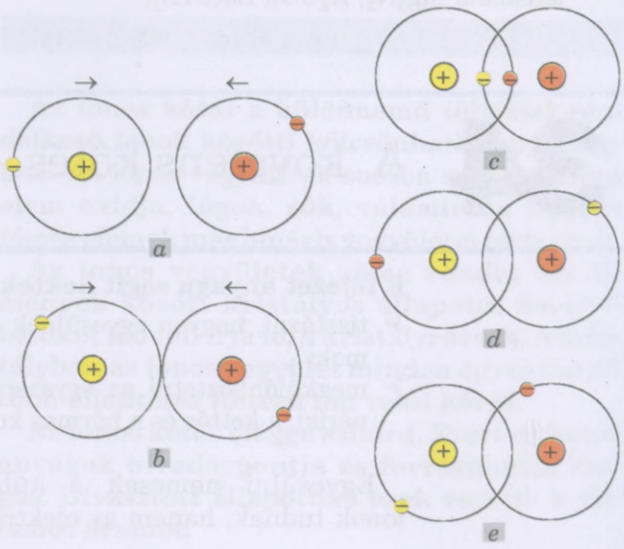
- tisztázni, hogyan egyesülnek egymással az atomok;
- megkülönböztetni az egyszerű (szokásos, ordinális), a kettős és a hármas kovalens kötést.

Egyesülni nemcsak a különnemű töltésű ionok tudnak, hanem az elektromosan semleges

atomok is, amelyek egyformák vagy különbözők is lehetnek. Ennek köszönhetően vannak molekuláris és atomos felépítésű anyagok.

A H_2 molekula kötése. Vizsgáljuk meg, hogyan keletkezik a hidrogénmolekula (H_2) két hidrogénatomból. Mindegyik hidrogénatomnak egy elektronja van (79. *a* ábra). A hidrogénatom elektronképlete $1s^1$, s ennek grafikus változata $1s\boxed{\uparrow}$.

Ahhoz, hogy H_2-molekula képződjön, a két hidrogénatomnak közelednie kell egymáshoz. A közöttük levő távolság csökkenésével erősödik mindegyik atom elektronjának vonzódása a másik atom magjához. Egy bizonyos időben a két atom orbitáljai érintkeznek egymással (79. *b* ábra), azután pedig elkezdenek egymásba hatolni. Eközben megnövekszik az egynemű (pozitív) töltésű atommagok taszítása. Amikor a vonzóerők és taszítóerők kiegyenlítődnek, az atomok megállapodnak (79. *c* ábra). Az elektronpályák átfedésének térrészében az elektronok az egyik atomból a másikba hatolnak át (79. *c*, *d*, *e* ábra). Létrejött a két atom közös elektronpárja. Mindkét hidrogénatom „beszerzett" egy pótelektront és előnyös elektronhéjat (olyat, amilyen a héliumatomnak van).



79. ábra
A H_2-molekula képződése:
a – két különálló hidrogénatom;
b – az atomok érintkezése;
c, *d*, *e* – a H_2-molekula átfedett elektronpályákkal és az elektronok különböző elhelyezkedésével

Az atomok közötti közös (kötő) elektronpár képződésével létesülő kötést kovalens[1] kötésnek nevezzük.

Érdekes tudni
A fémeknél különleges kémiai kötés van. Ezt fémes kötésnek nevezzük.

A hidrogénmolekulában levő kötést kétféleképpen szokás feltüntetni: **H : H** vagy **H – H**. Az első jelölést a *molekula elektronképlet*ének nevezzük; minden egyes elektront ponttal jelölünk benne. A másik jelölés *a grafikus képlet*; ezt már ismeritek a 7. osztály anyagából. Mostantól tudni fogjátok, hogy a közös elektronpárt vonallal jelöljük.

A hidrogénmolekula képződését ilyen séma segítségével ábrázolhatjuk:

$$H\cdot + \cdot H \rightarrow H : H$$

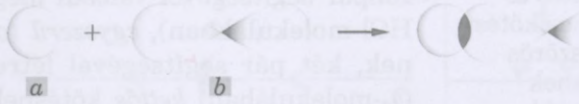
A HCl-molekula kötése. Megvizsgáljuk, hogyan egyesül két különböző atom a hidrogén és a klór atomja.

▶ Írjátok fel ezen atomok elektronképleteit.

A hidrogénatomban egy elektron van, a klóratomban pedig a külső energiaszinten 7 elektron, amelyek közül egy párosítatlan. Az atomoknak előnyös szerezni egy pótelektront. Az első atom feltölti egyetlen energiaszintjét, a másiknak külső elektronoktettje lesz ($3s^2 3p^6$).

Az atomok közeledésének eredményeképpen a hidrogénatom 1*s*-atompályája átfedi a klóratom 3*p*-atompályáját (80. ábra); a megfelelő párosítatlan elektronokból közös elektronpár alakul.

80. ábra
Az atompályák átfedése a HCl-molekula képződésekor: *a* – a H-atom 1*s*-atompályája; *b* – a Cl-atom 3*p*-atompályája párosítatlan elektronnal



a *b*

A hidrogén-klorid molekulájának elektron- és grafikus képletét, valamint a molekulaképződését atomokból így szemléltethetjük:

[1] A szó a latin „co" előképzőből (jelentése: -val, -vel, együtt) és a latin „valentia" (jelentése: erő) szóból ered.

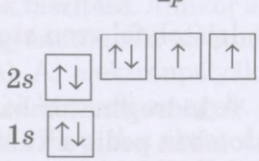
$$H:Cl \quad H-Cl$$
$$H\cdot + \cdot Cl \rightarrow H:Cl$$

A molekula képletét a közös elektronpár feltüntetésével *egyszerűsített* elektronképletnek nevezzük. Ha minden egyes atom összes külső elektronját feltüntetjük, akkor *teljes* elektronképletet kapunk. A hidrogén-klorid molekulája képződésének megfelelő vázlatát így tüntetjük fel:

$$H\cdot + \cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: \rightarrow H:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:$$

Az O_2- és N_2-molekulák kötései. Az oxigénatomok között az oxigénmolekulában (O_2) kovalens kötés létezik, amely különbözik a H_2 és HCl molekuláinak kötéseitől.

Az oxigénatom elektronképlete: $1s^2 2s^2 2p^4$, ennek grafikus változata:



Az atom *p*-elektronpályáin két párosítatlan elektron van jelen. Két oxigénatom egyesülésekor ezek az elektronok két közös elektronpárt hoznak létre:

$$\dot{O}\cdot + \cdot\dot{O} \rightarrow O::O$$

Most már mindkét atomnak külső elektronoktettje van. Az oxigénmolekula teljes elektronképlete: $\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}::\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}$, a grafikus pedig: O = O.

Érdekes tudni
A kettős és hármas kötést többszörös kötésnek nevezzük.

Azt a kovalens kötést, amely egy közös elektronpár segítségével valósul meg (például, a H_2, HCl-molekulákban), *egyszerű (ordináris)* kötésnek, két pár segítségével létrejövőt pedig (az O_2-molekulában) *kettős* kötésnek nevezzük. Van *hármas* kötés is, amely három közös elektronpár segítségével jön létre. Ilyen kötéssel egyesülnek a nitrogénatomok a nitrogénmolekulában (N_2):

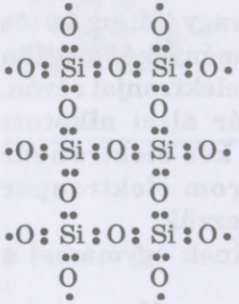
$$:N:::N: \quad N \equiv N$$

A fentiekből az következik, hogy az atomok között a kovalens kötés létrejöttéhez az szük-

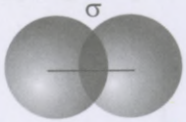
séges, hogy mindegyik kapcsolódó atomnak legyen egy vagy több párosítatlan elektronja. Jegyezzétek meg: *kovalens kötéssel a nemfémes elemek atomjai egyesülnek.*

81. ábra
Kovalens kötések a szilícium(IV)-oxidban (SiO_2)

Kovalens kötés nem csupán a molekuláris, de az atomos szerkezetű egyszerű és összetett anyagokban is létezik (81. ábra). Ez a fajtájú kötés csak a nemesgázoknál hiányzik.



82. ábra
σ-kötés a hidrogénmolekulában

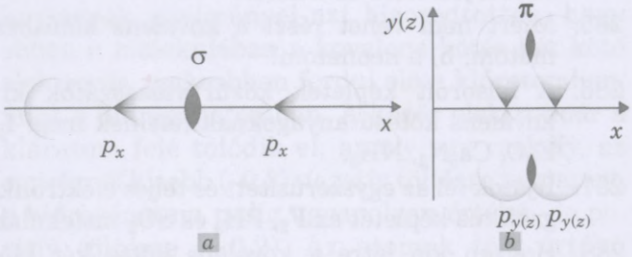


A σ-kötés[1] és π-kötés. A hidrogénmolekulában (H_2) a hidrogénatomok *s*-orbitáljai által átfedett térrész a két atom középpontját összekötő egyenes mentén helyezkedik el. Az ilyen kötést *σ-kötésnek* nevezzük (82. ábra). Ez a kötés a HCl-molekulában is létezik, ahol a hidrogénatom *s*-atompályája fedi át a klóratom *p*-atompályáját (80. ábra).

Vizsgáljuk meg az oxigénmolekulában a párosítatlan elektronokat tartalmazó elektronpályák átfedését. A *p*-orbitál párja, mely egymás felé irányuló orbitálokat tartalmaz (83. *a* ábra), egy közös térrészt alkot. Ez σ-kötés. Két *p*-orbitál, amelyek egymással párhuzamosan helyezkednek el (83. *b* ábra), két közös térrész képződésével fedi át egymást. Az ilyen kötést *π-kötésnek* nevezzük.

Még az egyszerű kötés mindig σ-kötés, a kettős kötés egy σ-kötésből és egy π-kötésből tevődik össze. A hármas kötés (például az N_2-molekulában) összetevői: egy σ-kötés és két π-kötés.

83. ábra
σ-kötés (*a*) és π-kötés (*b*) az oxigénmolekulában



[1] A görög abécé σ betűjét „szigmá”-nak olvassuk.

Az atompályák átfedésének térrésze a σ-kötés esetében nagyobb, mint a π-kötésnél. S a térnek minél nagyobb része tartozik egyidejűleg mindkét elektronpályához, annál gyakrabban hatolnak át az elektronok az egyik atomból a másikba. Ezért a σ-kötés szilárdabb és előnyösebb a π-kötésnél.

ÖSSZEFOGLALÁS

A kovalens kötés egy, két vagy három közös elektronpár képződése eredményeképpen jön létre az atomok párosítatlan elektronjai révén.

Az egy közös elektronpár által alkotott kötést egyszerű kötésnek, két elektronpár általit kettős kötésnek, három elektronpár általit hármas kötésnek nevezzük.

Kovalens kötéssel egyesülnek egymással a nemfémes elemek atomjai.

Ha a párosítatlan elektronok atompályái egy térrészben fedik egymást, a kötést σ-kötésnek nevezzük, ha pedig két térrészben, akkor π-kötésnek. Az egyszerű kovalens kötés mindig σ-kötés, a kettős kötés σ- és π-kötésből tevődik össze, a hármas kötés pedig egy σ-kötésből és két π-kötésből.

?

284. Milyen kötést nevezünk kovalens kötésnek? Milyen részecskék között jön létre ez a kötés?

285. Miért nem vehet részt a kovalens kötésben: a) a magnéziumatom; b) a neonatom?

286. A felsorolt képletek közül válasszátok ki azokat, amelyek kovalens kötésű anyagoknak felelnek meg: I_2, H_2O, NaBr, BaS, K_2O, Ca_3N_2, NH_3.

287. Írjátok fel az egyszerűsített és teljes elektronképletét, valamint a grafikus képletét az F_2, PH_3 és SO_2 molekuláknak.

288. Hogyan jön létre a kovalens kötés két klóratomnak Cl_2-molekulává való egyesülése során? Nevezzétek meg az egymást átfedő elektronpályákat. Jellemezzétek e kötés sajátságait.

289. Hány változata van az átfedésnek: a) két *s*-atompálya; b) *s*-atompálya és *p*-atompálya; c) két *p*-atompálya esetében? Rajzoljátok meg az orbitálok átfedésének vázlatait, tüntessétek fel a σ- és π-kötéseket.

290. Jellemezzétek a vízmolekula kémiai kötését. Állítsátok össze e molekula hidrogén- és oxigénatomokból való képződésének vázlatát, felhasználva a részecskék egyszerűsített és teljes elektronképletét. Ábrázoljátok a vízmolekula grafikus képletét.

35 A poláris és apoláris kovalens kötés. Az atomok elektronegativitása

E fejezet anyaga segít nektek:

- megérteni, hogy a molekulákban a különböző elemek atomjain miért jelennek meg elektromos töltések;
- tisztázni, hogy az atom mely tulajdonságát nevezzük elektronegativitásnak.

Összetett anyag sokkal több van, mint egyszerű. Ezért a kovalens kötés különnemű atomok között gyakrabban képződik, mint az egynemű atomok között.

Egy elem atomja magához vonzhatja-e a közös elektronpárt egy másik elemtől?

Hogy erre a kérdésre megfeleljünk, vizsgáljuk meg a hidrogén-klorid (HCl) molekuláját. A kutatások eredményei azt bizonyították, hogy ebben a molekulában a kovalens kötés két kötő elektronja gyakrabban fordul elő a klóratomban, mint a hidrogénatomban. A közös elektronpár a klóratom felé tolódik el, amely egy csekély, az egységnél kisebb (–0,2) negatív töltésre tesz szert, a hidrogénatom pedig ugyanolyan értékű, de pozitív töltésre (+0,2). Az atomok tört értékű töltését δ (delta) görög betűvel jelöljük „plusz" vagy „mínusz" előjelekkel.

A kovalens kötés megvizsgált sajátságát így ábrázolják:

$$H \rightarrow Cl \quad \text{vagy} \quad \overset{\delta+\ \delta-}{HCl}$$

Az olyan kovalens kötést, amelyben egy vagy több közös elektronpár eltolódik az egyik atom irányában, *poláris kötésnek nevezik*, ha pedig nincs ilyen eltolódás, *apoláris kötés*nek.

Az elem atomjának azt a tulajdonságát, hogy egy másik atommal közös elektronpárt a maga irányába vonzza, *elektronegativitás*nak nevezzük.

A HCl molekulájában a kovalens kötés polaritását megvizsgálva azt mondhatjuk, hogy a klór elektronegatívabb elem, mint a hidrogén.

Az elemek elektronegativitásának mennyiségi értékelésére táblázatot használunk, amelyet L. Pauling amerikai tudós állított össze (9. táblázat). Ennek megfelelően a cézium elektronegativitása a legnagyobb, a fluoré a legkisebb. A fémes elemek elektonegativitásának értéke kisebb, mint a nemfémeseké. Ez érthető is, hisz a fémes elemek atomjai képesek elveszíteni atomjaikat és átalakulni kationokká, a nemfémes elemek atomjai pedig az elektronokhoz kapcsolódni és anionokká válni.

9. táblázat

Az 1–3 periódus elemei elektronegativitásának értékei

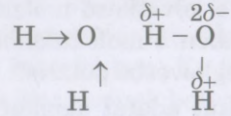
Csoportok / Periódusok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H 2,1							He —
2	Li 1,0	Be 1,5	B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0	Ne —
3	Na 0,9	Mg 1,2	Al 1,5	Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3,0	Ar —

A periódusokban az elemek elektronegativitása balról jobbra, a csoportokban (főcsoportokban) pedig lentről felfelé növekszik.

A 9. táblázatból hiányoznak a hélium, a neon, az argon elektronegativitásának értékei. Ezeknek az elemeknek az atomjai nem képesek egyesülni más atomokkal, valamint kationokká vagy anionokká átalakulni.

A kovalens kötés polaritását vagy apolaritását kikövetkeztetni az elektronegativitás táblázata alapján nagyon egyszerű. Ha az atomoknak egyforma az elektronegativitásuk, a kötés közöttük apoláris. Apoláris kovalens kötés van például az N_2-, PH_3-, CS_2-molekulában. A különböző elektronegativitással rendelkező atomok poláris kötéssel egyesülnek.

Vizsgáljuk meg a vízmolekulát (H_2O). Az oxigénatom és mindegyik hidrogénatom között egyszerű kovalens kötés van; ilyen kötés a molekulában kettő van. Mivel az oxigénnek magasabb az elektronegativitása (3,5), mint a hidrogénnek (2,1), ezért atomja maga felé mozdítja el a közös elektronpárt:



Tehát a víz molekulájában a kovalens kötések polárisak.

Minél nagyobb az elemek elektronegativitásának különbsége, annál polárisabb a kötés az atomok között.

Érdekes tudni
A vízmolekulában mindegyik hidrogénatomnak +0,17 elektromos töltése van, az oxigénatomnak pedig −0,34.

ÖSSZEFOGLALÁS

Ha a kovalens kötés két különböző elem atomjai között jön létre, rendszerint ezekben az atomokban töltés keletkezik. E töltések gerjedésének oka a közös elektronpár eltolódása

az egyik atomtól a másikhoz. Az ilyen kovalens kötést poláris kötésnek nevezzük. Ha a közös elektronpár nem tolódik el, a kötés apoláris kötés. Az atomnak azt a tulajdonságát, hogy egy másik atommal közös elektronpárt maga felé vonz, elektronegativitásnak nevezzük. Az elektronegativitás a periódusokban balról jobbra, a csoportokban (főcsoportokban) pedig lentről felfelé növekszik.

?

291. A kovalens kötéssel összekapcsolt atomokban miért jelenhetnek meg csekély elektromos töltések? Milyen kovalens kötést nevezünk polárisnak, és milyet apolárisnak?
292. Mi az elem elektronegativitása?
293. A felsorolt anyagok képletében húzzátok alá a legnagyobb elektronegativitású elem vegyjelét: $AlCl_3$, CF_4, SO_2, NaH, N_2O_5, $MgCO_3$, LiOH, $HClO_4$.
294. A felsorolt képletek közül válasszátok ki azokat, amelyek ionos kötésű, apoláris kovalens kötésű és poláris kovalens kötésű anyagoknak felelnek meg: HF, CO_2, MgO, Li_3N, Br_2, NCl_3. Választásotokat indokoljátok meg!
295. A δ betű felhasználásával jelöljétek ki az atomokon megjelent töltéseket a következő molekulák képleteiben: OF_2, NH_2, SCl_4, SiH_4. Ezekben a molekulákban melyik kötés a legpolárisabb, s melyik a legkevésbé poláris?
296. A 9. táblázat adatai alapján állítsátok sorba a nemfémes elemeket, amelyekben az elektronegativitás balról jobbra csökken.
297. Hogyan változik az elemek elektronegativitása a periódusos rendszer periódusaiban és csoportjaiban?
298. Mi az alábbi mondat helyes befejezése: „A kálium és a kalcium elektronegativitásának értéke megfelelően egyenlő...”:
    a) 0,8 és 1,0; c) 1,0 és 1,2;
    b) 1,0 és 0,8; d) 0,8 és 0,6?

    Vegyétek figyelembe és hasonlítsátok össze a káliumhoz és kalciumhoz hasonló elemek elektronegativitásának értékeit, felhasználva a 9. táblázatot.
299. Az elemeket a kémiai képletekben rendszerint elektronegativitásuk növekedése sorrendjében szokták felírni. Válasszátok ki azokat a képleteket a felsoroltak közül, amelyekben be van tartva ez a sorrend: Na_2CO_3, NH_3, SiO_2, H_2S, NaOH, CH_4, HNO_3.

36 A molekuláris anyagok

E fejezet anyaga segít nektek:

- megismerni a molekuláris anyagok kristályszerkezetét;
- megkülönböztetni egy vegyület legegyszerűbb és valódi képletét;
- megmagyarázni a molekuláris szerkezetű anyagok fizikai tulajdonságait.

A molekulák közötti kölcsönhatás. Felépítésétől függetlenül az anyag három halmazállapotban létezhet. A molekuláris anyagoknak szilárd és cseppfolyós állapota azért lehetséges, mert a molekuláik vonzzák egymást. Az ilyen jelenséget nevezik molekulák közötti kölcsönhatásnak.

Az erős kovalens és ionos kötésekkel ellentétben a molekulák közötti kölcsönhatás eléggé gyenge. Ez a kölcsönhatás a csekély pozitív és negatív töltésű (35. fejezet) atomok kölcsönös vonzásán alapszik, amelyek különböző molekulák alkotórészei. Ilyen kölcsönhatás létezik például a vízben, a savakban, a fehérjékben. Ez fontos feltétele az élő szervezetek létezésének bolygónkon.


a


b

84. ábra
A jód (*a*) és a szén(IV)-oxid (*b*) szublimációja

A molekuláris anyagok fizikai tulajdonságai. Annak következtében, hogy a molekulák gyengén vonzzák egymást, a molekuláris szerkezetű anyagok lényegesen különböznek az ionos anyagoktól fizikai tulajdonságaikban. A molekuláris anyagokra jellemző az illékonyság, a csekély szilárdság, alacsony olvadáspont és forráspont. Egyes molekuláris anyagok hevítéskor szilárd állapotból gáznemű állapotba a cseppfolyos állapot elkerülésével alakulnak át.

Az ilyen jelenséget *szublimációnak*[1] nevezzük. Ez a tulajdonság jellemző, például, a jódra (I_2), szén(IV)-oxidra (CO_2) (84. ábra).

[1] A szakkifejezés a latin „sublimare" szóból ered, ami azt jelenti: felemelni.

A szilárd szén(IV)-oxidot „szárazjégnek" nevezzük. A hőmérséklet emelkedésekor ez az anyag nem folyadékká alakul, hanem gázzá (szénsavgáz), vagyis nem olvad, hanem elpárolog („kiszárad") (84. *b* ábra). A szárazjeget korábban a fagylalt hűtésére alkalmazták a kereskedelemben. A közönséges jég 0 °C hőmérséklet alatt szintén gőzzé alakul, igaz, lassan. Ennek köszönhetően a mosott fehérnemű a fagyban is kiszárad.

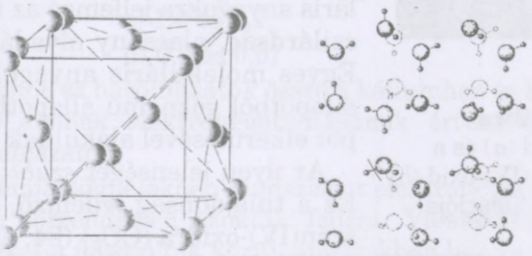
Számos molekuláris anyagnak szaga van. Jól ismeritek a kén(IV)-oxid vagy kén-dioxid (SO_2) szúrós szagát. Ez a gyufa meggyújtásakor is keletkezik (a gyufafej összetételében kén is van). Az ammóniagázt (NH_3) is könnyű felismerni szagáról. Ez a gáz válik ki annak vizes oldatából, a szalmiákszeszből. Semmivel nem téveszthető össze az ecetsav (CH_3COOH) szaga, amelynek oldatát (az ecetet) a háztartásban használjuk.

A molekuláris anyagok nem vezetik a villamos áramot. (Próbáljátok ezt megmagyarázni.)

A molekuláris anyagok kristályos állapota molekuláiknak a kristályban való rendezett elhelyezkedésével jellemezhető (85. ábra).

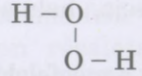
A legegyszerűbb és valódi képletek. A molekuláris anyagok kémiai képletei megmutatják molekuláik összetételét és egyes esetekben lehetnek többszörös indexeik.

Példaként vesszük a hidrogén-peroxidot (perhidrolt, H_2O_2). A molekulák éppen ilyen összetétele (nem pedig HO) jellemzi ezt az anyagot.



85. ábra
Molekuláris anyagok kristályrácsai (egyszerűsített modellek):
a – jód (I_2);
b – jég (H_2O)

Mindegyik hidrogénatom egyszerű kovalens kötéssel kapcsolódik össze a „saját" oxigénatomjával; ugyanilyen kötéssel kapcsolódnak egymáshoz az oxigénatomok is:



A H_2O_2 képletet, amely a molekula reális (valódi) összetételét tükrözi, *valódi képletnek* nevezik (a HO képletet pedig *legegyszerűbb képletnek*).

Ismeretesek olyan esetek, amikor egy és ugyanazon legegyszerűbb képlet néhány különböző valódi képlettel rendelkező molekuláris anyagoknak felel meg.

Így, az acetilénnek (C_2H_2, a fémek hegesztésére használt gáz) és a benzénnek (C_6H_6, elterjedt szerves oldószer, melynek tradiciós elnevezése – benzol) egyforma legegyszerűbb képletük van – CH.

A molekuláris anyagok zömének a valódi képlete egybeesik a legegyszerűbb képletével.

ÖSSZEFOGLALÁS

A molekulák egymáshoz vonzódnak, de gyengén. Ezért a molekuláris szerkezetű anyagoknak alacsony az olvadáspontjuk és a forráspontjuk.

Egyes molekuláris vegyületeknek kétféle képlete van: a legegyszerűbb és a valódi képlet. A legegyszerűbb képletben az indexek megmutatják az elemek atomjainak arányát a molekulában.

?

300. Mi a molekulák közötti kölcsönhatás? Mi okozza ezt?

301. Az *X* vegyület rendes körülmények között szilárd állapotban létezik, szaga van, gyenge hevítéskor megolvad. Molekuláris vagy ionos vegyület ez az anyag? A kémiai kötés mely típusa valósul meg benne? A feleletet indokoljátok meg.

302. A felsorolt anyagok között tüntessétek fel a molekuláris anyagokat: paraffin, aceton, kalcinált szóda, nitrogén, ón, szilícium(IV)-oxid. Indokoljátok meg választásotokat.

303. Lehet-e következtetést levonni az anyag felépítésére (ionos, molekuláris) külseje, halmazállapota alapján? A feleletet indokoljátok meg.

304. Találjátok meg a megfelelő párt:

az anyag képlete	olvadáspont, °C
1) NaH;	a) 638;
2) HCl;	b) –114.

305. Próbáljátok megmagyarázni, miért van a következő halogén egyszerű anyagoknak rendes körülmények között különböző halmazállapota: fluor (F_2) és klór (Cl_2) gázok, bróm (Br_2) folyadék, jód (I_2) kristályos anyag.

306. Mi a véleményetek: a hidrazin (N_2H_4) (e vegyületet rakétaüzemanyagként alkalmazzák) molekuláris vagy ionos anyag? Hozzatok fel két érvet feltevésetek igazolására.

307. Az etángáz a szén és a hidrogén vegyülete. Molekulája háromszor több hidrogénatomot tartalmaz, mint szénatomot. Határozzátok meg az etán képletét, ha a vegyület relatív molekulatömege egyenlő 30-cal. Vajon ez a képlet lesz a legegyszerűbb képlet?

308. A hidrogén-klorid (HCl) és a fluor (F_2) molekulái körülbelül egyforma tömegűek (bizonyítsátok ezt), de lényegesn különböznek forráspontjuk tekintetében: – 84 °C (HCl), illetőleg – 187 °C (F_2). Magyarázzátok meg ezt a különbözőséget.

37 Az oxidációs szám

E fejezet anayaga segít nektek:

- tisztázni, mit nevezünk az elem oxidációs számának;
- összeállítani a vegyületek képleteit az elemek oxidációs számértékei alapján;
- meghatározni az elemek oxidációs számát a vegyületek képletei alapján.

Az atomok elektromosan semleges részecskék. Ilyenek is maradnak, ha úgy egyesülnek, hogy egyszerű anyagok molekulái keletkeznek. Azon-

ban az összetett anyagok atomjaiban rendszerint nem nagy töltések – pozitívak vagy negatívak – gyűlnek össze. Ez annak következménye, hogy a közös elektronpárok eltolódnak az elektronegatívabb elemek atomjai felé.

A 35. fejezetben részletesen tárgyaltuk a hidrogén-klorid (HCl) molekuláját. Benne poláris kovalens kötés van; a közös elektronpár az elektronegatívabb klóratom irányába tolódik el (H : Cl, H → Cl). Ezen az atomon egy kis negatív töltés jelenik meg, a hidrogénatomon pedig ugyanolyan értékű, de pozitív töltés keletkezik:

$$\overset{+\delta\ -\delta}{\mathrm{HCl}}\ (\delta = 0{,}2).$$

Ha a közös elektronpárt teljesen „átadjuk" a klóratomnak (akkor az már nem lesz közös), akkor ehhez az atomhoz visszatér a saját elektronja, amely részt vett a kovalens kötés kialakításában, és megérkezik még egy elektron a hidrogénatomtól. Az utóbbi által a klóratom –1 töltést kap, a hidrogénatom pedig, elveszítvén egyedüli elektronját, +1 töltéssel fog rendelkezni.

Az anyagban levő atomnak feltételes egész számú töltését az elem oxidációs számának (oxidációfoknak) nevezzük.

Az oxidációs számot feltüntetjük a kémiai képletben az elem vegyjele fölött, elsőként az előjelet (plusz vagy mínusz), azután pedig a számot írva fel:

$$\overset{+1\ -1}{\mathrm{HCl}}.$$

1. GYAKORLAT. **Számítsátok ki az elemek oxidációs számát a szén(IV)-oxidban.**

Megoldás.

A szén(IV)-oxid molekuláris vegyület. A CO_2 molekulában a négy vegyértékű szén kettős kötéssel kapcsolódik mindkét oxigénatomhoz: O::C::O, O=C=O.

A C=O kötés poláris, mivel az elemek elektronegativitása különbözik: az oxigén elektronegatívabb, mint a szén (9. táblázat). Átadjuk mind a négy közös elektronpárt a két oxigénatomnak. Ennek eredményeképpen az oxigénatomok mindegyike –2 töltést kap, mivel hozzá, két saját elektronján kívül, még két „idegen" elektron csatlakozik a szénatomtól. A szénatomnak a töltése +4, mivel négy elektront veszít, átadva azokat az oxigénatomoknak. Ezek után felírjuk a vegyület képletét az elemek meghatározott oxidációs számával:

$$\overset{+4\ -2}{C\ O_2}.$$

Ha az anyag ionos és egyszerű (egyatomos) ionokból áll, akkor mindegyik elem oxidációs száma megegyezik a megfelelő ion töltésével, vagyis a részecske valódi töltésével, s nem feltételes töltésével. Például, a nátrium és a klór oxidációs számai a nátrium-kloridban (NaCl) egyenlők, megfelelően +1 és –1, az alumíniumé és az oxigéné az alumínium-oxidban (Al_2O_3) +3 és – 2. Felírjuk a vegyületek képleteit az elemek oxidációs számával együtt:

$$\overset{+1\ -1}{NaCl} \qquad \overset{+3\ -2}{Al_2O_3}$$

(Az ion töltését, mint ismeretes, az elem vegyjele fölött és jobbról jelöljük, miközben elsőnek a számot (az egyest nem szokás írni), s azután az előjelet: Na^+, Al^{3+}, Cl^-, O^{2-}.)

Minden egyes anyagban az összes atom oxidációs számának összege egyenlő nullával.

Ez az anyag elektromos semlegességének szabálya. Erről már az előzőekben szó esett, de az ionos anyagokra vonatkozóan. Az előbbi szabály fogalmazása kiterjed mindenféle szerkezetű anyagra – ionos, a molekuláris, az atomos anyagokra. Az elektromos semlegesség szabályát alkalmazzák a vegyületek kémiai képleteinek összeállításakor vagy azok ellenőrzésekor. Így, az alumínium-oxid (Al_2O_3) képletét helyesnek kell vélnünk, mivel az összes atom oxidációs számának összege (az összes ion töltésének összege) a képletben (képletegységben) egyenlő $2 \cdot (+3) + 3 \cdot (-2) = 0$.

Az elem oxidációs száma nullával is egyenlő lehet. *Nullás értékei vannak az oxidációs számoknak az egyszerű anyagokban* – a hidrogénben (H_2), kénben (S_8), vasban (Fe) és í.t. (magyarázzátok meg ezt), valamint az egyforma elektronegativitással rendelkező vegyületekben – a foszfinban PH_3, szén(IV)-szulfidban (CS_2) és másokban.

Ahhoz, hogy meghatározzuk az elemek oxidációs számát a vegyületekben azok képletei alapján, és összeállítsuk a vegyületek képletét, tudni kell a következő törvényszerűségeket:

1) a fémes elemeknek a vegyületekben csupán pozitív oxidációs számai vannak;

2) a hidrogén oxidációs száma a nemfémes elemekkel való vegyületeiben rendszerint +1-gyel egyenlő, a fémes elemekkel való vegyületeiben pedig –1-gyel;

3) az oxigén majdnem minden vegyületében –2 oxidációs számmal szerepel;

4) a fluornak mint a legelektronegatívabb elemnek az oxidációs száma a vegyületekben mindig –1;

5) az elem maximális (pozitív) oxidációs száma megegyezik annak a csoportnak a sorszámával, amelyikbe tartozik;

6) a nemfémes elem minimális (negatív) oxidációs száma a csoport számánál 8-cal kevesebb.

2. GYAKORLAT. **Határozzuk meg az elemek oxidációs számát a kálium-difoszfátban $K_4P_2O_7$.**

Megoldás.

A kálium fémes elem. Oxidációs számának a vegyületekben pozitívnak kell lennie (1. törvényszerűség) és egyenlőnek kell lennie +1-gyel, mivel a kálium az I. csoport eleme (5. törvényszerűség). Az oxigén oxidációs száma a vegyületben egyenlő 2-vel (3. törvényszerűség). A foszfor oxidációs számát kiszámítjuk az anyag elektromos semlegességének szabálya alapján:

$$\overset{+1}{K_4}\overset{x}{P_2}\overset{-2}{O_7};$$

$$4 \cdot 1 + 2 \cdot x + 7 \cdot (-2) = 0;$$

$$x = (14 - 4) : 2 = 5.$$

A kálium-difoszfát képlete a megkeresett oxidációs számokkal:

$\overset{+1}{K_4}\overset{+5}{P_2}\overset{-2}{O_7}$.

3. GYAKORLAT. **Állítsuk össze a magnézium nitrogénnel alkotott vegyületének képletét.**

Megoldás

A magnézium fémes elem; ez az elem a II. csoportban foglal helyet és a vegyületeiben az oxidációs száma +2 (az 1. és 5. törvényszerűség). A nitrogén nemfémes elem; ő az V. csoporthoz tartozik. A nitrogénnek negatív oxidációs száma van, amely 5 – 8 = –3 (6. törvényszerűség). Felírjuk a vegyület képletét ismeretlen indexekkel és feltüntetjük az elemek oxidációs számát:

$$\overset{+2}{Mg_x}\overset{-3}{N_y}.$$

A továbbiakban ugyanúgy járunk el, mint a bináris vegyületek képleteinek összeállításakor az elemek vegyértékei alapján. Keressük azt a legkisebb számot, amelyik maradék nélkül osztható az elemek oxidációs számának értékével; ez a 6-os szám. Elosztva az utóbbit 2-vel, megkapjuk a magnézium atomjainak számát a vegyület képletében (6 : 2 = 3), azután elosztva 3-mal, megkapjuk a nitrogén atomjainak számát (6 : 3 = 2).

A vegyület képlete: Mg_3N_2.

Az elem oxidációs számának értéke és a vegyértéke gyakran egybeesik (például a hidrogénnek a HCl vegyületben, a szénnek a CO_2 vegyületben). Azonban nem szabad őket összetéveszteni és felcserélni egymással, mivel az „oxidációs szám" és a „vegyérték" tartalmilag különböző fogalmak. Az oxidációs számot egyre gyakrabban használják mint univerzális és egyértelmű mennyiséget, amely alkalmas az anyagok osztályozására, habár a molekuláris és az atomos szerkezetű anyagoknál csupán feltételes jellegű. A „vegyérték" fogalma fokozatosan elveszti jelentőségét a kémiában, de megmarad a vegytan történetében mint az egyik első alapfogalom.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az elem oxidációs száma az atom feltételes egész számú töltése az anyagban. E számot közös elektronpárnak az elektronegatívabb elemek irányába való teljes eltolásával számítjuk ki. Az elem oxidációs száma az egyszerű ionban egybeesik annak töltésével.

Az összes atom oxidációs számának összege minden anyagban nullával egyenlő. Ez az elektromos semlegesség szabálya. E szabályt alkalmazzák a különböző vegyületek képleteinek összeállításakor.

Az elem oxidációs száma és vegyértéke gyakran egybeesik.

?

309. Mi az elem oxidációs száma?

310. Milyen minimális és maximális értékeket vehet fel az oxidációs szám: a) a fémes elem esetében; b) a nemfémes elem esetében?

311. Milyen maximális és minimális oxidációs száma lehet a szilíciumnak, káliumnak, mangánnak, szelénnek, neonnak, foszfornak?

312. Határozzátok meg és nevezzétek meg az alábbi képletekben az elemek oxidációs számait: NaH, P_2S_5, O_3, OF_2, CCl_4, H_2S, Li_3N, AlP.

313. Állítsátok össze a képleteit: a) a klór azon három vegyületének az oxigénnel, amelyekben a klór oxidációs száma +1, +4 és +7; b) az arzén azon két vegyületének a kénnel, amelyekben az első elem oxidációs száma +3 és +5, a másiké – 2.

314. Határozzátok meg az elemek oxidációs számát molekuláiknak grafikus képletei alapján:

a) H–C≡N; b) O=C(–Cl)–Cl; c) H–N(–H)–O–H.

315. Az alábbi képleteknek megfelelő vegyületekben határozzátok meg az elemek oxidációs számát: $CaCO_3$, $NaNO_2$, H_3PO_4, $Mg(NO_3)_2$, H_2SO_4.

316. Miben különbözik a „vegyérték” és az „oxidációs szám” fogalma?

317. Határozzátok meg az elemek oxidációs számát a hidrogén-peroxidban. Használjátok fel a vegyületnek a 36. fejezetben közölt grafikus molekulaképletét. Minek a vegyértéke mindkét elem a hidrogén-peroxidban?

Utószó

Befejeződött a tanév, a kémia tanulmányozásának második éve. Biztosak vagyunk abban, hogy számotokra érdekesek voltak e tantárgy órái.

Megtudtátok, hogy a kémiában az anyagok mennyiségét nem csupán tömegükkel vagy térfogatukkal értékeljük, hanem az atomok, molekulák, ionok anyagmennyisége szerint is. A vegytannak azt a fontos ágazatát ismertétek meg, amelyet szervetlen kémiának nevezünk. Megtudtátok, hogy a szervetlen vegyületek legfontosabb osztályai az oxidok, a bázisok, a savak, az amfoter vegyületek és a sók. Reméljük, hogy mindnyájan megtanultátok, hogyan kell összeállítani e vegyületek képleteit, kikövetkeztetni kémiai tulajdonságaikat, alkalmas módszereket ajánlani a vegyületek előállítására, különböző feladatokat megoldani.

Megismertétek, milyen információt tartalmaz a kémiai elemekről a D. I. Mengyelejev-féle periódusos rendszer, és megértettétek, mennyire fontos tudni azt alkalmazni. Ez a rendszer szemlélteti a D. I. Mengyelejev által felfedezett periódusos törvényt, a kémia alapvető törvényét. Ez a törvény segít új kémiai elemeket felfedezni, új anyagokat előállítani, előre meghatározni azok összetételét és tulajdonságait.

Az atom felépítése számotokra már nem titok. Azt is tudjátok, hogyan és miért egyesülnek egymással az anyag részecskéi. A tankönyvet olvasva, „beleláttatok" a kristályok belsejébe és meggyőződtetek arról, hogy bennük az anyag részecskéi bizonyos rend szerint helyezkednek el.

A 9. osztály kémiájának anyaga sem lesz kevésbé érdekes. Elképzelést nyertek majd az oldatokról, megismeritek a kémiai reakciók lefolyásának sajátságait. Megismerkedtek a szerves anyagokkal, amelyek nagy része az élő világban „a növényekben, állatokban, az emberben" előfordul.

Kívánjuk nektek, hogy a nyár folyamán pihenjétek ki magatokat, a 9. osztályban pedig újabb sikereket érjetek el a kémia tanulása terén, hogy élvezetet találjatok a kémia titkainak megismerésében és érdekes kémiai kísérleteket valósítsatok meg.

A szerzők

A feladatok és gyakorlatok megoldásai

6. Nem – az atomos felépítésű egyszerű anyagoknál; igen – az összetett anyagoknál, valamint a molekuláris felépítésű egyszerű anyagoknál.

7. $N(Cl^-) = 6{,}02 \cdot 10^{23}$.

8. $n(Al_2(SO_4)_3) = 1/3$ mol.

9. a) $n(CH_4) = 1$ mol; b) $n(CH_4) = 0{,}3$ mol; c) $n(CH_4) = 1$ mol.

10. a) $n(NaCl) = 0{,}2$ mol; b) $n(NaCl) = 3$ mol; c) $n(NaCl) = 0{,}6$ mol.

22. $N(atom) \approx 4{,}8 \cdot 10^{23}$.

24. Az SO_4^{2-} ionok száma a legkisebb.

32. $V(H_2) : V(CH_4) = 8 : 1$.

35. ρ (lev.) = 1,295 g/l.

40. A gáz a metánnál 1,06-szor nehezebb.

42. D_{N_2}(gáz) = 1,57.

51. $V(CO_2) = 560$ l.

54. $m(Al_2O_3) = 5{,}1$ g.

59. A bárium-hidroxidban.

78. A legtöbb ion a bárium-kloridban van.

79. *b*.

84. a) $MgO + Cl_2O_7 = Mg(ClO_4)_2$; b) $I_2O_5 + 2NaOH = 2NaIO_3 + H_2O$.

94. $m(Ca(NO_3)_2) = 32{,}8$ g.

97. $m(P_2O_5) = 71$ g; $w(P_2O_5) = 78\%$.

98. $m(SO_2) = 0{,}64$ g; $m(CO_2) = 0{,}88$ g.

102. a) $2KOH + N_2O_5 = 2KNO_3 + H_2O$; b) $3Ca(OH)_2 + 2H_3PO_4 = Ca_3(PO_4)_2 + 6H_2O$.

103. 3 reakció lehetséges.

106. $m(Fe(OH)_2) = 3{,}8$ g.

107. $V(SO_2) = 4{,}48$ l.

109. $w(NaOH) = 31{,}9\%$.

112. b) $Fe(OH)_2 + 2HNO_3 = Fe(NO_3)_2 + 2H_2O$.

114. 3 reakció lehetséges.

116. Vegyétek figyelembe a képződött sav tulajdonságait.

118. $w(Ag) = 79{,}7\%$.

119. $m(HNO_3) = 25{,}2$ g.

121. a) $SnO + 2NaOH = Na_2SnO_2 + H_2O$; b) $Al_2O_3 + CaO = Ca(AlO_2)_2$; $Al_2O_3 + 3CaO = Ca_3(AlO_3)_2$.

123. $Cr(OH)_3$.

124. $m(Fe_2O_3) = 8$ g.

125. Nem.

130. 3 reakció megy végbe.

132. Igen.
133. $m(Cu) = 6{,}4$ g.
134. $m(NaNO_3) = 8{,}5$ g; $m(KNO_3) = 20{,}2$ g.
139. Melegítéskor 5 vegyület felbomlik.
142. $V(CO_2) = 5{,}6$ l; $V(SO_2) = 11{,}2$ l.
143. Igen.
144. $D_{lev}(elegy) = 1{,}49$.
150. Vegyétek figyelembe az ón(II)-oxid amfoter tulajdonságait.
152. Nem.
158. $n(H_3PO_4) = 0{,}2$ mol.
165. Lehet, de nem egy, hanem két reakció megvalósításával.
167. $m(só) = 27{,}2$ g.
168. $w(CaSiO_3) = 63{,}5\%$.
175. $n(H_2SO_4) = 0{,}025$ mol.
176. $m(Al_2O_3) = 5{,}1$ g.
199. a) a stronciumhoz a kalcium és a bárium hasonlít.
208. Az S^{2-}-ionnak 18 elektronja van.
209. Az NH_4^+-ionban az összes protonok száma egyenlő 11-gyel, az elektronok száma pedig 10.
210. $^{59}_{27}Co$.
214. 9 változata lehet a vízmolekulának, és 5 értéke lehet molekulái tömegének
215. Vegyétek figyelembe, hogy egyforma tömegű atomjai csupán 20 kémiai elemnek vannak.
216. $A_r(Mg) = 24{,}32$.
219. $^{60}_{27}Co$.
221. Az *s*-orbitál gömb alakú; ez az orbitál minden irányban egyforma.
225. Nem mindig. A 4*s*-elektronnak kissé alacsonyabb energiája van, mint a 3*d*-elektronnak.
231. Oxigén, magnézium.
238. Ilyen szimbóluma 8 elemnek lehet.
257. H_2O, LiOH, H_3BO_3.
261. $w(O) = 47{,}1\%$.
272. Az oxigén atomjában.
281. a) 6; b) 6.
282. b) MgO.
298. *a*.
305. Az anyagok olvadáspontja és forráspontja függ a molekula tömegétől (gondoljátok meg, hogyan lehet ezt megmagyarázni).
307. A meghatározott etánképlet nem legegyszerűbb képlet.
314. a) a HCN vegyületben a szén oxidációs száma +2.
315. A $Mg(NO_3)_2$ vegyületben a nitrogén oxidációs száma +5.

A szakkifejezések kisszótára

Alapállapota az atomnak – az atom olyan állapota, amelyben az orbitálok a legkisebb energia elve szerint töltődnek fel elektronokkal.

Alcsoport – a periódusos rendszer csoportjának része.

Alkáli elemek – a periódusos rendszer I. főcsoportjának elemei (lítium, nátrium, kálium, rubídium, cézium, francium). Ezeknek az elemeknek az egyszerű anyagait alkálifémeknek nevezzük.

Alkáliföld elemek – a periódusos rendszer II. főcsoportjának elemei (magnézium, kalcium, stroncium, bárium, rádium). Ezen elemek egyszerű anyagait alkáliföldfémeknek nevezik.

Alszint – az energiaszint része azonos energiájú elektronokkal.

Amfoter tulajdonság – a vegyület (oxid, hidroxid) azon képessége, hogy képes mind bázisos, mind savas tulajdonságokat tanúsítani.

Anion – negatív töltésű ion.

Anyagmennyiség – az a fizikai mennyiség, amely az anyag egy bizonyos adagjában található részecskék (atomok, molekulák, ionok) számával határozható meg.

Apoláris kovalens kötés – olyan kovalens kötés, amelyben az egy vagy több közös elektronpár nem tolódik el az egyik atom felé.

Atomgerjesztés – az elektron átmenete egyik orbitálról egy másik orbitálra, mely ugyanazon energiaszinten van.

Atompálya (elektronpálya, orbitál) – az atom olyan térrésze, ahol az elektron tartózkodása a legvalószínűbb.

Atomrésze (atomrészaránya) a nuklidnak – a nuklidatomok számának aránya az elem összes atomjainak számához.

Atomsugár – a mag középpontjától azon gömbfelületig terjedő távolság, amelyet a külső energiaszint elektronjainak orbitáljai érintenek.

Avogadro-szám – $6{,}02 \cdot 10^{23}$ (képletegység mennyiség 1 mol anyagban).

Bázis – olyan vegyület, amely fémes elem kationjaiból és az OH^- anionokból tevődik össze.

Bázisképző oxid – olyan oxid, amely bázisnak felel meg.

Bázisosság – a savaknak olyan sajátsága, amely a molekulában levő azon hidrogénatomok számával határozható meg, amelyek helyettesíthetők a fémes elemek atomjaival.

Cserebomlási reakció – két vegyület között végbemenő reakció, amelynek során a vegyületek kicserélik összetevőiket.

Csoport (a periódusos rendszerben) – a periódusos rendszer oszlopa.

Egyszerű (ordináris) kötés – egy közös elektronpárral alkotott kötés az atomok között.

Elektron – negatív töltésű részecske, az atom összetevője.

Elektronegativitás – az elem atomjának az a tulajdonsága, hogy képes maga felé vonzani egy másik elem atomjával közös elektronpárt.

Elektronképlet – olyan feljegyzés, amely az atom vagy molekula felépítését tükrözi.

Elektronoktett – az atom 8-elektronos héja.

Elektronpálya (atompálya, orbitál) – az atom olyan térrésze, ahol az elektron tartózkodása a legvalószínűbb.

Energiaszint (elektronhéj) – a korszerű atommodell azon része, amely a majdnem egyenlő energiával rendelkező elektronokat egybefoglalja.

Fémek aktivitási sora – olyan sor, amelyben a fémek kémiai aktivitásuk csökkenése szerint vannak elhelyezve.

Gáz viszonylagos (relatív) sűrűsége egy másik gázhoz viszonyítva – a gáz bizonyos térfogata tömegének aránya egy másik gáz ugyanolyan térfogatú tömegéhez (egyforma hőmérsékleten és nyomáson).

Genetikai (származási) kapcsolat – az anyagok között fennálló kölcsönös kapcsolat, amelyik származásukon és kémiai tulajdonságaikon alapszik.

Halogének – a periódusos rendszer VII. főcsoportjának elemei (fluor, klór, bróm, jód), valamint a megfelelő egyszerű anyagok.

Hármas kötés – három közös elektronpárral alkotott kötés az atomok között.

Helyettesítési (szubszitúciós) reakció – az egyszerű és az összetett anyagok között végbemenő reakció, amelynek eredményeképpen új egyszerű és új összetett anyag keletkezik.

Indikátor – olyan anyag, amely megváltoztatja színét lúg (sav) hatására.

Ionos kötés – a különnemű töltéssel rendelkező ionok közötti kapcsolat (kötés) az anyagban.

Izotópok – egy elem nuklidjai, vagy egyenlő mennyiségű protonnal és különböző mennyiségű neutronnal rendelkező atomfajták.

Kation – pozitív töltésű ion.

Kémiai elem – 1. bizonyos protonszámú (magtöltésű) atomfajta; 2. olyan anyag, amelynek atommagjai azonos tulajdonságúak, és amely egyszerűbb anyagokra vegyi úton nem bontható.

Kémiai kötés – atomok, molekulák, ionok között létrejött kölcsönhatás, amelynek köszönhetően a részecskék együtt maradnak.

Kettős kötés – atomok közötti kötés, amely két közös elektronpárral képződik.

Kovalens kötés – atomok közötti kapcsolat (kötés), mely közös elektronpárok kialakulásával képződik.

Kristályrács – a kristályos anyag szerkezetének modellje.

Külső elektronok – az atom utolsó energiaszintjének elektronjai.

Legegyszerűbb képlet – az a képlet, amely az atomok vagy ionok mennyiségének arányát tükrözi a vegyületben.

Legmagasabb oxid – az az oxid, amelyikben az elem a legmagasabb vegyértékével szerepel.

Lúg – vízben oldódó bázis.

Magreakció – átalakulás, melynek során megváltozik az atommag.

Mol (mól) – az anyagmennyiség mérésére szolgáló egység; az anyagnak az az adagja, mely $6{,}02 \cdot 10^{23}$ részecskét tartalmaz.

Móltérfogat – 1 mol anyag térfogata. A különböző gázoké azonos hőmérsékleten és nyomáson egyforma.

Móltömeg – 1 mol anyag tömege. Grammokban van kifejezve, szám szerint megegyezik a relatív atom-, molekula- vagy képlettömeggel.

Nemes elemek – a periódusos rendszer VIII. főcsoportjának elemei (hélium, neon, argon, kripton, xenon, radon). Egyszerű anyagaikat nemesgázoknak nevezzük.

Nem sóképző (indifferens) oxid – olyan oxid, amely nem reagál a savakkal, bázisokkal és nem képez sókat.

Neutron – elektromosan semleges részecske, az atom összetevője. Az atommagban foglal helyet.

Normál (rendes) körülmények – 0 °C -os hőmérséklet és 101,3 kPa (760 Hgmm) nyomás.

Nukleonszám – a protonok és neutronok együttes mennyisége az atomban.

Nuklid – bármilyen atomfajta.

Orbitál (atompálya, elektronpálya) – az atom olyan térrésze, ahol az elektron tartózkodása a legvalószínűbb.

Ordináris (egyszerű) kötés – egy közös elektronpárral alkotott kötés az atomok között.

Osztályozás – objektumok (tárgyak, jelenségek stb.) csoportokba vagy osztályokba rendezése bizonyos sajátságaik alapján.

Oxid – olyan két elemből álló vegyület, amelynek egyik eleme az oxigén.

Oxidációs szám – az atom feltételes egész számú töltése az anyagban.

Oxigénmentes savak – olyan savak, amelyek molekuláiból hiányoznak az oxigénatomok.

Oxigéntartalmú sav – olyan sav, melynek molekulája oxigénatomokat tartalmaz.

Periódus – a természetes elemsor része az alkáli elemtől (alkálifémtől) a nemes elemig (nemesgázig).

Poláris kovalens kötés – olyan kovalens kötés, amelyben egy vagy több közös elektronpár tolódik el az egyik atom felé.

Proton – pozitív töltésű részecske, az atom összetevője. Az atommagban foglal helyet.

Protonszám – a protonok mennyisége az atomban.

Radioaktív bomlás – az atommagok spontán bomlása kisebb magokra, különálló részecskékre.

Radionuklid – amely radioaktív bomlásra képes nuklid.

Relatív atomtömeg – az atom tömegének aránya a ^{12}C atom tömegének 1/12 részéhez.

Relatív képlettömeg – a képletegység tömegének aránya a ^{12}C atom tömegének 1/12 részéhez.

Relatív molekulatömeg – a molekula tömegének aránya a ^{12}C atom tömegének 1/12 részéhez.

Sav – vegyület, amelynek molekulájában egy vagy több olyan hidrogénatom van, amelyek a kémiai reakciók során felcserélődhetnek fémes elemek egy vagy több atomjával.

Savképző elem – elem, mely savat alkot.

Savképző oxid – oxid, amely oxigéntartalmú savnak felel meg.

Savmaradék – a savnak az a része, amellyel összekapcsolódnak a hidrogénatomok.

Semlegesítési (neutralizálási) reakció – a bázis és sav között végbemenő reakció.

Só – olyan vegyület, amely a fémes elem kationjából és savmaradék anionjaiból áll.

Sóképző oxid – oxid, amely a savakkal vagy (és) a bázisokkal kölcsönhatásba lépve sókat képez.

Spin – az elektronnak az a tulajdonsága, amelyet tengelye körüli forgásnak fogunk fel.

Származási (genetikai) kapcsolat – az anyagok között fennálló kölcsönös kapcsolat, amely származásukon és kémiai tulajdonságaikon alapszik.

Szervetlen kémia – a vegytannak az az ágazata, amely a szervetlen anyagokat tanulmányozza.

Szublimáció – a szilárd anyag alakulása gázneművé hevítéskor, a cseppfolyós állapot elkerülésével.

Természetes sor – az atomtömegek növekedése szerint összeállított elemsor.

Valódi képlet – az a képlet, amely megmutatja a molekula igazi (valódi) összetételét.

Tárgymutató

A

Aktivitási sor (a fémeknél) 162
Alapállapot (az atomnál) 161
Amfoter vegyületek 83
  előállítás 104
Anion 30
Anyagmennyiség 5
Atompályák 152
Atomrész (atomrészarány) 146
Atomsugár 169
Avogadro-állandó 18
Avogadro törvénye 19

B

Bázisok 34
  elnevezése 35
  előállítása 102
  fizikai tulajdonságaik 64
  kémiai tulajdonságaik 66

C

Csoport (a periódusos rendszerben) 135

E

Elektronegativitás 208
Elektronhéj 154
Elektronképlet
  az atom elektronképlete 154
  a molekula elektronképlete 203
Elektron
  külső 158
  párosítatlan 153
  párosított 153
Elektronoktett 192
Elektronpályák
  (*s*-, *p*-, *d*-, *f*-) 152, 153
Elemek
  alkálielemek 127
  alkáliföldelemek 127
  nemeselemek 127
  nemesgázok 127
Elv (a legkisebb energia elve) 157
Energiaalszint 154
Energiaszint 154

F

Fémek 125
  alkálifémek 126
  alkáliföldfémek 126
Fémek aktivitási sora 75
Főcsoport 125

G

Genetikai kapcsolat 118
Gerjesztett állapot (az atomnál) 162

H

Halogének 126
Hidroxid 52, 180

I

Indikátor 66
Izotópok 144

K

Kation 30
Kémiai elem 140
Kémiai képlet 213
  legegyszerűbb 213
  valódi 213
Kémiai kötés 190
  apoláris 208
  egyszerű 204
  hármas 204
  ionos 196
  kettős 204
  kovalens 203
  poláris 208
  σ-kötés 205
  π-kötés 205
Kötés (l. – kémiai kötés) 190
Kristályrácsok 198

L
Legkisebb energia elve 102
Lúgok 65
előállítás 102
M
Mellékcsoport 136
Mol 6, 7, 147
Moláris térfogat 17
Moláris tömeg 12
Molekulák közötti kölcsönhatás 211
Móltérfogat 17
Móltömeg 12
N
Nemesgázok 127
Nemfémek 125
Neutron 139
Normál körülmények 18
Nukleon 139
Nukleonszám 140
Nuklid 145
O
Oldhatósági táblázat 65
Orbitál 152
Osztályozás 125
kémiai elemek 125
szervetlen anyagok 114
Oxidációfok 215
Oxidok 29, 179
amfoter 83
bázisképző 102, 103
elnevezések 35
előállítás 104
fizikai tulajdonságok 48
indifferens 115
kémiai tulajdonságok 49
legmagasabb 31, 179
nem sóképző 115
osztályozás 115
savképző 42
sóképző 114
P
Periódus 135
Periódusos rendszer 134
Periódusos törvény 132, 164
Proton 139
Protonszám 140
R
Radioaktív bomlás 142
Radionuklid 147
Reakció 51
bomlási 51
cserebomlási 51
helyettesítési 75
magreakció 151
semlegesítési 68
Relatív atomtömeg 147
Relatív gázsűrűség 23
Relatív képlettömeg 147
Relatív molekulatömeg 147
S
Sav 37
elnevezése 37
előállítása 106
erős 40
fizikai tulajdonságai 73
gyenge 48
kémiai tulajdonságai 49
közepes erősségű 40
osztályozás 115
oxigénmentes 40
oxigéntartalmú 40
összetétel 37
Savképző elem 38
Savképző oxid 41
Savmaradék 37
Sók 44
elnevezése 44
előállítása 109
fizikai tulajdonságaik 88
kémiai tulajdonságaik 88
Spin (az elektron spinje) 153
Szabály
elektromos semlegesség szabálya 216
„oktávok" szabálya 128
Természetes sor (az elemek természetes sora) 131
Vegyérték 161

TARTALOM

Bevezetés 3

1. rész
Az anyagmennyiség. Számítások a kémiai képletek alapján

1. Anyagmennyiség 5
2. A móltömeg 12
3. A móltérfogat. Avogadro törvénye 16
   Az érdeklődők számára. A gázok térfogatainak aránya a kémiai reakcióban 22
4. A gáz relatív sűrűsége 23
   Az érdeklődők számára. A levegő átlagos relatív molekulatömegéről 27

2. rész
A szervetlen vegyületek alapvető csoportjai

5. Az oxidok 29
6. A bázisok 34
7. A savak 36
8. A sók 44
9. Az oxidok tulajdonságai és alkalmazásuk 48
   Az érdeklődők számára. Savas csapadékok 57
10. A kémiai egyenletek alapján végzett számítások 58
11. A bázisok tulajdonságai és alkalmazásuk 64
12. A savak tulajdonságai és alkalmazása 73
    Kísérletezzünk otthon. Természetes indikátorok 81
13. Az amfoter oxidok és hidroxidok 83
14. A sók tulajdonságai és alkalmazása 87

Az érdeklődők számára. Savanyú sók 94
1. gyakorlati munka.
A szervetlen vegyületek legfontosabb osztályai tulajdonságainak tanyulmányozása 95
I. változat. A sósav kémiai tulajdonságainak tanulmányozása 95
II. változat. A nikkel(II)-szulfát fizikai tulajdonságainak tanulmányozása 96
15. Az oxidok előállításának módszerei 98
16. A bázisok és amfoter hidroxidok előállítási módszerei 102
17. A savak előállítási módszerei 106
18. A sók előállításának módszerei 109
19. A szervetlen vegyületek legfontosabb osztályairól szóló ismeretek összefoglalása 114
2. gyakorlati munka.
Kísérleti feladatok megoldása 120
I. változat. Reakciók megvalósítása a kémiai átalakulások vázlata szerint 120
II. változat. A kémiai átalakulások vázlatának összeállítása és a reakciók megvalósítása. 121

3. rész
D. I. Mengyelejev periódusos törvénye és a Mengyelejev-féle periódusos rendszer. Az atom felépítése

20. A kémiai elemek osztályozásának első próbálkozásai 124
21. A periódusos törvény 129
22. A kémiai elemek periódusos rendszere 134
23. Az atom szerkezete 139
24. Az izotópok 143
Az érdeklődők számára. Magreakciók 151
25. Az atom korszerű modellje 152
26. Az atom elektronhéjainak felépítése 157
27. A periódusos törvény és az atomok elektronszerkezete 164

28. Az elem jellemzése a periódusos rendszerben való elhelyezkedése és az atom felépítése alapján 170
29. A periódusos rendszer, az elemek kémiai jellege és az egyszerű anyagok tulajdonságai 174
30. A periódusos rendszer és a vegyületek kémiai tulajdonságai 179
31. A periódusos törvény jelentősége. D. I. Mengyelejev élete és munkássága 184

4. rész
A kémiai kötés és az anyag szerkezete

32. Az elektronhéjak stabilitása. Az atomok átalakulása ionokká 191
33. Az ionos kötés. Az ionos vegyületek 196
34. A kovalens kötés 201
35. A poláris és apoláris kovalens kötés. Az atomok elektronegativitása 207
36. A molekuláris anyagok 211
37. Az oxidációs szám 214

Utószó 220

A feladatok és gyakorlatok megoldásai 221

A szakkifejezések kisszótára 223

Tárgymutató 227

Badó Niki 201/2012

Badó Nikol 2000000/20000200

Varga Patricia 2012/13

Навчальне видання

ПОПЕЛЬ Павло Петрович
КРИКЛЯ Людмила Сергіївна

ХІМІЯ

Підручник для 8 класу
загальноосвітніх навчальних закладів
з угорською мовою навчання

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Видано за державні кошти.
Продаж заборонено

Переклад з української

Перекладач *Семрад Омелян Омелянович*

Угорською мовою

Редактор *В. Ш. Ковтюк*
Художнє оформлення *В. М. Штогрина*
Технічний редактор *С. М. Максимець*
Коректор *Е. С. Сабов*
Комп'ютерна верстка *С. І. Жукової*

Підписано до друку 16.08.2008.
Формат 60×90/16. Папір офс. № 1. Гарнітура Шкільна.
Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 14,5. Обл.-вид. арк. 10,4.
Вид. № 181. Зам. № 476. Наклад 2219 прим.

Букрек
видавничий дім
publishing house

Свідоцтво про внесення
до Державного реєстру суб'єкта
видавничої справи ЧЦ №1 від 10.07.2000 р.

телефони
[0372]

Приймальня	552 943
Друкарня	526 353
Реалізація	526 956
Бухгалтерія	527 049

факс
[0372] 552 943

адреса
58000, м. Чернівці,
вул. Радищева, 10

e-mail
info@bukrek.net

web-сайт
www.bukrek.net

A kémiai elemek D.I.Mengyelejev-féle periódusos rendszere (hosszú forma) *Melléklet*

Periódusok	Csoportok Ia	IIa	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb	Ib	IIb	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	VIIIa
1	1 H Hidrogén														(1 H Hidrogén)	2 He Hélium
2	3 Li Lítium	4 Be Berillium									5 B Bór	6 C Szén	7 N Nitrogén	8 O Oxigén	9 F Fluor	10 Ne Neon
3	11 Na Nátrium	12 Mg Magnézium									13 Al Alumínium	14 Si Szilícium	15 P Foszfor	16 S Kén	17 Cl Klór	18 Ar Argon
4	19 K Kálium	20 Ca Kalcium	21 Sc Szkandium	22 Ti Titán	23 V Vanádium	24 Cr Króm	25 Mn Mangán	26 Fe Vas	27 Co Kobalt	28 Ni Nikkel	29 Cu Réz	30 Zn Cink	31 Ga Gallium	32 Ge Germánium	33 As Arzén	34 Se Szelén	35 Br Bróm	36 Kr Kripton
5	37 Rb Rubídium	38 Sr Stroncium	39 Y Ittrium	40 Zr Cirkónium	41 Nb Nióbium	42 Mo Molibdén	43 Tc Technécium	44 Ru Ruténium	45 Rh Ródium	46 Pd Palládium	47 Ag Ezüst	48 Cd Kadmium	49 In Indium	50 Sn Ón	51 Sb Antimon	52 Te Tellúr	53 I Jód	54 Xe Xenon
6	55 Cs Cézium	56 Ba Bárium	57 La* Lantán	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantál	74 W Volfrám	75 Re Rénium	76 Os Ozmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platina	79 Au Arany	80 Hg Higany	81 Tl Tallium	82 Pb Ólom	83 Bi Biznut	84 Po Polónium	85 At Asztácium	86 Rn Radon
7	87 Fr Francium	88 Ra Rádium	89 Ac** Aktínium	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Röntgenium	112 Uub Ununbium	113	114 Uuq Ununquadrium	115	116 Uuh Ununhexium	117	118 Uuo Ununoktium

* Lantanoidák

58 Ce Cérium	59 Pr Prazeodímium	60 Nd Neodímium	61 Pm Prométium	62 Sm Szamárium	63 Eu Európium	64 Gd Gadolínium	65 Tb Terbium	66 Dy Diszprózium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Túlium	70 Yb Itterbium	71 Lu Lutécium

** Aktinoidák

90 Th Tórium	91 Pa Protaktínium	92 U Urán	93 Np Neptúnium	94 Pu Plutónium	95 Am Américium	96 Cm Kúrium	97 Bk Berkélium	98 Cf Kalifornium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelévium	102 No Nobélium	103 Lr Laurencium

Rodzaje pierwiastków

s-elemek *p*-elemek *d*-elemek *f*-elemek

Az egy típusú elemeknek hasonló az elektronszerkezete.

A törtvonal baloldalán a fémes elemek helyezkednek el, jobboldalán pedig – a nemfémes elemek.

Bázisok, savak, amfoter hidroxidok és só

Kationok / Anionok	H^+	Li^+	Na^+	K^+	Ag^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Ba^{2}
OH^-		o	o	o	—	k	k	o
F^-	o	k	o	o	o	k	k	k
Cl^-	o	o	o	o	n	o	o	o
Br^-	o	o	o	o	n	o	o	o
I^-	o	o	o	o	n	o	o	o
S^{2-}	o	o	o	o	n	#	#	o
SO_3^{2-}	o	o	o	o	n	o	k	k
SO_4^{2-}	o	o	o	o	k	o	k	n
NO_3^-	o	o	o	o	o	o	o	o
PO_4^{3-}	o	k	o	o	n	k	n	n
CO_3^{2-}	o	o	o	o	k	k	n	n

Egyezményes jelölések:
„o” – oldódó anyag (oldhatósága meghaladja az 1 g anyagot 100
„k” – kevéssé oldódó anyag (oldhatósága 1 g-tól 0,001 g-ig terje
„n” – gyakorlatilag nem oldódó anyag (oldhatósága nem éri el a
„–” – az anyag nem létezik;
„#”– az anyag létezik, de a vizzel reagál (oldhatóságát nem lehet

A fémek

Li K Ba Sr Ca Na Mg Be Al Mn Cr Zn

a fémek kér

A savak osztályoz

$HClO_4$ HNO_3 HI HBr HCl H_2SO_4 H_2

erős savak

k oldhatósága a vizben (20-25°C hőmérsékleten)

	Zn^{2+}	Mn^{2+}	Pb^{2+}	Cu^{2+}	Hg^{2+}	Ni^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}	Cr^{3+}
	n	n	n	n	—	n	n	n	n	n
	o	o	k	o	#	o	k	n	k	o
	o	o	k	o	o	o	o	o	o	o
	o	o	k	o	k	o	o	o	o	o
	o	o	k	—	k	o	o	—	o	o
	n	n	n	n	n	n	n	#	#	#
	ò	k	k	—	#	k	k	—	—	—
	o	o	k	o	o	o	o	o	o	o
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	n	k	n	#	#	n	n	n	n	n
	n	n	n	#	—	k	n	—	—	—

g vizben);
d 100 g vizben);
0,001 g-ot 100 g vizben);

meghatározni).

2011-2012

k aktivitási sora

Fe Cd Ni Sn Pb (H_2) Bi Cu Ag Hg Pt Au

miai aktivitása növekszik

tása erősségük szerint

SO_3 H_3PO_4 HF HNO_2 — közepes erősségű savak

H_2CO_3 H_2S H_2SiO_3 — gyenge savak

A kémiai elemek D. I. Mengyelejev

Periódusok	a I b	a II b	a III b	a IV b	a V
1	**1** 1,0079 $1s^1$				
2	**3** 6,941 [He]$2s^1$	**Be** 4 Berillium 9,012 [He]$2s^2$	**B** 5 Bór 10,81 [He]$2s^2 2p^1$	**C** 6 Szén 12,011 [He]$2s^2 2p^2$	**N** Nitrogén Azot
3	**Na** 11 Nátrium 22,990 [Ne]$3s^1$	**Mg** 12 Magnézium 24,305 [Ne]$3s^2$	**Al** 13 Alumínium 26,982 [Ne]$3s^2 3p^1$	**Si** 14 Szilícium 28,086 [Ne]$3s^2 3p^2$	**P** F…
4	**K** 19 Kálium 39,098 [Ar]$4s^1$	**Ca** 20 Kalcium 40,08 [Ar]$4s^2$	**21 Sc** 44,956 Szkandium [Ar]$3d^1 4s^2$	**22 Ti** 47,87 Titán [Ar]$3d^2 4s^2$	**23** 50,941 [Ar]3…
	29 Cu 63,546 Réz [Ar]$3d^{10} 4s^1$	**30 Zn** 65,41 Cink [Ar]$3d^{10} 4s^2$	**Ga** 31 Gallium 69,72 [Ar]$3d^{10} 4s^2 4p^1$	**Ge** 32 Germánium 72,64 [Ar]$3d^{10} 4s^2 4p^2$	**As** Arzén […]$3d^{10} 4s$
5	**Rb** 37 Rubídium 85,468 [Kr]$5s^1$	**Sr** 38 Stroncium 87,62 [Kr]$5s^2$	**39 Y** 88,906 Ittrium [Kr]$4d^1 5s^2$	**40 Zr** 91,22 Cirkónium [Kr]$4d^2 5s^2$	**41** 92,906 Ni… [Kr]$4d^4 5s$
	47 Ag 107,868 Ezüst [Kr]$4d^{10} 5s^1$	**48 Cd** 112,41 Kadmium [Kr]$4d^{10} 5s^2$	**In** 49 Indium 114,82 [Kr]$4d^{10} 5s^2 5p^1$	**Sn** 50 Ón 118,71 [Kr]$4d^{10} 5s^2 5p^2$	**Sb** Antimon [Kr]$4d^{10} 5s$…
6	**Cs** 55 Cézium 132,91 [Xe]$6s^1$	**Ba** 56 Bárium 137,33 [Xe]$6s^2$	**57 La*** 138,905 Lantán [Xe]$5d^1 6s^2$	**72 Hf** 178,49 Hafnium [Xe]$4f^{14} 5d^2 6s^2$	**73** 180,948 [Xe]$4f^{14} 5d^3$
	79 Au 196,967 Arany …$5d^{10} 6s^1$	**80 Hg** 200,59 Higany [Xe]$4f^{14} 5d^{10} 6s^2$	**Tl** 81 Tallium 204,38 [Xe]$4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^1$	**Pb** 82 Ólom 207,2 …$6s^2 6p^2$	**Bi** Bizmut [Xe]$4f^{14} 5d^{10}$…
7	**Fr** 87 Francium [223] [Rn]$7s^1$	**Ra** 88 Rádium [226] [Rn]$7s^2$	**89 Ac**** [227] Aktínium [Rn]$6d^1 7s^2$	**104 Rf** [261] Rutherfordium [Rn]$5f^{14} 6d^2 7s^2$	**105** [262] Dub… [Rn]$5f^{14} 6d^3$
Legmagasabb oxidok	E_2O	EO	E_2O_3	EO_2	E_2O
Illanó hidrogénvegyületek				EH_4	EH…
Lantanoidák	**58 Ce** 140,12 $4f^1 5d^1$ Cérium	**59 Pr** 140,908 $4f^3 5d^0$ Prazeodímium	**60 Nd** 144,24 $4f^4$ Neodímium	**61 Pm** [145] $4f^5$ Prométium	**62 Sm** 150,4 $4f^6$ Szamárium	**63 Eu** 151,96 $4f^7$ Európium	**64** 157,25 Gadol…
Aktinoidák	**90 Th** 232,038 $6d^2$ Tórium	**91 Pa** [231] $5f^2 6d^1$ Protaktínium	**92 U** 238,029 $5f^3$ Urán	**93 Np** [237] $5f^4$ Neptúnium	**94 Pu** [244] $5f^6 6d^0$ Plutónium	**95 Am** [243] $5f^7$ Amerícium	**96** [247] Kü…

s-elemek *p*-elemek *d*-elemek *f*-elem…

féle periódusos rendszere (rövid forma)

portok

b	a VI b	a VII b	a VIII b
		(H)	**He** 2 Hélium 4,0026 $1s^2$
	7 4,0067 $e]2s^22p^3$	**O** 8 Oxigén 15,999 $[He]2s^22p^4$	**F** 9 Fluor 18,998 $[He]2s^22p^5$	**Ne** 10 Neon 20,180 $[He]2s^22p^6$
	15 30,974	**S** 16 Kén 32,06 $[Ne]3s^23p^4$	**Cl** 17 Klór 35,453 $[Ne]3s^23p^5$	**Ar** 18 Argon 39,948 $[Ne]3s^23p^6$
	V ádium	**24 Cr** 51,996 Króm $[Ar]3d^54s^1$	**25 Mn** 54,938 Mangán $[Ar]3d^54s^2$	**26 Fe** 55,845 Vas $[Ar]3d^64s^2$	**27 Co** 58,933 Kobalt $[Ar]3d^74s^2$	**28 Ni** 58,69 Nikkel $[Ar]3d^84s^2$
	33 74,922 $4p^3$	**Se** 34 Szelén 78,96 $[Ar]3d^{10}4s^24p^4$	**Br** 35 Bróm 79,904 $[Ar]3d^{10}4s^24p^5$	**Kr** 36 Kripton 83,80 $[Ar]3d^{10}4s^24p^6$
	Nb óbium	**42 Mo** 95,94 Molibdén $[Kr]4d^55s^1$	**43 Tc** [98] Technécium $[Kr]4d^55s^2$	**44 Ru** 101,07 Ruténium $[Kr]4d^75s^1$	**45 Rh** 102,905 Ródium $[Kr]4d^85s^1$	**46 Pd** 106,4 Palládium $[Kr]4d^{10}5s^0$
	51 121,76 $5p^3$	**Te** 52 Tellúr 127,60 $[Kr]4d^{10}5s^25p^4$	**I** 53 Jód 126,904 $[Kr]4d^{10}5s^25p^5$	**Xe** 54 Xenon 131,29 $[Kr]4d^{10}5s^25p^6$
	Ta Tantál $6s^2$	**74 W** 183,84 Volfrám $[Xe]4f^{14}5d^46s^2$	**75 Re** 186,207 Rénium $[Xe]4f^{14}5d^56s^2$	**76 Os** 190,2 Ozmium $[Xe]4f^{14}5d^66s^2$	**77 Ir** 192,22 Irídium $[Xe]4f^{14}5d^76s^2$	**78 Pt** 195,09 Platina $[Xe]4f^{14}5d^96s^2$
	83 08,980 s^26p^3	**Po** 84 Polónium [209] $[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^26p^4$	**At** 85 Asztácium [210] $[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^26p^5$	**Rn** 86 Radon [222] $[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^26p^6$
	Db nium $7s^2$	**106 Sg** [266] Seaborgium $[Rn]5f^{14}6d^47s^2$	**107 Bh** [264] Bohrium $[Rn]5f^{14}6d^57s^2$	**108 Hs** [267] Hassium $[Rn]5f^{14}6d^67s^2$	**109 Mt** [268] Meitnerium $[Rn]5f^{14}6d^77s^2$	**110 Ds** [271] Darmstadtium $[Rn]5f^{14}6d^97s^1$
5	EO_3	E_2O_7	EO_4
3	H_2E	HE	

Gd $5d^1$ nium	**65 Tb** 158,925 $4f^95d^0$ Terbium	**66 Dy** 162,50 $4f^{10}$ Diszprózium	**67 Ho** 164,93 $4f^{11}$ Holmium	**68 Er** 167,26 $4f^{12}$ Erbium	**69 Tm** 168,93 $4f^{13}$ Túlium	**70 Yb** 173,04 $4f^{14}$ Itterbium	**71 Lu** 174,97 $5d^1$ Lutécium
Cm $6d^1$ rium	**97 Bk** [247] $5f^8$ Berkélium	**98 Cf** [251] $5f^{10}6d^0$ Kalifornium	**99 Es** [252] $5f^{11}$ Einsteinium	**100 Fm** [257] $5f^{12}$ Fermium	**101 Md** [258] $5f^{13}$ Mendelévium	**102 No** [259] $5f^{14}$ Nobélium	**103 Lr** [262] $6d^1$ Laurencium

lek

Az *f*-elemeknél az elektronképletek csupán változó részei vannak feltüntetve.