

Kémiai reakciók listája

Szervetlen elemek és vegyületeik jellemző reakciói:

Az alábbi egyenletekben az „R” lehet tetszőleges alkil-csoport vagy hidrogén, az X halogén.

• Hidrogén:

- H₂ laboratóriumi előállítása: $\text{Zn} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$
- Hidridekből előállítható vízzel:
 - $\text{CaH}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + 2 \text{H}_2$
 - $\text{NaH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$
- H₂ ipari előállítása (szintézisgáz előállítása):
 $\text{CH}_4 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO} (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) (1000^\circ\text{C})$
- H₂ ipari előállítás szén redukciónal (vízgáz előállítása):
 $\text{C} (\text{sz}) + \text{H}_2\text{O} (\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO} (\text{g}) + \text{H}_2 (\text{g})$
- Durranógáz próba: $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ (kimutatási reakció!, pukkan)
- Reakció halogénnel:
 - $\text{H}_2 + \text{F}_2 \rightarrow 2 \text{HF}$ (sötétben -200°C -on robban)
 - $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{HCl}$ (UV-fény hatására robbanásszerűen reakció)
 - $\text{H}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow 2 \text{HBr}$ (lassan)
 - $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2 \text{HI}$ (egyensúlyi reakció!)
- Kénnel: $\text{H}_2 + \text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$
- Nitrogénnel: $3 \text{H}_2 + \text{N}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$ (egyensúlyi reakció!)
- Fémekkel hidrideket képezhet: $\text{H}_2 + 2 \text{Na} \rightarrow 2 \text{NaH}$
- A hidridek nem stabilak, vízzel hidrogén-gázt fejlesztenek (szinproporció, egyszerre redox és sav-bázis reakció): $\text{NaH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$
- Fém-oxidokat redukálja:
 - $\text{H}_2 + \text{CuO} \rightarrow \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$
 - $3 \text{H}_2 + \text{WO}_3 \rightarrow \text{W} + 3 \text{H}_2\text{O}$ (izzószálgyártás)
- Szerves vegyületek (alkén, alkin, aldehid, keton, karbonsav) redukcióna a C=C vagy C=O kötésre történő hidrogén-addícióval:
 - $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_3$
 - $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{O} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvImeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia
 Instagram: instagram.com/lvIup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvImeup
 Youtube: youtube.com/@lvImeup

Halogénelemek és vegyületeik:

- Klór laboratóriumi előállítása:

$$2 \text{KMnO}_4 + 16 \text{HCl} \rightarrow 5 \text{Cl}_2 + 2 \text{KCl} + 2 \text{MnCl}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$$
- Klór előállítása háztartási balesetben (kerülendő):

$$\text{NaOCl (hipó)} + 2 \text{HCl (vízkőoldó)} \rightarrow \text{NaCl} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2$$
- Klór ipari előállítása NaCl olvadákelektrolízisével: $\text{A}(+): 2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$
- Reakció hidrogénnel:
 - $\text{H}_2 + \text{F}_2 \rightarrow 2 \text{HF}$ (sötétben -200°C -on robban)
 - $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{HCl}$ (UV-fény hatására robbanásszerűen reakció)
 - $\text{H}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow 2 \text{HBr}$ (lassan)
 - $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2 \text{HI}$ (egyensúlyi reakció!)
- Reakció fémekkel:
 - $\text{Fe} + 1,5 \text{Cl}_2 \rightarrow \text{FeCl}_3$ (legmagasabb oxidációs állapotba viszik a fémeket)
 - $\text{Al} + 1,5 \text{Br}_2 \rightarrow \text{AlBr}_3$
 - $2 \text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{NaCl}$
- Redox reakció vízzel:
 - $\text{F}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2 \text{HF} + 0,5 \text{O}_2$ (robban)
 - $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HOCl}$ (hipoklórossav)(diszproporció, egyensúlyi)
 - $\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HBr} + \text{HOBr}$ (hipobrómossav)(diszproporció, egyensúlyi)
 - $\text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HI} + \text{HOI}$ (hipojódossav)(diszproporció, egyensúlyi)
- Sav-bázis + redox reakció lúgokkal:
 - $2 \text{NaOH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaCl} + \text{NaOCl} + \text{H}_2\text{O}$ (diszproporció)
 - $2 \text{NaOH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{NaBr} + \text{NaOBr} + \text{H}_2\text{O}$ (diszproporció)
 - $2 \text{NaOH} + \text{I}_2 \rightarrow \text{NaI} + \text{NaOI} + \text{H}_2\text{O}$ (diszproporció)
- Jód jodid-ionok jelenlétében barna komplexet képez (Lugol-oldat):
 - $\text{I}_2 + \text{I}^- \rightarrow \text{I}_3^-$ ($\text{I}_2 + \text{KI} \rightarrow \text{KI}_3$)
- Jód a keményítővel kék színreakciót ad (pontos reakciót nem kell tudni).
- Halogén oxidálja a halogéniont:
 - $\text{F}_2 + 2 \text{Cl}^- \rightarrow 2 \text{F}^- + \text{Cl}_2$ ($\text{F}_2 + 2 \text{KCl} \rightarrow 2 \text{KF} + \text{Cl}_2$)
 - $\text{F}_2 + 2 \text{Br}^- \rightarrow 2 \text{F}^- + \text{Br}_2$ ($\text{F}_2 + 2 \text{KBr} \rightarrow 2 \text{KF} + \text{Br}_2$)
 - $\text{F}_2 + 2 \text{I}^- \rightarrow 2 \text{F}^- + \text{I}_2$ ($\text{F}_2 + 2 \text{KI} \rightarrow 2 \text{KF} + \text{I}_2$)
 - $\text{Br}_2 + 2 \text{I}^- \rightarrow 2 \text{Br}^- + \text{I}_2$ ($\text{Br}_2 + 2 \text{KI} \rightarrow 2 \text{KBr} + \text{I}_2$)
 - $\text{Cl}_2 + 2 \text{Br}^- \rightarrow 2 \text{Cl}^- + \text{Br}_2$ ($\text{Cl}_2 + 2 \text{KBr} \rightarrow 2 \text{KCl} + \text{Br}_2$)

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvImeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia
 Instagram: instagram.com/lvIup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvImeup
 Youtube: youtube.com/@lvImeup



- $\text{Cl}_2 + 2 \text{I}^- \rightarrow 2 \text{Cl}^- + \text{I}_2$ ($\text{Cl}_2 + 2 \text{KI} \rightarrow 2 \text{KCl} + \text{I}_2$)
(Lugol-oldat sötétedik, + klórgáz kimutatása: KI-s vatta megbarnul)
- Hidrogén-klorid laboratóriumi előállítása: $2 \text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{HCl (g)}$
- Hidrogén-halogenidek ipari előállítása: elemeikből, pl.: $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{HCl}$
- Hidrogén-halogenidek sav-bázis reakciója vízzel (erős savak):
 - $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
 - Általánosan: $\text{HX} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{X}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
- Hidrogén-halogenidek sav-bázis reakciója lúgokkal:
 - $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
 - Általánosan: $z \text{HX} + \text{Y(OH)}_z \rightarrow \text{YX}_z + z \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{HCl} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$
- Hidrogén-halogenidek sav-bázis reakciója bázisanhidridekkel (fémoxidokkal):
 - $2 \text{HCl} + \text{CaO} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - Általánosan: $2z \text{HX} + \text{Me}_y\text{O}_z \rightarrow y \text{MeX}_z + z \text{H}_2\text{O}$
- Hidrogén-halogenidek negatív standardpotenciálú fémekkel H_2 -gázt fejlesztenek:
 - $2 \text{HCl} + \text{Fe} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$ (+2-es vas lesz!)
 - Általánosan: $z \text{HX} + \text{Me} \rightarrow \text{MeX}_z + 0,5z \text{H}_2$
- HF üvegmáratása: $4 \text{HF} + \text{SiO}_2 (\text{üveg}) \rightarrow \text{SiF}_4 (\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}$
- Szerves vegyületek (alkén, dién, alkin) HX- és X_2 -addíciója:
 - $\text{R-CH=CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{R-CHBr-CH}_2\text{Br}$
(elszíntelenítik a brómos vizet)
 - $\text{R-CH=CH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{R-CHCl-CH}_3$ (Markovnyikov-szabály!)
- Szerves vegyületek (alkán, aromás) szubsztitúciója:
 - $\text{CH}_3\text{-CH}_3 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Cl} + \text{HCl}$
 - $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{Br} + \text{HBr}$
- Halogenidionok kimutatása Ag-csapadékként:
 - $\text{Cl}^- + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl (sz, fehér)} + \text{NO}_3^-$
 - $\text{Br}^- + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgBr (sz, halványsárga)} + \text{NO}_3^-$
 - $\text{Cl}^- + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl (sz, sárga)} + \text{NO}_3^-$
- Ezüst-bromid eltávolítása fixírsóval (fényképészet):
 $\text{AgBr} + 2 \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 (\text{fixírsó}) \rightarrow \text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2] (\text{ezüst-ditoszulfát-komplex}) + \text{NaBr}$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a IvIUP alapítója, kémia magántanár (lvimeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

Instagram: instagram.com/lvup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvimeup

Youtube: youtube.com/@lvimeup

• **Oxigén és vegyületei:**

- Oxigén kimutatási reakció: parázsló gyújtópálca lángra lobban.
- Oxigén előállítása iparban: levegő cseppfolyósításával.
- Oxigén előállítása laborban:
 - Termikus bontással: (KMnO_4 , KNO_3 , KClO_3 , HgO hevítésével)

$$2 \text{KNO}_3 \rightarrow 2 \text{KNO}_2 + \text{O}_2$$
 - Katalitikus bontással (pl.: MnO_2 , barnakőpor katalizátorral)

$$\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 0,5 \text{O}_2$$
 - Víz elektrolízisével (drága). A(+): $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- + \text{O}_2$
 - Oxidációval:

$$2 \text{KMnO}_4 + 5 \text{H}_2\text{O}_2 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8 \text{H}_2\text{O} + 5 \text{O}_2$$
 ioneqyenlet: $2 \text{MnO}_4^- + 5 \text{H}_2\text{O}_2 + 16 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Mn}^{2+} + 5 \text{O}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$
 - Természetben (fotoszintézis): $6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2$
- Reakciója fémekkel (oxidálószer):
 - $2 \text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{MgO}$ (vakító fehér láng)
 - $4 \text{Al} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Al}_2\text{O}_3$ (fényjelenség)
- Reakciója nemfémekkel (oxidálószer):
 - $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$ (világoskék láng, szúrós szagú gáz)
- Reakció szervetlen vegyületekkel:
 - $\text{CO} + 0,5 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$
 - $\text{SO}_2 + 0,5 \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3$
- Reakciója szerves vegyületekkel (égés, szén-dioxid és víz keletkezik)
 - $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- Hidrogén-peroxid laboratóriumi előállítása (erősebb sav a gyengébb savat sójából felszabadítja, sav-bázis reakció): $\text{BaO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (híg)} \rightarrow \text{BaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$
- Hidrogén-peroxid könnyen bomlik (diszproporció): $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 0,5 \text{O}_2$
- Hidrogén-peroxid erős oxidálószer, jodid-iont jóddá oxidálja (Lugol oldat be barnul!)
 - $\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{KI} \rightarrow \text{I}_2 + 2 \text{KOH}$
 - $2 \text{KI} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- Hidrogén-peroxid a vas(II) ionokat vas (III)-á oxidálja
 - $\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{Fe}(\text{OH})_2 \text{ (zöld)} \rightarrow 2 \text{Fe}(\text{OH})_3 \text{ (barna)}$
- Hidrogén-peroxid kénessavat kénsavvá oxidálja: $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

Instagram: instagram.com/lvIUP_science/, TikTok: tiktok.com/@lvIUP

Youtube: youtube.com/@lvIUP

- Mészkeő(hegység) oldódása szénsavas vízben: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
- Vízkeő/cseppkeő kicsapódása:
 - $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$ (vízkeő) + $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{MgCO}_3$ (vízkeő) + $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Vízlágyítás trisóval: $3 \text{Ca}^{2+} (\text{aq}) + 2 \text{Na}_3\text{PO}_4 (\text{sz, trisó}) \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 (\text{sz}) + 6 \text{Na}^+ (\text{aq})$
- Vízlágyítás szódával: $\text{Ca}^{2+} (\text{aq}) + \text{Na}_2\text{CO}_3 (\text{sz, szóda}) \rightarrow \text{CaCO}_3 (\text{sz}) + 2 \text{Na}^+ (\text{aq})$

- Mészégetés: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO}$ (égetett mész) + CO_2
- Mészoltás $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$ (oltott mész, meszes víz)
- Fémoxidok (bázisanhidridek) savakkal reagálnak sav-bázis reakcióban:
 - $\text{CaO} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - MgO (magnézia) + $2 \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - Al_2O_3 (timföld) + $6 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{AlCl}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{CuO} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$.
 - Fe_2O_3 (vörösvasérc) + $6 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{FeCl}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$
 - CuO oxidálószerként használható (alkoholok oxidációja aldehiddé):

$$\text{R-CH}_2\text{-OH} + \text{CuO} (\text{fekete}) \rightarrow \text{R-CH=O} + \text{Cu} (\text{vörös}) + \text{H}_2\text{O}$$

- A fém-hidroxidok (lúgok) savvak reagálnak sav-bázis reakcióban:
 - NaOH (lúgkeő, marónátron) + $\text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$.
- A nátrium-hidroxid széń-dioxidot köt meg (elkarbonátosodik):
 - $2 \text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- A lúgok részt vehetnek észter-hidrolízisben:

$$\text{R-COO-R}' + \text{NaOH} \rightarrow \text{R-COONa} + \text{R}'\text{-OH}$$
- A híg nátrium-hidroxid-oldat halogéntartalmú széńhidrogéńekkel szubsztitúciós reakcióba lép, pl.: $\text{CH}_3\text{Br} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{NaBr}$
 Általános: $\text{R-X} + \text{OH}^- \rightarrow \text{R-OH} + \text{X}^-$
- A tömény, forró nátrium-hidroxid-oldattal a halogéntartalmú széńhidrogéńek eliminációs reakcióba lépnek, pl.: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-Cl} + \text{cc. NaOH} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{NaBr} + \text{H}_2\text{O}$
 Általános: $\text{R-CH}_2\text{-CH}_2\text{-X} + \text{OH}^- \rightarrow \text{R-CH=CH}_2 + \text{X}^- + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (oltott mész, meszes víz) + $2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- CO_2 megkötése ÉS kimutatása/meszelés: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CuCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvmeup alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

Instagram: instagram.com/lvmeup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup

Youtube: youtube.com/@lvmeup

- $\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3 \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$
- Az alumínium-hidroxid lúgokkal komplexet képez:
 - $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ (nátrium-tetrahidroxo-aluminát)

• Kén és vegyületei

- A kén ipari előállítás (szinproporcio): $\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow 3 \text{S (sz, sárga)} + 2 \text{H}_2\text{O}$
- Égése: $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 \text{ (g, szúrós szagú)}$
- A kén fémekkel szulfidokat képez: $\text{Fe} + \text{S} \rightarrow \text{FeS}$
- A kén hidrogénnel 400 °C körül egyesül kén-hidrogénné: $\text{S} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{S}$
- Kén-hidrogén laboratóriumi előállítása sav-bázis reakcióban (erősebb sav a gyengébbet sójából kiszorítja):
 - $\text{FeS} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S (g, záptojásszagú)}$
- Tökéletes égése: $3 \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{S} \rightarrow 2 \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- Tökéletlen égése: $\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{S} \rightarrow 2 \text{S} + 2 \text{H}_2\text{O}$
A keletkező kén opálossá teszi az edényt.
- Kén-hidrogén vízben való oldásakor gyenge, kétértékű savként viselkedik:
 - $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ (HS^- : hidrogén-szulfid ion, amely amfoter)
 - $\text{HS}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{S}^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$
- Gyenge sav, lúgokkal reagál sav-bázis reakcióban: $2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + 2 \text{H}_2\text{O}$
- Sói a szulfidok, az átmenetifémekkel jellegzetes színű csapadékokat alkot, melyek az adott fémion kimutatására szolgálnak. Pl.:
 - $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \underline{\text{FeS}} + 2 \text{H}^+$, fekete csapadék
 - $\text{Pb}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \underline{\text{PbS}} + 2 \text{H}^+$, fekete csapadék
 - $2 \text{Ag}^+ + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \underline{\text{Ag}_2\text{S}} + 2 \text{H}^+$, fekete csapadék
- A fémek többségét a kén-hidrogén oxigén jelenlétében megfeketíti:
 - pl: $4 \text{Ag} + 2 \text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Ag}_2\text{S} + 2 \text{H}_2\text{O}$
- Kén-hidrogén redukálószer, brómos vizet elszínteleníti, opálossá válik:
 - $\text{H}_2\text{S} + \text{Br}_2 \rightarrow 2 \text{HBr} + \underline{\text{S (sz, kolloid)}}$
- Lugol oldatot is elszínteleníti, sárga kolloid kén válik ki:
 - $\text{H}_2\text{S} + \text{I}_2 \rightarrow 2 \text{HI} + \underline{\text{S (sz, kolloid)}}$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

Instagram: instagram.com/lvIUP_science/, TikTok: tiktok.com/@lvImeup

Youtube: youtube.com/@lvImeup

- Kénsavat is képes redukálni: $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{S}$
- A szulfidok (kén-hidrogén sói) lúgos kémhatásúak: $\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{OH}^-$
- Kén-dioxid laboratóriumi előállítása szulfitokból sav-bázis reakcióval (erősebb sav a gyengébbet sójából kiszorítja):
 - $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$
- Kén-dioxid laboratóriumi előállítása tömény kénsav és pozitív standardpotenciálú fém redoxi reakciójában (veszélyes, nem használják):
 - $\text{Cu} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- Kén-dioxid ipari előállítása kén égetésével: $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$ (vagy: boroshordók fertőtlenítése kénlap égésével, a keletkező kén-dioxid tartósítószer)
- Kén-dioxid ipari előállítása szulfidércsek pörkölésével:
 - $4 \text{FeS}_2 (\text{pirit}) + 11 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 8 \text{SO}_3$
- Kén-dioxid reakciója vízzel:
 - $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$ (kénessav keletkezik, egyensúly!)
- Kén-dioxid égése (további oxidáció, V_2O_5 katalizátorral):
 - $2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3$ (egyensúly!)
- Kén-dioxid redukálószer, Lugol oldatot elszínteleníti:
 - $\text{I}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{HI}$
- Kén-dioxid oxidálószer: $\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2 \rightarrow 3 \text{S} (\text{sz, sárga}) + 2 \text{H}_2\text{O}$
- A kénessav gyenge savként viselkedik:
 - $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HSO}_3^-$ (hidrogénszulfít-ion)
- A kénessav sói (szulfitok) lúgos kémhatásúak (lúgosan hidrolizál):
 - $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HSO}_3^- + \text{OH}^-$
- Kénsavgyártás:
 - Kén vagy szulfidos ércek pörkölése: $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$
 - Kén-dioxid oxidációja kén-trioxiddá: $2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3$ (egyensúly!)
 - Kén-trioxid elnyelése vízben (nagyon exoterm, kénsav-gőz keletkezik, ami nem egészséges, nem használják iparban): $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
 - Kén-trioxid elnyelése tömény kénsavban: $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ (óleum/vitriol/dikénsav)
 - Óleum hígítása vízzel: $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{SO}_4$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvmeup alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

Instagram: instagram.com/lvmeup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup

Youtube: youtube.com/@lvmeup

- A kénsav kétértékű erős sav:
 - $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HSO}_4^-$ (hidrogénszulfát-ion)
 - $\text{HSO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ (szulfát-ion)
 - A kénsav erős sav, lúgokkal reagál:
 - Pl.: $2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$ (Glauber-só) + $2 \text{H}_2\text{O}$
 - A **HÍG** kénsav a negatív standard-elektródpotenciálú fémeket hidrogénfejlődés közben oldhatja: pl: $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$
 - A **TÖMÉNY**, 96 tömegszázalékos forró kénsav a negatív standardpotenciálú fémeket passziválja, pozitív standardpotenciálú fémeket (Cu, Hg, Ag) **ÉS A CINKET** oldani fogja, de a keletkező gáz SO_2 .
 - $2 \text{Ag} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{Zn} + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
 - A tömény kénsav a szerves vegyületekből elvonja a vizet, emiatt roncsoló (szenesítő) hatású. Pl. szacharóz (répacukor esetén): $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \rightarrow 12 \text{C} + 11 \text{H}_2\text{O}$
 - A tömény kénsav a szerves vegyületekből elvonja a vizet, ezért gyakran használják kondenzációs reakciókhoz, pl:
 - éterképzés: $\text{R-OH} + \text{HO-R}' \rightarrow \text{R-O-R}' + \text{H}_2\text{O}$
 - észterképzés: $\text{R-COOH} + \text{HO-R}' \rightarrow \text{R-COO-R}' + \text{H}_2\text{O}$
 - alkoholok vízeliminációja: $\text{R-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH} \rightarrow \text{R-CH=CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (Zajcev!)
 - A híg kénsav (higany(II)-szulfát katalizátorral) elősegíti a vízáddíciót szerves kémiában (a tömény kénsav „elvonja”, a híg „felteszi” a vizet):
 - $\text{R-CH=CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{R-CH(OH)-CH}_3$ (Markovnyikov-szabály!)
 - Nátrium-tioszulfát alkalmazása fényképészetben az AgBr eltávolítására:
 - $\text{AgBr} + 2 \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (fixírsó) $\rightarrow \text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2] + \text{NaBr}$
(ezüst-ditioszulfát-komplex keletkezik)
- **Nitrogén és vegyületei**
- A nitrogént az iparban levegő cseppfolyósításával állítják elő.
 - Nitrogén a levegő oxigénjével körülbelül 3000 °C-on egyesül: $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}$
 - Ammónia előállítása iparban:
 - $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$ (nagy nyomás, 500°C, Fe katalizátor)
 - Ammónia előállítása:
 - Laborban szalmiákszesz melegítésével: $\text{NH}_4\text{OH (aq)} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \text{ (g)} + \text{H}_2\text{O (f)}$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

Instagram: instagram.com/lvIUP_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup

Youtube: youtube.com/@lvmeup

- Vagy ammóniumsókából erősebb lúgok segítségével felszabadítják:

$$\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
- Az ammónia gyenge lúg: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ \text{ (ammónium-ion)} + \text{OH}^-$
- Az ammónia savakkal egyesül (sav-bázis reakció):
 - $\text{NH}_3 \text{ (g)} + \text{HCl} \text{ (g)} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} \text{ (sz)} \text{ (fehér füst)}$
 - $2 \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \text{ (ammónium-szulfát)}$
 - $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3 \text{ (pétisó)}$
- Az ammónia nemkötő elektronpárja miatt ligandumként komplexképző reakciókban is részt vesz nehézfémionokkal:
 - $\text{Cu}^{2+} + 4 \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} \text{ (réz-tetraamin komplexion, sötétkék)}$
 - $\text{Ag}^+ + 2 \text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^{2+} \text{ (ezüst-diamin komplexion, színtelen)}$
- Ammónium-ion savasan hidrolizál: $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$
- Ammónium-karbonát (szalalkáli) hevítése (ez a sütőpor, a keletkező gázok felfújják a tésztát):
 - $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \text{ (sz)} \rightarrow \text{CO}_2 \text{ (g)} + 2 \text{NH}_3 \text{ (g)} + \text{H}_2\text{O} \text{ (g)}$
- Nitrogén-monoxid előállítása (pozitív standardpotenciálú fém és 30 m/m%-os salétromsav):
 - $3 \text{Cu} + 8 \text{HNO}_3 \rightarrow 3 \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NO} + 4 \text{H}_2\text{O}$
- Nitrogén-monoxid reakciója oxigénnel:
 - $2 \text{NO} \text{ (g, színtelen)} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2 \text{ (g, vörösbarna)}$
- Nitrogén-dioxid előállítása (pozitív standardpotenciálú fém és 60-65 m/m%-os salétromsav):
 - $\text{Cu} + 4 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- Nitrogén-dioxid oldódása vízben (diszproporció): $2 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$
- Nitrogén-dioxid oldódása vízben, oxigén jelenlétében:
 - $4 \text{NO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{HNO}_3$
- Nitrogén-dioxid dimerizációja (a molekula egy ún. gyököt, vagyis párosítatlan elektront tartalmaz, ezért képes a dimerizációra):
 - $2 \text{NO}_2 \text{ (g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4 \text{ (g, színtelen)}$
- A salétromossav (HNO_2) sói a nitritek, lúgosan hidrolizálnak:
 - $\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{OH}^-$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvmeup alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

Instagram: instagram.com/lvmeup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup

Youtube: youtube.com/@lvmeup

- Salétromsav ipari előállítás:
 - A levegő nitrogénjéből ammóniát gyártanak: $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$
 - Majd elégetik: $5 \text{O}_2 + 4 \text{NH}_3 \rightarrow 4 \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
 - Keletkező nitrogén-monoxidot tovább oxidálják: $2 \text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_2$
 - A nitrogén-dioxidot vízben, oxigén jelenlétében elnyeletik:

$$4 \text{NO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{HNO}_3$$
- Salétromsav bomlása fény hatására (sötét üvegben tárolják):
 - $4 \text{HNO}_3 \rightarrow 4 \text{NO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- A salétromsav egyértékű erős sav: $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NO}_3^- (\text{nitrát-ion}) + \text{H}_3\text{O}^+$
- Salétromsav lúgokkal reagál: $\text{HNO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaNO}_3 (\text{chile-i salétrom}) + \text{H}_2\text{O}$
- Salétromsav erős oxidálószer, a **HÍG** oldata (max. 10 m/m%) a negatív standardpotenciálú fémekből hidrogén gázt fejleszt: $\text{Zn} + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2$
- **TÖMÉNY**, forró oldata a negatív standardpotenciálú fémeket passziválja, a pozitív standardpotenciálúakat (Cu, Ag, Hg) **ÉS A CINKET ÉS AZ ÓLMOT** nitrózus-gázok fejlődése közben oldja:
 - Réz oldódása 30 tömeg%-os salétromsavban:

$$3 \text{Cu} + 8 \text{HNO}_3 \rightarrow 3 \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NO} + 4 \text{H}_2\text{O}$$
 - Ezüst oldódása 30 tömeg%-os salétromsavban:

$$3 \text{Ag} + 4 \text{HNO}_3 \rightarrow 3 \text{AgNO}_3 + \text{NO} + 4 \text{H}_2\text{O}$$
 - Ezüst oldódása 60 tömeg%-os salétromsavban:

$$\text{Ag} + 2 \text{cc.}^1 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{AgNO}_3 + \text{NO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$$
 - Cink oldódása 60 tömeg%-os salétromsavban:

$$\text{Zn} + 4 \text{cc.} \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{NO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$$
- A salétromsav szerves vegyületek erőlyes oxidálószer, pl. ketonok vagy tercier alkoholok oxidációja karbonsavakká lánchasadással (pontos reakciót nem kell tudni, csak termékeket): pl. $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ (acetone) $\rightarrow \text{CH}_3\text{-COOH}$, HCOOH , CO_2 , H_2O
- A tömény salétromsav az aromás szerves vegyületeket nitrálja (szubsztitúció, a nitráló elegy cc. HNO_3 és cc. H_2SO_4 1:2 arányú elegye):
 - C_6H_6 (benzol) $+ \text{HNO}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ (nitrobenzol, sárga) $+ \text{H}_2\text{O}$
 - TNT (2,4,6-trinitrotoluol) gyártása:

$$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 (\text{toluol}) + 3 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{CH}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$$

¹ cc., vagyis koncentrált, tehát tömény

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)
 Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia
 Instagram: instagram.com/lvIUP_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup
 Youtube: youtube.com/@lvmeup

- Xantoprotein reakció: a fehérje tömény salétomsav hatására kicsapódik és besárgul (aromás oldalláncú aminosavak nitrálódnak)
- Alkoholokkal észtereket képez, ez az alapja a nitroglicerinn (robbanószer) gyártásának:
 - $\text{CH}_2(\text{OH})\text{-CH}(\text{OH})\text{-CH}_2(\text{OH})$ (glicerinn) + 3 $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{CH}_2(\text{ONO}_2)\text{-CH}(\text{ONO}_2)\text{-CH}_2(\text{ONO}_2) + 3 \text{H}_2\text{O}$

● Foszfor és vegyületei

- A foszfort nem kell tudni előállítani.
- Égetése: $\text{P}_4 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{P}_2\text{O}_5$
- A difoszfor-pentoxid egy savanhidrid, vízzel reagálva foszforsav keletkezik belőle:
 - $\text{P}_2\text{O}_5 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_3\text{PO}_4$
- Foszforsav háromértékű gyenge sav, három lépésben disszociál:
 - $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^-$ (dihidrogén-foszfát-ion) + H_3O^+
 - $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-}$ (hidrogén-foszfát-ion) + H_3O^+
 - $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{PO}_4^{3-}$ (foszfát-ion) + H_3O^+
- Foszforsav lúgokkal sav-bázis reakcióban vesz részt:
 - 1:1 molarány esetén egy protont ad le: $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 - 1:2 molarány esetén két protont ad le: $\text{H}_3\text{PO}_4 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{HPO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
 - 1:3 molarány esetén az összes protonját leadja: $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4$ (trisó) + 3 H_2O
- A trisó vízlágyítószer:
 - $3 \text{Ca}^{2+} (\text{aq}) + 2 \text{Na}_3\text{PO}_4$ (sz, trisó) $\rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (sz, foszforit) + 6 $\text{Na}^+ (\text{aq})$
- Foszforsav szerves vegyületekkel észtereket képez: szénhidrátokkal nukleinsavakat (DNS, RNS), zsírsavakkal és glicerinnel foszfolipideket (membránalkotók)
- A foszforsav sói (foszfátok) lúgos kémhatásúak: $\text{PO}_4^{3-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-} + \text{OH}^-$

Szén és vegyületei

- Az elemi szenet vagy bányásszák, vagy mindenféle anyagot szenesítenek, vagyis levegőmentesen hevítenek (száraz lepárlás), így keletkezik a koks (szénbrikett).
- Szén égetése: $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$
- Szén reakciója szén-dioxiddal (szinproporció): $\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 2 \text{CO}$
- Szén reakciója fémekkel, karbiddá egyesülnek: pl. $\text{Ca} + 2 \text{C} \rightarrow \text{CaC}_2$ (kalcium-karbid)
- Szén reakciója vízzel: $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$ (szintézisgáz)

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvmeup alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

Instagram: instagram.com/lvmeup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup

Youtube: youtube.com/@lvmeup

- Szén reakciója fém-oxidokkal (redukció, pl. vasgyártás): $3 \text{ C} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 2 \text{ Fe} + 3 \text{ CO}$
- A szénmonoxid laboratórium előállítása, hangyasavból tömény kénsavas vízelvonással: $\text{HCOOH} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$
- Tökéletlen égéskor keletkezik (nincs elég oxigén): $2 \text{ C} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ CO}$
- Rosszul huzatózó kazánban/kályhában is keletkezik: $\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 2 \text{ CO}$
- Komplexképzésre hajlamos, pl. erősen kötődik emiatt a vérben lévő hemoglobinnal vas(II)-ionjához, akadályozva az oxigénszállítást (reakciót nem kell tudni)
- Szén-dioxid előállítása/keletkezése:
 - Szénsav bomlása, amikor kinyitod a szénsavas üdítőt: $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - Szódabikarbóna bomlása melegítésre (sütés):
 - $2 \text{ NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
 - Szalalkáli bomlása melegítés hatására (sütés):
 - $\text{NH}_4\text{HCO}_3 \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
 - Szódabikarbóna reakciója sósavval (erősebb sav a gyengébbet sójából felszabadítja, gyomorsav megkötésére is használják):
 - $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
 - Mészkő reakciója sósavval: $\text{CaCO}_3 + 2 \text{ HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - Szóda/sziksó reakciója sósavval: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{ HCl} \rightarrow 2 \text{ NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - Mészkő hevítése (mészégetés): $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO}$ (égetett mész) + CO_2
 - Magnezit hevítése: $\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgO}$ (magnézia) + CO_2
 - Cseppkő és vízkő képződése: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - Összes szerves vegyület égése, pl.: $\text{CH}_4 + 2 \text{ O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$
- Kimutatási reakció: $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (megzavarosodik a meszes víz)
- A szén-dioxid savanhidrid, vízzel reagálva savat képez: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ (szénsav)
- A szén-dioxid lúgokkal is reagál: $\text{CO}_2 + 2 \text{ NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- A szén-dioxid jelenlétében oldódik a mészkő vízben:
 - $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
- A szénsav kétértékű gyenge sav:
 - $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-$ (hidrogénkarbonát-ion) + H_3O^+
 - $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-}$ (karbonát-ion) + H_3O^+
- A szénsav reagál lúgokkal: $\text{H}_2\text{CO}_3 + 2 \text{ NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2 \text{ H}_2\text{O}$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvmeup alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

Instagram: instagram.com/lvmeup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup

Youtube: youtube.com/@lvmeup

- A szén-sav sói (karbonátok) lúgos kémhatásúak: $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$

● Szilícium és vegyületei

- A szilíciumot nem kell tudni előállítani.
- A szilícium atomrácsos, csak a forró, tömény NaOH oldja:
 - $\text{Si} + 2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 \text{ (nátrium-szilikát, vízüveg)} + 2 \text{H}_2$
- Üveggyártás: $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2$
- Üvegmaratás: $\text{SiO}_2 \text{ („üveg”)} + 4 \text{HF} \rightarrow \text{SiF}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- Szilícium-dioxid és a nátrium-hidroxid reakciója: $\text{SiO}_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

● A fémek általános előállítása

- Elektrokémiai redukció (elektrolízis). Főleg kisebb standardpotenciálú fémeknél használják (alkáli- és alkáliföldfémek előállítása halogenidjeikből, alumínium előállítása oxidjából). Katód (redukció): $\text{Me}^{x+} + x \text{e}^- \rightarrow \text{Me}$
- Szén-redukció:
 - Pl. vasgyártás: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{C} \rightarrow 2 \text{Fe} + 3 \text{CO}$
- Termítreakció:
 - Pl.: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} \rightarrow 2 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$
- Hidrogén-redukció
 - Pl.: $\text{WO}_3 + 3 \text{H}_2 \rightarrow \text{W} + 3 \text{H}_2\text{O}$
- Termikus bontás (csak pozitív standardpotenciálú fémek esetén):
 - Pl.: $2 \text{HgO} \rightarrow 2 \text{Hg} + \text{O}_2$

● Korrozio

- Általában helyi elem képződik, melynek katódja a vízben oldott oxigén, anódja a vele érintkező fém (leggyakrabban vas):
 - Anód (oxidáció): $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$
 - Anód (oxidáció): $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^-$ (aktív fémvédelem)
 - Katód (redukció): $\text{H}_2\text{O} + 0,5 \text{O}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{OH}^-$

● Az s-mező fémek

- Előállításuk a megfelelő só olvadékelektrolízisével:
 - Pl.: Katód: $2 \text{Na}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Na}$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvImeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

Instagram: instagram.com/lvIup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvImeup

Youtube: youtube.com/@lvImeup

- Alkálifémeket petróleum alatt tárolják, alkáli-földfémeket pedig zárt edényben, mert levegőn oxidálódnak (korrodálódnak).
- Szabályos oxidot képeznek: $2 \text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CaO}$, kivéve Na, K, Ba.
- Peroxidot képez:
 - $2 \text{Na} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{O}_2$ (nátrium-peroxid)
 - $\text{Ba} + \text{O}_2 \rightarrow \text{BaO}_2$ (bárium-peroxid)
- Szuperoxidot képez: $\text{K} + \text{O}_2 \rightarrow \text{KO}_2$ (kálium-szuperoxid)
- Halogénekkkel egyesülnek redox-reakcióban:
 - $2 \text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{NaCl}$ (kősó, konyhasó)
 - $\text{Mg} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{MgCl}_2$
- Vízrel hidroxidokat képeznek (egyszerre redox és sav-bázis reakció):
 - $2 \text{Na} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{H}_2$
 - $2 \text{K} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{KOH} + \text{H}_2$
 - $\text{Ca} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2$
- Magnézium csak meleg vízben oldódik! $\text{Mg} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Mg(OH)}_2 + \text{H}_2$.
- Reakció lúgokkal: az oldatban lévő vízzel lépnek reakcióba (ld. fent).
- Valamennyien reagálnak híg savakkal, a megfelelő só és hidrogén képződése közben:
 - $2 \text{K} + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow 2 \text{KNO}_3$ (kálisalétrom) + H_2
 - $2 \text{Na} + 2 \text{HNO}_3 \rightarrow 2 \text{NaNO}_3$ (chile-i salétrom) + H_2
- A nátrium szerves vegyületekből hidrogéngázt fejleszt:
 - Etin: $\text{CH}\equiv\text{CH} + 2 \text{Na} \rightarrow [\text{C}\equiv\text{C}]^{2-}$ (karbid-ion) + $2 \text{Na}^+ + \text{H}_2$
 - Alkohol: $\text{R-OH} + \text{Na} \rightarrow \text{R-O}^- + \text{Na}^+ + 0,5 \text{H}_2$
 - Karbonsav: $\text{R-COOH} + \text{Na} \rightarrow \text{R-COO}^- + \text{Na}^+ + 0,5 \text{H}_2$
 - Amin: $\text{R-NH} + \text{Na} \rightarrow \text{R-N}^- + \text{Na}^+ + 0,5 \text{H}_2$

• A p-mező fémek

- Alumínium előállítása 1. Bauxitból timföldgyártás:
 - Oldás: $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2 \text{NaOH} + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Na}[\text{Al(OH)}_4]$
 - Kristályosítás: $2 \text{Na}[\text{Al(OH)}_4] \rightarrow \text{Al(OH)}_3 + 2 \text{NaOH}$
 - Szárítás: $2 \text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$
 - 2. Elektrolízis:
 - Anód: $3 \text{O}^{2-} \rightarrow 1,5 \text{O}_2 + 6 \text{e}^-$
 - Katód: $2 \text{Al}^{3+} + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Al}$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvImeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia
 Instagram: instagram.com/lvIup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvImeup
 Youtube: youtube.com/@lvImeup

- Alumínium égése: $4 \text{ Al} + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ Al}_2\text{O}_3$
- Alumínium reakciója halogénekkal: $2 \text{ Al} + 3 \text{ Cl}_2 \rightarrow 2 \text{ AlCl}_3$
- Alumínium reakciója vízzel a védő oxidréteg megbontása után (pl. HgCl_2 -vel):
 - $2 \text{ Al} + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ Al(OH)}_3 + 3 \text{ H}_2$
- Az alumínium amfoter fém, híg savakban és lúgoldatokban is oldódik. Tömény savak passziválják. Híg savakból hidrogén-gázt fejleszt (redox):
 - $2 \text{ Al} + 6 \text{ HCl} \rightarrow 2 \text{ AlCl}_3 + 3 \text{ H}_2$
 - $2 \text{ Al} + 3 \text{ H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3 \text{ H}_2$
 - Valójában hexaakva-komplex keletkezik:

$$2 \text{ Al} + 6 \text{ H}^+ + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 [\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + 3 \text{ H}_2$$
- Az alumínium-sók savas kémhatásúak:
 - $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + [\text{Al(OH)}(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$
- Az alumínium-ion lúgokkal fehér csapadékot képez, amely a lúg feleslegében komplexképzéssel feloldódik (színtelenül):
 - $\text{Al}^{3+} + 3 \text{ OH}^- \rightarrow \underline{\text{Al(OH)}}_3$
 - $\underline{\text{Al(OH)}}_3 + \text{OH}^- \rightarrow [\text{Al(OH)}_4]^-$ (alumínium-tetrahidroxo-komplex)
- Alumínium reakciója lúgoldattal:
 - $2 \text{ Al} + 2 \text{ NaOH} + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ Na[Al(OH)}_4] + 3 \text{ H}_2$
 - Ionegyenlet: $2 \text{ Al} + 2 \text{ OH}^- + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 [\text{Al(OH)}_4]^- + 3 \text{ H}_2$
- Termitreakció. Az alumínium erős redukálószer, így más, magasabb standardpotenciálú fémeket képes redukálni oxidjukból (gyakorlatilag hajlamos arra, hogy oxigént lopjon):
 - $2 \text{ Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 2 \text{ Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$
- Az ólom csak tömény salétromsavban oldódik (sósavval és kénsavval csapadékot képez, mely akadályozza a további oldódást):
 - Tömény, 30 m/m%: $3 \text{ Pb} + 8 \text{ HNO}_3 \rightarrow 3 \text{ Pb(NO}_3)_2 + 2 \text{ NO} + 4 \text{ H}_2\text{O}$
 - Tömény, 60-65 m/m%: $\text{Pb} + 4 \text{ HNO}_3 \rightarrow \text{Pb(NO}_3)_2 + 2 \text{ NO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvimeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

Instagram: instagram.com/lvIUP_science/, TikTok: tiktok.com/@lvimeup

Youtube: youtube.com/@lvimeup

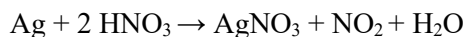
• **A d-mező fémei és vegyületeik**

- Vasgyártás:
 - Kokszt égése, hogy elég meleg legyen: $C + O_2 \rightarrow CO_2$
 - Vas(III)-ionok redukciója kokszt segítségével: $3 C + 2 Fe_2O_3 \rightarrow 4 Fe + 3 CO$
 - A keletkező CO is tudja redukálni a vasércet: $3 CO + Fe_2O_3 \rightarrow 2 Fe + 3 CO_2$
 - Salak-képzés (védi a nyersvasat az oxidációtól):
 $CaCO_3 + SiO_2 \rightarrow CaSiO_3 + CO_2$
- Vas reakciója halogénnel: $2 Fe + 3 Cl_2 \rightarrow 2 FeCl_3$ (vas (III)-ionig megy!)
- Vas reakciója kénnel: $Fe + S \rightarrow FeS$ (vas (II)-ionig megy!)
- Vas reakciója oxigénnel (korrózió): $4 Fe + 3 O_2 \rightarrow 2 Fe_2O_3$ (vörösbarna)
- Vas reakciója híg savakkal (tömények passziválják):
 - $Fe + 2 HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2$ (vas (II)-ionig megy!)
- A vas(II)-ionok lúgokkal zöld csapadékot adnak: $Fe^{2+} + 2 OH^- \rightarrow \underline{Fe(OH)_2}$
- A vas(III)-ionok lúgokkal vörösbarna csapadékot adnak: $Fe^{3+} + 3 OH^- \rightarrow \underline{Fe(OH)_3}$
- Kobalt reakciója halogénnel: $Co + Cl_2 \rightarrow CoCl_2$
- Nikkel reakciója halogénnel: $Ni + Cl_2 \rightarrow NiCl_2$
- Kobalt reakciója híg savakkal (tömények passziválják): $Co + 2 HCl \rightarrow CoCl_2 + H_2$
- Nikkel reakciója híg savakkal (tömények passziválják): $Ni + 2 HCl \rightarrow NiCl_2 + H_2$
- A nikkel-ionok lúgokkal zöld csapadékot adnak: $Ni^{2+} + 2 OH^- \rightarrow \underline{Ni(OH)_2}$
- Az elemi nikkel alkének hidrogénezési reakcióiban hidrogénező katalizátor.
- A nemesfémek közül csak a réz éghető (többi oxidja hő hatására bomlik)
 - Réz égése: $2 Cu + O_2 \rightarrow 2 CuO$ (fekete)
- Az ezüst reagál a levegő kéntartalmával (befeketedik): $2 Ag + S \rightarrow Ag_2S$ (fekete)
- Az ezüst-oxid hő hatására bomlik: $Ag_2O \rightarrow 2 Ag + 0,5 O_2$
- Nem oldódnak vízben, híg ásványi savakban és lúgokban (mert pozitív standardpotenciálúak). A réz és az ezüst oldódik tömény salétromsavban és forró tömény kénsavban, az aranyat csak a királyvíz oldja (cc. HCl : cc. HNO₃ 3:1).
 $Cu + 2 H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2 + 2 H_2O$
 $2 Ag + 2 H_2SO_4 \rightarrow Ag_2SO_4 + SO_2 + 2 H_2O$
- 30% salétromsav: $3 Cu + 8 HNO_3 \rightarrow 3 Cu(NO_3)_2 + 2 NO + 4 H_2O$
 $3 Ag + 4 HNO_3 \rightarrow 3 AgNO_3 + NO + 2 H_2O$
- 60-65% salétromsav: $Cu + 4 HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2 NO_2 + 2 H_2O$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)
 Dr. Szabó Márk, a lviUP alapítója, kémia magántanár (lvimeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia
 Instagram: instagram.com/lviup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvimeup
 Youtube: youtube.com/@lvimeup



- A réz oxigén jelenlétében oldódik ecetsavban:
 - $2 \text{CH}_3\text{COOH} + 0,5 \text{O}_2 + \text{Cu} \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ (réz-acetát keletkezik).
- A réz(II)-ionok oldata égszínkék színű a réz-tetraakva-komplex miatt: $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$
- A réz(II)-ion lúgokkal babakék csapadékot képez:
 - $\text{CuSO}_4 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \underline{\text{Cu}(\text{OH})_2} + \text{Na}_2\text{SO}_4$
 - Ionegyenlet: $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{Cu}(\text{OH})_2}$
- A keletkező hidroxid melegítés hatására vizet veszít: $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuO}$ (fekete) + H_2O
- Az ezüst(I)-ion lúgokkal barna csapadékot képez:
 - $2 \text{AgNO}_3 + 2 \text{NaOH} \rightarrow 2 \underline{\text{Ag}_2\text{O}} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{NaNO}_3$
 - Ionegyenlet: $2 \text{Ag}^+ + 2 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{Ag}_2\text{O}} + \text{H}_2\text{O}$
- A réz(II)-ionok ammóniával babakék csapadékot képeznek, mely az ammónia feleslegében feloldódik sötétkék színnel:
 - $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{Cu}(\text{OH})_2}$
 - $\text{Cu}(\text{OH})_2 (\text{s}) + 4 \text{NH}_3 (\text{aq}) \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} (\text{aq}) + 2 \text{OH}^- (\text{aq})$
(réz-tetraamin, sötétkék oldat)
- Az ezüst(I)-ionok ammóniával barna csapadékot képeznek, mely az ammónia feleslegében feloldódik színtelenül:
 - $2 \text{Ag}^+ + 2 \text{OH}^- \rightarrow \underline{\text{Ag}_2\text{O}} + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{Ag}_2\text{O} (\text{sz}) + \text{H}_2\text{O} (\text{f}) + 4 \text{NH}_3 \rightarrow 2 [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + 2 \text{OH}^-$
(ezüst-diamin, színtelen oldat)
- Halogenidionok kimutatása Ag-csapadékként:
 - $\text{Cl}^- + \text{AgNO}_3 \rightarrow \underline{\text{AgCl}} (\text{sz, fehér}) + \text{NO}_3^-$
 - $\text{Br}^- + \text{AgNO}_3 \rightarrow \underline{\text{AgBr}} (\text{sz, halványsárga}) + \text{NO}_3^-$
 - $\text{I}^- + \text{AgNO}_3 \rightarrow \underline{\text{AgI}} (\text{sz, sárga}) + \text{NO}_3^-$
- Ezüst-bromid eltávolítása fixírsóval (fényképészet):
 - $\underline{\text{AgBr}} + 2 \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 (\text{fixírsó}) \rightarrow \text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2] + \text{NaBr}$
(ezüst-ditioszulfát-komplex, színtelen)
- A réz(II)-oxid hidrogénnel redukálható: $\text{CuO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Cu}$
- A réz(II)-oxiddal oxidálható a primer alkohol aldehiddé:
 - $\text{R-CH}_2\text{-OH} + \text{CuO} \rightarrow \text{R-CH=O} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$
- A réz(II)-oxiddal oxidálható a szekunder alkohol ketonná:
 - $\text{R-CH(OH)-R} + \text{CuO} \rightarrow \text{R-C(O)-R} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvImeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

Instagram: instagram.com/lvIup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvImeup

Youtube: youtube.com/@lvImeup

- Aldehyde ezüst-tükör próbája (ezüst-nitrát + ammónia + aldehyd), szürke fém ezüst válik le: $R-CH=O + 2 Ag^+ + 2 OH^- \rightarrow R-COOH + 2 \underline{Ag} + H_2O$
- Aldehyde Fehling-próbája (réz(II)-szulfát + NaOH + komplexképző), vörös réz(I)-oxid keletkezik: $R-CH=O + 2 Cu^{2+} + 4 OH^- \rightarrow R-COOH + \underline{Cu_2O} + 2 H_2O$
- Biuret-próba: fehérje + NaOH + CuSO₄ együtt lila oldatot ad

- Cink égése: $Zn + 0,5 O_2 \rightarrow ZnO$
- Cink reakciója halogénnel: $Zn + Cl_2 \rightarrow ZnCl_2$
- Cink reakciója kénnel: $Zn + S \rightarrow ZnS$
- Cink reakciója híg savakkal: $Zn + 2 HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$
- Amfoter fém, savakban és lúgokban is oldódik. Tömény oxidáló savakban is oldódik, belőlük a megfelelő gázt fejleszti.
 - Tömény kénsav: $Zn + 2 H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + SO_2 + 2 H_2O$
 - 30% salétromsav: $3 Zn + 8 HNO_3 \rightarrow 3 Zn(NO_3)_2 + 2 NO + 4 H_2O$
 - 65% salétromsav: $Zn + 4 HNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + 2 NO_2 + 2 H_2O$
- Reakció lúggal:
 - $Zn + 2 NaOH + 2 H_2O \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4] + H_2$
 - Ionegyenlet: $Zn + 2 OH^- + 2 H_2O \rightarrow [Zn(OH)_4]^{2-} + H_2$
(cink-tetrahidroxó-komplex, színtelen)
- A cink(II)-ion lúgokkal fehér csapadékot képez, amely a lúg feleslegében komplexképzéssel feloldódik (színtelenül):
 - $Zn^{2+} + 2 OH^- \rightarrow \underline{Zn(OH)_2}$
 - $\underline{Zn(OH)_2} + 2 OH^- \rightarrow [Zn(OH)_4]^{2-}$

- A higany nem éghető, oxidja bomlékony: $2 HgO \rightarrow 2 Hg + O_2$
- A hőmérőből kifolyt higanyt kénporral lehet „közömbösíteni”: $Hg + S \rightarrow HgS$
- Pozitív standardpotenciálú, híg savakban nem oldódik:
 - Tömény kénsav: $Hg + 2 H_2SO_4 \rightarrow HgSO_4 + SO_2 + 2 H_2O$
 - 30% salétromsav: $3 Hg + 8 HNO_3 \rightarrow 3 Hg(NO_3)_2 + 2 NO + 4 H_2O$
 - 65% salétromsav: $Hg + 4 HNO_3 \rightarrow Hg(NO_3)_2 + 2 NO_2 + 2 H_2O$

- Kálium-permanganát hő hatására bomlik: $2 KMnO_4 \rightarrow K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$
- Oxálsav titrálása: $2 MnO_4^- + 5 (COOH)_2 + 6 H^+ \rightarrow 2 Mn^{2+} + 10 CO_2 + 8 H_2O$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvmeup alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

Instagram: instagram.com/lvmeup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup

Youtube: youtube.com/@lvmeup

Szerves vegyületek jellemző reakciói

Az alábbi egyenletekben az X tetszőleges halogént, az R tetszőleges alkil-csoportot jelöl.

Szénhidrogének reakciói

• Alkánok (paraffinok)

- Égés (minden szerves vegyület széndioxiddá és vízzé ég el)
 - pl.: $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
 - Általánosan: $\text{C}_x\text{H}_y + (x+0,25y) \text{O}_2 \rightarrow x \text{CO}_2 + 0,5y \text{H}_2\text{O}$
- Alkánok halogénszubsztitúciója (UV fény katalizátor, egy hidrogén-atom egy halogén-atomra cserélődik):
 - $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$
 - $\text{CH}_4 + 2 \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}_2 + 2 \text{HCl}$
 - $\text{CH}_4 + 3 \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CHCl}_3 \text{ (kloroform)} + 3 \text{HCl}$
 - $\text{CH}_4 + 4 \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CCl}_4 \text{ (széntetraklorid)} + 4 \text{HCl}$
 - Általánosan: $\text{R-H} + \text{X}_2 \rightarrow \text{R-X} + \text{HX}$
 - $\text{C}_n\text{H}_{2n+2} + y \text{X}_2 \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n+2-y}\text{X}_y + y \text{HX}$
- Hőbontás/krakkolás (600°C-on letörlik egy etén): $\text{C}_n\text{H}_{2n+2} \rightarrow \text{C}_{n-2}\text{H}_{2n-2} + \text{CH}_2=\text{CH}_2$
- Metán krakkolása 500 °C-on: $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C (korom)} + 2 \text{H}_2$
- Metán krakkolása 1200°C-on: $2 \text{CH}_4 \rightarrow \text{CH}\equiv\text{CH (etin)} + 3 \text{H}_2$
- Metán krakkolása vízzel 1000°C-on: $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + 3 \text{H}_2 \text{ (szintézisgáz/vízgáz)}$
- Szintézisgázból metanol előállítás: $\text{CO} + 2 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH (metanol)}$

• Alkének (olefinek)

- Alkének addíciós reakciói (egyesülés, megszűnik a kettős kötés):
 - Hidrogénaddíció propénre (Pt, Ni katalizátorral):
 - $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
 - Általánosan: $\text{R-CH=CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{R-CH}_2\text{-CH}_3$
 - Halogénaddíció (Cl_2 és Br_2) propénre (alkének közönséges körülmények közt elszíntelenítik a brómos vizet, kimutatási reakció!):
 - $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Br-CH}_2\text{Br}$
 - Általánosan: $\text{R-CH=CH}_2 + \text{X}_2 \rightarrow \text{R-CHX-CH}_2\text{X}$
 - Savaddíció (HCl és HBr) propénre (közönséges körülmények közt lejátszódik, Markovnyikov szabály!):

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia
 Instagram: instagram.com/lvIUP_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup
 Youtube: youtube.com/@lvmeup

- $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHCl-CH}_3$
- Általánosan: $\text{R-CH=CH}_2 + \text{HX} \rightarrow \text{R-CHX-CH}_3$
- Vízaddíció propénre (HgSO_4 és H_2SO_4 katalizátor, Markovnyikov szabály!, alkohol keletkezik):
 - $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$
 - Általánosan: $\text{R-CH=CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{R-CH(OH)-CH}_3$
- Alkének polimerizációja:
 - Általánosan: $n \text{ R-CH=CH-R} \rightarrow (\text{-CHR-CHR-})_n$
 - Etén polimetizációja: $n \text{ CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow (\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-})_n$
 - Propén polimerizációja: $n \text{ CH}_3\text{-CH=CH}_2 \rightarrow (\text{-CH(CH}_3\text{)-CH}_2\text{-})_n$
- **Diének (diolefinék)**
 - Diének halogénaddíciója (elszíntelenítik a brómos vizet, többféle termék!):
 - Buta-1,3-dién 1,2-brómadaddíciója:
 $\text{CH}_2=\text{CH-CH=CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br-CHBr-CH=CH}_2$
 - Buta-1,3-dién 1,4-brómadaddíciója:
 $\text{CH}_2=\text{CH-CH=CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br-CH=CH-CH}_2\text{Br}$
 - Buta-1,3-dién 1,2,3,4-brómadaddíciója:
 $\text{CH}_2=\text{CH-CH=CH}_2 + 2 \text{ Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br-CHBr-CHBr-CH}_2\text{Br}$
 - Buta-1,3-dién 1,2-savaddíciója:
 $\text{CH}_2=\text{CH-CH=CH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHCl-CH=CH}_2$
 - Ezt követő savaddíció:
 $\text{CH}_3\text{-CHCl-CH=CH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHCl-CHCl-CH}_3$
 - Buta-1,3-dién 1,4-savaddíciója:
 $\text{CH}_2=\text{CH-CH=CH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_2\text{Cl}$
 - Ezt követő savaddíció:
 $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_2\text{Cl} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHCl-CH}_2\text{Cl}$
Vagy: $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_2\text{Cl} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHCl-CH}_2\text{-CH}_2\text{Cl}$
 - Izoprén 1,2-brómadaddíciója:
 $\text{CH}_2=\text{C(CH}_3\text{)-CH=CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br-C(CH}_3\text{)Br-CH=CH}_2$
 - Izoprén 1,4-brómadaddíciója:
 $\text{CH}_2=\text{C(CH}_3\text{)-CH=CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br-C(CH}_3\text{)=CH-CH}_2\text{Br}$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)
 Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia
 Instagram: instagram.com/lvIUP_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup
 Youtube: youtube.com/@lvmeup

- Izoprén 3,4-brómaddíciója:
 $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CHBr}-\text{CH}_2\text{Br}$
- Izoprén 1,2,3,4-brómaddíciója:
 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 + 2 \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br}-\text{C}(\text{CH}_3)\text{Br}-\text{CHBr}-\text{CH}_2\text{Br}$
- Buta-1,3-dién 1,4-polimerizációja:
 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$
- Izoprén 1,4-polimerizációja:
 $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2 \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$

• Alkinek

- Etin (acetilén) előállítása iparban (metán krakkolása 1200°C): $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$
- Etin (acetilén) előállítása laborban (kalcium-karbidra vizet csepegtetnek, sav-bázis reakció, erősebb sav (víz) a gyengébbet (etin) sójából kiszorítja):
 - $\text{CaC}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HC}\equiv\text{CH} + \text{Ca}(\text{OH})_2$
- Etin hidrogénaddíciója (telítés, redukció, Pt vagy Ni katalizátor):
 - $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}_2$
 - $\text{CH}\equiv\text{CH} + 2 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_3$
- Etin halogénaddíciója (normál körülmények közt elszínteleníti a brómos vizet):
 - $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CHBr}=\text{CHBr}$
 - $\text{CH}\equiv\text{CH} + 2 \text{Br}_2 \rightarrow \text{CHBr}_2-\text{CHBr}_2$
- Etin savaddíciója (HgCl_2 katalizátor):
 - $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CHCl}$ (vinilklorid keletkezik)
- Etin vízáddíciója (HgSO_4 + kénsav katalizátor, vinilalkohol keletkezik, ami egyensúlyi reakcióban acetaldehiddé alakul):
 - $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}(\text{OH}) \rightleftharpoons \text{CH}_3-\text{CH}=\text{O}$
- Etin (acetilén) nátriummal hidrogén-gázt fejleszt (egyszerre redox és sav-bázis reakció, nátrium-karbid keletkezik):
 - $\text{HC}\equiv\text{CH} + 2\text{Na} \rightarrow \text{Na}_2\text{C}_2 + \text{H}_2$

• Aromások

- Benzol reakciója brómmal (szubsztitúció, Fe katalizátor, 50°C):
 - $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{Br} + \text{HBr}$
- Benzol reakciója klórral (szubsztitúció, Fe katalizátor, 50°C):
 - $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)
 Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia
 Instagram: instagram.com/lv1up_science/, TikTok: tiktok.com/@lv1meup
 Youtube: youtube.com/@lv1meup

- Benzol reakciója salétromsavval (szubsztitúció, nitrálás nitráló-eleggyel, ami tömény salétromsav és tömény kénsav 1:2 elegye):
 - $C_6H_6 + cc. HNO_3 \rightarrow C_6H_5NO_2$ (nitrobenzol) + H_2O
- Toluol nitrálása, 2,4,6-trinitrotoluol, TNT keletkezik:
 - $C_6H_6CH_3 + 3 HNO_3 \rightarrow C_6H_3(NO_2)_3CH_3 + 3 H_2O$
- Sztírol polimerizációja: $n C_6H_5-CH=CH_2 \rightarrow (-CH(C_6H_5)-CH_2-)_n$ (polisztírol)
- **Halogénezett szénhidrogének reakciói**
 - Halogénezett szénhidrogének szén-dioxiddá, vízzé, és HX gázzá égnak.
 - Teljesen halogénezett szénhidrogének (pl. szén-tetraklorid) nem éghetőek.
 - Vinilklorid polimerizációja:
 - $n CH_2=CHCl \rightarrow (-CH_2-CHCl-)_n$ (polivinilklorid, PVC keletkezik)
 - Tetrafluoretén polimerizációja:
 - $n CF_2=CF_2 \rightarrow (-CF_2-CF_2-)_n$ (politetrafluoretilén, teflon)
 - Klóretán reakciója híg NaOH-dal (szubsztitúció):
 - $CH_3CH_2Cl + \text{híg NaOH} \rightarrow CH_3CH_2OH$ (etanol) + $NaCl$
 - Általánosan: $R-Cl + \text{híg NaOH} \rightarrow R-OH$ (alkohol) + $NaCl$
 - Klóretán reakciója forró, tömény NaOH-dal (elimináció, egy HX távozik a molekuláról, és alkén keletkezik):
 - $CH_3CH_2Cl + cc. NaOH \rightarrow CH_2=CH_2$ (etén) + $NaCl + H_2O$
 - Általánosan (Zajcev szabály!):
 $R-CH_2-CHCl-CH_3 + cc. NaOH \rightarrow R-CH=CH-CH_3$ (alkén) + $NaCl + H_2O$

Oxigéntartalmú szerves vegyületek reakciói

- **Alkoholok**
 - Etanol előállítása etén vízáddíciójával: $CH_2=CH_2 + H_2O \rightarrow CH_3-CH_2-OH$
 - Alkoholok általános előállítása iparban alkén vízáddíciójával (Zajcev szabály):
 - $R-CH=CH_2 + H_2O \rightarrow R-CH(OH)-CH_3$
 - Alkoholok általános előállítása iparban halogénezett szénhidrogének és híg nátrium-hidroxid szubsztitúciós reakciójában: $R-Cl + \text{híg NaOH} \rightarrow R-OH$ (alkohol) + $NaCl$
 - Metanol előállítása szintézisgázból: $CO + 2 H_2 \rightarrow CH_3OH$
 - Égés (minden oxigéntartalmú szerves vegyület széndioxiddá és vízzé ég el),
 - pl.: $C_2H_6O + 3 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 3 H_2O$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvmeup alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia
 Instagram: instagram.com/lvmeup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup
 Youtube: youtube.com/@lvmeup

- Általánosan: $C_xH_yO_z + (x+0,25y-0,5z) O_2 \rightarrow x CO_2 + 0,5y H_2O$
- Az alkoholok nátriummal hidrogéngázt fejlesztenek (egyszerre sav-bázis és redox reakció):
 - Etanol reakciója nátriummal:

$$2 CH_3CH_2OH + 2 Na \rightarrow 2 CH_3CH_2ONa \text{ (nátrium-etanolát)} + H_2$$
 - Általánosan: $2 R-OH + 2 Na \rightarrow 2 R-ONa \text{ (nátrium-alkanolát)} + H_2$
- Az alkoholok réz(II)-oxiddal oxovegyületekké oxidálhatóak (kimutatási reakció!). Primer alkoholból aldehid, szekunder alkoholból keton lesz, tercier alkohol csak lánchasadással oxidálható:
 - Metanol enyhe oxidációja:

$$CH_3-OH + CuO \text{ (fekete)} \rightarrow CH_2=O \text{ (metanal)} + Cu \text{ (vörös)} + H_2O$$
 - Etanol enyhe oxidációja:

$$CH_3-CH_2-OH + CuO \text{ (fekete)} \rightarrow CH_3-CH=O \text{ (etanal)} + Cu \text{ (vörös)} + H_2O$$
 - Primer alkohol enyhe oxidációja általánosan:

$$R-CH_2-OH + CuO \rightarrow R-CH=O \text{ (aldehid)} + Cu + H_2O$$
 - Propán-2-ol enyhe oxidációja:

$$CH_3-CH(OH)-CH_3 + CuO \rightarrow CH_3-C(=O)-CH_3 \text{ (aceton)} + Cu + H_2O$$
 - Szekunder alkohol enyhe oxidációja általánosan:

$$R-CH(OH)-R + CuO \rightarrow R-C(=O)-R \text{ (keton)} + Cu + H_2O$$
- Alkoholok vízeliminációja tömény kénsav jelenlétében (alkohol-kénsav keverékét 170°C-os kvarchomokra csepegtetik), víz lép ki a molekulából, alkén keletkezik (Zajcev szabály!)
 - Etanol reakciója forró, tömény kénsavval:

$$CH_3-CH_2-OH \rightarrow CH_2=CH_2 \text{ (etén)} + H_2O$$
 - Bután-2-ol reakciója forró, tömény kénsavval:

$$CH_3-CH_2-CH(OH)-CH_3 \rightarrow CH_3-CH=CH-CH_3 \text{ (but-2-én)} + H_2O$$
 - Általánosan (Zajcev-szabály!):

$$R-CH_2-CH(OH)-CH_3 \rightarrow R-CH=CH-CH_3 \text{ (alkén)} + H_2O$$
- Éterképzés, két alkohol összekapcsolódik vízkilépéssel (kondenzáció, 130°C-on kell főzni tömény kénsavval, verseng a vízeliminációval!):
 - $R-OH + HO-R \rightarrow R-O-R + H_2O$
- Észterképzés (kondenzáció karbonsav és alkohol közt):
 - $R-COOH + HO-R' \rightarrow R-COO-R' + H_2O$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia
 Instagram: instagram.com/lvIUP_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup
 Youtube: youtube.com/@lvmeup

• Éterek

- Szimmetrikus éterek előállítása (két azonos alkohol összekapcsolódik vízkilépéssel, kondenzáció, 130°C-on kell főzni tömény kénsavval, verseng a vízeliminációval!):
 - Dietil-éter előállítása (etanol kondenzációja, 130°C, tömény kénsav):

$$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} + \text{HO-CH}_2\text{-CH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
 - Általánosan: $\text{R-OH} + \text{HO-R} \rightarrow \text{R-O-R} + \text{H}_2\text{O}$
- Vegyes éterek előállítása általánosan (nátrium-alkanolát szubsztitúciója alkil-halogeniddel):
 - Etil-metil-éter előállítása:

$$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-ONa} + \text{Cl-CH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_3 + \text{NaCl}$$
 - Általánosan: $\text{R-ONa} + \text{Cl-R}' \rightarrow \text{R-O-R}' + \text{NaCl}$

• Aldehydekek

- Aldehydekek előállítása primer alkohol enyhe oxidációjával (CuO) általánosan:

$$\text{R-CH}_2\text{-OH} + \text{CuO} \rightarrow \text{R-CH=O (aldehyd)} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$$
- Formaldehyd előállítása:

$$\text{CH}_3\text{-OH} + \text{CuO (fekete)} \rightarrow \text{CH}_2\text{=O (metanal)} + \text{Cu (vörös)} + \text{H}_2\text{O}$$
- Acetaldehyd előállítása:

$$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} + \text{CuO (fekete)} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH=O (etanal)} + \text{Cu (vörös)} + \text{H}_2\text{O}$$
- Propanal előállítása:

$$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH} + \text{CuO} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH=O (propanal)} + \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$$
- Formaldehyd vízáddíciója:

$$\text{CH}_2\text{=O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HO-CH}_2\text{-OH (metándiol keletkezik)}$$
- Metándiol polimerizációjával paraformaldehyd keletkezik (fehér szilárd anyag):
 - $n \text{ HO-CH}_2\text{-OH} \rightarrow (\text{-CH}_2\text{-O-})_n + n \text{ H}_2\text{O}$
- Aldehydekek könnyen oxidálódnak karbonsavvá:
 - Acetaldehyd ezüst-tükörpróba (Tollens-próba, ezüst(I)-nitrát és ammónia oldat jelenlétében fém ezüst válik ki az edény falára):

$$\text{CH}_3\text{-CH=O} + 2 \text{ Ag}^+ + 2 \text{ OH}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{-COOH} + 2 \text{ Ag} + \text{H}_2\text{O}$$
 Általánosan: $\text{R-CH=O} + 2 \text{ Ag}^+ + 2 \text{ OH}^- \rightarrow \text{R-COOH} + 2 \text{ Ag} + \text{H}_2\text{O}$
 - Formaldehyd kétszer adja az ezüst-tükör próbát, dupla mennyiségű ezüstöt választ le: $\text{H-CH=O} + 4 \text{ Ag}^+ + 4 \text{ OH}^- \rightarrow \text{CO}_2 + 4 \text{ Ag} + 2 \text{ H}_2\text{O}$
(szénsav keletkezik, ami elbomlik szén-dioxidra és vízre)

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

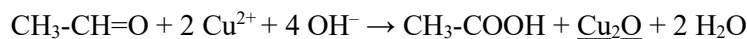
Instagram: instagram.com/lvIUP_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup

Youtube: youtube.com/@lvmeup

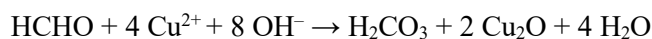
- Fehling-próba általánosan (réz(II)-szulfát + NaOH + komplexképző, pl. glicerin vagy Na-K-tartarát jelenlétében vörös réz(I)-oxid csapadék válik le):



- Acetaldehid Fehling-próbája:



- Formaldehid Fehling-próbája:

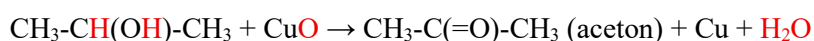


• Ketonok

- Ketonok előállítása szekunder alkohol enyhe oxidációjával (CuO):



- Aceton előállítása:



- Aceton erőyes oxidációja (cc. HNO₃, nem kell tudni pontos reakciót, csak felsorolni a termékeket):

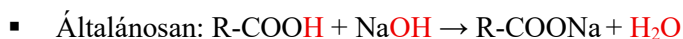
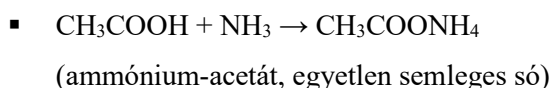
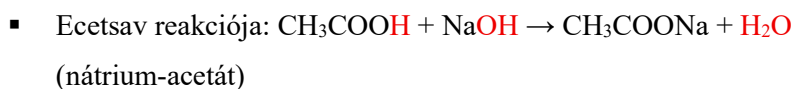


• Karbonsavak

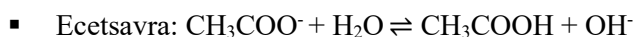
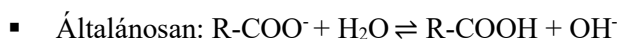
- Karbonsavak előállítása: primer alkohol vagy aldehid oxidációjával (pl. ezüst-tükör próba).

- A karbonsavak gyenge savak: $\text{R-COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{R-COO}^- \text{ (alkanoát-ion)} + \text{H}_3\text{O}^+$

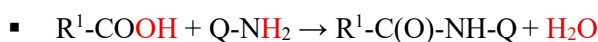
- Lúgokkal reagálnak:



- Sók lúgosan hidrolizálnak:



- Karbonsavak és aminok (ammónia) sav-bázis reakcióban reagálnak, de ha forraljuk a reakcióelegyet, amidképzés történik:



- Szénsavnál erősebb savak, a karbonátokat felszabadítják sóikból.

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia
 Instagram: instagram.com/lvup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup
 Youtube: youtube.com/@lvmeup

- Ecetsav reakciója: $2 \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2 \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- Nátriummal és negatív standardpotenciálú fémekkel hidrogén-gázt fejlesztenek. Pl.:
 - $2 \text{HCOOH} (\text{hangyasav}) + 2 \text{Na} \rightarrow 2 \text{HCOONa} (\text{nátrium-formiát}) + \text{H}_2$
 - $2 \text{CH}_3\text{COOH} + \text{Zn} \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn} (\text{cink-acetát}) + \text{H}_2$
- Az ecetsav oldja a rézet is: $2 \text{CH}_3\text{COOH} + 0,5 \text{O}_2 + \text{Cu} \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ (réz-acetát)
- Hangyasav formilcsoportot tartalmaz, ezért adja az ezüstitűkörpróbát és Fehling-próbát:
 - $\text{HCOOH} + 2 \text{Ag}^+ + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{Ag} + 2 \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{HCOOH} + 2 \text{Cu}^{2+} + 4 \text{OH}^- \rightarrow \text{CO}_2 + \text{Cu}_2\text{O} + 3 \text{H}_2\text{O}$
- A hangyasav könnyen oxidálható, elszínteleníti a brómos vizet:
 - $\text{HCOOH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{HBr}$
- A hangyasavból a tömény kénsav vizet tud elvonni: $\text{HCOOH} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$
- Észterképzés (kondenzáció karbonsav és alkohol közt):
 - $\text{R-COOH} + \text{HO-R}' \rightarrow \text{R-COO-R}' + \text{H}_2\text{O}$
- **Észterek**
 - Észterek előállítása karbonsav és alkohol kondenzációjával (tömény kénsavval forralják, egyensúly!):
 - $\text{R}^1\text{-COOH} + \text{R}^2\text{-OH} \rightleftharpoons \text{R}^1\text{-COO-R}^2 + \text{H}_2\text{O}$
 - Metil-acetát előállítása: $\text{CH}_3\text{-COOH} + \text{CH}_3\text{-OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{-COO-CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 - Etil-acetát előállítása:

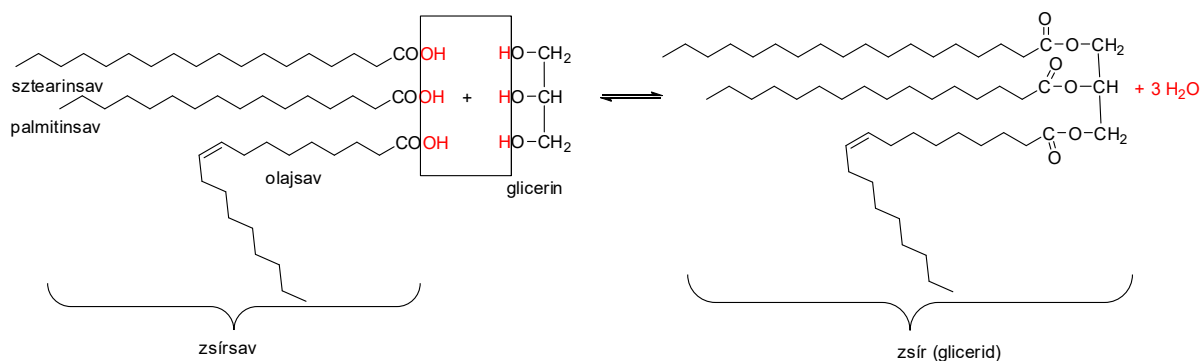
$$\text{CH}_3\text{-COOH} + \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
 - Metil-formiát előállítása: $\text{H-COOH} + \text{CH}_3\text{-OH} \rightleftharpoons \text{H-COO-CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 - Nitroglicerín előállítása:
 - $\text{CH}_2(\text{OH})\text{-CH}(\text{OH})\text{-CH}_2(\text{OH}) (\text{glicerín}) + 3 \text{HNO}_3 \rightarrow \text{CH}_2(\text{ONO}_2)\text{-CH}(\text{ONO}_2)\text{-CH}_2(\text{ONO}_2) + 3 \text{H}_2\text{O}$
 - Glicerín-trisztearát előállítása:
 - $\text{CH}_2(\text{OH})\text{-CH}(\text{OH})\text{-CH}_2(\text{OH}) (\text{glicerín}) + 3 \text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{-COOH} \rightarrow \text{CH}_2(\text{OOC}_{17}\text{H}_{35})\text{-CH}(\text{OOC}_{17}\text{H}_{35})\text{-CH}_2(\text{OOC}_{17}\text{H}_{35}) + 3 \text{H}_2\text{O}$
 - Triacil-glicerid előállítása (zsír-szintézis): $\text{CH}_2(\text{OH})\text{-CH}(\text{OH})\text{-CH}_2(\text{OH}) (\text{glicerín}) + 3 \text{R-COOH} \rightarrow \text{CH}_2(\text{OOC-R})\text{-CH}(\text{OOC-R})\text{-CH}_2(\text{OOC-R}) + 3 \text{H}_2\text{O}$
 - Random példa:

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvmeup alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

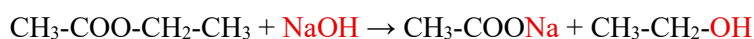
Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia
 Instagram: instagram.com/lvmeup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup
 Youtube: youtube.com/@lvmeup



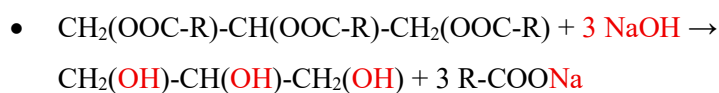
- Észterek lúgos hidrolízise/elszappanosítás (lúg hatására elbomlik a molekula, és visszszakadjuk az alkoholt, és a karbonsav sóját):



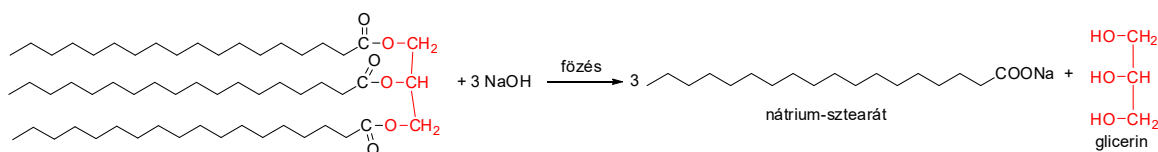
- Etil-acetát hidrolízise:



- Triacil-glicerid lúgos hidrolízise (elszappanosítás):



- Kirajzolva glicerín-trisztearára:



Nitrogéntartalmú szerves vegyületek reakciói

• Aminok

- Az aminok gyenge lúgok: $\text{R-NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{R-NH}_3^+ + \text{OH}^-$ (alkil-ammónium-ion) + OH^-
- Savakkal egyesülnek sav-bázis reakcióban.
 - Általánosan: $\text{R-NH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{R-NH}_3\text{Cl}$ (alkil-ammónium-klorid)
 - Metil-amin reakciója sósavval: $\text{CH}_3\text{-NH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{-NH}_3\text{Cl}$ (metil-ammónium-klorid)
 - Etil-amin reakciója sósavval: $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_3\text{Cl}$ (etil-ammónium-klorid)
- Sóik savasan hidrolizálnak: $\text{R-NH}_3^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{R-NH}_2 + \text{H}_3\text{O}^+$
- Karbonsavakkal melegítve amidokat képeznek (ha nincs melegítés, akkor csak sav-bázis reakció zajlik): $\text{R}^1\text{-COOH} + \text{Q-NH}_2 \rightarrow \text{R}^1\text{-C(O)-NH-Q} + \text{H}_2\text{O}$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lviup alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

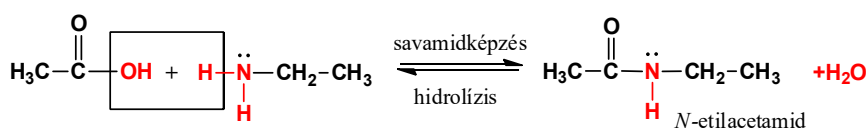
Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

Instagram: instagram.com/lvup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup

Youtube: youtube.com/@lvmeup

• Amidok

- Előállításuk karbonsavak és aminok reakciójával (melegítés):
 - Általánosan: $R^1\text{-COOH} + Q\text{-NH}_2 \rightarrow R^1\text{-C(O)-NH-Q} + \text{H}_2\text{O}$
 - Formamid előállítása: $\text{H-COOH} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{H-C(O)-NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - Acetamid előállítása: $\text{CH}_3\text{-COOH} + \text{NH}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-C(O)-NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - N-metilformamid előállítása:
 $\text{H-COOH} + \text{CH}_3\text{-NH}_2 \rightarrow \text{H-C(O)-NH-CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 - N-metilacetamid előállítása:
 $\text{CH}_3\text{-COOH} + \text{CH}_3\text{-NH}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-C(O)-NH-CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- Savak hatására hidrolizálnak, melynek során víz lép be a molekulába, és visszkapjuk a karbonsavat, és az amin sóját:
 - $R^1\text{-C(O)-NH-Q} + \text{H}_2\text{O} + \text{HCl} \rightarrow R^1\text{-COOH} + Q\text{-NH}_3\text{Cl}$
 - Formamid savas hidrolízise: $\text{H-C(O)-NH}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{HCl} \rightarrow \text{H-COOH} + \text{NH}_4\text{Cl}$
 - Acetamid savas hidrolízise:
 $\text{CH}_3\text{-C(O)-NH}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{-COOH} + \text{NH}_4\text{Cl}$
 - N-etilacetamid savas hidrolízise:
 $\text{CH}_3\text{-C(O)-NH-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{-COOH} + \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_3\text{Cl}$
 - Kirajzolva:



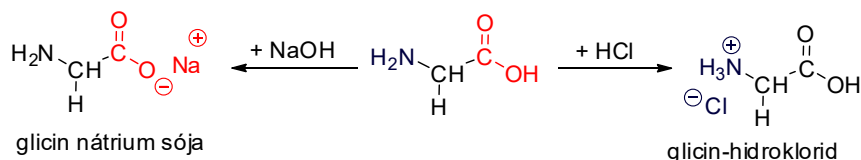
• Aminosavak

- Amfoterek, saját magukat protonálják:
 $\text{NH}_2\text{-CHR-COOH} \rightleftharpoons \text{NH}_3^+\text{-CHR-COO}^-$ (íkerion)
- Sav-bázis reakcióba léphetnek (lehet őket reagáltatni semleges és ionos formában is).
 - Glicin reakciója sósavval: $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_3\text{Cl-CH}_2\text{-COOH}$
 $\text{NH}_3^+\text{-CH}_2\text{-COO}^- + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_3\text{Cl-CH}_2\text{-COOH}$
 Általánosan: $\text{NH}_2\text{-CHR-COOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_3\text{Cl-CHR-COOH}$
 - Glicin reakciója lúgokkal:
 $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COONa} + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{NH}_3^+\text{-CH}_2\text{-COO}^- + \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COONa} + \text{H}_2\text{O}$
 - Kirajzolva:

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)
 Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia
 Instagram: instagram.com/lvup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup
 Youtube: youtube.com/@lvmeup

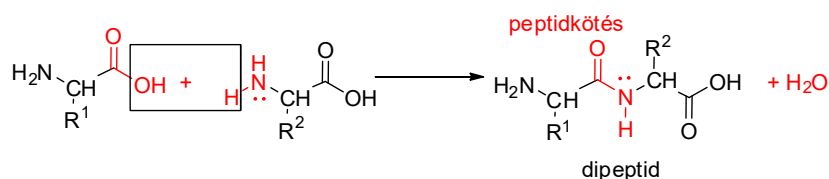


- Peptidképzés (kettő vagy több aminosav összekapcsolódik kondenzációval):

- Általánosan:

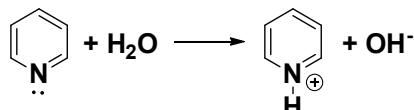


- Kirajzolva:

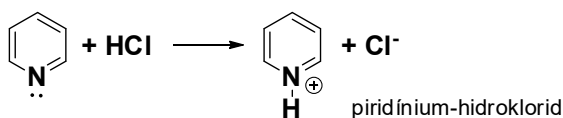


• Nitrogén tartalmú heterociklusok (ezeket le kell tudni rajzolni)

- A piridin gyenge lúg: $\text{C}_5\text{H}_5\text{N} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_5\text{H}_5\text{NH}^+ + \text{OH}^-$ (piridínium-kation) + OH⁻

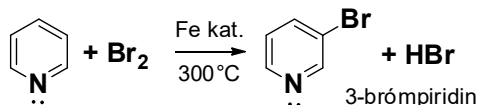


- Savakkal egyesül sav-bázis reakcióban: $\text{C}_5\text{H}_5\text{N} + \text{HCl} \rightarrow \text{C}_5\text{H}_5\text{NHCl}$ (piridínium-hidroklorid)



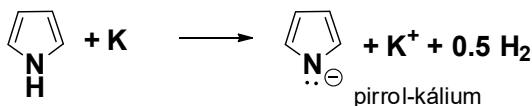
- Piridin brómmal szubsztitúciós reakcióba lép (Fe katalizátor, 300°C):

- $\text{C}_5\text{H}_5\text{N} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_5\text{H}_4\text{BrN}$ (3-brómpiridin) + HBr



- Pirrol káliummal hidrogén-gázt fejleszt:

- $\text{C}_4\text{H}_4\text{NH} + \text{K} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_4\text{NK}$ (pirrol-kálium) + 0,5 H₂



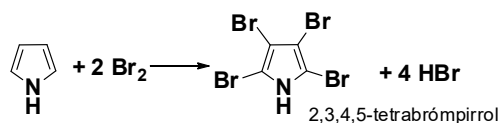
Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvup alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia
 Instagram: instagram.com/lvup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup
 Youtube: youtube.com/@lvmeup

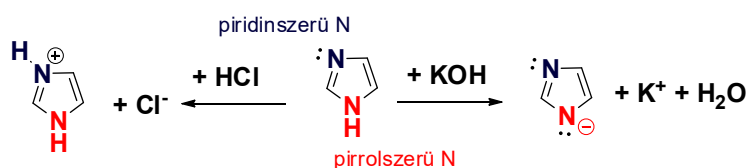
- Pirrol brómmal szubsztitúciós reakcióba lép (összes C-H lecserélődik, annyira exotherm a reakció, hogy hűteni kell):



- Imidazol amfoter, de vízzel szemben inkább lúg: $\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{H}^+ + \text{OH}^-$

- Sav-bázis reakcióba léphet:

- $\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{HCl}$
- $\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_3\text{N}_2\text{Na} + \text{H}_2\text{O}$
- Kirajzolva



Biokémia

• Szénhidrátok

- A szénhidrátok melegítéskor, illetve tömény kénsav hatására elszéneseznek (karamellizálódnak): $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 6 \text{C} + 6 \text{H}_2\text{O}$
- Észtereszíthetők szerves és szervetlen savakkal (merthogy alkoholos OH van bennük, ez főleg a cukorfoszfátok miatt érdekes, amik a DNS/RNS-ben vannak):
 - pentóz-OH + $\text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{pentóz-O-PO(OH)}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Redukáló cukrok, a bennük lévő aldehyd-csoport adja az ezüstitűkör-próbát és a Fehling-próbát (fruktóz is adja, szacharóz viszont nem):
 - Glükóz/fruktóz ezüstitűkörpróbája:

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2 \text{Ag}^+ + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7 + 2 \text{Ag} + \text{H}_2\text{O}$$
 - Maltóz/cellobióz ezüstitűkörpróbája:

$$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + 2 \text{Ag}^+ + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{12} + 2 \text{Ag} + \text{H}_2\text{O}$$
 - Ribóz Fehling-próbája:

$$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5 + 2 \text{Cu}^{2+} + 4 \text{OH}^- \rightarrow \text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_6 + \text{Cu}_2\text{O} + 2 \text{H}_2\text{O}$$
- Alkoholos erjedés: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2 \text{CO}_2$
- Biológiai oxidáció (visszafelé fotoszintézis): $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$

Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

Instagram: instagram.com/lvup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup

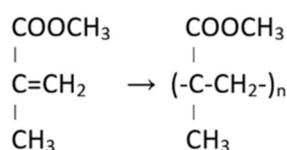
Youtube: youtube.com/@lvmeup

• Fehérjék:

- Biuret-próba: fehérje + NaOH + CuSO₄ együtt lila oldatot ad
- Xantoprotein reakció: a fehérje tömény salétomsav hatására kicsapódik és besárgul (aromás oldalláncú aminosavak nitrálódnak)
- Reverzibilis kicsapódás (koaguláció) alkohol és konyhasó hatására
- Irreverzibilis kicsapódás (denaturáció) mechanikai hatásra (tojásfehérje felverése habbá), melegítésre, erős savra, nehézfém sókra (főleg Ag⁺, Cu²⁺, Hg²⁺), sugárzásra (UV, röntgen, radioaktív)

• Polimerek, műanyagok

- Etén polimerizációja: $n \text{ CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ (polietilén, PE keletkezik)
- Propén polimerizációja: $n \text{ CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2 \rightarrow (-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-)_n$ (polipropilén, PP)
- Sztírol polimerizációja: $n \text{ C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2 \rightarrow (-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-\text{CH}_2-)_n$ (polisztírol, PS)
- Vinilklorid polimerizációja: $n \text{ CH}_2=\text{CHCl} \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_n$ (polivinilklorid, PVC)
- Tetrafluoretén polimerizációja:
 $n \text{ CF}_2=\text{CF}_2 \rightarrow (-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n$ (politetrafluoretilén, teflon)
- Buta-1,3-dién 1,4-polimerizációja:
 $n \text{ CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$ (polibutadién)
- Izoprén 1,4-polimerizációja:
 $n \text{ CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2 \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$ (kaucsuk, gumi)
- Metil-metakrilát (2-metilpropénsav metilésztere) polimerizációja:
 - $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{COOCH}_3 \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{COOCH}_3)-)_n$ (plexi, műanyag üveg)
 - Kirajzolva:



- Nejlon (poliamid!) előállítása adipinsav (hexándisav) és 1,6-diaminohexán polikondenzációjával:
 - $n \text{ HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH} + n \text{ H}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}-\text{H} \rightarrow$
 $(-\text{OC}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}-)_n + 2n \text{ H}_2\text{O}$
- Polietilén-tereftalát (terilén, PET, poliészter!) előállítása 1,4-tereftálsav és glikol polikondenzációjával:

Összeállították:

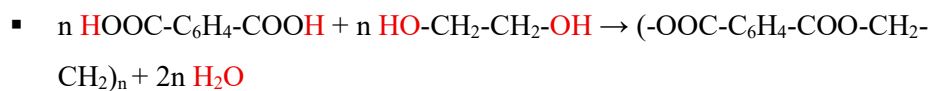
Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvmeup alapítója, kémia magántanár (lvmeup.hu)

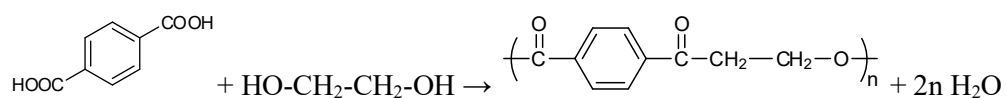
Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

Instagram: instagram.com/lvmeup_science/, TikTok: tiktok.com/@lvmeup

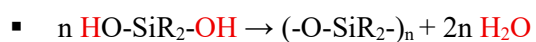
Youtube: youtube.com/@lvmeup



- Kirajzolva:



- Szilikonok (poliéterek!) előállítása alkil-szilánok polikondenzációjával:



Összeállították:

Dr. Dorkó Éva, kémia magántanár (kemiatanar.wordpress.com)

Dr. Szabó Márk, a lvIUP alapítója, kémia magántanár (lvIUP.hu)

Közösség (Facebook csoport): facebook.com/groups/biologiakemia

Instagram: instagram.com/lvIUP_science/, TikTok: tiktok.com/@lvIUP

Youtube: youtube.com/@lvIUP