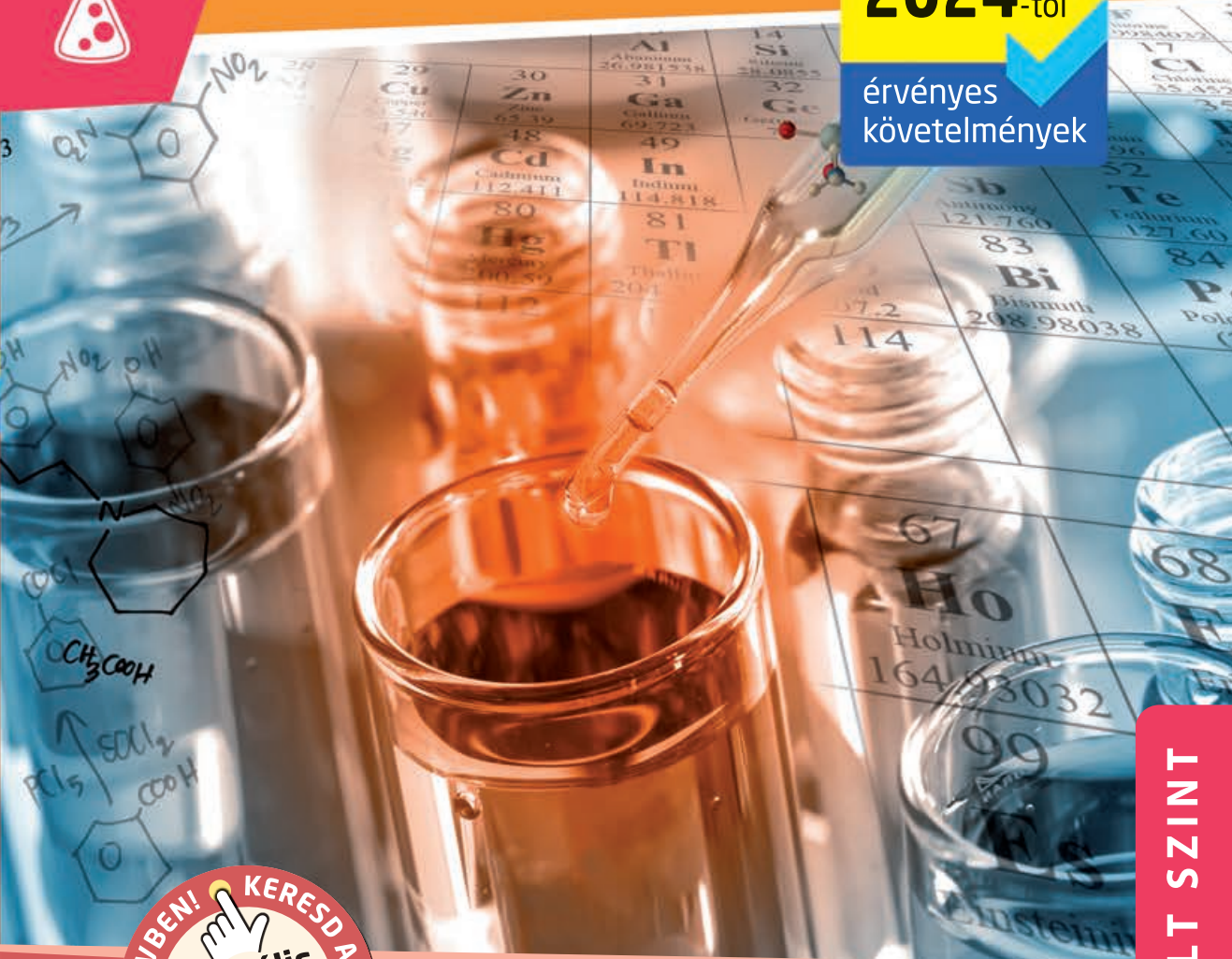




2024-től

érvényes
követelmények



EMELT SZINT

Szabó Katalin • Keglevich Kristóf

KÉMIA ÖSSZEFOGLALÓ

Érettségi témakörök és kísérletek
gondolkodtató kérdésekkel, tanácsokkal



TARTALOM

Előszó	6
--------------	---

ÁLTALÁNOS KÉMIA

Az atomok szerkezete és a periódusos rendszer	8
Ionok, molekulák, összetett ionok, komplex ionok	25
A szilárd halmazállapot	43
A folyadékok és a gázok, halmazállapot-változások	54
Oldatok és egyéb halmazkeverékek	60
A reakciók csoportosítása, termokémia, reakciókinetika	70
A kémiai egyensúly és befolyásolása	80
Sav-bázis reakciók	87
Redoxireakciók, elektrokémia	98

SZERVETLEN KÉMIA

A fémek általános jellemzése	116
Az s-mező fémei és vegyületeik	127
A p-mező fémei és vegyületeik	136
A d-mező fémei és vegyületeik	143
A nemesgázok és a hidrogén	155
A halogének és vegyületeik	162
Az oxigén és vegyületei	173
A kén és vegyületei	183
A nitrogén és vegyületei	194
A foszfor és vegyületei	207
A szén, a szilícium és szervetlen vegyületeik	213
Az elemek periódusos rendszere	232

SZERVES KÉMIA

A szerves vegyületek szerkezete	234
Telített és telítetlen szénhidrogének, halogénezett származékai	246
Az aromás és heteroaromás vegyületek	270
Hidroxivegyületek	282

TARTALOM

Éterek és oxovegyületek	296
Karbonsavak	307
Karbonsavszármazékok: észterek és szappanok	319
Az oxigéntartalmú szerves vegyületek tulajdon- ságainak összehasonlítása, egymásba alakításuk	327
Az aminok és az amidok	335
Aminosavak és fehérjék	343
Szénhidrátok	354
Nukleotidok és nukleinsavak	369
Műanyagok	375



MELLÉKLET

Alapvető kémiai számítások	382
Kísérletek az emelt szintű érettségien	393
Név- és tárgymutató	433
Felhasznált irodalom	437
Az atomok periódusos rendszere	438



A KÖTETBEN HASZNÁLT KIEMELÉSEK TÍPUSAI



Kitekintés. Olyan szövegrészeket tartalmaz, amelyek nem részei a törzsanyagnak, de segítik annak megértését, vagy más tantárgyakkal teremtenek kapcsolatot.



Jó tanács. Gyakorlati tanácsok, praktikus arany szabályok olvashatóak ilyen háttérben.



Számolási feladat. Itt matematikai vonatkozások, a számolási feladatokkal való összefüggések szerepelnek.



Fontos tudnivaló. Bizonyos fontos tényekre, összefüggésekre, alapismeretekre felkiáltójel figyelmeztet.



Kísérlet. Jelezzük, hogy melyek azok a kísérletek, amelyek kivitelezése és / vagy értelmezése követelmény az emelt szintű érettségien, és az adott témához kapcsolhatóak. Minden kísérlet helyet kapott valamelyik fejezetnél. A kísérletek leírása, magyarázata és fotója a könyv végén található meg.



Problémafeladatok. A témakört záró, gondolkodtató kérdések, amelyek megoldása a kiadvány digitális változatában érhető el.



Belső utalás. A zárójelben jelölt oldalszámon az adott téma részletesebb kifejtése található.

ELŐSZÓ

Ez a tankönyv az emelt szintű kémiaérettségi tananyagát tárgyalja ■ fejezetben, az atomot felépítő elemi részecskéktől a nukleinsavakig. A kötet elsődleges célja az emelt szintű kémiaérettségire való felkészítés. Az írásbeli és szóbeli vizsgarész minden területére kitér. Hasznos lehet azon diákoknak, akik fel akarják frissíteni tudásukat vagy bővíteni szeretnék ismereteiket, de bátran forgathatják azok is, akik az alapoktól kezdik a felkészülést. A jelenségeket részletes magyarázattal és példákkal mutatjuk be, a megértést segíti a gazdag képanyag is. Az ábrák nem csak illusztratív jellegűek, fontos kémiai tudást közvetítenek. Arra törekedtünk, hogy beleszöjjük a szövegbe az emelt szintű érettségien gyakran előforduló fölvetéseket, és felhívjuk a figyelmet a típushibákra. A számítási feladatokhoz adott tömör útmutató mellett a kötelező kísérletek lényegre törő kidolgozásával és a problémafeladatokkal is – ezek megoldásai a digitális kiegészítésben érhetőek el – gyakorlati tanácsokat igyekszünk nyújtani. Utaltunk a hazai kémiatanárok körében sokat vitatott kérdésekre is (pl. az elektronaffinitás definíciója, van-e mértékegysége az egyensúlyi állandónak, izomerek-e a csupán konformációjukban különböző molekulák), hangsúlyozva a vitatott jelleget.

A követelményrendszerhez nem szorosan tartozó, de annak megértését nagyban elősegítő magyarázatok, további információk vizuálisan különválasztva jelennek meg (ugyanígy kapnak helyet a tantárgyközi kapcsolatok).

A szerzők szándéka az volt, hogy visszaadják az általános kémia fontosságát, kidolgozottságát. Az általános kémiai összefüggésekre a szervetlen és szerves fejezetekben is nagy hangsúlyt helyeztünk. A kémia vizsgálódási módszereit vezérfonálul véve határterületi kérdésekben más tudományok felfogásához is alkalmazkodtunk. Az egyre terjedő integrált természettudományos oktatás korában is úgy gondoljuk, csak a magas szintű szaktárgyi tudás lehet a hiteles, átgondolt tantárgyközi koncentráció alapja.

Reméljük, a tankönyv olyan tudást ad kémiából, ami nemcsak a sikeres felvételihez, de a kémiából érettségizők egyetemi tanulmányaihoz is megbízható alapot szolgáltat. Diákjaikat emelt szintű érettségire felkészítő kollégáinknak is segítségére lehet. Ha valaki részletesebben kíván tájékozódni valamely kérdésben, az általunk legsűrűbben használt megbízható forrásművek címe a könyv végén, az irodalomjegyzékben olvasható.

A könyv stílusa érettségi felkészítő jellegéből adódóan sulykolós, szájbarágós. Tartunk tőle, hogy ránk is igazak Kodály Zoltán szavai: „a városi beszélő ajkán kopog a nyelv, mint a jégeső, mint a Morse-távíró”. Ez a kötet – amennyire ez egy tankönyv esetében lehetséges – igyekszik változatos modorban fogalmazni. Nem zárkóztunk el régi, jól bevált nyelvi megoldásoktól, mint pl. a hidrogénhíd kötés vagy az ikes ragozási paradigmáktól.

Hálásak vagyunk egykori tanárainknak és tanár kollégáinknak, akikről szakmai tudásunkat kaptuk és akikkel továbbfejleszthettük azt. Köszönettel tartozunk lektorainknak: Petz Andreának és Magyarfalvi Gábornak. A tankönyv megírása szorosan kapcsolódik a szerzők oktatómunkájához. Nagy hasznunkra voltak a korábbi középiskolák kémiatankönyvei. Sokat köszönhetünk a Magyarországon kialakult virágzó szak módszertani kultúrának, amelynek az eredményeire mi is építhettünk. Ezen előzmények nélkül jelen könyv nem születhetett volna meg.

Lectori salutem! Köszöntjük az olvasót!

A szerzők



I

ÁLTALÁNOS KÉMIA

Anyagszerkezet

1. Az atomok szerkezete és a periódusos rendszer
2. Ionok, molekulák, összetett ionok, komplex ionok
3. A szilárd halmazállapot
4. A folyadékok és a gázok, halmazállapot-változások
5. Oldatok és egyéb halmazkeverékek

Kémiai reakciók

6. A reakciók csoportosítása, termokémia, reakciókinetika
7. A kémiai egyensúly és befolyásolása
8. Sav-bázis reakciók
9. Redoxireakciók, elektrokémia

AZ ATOMOK SZERKEZETE ÉS A PERIÓDUSOS RENDSZER

A **kémia** a **természettudományok** egyike. A természettudományok a körülöttünk lévő világot tanulmányozzák, segítenek, hogy megértsük annak jelenségeit, élhetőbbé tegyük, megóvjuk környezetünket. A fizika, a kémia és a biológia más-más szempontok szerint vizsgálja a természetet. A kémia elsősorban az anyagok összetételével, tulajdonságaival, a köztük lejátszódó reakciókkal, hasznosításuk lehetőségeivel foglalkozik.

1.1. AZ ANYAGSZERKEZETI ISMERETEK FEJLŐDÉSE

Ha a kémia szemszögéből tanulmányozzuk a körülöttünk lévő világ anyagainak felépítését, akkor az atom megismerése a legalapvetőbb feladat. Az **atom** a legkisebb semleges kémiai részecske (olyan részecske, amely kémiai tulajdonságokat mutat).

A történelem során a filozófusok gondolatai, a tudósok felfedezései nyomán más-más vélekedések születtek az anyag, az atom szerkezetéről. Ezeket az elképzeléseket **atommodelleknek** nevezzük. A természettudományok egyik legfontosabb módszere a modellalkotás.

A **modell** a valóság kicsinyített, nagyított vagy egyszerűsített mása, amely egy kiragadott szempontból jellemzi a vizsgált objektumot, jelenséget.

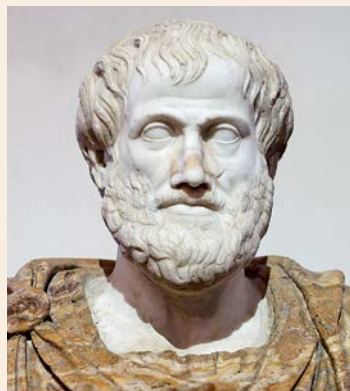


Démokritosz (Kr. e. 400 körül)

Démokritosz szerint a „teltség” és az „üresség” uralja a világot. Az anyag nem folytonos, hanem apró, szemmel láthatatlan kicsinségű részecskékből áll, amelyeket atomoknak (az *atomosz* görög szó, jelentése: oszthatatlan) nevezett. Elképzelése alapján az atomok anyagukban megegyeznek, méretükben és alakjukban térnek el egymástól (sima, gömbölyű, éles, hegyes, horgas). Ezzel magyarázta az anyagok tulajdonságait (pl. érzékszerveinket simogató, felsértő, horgaikkal összekapaszkodó atomok).

Arisztotelész (Kr. e. 384–322)

Arisztotelész korának minden területén meghatározó tudós volt, nézetei halála után évszázadokig, olykor két évezredig uralkodtak. Szerinte az anyag folytonos („*a természet irtózik az ürtől*”). Az anyagok a négy őselem (a tűz, a víz, a levegő és a föld) megfelelő arányából tevődnek össze. A négy őselemhez négy tulajdonság (a meleg, a hideg, a száraz és a nedves) tartozik, mindegyik őselemhez kettő-kettő. Ha az egyik tulajdonság megváltozik, az egyik őselem átalakul egy másikká, az anyag megváltozik. (Pl. ha a vizet melegítjük, „levegő” lesz belőle.)





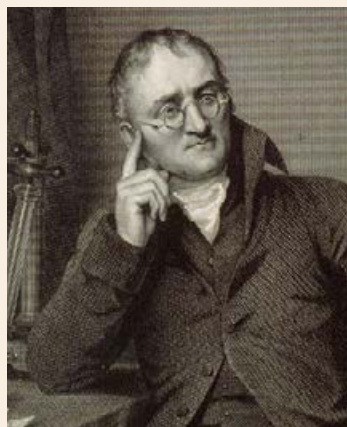
Alkimisták

A középkorban az anyagok szerkezetéről vallott felfogás nem változott lényegesen, az arisztotelészi őselemelmélet (az anyagok átalakíthatók tulajdonságaik megváltoztatásával) megfelelt az alkimisták törekvéseiknek. Pl. az aranyban sok a tűz, és kevés a föld. Tehát értéktelenebb fémből szerintük aranyat lehet csinálni hevítéssel, és a föld elvonásával. Miközben az alkimisták az aranykészítésen munkálkodtak, sok anyagot és jelenséget megismertek, különböző eljárásokat fedeztek föl (pl. a desztillációt), számos eszközt fejlesztettek ki. Egyik jeles képviselőjük **Paracelsus** (1493–1541), akit a jatrokémia, azaz orvosi vegytan leghíresebb képviselőjeként tartunk számon.

Paracelsus nézetei szerint az emberi szervezetben kémiai folyamatok zajlanak, melyek az elfogyasztott táplálék feldolgozásával és a mérgeanyagok eltávolításával járnak. Felismerte, hogy ugyanaz az anyag kis mennyiségben gyógyszer, de nagy dózisban mérge is lehet.

John Dalton (1766–1844)

Dalton volt az, aki az ókor óta először elevenítette fel az atomelméletet (1808). Ő is apró, oszthatatlan részecskéknek gondolta az atomokat, de szerinte alakjuk helyett tömegükben különböznek egymástól. A tömegmegmaradás törvénye (Lavoisier, 1789) és az állandó tömegarányok törvénye (Proust, 1799) alapján felállította a többszörös tömegarányok törvényét. A vegyületekben az alkotórészek tömegaránya egész számokkal írható fel (pl. a szén-oxigén tömegaránya a szén-monoxidban 3:4, a szén-dioxidban 3:8). Ezek alapján határozta meg az elemek atomtömegeit. Dalton volt az első, aki tudományosan – közvetett bizonyítékok révén – bizonyította az atomok létezését.

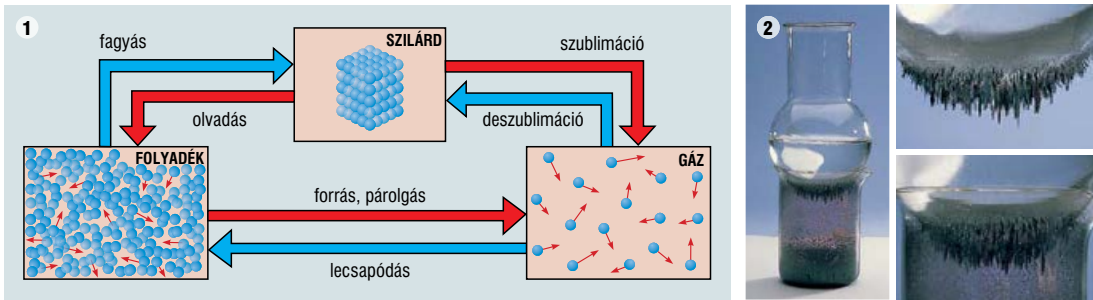


Joseph John Thomson (1856–1940)

Thomson katódsugárcsöves kísérleteiben azt tapasztalta (1897), hogy katódként kapcsolt különböző fémekből azonos tömegű és azonos negatív töltésű részecskék lépnek ki, amelyek mindig azonos tulajdonságokat mutatnak, függetlenül attól, hogy milyen anyagból származnak. 1904-ben alkotta meg saját atommodelljét, amely szerint az atom két részből áll, egy pozitív töltésű masszából, és a benne rezgő elektronokból („mazsolás puding” modell). Az első olyan elmélet volt ez, amely szerint az atom osztható.



4. A folyadékok és a gázok, halmazállapot-változások



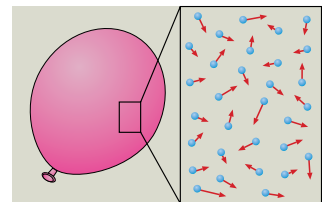
67. ábra Halmazállapot-változások és halmazok szemléltetése modellekkel (1). A jód szublimálása (2)

Egyes anyagok **szublimálnak** (adott körülmények között), szilárd halmazállapotból gáz-halmazállapotúvá válnak. Ilyen például a jód, a kámfor vagy magasabb hőmérsékleten a tömjén. A folyamat visszafelé is lejátszódhatik, pl. amikor a jódgőzből szilárd kristályok lesznek.

4.3. A GÁZOK

4.3.1. A gázok jellemzői

A gázok részecskéi egymástól távol vannak, egyenes vonalú egyenletes mozgást végeznek, amíg nem ütköznek egymással és az edény falával, így mozgásuk pályája zezzugos. A gázok nagymértékben összenyomhatók, térfogatuk a körülményektől függ, nem alaktartók. A gázok el tudnak keveredni egymással, rájuk is jellemző a **diffúzió**.



68. ábra Gázok

4.3.2. Ideális gázok

A gázok részecskéi olyan távol helyezkednek el egymástól, hogy a köztük lévő kölcsönhatás elhanyagolhatóan gyenge. Emiatt a molekulák saját mérete a köztük lévő távolsághoz viszonyítva gyakorlatilag nem számottevő. Ezért a gázokra alkalmazhatjuk az **ideális gáz** modellt. Ideális gáz az, amelyikben nincs vonzás a részecskéi között, és molekulái pontszerűek (nincs kiterjedésük, saját térfogatuk). Ennek következményeként tekinthetjük úgy, hogy a különböző anyagi minőségű gázok sok fizikai szempontból egyformán viselkednek (a gáztörvények, az állapotegyenlet minden gázra érvényesek).



4.3.3. Avogadro törvénye és következményei

Amadeo **Avogadro** a gázokat tanulmányozva megfogalmazta a később róla elnevezett törvényt.

Avogadro törvénye kimondja, hogy az azonos állapotú (azonos hőmérsékletű, azonos nyomású) gázok azonos térfogataiban azonos számú részecske található. Fordítva is igaz, azonos anyagmennyiségű gázok azonos körülmények között (azonos nyomáson és hőmérsékleten) azonos térfogatúak.

69. ábra Amadeo Avogadro (1776–1856)
itáliai egyházjogász, fizikus és kémikus

Ez azt jelenti, hogy ha veszünk 1 mol ($6 \cdot 10^{23}$ db) bármilyen gázrészecskét, akkor annak térfogata csak a nyomástól és a hőmérséklettől függ, az anyagi minőségtől nem. Tehát a különböző **gázok moláris térfogata** azonos körülmények között egyforma. Például légköri nyomáson (101 kPa) és 25 °C hőmérsékleten – ahogy régebben mondták, standardállapotban, holott a standard nyomás 100 kPa – 1 mol gáz térfogata 24,5 dm³, vagyis a gázok moláris térfogata: $V_m = 24,5 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}}$.

Az Avogadro-törvény másik fontos következménye, hogy egy gázelegy $n/n\%$ -os és $V/V\%$ -os összetétele megegyezik.

Hőmérséklet T ($p = 0,1 \text{ MPa}$)	Moláris térfogat $V_m \left(\frac{\text{dm}^3}{\text{mol}} \right)$
25 °C	24,5
20 °C	24
0 °C	22,41

17. táblázat Az azonos állapotú gázok térfogatának és anyagmennyiségének hányadosa állandó, V_m



A gázok állapotátározói (a hőmérséklet, a nyomás és a térfogat) között bármely állapotban a gázok **állapotegyenlete** teremt összefüggést.

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

p : a nyomás Pa mértékegységben,

n : a gáz anyagmennyisége mol mértékegységben,

V : a térfogat m³ mértékegységben,

T : a hőmérséklet K (kelvin) mértékegységben,

az egyetemes gázállandó: $R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$.



Ha az állapotegyenletben a nyomást kPa mértékegységben adjuk meg, akkor a térfogatot dm³-ben kapjuk (és viszont). A kémiai számítások során leggyakrabban ez a célszerű.

4.3.4. A gázok sűrűsége



A gázok sűrűségét ugyanúgy számoljuk ki, mint más anyagokét: $\rho = \frac{m}{V}$.

Ha 1 mol gázra számolunk, akkor $\rho = \frac{M}{V_m}$. Mivel azonos állapotú gázok moláris térfogata egyforma, a gázok sűrűsége a moláris tömegükkel arányos: $\rho \sim M$.

A gázok állapotegyenletét átalakítva ugyanerre a következtetésre jutunk:

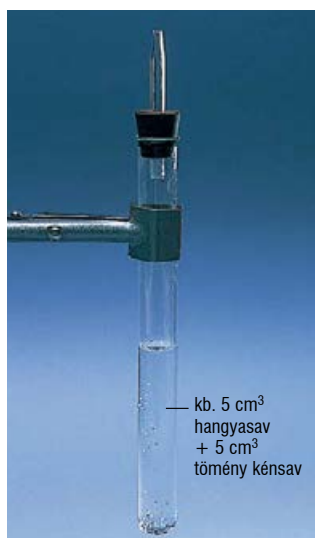
$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

$$p \cdot M = \frac{m}{V} \cdot R \cdot T = \rho \cdot R \cdot T$$

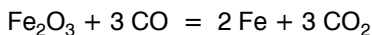
Ebből az összefüggésből az is látszik, hogy azonos állapotú (azonos nyomású és hőmérsékletű) gázok sűrűségei egyenesen arányosak a moláris tömegeikkel.

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{M_1}{M_2}$$

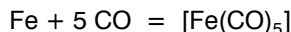


262. ábra A szén-monoxid laboratóriumi előállítására

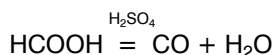
Égéséhez hasonlóan redoxireakció a vaskohóban lejátszódó **indirekt redukció**.



A szén-monoxid **komplekxképződési reakciókban** is részt vesz. Pl. meglehetősen stabil komplexet alkot a hemoglobinnal. A szén-monoxid már szobahőmérsékleten is reagál a finom eloszlású vasporral, miközben egy sárgás, szúrós szagú folyadék képződik, a vas-pentakarbonil ($\text{Fe}(\text{CO})_5$). Ezért a szén-monoxidot nem lehet acéltartályban tárolni.



A szén-monoxid a hangyasav formális savanhidridje (\rightarrow 177.o.). Ez azt jelenti, hogy maga a vízzel nem képez ugyan hangyasavat (nem oldódik vízben), ám a tömény hangyasavból erélyes vízelvonószert – tömény kénsav – hatására szén-monoxid fejlődik.



Ezzel a reakcióval állatható elő a laboratóriumban szén-monoxid.

A vegyipar izzó szén és szén-dioxid vagy izzó szén és vízgőz reakciójával gyárt szén-monoxidot. Mint fentebb láttuk, az utóbbi esetben szintézisgáz jön létre. A szintézisgáz rendkívül fontos vegyipari alapanyag, pl. metanolt, egyéb alkoholokat, további oxigéntartamú szerves molekulákat állítanak elő belőle. A szén-monoxidot a fémkohászatban redukálószerként használják.

A szén-monoxid **igen erősen mérgező**. Ennek az az elsődleges oka, hogy az oxigénnél kb. 300-szor erősebben kötődik a vér hemoglobinjában lévő vas(II)ionhoz (a képződő komplex nagy stabilitású), így meggátolja a szervezet oxigénellátását. Különösen veszélyes, mivel színtelen és szagtalan, semmi sem utal jelenlétére, ha a lakás levegőjébe kerül egy rosszul szelelő kandallóból vagy a hibás üzemű kéményen át visszaáramló füstgázból. Amennyiben a lakás fűtési rendszere korszerűtlen, érdemes szén-monoxid-érzékelőt szerelni a szobába! A szén-monoxid-mérgezést szenvedett személyt elsősegélyképpen szabad levegőre kell vinni, majd azonnal orvosi segítséget kell kérni. Súlyos esetben vérátömlesztés szükséges. A szén-monoxid a szervezetben akkumulálódik, több egymást követő mérgezés hatása „összeadódik”, így is okozhat halált.

20.4.2. A szén-dioxid és a szénsav

A szén-dioxid standard nyomáson és 25 °C hőmérsékleten színtelen, szagtalan gáz. Sűrűsége mintegy másfélszer nagyobb a levegőénél, ezért áttölthető egyik főzőpohárból a másikba. A zárt tereket – pl. a borospincéket, ahol az alkoholos erjedés melléktermékeként keletkezik – alulról felfelé feltöltve kiszorítja a levegőt, ami veszélyforrás.



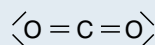
263. ábra Szén-monoxid-mérgezés ellen csak speciális szűrőbetéttel rendelkező gázálcok nyújtanak védelmet

264. ábra A szén-dioxid a mélyebb helyeken halmozódik fel





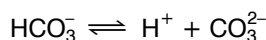
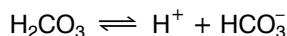
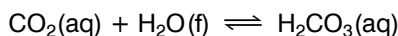
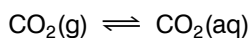
A szén-dioxid két kétszeres kovalens kötést tartalmazó lineáris molekulája. A kötések polárosak, viszont szimmetrikus elhelyezkedésük miatt „kioltják” egymás hatását, a molekula apoláros.



A szén-dioxid önmagában nem mérgező, de mivel a levegőben való felgyülemzése oxigénhiányt okoz, közvetetten fejfájást okozhat (pl. elhasznált levegőjű tanterem), majd **fulladásos halált** eredményezhet. (A víz sem mérgező, de bele lehet fulladni.)

A szén-dioxid molekulái apolárisak, szilárd halmazát ezért csupán diszperziós kötés tartja össze. Ez a fehér színű molekulárcsós anyag a **szárazjég**. Nevét onnan kapta, hogy légköri nyomáson nem olvad meg, hanem $-78\text{ }^\circ\text{C}$ -on szublimál (vagyis nem válik nedvessé). Megnövelt nyomáson megolvasztható.

A szén-dioxid vízben fizikailag nem oldódik túlságosan jól. **Fizikai oldódását kémiai oldódás is követi.** A vizes fázisba került, hidratálódott szén-dioxid-molekulák egy része ugyanis szénsavmolekulává alakul. A szénsav kétértékű és kifejezetten gyenge sav, ezért csak kismértékben disszociál. Ilyen módon a szén-dioxid vizes oldatában (a szódavízben) több, egymást kölcsönösen befolyásoló egyensúly áll fenn.



A szódavíz csak nagyon gyengén savas, savanykás íze mellett kellemesen frissítő, üdítő hatású. A **szénsav** (H_2CO_3) bomlékony, csak híg vizes oldat formájában létezik, nem izolálható. Gyenge, kétértékű sav. Sói a karbonátok.



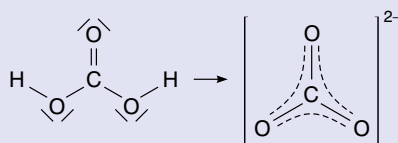
265. ábra Magyarországon először Jedlik Ányos (1800–1895) bencés paptanár állított elő szódavizet (szikvizet) 1826-ban, hogy megörvendeztesse rendtársait



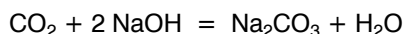
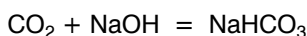
266. ábra „Forrongó színek”. Szárazjég szublimálásával keletkező szén-dioxid-gáz apró folyadék-cseppeket ragad magával a színezett vizes oldatokból



A szénsavmolekula és a karbonátion szerkezeti képlete. A karbonátionban – mint az összetett savmardékionokban általában – az oxigénatomok nemkötő elektronpárjai és a π -kötés delokalizálódnak.

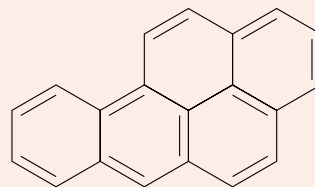


A szén-dioxid nemfém-oxid, tehát **savanhidrid**, ezért **lúgos kémhatású oldatban elnyelődik**. A nátrium-hidroxid mennyiségétől függően nátrium-hidrogén-karbonát vagy nátrium-karbonát jön létre.





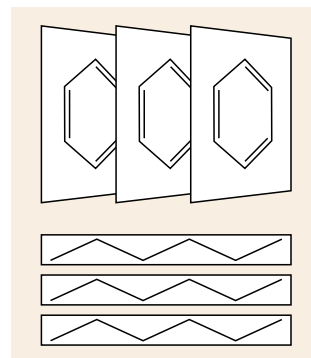
A policiklusos aromás szénhidrogének (PAH) többsége erősen mérgező és rákkeltő. Pl. a benzpirének – a képen a benzo[*a*]pirén látható – a szerves anyagok hőbomlása során keletkeznek. A dohányzás karcinogén hatását is részben a cigarettafüst benzpiréntartalma okozza. A benzpirén a füstölt húsban, a pirított vagy odaégett ételekben is előfordul.



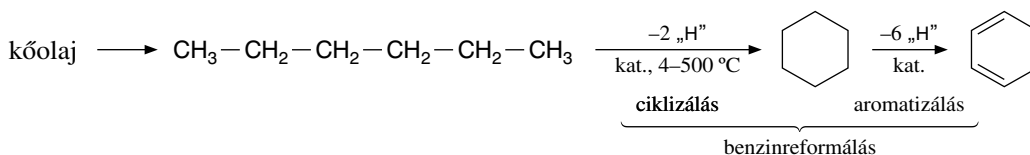
23.2. AZ AROMÁS SZÉNHYDROGÉNEK JELLEMZÉSE ÉS KÖZNAPI JELENTŐSÉGE

A **benzol** (C₆H₆) színtelen, édeskés szagú, nagy fénytörőképességű, a vízzel nem elegyedő, kisebb sűrűsége miatt a víz fölé rétegződő folyadék. Forráspontja 80 °C, ami a hasonló moláris tömegű szénhidrogénekhez képest kissé magasabb, pl. az azonos szénatomszámú, de nagyobb moláris tömegű *n*-hexán (C₆H₁₄) forráspontja csak 69 °C. Ennek az az oka, hogy a benzolmolekula teljesen sík, így közelebb tudnak félni egymáshoz, mint a tetraéderez szerkezetű szénatomokat tartalmazó, „tekerődző” hexánláncok. A planáris molekulák nagy felületen érintkeznek egymással, ami erősebb diszperziós kötések eredményez. A benzol mellett, hogy mérgező, súlyosan karcinogén, azaz rákkeltő is. Ez erősen visszaszorította laboratóriumi használatát, ahol korábban apoláris oldószerként alkalmazták. Benzolterhelésünk túlnyomó része a levegőből származik (autók kipufogógázai, cigarettafüst).

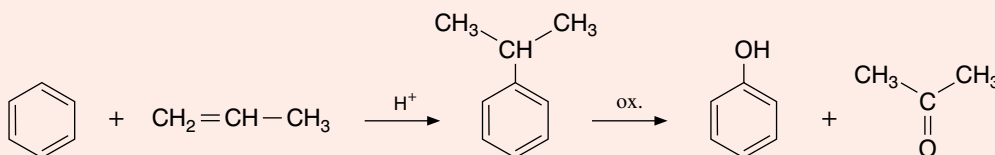
A benzolt az iparban főként kőolajból állítják elő. A benzinből kivonják a *n*-hexánt, amit megfelelő katalizátor jelenlétében ciklizálnak, majd egy másik katalizátor segítségével aromatizálnak. Az utóbbi két műveletet összefoglalóan **benzinreformálásnak** nevezik, mivel a benzin oktánszámát (→ 255. o.) a benne lévő aromás molekulák megnövelik.



337. ábra A benzolmolekulák és a *n*-hexán-molekulák közötti kölcsönhatások



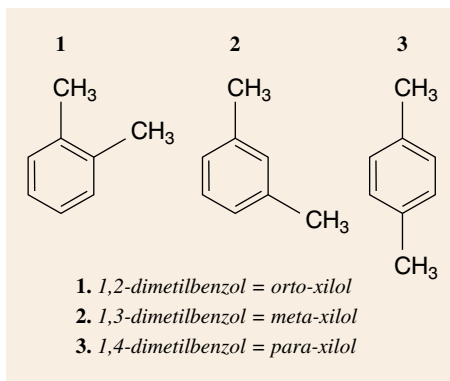
Az iparban a fenolt és az acetont is benzolból gyártják. Először propénre addicionáltatják, majd a képződő izopropilbenzolt, azaz kumolt katalitikusan oxidálják.



Természetesen rákkeltő hatása miatt ma már nem használják a benzolt a benzol adalékanyagaként. Ugyanakkor a vegyipar nagy mennyiségben igényli, továbbalakításával festékeket, robbanószereket, gyógyszereket gyártanak. A fenolt és az acetont is benzolból állítják elő.

A **toluol** (metilbenzol, $C_6H_5CH_3$) fizikai tulajdonságaiban a benzolhoz hasonló folyadék. Forráspontja nagyobb moláris tömege miatt valamivel magasabb ($111\text{ }^\circ\text{C}$). Mivel kevésbé rákkeltő, a laboratóriumban gyakrabban használják apoláris oldószerként, mint a benzolt. Nitrálása (\Rightarrow 274. o.) révén a trinitrotoluol (TNT) robbanószert gyártják.

A **xilol** (dimetilbenzol, $CH_3C_6H_4CH_3$), szintén egy apoláris oldószer, három konstitúciós izomer formájában létezik. Az **orto-**, **meta-** és **para-** előtagok a kétszeresen szubsztituált benzolgyűrűkön egyezményesen a hidrogéntől eltérő ligandumok egymáshoz viszonyított helyzetét jelzik. Tekinthejük úgy, hogy a toluol és a xilolok az alkilbenzolok ($C_{n+6}H_{2n+6}$) homológ sorának tagjai. Az iparban a benzolhoz hasonlóan kőolajpárlatok ciklizálásával és aromatizálásával állítják elő őket, pl. a toluolt n-heptánból. Az ásványi szének száraz lepárlásával nyert kőszénkátrányból is kivonhatóak frakcionált desztillációval.



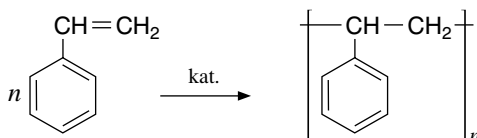
A **naftalin** ($C_{10}H_8$) fehér, szilárd, jellegzetes (régi molyirtó) szagú anyag. Apoláris lévén vízben nem oldódik, apoláris oldószerekben igen. Molekulái között csupán gyenge diszperziós kötések hatnak, emiatt könnyen szublimál. Átható szaga miatt molyirtóként használták. Ezenkívül műanyagok, festékek alapanyaga.



Az említett aromás szénhidrogének az élő szervezetekben nemigen fordulnak elő. (Inkább heteroatomokat tartalmazó, bonyolultabb szerkezetű származékaiknak van biológiai jelentősége.) A kevés kivétel között említhetjük, hogy a természetek a természetvár védelme érdekében naftalint választanak ki.



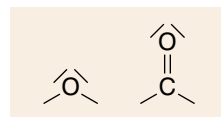
A **sztírol** (vinilbenzol) színtelen, sajátos szagú folyadék. Mivel a vinilcsoport telítetlen, az alkének reakcióit is mutatja, így elszínteleníti a brómos vizet, illetve polimerizálható. Így képződik a polisztirol.



A **polisztirol** (PS) láncpolimer, hőre lágyuló műanyag. Pl. joghurtos pohár, vonalzó, babzsák-töltő gyöngy készül belőle. A világon az egyik legnagyobb mennyiségben gyártott műanyag. A polisztirolhabot – Magyarországon az 1960-as évektől, hungarocell néven – épületek hő- és hangszigetelésére is használják.

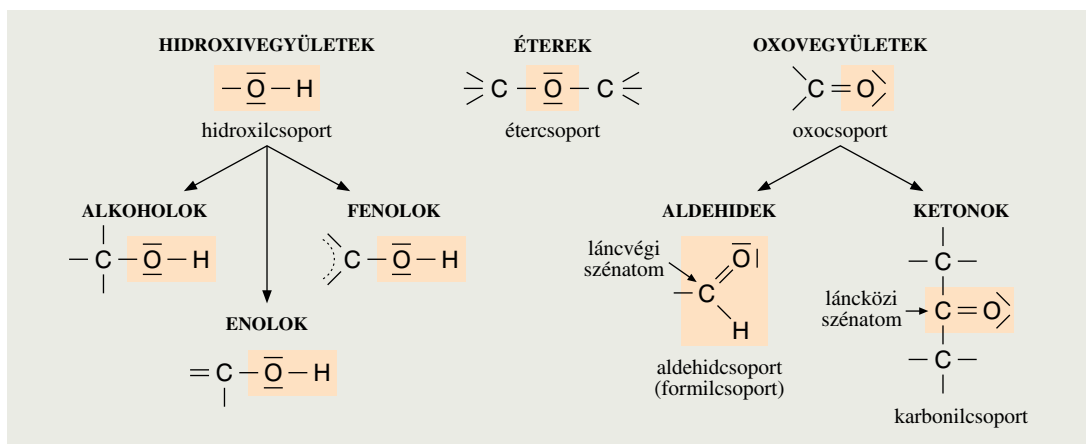
24.1. OXIGÉNTARTALMÚ FUNKCIÓS CSOPORTOK

Az **oxigéntartalmú szerves vegyületek** heteroatomja az oxigénatom. Az oxigén kétféleképpen tud beépülni egy molekulákba: vagy két egyszeres kötéssel (mint pl. a vízmolekulában), vagy egy kettős kötéssel (mint pl. a szén-dioxid-molekulában).



Ha egy szerves molekulában az oxigénatom két egyszeres kötése közül az egyikkel szénatomhoz, a másikkal hidrogénatomhoz kapcsolódik, **hidroxilcsoport** ($-\text{OH}$) jön létre. Az ilyen funkciós csoportot tartalmazó vegyületeket hidroxivegyületeknek nevezzük. Három típusuk létezik, ugyanis eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek azok az molekulák, amelyekben a hidroxilcsoport telített, telítetlen, illetve aromás szénatomhoz kapcsolódik. A megfelelő vegyületeket **alkoholoknak**, **enoloknak** és **fenoloknak** nevezzük. Ha az oxigénatom mind a két egyszeres kötésével szénatomhoz kapcsolódik, akkor **étercsoportot** kapunk. Az ilyen vegyületek az **éterek**.

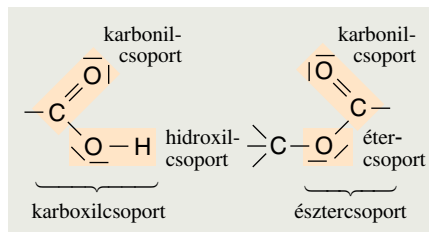
A szénatomhoz kettős kötéssel kapcsolódó oxigénatom neve **oxocsoport** ($=\text{O}$). Az ilyen vegyületeket **oxovegyületeknek** nevezzük. Ha az oxigénatomot és a szomszédos szénatomot is egy funkciós csoportnak vesszük, akkor **karbonilcsoportról** van szó ($\text{C}=\text{O}$). Ha a karbonilcsoport a szénlánc végén helyezkedik el, akkor még egy hidrogénatom is tartozik hozzá, így együtt **aldehid-** vagy régiesen **formilcsoport** a neve ($-\text{CHO}$). Az ilyen csoportot tartalmazó vegyületek az **aldehidek**. A karbonilcsoportot a szénlánc közepén tartalmazó molekulákat **ketonoknak** nevezzük.



348. ábra Egy oxigénatomos funkciós csoportot tartalmazó szénvegyületek

Olyan molekulák is léteznek, amelyekben többféle funkciós csoport is található. Ezek együtt olyan tulajdonságokat alakítanak ki, amelyekkel az eredeti csoportok nem rendelkeztek. **Összetett funkciós csoportoknak** hívjuk őket. Két ilyen csoporttal foglalkozunk. Az egyik a **karboxilcsoport**, amelyik egy karbonil- és egy hidroxilcsoportból áll (**karbonsavak**), a másik pedig az **észtercsoport**, amelyik egy karbonil- és egy étercsoportból tevődik össze (**észterek**).

349. ábra Oxigéntartalmú szerves vegyületek funkciós csoportjai



24.2. AZ ALKOHOLOK ÁLTALÁNOS JELLEMZÉSE

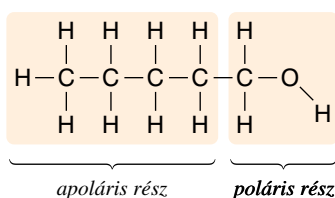
24.2.1. Molekulaszerkezet

A **hidroxivegyületek** funkciós csoportja a hidroxilcsoport (—OH). A hidroxilcsoportot tartalmazó vegyületek molekulái dipólusosak lesznek, hiszen aszimmetrikusak. Nagy elektronegativitása miatt az oxigénatom a negatív pólus.

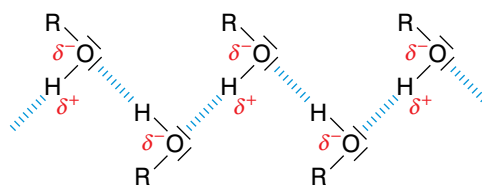
Ennek következtében a molekulák között hidrogénhidkötések is kialakulhatnak.



Vigyázzunk a következő hasonló, de mégis különböző szavak írásmódjára és jelentésére!
 Hidroxidion: OH^- . Hidroxilcsoport: —OH.
 Hidroxivegyület: hidroxilcsoportot tartalmazó molekula.



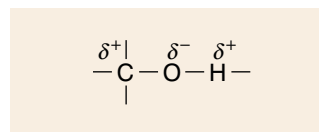
350. ábra A molekula hidroxilcsoportnál lévő része poláris



351. ábra Hidrogénhidkötések az alkoholok molekulái között

A poláris O—H kötés és az elektronhiányos szénatom a molekula reakciókészségét is megnöveli, az alkoholok sokféle reakcióban vehetnek részt.

Az alkoholok molekuláiban a hidroxilcsoport telített szénatomhoz kapcsolódik. A legegyszerűbb alkohol a metanol (metil-alkohol). Az alkoholok homológ sorának második tagja az etanol, vagy etil-alkohol. Homológ soruk jelölése: R—OH.

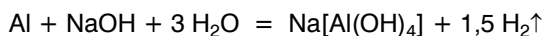


352. ábra A hidroxilcsoport és környezetének polározottsága

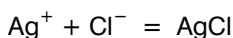
50. táblázat Néhány egyértékű alkohol fizikai állandói

Név	Konstitúciós képlet	Olvadáspont (°C)	Forráspont (°C)	Sűrűség ($\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$)
metanol	$\text{CH}_3\text{—OH}$	–98	64,7	0,792
etanol	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH}$	–112	78,4	0,789
propán-1-ol	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH}$	–127	97,2	0,804
bután-1-ol	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_2\text{—CH}_2\text{—OH}$	–80	117	0,810
pentán-1-ol	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_3\text{—CH}_2\text{—OH}$	–78	138	0,817
hexán-1-ol	$\text{CH}_3\text{—(CH}_2)_4\text{—CH}_2\text{—OH}$	–45	157,5	0,820
propán-2-ol	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$	–89	82,5	0,785
ciklohexanol	$\text{C}_6\text{H}_{11}\text{—OH}$	25	161	0,962
benzil-alkohol	$\text{C}_6\text{H}_5\text{—CH}_2\text{—OH}$	–15	205	1,040

A nátrium-hidroxid-oldatba – mivel már tudjuk, melyik az – tulajdonképpen fölösleges alumíniumport szórni. Ha mégis megesszük, pezsgést tapasztalunk, szintelen, szagtalan gáz képződik (a hidrogén), a kémcső tartalma a reakció exoterm volta miatt felmelegszik. Az alumínium amfoter fém (→ 122. o.), sav- és lúgoldatban is oldódik.



Az AgNO_3 -oldat a másik két ismeretlennel ugyanolyan fehér csapadékot ad, hiszen mind a sósav, mind a konyhasó oldatában vannak kloridionok. Miattuk képződik a fehér színű ezüst-klorid.



Az alumínium viszont eltérő módon reagál a sósavval és a konyhasóoldattal. A sósavban oldódik (heves pezsgés, következik be, szintelen, szagtalan gáz fejlődik), a semleges kémhatású konyhasóoldatban viszont nem. (Egybefüggő oxidrétege megakadályozza, hogy az oldatban lévő vízmolekulákkal reagáljon.)



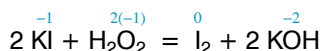
A tapasztalatok összefoglalása:

	Sósav	Nátrium-klorid-oldat	Nátrium-hidroxid-oldat
+ ezüst-nitrát-oldat	fehér csapadék (AgCl)	fehér csapadék (AgCl)	barna csapadék (Ag ₂ O)
+ alumíniumpor	pezsgés, szintelen, szagtalan gáz (H ₂)	—	pezsgés, szintelen, szagtalan gáz (H ₂)

31. kísérlet: Hidrogén-peroxid és kálium-jodid-oldat reakciója +

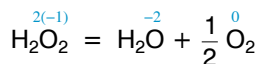


Egy kémcsőben szintelen hidrogén-peroxid-oldat van. Egy másik kémcsőbe keményítőoldatot, illetve kálium-jodid-oldatot juttatunk. Ez az elegy is szintelen, ugyanakkor zavarosnak tűnik (opalizál), hiszen a keményítő makromolekulás kolloid. Ha a második kémcső tartalmát hozzáöntjük az első kémcsőben lévő folyadékhoz, az összeöntött oldat sötétkék színt ölt. Redoxireakció játszódik le, a hidrogén-peroxid jóddá oxidálja a jodidionokat:



A keletkező jóddal a keményítő sötétkék komplexet képez (a poliszacharidban lévő oxigénatomok polarizálják a jódmolekula elektronszerkezetét, ez könnyebb gerjeszthetőséget okoz, a szín mélyül).

Mellékreakció is lehetséges. A jodidionok katalizálják a hidrogén-peroxid bomlását. Ha bekövetkezik a bomlás (egy diszproporció), pezsgés tapasztalható, szintelen, szagtalan gáz képződik: az oxigén.



32. kísérlet: Fehérfoszfor és vörösfoszfor tulajdonságainak vizsgálata -

Egy rögzített fémlap egyik végére kevés fehérfoszfort, a másik végére vörösfoszfort teszünk. A lapot alulról középben elkezdjük hevíteni. Így a két foszformódosulat közel azonos mértékben melegszik.

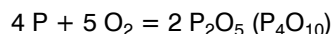
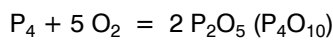
Kevés melegítés után a fehérfoszfor megolvad, majd nem sokkal később meggyullad. Fehér színű füst keletkezik. A vörösfoszforral nem történik változás. Ha még tovább hevítjük a fémlapot, előbb-utóbb a vörösfoszfor is meggyullad, miközben szintén fehér füst keletkezik.



A tapasztalatok magyarázatát a foszfor két allotróp módosulatának eltérő tulajdonságai adják. A fehérfoszfor molekularácsos, apoláris P_4 -molekulái között csupán gyenge diszperziós erők működnek, ezért alacsony az olvadáspontja ($44\text{ }^\circ\text{C}$). A vörösfoszfor láncpolimer szerkezetű, benne P_4 -tetraéderek kapcsolódnak össze hosszú láncokká. A láncot teljes hosszában kovalens kötések tartják össze, ami atomrácsra jellemző tulajdonságokat is eredményez. Ezzel magyarázható a vörösfoszfor magas olvadáspontja. Tehát ha egyformán melegítjük a két módosulatot, akkor a fehérfoszfor olvad meg előbb.

A fehérfoszfor másik fontos tulajdonsága – molekulája szögfeszültségéből következő – rendkívül nagy reakciókészsége. Már kb. $60\text{ }^\circ\text{C}$ -on meggyullad. A vörösfoszfor reakciókészsége atomrácsos jellege miatt sokkal kisebb, csak kb. $350\text{ }^\circ\text{C}$ -on (az olvadáspontja alatt) gyullad meg.

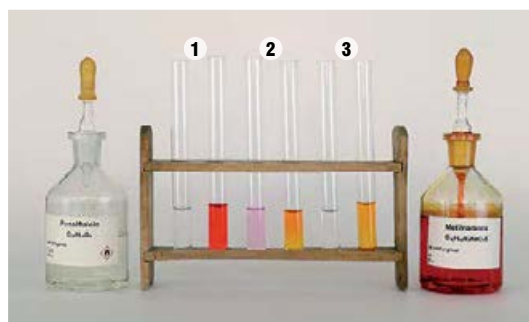
Mindkét foszforallotróp sárga, világító lánggal ég, égésük során egyformán fehér füst, a szilárd P_2O_5 keletkezik.



33. kísérlet: Nátrium-hidrogén-szulfát-, nátrium-hidrogén-karbonát- és nátrium-szulfát-oldat azonosítása +

Nátrium-hidrogén-szulfát-, nátrium-hidrogén-karbonát- és nátrium-szulfát-oldatot kell azonosítanunk vizes oldatuk kémhatása alapján. Az oldatokat az üres kémcsöveket fölhasználva megfelezzük, ügyelve, hogy a számozásukat ne keverjük össze. Mind a három oldat kémhatását megvizsgáljuk fenolftaleinnel, míg a másik három kémcsőben lévő oldatokba metilnarancs indikátort csepegtetünk (igazából elegendő csak azokba, amelyekben a fenolftalein szintelen maradt).

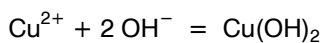
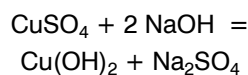
A tapasztalatok összefoglalása:



	A fenolftalein:	A metilnarancs:
$NaHSO_4$ -oldat	színtelen	vörös
$NaHCO_3$ -oldat	ciklámenlila	narancssárga
Na_2SO_4 -oldat	színtelen	narancssárga

68. kísérlet: Nátrium-hidroxid, réz(II)-szulfát és tojásfehérje egymással adott reakciói

Ha szintelen nátrium-hidroxid-oldathoz világoskék színű réz(II)-szulfát oldatot öntünk, kék csapadék képződik. A réz(II)-hidroxid ugyanis – a d-mező fémeinek hidroxidjaihoz hasonlóan – nem oldódik vízben.



Amennyiben tojásfehérje-oldathoz öntünk réz(II)-szulfát-oldatot, szintén csapadék jön létre, de ezúttal fehér színű és túrós állagú (mögötte az oldat kékes marad). Mivel a réz(II)ion nehézfém-ionja, irreverzibilisen kicsapja a fehérjét. A fehérje kicsapódása (koaguláció) hidrátburkának elvesztését, ezáltal kolloid állapotának megszűnését, térszerkezetének végleges megváltozását jelenti.

Ha a harmadik esetben változtatunk a sorrenden, és a tojásfehérje-oldathoz először NaOH-oldatot öntünk, majd egy-két csepp CuSO_4 -oldatot adunk az elegyhez és jól összerázzuk, homogén, lila oldatot kapunk. Ez alkalommal ugyanis biuretpróbát végeztünk. A réz(II)ionok lúgos közegben lila komplexet képeznek a fehérjemolekulák két szomszédos peptidcsoportjával ($-\text{CO}-\text{NH}-$). A biuretpróba ezt a szerkezeti részletet mutatja ki. Tanulság, hogy a biuretpróba végrehajtása során nem mindegy, milyen sorrendben adagoljuk az oldatokat.

69. kísérlet: Tojásfehérje reverzibilis és irreverzibilis kicsapása

Három kémcsőnyi tojásfehérje-oldattal végzünk vizsgálatokat. Szilárd konyhasót, tömény sósavat, illetve tömény salétromsavat juttatunk a kémcsövekbe, majd desztillált vízzel hígítjuk mind a hármat.

Az első kémcsőben a nátrium-klorid hatására opalizáló, fehéres csapadék keletkezik, ami a hígítás hatására eltűnik. A nátrium-klorid oldódása során disszociál és ionjai hidratálódnak.



A hidratációhoz szükséges vízmolekulák részben a fehérje hidrátburkából származnak, ezért szűnik meg a fehérje kolloid állapota (ezt jelenti a kicsapódás vagy koaguláció). Ez a kicsapás reverzibilis, azaz visszafordítható. A kicsapódott fehérje kellő mennyiségű víz hozzáadása után visszaoldódik. A könnyűfémsók – mint a NaCl – reverzibilisen csapják ki a fehérjéket.

A második esetben a tömény sósav kicsapja a fehérjét, mégpedig irreverzibilisen, mert erős sav tömény oldata. A csapadék vízzel való hígítás során nem oldódik fel.

A harmadik kémcsőben lévő tojásfehérjéből a tömény salétromsav hatására sárga csapadék keletkezik. A salétromsavval xantoprotein-próbát végzünk, ami a fehérjék kimutatásának egyik módszere. A HNO_3 nemcsak koagulálja a fehérjét, hanem nitrálja a fehérjét felépítő aminosavak aromás oldalláncait (ilyen pl. a tirozin). Ezért jön létre a sárga szín. (A nitrálás szubsztitúciót jelent, mely során a nitrált molekulába egy vagy több nitrocsoport ($-\text{NO}_2$) épül be.) A csapadék hígítással nem oldható fel, hiszen tömény savval választottuk le, vagyis ebben az esetben is irreverzibilis volt a koaguláció.

NÉV- ÉS TÁRGYMUTATÓ

Abszolút alkohol 289
acél 147

acélglyártás 147
acetaldehid 300
acetilén 263
acetilszalícilsav 315
aceton 305
adatpontosság 392
addíció 258
adenin 278
adenozin-trifoszfát 370
adszorpció 217
aeroszol 68–69
agyagásványok 227
akkumulátorok 108
akrilsav 311
akrolein 300
aktiválási energia 76
aktivált komplex 76
aktív korrózióvédelem 119
alapállapotú atom 18
aldóz 355
alhéj 15
alkanoátion 307
állandó keménység 225
amfotéria (fémek) 122
amfotéria (redoxi) 181, 187
amfotéria (sav-bázis) 88
aminoplaszt 378
alkaloidák 338
alkán 246
alkén 255
alkin 263
általános képlet 237
alumíniumgyártás 138
állapotegyenlet 57
állapotjelző 57
allotróp módosulatok 51
amalgám 49
amfipatikus 61, 325
amilopektin 365
amilóz 365
ammónia 197
ammóniaszintézis 85
amorf 44
anilin 337
anion 28
anód 103
antiparalel 371
anyagmegmaradás
törvénye 100
anyagmennyiség 14
anyagmennyiség-százalék
386

apatit 209
apoláris kötés 30
apoláris molekula 39
Arisztotelész 8
aromás vegyület 270
aromatizáció 272
Arrhenius, Svante August
87
arrheniusi sav, bázis 87
asszociációs kolloid 67
ásvány 125
ásványi szén 216
aszorbinsav 316
átlagos relatív atomtömeg
14
átmenetifém 116, 143
átmeneti kötések 51
atom 8
atomi tömegegység 14
atommag 11
atompálya 15
atomrács 48
atomsugár 23
atomtörzs 20
autoprotolízis 90
Avogadro-állandó 382
Avogadro-törvény 56
axiális 240
azbeszt 230
 α -aminosavak 344
 α -hélix 349

Bakelit 294
barit 192–193
bauxit 138
Bayer-féle timföldgyártás
138
bázis 87
bázisállandó 89
bázisanhidrid 88
báziserősség 89
bázispárok (brönstedi) 88
bázispárok (DNS) 371
benzaldehid 300
benzinreformálás 272
benzoesav 313
benzol 272
Berzelius, Jöns Jakob 12
biológiai oxidáció 176, 316
biomassza 218
biuretpróba 351
Bohr, Niels 10
bomlás 71
bomlásfeszültség 104, 109

borkósav 314
borszesz 290
Bródy Imre 157
bronz 149
Brönsted, Johannes
Nikolaus 87
brönstedi sav, bázis 87
bruttó egyenlet 70
buta-1,3-dién 260
 β -redő 349

Cellás ábrázolás 17
cellobióz 362
cellulóz 367
Chargaff-szabályok 373
chilei salétrom 132, 205
cikloalkán 248
ciklohexán konformációi
240
cisz-transz izomeria 241
citokromok 146, 277
citozin 277
Crick, Francis 373
C-terminális 347
Curie, Marie és Pierre 12
C-vitamin 316
csapadék 72
cseppköképződés 224
csoport 21

Dalton, John 9
Daniell-elem 104
Daniell, John Frederic 105
datív kötés 32
delokalizált elektron 33
Démokritosz 8
denaturáció 351
desztilláció 60
deutérium 12, 158
dezoxiribonukleinsav 371
dezoxiribóz 359
diafragma 103
diasztereomer 243
dién 260
diffúzió 55
dimerizáció 84, 201, 308
dinamikus egyensúly 65,
82
dinamit 291
dipólusmolekula 39
dipólus-dipólus kötés 46
diszacharid 361
diszperz rendszer 60
diszperziós kötés 45

diszproporció 102
disszociáció 63, 72
disszociációfok 90
DNS 371
dolomit 223
Döbereiner,
Johann Wolfgang 20
durranógáz-próba 159
durva diszperz rendszer 68

Ebonit 272, 376
ecetsav 310
égés 175
égéshő 73
égetett mész 133
egyensúly \rightarrow dinamikus
egyensúly
egyensúlyi állandó 81
egyensúlyra vezető reakció
80
egyesülés 71
egyirányú reakció 80
egyszerű szénhidrát 354
ekvatoriális 240
elektroacél-eljárás 147
elektród 103
elektródpotenciál 107
elektrokémiai számítások
391–392
elektrokoházat 112
elektromotoros erő 104,
391
elektrolit 63
elektrolitos disszociáció 63
elektrolizáló cella 104
elektrolízis 104, 108
elektromotoros erő 104
elektron 11
elektronaffinitás 28
elektronfelhő
(elektronburok) 11
elektronegativitás 31
elektronhéj 15
elektronpár-taszítási
elmélet 36
elem 12
elemi cella 44
elemi részecskék 11
elemmolekula 39
életerő-elmélet 234
elimináció 267
eloxálás 112, 119
elsőfajú vezető 103
elsőrendű kötés 35

elszappanosítás 323
 emulgeálószer 69
 emulzió 68
 enantiomer 243
 endoterm folyamat 71
 energiaforrások 218
 energiamegmaradás törvénye 75
 energiaminimum elve 18
 enol 282, 285
 entrópia 63, 65
 érc 125
 erjesztés 289, 316
 erős sav, bázis 89
 értékes jegy 392
 értékűség (savak, bázisok értékűsége) 89
 értékűség (szerves vegyületek) 284
 észter hidrolízise 322
 észterképződés 319
 etán konformációi 238–239
 etén 257
 éterképződés 297
 etil-alkohol 290
 etilén 257
 etin 263
 eutektikus ötvözet 117
 eutrofizáció 212
 exoterm folyamat 71
 ezüst 150
 ezüst-halogenidek 151
 ezüsttűkörpróba 300–301

Fagyáspontcsökkenés 66
 fajlagos felület 67
 Faraday-állandó 112, 392
 Faraday-törvények 112
 Faraday–Tyndall-jelenség 66
 faszesz 290
 fázis 60
 fedő állás 238–239
 fehérbádóg 119
 fehérfoszfor 207
 fehérje 347
 fehérjeeredetű aminosavak 344
 Fehling-reakció 301–302
 félfém 213
 félkonstitúciós képlet 235
 felületaktív anyag 67, 325
 felületi feszültség 54
 fémelektrod 103
 fémes kötés 34
 fémrács 48
 fenoplaszt 294, 378
 fényképészet 151

ferromágnesség 145
 fibrilláris 349
 Fischer, Emil 348
 fiziológiás sóoldat 131, 167
 folyadék halmazállapot 54
 folyosav 170
 formaldehid 300
 formalin 300
 foszfátészterek 324
 foszfor-pentaoxid 209
 foszforit 209
 foszforsav 211
 fosszilis energiaforrások 218
 fosszilis körülmények 216
 fotoszintézis 174, 360
 főcsoport 21
 földfém 136
 földgáz 253
 frakcionált kondenzáció 254
 freon 268
 fruktóz 358–359
 ftálsav 314
 fullerén 216
 funkciós csoport 237–238
 füst 68

Galvánelem 104
 galvanizálás 112
 gázelegy átlagos moláris tömege 383–384
 gáz-halmazállapot 56
 gázok állapotegyenlete 57
 gé1 67
 geometriai izoméria 241
 gerjesztett állapotú atom 18
 gipsz 192
 glicerin 291
 glicerin-trinitrát 291
 glicin 343
 glikol 291
 glikozidkötés 361
 glikozidos hidroxilcsoport 357
 globuláris 349
 glükóz 356
 Goodyear, Charles 261
 Görgei Artúr 321
 grafit 50, 215
 guanin 278
 gumi 262
 gyémánt 48, 214
 gyenge sav, bázis 89
 gyors égés 175–176
 gyök 25
 gyökös láncreakció 252
 gyufa 209

gyümölcsészter 320

Hab 68
 Haber–Bosch-szintézis 85
 halmazállapotok 54
 halmazállapot-változások 55–56
 hangyasav 310
 hármas kötés 31
 hasonló a hasonlóban oldódik 47, 60
 hasznos ütközés 76
 héj → elektronhéj
 helyi elem 119
 hemoglobin 42, 352
 Hess-tétel 75
 heteroaromás vegyületek 276
 heteroatom 235
 heterogén reakció 72
 heterogén rendszer 60
 Hevesy György 13
 hexagonális rács 49, 116
 hexóz 356
 hidratáció 63
 hidratációs energia 64
 hidratáburok 63
 hidridion 28, 158
 hidrogén-halogenidek 169
 hidrogénhídkötés 46
 hidrogén-peroxid 180
 hidrolízis (só hidrolízise) 96
 hidrolízis (szerves kémia) 331
 hidroxivegyületek 282
 higanykatódos elektrolízis 111
 higroszkópos 205
 hiper-mangán 144
 hipó 165–166
 homogén reakció 72
 homogén rendszer 60
 homológ sor 237
 horganyzott bádóg 119
 Hund-szabály 18

Ideális gáz 56
 imidazol 277
 indifferens 104
 indikátor 94
 interhalogén 165
 intersticiális ötvözet 117
 invertcukor 363
 ion 25
 ioncserélő 226
 ioncserélt víz 226

ionegyenlet 70
 ionizációs energia 26
 ionkötés 29
 ionrács 50
 ionsugár 26, 28
 Irinyi János 210
 irreverzibilis kicsapódás 351
 irreverzibilis reakció 80
 izoelektronos 276
 izoméria 238
 izomerizáció 71
 izoprén 261
 izoprénvázas vegyületek 262
 izotóp 12

Jedlik Ányos 221
 jódtinktúra 164

Kád konformáció 240
 kalcinálás 139, 176
 kalcium-karbid 265
 kálium-permanganát 144
 kalkogén 173
 karát 214
 karbamid 341
 karotinoidek 262
 karsztjelenségek 224
 katalizátor 78
 kation 25
 katód 103
 katódos fémvédelem 120
 kaucsuk 261
 Kekulé, August 270
 keményítő 365–366
 kémhatás 91
 kémiai reakció 70
 kémiai részecskék 25
 kémiailag tiszta anyag 60
 kén-dioxid 187
 kén-trioxid 189
 kénessav 188
 kénhidrogén 186
 kénsavgyártás 191–192
 képletmeghatározás 384
 képződéshő 74
 keserűsítő 192
 keszontbetegség 195
 ketóz 355
 kettős hélix 371
 kettős kötés 31
 keverék 60
 keverési egyenlet 386
 királatás 242
 királatáscentrum 242
 királyvíz 152

- klór fertőtlenítő hatása 165
 klorofill 42
 kloroform 267
 koaguláció 350–351
 koffein 278
 koksiz 216
 kolligatív kötés 32
 kolloid 66
 komplementaritás 371
 komplex 41
 komponens 60
 koncentráció 386
 kondenzáció (lecsapódás) 55
 kondenzáció (összetapadás) 271
 kondenzáció (vízkilépés) 297
 konfiguráció 238
 konformáció 238
 konjugált kettős kötés 260
 konstitúció 235
 konstitúciós izoméria 241
 kontrakció 62
 koordinációs szám 41, 44
 kormozó láng 258
 korrózió 118
 korrózióvédelem 119
 kovaföld 228
 kovalens kötés 29
 kovalens vegyérték 33
 köd 68
 könnyűfém 116
 kőolaj 253
 kőolajfeldolgozás 254
 kötésfelszakítási energia 30
 kötési energia 30
 kötéstávolság 30
 kötéspolaritás 30
 kötésszög 36
 kötő elektronpár 29
 közet 125
 közömbösítés 94
 központi atom 36
 krakkolás 252
 kristályrács 44
 kristályvíz 50
 kvantumszámok 17
 kvarc 227
 kvarcüveg 228–229
- L**akmusz 94
 laktóz 365
 lángfestés 18, 128
 lápisz 151
 lapcentrált kockarács 49, 116
 lassú égés 176
- Lavoisier, Antoine Laurent 157
 Le Chatelier-Braun-elv 83
 Lewis-féle sav-bázis elmélet 87
 legkisebb kényszer elve 83
 levegőfelesleg 385
 ligandum 36
 limitáló reaktáns 388
 lineáris térszerkezet 36
 lioszol 67
 lipid 326
 London-féle erő 45
 lúgkő 132, 177
 Lugol-oldat 168
 lúgos föltárás 138, 212
- M**akromolekulás kolloid 67
 maltóz 362
 margarin 322
 Markovnyikov-szabály 259
 marónátron 132, 177
 márvány 223
 másodfajú vezető 103
 másodrendű kötés 45
 mázatlan agyaghengeres kísérlet 158
 megfordítható reakció 80
 meghatározó reaktáns 388
 megújuló energiaforrások 218
 mellékcsoport 22
 Mengyelejev, Dmitrij Ivanovics 21
 merevgömb-modell 44
 mészégetés 133
 mészkő 223
 mészoltás 133
 meta 273
 Meyer, Lothar 21
 mező 23
 micella 67
 micellás kolloid 67
 modell 8
 moláris térfogat 57
 moláris tömeg 15
 molekula 35
 molekulaképlet 35, 384
 molekulák térszerkezete 36
 molekulapálya 29
 molekulapolaritás 39
 molekularács 45
 monoklin kén 183
 monomer 259
 monoszacharid 354
 műanyag 375
 mûgumi 262
- Müller, Franz 173
 műtrágya 205, 212
- N**-terminális 347
 naftalin 273
 nehézfém 116
 nejlon 378
 nemesgázszerkezet 19
 nemkötő elektronpár 30
 neutron 11
 nikotin 338
 nitrálás 274
 nitrálóelegy 274, 190
 nitrogén-dioxid 201
 nitrogén-monoxid 200–201
 nitroglicerín 291
 Nobel, Alfred 292
 nukleon 11
 nuklid 12
 nukleotid 369
 nukleozid 369
 nyitott állás 239
 nyomelem 236
- O**ktánszám 255
 olaj 321
 olajsav 312
 oldashó 64
 oldhatóság 61, 62, 387
 ólomakkumulátor 141
 oltott mész
 olvadáspont 44
 olvadákelektrolízis 125
 ónpestis 140
 optikai aktivitás 243
 optikai izoméria 242
 organogén elemek 236
 orto 273
 orvosi szén 217
 oxálsav 313
 oxidáció 98
 oxidációs szám 99
 oxidáló sav 121
 oxidok 176–177
 oxigénfelesleg 385
 oxosav 177
 ozmózis 66
 ózon 174–175
- Ö**ntöttvas 147
 összegképlet 35
 összetett ion 40
 összetett szénhidrát 354
 ötvözet 117
- P**almitinsav 311
 para 273
- paraffinok 250
 paraformaldehid 303
 passzíváció 121
 passzív korrózióvédelem 119
 Pauli-elv 18
 Pauling, Linus 98
 pályaenergia 17
 patina 118
 pentóz 356
 peptidcsoport 347
 periódus 21
 periódusos rendszer 20
 peroxidok 130, 176, 180
 PET 378
 pH 92
 pH-számítás 390–391
 piezoelektromos 229
 pillanatszerű reakció 77
 piridin 276
 pirimidin 276–277
 piroszólósva 316
 pirrol 277
 pirit pörkölése 188
 plexi 312
 pokolkő 151
 polaritás → kötéspolaritás, molekulapolaritás
 polarizáló hatás 51
 poliamid 341, 378
 polién 261
 polikondenzáció 376
 polimer 259
 polimerizáció 259
 polipeptidlánc 347
 poliszacharid 365
 polisztirol 273
 porfirinváz 277
 prócium 12, 158
 proton 11
 purin 278
 π -kötés 31
- R**ácsenergia 44
 rácsközi ötvözet 117
 radioaktivitás 12
 radiokarbon
 kormeghatározás 14
 reakció 70
 reakcióhő 73
 reakciókinetika 75
 reakciósebesség 77
 reakciósebességi egyenlet 77–78
 reaktáns 70
 redoxireakció 98
 redukáló cukor 359
 redukálósor 113

redukció 98
 relatív atomtömeg 14
 relatív sűrűség 58
 relatív töltés 11
 relatív tömeg 11
 rendszám 12
 rendiség (szerves vegyületek) 284
 részecskeszám 15
 reverzibilis kicsapódás 350
 reverzibilis reakció 80
 rézgalic 149
 ribonukleinsav 372
 ribóz 359
 ritkaföldfém 23
 RNS 372
 rombos kén 183

Salétromsavgyártás 204
 salétromsav 202
 Sanger, Frederick 348
 sárgaréz 149
 sav 87
 saválló 89
 savanhidrid 88
 savanyúsó 96
 savas eső 188
 saverősség 89
 savmaradékion 87
 sav-bázis párok 88
 Schrödinger, Erwin 10
 semlegesítés 94
 Semmelweis Ignác 166
 síkháromszög 36
 sóhíd 103
 sósav 170
 spin 18
 standard hidrogénelektrod 104
 standard körülmények 57
 standardpotenciál (standard elektródpotenciál) 106

SZacharóz 363
 szalalkáli 199
 szalicilsav 315
 szappan 324–325
 szárazjég 221

száraz lepárlás 216
 szék konformáció 240
 szemipermeabilis 103
 szén-dioxid 220
 szénhidrátok 354
 szénkénege 186
 szén-monoxid 219
 szén-tetraklorid 267
 Szent-Györgyi Albert 316
 szénülési sor 216–217
 szerkezeti képlet 35
 szervetlen-sav-észterek 323
 szeszes erjedés 289
 sziksó 132, 223
 szilárd halmazállapot 44
 szilárd oldat típusú ötvözet 117
 szilikagél 228
 szilikonok 375
 sziloxánkötés 230, 375
 szimmetrikus éter 297
 színproporcio 102
 szintézisgáz 160
 szóda 132, 223
 szódaabikarbóna 223–224
 szol 67
 szolvatáció 64
 szökőkút kísérlet 395–396
 sztearinsav 311
 szteránváz 248
 szteránváz hormonok 305
 sztereoizoméria 242, 244
 sztirol 273
 sztöchiometriai egyenlet 70
 sztöchiometriaiszám-változás 84
 szubsztitúció 252
 szubsztitúciós ötvözet 117
 szulfátészterek 323
 szuszpenzió 68
 σ -kötés 31

Telítés 258
 tapasztalati képlet 36, 384
 teflon 268
 tejsav 314
 telítetlen oldat 61
 telítetlen vegyület 237, 255

telített oldat 61
 telített vegyület 237, 246
 téralkat 36
 tércentrált kockarács 49, 116
 tereftálsav 314
 térfogatszázalék 385
 térhálós szerkezet 375
 terilén 378
 térizoméria 242, 244
 termitreakció 125
 termokémiai egyenlet 70
 termokémiai számítások 388–389
 termoplasztikus műanyag 375
 termoreaktív műanyag 375
 terpén 262
 tetraéder 37
 Thomson, Joseph John 9
 timin 277
 tisztaszesz 289
 titrálás 96, 389
 Tollens-próba 300–301
 toluol 273
 többszörös kötés 31
 tökéletes égés 330
 töltésmegmaradás törvénye 71
 tömeghatás törvénye 81
 tömegmegmaradás törvénye 62, 71
 tömegszám 12
 tömegszázalék 385
 trícium 12, 158
 triglicerid 321
 trigonális piramis 38
 triklórmetán 267
 trióz 355
 trisó 211
 túltelített oldat 61
 tüzelőanyag-elem 108

Univerzális oldószer 61
 uracil 277

Üveg 228
 üvegmaratás 228

Vajsav 311
 vákuumdesztilláció 255
 V alak 38
 választóvíz 203
 valeriansav 311
 változó keménység 225
 van der Waals-kötőerők 46
 vasérc 146
 vasgyártás 146–147
 vegyértékelektron 20
 vegyértékelektronpártaszítás elmélet 36
 vegyes éter 297
 vegyjel 12
 vegyület 60
 vegyületmolekula 39
 vegyülettípusú ötvözet 117
 viasz 321
 vinil-klorid 268
 vis vitalis elmélet 234
 viszkóz 376
 viszkozitás 55
 vízbontás 110–111
 víziószorzat 91
 vízkeménység 225
 vízkő 225
 vízlágyítás 225–226
 vízszennyezés 180
 vízüveg 230
 Volta, Alessandro 105
 vonalképlet 235
 vörösfoszfor 208
 vulkanizálás 261–262

Watson, James 373
 Wöhler, Friedrich 234
 xantoprotein-próba 351
 xilol 273

Zajcev-szabály 267

ZSigmondy Richárd 66
 zsír 321