A KÉMIAI ELEMEK MENGYELEJEV-FÉLE PERIÓDUSOS RENDSZERE

Periódusok	Sorok	ELEMCSOPORTOK							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	1	**H** 1 1.00797 Hidrogén						(H)	**He** 2 4.0026 Hélium
2	2	**Li** 3 6.94 Lítium	**Be** 4 9.01218 Berillium	**B** 5 10.81 Bór	**C** 6 12.011 Szén	**N** 7 14.0067 Nitrogén	**O** 8 15.999 Oxigén	**F** 9 18.9984 Fluor	**Ne** 10 20.17 Neon
3	3	**Na** 11 22.98977 Nátrium	**Mg** 12 24.305 Magnézium	**Al** 13 26.98154 Alumínium	**Si** 14 28.086 Szilícium	**P** 15 30.974 Foszfor	**S** 16 32.06 Kén	**Cl** 17 35.453 Klór	**Ar** 18 39.94 Argon
4	4	**K** 19 39.098 Kálium	**Ca** 20 40.08 Kalcium	**Sc** 21 44.9559 Szkandium	**Ti** 22 47.90 Titán	**V** 23 50.9415 Vanádium	**Cr** 24 51.996 Króm	**Mn** 25 54.9380 Mangán	**Fe** 26 55.84 Vas	**Co** 27 58.9332 Kobalt	**Ni** 28 58.70 Nikkel
	5	**Cu** 29 63.54 Réz	**Zn** 30 65.38 Cink	**Ga** 31 69.72 Gallium	**Ge** 32 72.50 Germánium	**As** 33 74.9216 Arzén	**Se** 34 78.9 Szelén	**Br** 35 79.904 Bróm	**Kr** 36 83.804 Kripton		
5	6	**Rb** 37 85.467 Rubídium	**Sr** 38 87.62 Stroncium	**Y** 39 88.9059 Ittrium	**Zr** 40 91.22 Cirkónium	**Nb** 41 92.9064 Nióbium	**Mo** 42 95.94 Molibdén	**Tc** 43 98.9062 Technécium	**Ru** 44 101.0 Ruténium	**Rh** 45 102.9055 Ródium	**Pd** 46 106.4 Palládium
	7	**Ag** 47 107.8682 Ezüst	**Cd** 48 112.41 Kadmium	**In** 49 114.82 Indium	**Sn** 50 118.60 Ón	**Sb** 51 121.70 Antimon	**Te** 52 127.6 Tellúr	**I** 53 126.9045 Jód	**Xe** 54 131.29 Xenon		
6	8	**Cs** 55 132.90547 Cézium	**Ba** 56 137.33 Bárium	**La*** 57 138.905 Lantán	**Hf** 72 178.4 Hafnium	**Ta** 73 180.647 Tantál	**W** 74 183.8 Wolfram	**Re** 75 186.207 Rénium	**Os** 76 190.2 Ozmium	**Ir** 77 192.2 Irídium	**Pt** 78 195.08 Platina
	9	**Au** 79 196.9665 Arany	**Hg** 80 200.5 Higany	**Tl** 81 204.383 Tallium	**Pb** 82 207.2 Ólom	**Bi** 83 208.9804 Bizmut	**Po** 84 208.9824 Polónium	**At** 85 209.9871 Asztácium	**Rn** 86 222.0176 Radon		
7	10	**Fr** 87 223.0197 Francium	**Ra** 88 226.0254 Rádium	**Ac**** 89 227.028 Aktínium	**Rf** 104 [261] Rutherfordium	**Db** 105 [262] Dubnium	**Sg** 106 [263] Seaborgium	**Bh** 107 [262] Bohrium	**Hs** 108 [265] Hassium	**Mt** 109 [266] Meitnerium	**Ds** 110 [271] Ununnilium
Legmagasabb oxidok		E_2O	EO	E_2O_3	EO_2	E_2O_5	EO_3	E_2O_7	EO_4		
Illó hidrogénvegyületek					EH_4	EH_3	H_2E	HE			

***LANTANOIDÁK**	**Ce** 58 140.12 Cérium	**Pr** 59 140.9077 Prazeodímium	**Nd** 60 144.2 Neodímium	**Pm** 61 [145] Prométium	**Sm** 62 150.4 Szamárium	**Eu** 63 151.96 Európium	**Gd** 64 157.2 Gadolínium	**Tb** 65 158.925 Terbium	**Dy** 66 162.5 Diszprózium	**Ho** 67 164.93 Holmium	**Er** 68 167.2 Erbium	**Tm** 69 168.9342 Túlium	**Yb** 70 173.0 Itterbium	**Lu** 71 174.967 Lutécium
****AKTINOIDÁK**	**Th** 90 232.0381 Tórium	**Pa** 91 231.0359 Protaktínium	**U** 92 238.02 Urán	**Np** 93 237.0482 Neptúnium	**Pu** 94 244.0642 Plutónium	**Am** 95 243.0614 Amerícium	**Cm** 96 247.0703 Kűrium	**Bk** 97 247.0703 Berkélium	**Cf** 98 251.0796 Kalifornium	**Es** 99 252.0828 Einsteinium	**Fm** 100 257.0951 Fermium	**Md** 101 258.097 Mendelévium	**No** 102 259.1009 Nobélium	**Lr** 103 260.1054 Laurencium

Vegyjel
Rendszám
Fe 26
55.84
Vas
Elemnév
Relatív atomtömeg

O. G. Jarosenko

KÉMIA

Tankönyv az általános oktatási rendszerű tanintézetek 10. osztálya számára
(standard, akadémiai szint)

Ajánlotta Ukrajna Oktatási és Tudományos Minisztériuma

Львів
„Світ"
2010

УДК 373.5:[54+54](075.3)
ББК 24я721
Я77

Перекладено з видання:
Ярошенко О. Г. Хімія : Підручник для 10 кл. загальноосвіт. навч. закл. (рівень стандарту, академічний рівень). – К. : Грамота, 2010.
Рекомендовано Міністерством освіти і науки України (наказ МОН України № 177 від 03.03.2010 р.)
Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Незалежні експерти:
Л. П. Барановська – учитель-методист Тульчинської ЗНЗ I-III ст. інтернату; ***Т. І. Єніна*** – учитель Луганського ліцею іноземних мов; ***Л. І. Гнєд*** – учитель-методист міського методичного кабінету відділу освіти Канівського міськвиконкому Черкаської обл.; ***Ю. В. Бохан*** – завідувач кафедрою хімії, доцент природничо-географічного факультету Кіровоградського державного університету ім. Володимира Винниченка, кандидат хімічних наук; ***В. І. Кизенко*** – завідуючий лабораторією дидактики Інституту педагогіки Національної академії педагогічних наук України, кандидат педагогічних наук

Відповідальні за підготовку підручника до видання:
С. С. Фіцайло – головний спеціаліст МОН України;
О. А. Дубовик – начальник відділу Інституту інноваційних технологій і змісту освіти

Ярошенко О. Г.
Я77 Хімія : підруч. для 10 кл. загальноосвіт. навч. закладів із навчанням угорською мовою : рівень стандарту, академічний рівень / О. Г. Ярошенко // переклад угорською мовою А. А. Варга, Ж. З. Кун – Львів : Світ, 2010. – 224 с. : іл.
ISBN 978-966-603-654-7

УДК 373.5:[54+54](075.3)
ББК 24я721

© Ярошенко О. Г., 2010
© Видавництво «Грамота», макет, 2010
© Варга А. А., Кун Ж. З., переклад, 2010

ISBN 978-966-603-654-7 (угор.)
ISBN 978-966-349-258-2 (укр.)

KEDVES TIZEDIKESEK!

Ebben a tanévben a kémia tanulásának új szakaszához érkeztetek. Mostantól lehetőségetek nyílik arra, hogy a középiskolai osztályokban – a differenciált oktatási módszernek köszönhetően – *standard*, *akadémiai* vagy *profil* szintű kémiatudásra tegyetek szert. Tankönyvünk a kémiaoktatás *első két szintjére* vonatkozó állami követelményeknek felel meg. A paragrafusok mindkét szint esetében közös feladatokat tartalmaznak, míg a tanterv értelmében az akadémiai szintnek megfelelő tananyag **A kémiát akadémiai szinten tanulók számára** című rubrikában található. A tankönyv kényelmesen használható és érthető a kémiaoktatás mindkét szintjén, lehetővé teszi a kémiai ismeretek önálló elsajátítását azon tanulók számára, akik szeretnék elmélyíteni a kémiatudásukat, miközben az osztály nagyobb része standard szinten tanulja a kémiát.

A tankönyv az általános iskolai osztályok kémiatananyagára vonatkozó legfontosabb kérdések rövid ismétlésével kezdődik. Vegyétek komolyan ennek a résznek a tanulását, hiszen a tankönyv két témája – a *Nemfémes elemek és vegyületeik*, valamint a *Fémes elemek és vegyületeik* – is ezekre épül. A paragrafusok szövege a könnyebb eligazodás végett egész tudásanyagot magában foglaló, külön címmel rendelkező részekre tagolódik. Az alapfogalmak és szakkifejezések, valamint az algoritmusos megjegyzések kék téglalappal vannak jelölve. Ennek köszönhetően könnyen megkereshetitek a paragrafusokon belül a szükséges fogalmakat és kifejezéseket, valamint ezek magyarázatát anélkül, hogy ez zavart okozna az új tananyag megértését illetően.

A könyv új anyagában a kémiai ismeretek felidézését szolgáló feladatok találhatók. Ezek rendeltetése az, hogy aktív önálló munkára serkentsen benneteket az új tananyag tanulása során. A feladatok egyik részét – a tanár irányítása mellett – az órán, a másikat otthon oldjátok meg, önállóan.

Az általános iskolában meggyőződhettetek arról, milyen fontos szerepe van a kémiai kísérleteknek mint módszernek az ismeretek megszerzésében. Ezért a paragrafusok szövegében illusztrációk kíséretében le vannak írva azok a kísérletek, amelyeket a tanár mutat be az órán. A **Vizsgáljuk meg az anyagokat és tulajdonságaikat!** című rubrikában pedig azok a laboratóriumi kísérletek, rövid vizsgálatok találhatók, amelyeket az órákon végeztek a kémiai ismereteitek rögzítése és gyakorlati alkalmazásuk elsajátítása céljából. Ezek a kísérletek segítenek a kémiai jelenségek megértésében, a tananyag hatékonyabb elsajátításában.

A paragrafusokat az **Önellenőrző kérdések és feladatok** rubrika zárja. A tartalma alapján elképzelést alkothattok arról, milyen kérdéseket és feladatokat adhat fel nektek a tanár a tanulás különböző szakaszaiban. A fele-

lésre történő jobb felkészülés érdekében ne csak a rubrika feladatait oldjátok meg, hanem gyakorlásképpen a kémiai példatárakban és munkafüzetekben található hasonló feladatokat is. A bonyolultabb kreatív feladatok csillaggal (*) vannak jelölve. Ne menjetek el ezek mellett, igyekezzetek megoldani és megérteni őket. Ezzel bizonyíthatjátok a kémia iránti érdeklődéseteket, és komoly sikereket érhettek el a tanulásban. A kreatív feladatokkal való megbirkózás kollektív erőfeszítést igényel, s ennek köszönhetően az új ismeretek megszerzése mellett megtanultok együttműködni a társaitokkal, közösen kitűzni feladatokat és megoldani konkrét problémákat.

Ne feledjétek, hogy csak interdiszciplináris alapokon alakulhat ki a természettudományos világképetek. Ezért minden eszközt ragadjatok meg annak érdekében, hogy megismerjétek a kémiának a többi tantárgyhoz fűződő kapcsolatait. Ebben segítségetekre lesz a könyv paragrafusainak és kreatív feladatainak a tartalma.

A könyvben sok illusztráció – ábra, táblázat, vázlat – segíti a tananyag jobb elsajátítását, a paragrafusok szövegeivel való önálló munkát.

Minden téma után az **Összegezzük a tanultakat!** ! rubrika található. Ebben több oldalon át vannak kiemelve az órákon tanult jelentős anyag- és jelenségcsoportokra vonatkozó közös lényegi elemek. Figyelmesen tanulmányozzátok a rubrika tananyagát, és illusztráljátok saját példáitokkal az általános megállapításait.

A téma tanulását a **Készüljünk a tematikus tudásfelmérésre!** rubrika zárja. Ebben különböző tartalmú és nehézségi fokú tesztfeladatok és megadott felelettel kísért feladatok találhatók. Ezek elősegítik a tematikus tudásfelmérésre való felkészülést, és segítenek azoknak is a felkészülésben, akik emelt szintű érettségi vizsgát szeretnének tenni a külső független tudásszintfelmérés keretében.

Az önálló tevékenységeteket eredményesebbé tehetitek, ha felhasználjátok a **Szakkifejezések szótára, Tárgymutató, Kiegészítő olvasmányok és internetes szakforrások kémiából** rubrikák anyagát.

Azt kívánom, hogy mind jobban érdekeljen benneteket a kémia, és járjatok sikerrel a tananyag elsajátításában, a kémiához kapcsolódó készségeitek, kísérletező tudásotok fejlesztésében.

Legyen sikeres a tanévetek!

A szerző

AZ ÁLTALÁNOS ISKOLA KÉMIATANANYAGÁNAK ISMÉTLÉSE





1. §. A szervetlen vegyületek legfontosabb csoportjainak általános jellemzése

Az általános iskolában megismerkedtetek a szervetlen vegyületek olyan csoportjaival (osztályaival), mint az oxidok, savak, bázisok, sók.

Idézzétek fel ezek meghatározását, különítsétek el csoportok szerint a következő képleteket, és nevezzétek meg a megfelelő anyagokat: $NaOH$, $CuSO_4$, CaO, HCl, HNO_3, SO_2, $Mg_3(PO_4)_2$, $Fe(OH)_2$!

A szervetlen vegyületek között az említett csoportokba tartozó anyagok dominálnak. Igaz, rajtuk kívül ismeritek az amfoter (kettős tulajdonságú) hidroxidokat (alumínium-hidroxidot, cink-hidroxidot stb.), peroxidokat (hidrogén-peroxidot stb.) is.

A képleteik szerint ugyanabba a csoportba sorolt anyagoknak hasonló az összetételük, de különböznek a fizikai és kémiai tulajdonságaik. Ez teszi lehetővé a klasszifikációjukat, vagyis az egyes csoportokba való besorolásukat. *Halmazállapotuk* (fizikai jellemzőik) alapján az oxidokat szilárdakra (például foszfor(V)oxid), cseppfolyósakra (például víz) és gázneműekre (például szén(IV)oxid) osztják.

Mondjatok saját példákat olyan oxidokra, amelyek közönséges körülmények között különböző halmazállapotban fordulnak elő!

A *vízben való oldódási képességüket* tekintve a savakat, bázisokat és sókat oldódókra, kevéssé oldódókra és oldhatatlanokra osztjuk. Például a kénsav jól oldódik, a kovasav oldhatatlan, a réz(II)hidroxid oldhatatlan bázis, a kalcium-hidroxid kevéssé oldódó bázis, a nátrium-klorid oldódó só, a bárium-szulfát nem oldódó só, a kalcium-szulfát kevéssé oldódó só. Emlékezzetek rá, hogy nem léteznek abszolút oldhatatlan anyagok.

Az oldódó bázisok szappanos tapintású anyagok, ezeket ***lúgoknak*** nevezik. Ilyen a lítium-hidroxid, a kálium-hidroxid, a kalcium-hidroxid, a bárium-hidroxid és néhány más anyag. Belőlük kevesebb van, mint oldhatatlan bázisokból.

A szervetlen vegyületek számos szempont szerinti osztályozásán belül legelterjedtebb a ***kémiai tulajdonságokon*** alapuló besorolás.

Oxidok. Tudjátok, hogy az oxidok a kémiai elem oxigénnel alkotott bináris vegyületei, amelyekben –2 az oxigén oxidációs foka. Az oxidok lehetnek ***sóképzők*** és ***nem sóképzők***. A sóképző oxidokat kémiai tulajdonságaik alapján ***bázisosakra***, ***savasakra*** és ***amfoterekre*** osztják.

A ***bázisos oxidok*** só és víz képződésével lépnek kölcsönhatásba a savakkal.

Hozzájuk csak a +1, +2, ritkábban a +3 oxidációs fokkal rendelkező fémes elemek oxidjait sorolják.

A bázisos oxidoknak megfelelő ***hidroxidok*** a ***bázisok***. Például:

Na_2O – NaOH, CuO – $Cu(OH)_2$,

Cu_2O – CuOH, FeO – $Fe(OH)_2$

Határozzátok meg a képletekben lévő fémes elemek atomjainak oxidációs fokát! Milyen összefüggés figyelhető meg az oxidban és bázisban mutatott oxidációs fokuk között?

A ***savas oxidok*** só és víz képződésével lépnek kölcsönhatásba a lúgokkal.

Hozzájuk sorolják a nemfémes elemek valamennyi sóképző oxidját és egyes fémes elemek magas oxidációs fokú (+5, +6, +7) oxidjait.

A savas oxidoknak megfelelő ***hidroxidok*** a ***savak***. Például:

SiO_2 – H_2SiO_3, P_2O_5 – H_3PO_4, Mn_2O_7 – $HMnO_4$

A savas oxidok és a nekik megfelelő hidroxidok (oxigéntartalmú vagy oxisavak) esetében szintén érvényesül a bázisokra vonatkozó következő törvényszerűség: a savas oxidok és a nekik megfelelő savak savképző elemeinek atomjai egyforma oxidációs fokkal rendelkeznek.

Írjátok le a kén(IV)oxid és a kén(VI)oxid, valamint a nekik megfelelő oxid-hidrátok képleteit!

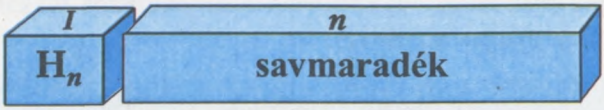
Az ***amfoter oxidok*** a savakkal és lúgokkal való kölcsönhatásukkor sót és vizet képeznek.

Hozzájuk a fémes elemek csekély számú oxidja tartozik: BeO, Al_2O_3, ZnO, PbO, Cr_2O_3 és néhány más.

Az amfoter oxidoknak megfelelő ***hidroxidok*** az ***amfoter hidroxidok***. Például:

BeO – $Be(OH)_2$, Al_2O_3 – $Al(OH)_3$

Savak. A savak összetett vegyületek, általános képletük a következő térbeli alakzattal illusztrálható:



A **savak** olyan elektrolitok, amelyek vizes oldatban hidrogén-kationra és savmaradék-anionra disszociálnak. Például:

$$HCl \rightleftarrows H^+ + Cl^-$$

$$H_2SO_4 \rightleftarrows 2H^+ + SO_4^{2-}$$

A savoldatokban hidrogén-kationok vannak jelen, amelyek meghatározzák a savak általános tulajdonságait. Így a savak kölcsönhatásba lépnek: ***1) indikátorokkal***; ***2) fémekkel*** (amelyek a hidrogén előtt állnak az aktivitási sorban); ***3) bázisos*** és ***amfoter oxidokkal***; ***4) bázisos*** és ***amfoter hidroxidokkal***; ***5) más savak sóival***, ha a reakciótermékek egyike csapadékot képez vagy gáz halmazállapotba kerül.

Mondjatok példákat a savak vázolt tulajdonságait illusztráló reakcióegyenletekre!

A hidrogén-kationok a savak általános, a savmaradékok pedig a specifikus tulajdonságaikat határozzák meg.

Bázisok. A bázisok összetett anyagok, amelyek típusképletét a következő térbeli alakzat illusztrálja:



A **bázisok** olyan elektrolitok, amelyek fémkationok és hidroxidanionok képződésével disszociálnak. Például:

$$KOH = K^+ + OH^-$$

Mint tudjátok, a ***lúgok*** erős elektrolitok. A hidroxidionok jelenléte a lúgok következő sajátosságait határozza meg: ***1) indikátorokra kifejtett hatás***; ***2) kölcsönhatás savas*** és ***amfoter oxidokkal***; ***3) kölcsönhatás savakkal (semlegesítési reakció)***; ***4) kölcsönhatás amfoter hidroxidokkal***;

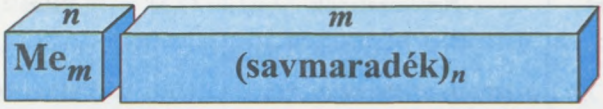
*5) **kölcsönhatás sókkal**,* ha a reakciótermékek egyike csapadékot képez vagy gáz halmazállapotba kerül.

Mondjatok példákat a lúgok vázolt tulajdonságait illusztráló reakcióegyenletekre!

Az oldhatatlan bázisok kölcsönhatnak: *1) **savas** és **amfoter oxidokkal*** (szilárd halmazállapotban történő olvasztáskor); *2) **savakkal*** és *3) **felbomlanak hevítéskor.***

Mondjatok példákat az oldhatatlan bázisok vázolt tulajdonságait illusztráló reakcióegyenletekre!

Sók. A sók összetett anyagok, általános képletüket a következő térbeli alakzat illusztrálja:



A **sók** olyan elektrolitok, amelyek fémkationok és hidroxidanionok képződésével disszociálnak.

Például:

$$K_2CO_3 = 2K^+ + CO_3^{2-}$$

Mint látjuk, a sók összetételében, akár a bázisokéban is, fémes elemek kationjai találhatók. A sók másik alkotórésze – a savmaradék-anionok – a megfelelő savak molekuláira is jellemző. Az ionok efféle együttese teszi változatossá a sók kémiai tulajdonságait. A sók kölcsönhatásba léphetnek: *1) **olyan fémekkel, amelyek aktívabbak, mint az a fém, amelynek az ionjai az adott só összetételében találhatók*** (oldatban); *2) **lúgokkal*** (oldatban, csapadékképződés esetén); *3) **más sóval*** (oldatban, csapadékképződés esetén); *4) **olyan savakkal, amelyek erősebb elektrolitok, mint az a sav, amelynek a sójával történik a kölcsönhatás*** (csapadékképződés vagy gázfejlődés esetén); *5) **egyes savak sóinak a bomlása hevítéskor*** (például karbonátok, nitrátok).

Írjatok fel a sók vázolt tulajdonságait illusztráló reakcióegyenleteket!

A szervetlen vegyületek nevezéktana. A kémiai képletek és reakcióegyenletek helyes írása mellett nem kevésbé fontos az anyagok helyes megnevezése. Már ismeritek a korszerű ukrán és magyar nevezéktant (nómenklatúrát), amelynek felidézésében az 1. táblázat lesz segítségetek-

re. Az ismétlés során emlékezzetek arra, hogy az oxidokra, bázisokra és sókra közös nevezéktani szabály vonatkozik.

Minden elnevezés két szóból áll. Annak az elemnek a nevét, amelynek az atomjai képezik az anyag első alkotórészét, kisbetűvel írjuk, változó vegyértéke esetén az elemnév után – szóköz nélkül – zárójelben római számmal tüntetjük fel a vegyértékét.

1. táblázat

A különböző osztályokba tartozó szervetlen vegyületek nevezéktana

Csoport	Névösszetevők	Példák
Oxidok	a kémiai elem neve + oxid	CaO – kalcium-oxid NO_2 – nitrogén(IV)oxid
Bázisok	a fémes elem neve + hidroxid	$Ca(OH)_2$ – kalcium-hidroxid $Cu(OH)_2$ – réz(II)hidroxid
Savak	az ion neve + sav	HCl – klórsav (sósav) HNO_3 – salétromsav
Sók	a fémes elem neve + a savmaradék neve	$CaCl_2$ – kalcium-klorid $Cu(NO_3)_2$ – réz(II)nitrát

A szervetlen anyagok oldatban végbemenő kémiai reakcióinak sajátosságai. A szervetlen anyagok közötti reakciók jelentős része oldatban zajlik.

Bármelyik csoportba tartozzon is a szervetlen anyag, vizes oldatban a kémiai tulajdonságait azok az ionok határozzák meg, amelyeknek a képződésével disszociál.

Vizsgáljuk meg ennek az állításnak az igazságtartalmát konkrét példákon, és ismételjük meg, hogyan kell leírni teljes és egyszerűsített változatban az ionos reakcióegyenleteket.

1. példa. Semlegesítési reakció (bázis és sav kölcsönhatása):

$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$

$Na^+ + OH^- + H^+ + Cl^- = Na^+ + Cl^- + H_2O$

$H^+ + OH^- = H_2O$

2. példa. Bázis, sav, valamint só és só közötti ioncserés reakciók:

$2NaOH + CuCl_2 = 2NaCl + Cu(OH)_2\downarrow$

$2Na^+ + 2OH^- + Cu^{2+} + 2Cl^- = 2Na^+ + 2Cl^- + Cu(OH)_2\downarrow$

$Cu^{2+} + 2OH^- = Cu(OH)_2\downarrow$

$2HCl + Na_2CO_3 = 2NaCl + H_2O + CO_2\uparrow$

$2H^+ + 2Cl^- + 2Na^+ + CO_3^{2-} = 2Na^+ + 2Cl^- + H_2O + CO_2\uparrow$

$2H^+ + CO_3^{2-} = H_2O + CO_2\uparrow$

$ZnCl_2 + Na_2CO_3 = ZnCO_3\downarrow + 2NaCl$

$Zn^{2+} + 2Cl^- + 2Na^+ + CO_3^{2-} = ZnCO_3\downarrow + 2Na^+ + 2Cl^-$

$Zn^{2+} + CO_3^{2-} = ZnCO_3\downarrow$



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. A vegyületek mely csoportjába tartoznak a következő képletekkel jelölt anyagok:

NiO, As_2O_3, Cu_2O, PbO, CO, Mn_2O_7, V_2O_5?

Osztályozzátok az anyagokat a csoporton belül, és nevezzétek meg a vegyületeket!

2. Mely csoportba tartozó anyagok képletei dominálnak a felsorolásban:

CO_2, $HMnO_4$, $ZnCO_3$, BaO, $Mn(OH)_2$, $Fe(OH)_3$,
HNO_3, K_3PO_4, P_2O_5, KCl, $MgSO_4$?

Nevezzétek meg az anyagokat a ma használatos nevezéktan szabályai szerint!

3. Írjátok fel az alábbi átalakulási sémának megfelelő reakcióegyenleteket:

alumínium → alumínium-oxid → alumínium-nitrát → alumínium-hidroxid → alumínium-oxid!

4. Adottak a következő anyagok: lítium-oxid, vas, salétromsav, réz(II) hidroxid, vas(II)oxid, kalcium-hidroxid, kénsav, bárium-klorid, cink-szulfát, szén(IV)oxid, magnézium. Közülük melyek lépnek kölcsönhatásba a sósavval, és melyek a nátrium-hidroxiddal?

Feleleteteket támasszátok alá reakcióegyenletekkel! Írjátok fel az oxidáló-redukáló reakciók elektronmérlegét, az ioncserélő reakciók esetében a reakciók molekula-, teljes és egyszerűsített egyenleteit!

5*. Írjátok fel minél több olyan reakció egyenletét, amelyek terméke magnézium-klorid!

6*. Szerkesszetek vázlatot *A szerves vegyületek fő csoportjai* címmel, tekintettel a fő csoportok alcsoportokra történő osztására!



2. §. A periódusos törvény és az atom szerkezete. A kémiai kötés fajtái

A periódusos rendszer D. I. Mengyelejev megfogalmazásában. A periódusos törvény, amelyet Dmitrij Ivanovics Mengyelejev 1869-ben fedezett fel, a legfontosabb természeti alaptörvények egyikévé vált. Elődeitől eltérően az orosz tudós – egyébként Ukrajnában kezdte a munkásságát – a kémiai elemeket azon tulajdonságaik alapján osztályozta, amelyek mindegyik elemre kivétel nélkül jellemző, és nem változnak a kémiai jelenségek során. Ez a sajátosság a kémiai elemek atomsúlya (Mengyelejev életében így nevezték az atom tömegét) lett. A tudós ennek köszönhetően tudta megfogalmazni a periódusos törvényt.

Az egyszerű anyagok és a kémiai elemek vegyületeinek tulajdonságai periódusosan függnek atomsúlyuk értékétől.

Más természeti alaptörvényekhez viszonyítva a periódusos törvénynek nincs mennyiségi kifejeződése, azaz képlete vagy egyenlete. Ugyanakkor ez a törvény az egyetlen a többi között, amely grafikusan ábrázolható mint a kémiai elemek periódusos rendszere.

A **kémiai elemek Mengyelejev-féle periódusos rendszerének** nevezzük a kémiai elemek rendezett halmazát és rendszerezését. A periódusos rendszer rövid változatában világosan látható, hogy a kémiai elemek nyolc függőleges oszlopban – ***csoportban*** – helyezkednek el. A csoportok, amelyek meg vannak számozva, *fő-* és *alcsoportra* oszlanak. Emellett a kémiai elemek hét vízszintes sorba – ***periódusba*** – vannak rendezve, és közülük az első hármat *kis (rövid)*, a többit *nagy (hosszú) periódusnak* nevezzük.

A **csoport** – a hasonló tulajdonságú vegyületeket képező kémiai elemek függőleges oszlopa.

Nevezzétek meg az V. csoport fő- és alcsoportjának elemeit! Miben nyilvánul meg az ebbe a csoportba tartozó elemek által alkotott vegyületek tulajdonságainak hasonlósága?

A **periódus** – az atomtömegeik növekedésének sorrendjében egymás után elhelyezkedő kémiai elemek vízszintes sora, amely alkálifém elemmel kezdődik és nemesgázzal zárul.

Hasonlítsátok össze a periódusos rendszer első, harmadik és negyedik periódusát, és vonjatok le következtetéseket arra vonatkozóan, hogy miért sorolják a kis periódusokhoz eltérő elemszámuk ellenére az első és a harmadik periódust, és miért tekintik a negyediket nagy periódusnak!

Melyik periódus kezdődik nem alkálifémmel, és melyik zárul nem nemesgázzal?

A kémiai elemek tulajdonságainak, vegyületeik alakjának és tulajdonságainak periódusos változását bizonyítja, hogy minden csoportban hasonló tulajdonságokkal és egyforma alakú oxidokkal, hidroxidokkal, illó hidrogénvegyületekkel rendelkező elemek találhatók. Nem véletlen, hogy a periódusos rendszer alsó részében minden csoport esetében gyakran általános képletekkel jelölik a *nemfémes elemek magas oxidjait* és *illó hidrogénvegyületeit.*

A periódusos rendszerben minden kémiai elemnek egyértelműen meghatározott helye (kivéve a hidrogént, amelyet mind az első, mind a hetedik csoportban elhelyeznek) és *rendszáma* van.

Az atomok magból és elektronburokból állnak. Az atommagokban protonok és neutronok találhatók.

A periódusos rendszert használva mutassatok rá, hány proton, neutron és elektron található a 30. és 31. rendszámú kémiai elemek atomjaiban!

Az atom bonyolult szerkezetének felfedezése a XX. század elején ékesen bizonyította a periódusos törvényt megalkotó Mengyelejev zsenialitását. Kiderült, hogy a kémiai elemek kivétel nélkül atommagjaik töltésének növekedési sorrendjében helyezkednek el a periódusos rendszerben. Az elemek és vegyületeik tulajdonságainak egy csoporton és perióduson belüli periódusos változása a kémiai elemek atomszerkezetének tulajdonságaitól függ. Ez lehetővé tette a periódusos rendszer *korszerű megfogalmazását.*

A kémiai elemek és az általuk alkotott vegyületek tulajdonságai periódusosan függnek atommagjaik töltésének értékétől.

A periódusos rendszer fizikai lényegének feltárása jelentős mértékben bővítette *információs funkcióját.* Ismeretes, hogy:

- a kémiai elem rendszáma mutatja magtöltésének nagyságát, atommagjának protonszáma pedig az atom elektronburkában lévő elektronok számára utal;
- az atommagban lévő neutronok száma a kémiai elem relatív atomtömegének és rendszámának a különbségével egyenlő;
- a periódus sorszáma megegyezik az atom elektronburkában lévő energiaszintek (elektronhéjak) számával;
- az egy csoportba tartozó kémiai elemek esetében egyforma a külső energiaszint elektronképlete;
- a főcsoport elemei külső energiaszintjének elektronszáma megegyezik a csoport sorszámával;
- a kémiai elem legmagasabb vegyértéke az oxidokban megegyezik a csoport sorszámával (de vannak kivételek);
- az V–VII. csoportok nemfémes elemeinek atomjaiban lévő párosítatlan elektronok száma kivonási művelettel határozható meg: 8 – csoportsorszám.

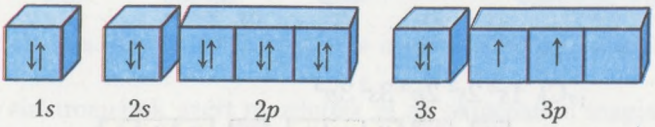
Az atomok elektronképlete. Az atomban nem létezik két egyforma elektron. Ezen az állításon alapul az atomok elektronképleteinek leírása, amelyekben tükröződik az *atomi elektronpályák alaki* különbözősége (az atommag körüli tér mértani ábrázolása, ahol 90–95%-os az elektron előfordulási valószínűsége), fel van tüntetve az energiaszintek és alszintek szerinti elektronszám.

Az **atomi elektronképlet** – az elektronok atomon belüli megoszlásának jelölése, amelyben számok (1, 2 ...) jelölik az energiaszinteket, betűk (*s*, *p*, *d*, *f*) mutatják az alszinteket, és felső index utal az alszintek elektronszámára. Például: $_{14}Si\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^2$.

Az **elektronképlet grafikus ábrázolása** a négyzettel jelölt energiacellák számát és elektronokkal való feltöltöttségüket jelző adatokkal egészíti ki az atom elektronburkának szerkezetével kapcsolatos információt. A cella két párosított elektronját két ellenkező irányba mutató nyíllal ⇵, a párosítatlan elektront egy nyíllal ↑ jelöljük.

A **grafikus elektronképlet** az atom elektronburkának elektroneloszlását tükrözi energiacellák és nyilak segítségével.

Az 1. ábrán a grafikus elektronképlet példája látható, amelyen az energiacellák a térben vannak ábrázolva.



1. ábra. *A szilíciumatom elektronképletének térbeli grafikus ábrázolása*

Írjátok le a 2. és 13. rendszámú kémiai elem elektronképletét és ábrázoljátok grafikusan! Melyik elem atomjában nincs párosított elektron?

A kémiai kötés fajtái. A kémiai kötés alapelméletét az a tétel képezi, amely szerint a kémiai kötések képződése az atomok külső energiaszintjének telítődésével jár.

A külső energiaszint akkor tekinthető ***telítettnek*** (***befejezettnek***), ha 8 elektront (a hidrogén és a hélium esetében 2 elektront) tartalmaz. Kémiai kötések képződésekor az atommagok nem változnak; változások csak az elektronburokban történnek.

Kémiai kötésnek nevezzük az atomok közötti, molekulák és kristályok képződésével járó kölcsönhatást.

Már tanultatok a *kovalens, ionos* és *hidrogénkötésekről.*

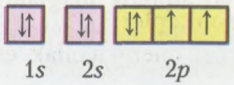
Idézzétek fel az 1., 8., 11., 17. rendszámú kémiai elemek vegyületeinek példáján a kovalens és ionos kötés képződését!

Először írjátok le az említett elemek elektronképleteit és ábrázoljátok őket grafikusan:

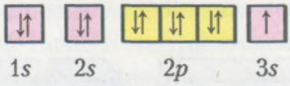
$_1H$ $1s^1$



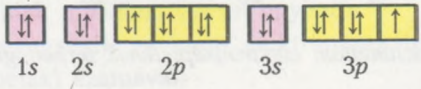
$_8O$ $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$



$_{11}Na$ $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$

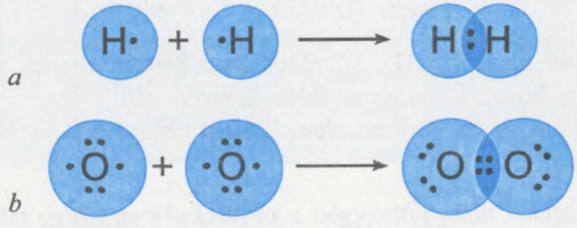


$_{17}Cl$ $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$



Már tudjátok, hogy léteznek a hidrogén H_2 és az oxigén O_2 egyszerű anyagok kétatomos molekulái, tanultatok a víz H_2O molekulájáról és a nátrium-klorid NaCl nem molekuláris szerkezetéről. Idézzétek fel, hogy ezekben az anyagokban milyen módon *telítődik* a hidrogén-, oxigén-, klór- és nátriumatom külső energiaszintje!

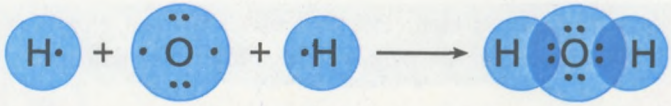
A hidrogénatom 1 elektronja a fele a (kételektronos) külső energiaszintjének telítettségéhez szükséges elektronszámnak. Az oxigénatom külső energiaszintjén 6 elektron található, vagyis közel van a 8 elektronos telítettségi állapothoz. Azon elemek atomjai számára, amelyek a külső energiaszintjük telítettségéhez szükséges elektronszám felével vagy annál több elektronnal rendelkeznek, energetikai szempontból előnyösebb, ha nem adják le elektronjaikat, hanem elektronokat vonzanak magukhoz, vagy közös elektronpárokat alkotnak. A vízmolekulában például a két hidrogénatom külső energiaszintjének telítettségét egy közös elektronpár, az oxigénatom két közös elektronpár kialakításával éri el (2. ábra).



2. ábra. *A kémiai elem atomjai közötti kémiai kötés létrejöttének vázlata: hidrogén (a); oxigén (b)*

Mindkét molekula közös elektronjai egyforma távolságra találhatók a kémiai kötésben részt vevő atomok magjaitól.

A vízmolekulában az atomokat szintén közös elektronpárok kötik össze (3. ábra), de ezek közelebb vannak az oxigénatom magjához.



3. ábra. *Kémiai kötés képződése a vízmolekulában vázlatosan*

Az elektronpárok azért mozdultak el az oxigénatom magja felé, mert az oxigén ***elektronegativitása*** nagyobb, mint a hidrogéné. Az elektronegativitás olyan egyezményes mértékegység, amely valamely atom vegyületen belüli elektronvonzási képességét jellemzi.

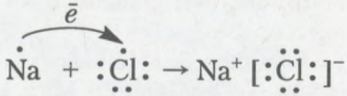
A nemfémes elemek elektronegativitása nagyobb, mint a fémes elemeké, ezért a nemfémes elemek atomjai között a kémiai kötés közös elektronpárok kialakulásával jön létre, nem pedig elektronleadás vagy elektronfelvétel révén.

A közös elektronpárok által alkotott kémiai kötést ***kovalens kötésnek*** nevezzük. Ha a közös elektronpárok mindkét atom magjától egyenlő távolságra találhatók, akkor *apoláris* kovalens kötésről, míg a nagyobb elektronegativitású atom felé történő elmozdulása esetén *poláris* kovalens kötésről beszélünk.

Írjátok le a neon elektronképletét! Próbáljátok meg jellemezni e kémiai elem atomjainak kémiai aktivitását!

Magyarázzátok meg, milyen típusú kovalens kötés jön létre a következő kémiai elemek atomjai között: a) a hidrogén és a bróm között a hidrogén-bromidban HBr; b) a brómatomok között a brómmolekulában Br_2!

A nátrium-kloridnak – a hidrogéntől, oxigéntől és víztől eltérően – molekuláris a szerkezete. Ennek megfelelően a kémiai kötés is másként jön létre benne. A nátriumatom leadja külső energiaszintjének egyetlen elektronját és (utolsó előtti energiaszintjének köszönhetően) telített külső energiaszintű kationná alakul. A klórnak így energetikai szempontból előnyösebb, ha felveszi ezt az elektront külső energiaszintjére, így telítve azt. Eközben a nátrium és a klór semleges atomjai töltéssel rendelkező részecskékké – ionokká – alakulnak:



Az ellentétes töltésű ionok kölcsönös vonzása következtében az anyagokban létrejövő kötést ***ionos kötésnek*** nevezzük.

Valamennyi fémes elem elektromosan semleges atomjaira az elektronleadás és nem az elektronfelvétel jellemző.

Vonjatok le következtetéseket arra vonatkozóan, hogy létezhetnek-e anionjai a hidrogénnek és a fémes elemeknek!



A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

A 9. osztályban megismerkedtetek a hidrogénkötéssel, amely pótlólagosan alakul ki a molekulák (bizonyos esetekben egyes molekularészek) között egy molekula hidrogénatomjainak a másik molekula oxigénatomjaihoz való elektrosztatikus vonzódása következtében. Például hidrogénkötés van a víz és a szesz molekulái között. Ennek köszönhetően ezek az anyagok közönséges körülmények között cseppfolyós halmazállapotúak. A legbonyolultabb molekulaszerkezetű vegyületekben, mint a fehérjékben, hidrogénkötés kialakulhat egyazon molekula különböző részei között.

Idézzétek fel, mit tanultatok az előző tanévben a fehérjék spirál alakú, hidrogénkötések által fenntartott másodlagos szerkezetéről!

Azonban a hidrogénkötés sokkal gyengébb, mint a kovalens, ezért egyszerű hevítés hatására is könnyen felbomlik. Mint tudjátok, a víz +100 °C-on és légköri nyomáson gőzzé alakul, azaz gáznemű halmazállapotot vesz fel.



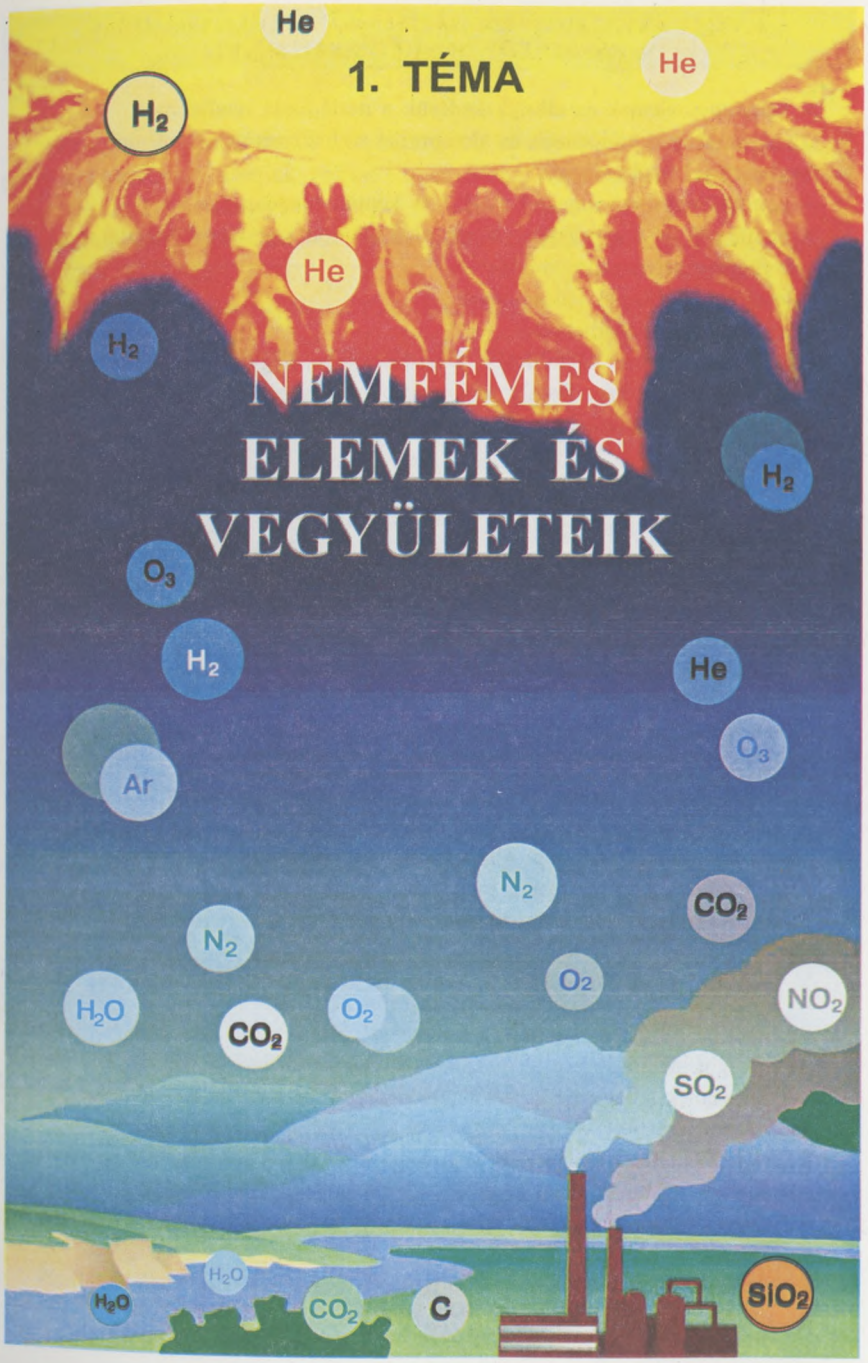
Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Osztályozzátok a periódusos rendszer 5., 8., 13., 18., 25., 35. rendszámú kémiai elemeit a következő ismérvek alapján: a) ugyanabba a periódusba tartozó elemek; b) ugyanabba a csoportba tartozó elemek; c) ugyanabba az alcsoportba tartozó elemek!

2. Írjátok le a nitrogén és a foszfor kémiai elemek atomjainak elektronképleteit és ábrázoljátok őket grafikusan! Mi a közös atomjaik elektronburkainak a szerkezetében?

3. Írjátok le a magnézium és a kén kémiai elemek atomjainak elektronképletét és grafikus elektronképletét! Mi a közös atomjaik elektronburok-szerkezetében?

4. Magyarázzátok meg a kémiai kötések képződését a fluor F_2, a hidrogén-fluorid HF és a lítium-fluorid LiF anyagok példáján!


He
1. TÉMA
He
H2
He
H2
NEMFÉMES
ELEMEK ÉS
VEGYÜLETEIK
H2
O3
H2
He
Ar
O3
N2
CO2
N2
O2
NO2
H2O
CO2
O2
SO2
H2O
H2O
CO2
C
SiO2

A TÉMA ANYAGÁNAK ELSAJÁTÍTÁSÁVAL KÉMIATUDÁSOTOK A KÖVETKEZŐ ISMERETEKKEL BŐVÜL:

A nemfémes elemek és elhelyezkedésük a periódusos rendszerben.
Az ugyanabba a periódusba és alcsoportba tartozó nemfémes elemek atomszerkezetének sajátosságai.
A nemfém egyszerű anyagok fizikai és kémiai tulajdonságai.
A nemfémek és a nemfémes elemek által alkotott vegyületek tulajdonságainak függése atomszerkezetüktől.
Allotrópia és allotróp módosulások.
Adszorpció és adszorbensek.
A nemfémes elemek előfordulása a természetben, vegyületeik alkalmazása.
A szén, nitrogén, kén, foszfor legfontosabb oxidjai, hidroxidjai és sói.
Nemfémes elemek illó hidrogénvegyületei.
Műtrágyák (ásványi trágyák).
Építőanyagok.
A minőségi (kvalitatív) elemzés (analízis) reakciói.
Savas esők.
Melegházhatás.
A nitrátok és a széngáz hatása az emberi és állati szervezetre.

A TANULÁSI KÉSZSÉGEITEK FEJLESZTÉSÉT SZOLGÁLJA:

A nemfémes elemek vegyületképleteinek összeállítása, a nemfémekre és a nemfémes elemek vegyületeinek fő tulajdonságaira jellemző reakcióegyenletek felállítása.
A nemfémes elemek felhasználásának indokolása sajátosságaik alapján, a nemfémes elemek gazdasági alkalmazásának jelentősége.
Kísérleti és elméleti feladatok megoldása.
A tanár demonstrációs kísérleteinek megfigyelése.

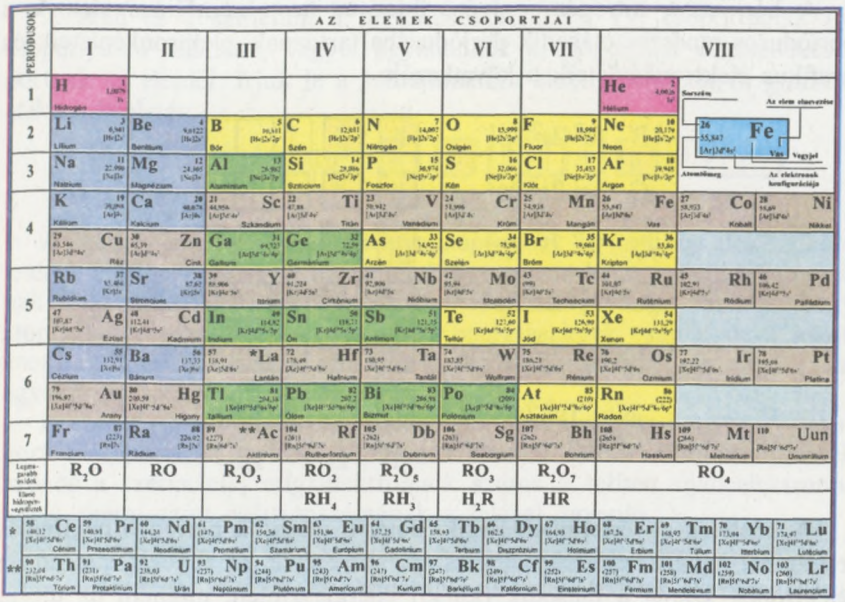
A TANTÁRGYI KÉSZSÉGEITEK FEJLESZTÉSÉT SZOLGÁLJA A TÉMA TANULÁSA SORÁN:

Az anyagok megnevezése a korszerű nevezéktan szabályai szerint.
Kémiai elemek jellemzése a periódusos rendszerben elfoglalt helyük és atomszerkezetük szerint.
Kísérleti feladatok tervezése és végrehajtása.
Számítások végzése kémiai képletek és reakcióegyenletek alapján.
Az anyagok kimutatásával és azonosításával kapcsolatos kísérleti feladatok megoldása.
A nemfémes elemek és vegyületeik biológiai szerepére vonatkozó következtetések megfogalmazása.



3. §. Nemfémes elemek, helyzetük a periódusos rendszerben, általános jellemzésük

Mengyelejev periódusos rendszerének részlete alapján ismerkedjetek meg a nemfémes elemek rózsaszín és sárga alapon lévő elnevezéseivel és jelölésével (4. ábra)!



4. ábra. *A nemfémes elemek elhelyezkedése a kémiai elemek periódusos rendszerében*

A 4. ábra alapján határozzátok meg:

1. Jellemző-e a nemfémes elemekre, hogy a periódusok elején helyezkednek el? Milyen kivétel létezik?

2. Jellemző-e a nemfémes elemekre, hogy a periódusok végén helyezkednek el? Milyen kivétel létezik?

3. A főcsoportokban vagy az alcsoportokban helyezkednek-e el a nemfémes elemek?

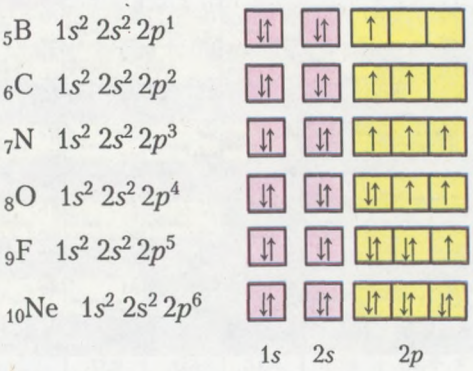
4. Előfordul-e a nemfémes elemek között legalább egy, amelyik alcsoportban található?

A vizsgálódásotok után fogalmazzatok meg általános következtetést a nemfémes elemek helyéről a főcsoportokban, alcsoportokban, periódusokban és sorokban!

A nemfémes kémiai elemek atomszerkezetének sajátosságai. Miután már megismételtétek az atom szerkezetéről szóló tananyagot, elvégeztétek a 2. § 2. és 3. feladatát, konkrét példákon megvizsgáljuk, mi a közös és mi az eltérő az ugyanabba a periódusba és mellékcsoportba tartozó nemfémes elemek atomi elektronburkainak szerkezetében.

1. példa. Egyazon periódus nemfémes elemei.

A bór, szén, nitrogén, oxigén, fluor és neon nemfémes elemek a periódusos rendszer második periódusába tartoznak, elektronképleteik és grafikus elektronképleteik a következők:



A képletek egyértelműen jelzik, hogy a második periódus nemfémes elemeinél azonos az első energiaszint szerkezete, és fokozatosan nő az elektronok száma a második (külső) energiaszinten, mígnem az utolsó elemnél, a neonnál telítődik a külső energiaszint. A nitrogéntől kezdődően ezeknél az elemeknél fokozatosan csökken a párosítatlan elektronok száma a külső energiaszinten. A nitrogénatom három közös elektronpárt tud képezni más atomokkal, míg az oxigén kettőt, a fluor pedig egyet. A neon atomjában nincs párosítatlan elektron, ezért nem alkot kémiai kötést más atomokkal.

Az áttekintett példák jól mutatják, hogy a második periódus nemfémes elemeinek atomjai két-két energiaszinttel rendelkeznek, de eltérő a külső energiaszintjeiken lévő elektronjaik száma.

A nemfémes elemek atomjaira jellemző, hogy a külső energiaszintjeiken található elektronjaik száma megegyezik a csoport számával. Ezért anélkül, hogy leírnánk az adott atom, például a VII. csoportba tartozó nemfémes elem, az asztácium elektronképletét, teljes bizonyossággal kijelenthetjük, hogy elektronburkának 85 elektronjából 7 a külső energiaszintjén található.

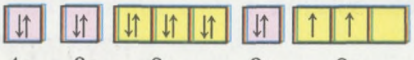
Írjátok le a harmadik periódus nemfémes elemeinek elektronképleteit és ábrázoljátok ezeket grafikusan! Vonjatok le következtetést arra vonatkozóan, hogy mi a közös és mi az eltérő atomjaik elektronburkának szerkezetében!

A 9. osztályban tanultak alapján idézzétek fel, hogy a szén miért négyvegyértékű és nem kétvegyértékű a vegyületek zömében!

2. példa. Egyazon mellékcsoport nemfémes elemei.

A szén és a szilícium a periódusos rendszer IV. csoportjának főcsoportjában található, vagyis ugyanannak a csoportnak és mellékcsoportnak az elemei. Írjuk le a szilíciumatom elektronképletét és grafikus elektronképletét:

$_{14}Si \quad 1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^2$



A szén 1. példában vázolt elektronképletének és grafikus elektronképletének a felhasználásával hasonlítsuk össze ezen kémiai elemek atomjainak elektronképleteit. Az összehasonlítás eredménye azt mutatja, hogy atomjaik elektronburkaiban eltérő az energiaszintek száma, de a külső energiaszintjeiken megegyező számú elektron található, és ez a szám egyenlő a csoport számával.

A szén és a szilícium elektronképletei azt mutatják, hogy a IV. csoport főcsoportjába tartozó nemfémes elemek külső energiaszintjeinek azonos a szerkezete, míg elektronjaik száma a telített nyolcelektronos külső energiaszint elektronszámának a felével egyenlő.

Írjátok le az V. csoport főcsoportjába tartozó nemfémes elemek: a nitrogén és foszfor elektronképleteit és ábrázoljátok őket grafikusan! Vonjatok le következtetést arra vonatkozóan, hogy mi a közös és mi az eltérő atomjaik elektronburkának szerkezetében!

Fogalmazzatok meg általános következtetést arra vonatkozóan, hogy mi a közös és mi az eltérő az ugyanabba a mellékcsoportba tartozó nemfémes elemek atomi elektronburkának szerkezetében!

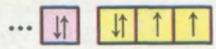
Vizsgáljátok meg a hidrogénatom elektronburkának szerkezetét, és bizonyítsátok be, hogy az általatok kiderített függőségi viszony erre a kémiai elemre nézve is igaz!

A nemfémes elemek atomszerkezetének és periódusos rendszerben elfoglalt helyének az ismeretében általános jellemzést adhatunk róluk, megjelölve csoportjukat, mellékcsoportjukat, periódusukat, sorukat, atomszerkezetüket, illó hidrogénvegyületeik képletét, legmagasabb oxidjaikat.

3. példa. A nemfémes elem jellemzése atomszerkezete és a periódusos rendszerben elfoglalt helye alapján.

Az 52 protonszámú kémiai elem, a tellúr Te a periódusos rendszer ötödik periódusában, ötödik sorában, VI. csoportjának főcsoportjában található.

Relatív atomtömege 128. Atommagja, amelynek töltése +52, 52 protonból és 76 neutronból (128 – 52 = 76) áll. Elektronburkának öt energiaszintjén 52 elektron kering. A külső energiaszinten 6 elektron található, ezért a tellúr maximális vegyértéke 6, legnagyobb oxidációs foka +6. Legmagasabb oxidjának képlete TeO_3. Mivel a tellúr az oxigén és a kén analógja (így nevezik az ugyanabba a mellékcsoportba tartozó elemeket), ezért külső energiaszintjének elektron-konfigurációját $...5s^2\ 5p^4$ alakban írhatjuk fel, elektronképletét pedig a következőképpen ábrázolhatjuk:



A külső energiaszint grafikus elektronképletéből látjuk, hogy telítettségéhez 2 elektron hiányzik, így a tellúr a hidrogénnel H_2Te vegyületet alkot.



A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

Ismerve a proton- és nuklonszám fizikai tartalmát, továbbá a nemfémes elem periódus- és csoportszámát a periódusos rendszerben, valamint atomja elektronburkának a szerkezetét, különböző feladatokat és gyakorlatokat tudunk megoldani, elvégezni. Vizsgáljunk meg néhány példát!

1. feladat. A kémiai elem atomjában 7 elektronnal van több, mint a nátrium ionjában. Nevezzétek meg az elemet, állítsátok össze atomjának és ionjának elektronképleteit!

M e g o l d á s

1. Leírjuk a nátriumatom elektronképletét:

$$_{11}Na\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$$

Mivel a külső energiaszintjén mindössze 1 elektron található, itt fémes elemről van szó, amely a kémiai reakciókban elektront ad le és nátriumkationná alakul:

$$Na^0 - 1\bar{e} \rightarrow Na^+$$

Megvizsgáljuk, milyen változások mentek végbe a nátriumatom elektronburkának szerkezetében:

$$_{11}Na^0\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1 \quad \searrow -1\bar{e}$$
$$_{11}Na^+\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6$$

Amint látjuk, az elektronok száma a nátriumionban 10-zel egyenlő.

2. Számítsuk ki, hány elektron elektronja van a keresett nemfémes kémiai elemnek:

$$10\bar{e} + 7\bar{e} = 17\bar{e}$$

Ennyi elektron található a klóratom elektronburkában.

3. Felírjuk a klóratom elektronképletét:

$$_{17}Cl\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$$

4. Felírjuk a klórion elektronképletét. Mivel a klór külső energiaszintjén $7\bar{e}$ található, minden $1\bar{e}$ elektronfelvétel után a képződött ion külső energiaszintje eléri a 8 elektronos telítettségi szintet, és negatív töltésre tesz szert:

$$Cl^0 + 1\bar{e} \rightarrow Cl^-$$

$$_{17}Cl^0\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5 \quad +1\bar{e}$$

$$_{17}Cl^-\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$$

2. feladat. Nemfémes elem meghatározása a periódusos rendszerben elfoglalt helye alapján.

Nevezzétek meg a nemfémes elemet, ha ismeretes, hogy az a periódusos rendszer négyes periódusában található, a hidrogénnel illó vegyületet alkot, legmagasabb oxidja pedig az E_2O_5 általános képlettel fejezhető ki.

M e g o l d á s

Az E_2O_5 általános képlettel kifejezhető legmagasabb oxidokat az V. csoport elemei képezik. A negyedik periódusban ebből a csoportból két elem, a vanádium és az arzén helyezkedik el. A vanádium alcsoportba tartozó elem, miközben az alcsoportokat csak fémes elemek alkotják, amelyek a hidrogénnel nem képeznek illó vegyületeket. Vagyis a keresett kémiai elem: az arzén.



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Az állami vizsgakövetelmények szerint az általános iskola végzőseinek legalább 20 kémiai elem vegyjelét és elnevezését kell tudniuk. Idézzétek fel minél több nemfémes kémia elem vegyjelét és elnevezését!

2. Magyarázzátok meg az ugyanabba a mellékcsoportba tartozó nemfémes elemek atomszerkezetének hasonlóságát és különbözőségét: a) oxigén és kén; b) nitrogén és foszfor; c) szén és szilícium!

3. Magyarázzátok meg az ugyanabba a periódusba tartozó nemfémes elemek atomszerkezetének hasonlóságát és különbözőségét: a) hidrogén és hélium; b) szén és fluor; c) kén és klór!

4. Melyik nemfémes elemről van szó, ha a harmadik periódusban helyezkedik el, külső energiaszintjén pedig 5 elektron található?

5. Nevezzétek meg az egyforma szerkezetű külső energiaszinttel rendelkező kémiai elemeket: B, N, Ne, P, Ar!

6*. A sav általános képlete: H_2EO_4. A savképző elem atomjának elektronburkában három energiaszint található. Nevezzétek meg a kémiai elemet, és állítsátok össze a savnak megfelelő oxid képletét!



4. §. Nemfémek mint egyszerű anyagok. Az allotrópia jelensége

A nemfémek elnevezése és képletei. A nemfémes elemek atomjai által alkotott egyszerű anyagok általános megnevezése: ***nemfémek***. A modern ukrán kémiai nevezéktan szabályai szerint a nemfémek nevét kisbetűvel írják. A nemfémek ukrán neve nem mindig esik egybe a nekik megfelelő nemfémes elemek nevével. A nemfémek molekulái különböző számú atomból állhatnak. A kérdésről részletesebben tájékozódhattok a 2. táblázatból.

2. táblázat

A nemfémes elemek és nemfémek elnevezése a modern ukrán kémiai nevezéktan szerint

Kémiai elem		Egyszerű anyag		Kémiai elem		Egyszerű anyag	
Név	Vegyjel	Név	Képlet	Név	Vegyjel	Név	Képlet
Hidrogén	H	hidrogén	H_2	Bróm	Br	bróm	Br_2
Nitrogén	N	nitrogén	N_2	Jód	I	jód	I_2
Oxigén	O	oxigén ózon	O_2 O_3	Szén	C	szén (grafit, gyémánt, karbin)	C
Fluor	F	fluor	F_2	Szilícium	Si	szilícium	Si
Klór	Cl	klór	Cl_2	Kén	S	kén	S

Allotrópia. Már bizonyára megfigyeltétek, hogy a 2. táblázatban az oxigén esetében nem egy, hanem két egyszerű anyag van megjelölve, míg a szén esetében három. Ezt a jelenséget ***allotrópiának*** nevezzük, az anyagokat pedig ***allotróp módosulatoknak***.

> Az ***allotrópia*** – egyazon kémiai elem egymástól szerkezetükben és tulajdonságaikban különböző egyszerű anyagokként való létezése.
> ***Allotróp módosulatoknak*** nevezzük az egyazon kémiai elem által alkotott egyszerű anyagokat.

Az oxigén allotróp módosulatai. Az *oxigént* és az *ózont* már ismeritek az általános iskolai kémiaórákról. Hasonlítsátok össze ezeknek az egyszerű anyagoknak az összetételét és tulajdonságait (3. táblázat)!

3. táblázat

Az oxigén és az ózon összetétele és tulajdonságai

Sorszám	Összehasonlítási kritériumok	Egyszerű anyagok	
		Oxigén	Ózon
1.	Képlet	O_2	O_3
2.	Szerkezet	molekuláris	molekuláris
3.	Relatív molekulatömeg	32	48
4.	Halmazállapot	gáznemű	gáznemű
5.	Levegőhöz viszonyított relatív sűrűség	1,1	1,65
6.	Szag	szagtalan	friss szag
7.	Szín normális körülmények között	színtelen	kék
8.	Oldódás vízben	rossz	10-szer jobb, mint az oxigéné
9.	Kémiai aktivitás	magas	igen magas

Az ózon oxigénénél nagyobb kémiai aktivitása abban nyilvánul meg, hogy egyes anyagok (például a foszfor, etanol) meggyullad az ózonban, az elasztikus kaucsuk törékennyé válik, a színes festékek elszíntelenednek. Ennek oka az, hogy az ózon molekulája instabil, könnyen elbomlik:

$$2O_3 = 3O_2$$

Azonban az ózon egy molekulájából először egy oxigénmolekula és atomi oxigén képződik. Az ózon erősebben reagál az anyagokkal, mint az oxigén, ezért az oxigénhez képest nagyobb a kémiai aktivitása.

Mint látjuk, annak ellenére, hogy az oxigén és az ózon ugyanannak a kémiai elemnek az atomjaiból áll, valójában két eltérő egyszerű anyagról van szó.

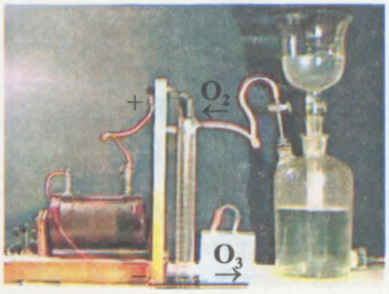
> Az oxigén allotróp módosulatainak létezése azzal magyarázható, hogy az általa alkotott egyszerű anyagok molekuláiban eltérő az atomok száma.

Az oxigén eléggé elterjedt anyag a természetben. Elég csak arra utalni, hogy a levegő 1/5 részben oxigénből áll. Az oxigénnek ez az allotróp módosulata fontos szerepet játszik a légzés, égés, anyagcsere, energiaforgalom folyamataiban, kohászatban stb.

Az oxigénhez képest ózonból sokkal kevesebb fordul elő a természetben. Képzeljük el, hogyha a létező összes oxigént és az ózonréteg csekély mennyiségű ózonját légköri nyomáson összenyomnánk, és egyenletesen beburkolnánk velük a Földet, akkor az oxigénréteg vastagsága közel 8 km lenne, míg az ózonrétegé mindössze 3 mm. Kis mennyiségű ózon képződik a légkör oxigénjéből zivatarok idején, és a fenyvesekben a fenyőgyanta oxidációjának köszönhetően. Ezért érezhető különös friss illat zivatarok után és a tűlevelű erdőkben.

Az ózonréteg és jelentősége. Különleges ózonréteg található a földfelszín fölötti 20–40 km-es magasságban. Ennek a rétegnek a léte azzal magyarázható, hogy a Nap ultraibolya sugárzása a légkör felső részének oxigénjét ózonná alakítja:

$$3O_2 = 2O_3$$



5. ábra. *Ozonizátor – ózont előállító készülék*

Ez a reakció laboratóriumban is egyszerűen elvégezhető az 5. ábrán látható berendezés segítségével.

A légköri ózonrétegnek köszönhetően elnyelődnek az embert és minden élő szervezetet veszélyeztető káros sugarak. Vagyis az oxigén allotróp módosulata, az ózon – sajátságos szűrőként működve – elnyeli a Nap ultraibolya és elektromágneses sugárzását.

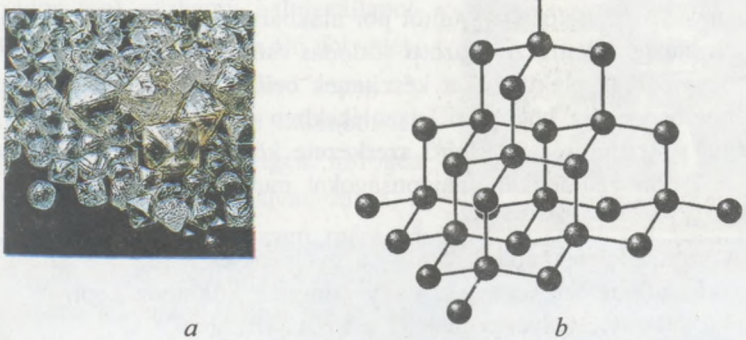
Az **ózon** – megbízható, természetes védőfaktora minden élőnek bolygónkon, amely óv a Nap káros sugarainak pusztító hatásától.

Földünk ózonrétegének a vastagságát napjainkban károsan befolyásolja az emberi tevékenység. Ennek hatására a tudományban kialakult az ózonréteg rombolásáról szóló elmélet, amelynek a lényege az, hogy a légkörbe kerülő káros anyagok, köztük az aeroszolos dobozokban és hűtőberendezésekben alkalmazott *freon* gáz, vékonyítják az ózonréteget, úgynevezett *ózonlyukakat* hozva létre benne. Ennek következtében romlik az ózonréteg védő hatása.

Először 1985-ben az Antarktisz fölött fedeztek fel egy nagy kiterjedésű ózonlyukat, és ekkor a tudósok felhívták a világközvélemény figyelmét a veszélyes jelenségre. A Föld ózonpajzsának megóvása érdekében 1987-ben elfogadták a Montreali Jegyzőkönyvet, amely nyomán beszüntették az ózonréteget károsító anyagok gyártását. A megállapodáshoz az egykori Szovjetunió is csatlakozott. Ukrajna 1991-ben – jogutódként – felvállalta a jegyzőkönyv rendelkezéseinek betartását.

A szén allotróp módosulatai. A szén eléggé elterjedt allotróp módosulatai a *gyémánt* (6. *a* ábra) és a *grafit* (7. *a* ábra). Ezek az anyagok abban különböznek egymástól, hogy atomjaik eltérő módon helyezkednek el a kristályrácsok csomópontjaiban.

A gyémánt kristályrácsában négy szomszédos szénatom egy-egy szabályos tetraéder csúcsaiban helyezkedik el (6. *b* ábra). A szénatomok ilyen térbeli helyzetnek köszönhetően a közöttük lévő kötések egyenértékűek, egymástól való távolságuk pedig egyenlő. Kristályrácsának ez a szerkezete nagy keménységet kölcsönöz a gyémántnak. Ennek köszönhe-

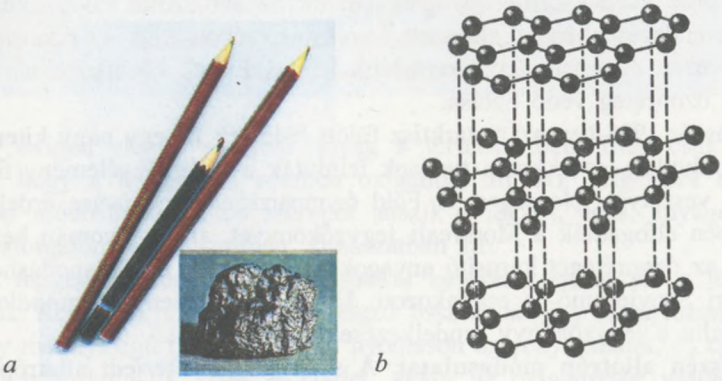


a *b*

6. ábra. *A gyémánt (a) és kristályrácsának modellje (b)*

tően a gyémánt a legkeményebb természetes anyag, áttetsző, színtelen, nem vezeti az elektromos áramot, nagyon jók a fénytörési tulajdonságai. A gyémántot üveg vágására, kőzetek fúrására, fémek vágására és csiszolására használják (gyémántból készült vágók, fúrók, csiszolókorongok). A különlegesen megmunkált gyémántokból drága ékszereket készítenek.

A grafit kristályrácsában a szénatomok rétegesen helyezkednek el. Egy-egy rétegben a szénatomok hatatomos gyűrűket képeznek (7. *b* ábra).



a *b*

7. ábra. *Grafit és grafitkészítmények (a), a grafit kristályrácsmodellje*

A grafitrétegben a szénatomok közötti kötések sokkal erősebbek, mint a szomszédos rétegek atomjai közöttiek. Emellett a rétegek közötti távolság 2,5-szerese a rétegeken belüli szénatomok közötti távolságnak. A kristályrács ilyen szerkezetének köszönhetően könnyen válnak le róla pikkelyszerű részek, így például a ceruza grafitbele már jelentéktelen nyomás esetén is nyomot hagy a papíron.

A grafit nem átlátszó, szürke, fémes csillogású, tapintása zsírszerű, puha anyag. A gyémánttal ellentétben jól vezeti az áramot és a hőt. Puhaságának köszönhetően a grafitot por alakban kenőanyagként használják a gépek mozgó alkatrészei közötti súrlódás csökkentésére. Mivel jó vezető, a vegyiparban elektródokat készítenek belőle, hővezető képességének köszönhetően pedig hőcserélő készülékekben alkalmazzák.

Tehát a kristályrácsok eltérő szerkezete következtében a gyémánt és a grafit különböző fizikai tulajdonságokat mutat.

A szén allotróp módosulatai – a gyémánt és a grafit – annak köszönhetően léteznek, hogy atomjaik különbözőképpen helyezkednek el a kristályrácsban.

A természetben szabad formában a szén nagyobbrészt grafit alakjában és nagyon ritkán gyémántként fordul elő. Ma már a gyémántot iparilag is elő tudják állítani. Kijevben működik a V. M. Bakul nevét viselő Szuperkemény Anyagok Intézete. A tudósai 1961-ben elsőként állítottak elő mesterségesen gyémántot és grafitot. Az intézet tevékenységében prioritást élvez a nagyméretű, szintetikus monokristály gyémántok, szintetikus gyémánt csiszolóporok, szuperkemény anyagok szintetizálása szuperszilárd fúró- és vágóeszközök előállítása céljából. A mesterséges gyémántból készült szerszámok nem maradnak el azok mögött, amelyeket természetes gyémántból gyártottak, de az előbbiek jóval olcsóbbak.

Az úgynevezett ***amorf szén*** (korom, faszén) nem minősül allotróp szénmódosulatnak, ugyanis igen apró, különböző térbeli orientációjú grafitkristályokból áll.

A szén másik allotróp módosulatát, a ***karbint*** először szintetikusan állították elő, majd természetes előfordulását is felfedezték a grafitban, erek és zárványok alakjában. A szénatomok a karbinban egymással párhuzamosan elhelyezkedő lineáris szén-szén láncot =C=C=C= vagy –C≡C–C≡C– alkotnak.

A karbinnak fény hatására erősödő félvezető tulajdonságai vannak. Ezen a sajátosságon alapul gyakorlati alkalmazása a fotóelemekben.

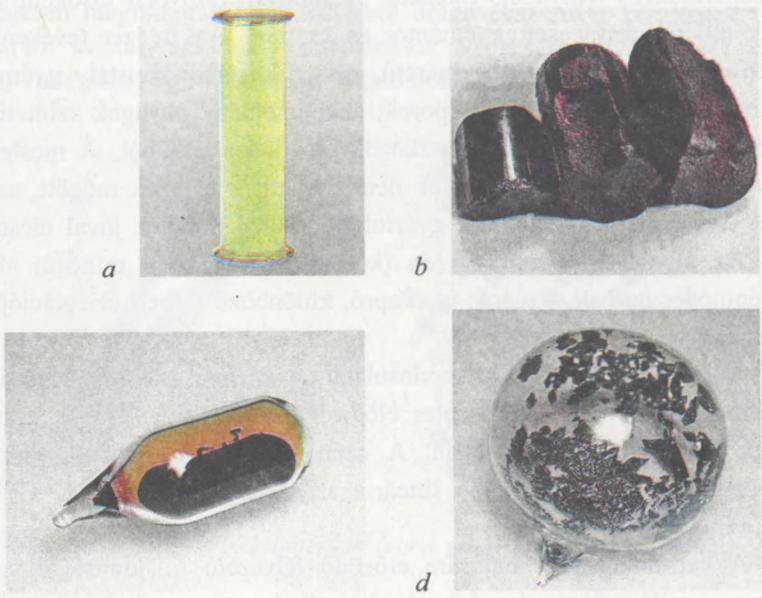
A nemfémek általános fizikai tulajdonságai. Normális körülmények között az olyan nemfémek, mint a hidrogén H_2, fluor F_2, klór Cl_2, oxigén O_2, ózon O_3, nitrogén N_2 és a nemesgázok (hélium He, Neon Ne, argon Ar, kripton Kr, xenon Xe, radon Rn) gáznemű halmazállapotban találhatók, míg a bróm Br_2 folyadék, a többi nemfém pedig szilárd anyag.

A nemfémek színükben különböznek egymástól. A hidrogén, oxigén, nitrogén színtelen gázok, a fluor halványsárga, a klór zöldessárga, szúrós szagú mérgező gáz, a bróm sötétvörös folyadék, sárgásbarna gőzének irritáló, szúrós szaga van, a bőrre kerülve súlyos égést okoz. A vö-



Az Ukrán Nemzeti Tudományos Akadémia V. M. Bakul nevét viselő Szuperkemény Anyagok Intézete

rósfoszfor színe vörös, a fehérfoszfor fehér, szilárd anyag. A kén sárga, szilárd anyag. A jód fémes fényű, sötét ibolyaszínű anyag (8. ábra).



8. ábra. *Nemfémek: klór (a); foszfor (b); bróm (c); jód (d)*

Mivel a nemfémeknek különböző a halmazállapotuk, ezért olvadás- és forráspontjuk is széles határok között mozog. A gáznemű nemfémek (hidrogén, oxigén, nitrogén) normális körülmények között alacsony hőmérsékleten (–200 °C) forrnak. A szilárd halmazállapotú jód *szublimálódik*, azaz szilárd halmazállapotból azonnal gázneműbe megy át. A kén olvasztásához elegendő a szeszégő lángjának hőmérséklete, miközben a szén allotróp módosulatának, a gyémántnak az olvadáspontja több mint +3000 °C.

A nemfémek többsége nem vezeti az elektromos áramot, azaz szigetelő (dielektrikum). A szilícium félvezető, míg a grafit vezeti az áramot. A nemfémek rossz hővezetők, törékenyek, a vízben való oldódás nem jellemző rájuk általánosan. Ugyanakkor sok nemfém jól oldódik szerves oldószerekben. A vízben legjobban a halogének oldódnak. A bróm vizes oldata *brómos vízként* ismert.

Több gáz halmazállapotú nemfém könnyebb a levegőnél.

Számítsátok ki a hélium és a klór levegőhöz viszonyított sűrűségét! Az azonos körülmények között héliummal vagy klórral töltött léggömb emelkedik-e gyorsabban a levegőbe?

Hidrogént és argont egyenlő térfogatmennyiségben elegyítettek, és a kapott eleggyel gumi léggömböt töltöttek meg. Felemelkedik-e a plafonig ez a léggömb? Feleleteteket számítással igazoljátok!

Az egyes nemfémek fizikai tulajdonságainak megismerése céljából végezzétek el az *1. sz. laboratóriumi kísérletet*!



Vizsgáljuk meg az anyagokat és tulajdonságaikat!

1. sz. laboratóriumi kísérlet. **Ismerkedés nemfém egyszerű anyagok mintáival.**

1. feladat. Ismerkedjetek meg a mintaként kiosztott nemfémek külalakjával, színével, halmazállapotával, vízben való oldhatóságával!

2. feladat. A vizsgált nemfémek forrás- és olvadáspontját keressétek meg kézikönyvekben!

A feladatok elvégzése nyomán kapott eredményeket foglaljátok táblázatba a munkafüzetetekben!



A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

Az oxigénen és a szénen kívül más nemfémes kémiai elemeknek, köztük a foszfornak és a kénnek is vannak allotróp módosulatai.

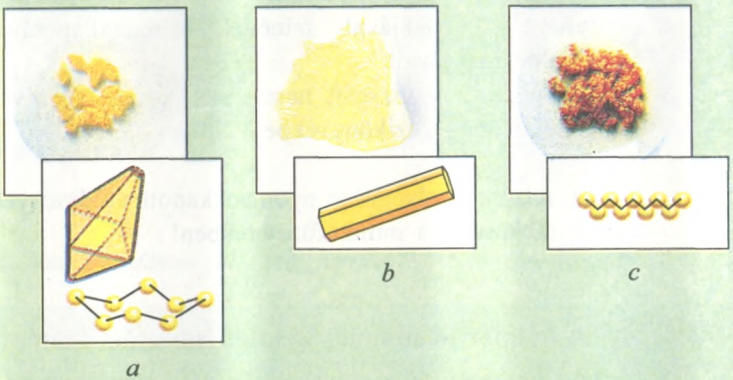
A foszfor allotróp módosulatai. A foszfor allotróp módosulatai között legelterjedtebb a fehérfoszfor (molekulakristályrács), vörös- és feketefoszfor (atomkristályrács). Ezek mindegyike szilárd anyag, a nevükben jelzett színnel. A hőmérséklet megváltoztatásával egyik allotróp foszfor-módosulat néhány óra alatt másikká alakítható.

A ***fehérfoszfor*** – színtelen, fokhagyma szagú, viasszerű, sötétben világító, igen mérgező anyag, amely +50 °C-on magától meggyullad a levegőn. Nagyfokú kémiai aktivitása miatt víz alatt, lehetőség szerint sötét helyen kell tárolni.

A ***vörösfoszfor*** (8. *b* ábra) a fehérfoszforhoz képest stabilabb a hevítéssel szemben, szagtalan, kevéssé reagálóképes, nem mérgező. A gyufagyártásban használják (a gyufásdoboz oldalának dörzsrészét vonják be vele). A gyufafejnek a doboz oldalához való gyors dörzsölésére a foszfor oxidálja a gyufa bevonatában lévő kálium-klorátot $KClO_3$. Ettől meggyullad a gyufafej bevonatában lévő kén, majd a tűz átterjed a fára.

A ***feketefoszfornak*** a grafithoz hasonló a szerkezete, vezeti az elektromos áramot.

A kén allotróp módosulatai. A kén természetes allotróp módosulata a ***rombikus kén***: citromsárga, törékeny, szagtalan, vízben oldhatatlan kristályos anyag. Az elnevezése abból ered, hogy kristályai oktaéder alakúak, metszett sarkokkal (9. *a* ábra).



a *b* *c*

9. ábra. *A kén allotróp módosulatai: rombikus (a); monoklin (b) és plasztikus (c) kén*

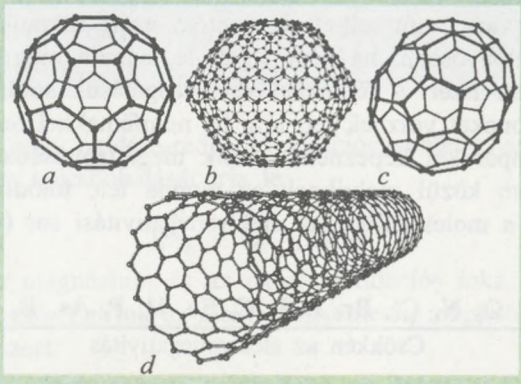
Az ilyen kén allotróp módosulatának molekulája 8 atomból áll (a reakcióegyenletekben egy kénatomot S tüntetnek fel).

A rombikus kén +119,5 °C-on olvad és ***monoklin kénné*** – majdnem fehér kristályos lemezekké – alakul (9. *b* ábra). Ez az allotróp kénmódosulat nem stabil, és +95,6 °C ismét rombikus kénné alakul.

Ha a forráspontig hevített ként (a forráspontja +444,6 °C) hideg vízbe öntik, akkor a hirtelen hőmérsékletváltozás hatására ***plasztikus kénné*** alakul (9. *c* ábra). A plasztikus kén színe sárga, késsel vágható, gumiszerű és elasztikus (fonállá

húzható). Levegőn néhány nap alatt ismét rombikus kénné alakul.

A korszerű kémia egyik vívmánya a *klaszter* részecskék készítése. A klaszter jelentése a kémiában: atomok vagy molekulák bonyolult, önálló egységként funkcionáló és bizonyos tulajdonságokkal rendelkező társulása. A 60–70 szénatomból álló klaszter részecskéket *fulleréneknek* és *szén nanocsövecskéknek* nevezték el (10. ábra). A felfedezésükkel nagy lendületet kapott a nanotechnológia fejlődése.



10. ábra. *A fullerének (a, b, c) és nanocsövecskék modelljei (d)*



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Írjátok le a nemfémek képleteit!

2. Miből van több a természetben: nemfémes elemekből vagy nemfémekből? A feleleteteket indokoljátok meg!

3. Helyezzétek el az oxigén, nitrogén, fluor nemfémeket a molekuláikban lévő közös elektronpárok számának növekedési sorrendjében! Feleleteteket támasszátok alá az anyagok elektronképleteinek feltüntetésével!

4. Hol található több molekula: 25,4 g tömegű jódban vagy 11,2 l térfogat klórban (n. k. k.)?

5*. Állítsatok össze és töltsetek ki összehasonlító táblázatot: a) kén; b) foszfor allotróp módosulatairól!

6*. Végezzetek csoportos kutatást a nanotechológia mibenlétéről és meghonosításának távlatairól! Vizsgálódásaitok eredményeit ismertessétek prezentáció keretében!



5. §. A nemfémek kémiai tulajdonságai és alkalmazásuk. A nemfémes elemek előfordulása a természetben

A nemfémek főbb kémiai tulajdonságai. A nemfémek – a nemesgázok kivételével – kémiailag elég aktív egyszerű anyagok, kölcsönhatásba lépnek *fémekkel*, *más nemfémekkel*, közülük egyesek *összetett anyagokkal* is (például a metán CH_4 égése és klórozása, az etanol C_2H_5OH égése).

Mivel a nemfémes elemek külső energiaszintjén feleannyi vagy több elektron van, mint telítettség esetén, ezért számukra energetikai szempontból előnyösebb, ha nem adják le, hanem magukhoz vonzzák az elektronokat. Ezért a fémekkel való reagálásuk során a nemfémek atomjai elektronokat vesznek fel, míg ha nemfémekkel reagálnak, akkor közös elektronpárokat képeznek. Annak megállapításában, hogy a két nemfémes elem közül melyiknek az atomja felé tolódtak el a közös elektronpárok a molekulában, az elektronegativitási sor (vagy skála) ad támpontot:

F, O, N, Cl, Br, I, S, C, Se, H, P, As, B, Si →

Csökken az elektronegativitás

Érdemes felidézni, hogyan módosulnak az ugyanabba a periódusba és mellékcsoportba tartozó elemek nemfémes tulajdonságai.

Egy perióduson belül a sorszám növekedésével erősödnek a kémiai elemek és vegyületeik nemfémes tulajdonságai.

Egy mellékcsoporton belül a sorszám növekedésével gyengülnek a kémiai elemek nemfémes tulajdonságai.

Vizsgáljuk meg konkrét példákon a nemfémek kémiai tulajdonságait.

1. Nemfémek kölcsönhatása fémekkel:

$2Mg + O_2 = 2MgO$	(magnézium-oxid)
$6Li + N_2 = 2Li_3N$	(lítium-nitrid)
$2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3$	(alumínium-klorid)
$Ca + H_2 = CaH_2$	(kalcium-hidrid)
$Fe + S = FeS$	(vas(II)szulfid)

Minden esetben bináris vegyületek képződtek, amelyeknek a képleteit és elnevezéseit az alábbi általános ***szabályok*** szerint alkotjuk:

- rendszerint elsőként a kevésbé elektronegatív (pozitív oxidációs fokú) elem vegyjelét írjuk, utána az elektronegatívabb (negatív oxidációs fokú) elemét;
- elsőként a kevésbé elektronegatív (pozitív oxidációs fokú) elemet nevezzük meg;
- ha az elem változó vegyértékű, akkor azt a vegyület elnevezésében római számmal jelöljük;
- másodikként az elektronegatívabb (negatív oxidációs fokú) – vagyis a nemfémes – elemet vagy elnevezésének egy részét jelöljük, *-id* képzőt hozzátoldva.

Kiderítjük, hogy oxidáló-redukáló reakcióegyenlet-e, amely a magnézium és oxigén kölcsönhatását írja le:

$$\overset{0}{2Mg} + \overset{0}{O_2} = \overset{+2\ -2}{2MgO}$$

Módosult a magnézium és az oxigén oxidációs foka. Vagyis redoxi reakcióról van szó. Leírjuk az elektronegyenletét, megjelölve az oxidáló- és a redukálószert:

$\overset{0}{Mg} - 2\bar{e} \rightarrow \overset{+2}{Mg}$	2	2	redukálószer, oxidálás
$\overset{0}{O_2} - 4\bar{e} \rightarrow \overset{-2}{2O}$	4	1	oxidálószer, redukálás

Hogyan változott meg a magnézium és az oxigén atomi elektronburkának szerkezete a képződött vegyületben?

$$\overset{0}{{}_{12}Mg}\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2 \xrightarrow{-2\bar{e}} \overset{+2}{{}_{12}Mg}\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6$$

$$\overset{0}{{}_{8}O}\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^4 \xrightarrow{+2\bar{e}} \overset{-2}{{}_{8}O}\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6$$

Mint látjuk, mindkét esetben a külső energiaszintek telítődtek: a magnéziumé 2 elektron leadásával, az oxigéné 2 elektron felvételével.

Vizsgáljátok meg önállóan a nemfémek és fémek közötti redoxi folyamatokat illusztráló egyéb reakcióegyenleteket!

2. Nemfémek kölcsönhatása nemfémekkel. Bizonyos körülmények között a nemfémek reagálnak egymással, és eközben kovalens kötéssel rendelkező, a fentebb vázolt nevezéktani szabályok szerint elnevezett vegyületek képződnek.

Nemfémek kölcsönhatása oxigénnel: **(2.1)**

$C + O_2 = CO_2$ (szén(IV)oxid)

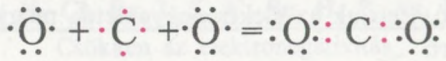
$\overset{0}{C} + \overset{0}{O_2} = \overset{+4-2}{CO_2}$

$\overset{0}{C} - 4\bar{e} \rightarrow \overset{+4}{C}$ redukálószer, oxidálás

$\overset{0}{O_2} + 4\bar{e} \rightarrow \overset{-2}{2O}$ oxidálószer, redukálás

A reakció előtt a szén és az oxigén atomja egyszerű anyagok részei, 0 oxidációs fokkal. A képződött oxidban a kisebb elektronegativitású szénnek +4 az oxidációs foka, míg a nagyobb elektronegativitású oxigéné –2.

A CO_2 két nemfémes elem vegyülete. Ezekre jellemző a nemfémes elemek atomjainak az a tulajdonsága, hogy megtartják saját elektronjaikat és maguk felé vonzzák a kisebb elektronegativitású elemek elektronjait. Ezért egyik atom sem adja le az elektronjait, hanem elektronpárokat képez, amelyek a nagyobb elektronegativitású oxigén felé tolódnak el.



Szerkezeti képlettel ez a következőképpen írható le: O=C=O.

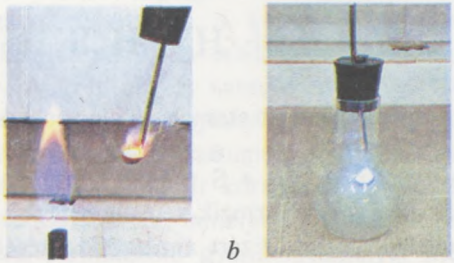
Vizsgáljátok meg a redoxi reakciókat és a kovalens kötés képződését a $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ egyenlet példáján, megjelölve az oxidálószert és a redukálószert!

A nemfémek oxigénnel való reagálásának terméke legtöbbször kovalens poláris kötéssel rendelkező bináris vegyületek: oxidok. Ezekben **–2** az oxigén oxidációs foka.

Az oxidokon kívül a legaktívabb fémek és a hidrogén peroxidokat képez (például Na_2O_2, K_2O_2, BaO_2, H_2O_2).

A nemfémes elemek sóképző oxidjainak savas jellege. A nemfémes elemek valamennyi sóképző oxidja savas. Ennek bizonyítására végezzetek *bemutató kísérletet* kén égetésével, és bizonyítsátok be a képződött oxid savas jellegét. (***Figyelem!*** *A kísérletet vegyifülkében végezzétek!*) Töltsetek meg egy fémkanalat 1/3 részéig kénnel, és hevítsétek szeszégő lángján. Először a kén megolvad, majd kékes lánggal kezd égni (11. *a* ábra). Ezután helyezzétek a kanalat oxigénnel telt lombikba, és szoro-

san zárjátok le dugóval. Az oxigénben az égés sokkal élénkebbé válik (11. *b* ábra).



a *b*

11. ábra. *Kén égése levegőn (a) és oxigénben (b)*

Magyarázzátok meg, miért ég élénkebb lánggal a kén oxigénben, mint a levegőn!

Az égés teljes megszűnése után vegyétek ki a kanalat a lombikból. Öblítsétek le a lombik falát 3–4 ml desztillált vízzel. A kapott színtelen oldatot öntsétek kémcsőbe, és vizsgáljátok meg indikátorral, például metilnaranccsal. Az oldat színe a savas közegre jellemző rózsaszínűre változik. Ismételjétek meg a kísérletet, de ezúttal fenolftaleinnel. A lúgos közegre érzékeny indikátor néhány cseppjének hozzáadása után azonban az oldat nem válik málnaszínűvé. Vagyis a víz és a kén elégetése nyomán keletkezett anyag között lezajlott reakció terméke: sav. Írjátok le a végbement reakciók egyenleteit:

$S + O_2 = SO_2$ (kén(IV)oxid)

$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$ (kénessav)

A reakcióegyenletekből láthatjátok, hogy a kén égésterméke a kéndioxid SO_2, amely a vízzel kénessavat H_2SO_3 alkot.

Határozzátok meg, hogy oxidáló-redukáló reakció-e a kén(IV)oxid kölcsönhatása a vízzel!

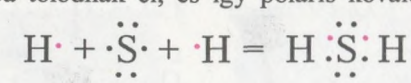
Nemfémek kölcsönhatása hidrogénnel: **(2.2)**

$H_2 + Cl_2 = 2HCl$ (hidrogén-klorid vagy sósav)

$H_2 + S = H_2S$ (hidrogén-szulfid vagy kénhidrogén)

A nemfémek többségének hidrogénnel való kölcsönhatása nyomán kovalens kémiai kötéssel rendelkező bináris vegyület képződik. Ezt a kénhidrogén példáján bizonyítjuk. A kénatom külső energiaszintjének telítettségéhez két elektron, míg a hidrogénatom esetében egy elektron hiányzik. Annak köszönhetően, hogy a kén két hidrogénatommal közös elektronpárokat alkot, a kénatom elektronburkának külső energiaszintje

telítődik. Mivel a kén elektronegativitása nagyobb, a közös elektronpárok a kénatom irányába tolódnak el, és így poláris kovalens kötés jön létre:



A reakció eredményeként az atomok oxidációs foka megváltozik:

$$\overset{0}{H_2} + \overset{0}{S} = \overset{+1-2}{H_2S}$$

A hidrogén és a kén nem tartozik sem ugyanabba a periódusba, sem ugyanabba a mellékcsoportba. Ezért annak kiderítéséhez, hogy közülük melyik az oxidálószer és melyik a redukálószer, megnézzük az elemek elektronegativitási skáláját. Ebből megtudjuk, hogy a hidrogén elektronegativitása kisebb, mint a kéné, ezért az elektronmérlegben a hidrogén elektronleadását és a kén elektronfelvételét kell feltüntetni:

$$\overset{0}{H_2} - 2\bar{e} \rightarrow \overset{+1}{2H} \quad \text{redukálószer, oxidálás}$$

$$\overset{0}{S} + 2\bar{e} \rightarrow \overset{-2}{S} \quad \text{oxidálószer, redukálás}$$

A nemfémek kölcsönhatása hidrogénnel – redoxi reakció. Illó (gáznemű vagy cseppfolyós) bináris vegyületek képződnek.

A kémiai reakciók mely típusához tartozik, az oxidáló-redukáló reakciókon kívül, a fémek reagálása nemfémekkel, a nemfémek reagálása hidrogénnel?

A nemfémek kölcsönhatása más nemfémekkel. **(2.3)**

Az oxigénnel és hidrogénnel való kölcsönhatáson kívül a nemfémek más nemfémekkel is reagálnak, például:

$C + 2S = CS_2$ (szén(IV)szulfid)

$Si + 2Cl_2 = SiCl_4$ (szilícium(IV)klorid)

Két nemfém kölcsönhatásának a termékei különböző halmazállapotú, kovalens típusú kémiai kötéssel rendelkező anyagok, amelyekben a közös elektronpárok a nagyobb elektronegativitású nemfémes elem felé tolódnak el.

Az elektronegativitási sor felhasználásával határozzátok meg az elemek oxidációs fokát a szén(IV)szulfidban és a szilícium(IV)kloridban!

A nemfémek előfordulása a természetben. A természetben a nemfémek elterjedtebbek a fémeknél. A levegő összetételében nitrogén, oxigén és nemesgázok találhatók. A kén terméskénként fordul elő a lelőhelyeken. Az Elő-Kárpátokban található a világ egyik legnagyobb terméskénlelőhelye. A grafitnak is vannak lelőhelyei Ukrajnában, de a gyémántnak nincsenek. Nagy mennyiségű grafit található a zavallivi lelőhelyen, amelynek nyersanyagát a mariupoli grafitüzemben dolgozzák fel. Ukrajna egyes vidékein – Zsitomir környékén és Volhíniában – olyan kőzetek lelőhelyeire bukkantak, amelyek gyémántot tartalmazhatnak, de ipari méretekben kiaknázható gyémántlelőhelyet még nem sikerült feltárni országunkban. A nemfémes elemek atomjai sokkal gyakrabban alkotnak összetett anyagokat, zömmel oxidokat, sókat.

Idézzétek fel a 8. osztályos földrajz- és kémiaórákról az oxidok és a sók előfordulását a természetben!

A nemfémek felhasználása. Az oxigén és a szén allotróp módosulatainak alkalmazását már vizsgáltuk az előző paragrafusban. Más nemfémeket is különféle módokon használnak fel. Ezekkel a 12. ábra (42. old.) alapján ismerkedhettek meg. A 12. ábrán a szén jellemzésében egy új kifejezéssel, az adszorpcióval találkozhattok.

Az ***adszorpció*** nem más, mint egyes elemeknek (adszorbensek), köztük a szénnek az a képessége, hogy a felületén képes megkötni gázok vagy oldott anyagok részecskéit. Eközben az adszorbens nem változik, mindössze pórusos felületével megtartja a gázt vagy folyadékot. Az adszorbens adszorpciós képességének a visszaállításához vagy az általa megkötött anyag kivonásához elegendő a hevítés.

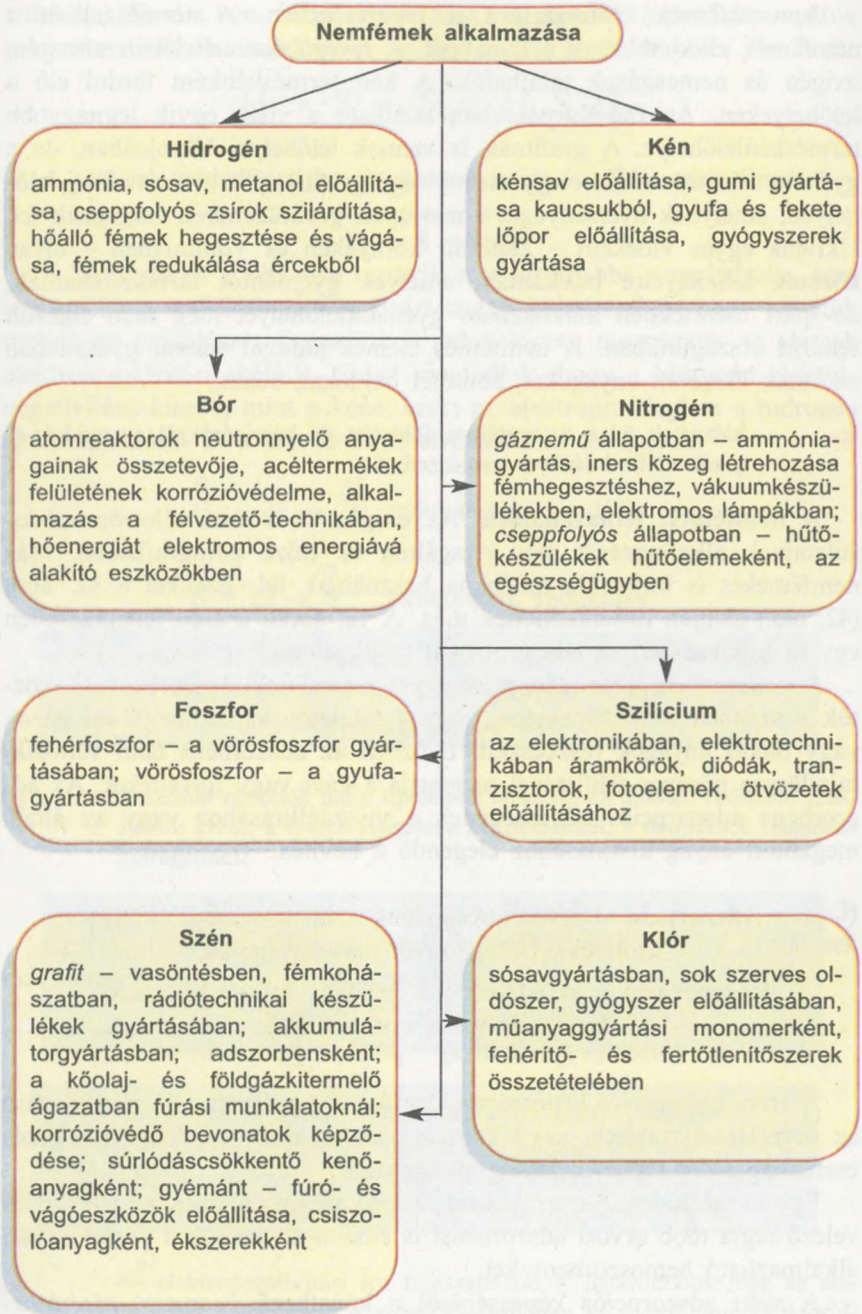
Adszorpció – egyes anyagoknak azon képessége, hogy felületükkel megkötnek más anyagokat.

Regeneráció – az adszorbens (például szén) adszorpciós képességének a visszaállítása.

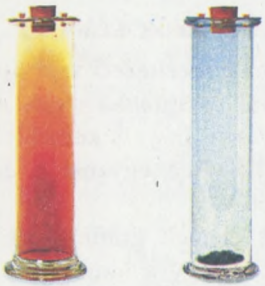
A szén adszorpciós képességén alapul a gyógyászati célú alkalmazása az orvoslásban tabletta vagy kapszula alakú aktív szénként. Mérgezés esetén az aktív szenet belsőleg alkalmazzák.

Egy ukrán tudós, *Kartel Mikola Timofijovics* professzor, az UNTA levelező tagja több orvosi adszorbenst is előállított, köztük a vérrel együtt alkalmazható hemoszorbenseket.

A szén adszorpciós képességéről a következő *bemutató kísérlettel* győződhetünk meg (13. ábra). Gáznemű nitrogén(IV)oxiddal telített, du-



12. ábra. *A nemfémek alkalmazása*



a *b*

13. ábra. *A nitrogén(IV)oxid szén általi adszorpciója*



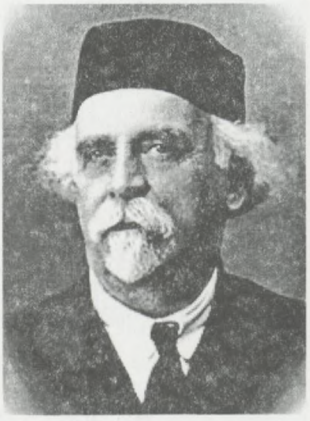
14. ábra. *Gázálarc: 1 – adszorbenstartály; 2 – gumiálarc*

góval lezárt üveghengerbe (13. *a* ábra) tegyünk fasténdarabkákat vagy felaprított tablettás aktív szenet. Ha az üveghengert néhányszor meglengetjük, akkor eltűnik a nitrogén(IV)oxid gáz barna színe (13. *b* ábra). Ha az üveghengert melegítjük, ismét megjelenik a barna szín. Hasonló kísérletet elvégezhetünk tintaoldattal is.

A szenet adszorbensként Mikola Dmitrovics Zelinszkij alkalmazta 1915-ben az általa feltalált szenes gázálarcban, egy olyan személyi védőeszközben, amely a légzőszerveket, arcot és szemet védte a légkör káros anyagaitól. A tudós által készített gázálarc sorozatgyártását 1916-ban kezdték el, s ezzel katonák százezreinek életét mentették meg az első világháborúban. Tökéletesített változatát ma is használják (14. ábra).

M. D. Zelinszkij *(1861–1953) – kiemelkedő ukrán származású tudós, akadémikus. Középiskolai tanulmányait az odesszai Richelieu Gimnáziumban végezte, diplomát ugyancsak az odesszai Novorosszijszki Egyetemen szerzett.*

A tudós tudományosan kutatta az aminosavakat és fehérjéket, a kőolaj és kőolajtermékek alkotóelemeit, a szerves vegyületek reakcióit gyorsító katalizátorok összetételét. Tudományos eredményeiért háromszor tüntették ki a Szovjetunió Állami Díjával és más elismerésekkel.



Mikola Dmitrovics Zelinszkij



A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

A nemfémes elemek atomjainak szerkezeti sajátosságai, amelyek meghatározzák a kémiai tulajdonságokat. Általános iskolai tanulmányaitokból tudjátok, hogy a kémiai elemek atomjainak legmagasabb vegyértékszáma egyenlő a csoport számával, de ez alól vannak kivételek.

Ha megfigyelitek a nemfémes elemek grafikus elektronképleteit a 3. §-ban, észrevehetitek, hogy a hidrogénen kívül minden más nemfémes elem esetében kisebb a külső energiaszinten lévő párosítatlan elektronok száma, mint a csoport száma. Mint ismeretes, a vegyértékszám a párosítatlan elektronok számával egyenlő. Akkor miért nem esik egybe sok nemfémes elem atomjainak legmagasabb vegyértékszáma és legmagasabb oxidációs foka a csoport számával? Ennek okát az oxigén és a kén – a periódusos rendszer VI. csoportja főcsoportjába tartozó elemek – példáján vizsgáljuk meg.

Mindkét elem külső energiaszintjén 6–6 elektron található:

$$_{8}O\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^4$$
$$_{16}S\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4$$

Az oxigén azonban nem lehet hatvegyértékű, míg a kénnek vannak olyan vegyületei, amelyekben a vegyértéke 6, legmagasabb oxidációs foka pedig +6. Mi ennek a magyarázata? Nézzük meg ezen elemek atomjainak grafikus elektronképleteit:

$_{8}O\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^4$



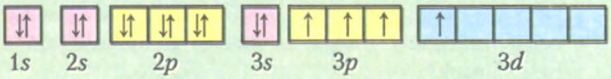
$_{16}S\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4\ 3d^0$



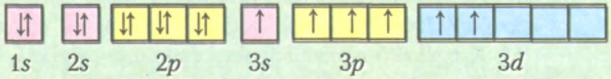
Az oxigén és kén atomjainak grafikus elektronképleteiből kiindulva levonhatjuk azt a következtetést, hogy az oxigén-

nek nincsenek szabad energiacellái, ezért atomja nem képes gerjesztett állapotba kerülni, és kettőnél több nem párosított (vegyérték-) elektronra szert tenni, miközben a kén esetében ez lehetséges, mivel harmadik energiaszintjének *d*-alszintjén meglévő szabad energiacellák révén a párosított elektronok párosítatlanokká válhatnak:

$_{16}S^*$ $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^3\ 3d^1$



$_{16}S^{**}$ $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1\ 3p^3\ 3d^2$



Ily módon a kénatom bővítheti vegyértékkel kapcsolatos lehetőségeit.

A nemfémes elemek atomjainak kémiai kötések kialakítását szabályozó tulajdonságai és a nemfémek mint egyszerű anyagok sajátosságai alapján a következő következtetések vonhatók le:

- a nemfémes elemek atomjaiban minden vegyértékelektron a külső energiaszinten helyezkedik el, ahol a telített energiaszinten (elektronhéjban) lévő elektronszámhoz képest feleannyi vagy ennél is több elektron található;
- a nemfémes elemek atomjai gerjesztett állapotba kerülhetnek, ha külső energiaszintjükön a párosítatlan elektronok számát növelő szabad energiacellák vannak. Ekkor a nemfémes elem atomjának legmagasabb vegyértéke és legmagasabb oxidációs foka egybeesik a csoport számával;
- a nemfémes elemek atomjai a kémiai reakciókban elektronfelvétellel vagy közös elektronpárok létrehozásával érik el külső energiaszintjük telítettségét. Ennek módja a reagáló anyagok atomjainak elektronburok-szerkezetétől függ.



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Jellemezzétek a nemfémek kémiai tulajdonságait, és mondjatok példákat reakcióegyenletekre! Vizsgáljátok meg példákon a redoxi folyamatokat!

2. Írjátok le a következő kölcsönhatások reakcióegyenleteit:

a) szilícium és oxigén; b) szilícium és hidrogén; c) cink és klór; d) foszfor és klór! Nevezzétek meg a képződő vegyületeket!

3. Számítsátok ki a 44,8 l (n. k. k.) hidrogénből és megfelelő mennyiségű kénből képződő hidrogén-szulfid térfogatát!

4. Vizsgáljátok meg a 12. ábrát! Magyarázzátok meg, hogy a nemfémek mely fizikai és kémiai tulajdonságain alapul gyakorlati felhasználásuk!

5*. A fluor oxigénnel alkotott vegyületének képlete OF_2. Az elektronegativitási skála alapján határozzátok meg, mely elem felé tolódnak el a közös elektronpárok! Magyarázzátok meg, miért nem nevezik oxidnak a képződött vegyületet! Ti hogyan neveznétek el az adott vegyületet?

6*. Kiegészítő olvasmányokra és kémia-, fizika-, biológia- és földrajztudásotokra alapozva készítsetek beszámolót a nemfémes elemek természetben játszott szerepéről!



6. §. A nemfémes elemek illó hidrogénvegyületei

Mint az 5. §-ból már tudjátok, a nemfémek zöme egyesülési reakcióba lép a hidrogénnel, és ennek eredményeként ***bináris hidrogénvegyületek*** keletkeznek, amelyeket ***illó hidrogénvegyületeknek*** is neveznek. A nemfémes elemek illó nitrogénvegyületeinek általános képletei a periódusos rendszerben vannak feltüntetve.

A klór és a nitrogén illó hidrogénvegyületeinek keletkezése. Az illó hidrogénvegyületek előállításának általános módja a megfelelő nemfémmel való reagáltatás:

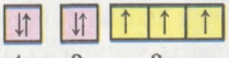
$H_2 + Cl_2 = 2HCl$ (hidrogén-klorid vagy klór-hidrogén)
$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ (hidrogén-nitrid vagy ammónia).

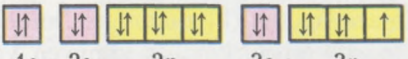
Megjegyzés: a nitrogén illó hidrogénvegyületét továbbra is a hagyományos NH_3 alakban írják, jóllehet a nitrogén elektronegativitása jóval nagyobb, mint a hidrogéné. Az elnevezést az általános szabály szerint írják: először a kevésbé elektronegatív hidrogént nevezik meg.

Mindkét esetben egyesülési reakció ment végbe. A hidrogén, klór és nitrogén atomjainak elektronszerkezetéből kiindulva megvizsgáljuk ezen reakciók termékeinek elektronképleteit és grafikus elektronképleteit, de

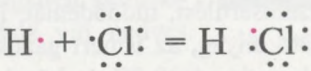
először az atomok elektronképleteit és grafikus elektronképleteit tüntetjük fel:

$_1H$ $1s^1$ 

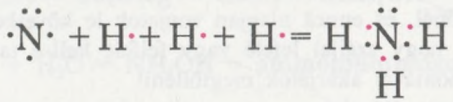
$_7N$ $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$ 

$_{17}Cl$ $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$ 

A klóratomnak elegendő egy közös elektronpárt kialakítania a hidrogén egy atomjával ahhoz, hogy mindkét atom külső energiaszintje elektronokkal telítődjön:



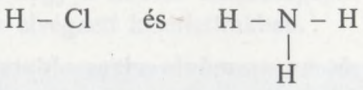
A nitrogénatom külső energiaszintjének három párosítatlan elektronja révén három közös elektronpárt alkot három hidrogénatommal. Eközben mindegyik atom külső energiaszintje elektronokkal telítődik:



A vizsgált vegyületekben poláris kovalens kötés található. A közös elektronpárok a nagyobb elektronegativitású klór- és hidrogénatomok felé tolódnak el.

Az **illó hidrogénvegyületek** a hidrogén nemfémes elemekkel alkotott bináris vegyületei. Molekuláikban az atomok kovalens kötéssel kapcsolódnak egymáshoz.

Az elektronképletekből kiindulva leírjuk a vizsgált vegyületek szerkezeti képleteit:



Vagyis az illó hidrogénvegyületben a klór vegyértéke 1, a nitrogéné pedig 3.

Az imént az ammónia elektron- és szerkezeti képleteit vizsgáltuk. Írjátok fel a következő elemek illó hidrogénvegyületeit: szén (metán), oxigén (víz), fluor (fluor-hidrogén)! Vonjátok le következtetéseiteket az ugyanabba a periódusba tartozó nemfémes elemek vegyérték-módosulásairól az illó hidrogénvegyületeikben!

Az illó hidrogénvegyületek fizikai tulajdonságai. A hidrogén nemfémes elemekkel alkotott bináris vegyületei azért kapták az ***illó hidrogénvegyületek*** elnevezést, mert közönséges körülmények között gáznemű a halmazállapotuk (klór-hidrogén, ammónia, kén-hidrogén) vagy alacsony forráspontú folyadékok, és könnyen váltanak gáznemű halmazállapotra (víz).

Az ***ammónia (hidrogén-nitrid)*** NH_3 – színtelen, szúrós szagú, mérgező gáz. Kis mennyiségű belégzése segít ájulás esetén az eszmélet visszanyerésében. A megengedett határértéket (a levegőben 0,04 mg/m^3) meghaladó mennyiségben szemsérülést, tüdőödémát, idegrendszeri károsodást okoz. Gáz halmazállapotú anyag, az ismert gázok között a legnagyobb a vízben való oldódási képessége (+20 °C-on közel 700 l egy liter vízben). Az egészségügyben *szalmiákszeszként* ismert változata nem más, mint az ammónia 10%-os vizes oldata.

Számítsátok ki önállóan, hogy az ammónia könnyebb vagy nehezebb a levegőnél, és ennek alapján vonjatok le következtetést arra vonatkozóan, hogy szájjal lefelé vagy felfelé kell-e tartani a kémcsövet, ha ammóniával akarjátok megtölteni!

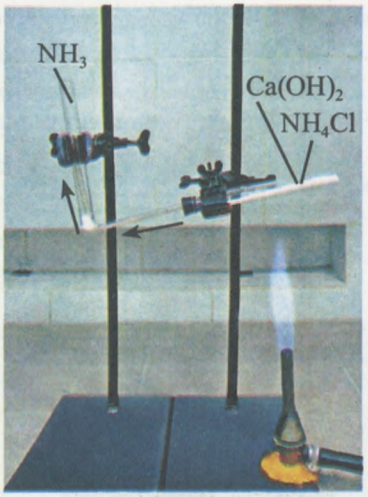
A gyógyszertárakban a szalmiákszesz 150 milliliteres sötét üvegflakonokban kapható. Azt feltételezve, hogy a szalmiákszesz sűrűsége 1 g/ml, számítsátok ki, mekkora térfogatú ammóniára van szükség egy ilyen flakonnyi oldat elkészítéséhez!

A ***klór-hidrogén (hidrogén-klorid)*** HCl – színtelen, szúrós szagú, a légzőszerveket irritáló gáz, amely a levegőn „füstöl", ugyanis a levegőben mindig jelen lévő vízgőzzel apró sósavcseppeket képez. Az ammóniához hasonlóan a hidrogén-klorid jól oldódik a vízben (+20 °C-on közel 500 l egy liter vízben).

Számítsátok ki önállóan a klór-hidrogén levegőhöz viszonyított sűrűségét!

A klór-hidrogén és az ammónia vizes oldatai. Az általatok is ismert sósav a klór-hidrogén vizes oldata, amely a savak összes általános tulajdonságával rendelkezik, azaz hat az indikátorokra: az univerzális indikátorpapír, a lakmusz és a metilnarancs rózsaszínűre változik benne.

Az ammónia tulajdonságainak megismerése céljából *bemutató kísérletet* végzünk. Állítsunk elő ammóniát ammónium-kloridból NH_4Cl és kalcium-hidroxidból $Ca(OH)_2$. Mindkét anyagot szilárd halmazállapotban használjuk. Összeállítjuk a 15. ábrán látható berendezést, és elhelyezzük az edényekben a reagensek keverékét. Rögzítjük a kémcsövet az állványon úgy, hogy kissé megdöntjük a dugó irányában, majd hevítjük. Már gyenge melegítés hatására megindul az ammónia fejlődésével járó reakció. Az ammónia megtölti az állványon fenekével felfelé rögzített kémcsövet. A kémcső nyílásához vitt nedves lakmuszpapír elkékül.



15. ábra. *Ammónia előállítása*

A végbement reakciók a következő egyenletekkel írhatók le:

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2NH_4OH \begin{matrix} \nearrow 2NH_3\uparrow \\ \searrow 2H_2O \end{matrix}$$

$$NH_3 + H_2O = NH_4OH$$ – **ammóniumhidroxid**

A víz ugyan gyenge elektrolit, egyes molekulái mégis hidrogénkationokra H^+ és hidroxid-anionokra OH^- disszociálnak:

$$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$$

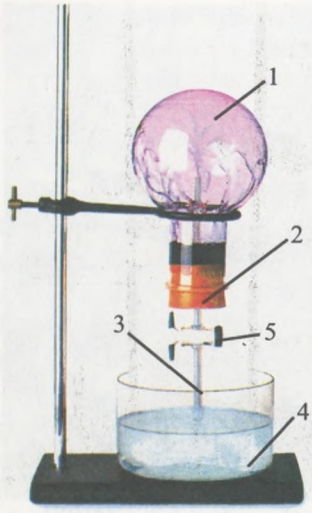
Az ammónia vízben való oldódása során a hidrogénkationt a nitrogén köti meg szabad elektronpárjának köszönhetően, és pozitív töltésű **ammóniumkation** NH_4^+ keletkezik:

$$\ddot{N}H_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$$

Mint látjuk, az ammóniumkationokkal egy időben az oldatban szabad hidroxid-anionok jelennek meg.

Ez az oka annak, hogy a nedves lakmuszpapír – lúgos közeget jelezve – megkékült az elvégzett kísérletünkben.

Az **ammóniumkation** (ammóniumion) – egyetlen töltéssel rendelkező NH_4^+ pozitív ion, amely annak következtében jött létre, hogy a hidrogénkation egyesült az ammónia-molekulával.



16. ábra. *Ammónia oldódása vízben („szökőkút")*

Az ***ammónium-hidroxid*** NH_4OH – nem szokványos bázis. Elsősorban azért, mert nincs fémkationja, ehelyett két nemfémes elem öt atomjából képződött ammóniumkationja van. Másodsorban azért, mert csak oldatban létezik. Harmadsorban azért, mert önmagától vízre és ammóniára bomló gyenge elektrolit.

Az ammónia nagyfokú oldhatóságát és oldatának lúgos közegét jól mutatja a „szökőkút" elnevezésű *bemutató kísérlet.* Összeszereljük a 16. ábrán látható berendezést. Az ammóniával telt *1* lombik nyílását *3* üvegcsővel ellátott *2* dugóval lezárjuk. A cső felső vége a lombik belsejébe nyílik. A *4* kristályosító edénybe vizet öntünk, majd néhány csepp fenolftaleint adunk hozzá.

A lombikot a vízzel töltött edény fölött rögzítjük oly módon, hogy a *3* üvegcső a vízbe érjen. Ezután kinyitjuk az *5* csapot. A lombikot megtöltő ammónia fokozatosan oldódni kezd a vízben, amitől csökkeni kezd az edényben a nyomás, és a víz rohamos gyorsasággal, szökőkútszerűen hatol a lombik belsejébe. Eközben a „szökőkút" málnaszínt ölt.

Magyarázzátok meg önállóan, miért lesz málnaszínű a „szökőkút"!

Az általános iskolában tanultátok a sósav előállítását és tulajdonságait, ezért tudjátok, hogy az ammóniaoldattól eltérően a klór-hidrogén közege savas kémhatású. Az ammónia és a sósav előállítására szolgáló klór-hidrogén vízben való oldhatóságának összehasonlítása nyomán arra a következtetésre jutunk, hogy mindkét illó hidrogénvegyület jól oldódik a vízben, de a kapott oldatok közegei eltérő kémhatásúak. Ez az ammónia NH_3 és a klór-hidrogén HCl vízben történő oldódásának eltérő eredményével magyarázható. Az ammónia-molekulában ugyanis nem a kötések bomlanak fel, hanem szabad elektronpárjának köszönhetően a nitrogénatom megköti a víz disszociációja nyomán keletkező hidrogénkationt H^+. A klór-hidrogénben felbomlik a hidrogén és a klóratomok közötti kötés (idézzétek fel a poláris kovalens kötésű vegyületek elekt-

rolitikus disszociációját), az így képződő H^+- és Cl^--kationok átmennek az oldatba, ahol a hidrogénkation vízmolekulához kötődik:

$$H_2O + H^+ = H_3O^+ \text{ (oxónium-kation)}$$

Megjegyzés: a savak részvételével végbemenő ioncserés reakciók egyenleteinek írásakor rendszerint H^+-t és nem H_3O^+-t tüntetünk fel.



A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

Az ammónia ipari felhasználása és előállítása. Az ammóniát nagy mennyiségben használják salétromsav, műtrágyák, robbanószerek, műanyagok előállításához, hűtőberendezések aggregátjaiban. A hazai vegyipar ammónia-szükségletét és számos országba történő exportját olyan cégek biztosítják, mint a cserkaszi székhelyű Azot Nyrt., a Stirol Konszern (Gorlivka, Donyeck megye; 1933-ban Ukrajnába elsőként itt kezdték meg a szintetikus ammónia ipari előállítását), az Odesszai Priportovij Üzem (Juzsne település), a Szeverodonyecki Azot Egyesülés (Luhanszk megye), Rivneazot (Rivne), Dnyiproazot (Dnyiprodzerzsinszk, Dnyipropetrovszk megye).

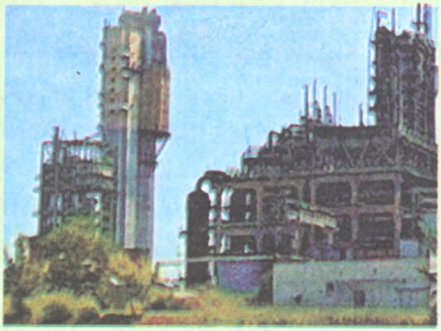
A vegyipari gyártás folyamatait a következőképpen szakaszolják: *1) nyersanyag; 2) a kémiai reakciók számára szolgáló készülékek és berendezések; 3) a termelési folyamat kemizmusa; 4) vegyipari termék.*

1. Nyersanyag. Ipari méretekben az ammóniát nitrogénből és vízből állítják elő. A nitrogént a levegőből nyerik. Ehhez hűtéssel, nagy nyomáson cseppfolyósítják a levegőt. A cseppfolyósított levegőt melegítik, és elsőként a nitrogén (forráspontja 196 °C) párolog el belőle, az oxigén (forráspontja 183 °C) és a többi gáz cseppfolyós állapotban marad.

A hidrogént nagyobbrészt földgázból nyerik oly módon, hogy speciális berendezésekben +800 °C-on vízzel reagáltatják:

$$CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$$

2. Készülékek és berendezések. Az ammóniagyártó üzem bonyolult műszaki komplexum, fő részét a *szintézistorony* (*szintézisreaktor*) képezi (17. ábra). Egy ilyen üzem naponta közel 1500 tonna ammónia előállítására képes. A szintézistorony szilárd építmény: 20–22 méter magas, több mint 1 méter sugarú, korrózióálló acélhenger. A torony belsejében hőcserélő és katalizátortartály található.



17. ábra. *Ammóniaüzem (balra: szintézistorony)*

3. Az ammóniagyártás kemizmusa. Első pillantásra a nitrogén és hidrogén kölcsönhatása egyszerű, gyakran lejátszódó egyesülési reakciónak tűnhet. A valóságban más a helyzet: a reakciót hosszú ideig nem tudták ipari méretekben megvalósítani, mert *exoterm, megfordítható és katalitikus jellegű kölcsönhatás, amely a gáznemű anyagok térfogatcsökkenésével jár*:

$$N_2 + 3H_2 \xrightleftharpoons{t,\ \text{kat.},\ \text{nyom.}} 2NH_3,\ \Delta H = -92\ \text{kJ}$$

Fritz Haber német tudósnak végül sikerül kidolgoznia – a reakció valamennyi jelzett tulajdonságainak figyelembevételével – az ammónia ipari előállításának optimális feltételeit. Hogy megértsük, milyen nehézségekbe ütközött az optimális feltételek kialakítása, elég egy példát megvizsgálnunk: a megfelelő katalizátor, az alumínium-oxid és kálium-oxid adalékot tartalmazó porózus vas megtalálásáig több mint 20 ezer anyagot próbáltak ki. Az ammóniaszintézist jelenleg +500–550 °C-on, 20–25 MPa nyomáson és vas katalizátorként való alkalmazásával valósítják meg.

A szintézisreaktoron történő egyszeri áthaladás során a nitrogén-hidrogén keverék közel 20%-a lép reakcióba. A termelés csak akkor kifizetődő, ha biztosított a gázkeverék többszöri keringtetése a szintézistoronyban.

4. A termék. A folyamat terméke az ammónia, amely a szintézisreaktor kimeneti részén a nitrogénnel és hidrogénnel gázkeveréket alkot. A keverék hűtésével az ammóniát cseppfolyósítják, különválasztják a nitrogéntől és a hidrogéntől, majd cseppfolyós állapotban speciális edényekben tárolják. Az ammóniát acéltartályokban, vasúton és közúton ciszternákban, vízen speciális tankhajókban szállítják, de csővezetékeken is továbbítják.



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. A VI. csoport nemfémes elemeinek példáján tisztázzátok, változik-e a vegyértékük az ugyanabba a mellékcsoportba tartozó elemeknek az illó hidrogénvegyületekben?

2. Szerkesszétek meg azoknak a nemfémes elemek által alkotott vegyületeknek a képleteit, amelyeket a következő atomok képeznek:

a) foszfor és hidrogén; b) jód és hidrogén!

Írjátok le az egyszerű anyagokból való előállításuk egyenleteit!

3. Hasonlítsátok össze a klór-hidrogén és az ammónia molekuláinak szerkezetét és tulajdonságait!

4. Számítsátok ki, milyen térfogatot foglal el a 6,8 g tömegű ammónia (n. k. k.), és hány atom, valamint molekula található ebben az anyagmennyiségben!

5. Melyikben van több molekula: a 73 g tömegű hidrogén-kloridban vagy a 2 mol anyagmennyiségű ammóniában?

6*. Mekkora térfogatú ammóniát állítottak elő nitrogénből és hidrogénből, ha a kapott gáznemű anyagnak a kiindulásinál 10 literrel kisebb a térfogata? Mindegyik mérésre azonos körülmények vonatkoznak.

7*. Számítsátok ki a klór-hidrogén tömegrészét az 500 ml (n. k. k) hidrogén-klorid 1 l vízben való feloldásával nyert sósavban!

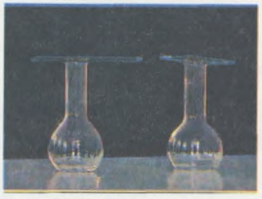


7. §. Ammóniumsók. Az ammóniumion és klórion kimutatásának kvalitatív reakciói

Az ammóniumsók fogalma. Azt, hogy az ammónia és a hidrogén-klorid különböző tulajdonságokkal rendelkező anyagok, az egymással való kölcsönhatásuk is jelzi.

Végezzünk el egy *bemutató kísérletet*! Tömény ammóniaoldattal öblítsünk ki egy tisztára mosott lombikot, tömény sósavval egy másik lombikot (18. *a* ábra). Illesszük össze a két lombik nyílását, ahogyan a 18. *b* ábra mutatja. Megfigyelhetjük, hogyan tölti ki a fehér „füst" a lombikokat. Ilyen alakja a két nemfém illó vegyületeinek egyesülési reakciója nyomán képződő aprókristályos ammónium-kloridnak van:

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl \text{ (ammónium-klorid)}$$



a



b

18. ábra. *Ammónia kölcsönhatása hidrogén-kloriddal*

Ebben a reakcióban a HCl disszociációja nyomán keletkezett hidrogénkationok az ammónia-molekulákhoz kötődtek ammóniumkationok NH_4^+ képződésével.

Az NH_4^+ kation sugara közel olyan méretű, mint a káliumkationé, ezért hozzá hasonlóan ***ammóniumsóknak*** nevezett sókat képezhet. Az elnevezést az „ammónium" szóból és a savmaradék nevéből képezik:

NH_4NO_3 – ammónium-nitrát
$(NH_4)_2SO_4$ – ammónium-szulfát

Az ammóniumsók kristályos, vízben jól oldódó vegyületek, erős elektrolitok.

Az ammóniumsók kémiai tulajdonságai.

1. Bomlás hevítéskor. Az ammóniumsók instabilak még a csekély melegítéssel szemben is:

$$(NH_4)_2SO_4 \xrightarrow{t^\circ} 2NH_3\uparrow + H_2SO_4$$

$$(NH_4)_2CO_3 \xrightarrow{t^\circ} 2NH_3\uparrow + H_2O + CO_2\uparrow$$

2. Elektrolitikus disszociáció. Majdnem mindegyik ammóniumsó erős elektrolit, amely vizes oldatokban ammóniumkationok és a megfelelő savmaradék-anionok képződésével disszociál:

$$(NH_4)_2SO_4 = 2NH_4^+ + SO_4^{2-}$$

3. Kölcsönhatás lúgokkal (oldatban nagyon gyorsan zajlik):

$$(NH_4)_2SO_4 + 2KOH = K_2SO_4 + 2NH_4OH$$

$$2NH_4^+ + SO_4^{2-} + 2K^+ + 2OH^- = 2K^+ + SO_4^{2-} + 2NH_3\uparrow + 2H_2O$$

$$2NH_4^+ + 2OH^- = 2NH_3\uparrow + 2H_2O$$

$$NH_4^+ + OH^- = NH_3\uparrow + H_2O$$

Az eközben képződő ammónia nedves indikátorpapírral mutatható ki.

Az ammóniumionok kimutatásának kvalitatív reakciói. Hogyan reagálnak a lúgokkal más ammóniumsók? A kérdés megválaszolásához elvégzünk egy *bemutató kísérletet.* Reagáltassuk ammónium-karbonát oldatát kálium-hidroxid oldatával (19. ábra). A reakció azonnal végbemegy, és gáznemű termék fejlődik. Ha az anyagok reagáltatására szolgáló pohár nyílásától a levegőt kezünkkel az orrunk felé legyezzük, ammónia-szagot érzünk. A pohár nyílásához vitt nedves lakmuszpapír elkékül (19. ábra). A kálium-hidroxid nem volt hatással rá, mivel nem illékony vegyület. Vagyis az indikátor színét a rá ható, ammóniából és az indikátorpapírt megnedvesítő vízből képződő ammónium-hidroxid változtatta meg.



19. ábra. *Az ammóniumion kimutatásának kvalitatív reakciója*

Leírjuk az elvégzett reakciók molekuláris, teljes és egyszerűsített ionegyenletét:

$$(NH_4)_2CO_3 + 2KOH = K_2CO_3 + 2NH_3\uparrow + 2H_2O$$

$$2NH_4^+ + CO_3^{2-} + 2K^+ + 2OH^- = 2K^+ + CO_3^{2-} + 2NH_3\uparrow + 2H_2O$$

$$2NH_4^+ + 2OH^- = 2NH_3\uparrow + 2H_2O$$

$$NH_4^+ + OH^- = NH_3\uparrow + H_2O$$

Megismételjük a kísérletet másik ammóniumsóval, ammónium-ortofoszfáttal $(NH_4)_3PO_4$. Az előző reakcióhoz hasonlóan kimutatjuk az ammóniaképződést. Leírjuk a reakció egyenletét ionos és molekuláris alakban:

$$(NH_4)_3PO_4 + 3KOH = K_3PO_4 + 3NH_3\uparrow + 3H_2O$$

$$3NH_4^+ + PO_4^{3-} + 3K^+ + 3OH^- = 3K^+ + PO_4^{3-} + 3NH_3\uparrow + 3H_2O$$

Az ionok előtti együtthatók egyszerűsítésével egyszerűsített ionegyenletet kapunk:

$$NH_4^+ + OH^- = NH_3\uparrow + H_2O$$

Ebben a kísérletben is megfigyelhető, hogy az ammóniumsó lúggal való kölcsönhatását ammóniafejlődés kíséri.

Hasonlítsátok össze az ammónium-szulfát, ammónium-karbonát, ammónium-ortofoszfát lúgokkal való reagálásának egyszerűsített ionegyenleteit! Ezek egyformák vagy különbözők?

Az összehasonlítás lehetővé teszi annak megállapítását, hogy attól függetlenül, milyen ammóniumsó reagál a lúggal, a reakció azonos egyszerűsített ionegyenletnek megfelelően zajlik:

$$NH_4^+ + OH^- = NH_3\uparrow + H_2O$$

Azokat a reakciókat, amelyek lehetővé teszik az ugyanabba a csoportba tartozó konkrét anyag vagy vegyület, vagy egy kation, illetve anion kimutatását, ***kvalitatív minőségi reakcióknak*** nevezzük.

Az ***ammóniumsó*** (ammóniumkationok) kimutatásának kvalitatív reakciója a lúggal való kölcsönhatás. A reakciót ammóniafejlődés kíséri. Az ammónia jelenléte szag vagy a nedves indikátorpapír elkékülése alapján állapítható meg. A kvalitatív reakció egyszerűsített ionegyenlete a következőképpen írható fel:

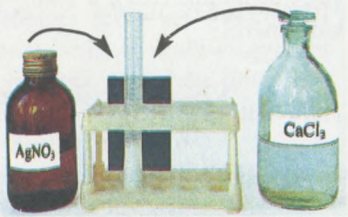
$$\mathbf{NH_4^+ + OH^- = NH_3\uparrow + H_2O}$$

A 9. osztályban, amikor a főbb szerves vegyületekkel ismerkedtetek, már alkalmaztatok kvalitatív reakciókat telítetlen szénhidrátok, glicerin, glükóz, szacharóz, keményítő kimutatására. Idézzétek fel, és nevezzétek meg őket!

Kvalitatív reakciókkal anionok is kimutathatók. Elvégzünk egy olyan *bemutató kísérletet*, amelyben a sósavhoz néhány csepp ezüst(I)nitrát oldatot adunk (az ezüst sóoldatai fényérzékenyek, ezért sötét üvegedényben tárolják őket). Azonnal szürkésfehér csapadék jelenik meg.

Megismételjük a *bemutató kísérletet*, de már kalcium-kloriddal (20. ábra). Az eredmény az elsőhöz lesz hasonló.

Annak megállapítása végett, hogy a reakciótermékek melyike csapódik ki, leírjuk az elvégzett reakciók molekula- és ionegyenleteit:



20. ábra. *Kloridion kimutatásának kvalitatív reakciója*

$$HCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + HNO_3$$

$$H^+ + Cl^- + Ag^+ + NO_3^- = AgCl\downarrow + H^+ + NO_3^-$$

$$Ag^+ + Cl^- = AgCl\downarrow$$

$$CaCl_2 + 2AgNO_3 = 2AgCl\downarrow + Ca(NO_3)_2$$

$$Ca^{2+} + 2Cl^- + 2Ag^+ + 2NO_3^- = 2AgCl\downarrow + Ca^{2+} + 2NO_3^-$$

$$Ag^+ + Cl^- = AgCl\downarrow$$

Az egyenletekből látjuk, hogy mindkét reakció egyazon egyszerűsített ionegyenlet szerint megy végbe, és mindkét reakció termékei közül csak az ezüst(I)klorid AgCl oldhatatlan.

A **kloridionok** (sósav és sói) kimutatásának kvalitatív reakciója az ezüst(I)klorid oldattal való kölcsönhatás. A reakciót szürkésfehér, vízben és erős savakban oldhatatlan ezüst(I) klorid kicsapódása kíséri. A kvalitatív reakció egyszerűsített ionegyenlete a következőképpen néz ki:

$$\mathbf{Ag^+ + Cl^- = AgCl\downarrow}$$

Az általános iskolai kémiaórákon gyakran kellett kimutatnotok lúg jelenlétét oldatokban. Hogyan végeztétek a kimutatást? Fogalmazzátok meg önállóan a következtetéseiteket a hidroxidanion kimutatásának kvalitatív reakciójáról!

Gyakoroljátok a kvalitatív reakciókat a *2. sz.* és *3. sz. laboratóriumi kísérletek* végrehajtásával. A kísérletek elvégzéséhez a *Megvizsgáljuk az anyagokat és tulajdonságaikat* című rubrikában találtok eligazítást.

Az ammóniumsók alkalmazása. Az ammóniumsókat széles körben alkalmazzák, közte a nitrogéntartalmú műtrágyák részeként (ammónium-nitrát, ammónium-szulfát), robbanóelegyek komponenseiként (ammónium-nitrát), száraz galvánelemek gyártásában, forrasztáshoz (ammónium-klorid vagy *szalmiákszesz*), a sütőiparban és cukrászatban (ammónium-hidrogén-karbonát).



Vizsgáljuk meg az anyagokat és tulajdonságaikat!

2. sz. laboratóriumi kísérlet. **Kloridion kimutatása oldatokban.**

Öntsetek kémcsőbe 1 ml ammónium-klorid oldatot, és adjatok hozzá 2–3 csepp ezüst(I)nitrát oldatot! Mi figyelhető meg?

Írjátok le a füzetetekben az elvégzett reakció ionos és molekuláris egyenletét!

Igazolták-e a vizsgálódásaitok eredményei a kloridionok kimutatásának kvalitatív reakciójáról szerzett ismereteiteket?

3. sz. laboratóriumi kísérlet. **Ammóniumionok kimutatása oldatban.**

1. feladat. Öntsetek kémcsőbe 1 ml ammónium-klorid oldatot! Adjatok hozzá 1 ml nátrium-hidroxid oldatot! Vigyetek a kémcső nyílásához nedves indikátorpapírt! Mi figyelhető meg?

Adjatok magyarázatot megfigyeléseitek eredményeiről, írjátok be munkafüzetetekbe az elvégzett reakció ionos és molekuláris egyenletét!

Igazolták-e a vizsgálódásaitok eredményei az ammónium-kationok kimutatásának kvalitatív reakciójáról szerzett ismereteiteket?

2. feladat. Gyakoroljátok a savak, kloridanionok, ammóniumionok kísérleti kimutatását kísérleti feladatok megoldása során!

1. példa. Melyik jelölés nélküli kémcsőben található sósav, és melyikben sójának, a kalcium-kloridnak az oldata?

2. példa. Melyik jelölés nélküli kémcsőben található ammónium-hidroxid, ammónium-klorid és nátrium-klorid oldata?

Írjátok le a munkafüzetetekben a kapott eredményeket, az elvégzett reakciók ionos és molekuláris egyenleteit!



A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

***Számítási feladatok:* a reakciótermék mennyiségének kiszámítása az elméletileg lehetséges mennyiséghez viszonyítva.**

Az elkerülhetetlen veszteségek következtében a reakciótermékek tömege (térfogata vagy anyagmennyisége) kisebb, mint amire a reakcióegyenlet szerinti számításokból következtetni lehet. Ezért a valóságban létrejövő terméket **gyakorlati kimenetnek** (kimenő mennyiségnek), míg a reakcióegyenlet alapján, azaz a folyamat során keletkező veszteség figyelembevétele nélkül kalkulált mennyiséget **elméleti kimenetnek** (kimenő mennyiségnek) nevezték el.

A reakciótermék elméleti kimenete 100%-kal egyenlő, miközben a gyakorlati kimenet mindig kisebb 100%-nál.

A vegyipari termelésben fontos a reakciótermék kimenő η (eta) tömegrészének és φ (fi) térfogatrészének a kiszámítása.

A gyakorlati kimenet η tömegrésze – a gyakorlatban nyert reakciótermék tömegének és a reakcióegyenlet alapján végzett számítás szerinti tömeg aránya:

$$\eta = \frac{m_{\text{gyak.}}}{m_{\text{elm.}}} \quad \text{vagy} \quad \eta = \frac{m_{\text{gyak.}}}{m_{\text{elm.}}} \cdot 100\%$$

A gyakorlati kimenet φ térfogatrésze – a gyakorlatban nyert reakciótermék térfogatának és a reakcióegyenlet alapján végzett számítás szerinti térfogat aránya:

$$\varphi = \frac{V_{\text{gyak.}}}{V_{\text{elm.}}} \quad \text{vagy} \quad \varphi = \frac{V_{\text{gyak.}}}{V_{\text{elm.}}} \cdot 100\%$$

A gyakorlati kimenetet részekben számolják 1-től, vagy százalékokban 100-tól kezdődően.

Nézzünk példákat.

1. példa. 180 g tömegű hidrogénből 1000 g tömegű ammóniát szintetizáltak. Számítsátok ki a reakciótermék gyakorlati kimenő tömegrészét!

M e g o l d á s

1. Írjuk le egyszerűsített formában a feladat feltételeit!

Adva van:
$m\text{H}_2 = 180$ g
$m\text{NH}_3 = 1000$ g
$\eta - ?$

2. Írjuk le a reakcióegyenletet:

$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$$
$$3 \text{ mol} \quad 2 \text{ mol}$$

3. A reakcióegyenlet alapján kiszámítjuk a reakciótermék elméleti kimenő mennyiségét:

a) $\nu H_2 = 180 : 2 = 90$ (mol);

b) mivel $\nu H_2 : \nu NH_3 = 3 : 2$, a νNH_3 60 mol;

$$\nu NH_3 = \frac{90}{3} \cdot 2 = 60 \text{ (mol)};$$

c) $mNH_3 = 60 \cdot 17 = 1020$ (g).

4. Kiszámítjuk a reakciótermék gyakorlati kimenő tömegrészét:

$$\eta = \frac{m_{\text{gyak.}}}{m_{\text{elm.}}} = \frac{1000 \text{ g}}{1020 \text{ g}} = 0{,}98 \text{ vagy } 98\%.$$

Felelet: a reakciótermék gyakorlati kimenő tömegrésze 98%.

2. példa. 10 m^3 térfogatú nitrogénből 16,4 m^3 ammóniát kaptunk. Számítsuk ki a reakciótermék gyakorlati kimenő térfogatrészét, ha minden mérés azonos körülmények között történt.

Megoldás

1. Írjuk le egyszerűsített formában a feladat feltételeit.

Adva van:
$\nu N_2 = 10 \text{ m}^3$
$\nu NH_3 = 16{,}4 \text{ m}^3$
$\varphi - ?$

2. Írjuk le a reakcióegyenletet:

$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$$

3. Kiszámítjuk a reakciótermék elméleti kimenő tömegrészét:

Mivel minden anyag gáznemű halmazállapotban van, a vegyülő gázok térfogati törvénye szerint:

$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$$
$$1V \qquad 2V$$

Mint látjuk, az ammónia térfogata kétszer nagyobb a nitrogén térfogatánál, és 20 literrel ($10 \cdot 2 = 20$) egyenlő.

4. Kiszámítjuk a reakciótermék térfogatrészét:

$$\varphi = \frac{V_{\text{gyak.}}}{V_{\text{elm.}}} = \frac{16{,}4\ \text{l}}{120\ \text{l}} = 0{,}82 \text{ vagy } 82\%.$$

Felelet: a reakciótermék gyakorlati kimenő térfogatrésze 82%.



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Mondjatok példákat ammóniumsókra! Mi a különleges az összetételükben más sókhoz viszonyítva?

2. Az ammónium-szulfát példáján írjatok olyan reakcióegyenleteket, amelyek az ammóniumsók fő kémiai tulajdonságaira jellemzők!

3. Fogalmazzátok meg, mit jelentenek a kvalitatív reakciók! Mondjatok példákat a kloridanionokat, ammóniumkationokat, hidroxidanionokat, hidrogénkationokat kimutató kvalitatív reakciókra!

4. Állítsátok össze két olyan ammóniumsó képletét, amelyek nem szerepeltek a paragrafus anyagában, és írjátok le a bárium-hidroxiddal való kölcsönhatásuk molekula- és ionegyenletét!

5. Mekkora térfogatú ammónia nyerhető 4 mol (n. k. k.) ammónium-szulfátból?

6*. Mit gondoltok, mi indokolja az ammónium-hidrogén-karbonát alkalmazását a sütőiparban? Feleleteteket támasszátok alá reakcióegyenlettel!

7*. Számítsátok ki a hidrogén-klorid tömegben és térfogatban kifejezett kimenő anyagmennyiségét, ha 5 mol anyagmennyiségű klórból 340 g tömegű hidrogén-klorid nyerhető!



8. §. Nemfémes elemek oxidjai és oxidhidrát vegyületei

A nemfémes elemek oxidjai. A már ismert általános osztályozás szerint a nemfémes elemek oxidjait *sóképzőkre* (ilyen a többségük) és *nem sóképzőkre* (például CO, NO, N_2O) osztjuk. Közöttük vannak gáznemű anyagok (például szén(II)oxid, szén(IV)oxid, kén(IV)oxid), szilárd anyagok (foszfor(V)oxid), folyadékok (víz, klór(VII)oxid).

Minden oxidban kivétel nélkül a nemfémes elemek oxigénhez kötődő atomjai pozitív oxidációs fokkal rendelkeznek.

Írjátok le az említett oxidok molekulaképleteit, és határozzátok meg atomjaik oxidációs fokát!

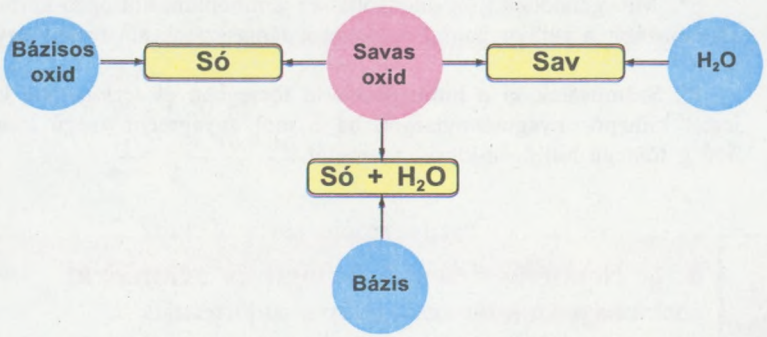
A vegyértéktől – és következésképpen – az oxidációs foktól függően ugyanaz a nemfémes elem különböző mennyiségi összetételű oxidokat képezhet. Például a nitrogén esetében az ismert oxidok oxidációs foka +1-től +5-ig terjed.

Írjátok le a nitrogén-oxidok molekulaképleteit a nitrogénatomok valamennyi ismert oxidációs fokával!

A sóképző oxidokat – mint ismeretes – bázisos, amfoter és savas oxidokra osztják.

A nemfémes elemek sóképző oxidjai a savas oxidokhoz tartoznak.

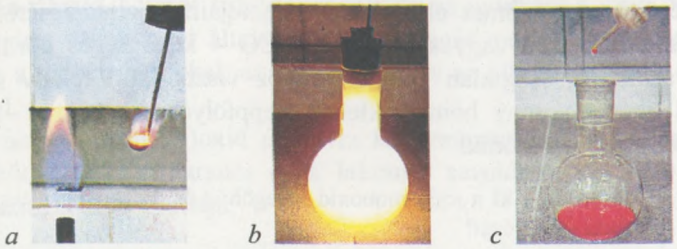
A nemfémes elemek sóképző oxidjainak savas jellege. A nemfémes elemek sóképző oxidjainak többsége kölcsönhatásba lép a ***vízzel***, és eközben savak képződnek, valamint ***bázisokkal*** vagy ***bázisos oxidokkal***, s eközben az oxidnak – a savképző nemfémes elemével azonos az oxidációs foka – megfelelő sav sója jön létre. A jelzett kémiai tulajdonságok a 21. ábrán vannak feltüntetve.



21. ábra. *A savas oxidok kémiai tulajdonságai*

Elvégezzük a foszfor(V)oxid savas jellegét bizonyító *bemutató kísérletet.* Először a foszfor égetésével (22. *a*, *b* ábra) oxidot állítunk elő, amelyet forró vízben feloldunk, majd indikátorral megvizsgálunk (22. *c* ábra).

A metilnarancs színe rózsaszínre változott. Vagyis a vizsgált oldat savas kémhatású. A képződött ortofoszforsav a vízben – az indikátor által jelzett – hidrogénkationok képződésével disszociált:



22. ábra. *A foszfor égése levegőn (a); oxigénben (b); az oldat vizsgálata indikátorral (c)*

$$H_3PO_4 \rightleftarrows H^+ + H_2PO_4^-$$
$$H_2PO_4^- \rightleftarrows H^+ + HPO_4^{2-}$$
$$HPO_4^{2-} \rightleftarrows H^+ + PO_4^{3-}$$

A vázlatot felhasználva írjátok le a kén(IV)oxid savas jellegét bizonyító reakcióegyenleteket!

A nemfémes elemek oxidhidrát vegyületei. Tekintettel arra, hogy a nemfémes elemek sóképző oxidjai a savas oxidokhoz tartoznak, hidrát formái pedig ***oxigéntartalmú savak*** (***oxosavak***). A többségük a megfelelő oxid vízzel való közvetlen kölcsönhatása során képződik. De vannak kivételek, például a szilícium(IV)oxid, amelyet a folyami homok fő alkotórészeként ismerhettek. Ebből úgy állítják elő a savat, hogy oldható sójára erős savval hatnak:

$$Na_2SiO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2SiO_3\downarrow$$

Írjátok le ezt az egyenletet teljes és ionos alakban!

A tananyagban való könnyebb eligazodás végett használjátok a 4. táblázatot!

4. táblázat

Nemfémes elemek oxidjai és oxidhidrát vegyületei

Oxidképlet	A savképző elem oxidációs foka	Oxidhidrát	
		Képlet	Savnév
N_2O_5	+5	HNO_3	salétromsav
SO_2	+4	H_2SO_3	kénessav
SO_3	+6	H_2SO_4	kénsav
CO_2	+4	H_2CO_3	szénsav
SiO_2	+4	H_2SiO_3	kovasav
P_2O_5	+5	H_3PO_4	ortofoszforsav

Rátérünk a nemfémes elemek egyes oxidjainak jellemzésére.

A szén-monoxid vagy **szén(II)oxid CO** – közönséges körülmények között színtelen, szagtalan gáz, levegőhöz viszonyított relatív sűrűsége közel 1, igen alacsony hőmérsékleten cseppfolyósodik ($t_{forr.} = -192$ °C), a vízben rosszul oldódik.

Számítsátok ki a szén-monoxid levegőhöz és hidrogénhez viszonyított relatív sűrűségét!

A kémiai reakciókban a szén-monoxid redukáló tulajdonságokkal rendelkezik. Ez azzal magyarázható, hogy a szén tovább oxidálódik a következő vázlat szerint: $\overset{+2}{C} \rightarrow \overset{+4}{C}$. A szén-monoxid redukáló jellegén alapul a kohászatban való alkalmazása a fémek ércekből történő olvasztása során, például: $FeO + CO = Fe + CO_2$, valamint tüzelőanyagként való felhasználása más éghető gázokkal keverve (kékes lánggal ég):

$$2CO + O_2 = 2CO_2, \triangle H = -566 \text{ kJ}$$

Készítsétek el a szén(II)oxid részvételével lezajlott, fentebb vizsgált redoxi reakciók elektronmérlegét!

A szén-monoxid élettani hatása. A szén(II)oxid erősen mérgező gáz. Az emberre nézve halálos, ha az aránya meghaladja a 0,2%-ot a levegőben. A halál attól áll be, hogy a szén-monoxid az oxigénnél erősebben kötődik a vér hemoglobinjához, és ezáltal megszűnik az oxigén szállítása a szervezet sejtjeihez. A szén-monoxid kis mennyisége által okozott mérgezés jele a vér szokatlanul élénkpiros színe, az erős fejfájás, esetleg eszméletvesztés.

Szén-monoxid gáz akkor keletkezik, amikor nem ég el teljesen a tüzelőanyag a kályhában vagy az üzemanyag a belsőégésű motorban, és megtalálható a cigarettafüstben is. Ez az oka annak, hogy a cigarettafüst nem csak a dohányzó egészségét károsítja, hanem a környezetében lévőkét is.

$$2C + O_2 = 2CO$$

Az elsősegélynyújtás szén-monoxidmérgezés esetén abban áll, hogy tiszta levegőt kell biztosítani a beteg légzéséhez.

A **szén(IV)oxid vagy szén-dioxid CO_2** – színtelen, enyhén savanykás ízű és szagú gáz, 1,5-szer nehezebb a levegőnél, a szén-monoxidnál jobban oldódik a vízben (szobahőmérsékleten 1 l vízben közel 1 l szén-dioxid oldható fel). Összenyomva könnyen átmegy szilárd halmazállapotba. A szén(IV)oxid szilárd formáját *szárazjégnek* is nevezik.

A szén-dioxid kémiai tulajdonságai. Savas oxidként a szén-dioxid a savas oxidok valamennyi általános tulajdonságát megjeleníti: kölcsönhatásba lép a vízzel, lúgokkal, az alkálifémes és az alkáliföldfémes elemek oxidjaival.

Azt, hogy a szén(IV)oxid és a víz kölcsönhatásának eredményeként sav képződik, a metilnarancs és a lakmusz savoldatra jellemző rózsaszínű elszíneződése mutatja:

$$H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^-$$
$$HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + CO_3^{2-}$$

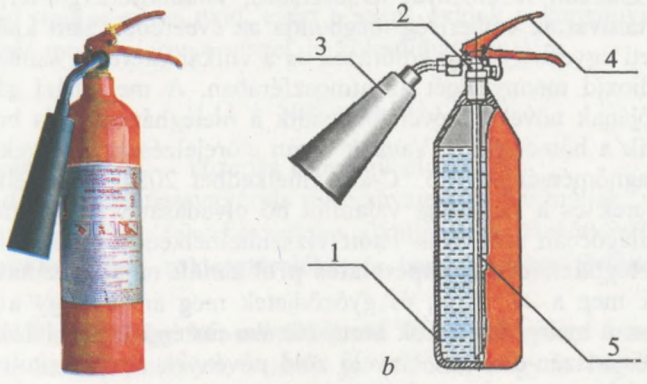
A szén(IV)oxid elég érzékeny a kalcium-hidroxidra (mészvízre). Ha rövid ideig áramoltatjuk az oldatán keresztül, fehér színű csapadék képződik (tudjátok, hogy a kémiában az oldat zavarossá válását csapadék megjelenéseként értékeljük):

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O$$

A szén(IV)oxid és a mészvíz kölcsönhatását a kalcium-karbonát $CaCO_3$ fehér színű csapadékának a megjelenése kíséri. Ezt a reakciót a szén-dioxid kvalitatív kimutatására használják.

A szén-dioxid nem ég. Ennek a tulajdonságának és annak köszönhetően, hogy sokkal nehezebb a levegőnél, tűzoltó készülékekben alkalmazzák.

A szén-dioxidos tűzoltó készülékeket (23. *a* ábra) kisebb tüzek oltására használják. Az ilyen készülék (23. *b* ábra) 5,7 MPa nyomáson szén(IV)oxid gázt tartalmazó *1* ovális fémtörzsből, *2* nyakrészből és ebbe szerelt csapszegből (biztosítóból), valamint *3* tölcsérből áll.



23. ábra. *A tűzoltó készülék külalakja (a) és vázlatos szerkezete (b)*

A tűzoltó készülék üzembe helyezéséhez el kell távolítani a csapszeget, meg kell nyomni a *4* kart, és a tölcsért a tűz felé kell irányítani. Ekkor kinyílik a reteszszerkezete, s a tartályból annak tartalma a nyomás hatására az *5* szifoncsövön a tölcsérhez áramlik. A tűzoltó készülék ekkor használatra kész. Alkalmazásakor a tűzfészek környéke néhány perc alatt lehűl és éghetetlen CO_2 réteggel vonódik be, az égési reakció megszűnik.

A szén-dioxid előfordulása a természetben, jelentősége. A Vénusz légkörének 95%-a szén-dioxidból áll. A mi bolygónk légkörében 0,03%-ot tesz ki a tartalma. Szén-dioxidot tartalmaznak a vulkanikus gázok és az ásványvizek is.

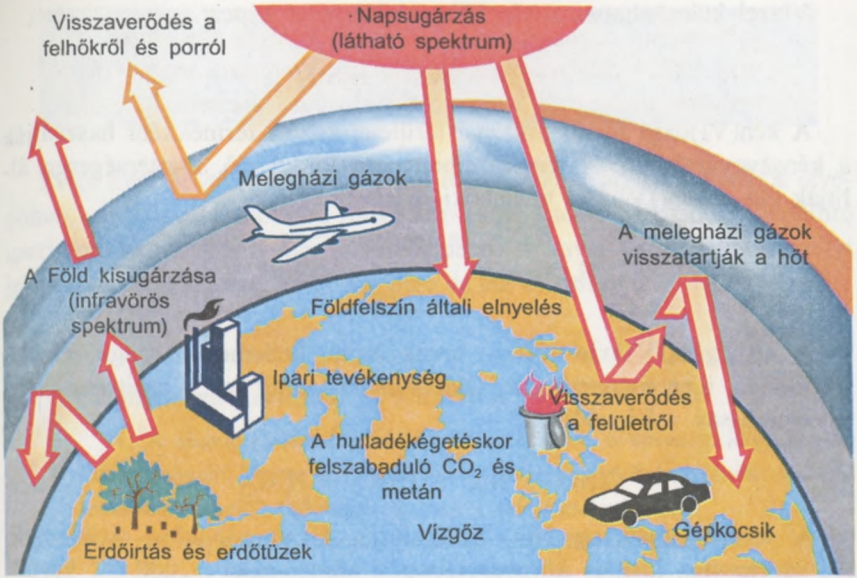
A szén-dioxidnak köszönhető az élő természet egyik legfontosabb jelensége, a fotoszintézis.

> Idézzétek fel a fotoszintézis lényegét és azt, hogy milyen feltételek mellett megy végbe!

A szén-dioxidhoz köthető egy másik természeti jelenség, az ***üvegházhatás*** is. Az üvegházhatás lényege az, hogy a légkörben egyensúly áll fenn a földfelszínre jutó napsugárzás hője és bolygónk hőkisugárzása között. A tudósok számításai szerint az üvegházhatás nélkül a Föld hőmérséklete 25–30 °C-kal alacsonyabb lenne, mint amilyen a valóságban. A levegőben lévő víz, szén-dioxid, ózon, metán molekulái hatással vannak erre az egyensúlyra. Úgy működnek ugyanis, mint a melegházak üvege, amely átengedi a napsugarakat, de visszatartja a belülről kifelé tartó infravörös sugarakat, és így biztosítja a melegház belsejében a növények fejlődéséhez a megfelelő hőmérsékletet. Ennek a hatásnak köszönhetően az említett gázok a *melegházi gázok* elnevezést kapták.

A mérsékelt melegházi hatás kedvező hőmérsékleti feltételeket teremt az élet számára bolygónkon azzal, hogy megakadályozza a kihűlését. A melegházi gázok légkörbe történő kibocsátásának növekedésével (járművek, fokozott tüzelőanyag-felhasználás, villamosenergia-termelés), az erdők irtásával az emberiség megbontja az évezredek alatt kialakult hőmérsékleti egyensúlyt. Az erdőtüzek és a vulkánkitörések szintén növelik a szén-dioxid mennyiségét az atmoszférában. A melegházi gázok koncentrációjának növekedésével fokozódik a melegházhatás és bolygónkon emelkedik a hőmérséklet. Vannak olyan előrejelzések, amelyek szerint a Föld átlaghőmérséklete 1,5 °C-kal emelkedhet 2025-ig. A felmelegedés a gleccserek és a sarki jég, valamint hó olvadását vonhatja maga után, ami a világóceán soha nem látott vízszintemelkedését idézheti elő.

A melegházhatással kapcsolatos problémák megoldásának módjai. Nézzétek meg a 24. ábrát, és győződjetek meg arról, hogy a probléma megoldása a melegházi gázok atmoszférába történő kibocsátásának csökkentése és a szén-dioxidot elnyelő zöld növények által borított területek növelése lehet.



24. ábra. *Melegházhatást előidéző tényezők*

A **kén(IV)oxid vagy kén-dioxid (kéngáz) SO_2** – éghetetlen, színtelen, fojtó gáz (gyufa meggyújtásakor érezhető), 2,2-szer nehezebb a levegőnél, jól oldódik a vízben. Előfordul a vulkáni gázokban és az üzemanyagok gáznemű égéstermékeiben, amelyekben mindig megtalálható a kén és a kénvegyületek. A légkört kén-dioxiddal legjobban a hőerőművek, kohászati és vegyi üzemek szennyezik. A tudósok számításai szerint évente 150 millió tonna kén-dioxidszennyezés kerül a légkörbe. A légkörbe kerülő kén-dioxid károsítja a környezetet.

A kén(IV)oxid kémiai tulajdonságai és alkalmazása. Mivel a kén(IV)oxid tipikus savas oxid, ezért a savas oxidok valamennyi kémiai tulajdonságát mutatja, így a vízzel is kölcsönhatásba lép:

$$H_2O + SO_2 = H_2SO_3$$

A kénessav H_2SO_3 – közepes erősségű elektrolit.

A kén-dioxidot a kénsavgyártás nyersanyagaként használják, a textil-, papír- és cukoriparban fehérítőszerként alkalmazzák. Fertőtlenítő hatása is van, ezért pincéket, zöldségtárolókat és boroshordókat fertőtlenítenek (füstölnek) vele.

A **kén(VI)oxid vagy kénsav-anhidrid SO_3** – alacsony forráspontú, kellemetlen szagú, színtelen, vízben jól oldódó, nagyon higroszkópos (nedvszívó) tulajdonságokkal rendelkező folyadék.

Vízzel kölcsönhatva a kén(VI)oxid kénsavat képez:

$$H_2O + SO_3 = H_2SO_4$$

A kén(VI)oxid fő alkalmazási területe: köztes termékként használják a kénsavgyártásban. A természetben nem fordul elő, mesterségesen állítják elő a kén(IV)oxid továbboxidálásával:

$$H_2O + O_2 \xrightarrow[V_2O_5]{t^\circ\ 400\text{–}450\ ^\circ C} 2SO_3$$

A **nitrogén(IV)oxid NO_2** – barna színű, kellemetlen szagú, vízben jól oldódó, igen mérgező gáz. Oldódása során két sav – salétromsav és salétromossav – képződik:

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

A természetben az NO_2 villámlásos zivatargócokban keletkezik. Az elektromos kisülés környezetében a hőmérséklet +2000 °C körüli, s az oxigén hatásával szemben közönséges körülmények között stabil nitrogén reakcióba lép vele nitrogén(II)oxidot képezve, amely könnyen nitrogén(IV)oxiddá alakul:

$$N_2 + O_2 = 2NO$$
$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

Az így képződő nitrogén(IV)oxid mennyisége olyan csekély, hogy semmilyen veszélyt nem jelent az emberi egészségre. A levegőt legjobban az autók szennyezik nitrogén(IV)oxiddal. A gépkocsik belsőégésű motorhengerében az üzemanyag égésekor NO képződik, amelyből átalakulással NO_2 lesz.

A savas esők és keletkezésük okai. Talán már találkoztatok olyan jelenséggel, hogy a nagyon várt nyári eső után a növények ahelyett, hogy növekedtek és termést hoztak volna, megsárgultak, elfonnyadtak, sőt elpusztultak (ez leggyakrabban az uborkával fordul elő). Nagy valószínűséggel kijelenthető, hogy a növényeket nem a szokványos csapadék, hanem a *savas eső* károsította. A savas eső a növények levélzetének viaszrétegét rombolja, megnyitva ezzel az utat a rovarok, fertőző gombák és mikroorganizmusok behatolása előtt. A savas esők a növényeken kívül az állatokban, vizekben és algákban is kárt tesznek.

A savas esőkben vegyelemzéssel kénsavat és salétromsavat mutattak ki. Ezek az anyagok a csapadékban a kén- és nitrogén-oxidok légkörben végbemenő átalakulásai következtében jelennek meg.

A **savas eső** olyan csapadék, amely bizonyos mennyiségű, a levegőt szennyező kén- és nitrogén-oxidok vízzel való kölcsönhatásának eredményeként képződő savakat tartalmaz.

Évről évre növekszik a kén- és nitrogén-oxidok koncentrációja a levegőben a belsőégésű motorok működése és az ezeket az oxidokat előállító ipari üzemek tevékenysége következtében. A savas esők valós veszélyt jelentenek az emberre, a növényekre és az állatokra.

Önellenőrző kérdések és feladatok

1. A foszfor(V)oxid példáján jellemezzétek a savas oxidok kémiai tulajdonságait! Van-e az általatok leírt reakcióegyenletek között oxidáló-redukáló reakció? Indokoljátok meg a feleleteteket!

2. Mondjátok el, hogyan működik a tűzoltó készülék!

3. Mi az oka a savas esőknek? Vonjatok le következtetéseket arra vonatkozóan, hogy ezek mennyire károsítják az egészséget!

4. Magyarázzátok meg a melegházhatást!

5*. A savas oxidok hidrátjai – a savak – só képződése mellett lépnek közömbösítési reakcióba bázisokkal. Annak figyelembevételével, hogy a több bázisú savak fokozatosan disszociálnak, állítsátok fel a kénsav és az ortofoszfátsav semleges és savas sóinak képleteit!

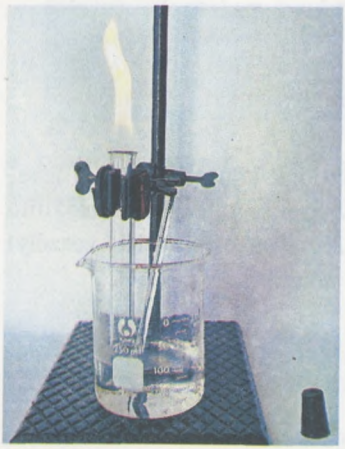
6*. Olvasmányaitok alapján és az internetet, valamint a kémia, fizika, biológia és földrajz közötti kapcsolatokat felhasználva készítsetek prezentációt *A globális felmelegedés és ami mögötte van* címmel!



9. §. Kénsav és szulfátok

A kénsav H_2SO_4 az egyik legfontosabb vegyipari termék. Évente átlagosan majdnem 150 ezer tonnát állítanak elő belőle. Ez azt jelzi, hogy igen széles körű a felhasználása, és ez a tulajdonságainak köszönhető.

A kénsav fizikai tulajdonságai. A kénsav nehéz, olajszerű, közel 1,838 g/cm^3 sűrűségű folyadék, nagyon higroszkópos, szétmarja a papírt és a szöveteket, a bőrön égési sérüléseket okoz. A tömény oldataival való munka során kötelező a védőszemüveg viselése. ***Figyelem!*** *Legyetek fo-*



25. ábra. *A kénsav oldásakor fellépő hőhatás vizsgálata*

kozottan óvatosak attól függetlenül, hogy milyen töménységű kénsavval dolgoztok! Már tudjátok, hogy a kénsav vízzel való elegyítésekor az oldat annyira felmelegszik, hogy forrásnak is indulhat. Mivel ez nagyon veszélyes helyzet, ezért **oldat készítésekor a sav és víz egyenletesebb elegyítése érdekében a savat öntjük a vízbe, és nem fordítva!**

Arról, hogy a kénsav oldódása exoterm folyamat, a következő *bemutató kísérlettel* győződhetünk meg. Összeszereljük a 25. ábrán látható készüléket. Az állvány szorítójában rögzített forraló pohárba alacsony forráspontú ($t_{forr.} \approx 40$ °C) szerves anyagot, dietil-étert tartalmazó kémcsövet helyezünk. A pohárba 50 ml szobahőmérsékletű vizet öntünk. Ezt követően a pohárba, amelynek tartalmát időről időre megkeverjük, üvegpálcikán folyatva 50 ml tömény kénsavat töltünk. Megfigyelhetjük, hogyan forr fel és párolog a pohárban lévő folyadék. A jelenség oka – az oldat hőmérsékletének emelkedése. Ha kidugaszoljuk a kémcsövet és nyílásához égő gyufát viszünk, akkor az étergőz fellobban (25. ábra).

Idézzétek fel az anyagok vízben való oldódásának fizikai-kémiai jellegét, és magyarázzátok meg, miért melegszik fel az oldat kénsav oldásakor!

A kénsav kémiai tulajdonságai. Az oldott kénsav (az oldatban a sav tömegrésze 10–30%) a savak valamennyi tulajdonságát mutatja. Kölcsönhatásba lép: ***1) az aktivitási sorban a hidrogén előtt elhelyezkedő fémekkel; 2) bázisos és amfoter oxidokkal; 3) bázisokkal; 4) amfoter hidroxidokkal; 5) sókkal***, ha a reakció során gáz fejlődik vagy csapadék képződik.

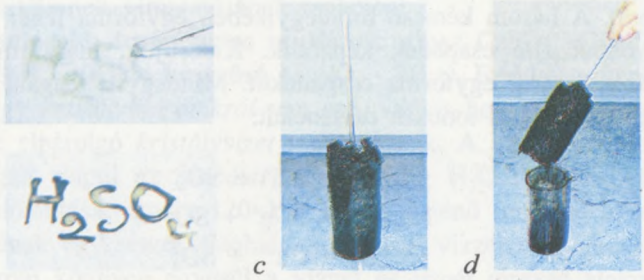
A cink és vegyületei példáján illusztráljátok a kénsav általános kémiai tulajdonságait!

A tömény kénsav erős oxidálószer, és nem csak azokkal a fémekkel lép kölcsönhatásba, amelyek az aktivitási sorban a hidrogén előtt helyezkednek el, hanem az utána következőkkel is, elszenesíti a szerves anyagokat, köztük a cukrot és cellulózt.

Elvégezzük a „láthatatlan tinta" néven ismert *bemutató kísérletet*, és meggyőződünk a tömény kénsav nedvszívó hatásáról. E célból merített papírlapon kis töménységű kénsavba mártott üvegpálcikával felírjuk: H_2SO_4 (26. *a* ábra), majd kis lángon alulról melegítjük a lapot, amelyet a tűztől – a gyulladás elkerülése végett – biztonságos távolságban tartunk. Rövid időn belül a lapon sötétszürke betűk jelennek meg (26. *b* ábra).

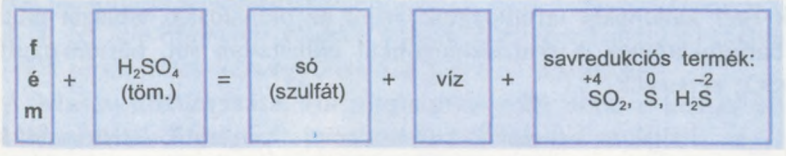
Ez azzal magyarázható, hogy a melegítés hatására elpárolog a víz és annyira megnő a kénsav töménysége, hogy kezd jelentkezni az oxidáló tulajdonsága. Amint a 9. osztályból már tudjátok, a papír alapjául szolgáló cellulóz természetes polimer, amelynek az összetétele a $(C_6H_{10}O_5)_n$ képlettel írható le. A tömény kénsav szén (ennek a színe jelent meg a betűk nyomvonalán) és párává alakuló víz képződésével oxidálja a cellulózt.

A tömény kénsav nedvszívó képességén alapul a „pálcikás eszkimó" elnevezésű *bemutató kísérlet*. Az elvégzéséhez pohárban alaposan összekeverünk porcukrot $C_{12}H_{22}O_{11}$ kevés tömény kénsavval. Az edény tartalma elsötétedik (elszenesedik), és annyira megnő a térfogata, hogy körvonala megőrzésével kitüremkedik a pohárból (26. *c*, *d*).



26. ábra. *Szerves anyagok oxidálása kénsavval*

A tömény kénsav oxidáló tulajdonságai a fémekkel való reakciójában úgy nyilvánulnak meg, hogy nem fejlődik hidrogén, de képződik só, víz és a kén valamilyen redukciós terméke (27. ábra).



27. ábra. *Tömény kénsav kölcsönhatása fémekkel, vázlatosan*

A tömény kénsav rézzel való kölcsönhatásának redukciós terméke a kén(IV)oxid:

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2\uparrow$$

Ezzel a módszerrel nyerik laboratóriumi körülmények között a kéndioxidot.

A vázlatot felhasználva írjátok fel a cink és tömény kénsav reakciójának egyenletét, ha a redukciótermék a kén!

A szulfátion kimutatására szolgáló kvalitatív reakció. A szulfátion jelenléte oldatban báriumkationnal mutatható ki.

Az oldhatósági táblázat alapján győződjetek meg arról, hogy az abban szereplő szulfátok közt a bárium-szulfát vízben oldhatatlan anyag!

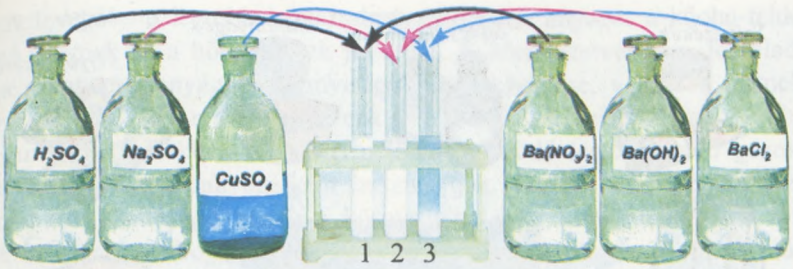
A bárium-szulfátnak ezt a tulajdonságát használják fel a szulfátion oldatban való kimutatására.

Végezzünk el egy *bemutató kísérletet.* Az egyik kémcsőbe öntsünk kénsavoldatot, a másikba nátrium-szulfát oldatot, a harmadikba réz(II) szulfát oldatot. Az egyik oldathoz adjunk bárium-nitrát oldatot, a másikhoz bárium-hidroxid oldatot, a harmadikhoz bárium-klorid oldatot (28. ábra). A három kémcső mindegyikében egyforma fehér színű, apró kristályokból álló csapadék képződik. Kiderítjük, hogy miért képzett mindhárom anyag egyforma csapadékot. Mindegyik reagáló anyag vízben oldható, vagyis ionokra disszociált:

$$H_2SO_4 = 2H^+ + SO_4^{2-}$$
$$Na_2SO_4 = 2Na^+ + SO_4^{2-}$$
$$CuSO_4 = Cu^{2+} + SO_4^{2-}$$
$$Ba(NO_3)_2 = Ba^{2+} + 2NO_3^-$$
$$Ba(OH)_2 = Ba^{2+} + 2OH^-$$
$$BaCl_2 = Ba^{2+} + 2Cl^-$$

Az elektrolitos disszociáció egyenleteiből látjuk, hogy a kémcsőben lévő mindegyik oldat SO_4^{2-} iont tartalmazott, s a hozzájuk öntött oldatok Ba^{2+} kationokat tartalmaztak. Mint az oldhatósági táblázat mutatja, a báriumkationok a szulfátanionokkal oldhatatlan sót, bárium-szulfátot $BaSO_4$ képeznek.

Írjátok le a bemutató kísérlet során – a második és harmadik kémcsőben – lezajlott reakciók molekula- és teljes ionegyenleteit!



28. ábra. *A szulfátion kimutatására szolgáló kvalitatív reakció*

A **szulfátanionok** kimutatására szolgáló kvalitatív reakció a **báriumkationokkal** – vízben oldódó báriumvegyületekkel – való kölcsönhatásuk, s ennek eredményeként vízben és savakban oldhatatlan fehér, aprókristályos bárium-szulfát csapadék képződik.

A kvalitatív kimutatási reakció rövidített ionegyenlete:

$$Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4\downarrow$$

Az *5. sz laboratóriumi kísérlet* feladatainak végrehajtásával gyakoroljátok a szulfátionok kimutatásának reakcióit!

A legfontosabb természetes szulfátok: gipsz $CaSO_4 \cdot 2H_2O$; **glaubersó** $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$; **keserűsó** $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. Ezekből a képletekből látható, hogy *kristályhidrátokról* van szó, vagyis hogy ezek az anyagok melegítésre elpárolgó *kristályvizet* tartalmaznak. A kristályhidrátok eme tulajdonságán alapul az *alabástrom* $2CaSO_4 \cdot H_2O$ természetes gipszből való előállítása, amely 120–190 °C-ra történő hevítésekor elveszíti víztartalmának egy részét. Szobahőmérsékletű vízzel való nedvesítéskor az alabástrom könnyen egyesül a vízzel és ismét gipsszé alakul. Ez a folyamat játszódik le minden alkalommal, amikor például törött testrészt helyeznek gipszbe, vagy amikor művészeti alkotást, építőipari terméket öntenek ebből az anyagból. A *glaubersót* $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ az üveg-, szóda- és festékgyártásban, valamint az egészségügyben alkalmazzák. A *keserűsót* $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ szövetek megmunkálására, bőrcserzésre, gyógyszerek előállítására használják.

A *4. sz. laboratóriumi kísérlet* feladatainak végrehajtásával mélyítsétek el a természetes kénvegyületekről szerzett tudásotokat!

A kénsav alkalmazása. Ha megnézitek a 29. ábrát a kénsav alkalmazási területeiről megértitek, miért nevezik ezt az anyagot a vegyipar „kenyerének".



29. ábra. *A kénsav alkalmazási területei, vázlatosan*

A kénsavat legnagyobb mennyiségben a műtrágyagyártásban, más savak, szulfátok, szerves anyagok előállítására, kőolajtermékek tisztítására alkalmazzák.

A környezet védelme a kéntartalmú szennyező anyagoktól. A környezet kéntartalmú szennyező anyagai közül a legkárosabbak: a kén(IV) oxid és a hidrogén-szulfid vagy kénhidrogén. Az első káros hatásairól a 8. §-ban tanultatok.

A hidrogén-szulfidról tudni kell, hogy erősen mérgező, kellemetlen, záptojásszagú gáz (a tyúktojás fehérjének bomlásakor keletkezik és okozza a büdös szagot). A hidrogén-szulfid élettani hatása abban nyilvánul meg, hogy gátolja a légzőközpont működését. Az ember meghal, ha 5–10 percen át 0,08% térfogatrész hidrogén-szulfidot tartalmazó levegőt lélegez be.

A levegőbe a legtöbb kéntartalmú szennyező anyagot a kőolaj-feldolgozó üzemek és a hőerőművek juttatják. A környezetvédelem fő feladata a szennyező anyagok mennyiségének csökkentése, vagyis a termelés korszerűsítése, olyan zárt rendszerű technológiák bevezetése, amelyekben az említett üzemekben melléktermékként képződő légszennyező gázokat más ágazatok nyersanyagaiként hasznosítják. Ennek kettős haszna van: nem kerül szennyező anyag a környezetbe és a kőolaj-feldolgozó iparban keletkező hidrogén-szulfát melléktermékéből olcsón állítható elő a kénsav.

A kénsavgyártás technológiájának korszerűsítésével Ivan Jevgrafovics Adadurov (1879–1938) ukrán vegyész foglalkozott.



Vizsgáljuk meg az anyagokat és tulajdonságaikat!

4. sz. laboratóriumi kísérlet. **Ismerkedés természetes kénvegyületek mintáival.**

1. feladat. Ismerkedjetek meg a kiosztott szulfát- és szulfidmintákkal! Vizsgáljátok meg a halmazállapotukat és a következő fizikai tulajdonságaikat: szín, oldhatóság vízben. A kémia és földrajz közötti kapcsolatok alapján nevezzétek meg a szulfátok és szulfidok legnagyobb ukrajnai lelőhelyeit!

A kapott eredményeket írjátok le a füzetetekben táblázat alakjában!

Vegyület		Halmazállapot	Fizikai tulajdonságok		Lelőhelyek Ukrajnában
Elnevezés	Képlet		Szín	Oldhatóság vízben	

5. sz. laboratóriumi kísérlet. **Szulfátionok kísérleti kimutatása.**

1. feladat. Végezzétek el a szulfátion kimutatására szolgáló kvalitatív reakciót! Kémcsőbe öntsetek 1–2 ml kénsavoldatot, adjatok hozzá 1 ml bárium-nitrát vagy bárium-klorid oldatot! Magyarázzátok meg a végbemenő változásokat! Írjátok le az elvégzett reakció teljes és egyszerűsített ionegyenletét!

2. feladat. Javasoljatok olyan módszert, amellyel jelzés nélküli kémcsőben kimutatható a víz, a kénsav vagy nátrium-szulfát oldata! Ellenőrizzétek kísérletileg, helyes-e a javaslatotok! Írjátok le az elvégzett reakciók egyenleteit!



A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

***Számítási feladatok:* reakciótermék tömegének (térfogatának, anyagmennyiségének) kiszámítása a reagáló anyagok tömege (térfogata, anyagmennyisége) alapján, ha közülük az egyik fölös mennyiségben van jelen.**

A kémiai reakció lefolytatásához bármilyen tömegben vagy térfogatban vehetők reagáló anyagok, de ez nem jelenti azt, hogy maradék nélkül reakciótermékké alakulnak. Mindegyikük csak olyan mennyiségben reagál, ami megfelel a reakcióban részt vevő anyagok mennyiségi viszonyainak. Például a salétromsav és a magnézium-oxid kölcsönhatását az alábbi reakcióegyenlet tükrözi:

$$2HNO_3 + 1MgO = 1Mg(NO_3)_2 + H_2O$$

A reagáló anyagok képletei előtti együtthatók azt mutatják, hogy az anyagok közötti kölcsönhatás maradék nélkül megy végbe, ha a reakció elvégzéséhez a salétromsavat és a magnézium-oxidot **2 : 1** arányban veszik. Az a reagáló anyag, amelynek a feladat feltételeiben meghatározottnál **kisebb** a mennyisége, mint a reakcióegyenlet szerinti **2 : 1** mennyiségi arány, **hiányban** van, és teljesen felhasználódik a reakcióban. A másik reagáló anyag nem fogy el teljes egészében, valamekkora mennyisége megmarad. Az ilyen reagensről azt mondják, hogy **fölös mennyiségben** vették.

Annak a feladatnak az esetében, amelynek a feltételeiben fel van tüntetve a két reagáló anyag tömege, térfogata vagy anyagmennyisége, tisztázni kell a reagensek mennyiségi viszonyát. Ha a reagensek egyikét fölös mennyiségben vették, akkor a feladatot a hiányban lévő anyagra vonatkozó adatok alapján oldják meg.

Feladat. Számítsátok ki a 41,6 g tömegű bárium-kloridból és 42,6 g nátrium-szulfátból képződő csapadék tömegét!

M e g o l d á s

1. Írjátok le röviden a feladat feltételeit!

Adva van:

$m BaCl_2 = 41{,}6$ g

$m Na_2SO_4 = 42{,}6$ g

$m_{csapad.} - ?$

2. Írjátok le a reakció egyenletét!

$$\underset{1\ \text{mol}}{BaCl_2} + \underset{1\ \text{mol}}{Na_2SO_4} = \underset{1\ \text{mol}}{BaSO_4\downarrow} + 2NaCl$$

3. Tisztázzátok a **reakcióegyenlet** alapján a reagáló anyagok és az oldhatatlan reakciótermék mennyiségi arányát:

$$\nu BaCl_2 : \nu Na_2SO_4 : \nu BaSO_4 = \mathbf{1 : 1 : 1}$$

Tisztázzátok a reagáló anyagok mennyiségi arányait a feladat feltételei szerint! Ennek érdekében először számítsátok ki mindegyik reagens anyagmennyiségét a $\nu = \frac{m}{M}$ képlet szerint:

$$\nu BaCl_2 = \frac{41{,}6}{208} = 0{,}2\ (\text{mol})$$

$$\nu Na_2SO_4 = \frac{42{,}6}{142} = 0{,}3\ (\text{mol})$$

$$\nu BaCl_2 : \nu Na_2SO_4 = 0{,}2 : 0{,}3 = 2 : 3 = \mathbf{1 : 1{,}5}$$

Amint látjátok, a feladat feltételei szerint a Na_2SO_4 fölös mennyiségben van jelen, míg a $BaCl_2$ teljesen elhasználódik a reakcióban. Ezért a képződött $BaSO_4$ csapadék tömegét a $BaCl_2$ és nem a fölös mennyiségben vett anyag, a Na_2SO_4 adatainak felhasználásával kell kiszámítani.

4. Számítsátok ki a bárium-szulfát anyagmennyiségét!

Mivel a $\nu BaCl_2 : \nu BaSO_4$ mennyiségi aránya ebben a reakcióban 1 : 1, ezért:

$$\nu BaSO_4 = \nu BaCl_2 = 0{,}2\ \text{mol}$$

5. Számítsátok ki a 0,2 mol anyagmennyiségű bárium-szulfát tömegét a következő képlet szerint:

$$m = \nu \cdot M$$

$$mBaSO_4 = 0{,}2\ \text{mol} \cdot 233\ \text{g/mol} = 46{,}6\ \text{g}$$

Felelet: a képződött bárium-szulfát csapadék tömege 46,6 g.



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Válasszátok ki a kénsavra vonatkozó helyes állítást:
   A egybázisú
   B kétbázisú
   C erős elektrolit
   D gyenge elektrolit
   E oxigéntartalmú
   F oxigénmentes

2. Hogyan ismerhetők fel a jelzés nélküli kémcsövekben lévő kénsav, ammónium-klorid és ammónium-szulfát oldatai? Feleleteteket támasszátok alá a reakcióegyenletek molekuláris és ionos alakban történő leírásával!

3. A felsorolt anyagok melyikével lép kölcsönhatásba a híg kénsav: vas, réz(II)oxid, réz, nátrium-hidroxid, salétromsav, kálium-karbonát, nitrogén(II)oxid? Írjátok le molekuláris alakban a reakcióegyenleteket, jelöljétek meg a típusaikat!

4*. Javasoljatok módszert a jelöletlen üvegedényekben lévő híg és tömény kénsav felismerésére! Indokoljátok meg a módszereteket!

5*. Számítsátok ki a keserűsóban lévő kristályvíz tömegrészét!

6*. Számítsátok ki annak az ammónium-szulfátnak a tömegét, amely akkor képződik, amikor 200 g tömegű, 9,8% tömegrész oldott anyagot tartalmazó kénsavoldaton 11,2 l (n. k. k.) térfogatú ammóniát engednek át!



10. §. Salétromsav és nitrátok

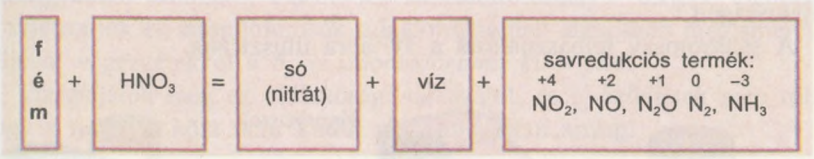
A kénsavhoz hasonlóan a salétromsav HNO_3 is a vegyipar egyik fő terméke.

A salétromsav fizikai tulajdonságai. A salétromsav – színtelen, 1,51 g/cm^3 sűrűségű, jellegzetesen szúrós szagú folyadék. Fényen való tárolásakor bomlása következtében – nitrogén(IV)oxid fejlődésével – megbarnul. Tárolás szempontjából a 60–68% tömegrész oldott anyagot tartalmazó salétromsav tekinthető stabilnak. A bőrre kerülve égési sérülést és sárga foltosodást okoz (idézzétek fel a fehérjékkel való színreakciókat). ***Figyelem!*** *Bánjatok óvatosan a salétromsavval!*

A salétromsav kémiai tulajdonságai. A salétromsav – ionokra disszociáló erős elektrolit:

$$HNO_3 \rightleftarrows H^+ + NO_3^-$$

Az összes többi savhoz hasonlóan a salétromsav is kölcsönhatásba lép: ***1) fémekkel; 2) bázisos és amfoter oxidokkal; 3) bázisokkal; 4) amfoter hidroxidokkal; 5) sókkal***, ha a reakció során gáz fejlődik. Azonban a salétromsav másképpen reagál a fémekkel, mint a többi sav, leginkább a kénsav fémekkel való kölcsönhatására hasonlít, azaz a reakció eredményeként só, víz és egy savredukciós termék képződik (30. ábra).



30. ábra. *Salétromsav kölcsönhatása fémekkel, vázlatosan*

A tömény salétromsav hevítéskor kölcsönhatásba lép a fémek többségével, kivéve az aranyat, platinát és néhány más fémet. Hidegben a fémek egy része, beleértve a vasat és a krómot, nem lép kölcsönhatásba a salétromsavval.

A tömény salétromsav a fémekkel és nemfémekkel való reakcióiban nitrogén(IV)oxiddá NO_2 redukálódik:

$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2\mathbf{NO_2}\uparrow + 2H_2O$$

$$S + 6HNO_3 = H_2SO_4 + 6\mathbf{NO_2}\uparrow + 2H_2O$$

A híg salétromsav fémekkel való reakcióiban a fém aktivitása és a sav oldatban lévő tömegrésze játssza a szerepet, ugyanakkor a redukálás leggyakrabban nitrogén(II)oxiddá NO történik:

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2\mathbf{NO}\uparrow + 4H_2O$$

A salétromsav bázisos és amfoter oxidokkal, bázisokkal, amfoter hidroxidokkal és sókkal való kölcsönhatása ugyanúgy megy végbe, mint más savak esetében.

Írjátok le a salétromsav magnézium-oxiddal, -hidroxiddal és -sókkal való reakcióinak egyenleteit (vegyétek figyelembe, hogy a sót gyenge elektrolitnak számító savnak, például szénsavnak kell képeznie)!

A salétromsav további tulajdonságáról – a fényen vagy hevítés hatására való bomlásról – már volt szó. Ez a következő egyenlet szerint megy végbe:

$$4HNO_3 = 4NO_2\uparrow + 2H_2O + O_2\uparrow$$

A 11. osztályban, a szerves anyagok tulajdonságainak tanulása során megismeritek a salétromsav szerves anyagokkal való kölcsönhatásának sajátosságait.

A salétromsav felhasználását a 31. ábra illusztrálja.



31. ábra. *A salétromsav alkalmazási területei, vázlatosan*

Nagyon sokat tett a salétromsavnak a levegő nitrogénjéből való előállítását lehetővé tévő technológia fejlesztése érdekében *Vaszil Ivanovics Atroscsenko* (1906–1991) professzor, ukrán vegyész, a műszaki tudományok doktora.

Nitrátok. A salétromsav disszociációja során keletkező nitrátion nyomán a salétromsav sóit ***nitrátoknak*** nevezzük. A kálium-, nátrium-, ammónium-, kalcium-nitrátot ***salétromoknak*** is nevezik, például KNO_3 – kálium-nitrát vagy kálisalétrom, $Ca(NO_3)_2$ – kalcium-nitrát vagy mészsa-

létrom. A salétromok melegítés hatására könnyen elbomlanak, miközben oxigén fejlődik:

$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2\uparrow$$

A salétromoknak ezt a tulajdonságát a pirotechnikában alkalmazzák. A salétromsav sóinak fő felhasználási területe azonban a mezőgazdaság: a talajok nitrogéntartalmú vegyületekkel – a mezőgazdaságban jól ismert műtrágyákkal (ammón-, nátron- és kálisalétrommal) – történő dúsítása. A salétromok és ammóniumsók tulajdonságainak alaposabb megismerése céljából végezzétek el a *6. sz. laboratóriumi kísérletet*!

Vizsgáljátok meg az oldhatósági táblázatot, és győződjetek meg róla, hogy a nitrátok közt nem fordul elő oldhatatlan anyag!

A salétromsav valamennyi sója jól oldódik a vízben és erős elektrolit.

A nitrátok előfordulása a természetben. A vízben való jó oldhatóságnak köszönhetően a nitrátok csak ritkán alkotnak lelőhelyeket. Jelentős nitrátlelőhely Dél-Amerikában, Chilében fordul elő, ezért az ott található anyagot *chilei salétromnak* nevezik. Kis mennyiségben a salétromsav sói a talajban is keletkeznek a levegő nitrogénjét megkötő baktériumok élettevékenységének köszönhetően, aminek az eredményeként nitrogéntartalmú vegyületek jönnek létre.

Az élelmiszerek nitráttartalmával kapcsolatos problémák. Egy 60 kg testtömegű ember esetében a megengedett napi nitráttartalom testkilogrammonként 0,76 miligrammot tesz ki. A megengedett határértéken belül a nitrátok nem okoznak érzékelhető egészségkárosodást.

A saját testtömegetek alapján számítsátok ki, hogy az esetetekben mennyi a megengedett napi nitrátmennyiség!

Azonban a nitrátok korlátlan alkalmazása az élelmiszeriparban élelmiszeradalékként a hústermékek természetes színének megőrzése, valamint a hús- és sajtfélék tartósítása céljából, a megengedett napi norma túllépésének veszélyével jár. Ennek következtében a fogyasztók szervezete nitrátmérgezésnek lehet kitéve. A nitrátmérgezés következménye a hipoxia, azaz a szövetek csökkent mértékű oxigénellátása (oxigénszegénysége), a szövetek légzését katalizáló enzimek működésének gátlása. A mérgezés tünetei: hányás, rosszullét, a test bőrtakarójának és a száj nyálkahártyájának megkékülése 4–6 órával a magas nitráttartalmú étel elfogyasztása után. Különösen veszélyesek a nitrátok a gyermeki szervezetre.

A zöldségek és a tej sokkal több nitrátot tartalmaz, mint a hús. Az élelmiszerekben lévő nitrátok okozta mérgezés elkerülése végett a következő óvintézkedésekre van szükség:

1) a mezőgazdasági kultúrák termesztésére vonatkozó agrotechnikai szabályok betartása;

2) ellenőrzött nitráttartalmú víz és tej fogyasztása;

3) a melegházi termesztésű zöldségek fogyasztásának korlátozása;

4) a nitráttartalom csökkentésére vonatkozó szabályok betartása a zöldségételek elkészítésénél.

Kiegészítő olvasmányok felhasználásával írjatok fogalmazást *Az élelmiszerek nitráttartalmának csökkentése házi módszerekkel* címmel!



Vizsgáljuk meg az anyagokat és tulajdonságaikat!

6. sz. laboratóriumi kisérlet. **Ismerkedés nitrátok és ammóniumsók mintáival.**

Ismerkedjetek meg a salétromsav sóinak és az ammóniumsóknak a kiosztott mintáival! A kísérlet végzése során tisztázzátok:

a) milyen a salétromsav sóinak és az ammóniumsóknak a színe;

b) jól vagy rosszul oldódnak-e a salétromsav sói és az ammóniumsók;

c) van-e szaguk a salétromsav sóinak és az ammóniumsóknak!

A kapott eredményeket írjátok be táblázat alakjában a munkafüzetetekbe!

Só		Fizikai tulajdonságok		
Elnevezés	Képlet	Szín	Oldhatóság vízben	Szag



A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

Ortofoszforsav. A nitrogén mellékcsoport szerinti szomszédja a **foszfor**. Amikor a foszfor külső energiaszintjén 5 elektron, *d*-alszintjén pedig szabad energiacellák vannak, akkor gerjesztett állapotba kerül, s ezáltal lehetővé válik olyan oxid és olyan savak képződése, amelyekben a foszfor oxidációs foka +5, például a foszfor(V)oxidban P_2O_5, a metafoszforsavban HPO_3, az ortofoszforsavban H_3PO_4. Az

ortofoszforsavat és sóit szélesebb körben használják, mint a metafoszforsavat. A természetben az ortofoszforsav a *foszforit* és *apatit* kőzetek összetevőiként fordul elő. Ezekből savat állítanak elő kénsavval való kezeléssel:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 2H_3PO_4 + 3CaSO_4$$

Az **ortofoszforsav H_3PO_4** – szilárd, vízben jól oldódó, nem mérgező anyag, közepes erősségű elektrolit. Műtrágyák, zománcok, porcelánragasztók előállítására és a gyógyszergyártásban, valamint az élelmiszeriparban használják.

Az ortofoszforsav hárombázisú, ezért fokozatosan disszociál, és háromféle aniont képez:

$H_3PO_4 \rightleftarrows H^+ + H_2PO_4^-$ dihidrogén-ortofoszfát

$H_2PO_4^- \rightleftarrows H^+ + HPO_4^{2-}$ hidrogén-ortofoszfát

$HPO_4^{2-} \rightleftarrows H^+ + PO_4^{3-}$ ortofoszfát

$H_3PO_4 \rightleftarrows 3H^+ + PO_4^{3-}$

Írjátok fel a bárium és az ortofoszforsav semleges és savas sóinak képleteit!

Tekintettel arra, hogy az ortofoszforsav különböző összetételű savmaradékkal képződhet, a feladatok megoldása során feltételezve, hogy az anyagok egyikét fölös mennyiségben vettétek, vizsgáljátok meg az anyagok mennyiségi arányát a három egyenletben.

Feladat. Számítsátok ki a 0,1 mol anyagmennyiségű ortofoszforsav és a 11,2 g tömegű kálium-hidroxid közötti reakció eredményeként képződő só tömegét!

M e g o l d á s

1. Írjuk fel rövid alakban a feladat feltételeit!

Adva van:
$\nu H_3PO_4 = 0{,}1$ mol
$m\text{KOH} = 11{,}2$ g
$m_{só} - ?$

2. Felírjuk a lehetséges reakciók egyenleteit, és megvizsgáljuk bennük az anyagok mennyiségi arányait:

a) $KOH + H_3PO_4 = KH_2PO_4 + H_2O$
1 mol 1 mol 1 mol

b) $2KOH + H_3PO_4 = K_2HPO_4 + 2H_2O$
2 mol 1 mol 1 mol

c) $3KOH + H_3PO_4 = K_3PO_4 + 3H_2O$
3 mol 1 mol 1 mol

Az első egyenletben: a) $\nu KOH : \nu KH_2PO_4 = \mathbf{1 : 1}$

A második egyenletben: b) $\nu KOH : \nu K_2HPO_4 = \mathbf{2 : 1}$

A harmadik egyenletben: c) $\nu KOH : \nu K_3PO_4 = \mathbf{3 : 1}$

3. Megvizsgáljuk a feladat feltételei szerinti anyagmennyiségi arányokat. Először a $\nu = \frac{m}{M}$ képlet szerint kiszámítjuk a kálium-hidroxid anyagmennyiségét:

$$\nu KOH = 11{,}2 \text{ g} : 56 \text{ g/mol} = 0{,}2 \text{ mol}$$

A feladat feltételei szerint $\nu KOH : \nu H_3PO_4 = \mathbf{0{,}2 : 0{,}1}$ vagy **2 : 1**

A lehetséges reakcióegyenletek közül a 2 : 1 (maradék nélküli!) anyagmennyiségi arányban az anyagok a b) egyenlet szerint lépnek kölcsönhatásba kálium-hidrogén-ortofoszfát savas só képződésével.

4. Kiszámítjuk a kálium-hidrogén-ortofoszfát anyagmennyiségét:

$$\nu K_2HPO_4 = \nu H_3PO_4 = 0{,}1 \text{ mol}$$

Az ismert anyagmennyiség alapján kiszámítjuk a képződött só tömegét:

$$mK_2HPO_4 = \nu \cdot M = 0{,}1 \cdot 174 = 17{,}4 \text{ (g)}$$

Felelet: az anyagok maradék nélkül reagáltak egymással 17,4 g tömegű kálium-hidrogén-ortofoszfát savas só képződésével.



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. A salétromsav előállításának kemizmusát az alábbi vázlat szemlélteti:

$$N_2 \xrightarrow{+H_2} NH_3 \xrightarrow{+\ O_{kat.}} NO \xrightarrow{+O_2} NO_2 \xrightarrow{+H_2O\ +\ O_2} HNO_3$$

Írjátok fel a vázlat alapján molekuláris alakban a reakcióegyenleteket! Redoxi reakciókról van-e szó?

2. A foszfor és vegyületei közötti származási kapcsolatot az alábbi vázlat tükrözi:

$$P \rightarrow P_2O_5 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow Ba_3(PO_4)_2$$

Támasszátok ezt alá a reakcióegyenletek molekuláris alakban történő felírásával, az utolsó egyenletet vizsgáljátok meg ionos és molekuláris alakban!

3. Mondjatok példákat a salétromsav és a nitrátok felhasználására!

4. Értékeljétek a nitrátok emberi egészségre gyakorolt hatását, mondjatok példákat olyan táplálékláncokra, amelyek révén a nitrátok az ember szervezetébe juthatnak!

5*. Számítsátok ki, hogy elegendő-e 32 g tömegű réz réz(II)nitrát előállításához 600 g tömegű, az oldatban 50% tömegrészt kitevő tömény salétromsav!

6*. Milyen só képződik, ha 50 g tömegű, 16% tömegrésznyi lúgot tartalmazó nátrium-hidroxid-oldat és 200 g tömegű, 9,8% tömegrésznyi oldott anyagot tartalmazó salétromsav-oldat lép kölcsönhatásba egymással?



11. §. A műtrágyák általános jellemzése

A természetrajz tanulása során megtudtátok, hogy léteznek trágyák, vagyis olyan *hasznos* anyagok vagy anyagkeverékek, amelyek tápanyagokkal dúsítják a talajt, s ezáltal növelik a növények terméshozamát.

A **trágyák** – a növények növekedéséhez és fejlődéséhez nélkülözhetetlen kémiai elemeket tartalmazó anyagok vagy anyagkeverékek. A trágyákat a mezőgazdasági kultúrák terméshozamának növelése és a kedvezőtlen éghajlati tényezőkkel szembeni ellenálló képességük fokozása érdekében juttatják a talajba.

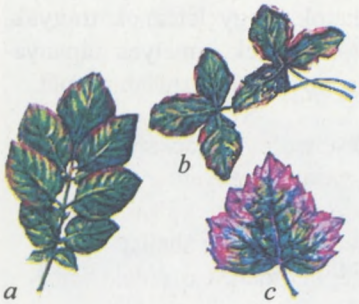
A növényi szervezetekben közel 70 kémiai elem található (ezeket másként még *tápelemeknek* is nevezik). Az olyan elemek, mint a nitro-



32. ábra. *A megfelelő nitrogénellátottság (a, b) és a nitrogénhiány külső jegyei a dohány és burgonya levelein (c, d)*



33. ábra. *A foszforhiány külső jegyei*



34. *A káliumhiány külső jegyei: burgonyánál (a); lóherénél (b); fekete ribizlinél (c)*

gén, kálium, foszfor elsősorban a talajból jutnak a növényekbe. Nitrogén nélkül nem képződnek fehérjemolekulák, foszfor nélkül nem szintetizálódnak nukleinsavak, vitaminok. A káliumnak köszönhetően gyorsul a fotoszintézis, több cukor halmozódik fel a cukorrépában, keményítő a burgonyában, szilárdabbá válik a pázsitfűfélék szára.

A nitrogénhiány külső jegyei a növényeken: apró levelek, a növekedés lassulása, az oldalhajtások és gyökerek képződésének gyengülése. A levelek sápadtzölddé válnak és elkezdődik az elhalásuk (32. ábra).

A növények foszforhiányát az jelzi, hogy leveleik színe zöldről bronzos árnyalatú kékeszölddé válik, maguk a levelek aprókká válnak, elkeskenyednek (33. ábra). Emellett lassul a növények fejlődése és a termésük érése.

Káliumhiány esetén a növények levelei a szegélyeiktől kiindulva megsárgulnak, majd idővel megbarnulnak, sejtjeik nyúlása és növekedése lelassul (34. ábra).

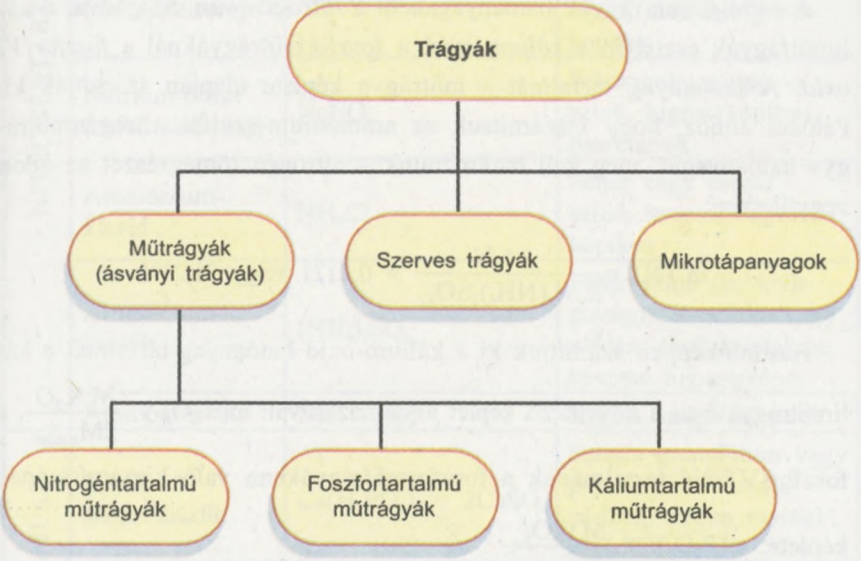
Mivel ezeknek az elemeknek a megfelelő mennyisége csak hosszú idő alatt áll vissza a talajban, ezért trágyabevitel nélkül a terméshozamok évről évre óhatatlanul csökkennek. Ennek elkerülése végett szerves és műtrágyákat juttatnak a talajba. Kiszámították, hogy Ukrajnában a műtrágyák előállítására fordított minden egyes hrivnya átlagosan 2–3 hrivnya nyereséget eredményez.

A vegyipar különféle műtrágyákat állít elő (35. ábra).



35. ábra. *Műtrágyaraktár*

A 36. ábrán vizsgáljátok meg a trágyák osztályozását eredetük és tápanyagtartalmuk szerint!



36. ábra. *A trágyafélék osztályozása*

A biológiából tudjátok, hogy a növények a talajból csak oldat formájában veszik fel a tápanyagokat. A poláris vízmolekulák hatására a műtrágyákat alkotó vegyületek megfelelő *ionokra* disszociálnak. A továbbiakban ezeket a növények gyökerükkel felszívják, és a szárukon továbbítják valamennyi szervükhöz.

A növényi szervezet által tápanyagokként felvett ionokat a ***trágyahasznosulás formájának*** nevezzük.
A nitrogén hasznosulási formái: az NH_4^+ *kationok és az* NO_3^- *anionok, a kálium esetében a* K^+ *kationok, a foszfornál a* $H_2PO_4^-$ *anionok.*

A trágyák hatóanyagai (tápanyagai). Jegyezzük meg, hogy a tápanyag és a trágyák hasznosulási formája – különböző fogalmak.

A **hatóanyag** – a trágyák általánosan elfogadott jellemzője, amely az összehasonlításukra szolgál a talajba juttatási norma kiszámításánál.

A nitrogénműtrágyák hatóanyagaként a *nitrogén* van elfogadva, a káliműtrágyák esetében a *kálium-oxid*, a foszforműtrágyáknál a *foszfor(V) oxid*. A hatóanyag tartalmát a műtrágya képlete alapján számítják ki. Például ahhoz, hogy kiszámítsuk az ammónium-szulfát nitrogénműtrágya hatóanyagát, meg kell határoznunk a nitrogén tömegrészét az adott vegyületben:

$$\omega\ (N) = \frac{2A_rN}{M_r(NH_4)_2SO_4} = 0{,}2121 \text{ vagy } 21{,}21\%$$

Hasonlóképpen számítjuk ki a kálium-oxid hatóanyag-tartalmát a káliműtrágyákban a következő képlet alkalmazásával: $\omega(K_2O) = \frac{M_rK_2O}{2M_{r\ műtr.}}$, a foszfor(V)oxid tartalmának a foszforműtrágyákban való kiszámításának képlete: $\omega(P_2O_5) = \frac{M_rP_2O_5}{M_{r\ műtr.}}$.

Számítsátok ki a tápanyagtartalmat a kálium-nitrát és a kettős szuperfoszfát $Ca(H_2PO_4)_2$ műtrágyákban!

A műtrágyák mindig tartalmaznak bizonyos mennyiségű keverékanyagot, ezért tápanyagtartalmuk a valóságban kisebb annál, mint amennyi elméletileg kimutatható.

Az 5. táblázatban egyes műtrágyák és jellemzőik vannak felsorolva.

5. táblázat

Műtrágyák

	Név	Képlet	Fizikai tulajdonságok
NITROGÉNTARTALMÚAK	Kálium-nitrát (kálisalétrom)	KNO_3	Színtelen, kristályos, nem higroszkopikus
	Ammónsalétrom	NH_4NO_3	Fehér vagy sárgás színű, higroszkópos, kiszáradáskor csomósodik, felrobbanhat vagy ammónia fejlődésével elbomolhat
	Kalcium-nitrát (mészsalétrom)	$Ca(NO_3)_2$	Szürke granulátum, jól oldódik a vízben, összetapad, erősen higroszkopikus
	Nátrium-nitrát (chilei salétrom)	$NaNO_3$	Fehér vagy sárgás színű, higroszkopikus, összetapad
	Ammónium-klorid	NH_4Cl	Fehér vagy sárgás színű, kevéssé higroszkopikus
	Ammónium-szulfát	$(NH_4)_2SO_4$	Fehér színű (keverékanyagoktól szürke vagy zöldes lehet) kristályos, kevéssé higroszkópos
	Ammóniás víz	$NH_3 \cdot H_2O$	Szúrós szagú folyadék
FOSZFORTARTALMÚAK	Egyszerű szuperfoszfát	$Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaSO_4$	Szürke granulátum vagy por, enyhén összetapadhat, vízben rosszul oldódik
	Kettős szuperfoszfát	$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$	Külalakjára nézve az egyszerű szuperfoszfátra emlékeztet, vízben jól oldódik
	Kalcium-hidrogén-foszfát	$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$	Szürke, világosszürke anyag, rosszul oldódik a vízben, nem tapad össze

A táblázat folytatása

	Név	Képlet	Fizikai tulajdonságok
	Kalcium-foszfát	$Ca_3(PO_4)_2$	Fehér vagy barna színű por, természetes foszfátok aprításával készül
	Ammónium-foszfát (ammofosz)	$NH_4H_2PO_4$	Fehér por (keverék megléte esetén szürkés), kristályos, nem higroszkópos
KÁLIUMTARTALMÚAK	Kálium-klorid	KCl	Fehér, aprókristályos anyag, jól oldódik a vízben, nem higroszkopikus, tárolásnál erősen összetapad, ezért granulátumként hozzák forgalomba
	Kainit	$KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$	Világosszürke vagy szürke kristályos anyag
	Szilvinit	$KCl \cdot NaCl$	Rózsaszínű kristályos anyag, kevéssé higroszkopikus, vízben jól oldódik
	Kálium-szulfát	K_2SO_4	Fehér kristályos anyag, vízben jól oldódik, nem higroszkopikus
	Kálium-karbonát (hamuzsír)	K_2CO_3	Aprókristályos por, erősen higroszkopikus
	Kálisó	KCl + NaCl keverék	Higroszkopikus, összetapad

Végezzétek el a *7. sz. laboratóriumi kísérletet*, és győződjetek meg arról, hogy helytállóak a műtrágyák táblázatban feltüntetett fizikai tulajdonságai!

A kémia szerepe az élelmezési gondok megoldásában. Manapság az élelmiszertermelés, de különösen a növénytermesztéshez kapcsolódó része foglalkoztatja az egész emberiséget. A vetésterületek nagysága évről évre csökken, a megművelt földterületek tápelemtartalma pedig folyamatosan szegényedik. A kialakult kritikus helyzetből a kiutat a trágyázás ésszerű alkalmazása jelentheti. A háztáji gazdaságokban általában

szerves trágyát használnak, míg a kollektív gazdaságokban a műtrágyák dominálnak. A szerves és műtrágyákat leggyakrabban szántáskor viszik a talajba, de alkalmazzák a gyökértrágyázást is a növények aktív vegetációs időszakában.

A szobanövényeket speciális összetételű műtrágyaoldattal táplálják rendszerint tavasszal vagy nyár elején. Ahhoz, hogy a trágyázás a legnagyobb haszonnal járjon, ismerni kell annak megfelelő idejét, az alkalmazott trágya fajtáját és bevitelének módját, a trágyázás összehangolását az időjárási viszonyokkal. Ezeknek a kérdéseknek a vizsgálatával az *agrokémia* nevű tudomány foglalkozik.

Agrokémia – a talajban és a növényekben végbemenő, egymással kölcsönösen összefüggő kémiai és biológiai folyamatokat kutatja, a mezőgazdasági kultúrák terméshozam-növelésének módjait vizsgálja.

A 8. osztályban tanultátok, hogy D. I. Mengyelejev, a kiemelkedő orosz tudós nemcsak a periódusos törvényt fedezte fel, és javasolta a periódusos rendszert grafikusan ábrázoló táblázat bevezetését, hanem sokat tett a különféle tudományágak, az ipar és a mezőgazdaság fejlődéséért is. Az agrokémiában például neki köszönhető a műtrágyák előállítási és a talajok vegyelemzési módszereinek a kidolgozása.

Dmitrij Nyikolajevics Prjanyisnyikov orosz tudós nevéhez fűződnek a növények táplálására és a trágyázásra vonatkozó alapkutatások, amelyeket az agrokémiában általános elismerés övez, neki magának pedig világhírnevet szereztek.

D. Ny. Prjanyisnyikov *(1865–1948) – K. A. Tyimirjazev tanítványa és követője, több mint 550 tudományos művet írt, zömmel a növények táplálkozásáról. Egyik alapítója volt annak az agrokémiai tudományos kutatóintézetnek, amely ma az ő nevét viseli. Megalkotta a növények nitrogéntáplálásának elméletét, leírta a nitrogéntartalmú vegyületek növényekben végbemenő átalakulásának mechanizmusát, különféle műtrágyákat kísérletezett ki az egykori Szovjetunió főbb mezőgazdasági vidékein, közte Ukrajnában. Kutatta a savanyú talajok meszezését, a szoloncsákok gipszezését, a szerves trágyák*



Dmitrij Nyikolajevics Prjanyisnyikov

alkalmazását, tökéletesítette a növények táplálkozásának kutatási, valamint a növények és talajok elemzési módszereit. Munkásságát a Szovjetunió magas kitüntetésekkel ismerte el, kutatóintézetet és utcákat neveztek el róla.

Műtrágyagyártás Ukrajnában. Országunkban nitrogéntartalmú műtrágyákból állítanak elő legtöbbet. A gyártáshoz nyersanyagként a levegő nitrogénjét használják fel.

Ismételjétek át a nitrogénvegyületek tulajdonságait, és írjátok fel a nitrogénműtrágyák előállítása során alkalmazott reakciók egyenleteit, ha a gyártás a következő vázlat szerint történik:
nitrogén → ammónia → nitrogén(II)oxid → nitrogén(IV)oxid → salétromsav → kálium-nitrát (nátrium-nitrát, ammónium-nitrát)!

A nitrogéntartalmú műtrágyák előállítása példázza, hogyan használható fel egy gyártási hulladék anyag – a szén kokszolásánál keletkező ammóniás víz – hasznos termék előállítására.

A nitrogéntartalmú műtrágyák termelése a Donyec-medencében és a Dnyeper-melléken összpontosul. A káliumtartalmú műtrágyák gyártásához az alapanyagot az ukrán lelőhelyeken bányászott természetes kálisók szolgáltatják. A kálium alapú műtrágyák gyártása Nyugat-Ukrajnában összpontosul, mivel ebben a régióban találhatók a legnagyobb kálisólelőhelyek: Kalus-Glinszk, Sztebnik, Boriszlav. A Donyec-medencében is bányásznak kálisókat Szlovjanszk és Artemivszk városok közelében.

A foszfortartalmú műtrágyák gyártása elsősorban az Oroszországból behozott foszforitokon alapul, a gyárak Szumiban, Kosztyantinovkában és Odesszában találhatók. Foszfor alapú műtrágyákat előállítanak a vas- és színesfém-kohászati üzemekben is, például az Azovsztal fémkombinátban (Mariupol).

Ukrajna nem csak a hazai mezőgazdasági szükségleteket elégíti ki műtrágyákkal, hanem exportra is nagy mennyiséget gyárt.



Vizsgáljuk meg az anyagokat és tulajdonságaikat!

7. sz. laboratóriumi munka. **Ismerkedés nitrogén, foszfor és kálium alapú műtrágyák mintáival.**

1. feladat. Ismerkedjetek meg a kiosztott ásványi trágyákkal, különítsétek el őket nitrogén-, kálium- és foszfortartalmúakra!

2. feladat. Vizsgáljátok meg a kiosztott műtrágyaminták oldhatóságát szobahőmérsékletű vízben!

A feladat elvégzéséhez mérjetek le azonos adagokat a műtrágyákból, és tegyétek azokat azonos térfogatú vízbe, majd kavargassátok mindegyik keveréket üvegpálcikával! Jegyezzétek fel, melyik műtrágya oldódott fel leghamarabb, melyik oldódott lassabban, melyik nem oldódott fel teljesen! Vonjátok le következtetéseiteket a műtrágyafajták oldhatóságáról!

3. feladat. Írjátok le a munkafüzetetekbe táblázat alakjában a műtrágyák nevét, képleteit, egyes fizikai tulajdonságait, és osztályozzátok őket tápelemtartalmuk szerint!

Név	Képlet	Halmazállapot	Szín	Oldhatóság vízben	Szag

4. feladat. Tisztázzátok, hogy vannak-e többkomponensűek (egyszerre többféle tápelemet tartalmazók) a mintaként kiosztott műtrágyák között!

5. feladat. Ha a műtrágyaminták között egy vagy több olyan van, amely ugyanazt a tápelemet tartalmazza, akkor számítsátok ki, melyikben a legnagyobb a tápelemtartalom, és vonjátok le a következtetéseiteket!



A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

A műtrágyákat a bennük lévő tápanyagoktól függően ***egyszerűekre*** (egy tápelemet tartalmazókra) és ***komplexekre*** (többféle tápelemet tartalmazókra) osztják.

Az ipar teljes komplex (nitrogént, foszfort, káliumot tartalmazó) és nem teljes komplex (két tápelemet, leggyakrabban nitrogént és foszfort tartalmazó) műtrágyákat állít elő.

Az előállítás módjától függően a komplex műtrágyák lehetnek ***összetettek*** és ***összetett keverékek***.

Az összetett műtrágyák többféle tápelemet tartalmaznak egy vegyület részeként: ammofosz $NH_4H_2PO_4$, kálisalétrom KNO_3 stb.

Az ***összetett keverék*** vagy ***kombinált műtrágyákhoz*** az egy granulában (szemcsében) két vagy három fő tápelemet tartalmazó, egységes technológiai ciklusban előállított komplex műtrágyák tartoznak.

Gyakran az egyszerű műtrágyákból ***kevert*** műtrágyákat készítenek. Az egyszerű műtrágyákat azért keverik, hogy fokozzák a hatásukat. Az ilyen műtrágyafajták készítésére keverési módszert dolgoztak ki. A kevert műtrágyák előnye az egyszerű és az állandó összetételű összetett keverék műtrágyákkal szemben az, hogy keverésükkor igény szerint szabályozható bennük az egyes tápelemek tartalma. A korszerű mezőgazdálkodásban a mikroelemekkel dúsított komplex műtrágyákat részesítik előnyben.

A természetrajzból és a biológiából tudjátok, hogy a fő mezőgazdasági kultúrák Ukrajnában a gabonafélék, a zöldségfélék és a cukorrépa. Terméshozamuk növelése érdekében nitrogénműtrágyákból hektáronként annyit használnak fel, hogy 30–180 kg nitrogén jusson a talajba, foszforműtrágyák esetében a P_2O_5 mennyisége hektáronként 45–90 kg, a káliműtrágyák vonatkozásában 45–60 kg K_2O-val számolnak hektáronként. Ezek az átlagos normák változhatnak a talaj- és időjárási viszonyoktól, valamint a mezőgazdasági kultúrától függően.

Ha faluhelyen laktok, akkor derítsétek ki, hogy a közeletekben működő kollektív gazdaságban milyen területet foglalnak el a mezőgazdasági kultúrák, és számítsátok ki a gazdaság éves műtrágyaszükségletét (hatóanyagok és konkrét műtrágyafajták szerint)!



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Határozzátok meg, hogy mik a műtrágyák! Mondjatok példákat!
2. Indokoljátok meg, miért játsszák a növények ásványi tápanyagforrásának szerepét a műtrágyák!
3. Melyik nitrogéntartalmú műtrágyában, az ammonsalétromban vagy a kalcium-nitrátban nagyobb a tápelemtartalom?
4. Mit gondoltok, miért fontos a mezőgazdasági termelők számára, hogy tudják, mennyire higroszkópos egy-egy műtrágya?
5*. Kis csoportokat alkotva értékeljétek a műtrágyák előállításának és alkalmazásának jelentőségét az élelmiszerellátási gondok megoldása szempontjából, és készítsetek beszámolót a következő címmel: *Műtrágyák – alkalmazásuk pozitív és negatív következményei*!
6*. Ha a szobanövényekkel való foglalkozás a hobbitok, akkor derítsétek ki különféle információs források alapján, milyen műtrágyákkal és mikor kell táplálni a növényeiteket! Számítsátok ki táplálási normáikat!



12. §. A szénsav. A szénsav sói, előfordulásuk és alkalmazásuk

Amint a 8. §-ban már szó volt róla, szén-dioxid vízen történő átbocsátásakor az indikátorok savas közeget jeleznek, mivel a szén(IV)oxid savas oxid, amely a vízzel szénsavat H_2CO_3 alkot. A kénsavtól vagy salétromsavtól eltérően a szénsav gyenge és nem stabil, csak híg oldat formájában létezik, de abból nem vonható ki, mert melegítés hatására vízre és szén-dioxidra bomlik. A vizsgált kémiai jelenségek megfordíthatók, ezt tükrözi a reakció egyenlete:

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3$$

Idézzétek fel, hogy mit jelentenek a megfordítható reakciók egyenleteinek bal és jobb oldalán lévő képletek!

Ez a reakció megy végbe, amikor szén-dioxiddal dúsítják az italokat, ezért fogyasztásukkor savanykás ízt érzünk.

A szénsav és a karbonátok kémiai tulajdonságai

1. Elektrolitos disszociáció. Az indikátor színének megváltozása a szén-dioxid vízen történő átbocsátásakor hidrogénkationok jelenlétét jelzi. A szénsav gyenge elektrolit, oldatban hidrogénkationokra és karbonátanionokra CO_4^{2-}, valamint hidrogén-karbonátanionokra HCO_3^- disszociál:

$$H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^-$$
$$HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + CO_3^{2-}$$

Ennek megfelelően a kétbázisú szénsav savanyú sókat – *hidrogén-karbonátokat* – és semleges sókat – *karbonátokat* – képez. Jól ismeritek ezeknek a savaknak a példáit. A kalcium-karbonát $CaCO_3$ például a kréta és a márvány fő összetevője, az éti szóda pedig nem más, mint a nátrium-hidrogén-karbonát $NaHCO_3$.

A savak, bázisok és sók oldhatósági táblázata alapján állapítsátok meg a karbonátok oldhatóságát a vízben, írjatok fel a karbonátok elektrolitos disszociációját tükröző két egyenletet!

2. A szénsav sóinak kölcsönhatása savakkal. A szénsav (semleges és savas, vízben oldódó és oldhatatlan) sóinak általános tulajdonsága

a savakkal való kölcsönhatás. A reakciót szén-dioxid képződése kíséri. Idézzétek fel, hogy miért adnak sütés előtt több péktermék tésztájához éti szódát, amit ecettel semlegesítenek:

$$NaHCO_3 + CH_3COOH = CH_3COONa + H_2O + CO_2\uparrow$$

A példa nyomán érthető, mennyire gyenge a szénsav, ha még a gyenge elektrolit, az ecetsav is reakcióba lép a sóival.

A habbal oltó tűzoltó készülék működési elvének a lényege az, hogy a karbonát (hidrogén-karbonát) és erős sav (például kénsav) kölcsönhatása következtében instabil szénsav képződik, amely azonnal szén-dioxidra és vízre bomlik. Ezek egyike sem éghető anyag, ezért alkalmazzák őket a tűzoltó készülékekben.

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + CO_2\uparrow + H_2O$$

A karbonátion CO_3^{2-} kvalitatív kimutatása. A karbonátionokat savakkal mutatják ki. A reakciót aktív gázfejlődés kíséri. Arról, hogy szén-dioxid és nem más gáz képződik, két módszerrel győződhetünk meg: 1) égő gyufaszálat viszünk a fejlődő gázba, és a láng gyorsan elalszik; 2) a fejlődő gázt kalcium-hidroxid oldaton (mészvízen) bocsátjuk át, és fehér színű csapadék képződését figyelhetjük meg.

Példaként megvizsgáljuk a kálium-karbonát kölcsönhatását a kénsavval (37. ábra).



37. ábra. *A karbonátok minőségi kimutatása*

$$K_2CO_3 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + H_2CO_3 \xrightarrow{H_2O} CO_2\uparrow$$

$$2K^+ + CO_3^{2-} + 2H^+ + SO_4^{2-} = 2K^+ + SO_4^{2-} + H_2O + CO_2\uparrow$$

$$2H^+ + CO_3^{2-} = H_2O + CO_2\uparrow$$

A szénsav sóinak (karbonátanionok) minőségi kimutatására a savoldatokkal történő kölcsönhatásukat alkalmazzák. A reakció szén-dioxid fejlődésével jár, amely égő gyufaszállal vagy mészvízzel mutatható ki. A minőségi kimutatás során alkalmazott reakció egyenlete:

$$2H^+ + CO_3^{2-} = H_2O + CO_2\uparrow$$

3. A szénsav sóinak elbomlása hevítéskor. Az oldhatatlan karbonátok és a hidrogén-karbonátok melegítés hatására elbomlanak:

$$CaCO_3 \xrightarrow{t^\circ} CaO + CO_2\uparrow$$

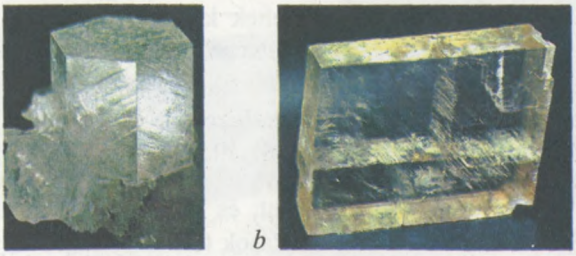
$$2NaHCO_3 \xrightarrow{t^\circ} Na_2CO_3 + H_2O + CO_2\uparrow$$

Az első reakciót az iparban alkalmazzák kalcium-oxid CaO (oltatlan mész) előállítására.

A vízben oldódó karbonátok stabilak, nem bomlanak el.

Győződjetek meg a karbonátok tulajdonságairól a *8. sz. laboratóriumi kísérlet* elvégzésével!

A szénsav sóinak előfordulása a természetben. A karbonátok a természetben főként kalcium-karbonát $CaCO_3$ formájában fordulnak elő. Ez egyébként a Földön található egyik legelterjedtebb szervetlen vegyület. A kréta, márvány, mészkő, kagylós mészkő egyaránt kalcium-karbonát, amely csekély mennyiségben tartalmaz nem karbonátos keverékeket. Tiszta állapotú kalcium-karbonát a természetben a kalcit nevű ásvány alakjában fordul elő (38. *a* ábra).



a *b*

38. ábra. *Ásványok: kalcit (a); izlandi pát (b)*

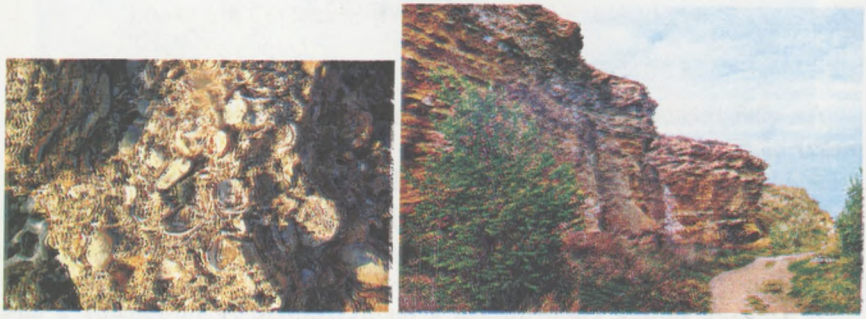


39. ábra. *Mészkő*

Az izlandi pátot – amely nagy tisztaságú kalcium-karbonát – az optikában alkalmazzák (38. *b* ábra).

A karbonátok közül a **mészkő** (39. ábra) felhasználása a legszélesebb körű.

A különböző lelőhelyeken található mészkövek keveréktartalmukat illetően különböznek egymástól, ezért eltérő a színük, amely a fehértől vagy világossárgától a sötét tónusokig változhat. A mészkövet a kohászatban alkalmazzák, erről a következő részben tanultok majd. Használják továbbá építőanyagként, az üveg- és cementgyártásban, a kalcium-karbid előállításában és oltatlan, valamint oltott mészként. A mészkövet felhasználják az útépítésben, és savanyú talajokat meszeznek vele. A híres odesszai katakombák tulajdonképpen egykori kőbányák, amelyekből szerves eredetű mészkövet – **kagylós mészkövet** – termeltek ki (40. ábra).



a *b*

40. ábra. *Kagylós mészkő (a) és lelőhelye (b)*



41. ábra. *Krétalelőhely*

Szerves eredetű karbonát az emberi és állati csontokban lévő kalcium-karbonát.

A **krétát** (41. ábra) a papír- és gumigyártásban használják töltelékanyagként, és alkalmazzák az építőiparban a lakások tatarozásánál. Azt már tudjátok, hogy a kréta részét képezi a fogtisztító

pornak, és vele írtok a táblára az iskolában. Ukrán népi hagyomány, hogy a házakat krétával festik fehérre. Azok ettől szépek, esztétikusak, az ilyen helyiségekben egyfelől kellemes, egészséges a tartózkodás, másfelől a kréta nem szennyezi és nem veszélyezteti a környezetet.

A **márvány** természetben fellelhető készletei (42. *a* ábra) jelentős mértékben elmaradnak a mészkőétől és a krétáétól. A márvány színe fehér, de a benne lévő keverékanyagoktól különböző színű lehet. Az építőiparban a márványt burkolóanyagként alkalmazzák (42. *b* ábra). A márványból szobrokat faragnak (42. *c* ábra).



a



b



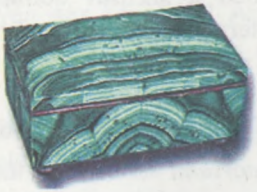
c

42. ábra. *Márványdarab (a) és márványból készült tárgyak: metróállomás márvánnyal burkolt előcsarnoka (b); szobor (c)*

A kalcium-karbonátokon kívül a természetben léteznek egyebek mellett magnézium-karbonátok (dolomit $MgCO_3 \cdot CaCO_3$) (43. *a* ábra), réz-karbonátok (malachit $Cu_2(OH)_2CO_3$ (43. *b* ábra), vas-karbonátok (sziderit $FeCO_3$) (43. *c* ábra).



a



b



c

43. ábra. *Karbonátok: magnézium-karbonát – dolomit (a); réz-karbonát – malachit (b); vas-karbonát – sziderit (c)*

Szén-dioxid előállítása a szénsav sóiból és átalakítása kalcium-karbonáttá, kalcium-hidrogén-karbonáttá. Laboratóriumi körülmények között a vízben oldhatatlan kalcium-karbonátot szén-dioxid előállítására használják. Ennek a célnak leginkább a márvány felel meg, mert tömörebb a krétánál, és a reakció lassabban megy végbe. Végezzünk el egy *bemutató kísérletet* (*8. sz. laboratóriumi kísérlet*).

A szén(IV)oxidot gázfejlesztő készülékben állítjuk elő (44. *a* ábra) kalcium-karbonátból és savból (44. *b* ábra). A kölcsönhatás megszüntetése nélkül folytatjuk a szén-dioxid és a karbonátok tulajdonságainak vizsgálatát. Ebből a célból mészvizet tartalmazó üvegpohárba merítjük a gázfejlesztő készülék gázelvezető csövét. Megfigyelhetjük, ahogy elég gyorsan zavarossá válik a víz, mivel a kalcium-hidroxid és a szén-dioxid kölcsönhatásának a terméke, a kalcium-karbonát nem oldódik a vízben:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O$$

Folytatjuk a szén-dioxid átbocsátását a kalcium-karbonát vizes szuszpenzióján, és bizonyos idő után észrevesszük, hogy a csapadék eltűnik, a pohárban az oldat ismét átlátszóvá válik. Ez azzal magyarázható, hogy a kalcium-karbonát semleges só vízben oldódó kalcium-hidrogén-karbonáttá $Ca(HCO_3)_2$, azaz savas sóvá alakul:

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$$

Ha víz jelenlétében fölöslegben van a szén-dioxid, akkor a karbonátok hidrogén-karbonátokká alakulnak.

Ha a létrejött kalcium-hidrogén-karbonát oldatát felforraljuk, akkor ismét kicsapódik a kalcium-karbonát:

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

Az elvégzett kísérletben a szénsav sóinak kölcsönös átalakulásait modelleztük, amelyek a természetben folynak, és a kőzetek mállásával, barlangok kialakulásával járnak.



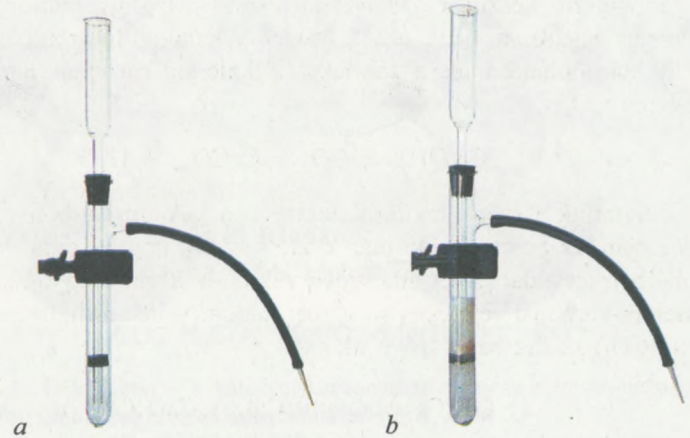
Vizsgáljuk meg az anyagokat és tulajdonságaikat!

8. sz. laboratóriumi kísérlet. **A karbonátok tulajdonságainak vizsgálata.**

A kísérlet elvégzéséhez a következőkre lesz szükségetek: kalcium-karbonát (márvány vagy kréta), valamilyen karbonát-

oldat, forraló poharak, víz, híg sósav vagy salétromsav, mészvíz, gyufa, üvegpálcikák, kémcsövek, laboratóriumi állvány, gázfejlesztő készülék, spatula, csipesz.

1. feladat. Vizsgáljátok meg a karbonátok gyűjteményét, figyeljétek meg a színüket, tisztázzátok a vízben való oldhatóságukat! A karbonátok kiderített fizikai tulajdonságait jegyezzétek be a munkafüzetetekbe!



44. ábra. *Gázfejlesztő készülék (a) és szén-dioxid előállítása (b)*

2. feladat. Reagáltassatok kalcium-karbonátot savval! Ehhez helyezzetek a gázfejlesztő készülék korongjára (44. *a* ábra) (saját készítésű eszköz esetén a kémcső aljára) márvány- vagy krétadarabot, öntsetek rá 2–3 ml savoldatot! Figyeljétek meg, hogyan fejlődik a gáz (44. *b* ábra)! Kvalitatív reakcióval állapítsátok meg, milyen gáz képződik! Az elvégzett reakció egyenletét írjátok le ionos és molekuláris alakban!

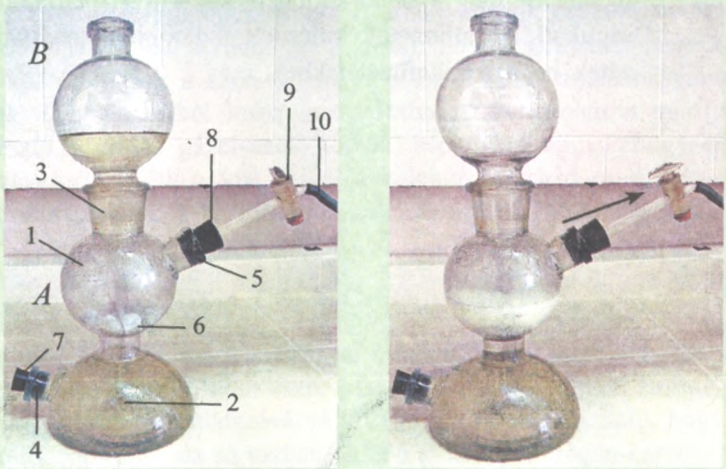
3. feladat. Ismételjétek meg az előző kísérletet, de valamilyen karbonát oldatával!

Az elvégzett reakció egyenletét írjátok le ionos és molekuláris alakban!

Hasonlítsátok össze a két kísérlet eredményeit!

A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

Kémiai laboratóriumokban a szén-dioxidot (és a hidrogént) speciális üvegedényben – Kipp-féle gázfejlesztő készülékben – állítják elő (45. ábra).



a *b*

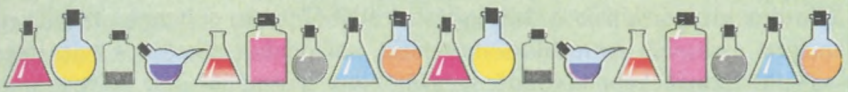
45. ábra. *Kipp-készülék: működésre kész állapotban (a) és működés közben (b)*

A Kipp-készülék *A* törzsből és *B* tölcsérből (45. *a* ábra) áll. A törzs *1* reaktorgömbből, *2* félgömb talpazatból és három nyílásból (*3, 4, 5*) áll. A *3* nyílás tölcsér behelyezésére szolgál, a *4* nyíláson időnként az elhasznált oldatot öntik le. Az *5* nyíláson a működésre való előkészítés során a szilárd reagenst helyezik be, a működés során pedig elvezetik a gázt. A reaktor és talpazat között *6* gumikorongot helyeznek el (ez más saválló anyagból is készülhet). A *4* nyílást a *7* dugóval, az *5* nyílást a *9* csappal és *10* gázelvezető gumicsővel ellátott *8* dugóval hermetikusan lezárják.

A Kipp-készülék időszakos tartós használatra szolgál. A készülékbe behelyezik a szilárd reagenst (márványt szén-dioxid vagy cinket hidrogén előállítása esetén), feltöltik savval, hogy telítődjön a talpazat félgömbje, a tölcsér hosszú szára és

körülbelül egyharmad részben a gömbje. A készülék készen áll a többszöri használatra. Előnyös, hogy elkezdhető és meg is szüntethető benne a *9* csap elzárásával a reakció.

A 45. *a* ábrán működésre kész Kipp-készülék látható. A *9* csap kinyitását követően a reaktorból a külvilágba távozik a levegő, a helyét sav tölti ki, és elkezdődik a reakció (45. *b* ábra). A képződő szén-dioxid a levegőt követően távozik a reaktorból a gázelvezető csövön, és a gázgyűjtőedénybe jut.



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Nevezzétek meg az alábbi képletekkel jelölt anyagokat:

$$CO_2,\ H_2CO_3,\ MgCO_3,\ Mg(HCO_3)_2,\ CO$$

2. Melyik sóban – a kalcium-karbonátban vagy a kalcium-hidrogén-karbonátban – nagyobb a szén tömegrésze?

3. Mondjátok el, hogyan valósíthatók meg az alábbi vázlattal ábrázolt átalakítások, és írjátok le a megfelelő reakcióegyenleteket:

$$C \rightarrow CO_2 \rightarrow MgCO_3 \rightarrow Mg(HCO_3)_2 \rightarrow CO_2$$

4. Mekkora tömegű kalcium-karbonát és 14,6% tömegrész klór-hidrogént tartalmazó sósav szükséges 5,6 l (n. k. k.) térfogatú szén-dioxid előállításához?

5*. Egy edénybe, amelyben 3,7 g tömegű kalcium-hidroxidot tartalmazó mészvíz volt, 2,24 l (n. k. k.) térfogatú szén-dioxidot vezettek. Zavaros vagy átlátszó lesz-e az edény tartalma a reakció befejeződése után?

6*. Gondolkodjatok el azon, hogy szén-dioxid előállítása céljából miért sósavval vagy salétromsavval és nem kénsavval hatnak a kalcium-karbonátra!



13. §. *1. sz. gyakorlati munka.* Szén-dioxid előállítása. A karbonátok és hidrogén-karbonátok kölcsönös átalakulása

A természetben elegendő mennyiségben található szén-dioxid a növények fotoszintézisének a biztosításához. Sok szén-dioxid termelődik az élőlények légzése és a rothadási folyamatok során, s évről évre mind több kerül a légkörbe belőle a különféle üzem- és tüzelőanyagok égetése következtében, a kohászati és vegyipari üzemek, valamint a járműmotorok működésének köszönhetően. A vegyipar és az élelmiszeripar szén-dioxid igényének a kielégítése céljából nem építenek üzemeket, ehelyett az egyéb iparágak – mészoltás, szőlőcukor alkoholos erjesztése – melléktermékeként képződő szén-dioxidot használják fel. A vegyiparban szén-dioxidos közegben töltik át a nagyon gyúlékony anyagokat, az élelmiszeriparban szén-dioxiddal dúsítják az italokat.

Kísérleti célokból a szén-dioxidot laboratóriumi körülmények között a számotokra már ismert reakció alkalmazásával állítják elő, amikor is szilárd kalcium-karbonátot (márványt vagy krétát) reagáltatnak savoldattal.

Ennek a gyakorlati munkának az a célja, hogy saját kezűleg állítsatok elő szén-dioxidot, tanulmányozzátok a tulajdonságait, valamint a szénsav sóinak sajátosságait.

A kísérlet elvégzéséhez a következő anyagokra és eszközökre lesz szükségetek: márvány vagy kréta, híg sósav vagy salétromsav, forralópoharak, víz, indikátorok, kis gyertya, gyufa, mészvíz, gázfejlesztő készülék (lehet kémcsőből és gázelvezető csőből álló, saját készítésű is), kémcsövek, laboratóriumi állvány, csipesz.

1. feladat. Állítsatok elő szén-dioxidot!

Figyelem! *A gyakorlati munka elkezdése előtt ismételjétek át a laboratóriumi edényekkel és melegítő készülékekkel végzett munka során betartandó biztonsági szabályokat!*

Mielőtt hozzálátnátok a szén-dioxid előállításához, figyelmesen olvassátok el az egész gyakorlati munka elvégzésére vonatkozó útmutatást, mivel a 2., 3. és 4. feladatok közötti szünetek kihagyásával állíttok elő és használtok fel szén-dioxidot.

Az 1. feladat elvégzése előtt készítsétek elő a gázfejlesztő készüléket, ellenőrizzétek hermetikusságát! Ezt követően helyezzetek el benne 2–3 darab márványt vagy krétát! Öntsetek rá 2–3 ml híg sósavat! Azonnal zárjátok el a nyílást gázelvezető csővel ellátott dugóval (ha a készülék saját készítésű)! Kövessétek figyelemmel, mi zajlik a készülékben!

2. feladat. Kísérleti úton bizonyítsátok be, hogy a szén-dioxid nem táplálja az égést!

Helyezzétek a forraló pohárba a gyertyát, és gyújtsátok meg! A gázfejlesztő készülék gázelvezető gumicsövét vezessétek a forraló pohárba, és tartsátok benne, amíg a gyertya el nem alszik (ez elég gyorsan bekövetkezik)! Magyarázzátok meg, miért aludt el a gyertya!

3. feladat. Vezessétek a gázfejlesztő készülék gázelvezető csövét egy 2–3 ml desztillált vizet és néhány csepp, savas közeg kimutatására szolgáló indikátort tartalmazó kémcsőbe! Magyarázzátok meg, mi történik, amikor a szén-dioxid áthalad a desztillált vízen!

4. feladat. Vezessétek a gázfejlesztő készülék gázelvezető csövét egy 2–3 ml mészvizet tartalmazó kémcsőbe, és figyeljétek meg a csapadékképződést! Folytassátok a szén-dioxid átbocsátását az oldaton a csapadék eltűnéséig! Magyarázzátok meg, milyen reakció megy végbe, amikor a szén-dioxid áthalad a mészvízen és abban csapadék képződik, és miért tűnik el a csapadék, ha folytatjátok a szén-dioxid átáramoltatását az oldaton!

5. feladat.* Kvalitatív reakciókkal mutassátok ki a nátrium-szulfát, ammónium-szulfát és nátrium-karbonát oldatokat jelölés nélküli kémcsövekben!

A megfigyeléseitek eredményeit, a magyarázataitokat, az elvégzett kémiai reakciók ion- és molekulaegyenleteit írjátok be a gyakorlati munkákra rendszeresített füzetetekbe!

A következtetéseitek megfogalmazása során jegyezzétek le, milyen új ismeretekre és készségekre tettetek szert a szervetlen szénvegyületekről való tanulás során!



14. §. Építőanyagok: üveg, cement, beton és alkalmazásuk

A korszerű építőiparban széles körben alkalmazzák az olyan építőanyagokat, mint a *cement*, *beton*, *tégla*, *kerámia*. A magas épületek és mély alagutak, a folyókon átívelő hidak és sok más létesítmény épül a felhasználásukkal. Az esztétikus és praktikus edények, a modern televíziós készülékek és orvosi berendezések, az épületek ablakai, az autók, repülőgépek és vonatok utasterei *üveg* alkalmazásával készülnek.

A cement, beton, tégla, kerámia, üveg – a *szilikátipar* termékei. Az elnevezés arra utal, hogy az iparág termelése a szilíciumhoz, pontosabban: a vegyületeihez kötődik.

Az üveg. A régészeti leletek azt bizonyítják, hogy az emberiség az üveget már 5–6 ezer éve ismeri. Kezdetben nőknek készítettek belőle ékszereket. Manapság az üveg olyannyira elterjedt az ipar és mezőgazdaság legkülönfélébb területein, hogy el sem tudjuk képzelni nélküle az életünket (46. ábra).

Sok időbe telt, amíg az ember megtanulta, hogyan lehet előállítani különböző üvegfajtákat, s ezekből miként lehet tárgyakat készíteni: edényeket fúvással, táblákat hengerléssel, szálakat húzással. Tárgyak csak forró, megolvasztott üvegmasszából készíthetők. Az üveg 900 °C-on kezd lágyulni és 1500 °C-on válik cseppfolyóssá.

A közönséges ablaküveget *szódából* Na_2CO_3, *mészkőből* $CaCO_3$ és *kvarchomokból* SiO_2 gyártják 1500 °C hőmérsékleten speciális kemencékben. Egy nap alatt egy kemencében 300 t termék állítható elő. El tudjátok képzelni egy ilyen kemence méretét, ha az olvasztótartálya (medencéje) 40 m hosszú, 10 m széles, és 1,5 m magas? Az üveggyártás kemizmusa egyfelől a karbonátoknak azon a tulajdonságán alapul, hogy hevítés hatására felbomlanak, másfelől pedig a bázisos és savas oxidok azzal kapcsolatos sajátosságán, hogy kölcsönhatásba lépnek egymással. Egyszerűsített formában a folyamat a következő reakcióegyenletekkel ábrázolható:

$$CaCO_3 = CaO + CO_2\uparrow$$
$$CaO + SiO_2 = CaSiO_3$$
$$Na_2CO_3 + SiO_2 = Na_2SiO_3 + CO_2\uparrow$$
$$CaCO_3 + SiO_2 = CaSiO_3 + CO_2\uparrow$$

A nyersanyagot olyan arányban veszik, hogy a képződő üveg körülbelül a következő összetételű legyen: $Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$

A **közönséges üveg** (ablaküvegtáblákat, befőttes üvegeket és palackokat készítenek belőle) nem más, mint nátrium-szilikát, kalcium-szilikát és kvarchomok átlátszó keveréke, amelynek az összetétele a következő képlettel ábrázolható:

$$Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$$

Az üvegnek nagyon sok fajtája létezik annak köszönhetően, hogy átengedi a fénysugarakat, fokozatosan megy át szilárd halmazállapotból cseppfolyósba állandó olvadás- és forráspont híján, sav- és lúgálló, s ezek a fizikai tulajdonságai különféle adalékanyagok hozzáadásával még változatosabbakká tehetők. Ezek a sajátosságok teszik lehetővé az üveg igen széles körű felhasználását.

Az üvegnyersanyag egyes komponenseinek más összetevőkkel való felcserélésével, különféle adalékanyagok hozzáadásával, az egyes anyagösszetevők tartalmának a módosításával különböző üvegfajták állíthatók elő.

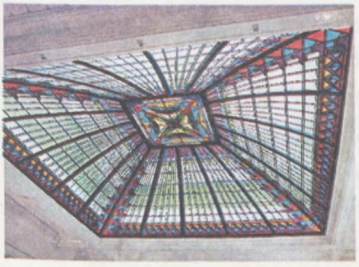
Üvegfajták és felhasználásuk. Ha a nátrium-karbonátot kálium-karbonáttal cserélik le, akkor az ablaküvegnél szilárdabb üveg készíthető. Az ilyen üvegből laboratóriumi edényeket állítanak elő. Ezekben a folyadékok anélkül forralhatók, hogy megrepednének.



a



b



c



d



e



f



g



h



i

46. ábra. *Üvegkészítmények: épületfal (a); metróállomás bejárata (b); mennyezet (c); bútorok (d); villanyégők (e); fényképezőgép (f); fenyőfadíszek (g); kristály (h); edények (i)*



47. ábra. *A Poltavai csata című üvegkép, készítette Mihail Lomonoszov*

Ha a tiszta kvarchomokot megolvasztják, és engedik lassan lehűlni, akkor kvarcüveg képződik. Az ilyen üvegből készült laboratóriumi edény fehér izzásig hevíthető, majd hideg vízbe meríthető, mégsem reped meg. Mivel a kvarcüveg átengedi az ultraibolya sugarakat, az egészségügyben (kvarclámpákban) és szoláriumokban használják.

Kiderítették, hogy a vas(III)oxid barnás árnyalatot kölcsönöz az üvegnek. A kobalt(II)oxidtól az üveg kék, a króm(III)oxidtól zöld színű lesz. Kevés aranypor hozzáadásától az üveg rubin, azaz bíborvörös színűvé válik. M. V. Lomonoszov, a híres orosz tudós több mint ezer kísérletet hajtott végre annak megállapítására, hogy milyen összefüggés van az üveg színe és az üvegmasszához adalékként kevert vegyületek színe között. A tudós több mint négyszáz üvegmintát készített. A poltavai csatát, amelynek 2009-ben volt a 300. évfordulója, Lomonoszov annak idején a tanítványaival együtt panorámaképen örökítette meg saját készítésű színes üveg felhasználásával, *Poltavai csata* címmel (47. ábra).

A XX. sz. kémiatudományának egyik vívmánya az üvegszál és üvegfonál előállítása (48. ábra). Az üvegszálakat napjainkban fényvezetőkként alkalmazzák kép- és hangjelek továbbítására, de felhasználják a telefóniában, orvosi diagnosztikai eszközökben és a kábeltelevíziózásban is.



48. ábra. *Optikai szálak*

A *kristályüveget* kálium-karbonátból, ólom(II)oxidból – ennek 24% a tartalma benne – és kvarchomokból gyártják. Az ilyen üvegnek nagy a fénytörési együtthatója, ezért az optikában lencséket és optikai hasábokat állítanak belőle elő. Mivel a kristályüveg kellemesen fénylik, csiszolással vázákat, edényeket készítenek belőle (46. *i* ábra).

Jól ismeritek a zománcozott edényeket. A zománcot közönséges üvegmasszából készítik ón(IV)oxid hozzáadásával. A színes zománc felhasználásával képeket, edényeket, dísztárgyakat állítanak elő (49. ábra).

Bizonyos feltételek mellett az amorf üvegmasszát részlegesen újrakristályosítják, amelynek eredményeként *szitalnak* nevezett, nem átlátszó, szilárd anyag jön létre. Ebből burkoló csempéket és háztartási edényeket készítenek.

A cement. A szilárd és tartós használatra tervezett létesítményeket – épületeket, alagutakat, hidakat – feltétlenül cement felhasználásával építik. Ennek az anyagnak az a különleges tulajdonsága, hogy az idő múlásával nő a keménysége.

A cementnek több fajtája ismeretes, közülük legelterjedtebb az úgynevezett *portlandcement* (*szilikátcement*). Előállításához nyersanyagként mészkövet és agyagot – ritkábban márgát – vagy a két anyag természetes keverékét használják. A mészkő képletét már ismeritek, az agyag összetétele a következő képlettel ábrázolható: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$.

Ha képletekkel szeretnénk visszaadni a cement összetételét, akkor ezt tüntethetjük fel: **CaO** (62–76%), SiO_2 (20–24%), Al_2O_3 (4–7%), kis mennyiségben található benne Fe_2O_3 és **MgO**.

A felaprított nyersanyagot (3 rész mészkövet és 1 rész agyagot) égetőkemencében hevítik. A kemence cső alakú és acélból készül, a hossza közel 200 m, átmérője mintegy 5 m, kissé ferdén – 2–5°-os szögben – helyezkedik el, és folyamatosan forog. Az üveggyártással ellentétben a cement előállítása közben szilárd anyagokkal dolgoznak. A kemence különböző részeiben eltérő a hőmérséklet, amely 100 °C-kal kezdődik, és a kijáratnál eléri az 1400–1500 °C-ot. Az ilyen hőmérsékleti rendszerrel biztosítják a víz elpárolgását, az agyag és a mészkő oxidokra való bomlását, az oxidok kölcsönhatását. Ennek köszönhetően a kalcium-szilikát



a

b

c

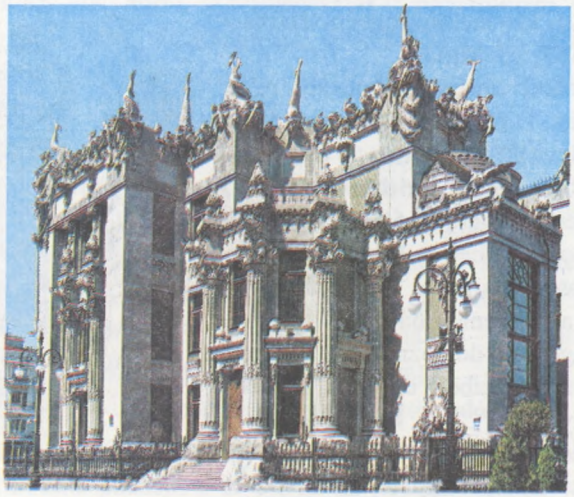
49. ábra. *Zománc felhasználásával készült dísztárgyak: kép (a); váza (b); ékszerek (c)*

$CaSiO_3$ és a zöldesszürke vagy sötétszürke kalcium-alumínium-szilikát $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$ égetett keveréke keletkezik. A kiégetett keveréket porrá őrlik, bizonyos adalékokat adnak hozzá, és felhasználásra kész a cement. Alkalmazása során homokot és vizet kevernek hozzá. Az ilyen keverék, amelyet *cementhabarcsnak* neveznek, idővel kőkeménnyé válik. A cementhabarcs a tégla és más építőanyagok pótolhatatlan kötőanyaga az építkezéseken. A habarcs azért szilárdul (köt) meg, mert a cement alkotórészei kristályhidrátok képződésével reagálnak a vízzel. Az ukránok ősei a régi Kijevet cementhez hasonló – mészkőből és égetett agyagból készült – kötőanyag alkalmazásával építették. Ukrajna területén az első cementgyárakat a XIX. sz. végén építették a Donyec-medencében és Rivne környékén. V. Horodeckij építész 1903-ban ukrán cementet használt a XX. sz. egyik legszebb, Kijevet ma is ékesítő épülete külsejének a kialakításához (50. ábra).

A kőzúzalék (gránit eredetű aprított kőzet), homok és cement keveréke az építőiparban széleskörűen használt ***beton*** (51. ábra). Hidak, épületek, gátak építése nem képzelhető el *vasbeton* – vasvázzal erősített beton – nélkül.

A szilikátipar része a **kerámiagyártás**. A kerámiatermékekhez sorolható az építkezési tégla (52. *a* ábra), a kályhacsempék, burkoló csempék, mosdókagylók, porcelán- és fajanszedények (52. *b* ábra).

A kerámiagyártás sajátossága, hogy a megformázott termékeket kiégetik. A téglagyárakat agyag- és homoklelőhelyek közelében telepítik. Az agyag, homok és víz homogén keverékéből megformázzák a tég-



50. ábra. *Állatfigurákkal díszített kijevi épület*



51. ábra. *Betontáblák*

lákat, amelyeket speciális kemencékben kiégetnek. A nedvesített agyag a gyurmához válik hasonlatossá, ezért jól formázható. Az agyagnak ezt a tulajdonságát alkalmazzák a *fazekasság*ban. Az ősi települések régészeti feltárásánál vázák, köcsögök, tálak és más fazekaskészítmények kerülnek elő a föld alól. A fazekaskészítmények – az anyagok sokfélesége ellenére – ma is kedveltek (53. ábra). Ukrajnában fejlett a fazekasság, az ország különböző részeiben – mint például a Poltava környéki Opisnyában – kiváló fazekasmesterek tevékenykednek.

Az ókori Kínában találták fel a **porcelán** készítésének technológiáját. A kínaiak edényeket (csészéket, tányérokat, tálakat, dísztárgyakat) (54. *a* ábra) készítettek belőle, de a porcelán receptjét titokban tartották. Európában csak a XVI. században kezdték a porcelánkészítést. Alapanyagául a fehér agyagot, a kaolint $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ használták, amelyhez kisebb mennyiségben földpátot $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ és kvarchomokot SiO_2 adtak. A késztermékét képekkel díszítették és ma is díszítik (54. *b* ábra). A technikában a porcelánt elektromos szigetelő tulajdonsága és vegyállósága miatt alkalmazzák.



a



b

52. ábra. *Kerámiakészítmények: tégla (a); dísztárgyak (b)*



a



b

53. ábra. *Régészeti feltáráskor előkerült fazekas készítmény (a); agyagedény készítése korongozással (b)*



a



b

54. ábra. *Porcelánvázák: kínai (a); ukrán (b)*

A porcelánkészítéshez használtnál kevésbé tiszta nyersanyagból durvább anyagot – *fajanszot* – állítanak elő.

Mint látjuk, a gazdaság különböző ágazataiban széleskörűen alkalmazzák a szilikátipari termékeket.



A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

Ahogy a 14. § tananyagából megtudtátok, gyakorlatilag minden építőanyag előállításához szilíciumvegyületeket használnak. Előfordulását tekintve a szilícium kémiai elem a természetben a második helyen áll az oxigén után. Miközben a szén – a szilíciummal egy mellékcsoportban található elem – az élő természet legfontosabb kémiai eleme, ugyanez elmondható a szilíciumról az élettelen természet vonatkozásában. Vegyületei teszik ki a földkéreg közel 75%-át. A szilíciumnak mint egyszerű anyagnak szilárd a halmazállapota, acélos a fénye, s a gyémántéra hasonlít a kristályszerkezete. A szilícium félvezető, s ezt a tulajdonságát széleskörűen alkalmazzák a fény- és napelemekben.

A kovasav H_2SiO_3. Helyesebb lenne a metakovasav elnevezés használata, mivel a szilíciumnak más összetételű savai, sőt polisavai is vannak. Ezért a szilícium, mint savképző elem által alkotott savak általános képlete így írható le: $n SiO_2 \cdot m H_2O$.

A *szilícium(IV)oxid* SiO_2 nem oldódik a vízben. Az *oxid* → *sav* származási kapcsolat megvalósításához először

lúggal együtt meg kell olvasztani az oxidot, majd a képződött oldható sóra erős savval kell hatni:

$$2NaOH + SiO_2 \xrightarrow{t^\circ} Na_2SiO_3 + H_2O$$

$$Na_2SiO_3 + 2HNO_3 = H_2SiO_3\downarrow + 2NaNO_3$$

Írjátok le teljes és egyszerűsített ionos alakban ezt a reakciót!

Szilikátoknak nevezik a kovasavak sóit. Közülük egyeseket már ismertek. Vízben csak az alkálifémek szilikátjai oldódnak. Ezeket *folyékony üvegnek* nevezik. Az oldódó szilikátok ioncserés reakcióba lépnek a savakkal és más fémes elemek oldódó sóival, ha a reakciótermék kovasav vagy oldhatatlan só lesz. Ilyen kölcsönhatás végbemegy a természetben is. A gránit részét képező földpát $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ az esőtől és a hótól, valamint a légkörben mindig jelen lévő szén-dioxidtól agyaggá és homokká alakulva lassan mállik.

A természetrajzból és a földrajzból ismételjétek meg, hogyan mállanak a kőzetek, és hogyan változik a domborzat!

Az oldhatatlan szilikátok (zömmel agyagok) építőipari nyersanyagok. Az oldódó szilikátokkal faanyagot pácolnak, hogy ne korhadjon, és szöveteket itatnak át, így téve éghetetlenné őket. A folyékony üveget az építőiparban alkalmazzák: kis mennyiségben a cementhabarcshoz adva gyorsítják annak szilárdulását.



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Nevezzetek meg általatok ismert építőanyagokat!
2. Hogyan hatnak a különböző adalékanyagok az üveg tulajdonságaira?
3. Nevezzétek meg az üveg, cement, beton azon tulajdonságait, amelyeken a felhasználásuk alapul!

4. Derítsétek ki, hogy a lakásotokban milyen tárgyak készültek üvegből, cementből, betonból, kerámiából, porcelánból, fajanszból! Hány ilyen tárgy van az otthonotokban? Vonjatok le következtetéseket arra vonatkozóan, mi a jelentőségük a mindennapjaitokban!

5*. Az ismert orosz tudós, M. V. Lomonoszov az *Óda az üveghez* című költeményében az üveget a drágakő és az arany elé helyezi.

Ti hogyan értelmezitek a kérdésnek ezt a megközelítését?

6*. Az egyik üvegfajtának, amelyből étkészletek edényeit készítik, a következő az összetétele: SiO_2 – 75%, CaO – 12%, Na_2O – 13%. A nátrium-oxid és a szilícium(IV)oxid mekkora anyagmennyisége jut ebben az üvegfajtában 1 mol kalcium-oxidra? Írjátok le ennek az üvegtípusnak a képletét!



15. §. Az oxigén, nitrogén, szén körforgása a természetben

Az oxigén körforgása. Bolygónkon az élet egyik feltétele az, hogy a Föld légkörében oxigén található. Valamennyi élőlény, egyes mikroorganizmusokat leszámítva, oxigénnel lélegzik. Az oxigén folyamatosan bekerül a szervezetükbe, s ott részt vesz a sejtekben lejátszódó redoxi reakciókban.

Idézzétek fel a biológiából, hogy mit nevezünk légzésnek, és az ember mely szervei vesznek részt ebben a folyamatban!

Ezeknek a reakcióknak köszönhetően képződnek a szervezet növekedéséhez és fejlődéséhez szükséges szervesanyag-molekulák, és szabadul fel a szervezet élettevékenységét fenntartó energia.

Nagy mennyiségű oxigén használódik el a különböző üzemanyagok elégetésére a hőerőművekben, a házakat, lakásokat fűtő kazánokban, a gépkocsik belsőégésű motorjaiban, a repülőgépek és rakéták hajtóműveiben, az elhalt növényi és állati maradványok bomlása során, egyes vegyipari termelési folyamatokban. Összességében mindez az oxigénnek mint egyszerű anyagnak a hatalmas mértékű felhasználásával jár.

A vázoltak tükrében azt feltételezhetnénk, hogy évről évre számottevő mértékben csökken az oxigén mennyisége a levegőben, de a valóságban ez nincs így. Ennek az a magyarázata, hogy az oxigénatom mozgása nem egyirányú. Vagyis nem csak távozik a levegőből, hanem vissza is kerül oda. A légzés következtében szén-dioxid és víz keletke-

zik, ezekben az oxigén tömegrésze rendre 73% és 89%. Mindkét anyag részt vesz a fotoszintézisben, amelynek köszönhetően az oxigén visszakerül a légkörbe:

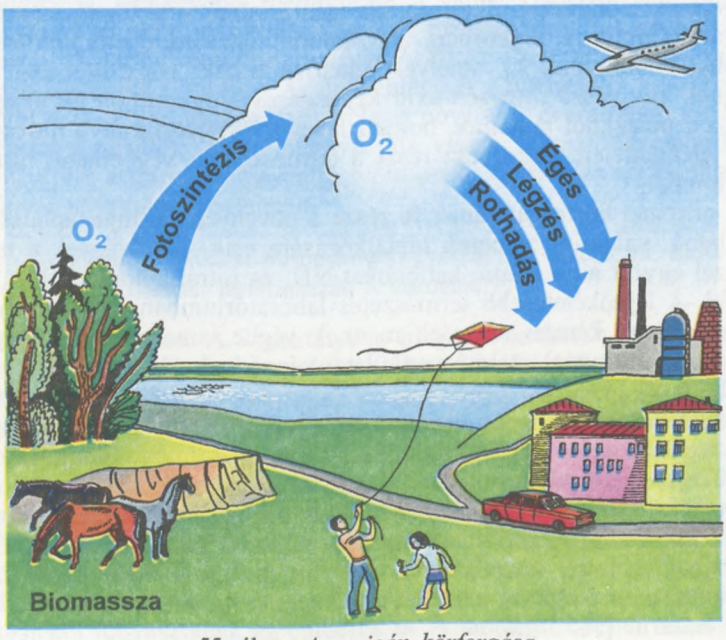
$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{fotoszintézis}} \underset{\text{glükóz}}{C_6H_{12}O_6} + 6O_2\uparrow$$

Vagyis az élő természetben végbemenő oxidációs reakciókra és az emberi tevékenységgel kapcsolatos szükségletekre elhasználódó oxigén tartalékai a fotoszintézisnek köszönhetően töltődnek fel.

Az állati és emberi táplálkozásnak is szerepe van az oxigén körforgásában. Az oxigén ugyanis a takarmánnyal és az élelmiszerekkel bekerül a szervezetbe a fehérje-, zsír- és szénhidrát-molekulák alkotóelemeként. Onnan az oxigén a víz és szén-dioxid összetevőjeként kerül vissza a környezetbe.

A vázolt folyamatok összesítésével kirajzolódik, hogy milyen az oxigén körforgása a természetben (55. ábra).

A **kémiai elem körforgása** nem más, mint atomjainak vándorlása a bioszférában az élő és élettelen természet testeinek közvetítésével.



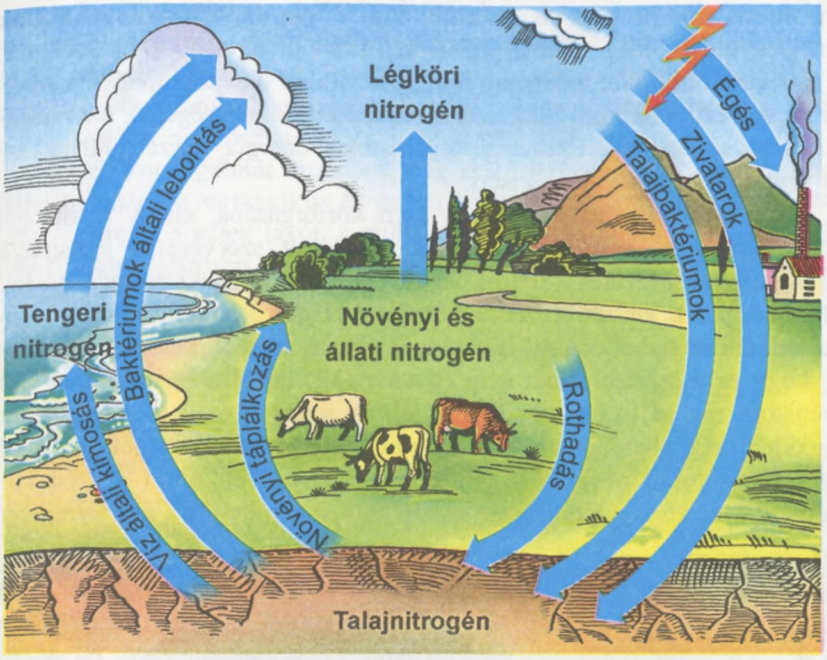
55. ábra. *Az oxigén körforgása*

Az **oxigén körforgásának** a lényege az, hogy az oxigénatomok elnyelődnek a légzés, táplálkozás, égés, rothadás során, és visszatérnek a légkörbe a zöld növények és algák fotoszintézisének köszönhetően

Egyelőre a légkörben biztosított az oxigén egyensúlya. Azonban az ember gazdasági tevékenysége következtében csökkennek a zöld növényzettel borított természetes területek, és növekszik az égési és lassú oxidációs folyamatokra elhasználódó oxigén mennyisége. Ha nem történnek intézkedések a zöld növényzet megőrzésére és gyarapítására, nem történnek lépések a környezetet nem szennyező üzemanyagok előállítása, alternatív energiaforrások feltárása érdekében, akkor fennáll a veszélye annak, hogy csökken bolygónk légkörének az oxigéntartalma. Hogy ez ne következhessen be, nem csak a kormányzati tisztviselőknek, vállalatvezetőknek kell gondoskodniuk a meglévő zöld területek megőrzéséről és gyarapításáról, hanem minden egyes embernek.

A nitrogén körforgása. Amint már tanultátok, a nitrogén a növényeket tápláló három fő elem egyike. A nitrogén organogén elem. Vizsgáljuk meg a mozgását a természetben. Az oxigéntől eltérően a nitrogénnek mint egyszerű anyagnak, amely a levegő összetételének legnagyobb részét teszi ki, nem sok köze van az atomi nitrogén természetben végbemenő forgalmához. Egyes baktériumfajokra a nitrogén részvételével végbemenő redoxi reakciók jellemzők, amelyek eredményeként más szervezetek táplálására alkalmas nitrogéntartalmú vegyületek képződnek. Zivatarok idején a légkörben, a villámok hatására olyan hőmérsékleti viszonyok alakulnak ki, amelyek lehetővé teszik, hogy a levegő nitrogénjének egy része nitrogén-oxid képződésével egyesüljön az oxigénnel. A vázolt példákból láthatjuk, hogy a levegőt 78%-ban kitevő nitrogénnek csak jelentéktelen része vesz részt a természetben végbemenő nitrogénforgalomban.

A nitrogén körforgalmának fő része a növények ásványi táplálására és az állatok, valamint emberek táplálkozására esik. A növények a talajból a vízzel együtt ammónium-kationokat NH_4^+ és nitrát-anionokat NO_3^- vesznek fel. A legtökéletesebb természetes laboratóriumban, mint amilyen az élő sejt, olyan kémiai reakciók mennek végbe, amelyek eredményeként a növények nitrogéntartalmú vegyületei képződnek. A növényeket azután az állatok és emberek fogyasztják el, azaz folytatódik a nitrogénatomok vándorlása. Az állatok és emberek által elfogyasztott nitrogén nagyobb része a szervezet nitrogéntartalmú anyagainak szintézisében vesz részt, kisebb része a vizelettel távozik a külvilágba. Az élő szervezetek pusztulása és ezt követő elbomlása nyomán a nitrogéntartalmú szerves anyagokból szervetlen nitrogénvegyületek – zömmel ammónia – képződnek. A talajbaktériumok közreműködésével az ammónia átalakítása NH_4^+ és NO_3^- ionok képződésével zárul, s a nitrogén visszakerül a talajba. Ezzel a kör bezárul (56. ábra).



56. ábra. *A nitrogén körforgása*

A nitrogén legnagyobb mennyisége a táplálékláncban vándorol az ökoszisztémákon belül. Mint a biológiából már tudjátok, a *tápláléklánc a szervezetek olyan sorrendisége, amelyen belül az előző szervezet az utána következő táplálékául szolgál.* A táplálékláncok növényekkel kezdődnek.

Amint a 11. §-ban már szó volt róla, a növények évente több nitrogént vesznek fel a talajból, mint amennyit oda visszajuttatnak az elbomlásuk nyomán, ezért a nitrogénegyensúly fenntartása érdekében nitrogéntartalmú trágyákat juttatnak a talajba.

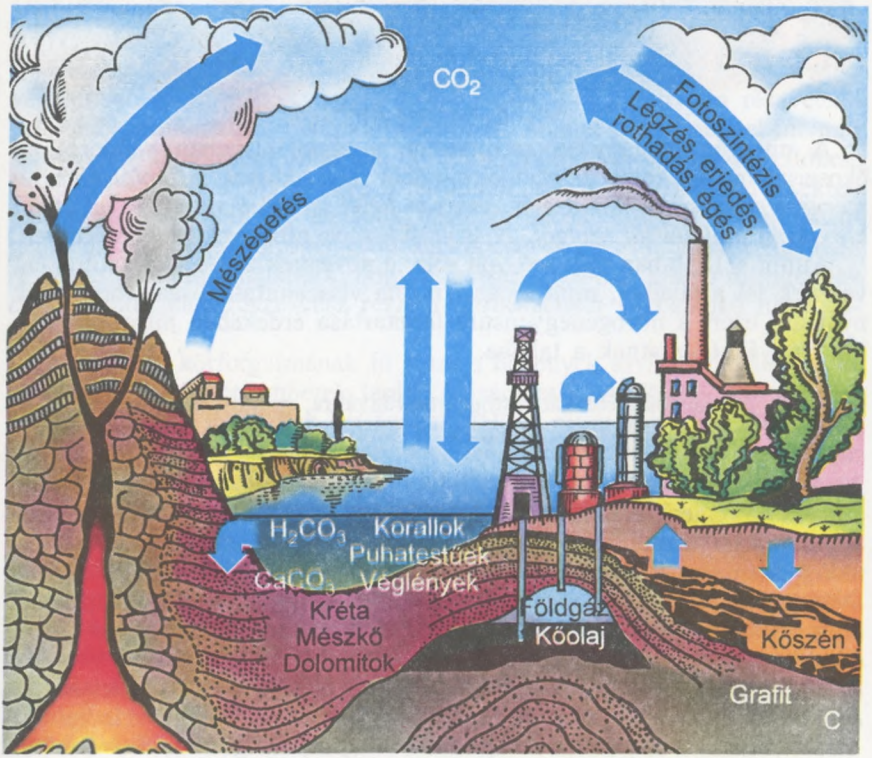
Mondjatok példákat nitrogénműtrágyákra, mutassatok rá, milyen ionok formájában tartalmazzák a nitrogént!

A szén körforgása. A 9. osztályban megismerkedtetek a legfontosabb szerves vegyületekkel, és megtudtátok, hogy kivétel nélkül mindegyikük szénatomokat tartalmaz. Vizsgáljuk meg, milyen útvonalakon vándorolnak a szénatomok a bioszférában, és milyen tényezők vesznek részt a folyamatban. Az élő és élettelen természet közötti összekötő kapcsot a szén körforgásában a szén-dioxid képezi. A szén-dioxid a levegő egyik alkotórésze, de megtalálható a folyók, tengerek és óceánok vizében is. A növények a fotoszintézis folyamatában veszik fel és alakítják szerves anyagokká a szén-dioxidot.

A fűnemű növények az állatok takarmányául szolgálnak, és sok növényi táplálékot fogyasztanak az emberek is. A táplálék fehérjéi, szénhidrát-

jai, zsírjai először *megemésztődnek* (egyszerűbb összetevőkre bomlanak, amelyek oldott állapotban a vékonybél falán át a vérbe szívódnak fel). A vér elszállítja őket valamennyi szervhez, ahol a sejtek építőelemeiként és az emberi, valamint állati szervezetek élettevékenységének energiaforrásaiként szolgálnak. Ezeket a folyamatokat energia felszabadulása, víz és szén-dioxid képződése kíséri.

A szervezetek elhalása után a szén körforgásába, ahogy a nitrogén körforgásába is, bekapcsolódnak az elpusztult szervezetek anyagaival táplálkozó szervezetek, köztük egyes gomba- és baktériumcsoportok. Működésüknek köszönhetően a szerves anyagok szervetlenekre – közte szén-dioxidra – bomlanak. Így a szén visszatér a légkörbe. Érthető az is, hogy ez a cserefolyamat nem egyenértékű, mivel a szervezetben több szénatom marad, mint amennyi a légzés során távozik belőle a szén-dioxiddal. Azonban a természetben nincs hiány szén-dioxidból. Sőt évről évre fokozatosan növekszik a tartalma a levegőben, mert a szén körforgása nem korlátozódik csak az általunk áttekintett, az élő természet-



57. ábra. *A szén körforgása*

ben zajló folyamatokra. A földtani őskorban élt szervezetek összetételét képező szén hatalmas tartalékai „konzerválódtak" kőszén-, kőolaj- és földgázkészletek alakjában. Ezeket ma nagy mennyiségben használják fel tüzelő- és üzemanyagként, s ennek eredményeként szén-dioxid képződik, amely később a fotoszintézisben vesz részt.

A szén körforgalmát vizsgálva meg kell jegyezni, hogy azzal kapcsolatba hozhatók a vulkanikus és geotermikus folyamatok, a kőzetek mállása, valamint a vizek lakói: a puhatestűek, rákok, korallok, amelyek – a többi állattal közösen részt vesznek a szén körforgalmában – a szénből védőpáncélt építenek maguknak.

Szerkesszetek a szénnek a vízi állatok élettevékenységével kapcsolatos körforgását illusztráló vázlatot!

Az 57. ábra a szén körforgását mutatja vázlatosan.

A paragrafus anyaga lehetővé teszi annak a következtetésnek a levonását, amely szerint az olyan organogén elemekből, mint az oxigén, nitrogén, szén, elegendő mennyiség áll rendelkezésre és fog rendelkezésre állni a jövőben is az élet fennmaradásához a Földön. Azonban az ember tevékenységével megbontja ezen elemek tartalmának az egyensúlyát mind az élő, mind az élettelen természetben, ami károsan hat bolygónk ökológiai egyensúlyára. Ebből megérthető, hogy miért törekszik a világ államainak közössége arra, hogy együttműködési megállapodásokkal óvja és gazdagítsa a környezetet.

Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Magyarázzátok meg, mit értenek a tudományban a kémiai elemek körforgalmán!

2. Jellemezzétek az oxigén, a nitrogén és a szén körforgását!

3. Tudjátok meg, átlagosan hány liter üzemanyagot fogyasztanak az egyes gépkocsitípusok 100 kilométeren! Tudva azt, hogy a benzin molekulánként 5–8 szénatomot tartalmazó szénhidrogének keveréke, számítsátok ki, mekkora térfogatú oxigén reagál a gépkocsi által 100 km-en fogyasztott benzinnel, és milyen térfogatú szén-dioxid kerül a légkörbe eközben! Magyarázzátok meg, milyen következményei vannak a benzin elégetésének a gépkocsimotorokban az oxigén és a szén körforgása szempontjából!

4*. Antoine de Saint-Exupéry francia író, *A kis herceg* című könyv szerzője a következőképpen vélekedett találóan a vízről: "Víz! Se ízed nincs, se színed, se zamatod, nem lehet meghatározni téged, megízlelnek, anélkül hogy megismernének. Nem szükséges vagy az életben: maga az élet vagy." A vízről a biológia-, kémia-, földrajz- és fizikaórákon szerzett ismereteitek alapján készítsétek el a víz körforgásának a vázlatát, és mutassátok be az iskolai foglalkozáson!

ÖSSZEGEZZÜK A TANULTAKAT!

Kedves tanulók! Befejeződött a „Nemfémes elemek és vegyületeik" című téma tanulása. Minden egyes óra tananyaga a téma valamely aspektusának volt szentelve. Most eljött az ideje a megszerzett ismeretek összegezésének, a következtetések levonásának, a konkrétumok mögötti általános törvényszerűségek kimutatásának, tudásotok ellenőrzésének. Az, hogy mennyire értettétek meg a tananyagot, s az új ismeretek mennyire rögzültek a tudatotokban, az összegezés általános következtetéseinek egyes pontjaihoz fűzött magyarázataitokon, azokkal kapcsolatos konkrét példáitokon mérhető le. Tehát készüljetek fel a tematikus tudásfelmérésre!

- A nemfémes elemek az ismert kémiai elemek közel 1/5-ét teszik ki. Ezek a periódusos rendszerben a periódusok végén helyezkednek el, az első és a nyolcadik periódus kivételével, és kizárólag főcsoportba tartoznak.
- A nemfémes elemek atomjainak vegyértékelektronjai a külső energiaszint *s*- és *p*-alszintjein találhatók, ezért a kémiai reakciók során változások csak ezen a szinten következnek be.
- Az elektronok száma a külső energiaszinten a csoport számával egyenlő, és megfelel az adott nemfémes elem telített külső energiaszintjén található elektronszám felének vagy annál több (a bór kivételével).
- A nemfémes elemek atomjaira jellemzőbb az elektronok felvétele vagy közös elektronpárok létrehozása, mint az elektronleadás. Ezért a nemfémes elemek tipikus oxidálószerek. A nemfémes elemekkel alkotott vegyületeikben közös elektronpárokat (kovalens kémiai kötést) képeznek, a fémes elemekkel létrehozott vegyületeikben elektronokat vesznek fel (ionos kémiai kötés).
- Az egy mellékcsoportba tartozó nemfémes elemek atomjaiban azonos a külső energiaszint szerkezete, általános képlete: $\ldots ns^x np^y$, ahol n – a külső energiaszint száma, az s és p – az alszintek egyezményes jelei, az x és y az elektronok száma az alszinteken.
- Az egy mellékcsoportba tartozó nemfémes elemek atomjai eltérő számú energiaszinttel rendelkeznek, de a külső energiaszintjeiken azonos számú elektron található.

- Az egy mellékcsoportba tartozó nemfémes elemek protonszámának emelkedésével nő atomjaik sugara, ezért csökken vegyértékelektronjaik és a magjuk közötti kötés erőssége, és ennek következtében gyengülnek nemfémes tulajdonságaik.
- Az egy periódusba tartozó nemfémes elemek atomjai azonos számú energiaszinttel rendelkeznek, s a rendszám növekedésével együtt nő a nemfémes elem elektronburkának külső energiaszintjén az elektronok száma, amely a nemesgázok atomjaiban éri el a maximumát.
- Egy perióduson belül a protonszám emelkedésével valamennyire csökken az atomok sugara, ezért nő a vegyértékelektronok és az atommagok közötti kötés erőssége, s ennek következtében erősödnek az egy periódusba tartozó elemek nemfémes tulajdonságai.
- A nemfémes elemek atomjaira *nagy elektronegativitás* jellemző. Az elektronegativitás nagyságát tekintve első helyen a fluor, másodikon az oxigén, harmadikon a nitrogén található.
- Az egyszerű anyag nemfémekre jellemző, hogy fizikai tulajdonságaik nem mutatnak kifejezett hasonlóságot. Normális körülmények között előfordulnak közöttük különböző színű, vízoldhatóságú, forráspontú szilárd anyagok, folyadékok és gázok. Fizikai tulajdonságaik a legnagyobb hasonlóságot abban mutatják, hogy az általuk alkotott egyszerű anyagok nem vezetik az elektromos áramot, vagyis szigetelők (kivételt a szén és szilícium képez).
- A nemfémekre *allotrópia*, azaz a nemfémes elem többféle egyszerű anyagként való előfordulása jellemző.
- Az ukrán kémiai nómenklatúrában – a magyartól eltérően – egyes nemfém egyszerű anyagoknak a neve nem esik egybe a kémiai elem elnevezésével. A nemfémek közel egyharmadának kétatomosak a molekulái, az oxigén esetében az oxigénmolekula kétatomos, az ózon háromatomos.
- Kémiailag a *nemfémek eléggé aktív anyagok*. A fémekkel bináris vegyületeket alkotnak, amelyeknek negatív az oxidációs fokuk. Az oxigénnel a nemfémek olyan oxidok képződésével reagálnak, amelyekben az oxigén oxidációs foka –2 (kivételt képez a fluorral alkotott vegyülete). Az oxigént leszámítva a nemfémek egyesülhetnek *más nemfémekkel*, és a képződő vegyületekben a kisebb elektronegativitású nemfémes elemnek pozitív az oxidációs foka, míg a nagyobb elektronegativitású elem negatív oxidációs fokkal rendelkezik.

- *A nemfémes elemek sóképző oxidjai a savas oxidokhoz tartoznak.* Ezeknek oxigént tartalmazó, azaz oxosavak felelnek meg. A savképző nemfémes elem oxidációs foka egyforma az oxidban és savban.
- A nemfémes elemekre jellemző bináris vegyületek a hidrogénnel alkotott illó vegyületek, amelyek víz és nemfém kölcsönhatása révén állíthatók elő. Ezek hagyományos elnevezése: *illó hidrogénvegyületek.* Ezeknek az anyagoknak a molekuláiban kovalens kötések vannak, az elektronpárok száma a hidrogénnel egyesült nemfémes elem atomjában lévő párosítatlan elektronok számával egyenlő. A vízben való oldhatóságuk eltérő. Jól oldódik a vízben – sósavat képezve – a hidrogén-klorid, az ammónia, amely ammónium-hidroxidot (szalmiákszeszt) NH_4OH alkot vízzel, s ez ammóniumkationra NH_4^+ és hidroxil-csoportra OH^- disszociál.
- Az ammóniumkation részét képezi az *ammóniumsóknak.* Az ammóniumkationok kimutatására szolgáló kvalitatív reakciója a lúgokkal való kölcsönhatás. Ez egyszerűsített alakban így írható le:

$$NH_4^+ + OH^- = NH_3\uparrow + H_2O$$

  Szúrós ammóniaszag jelenik meg, az indikátorpapír elkékül.
- Mind a kénsav H_2SO_4, mind a salétromsav NHO_3 erős elektrolit. Híg oldatokban a savak valamennyi általános tulajdonságait mutatják: megváltoztatják az indikátorok színét, sókat (szulfátokat, hidrogén-szulfátokat, nitrátokat) képeznek a bázisos és amfoter oxidokkal, a bázisokkal és amfoter hidroxidokkal.
- A szulfát-ion kimutatására szolgáló kvalitatív reakciója a bárium-szulfát képződése. A kvalitatív reakciót olyan anyagok (például bárium-klorid, bárium-nitrát, bárium-hidroxid) oldatával végzik, amely báriumion Ba^{2+} képződésével disszociál. Egyszerűsített ionos egyenlete a következő:

$$Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4\downarrow$$

- A különböző koncentrációjú tömény kénsav és salétromsav erős oxidálószer. Ezen savak és a fémek között lejátszódó redoxi reakciók sajátossága abban mutatkozik meg, hogy a reakciók terméke só és víz (és nem hidrogén), és a sav redukciójának egyik lehetséges terméke (amely a fém aktivitásától, a salétromsav esetében pedig a töménységétől függ).

- A szénsav H_2CO_3 gyenge elektrolit, csak oldatban létezik, semleges sókat – karbonátokat – és savas sókat – hidrogén-karbonátokat – képez.
- A karbonátion kimutatására szolgáló kvalitatív reakció – szén-dioxid fejlődése, amikor savval hatnak a szénsav oldható vagy oldhatatlan sóira. A reakció a következő egyszerűsített ionegyenlet szerint megy végbe:

$$2H^+ + CO_3^{2-} = H_2O + CO_2\uparrow$$

- Az, hogy valóban szén-dioxid és nem más gáz képződik, égő gyufával (szén-dioxid jelenlétében a láng elalszik) vagy mészvízen való átbocsátással (a víz zavarossá válik az oldhatatlan kalcium-karbonát képződése miatt) ellenőrizhető.
- A karbonátokra és hidrogén-karbonátokra a következő kölcsönös átalakulások jellemzők: *szénsav oldható sója → oldhatatlan karbonát → oldható hidrogén-karbonát.*
- A természetben a nemfémes elemek elterjedtebbek szulfát, karbonát, klorid, oxid, szulfid vegyületek alakjában, mint egyszerű anyagokként.
- A növények teljes értékű ásványi táplálása érdekében a talajba műtrágyákat – a növényeket tápláló elemeket nagy mennyiségben tartalmazó anyagokat vagy anyagkeverékeket – juttatnak. Iparilag leginkább nitogén-, foszfor- és káliumműtrágyákat állítanak elő.
- Az emberek gazdasági tevékenysége (a vegyipar, közlekedés fejlesztése, a kőszén és földgáz égetése a hőerőművekben) következtében megbomlik a környezet ökológiai egyensúlya, és ez nemkívánatos jelenségekhez – a melegházhatás fokozódása, savas esők, az élelmiszerek megengedett értéket meghaladó nitráttartalma – vezet. Ezért állami szintű és a Föld minden egyes lakójának személyes feladatává kell válnia a környezet védelmének.
- A szénvegyületek, főként a karbonátok és a szilícium, leginkább a szilícium(IV)oxid és az alumínium-, valamint kálium-szilikátok a széles körben használt építőanyagok – üveg, cement, beton – gyártásának értékes nyersanyagai. Ukrajnában elegendő számú lelőhely található az építőanyagok ipari szintű előállításához.
- Az oxigén, nitrogén, szén organogén elemek és a hidrogén a bioszférában vándorolnak az élettelen természet testeiből az élő szervezetekbe és vissza. Ez a jelenség *a kémiai elemek körforgása a bioszférában* nevet kapta.



Készüljünk a tematikus tudásfelmérésre!

Kedves tanulók! Az alábbi feladatok alapján saját magatok ellenőrizhetitek a „Nemfémes elemek és vegyületeik" című téma tanulása során szerzett tudásotokat, és megfelelő módon fel tudtok készülni a tematikus tudásfelmérésre. Végezzétek fel ezeket a feladatokat és bízzatok a tudásotokban!

1. Jelöljétek meg a csak nemfémes elemekből álló felsorolást:
   A kén, oxigén, kálium, szén
   B klór, hélium, hidrogén, foszfor
   C fluor, vas, nitrogén, nátrium
   D szilícium, szén, magnézium, cink

2. Jelöljétek meg a kénnel egy periódusban található nemfémes elemet:
   A Na **C** Cr
   B P **D** N

3. Jelöljétek meg annak a nemfémes elemnek a vegyjelét, amelynek az atomjában 4 elektron található a külső energiaszinten:
   A Ti **C** Si
   B Pb **D** Be

4. Jelöljétek meg a brómmal egy mellékcsoportban található nemfémes elemeket:
   A oxigén és fluor
   B klór és mangán
   C szelén és kripton
   D fluor és klór

5. Jelöljétek meg az egy mellékcsoportba tartozó nemfémes elemeket:
   A nitrogén és foszfor
   B alumínium és szkandium
   C lítium és nátrium
   D klór és argon

6. Jelöljétek meg, hány párosítatlan gerjesztett elektron található a szén atomjában:
   A 1 **C** 3
   B 2 **D** 4

7. Jelöljétek meg a csak allotróp módosulatokból álló sort:
   A rombikus kén, monoklin kén, kén-dioxid
   B grafit, gyémánt, karbin
   C fehérfoszfor, vörösfoszfor, foszfin
   D oxigén, ózon, víz

8. Jelöljétek meg annak a foszfor-oxidnak a képletében lévő indexek összegét, amelyben legmagasabb a foszfor oxidációs foka:
   A 3 **C** 6
   B 5 **D** 7

9. Állapítsátok meg a nemfémes elemek oxigénnel és hidrogénnel alkotott bináris vegyületeinek elnevezései és képletei közötti megfelelést:

1 hidrogén-klorid	**A** CO_2
2 hidrogén-szulfid	**B** HCl
3 szén(IV)oxid	**C** H_2S
4 szilícium(IV)oxid	**D** SiO_2
	E CO

10. Jelöljétek meg azt a gáznemű anyagot, amelynek a levegőhöz viszonyított sűrűsége kevesebb egynél:
    A nitrogén
    B ózon
    C klór-hidrogén
    D kén(iv)oxid

11. Jelöljétek meg azt az anyagot, amelynek legjobb a vízben való oldhatósága:
    A oxigén
    B hidrogén
    C ammónia
    D nitrogén

12. Állapítsátok meg a nitrogénvegyületek elnevezései és képletei közötti megfelelést:

1 nitrogén(IV)oxid	**A** NH_3
2 ammónia	**B** NH_4NO_3
3 ammónium-nitrát	**C** HNO_3
4 salétromsav	**D** NO_2
	E HNO_2

13. Állapítsátok meg a szénvegyületek elnevezései és képletei közötti megfelelést:

1 CH_4	A széngáz
2 CO_2	B kalcium-hidrogén-karbonát
3 $Ca(HCO_3)_2$	C kalcium-karbonát
4 CO	D szén-dioxid
	E metán

14. Helyezzétek elektronegativitásuk növekedése szerinti sorrendbe a nemfémes elemeket:

A oxigén
B szén
C hidrogén
D nitrogén

15. Jelöljétek meg azt a kémiai elemet, amelynek megfelel az $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ elektronképlet:

A szén	C kén
B szilícium	D foszfor

16. Állapítsátok meg az ásvány elnevezése és képlete közötti megfelelést:

1 kalcit	A $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
2 gipsz	B $CaCO_3 \cdot MgCO_3$
3 dolomit	C $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
4 kaolinit	D $CaCO_3$
	E KCl

17. A szulfid-anionéval azonos elektronképlete van:

A fluoratom
B klóranion
C neonatom
D magnéziumkation

18. Állapítsátok meg a megfelelést a nemfémes elemek és atomjaik külső energiaszintjeinek elektronszerkezete között:

1 oxigén	A $\ldots 2s^2 2p^3$
2 klór	B $\ldots 3s^2 3p^4$
3 kén	C $\ldots 2s^2 2p^4$
4 nitrogén	D $\ldots 3s^2 3p^5$
	E $\ldots 3s^2 3p^3$

19. Jelöljétek meg a második periódusban, a IV. csoport főcsoportjában található kémiai elemet:

A berillium
B karbon
C kalcium
D neon

20. Nevezzétek meg az V. csoport főcsoportjának elemét, amelynek oxisava a HEO_3 általános képlettel írható le, s amelyben a legmagasabb az oxidációs foka, illó hidrogénvegyületének a hidrogénhez viszonyított sűrűsége pedig 8,5:

A foszfor
B arzén
C vanádium
D nitrogén

21. Helyezzétek sorba az alábbi képleteket a kénvegyületek származási kapcsolatai szerint:

A SO_2
B H_2SO_4
C $BaSO_4$
D SO_3

22. Állapítsátok meg a megfelelést az ionok és anyagok között, amelyekkel oldatban kimutathatók az alábbiak:

1 SO_4^{2-}
2 NH_4^+
3 CO_3^{2-}
4 Cl^-

A víz
B lúg
C sósav
D bárium-klorid
E ezüst(I)nitrát

23. Jelöljétek meg azt az anyagpárt, amelyben kölcsönhatáskor a nitrogén redukálószer:

A nitrogén és hidrogén
B nátrium-hidroxid és salétromsav
C nitrogén(II)oxid és oxigén
D réz és salétromsav (töm.)

24. Az egyszerűsített $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4$ ionegyenlet jellemzi a kénsav kölcsönhatását a következőkkel:

A bárium-klorid
B bárium-oxid
C bárium
D bárium-karbonát

25. A nátrium-karbonát az ammónium-szulfáttól az alábbi anyag segítségével különböztethető meg:
    A ezüst(I)klorid
    B sósav
    C nátrium-hidroxid
    D bárium-nitrát

26. Helyezzétek a gáznemű anyagok adagjait térfogataik (n. k. k.) növekedése szerinti sorrendbe:
    A 6 g hidrogén
    B 8 g oxigén
    C $12{,}04 \cdot 10^{23}$ ammónia-molekula
    D 22 g szén-dioxid

27. Számítsátok ki a 0,5 mol anyagmennyiségű ammónium-szulfátból nyert ammónia térfogatát és tömegét (n. k. k.)!

28. A szén-hidrogén kalcium-karbonátból való előállításának reakcióegyenlete alapján és elegendő mennyiségű salétromsav meglétét feltételezve számítsátok ki:
    1) a 20 g tömegű só kölcsönhatásakor fejlődő gáz térfogatát;
    2) a szén-dioxid adott térfogatában található molekulák mennyiségét;
    3) a szén-dioxid nitrogén szerinti sűrűségét!

29*. Határozzátok meg a fejlődő szén-dioxid térfogatrészét, ha az 500 g tömegű kalcium-karbonátból 100 l (n. k. k.) térfogatnyi szén-dioxidot nyertek!

30*. Összekevertek 200 g tömegű, 14,2% tömegrész nátrium-szulfátot tartalmazó oldatot 200 g tömegű, 5,2% tömegrész bárium-kloridot tartalmazó oldattal. Számítsátok ki a képződött csapadék tömegét!


2. TÉMA
Ti
FÉMES ELEMEK
ÉS
VEGYÜLETEIK
Na+
Al
Fe
Al
Fe
Al
Al
Fe
Cu
Ca
Ca2+
Mg2+
U
Cu
Fe
Al
Mg

A TÉMA ANYAGÁNAK ELSAJÁTÍTÁSÁVAL KÉMIATUDÁSOTOK A KÖVETKEZŐ ISMERETEKKEL BŐVÜL:

Fémes elemek és elhelyezkedésük a periódusos rendszerben.
Az egy periódusba és egy mellékcsoportba tartozó fémes elemek atomszerkezetének sajátosságai.
Fémes kötés.
A fémek fizikai és kémiai tulajdonságai.
A fémek és fémes elemek vegyületeinek atomszerkezet által meghatározott tulajdonságai.
Korrózió, a korrózió következményei, a korrózió megelőzésének szükségessége.
A fémes elemek előfordulása a természetben, vegyületeik alkalmazása.
Az alkálifémek és alkáliföldfémek – magnézium, alumínium, vas – legfontosabb oxidjai, hidroxidjai és sói.
A fémek, köztük a radioaktív stroncium és cézium biológiai jelentősége.
Alapvető fémes ércek és lelőhelyei.
Fémkohászat Ukrajnában.
Az alumínium és a vas ötvözetei.
A víz keménysége és megszüntetésének módszerei.

A TANULÁSI KÉSZSÉGEITEK FEJLESZTÉSÉT SZOLGÁLJA:

A fémes elemek és vegyületeik alapvető kémiai tulajdonságait jellemző vegyületképletek és reakcióegyenletek összeállítása.
A fémes elemek vegyületeinek tulajdonságaikon alapuló alkalmazása, a nemfémes elemek vegyületeinek jelentősége a polgári termelésben.
Kísérleti és számítási feladatok megoldása.
A tanár által bemutatott kísérletek megfigyelése.

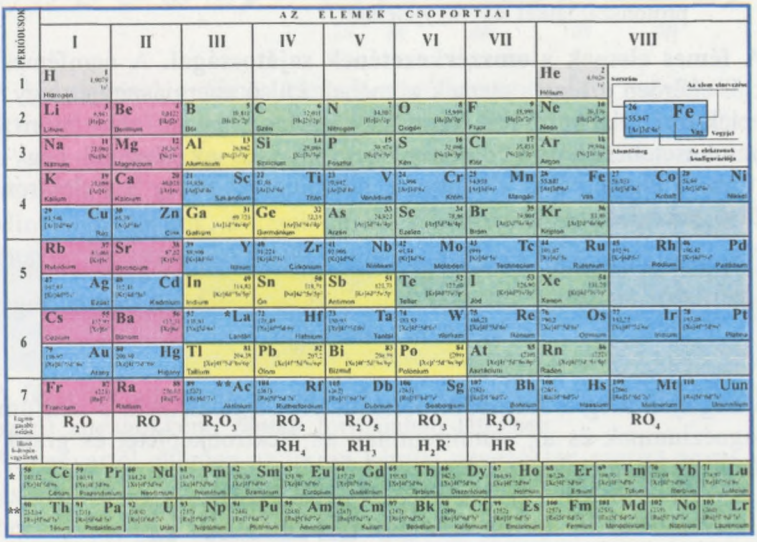
A TANTÁRGYI KÉSZSÉGEITEK FEJLESZTÉSÉT SZOLGÁLJA A TÉMA TANULÁSA SORÁN:

Vegyületek korszerű ukrán nevezéktan szerinti megnevezése.
A kémiai elemek jellemzése a periódusos rendszerben elfoglalt helyük és atomszerkezetük alapján.
Kísérleti megfigyelések tervezése és végrehajtása.
Számítások végzése kémiai képletek és kémiai reakcióegyenletek alapján.
Oldatban lévő anyagok meghatározásával és kimutatásával kapcsolatos kísérleti feladatok megoldása.
Következtetések levonása a fémes elemek biológiai jelentőségével kapcsolatban.



16. §. A fémes elemek és az általuk alkotott egyszerű anyagok általános jellemzése

A fémes elemek helyzete a periódusos rendszerben. A periódusos rendszer 4/5-ét fémes elemek alkotják. Azt, hogy ezek mely periódusokban, csoportokban, mellékcsoportokban helyezkednek el, az 58. ábra mutatja.



58. ábra. *A fémes elemek helyzete a kémiai elemek periódusos rendszerében (rövid változat)*

Az ábra felhasználásával határozzátok meg:

1. A periódusok elején állnak-e fémes elemek? Van-e kivétel?

2. Jellemző-e a fémes elemekre, hogy a periódusok végén állnak? Van-e kivétel?

3. Mely csoportok elemei sorolhatók – egy kivételével – a fémes elemekhez?

4. Fémes vagy nemfémes elemekből állnak-e a mellékcsoportok?

5. A hosszú periódusok mely sorai – a párosak vagy a páratlanok – állnak csak fémes kémiai elemekből?

A vizsgálódásaitokat követően fogalmazzátok meg és írjátok le a füzetetekben általános következtetéseiteket a fémes elemek elhelyezkedéséről a periódusokban, csoportokban, sorokban! Legyetek tekintettel arra, hogy a lantanoidák és aktinoidák is fémes elemek.

Az 58. ábrán látható, hogy az első periódusban nincsenek fémes elemek. A második periódusban kettőt: a lítiumot és a berilliumot, a harmadikban hármat: a nátriumot, a magnéziumot és az alumíniumot, míg a negyedikben tizenhárom fémes elemet találunk, beleértve a negyedik sor mind a tíz elemét és az ötödik sorban elhelyezkedő réz, cink, gallium elemeket is.

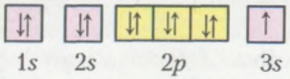
Keressétek meg a periódusos rendszer negyedik periódusában, negyedik sorában található fémes elemeket, és írjátok le a füzetetekben protonszámaikat és vegyjeleiket!

A fémes elemek atomszerkezetének sajátosságai. A nemfémes elemektől eltérően a fémes elemek zömének külső energiaszintjén egy vagy két elektron található, bár vannak kivételek. Így az alumínium és a gallium esetében három elektron, az ónnál és az ólomnál négy-négy elektron, a bizmutnál 5 elektron, a polóniumnál pedig hat elektron van a külső energiaszinten.

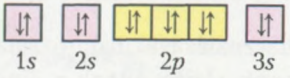
A fémes elemek atomjainak külső energiaszintje nem telített, általában egy vagy két elektron, ritkább esetekben három vagy több található rajta.

Vizsgáljuk meg a harmadik periódus fémes elemeinek, a nátriumnak, a magnéziumnak és az alumíniumnak az elektronképletét és grafikusan ábrázolt elektronképletét:

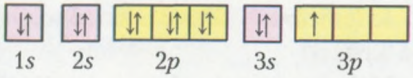
$_{11}Na$ $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$



$_{12}Mg$ $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$



$_{13}Al$ $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$

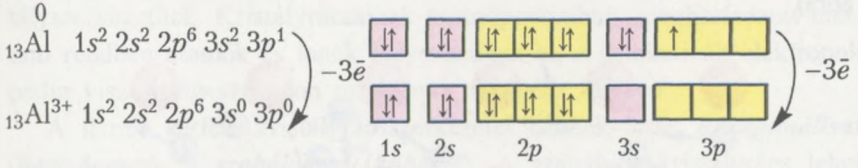


Írjátok le önállóan a szilícium és foszfor elektronképletét és grafikus elektronképletét!

A harmadik periódus főcsoportjába tartozó, vizsgált fémes és nemfémes elemek elektronképletei a külső energiaszintjeik különbözőségére utalnak, miközben a megelőző energiaszint szerkezete mindegyik elemnél megegyezik, vagyis telített.

A nemfémes elemekhez viszonyítva a fémes elemek atomjai kis elektronegativitással rendelkeznek. Ezért, amikor kémiai kötéseket alakítanak ki nemfémes elemek atomjaival, akkor azok atomjainak adják le vegyér-

tékelektronjaikat. A külső energiaszint elektronjainak a leadását követően a főcsoportok fémes elemeinek atomjai telített energiaszintű kationokká alakulnak *(telítetté válik a megelőző energiaszint)*. Vizsgáljuk meg ezt az alumínium példáján:



A hidrogénnel a fémes elemek nem képeznek illó vegyületeket. A legaktívabb alkálifémek és alkáliföldfémek a hidrogénnel kristályos bináris vegyületeket képeznek, mint például amilyen a kálium-hidrid KH, kalcium-hidrid CaH_2.

Mint már tudjátok, a kémiai elemek a periódusos rendszerben elfoglalt helyük és atomszerkezetük alapján jellemezhetők.

Jellemezzétek a magnéziumot a periódusos rendszerben elfoglalt helye és atomszerkezete alapján!

A fémek mint egyszerű anyagok. A fémes elemek szabad állapotban egyszerű anyagokként, ***fémek*** formájában léteznek.

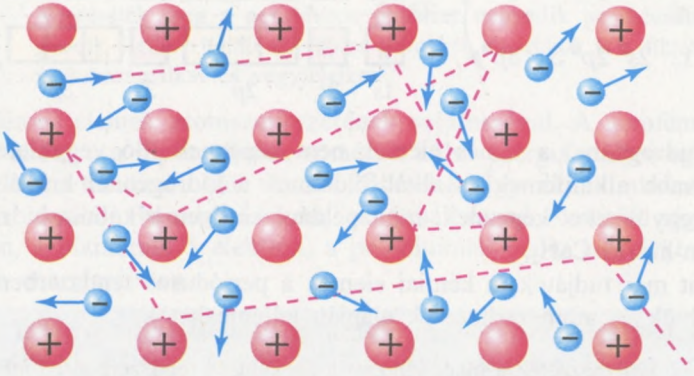
A magyartól eltérően az ukrán kémiai nevezéktan szerint egyes nemfémes elemek és az általuk alkotott fémek elnevezése nem mindig esik egybe.

6. táblázat

A fémek magyar és latin elnevezése, valamint vegyjele

A fém megnevezése	Kémiai elem	
	Vegyjel	Megnevezés
Vas	Fe	Ferrum
Réz	Cu	Cuprum
Ezüst	Ag	Argentum
Higany	Hg	Merkurium
Ólom	Pb	Plumbum
Ón	Sn	Stannum
Arany	Au	Aurum

A fémekre nem jellemző az allotrópia, ezért gáznemű halmazállapotban csak egyatomos molekulák formájában fordulnak elő. A szilárd vagy cseppfolyós halmazállapotú fémek *atomokból*, *kationokból* és *delokalizált* (egyidejűleg több fématomhoz tartozó, közös) *elektronokból* állnak (59. ábra).



59. ábra. *A fémes kötés kialakulása, vázlatosan*

Az egyszerű anyag fémek szerkezetének eme sajátossága a ***fémes kötésnek*** köszönhető.

A fémes kötés kialakulása. Az ilyen kötés kialakulása azzal van összefüggésben, hogy a fémes elemek atomjaiban az elektronburkok külső energiaszintjein kevés elektron található és gyengén vonzódnak a maghoz. Az elektronoknak egy része bizonyos időre el is veszíti kapcsolatát saját atommagjával. Az ilyen atomok, amikor leadják elektronjaikat, *kationokká* alakulnak, és azok az elektronok, amelyek elveszítik kapcsolatukat az atomjaikkal, szabadon mozognak a fém egész tömegében, vagyis *delokalizálttá* válnak.

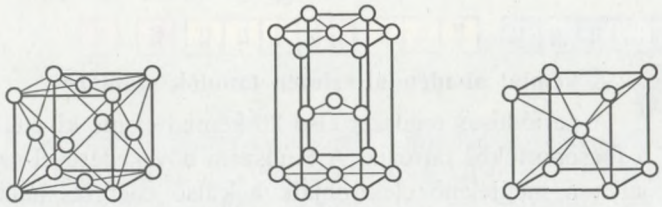
Fontos annak megjegyzése, hogy a fémtömegben nem csak állandó elektronleadás történik, hanem elektronfelvétel is a fémekben jelen lévő kationok által. Vagyis a fémes kötés kialakulását egyidejűleg elektronfelvétel és elektronleadás kíséri. Ezért láthatók a vázlaton atomok, ionok és szabad elektronok.

A **fémes kötés** – a ***delokalizált elektronok*** (a külső energiaszint elektronjai, amelyek elveszítik kapcsolatukat az atommaggal), ***kationok*** (az atomok vegyértékelektronjainak elvesztése által keletkeznek) és ***atomok*** között kialakuló kémiai kötés, melyeknél megmarad a vegyértékelektronok és a mag közötti kapcsolat.

A fémes kötés erős. Ezt az is bizonyítja, hogy az ionos kötésű vegyületekhez hasonlóan, a fémek is szilárdak (a higany kivételével), kristályosak, többségükben nehezen olvadó anyagok.

Fémes kristályrácsok. A tiszta fémek szilárd halmazállapotban kristályszerkezetűek. Kristályrácsainak csomópontjaiban, meghatározott mértani rendben atomok és ionok helyezkednek el, a delokalizált elektronok pedig viszonylag szabadon mozognak az egész fémben.

A fémek kétféle kristályrácsszerkezetet hoznak létre: ***hexagonálisat*** (***hatszögeset***) és ***szabályosat*** (***köböset***). A szabályos kristályrács lehet *oldalközéppontos és testközéppontos.* A 60. ábrán a fémek említett kristályrácstípusai láthatók.



a *b* *c*

60. ábra. *A fémek kristályrácstípusai: a) szabályos oldalközéppontos; b) hexagonális; c) testközéppontos*

A 60. ábra és a tanár által bemutatott kristályrács-modellek alapján határozzátok meg, milyen különbségek vannak a fémek szabályos oldalközéppontos és testközéppontos kristályrácsai között! Ismerkedjetek meg különböző típusú fémkristályráccsal rendelkező fémek mintáival!

A testközéppontos (alkálifémek, alkáliföldfémek, vas) és a szabályos oldalközéppontos kristályrácsú fémek (alumínium, réz, ezüst, arany) képlékenyebbek, mint a hexagonális kristályrácsú fémek (berillium, magnézium, cink). Az alkálifémek annyira képlékenyek, hogy könnyen vághatók késsel.

A fémes elemek és vegyületeik előfordulása a természetben. A természetben való előfordulási gyakoriságukat tekintve a fémes elemeket megelőzik a nemfémes elemek. A földkéregben a legelterjedtebb fémes elem az alumínium, de annak csak a 7,45%-át teszi ki. A második leggyakoribb fémes elem a természetben a vas (4,2%).

Hasonlítsátok össze, hányszorosa a természetben az oxigén mennyisége a legelterjedtebb fémes elem alumíniuménak!

A fémek aktivitási sorában a hidrogén előtt álló fémek nem fordulnak elő szabad állapotban a Földön. Jelentéktelen lelőhelyi készleteket és a kőzetekben előforduló zárványokat a réz, ezüst és arany alkot.

A fémes elemek vegyületei a természetben főként *oxidok, szulfidok, kloridok, karbonátok, szulfátok, ortofoszfátok* alakjában fordulnak elő.

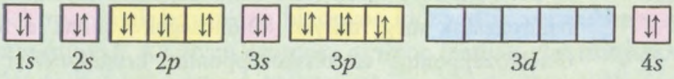
Közülük néhánynak az előfordulásáról a *Nemfémes elemek és vegyületeik* című téma tanulása során szerezhettetek ismereteket. Részletesebben a fémes elemek vegyületeinek előfordulásáról a következő paragrafusokban tanultok majd.



A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

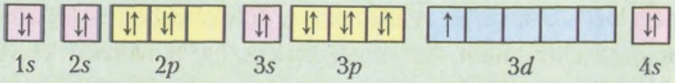
A periódusos rendszer első 20 kémiai eleme kivétel nélkül a főcsoportokba tartozik. A rendszám növekedésével az atomjaikban megjelenő elektronjaik a külső energiaszintet töltik fel. A fokozatos feltöltődés következtében a 20-as rendszámú fémes elem, a kalcium Ca elektronképlete és grafikusan ábrázolt elektronképlete a következő:

$_{20}Ca \quad 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^0\ 4s^2$



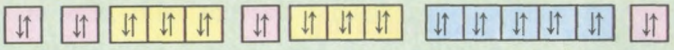
A periódusos rendszerben a 21-es rendszámú elem a szkandium Sc. A kalciumtól eltérően ez a fémes elem alcsoportban helyezkedik el, atomjában az elektronburok másként telítődik elektronokkal, mint a főcsoportok fémes elemeinél. A külső energiaszint változatlan marad (két elektront tartalmaz, mint a kalcium atomja), míg a következő 21. elektron az eddig telítetlen *d*-alszinten helyezkedik el:

$_{21}Sc \quad 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^1\ 4s^2$



A szkandium után még különböző alcsoportok 9 fémes eleme helyezkedik el. A szkandiumhoz hasonlóan ezeknél is, akár a kalciumnál, változatlan marad a külső energiaszint szerkezete (kivételt képez a króm $_{24}Cr$ és a réz $_{29}Cu$, melyeknél a külső *s*-alszinten egy elektron marad, a másik a harmadik energiaszint *d*-alszintjére helyeződik át, ezért ott eggyel nő az elektronok száma). Vagyis a külső alatti energiaszint *d*-alszintje töltődik elektronokkal. A cink esetében az elektronszám eléri a lehetséges maximumot, azaz a 10-et a *d*-alszinten:

$_{30}Zn \quad 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2$



1*s* 2*s* 2*p* 3*s* 3*p* 3*d* 4*s*

Az alcsoportok fémes elemeinek a minden következő elem atomjában megjelenő elektronja nem a külső energiaszinten helyezkedik el, hanem az alatta lévőnek a *d*-alszintjén.

Figyeljétek meg, hogy a 31-es rendszámú kémiai elem már a főcsoportban helyezkedik el. Ezért a 31. elektron, mint minden főcsoport eleménél, a külső energiaszint *p*-alszintjén helyezkedik el – $\ldots 4s^2\ 4p^1$.

Hasonlítsátok össze az alumínium és a gallium elektronszerkezetét! Mi bennük a közös?



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Csoportosítsátok a következő fémes elemeket: vas, kalcium, lítium, cink, nátrium az alábbi osztályozási kritériumok szerint:
   a) oxidjaikban állandóan +2 az oxidációs fokuk;
   b) egy csoportba tartoznak;
   c) egy mellékcsoportba tartoznak;
   d) egy periódusba tartoznak.

2. A fémes elem EO oxidot képez, amelynek relatív molekulatömege 80. Nevezzétek meg az elemet, jellemezzétek a helyét a periódusos rendszerben!

3. Magyarázzátok meg, hogyan alakul ki a fémes kémiai kötés?

4. A fémes elem ECl_2 kloridot képez. Nevezzétek meg a fémes elemet, amely a harmadik periódusban található!

5*. A fémes elem atomja három elektronnal többet tartalmaz, mint a nátrium-kation. Nevezzétek meg az elemet! Milyen helyet foglal el előfordulását tekintve a természetben?

6*. A periódusos rendszer szerkezetéről és az atom felépítéséről szerzett ismereteitek alapján bizonyítsátok be, hogy a magnéziumot a fémes elemekhez, míg a ként a nemfémes elemekhez sorolják!



17. §. A fémek fizikai tulajdonságai és gyakorlati alkalmazásuk

A fémek általános fizikai tulajdonságai. A fémek olyan általános fizikai tulajdonságai, mint az elektromos vezetőképesség, hővezető képesség, fémes fénylés, plasztikusság, a viszonylag mozgékony elektronok jelenlétével magyarázható. Ezeknek a tulajdonságoknak az eltérő megnyilvánulásai a fémek szerkezeti elemeinek – atomjainak, ionjainak – nagyságától, a delokalizált elektronok mennyiségétől, a szerkezeti részecskék között ható vonzás erősségétől, a kristályrácsok szerkezetétől, atomi tömegétől függ.

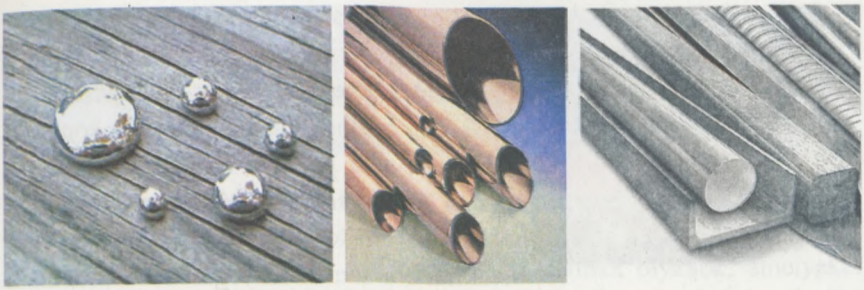
A technikában a fémeket fizikai tulajdonságaik szerint csoportosítják.

Színük alapján a fémek lehetnek ***feketefémek*** (vas, króm, mangán) és ***színesfémek*** (az összes többi).

Sűrűségük szerint megkülönböztetnek ***könnyűfémeket*** (5 g/cm^3 alatti sűrűség) és ***nehézfémeket*** (5 g/cm^3 feletti sűrűség). A könnyűfémekhez sorolják az alkálifémeket és alkáliföldfémeket, az alumíniumot. A nehézfémekhez sorolják az ónt, ólmot, higanyt, vasat, ozmiumot.

Olvadáspontjuk alapján a fémek lehetnek ***könnyen olvadók*** (olvadáspontjuk 350 °C-nál alacsonyabb) és ***nehezen olvadók*** (olvadáspontjuk 350 °C-nál magasabb). A könnyen olvadó fémekhez sorolják a céziumot, nátriumot, káliumot, ónt, ólmot. A vas, a króm és a wolfram nehezen olvadó fémek.

Halmazállapot. A fémek közönséges körülmények között szilárd halmazállapotúak, csak a higanynak cseppfolyós a halmazállapota (61. *a* ábra).



a *b* *c*

61. ábra. *A fémek egyszerű anyagainak mintái: higany (a); réz (b); alumínium (c)*

Elektromos vezetőképesség. A fizikából már tudjátok, hogy az elektromos áram nem más, mint töltéssel rendelkező részecskék irányított áramlása. A fémekben ezek a részecskék az elektronok.

Idézzétek fel, hogy milyen töltött részecskéknek köszönhető az oldatok vagy olvadékok elektrolitjainak elektromos vezetőképessége! Miért nem vezetik az áramot ezek az anyagok szilárd halmazállapotban?

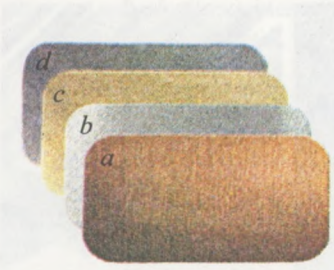
A fémek között legjobb elektromos vezető az ezüst, a réz (61. *b* ábra) és az alumínium (61. *c* ábra).

Hővezető képesség. A természetrajzból és a fizikából már tudjátok, hogyha kezetekkel megérintitek a fém- vagy fatárgyakat, akkor tapintásotokkal érzékelitek a közöttük lévő különbséget: a fémek mindig hidegebbnek tűnnek. Ez azért van, mert a fémeknek magas a hővezető képességük, és a kéz hője könnyen átadódik a fémnek, s így a fém melegebb, tenyerünk pedig hidegebb lesz. A fa rossz hővezető, ezért ha bármilyen fatárgyhoz értek, nem éreztek olyan hideget, mint a fémtárgy esetében.

A fémek között legrosszabb hővezető a higany, míg a legjobb az ezüst, réz, arany, alumínium.

Minden fém jó elektromos és hővezető.

Fémes fény. A fémekre fémes szín a jellemző. Azért fénylenek, mert felszínük visszaveri a ráeső fényt. Ez a fizikai tulajdonság az ezüstnél érvényesül a legjobban. A fémeknek általában ezüstösen csillogó a fénylésük, kivéve hármat: az arany és a cézium sárga, a réz pedig vöröses rózsaszínű (62. ábra).



62. ábra. *Különböző fémekből készült lemezek: réz (a); alumínium (b); arany (c); cink (d)*

Por alakban a fémek elveszítik a fényüket, leszámítva az alumíniumot, amely porként is megőrzi fémes csillogását.

A fémek nem engedik át magukon sem a fényt, sem pedig a rádióhullámokat.

A fémek sűrűsége és olvadási hőmérséklete. Ezeket a fizikai tulajdonságokat tekintve a fémek lényegesen különböznek egymástól. Például a legkönnyebb fém, a lítium sűrűsége 0,53 g/cm^3, a legnehezebb fémé, az ozmiumé pedig 22,5 g/cm^3.

Határozzátok meg, hányszor nehezebb az ozmium a lítiumnál, és mennyivel egyenlő a két fémből lemért 57 g anyagmennyisége!

Legalacsonyabb olvadáspontja a céziumnak van, mindössze 28 °C. Legmagasabb olvadásponttal (3380 °C) a wolfram rendelkezik.

Képlékenység. Ha üvegtárgyra kalapáccsal ráütünk, az szilánkokra törik. Ugyanezt a fémtárgyak esetében nem fogjuk tapasztalni. A fémes kötésnek köszönhetően a fém szerkezeti elemei annyira erősen kapcsolódnak egymáshoz, hogy ütés hatására csak az alakjukat változtatják meg, vagyis *deformálódnak*. Az atom- és ionrétegek elcsúsznak egymáshoz képest, de a szabad elektronok nem engedik őket elszakadni a fém alaptömegétől.

A **képlékenység** a fémeknek az a képessége, hogy erő hatására roncsolódás nélkül deformálódnak.



63. ábra. *Aranyozott pravoszláv templomkupola*

A legképlékenyebb fém a platina és az arany. A pravoszláv székesegyházak kupoláját rendszerint 0,03 mm vastagságú aranyréteggel vonják be (63. ábra). Aranyból olyan vékony szál húzható, amely szabad szemmel nem látható.

A fémek vizsgált fizikai tulajdonságai azt mutatják, hogy a nemfémektől eltérően a fémeknél nagyobb fokú a tulajdonságok hasonlósága. Ez a fémes kötéssel magyarázható.

A ***fémes kötésnek*** köszönhetők a fémek közös fizikai tulajdonságai: nagyfokú elektromos és hővezető képesség, fémes fény, képlékenység, szilárd halmazállapot, de a különböző fémeknél ezek más-más mértékben nyilvánulnak meg.

Az egyszerű anyag fémek fizikai tulajdonságainak részletesebb megismerése végett végezzétek el a *9. sz. laboratóriumi munkát*!

A fémek felhasználása. A fémek között vannak olyanok, amelyeket az emberiség már több ezer éve használ, és vannak olyanok is, melyeket nemrég fedeztek fel.

Idézzétek fel a történelem-tanulmányaitokból, mely korokat nevezték el fémekről és ötvözeteikről!

Fizikai tulajdonságaiknak köszönhetően a fémeket széleskörűen alkalmazzák a gyakorlatban. Legtöbbet ***vasból*** termelnek, és ezt a fémet alkalmazzák leggyakrabban. Világméretű kitermelése közel 20-szor nagyobb, mint az összes többi fémé együttvéve. Ezt a fémet alapvetően a gépgyártásban alkalmazzák. A sűrűsége miatt, amely háromszorosa az alumíniuménak, a repülőgépgyártásban korlátozott a felhasználása. A vasat ötvözetek – *nyersvas* (*öntöttvas*) és *acél* – alakjában használják fel. Ezekkel a 25. §-ban ismerkedtek meg.

A konstrukciós anyagok többsége ötvözet.

Az ***ötvözet*** két vagy több komponens által (fém fémmel vagy fém nemfémmel) alkotott rendszer. Az ötvözetek rendelkeznek a fémek általános tulajdonságaival, de olyan újakkal is, amelyek egyik komponensnél sem lelhetők fel.

A vas és ötvözeteinek különleges sajátossága, hogy vonzza őket a mágnes. Ezen a tulajdonságukon alapszik az emelőszerkezetekben való felhasználásuk. A vas hátrányos tulajdonsága a ***korrózió***. A korrózió nem más, mint a vas szerkezetének roncsolódása a külső környezet tényezőinek hatására (lásd 150. old.).

Az elektromos áramot alumínium vagy réz vezetéken továbbítják az áramforrástól. Annak ellenére, hogy az alumínium a harmadik helyen áll az ezüst és a réz után a vezetők sorában, belőle készítik a legtöbb villamos vezetéket. Ez elsősorban azzal magyarázható, hogy az alumínium nagy mennyiségben fordul elő a természetben, másodsorban azzal, hogy a legkönnyebb az említett fémek között, harmadsorban pedig azzal, hogy legkisebb az előállítási önköltsége.



64. ábra. *Ukrán gyártmányú An-225 Mrija repülőgép*

Az ***alumínium*** könnyűfém (sűrűsége 2,7 g/cm^3). Ennek és más tulajdonságainak köszönhetően alkalmazzák az alumíniumot és ötvözeteit a rakéta-, repülőgép-, gépkocsi- és hajógyártásban. Érdemes megemlíteni, hogy a repülőgépek törzsének 60%-a az alumínium rézzel, magnéziummal, titánnal, szilíciummal alkotott ötvözetéből készül (64. ábra).

A ***réz*** az elektrotechnika alapját képezi. Legelterjedtebb ötvözetei: a *bronz* (réz és ón képezi), *sárgaréz* (réz és cink alkotja), *melchior* (rézből és nikkelből áll). Az olyan értékes mechanikai tulajdonságainak köszönhetően, mint amilyen a korrózióállóság, könnyű önthetőség és megmunkálhatóság, ötvözeteit széleskörűen alkalmazzák a technikában, templomi harangöntésre (65. *a* ábra), edények, dísztárgyak és más tárgyak előállítására (65. *b* ábra). Bronzból készült Bohdan Hmelnickij (65. *c* ábra) és Tarasz Sevcsenko kijevi emlékműve.



a *b* *c*

65. ábra. *Rézötvözetekből készült termékek*

A ***titán*** kétszer szilárdabb az acélnál és csak valamivel nehezebb az alumíniumnál, magas az olvadáspontja, ellenáll a korróziónak. A titánból készült lemezek évekig lehetnek víz alatt, mégsem fog rajtuk a korrózió. Mivel a titánötvözetek könnyűek, erősek, ellenállnak a korróziónak, az alumíniumhoz hasonlóan nélkülözhetetlenek a hajó-, rakéta- és repülőgépgyártásban.

Az *ólom* nehézfém és viszonylag lágynak számít, a lőszer-, akkumulátor- és csapágygyártásban alkalmazzák. Mivel az ólom elnyeli a röntgen- és egyéb káros sugarakat, ezért sugárvédelmi eszközöket készítenek belőle. Például a Csernobili Atomerőműben (161. old.) történt katasztrófa után a veszélyes sugárzás lokalizálása céljából a sérült reaktorra és környékére több ezer tonna, ólmot tartalmazó anyagot szórtak.

A vasból készült háztartási eszközöket (vödör, lavór) *cink* vékony rétegével vonják be, hogy hatékony védelmet nyújtson a korrózió ellen.

A közönséges körülmények között egyetlen cseppfolyós fémet, a *higanyt* orvosi hőmérőkben (lázmérőkben) használják és az atomreaktorokban hőelvezetésre alkalmazzák.

Az *ónból* különböző ötvözeteket állítanak elő. A forrasztáshoz használt „forrasz" az ón és ólom könnyen olvadó ötvözete.

A *tantál* olyan tulajdonságokkal rendelkezik, amelyek egyik fémre sem jellemzők. Nem lép kölcsönhatásba az emberi szervezet élő szöveteivel, nincs rájuk káros hatással. Ezért a sebészetben törött csontok összekapcsolására használják, sebészeti eszközöket készítenek belőle.

A korszerű gépkocsigyártás elképzelhetetlen *vanádium* nélkül. Nagyon kis mennyiségének (0,1–0,2%) az acélhoz történő adagolása növeli annak ellenálló képességét a súrlódással szemben. Ilyen ötvözetből készítik a gépkocsik mozgó alkatrészeit, hogy megelőzzék kopásukat.

Erősen korrózióálló a *krómot* tartalmazó acél. A hétköznapokból jól ismert rozsdamentes acél 18% krómot és 8% nikkelt tartalmaz. A króm a fémek közül a legkeményebb és nagymértékben korrózióálló. Ezen a tulajdonságán alapul a vaskészítmények felszínének krómozása, ami véd a korróziótól és karcolásoktól. A krómréteg eközben mindössze 0,005 mm lesz. A gépkocsi minden fénylő alkatrésze ilyen bevonattal készül.

Az *aranyat* már régóta a *fémek királyának* nevezik. Az arany nem csak egy csillogó, értékes élénksárga fém, amelyet széleskörűen alkalmaznak ékszerek készítésére. Az állam által forgalmazott papírpénznek és fémpénznek korábban csak akkor volt értéke, ha az államkincstárban megvolt aranyértékben a fedezete. Az aranyat kémiai ellenálló képességének és plasztikusságának köszönhetően széleskörűen alkalmazzák a vegyiparban és a technikában. 1 g aranyból 50 m^2 területű vékony lemez készíthető.

Amint az arany, úgy az ***ezüst*** nélkül is elképzelhetetlen az ékszerek készítése. Azonban leggyakrabban mégis a műszergyártásban használják (biztosítékok, rádióalkatrészek gyártása). Vékony ezüstréteggel vonják be néha a tükröket, a fenyőfadíszeket.

A kitermelt ***platina*** nagy részét katalizátorként használják a jó minőségű benzinek, a salétromsav ammónia-oxidálással történő gyártásában.

Mivel a ***wolfram*** a legmagasabb olvadáspontú fém, izzószálakat készítenek belőle az izzólámpákba.

A fémek alkalmazási területe nagyon széles. De a felsorolt példák teljes egészében segítenek megérteni, hogy a fémeket, fizikai tulajdonságaiknak köszönhetően, széleskörűen alkalmazzák Ukrajna gazdaságában.

A ***kohászat*** kifejezés
a fémek és ötvözeteik termelését jelenti.



Vizsgáljuk meg az anyagokat és tulajdonságaikat!

9. sz. laboratóriumi kísérlet. **Ismerkedés a fémek és ötvözeteik mintáival.**

Vizsgáljátok meg a kiosztott fémek és ötvözeteik mintadarabjait a következő szempontok alapján: külalak, szín, vonzza-e a mágnes! Szakirodalom felhasználásával határozzátok meg a sűrűségüket, olvadáspontjukat, ötvözeteik összetételét!

Megfigyeléseitek eredményeit és a fizikai mértékegységeket jegyezzétek be táblázat alakjában a munkafüzetetekbe.



A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

Mint már tudjátok, a fémes kémiai elemek a fő- és alcsoportokban helyezkednek el. Ráadásul a mellékcsoportokban csak fémes elemek vannak. A *főcsoportokban* lévő fémes elemek atomszerkezetének sajátossága abban rejlik, hogy minden *vegyértékelektron a külső energiaszint s- és p-alszintjén* helyezkedik el. Ezek vesznek részt a kémiai kötések kialakításában, vagyis vegyértékelektronok.

Az *alcsoportok* fémes elemeinél a kémiai kötés kialakításában nemcsak a külső energiaszint elektronjai vesznek rész, hanem a megelőző energiaszintek elektronjai is.

Vizsgáljuk meg ezt a mangán fémes elem példáján. Atomjának 25 elektronja az elektronburok négy energiaszintjén a következőképpen helyezkedik el: $2\bar{e}$, $8\bar{e}$, $13\bar{e}$, $2\bar{e}$. Elektronképlete részletesebben ábrázolja ezt az eloszlást:

$$_{25}\text{Mn}\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^5\ 4s^2$$

A külső – negyedik – elektronszinten lévő 2 elektron biztosítja a mangánatom számára, hogy olyan kémiai vegyületeket képezzen, amelyekben oxidációs foka +2, a megelőző (harmadik) energiaszint 5 *d*-elektronja révén pedig olyan vegyületeket, amelyekben oxidációs foka a maximális +7. A mangánnak vannak olyan vegyületei is, melyekben köztes az oxidációs foka.

Írjátok le a mangán oxidjainak képletét, melyekben oxidációs foka +2 és +7! Az oxidok közül melyik mutat bázisos és melyik savas tulajdonságot?



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Nevezzétek meg a fémek általános fizikai tulajdonságait! Vonjatok le következtetést arra vonatkozóan, hogy ezek mivel magyarázhatók!

2. Dolgozzátok fel a paragrafus szövegét, és töltsétek ki a táblázatot!

Fém vagy ötvözet	Felhasználás	A felhasználást meghatározó tulajdonságok

3. Kiegészítő információforrások felhasználásával készítsetek beszámolót olyan fémek és ötvözeteik tulajdonságairól és felhasználásáról, melyekről nincs szó a paragrafusban!

4*. Kis csoportokat alkotva készítsetek beszámolót interdiszciplináris tartalommal a következő témára: *Ukrajna kohászata és annak fejlődése*!



18. §. A fémek általános kémiai tulajdonságai, a fémek korróziója

Mivel a fématomok külső energiaszintjén a telítettséghez szükséges elektronszám kevesebb mint fele található, ezért energetikai szempontból előnyösebb számukra elektronjaik leadása, mint további elektronok felvétele. Ezért a reakciókban leadják ezeket az elektronjaikat a részecskéknek (atomoknak vagy ionoknak), melyeknek ezáltal telítődik a külső energiaszintjük.

A fémek többsége aktív anyag, könnyen lépnek *egyesülési* reakciókba ***nemfémekkel***, ahogyan erről a nemfémek kémiai tulajdonságaival való ismerkedés során tanultatok, továbbá *helyettesítési* reakcióba ***vízzel, savakkal, sókkal***. Kivételt képez az arany, ezüst, platina és néhány más fém.

A fémes kémiai elemek atomjainak jellemző sajátossága az a képességük, hogy leadnak és nem felvesznek elektronokat. Elektronjaik leadását követően a fémes elemek atomjai pozitív töltésű ionokká – kationokká – alakulnak:

$$\overset{0}{Me} - n\bar{e} = \overset{n^+}{Me}$$

Megvizsgáljuk konkrét példákon a **fémek kémiai tulajdonságait**.

1. A fémek kölcsönhatása nemfémekkel. A fémek és nemfémek kölcsönhatásának termékei bináris vegyületek. Ennek konkrét példáival az 5. §-ban találkozhattatok.

Ismételjétek meg a nemfémes elemek – oxigén, klór, bróm, nitrogén, kén, foszfor – fémes elemekkel alkotott bináris vegyületeinek nevezéktanát! Hozzatok fel példákat!

A fémek kölcsönhatása oxigénnel **(1.1)**

Az alkálifémek és alkáliföldfémek szobahőmérsékleten kölcsönhatásba lépnek az oxigénnel, a többi fém pedig melegítés hatására oxidokat képez (az aktív fémek peroxidokat is képeznek).

Például az ezüstfehér kalcium, ha petróleum réteg alól levegőre viszszük, akkor elveszíti ezüstös fényét (66. *a* ábra), mivel szobahőmérsékleten kölcsönhatásba lép az oxigénnel:

$$\overset{0}{2Ca} + \overset{0}{O_2} \xrightarrow{4\bar{e}} \overset{+2-2}{2CaO}$$ kalcium-oxid

Megvizsgáljuk az eközben lezajló oxidáló-redukáló folyamatokat.

$$\begin{array}{l|c|l} \overset{0}{Ca} - 2\bar{e} \rightarrow \overset{+2}{Ca} & & 2 \mid \text{redukálószer, oxidálás} \\ & 4 & \\ \overset{0}{O_2} + 4\bar{e} \rightarrow \overset{-2}{2O} & & 1 \mid \text{oxidálószer, redukálás} \end{array}$$

Ahhoz, hogy a magnézium kölcsönhatásba lépjen az oxigénnel, kissé melegíteni kell. A kísérlet elvégzéséhez magnéziumforgácsot veszünk, ezt csipesszel megfogjuk és a szeszégő lángjába tartjuk. A magnézium azonnal lángra lobban, és vakítóan fehér fénnyel ég el (66. *b* ábra). Eközben magnézium oxid keletkezik:

$$2Mg + O_2 = 2MgO \text{ magnézium oxid}$$



a



b

66. ábra. *A kalcium (a) és magnézium (b) kölcsönhatása oxigénnel*

A fémek kölcsönhatása halogénekkel **(1.2)**

A fémek aktív kölcsönhatásba lépnek a halogénekkel. Például az alumínium közönséges körülmények között brómgőzben hevítve meggyullad.

$$\overset{0}{2Al} + \overset{0}{3Br_2} = \overset{+3-1}{2AlBr_3} \quad \text{aluminium-bromid}$$

$$\begin{array}{l|c|l} \overset{0}{Al} - 3\bar{e} \rightarrow \overset{+3}{Al} & & 2 \mid \text{redukálószer, oxidálás} \\ & 6 & \\ \overset{0}{2Br_2} + 2\bar{e} \rightarrow \overset{-1}{2Br_3} & & 3 \mid \text{oxidálószer, redukálás} \end{array}$$

Vizsgáljátok meg a nátrium és a klór reakciója során lejátszódó oxidáló-redukáló folyamatokat, és jelöljétek meg a redukáló- és oxidálószert!

A fémek kölcsönhatása kénnel **(1.3)**

Melegítés hatására a vas reagál a kénnel.

Ha kiszámítjátok a vas és kén tömegarányát a vas(II)szulfidban, akkor megértitek, miért keverik a por alakú vasat és rombikus ként 7 : 4 arányban a reakció elvégzésekor.

A por alakú vas és kén elegyét alaposan összekeverjük, és meggyőződünk arról, hogy nem képződött új anyag. Ennek érdekében mágnest viszünk a keverékhez, s meglátjuk, hogy a vaspor a mágneshez tapad, a sárga kénpor pedig nem.

Tegyünk kémcsőbe porított vasból 7 g-ot és kénből 4 g-ot, keverjük össze, majd melegítsük a kémcsövet. Elég hamar észrevesszük, hogy a keverék a kémcsőben felizzik, és így marad, amikor a hevítés abbamarad. Ez arról tanúskodik, hogy a reakció exoterm. Amikor a kölcsönhatás befejeződik, s a kémcső kihűl, össze kell törni, mivel csak így juthatunk hozzá a benne lévő fekete anyaghoz. Ezt felaprítjuk és megvizsgáljuk. Ki fog derülni róla, hogy nem tapad a mágneshez. Tehát tudható, hogy a kémcsőben kémiai reakció ment végbe, melyben a vas és a kén egyesülésével reagáló anyagokétól teljesen eltérő tulajdonságokkal rendelkező új anyag képződött:

$$Fe + S = FeS \quad \text{vas(II)szulfid}$$

Vizsgáljátok meg a reakció során végbement oxidáló-redukáló folyamatokat, nevezzétek meg az oxidálószert és a redukálószert!

A fémek kölcsönhatása más nemfémekkel **(1.4)**

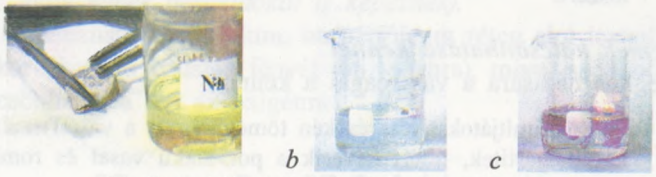
A fémek megfelelő körülmények között reagálnak a nitrogénnel, foszforral, szénnel és más nemfémekkel.

Írjátok le a felsorolt nemfémek magnéziummal való kölcsönhatásának molekula-egyenleteit! Jegyezzétek meg minden reakcióban, melyik reagens a redukálószer, és melyik az oxidálószer!

2. A fémek kölcsönhatása összetett anyagokkal. A fémek helyettesítési reakcióba lépnek a vízzel, savakkal és sókkal.

A fémek kölcsönhatása vízzel **(2.1)**

Amikor a 8. osztályban a lúgokról tanultatok, a tanár bemutatta a nátrium és a víz kölcsönhatásának kísérletét. Ismételjétek meg ezt a *bemutató kísérletet* még egyszer. Vegyetek ki egy darab nátriumot a petróleumból, és vágjatok le belőle egy darabkát (67. *a* ábra), majd dobjátok olyan vízbe, amelyhez előzőleg néhány csepp fenolftaleint (67. *b* ábra) adtatok.



a *b* *c*

67. ábra. *Nátrium kölcsönhatása vízzel*

Meggyőződünk róla, hogy a nátrium olyan gyorsan lép kölcsönhatásba a vízzel, hogy a hidrogén meggyullad (67. *c* ábra) és az oldatban lúg jelenik meg (a fenolftalein málnaszínűre változik):

$$2Na + 2HOH = 2NaOH + H_2\uparrow$$

Az oxidrétegtől megtisztított alkálifémek, alkáliföldfémek és az alumínium közönséges körülmények között a következő vázlat szerint reagál a vízzel:

$$Me + H_2O \xrightarrow{n} Me(OH)_n + H_2\uparrow$$

Ha izzó vas fölött vizet engedünk át, akkor a vízgőz kölcsönhatásba lép a fémmel és vaspörk Fe_3O_4 képződik:

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4\,(Fe_2O_3 \cdot FeO) + 4H_2\uparrow$$

A vas, magnézium és más fémek magas hőfokon az alábbi vázlat szerint lépnek kölcsönhatásba a vízzel:

$$Me + H_2O \xrightarrow{n} Me_2O_n + H_2\uparrow$$

A fémek kölcsönhatása savakkal **(2.2)**

Ezt a kölcsönhatást már sokszor megfigyelhettétek. Például amikor hidrogént állítottatok elő, cinkdarabokat helyeztetek híg sósavba vagy kénsavba. Az ekkor végbemenő kölcsönhatás a következő reakcióegyenletekkel ábrázolható:

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2\uparrow$$

$$0 \xrightarrow{2\bar{e}} \qquad Mg + 2H^+ + 2Cl^- = Mg^{2+} + 2Cl^- + H_2\uparrow$$

Azok a fémek, melyek az aktivitási sorban a hidrogén előtt helyezkednek el, kiszorítják (helyettesítik) annak atomjait a savakban. A reakció a következő vázlat szerint zajlik:

$$Fém + sav \rightarrow só + H_2\uparrow$$

Megjegyzés. Arról már tanultatok, hogy a salétromsav és a tömény kénsav másként reagál a fémekkel.

Ismételjétek meg, hogyan reagál a salétromsav és a tömény kénsav a fémekkel, keressétek meg és javítsátok ki a hibát, amit a tanuló a következő reakcióegyenlet leírásakor elkövetett:

$$Pb + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + H_2\uparrow$$

A fémek kölcsönhatása sókkal **(2.3)**

Egyik példája ennek a kölcsönhatásnak már jól ismert számotokra. Ha gemkapcsot vagy vasszeget merítünk kék réz(II)szulfát oldatba, akkor az viszonylag elég gyorsan „rezesedik": a felületét rozsdavörös rézréteg vonja be. Ezzel egy időben az oldat színe is kékről világoszöldre változik. Az utóbbi szín a vas(II)sókra jellemző:

$$Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu$$

$$Fe^0 + Cu^{+2} + SO_4^{2-} = Fe^{+2} + SO_4^{2-} + Cu^0 \quad (2\bar{e})$$

Megjegyzés. Mivel a fémek kölcsönhatása savakkal és sókkal oldatban történik, nem célszerű a reakció végrehajtása érdekében alkálifémeket és alkáliföldfémeket használni, mert ezek is kölcsönhatásba fognak lépni a vízzel.

Mint már tudjátok, abban a tekintetben, hogy a fém kölcsönhatásba lép-e a sav- és sóoldatokkal, szerepet játszik a fém helye az aktivitási sorban.

Az aktív fémek redukálják a kevésbé aktívakat sóoldataikból.

Egyes fémek kölcsönhatásba lépnek szerves vegyületekkel. Erről majd a 11. osztályban tanultok.

A fémek korróziója. A fémek fentebb megvizsgált általános kémiai tulajdonságai érintik a más anyagokkal való kölcsönhatásukat az oxidáló-redukáló folyamatok lefolyásához kedvező, mesterségesen létrehozott feltételek között. De környezetünkben a fémekből készült gépek, különböző szerkezetek (hajófenék, hidak fémszerkezete) emberi beavatkozás nélkül, maguktól is romlanak, ha kölcsönhatásba lépnek a levegőben vagy vízben lévő anyagokkal. Ezt a nem kívánt kölcsönhatást ***korrózió-nak*** nevezzük.

A **korrózió** a fémek és ötvözeteik roncsolódása a környező közeggel való kölcsönhatás következtében.

A jelenség elnevezése a *corrosio* – szétrágás – latin szóból ered. Megkülönböztetnek ***kémiai*** és ***elektrokémiai*** korróziót.

A fémek roncsolódását a környező közegben lévő száraz gázokkal vagy nemelektrolit-oldatokkal lezajló kémiai kölcsönhatásuk következtében, **kémiai korróziónak** nevezzük.

Magas hőmérséklet hatására a fémek reagálnak az oxigénnel, klórral, szén-dioxiddal és más anyagokkal a vegyipari berendezésekben és rakétafúvókákban, például:

$$2Zn + O_2 = 2ZnO$$

$$\begin{array}{l|c|l} \overset{0}{Zn} - 2\bar{e} \rightarrow \overset{+2}{Zn} & & 2 \mid \text{redukálószer, oxidálás} \\ & 4 & \\ \overset{0}{O_2} + 4\bar{e} \rightarrow \overset{-2}{2O} & & 1 \mid \text{oxidálószer, redukálódás} \end{array}$$

Figyeljétek meg az oxidáló-redukáló folyamatokat az alumíniumnak a klórral végbemenő reakciójában, határozzátok meg, melyik az oxidálószer és a redukálószer!

Az **elektrokémiai korrózió** nem más, mint a fémek roncsolódása annak következtében, hogy kémiai kölcsönhatásba lépnek a környezetben található anyagokkal, elektrolitoldatokkal.

Elektrokémiai korrózió akkor megy végbe, ha a fémet körülvevő közegben víz vagy oxidálószerek – oxigén, savak, sók – vannak jelen. A nyirkos levegő és a benne oldott szén-dioxid vagy kén-dioxid szintén elektrolit, mivel szénsav- vagy kénessav-ionokat tartalmaz. Ilyen feltételek mellett a vasatomok a fémtermékek felületén oxidálódnak, és először Fe^{2+} kationokká alakulnak, később pedig Fe^{3+} kationokká. A fémkészítmény folyamatosan roncsolódik, a vasatomok egy része *rozsdává* alakul, amely zömmel vas(III)hidroxidból áll, és barna vagy vörösesbarna színű.

Az elektrokémiai korrózió mechanizmusa viszonylag összetett folyamat. A vas elektrokémiai korrózióját egyszerűsített alakban a következő reakcióegyenlet mutatja:

$$4Fe + 6H_2O + 3O_2 = 4Fe(OH)_3$$

Ha valamilyen konstrukcióban két fém érintkezik egymással, akkor az aktívabb korrodálódik.

A fémek korróziójának következményei és a korrózióvédelem eszközei. A korrózió nagy károkat okoz, mivel a fém elveszíti szilárdságát (például a ház fémből készült tetőszerkezete átereszti a vizet), a berendezések felmondják a szolgálatot, mivel megnő a mozgó alkatrészek

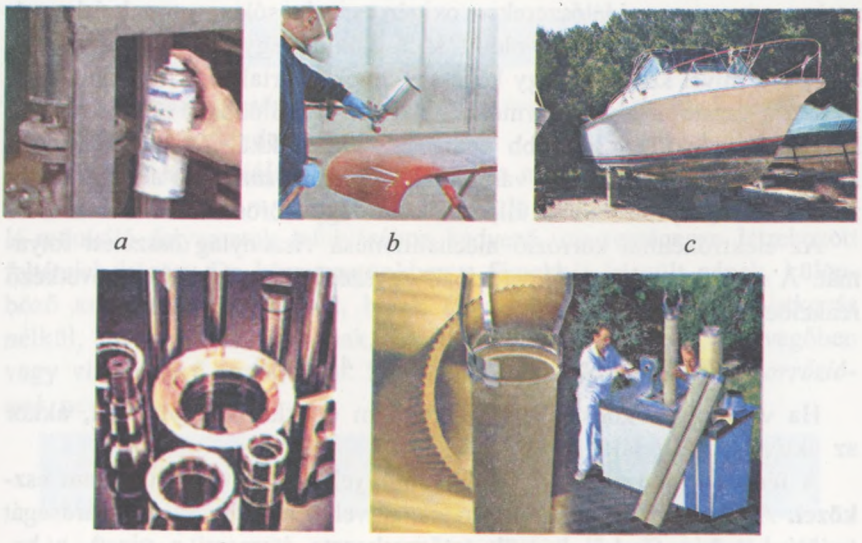


68. ábra. *A fémkészítmények korróziója*

súrlódása. A föld alatt futó csővezetékek rozsdásodnak, ami a távhő- és vízvezetékek töréséhez vezethet. Különösen veszélyes az olyan vasúti tartályok korróziója, melyekben ökológiailag veszélyes anyagokat szállítanak. A 68. ábrán a korrózió következményei láthatók.

A fémek és ötvözeteik korrózióvédelmére különböző módszereket alkalmaznak, hogy megelőzzék ezt a káros jelenséget.

A fémek felületét festékkel, lakkal, olajjal, zománccal vonják be (69. *a*, *b* ábra). Olyan módszert is alkalmaznak, amikor a fém felületét egy másik, sokkal aktívabb fém rétegével vonják be, azaz horganyozzák (víztároló horganyzott edények – vödrök, kádak – belsejét cinkkel vonják be). A földalatti csővezetékeket úgy védik a korrózió ellen, hogy vezetékkel egy aktív fémet kapcsolnak a csőhöz, majd a földbe helyezik. Amíg ez a *protektor fém* teljesen el nem roncsolódik, addig az ötvözetből készült cső nem korrodál. A hajók fenékrészének és a motorcsónakoknak a korrózióvédelmét (69. *c* ábra) is protektor fémmel oldják meg. A



a *b* *c*

d *e*

69. ábra. *A fémek korróziótól való védelmének módszerei*

korrózióvédelem hatékony módszere az, hogy korrózióálló ötvözeteket készítenek (69. *d* ábra) (króm, nikkel, titán, kobalt hozzáadásával). Ezeket *rozsdamentes acéloknak* nevezzük. Egyre gyakrabban cserélik fel a fémeket műanyagokkal ott, ahol ez lehetséges (69. *e* ábra).

Idézzétek fel, hogy a katalizátorok gyorsítják a kémiai reakciókat. A korrózió lassítása érdekében a tudósok olyan anyagokat állítottak elő, amelyek a katalizátorokéval ellentétes módon működnek, vagyis lassítják a reakciót. Az ilyen anyagokat *inhibitoroknak* nevezzük. A savakat például úgy szállítják vasúton, hogy a tartályokba inhibitort adagolnak.



A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

Kémiából a tanterv ezen a szinten az általános képzettség megszerzése érdekében a felső tagozatosok számára olyan laboratóriumi kísérleteket ír elő, amelyek elvégzése során összehasonlíthatjátok a fémek aktivitását, vizsgálhatjátok a fémek és különböző savak kölcsönhatását. Ez a két kísérlet (A1, A2) a következő részben található.



Vizsgáljuk meg az anyagokat és tulajdonságaikat!

A1. laboratóriumi kísérlet. **A fémek kémiai aktivitásának összehasonlítása.**

A kísérlet elvégzéséhez az oldott anyag azonos tömegrészét tartalmazó magnézium-szulfát, cink-szulfát, réz(II)szulfát, vas(II)szulfát oldatokra és fémekre – magnéziumra, vasra, cinkre, rézre –, valamint állványra, kémcsövekre és csipeszre lesz szükségetek.

1. feladat. Négy megszámozott kémcsövet 1/3 részig töltsetek fel a sóoldatokkal olyan sorrendben, hogy a sókban lévő fémionok megfeleljenek a fémek helyzetének az aktivitási sorban!

2. feladat. Jelezzétek előre, hogy a meglévő fémek közül melyek lépnek kölcsönhatásba a kiosztott sóoldatokkal, és melyek nem!

3. feladat. Ellenőrizzétek feltevéseiteket kísérleti úton! Megfigyeléseitek eredményeit írjátok be a füzetetekbe!

A2. laboratóriumi kísérlet. **A fémek kölcsönhatása savoldatokkal.**

A kísérlet elvégzéséhez fémekre – cinkre, vasra, rézre –, az oldott anyag egyforma mennyiségét tartalmazó híg sósav-

ra, kénsavra, kémcsövekre, kémcsőtartó állványra lesz szükségetek.

1. feladat. Figyeljétek meg a cink, vas, réz kölcsönhatását sósavval!

2. feladat. Figyeljétek meg a cink, vas, réz kölcsönhatását híg kénsavval!

A kísérletek elvégzéséhez a fémekből minden alkalommal 2 granulátumot vagy kevés fémport, a savakból pedig 2–3 ml-t használjatok fel!

Megfigyeléseitek eredményeit és a reakcióegyenleteket írjátok be a munkafüzetetekbe! Vonjátok le a következtetéseiteket arra vonatkozóan, hogy megfelel-e a fémek aktivitása az aktivitási sorban elfoglalt helyüknek, és hogy közösek-e a savak tulajdonságai a fémekkel való reakciójukban!



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Írjátok le a gyakorlatban is elvégezhető reakciók egyenleteit, nevezzétek meg a keletkezett anyagokat:

a) arany + oxigén; b) cink + oxigén; c) réz + víz; d) kálium + víz; e) higany + sósav; f) magnézium + kénsav!

2. Milyen térfogatú hidrogén (n. k. k.) fejlődik 13,7 g bárium és megfelelő mennyiségű víz kölcsönhatásakor?

3. Melyik esetben használódik el nagyobb térfogatú oxigén: 0,4 mol anyagmennyiségű rézzel való kölcsönhatásakor, vagy 4,8 g (n. k. k.) tömegű magnéziummal való kölcsönhatásakor?

4. Magyarázd meg a korrózió lényegét! Miért kell védeni a fémeket a korróziótól?

5*. 200 g tömegű, 16% tömegrész réz(II)szulfátot tartalmazó oldatba 100 g tömegű vaslemezt merítettek. Számítsátok ki a lemez felületére lerakódott réz tömegét és a vaslemez tömegét a reakció után!

6*. Dolgozzatok ki tervet a magnéziumnak a klorid savval való kölcsönhatásával kapcsolatban, amelyben előreláthatólag meg kell határoznotok: a hidrogén jelenlétét, a só jelenlétét, be kell bizonyítanotok, hogy a keletkezett só klorid!



19. §. Alkálifémes, alkáliföldfémes elemek, a magnézium

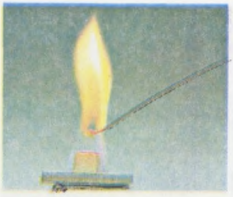
Az alkálifémes elemek helye a periódusos rendszerben, atomjaik szerkezete. Az *alkáli elemek* csoportjához az I. csoport főcsoportjában elhelyezkedő elemek – lítium Li, nátrium Na, kálium K, rubídium Rb, cézium Cs, francium Fr – tartoznak. A csoport a nevét onnan kapta, hogy hidroxidjuk vízben oldva szappanos tapintású *lúgos (alkalikus)* kémhatású. A 8. osztályban már meggyőződhettetek arról, hogy ezek a legaktívabb fémes elemek. Mivel magyarázható erős kémiai aktivitásuk? A kérdésre megkapjuk a választ, ha megvizsgáljuk atomi elektronburkuk külső energiaszintjének szerkezetét. Minden alkáli elemnél kivétel nélkül egy *s*-elektron található rajta. Érthető, hogy az ilyen atomok számára energetikai szempontjából célszerűbb, ha leadják az oxidálószernek egyetlen, a maghoz egyébként is gyengén kötődő vegyértékelektronjukat. Vagyis ezek az atomok erős redukáló tulajdonságokat mutatnak.

Írjátok le a lítium, nátrium és kálium atomjainak elektronképleteit, és ábrázoljátok grafikusan elektronképletüket!

Az alkáli elemek rendszámának növekedésével a lítiumtól a franciumig növekszik atomjaik sugara, s ezzel együtt nő a távolság az atommag és a vegyértékelektron között, miáltal könnyebbé válik a leadásuk más atomoknak. Így azonos tulajdonságok mellett minden következő alkáli elem magasabb fokú kémiai aktivitással rendelkezik, mint az előtte lévő.

Az alkáli elemek könnyen leadják atomjaik egyetlen vegyértékelektronját más atomoknak, s ez biztosítja magas fokú kémiai aktivitásukat, amely a lítiumtól a franciumig növekszik.

Az alkálifémek fizikai tulajdonságai. Az alkálifémek ezüstösfehér színűek, puhák (könnyen vághatók késsel) (67. *a* ábra), könnyűek (más fémekhez viszonyítva sűrűségük a legkisebb), olvadáspontjuk alacsony (a lítium olvadáspontja +179,5 °C, a céziumé +28,5 °C), jól vezetik az elektromosságot és a hőt. Ezért a lítiumot és nátriumot hővezetőként



a



b

70. ábra. *Lángfestés nátriumionnal (a) és káliumionnal (b)*

használják nukleáris erőművekben. A nátriumionok a lángot sárgára (70. *a* ábra), a káliumionok pedig lilára színezik (70. *b* ábra).

Az alkálifémek kémiai tulajdonságai. Az alkálifémek általános fémes tulajdonságokat mutatnak, amiről a 18. §-ban tanultatok. A részvételükkel végbemenő reakciók nagyon gyorsan lezajlanak. Nem véletlenül őrzik ezeket a fémeket petróleumba helyezve. Ha az alkálifém egy darabkáját szabad levegőn hagyjuk, akkor nagyon gyorsan reakcióba lép a levegőben lévő anyagokkal: oxigénnel, vízzel, szén-dioxiddal, és az alkáli elem oxidjának, hidroxidjának és karbonátjának keverékéből álló záró réteg jelenik meg rajta. Ezeknek a fémeknek a vízzel való viharos kölcsönhatását többször bemutatták nektek az előző osztályokban. Az alkálifémek minden nemfémmel kölcsönhatásba lépnek, kivételt a nemesgázok képeznek.

A lítium példáján írjátok le azokat a reakcióegyenleteket, amelyek az alkálifémek kémiai tulajdonságait jellemzik!

A fémekre jellemző, imént vizsgált általános kémiai tulajdonságon kívül az alkálifémek *hidridek* – hidrogéntartalmú, szilárd bináris vegyületek – képződésével reakcióba lépnek a hidrogénnel.

$$2K + H_2 = 2KH \text{ (kálium-hidrid)}$$

Határozzátok meg a hidrogén oxidációs fokát a kálium-hidridben!

Az alkálifémek a legaktívabbak a fémek között. Redukálószerekként lépnek egyesülési reakcióba nemfémekkel és helyettesítési reakcióba összetett anyagokkal a következő vázlat szerint:

$$\overset{0}{Me} - 1\bar{e} = \overset{+}{Me}$$

Az alkáli elemek oxidjainak és hidroxidjainak bázisos jellege. Az alkáli elemek vegyületeinek származási kapcsolatát a következő vázlat ábrázolja:

Alkálifém → Me_2O → MeOH → só

Az alkáli elemek oxidjai és hidroxidjai kifejezett bázisos tulajdonsággal rendelkeznek, amely a savképző oxidokkal és savakkal való kölcsönhatásban nyilvánul meg:

$$Na_2O + CO_2 = Na_2CO_3$$
$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$$

Az alkáli elemek hidroxidjai a *lúgokhoz* – vízben oldható bázisokhoz – tartoznak, és a semlegesítési reakciókon kívül kölcsönhatásba lépnek savas oxidokkal és sókkal.

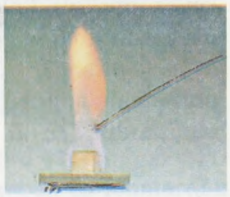
Az alkáli elemek oxidjainak és hidroxidjainak tulajdonságait igazolandó, írjátok le a kálium-hidroxid kén(IV)oxiddal és réz(II)szulfáttal való reagálásának egyenletét!

Az oldhatatlan bázisoktól eltérően a lúgok ellenállnak a melegítésnek.

Az alkáliföldfémes elemek elhelyezkedése a periódusos rendszerben, atomszerkezetük. Az alkáliföldfémes elemekhez a II. csoport főcsoportjának elemei tartoznak: kalcium Ca, Stroncium Sr, Bárium Ba és rádium Ra. A csoport nevében az *alkáli (lúgos)* elnevezés arra utal, hogy hidroxidjaik oldatai szappanos tapintásúak. A *földfém* elnevezés pedig arra utal, hogy oxidjaikat először a földkéreg ásványaiból nyerték ki. A csoport minden képviselőjének egyforma szerkezetű a külső energiaszintje, amelyen 2 elektron található.

Az alkáliföldfémek fizikai tulajdonságai megegyeznek az alkálifémek fizikai tulajdonságaival, de van, amiben eltérnek tőlük. Az alkálifémekhez hasonlóan az alkáliföldfémek ionjaira is jellemző a lángfestés. A kalcium a lángot téglavörösre (71. *a* ábra), a bárium pedig zöldre festi (71. *b* ábra).

Az alkáliföldfémek kémiai tulajdonságai. A reakciókban az alkáliföldfémek atomjai könnyen leadják külső energiaszintjük 2 vegyértékelektronját. Ezzel magyarázható az alkáliföldfémes elemek



a



b

71. ábra. *A kalciumion (a) és a báriumion (b) megfesti a lángot*

atomjai által alkotott egyszerű anyagok nagy kémiai aktivitása. Ez a következő általános képlet alapján írható fel:

$$\overset{0}{Me} - 2\bar{e} = \overset{+2}{Me}$$

Az alkáliföldfémek ugyanazokba a reakciókba lépnek, mint az alkálifémek, az oxidjaik és hidroxidjaik lúgok. Kémiai aktivitásukat tekintve azonban az alkáliföldfémek elmaradnak az alkálifémektől.

Az alkáliföldfémes elemek rendszámának növekedésével a kalciumtól a rádiumig növekszik atomsugaruk és ezáltal gyengül a vegyértékelektron és a mag közötti kötés. Ennek következtében növekszik a képződött anyagok kémiai aktivitása.

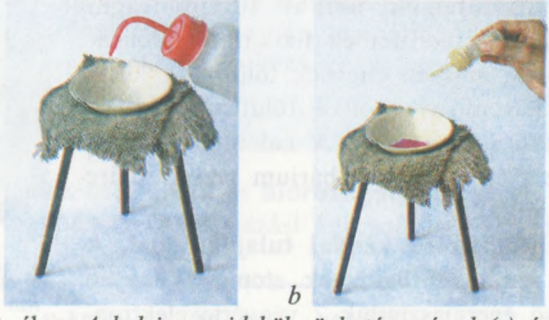
Írjátok fel önállóan az alkáliföldfémek azon molekuláris reakcióegyenleteit, amelyek általános kémiai tulajdonságaikat támasztják alá!

Az alkáli elemek vegyületeinek genetikai kapcsolatát a következő vázlat ábrázolja:

Alkáliföldfém → MeO → $Me(OH)_2$ → só

Az alkáliföldfémes elemek oxidjai és hidroxidjai lúgos kémhatásúak. Hogy ezt bebizonyítsuk, *bemutató kísérletet* végzünk. Porcelán tálkába kevés porított kalcium-oxidot szórunk, majd vizet öntünk hozzá (72. *a* ábra). Viharos reakciót láthatunk, amely következtében habossá válik a csésze tartalma. Ha a kapott oldathoz néhány csepp indikátort, fenolftaleint adunk, akkor az málnaszínűre változik, ami lúg jelenlétéről tanúskodik (72. *b* ábra):

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



a *b*

72. ábra. *A kalcium-oxid kölcsönhatása vízzel (a) és a reakciótermék vizsgálata (b)*

Jóllehet a kalcium-hidroxid lúg (színtelen, átlátszó oldat, amit *mészvíznek* nevezünk, benne a fenolftalein málnaszínűre festődik), gyengén oldódik.

Az alkáliföldfémes elemek oxidjainak és hidroxidjainak tulajdonságait igazoljátok a megfelelő reakcióegyenletek leírásával!

A periódusos rendszer II. csoportjának főcsoportjában az alkáliföldfémek mellett található egy fémes elem, a *magnézium*, amelynek 2 vegyértékelektronja szintén a külső energiaszinten található.

Írjátok le a magnézium elektronképletét, és annak grafikus változatát!

Az elektronképlet arról tanúskodik, hogy a magnéziumatom külső elektronszintjének telítettségéhez 6 elektron hiányzik. Ha leadja a két meglévő elektronját, az atom átalakul magnéziumkationná Mg^{2+}, amelyben az utolsó elektronszint szerepét a megelőző, telített szint veszi át.

$$_{12}Mg^{0}\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2 \xrightarrow{-2\bar{e}} {}_{12}Mg^{2+}\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6$$

Ezzel magyarázható a magnézium és az alkáliföldfémes elemek vegyületeinek hasonlósága.

A levegőn elégve a magnézium bázisos oxidot MgO képez, aminek a gyengén oldódó bázis, a magnézium-hidroxid $Mg(OH)_2$ felel meg.

A magnéziumot az aktív fémekhez soroljuk.
A magnézium-oxid MgO és a magnézium-hidroxid $Mg(OH)_2$ bázisos tulajdonsággal rendelkezik.

Az alkálifémek és alkáliföldfémes elemek biológiai szerepe. A ***nátriumionok*** aktív szerepet játszanak a víz-só anyagcserében és fenntartják az állati és emberi szervezetben a sav-lúg egyensúlyt. Megtalálhatók az eritrocitákban és a vérplazmában, az emésztőnedvekben. Az emberi test szövetei és a vér közel 100 g nátriumiont tartalmaznak. Ez a mennyiség javarészt a konyhasóval NaCl jut be a szervezetbe. Az ember konyhasószükséglete (ha nincs ellenjavallat) 10–15 g. A táplálkozásban a nátriumklorid hiánya és többlete is károsan hat az ember egészségére.

Az emberi vérben a nátrium-klorid tömegrésze 0,9%. Ennek a tartalomnak megfelelően a gyógyszerészek fiziológiás oldatot állítanak elő, amelyet a vérplazma ideiglenes pótlására használnak és intravénásan juttatnak be a szervezetbe.

A nátrium szerepe a növényeknél nem teljesen tisztázott.

A ***kálium*** létfontosságú elem a növények táplálkozásában, a káliumionok megtalálhatók az állati és emberi szervezetben egyaránt. A felnőtt ember szervezete közel 175 g káliumiont tartalmaz, a napi szükséglete pedig mintegy 4 g. A káliumionok kedvezően hatnak a szív- és érrendszer munkájára, biztosítják a lágy szövetek – például az agy és a máj sejtjeinek – zavartalan működését, növelik a simaizmok tónusát. A káliumionok fontos szerepet játszanak a szívizom-összehúzódás automatizmusának fenntartásában. A szervezetbe a káliumionok főként a növényi eredetű táplálékkal jutnak. A káliumionok értékes forrása a burgonya, bab, banán, narancs, barack, csipkebogyó, fekete és piros ribizli, káposzta, dió.

Amint a 11. §-ban már volt rá utalás, a kálium hiánya a talajban negatív hatással van a növények fejlődésére. Növekedésük lelassul, leveleik megsárgulnak, termésük kevésbé lesz édes, magvaik elveszítik csírázóképességüket. Ezért a mezőgazdaságban a nitrogén- és foszforműtrágyákon kívül káliumtartalmú műtrágyákat is alkalmaznak.

A káliumtartalmú műtrágyák a kálium felaprított természetes sói: a *szilvinit* KCl · NaCl és a *szilvin* KCl.

Nevezzetek meg általatok is ismert káliumműtrágyákat!

A klóranionok fölöslege bizonyos növényekre és talajokra károsan hat, ezért kálisalétromot (kálium-nitrátot) vagy kálium-foszfátot használnak, amelyek önköltsége magasabb, mivel gyárilag kell előállítani őket.

A ***kalciumionok*** megtalálhatók az emberi szervezet minden szövetében és folyékony közegében, elengedhetetlenek a normális izomműködéshez és a véralvadáshoz. A gerincesek vázát, a rákok, teknősbékák, puhatestűek, korallok külső kemény vázát kalcium-ortofoszfát és kalcium-karbonát alkotja.

A ***magnézium*** nemcsak a növények számára létfontosságú, hanem a Föld minden élőlénye számára is. Ugyanis a klorofill, amely részt vesz a növények fotoszintézisében, magnéziumionokat tartalmaz.

Veszélyt jelentenek az élő szervezetekre nézve azok a *radioaktív izotópok*, amelyeket az alkáli elemek csoportjába tartozó ***stroncium*** és ***cézium*** képez. A radioaktív izotópok, azon belül is a cézium ^{135}Cs és ^{137}Cs izotópjai, valamint a stroncium ^{90}Sr izotópja az atomerőművek nukleáris fűtőanyagának hasadása nyomán képződnek. Az említett izotópok hosszú életűek (a maghasadás felezési ideje az első izotóp esetében közel 2,3 millió év, a második esetében – 30,17 év, a harmadik esetében – 29,12 év). A bioszférát radioaktív izotópokkal az atomerőművek hulladékát

feldolgozó üzemek és a radioaktív anyagokat és eszközöket használó létesítmények szennyezik. Közülük is legveszélyesebbeknek a nukleáris fegyverek tesztelése és az atomerőmű-balesetek számítanak. Ilyen katasztrófa történt 1986. április 26-án a Csernobili Atomerőműben, amikor felrobbant az egyik reaktor (73. ábra), és több tíz évre emberi életre alkalmatlanná vált az erőmű 30 km-es körzete.



73. ábra. *A Csernobili Atomerőmű rommá vált reaktora közvetlenül a baleset után*

Az állati és emberi szervezetbe a vízzel és táplálékkal, a növényi szervezetbe pedig az ásványi anyagokkal bekerülő ^{135}Cs, ^{137}Cs és ^{90}Sr radioaktív izotópok a sugárzásukkal jelentős mértékben károsítják a sejteket. Ráadásul a radioaktív stroncium beépül a kalcium helyére a csontokban és a fogakban, állandó sugárhatásnak téve ki a szervezetet, amitől a csontok törékenyekké válnak, a fogak elromlanak és kihullnak. Ha akár kis mennyiségű radioaktív stroncium sugárzása tartósan éri a csontszövetet, akkor *leukémia* vagy *csontrák* alakulhat ki.

Annak érdekében, hogy ne juthassanak be veszélyes radioaktív kémiai elemek az emberek szervezetébe a radioaktív anyagokat használó vagy radioaktív izotópokat előállító munkahelyeken, sugárellenőrzést végeznek. Rendszeresen ellenőrzik a mezőgazdasági termékek, az élelmiszerek, a talaj és a vizek radioaktív izotóptartalmát. Ebből a célból személyi sugárzásmérőket (dózismérőket) (74. *a* ábra) alkalmaznak vagy laboratóriumi sugárellenőrzést végeznek (74. *b* ábra). Szükség esetén tiltó táblákat helyeznek el *Vigyázat! Veszélyes radioaktív vagy ionsugárzás* felirattal (74. *c* ábra).







a *b* *c*

74. ábra *Sugárzásmérő (a); mobil vegyi-radiológiai laboratórium (b); figyelmeztető jelzés (c)*



Vizsgáljuk meg az anyagokat és tulajdonságaikat!

10. sz. laboratóriumi kísérlet. **Ismerkedés nátrium- és káliumvegyületek mintáival.**

A kísérlet elvégzéséhez kálium- és nátriumvegyületekre, kémcsőtartó állványra, kémcsövekre, vízre, üvegpálcikára, spatulára, szeszégőre vagy más melegítőkészülékre lesz szükség.

1. feladat. Vizsgáljátok meg a nátrium- és káliumvegyületek mintáinak egyes fizikai tulajdonságait! A halmazállapot, a szín, a vízben való oldhatóság vizsgálatának eredményeit írjátok be a táblázatba!

Az anyag neve	Képlet	Vegyületcsoport	Halmazállapot	Szín	Oldhatóság a vízben	A láng színe

Figyelem! *Ha a kiosztott anyagok között lúgok is vannak, akkor tudnotok kell, hogy azok maró hatásúak!* Legyetek elővigyázatosak, semmi esetre se érintsétek meg őket!

2. feladat. Ellenőrizzétek, milyen színűre festik a lángot az alkáli elemek sói! Helyezzetek keveset a spatulára valamelyik sóból, és szórjátok le a melegítőkészülék lángja fölött! A megfigyelés eredményét írjátok be a táblázatba!

11. sz. laboratóriumi kísérlet. **Ismerkedés kalcium- és magnézium-vegyületek mintáival.**

Végezzétek el a kísérletet úgy, ahogy az előzőt, készítsetek olyan táblázatot, mint a *10. sz. laboratóriumi kísérlethez*, és a kapott eredményeket írjátok bele!



Önellenőrző kérdések és feladatok

1 Hasonlítsátok össze az elemek atomszerkezetét: a) lítium és nátrium; b) nátrium és magnézium; c) kalcium és magnézium; d) nátrium és klór!

2. Jellemezzétek az alkáli elemeket a periódusos rendszerben elfoglalt helyük és atomszerkezetük alapján!

3. Készítsetek vázlatot *Az alkálifémek és alkáliföldfémek kémiai tulajdonságai* címmel, s az állításaitokat bizonyítsátok reakcióegyenletekkel!

4. Miben nyilvánul meg az alkáli és alkáliföldfémes elemek és a magnézium bázisos jellege? Válaszotokat támasszátok alá reakcióegyenletekkel!

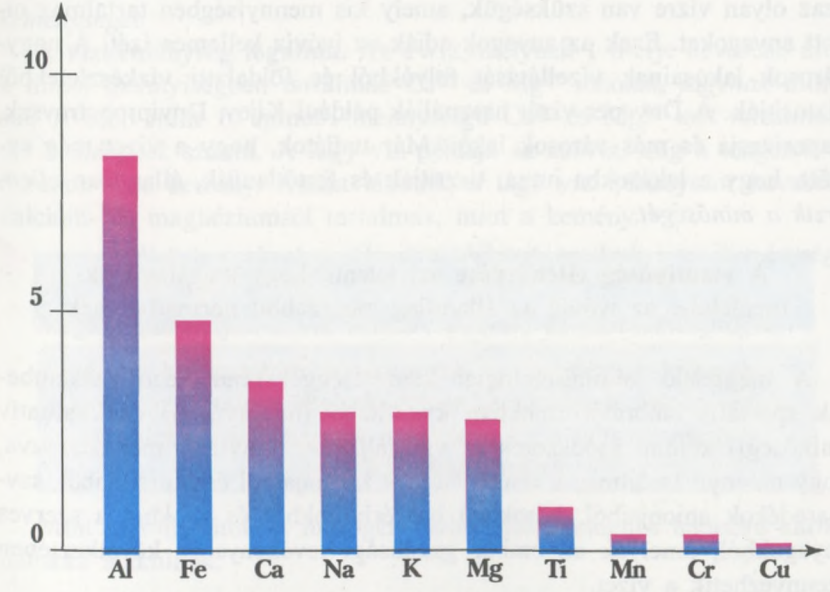
5. Indokoljátok meg a káliumtartalmú műtrágyák szerepét, fejtsétek ki véleményeteket a fémes elemek biológiai szerepéről!

6*. A Csernobili Atomerőműben történt katasztrófa után Ukrajna és más országok nagy területeit érte radioaktív szennyeződés. Különböző források felhasználásával határozzátok meg, milyen egyéni módszerekkel védhetitek meg magatokat a radioaktív sugárzástól, illetve csökkenthetitek a radioaktív anyagok szervezetbe való jutásának lehetőségét!



20. §. Az alkálifémes és alkáliföldfémes elemek, a magnézium vegyületeinek előfordulása. A vízkeménység fogalma

Figyeljétek meg a diagramot (75. ábra), és határozzátok meg, milyen helyet foglalnak el az alkáli, alkáliföldfémes elemek, valamint a magnézium a földkéregben való előfordulásuk alapján.



75. ábra. *Néhány fémes elem előfordulása a fölkéregben*

Az alkáli, alkáliföldfémes elemek és a magnézium vegyületeinek előfordulása a természetben. A litoszférában ezek az elemek csak vegyületek összetételében fordulnak elő, ezen belül is nagyrészt sók formájában. Ukrajna gazdag kősó (halit) NaCl készletekkel rendelkezik, ezt porított formában konyhasóként használják. A kálium fémes elem természetes lelőhelyeken fordul elő kálisó, szilvinit, földpát, ortoklász alakjában. Azt is tudjátok, hogy a kalcium fémes elem kalcit, márvány, kréta, mész, kagylósmészkő, gipsz formájában lelhető fel. A magnézium legelterjedtebb ásványa a dolomit $MgCO_3 \cdot CaCO_3$. Amint látjátok, ez olyan só, amelyben két fémes elem található (kettős só).

A földrajz- és kémiaórákon tanultak alapján határozzátok meg, hol találhatók Ukrajnában alkáli és alkáliföldfémes elemek, valamint a magnézium lelőhelyei!

Mivel a Föld 2/3 részét víz borítja, a fémes elemek mennyisége nem kisebb a hidroszférában, mint a litoszférában. Többségük oldott állapotban, ionok formájában található. Elegendő felidézni, hogy 1 l tengervíz közel 35 g sót tartalmaz.

A vízminőség fogalma. A tengerek és óceánok élővilága alkalmazkodott a sós vízben való létezéshez, míg a szárazföldi növények táplálásához, az embereknek és a szárazföldi állatoknak az iváshoz édesvízre, azaz olyan vízre van szükségük, amely kis mennyiségben tartalmaz oldott anyagokat. Ezek az anyagok adják az ivóvíz kellemes ízét. A nagyvárosok lakosainak vízellátását folyókból és földalatti vízkészletekből biztosítják. A Dnyeper vizét használják például Kijev, Dnyipropetrovszk, Zaporizzsja és más városok lakói. Már tudjátok, hogy a vizet még azelőtt, hogy a lakásokba jutna, tisztítják és fertőtlenítik, állandóan *ellenőrzik a minőségét.*

A **vízminőség ellenőrzése** azt jelenti, hogy megállapítják, megfelel-e az ivóvíz az államilag megszabott normatíváknak.

A megfelelő kémiai-biológiai képzettséggel rendelkező szakemberek speciális laboratóriumokban kvantitatív (mennyiségi) és kvalitatív (minőségi) kémiai módszerekkel vizsgálják az ivóvizet, meghatározva, hogy mennyit tartalmaz a fémes elemek kationjaiból és hidrogénből, savmaradékok anionjaiból, kórokozó baktériumokból és azokból a szerves anyagokból, amelyek az ember gazdasági tevékenysége következtében szennyezhetik a vizet.

Napjainkban egyre több ásványvizet fogyasztanak (76. ábra).

Az *ásványvíz* – földalatti forrásokból nyert víz, amely az emberi szervezet számára hasznos oldott anyagokat tartalmaz.

Különböző ásványvizek címkéi alapján határozzátok meg, hogy azok milyen ionokat tartalmaznak, és közülük melyek dominálnak!

Az ásványvizeket gyakran szén-dioxiddal dúsítják, hogy tovább legyenek eltarthatók.

Gondolkodjatok el azon, miért hosszabbítja meg ez az eljárás a víz eltarthatóságát, mi a közös ebben a módszerben és a zöldségek ecetsavval történő tartósításában!



a *b*

76. ábra. *Ukrán ásványvizek: Mirhorodszka (a) és Morsinszka (b)*

Míg az ivóvízben és az ásványvizekben a kalcium- és magnéziumkationok hasznosak, addig a fehérnemű mosására, forralásra (ételek, teák, kávé készítése), fűtési rendszerekben használt vízben nemkívánatos, sőt bizonyos mértékben káros a jelenlétük. A kalcium- és magnéziumsók – hidrogén-karbonátok, kloridok és szulfátok – jelenléte okozza a *víz keménységét.*

A vízkeménység fogalma. Az a víz, melynek 1 literje kevesebb mint 2 mmol mennyiségben tartalmaz Ca^{2+} és Mg^{2+} ionokat, *lágynak* minősül. A több mint 10 mmol/l mennyiségű Ca^{2+} és Mg^{2+} iont tartalmazó víz *keménynek* számít. A lágy víz példája az esővíz, míg a tengerek és óceánok vize kemény. Amint látjátok, a lágy víz néhányszor kevesebb kalcium- és magnéziumsót tartalmaz, mint a kemény.

Írjátok le azoknak a sóknak a képleteit, amelyek a víz keménységét okozzák!

Megkülönböztetjük a víz *változó, állandó* és *összkeménységét.*

A víz kalcium-hidrogén-karbonát és magnézium-hidrogén-karbonát tartalma által előidézett keménységét ***változó*** vagy ***karbonátkeménységnek*** nevezzük. Ez a fajta keménység forralással csökkenthető.

Mint már tudjátok, a hidrogén-karbonátok melegítés hatására karbonátokká alakulnak:

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O + CO_2\uparrow$$



77. ábra. *Vízkővel borított fűtőszál*

Ez a reakció játszódik le, amikor a kalcium-hidrogén-karbonátot és magnézium-hidrogén-karbonátot tartalmazó, változó keménységű vizet forraljuk. Az ekkor képződő, vízben oldhatatlan karbonátok fehér csapadék formájában leülepednek az edények belső felületére, és – ha vasvegyületek keveréke is jelen van – barnás színű *vízkövet* képeznek. A fémektől eltérően a vízkő rossz hővezető, így rontja a hőátadást a gőzkazánokban és teaforralókban. Ez növeli a fűtőanyagigényt és a fémfelület túlhevüléséhez vezet. Idővel a vízforraló edények, mosógépek fűtőszálai használhatatlanokká válnak (77. ábra). A kemény vízben nehezen főnek meg az élelmiszerek.

A forraláson kívül a változó keménység kémiai úton is csökkenthető kalcium-hidroxid (oltott mész) vízhez történő hozzáadásával.

Írjátok le annak a reakciónak az egyenletét, amely ebben az esetben lezajlik!

A 9. osztályban megismerkedtetek a legfontosabb szerves vegyületekkel, megtudtátok, hogy a szappan $C_{17}H_{35}COONa$ a szerves sztearinsav nátriumsója. Mint minden nátriumvegyület, a szappan is jól oldódik a vízben és oldott állapotban tisztító hatással rendelkezik. Azonban ha a vízben kalcium- vagy magnéziumionok vannak, a szappan cserebomlási reakcióba lép velük és oldhatatlan kalcium- és magnéziumvegyületeket képez. Ezeket a „pelyheket" láthatjuk a kemény víz felszínén, amikor szappannal mosunk benne. Addig, amíg a kalcium- és magnéziumkationok nem mennek át oldhatatlan állapotba, a szappan tisztító hatása gyenge marad. Ez növeli a szappanfelhasználást és rontja a szövetek szerkezetét és minőségét. A szappantól eltérően a szintetikus mosószerek (mosóporok, krémek, gélek) nem képeznek a kalciummal és magnéziummal oldhatatlan sókat, ezért hatékonyabb mosást tesznek lehetővé és gazdaságosabb a felhasználásuk mind a lágy, mind a kemény vízben.

A szénsav sóin kívül a vízben előfordulhatnak a sósav és kénsav sói is, de ezek nem távolíthatók el forralással az oldatból.

A kalcium- és magnézium-szulfátok és -kloridok jelenléte a vízben ***állandó*** vagy ***nemkarbonátos keménységet*** okoz.

A változó keménységtől eltérően az állandó keménység nem csökkenthető forralással. Kémiai módszerrel azonban lehetséges a csökken-

tése, mégpedig olyan anyagok felhasználásával, amelyek a kalcium- és magnéziumionokat gyakorlatilag oldhatatlan vegyületekké alakítják át. Ilyen anyag a nátrium-karbonát (szóda) Na_2CO_3. Mint a változó keménység esetében, itt is oldhatatlan karbonát képződik:

$$MgSO_4 + Na_2CO_3 = MgCO_3\downarrow + Na_2SO_4$$



78. ábra
Vízlágyítás laboratóriumban ioncserélő alkalmazásával

A vízkeménység csökkentésének perspektivikus és hatékony módszere a víznek ioncserélő oszlopokon történő átáramoltatása (78. ábra). Ezekben az oszlopokban gyakorlatilag oldhatatlan ioncserélő anyagok találhatók, amelyek mozgékony ionokat tartalmaznak. Ilyen ionok lehetnek például a nátrium-ionok, amelyek a kemény vízben kicserélődnek a kalcium- és magnéziumionokkal. Ennek következtében a kalcium- és magnéziumkationok az ioncserélő oszlopban maradnak, és a víz meglágyul. Lényeges dolog, hogy az ioncserélő anyag regenerálható.

Az állandó vízkeménységet a kalcium- és magnéziumkationokat oldhatatlan vegyületekké alakító anyagokkal vagy a víznek ioncserélő oszlopon történő átbocsátásával csökkentik.

A változó és állandó vízkeménység együttesen adja az *összkeménységet.* A természetes vizekre ez a fajta keménység jellemző, mivel az esetek többségében a természetes vizek egyaránt tartalmaznak karbonátokat, kloridokat és szulfátokat.

A vízlágyítás másik módszerével, a desztillálással már megismerkedtetek.

Gondolkodjatok el azon, hogy a vízkeménység melyik fajtáját csökkentik desztillálással!



Vizsgáljuk meg az anyagokat és tulajdonságaikat!

12. sz. laboratóriumi kísérlet. **A vízkő eltávolítása a háztartási készülékek felületéről (a kísérletet otthon végezzétek).**

A kísérlet elvégzéséhez vízforralóra, citromsavra vagy üzletben kapható más vízkőoldószerre, fazékra vagy bármilyen konyhai edényre lesz szükség, melyeknek a falán a hosszú időn át tartó forralástól oldhatatlan karbonátokból álló vízkő rakódott le.

1. feladat. Távolítsátok el a vízkövet valamely konyhai eszközről! Ennek érdekében töltsétek fel az edényt 2/3 részéig vízzel, és adjatok hozzá citromsavat (ha az edény űrtartalma 3 l, akkor elegendő egy csomag citromsav), tegyetek rá fedőt és forraljátok 30 percig! A forralás befejezése után várjatok addig, amíg a folyadék kihűl (a reakció ekkor is folytatódhat)! Öntsétek ki az edényből az oldatot, és gondosan öblítsétek ki vízzel! Milyen változások történtek az edény falával?

Az elvégzett kísérlet eredményeit írjátok be a munkafüzetetekbe, és magyarázzátok meg azokat! Vonjatok le következtetést a szénsav és citromsav elektrolitjainak erősségére vonatkozóan!

2. feladat. Ha be tudtok szerezni vízkő-eltávolító szert, akkor ezzel is végezzétek el a kísérletet! Kísérlet közben pontosan kövessétek a szer csomagolásán lévő használati utasítás ajánlásait! Az eredményeket írjátok be a munkafüzetetekbe, és tüntessétek fel a vízkő-eltávolító szer alapvegyületét!



A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

Amint már tudjátok, a tiszta anyagokban nincs más anyagok keveréke. A természetben, a technikában és a hétköznapokban nem találkozhatunk teljesen tiszta anyagokkal. Azonban az anyagok az eltérő tulajdonságú anyagokkal alkotott keverékeikben sem veszítik el egyedi tulajdonságaikat, és azok a kémiai reakciók lefolyása alatt megnyilvánulnak. Ezért a keverékek komponenseit olykor *alapanyagnak* és *keverékanyagnak* nevezik.

Keverékanyagnak nevezzük azokat az anyagokat, amelyek összetételükben és tulajdonságaikban is eltérnek a reagenstől, de azzal keveréket alkotnak.

A keverékanyagok tartalmát részegységekben vagy százalékokban fejezik ki. Vagyis a keverékanyagok mintegy ballasztot képeznek, amely nem vesz részt a reakcióban, és a reakció kimeneti terméke csak a tiszta anyag tartalmától függ. A reakciótermékek anyagmennyiségének, tömegének vagy térfogatának (a gáznemű anyagok esetében) a reakció-egyenletek és a bizonyos mennyiségű keveréket tartalmazó reagens anyagmennyisége, tömege vagy térfogata szerinti kiszámítását

azzal kezdik, hogy a keverékek ismert tömegrésze alapján meghatározzák a tömegüket vagy térfogatukat, majd ezt kivonják az anyagrész össztömegéből vagy össztérfogatából.

A fenti szövegből következően érthető, hogy:

$$m_{1\ \text{tiszta anyag}} + m_{2\ \text{keverék}} = m_{3\ \text{anyagtömeg a keverékkel}}$$

vagy

$$\omega_{\text{tiszta anyag}} + \omega_{\text{keverék}} = 1\ (100\%),$$

innen

$$m_{1\ \text{tiszta anyag}} = m_{3\ \text{anyagtömeg a keverékkel}} - m_{2\ \text{keverék}}$$

vagy

$$\omega_{\text{tiszta anyag}} = 1\ (100\%) - \omega_{\text{keverék}}.$$

Vizsgáljunk meg néhány példát.

1. feladat. Milyen mennyiségű oltatlan mész állítható elő 500 g mészkőből, amely 20% tömegrész nem karbonát keverékanyagot tartalmaz.

Megoldás

1. Röviden felírjuk a feladat feltételeit.

Adva van:
m mészkő = 500 g
ω keverékanyag = 20% vagy 0,2

mCaO – ?

2. Kiszámítjuk a kalcium-karbonát tiszta tömegét az 500 g tömegű mészkőben.

A számítást kétféle módszerrel is elvégezhetjük.

Első módszer. Kiszámítjuk a keverékanyag tömegét és kivonjuk azt a mészkő teljes tömegéből:

$m_{\text{keverék}} = 500 \cdot 0{,}2 = 100$ (g)

$m\text{CaCO}_3 = 500 - 100 = 400$ (g)

Második módszer. Ugyanezt az eredményt kapjuk, ha először kiszámítjuk a tiszta anyag tömegrészét, és ennek alapján határozzuk meg a kalcium-karbonát tömegét:

$\omega\text{CaCO}_3 = 100\% - 20\% = 80\%$ vagy 0,8

$m\text{CaCO}_3 = 500 \cdot 0{,}8 = 400$ (g)

3. Kiszámítjuk a kalcium-karbonát anyagmennyiségét:
$M_r CaCO_3 = 40 + 12 + 3 \cdot 16 = 100$
$MCaCO_3 = 100$ g/mol
$\nu = 400 : 100 = 4$ (mol)

4. Felírjuk a mészkő fő összetevője, a kalcium-karbonát bomlásának reakcióegyenletét, melyből melegítés hatására oltatlan meszet kapnak, és kiszámítjuk a keletkezett oltatlan mész tömegét:

$$\underset{1 \text{ mol}}{CaCO_3} = \underset{1 \text{ mol}}{CaO} + CO_2$$

A reakcióegyenletből láthatjuk, hogy a kalcium-oxid (oltatlan mész) mennyisége egyenlő a kalcium-karbonát mennyiségével. Vagyis

$\nu CaO = \nu CaCO_3 = 4$ mol
$M_r CaO = 40 + 16 = 56$ $\quad MCaO = 56$ g/mol
$m CaO = \nu \cdot M = 4 \cdot 56 = 224$ (g)

Felelet: a keletkezett oltatlan mész tömege 224 g.

Figyeljétek meg! A számításokat azzal a feltevéssel végeztük el, hogy az oltatlan mész gyakorlati kimenete 100%-kal egyenlő. Ha a feladat feltételei közt lett volna a gyakorlati kimenet tömegrésze, akkor még egy számítást kellett volna elvégezni és a feleletként kapott szám kisebb lett volna, mint 224.

Ez egy közvetlen feladat volt a keverékanyag fogalmának alkalmazásával. Ennek alapján van összeállítva egy reciprok feladat a következő példában.

2. feladat. 500 g mészkőből hevítéssel 224 g tömegű oltatlan meszet állítottak elő. Határozzátok meg a nem karbonát keverékanyag tartalmát ebben a mészkőmintában, ha az oltatlan mész gyakorlati kimenete 100%!

Megoldás

1. Röviden felírjuk a feladat feltételeit.

Adva van:
m mészkő = 500 g
mCaO = 224 g
ω szennyezőanyag – ?

2. Felírjuk a kalcium-karbonát bomlásának reakcióegyenletét, és kiszámítjuk annak a reagáló anyagnak a mennyiségét, amelyből 224 g tömegű oltatlan meszet nyertek:

$CaCO_3 = CaO + CO_2$
1 mol 1 mol

$M_r CaO = 40 + 16 = 56$
$MCaO = 56$ g/mol
$\nu CaO = 224 : 56 = 4$ (mol)

3. A reakcióegyenlet alapján kiszámítjuk a kalcium-karbonát tömegét, amelyből a 4 mol anyagmennyiségű oltatlan meszet kapták:

$\nu CaCO_3 = \nu CaO = 4$ mol
$M_r CaCO_3 = 40 + 12 + 3 \cdot 16 = 100$
$MCaCO_3 = 100$ g/mol
$mCaCO_3 = \nu \cdot M = 4 \cdot 100 = 400$ (g)

4. Kiszámítjuk a keverékanyag tömegét és tömegrészét:
m keverékanyag $= 500 - 400 = 100$ (g)
ω keverékanyag $= 100 : 500 = 0{,}2$ vagy 20%

Felelet: a mészkőben található keverékanyag tömegrésze 20%-kal egyenlő.



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Mi okozza a vízkeménységet, és milyen fajtái vannak? Milyen esetben és milyen okból kifolyólag kell megszüntetni a vízkeménységet?

2. Nevezzetek meg olyan módszereket, melyekkel megszüntethető a vízkeménység, és magyarázzátok meg ezek kemizmusát!

3. Írjátok le azoknak a sóknak a képleteit, amelyeknek az ionjait a Mirhorodszka és Morsinszka márkájú ásványvizek tartalmazzák!

4. Ha városban éltek, ahol központi vízellátás van, tudjátok meg, milyen víztárolóból érkezik a víz, és milyen a keménysége! Ha falun éltek és a vizet kútból vagy artézi kútból nyeritek, vegyetek különböző kutakból vízmintákat és vizuálisan hasonlítsátok össze a keménységüket! E célból 500 ml űrtartalmú átlátszó edényekbe öntsetek a mintákból 200–200 millilitert, egy külön edénybe töltsetek 200 ml gázmentes ásványvizet, majd mindegyik edénybe öntsetek 100 g szódabikarbóna-ol-

datot, amely 5% tömegrész nátrium-karbonátot tartalmaz! Ismételjétek meg a kísérletet mindegyik vízmintával!

Írjátok le megfigyeléseitek eredményeit az edény tartalmának megfelelően! (Emlékezzetek vissza, hogy a kémiában az oldat bármilyen zavarossága csapadéknak minősül!) Sikerült-e a vizuális megfigyelés alapján meghatároznotok, melyik vízmintának volt a legnagyobb és legkisebb keménysége?

5. Milyen térfogatú szén(IV)oxid (n. k. k.) keletkezik 50 g tömegű szénből, 4% tömegrész éghetetlen szennyezőanyaggal?

6*. Javasoljatok olyan módszereket, melyekkel sótalanítani tudja a tengervizet az extrém helyzetbe került utazó, aki hajójával ivóvíz nélkül hánykolódik a nyílt tengeren!

7*. *A kémiát akadémiai szinten tanulók számára* című rubrikában ismertetett feladat feltételeit és megoldását használva állítsatok össze egy-egy közvetlen és reciprok feladatot arra vonatkozóan, hogy miként állítható elő bizonyos térfogatú szén-dioxid, majd oldjátok meg azokat!



21. §. Az alumínium mint kémiai elem és egyszerű anyag. Az alumínium vegyületei

Az alumínium mint kémiai elem. A periódusos rendszerben ez a 13. rendszámú kémiai elem.

Jellemezzétek az alumíniumot a kémiai elemek periódusos rendszerében elfoglalt helye és az atomszerkezete alapján!

Az alumínium elektronképlete

$$_{13}\mathrm{Al}\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$$

azt mutatja, hogy 13 elektronja három energiaszinten helyezkedik el, közülük 3 a külső energiaszinten. Vegyétek figyelembe, hogy az alumíniummal egy periódusban, tőle balra egy fémes elem, a magnézium helyezkedik el, míg tőle jobbra egy nemfémes elem, a szilícium található. Az alumínium ilyen elhelyezkedése és az, hogy a külső energiaszintjén három elektron található, meghatározza az alumíniumnak mint fémnek, valamint oxidjainak és hidroxidjainak a kémiai tulajdonságait.

Az **alumínium** fémes kémiai elem, amelynek oxidjai és hidroxidjai **amfoter** tulajdonságokkal rendelkeznek, vagyis a reagensektől függően ezek a vegyületek mind bázisos, mind savas jelleget mutathatnak.



a *b* *c*

79. ábra. *Az alumínium természetben előforduló vegyületei: kaolin (a); korund (b); bauxit (c)*

Az alumínium a harmadik leggyakoribb kémiai elem a Földön (a nemfémes elem oxigén és a szilícium után). A fémes elemek között a természetben való előfordulást tekintve az első helyen áll, de szabad állapotban lelhető fel. Az alumínium megtalálható a hegyi kőzetek és ásványok összetételében, közülük legelterjedtebb a földpát, kaolin vagy fehér agyag (79. *a* ábra), korund (79. *b* ábra), bauxit (79. *c* ábra).

Az alumínium mint egyszerű anyag. Az alumínium ezüstfehér, kifejezetten fémes csillogású fém. Sűrűsége 2,7 g/cm^3, olvadáspontja 660 °C. Könnyű, puha, képlékeny, kovácsolható, könnyen hengerelhető és préselhető. Drótot, vékony fóliát (alufóliát) készítenek belőle, amit az élelmiszeriparban és gyógyszergyártásban használnak termékek és tabletták csomagolására. Jól vezeti az elektromos áramot és a hőt, ötvözetei könnyűek, szilárdak, ellenállnak a korróziónak: ezekkel a tulajdonságokkal kapcsolatosak az alumínium fő felhasználási területei (ismételjétek meg a 17. §-t a fémek, köztük az alumínium felhasználásáról).

Az alumínium kémiai tulajdonságai. A fémek aktivitási sorában az alumínium az alkálifémek, az alkáliföldfémek és a magnézium után helyezkedik el, ami arra utal, hogy magas fokú a kémiai aktivitása. Az alumíniumra a +3 oxidációs fok jellemző.

1. Az alumínium kölcsönhatása oxigénnel.

A levegőn az alumínium oxidálódik, felszínén vékony oxidréteg Al_2O_3 alakul ki, a színe mattá válik. Ez a mindössze 5–10 nm-es réteg megvédi a fémet a levegőben lévő oxigénnel és vízzel való további kölcsönhatástól.

Az alumíniumpor vagy -forgács az oxigénben magas hőfokon oxid képződésével elég:

$$4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3$$

Írjátok fel a reakció elektronmérlegét, mutassatok rá az oxidálás és redukálás folyamataira!

2. Az alumínium kölcsönhatása más nemfémekkel.

Különböző hőmérsékleteken, katalizátor alkalmazása mellett, az alumínium kölcsönhatásba lép a nemfémek többségével (kivételt képez a hidrogén és a nemesgázok):

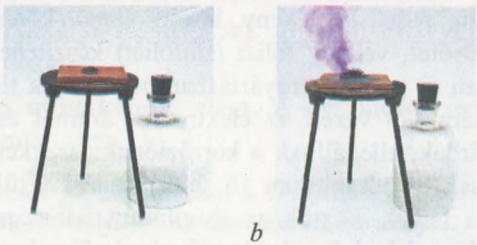
$$2Al + 3S \xrightarrow{6\bar{e}} Al_2S_3 \quad (t^\circ)$$

$$2Al + 3Cl_2 \xrightarrow{6\bar{e}} 2AlCl_3 \quad (t^\circ)$$

$$2Al + 3I_2 \xrightarrow{6\bar{e}} 2AlI_3 \quad (t^\circ)$$

Nevezzétek meg a reakciótermékeket!

Az alumínium szobahőmérsékleten kölcsönhatásba lép a jóddal, a reakciót a levegőben lévő víz katalizálja. Az elvégzéséhez az alumíniumport összekeverik a porított jódkristállyal és néhány csepp vizet adnak hozzá (80. *a* ábra). Azonnal heves reakció indul be (80. *b* ábra). A *demonstrációs kísérlet* elvégzéséhez üvegburát vagy vegyifülkét kell használni.



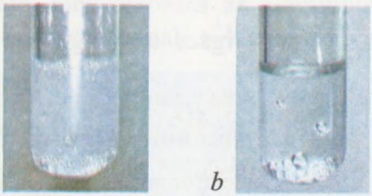
a *b*

80. ábra *Az alumínium kölcsönhatása jóddal*

3. Az alumínium kölcsönhatása savakkal.

Az oxidrétegtől megfosztott alumínium aktív kölcsönhatásba lép a sósavval (81. *a* ábra) és valamivel lassabban a híg kénsavval (81. *b* ábra), hidrogén fejlődésével:

$$2Al + 6HCl \xrightarrow{6\bar{e}} 2AlCl_3 + H_2\uparrow$$



a *b*

81. ábra. *Alumínium kölcsönhatása sósavval (a) és kénsavval (b)*

Írjátok le az alumínium és a híg kénsav reakciójának molekulaegyenletét!

Az alumínium a tömény salétromsavval és kénsavval hidegben gyakorlatilag nem reagál.

4. Az alumínium kölcsönhatása fémes elemek oxidjaival.

Az alumínium sok fémoxid redukálószere. A reakció exoterm, a hőmérséklet eléri az 1200–3000 °C:

$$2Al + Cr_2O_3 \xrightarrow{6\bar{e}} Al_2O_3 + 2Cr$$

$$2Al + WO_3 \xrightarrow{6\bar{e}} Al_2O_3 + W$$

Az alumíniumnak ezt a tulajdonságát alkalmazzák az iparban egyes fémek előállítására.

A fémoxidok alumíniummal történő redukálását **aluminotermiának** nevezzük.

Az aluminotermia felfedezése M. M. Beketov vegyész nevéhez fűződik. Életrajzi adataival a 8. osztályban már megismerkedtetek, amikor a fémek aktivitási sorát tanultátok. Ezt a sort, amit azután róla neveztek el, kísérleti alapon állította össze.

5. Az alumínium kölcsönhatása vízzel.

$$2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2\uparrow$$

Ahhoz, hogy ez a kölcsönhatás végbemenjen, el kell távolítani az alumínium felületéről az oxidréteget. Ez például dörzspapírral (smirglivel) is elvégezhető.

Az **alumínium** aktív fém, amely redukáló tulajdonságokat mutatva könnyen kölcsönhatásba lép egyszerű és összetett anyagokkal.

Alumínium-oxid Al_2O_3 és alumínium-hidroxid $Al(OH)_3$. Az ***alumínium-oxid*** kemény, nehezen olvadó, fehér színű anyag, vízben oldhatatlan. Fő felhasználási területe az alumíniumgyártás. A kristályszerű alu-

mínium-oxid vagy korund drágakő (rubin, zafír), a színét más ásványok keverékanyagai adják.

Az alumínium-oxid (Al_2O_3) vegyileg stabil. Reagál a savakkal, ha alumínium-hidroxidból nyerik hevítéssel. Megolvasztva az alumínium-oxid kölcsönhatásba lép a lúgokkal és egyes sókkal.

$$Al_2O_3 + 2KOH \xrightarrow{t^\circ} \underset{\text{kálium-metaaluminát}}{2KAlO_2} + H_2O$$

$$Al_2O_3 + Na_2CO_3 \xrightarrow{t^\circ} \underset{\text{nátrium-metaaluminát}}{2NaAlO_2} + CO_2\uparrow$$

Az ***alumínium-hidroxid*** vízben oldhatatlan anyag, amely 600–800 °C-on hevítve elveszíti a vizet:

$$2Al(OH)_3 \xrightarrow{t^\circ} Al_2O_3 + 3H_2O$$

A 8. osztályból tudjátok, hogy az alumínium-hidroxid amfoter tulajdonságokkal rendelkezik: közönséges körülmények között reagál a savakkal és a lúgokkal. E tulajdonságok felelevenítésében segít a *13. sz. laboratóriumi kísérlet.* Alumínium-hidroxidot kell nyernetek vízben oldott alumíniumsó és lúg között lejátszódó ioncsere-reakcióval, és kísérleti úton kell bizonyítanotok a keletkezett anyag amfoter tulajdonságait.

Az alumínium-hidroxid feloldódik a savakkal való reagálás közben, mivel a kölcsönhatás terméke vízben oldódó só. Ha például sósavat használunk a reakcióhoz, akkor alumínium-klorid $AlCl_3$ képződik:

$$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O$$

Amikor az alumínium reakcióba lép a lúgokkal, például nátrium-hidroxiddal, szintén feloldódik az alumínium-hidroxid csapadéka, és oldható só, nátrium-hexahidroxo-aluminát $Na_3[Al(OH)_6]$ képződik. Az első só esetében az alumínium kationként Al^{3+} szerepel, a második esetben az $[Al(OH)_6]^{3-}$ anion része. Részletesebben erről *A kémiát akadémiai szinten tanulók számára* című rubrikában olvashattok.

Az **alumínium-hidroxid** amfoter vegyület, amely savakkal és lúgokkal reagálva vízben oldódó sókat képez.



Vizsgáljuk meg az anyagokat és tulajdonságaikat!

13. sz. laboratóriumi kísérlet. **Alumínium-hidroxid előállítása és amfoter tulajdonságainak bizonyítása.**

A kísérlet elvégzéséhez szükségetek lesz: alumínium oldható sóira, például alumínium-kloridra vagy alumínium-szulfátra; savra, például kénsavra, lúgoldatra, például nátrium-hidroxidra, három tiszta kémcsőre, kémcsőtartó állványra.

1. feladat. Állítsatok elő oldhatatlan alumínium-hidroxidot! E célból öntsetek kémcsőbe 3–4 ml lúgoldatot, kis adagokban adjatok hozzá alumíniumsó oldatot! A csapadék megjelenésekor hagyjátok abba a só adagolását! Írjátok le az anyagok kölcsönhatásának molekuláris és ionos egyenletét!

2. feladat. A kapott csapadékot öntsétek három kémcsőbe egyforma mennyiségben! Az első kémcső lesz a kontroll, a második kémcsőben folytassátok le az alumínium-hidroxid kölcsönhatását savval, a harmadikban pedig lúggal!

3. feladat. A második kémcsőben lévő csapadékhoz öntsetek 1–2 ml savat, figyeljétek meg a kémcsőben lezajló változásokat, és magyarázzátok meg azokat! Írjátok le a végbement reakciót molekuláris és ionos alakban!

4. feladat. A harmadik kémcsőben lévő csapadékhoz öntsetek 1–2 ml lúgot, figyeljétek meg a kémcsőben végbement változásokat! Hasonló kölcsönhatás molekuláris és ionos egyenletét *A kémiát akadémiai szinten tanulók számára* című rubrikában láthatjátok.

A alumínium-hidroxid milyen tulajdonságait bizonyítják a laboratóriumi kísérlet eredményei?



A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

Alumínium kölcsönhatása lúggal. Az alumínium aktív kölcsönhatásba lép a lúgoldatokkal:

$$2Al + 6NaOH + 6H_2O = \underset{\text{nátrium-hexahidroxo-aluminát}}{2Na_3[Al(OH)_6]} + 3H_2\uparrow$$

Hogyan bizonyítható kísérletileg, hogy alumínium és lúgoldat kölcsönhatásakor hidrogén fejlődik?

A 13. sz. laboratóriumi kísérlet meggyőzött benneteket arról, hogy közönséges körülmények között az alumínium-hidroxid kölcsönhatásba lép lúgoldatokkal, amiről a csapadék eltűnése tanúskodik. A reakció terméke vízben oldódó nátrium-hexahidroxo-aluminát $Na_3[Al(OH)_6]$ só:

$$Al(OH)_3 + 3NaOH = Na_3[Al(OH)_6]$$

A sók disszociációját az oldatban a következő reakció mutatja:

$$Na_3[Al(OH)_6] = 3Na^+ + [Al(OH)_6]^{3-}$$

Figyeljétek meg a só anionját. Összetett (komplex) szerkezettel rendelkezik, töltése 3^-. Az ilyen komplex ion töltésének értékét a negatívan töltött hat hidroxilcsoport OH^- összegének és az egy pozitív töltésű alumíniumionnak Al^{3+} a különbsége határozza meg. Annak megfelelően, hogy a pozitív töltésű ionok összege az oldatban megfelel a negatív töltésű ionok összegének, a nátrium vegyjele után 3 indexet írnak.

A reagáló anyagok kisebb mennyiségi aránya mellett nátrium-hexahidroxo-aluminát képződik:

$$Al(OH)_3 + NaOH = Na[Al(OH)_4]$$



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Jellemezzétek az alumíniumot mint kémiai elemet és az alumínium mint egyszerű anyag fizikai tulajdonságait!
2. Miért nem tárolhatók lúgok alumíniumedényben?
3. Írjátok le a kémiai egyenleteket az alábbi átalakulási vázlat alapján:

$$Al \begin{matrix} \nearrow Al_4C_3 \\ \rightarrow AlCl_3 \\ \searrow AlN \end{matrix} \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow Al$$

4. Mely anyagokkal való kölcsönhatással bizonyíthatók az alumínium-hidroxid amfoter tulajdonságai?
5. Réz és alumínium 15 g tömegű ötvözetét sósavmaradékkal kezelték, és 13,44 l (n. k. k.) térfogatú hidrogén képződött. Határozzátok meg a fémek tömegrészét az ötvözetben!

6. Magyarázzátok meg, hogy miért forralható víz és főzhetők ételek a magas fokú kémiai aktivitással rendelkező alumíniumból készült edényekben?

7*. Kis csoportokat alkotva készítsetek tanulmányi beszámolót *Szárnyas fém* címmel, benne világítsatok rá a következőkre:

a) az alumínium széles körű népgazdasági felhasználását lehetővé tévő tulajdonságok;

b) alumíniumgyártás Ukrajnában;

c) alumíniumötvözet;

d) az alumíniumból és vegyületeiből Ukrajnában gyártott termékek!



22. §. A vas mint kémiai elem. A vas mint egyszerű anyag. Vas(II)- és vas(III)vegyületek

A vas mint kémiai elem. Az eddig megismert fémes elemektől eltérően a vas Fe (protonszáma 26) a VIII. csoport alcsoportjában helyezkedik el. Figyeljétek meg a csoport elemi összetételének sajátosságait: az alcsoportban nem egy, hanem három fémes elem található mindegyik periódusból. A negyedik periódusban ezek a fémes elemek: vas Fe, kobalt Co, nikkel Ni. Atomjaik sugara, olvadáspontjuk és forráspontjuk, sűrűségük, az általuk alkotott egyszerű anyagok kémiai tulajdonságai elég közeli hasonlóságot mutatnak.

A kémiai elemek periódusos rendszerének felhasználásával határozzátok meg a vas nuklonszámát, az elektronok és neutronok számát!

Tisztázzuk, hogy a vas miért helyezkedik el a VIII. csoportban, ha a fémes elemek atomjainak közös jellemzője, hogy külső energiaszintjükön kicsi – leggyakrabban 1, 2 – az elektronok száma. Ehhez megvizsgáljuk a vas atomjának elektronképletét:

$$_{26}Fe\ 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6\ 4s^2$$

Mint látjuk, az atomok *külső (negyedik) energiaszintje* a fémes elemekre tipikusan jellemző szerkezettel rendelkezik: 2 *s*-elektron található rajta. Ugyanakkor a *megelőző (harmadik) energiaszint d-alszintjén* 6 elektron van.

A vasnak vegyületeiben +2 és +3 az oxidációs foka, bár bizonyos feltételek mellett előállítható olyan anyag is, amelyben a vas oxidációs foka +6 vagy még magasabb.

A vas előfordulása a természetben. A természetben való előfordulása szerint a vas a negyedik helyet foglalja el, a fémes elemek között pedig a második helyen áll. Leggyakrabban ásványok és ércek alapját képező oxidok, szulfidok, karbonátok összetevőjeként fordul elő. Szabad állapotban a vas a természetben igen ritkán lelhető fel, leggyakrabban a Föld felszínére hullott meteorit töredékekben mutatható ki. Kis mennyiségben a vas az élő szervezetekben is megtalálható.

Vasérclelőhelyeket a következő ásványok képeznek: *magnetit* (mágnesvasérc) Fe_3O_4 (82. *a* ábra), *limonit* (barnavasérc) $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, *hematit* (vörösvasérc) Fe_2O_3 (82. *b* ábra), *sziderit* (vaspát) $FeCO_3$, *pirit* (vaskovad) FeS_2 (82. *c* ábra).



a *b* *c*

82. ábra. *Vasércek (ásványok): magnetit (a); hematit (b); pirit (c)*

Országunkban gazdag vasérclelőhelyek találhatók, ezek közel 30%-át képezik a FÁK-országok területén feltárt lelőhelyeknek. Az ukrajnai vas- és vasötvözetek ipari termelésének alapját a Krivij-Rih-i, kremencsuki és bilohorszki vasércmedencékben található készletek képezik.

A felnőtt ember szervezetében közel 4–5 g vas található, ennek 65%-át a vér tartalmazza.

Derítsétek ki, hogy a dietológusok és orvosok milyen élelmiszerek fogyasztását ajánlják a szervezet vastartalmának fenntartása céljából!

A vas fizikai tulajdonságai. A vas ezüstfehér, szürkés árnyalatú fém (por alakban elveszíti ragyogását, szürkésfekete színűvé válik), sűrűsége 7,87 g/cm^3, olvadáspontja 1539 °C. A felhevített fém könnyen hengerelhető, kovácsolható. Elődeink ezeket a tulajdonságokat kihasználva készítették a kovácsműhelyekben az ekét, boronát, kereket, baltát, patkót, kalapácsot, lapátot. Ukrajnában a kovácsmesterségnek jelentős hagyományai

vannak. Nem véletlen, hogy M. V. Gogol *Esték egy gyikanykai tanyán* című művének és M. P. Sztarickij *Két nyúl nyomában* című komédiájának főszereplői – Vakula és Mikola – kovácsok.

A vasat és ötvözeteit vonzza a mágnes, és könnyen mágneseződnek a mágneses térben, jól vezetik az áramot és a hőt.

Annak igazolására, hogy a vas mágneseződik, közelítsétek a mágnest egy kupac gemkapocshoz! Megláthatjátok, hogyan tapadnak a gemkapcsok a mágneshez és láncszerűen egymáshoz.

A vas és ötvözeteinek mágneses tulajdonságain alapul a felhasználásuk a transzformátorok magjának, emelőszerkezeteknek, telefonmembránoknak az előállításához.

A vas kémiai tulajdonságai. A nagy tisztaságú vas aktivitása gyenge és nem korrodálódik. Például Indiában több mint 1600 évvel ezelőtt készítettek egy 7,21 m magas vasoszlopot, mely a mai napig ellenáll a korrózionak.

Idézzétek fel a korrózió lényegét, írjátok le a vas elektrokémiai korrózióját vázlatosan szemléltető egyenletet!

Ugyanakkor a különböző keverékanyagoknak már csekély részaránya is növeli a vas aktivitását különböző kémiai reakciókban.

A fémek többségéhez hasonlóan a vasat oxidálja az oxigén és más nemfémek; a vas helyettesítési reakcióba lép a nála kevésbé aktív fémes elemek savaival és sóival, melegítés hatására kölcsönhatásba lép a vízzel.

1. A vas kölcsönhatása oxigénnel.

Már megfigyelhettétek, hogy néhány másodperc alatt hogyan ég el vakító lánggal a vékony vastű oxigénben. A reakció termékeként képződő *vaspörk* Fe_3O_4 minden irányban szétszóródik, mint a csillagszóró szikrái:

$$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$$
$$+2 \quad +3$$
$$(FeO \cdot Fe_2O_3) \text{ (vaspörk)}$$

Amint a zárójelben látható, a vaspörk kettős oxid, amelyben az egyik vasatom oxidációs foka +2, a másik kettőé pedig +3.

2. A vas kölcsönhatása más nemfémekkel.

$$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$$

$$2Fe + N_2 = 2FeN$$

$$Fe + S = FeS$$

Nevezzétek meg a keletkezett vegyületeket, határozzátok meg atomjaik oxidációs fokát!

3. A vas kölcsönhatása savakkal.

A savakkal való kölcsönhatás függ a hőmérséklettől és a sav koncentrációjától. Erről a *bemutató kísérlet* elvégzésével győződhettek meg. Vegyetek 4 kémcsövet, tegyetek mindegyikbe kevés vasport! Az első kémcsőbe öntsetek néhány milliliter híg sósavat; meglátjátok, hogy elég gyorsan gázbuborékok jelennek meg. A reakció gyorsítása érdekében melegítsétek a kémcső tartalmát!

A második kémcsőbe öntsetek ugyanennyi híg kénsavat! Az első kölcsönhatáshoz hasonló eredményt kaptok.

Leírjuk a reakciók egyenleteit:

$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2\uparrow$$

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2\uparrow$$

Hogyan bizonyítható, hogy hidrogén és nem valamilyen más gáz képződik?

Figyeljétek meg! Míg a vas híg sósavval és kénsavval vas(II)sót, addig a fentebb vizsgált, klórral történő kölcsönhatáskor vas(III)sót képez.

Az általatok ismert kémiai reakciók mely fajtáihoz tartoznak a vizsgált reakciók?

A harmadik kémcsőbe tömény kénsavat, a negyedikbe tömény salétromsavat öntünk. A két kémcsőben nem történik változás, mivel a vas közönséges körülmények között nem reagál velük. Ezért szállítható tömény salétromsav és kénsav acéltartályokban vasúton vagy közúton.

4. A vas kölcsönhatása vízzel.

Ha vízgőz fölé felhevített vasport helyezünk, a reakció eredményeként kettős oxid Fe_3O_4 és hidrogén képződik:

$$3Fe + 4H_2O \overset{t^\circ}{=} Fe_3O_4 + H_2\uparrow$$

5. A vas kölcsönhatása sókkal.

A vasatomok helyettesítik a kevésbé aktív fémes elem ionjait sóoldataiban. Az ilyen reakció példája már ismert számotokra: a rézgálicoldatban a vastárgyakra (reszelék, gemkapocs, rajzszög) viszonylag gyorsan ráülepszik a redukált réz, vörösesbarna színt kölcsönözve a tárgyaknak:

$$\overset{0}{Fe} + \overset{+2}{Cu}SO_4 = \overset{+2}{Fe}SO_4 + \overset{0}{Cu} \qquad (2\bar{e})$$

Vas-oxidok. A kettős oxid vaspörkön Fe_3O_4 (sötétszürke színű) kívül létezik vas(II)oxid FeO (fekete színű) és vas(III)oxid Fe_2O_3 (vörösesbarna színű). Mindhárom vegyület szilárd, vízben oldhatatlan és nehezen olvadó.

A vas(II)oxid a természetben igen ritkán fordul elő, ezzel szemben a vas(III)oxid barna- és vörösvasérc lelőhelyeket alkot.

Laboratóriumi körülmények között vas(III)oxidot Fe_2O_3 vas-hidroxidból állítják elő melegítéssel:

$$2Fe(OH)_3 \overset{t^\circ}{=} Fe_2O_3 + 3H_2O$$

Tisztázzátok, redoxi reakció-e a vas(III)hidroxid bomlása!

A vas-oxidok sok savval lépnek kölcsönhatásba, miközben vízben oldódó sók keletkeznek:

$$Fe_2O_3 + 6HNO_3 = 2Fe(NO_3)_3 + 3H_2O$$

Írjátok le a vas(III)oxidnak és a sósav kölcsönhatásának molekuláris és ionos reakcióegyenletét!

Vas-hidroxidok. A már vizsgált oxidoknak megfelelnek a $Fe(OH)_2$ és $Fe(OH)_3$ hidroxidok is.

Vas(II)hidroxid $Fe(OH)_2$ – vízben oldhatatlan anyag, zöldesfehér, víz jelenlétében gyorsan oxidálódik, amitől a színe rozsdabarnára változik:

$$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3$$

Vizsgáljátok meg a reakcióban lejátszódó redoxi folyamatokat!

A **vas(II)hidroxid** nem stabil vegyület, szobahőmérsékleten **vas(III)hidroxiddá** alakul. Az átalakulás közben megváltozik a vas oxidációs foka és az anyag színe.

A vas(II)hidroxid semlegesítési reakcióba lép a savakkal:

$$Fe(OH)_2 + H_2SO_4 = FeSO_4 + 2H_2O$$

Vas(III)hidroxid $Fe(OH)_3$ – vízben oldhatatlan anyag, a színe rozsdabarna. A vas(II)hidroxidhoz hasonlóan a vas(III)hidroxid is a vízben oldhatatlan hidroxidokra jellemző tulajdonságokat mutat: 1) melegítés hatására felbomlik; 2) reagál a savakkal.

Támasszátok alá reakcióegyenletekkel a vas(III)hidroxid kémiai tulajdonságait!

A vas(III)hidroxid gyenge amfoter tulajdonságokat mutat. Az amfoter alumínium-hidroxidhoz hasonlóan reagál a lúgokkal vagy bázisképző oxidokkal olvasztáskor.

Mint minden vízben oldhatatlan hidroxid, a vas(II)hidroxid és a vas(III)hidroxid is előállítható, ha lúgoldattal hatnak a megfelelő sóoldatra:

$$FeSO_4 + 2KOH = K_2SO_4 + Fe(OH)_2\downarrow$$

Írjátok le a vas(III)hidroxid előállításának reakcióegyenletét!

Állítsátok elő ezeket a hidroxidokat a *14. sz. laboratóriumi kísérlet* elvégzésekor!

Vizsgáljuk meg az anyagokat és tulajdonságaikat!

14. sz. laboratóriumi kísérlet. **Vas(II)hidroxid és vas(III) hidroxid előállítása.**

A kísérlet elvégzéséhez szükségetek lesz: vas(II) sóoldatra, vas(III) sóoldatra, lúgoldatra, kémcsövekre, kémcsőtartó állványra.

1. feladat. Állítsatok elő vas(II)hidroxidot! E célból öntsetek a kémcsőbe 1 ml vas(II)sóoldatot és adjatok hozzá ugyanennyi lúgoldatot! Figyeljétek meg a kémcsőben végbement változásokat, és adjatok rá magyarázatot!

Megfigyeléseiteket, a magyarázatot, a reakció molekuláris és ionos egyenletét írjátok be a munkafüzetetekbe!

2. feladat. Állítsatok elő vas(III)hidroxidot! Végezzétek el ezt a feladatot az 1. feladat mintájára! Megfigyeléseiteket, a magyarázatot, a reakció molekuláris és ionos egyenletét írjátok be a munkafüzetetekbe!

3. feladat. Figyeljétek meg a vas(II)hidroxidot! Azt követően, hogy beírtátok a füzetetekbe a megfelelő következtetéseket, figyeljétek meg annak a kémcsőnek a tartalmát, amelyikben a vas(II)hidroxidot állítottátok elő! Hogyan és miért változott meg a csapadék színe? Ez milyen – fizikai vagy kémiai – jelenségről tanúskodik? Válaszotokat indokoljátok meg!

A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

A telített vas(II)szulfátoldatból ***vasgálic*** nevű kristályhidrátot $FeSO_4 \times 7H_2O$ nyerhetünk (83. ábra).



83. ábra. *Vasgálickristályok*

Mondjatok példákat általatok ismert kristályhidrátokra, ezekről a 9. osztályban *Az oldatok* című fejezetben tanultatok.

A vasgálic – zöldes színű, szilárd, kristályos anyag, jól oldódik a vízben.

A kertek kártevői (rovarok, csigák) ellen használják, szennyvizet tisztítanak vele, tintát és festéket állítanak elő belőle, faanyagot tartósítanak vele úgy, hogy beleitatják, s ettől ellenállóvá válik a környezet hatásaival szemben. A vasúti

pályákon használt, az időjárás viszontagságainak kitett talpfákat is vasgáliccal tartósítják.

A Fe^{3+} ionok *rodanid* oldatokkal – például káliumrodaniddal KSCN – (84. *a*, 1 ábra) mutathatók ki. Elegendő néhány csepp ebből a sóból, hogy a vizsgált oldat, amelyben Fe^{3+} ionok vannak, intenzív meggyvörössé váljon (84. *b* ábra).

A másik érzékeny reagens, amellyel kimutathatók a Fe^{3+} ionok, *a sárgavérlúgsó* (84. *a*, 2 ábra). Néhány csepp hozzáadásával a vas(III)só oldata elkékül (84. *d* ábra).

A Fe^{2+} ionokat ki lehet mutatni *vörösvérlúgsó* segítségével is (84. *a*, 3 ábra). Ha néhány cseppet adunk az oldathoz, akkor annak színe kékre változik, viszont a vas(III)sók oldataiba cseppentve nem tapasztalható színváltozás.



a *b* *c* *d*

84. ábra. *A Fe^{2+} és Fe^{3+} kationok kvalitatív reakciói*

Megjegyzés. A sárgavérlúgsó és a vörösvérlúgsó vassal való kölcsönhatása nyomán keletkező termékek összetett komplex szerkezetűek, ezekről most nem tanulunk.



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Miben nyilvánulnak meg a vasatom szerkezetének sajátosságai és helye a periódusos rendszerben a már megismert fémes elemekkel összehasonlítva?

2. Számoljátok ki a vas tömegrészét az ásványokban (180. old.), és vonjatok le következtetést arra vonatkozóan, hogy közülük melyikben van legtöbb ebből a kémiai elemből!

3. Nevezzétek meg a vas legnagyobb lelőhelyeit Ukrajnában és a vasérc ásványokat!

4. Az átalakulási vázlat alapján írjátok le a reakcióegyenleteket és nevezzétek meg a képződő reakciótermékeket!

$$\begin{array}{l} \nearrow FeCl_2 \rightarrow Fe(OH)_2 \\ Fe \\ \searrow FeCl_3 \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow Fe \end{array} \quad \downarrow$$

5. A biológiából már tudjátok, hogy a növények zöld pigmentje a klorofill, az állatokban és az emberben a vér vörös pigmentje a hemoglobin. Milyen szerepe van ezeknek az anyagoknak az élő természetben? Különböző forrásokat, közte az internetet felhasználva határozzátok meg, milyen szerepük van ezeknek a pigmenteknek a természetben, s mi köze van hozzájuk a vasnak? Fogalmazzátok meg következtetéseiteket a vas biológiai szerepéről!

6*. Számítsátok ki a 19% tömegrész oldott anyagot tartalmazó 200 g vas(II)szulfát oldat elkészítéséhez szükséges vasgálic tömegét és víz térfogatát!



23. §. A kémiai ismeretek alkalmazása a kutatói tevékenység során. *2. sz. gyakorlati munka.* Kísérleti feladatok megoldása

A végéhez közeledő tanévben megismerkedtetek a nemfémes és fémes elemekkel és vegyületeikkel. A megszerzett tudásotok nem csak azt teszi lehetővé számotokra, hogy megnevezzétek az anyagokat a korszerű nomenklatúra szerint, példákat hozzatok fel nemfémes és fémes vegyületekre, oxidok, savak és sók képleteit állítsátok össze, jellemezzétek és megmagyarázzátok a különböző csoportokba tartozó anyagok részvételével végbemenő kémiai folyamatokat, hanem hogy alkalmazzátok is ezeket kémiai kísérletek végzése során.

Idézzétek fel, hogy kémiai kísérletnek nevezzük a jelenségeket és anyagtulajdonságokat kutató tudományos vizsgálatot! Mi a különbség a fizikai jelenségek és a kémiai jelenségek között?

Mint már tudjátok, a kémiában és kémiatanulásban is a kísérleti módszer a legfontosabb. Sok törvényt, mint például az anyagmegmaradás, a gáztérfogatviszonyok törvényét kísérletileg bizonyították. Vagyis M. V. Lomonoszov és J. L. Gay-Lussac a saját maga által tervezett és elvégzett kísérlettel jutott el a felfedezéséhez. Nektek lehetőségetek van arra, hogy

kísérleteket tervezzetek és végezzetek a kísérleti feladatok megoldásával kapcsolatos gyakorlati munkavégzés során.

Azokat a feladatokat, melyek kémiai kísérlettel oldhatók meg, ***kísérleti feladatoknak*** nevezzük.

A kísérleti feladatok megoldása révén nyomon követhetitek, miként történtek a kémiai felfedezések, ellenőrizhetitek, mennyire mély és plasztikus a tudásotok, fejleszthetitek kísérletező készségeiteket, jártasságot szerezhettek az anyagokkal való biztonságos bánásmódot illetően.

A gyakorlati munka végzése során alkalmatok lesz arra, hogy kísérletileg bizonyítsátok az anyagok tulajdonságait és összetételét, felismerjétek a vegyületeket, anyagokat alakítsatok át megadott vázlat alapján. Ne feledjétek, hogy a valóságos kémiai kísérletet megelőzi a *virtuális kémiai kísérlet,* vagyis a képzeletben megszerzett tudás alapján megtervezett, az anyagok megismert tulajdonságain alapuló kísérlet. A virtuális kísérlet lehetővé teszi számotokra, hogy az anyagokat ésszerűen használjátok, jól gazdálkodjatok az idővel, és hiba nélkül oldjátok meg a kísérleti feladatokat.

Ennek a gyakorlati munkának a kísérleti feladatai, feltételeit tekintve, két nehézségi fokú változatnak felelnek meg. Az első változatban olyan feladatokat oldunk meg, amelyek ismert helyzeteket imitálnak és kevés gyakorlati műveletből állnak. A második változatban összetettebb kísérleti feladatokat oldunk meg. Ezek megoldásához hipotézisek felállítására, végrehajtási terv elkészítésére és különböző módszerek közüli választásra van szükség.

A kísérleti feladatok esetében jóval több feltétel van megadva, mint amennyi elvégezhető, megmagyarázható és leírható lenne egy gyakorlati foglalkozás keretében. Ennek az a célja, hogy egyénileg folytassátok a kísérletező tevékenységet. Felkészülteknek kell lennetek bármilyen feladat kémiai kísérlettel történő megoldására. A tanórán a tanár jelöli ki mindegyik tanuló számára, hogy milyen feladatot kell elvégeznie.

Első változat

1. Állapítsátok meg kísérletileg, hogy a vas(II)szulfát kölcsönhatásba lép-e: a) lúggal; b) rézzel; c) bárium-kloriddal!
2. Bizonyítsátok be, hogy a por alakú réz(II)oxid vasporral szennyezett!
3. Végezzetek kísérleteket a változó vízkeménység megállapítására!
4. Bizonyítsátok be, hogy a kiosztott szilárd nátrium-szulfát magnézium-szulfáttal szennyezett!

5. Kísérleti úton határozzátok meg, hogy melyik anyag – a bárium-klorid vagy a nátrium-karbonát – lép kölcsönhatásba a salétromsavval!

6. Mutassátok ki lángfestéssel a nátrium-klorid és bárium-klorid szilárd mintáit!

7. Állítsatok elő fémes elem sóoldata és lúg közötti cserebomlási reakcióval két vízben oldhatatlan vegyületet: alumínium-hidroxidot és vas(II)hidroxidot! Kísérleti úton tisztázzátok, hogy az anyagok közül melyik amfoter!

8. Kísérletileg bizonyítsátok, hogy melyik anyag – a nátrium-klorid vagy az ammónium-klorid – reagál lúggal!

Második változat

1. Három jelzés nélküli kémcsőben magnézium-szulfát, alumínium-szulfát és kénsav oldatai találhatók. Határozzátok meg külön-külön, melyik kémcsőben találhatók ezek az anyagok!

2. Három jelzés nélküli kémcsőben ammónium-klorid, bárium-klorid és sósav oldatai találhatók. Határozzátok meg külön-külön, melyik kémcsőben találhatók ezek az anyagok!

3. Három jelzés nélküli kémcsőben vas(II)szulfát, vas(III)szulfát és ammónium-szulfát oldatai találhatók. Egyetlen reagenssel határozzátok meg külön-külön, melyik kémcsőben találhatók ezek az anyagok!

4. Három jelzés nélküli kémcsőben bárium-klorid, nátrium-karbonát és nátrium-hidroxid oldatai találhatók. Egyetlen reagenssel határozzátok meg külön-külön, melyik kémcsőben találhatók ezek az anyagok!

5. Végezzétek el a következő anyagok minőségi elemzését:

a) bárium-klorid; b) vas(II)szulfát; c) kalcium-hidroxid!

6. Alakítsátok át az anyagokat a következő vázlat szerint:

a) $Fe \rightarrow FeCl_2 \rightarrow Fe(OH)_2 \rightarrow FeSO_4$

b) $Al_2(SO_4)_3 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow AlCl_3 \rightarrow Al(NO_3)_3$

c) $FeCl_3 \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3$

d) $Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3$

7. Válasszátok ki az anyagokat, és végezzétek el az egyszerűsített ionos reakcióegyenleteknek megfelelő reakciókat:

a) $NH_4^+ + OH^- = NH_3 + H_2O$

b) $Mg^{2+} + CO_3^{2-} = MgCO_3$

c) $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4$

d) $H^+ + OH^- = H_2O$

Megfigyeléseitek eredményét, a nyomukban levont következtetéseiteket, az elvégzett reakciók molekuláris és ionos egyenleteit írjátok be a gyakorlati munkákra rendszeresített füzetetekbe!



24. §. A fémek előállításának általános módszerei. A fémkohászat fejlődése Ukrajnában

A kohászat fogalma. Az ember régóta használ fémeket. Igaz, sokáig ezt csak korlátozott mértékben tehette. Még M. V. Lomonoszov is csak hét fémet ismert: az aranyat, ezüstöt, rezet, ónt, ólmot, vasat, higanyt. Manapság mintegy 70 féle fémet termelnek ki, s a felhasználásukkal több mint 5000 ötvözetet állítanak elő. Ezeket a gazdaság, mindenekelőtt a gépgyártás, repülőgépipar igényli, mivel nagy szüksége van fémekre és korszerű kohászati technológiákkal előállítható ötvözetekre.

Fémkohászat – a kohászati folyamatok elméletének, a fémek és ötvözetek előállítási módszereinek kidolgozásával foglalkozó tudomány és iparág.

Fémkohászatnak nevezik a fémkitermelő iparágat is. Ezen belül megkülönböztetnek *vaskohászatot* és *színesfémkohászatot.*

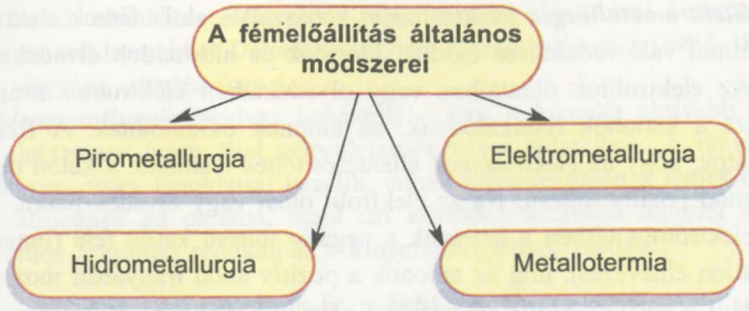
Ötvözetek – több fém vagy fém és egyes nemfémek összeolvasztásával előállított szilárd keverékek. A megolvasztott fémek elegyítése során egyik fém feloldódik a másikban, vagy kémiai vegyületeket alkot a másikkal.

A korszerű fémkohászatban legtöbbet vas, alumínium és réz ötvözetéből állítanak elő.

A fémek kitermelésének általános módszerei. Már tudjátok, hogy a fémes elemek a természetben nem szabad állapotban, hanem zömmel vegyületek alakjában fordulnak elő. A különféle vegyületek közül legelterjedtebbek az oxidok, kloridok, szulfidok és az oxosavak sói (karbonátok, szulfátok, szilikátok). Ezekre a vegyületekre ionos kémiai kötés jellemző, s a fémeket úgy állítják elő belőlük, hogy a fémes elemek kationjait szabad atomokká redukálják a következő vázlat szerint:

$$Me^{n+} + n\bar{e} = Me^0$$

A kohászattal foglalkozó tudósok több módszert is kidolgoztak ennek a folyamatnak a megvalósítására (lásd a 85. ábrát).



85. ábra. *A fémek előállítási módszereinek osztályozása*

Pirometallurgia (tűzi kohászat) – fémek magas hőmérsékleten való kinyerése ércekből redukálással, erős redukálószerek – *koksz, szén(II)oxid* vagy *széngáz, hidrogén* – alkalmazásával. Ezzel a módszerrel állítják elő a legtöbb fémet, de elsősorban a vasat.

A vasat az alábbi vázlat szerint állítják elő az érceiből redukálással:

$$Fe_2O_3 \xrightarrow[-CO_2]{+CO} Fe_3O_4 \xrightarrow[-CO_2]{+CO} FeO \xrightarrow[-CO_2]{+CO} Fe$$

A vasércek feldolgozása során a kohászati üzemekben nem tiszta vasat, hanem annak szénnel (2–4%) alkotott ötvözetét állítják elő, amelybe kevés kén, szilícium, foszfor és mangán is keveredik. Ezt az ötvözetet ***nyersvasnak*** nevezik. Szilárdabb, mint a vas és rideg, nem kovácsolható, ütéssel törhető. Csöveket, gépállványzatokat és masszív gépelemeket, lendkerekeket, csatornanyílás-fedeleket készítenek belőle. A nyersvas zömében azonban acélt állítanak elő. Az acél ugyancsak vas alapú ötvözet, de jóval kevesebb benne a keverékanyag, szénből kevesebb mint 2%, kénből, szilíciumból, foszforból, mangánból kevesebb mint 0,1% van benne. A szén- és speciális adalékanyag-tartalomtól függően különböző acélfajtákat állítanak elő. Az acél a nyersvasnál kovácsolhatóbb és képlékenyebb. Ezeknek a tulajdonságainak köszönhetően az acélt a nyersvasnál jóval szélesebb körben alkalmazzák. Készítenek belőle épületvázakat, hídpilléreket, televíziótornyokat, vasúti síneket, gépkocsi-karosszériákat és sok egyebet.

Ismerkedjetek meg a *15. sz. laboratóriumi munka* végzése során a vas és más fémek ötvözeteivel!

A szénkeveréktől mentes fémek előállítására a pirometallurgiában hidrogént használnak:

$$WO_3 + 3H_2 \overset{t^\circ}{=} W + 3H_2O$$

Elektrometallurgia (elektrolízises kohászat) – aktív fémek elektromos árammal való redukálása oxidok, kloridok és hidroxidok olvadékaiból.

Az elektrolitok oldataiban vagy olvadékaiban elektromos áram hatására a kationok redukálódnak, az anionok oxidálódnak. A fizikából tudjátok, hogy az *elektródokon* ellentétes töltés található: a katód negatív, az anód pozitív töltésű. Ha az elektrolit oldat vagy olvadék alakú, akkor az elektromos térben a kationok a negatív töltésű katód felé (innen van a kation elnevezés), míg az anionok a pozitív anód irányában mozognak. Például a nátrium-klorid olvadékban nátriumkationokra és klóranionokra disszociál:

$$NaCl \xrightarrow[\text{Olvadék}]{} Na^+ + Cl^-$$

A *katódon* (K^-), ahol elektrontöbblet található, a fém redukálódik:

$$K^- \mid Na^+ + 1\bar{e} \rightarrow Na^0$$

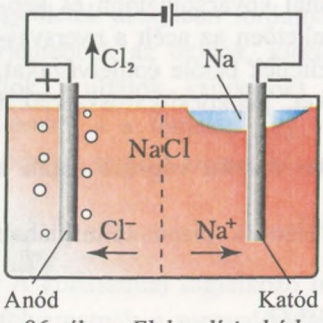
Az *anódon* (A^+) a klóranionok oxidálódnak, vagyis leadják elektronjaikat és semleges atomokká alakulnak:

$$A^+ \mid 2Cl^- - 1\bar{e} \rightarrow 2Cl^0 \rightarrow Cl_2$$

Tehát a nátrium-klorid olvadék elektrolízisének termékei a nátrium és a klór:

$$2NaCl \xrightarrow[\text{Olvadék}]{\text{Elektrolízis}} 2Na + Cl_2\uparrow$$

Elektrometallurgiai módszerekkel bármilyen aktivitású fém redukálható ionos típusú vegyületekből, de ezt az eljárást elsősorban olyan fémek előállítására alkalmazzák, amelyek más módon gyakorlatilag nem állíthatók elő. Ilyen az alumínium, az alkálifémek és az alkáliföldfémek. Az elektrometallurgia fő berendezése az elektrolízis kád. Ebben olvadék-elektrolit található, amelybe grafit elektródok vannak süllyesztve (86. ábra).



86. ábra. *Elektrolízis kád*

Az elektrometallurgiás termelésnek ugyan nagy a villamosenergia-igénye, de ennek a módszernek köszönhető az alumínium viszonylag olcsó, ipari méretű előállítása.

A fémek olvadékos elektrolízis útján történő előállítását kutatta tudományos módszerekkel *Delimarszkij Jurij Kosztyantinovics* (1904–1990) ukrán vegyész, akadémikus.

Hidrometallurgia (nedves kohászat) – fém redukciója aktívabb fém vagy elektromos áram által vegyületeinek vizes oldataiban. A fémércet először sav- vagy lúgoldattal kezelik, ennek következtében a fémes elem ionjai átmennek az oldatba, majd ezt követően aktívabb fémmel vagy elektromos árammal redukálják a kinyerendő fémet, például:

$$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu$$

Ilyen módszerrel állítják elő a cinket, mangánt, rezet, nikkelt, aranyat, platinát és több más, magas tisztasági fokú fémet. A módszer azért értékes, mert alacsony fémtartalmú nyersanyag felhasználását is lehetővé teszi.

Metallotermia – a pirometallurgia válfaja, amely a fémek vegyületeikből aktívabb fémekkel vagy szilíciummal történő redukálásának a folyamatán alapul. Redukálószerként leggyakrabban alumíniumot, magnéziumot és szilíciumot alkalmaznak:

$$TiO_2 + 2Mg = Ti + 2MgO$$

A metallotermikus folyamatokat nagy mennyiségű hő fejlődése kíséri.

Írjátok le a vas vas(III)oxidból történő, alumínium általi redukálásának egyenletét!

A metallotermia azért értékes módszer, mert a kinyert fém nem tartalmaz nemkívánatos szénkeveréket, amely megtalálható a koksz felhasználásával kapott pirometallurgiás termékeiben.

Metallotermikus módszerrel állítanak elő titánt, wolframot, ritka és nemesfémeket.

A fémek előállításának különböző módszerei léteznek, de mindegyik azon alapul, hogy a fémeket erős redukálószerekkel (széngázzal, koksszal, hidrogénnel, nagy kémiai aktivitású fémekkel, például alumíniummal) vagy elektromos árammal redukálják vegyületeikből.

A kohászati termelés fejlődése Ukrajnában. Az ukrán vaskohászat mint önálló iparág a XIX. század 70-es éveiben jött létre. Előtte kisipari módszerekkel állítottak elő fémeket, redukálószerként faszenet használva.



87. ábra. *Donyecki kohóüzem*

Ukrajnában az első, koksszal működő kohászati üzemet 1872-ben építették Donyeckben (akkor Juzivkának hívták) (87. ábra).

Az Ukrajna területén található vas-, mangán- és más fémércek lelőhelyei, valamint a kokszolható szén készletei nagyban elősegítették a kohászat intenzív fejlődését. Erről tanúskodik az a tény, hogy 1913-ban Ukrajnában 21 kohászati üzem működött.

A XX. sz. közepén az ukrán vaskohászat gyors ütemben fejlődött, felújították a régi kohóüzemeket és újakat is építettek. Ma a legnagyobbak az Azovsztal (88. ábra), Zaporizssztal és a Krivorizssztal. Ezek termelési kapacitása 5 millió tonna évente. Az első és a második világháború idején visszaesett termelést gyorsan növelték a kapacitások helyreállításával, új létesítmények üzembe helyezésével. Termelésének csúcsát Ukrajna kohászati ipara a XX. sz. 80-as éveiben érte el.

A több mint 30 fémipari üzemet számláló ágazat ma is nyereséges, az állami költségvetés mintegy 40%-át adja.

Ukrajna gazdasági földrajzából idézzétek fel és nevezzétek meg Ukrajna legnagyobb kohászati üzemeit!

Manapság az ukrán kohászat jelentős kihívásokkal néz szembe: megérett a helyzet a modernizálására, műszaki felújítására, mivel az ország vaskohászata csak így lehet versenyképes a világpiacon.

A környezet védelme a fémgyártás és fémfelhasználás tükrében. A korszerű fémkohászati technológiák ellenére sem sikerül kiküszöbölni a környezet szennyezését. Ennek következtében a fejlett fémkohászattal rendelkező térségekben magas a levegő, a vizek, a növényi és állati termékek károsanyag-tartalma. Az ilyen kedvezőtlen környezetvédelmi helyzetre odafigyelnek a technológiai szakemberek, ökológusok és orvosok.



88. ábra. *Az Azovsztal fémipari kombinát*

A környezet védelmének a fémgyártás és fémfelhasználás során történő biztosítására irányuló tudományos kutatások több irányban folynak.

Először: folyik a hulladékmentes technológiák kidolgozása és bevezetése.

Ukrajna gazdasági földrajzára támaszkodva magyarázzátok meg, mi a hulladékmentes technológiák lényege!

Másodszor: a termelést zárt ciklusú vízfelhasználásra állítják át. A helyzet az, hogy a fémkohászatban nagyon sok vizet használnak, és a tisztítóberendezések nem mindig tudják teljes mértékben megtisztítani a vizet a káros anyagoktól, mielőtt a szennyezett víz az üzemek területéről visszakerül a víztárolókba.

Harmadszor: a helyi hatóságok, a kohászati vállalatok vezetése felelősséget visel az egészségügyi normák betartásáért, a levegő tisztán tartásában fontos szerepet játszó zöld területek megőrzéséért és gyarapításáért, a fémipari létesítményekkel sűrűn telepített térségek környezetének szanálásáért.

Negyedszer: az orvosok, gyógyszerészek, dietológusok a foglalkozási betegségek megelőzését és gyógyítását szolgáló, megfelelő étrend és módszerek kidolgozásán fáradoznak.

A legmodernebb fémgyártási technológiák bevezetése lehetővé teszi, hogy a kohóipari vállalatok minimálisra csökkentsék a légkörbe jutó ipari szennyező anyagok és hulladékok mennyiségét. Az olyan fontos ügyben, mint amilyen a környezetvédelem, a tudósok, a hatalmi szervek és valamennyi állampolgár erőfeszítése fontos szerepet játszik.



Vizsgáljuk meg az anyagokat és tulajdonságaikat!

15. sz. laboratóriumi kísérlet. **Ismerkedés fémötvözetek mintáival.**

1. feladat. Vizsgáljátok meg a fémötvözetek kiosztott mintáit! A tankönyv anyagát és más információs forrásokat felhasználva állapítsátok meg az ötvözetek összetételét és a tulajdonságaikon alapuló felhasználásuk körét!

2. feladat. Az elvégzett kísérlet eredményeit jegyezzétek be a táblázatba!

Ötvözet		Szín	Alkalmazás	Alkalmazást meghatározó tulajdonságok
Elnevezés	Összetétel			

Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Nevezzétek meg a fémek előállításának általános módszereit, mindegyik esetében megjelölve az alkalmazott redukálószert!

2. Határozzátok meg, hogy mik az ötvözetek, indokoljátok meg a fémek és ötvözetek alkalmazását, és mondjatok példákat!

3. Mi a különbség a nyersvas és acél összetétele és tulajdonságai között?

4. Írjátok le a fémek redukálásának egyenleteit az alábbi vázlatok szerint:

$$V_2O_5 + H_2 \rightarrow$$
$$Cr_2O_3 + Al \rightarrow$$
$$SnO_2 + C \rightarrow$$
$$TiCl_4 + Mg \rightarrow$$

5. Indokoljátok meg, miért fontos a környezetvédelem ügye a kohászati iparban!

6*. Számítsátok ki, hogy az 5% tömegrész meddőkőzetet tartalmazó mágneses vasérc mekkora tömegére van szükség 1 t, 95% vasat tartalmazó nyersvas előállításához!



25. §. Nyersvas- és acéltermelés

Jelen paragrafus témája nincs a standard szintű kémiatantervben, de benne van az akadémiai oktatási szint tantervében.



A kémiát akadémiai szinten tanulók számára

Nyersvastermelés

Jellemezzük ezt a termelést a már ismert vázlat szerint.

1. Nyersanyag. A nyersvastermelés nyersanyagai: *vasérc*, *koksz* (jó minőségű kőszén levegő nélküli hevítésének szilárd terméke), *mészkő* vagy *dolomit*, *levegő*. A vasérc rendeltetése nyilvánvaló. A kokszra és levegőre a vasérc *fő redukálószerének*, a *széngáznak* vagy *szén-monoxidnak* CO (a koksz maga is redukálószer) a nagyolvasztóban (kohókemencében) történő előállítása végett van szükség. A koksz hőforrásul is szolgál, ugyanis az elégetése tartja fenn a nyersvas előállításához szükséges hőmérsékletet. A mészkő és a dolomit (*salakképző*) arra szolgál, hogy a nehezen olvadó, nagyrészt

SiO_2 meddőkőzetet könnyen olvadó kalcium- és magnézium-szilikátokká – ipari nevükön: *salakokká* – alakítsa át.



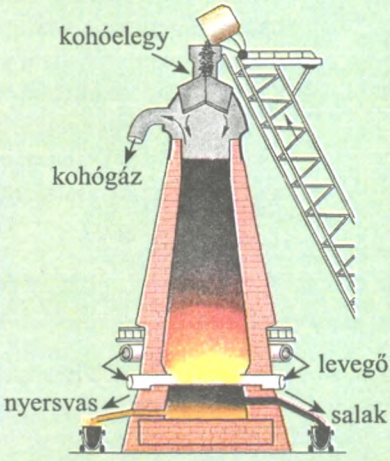
89. ábra. *A nyersvas olvasztására szolgáló kohóelegy összetevői*

Az ércet az olvasztókemence számára megfelelő méretűre darabolják, szükség esetén dúsítják (növelik vasérctartalmát a meddőkőzet mennyiségének csökkentésével). A kokszot és a mészkövet vagy dolomitot a szükséges méretűre aprítják és a *kohóelegynek* nevezett szilárd anyagok egész keverékét (89. ábra) a nyersvas olvasztására szolgáló *nagyolvasztóba* rakják.

2. Létesítmények és berendezések. A *nagyolvasztó* állandóan üzemelő létesítmény. Tízemeletnyi, közel 40 m magas, toronyszerű építményt kell elképzelni, amely legszélesebb részén 16 m (90. ábra).



a



b

90. ábra. *Nagyolvasztó: külalakja a valóságban (a) és vázlatos szerkezete (b)*

Kívülről a nagyolvasztót erős acéllemezek borítják, belülről tűzálló téglával van kibélelve. Falának vastagsága felülről lefelé növekszik, és a legszélesebb részén 1,5 méter. A nagy-

olvasztó űrtartalma 1000–5500 m^3. A nagyolvasztó éveken át szünet nélkül üzemel, ezt követően leállítják és felújítják vagy kijavítják.

A 800 °C-ra hevített levegőt a nagyolvasztó két alsó nyílásán – a fúvótorkokon – fúvatják be.

Lassan lefelé haladva a nagyolvasztóban a kohóelegy felhevül és koksz, levegő, ércek és salakképzők (mészkő és dolomit) részvételével kémiai reakciók mennek végbe.

A hőmérséklet a nagyolvasztó különböző részeiben eltérő, alsó részében a legmagasabb, eléri az 1800 °C-ot. Ezen a hőmérsékleten az ércből redukált vas megolvad és lefolyik, de felolvad benne bizonyos mennyiségű szén, kén, foszfor, szilícium és mangán is. Így képződik a *nyersvas* nevű vasötvözet. A könnyen olvadó szilikátok – ezek a CaO és MgO bázisos oxidok meddőkőzetekkel való kölcsönhatásának eredményeként jönnek létre – szintén megolvadnak és lefolynak. A sűrűségük kisebb, mint a nyersvasé, ezért a nagyolvasztóban végbemenő folyamatok során keletkező néhány más anyaggal együtt a nagyolvasztó alsó részében, a nyersvasréteg fölött gyűlnek össze. Ezek a *salakanyagok*. A nyersvasat és a salakokat periodikusan – 4–6 óránként – lecsapolják a nagyolvasztóból a különböző szinteken lévő nyílásokon át (90. ábra).

3. A nyersvaselőállítás kemizmusa. A általatok ismert termelési vegyi eljárások között a nyersvas előállítása jár a legtöbb kémiai átalakulással. Vizsgáljuk meg ezeket:

a) *kokszégetés:*

$$C + O_2 = CO_2,\ \triangle H = -393\ kJ$$
$$CO_2 + C = 2CO,\ \triangle H = +172\ kJ$$

b) *ércredukálás:*

$$3Fe_2O_3 + CO = 2Fe_3O_4 + CO_2$$
$$Fe_3O_4 + CO = 3FeO + CO_2$$
$$FeO + CO = Fe + CO_2$$
$$FeO + C = Fe + CO$$

c) *a kohóelegy hőbomlása:*

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$
$$MgCO_3 = MgO + CO_2$$

d) *salakképződés:*

$$MgO + SiO_2 = MgSiO_3$$
$$CaO + SiO_2 = CaSiO_3$$

Tisztázzátok, hogy e folyamatok közül melyek redoxi reakciók!

A **nyersvaselőállítás** a vasnak ércoxidjaiból való redukálása magas hőmérsékleten széngázzal és koksszal. A hőforrást ebben a fémkohászati folyamatban a koksz égése során keletkező hő szolgáltatja.

Figyeljétek meg, hogy a nyersvaselőállítás kemizmusa a vas oxidokból történő redukálásával kapcsolatos, miközben léteznek szulfidércek és karbonátércek is. Vagyis ahhoz, hogy fémet lehessen előállítani például piritből FeS_2, az ércet először kiégetik:

$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$

4. Termék. A fő termék a *nyersvas*. A megtermelt nyersvas közel 10%-át a gépgyártásban használják fel, a többi 90%-ból acélt készítenek. A folyamat melléktermékeit – a *salakot* – a cement- és salaktéglagyártásban hasznosítják. A *kohógázt* – ez széngáz, szén-dioxid, kén-dioxid, nitrogén és néhány más gáz keveréke – a nagyolvasztó levegő-előmelegítőjébe irányítják.

A kohófolyamatok irányítása automatizált, állandó ellenőrzés alatt tartják a kémiai reakciók lefolyását, a hőmérsékletet, a kohóelegy adagolását. A kohászatban mérnökök, felsőfokú képzettséggel rendelkező technológusok, magasan képzett szakmunkások dolgoznak (91. ábra).

Acél előállítása nyersvasból

A 24. §-ból megtudhattátok, mi a különbség a nyersvas és az acél között. Az acél nyersvasénál alacsonyabb keverékanyagtartalma arra utal, hogy a

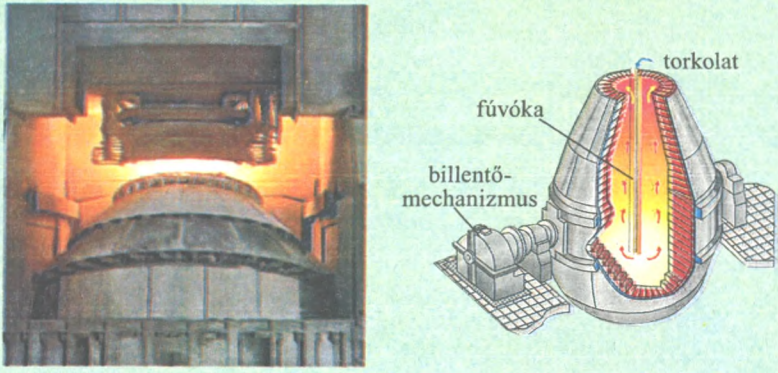


91. ábra. *A kohómű vezérlőterme*

nyersvas acéllá történő feldolgozásának a lényege: a fém minőségét rontó keverékek tartalmának szabványokban meghatározott szintre való csökkentése. Ezt hogyan valósítják meg?

1. Az acélgyártás nyersanyaga. A nyersvasból történő acélgyártáshoz cseppfolyós nyersvasat, oxigént, kevés vasércet, hulladékvasat, kohóelegyet, dezoxidátorokat, azaz olyan anyagokat használnak, amelyek az oxidból redukálják a vasat az acélgyártási folyamat végén.

2. Létesítmények és berendezések. Az acélgyártás korszerű módszere az oxigénkonverteres eljárás. Az ***oxigénkonverter*** körte alakú acél edény, amely több mint 400 tonna acél befogadására képes (92. *a* ábra). A legnagyobb oxigénkonverter az Azovsztal üzemben működik.



a *b*

92. ábra. *Oxigénkonverter: külalak (a); szerkezeti vázlat (b)*

Az oxigénkonverter billenőmechanizmussal van ellátva (92. *b* ábra), amellyel megdöntik, és a torkolaton át berakják a nyersanyagot, majd kiürítik belőle az acélolvasztás végén.

Olvasztás – az acél nyersvasból való előállításának teljes termelési ciklusa. Az oxigénkonverterben az acélolvasztás 30–40 percig tart.

A konvertereket a nagyolvasztókkal együtt telepítik a kohászati üzemekben. A nyersanyag betöltése után a konverterbe süllyesztik a *fúvókát* (92. *b* ábra), ami nem más, mint egy hosszú cső, amelyen keresztül oxigént fúvatnak a konverter belsejébe. A salakképző anyagot (mészkövet) külön adagokban juttatják a konverterbe az olvasztási folyamat során.

3. Az acél nyersvasból történő gyártásának kemizmusa. Ahogy a nyersvas előállításában, az acélöntésben is redoxi folyamatok zajlanak le. A különbség abban áll, hogy míg a nyersvaselőállítás alapját a *vas redukálása* képezi, addig az acélgyártás a nyersvasban lévő szén, kén, foszfor, szilícium és mangán *keverékének oxidálásán* alapul.

Először a keverékanyagokat oxidálják, majd a képződött oxidokat a salakképző anyagokkal az acélnál könnyebb salakká alakítják, amely – mint a nagyolvasztóban is történik – nem keveredik az acéllal, ezért könnyen elválik tőle, így egyszerűen eltávolítható belőle. A fő oxidálószer a vas(II)oxid FeO, amelynek képződése a technológiai folyamat része. Úgy jön létre, hogy a vasat részben oxidálja a fúvókán át a konverterbe bejuttatott oxigén:

$$2Fe + O_2 = 2FeO$$

A képződött vas(II)oxid felolvad a megolvasztott nyersvasban és az oxigénbefúvásnak köszönhetően szétterjed a konverter belsejében és exoterm reakciókba lép a nyersvasban lévő szilíciummal, foszforral, mangánnal, szénnel, kénnel:

$$Si + 2FeO = SiO_2 + 2Fe$$
$$2P + 5FeO = P_2O_5 + 5Fe$$
$$Mn + FeO = MnO + Fe$$
$$C + FeO = CO + Fe$$
$$S + 2FeO = SO_2 + 2Fe$$

A képződött oxidok reagálnak a salakképző anyagokkal és salakká alakulnak. A redoxi reakciók befejeződése után a vas(II)oxid egy része visszamarad. A tőle való szabadulás és a vas redukálása érdekében a konverterbe a nyersvas acéllá történő feldolgozásának végén dezoxidátorokat – köztük alumíniumot – juttatnak.

A nagyolvasztó folyamatos működésétől eltérően az acélgyártás periodikus folyamat. Az olvasztás befejeződése után megszüntetik az oxigénbefúvást, felemelik a fúvócsövet, a konvertert annyira megdöntik, hogy eltávolítható legyen a salak és megtölthető legyen acéllal az öntőüst (93. ábra).



93. ábra. *Acélöntés*

A nyersvasból történő oxigénkonverteres acélgyártás alapját a cseppfolyós nyersvasban lévő szén, szilícium, kén, foszfor és mangán tartalmának vas(II)oxiddal való oxidálása, majd salakká alakítása képezi. Az olvasztáshoz szükséges hőmérsékletet a konverterben lejátszódó exoterm reakciók biztosítják.

Manapság a világ acéltermelésének közel kétharmadát oxigénkonverteres eljárással valósítják meg. A nyersvas felülről történő fúvatását oxigénnel a világon először 1936. április 22-én a Kijevi Műszaki Főiskola (ma: Kijevi Műszaki Főiskola – Ukrán Nemzeti Műszaki Egyetem) korábbi végzőse, M. I. Mozgovoj valósította meg a kijevi Bilsovik üzemben. Ipari méretekben a nyersvas oxigénnel való fúvatását a konverterekben 1956-ban kezdték meg a G. I. Petrovszkij nevét viselő dnyipropetrovszki gyárban, míg az oxigénkonverteres üzemegység 1957-ben kezdte meg a termelést a Krivorizssztal fémipari kombinátban. Ausztria után Ukrajna lett a második ország a világon, ahol sikeresen alkalmazták ipari méretekben az oxigénkonvertereket.

4. Termék. Az acélipar terméke az acél, ami nem más, mint kovácsolható vas szénnel (tartalma rendszerint 2% alatti), kénnel, szilíciummal, foszforral és mangánnal (tartalmuk közel 0,1%) alkotott ötvözete. A jó minőségű acélfajták 0,2%-nál kevesebb szenet tartalmaznak.

A kohászati ipar különböző acélfajtákat állít elő. Ez úgy történik, hogy a konverterbe speciális adalékokat juttatnak, változtatják a reakciók lefolyásának módszereit, a nyersanyagot nyitott és vákuumkemencékben, iners közegben olvasztják. Az így nyert acélt hővel munkálják meg – öntik, hengerelik, kovácsolják, préselik (94. ábra).

Ahogy a nyersvas előállítása, úgy az acélöntés is gépesített és automatizált folyamat, amit magasan képzett, jól felkészült szakemberek irányítanak.



a



b

94. ábra. *Acélfeldolgozás: lemezkészítés (a) és hengerlés (b)*

Ukrán tudósok hozzájárulása a kohászat fejlődéséhez. A kiemelkedő feltaláló és fémipari tudós, M. I. Mozgovoj nevéhez fűződik a korszerű oxigénkonverteres acélgyártás ipari alkalmazása. Az övé az elsőbbség az oxigénfúvatásnak a kohászati folyamatokban történő alkalmazását illetően is. Kutatásokat végzett arra vonatkozóan, hogyan hat a folyékony nyersvas részvételével végbemenő reakciókra a hozzáadott oxigén mennyisége vagy a konverter űrtartalmának és a fémnek az aránya.

M. I. Mozgovoj *(1901–1959) kiemelkedő feltaláló, tudós. Kijevben született, diplomát a Kijevi Műszaki Főiskola mechanika szakán szerzett. 1936-ban elsőként alkalmazott oxigénbefúvást a nyersvasgyártásban. Dolgozott az acél előállításának oxigénkonverteres eljárásán, értékes tanácsokat adott annak gyakorlati alkalmazását illetően. Tudományos eredményeit magas kormánykitüntetésekkel ismerték el.*



Mikola Ilarionovics Mozgovoj

I. P. Bargyin, világszerte ismert orosz fémipari tudóst szoros kapcsolatok fűzték Ukrajnához. Felsőfokú képzettségét a Kijevi Műszaki Főiskolán szerezte, ahol 1910-ben vehette kézhez kohómérnöki-technológusi diplomáját. Bizonyos ideig a juzivi (ma Donyeck) kohászati üzemben dolgozott, vezető beosztásokat töltött be a Dzerzsinszkijről elnevezett jenakijevói kohászati üzemben (Dzerzsinszk). 1927-ben a Dzerzsinszkij nevét viselő üzemben indították be – Bargyinnak köszönhetően – az első száztonnás nagyolvasztót (addig csak ötventonnásakat építettek). 1944-ben kezdeményezője volt a kohóipari szak létrehozásának a Kijevi Műszaki Főiskolán. Támogatta Mozgovoj kutatásait, segítette a feltételek megteremtését a kísérletekhez.



Ivan Pavlovics Bargyin

***I. P. Bargyin** (1883–1960) kiemelkedő fémipari szakember, a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának (SZUTA) tagja, nagyteljesítményű, gépesített fémipari üzemek tervezője a Szovjetunióban. A nevéhez az oxigénnek a kohóipari folyamatokban való felhasználásával, a nagyolvasztóban végbemenő folyamatok gyorsításával, a folyamatos acélöntés megvalósításával, az oxigénkonverteres acéltermelési eljárással kapcsolatos munkák fűződnek. A tudós munkásságát magas kormánykitüntetésekkel ismerték el. Négy külföldi tudományos akadémia választotta tagjává.*

Ukrajnában tudományos kutatóintézetek foglalkoznak fémipari kutatásokkal, köztük az UNTA a *Fémek és Ötvözetek Fizikai-technológiai Kutatóintézete.* Az intézet tudósai a többi között különféle rendeltetésű új acél- és nyersvasfajtákat állítottak elő, kidolgozták gyártásuk technológiáját, kohászati berendezések, a fémipari folyamatokat ellenőrző és vezérlő eszközök mintapéldányait készítették el.

Az UNTA *I. M. Francevics Anyagtudományi Kutatóintézetének* tudósai által kidolgozott új anyagok és porkohászati

eljárások külföldön is ismertté tették az intézet nevét. A kutatóintézet létrehozója és első vezetője I. M. Francevics, az Ukrán SZSZKSZ Tudományos Akadémiájának tagja volt.

***I. M. Francevics** (1905–1985) a fizikai kémia tudósa, anyagtudós, tudományszervező, akadémikus. Poltavában született, diplomát a V. N. Karazin Harkivi Nemzeti Egyetemen szerzett. Tudományos munkássága kiterjedt extrém körülmények között alkalmazott, meghatározott tulajdonságokkal rendelkező új anyagok, por alapú fémipari technológiák kifejlesztésére, új fémötvözetek és diszperz állapotú, magas olvadáspontú vegyületek kifejlesztésére, fémkerámiai termékek előállítására.*



Ivan Mikitovics Francevics



Önellenőrző kérdések és feladatok

1. Nevezzétek meg az acélipar nyersanyagát!

2. Jellemezzétek a nyersvasból történő acélgyártás vegyi folyamatainak lényegi részét!

3. Mi szolgáltatja az energiát a nyersvas- és az acélgyártás folyamatában?

4*. Csoportokra tagolódva készítsetek projektet *Fémek és ötvözetek a korszerű technikában* címmel, s abban világítsátok meg az alábbi kérdéseket:

a) a fémek általános jellemzése;

b) fémek a természetben, a fémek és ötvözetek gyártásának korszerű technológiája;

c) a fémek és ötvözetek változatossága;

d) az ötvözetek sajátosságai: az összetételtől és szerkezettől függő alkalmazási terület;

e) a fémipari szakma sajátosságai!

ÖSSZEGEZZÜK A TANULTAKAT!

Befejeződött a „Fémes elemek és vegyületeik" című téma tanulása. A téma a megszerzett ismeretek összegezésével zárul, ami lehetővé teszi számotokra, hogy a konkrétumok mögött meglássátok az általános törvényszerűségeket, ellenőrizhessétek a tudásotokat. Azt, hogy mennyire értettétek meg a tananyagot, s az új tárgyi ismeretek mennyire rögzültek a tudatotokban. Önellenőrzés céljából hozzatok fel az egyes kérdések lényegére rávilágító konkrét példákat, s ezeket írjátok be a munkafüzetetekbe!

- A fémes elemek az ismert kémiai elemek közel 4/5 részét képezik. A kémiai elemek periódusos rendszerében minden periódus – az első kivételével – fémes elemmel kezdődik. Fémes elemek alkotják – a hidrogén és bór kivételével – a periódusos rendszer I., II. és III. csoportját, minden alcsoportot, a lantanoidák és aktinoidák családját. A korszerű ukrán kémiai nomenklatúra szerint néhány fémes elem elnevezése nem egyezik meg az adott elem által alkotott egyszerű anyag elnevezésével.
- A főcsoport fémes elemeinek atomjaiban lévő vegyértékelektronok a külső energiaszinteken az *s*- és *p*-alszinteken találhatók. Az alcsoport fémes elemeinek atomjaiban, a külső energiaszint elektronjain kívül vegyértékelektronok lehetnek a belső energiaszintek *d*- vagy *f*-elektronjai is. Az ilyen elektronok számának összege, kisebb kivétellel, megegyezik a csoport számával.
- A fémes elemek atomjainak külső energiaszintjén kevés – általában 1, 2, ritkábban 3 (egyes esetekben akár több) – elektron található.
- A fémes elemek atomjai a kémiai reakciókban könnyen leadják elektronjaikat, redukálószerekként viselkednek és pozitív töltésű ionokká – kationokká – alakulnak. A kation töltésszáma megegyezik a leadott elektronok számával:

$$Me^0 - n\bar{e} = Me^{n+}$$

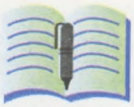
- Az egy csoportba tartozó fémes elemek atomjainak külső energiaszint-szerkezete egyforma felépítésű. A protonszám növekedésével nő az atom sugara, a vegyértékelektronok távolodnak az atommagtól, ezért csökken kapcsolatuk ereje az atommaggal, az atom így könnyebben leadja őket, s ennek következtében erősödnek a fémes tulajdonságok.

- Minden fémes elem atomjának jellemző sajátossága az elektronleadási képesség.
- A fémes elemek atomjait alacsony elektronegativitás jellemzi. Elektronegativitásuk nagyságát tekintve a nemfémes elemek erősebbek náluk. Ezért az összetett anyagokban a fémes elemek atomjai csakis pozitív oxidációs fokkal rendelkeznek.
- A fémek mint egyszerű anyagok szilárd halmazállapotukban kristályrácsszerkezettel rendelkeznek. Leggyakrabban hexagonális és kocka alakú kristályrácsszerkezet jellemző rájuk.
- A fémek mindegyike egyforma fizikai tulajdonságokkal rendelkezik. Ez a magas fokú elektromos és hővezetés, fémes fény, szilárd halmazállapot (kivétel a higany), kovácsolhatóság, plasztikusság. A fémeknél a közös fizikai tulajdonságokat *a fémes kötés* határozza meg.
- A *fémes kötés* – az atomok, kationok és delokalizált elektronok közötti kémiai kötés.
- Vegyileg a *fémek eléggé aktív anyagok*. Kémiai tulajdonságaik összefüggésben vannak azzal, hogy az atomban a vegyértékelektronok gyengén kapcsolódnak az atommaghoz. A legaktívabb fémek az alkálifémek és alkáliföldfémek. De a fémek egyszerű anyagai különböző kémiai aktivitást mutatnak, ez az aktivitási sorban elfoglalt helyük alapján hasonlítható össze. A fémek többsége egyesülési reakcióba lép az oxigénnel és más nemfémekkel. A fémekre jellemzők a helyettesítési reakciók savakkal, az aktivitási sorban tőlük jobbra elhelyezkedő fémes elemek sóival, a vízzel (az alkálifémekkel és alkáliföldfémekkel közönséges körülmények között). Néhány fém, mint például az alumínium, cink kölcsönhatásba lép a lúgokkal is.
- A fémek kölcsönhatása tömény kénsavval és különböző koncentrációjú salétromsavval eltér a savakkal való kölcsönhatás típusától, ebben az esetben a són kívül víz és a sav redukciós terméke képződik.
- A fémek *korrodálódhatnak*. Ez nem más, mint a környező közeggel való kölcsönhatás következtében bekövetkező roncsolódásuk. A megelőzés lehetővé teszi a korrózió megakadályozását vagy lassítását.
- A fémes elemek oxidjai között vannak *bázisos, amfoter* és *savas* jellegűek.

- *A fémes elemek azon oxidjai*, melyek +1, +2, +3 oxidációs fokkal rendelkeznek, bázisos jelleget mutatnak, egyesek (ZnO, BeO, Al_2O, Cr_2O_3) amfoterek. A fémes elemek magas oxidációs fokkal (+5, +6, +7) rendelkező oxidjai savas oxidok.
- Az alkálifémes és alkáliföldfémes elemek, a magnézium, a vas(II) oxidhidrátjai bázisos jelleget mutatnak, az alumínium és a vas(III) oxidhidrátjai pedig amfoter jellegűek.
- Előfordulásukat tekintve a fémes elemek megelőzik a nemfémes elemeket. A természetben legnagyobb (tömegrészt tekintve) mennyiségben az alumínium fordul elő, második helyen a vas, harmadikon pedig a kalcium áll.
- A természetben a fémes elemek legnagyobb részt vegyületek – oxidok, szulfidok, karbonátok, szilikátok – formájában találhatók. Szabad állapotban csak azok a fémek találhatók, amelyek a hidrogén után állnak az aktivitási sorban.
- Néhány fémes elem vegyületei olyan lelőhelyeket képeznek, amelyek sok iparág számára biztosítják a nyersanyagot. A fémes elemek kationjainak nagy mennyisége található oldott állapotban az óceánok, tengerek, folyók, ásványvízforrások természetes vizében.
- A kalcium és magnézium kationjainak jelenléte okozza a *vízkeménységet*. Megkülönböztetünk *változó keménységet*, amelyet e fémes elemek hidrogén-karbonátjai okoznak és *állandó keménységet*, amelyet a kalcium- és magnézium-kloridok és -szulfátok idéznek elő. A változó keménység forralással csökkenthető, az állandó pedig olyan anyagok hozzáadásával, amelyek oldhatatlan karbonátokat képeznek.
- A fémes elemek kvalitatív reakciókkal mutathatók ki: a Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+} kationok az OH^-, $Ba^{2+} - SO_4^{2-}$, $Ca^{2+} - CO_3^{2-}$anionokkal. A Fe^{2+} ionokat kimutathatjuk még a vörösvérlúgsó oldatának segítségével, a Fe^{3+} ionokat pedig sárgavérlúgsóval. A nátrium-, kálium-, kalcium-, báriumionok lángfestéssel mutathatók ki.
- A fémek előállításának különböző módszereit ismerjük: *pirometallurgia, hidrometallurgia, elektrometallurgia, metallotermia.* Annak ellenére, hogy különbözőek a feltételek és az alapanyag, minden módszernek az a lényege, hogy a fémes elemek kationjai semleges atomokká redukálódnak:

$$Me^{n+} + n\bar{e} = Me^0$$

- A fémek előállításában karbon(II)oxidot, hidrogént, más fémeket (alumíniumot, mangánt), bizonyos nemfémeket (szenet, szilíciumot), elektromos áramot használnak. A fémek és ötvözeteik termelési folyamatainak kutatásával foglalkozó tudomány a *kohászat*. Ezt a fogalmat az iparra is használják.
- Többféle olvasztott fém keveréke az ötvözet. Az *ötvözet* – két vagy több fémből vagy fémből és nemfémből álló rendszer. Az ötvözetek tulajdonságai sokfélék, eltérnek a kiindulási komponensek tulajdonságaitól. Ezt használják ki a megfelelő tulajdonságokkal rendelkező ötvözetek előállítására. A fémek és ötvözeteik értékes konstrukciós anyagai a korszerű technikának.
- A kohászat nagy mennyiségben állít elő *öntöttvasat* és *acélt* – a vasnak szénnel, szilíciummal, kénnel, foszforral, mangánnal alkotott ötvözeteit, amelyek csak a bennük lévő keverékanyag tartalmában térnek el (az öntöttvas több keverékanyagot tartalmaz, mint az acél).
- A nyersvas acéllá alakításának kemizmusa abban áll, hogy oxidációs eljárással csökkentik a nyersvas szén-, szilícium-, kén-, foszfor-, mangántartalmát.
- Nagyon sok fémes elem ionjának fontos biológiai szerepe van. A radioaktív ionok – mint a stroncium és a cézium – károsak az élő szervetekre nézve.
- Ukrajna jól fejlett kohászati iparral rendelkezik, amely kielégíti az ország gazdaságának fémekkel és ötvözetekkel kapcsolatos igényét és exportra is termel.
- A XX. században tevékenykedő ukrán tudósok sokat tettek azért, hogy a kohászat mint tudomány és ipar fejlődhessen. Az ő művüket folytatják a fémek és ötvözetek kutatásával a XXI. század tudósai az UNTA korszerű tudományos kutatóintézeteiben.



Készüljünk a tematikus tudásfelmérésre!

Kedves tanulók! Az alábbi feladatok alapján saját magatok ellenőrizhetitek a „Fémes elemek és vegyületeik" című téma tanulása során szerzett tudásotokat, és megfelelő módon fel tudtok készülni a tematikus tudásfelmérésre. Végezzétek el ezeket a feladatokat, és bízzatok a tudásotokban!

1. Jelöljétek meg azt a felsorolást, amelyben csak fémes elemek szerepelnek.
   - **A** klór, oxigén, kálium, réz
   - **B** hélium, hidrogén, foszfor, mangán
   - **C** réz, vas, kalcium, nátrium
   - **D** magnézium, cink, szilícium, szén

2. Jelöljétek meg a vassal egy periódusban elhelyezkedő fémes elem vegyjelét
   - **A** Na
   - **B** Br
   - **C** Ca
   - **D** Se

3. Jelöljétek meg azokat a fémes elemeket, melyek atomjának külső energiaszintjén 2 elektron van
   - **A** kalcium
   - **B** hélium
   - **C** vas
   - **D** magnézium

4. Válasszátok ki az alkáli elemek családjába tartozó elemeket
   - **A** fluor és klór
   - **B** lítium és kálium
   - **C** kálium és kalcium
   - **D** nátrium és réz

5. Jelöljétek meg a fémes kötés jellemzését
   - **A** eltérő töltésű ionok vonzása
   - **B** közös elektronpárok létrehozása
   - **C** kationok, atomok és delokalizált elektronok közötti vonzás
   - **D** különböző molekulák vagy egy molekula két atomjának egyesülése a hidrogén részleges töltéssel rendelkező atomjainak köszönhetően

6. Jelöljétek meg annak a fémes elemnek a nevét, melynek az atomja a következő elektronképlettel rendelkezik: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1$

A klór
B nátrium
C alumínium
D kálium

7. Válasszátok ki azt a fémes elempárt, amelynek tagjai egyenlő számú *s*-elektronnal rendelkeznek az elektronképletben
   A magnézium és alumínium
   B nátrium és magnézium
   C alumínium és kalcium
   D nátrium és kálium

8. Egészítsétek ki a mondatot: *A fémes elemek atomi elektronburkának külső elektronszintje...*
   A közel van a telítettséghez
   B távol van a telítettségtől
   C telített
   D mindig csak félig telített

9. Mutassátok meg, mi a közös az alumínium és a klór atomjának szerkezetében
   A az elektronok száma a külső elektronszinten
   B az energiaszintek száma
   C a nem páros elektronok száma
   D a neutronok száma

10. Jelöljétek meg, hogyan változik a kémiai elemek fémes tulajdonsága a periódusokban a protonszám növekedésével
   A erősödik
   B gyengül
   C változatlan marad
   D a különböző periódusokban eltérően változik

11. Jelöljétek meg, hogyan változik a kémiai elemek fémes tulajdonsága a csoportok mellékcsoportjaiban a protonszám növekedésével
   A erősödik
   B gyengül
   C változatlan marad
   D a különböző mellékcsoportokban eltérően változik

12. Mutassátok meg az alkáliföldfém elemek oxidjainak és hidroxidjainak általános képletét
   A MeO és MeOH
   B Me_2O és $Me(OH)_2$

C Me_2O_3 és $Me(OH)_3$
D MeO és $Me(OH)_2$

13. Jelöljétek meg azokat a fémeket, melyek közönséges körülmények között kölcsönhatásba lépnek a vízzel

A kálium
B kalcium
C vas
D réz

14. Jelöljétek meg azt az anyagot, amellyel nem lép kölcsönhatásba a kalcium-oxid

A víz
B nátrium-hidroxid
C szulfát-sav
D szén(IV)oxid

15. Jelöld meg azt az anyagot, mellyel kölcsönhatásba lép a nátrium-hidroxid

A kén(IV)oxid
B víz
C sósav
D bárium-szulfát

16. Jelöljétek meg, hogyan állítható elő vas(II)hidroxid

A vas(II)oxid kölcsönhatása vízzel
B vas kölcsönhatása vízzel
C vas kölcsönhatása kénsavval
D vas(II)szulfát és kálium-hidroxid kölcsönhatása

17. Jelöld meg azt az anyagot, amelynek csapadékát oldja a lúgmaradék

A bárium-szulfát
B alumínium-hidroxid
C vas(II)hidroxid
D mangán(II)oxid

18. Állítsátok sorrendbe a kémiai elemeket a külső elektronszint elektronszámának növekedése szerint

A magnézium
B kálium
C szén
D alumínium

19. Jelöljétek meg azt az anyagot, amely kölcsönhatásba lép az ammónium-karbonáttal, vas(II)szulfáttal, alumínium-nitráttal és vas(III) kloriddal

A ezüst(I)nitrát
B nátrium-hidroxid
C szulfát-sav
D bárium-klorid

20. Írjátok le a vázlat alapján a reakcióegyenleteket, és állítsatok fel sorrendet az együtthatók összegének növekedése alapján

A $Cr(OH)_3 \rightarrow Cr_2O_3 + H_2O$
B $K + H_2O \rightarrow KOH + H_2$
C $Al_2(SO_4)_3 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 + AlCl_3$
D $Fe + CuCl_2 \rightarrow Cu + FeCl_2$

21. Jelöljétek meg azokat az anyagpárokat, amelyek között kémiai reakció megy végbe

A nátrium és víz
B réz(II)oxid és víz
C magnézium-oxid és sósav
D alumínium-hidroxid és kálium-hidroxid

22. Állapítsátok meg a megfelelőséget az ásványok elnevezése és képletei között

1 barnavasérc	**A** FeS_2
2 mágnesvasérc	**B** Fe_3O_4
3 pirit	**C** $FeCO_3$
4 sziderit	**D** $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$
	E Fe_2O_3

23. Állapítsátok meg a megfelelőséget a fém és ércekből való előállításának ipari módszere között

1 vas	**A** hidrometallurgia
2 nátrium	**B** aluminotermia
3 réz	**C** pirometallurgia
4 króm	**D** elektrolizis
	E adszorbció

24. Milyen anyagok kölcsönhatását jellemzi a $Ca^{2+} + CO_3^{2-} = CaCO_3$ egyszerűsített ionegyenlet

A kalcium és nátrium-karbonát
B kalcium-oxid és szén-dioxid
C kalcium-hidroxid és szén-dioxid
D kalcium-klorid és nátrium-karbonát

25. Állítsátok fel a reagenseknek és a feltételeknek azt a sorrendjét, amely szerint végbemennek a reakciók az átalakulási láncban

$$Al \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow AlCl_3 \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3$$

A termikus bomlás
B sósav
C lúg
D égés oxigénben

26. Állapítsátok meg a megfelelést a kémiai elemek elnevezése és a periódusos rendszerben elfoglalt helye alapján

1 lítium	**A** 3. periódus, III. csoport, főcsoport
2 magnézium	**B** 4. periódus, VIII. csoport, alcsoport
3 vas	**C** 2. periódus, I. csoport, főcsoport
4 alumínium	**D** 3. periódus, II. csoport, főcsoport
	E 3. periódus, II. csoport, alcsoport

27. Helyezzétek el a fémes elemeket a természetben való előfordulásuk gyakoriságának sorrendjében

A alumínium
B kálium
C kalcium
D vas

28. Nevezzétek meg azt az alkálifémet, melynek 68,4 g tömegű mennyisége a vízzel reagálva 8,96 l (n. k. k.) térfogatú hidrogént szorít ki

A rubídium
B kálium
C nátrium
D lítium

29. Jelöljétek meg azt a vízmennyiséget, amely a 42,8 g vas(III)hidroxid termikus bomlása során keletkezik

A 0,1 mol
B 0,6 mol
C 1 mol
D 6 mol

30*. Jelöljétek meg azt a csapadékmennyiséget, amely a 6% tömegrész lúgot tartalmazó 200 g nátrium-hidroxid oldat és a 15,2% tömegrész sót tartalmazó 100 g vas(II)szulfát oldat összekeverésének eredményeként keletkezik

A 2,14 g
B 3,21 g
C 9 g
D 10,7 g

A számítási feladatok feleletei

4. § *4. sz.* A jód adagjában $6{,}02 \cdot 10^{22}$ molekula van.
A klór adagjában $3{,}01 \cdot 10^{23}$ molekula van.

5. § *3. sz.* 44,8 l.

6. § *4. sz.* 8,96 l, $2{,}4 \cdot 10^{23}$ molekula, $9{,}6 \cdot 10^{23}$ atom.

5. sz. Mindkét adagban azonos számú molekula van.

6. sz. 10 l.

7. sz. 45 %.

7. § *5. sz.* 179,2 l.

7. sz. $\eta = 96\ \%$; $\varphi = 96\%$.

9. § *5. sz.* 51,22 %.

6. sz. 26,4 g.

10. § *5. sz.* Nem elég.

6. sz. $NH_4H_2PO_4$.

11. § *3. sz.* Az ammónsalétromban.

12. § *2. sz.* A kalcium-hidrogén-karbonátban.

4. sz. 25 g kalcium-karbonátban és 125 g sósavban.

5. sz. Átlátszó.

14. § *6. sz.* $Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$.

16. § *2. sz.* Cu.

18. § *2. sz.* 2,24 l.

3. sz. A rézzel való köcsönhatásra.

5. sz. 12,8 g réz, a lemez tömege a reakció után: 101,6 g.

20. § *5. sz.* 89,6 l.

21. § *5. sz.* 72% Al, 28% Cu.

22. § *6. sz.* 69,5 g vasgálic, 130,5 g víz.

24. § *6. sz.* 1,38 t.

Szakkifejezések szótára

A

Acél – vas alapú ötvözet 2% széntartalommal.

Adszorbens – olyan anyag, amely a felületi rétegével megköti a gázt vagy az oldott anyagot.

Adszorpció – gázok vagy oldott anyagok másik anyag felülete általi elnyelése.

Agrokémia – a növények táplálásáról, az őket a kártevőktől és betegségektől védő eszközök alkalmazásáról szóló tudomány.

Alkálifémek – a periódusos rendszer I. csoportja főcsoportjának kémiai elemei: Li, Na, K, Rb, Cs, Fr.

Alkáliföldfémek – a periódusos rendszer II. csoportja főcsoportjának kémiai elemei: Ca, Sr, Ba, Ra.

Allotrópia – ugyanannak a kémiai elemnek többféle egyszerű anyagként való előfordulása.

Aluminotermia – fémek oxidjaikból történő előállítási módszere alumínium segítségével.

Anód – egyenáramú áramforrás pozitív pólusához kapcsolt elektród.

Ásvány – természetes egyszerű vagy összetett anyag.

B

Bauxitok – $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ általános képletű, timföld és vas-oxid keverékét tartalmazó alumínium ásványok.

Beton – cement, kavics (kőzúzalék) és homok keverékéből előállított építőanyag.

C

Cement – építőanyag, szilikátipari termék, előállításához a mészkő és agyag szolgál nyersanyagul.

D

Dielektrikumok – az áramot rosszul vezető anyagok (szigetelők).

E

Elektrometallurgia – fémek előállítása olvadékaikból elektromos áram felhasználásával. Ezzel a módszerrel nyerik ki az alkálifémeket, alkáliföldfémeket, alumíniumot.

Elektronegativitás – a vegyületben lévő atom elektronvonzási képességét jellemző egyezményes érték.

É

Ércek – fémek előállítására szolgáló hasznos ásványok.

F

Faszén – grafitmódosulat, a koksz feltalálásáig a vas ércoxidokból történő kinyerésének fő redukálószere volt.

Fémkötés – fémek atomjai és ionjai közötti kötés, amely a szabad elektronoknak köszönhetően alakul ki. Az elektronok úgy válnak szabaddá, hogy az atomok egy részének külső elektronja elveszíti a kapcsolatot az atommaggal.

Fulerének – 60–70 szénatomból álló klaszterek.

G

Gipsz – ásvány, $CaSO_4 \cdot H_2O$ kristályhidrát, az építőiparban (gipszkarton), orvoslásban (gipszrögzítés) alkalmazzák, maketteket, szobrokat készítenek belőle.

Grafit – a szén allotróp módosulata.

H

Hasznos ásványok – kőzet, amely gazdasági tevékenység folytatásához elegendő mennyiségben termelhető ki a lelőhelyekről.

Hidrogén-karbonátok – a szénsav savanyú sói, például a szódabikarbóna $NaHCO_3$, úgy jönnek létre, hogy a szénsavban a hidrogénatom valamely fémes elem ionjaival cserélődik ki.

Hidrometallurgia – fémek előállítása vegyületei vizes oldataiból aktívabb fémmel vagy elektromos árammal történő redukálással. Ezzel a módszerrel rezet, cinket, mangánt, aranyat és más fémeket állítanak elő.

Hipotézis – nem bizonyított feltevés, valamely jelenség feltételezésen alapuló magyarázat.

I

Inhibitorok – a kémiai reakciót lassító anyagok.

K

Karbonátok – a szénsav semleges sói. A természetben legelterjedtebb a kalcium-karbonát (mészkő, kréta, márvány, kagylómészkő), magnézium-karbonát (a dolomit összetevője).

Katód – az egyenáramú áramforrás negatív pólusához kapcsolt elektród.

Kémiai nevezéktan (*nómenklatúra*) – egyes vegyületek, vegyületcsoportok neve, névrendszere és névképzési szabályainak összessége.

Kénsav – kétbázisú oxosav H_2SO_4, erős elektrolit, erős oxidálószer, rendkívüli jelentősége van a vegyiparban.

Kerámia – agyag speciális megmunkálásával, különböző ásványi komponensek hozzáadásával előállított anyag.

Klaszterrészecskék – atomok vagy molekulák bonyolult, önálló egységet képező társulása.

Kohászat – a kohászati folyamatok kidolgozásával, fémek és ötvözetek előállítási módszereit kutató tudomány. Ez a neve a fémek és ötvözetek ipari előállításával foglalkozó ágazatnak.

Kohóelegy – nyersvasgyártáshoz használt, vasércből, kokszból, mészkőből álló keverék.

Koksz – kiváló minőségű szén levegő nélküli hevítésével nyert szilárd termék.

Korrózió – fémek és ötvözeteik roncsolódása a környezetben lévő anyagok hatása nyomán.

M

Mészkövek – nagyrészt kalcium-karbonátból $CaCO_3$ álló kőzetek.

Mészvíz – kalcium-hidroxid $Ca(OH)_2$ átlátszó oldata, amelyben az oldott anyag tartalma nem éri oldhatóságának határát az adott feltételek mellett.

Metallotermia – a pirometallurgia fajtája, amely a fémeknek vegyületeikből történő, aktívabb fémekkel vagy szilíciummal végzett redukálási folyamatokon alapul.

N

Nagyolvasztóban lejátszódó folyamatok – a nyersvas előállítása során alkalmazott reakciók és technológiai műveletek.

Nanométer – a méter egymilliárdod része.

Nanorészecske – 1–100 nm nagyságú részecskék. Ezeknek a részecskéknek a szerkezetalkotó – klaszterek – képességét alkalmazzák a nanotechnológiában.

Nitrátok – salétromsav sói.

Ny

Nyersvas – vas szénnel, kénnel, szilíciummal, foszforral, mangánnal alkotott ötvözete, amelyben a vas részaránya megközelíti a 95%-ot, a széné pedig 2% és 4% között mozog.

O

Oltatlan mész – kalcium-oxid CaO.

Oltott mész – kalcium-hidroxid $Ca(OH)_2$, az anyag elnevezése előállításának módját tükrözi.

Ó

Ózon – allotróp oxigénmódosulat O_3.

Ö

Ötvözetek – több fém és fém nemfémekkel történő összeolvasztásával nyert szilárd keverékek.

P

Pirometallurgia – fémek előállítása ércekből magas hőmérsékleten erős redukálószer (koksz, széngáz, hidrogén) részvételével.

Protektor – védő anyag, eszköz. Protektornak nevezik azt az aktív fémrészt, amelyet korrózióvédelmi célból kapcsolnak a fémszerkezetekhez.

R

Regeneráció – az adszorbens adszorpciós képességének helyreállítása.

Rentabilitás – a termelési folyamat gazdasági hatékonyságának mutatója.

S

Salétromok – alkálifémes és alkáliföldfémes elemek és az alumínium nitrátjai.

Salétromsav – egybázisú oxosav HNO_3, erős elektrolit, széles körben használják az iparban.

Sz

Szénsav – kétbázisú oxosav H_2CO_3, gyenge elektrolit, csak oldatban létezik.

Szilikátok – a kovasav H_2SiO_3 semleges sói.

Szublimáció – anyag átmenete szilárd halmazállapotból gázneműbe.

Szulfátok – a kénsav semleges sói.

T

Timföld – ásvány, a képlete Al_2O_3.

Trágyák – a növények növekedéséhez és fejlődéséhez nélkülözhetetlen kémiai elemeket tartalmazó anyagok vagy ezek keverékei.

Ü

Üveg – nátrium-szilikát kalcium-szilikáttal és kvarchomokkal alkotott, átlátszó, amorf ötvözete, amelynek az összetétele a következő képlettel írható le: $Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$.

V

Vasgálic – vas(II)szulfát $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ kristályhidrát.

Vízkeménység – a víz kémiai és fizikai tulajdonságainak a benne lévő kalcium- és magnéziumionok által meghatározott összessége:

– állandó vízkeménység: a vízben lévő kalcium- és magnéziumszulfátok idézik elő;

– átmeneti vízkeménység: a vízben lévő kalcium-hidrogén-karbonátok és magnézium-hidrogén-karbonátok idézik elő.

TÁRGYMUTATÓ

A

Acél – 191
Adszorbens – 41
Adszorpció – 41
Agrokémia – 91
Alkálifémek – 156
Alkáliföldfémek – 157
Allotróp módosulatok – 27
Allotrópia – 27
Aluminát – 176
Alumínium – 172
Aluminotermia – 175
Ammónia – 48
Ammónia-kation – 49
Ammóniumsók – 54

B

Bauxit – 173
Beton – 110

C

Cement – 109

D

Elektródák – 192
Elektrometallurgia – 192
Elméleti kimenet – 59

F

Faszén – 31
Fém – 133
Fémes kötés – 134
Foszfor – 33
Foszfor(V)oxid – 62
Fullerének – 35

G

Gipsz – 73
Grafit – 90

Gy

Gyakorlati kimenet – 59
Gyémánt – 29

H

Hidroxidok
– alumínium-hidroxid – 176
– ammónium-hidroxid – 50
– kalcium-hidroxid – 158
– kálium-hidroxid – 157
– magnézium-hidroxid – 159
– nátrium-hidroxid – 157
– vas(II)hidroxid – 183
– vas(III)hidroxid – 184
Hidrogén-karbonátok – 95
Hidrometallurgia – 193

I

Illó hidrogénvegyületek – 47

K

Kalcit – 97
Kalcium – 160
Kálium – 160
Kaolin – 173
Karbin – 31
Karbonátok – 95
Kén – 34
Kén(IV)oxid – 67
Kerámia – 105
Keverékanyagok – 168
Kipp-készülék – 102
Klór – 46
Klór-hidrogén
Kohászat – 190
Kohóelegy – 197
Koksz – 196
Korrózió – 150
Korrózióvédelem – 152
Korund – 173
Kovasav – 112
Körforgás – 115
Kréta – 98
Kristályráscs – 33, 135
Kvalitatív reakciók
– alumíniumkation kimutatására – 56
– hidrogénionok kimutatására – 39
– hidroxidionok kimutatására – 39
– karbonátionok kimutatására – 96
– kloridionok kimutatására – 57

– nitrogén körforgása – 116
– oxigén körforgása – 114
– szén kimutatására – 65
– szén körforgása – 117
– szulfátionok kimutatására – 72
– bárium kimutatására – 157
– kálium kimutatására – 156
– kalcium kimutatására – 157
– nátrium kimutatására – 156
– vas(II) kimutatására – 186
– vas(III) kimutatására – 186

M

Műtrágyák – 85
– foszforműtrágyák – 87
– káliműtrágyák – 87
– kevert műtrágyák – 94
– nitrogénműtrágyák – 87
Magnézium – 159
Márvány – 99
Melegházhatás – 66
Mészkő – 98
Metallotermia – 193
Műtrágyahasznosítási forma – 88

N

Nagyolvasztó – 197
Nagyolvasztó-folymatok – 199
Nátrium – 156
Nemfémek – 26
Nevezéktan – 10
Nitrátok – 80
Nitrogén – 26, 116
Nómenklatúra – 10
Nyersvas – 191

O

Ortofoszfátok – 83
Ortofoszforsav – 83
Oxigén – 27

Ó

Ózon – 29
Ózonréteg – 28

Ö

Ötvözetek – 190

P

Pirit – 180
Pirometallurgia – 191
Plasztikusság – 140
Porcelán – 111

R

Regenerálás – 41

S

Salak – 197
Salakképző anyagok – 197
Salétromok – 80
Salétromsav – 63, 78
Savas esők – 68
Sósav – 48

Sz

Szóda
– kalcinált szóda – 106
– szódabikarbóna – 95
Szén – 31
Szén(IV)oxid – 100
Szén-dioxid – 64
Széngáz – 64
Szénsav – 95
Szilikátok – 113
Szulfátok – 72
Szuperfoszfát – 89

T

Tűzoltó készülék – 65

Ü

Üveg – 106

V

Vízkeménység
– állandó vízkeménység – 166
– általános vízkeménység – 167
– átmeneti vízkeménység – 165
Vas – 179, 180

Kiegészítő olvasmányok és internetes szakforrások kémiából

1. *Базелюк І. І., Величко Л. П., Титаренко Н. В.* Довідкові матеріали з хімії. – Київ; Ірпінь: Перун, 1998. – 224 с.

2. *Василега М. Д.* Цікава хімія. – К.: Рад. школа, 1989. – 188 с.

3. Великий довідник школяра з тестовими завданнями / Розділ «Хімія». – К.: Махаон-Україна, 2007. – С. 447–580.

4. *Гачев Г. Д.* Гуманитарный комментарий к физике и химии: Диалог между науками о природе и человеке. – М.: Логос, 2003. – 512 с.

5. *Медовар Б. И.* Металлургия вчера, сегодня и завтра. – К.: Наук. думка, 1986. – 132 с.

6. Олімпіади з хімії: Збірник задач Всеукраїнських, обласних, районних олімпіад з розв'язаннями, вказівками, відповідями / І. І. Кочерга, Ю. В. Холін, Л. О. Слєта та ін. – Х.: Ранок: Веста, 2004. – 384 с.

7. *Ольгин О. М.* Опыты без взрывов: 4-е изд. – М.: Химия, 1995. – 176 с.

8. Усі цікаві досліди. Хімія. 10–11 класи. – Х.: ТОРСІНГ ПЛЮС, 2007. – 320 с.

9. *Федоров А. С.* Творцы науки о металле. – М.: Наука, 1980. – 224 с.

10. *Фримантл М.* Химия в действии: В 2-х ч. Ч. 1: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 528 с.

11. *Фримантл М.* Химия в действии: В 2-х ч. Ч. 2: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 622 с.

12. *Харлампович Г. Д., Семенов А. С., Попов В. А.* Многоликая химия: Кн. для учащихся. – М.: Просвещение, 1992. – 159 с.

13. Химия и общество: Пер. с англ. – М.: Мир, 1995. – 560 с.

14. *Ярошенко О. Г., Новицька В. І.* Завдання і вправи з хімії: навчальний посібник: Вид. 6-е, виправлене, доповнене, з прикладами розв'язків задач. – К.: Станіца-Київ, 2007. – 294 с.

http://chemistry.com.ua/modules.php?name=Video–Stream Хімія в Україні. Український хімічний портал

www.chem.msu.su Портал фундаментальної хімічної освіти

www.reciprocalnet.org \common\ Колекція молекул – бібліотека речовин з тривимірними і навіть стереоскопічними зображеннями молекулярних структур

www.nanonewsnet.ru Новини нанотехнологій

http://chemistry.r2.ru/ Опорні конспекти з хімії

www.chemistry.narod.ru Сайт „Світ хімії"

www.postupi.ru Інформація з основ теоретичної хімії, елементів та їх сполук, органічної та неорганічної хімії

http://moikompas.ru/compas/etertainingchemistry Цікава хімія, безпечні хімічні досліди вдома

TARTALOM

Bevezetés 3

Az általános iskola kémiatananyagának ismétlése

1. §. A szervetlen vegyületek legfontosabb csoportjainak általános jellemzése .. 6
2. §. A periódusos törvény és az atom szerkezete. A kémiai kötés fajtái 12

1. téma. Nemfémes elemek és vegyületeik

3. §. Nemfémes elemek, helyzetük a periódusos rendszerben, általános jellemzésük 21
4. §. Nemfémek mint egyszerű anyagok. Az allotrópia jelensége 26
5. §. A nemfémek kémiai tulajdonságai és alkalmazásuk. A nemfémes elemek előfordulása a természetben 36
6. §. A nemfémes elemek illó hidrogénvegyületei 46
7. §. Ammóniumsók. Az ammóniumion és klórion kimutatásának kvalitatív reakciói 54
8. §. Nemfémes elemek oxidjai és oxidhidrát vegyületei 61
9. §. Kénsav és szulfátok 69
10. §. Salétromsav és nitrátok 78
11. §. A műtrágyák általános jellemzése 85
12. §. A szénsav. A szénsav sói, előfordulásuk és alkalmazásuk 95
13. §. *1. sz. gyakorlati munka.* Szén-dioxid előállítása. A karbonátok és hidrogén-karbonátok kölcsönös átalakulása 104
14. §. Építőanyagok: üveg, cement, beton és alkalmazásuk 105
15. §. Az oxigén, nitrogén, szén körforgása a természetben 114
Összegezzük a tanultakat! 120
Készüljünk a tematikus tudásfelmérésre! 124

2. téma. Fémes elemek és vegyületeik

16. §. A fémes elemek és az általuk alkotott egyszerű anyagok általános jellemzése 131
17. §. A fémek fizikai tulajdonságai és gyakorlati alkalmazásuk 138
18. §. A fémek általános kémiai tulajdonságai, a fémek korróziója 146
19. §. Alkálifémes, alkáliföldfémes elemek, a magnézium 155
20. §. Az alkálifémes és alkáliföldfémes elemek, a magnézium vegyületeinek előfordulása. A vízkeménység fogalma 163
21. §. Az alumínium mint kémiai elem és egyszerű anyag. Az alumínium vegyületei 172
22. §. A vas mint kémiai elem. A vas mint egyszerű anyag. Vas(II)- és vas(III)vegyületek 179
23. §. A kémiai ismeretek alkalmazása a kutatói tevékenység során. *2. sz. gyakorlati munka.* Kísérleti feladatok megoldása 187
24. §. A fémek előállításának általános módszerei. A fémkohászat fejlődése Ukrajnában 190
25. §. Nyersvas- és acéltermelés 196
Összegezzük a tanultakat! 206
Készüljünk a tematikus tudásfelmérésre! 210
A számítási feladatok feleletei 215
Szakkifejezések szótára 216
Tárgymutató 220
Kiegészítő olvasmányok és internetes szakforrások kémiából 222

Навчальне видання
ЯРОШЕНКО Ольга Григорівна

ХІМІЯ

Підручник для 10 класу загальноосвітніх навчальних закладів
із угорською мовою навчання

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Видано за рахуно державних коштів. Продаж заборонено

Переклад з української

Перекладачі: *Адальберт Адальбертович Варга*
Жужанна Золтанівна Кун

Угорською мовою

Зав. редакцією *А. А. Варга*
Редактор *А. А. Варга*
Художне оформлення та макет *В. Кушніренка*
Коректор *І. О. Петро*

Підп. до друку 20.10.2010. Формат 60×90/16. Папір офс. Гарнітура Таймс.
Друк офс. Умовн. друк. арк. 14,0. Обл.-вид. арк. 13,93.
Ум. фарбовідб. 54 + 1,0 форз. Тираж 1735 пр. Вид № 33. Зам. № 184п

Державне підприємство «Всеукраїнське спеціалізоване видавництво «Світ»
79008 м. Львів, вул. Галицька, 21
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2980 від 19.09.2007
www.dsv-svit-lviv.ua
e-mail: office@dsv-svit.lviv.ua

Друк ВАТ "Патент"
88006 м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101
e-mail: patent@uzh.ukrtel.net