KÉMIA 9-10

SZAKKÖZÉPISKOLÁSOKNAK

A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK

MOZAIK
www.mozaik.info.hu

A TERMÉSZETRŐL TIZENÉVESEKNEK

KÉMIA

szakközépiskolásoknak

9-10

HATODIK, VÁLTOZATLAN KIADÁS

MOZAIK KIADÓ – SZEGED, 2014

ATOMOK, IONOK, MOLEKULÁK

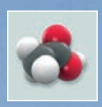
AZ ANYAG FELÉPÍTÉSE

KÉMIAI REAKCIÓK ENERGIAVÁLTOZÁSA ÉS EGYENSÚLYA

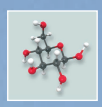
KÉMIAI ÁTALAKULÁSOK TÍPUSAI, ELEKTROKÉMIA

SZÉNHIDROGÉNEK

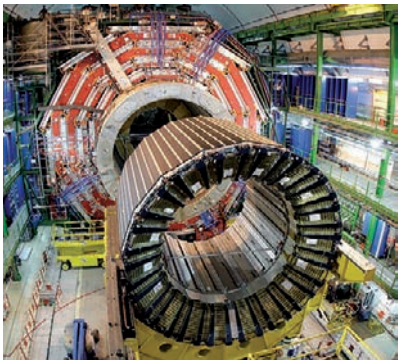
OXIGÉNTARTALMÚ SZERVES VEGYÜLETEK

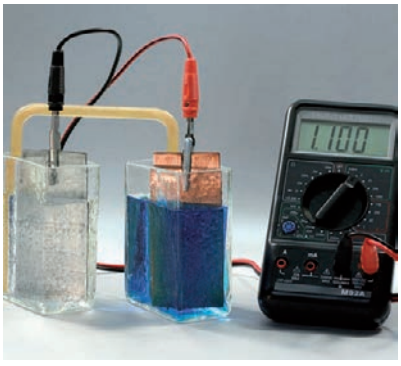


AZ ÉLŐ SZERVEZET NÉHÁNY ANYAGA



KÖRNYEZETÜNK ÉS A MŰANYAGOK KÉMIÁJA





Tartalomjegyzék

Bevezetés 8

I. ATOMOK, IONOK, MOLEKULÁK

1. Az alapfogalmak áttekintése 10
2. Az atom felépítése 14
3. Az izotópok és alkalmazásuk 17
4. Elektronok az atommag körül 20
5. Az atom elektronszerkezete 24
6. A periódusos rendszer 27
7. Ionok képződése atomokból 32
8. Az atomok kapcsolódása 35
9. A molekulák alakja 39
10. Dipólusos molekulák 42
11. Összetett ionok 45

Összefoglalás 47

II. AZ ANYAG FELÉPÍTÉSE

12. Az anyag felépítése 50
13. Kölcsönhatás a molekulák között 55
14. Szilárd anyagok, kristályrácsok 59
15. Fémek és ionvegyületek 63
16. Az oldatok és az oldódás 67
17. Az oldódást kísérő energiaváltozások 70
18. Az oldatok összetétele 72
19. Kolloidok 78

Összefoglalás 80

III. KÉMIAI REAKCIÓK ENEGIAVÁLTOZÁSA ÉS EGYENSÚLYA

20. Reakciók és energiaváltozások 84
21. A kémiai reakciók sebessége 88
22. A kémiai egyensúly 93
23. A kémiai egyensúly eltolódása 97

Összefoglalás 101

IV. KÉMIAI ÁTALAKULÁSOK TÍPUSAI, ELEKTROKÉMIA

24. Ionok reakciója oldatokban 104
25. Savak és bázisok 106
26. Protonátadás a vízmolekulák között 109
27. Savak és bázisok erőssége 113
28. Közömbösítés és hidrolízis 116
29. Redoxireakciók 119
30. Galvánelemek 124
31. A galvánelemek alkalmazása 129
32. Az elektrolízis 133

Tartalomjegyzék

33. Az elektrolízis alkalmazása 137
Összefoglalás 140

V. SZÉNHIDROGÉNEK

34. Szénvegyületek 144
35. A szénvegyületek csoportosítása és jelölése 148
36. Szénhidrogének 153
37. A metán 158
38. Telítetlen, nyílt szénláncú szénhidrogének 160
39. Több kettős kötést tartalmazó szénhidrogének 164
40. Az alkinek 166
41. Aromás szénvegyületek 169
42. Halogéntartalmú szénvegyületek 172
43. A kőolaj és a földgáz 175
Összefoglalás 179

VI. OXIGÉNTARTALMÚ SZERVES VEGYÜLETEK

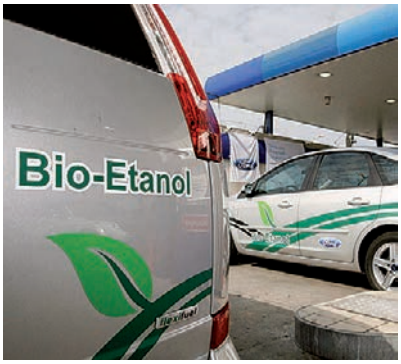
44. Az oxigéntartalmú szénvegyületek 182
45. Fontosabb alkoholok 186
46. Az éterek 190
47. Oxovegyületek 193
48. Karbonsavak 198
49. Egyéb fontosabb karbonsavak 202
50. Az észterek 205
51. Zsírok és olajok 208
52. Szappanok és mosószerek 210
Összefoglalás 214

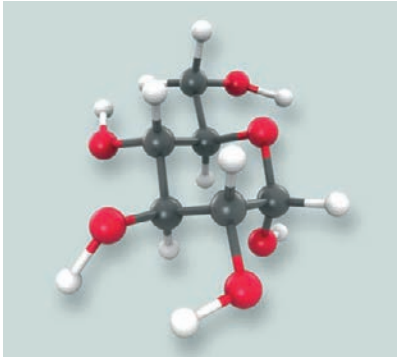
VII. AZ ÉLŐ SZERVEZET NÉHÁNY ANYAGA

53. A szénhidrátok 218
54. Kettős szénhidrátok 223
55. Összetett szénhidrátok 225
56. Nitrogéntartalmú szerves vegyületek 228
57. A fehérjék 232
58. A fehérjék szerkezete 235
59. Nukleinsavak 238
60. Egészségre káros anyagok 241
Összefoglalás 246

VIII. KÖRNYEZETÜNK ÉS A MŰANYAGOK KÉMIÁJA

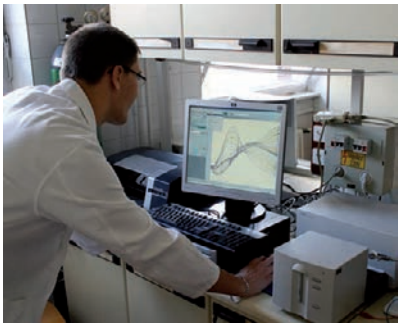
61. A levegő és szennyeződése 250
62. A vizek és a talaj szennyeződése 254
63. Műanyagok 258
64. A műanyaghulladékok feldolgozása és újrahasznosítása 263
Új szakszavak jegyzéke 265





Bevezetés

Kedves Diákok!



Ez a könyv az általános iskolai kémiatankönyveitek folytatása. Eddigi tanulmányaitok során már megismerkedtetek az anyagok legfontosabb tulajdonságaival és változásaival. Tanultatok az anyagokat felépítő részecskékről, az atomokról, ionokról, molekulákról. Hallottatok a szerkezet és a tulajdonságok közötti kapcsolatról. Megismertétek és használtátok az elemek legfontosabb rendszerét, a periódusos rendszert. Foglalkoztatok az elemek és vegyületek jelölésével, a kémiai átalakulások leírásával. Találkoztatok egy érdekes mértékegységgel, a mollal, számításokat is végeztetek vele.

A legfontosabb alapismereteket ebben az évben újra felidézzük, kicsit talán részletesebben, újabb összefüggéseket keresve, és ezáltal pontosabb magyarázatot adva a kémia körébe tartozó természeti jelenségekre, folyamatokra. Megmutatjuk, hogy a sokféle kémiai átalakulás és változás gyakran ugyanarra az egyszerű szerkezeti változásra vezethető vissza. Például arra, hogy az égés, a savakban való oldódás, vagy egyes fémek kiválása sóoldatukból egyformán elektronátadással járó folyamat, vagy hogy a szódavíz, az ásványvíz savanykás íze ugyanolyan folyamat eredménye, mint a sósav maró, savas hatása.

Sok más érdekes jelenségre is választ kaptok ebből a könyvből.

Eredményes, jó tanulást kíván

a Szerző.

ÍGY HASZNÁLJÁTOK a tankönyvet!

A tankönyv oldalainak szélesebb hasábja tartalmazza a tanulni való ismereteket. Ezen belül a fontosabb fogalmakat és összefüggéseket vastag betűs kiemelés jelzi. Az Új szakszavak jegyzékét a tankönyv végén találhatjátok meg.
A középszintű érettségi vizsga követelményeiben szereplő szakszavakat *-gal, az emelt szintű érettségi vizsga követelményeiben szereplőket pedig **-gal jelöli a könyv.

Az apró betűvel nyomtatott, kék sáv mellett található részek bevezető, érdeklődést felkeltő vagy kiegészítő ismeretek, amelyek segítik a megtanulandó téma megértését.

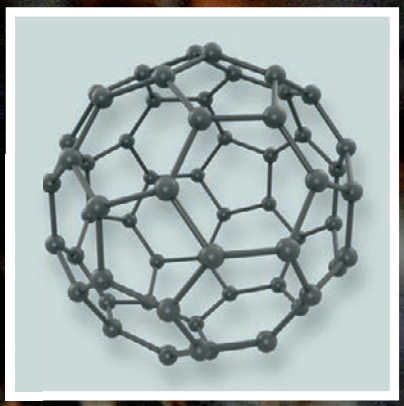
Minden lecke végén a **Foglaljuk össze!** részben összegezzük a fontosabb ismereteket.

A kísérletek rövid leírását jelzi.

Tudásotok igazán értékessé akkor válik, ha azt alkalmazni is tudjátok. Ezt segítik a **Kérdések és feladatok** című részek, amelyek minden lecke végén megtalálhatók. A nehezebb feladatokat *-gal jelöljük.

A **Tudsz róla?** megjelölésekkel szereplő szövegrészek tájékoztatnak az anyag egy-egy fontos szerkezeti tulajdonságáról, alkalmazási területéről, az élő szervezetekre gyakorolt hatásáról vagy egy tudománytörténeti eseményről.

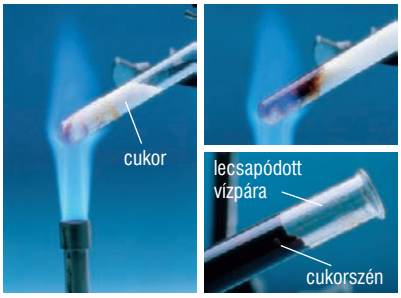
I. fejezet



ATOMOK, IONOK, MOLEKULÁK

1. ábra A természetben és környezetünkben található anyagok sokféle tulajdonságúak lehetnek

2. ábra A magnézium égése kémiai változás. *Milyen fizikai változások kísérhetik a magnézium égését? Milyen energiaváltozással jár a magnézium égése?*



3. ábra A cukor elbomlásához energia szükséges. *A kísérlet alapján következtessen arra, hogy milyen elemekből épül fel a cukor!*

1. Az alapfogalmak áttekintése

Amiről korábban már tanultunk

AZ ANYAG TULAJDONSÁGAI ÉS VÁLTOZÁSAI

A természetben és környezetünkben az anyagok sokaságával találkozunk, amelyeket tulajdonságaik alapján ismerünk fel és különböztetünk meg egymástól. Az anyagok tulajdonságait és változásait két csoportba soroljuk.

Fizikai tulajdonságok, melyek közvetlenül megfigyelhetők, érzékelhetők vagy megmérhetők. A fizikai tulajdonságok megváltozását **fizikai változásnak** nevezik. Például az anyagok halmazállapota (szilárd, folyadék, gáz) fizikai tulajdonság, megváltozása (olvadás, forrás, párolgás) fizikai változás. Fizikai tulajdonság a testek színe, szaga, sűrűsége is.

Kémiai tulajdonságok azok, melyek másik anyaggal való kölcsönhatásban, **kémiai változásban** nyilvánulnak meg. Kémiai változás például a magnézium égése: a szürke, fémes magnéziumból és a levegő oxigénjéből fehér, porszerű magnézium-oxid keletkezik; a folyamatot fényjelenség kíséri. Az anyag tulajdonságai szoros kapcsolatban vannak annak szerkezetével, felépítésével. Fizikai változásokban nem keletkezik új, másik anyag, de kémiai változásokban mindig megváltozik az anyagok szerkezete, ezért másik anyag jön létre. A fizikai és a kémiai változások nem választhatók el élesen egymástól.

A kémiai változásokat legtöbb esetben fizikai változások kísérik. Például a cukor hevítés hatására elbomlik, szénné és vízzé alakul; ekkor a kémiai átalakulás halmazállapot-változással és színváltozással is jár.

A kémiai változásokat gyakran kíséri hőváltozás vagy fényjelenség. Ha sósavhoz nátrium-hidroxid-oldatot adunk, az oldat felmelegszik. Más kémiai folyamatok csak hő hatására mennek végbe. **A kémiai változások mindig energiaváltozással járnak.** Adott kémiai folyamatban vagy energiát nyerünk, vagy energiát kell befektetni.

A kémiai változásokat **kémiai reakcióknak** nevezzük, melyekben megkülönböztetjük a **kiindulási** és a **keletkezett anyagokat.**

AZ ANYAGOK FELÉPÍTÉSE

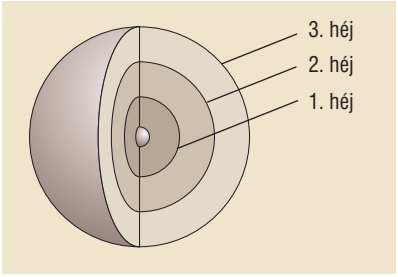
Földünkön minden anyag atomokból jön létre. Az atomok építőkövei: a **protonok,** a **neutronok** és az **elektronok.** A protonok és a neutronok alkotják az atommagot, az elektronok pedig a mag körüli elektronburkot. Az elektronburkon belül energiaszinteket különböztetünk meg, melyeket héjaknak nevezünk.

A kémiai átalakulásokban többnyire az atomok külső héján lévő vegyértékelektronok vesznek részt. A vegyértékelektronok révén az atomok **kémiai kötésekkel** összekapcsolódnak egymással. Azonos atomokból elemek, különböző atomokból vegyületek jönnek létre.

Ez történhet:

- elektronok leadásával és felvételével: ekkor ionok jönnek létre, az ellentétes töltésű ionokból ionvegyület keletkezik,
- közös elektronpárok kialakításával, amikor legtöbbször molekulák képződnek,
- közössé váló elektronok által, mint a fémekben.

Az atomok között kialakuló kapcsolat jellege meghatározza a keletkező elemek és vegyületek szerkezetét, tulajdonságait.



4. ábra Az atom felépítése; az atommag és az elektronhéjak

5. ábra Ionokból, molekulákból álló anyagok; kősó (1) és kén (2).
Milyen látható fizikai tulajdonságokban különbözik egymástól a két anyag?

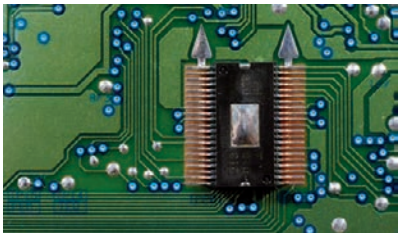
AZ ANYAGOK CSOPORTOSÍTÁSA

Összetételük szerint megkülönböztetjük az **egyszerű anyagokat** vagy **elemeket** és az **összetett anyagokat.**

Az **elemek** azonos atomokból állnak, lehetnek **fémes** és **nemfémes** elemek.

A **fémek** jellegzetes tulajdonságai a fémes fény, a szürke szín, a szilárd halmazállapot, a jó elektromos és hővezetés. A **nemfémek** azonos atomjai kovalens kötéssel kapcsolódnak össze molekulákká vagy szilárd kristályokká. A fémek és a nemfémek között átmenetet képeznek az ún. félfémek (mint a bór, a szilícium...).

Az **összetett anyagok** lehetnek **vegyületek** vagy **keverékek.** A vegyületek különböző atomokból jönnek létre. A különféle atomok többnyire molekulákat vagy ellentétes töltésű ionokból álló ionvegyületeket hoznak létre. A keverékekben többféle anyag részecskéi megtalálhatók. A levegő például oxigén, nitrogén, szén-dioxid és egyéb gázok molekuláinak keveréke. A legismertebb keverékek az oldatok, melyek oldószerből és oldott

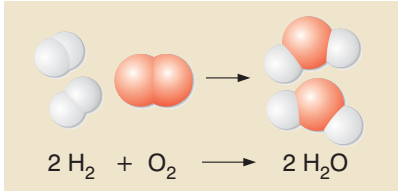


6. ábra Szilíciumot tartalmazó chip.
Melyek azok a korszerű eszközök, amelyekben szilícium található?

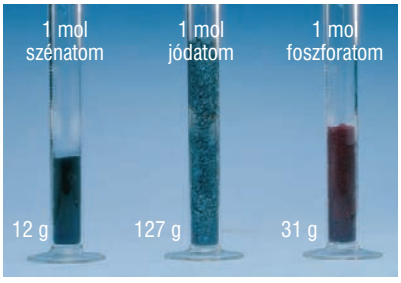
7. ábra Jöns Jakob Berzelius [jönsz jákob berszéliusz] (1779–1848) fejlesztette ki a kémai jelrendszert. *Nézz utána, hogy milyen területeken volt kiemelkedő még a munkássága!*

3 Ne jelenthet:

- 3 db neonatomot,
- 3 mol neonatomot,
- $3 \cdot 6 \cdot 10^{23}$ db neonatomot,
- $3 \cdot 20$ g neonatomot.



8. ábra A vízmolekula képződése modellekkel



9. ábra 1 mol anyagmennyiségek. *Hány darab atomot jelentenek az ábrán látható, meghatározott tömegű anyagok?*

anyagból állnak. Egy anyag fontos fizikai tulajdonsága vízben való oldhatósága, melyet a telített oldat tömegszázalékos összetételével fejezhetünk ki.

KÉMIAI JELÖLÉSEK

Az anyagokat vegyjelekkel és képletekkel jelöljük. **Az elemek jele a vegyjel,** amely jelenti: az elem nevét, egy atomját és 1 mol anyagmennyiségét. Például: C, S, Fe, Cu, Al.

Az elemek molekuláit képletekkel jelöljük: H_2, O_2, Cl_2.

A vegyületeket is képlettel jelöljük:

- A **molekulaképlet** kifejezi a molekulává kapcsolódott különféle atomok minőségét és számát: H_2O, CH_4, HCl. A képlet jelenti: a vegyület nevét, egy molekuláját és 1 mol anyagmennyiségét.
- Az **ionvegyületek képlete** a vegyületet alkotó ionok számarányát, minőségét és anyagmennyiségét fejezi ki: NaCl, $CaCl_2$.

A kémiai reakciók jele a **reakcióegyenlet,** melyben a kiindulási anyagok és a termékek vegyjeleit, képleteit tüntetjük fel. Az átalakulásban részt vevő anyagmennyiségeket a vegyjelek vagy a képletek elé írt számokkal fejezzük ki:

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

A reakcióegyenlet felírásának alapja:

- a tömegmegmaradás törvénye és
- az atomok megmaradásának törvénye.

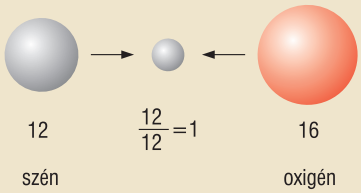
KÉMIAI MENNYISÉGEK ÉS ADATOK

- Az **anyagmennyiség** az anyagot felépítő részecskék: atomok, ionok vagy molekulák számát fejezi ki. Jele: n, mértékegysége a mól, ennek jele a mol. Bármely anyag 1 molja az az anyagmennyiség, amely $6 \cdot 10^{23}$ db részecskét tartalmaz.
  (Avogadro-állandó, $N_A = 6 \cdot 10^{23}\ \frac{1}{\text{mol}}$)
- Egy mol anyag tömegét a **moláris tömeg** fejezi ki. Jele: M, mértékegysége $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$. A moláris tömeg számértéke megegyezik az adott részecske relatív

atom- vagy molekulatömegével. Amekkora a relatív atomtömeg, annyi gramm 1 mol atom tömege.

- A relatív **atomtömeg** vagy **molekulatömeg** kifejezi, hogy az adott részecske hányszor nehezebb a 12-es tömegszámú szénatom tömegének $\frac{1}{12}$ részénél.

A relatív atomtömegeket a periódusos rendszerben találjuk. A relatív molekulatömegeket a képlet alapján számíthatjuk ki a relatív atomtömegekből. Például a víz relatív molekulatömege: 1 + 1 + 16 = 18.



10. ábra A relatív atomtömeg ábrázolása

A relatív atomtömeg jele: A_r, a relatív molekulatömegé: M_r. Mértékegységük nincs, mivel viszonyszámok. Számértékük megegyezik a moláris tömeg számértékével.

Kémiai számítások

Az anyagok tömege (m), moláris tömege (M) és anyagmennyisége (n) közötti összefüggést az $n = \frac{m}{M}$ képlettel fejezhetjük ki. Az összefüggés alapján egyszerű számításokat végezhetünk.

1. Mekkora a tömege 5 mol oxigénmolekulának?

$A_r(O) = 16$; $M_r(O_2) = 32$

$m = n \cdot M = 5\ \text{mol} \cdot 32\ \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 160\ \text{g}$

2. Mekkora az anyagmennyisége 88 g szén-dioxidnak? Hány darab molekulát tartalmaz?

$M_r(CO_2) = 44$

$n = \frac{88\ \text{g}}{44\ \text{g/mol}} = 2\ \text{mol}$

Ha 1 mol $6 \cdot 10^{23}$ db, akkor 2 mol $12 \cdot 10^{23}$ db molekulát tartalmaz.

3. Egy anyag 3 moljának tömege 54 g. Mekkora a moláris tömege?

$M = \frac{m}{n} = \frac{54\ \text{g}}{3\ \text{mol}} = 18\ \frac{\text{g}}{\text{mol}}$

4. Mennyi CO_2 keletkezik 12 g, illetve 12 kg szén elégetésekor?

$A_r(C) = 12$; $M_r(O_2) = 32$; $M_r(CO_2) = 44$

$$C + O_2 = CO_2$$
$$12 \quad 32 \quad 44$$

12 g szénből 44 g szén-dioxid,

12 kg szénből 44 kg szén-dioxid keletkezik.

A mól nemcsak atomot, iont vagy molekulát jelenthet, hanem bármilyen anyagi részecskét.
A részecske nevét mindig pontosan meg kell adni:

- 1 mol hidrogénatom,
- 1 mol vízmolekula,
- 1 mol vasatom,
- 1 mol elektron,
- 1 mol nátriumion,
- 1 mol kloridion.

Az anyagok tömege (m), moláris tömege (M) és anyagmennyisége (n) közötti összefüggések:

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

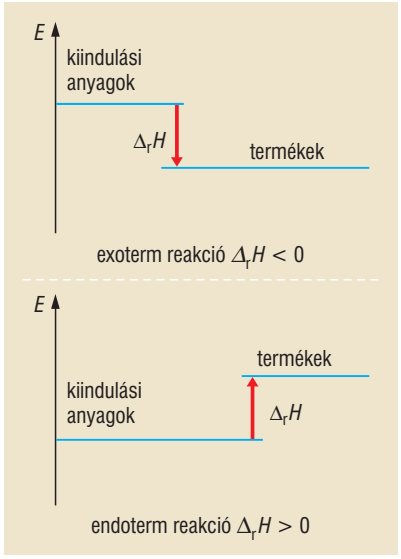
$N_A = 6 \cdot 10^{23}\ \frac{1}{\text{mol}}$ segítségével kiszámolható az n molban lévő részecskék száma: $N = n \cdot N_A$

N_A: Avogadro-állandó, amely független az anyagi minőségtől.

III. fejezet

KÉMIAI REAKCIÓK ENERGIAVÁLTOZÁSA ÉS EGYENSÚLYA

1. ábra Az égés mindig energiafelszabadulással járó exoterm reakció



2. ábra Exoterm és endoterm reakciók energiaváltozásának diagramjai

Az exoterm reakciók esetében a reakcióhő negatív előjele azt fejezi ki, hogy az energialeadás következtében az anyag (a rendszer) energiája csökken.

Az endoterm reakciók reakcióhőjének a pozitív előjele azt jelzi, hogy az energiafelvétellel az anyag (a rendszer) energiája növekszik.

20. Reakciók és energiaváltozások

A REAKCIÓHŐ

A kémiai átalakulásokat csaknem mindig jól észlelhető energiaváltozások kísérik. A reakciók során felmelegedést vagy lehűlést tapasztalunk, más esetekben fényjelenséget látunk vagy elektromos áram termelődik.

A kémiai reakciókban mindig megváltozik a részt vevő anyagok szerkezete, kémiai kötések szakadnak fel, és új kötések alakulnak ki. A kötések felszakításához energia szükséges. Az új kötések kialakulásakor kisebb vagy nagyobb energiájú állapotba kerülhetnek az anyagok a kiindulási állapothoz képest. Ilyenkor a környezetüknek energiát adnak át vagy a környezetüktől energiát vesznek fel. Végül is a kezdeti állapot (kiindulási anyagok) és a végállapot (termékek) energiaszintje közötti különbség dönti el, hogy a folyamat során a rendszer energiát ad át a környezetének vagy energiát vesz fel attól **(2. ábra)**.

Azokat a reakciókat, amelyekben a részt vevő anyagok energiát adnak át a környezetüknek, **exoterm** vagy **hőtermelő** folyamatoknak nevezzük. Ha viszont a reakcióhoz energia szükséges, **endoterm** vagy **hőelnyelő** reakcióról beszélünk. Exoterm reakció például minden égés és robbanás. Endoterm reakcióra példa a vízbontás, a mészégetés.

A szén égése például mindig hőfelszabadulással jár. A nyert hő szempontjából nem mindegy, hogy mennyi szenet égetünk el. Nyilvánvaló, hogy 10 kg szén elégetésekor több hőt kapunk, mint ha csak 1 kg-ot égetnénk el. Az energiaváltozást ezért mindig meghatározott mennyiségű átalakuló anyagra vonatkoztatják. A szén égésének reakcióegyenlete:

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

Az egyenlet 1 mol, azaz 12 g szén elégését jelenti. Az eközben felszabaduló hő a folyamat reakcióhője.

A reakcióhőt a reakcióegyenlet mellett is feltüntethetjük. Az exoterm reakció hőjét negatív, az endoterm reakció hőjét pozitív előjellel jelöljük. Például a szén égése exoterm reakció:

$$C + O_2 = CO_2 \qquad \Delta_r H = -394\ \frac{kJ}{mol}$$

A reakcióhő értéke függ a részt vevő anyagok halmazállapotától is. Ezért a reakcióegyenletben az anyagok vegyjelei, képletei mellett gyakran halmazállapotukat is feltüntetjük: szilárd (sz), folyadék (f), gáz (g).

A reakcióhő* az a hő, amely a reakcióegyenletben feltüntetett minőségű, mennyiségű és állapotú anyagok átalakulásakor felszabadul vagy elnyelődik. Jele: $\Delta_r H$, és $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ egységben fejezik ki.

A víz elemeiből való képződésekor energia szabadul fel, exoterm folyamat:

$$2\ H_2\ (g) + O_2\ (g) = 2\ H_2O\ (f) \quad \Delta_r H = -572\ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

A víz elektromos energia hatására elemeire bontható, endoterm folyamat:

$$2\ H_2O\ (f) = 2\ H_2\ (g) + O_2\ (g) \quad \Delta_r H = +572\ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Két mol víz felbontásához tehát 572 kJ energia szükséges. Egy mol víz képződését 286 kJ energiaváltozás kíséri.

$$H_2\ (g) + \frac{1}{2}\ O_2\ (g) = H_2O\ (f) \quad \Delta_r H = -286\ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

A hidrogén és az oxigén reakciójakor vízgőz is keletkezhet:

$$2\ H_2\ (g) + O_2\ (g) = 2\ H_2O\ (g) \quad \Delta_r H = -484\ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Ez a folyamat is exoterm reakció, de az energiaváltozás kisebb, mint a folyékony halmazállapotú víz képződésekor. Ennek az az oka, hogy a vízgőz lecsapódása is hőváltozással, mégpedig hőleadással jár **(5. ábra)**.

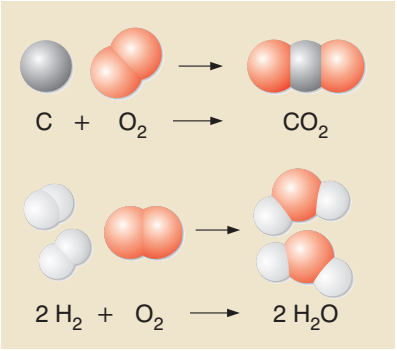
A KÉPZŐDÉSHŐ

Azoknak a folyamatoknak a reakcióhőjét, amelyekben egy mol vegyület képződik elemeiből, képződéshőnek* nevezzük. Jele: $\Delta_k H$, mértékegysége $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.

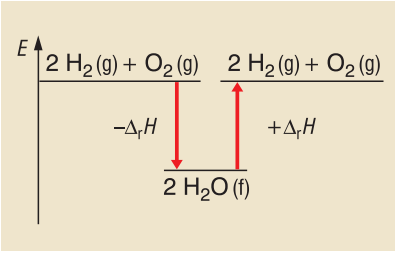
A képződéshőt mindig 25 °C-on és 0,1 MPa nyomáson stabilis állapotú elemekre vonatkoztatva adják meg. Például a kén-dioxid képződéshője:

$$S\ (sz) + O_2\ (g) = SO_2\ (g) \quad \Delta_k H = -286\ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

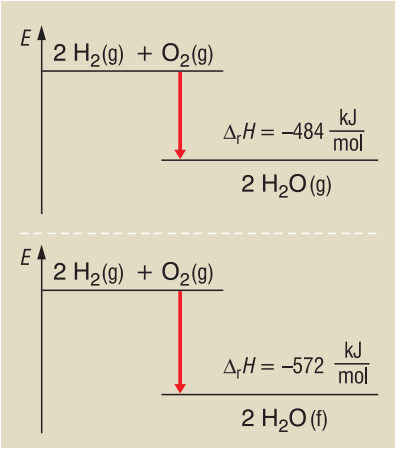
Az elemek képződéshőjét megállapodás szerint nullának tekintjük (25 °C-on, 0,1 MPa nyomáson stabil elemek esetében), mint I_2 (sz), S (sz), O_2 (g), Br_2 (f).



3. ábra A szén-dioxid- és a vízmolekula keletkezésének modellje.
Mennyi hő szabadul fel 5 mol szén égésekor?

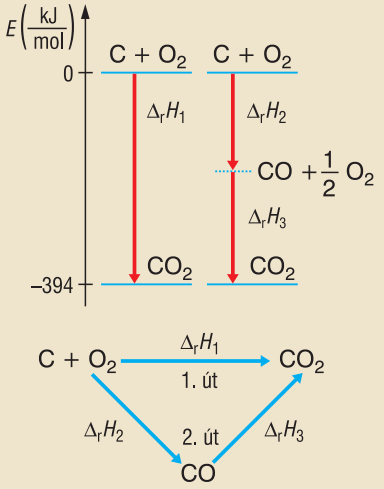


4. ábra A víz képződésekor ugyanannyi energia szabadul fel, mint amennyi a vízbontáshoz szükséges



5. ábra A reakcióhő függ az anyagok halmazállapotától is. *Melyik reakciót kíséri nagyobb energiaváltozás? Miért?*

1 mol, azaz 32 g szilárd kén kén-dioxiddá alakulásakor 286 kJ hőmennyiség szabadul fel, adódik át a környezetnek, a kén-dioxid képződéshője tehát $-286\ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$.



6. ábra A szén-monoxid képződéshőjének meghatározása Hess tétele szerint. *Melyik nyíl mutatja az ábra felső részében a szén-dioxid képződéshőjét? Értelmezd az ábra alapján Hess tételét!*

A **reakcióhő** a képződéshőkből kiszámítható. A reakcióegyenletben feltüntetett anyagmennyiség-arányokat figyelembe véve, a termékek képződéshőinek összegéből kivonva a kiindulási anyagok képződéshőinek összegét, a folyamat reakcióhőjét kapjuk.

A reakcióhőre vonatkozó szabályt, a termokémia főtételét Hess [hessz], a pétervári egyetem tanára állapította meg (1840-ben), ezért **Hess-tételnek**** nevezzük. Valamely kémiai átalakulás reakcióhője csak a kezdeti és végállapottól függ, és független a részfolyamatoktól, azok sorrendjétől és lefolyásától. Hess tételének a jelentősége többek között abban van, hogy segítségével a közvetlenül nem mérhető reakcióhők (képződéshők) is számíthatók (**6. ábra**). Így például szénből szén-dioxidot nyerhetünk egy vagy két lépésben:

1.: $C\,(sz) + O_2\,(g) = CO_2\,(g) \qquad \Delta_r H_1 = -394\ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

2.: $C\,(sz) + \frac{1}{2}\,O_2\,(g) = CO\,(g) \qquad \Delta_r H_2 = ?$

$CO\,(g) + \frac{1}{2}\,O_2\,(g) = CO_2\,(g) \qquad \Delta_r H_3 = -283\ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

A szén-monoxid képződéshője közvetlenül nem mérhető meg. Mivel a kétféle reakcióban ugyanaz a kezdeti és a végállapot, a két reakciót összegezhetjük:

$$\Delta_r H_1 = \Delta_r H_2 + \Delta_r H_3$$

Ebből az ismeretlen $\Delta_r H_2$ reakcióhőjének kiszámítása:

$$\Delta_r H_2 = \Delta_r H_1 - \Delta_r H_3$$

A megfelelő értékeket behelyettesítve:

$\Delta_r H_2 = -394 - (-283) = -394 + 283 = -111\ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$, ez egyben a CO képződéshője is.

Kémiai számítások

1. Számítsd ki a metán égésének reakcióhőjét!

$$CH_4\,(g) + 2\,O_2\,(g) = CO_2\,(g) + 2\,H_2O\,(g)$$

Képződéshők $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right)$: $\quad -75 \qquad 0 \qquad -394 \qquad 2 \cdot (-242)$

Reakcióhő: $\quad [-394 + 2 \cdot (-242)] - [(-75) + 0] = -803\ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

2. Számítsd ki a szén és a vízgőz reakciójának reakcióhőjét!

$$C\,(sz) + H_2O\,(g) = CO\,(g) + H_2\,(g)$$

Képződéshők $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right)$: $\quad 0 \qquad -242 \qquad -111 \qquad 0$

Reakcióhő: $\quad [-111 + 0] - [0 + (-242)] = +131\ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

Tudsz róla?

A legismertebb hőtermelő folyamat az égés. A tüzelőanyagok égésekor felszabaduló hőt hasznosítják a háztartásban és az iparban. A táplálék égésekor keletkező hő biztosítja az élő szervezetek energiaszükségletét (**7. ábra**). Az égéskor felszabaduló hőt égéshőnek nevezik. Az égéshő 1 kg anyag elégetésekor felszabaduló hő, mértékegysége: $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$. Néhány élelmiszer égéshője $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$-ban kifejezve:

Élelmiszer	zsír	cukor	kenyér	hús
Égéshő	35000	18000	10000	10000–20000

7. ábra Különböző tápértékű élelmiszerek

Foglaljuk össze!

A kémiai reakciókat kísérő energiaváltozást a reakcióhővel jellemezzük. A reakcióhő megmutatja, hogy mekkora az energiaváltozás, ha a reakcióegyenletben feltüntetett mennyiségű és állapotú anyagok alakulnak át.

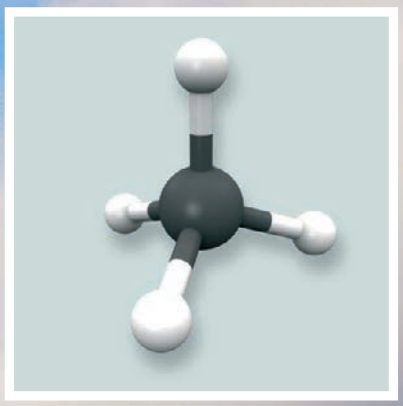
A kémiai reakció lehet exoterm és endoterm, aszerint, hogy átalakuláskor az anyagok a környezetből energiát vesznek fel vagy a környezetnek energiát adnak át. Az exoterm folyamatok reakcióhőjének előjele negatív, az endoterm folyamatoké pozitív.

A képződéshő azt fejezi ki, hogy mekkora energiaváltozással jár egy mól anyagnak elemeiből való képződése.

Kérdések, feladatok

1. Mit jelentenek a következő fogalmak: reakcióhő, képződéshő, égéshő?
2. Mondj példákat exoterm és endoterm folyamatokra!
3. Milyen reakció energiaváltozás szempontjából a benzin égése, a földgázrobbanás, a vízbontás?
4. Ábrázold diagrammal az exoterm és az endoterm reakciók energiaváltozását, a kiindulási anyagok és a termékek egymáshoz viszonyított energiaszintjeit!
5. Mit fejez ki a reakcióhő számértékének előjele? Mit jelent:
$$\Delta_r H = -242\ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \text{ és } \Delta_r H = +242\ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}?$$
6. Számítsd ki az alábbi folyamatok reakcióhőjét a képződéshők segítségével!
   a) $C_3H_8\,(g) + 5\,O_2\,(g) = 3\,CO_2\,(g) + 4\,H_2O\,(g)$
   b) $CaCO_3\,(sz) = CaO\,(sz) + CO_2\,(g)$
7. Számítsd ki, hogy mennyi hő szabadul fel a felsorolt mennyiségű szén égésekor:
   a) 12 g; *b)* 12 kg; *c)* 6 kg; *d)* 24 kg!

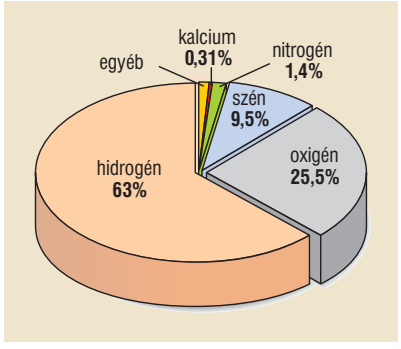
V. fejezet



SZÉNHIDROGÉNEK

1. ábra Mészkőhegység. A hegyek, a kőzetek szervetlen anyagokból állnak. *Add meg a mészkő összegképletét!*

2. ábra A gyümölcsökben sok szerves vegyület található



3. ábra Az emberi testben előforduló leggyakoribb elemek. *Állapítsd meg a diagram alapján, hogy a négy organogén elem együtt hány atomszázalék!*

34. Szénvegyületek

SZERVETLEN ÉS SZERVES ANYAGOK

A természetben található és a mesterségesen előállított anyagokat alapvetően két csoportba soroljuk: megkülönböztetjük a **szerves** és a **szervetlen** anyagokat **(1. és 2. ábra)**.

A szervetlen anyagok közé tartoznak az ásványi eredetű anyagok, mint például a különféle kőzetek, ércek, de ide sorolják a levegőt, a vizet, a talaj alkotóit is.

Szerves anyagoknak régebben az élő szervezeteket felépítő vagy az azokból nyerhető anyagokat tekintették. Későbbi vizsgálatok megállapították, hogy minden szerves anyag közös alkotóeleme a szén. **A szerves vegyületek tehát valójában a szén vegyületei.** A szénen kívül mindig tartalmaznak hidrogént, sok szerves vegyületben az oxigén és a nitrogén is megtalálható. Ezenkívül még ként, foszfort tartalmazó szerves vegyületeket is ismerünk.

A négy alkotóelemet: a szenet, a hidrogént, az oxigént és a nitrogént közös néven **organogén*** (szervezetet alkotó) elemeknek nevezik.

Valójában az élő szervezetek anyagaiban majdnem minden természetes elem előfordul, a legtöbb azonban csak nagyon kis mennyiségben. Ezek az elemek táplálék, gyógyszerek vagy vitaminok formájában jutnak a szervezetbe. Az emberi szervezetet felépítő anyagokat mintegy tizenhatféle elem alkothatja **(3. ábra)**.

Az ipar által mesterségesen létrehozott szerves anyagok ma már szorosan hozzátartoznak mindennapi életünkhöz, gondoljunk csak a különféle élelmiszerekre, műanyagokra, mosószerekre, festékekre, gyógyszerekre.

A szerves és a szervetlen vegyületek között nincs elvi különbség. Külön csoportba sorolásukat a szerves vegyületek nagy száma, jellegzetes tulajdonságaik és sajátos szempontú csoportosításuk indokolja. A szerves elnevezés ma már a szén vegyületeit jelenti, függetlenül attól, hogy ezek természetes anyagok vagy mesterségesen előállított termékek.

Napjainkban tehát a szerves kémiában a szén vegyületeit tanulmányozzuk. A szénvegyületek közül csupán néhányat sorolunk a szervetlen vegyületek közé, mint a szén oxidjait, a szénsavat és a karbonátokat.

A természetben a szén szervetlen vegyületei legnagyobb mennyiségben a levegőben lévő szén-dioxidban, valamint a mészkő- és dolomithegyekben a kalcium-karbonát-kristályokban fordulnak elő.

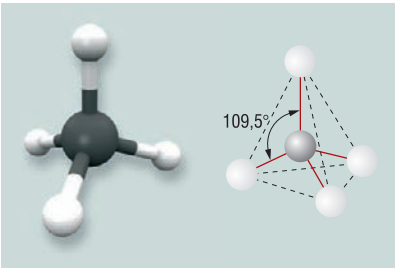
A SZÉNVEGYÜLETEK NAGY SZÁMA

A szervetlen és a szerves vegyületek száma közötti különbség meglepően nagy. A szervetlen anyagok mintegy 90-féle elemből épülhetnek fel, számuk mégis csupán pár százezer; az alapvetően négyféle elem alkotta szerves anyagokból viszont ma már több milliót ismerünk, s ez a szám egyre növekszik.

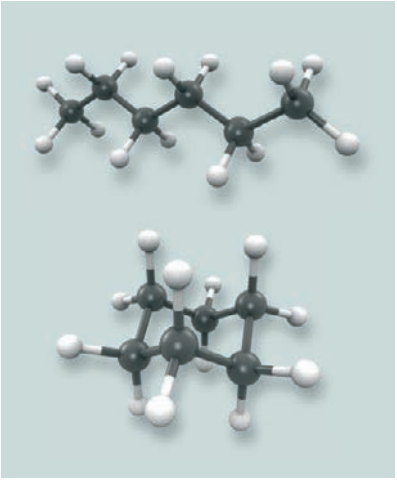
A szénvegyületek nagy számának oka a szénatom különleges tulajdonságaiban rejlik.

- **A szénatomnak négy vegyértékelektronja van, négy erős kovalens kötést alakíthat ki,** négy másik atommal kapcsolódhat össze. A négy kapcsolódó atom a szénatom körül meghatározott térbeli irányokban helyezkedik el. A legegyszerűbb molekula a metán, melyben a központi szénatomhoz négy hidrogénatom kapcsolódik úgy, mintha egy szabályos tetraéder négy csúcsán lennének, a szénatom pedig a tetraéder középpontjában volna (**4. ábra**). A szénatom egyenes kovalens kötései mindig tetraéderes irányúak.
- **A szénatomok egymással is képesek összekapcsolódni kovalens kötéssel.** Az összekapcsolódó szénatomok száma kettőtől szinte a végtelenig terjedhet. Az elemek közül erre egyedül a szén atomjai képesek.
- A szénatomok összekapcsolódásakor **nyílt szénláncú** vagy **gyűrűs molekulák** jöhetnek létre. A nyílt szénláncúak lehetnek elágazók vagy el nem ágazók (**5. ábra**). A tetraéderes kötésirány miatt a nyílt szénlánc mindig zegzugos.
- A szénvegyületek azonos összetételű molekuláiban az atomok különböző módon kapcsolódhatnak egymáshoz. Az atomok eltérő kapcsolódása más molekulaszerkezetet és eltérő tulajdonságú vegyületeket eredményez.
- **Két szénatom között egyszeres, kétszeres vagy háromszoros kovalens kötés is kialakulhat.**

A kötések erősségét a kötési energia jellemzi. A többszörös kötés mindig erősebb kapcsolatot jelent, mint az egyszeres kötés.



4. ábra A szénvegyületek térbeli felépítése alapvetően tetraéderes. *Melyik a központi atom a metánmolekulában?*



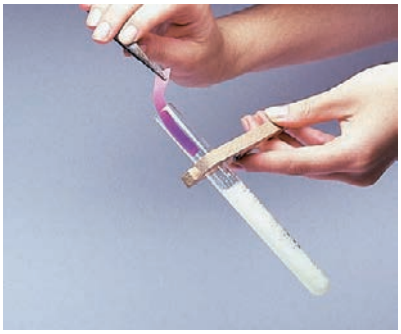
5. ábra A szénláncok alakja sokféle lehet; láncok és gyűrűs molekulák. *Figyeld meg, hogy az egyes molekulákban egy szénatom hány kovalens kötést alakít ki!*

Az egyszeres kötés mindig σ-, a többszörös kötésekben a második és a harmadik pedig π-kötés.

A szén-szén kapcsolat kötési energiái	
C–C	344 $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
C=C	610 $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$
C≡C	820 $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

Kísérlet

Kémcsőben lévő tojásfehérjéhez tegyünk nátrium-hidroxid-pasztillát! Fogóba erősítve melegítsük óvatosan az oldatot. A kémcső szájához tartott nedves indikátorpapír lúgos kémhatást jelez, a tojásfehérjéből keletkező ammónia (NH_3) hatására.



6. ábra A szénvegyületek nitrogéntartalmának kimutatása

A SZÉNVEGYÜLETEK TULAJDONSÁGAI

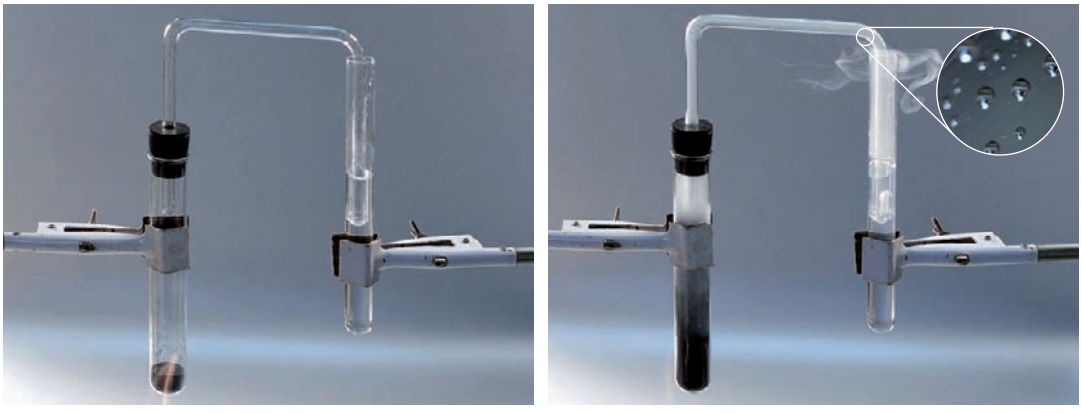
A szénvegyületek molekulái lehetnek apolárisak vagy dipólusok. A molekulákban az atomok kovalens kötéssel kapcsolódnak össze. A szénvegyületek halmazállapota a molekulák méretétől, tömegétől, alakjától és a polaritásától függően lehet: **gáz, folyadék** vagy **szilárd. A szilárd halmazállapotú szénvegyületek többnyire molekulakristályos szerkezetűek.**

Olvadáspontjuk és forráspontjuk aránylag alacsony, mert a molekulák között csak gyenge, másodrendű kémiai kötések alakulnak ki folyadék vagy szilárd állapotban. A több szénatomot tartalmazó, nagyobb méretű és tömegű molekulákból álló anyagok olvadás- és forráspontja magasabb, az erősebb másodrendű kapcsolatok miatt. A szénvegyületek vízben való oldódása különböző, a molekula polaritásától függ. A dipólusos molekulájú vegyületek jól oldódnak a vízben, az apoláris molekulájúak viszont csak apoláris oldószerekben. Például az etán nem, de az etil-alkohol jól oldódik a vízben.

A legtöbb szénvegyület gyúlékony, égéskor széntartalmuk szén-dioxiddá, hidrogéntartalmuk vízzé alakul át **(7. ábra)**.

Kísérlet

Elporított keményítőt és réz-oxid-port keverjünk össze, és töltsük száraz kémcsőbe. A kémcső nyílását zárjuk le gumidugóval, amelyben üvegcső van. Az üvegcsövet vezessük meszes vizet tartalmazó kémcsőbe. A gázvezető vízszintes részére tegyünk hideg vízzel megnedvesített szűrőpapírt. A kémcsőben levő keveréket fokozatosan erősödő lánggal hevítsük. A meszes víz megzavarosodik a fejlődő szén-dioxid-gáztól. A nedves szűrőpapír levétele után a cső belső falán vízcseppek láthatóak.



7. ábra Szerves vegyületek szén- és hidrogéntartalmának kimutatása

Tudsz róla?

A szerves vegyületeket még a 18. században sem tudták mesterséges úton, laboratóriumban előállítani, csupán az élő szervezetből kivont anyagokat tanulmányozták. A tudósok úgy gondolták, hogy a szerves anyagok létrejöttéhez különleges „életerő” (latinul: vis vitalis) szükséges. Ezt a vélekedést, az „életerő elméletét”* cáfolta meg Friedrich Wöhler* [fridrik vőler] német vegyész **(8. ábra)** 1824-ben és 1828-ban végzett kísérleteivel. 1828-ban sikerült először szervetlen anyagokból szerves vegyületet előállítania. Például a szervetlen diciánból hidrolízissel a sóskában is megtalálható oxálsavat nyerte. Később pedig egy másik szervetlen vegyületből, ammónium-cianátból a vizelet egyik jellemző szerves anyagát, a karbamidot állította elő.

Wöhler kísérleteinek hatására megdőlt az életerő-elmélete, bizonyossá vált, hogy a szerves vegyületek szervetlen vegyületekből kiindulva, kémiai úton is előállíthatók.

$$\underset{\textit{ammónium-cianát}}{NH_4OCN} \longrightarrow \underset{\textit{karbamid}}{H_2N-CO-NH_2}$$

8. ábra Friedrich Wöhler (1800–1882) német vegyész. *Tájékozódj a világhálón, és foglald össze Wöhler munkásságát!*

Foglaljuk össze!

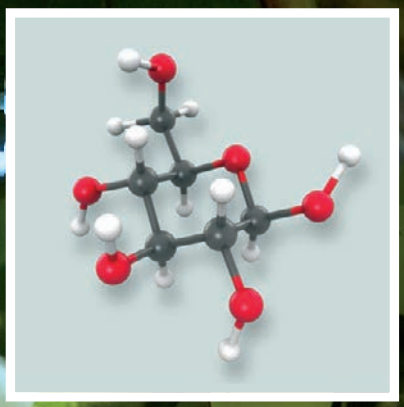
A Földünkön ismert anyagokat felosztjuk szerves és szervetlen anyagokra. A legtöbb szerves vegyületet négy elem alkotja, a négy organogén elem: a szén, a hidrogén, az oxigén és a nitrogén. A négy elem több millió különféle szerves vegyületet hoz létre. A sokféleség oka a szénatom szerkezetében rejlik: a szénatomok egymással is kapcsolódhatnak, négy erős kovalens kötést képezhetnek, különféle alakú és méretű molekulákat hozhatnak létre.

A szerves vegyületek mindig szénvegyületek; molekuláikban a szén a központi atom, melyhez a többi atom kovalens kötéssel kapcsolódik. A szénvegyületek tulajdonságaira jellemző a viszonylag alacsony olvadás- és forráspont, az éghetőség.

Kérdések, feladatok

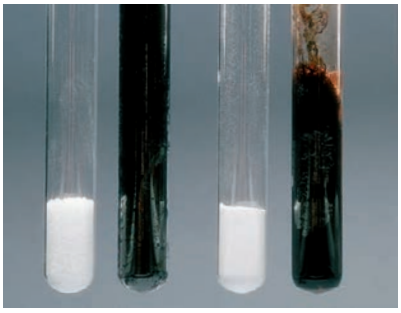
1. Melyek az organogén elemek? Milyen elemek lehetnek még a szerves vegyületekben?
2. Sorolj fel olyan szénvegyületeket, amelyek a szerves, és olyanokat, amelyek a szervetlen vegyületek közé tartoznak!
3. Mi az oka a szénvegyületek sokféleségének?
4. Milyen kristályt alkotnak a szilárd halmazállapotú szerves vegyületek? Miért alacsony általában az olvadáspontja ezeknek a vegyületeknek?
5. Hogyan mutathatjuk ki a szerves vegyületek széntartalmát, hidrogéntartalmát és nitrogéntartalmát? Figyeld meg a 6. és 7. ábrákat!
6. Miért lesz fehér színű a színtelen meszes víz a benzin égéstermékének hatására?

VII. fejezet



AZ ÉLŐ SZERVEZET NÉHÁNY ANYAGA

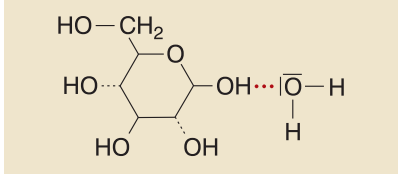
1. ábra A fotoszintézist a növények zöld levelei végzik. *Miért ez az egyik legfontosabb természeti folyamat?*



2. ábra A porcukor és a keményítő hevítés hatására elszenesedik

Kísérlet

Száraz kémcsőben hevítsünk porcukrot és keményítőt! Mindkét anyag megolvad, megbarnul, „elszenesedik”, a kémcső falán vízcseppek jelennek meg.



3. ábra Hidrogénkötés szénhidrát- és vízmolekula között

53. A szénhidrátok

A **szénhidrátok*** szénből, hidrogénből és oxigénből álló vegyületek. A Földön a legnagyobb mennyiségben előforduló szerves anyagok. Sok élelmiszer tartalmaz szénhidrátot, például a gyümölcsök édes íze a szőlőcukortól és a gyümölcscukortól származik; a burgonya, a gabonafélék keményítőt tartalmaznak. A legnagyobb menynyiségben a cellulóz fordul elő, amely a növényi rostok és sejtfalak anyaga.

A szénhidrátokat a természetben növények állítják elő **fotoszintézis** útján, szén-dioxidból és vízből, miközben oxigén szabadul fel. A fotoszintézis napenergia hatására, a növények zöld színanyaga segítségével megy végbe.

$$6\ CO_2 + 6\ H_2O \xrightarrow[\text{energiája}]{\text{napfény}} \underset{\text{szénhidrát}}{C_6H_{12}O_6} + 6\ O_2$$

$$\Delta_r H = +2870\ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

A szénhidrátok az élő szervezetben jelentős feladatokat látnak el:

- a sejtek energiaforrásai (szőlőcukor),
- tartalék tápanyagok, energiahordozók (keményítő),
- támasztó és vázanyagok (cellulóz),
- különféle vegyületek alkotórészei.

A szénhidrátok molekuláiban a szénatomok szénláncot alkotnak, amelyekhez hidrogénatomok és oxigéntartalmú funkciós csoportok kapcsolódnak. A szénhidrátok szénlánca gyakran gyűrűs szerkezetű. A molekulában lévő hidroxilcsoportok a vízmolekulákkal hidrogénkötéseket létesítenek, ezért a kisebb molekulájú szénhidrátok jól oldódnak vízben, a nagyobb molekulájúak pedig rosszul vagy egyáltalán nem. Hidrogénkötés a szénhidrát-molekulák között is kialakulhat. A szénhidrátok kémiai neve: szacharidok.

A természetben található szénhidrátok csoportjai:

- **Egyszerű szénhidrátok** (monoszacharidok*). Nem bonthatók le kisebb molekulájú szénhidrátokra. Édes ízű, vízben oldódó vegyületek.
- **Kettős szénhidrátok** (diszacharidok*). Molekulájuk két egyszerű szénhidrát-molekulára bontható. Édes ízű, vízben oldódó vegyületek.

- **Összetett szénhidrátok** (poliszacharidok*). Molekulájuk sok egyszerű szénhidrát-molekulára bontható. Nem édes ízű, vízben nem vagy rosszul oldódó vegyületek.

Az egyszerű és a kettős szénhidrátok közös neve: **cukrok** vagy **cukorszerű szénhidrátok;** megkülönböztetve a **nem cukorszerű,** összetett szénhidrátoktól, a poliszacharidoktól.

4. ábra Szénhidráttartalmú gyümölcsök

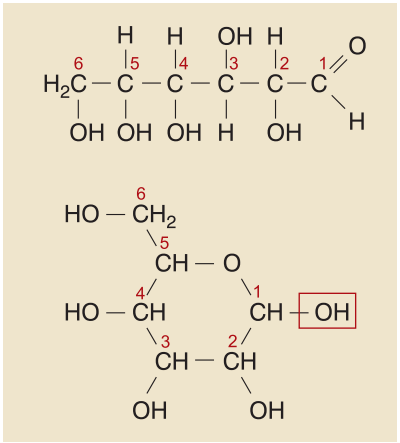
EGYSZERŰ SZÉNHIDRÁTOK

Az egyszerű szénhidrátok nyílt láncú molekulája a hidroxilcsoport mellett aldehidcsoportot vagy karbonilcsoportot tartalmazhat. Összefoglaló nevük ennek megfelelően **aldóz*** vagy **ketóz*.** A legismertebbek az öt szénatomot tartalmazó **pentózok** és a hatszénatomos **hexózok.**

A szőlőcukor* (glükóz*, $C_6H_{12}O_6$)

Az egyik legjelentősebb szénhidrát a **szőlőcukor** vagy más néven **glükóz.** A földi élet energiaforrása. Édes ízű, fehér, kristályos anyag. Vízben jól oldódik. Tisztán is előfordul sok gyümölcsben és a mézben.

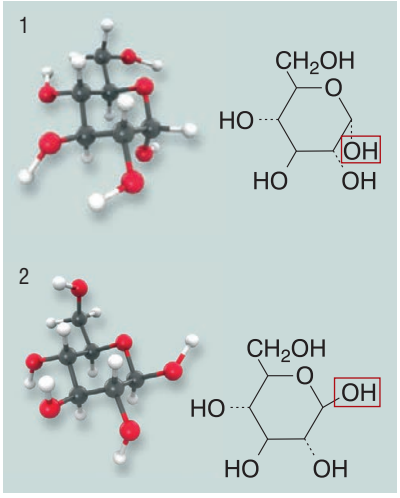
A szőlőcukor molekulájának nyílt szénláncát hat szénatom alkotja, melyekhez hidrogénatomok, hidroxilcsoportok és aldehidcsoport tartozik. A nyílt lánc gyűrűvé zárulhat **(5. ábra)**. A nyílt láncú és a gyűrűs molekulák egymás konstitúciós izomerjei.



5. ábra A szőlőcukor nyílt és gyűrűs molekulája; a glikozidos hidroxilcsoport

Amikor a molekula gyűrűvé záródik, **az első szénatomon hidroxilcsoport alakul ki, melyet glikozidos hidroxilcsoportnak* nevezünk,** a többi ─ OH csoportnak alkoholos hidroxilcsoport a neve. A gyűrűvé záródás a molekula 1. szénatomján lévő aldehidcsoport és az 5. szénatomon lévő hidroxilcsoport között történik; a molekula az oxigénatomon keresztül záródik, miközben étercsoport alakul ki. A gyűrűs molekula tehát étercsoportot is tartalmaz. A gyűrűben az 1. szénatomon kialakuló glikozidos OH-csoport a térben kétféleképpen helyezkedhet el: a molekula képzeletbeli síkjához képest: alul vagy felül **(8. ábra)**.

A glikozidos hidroxilcsoport helyzetétől függően a két izomert alfa (α) és béta (β) jelöléssel különböztetjük meg egymástól. Az alfa az alsó térállást, a béta pedig a felső térállást jelöli **(6. ábra)**.



6. ábra A szőlőcukor alfa(1)- és béta(2)-izomerje

7. ábra A szőlőcukor vizes oldata is adja az ezüsttükörpróbát.
A szőlőcukor melyik izomerjének funkciós csoportja a redukáló hatás okozója? Miért?

Kísérlet

Végezzük el szőlőcukor vizes oldatával az ezüsttükörpróbát és a Fehling-reakciót az aldehideknél már leírthoz (195. oldal) hasonló módon!

Az α- és a β-izomerek megkülönböztetésének azért van nagy szerepe, mert az anyagcsere-folyamatokban az α-, a vázanyagok felépítésében pedig a β-forma vesz részt. A természetben a szőlőcukor β-izomerje a gyakoribb, ez a stabilisabb.

Láttuk, hogy a nyílt láncú és a gyűrűs molekulák egymás konstitúciós izomerjei. A nyílt lánc gyűrűvé zárulhat, illetve a gyűrű felnyílhat. Vizes oldatban mindhárom izomer megtalálható: a nyílt láncú, illetve a gyűrűs molekulák α- és β-izomerjei. Ezek egymásba átalakulhatnak, oldatban a három izomer egyensúlyban van egymással. A szilárd, kristályos anyagban viszont csak a gyűrűs forma fordulhat elő.

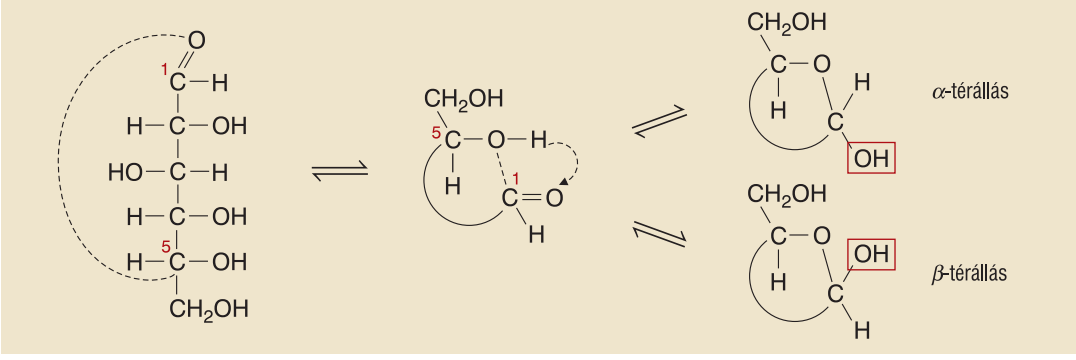
A szőlőcukor vizes oldata mutatja az ezüsttükörpróbát, amely redukáló hatást jelez. A szőlőcukor oldata az ezüstionokat fémezüstté redukálja. A reakció során az oldatban lévő nyílt láncú molekulákon kívül a gyűrűs molekulák egy része is felnyílik, nyílt láncúvá alakul, létrejön az **aldehidcsoport,** amely a redukáló hatás okozója **(7. ábra)**.

A szőlőcukor **az élő szervezetek legfontosabb energiaforrása**. Lebontásakor, elégetésekor jelentős energia szabadul fel. Ez az energia fedezi az élő szervezet energiaszükségletét (testhőmérséklet, izommunka, anyagcsere-folyamatok stb.). A lebontási folyamatok az oxigén segítségével mennek végbe. A szükséges oxigént a szervezet légzés útján veszi fel. A folyamatot kifejező egyenlet a fotoszintézis fordítottja:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \xrightarrow{\text{légzés}} 6\ CO_2 + 6\ H_2O$$

$$\Delta_r H = -2870\ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Az egyszerű cukrok tehát fontos tápanyagok, mivel könnyen felszívódnak, és oxidációjuk, lebontásuk során az életfolyamatokhoz szükséges energiát biztosítják.



8. ábra A szőlőcukor molekulájának gyűrűvé záródása; α- és β-térállás.
Melyik funkciós csoport jellemző a nyílt láncú, illetve a gyűrűs molekulára?
Készítsd el a szőlőcukor α- és β-izomerjeinek pálcikamodelljét, és figyeld meg a szerkezeti különbségeket!

A szőlőcukor az emberi szervezetben tisztán is megtalálható a vérben mint vércukor (**9. ábra**).

A vér cukortartalmát hormonok szabályozzák (például inzulin, adrenalin), s állandó, kb. 0,1%-os szinten tartják. A vér cukortartalma folyamatos energiaforrást jelent a szervezet számára. Ha a vér cukorszintje eltér a „megengedettől", például rendellenesen megemelkedik vagy lecsökken, cukorbetegség lép fel.

Az emberi és az állati szervezet a táplálékkal felvett cukor egy részét vagy felhasználja, vagy elraktározza. A felesleges szőlőcukrot glikogén (keményítő) formájában a májban és az izomban tartalékolja.

Alacsony vércukorszint esetén a tartalék ismét szőlőcukorrá alakul és a vérbe kerül. Erős izommunka közben a sejt az izomban tárolt glikogént bontja le szőlőcukorrá, majd tejsavvá, miközben energia szabadul fel. Az izomban felhalmozódó tejsav „izomlázat" okoz.

Az iparban a szőlőcukrot keményítőből állítják elő. A kereskedelemben burgonyacukor néven is ismert.

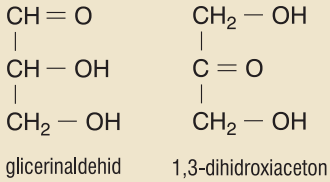
A sejtekbe jutott glükóz biokémiai reakciók sorozatában bomlik le hasznosítható energia képződése közben. Ezekben a folyamatokban fontos szerepet töltenek be a legkisebb szénatomszámú monoszacharidok (glicerinaldehid és 1,3-dihidroxiaceton) foszforsavészterei.

A gyümölcscukor* (fruktóz, $C_6H_{12}O_6$)

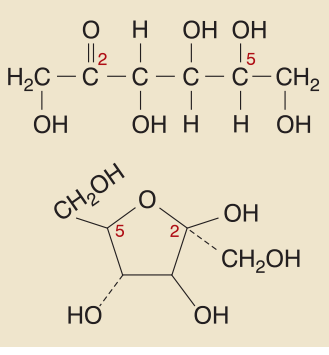
A szőlőcukor konstitúciós izomerje. A szőlőcukorhoz hasonlóan fehér, édes ízű anyag. Vízben jól oldódik a kialakuló hidrogénkötések következtében. A természetben főleg a gyümölcsök levében és a mézben fordul elő. A szőlőcukorral együtt a répacukor alkotója. A méz szőlőcukor és gyümölcscukor keveréke. A fruktóz molekulája ugyancsak nyílt láncú vagy gyűrűs lehet. Vizes oldatban a nyílt és a gyűrűs forma egyaránt megtalálható; a kristályos gyümölcscukor csak gyűrűs molekulákból áll (**11. ábra**).

A gyűrűs molekula glikozidos −OH-csoportja lehet α-, illetve β-térállású. A gyümölcscukor lúgos oldata kismértékben mutatja az ezüsttükörpróbát, annak ellenére, hogy molekulája nem redukáló hatású. Ez úgy lehetséges, hogy lúgos oldatban a molekulák egy része átrendeződik, szőlőcukorrá alakul át. Az élő szervezetben ezt a biokémiai folyamatot enzimek segítik.

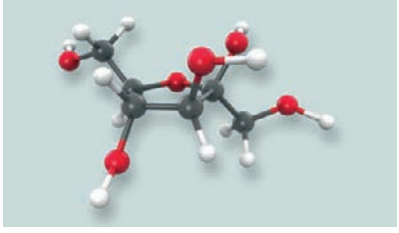
9. ábra Vércukorszintmérő műszer. *Nézz utána, hogy mi a normális vércukorszintérték!*



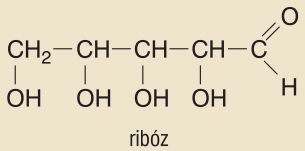
10. ábra Triózok (háromszénatomos monoszacharidok)



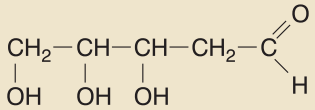
11. ábra A fruktóz nyílt és gyűrűs molekulája. *Melyik funkciós csoportban különbözik egymástól a kétféle molekula?*



12. ábra A fruktózmolekula modellje. *Milyen térállású a glikozidos hidroxilcsoport a modellen?*



ribóz

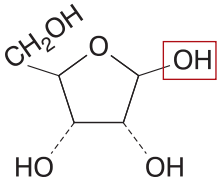


2-dezoxiribóz

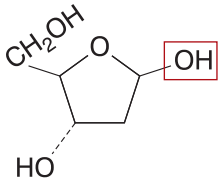
13. ábra A ribóz és a 2-dezoxiribóz nyílt láncú molekulája

Pentózok

A **pentózok** közül legismertebbek a ribóz* és a 2-dezoxiribóz*, a nukleinsavak (RNS és DNS) alkotói. A glükózhoz hasonlóan mindkét molekulának a gyűrűs formája a stabilabb.



β-ribóz ($C_5H_{10}O_5$)



2-dezoxi-β-ribóz ($C_5H_{10}O_4$)

Foglaljuk össze!

A szénhidrátok szénből és oxigénből felépülő vegyületek. A szénhidrátok többféle csoportba sorolhatók:

- egyszerű és kettős szénhidrátok (cukrok, cukorszerű szénhidrátok),
- összetett szénhidrátok (nem cukorszerű szénhidrátok, poliszacharidok).

Az egyszerű szénhidrátok közül legismertebbek a szőlőcukor és a gyümölcscukor. Összegképletük: $C_6H_{12}O_6$, egymás konstitúciós izomerjei. Molekulájuk lehet nyílt vagy zárt szénláncú. A nyílt láncúak jellemző funkciós csoportja az aldehid-, illetve a karbonilcsoport. A gyűrűs molekula jellegzetes csoportja az étercsoport és a glikozidos hidroxilcsoport. Az utóbbi térállásától függően mindkét vegyületnek α- és β-izomerje lehetséges.

A szőlőcukor a természetben fotoszintézis útján keletkezik a növények zöld leveleiben, a napfény energiájának segítségével. Az élő szervezetek legfontosabb energiaforrása.

A szőlőcukor vizes oldata redukáló hatású, mutatja az ezüsttükörpróbát.

Kérdések, feladatok

1. Melyik a legismertebb egyszerű szénhidrát? Hogyan képződik a természetben?
2. Miért oldódik jól vízben a szőlő- és a gyümölcscukor? Milyen csoportoknak van szerepe az oldódásban?
3. Miért redukáló hatású a szőlőcukor vizes oldata?
4. Mit jelentenek a következő elnevezések: alfa-glükóz, béta-glükóz, glikozidos hidroxilcsoport?
5. Mondhatjuk-e, hogy a β-ribóz és a 2-dezoxi-β-ribóz egymás konstitúciós izomerjei?
6. A cukrok szerkezetének felderítése Emil Fischer [fiser] (1852–1919) német tudós nevéhez fűződik. Készíts írásos összefoglalást a cukrokkal kapcsolatos munkásságáról! Használd az internetet vagy a kémiai szakkönyveket! Mikor és miért kapott Nobel-díjat?